

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ДЛЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ



ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Том 1

4-е издание

Горячая линия-Телеком



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Б. И. Крук, В. Н. Попантопуло, В. П. Шувалов

Телекоммуникационные системы и сети

Том 1. Современные технологии

Под редакцией профессора В. П. Шувалова

*Допущено УМО по образованию в области
телекоммуникаций в качестве учебного пособия
для студентов вузов связи и колледжей.*

**Москва
Горячая линия - Телеком
2012**

УДК 621.39 (075)

ББК 32.88

Т31

Т31 Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 1. – Современные технологии / Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов; под ред. профессора В. П. Шувалова. – Изд. 4-е, испр. и доп. – М.: Горячая линия–Телеком, 2012. – 620 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-0208-4.

В первом томе трехтомного пособия с единых позиций рассматриваются основные понятия теории передачи сигналов, первичные и вторичные сети электросвязи. Особое внимание уделено вопросам построения телекоммуникационных транспортных сетей и сетей доступа, проблемам управления сетями. В книге содержатся примеры построения сетей на основе реального оборудования, широко используемого на сетях электросвязи России. В четвертом издании (третье издание книги вышло в 2005 г.) материал существенно дополнен и актуализирован с целью отразить последние достижения в области телекоммуникаций.

Для студентов вузов связи и колледжей. Книга может быть использована для повышения квалификации работниками предприятий электросвязи.

ББК 32.88

Адрес издательства в Интернет www.techbook.ru

Учебное издание

Крук Борис Иванович
Попантонопуло Владимир Николаевич
Шувалов Вячеслав Петрович

Телекоммуникационные системы и сети
Современные технологии

Учебное пособие

Издание 4-е, исправленное и дополненное

Подписано в печать 11.11.2011. Формат 60х90/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 38,75. Тираж 500 экз. (1-й завод 100 экз.) Изд. № 11208.

ISBN 978-5-9912-0208-4 (Т.1)

© Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов, 2012
© Издательство «Горячая линия–Телеком», 2012

Предисловие

В 2005 г. впервые книга «Телекоммуникационные системы и сети» была выпущена издательством «Горячая линия-Телеком» как трехтомник (первый том «Современные технологии», второй – «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» и третий – «Мультисервисные сети»), который фактически охватывает все вопросы построения телекоммуникационных систем. В настоящее время назрела необходимость в переработке и внесении дополнений в первый том. Что же было сделано в этом направлении?

Во-первых, был устранен ряд опечаток, во-вторых, учтены замечания читателей, приславших свои письма, и, наконец, в-третьих, была сделана попытка представить последние достижения в области телекоммуникаций. Существенно была переработана восьмая глава, обновлен раздел 11 «Телеграфные службы», полностью переработана глава 21. Теперь она посвящена вопросам организации широкополосного доступа с использованием оптоволоконка. Приведены материалы о достижениях в этой области таких компаний как «Iskratel» и «Элтекс». Первая сегодня поставляет на телекоммуникационный рынок России оборудование для организации широкополосных сетей доступа на базе S13000, MSAN. Вторая – оборудование для пассивных оптических сетей (PON, GPON). Глава 26 дополнена разделом по реализации системы управления сетевыми элементами компании «Iskratel». В приложении 2 представлен подход к реализации системы управления услугами компании «Iskratel». В процессе переработки удалось сократить объем представленного в 1 томе материала: ликвидирована глава 27, заключение к части IV и ряд приложений, что облегчит освоение материала студентам.

Кроме авторов указанных на титульном листе в подготовке 4-го издания первого тома приняли участие В.Г. Фокин, Д.С. Трибунский (глава 8, приложение 1), С.В. Тимченко (раздел 11.2), М.М. Егунов (раздел 26.3), В.М. Деревяшкин (раздел 21.4 и приложение 2), А.Ф. Киреев и Р. Юрьевич (разделы 21.1 – 21.3, 26.4, приложение 2).

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность проф. В.К. Попкову и проф. В.И. Битнеру за обсуждение работы и замечания, способствовавшие улучшению рукописи, а также Н.М. Гусельниковой за помощь в оформлении рукописи.

В заключение авторы выражают уверенность, что книга будет полезна широким слоям читателей, интересующимся проблемами телекоммуникаций, и просят присылать свои замечания по адресу: 630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, профессору В.П. Шувалову.

Профессор *В.П. Шувалов*

Введение

Краткая история развития электросвязи. На заре становления человеческого общества общение между людьми было весьма скудным. Воткнутая в землю ветка указывала, в каком направлении, и на какое расстояние ушли люди; особо положенные камни предупреждали о появлении врагов; зарубки на палках или деревьях сообщали об охотничьей добыче и пр. Существовала и примитивная передача сигналов на расстояние. Сообщения, закодированные в виде определенного числа выкриков либо ударов барабана с изменяющимся ритмом, содержали ту или иную информацию.

В десятом томе «Всеобщей истории» древнегреческого историка Полибия (ок. 201–120 г. до н.э.) описан способ передачи сообщений на расстояние с помощью факелов (факельный телеграф), изобретенный александрийскими учеными Клеоксеном и Демоклитом.

В 1800 г. итальянский ученый А. Вольта создал первый химический источник тока. Это изобретение дало возможность немецкому ученому С. Земмерингу построить и представить в 1809 г. Мюнхенской академии наук проект электрохимического телеграфа. Телеграф Земмеринга имел много недостатков и не нашел практического применения. Понадобилось более 20 лет, чтобы появилась первая практически применимая система телеграфирования. Ее автор – выдающийся русский ученый П.Л. Шиллинг. В октябре 1832 г. состоялась первая публичная демонстрация электромагнитного телеграфа. В том же году с помощью телеграфа Шиллинга была налажена связь между Зимним дворцом и Министерством путей сообщения.

Подлинную революцию в деле электросвязи по проводам произвели русский академик Б.С. Якоби и американский ученый С. Морзе, предложившие независимо друг от друга пишущий телеграф. Заслугой С. Морзе является создание используемой до сих пор телеграфной азбуки, в которой буквы обозначались комбинацией точек и тире.

В 1841 г. Б.С. Якоби ввел в эксплуатацию линию, оборудованную пишущим телеграфом и соединявшую Зимний дворец с Главным штабом. Через два года аналогичная линия протяженностью 25 км была построена между Петербургом и Царским Селом. Первая действующая линия связи в США (Вашингтон – Балтимор, 63 км) начала действовать в 1844 г.

В 1850 г. Б.С. Якоби сконструировал первый буквопечатающий аппарат, который в 1874 г. был усовершенствован американцем Д. Юзом и французом Ж. Бодо.

В июне 1866 г. была осуществлена прокладка кабеля через Атлантический океан. Европа и Америка оказались связанными телеграфом. С 1866 г. телеграфные линии потянулись во все концы земного шара, связав между собой страны и континенты.

Рождение телеграфа дало толчок к появлению телефона. Начиная уже с 1837 г. многие изобретатели пытались передать на расстояние человеческую речь с помощью электричества. Почти через 40 лет эти опыты увенчались успехом. В 1876 г. американский изобретатель А.Г. Белл запатентовал устройство для передачи речи по проводам – телефон. В 1878 г. русский ученый М. Махальский сконструировал первый чувствительный микрофон с угольным порошком, который в модернизированном виде применяется во всех современных телефонных аппаратах.

На первых порах для телефонной связи использовались телеграфные линии. Но для улучшения качества связи потребовалось строительство специальных двухпроводных телефонных линий. Такая линия была спроектирована в 1895 г. между Петербургом и Москвой профессором Петербургского электротехнического института П.Д. Войнаровским и построена в 1898 г.

Существенный вклад в усовершенствование телефона внес русский физик П.М. Голубицкий, который в 1886 г. разработал новую схему телефонной связи. Согласно этой схеме микрофоны абонентских телефонных аппаратов получали питание от одной (центральной) батареи, расположенной на телефонной станции. Эта система была внедрена во всем мире под названием системы ЦБ.

Первые телефонные станции в России были построены в 1882–1883 гг. в Москве, Петербурге, Одессе.

Уже в конце прошлого столетия Земля оказалась опоясанной проводами и кабелями, соединяющими города и континенты. Однако проводная связь не могла удовлетворить быстрорастущие потребности промышленности, транспорта и особенно судоходства. В беспроводной связи остро нуждались мореплаватели и военный флот.

Изобретение радио – заслуга нашего выдающегося соотечественника, талантливого русского ученого А.С. Попова. Первая публичная демонстрация устройства А.С. Попова для приема электромагнитных волн состоялась на заседании Русского физико-химического общества 7 мая 1895 г. Этот день и вошел в историю как день изобретения радио. В марте 1896 г. А.С. Попов передал электрическими сигналами без проводов текст, состоящий из двух слов («Генрих Герц»), на расстояние всего 250 м. А уже в 1900 г. радиосвязь использовалась на практике при снятии с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин» и при спасении рыбаков, унесенных в море.

В 1913 г. был организован радиотелеграфный завод с радиолaborаторией под руководством М.В. Шулейкина, а в 1914 г. в Москве и Петербурге построены первые искровые радиостанции.

Сотрудники созданной в 1918 г. Нижегородской лаборатории (ее возглавил М.А. Бонч-Бруевич) уже в 1922 г. построили в Москве первую в мире радиовещательную станцию мощностью 12 кВт, а 17 сентября 1922 г. состоялась первая передача радиоцентра. К 1924 г. радиовещательные станции появились в Ленинграде, Горьком.

В 1935 г. между Нью-Йорком и Филадельфией вступила в строй радиолиния на ультракоротких волнах. Она имела протяженность 150 км. Чтобы перекрыть это расстояние, через 50 и 100 км были построены две промежуточные «релейные» станции, которые принимали ослабленные радиоволны, «заменяли» их новыми и посылали дальше. Сама радиолиния была названа «радиорелейной линией».

Отныне во все концы земного шара протянулись цепочки радиорелейных линий. Строительство первой радиорелейной линии в нашей стране было осуществлено в 1953 г. между Москвой и Рязанью.

«Бип...бип...бип». Эти сигналы услышал 4 октября 1957 г. весь мир. Наступила эра освоения космоса. Совсем небольшой срок отделяет нас от этой даты, а на космические орбиты уже запущены тысячи искусственных спутников, исправно служащих человеку.

В 1947 г. появилось первое упоминание о разработанной фирмой «Белл» системе с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). Система оказалась громоздкой и неработоспособной. И только в 1962 г. была внедрена в эксплуатацию первая коммерческая система передачи ИКМ-24. 23 апреля 1965 г. в СССР был запущен искусственный спутник Земли «Молния-1», на борту которого находилась приемопередающая ретрансляционная станция.

В 1960 г. в Америке был создан первый в мире лазер. Это стало возможным после появления работ советских ученых В.А. Фабриканта, Н.Г. Басова и А.М. Прохорова и американского ученого Ч. Таунса, получивших Нобелевскую премию.

«Обучать» лазеры передаче на расстояние информации стали вскоре после их изобретения. Первые лазерные линии связи появились в начале 60-х годов этого столетия. В нашей стране первая такая линия была построена в 1964 г. в Ленинграде.

Москвичам хорошо знакомы такие уголки столицы, как Ленинские горы и Зубовская площадь. В 1966 г. между ними засветилась красная нить лазерного света. Связывала она две городские АТС, находящиеся на расстоянии 5 км друг от друга.

В 1970 г. в американской фирме «Corning Glass Company» было получено сверхчистое стекло. Это дало возможность создать и внедрить повсеместно оптические кабели связи.

Современные состояние и тенденции развития электросвязи в России. На современном этапе развития совершенствование средств электросвязи и сети в целом идет по трем направлениям: цифровизация, оптиковизация и компьютеризация. Преимущества ЦСП по сравнению с АСП и принципы их технической реализации были известны несколько десятков лет назад. Однако по настоящему цифровизация сетей стала возможной немногим более 20 лет назад с появлением новой техники проводной связи – ВОСП. И сегодня, на современном этапе развития, процесс цифровизации – это не только постоянное увеличение числа действующих на сети ЦСП по сравнению с АСП (в канало-километрах), но и постоянное совершенствование методов передачи и обработки сообщений на основе цифровых трактов и каналов (появление новых технологий СЦИ и гибкого мультиплексирования, организация сетевой тактовой синхронизации), что создает предпосылки в недалеком будущем к переустройству всей сети связи на качественно новом уровне.

Сегодня оптические магистрали составляют основу современных сетей связи. До последнего времени они строились, в том числе и в России, исключительно на базе технологии SDH. Технология SDH продолжает развиваться, и еще долгое время будет применяться операторами для организации доступа к магистральным сетям, а также для организации местных и зонных сетей. Однако для передачи больших объемов трафика на дальние расстояния основной технологией станет DWDM – плотное спектральное мультиплексирование (разделение каналов).

Для создания сетей сложной архитектуры необходимо применение оптических коммутаторов. Однако в большинстве случаев в них используются решения, основанные на последовательном преобразовании сигнала: оптический – электрический-оптический. Это, во-первых, приводит к громоздкости оборудования цифровых кросс-коммутаторов, а во-вторых, электрическая коммутация подразумевает зависимость от скорости передачи в каждом конкретном канале, а оптическая – обеспечивает полную прозрачность и независимость от скорости передачи. Поэтому следующим этапом развития магистральных оптических сетей является реализация ядра сети на полностью оптических коммутаторах, в которых исключено оптико-электрическое преобразование сигнала.

В городских сетях сегодня широко используется технология пассивного DWDM (p-DWDM) и сети по этой технологии получили название PON (Passive Optical Network). Оборудование p-DWDM не имеет оптических усилителей и экономично.

Сегодня наблюдается тенденция изменения соотношения оборудования SDH и DWDM в пользу последнего.

Наряду с развитием процессов цифровизации и оптиковизации на сети постоянно совершенствуются полупроводниковая элементная база, микропроцессорная (МП) техника и программное обеспечение операционных систем, что явилось основой и для компьютеризации средств связи. Средства ВТ находят применение в устройствах эксплуатационного контроля и управления на различных уровнях телеконтроля и управления, диспетчерских пунктах контроля и управления сетью на различных уровнях иерархии системы технической эксплуатации, в составе измерительной техники и при математическом моделировании на этапах разработки и проектирования, для автоматизации и совершенствования основных функций передачи и обработки передаваемой информации при установлении соединения.

На современном этапе развития сети электросвязи все три направления совершенствования средств электросвязи органически связаны друг с другом. Новая техника связи – это, как правило, высокоскоростные ЦСП на оптическом кабеле с высоким уровнем программного обеспечения.

Рассмотрим далее состояние различных отраслей электросвязи на конец 2010 г. и отметим, прежде всего, успешное развитие российского сегмента Интернет. В 2010 г. на 100 жителей приходилось 47 пользователей Интернет. Домен RU вошел в десятку крупнейших доменов мира и в пятерку крупнейших доменов Европы. Российская Федерация стала первопроходцем в деле внедрения национальных страновых доменов на национальном языке. Первый кириллический домен начал работу 13 мая 2010 г. По состоянию на декабрь 2010 г. в домене РФ зарегистрировано более 690 тысяч имен, из них более 500 – домены федеральных и региональных органов государственной власти.

По мнению Министра связи и массовых коммуникаций И. Щеголева введение кириллического домена повысит заинтересованность тех категорий наших граждан, которые недостаточно хорошо владеют английским языком, к ресурсам, создаваемым государством. Это будет способствовать успешной реализации программ информатизации, в том числе по предоставлению услуг в электронном виде.

Следует заметить, что в целом задача обеспечения доступа к информационным ресурсам максимального числа граждан и организаций страны остается все еще нерешенной. Прежде всего, речь идет о сельской местности и поселках городского типа с населением до 20 тысяч человек. Здесь проживает порядка 40 % всего населения РФ.

В настоящее время разработан проект «Обеспечение высокоскоростного доступа к информационным ресурсам через спутниковые системы связи», воплощение, которого в жизнь поможет преодолеть цифровое неравенство регионов, в том числе труднодоступных районов, выровнять стоимость интернет трафика по территории страны. Проектом предполагается создание спутниковой системы широкопо-

лосного доступа, состоящей из космических аппаратов на геостационарной орбите и системы земных станций, обеспечивающих использование малогабаритных абонентских терминалов. Основные технические характеристики системы: скорость абонентского доступа – до 15 Мбит/с, стоимость абонентских терминалов (с антенной системой) – не более 8000 р.; стоимость передачи 1 Гбайта информации – 50 р.

Предоставление доступа к информационно-телекоммуникационным ресурсам в пунктах с небольшим количеством населения предполагается решать также путем организации пунктов коллективного доступа. На конец 2010 года в стране установлено 148 302 таксофонов и 20807 пунктов коллективного доступа.

Особенно быстрыми темпами в мире и у нас в стране развиваются сети сотовой связи. Уже сейчас в России на 100 жителей приходится примерно 150 мобильных телефонов с активными сим-картами. По итогам 2010 г. доходы российских сотовых операторов от услуг мобильного Интернета выросли на 55 %, по сравнению с 2009 г. При этом трафик передачи данных увеличился в 2,5 раза по сравнению с 2009 г.

В заключение заметим, что эволюция телекоммуникационных технологий будет идти по пути увеличения скорости передачи информации, интеллектуализации сетей и обеспечения мобильности пользователей.

Высокие скорости. Необходимы для передачи изображений, в том числе телевизионных, интеграции различных видов информации в мультимедийных приложениях, организации связи локальных, городских и территориальных сетей.

Интеллектуальность. Позволит увеличить гибкость и надежность сети, сделает более легким управление глобальными сетями. Благодаря интеллектуализации сетей пользователь перестает быть пассивным потребителем услуг, превращаясь в активного клиента – клиента, который сможет сам активно управлять сетью, заказывая необходимые ему услуги.

Мобильность. Успехи в области миниатюризации электронных устройств, снижение их стоимости создают предпосылки к глобальному распространению мобильных оконечных устройств. Это делает реальной задачу предоставления услуг связи каждому в любое время и международном сообществе.

Список литературы

1. **Яновский Г.Г.** Современные проблемы науки в области телекоммуникаций (эволюция и конвергенция) // СПб: СПб ГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2008. – 162 с.
2. **Электронный** ресурс. http://rfcmd.ru/book_05/h1_1.

Часть I. Способы передачи сообщений

Глава 1. Спектры

1.1. Спектры периодических сигналов

Все сигналы могут быть подразделены на *периодические* и *непериодические*.

Периодическим называется сигнал, значения которого повторяются через определенные равные промежутки времени, называемые периодом повторения сигнала, или просто *периодом*. Для непериодического сигнала это условие не выполняется.

Простейшим периодическим сигналом является гармоническое колебание.

$$s(t) = S \sin \omega t ,$$

где S , ω – амплитуда и угловая частота колебания.

Другим примером периодического сигнала является последовательность прямоугольных импульсов (рис. 1.1, а). Как вы думаете, из чего состоит эта последовательность импульсов? Оказывается, из синусоид. Взгляните на рис. 1.1. В качестве исходной синусоиды выберем такую, у которой период колебаний совпадает с периодом T прямоугольных импульсов (рис. 1.1, б):

$$s(t) = S_1 \sin \omega_1 t , \quad (1.1)$$

где S_1 – амплитуда синусоиды, а $\omega_1 = 2\pi/T$.

Колебание (1.1) заданной частоты ω_1 и амплитуды S_1 можно представить в виде графика: на оси частот отметить значение ω_1 и изобразить вертикальную линию высотой, равной амплитуде сигнала S_1 (см. рис. 1.1, б).

Следующая синусоида имеет частоту колебаний в 3 раза большую, а амплитуду – в 3 раза меньшую.

Сумма этих двух синусоид $S_1 \sin \omega_1 t + (S_1/3) \sin 3\omega_1 t$ пока еще мало похожа на прямоугольные импульсы (рис. 1.1, в). Но если мы добавим к ним синусоиды с частотами колебаний в 5, 7, 9, 11 и т.д. раз большими, а с амплитудами в 5, 7, 9, 11 и т.д. раз меньшими, то сумма всех этих колебаний:

$$s(t) = S_1 \sin \omega_1 t + \frac{S_1}{3} \sin 3\omega_1 t + \frac{S_1}{5} \sin 5\omega_1 t + \\ + \frac{S_1}{7} \sin 7\omega_1 t + \frac{S_1}{9} \sin 9\omega_1 t + \frac{S_1}{11} \sin 11\omega_1 t + \dots,$$

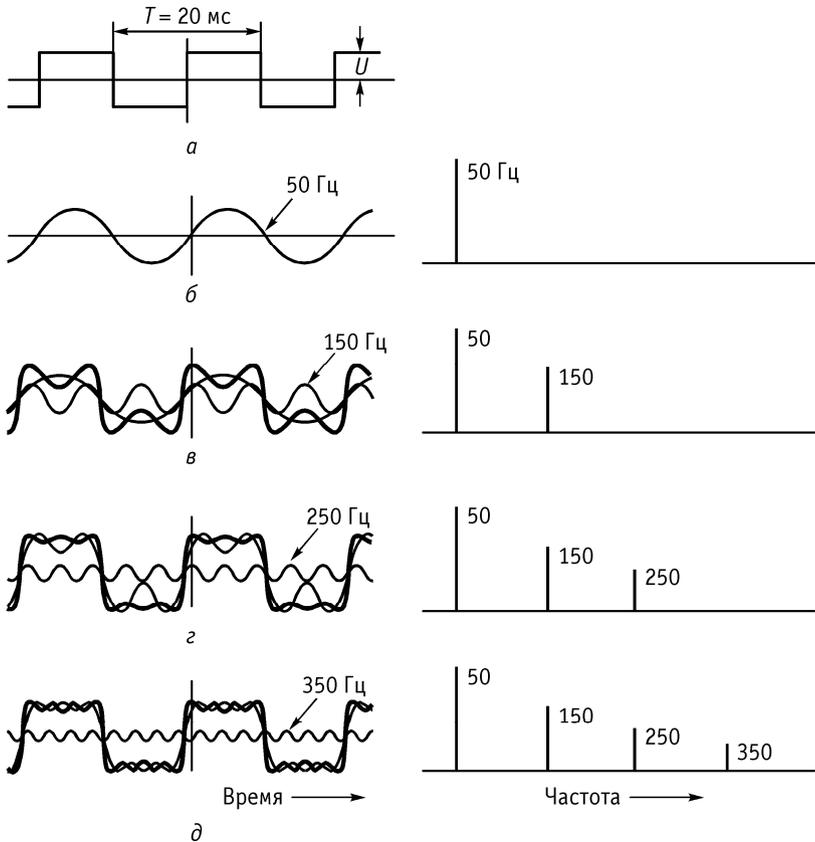


Рис. 1.1. Периодическая последовательность прямоугольных импульсов (а) и формирование ее сигнала (б–д)

где $S_1 = (4/\pi)U = 1,27U$, будет не так уже сильно отличаться от прямоугольных импульсов (рис. 1.1, в и д). Таким образом, степень «прямоугольности» импульсов определяется тем, сколько синусоид со все более высокими частотами колебаний мы будем суммировать.

Может показаться, что представление прямоугольных импульсов в виде совокупности синусоид есть не более чем математический прием и не имеет никакого отношения к реальности. Однако это не так. Радиоинженерам хорошо знакомы приборы (они называются анализаторами спектров), которые позволяют выделить каждую входящую в сложный сигнал синусоиду.

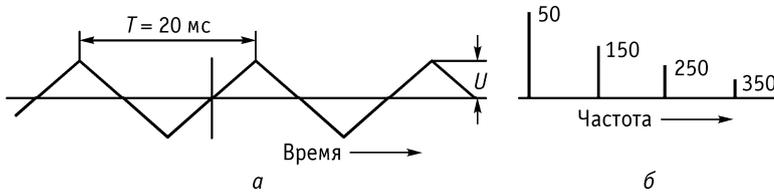


Рис. 1.2. Последовательность треугольных импульсов (а) и ее спектр (б)

Тот факт, что сигнал произвольной формы (а не только прямоугольные импульсы) можно «разложить» на сумму обыкновенных синусоид, впервые доказал в 20-х годах XIX века французский математик Ж. Фурье. Такой набор синусоид получил название *спектра* сигнала. Каждый сигнал (отличающийся от других по форме) имеет свой сугубо индивидуальный спектр, т.е. может быть получен только из синусоид со строго определенными частотами и амплитудами.

Так, сигнал треугольной формы (рис. 1.2, а) состоит из следующих синусоид:

$$s(t) = S_1 \sin \omega_1 t - \frac{S_1}{9} \sin 3\omega_1 t + \frac{S_1}{25} \sin 5\omega_1 t + \dots,$$

$$S_1 = \frac{8}{\pi^2} U = 0,81U$$

и имеет спектр, изображенный на рис. 1.2, б.

Некоторые сигналы представляются в виде суммы не синусоид, а косинусоид:

$$s(t) = C_0 + C_1 \cos \omega_1 t + C_2 \cos 2\omega_1 t + C_3 \cos 3\omega_1 t + \dots,$$

где C_0 – постоянная составляющая сигнала.

Например, для сигнала, изображенного на рис. 1.3, а, можно записать:

$$s(t) = C_0 + \frac{C_0}{4} \cos \omega_1 t + \frac{C_0}{3} \cos 2\omega_1 t - \frac{C_0}{15} \cos 4\omega_1 t + \frac{C_0}{35} \cos 6\omega_1 t + \dots,$$

где $C_0 = \frac{2U}{\pi} = 0,64U$.

Сигнал, представленный на рис. 1.3, а можно получить, если гармоническое колебание пропустить через схему с диодом, которая известна под названием «однополупериодный выпрямитель».

Случай двухполупериодного выпрямления гармонического колебания сигнала показан на рис. 1.3, б. Для него можно записать:

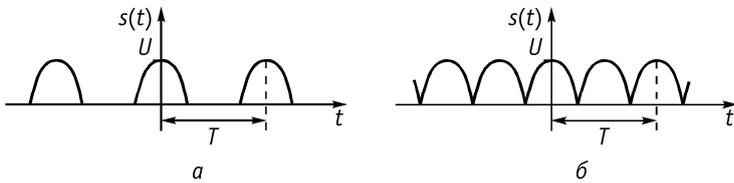


Рис. 1.3. Сигналы, выпрямленные одно- (а) и двухполупериодным (б) выпрямителями

$$s(t) = C_0 + \frac{2C_0}{3} \cos 2\omega_1 t - \frac{2C_0}{15} \cos 4\omega_1 t + \frac{2C_0}{35} \cos 6\omega_1 t + \dots,$$

где $C_1 = \frac{2}{\pi} U = 0,64U$.

Многие сигналы состоят, в общем случае, как из синусоид, так и из косинусоид, т.е.

$$s(t) = C_0 + S_1 \sin \omega_1 t + C_1 \cos \omega_1 t + S_2 \sin 2\omega_1 t + C_2 \cos 2\omega_1 t + S_3 \sin 3\omega_1 t + C_3 \cos 3\omega_1 t + \dots \quad (1.2)$$

Используем известное тригонометрическое соотношение

$$A \sin(\omega t + \varphi) = A \cos \varphi \sin \omega t + A \sin \varphi \cos \omega t = S \sin \omega t + C \cos \omega t,$$

где $S = A \cos \varphi$ и $C = A \sin \varphi$, и заменим запись (1.2) на следующую:

$$\begin{aligned} s(t) &= A_0 + A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) + A_2 \sin(2\omega_1 t + \varphi_2) + \\ &\quad + A_3 \sin(3\omega_1 t + \varphi_3) + \dots = \\ &= A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \sin(k\omega_1 t + \varphi_k), \quad A_0 = C_0. \end{aligned} \quad (1.3)$$

Выражение (1.3) показывает, что любой периодический сигнал состоит из гармоник. В математике эту формулу называют *рядом Фурье*.

Если изобразить амплитуду A_k и фазу φ_k каждой гармоники на рисунке, то получим так называемые *спектральные диаграммы* сигнала (рис. 1.4, а, б), где линии, соответствующие амплитудам и фазам гармоник, называются *спектральными линиями*. Распределение амплитуд A_k гармоник по частоте называется *спектром амплитуд* этого сигнала (см. рис. 1.4, а), а распределение фаз φ_k – *спектром фаз* (рис. 1.4, б).

Когда интересуют не значения амплитуд и начальных фаз гармоник сложного колебания, а только их частоты, то следует говорить о *спектре частот* сигнала.

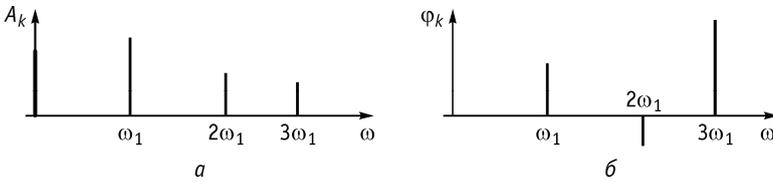


Рис. 1.4. Спектры амплитуд (а) и фаз (б)

Так как спектр периодического сигнала состоит из отдельных спектральных линий, его называют *дискретным*.

Частота первой гармоники сигнала определяется, как показано в (1.1), периодом сигнала: $\omega_1 = 2\pi/T$. Если период сигнала оставить неизменным, а изменять только длительность импульсов (рис. 1.5, а и в), то частота первой гармоники будет той же самой для обоих сигналов. Изменится скорость убывания амплитуд гармоник (рис. 1.5, б и г). Чем короче импульс, тем медленнее убывают амплитуды гармоник и тем соответственно, большим числом гармоник следует представлять прямоугольные импульсы, чтобы сохранить достаточную степень их «прямоугольности».

Существует очень важное понятие – практическая *ширина спектра* сигнала. Интуитивно ясно, что если полоса пропускания какого-либо устройства недостаточно широкая, чтобы пропустить все гармоники, существенно влияющие на форму сигнала, то сигнал на выходе этого устройства исказится. Таким образом, можно сказать, что ширина полосы пропускания устройства не должна быть уже ширины спектра сигнала.

Что же следует считать шириной спектра сигнала, если число гармоник в сигнале бесконечно? Существует несколько критериев для

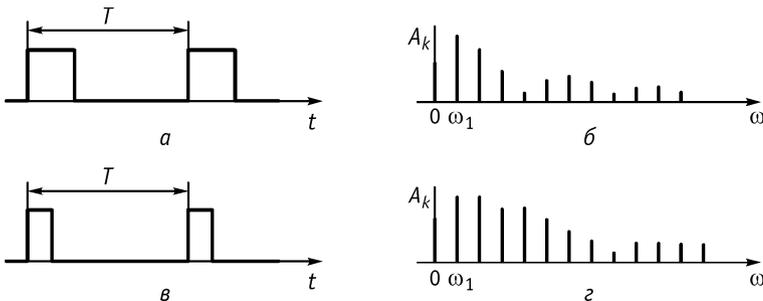


Рис. 1.5. Изменение спектра амплитуд (б и г) при уменьшении длительности импульсов (а и в)

определения практической ширины спектра сигнала. Например, можно отбрасывать все гармоники с амплитудами меньшими 1 % максимальной амплитуды в спектре, тогда частоты оставшихся гармоник и определяют ширину спектра сигнала. Можно отбрасывать те гармоники, суммарная энергия которых меньше 10 % общей энергии сигнала. В этом случае ширину спектра также определяют оставшиеся в сигнале гармоники.

Однако независимо от критерия, по которому определяют ширину спектра сигнала, можно выделить такие общие для всех сигналов закономерности: *чем круче фронт сигнала, чем короче импульсы и чем больше пауза между импульсами, тем шире во всех этих случаях спектр сигнала, т.е. тем медленнее убывают амплитуды гармоник с ростом их номера.*

1.2. Спектры непериодических сигналов

Непериодический сигнал легко получить из периодического, увеличивая период вплоть до $T \times \infty$ (рис. 1.6, а–г). Спектр амплитуд для сигналов с разными периодами показан на рис. 1.7, а–в.

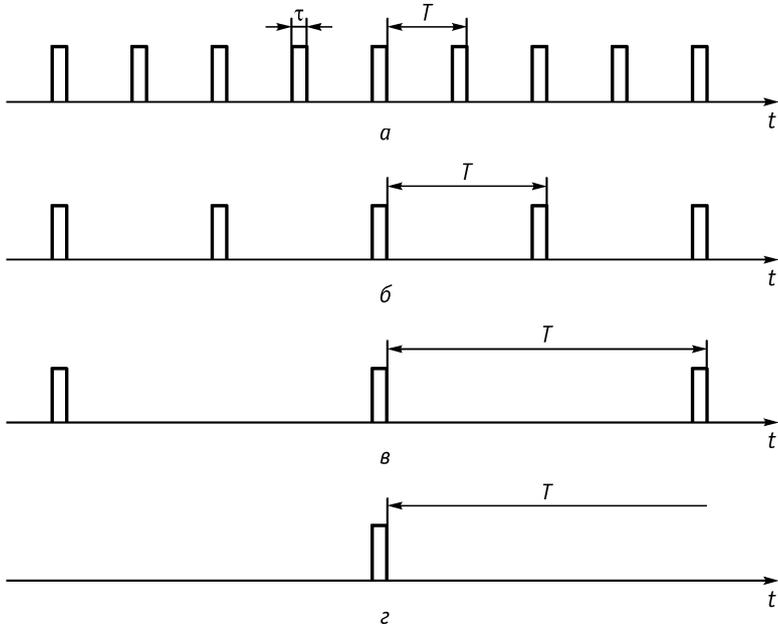


Рис. 1.6. Увеличение периода последовательности прямоугольных импульсов

При увеличении периода сигнала частота первой гармоники $\omega_1 = 2\pi/T$ понижается. Спектральные линии становятся гуще. Амплитуды гармоник уменьшаются. Последнее становится понятным, если учесть, что энергия сигнала, оставаясь неизменной, перераспределяется теперь между возросшим числом гармоник. Естественно, доля каждой гармоники в общем сигнале падает.

Следовательно, при переходе к непериодическому сигналу (например, к одиночному импульсу) мы получаем в спектре такого сигнала вместо отдельных гармоник бесконечно большое число синусоидальных колебаний с бесконечно близкими частотами, заполняющими всю шкалу частот. Причем амплитуда каждого такого колебания становится исчезающе малой, потому что на его долю приходится бесконечно малая часть энергии сигнала. Другими словами, в любой бесконечно узкой полосе частот мы всегда обнаружим синусоидальное колебание, правда, бесконечно малой амплитуды.

Поскольку сравнивать между собой бесконечно малые величины неудобно, то вместо амплитуд A_k по оси ординат откладывают произведение $A_k T$, которое с увеличением периода T остается постоян-

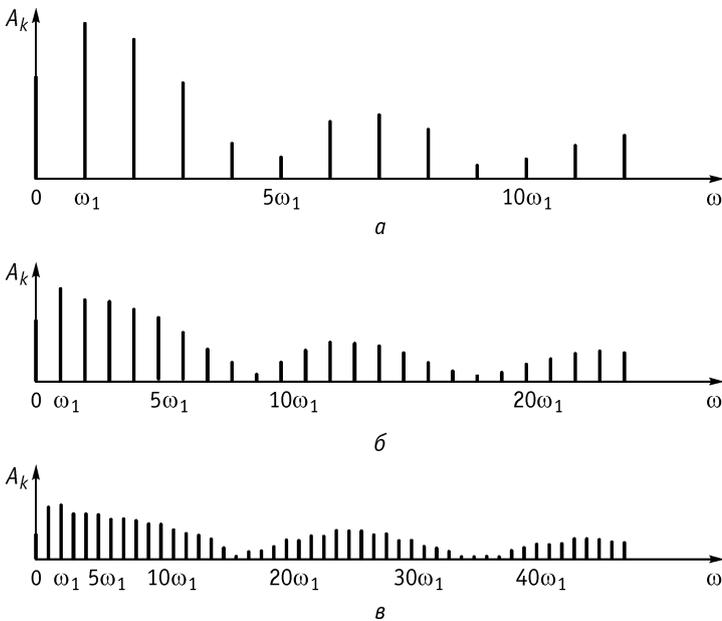


Рис. 1.7. Спектры амплитуд периодических последовательностей импульсов с разными периодами

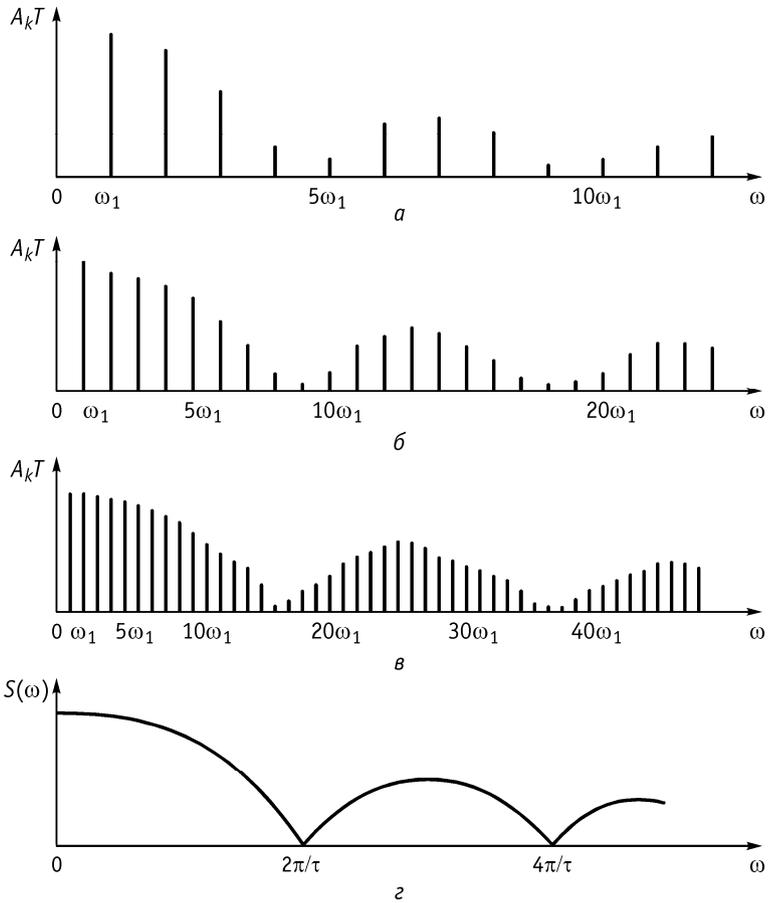


Рис. 1.8. Переход к спектральной плотности (г) одиночного прямоугольного импульса

ным. В новых координатах спектры, показанные на рис. 1.7, а–в, будут выглядеть так, как показано на рис. 1.8, а–г. Понятие спектра амплитуд здесь лишено смысла и заменяется понятием *спектральной плотности амплитуд*, которая указывает, по сути, на удельный вес бесконечно малой амплитуды синусоидального колебания в любой бесконечно узкой полосе частот. Понятие спектра фаз заменяется понятием *спектральной плотности фаз*.

Таким образом, спектр непериодического сигнала является в общем случае не дискретным, а непрерывным.

1.3. Сигналы электросвязи и их спектры

Рассмотрим наиболее часто встречающиеся сигналы электросвязи и обсудим их спектры.

Телефонные (речевые) сигналы. Человек набрал в легкие воздух и издал звук. Что же произошло? Воздух, выходя из легких, заставляет вибрировать голосовые связки. От них колебания воздуха передаются через гортань голосовому аппарату, заканчивающемуся ротовой и носовой полостями (рис. 1.9).

Последние выполняют роль резонаторов – они усиливают колебания воздуха, подобно тому, как полый корпус гитары или скрипки, также являясь резонатором, усиливает звуки струн. Колебания воздуха из голосового аппарата человека передаются окружающему воздуху. Возникает звуковая волна. Характер издаваемого звука определяется натяжением голосовых связок, формой ротовой полости, положением языка, губ и т.д.

Из описания голосового аппарата человека нетрудно понять, что голосовые связки играют роль своеобразных струн, они создают основной тон и обильное количество обертонов. Частота основного тона речи лежит в пределах от 50...80 Гц (очень низкий голос – бас) до 200...250 Гц (женский и детский голоса). При разговоре частота основного тона меняется в значительных пределах, особенно при переходе от гласных звуков к согласным, и наоборот.

В совместном звучании основной тон и обертоны создают соответствующую окраску звука или тембр. Один тембр отличается от другого числом и силой обертонов. При преобладании в человеческом голосе высоких обертонов над низкими мы слышим в нем «звучание металла». Люди, у которых в голосе преобладают низкие обертоны, говорят мягким, бархатным голосом.

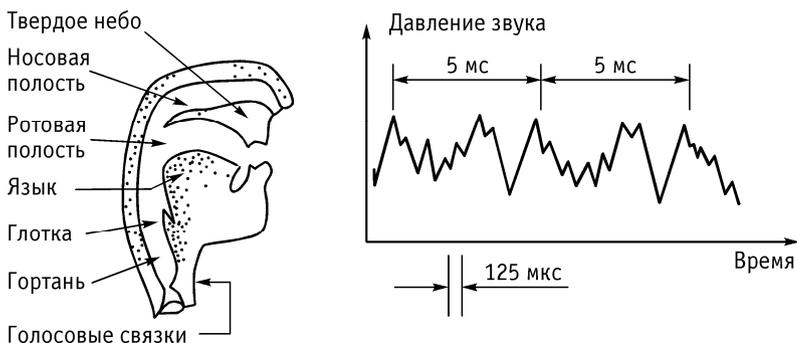


Рис. 1.9. Кривая звукового давления при произнесении звука «а» мужским голосом

Для получения формы кривой звукового давления, создаваемого речью человека, нужно сложить синусоидальные кривые основного тона и обертонов. Из-за наличия большого числа обертонов форма результирующей кривой будет сложной. На рис. 1.9 показано, какое давление создает звук «а», произнесенный мужским голосом с частотой основного тона 200 Гц (период основного тона 5 мс). Для передачи звука на расстояние он в телефонном аппарате превращается в сигнал. Для этой цели служит микрофон.

Телефон был изобретен А.Г. Беллом, учителем в школе глухонемых в американском городе Бостоне в 1876 г. С тех пор в его конструкцию было внесено много усовершенствований. В частности, в современном телефоне используется чувствительный угольный микрофон (рис. 1.10). В нем мембрана соприкасается с угольным порошком. Пока в микрофон не говорят, сопротивление порошка остается неизменным и через него от батареи в линию (провода) протекает постоянный ток. Стоит произнести в микрофон какое-нибудь слово, порошок под действием колеблющейся мембраны будет то сжиматься, то разрыхляться. Изменение плотности порошка приведет к изменению его электрического сопротивления, а значит, и к изменению тока, текущего через порошок. В проводах, идущих от микрофона, рождается электрический ток, повторяющий форму звукового давления.

Изучение речи показывает, что речь – это процесс, частотный спектр которого находится в пределах от 50...100 до 8000...10000 Гц. Установлено, однако, что качество речи остается вполне удовлетворительным, если ограничить спектр снизу и сверху частотами 300 и

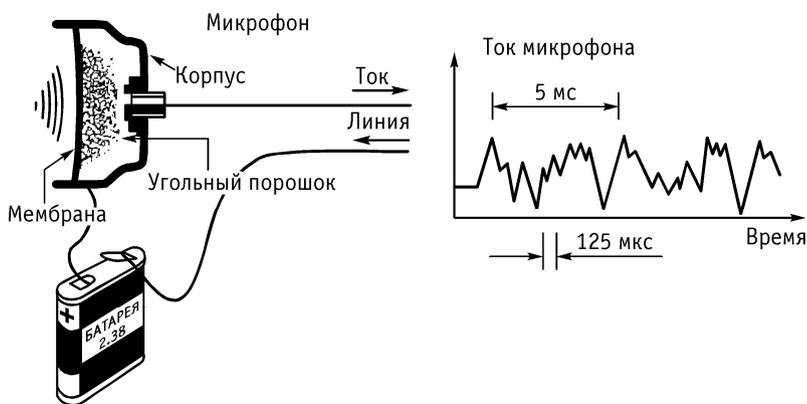


Рис. 1.10. Превращение звука в электрический сигнал с помощью микрофона

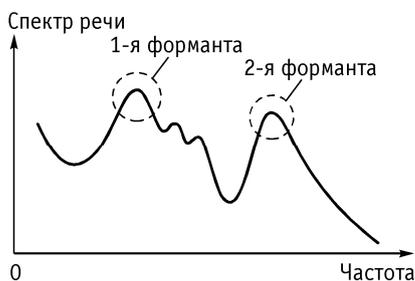


Рис. 1.11. Спектр человеческой речи

3400 Гц. Эти частоты приняты Международным союзом электросвязи (МСЭ) в качестве границ эффективного спектра речи. При указанной полосе частот сохраняется хорошая разборчивость речи и удовлетворительная натуральность ее звучания.

На рис. 1.11 показан спектр речи. Как видно из рисунка, некоторые частотные составляющие речи усилены,

а другие ослаблены. Усиленные области спектра частот называются *формантами*. Звуки речи различных людей отличаются числом формант и их расположением в частотном спектре. Отдельные звуки могут иметь до шести формант, из которых только одна или две являются определяющими. Они обязательно находятся в диапазоне частот 300...3400 Гц. Между формантами лежат менее мощные составляющие звуковых частот. Однако именно они придают голосу каждого человека индивидуальность, позволяющую узнавать говорящего.

Сигналы звукового вещания. Источниками звука при передаче программ вещания обычно являются музыкальные инструменты или голос человека. Формирование сигналов звукового вещания и их прием осуществляется так же, как и телефонных сигналов. Используются лишь другие типы микрофонов.

Спектр звукового сигнала занимает полосу частот 20...20 000 Гц. Однако в зависимости от требований к качеству воспроизведения ширина спектра сигнала вещания может быть ограничена. Для достаточно высокого качества (каналы вещания первого класса) полоса частот должна составлять 50...10 000 Гц, для безкоризненного воспроизведения программ вещания (каналы высшего класса) — 30...15 000 Гц.

Факсимильные сигналы. Обратите внимание на то, как вы читаете книгу. Ваши глаза скользят по строке слева направо, затем вы переходите к началу другой строки и т.д. до конца страницы. Словом вы «просматриваете» все элементы строки последовательно. Можно сказать, что при чтении книги происходит построчная развертка текстового изображения.

Именно по такому принципу «просматривается» изображение в современных факсимильных аппаратах, предназначенных для передачи на расстоянии различного рода неподвижных изображений (документов, чертежей, рисунков, фотографий). Для этого с помощью источни-

ка света и системы оптических линз формируют световое пятно так, чтобы освещать на передаваемом изображении площадку размером, скажем, $0,2 \times 0,2$ мм. Это световое пятно перемещается сначала вдоль одной строки, затем переходит на другую и движется по ней – и так до конца последней строки. Свет, отражаясь от каждой элементарной площадки, попадает на фотоэлемент и вызывает в его цепи ток (рис. 1.12). Значение этого тока зависит от яркости отраженного света, а последняя – от яркости освещенной площадки. Таким образом, при переходе светового пятна на изображении от одной элементарной площадки к другой ток в цепи фотоэлемента меняется пропорционально яркости площадок: мы получаем точную электрическую копию изображения.

Рассмотрим изображение, состоящее только из двух цветов: черного и белого, например, страницу книги, какой-либо чертеж и т.п. Очевидно, каждый элемент изображения (напомним, что размером он всего $0,2 \times 0,2$ мм) будет представлять собой либо черную, либо белую площадку, напоминая чередованием шахматную доску. Черные площадки практически полностью поглощают падающий на них свет. Яркость отраженного ими света при этом настолько ничтожна, что при просмотре черных площадок ток в цепи фотоэлемента не возникает. Наоборот, площадки белого цвета почти полностью отражают падающий на них свет, и при попадании на них светового луча ток в цепи фотоэлемента скачком принимает максимальное значение. Таким образом, перемещая световое пятно, а вслед за ним и фотоэлемент вдоль каждой строки изображения, получаем на выходе фотоэлемента последовательность импульсов (рис. 1.12).

При таком «шахматном» чередовании элементов изображения спектр факсимильного сигнала будет шире, чем для любого другого

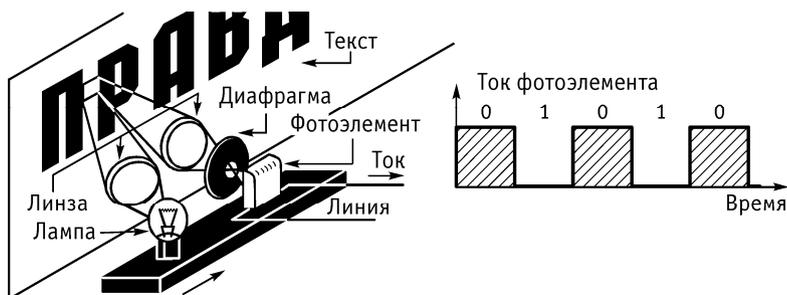


Рис. 1.12. Преобразование изображения в электрический сигнал в факсимильном аппарате

изображения, поскольку круче фронтов импульсов, чем у прямоугольных, не бывает.

Ширина спектра факсимильного сигнала зависит от скорости развертки изображения и размеров светового пятна.

На стандартном листе бумаги формата А4 в строке помещается примерно 1000 черно-белых элементов изображения при ширине пятна 0,2 мм. Если в факсимильном аппарате скорость развертки составляет 60 строк/мин, т.е. каждая строка считывается за 1 с, то за эту секунду 500 раз будет осуществлен переход с черного на белое, или наоборот. Это означает, что максимальная частота чередования импульсов равна 500 Гц. При ширине светового пятна 0,1 мм в строке будет в 2 раза больше элементов изображения, и максимальная частота чередования импульсов повысится до 1000 Гц. Так как для сохранения хорошей степени «прямоугольности» импульсов нужно передавать кроме основной гармоники еще и несколько высших, то ширина спектра факсимильного сигнала может простираться до 1,5...3,0 кГц.

При увеличении скорости развертки изображения черные и белые площадки будут считываться чаще и, следовательно, спектр факсимильного сигнала будет шире. При передаче изображений с полутонами получается сигнал сложной формы, спектр которого является непрерывным и соединяет все частоты от нуля до максимальной.

Факсимильная связь широко используется для передачи газетных полос (т.е. их изображений) в пункты централизованного печатания. Для передачи газет используют специальные высокоскоростные факсимильные аппараты с шириной светового пятна 0,05 мм. Повышенная скорость развертки позволяет передавать одну газетную полосу за 2–3 мин. Это приводит к расширению спектра факсимильного сигнала до 180 кГц.

Телевизионные сигналы. Любое подвижное изображение – это, как правило, смена через каждые 40 мс одного неподвижного изображения другим (25 кадров в 1 с). За время между сменой кадров нужно успеть просмотреть все неподвижное изображение, которое содержит полмиллиона элементарных площадок или элементов изображения (625 строк по 833 элемента в строке). Значит, каждый элемент изображения придется рассматривать в течение одной полумиллионной доли от отведенных на весь кадр 40 мс. Это непостижимо короткий отрезок времени – всего две десятиллиардных доли секунды! Ясно, что ни одно механическое устройство не способно перемещать световое пятно и фотоэлемент по строкам изображения с такой скоростью.

Вы никогда не задумывались над тем, что вы видите на экране телевизора, когда усаживаетесь перед ним в свободный вечер? Изо-

бражение? Нет, в действительности на экране никакого изображения нет, абсолютно никакого! Если бы мы сумели открыть глаза на какую-то ничтожную долю секунды (а речь идет о миллионных и даже миллиардных долях), то увидели бы на экране всего одну светящуюся точку. Это она бежит с невероятной скоростью по экрану, оставляя в нашем глазу след (мы видим то, чего уже нет, еще в течение 0,1 с), изменяющийся по яркости.

Что же заставляет светящуюся точку перемещаться с такой головокружительной быстротой? Электронный луч. Это он способен почти мгновенно отклоняться под действием изменяющегося магнитного поля и развертывать «картинки». Это его можно очень точно сфокусировать с помощью специальных электрических «линз». Первые опыты с электронным лучом начались в самом начале XX в. Еще в 1907 г. профессор Петербургского технологического института Б.Л. Розинг сконструировал первую электронно-лучевую трубку и получил на ней изображение, правда, невысокого качества. Изобретение в начале 30-х годов прошлого столетия первых качественных передающих трубок связано с именами советских ученых, пионеров отечественного телевидения С.И. Катаева и П.И. Шмакова.

Как бы не отличались конструкции передающих телевизионных трубок разных лет, все они в чем-то имитируют глаз. Роль хрусталика выполняет объектив, роль зрачка – диафрагма. Имеется в трубке и своя «сетчатка» – пластинка, напоминающая пчелиные соты, в ячейках которых располагаются микроскопические фотоэлементы. Конечно, их намного меньше, чем фоторецепторов в глазу: всего около 0,5 млн. Изображение, которое нужно превратить в серию электрических импульсов, проектируется с помощью объектива на эту искусственную «сетчатку». Каждый микроскопический фотоэлемент (представляющий собой капельку светочувствительного серебряно-цезиевого сплава) получает свою порцию света и, если его подключить к внешней цепи, создаст ток, пропорциональный освещенности. Что касается электронного луча, то он как раз и подключается поочередно каждый из 500 000 фотоэлементов к внешней цепи трубки, причем отводится ему на это всего 40 мс, пока не сменится кадр. Таким образом, на одном элементе изображения луч «задерживается» не более 80 миллиардных долей секунды (т.е. 80 нс). Величина тока во внешней цепи трубки отражает в каждый момент времени яркость соответствующего элемента изображения, спроектированного объективом на «сетчатку» передающей трубки, и является точной электронной копией передаваемого изображения.

Подсчитаем ширину спектра телевизионного сигнала. Пусть и на этот раз чередуются черные и белые площадки (элементы). Всего

таких элементов будет $625 \text{ строк} \times 833 \text{ элемента} = 520\,625$. В секунду меняется 25 кадров, т.е. $25 \times 520\,625 = 133\,015\,625$ элементов. Значит, переход с черного на белое, или наоборот, происходит примерно 6 500 000 раз в 1 с. Максимальная частота повторения импульсов равна 6,5 МГц, что и принято за верхнюю границу ширины спектра телевизионного сигнала. Нижней границей считают 50 Гц (нижняя граница сигнала звукового сопровождения).

Во время смены строк и кадров развертывающий луч приемной трубки должен быть погашен. Кроме того, необходимо синхронизировать лучи приемной и передающей трубок. Таким образом, кроме сигнала изображения необходимо передавать вспомогательные управляющие импульсы (гасящие и синхронизирующие). Электрический сигнал, включающий в себя сигнал изображения и управляющие импульсы, называется полным телевизионным сигналом.

В системах цветного телевидения передаваемое изображение расщепляется с помощью светофильтров на три одноцветных изображения – красное, зеленое и синее. Красные, зеленые и синие лучи попадают каждый на свою телевизионную трубку. В приемном устройстве путем сложения трех одноцветных изображений воспроизводится передаваемое цветное изображение.

Таким образом, спектр телевизионного сигнала простирается от 50 Гц до 6,5 МГц.

Телеграфные сигналы и сигналы передачи данных. Все рассматриваемые до сих пор сообщения и сигналы являются непрерывными. Сообщения и сигналы телеграфии и передачи данных относятся к дискретным.

Устройства преобразования телеграфных сообщений и данных в электрический сигнал представляют каждый знак сообщения (букву, цифру) в виде определенной комбинации импульсов и пауз одинаковой длительности. Импульс соответствует наличию тока на выходе устройства преобразования (например, телеграфного аппарата), пауза – отсутствию тока.

В телеграфии таблица, которая ставит в соответствие буквам, цифрам и другим знакам комбинации импульсов и пауз, называется *телеграфным кодом*. Если обозначить импульс через 1, а паузу через 0 и воспользоваться международным телеграфным кодом МТК-2, то можно, например, знак А записать в виде 11000, знак В – в виде 10011 и т.д.

Для передачи данных используют более сложные коды, которые позволяют обнаруживать и исправлять ошибки в принятой комбинации импульсов, возникающие от действия помех.

Устройства преобразования сигналов телеграфии и передачи данных в сообщения по принятым комбинациям импульсов и пауз восстанавливают в соответствии с таблицей кода знаки сообщения (бук-

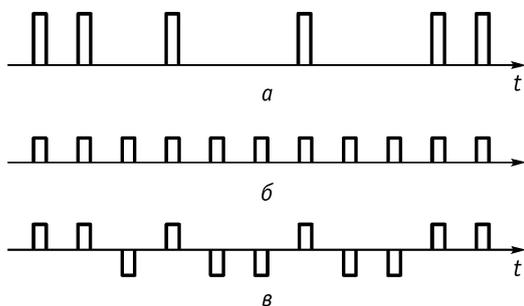


Рис. 1.14. Представление потока импульсов (а) в виде регулярной (б) и случайной (в) составляющих

вы, цифры и др.) и выдают их на печатающее устройство либо на экран дисплея.

Заметим, что чем меньше длительность импульсов, отображающих сообщения, тем больше их будет передано в единицу времени. Величина, обратная длительности импульса, называется скоростью телеграфирования: $V = 1/\tau_{и}$, где $\tau_{и}$ – длительность импульса, с.

В честь французского инженера Ж. Бодо единицу скорости телеграфирования называли *бодом*. При длительности импульса $\tau_{и} = 1$ с скорость $V = 1$ Бод. В телеграфии используются импульсы длительностью 0,02 с, что соответствует стандартной скорости телеграфирования 50 Бод. Применяются и другие скорости телеграфирования (например, 75 Бод). Скорости передачи данных существенно выше. Существует аппаратура передачи данных со скоростями 200, 600, 1200 Бод и более.

Сигналы телеграфии и передачи данных обычно имеют вид последовательностей прямоугольных импульсов.

Посмотрите внимательно на рис. 1.14. Можно представить (разумеется, чисто условно) поток импульсов в виде суммы двух последовательностей: регулярной и случайной. Спектр регулярной последовательности дискретный и создает нечетные гармоники тактовой частоты (т.е. частоты следования), а случайная последовательность имеет непрерывный заштрихованный спектр. Эти спектры показаны на рис. 1.15.

При передаче двоичных сигналов (т.е. 0 и 1) нет необходимости восстанавливать в приемнике импульсы без искажений, т.е. сохранять их форму; для восстановления информации достаточно зафиксировать только знак импульса при двуполярном сигнале либо наличие или отсутствие при однополярном сигнале. Расчеты показывают, что

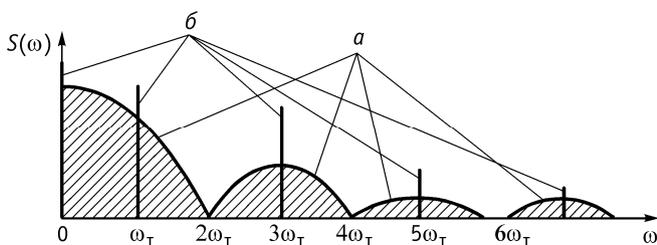


Рис. 1.15. Спектры случайной (а) и регулярной (б) составляющей потока импульсов

импульсы можно уверенно зафиксировать, если для их передачи используется ширина полосы частот, численно равная скорости передачи в бодах. Так, для стандартной скорости телеграфирования 50 Бод ширина спектра телеграфного сигнала составит 50 Гц. При скорости 2400 Бод (среднескоростная система передачи данных) ширина спектра сигнала равна примерно 2400 Гц.

Для удобства спектры основных сигналов электросвязи сведены в табл. 1.1. Даже беглый взгляд на табл. 1.1 позволяет понять, что для передачи разных видов сигналов требуется различная ширина полосы пропускания системы электросвязи.

Т а б л и ц а 1.1. **Ширина спектров сигналов электросвязи**

Вид сигнала	Ширина спектра, Гц
Телеграфный	0...100
Передачи данных со скоростью 2400 Бод	0...2400
Телефонный	300...3400
Звукового вещания	50...10 000
Факсимильный:	
– при скорости 120 мин ⁻¹	0...1465
– при передаче газет	0...180 000
Телевизионный	50...6 000 000

Контрольные вопросы

1. На какие простейшие составляющие «раскладывается» периодически повторяющийся прямоугольный импульс?
2. Чем отличается спектр периодического сигнала от спектра непериодического сигнала?

3. У какого импульса амплитуда спектральных составляющих убывает быстрее: а) более короткого или более длинного? б) с более крутым фронтом или с более пологим? в) повторяющегося чаще или реже?
4. Какие частотные диапазоны занимают спектры основных сигналов электросвязи?

Список литературы

1. **Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.И.** Основы теории цепей: Учебник для вузов / Под ред. В.П.Бакалова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия–Телеком, 2009. – 596 с.
2. **Бакалов В.П., Воробийенко П.П., Крук Б.И.** Теория электрических цепей. Учебник для вузов. Под ред. В.П. Бакалова. – М.: Радио и связь. 1998. – 444 с.
3. **Бакалов В.П., Журавлева О.Б., Крук Б.И.** Анализ линейных электрических цепей: Учебное пособие для дистанционного обучения. – Новосибирск: СибГУТИ, 2001.
4. **Бакалов В.П., Журавлева О.Б., Крук Б.И.** Основы анализа линейных электрических цепей: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия–Телеком, 2007. – 591 с.

Глава 2. Модуляция

2.1. Принципы передачи сигналов электросвязи

Перенос сигнала из одной точки пространства в другую осуществляет *система электросвязи*. Электрический сигнал является, по сути, формой представления сообщения для передачи его системой электросвязи

Источник сообщения (рис. 2.1) формирует сообщение $a(t)$, которое с помощью специальных устройств преобразуется в электрический сигнал $s(t)$. При передаче речи такое преобразование выполняет микрофон, при передаче изображения – электронно-лучевая трубка, при передаче телеграммы – передающая часть телеграфного аппарата.

Чтобы передать сигнал в системе электросвязи, нужно воспользоваться каким-либо переносчиком. В качестве переносчика естественно использовать те материальные объекты, которые имеют свойство перемещаться в пространстве, например, электромагнитное поле в проводах (проводная связь), в открытом пространстве (радиосвязь), световой луч (оптическая связь). На рис. 2.2 показано использование шкалы частот и волн различных типов для различных видов связи.

Таким образом, в пункте передачи (рис. 2.1) первичный сигнал $s(t)$ необходимо преобразовать в сигнал $v(t)$, удобный для его передачи по соответствующей среде распространения. В пункте приема выполняется обратное преобразование. В отдельных случаях (например, когда средой распространения является пара физических проводов, как в городской телефонной связи) указанное преобразование сигнала может отсутствовать.

Доставленный в пункт приема сигнал должен быть снова преобразован в сообщение (например, с помощью телефона или громкоговорителя при передаче речи, электронно-лучевой трубки при передаче изображения, приемной части телеграфного аппарата при передаче телеграммы) и затем передан получателю.



Рис. 2.1. Система электросвязи

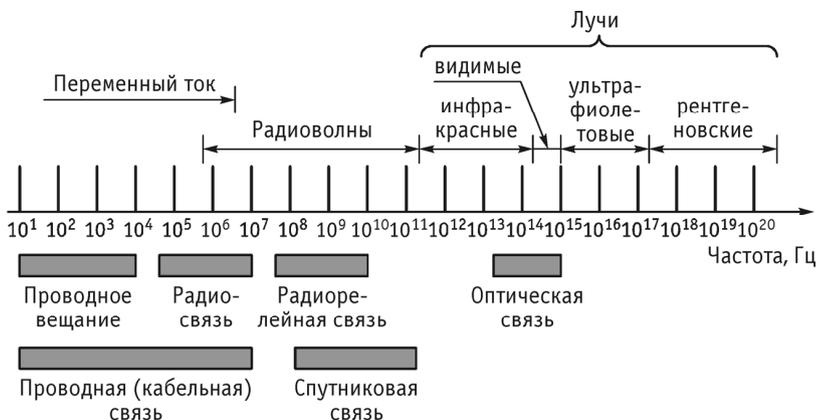


Рис. 2.2. Использование шкалы частот в электросвязи

Передача информации всегда сопровождается неизбежным действием помех и искажений. Это приводит к тому, что сигнал на выходе системы электросвязи $\tilde{s}(t)$ и принятое сообщение $\tilde{a}(t)$ могут в какой-то мере отличаться от сигнала на входе $s(t)$ и переданного сообщения $a(t)$. Степень соответствия принятого сообщения переданному называют верностью передачи информации.

Для различных сообщений качество их передачи оценивается по-разному. Принятое телефонное сообщение должно быть достаточно разборчивым, абонент должен быть узнаваемым. Для телевизионного сообщения существует стандарт (хорошо известная всем телезрителям таблица на экране телевизора), по которому оценивается качество принятого изображения.

Количественной оценкой верности передачи дискретных сообщений служит отношение числа ошибочно принятых элементов сообщения к числу переданных элементов – частота ошибок (или коэффициент ошибок).

2.2. Амплитудная модуляция

Обычно в качестве переносчика используют гармоническое колебание высокой частоты – *несущее колебание*. Процесс преобразования первичного сигнала заключается в изменении одного или нескольких параметров несущего колебания по закону изменения первичного сигнала (т.е. в наделении несущего колебания признаками первичного сигнала) и называется *модуляцией*.

Запишем гармоническое колебание, выбранное в качестве несущего, в следующем виде:

$$v_0(t) = V \cos(\omega t + \varphi). \quad (2.1)$$

Это колебание полностью характеризуется тремя параметрами: амплитудой V , частотой ω и начальной фазой φ . Модуляцию можно осуществить изменением любого из трех параметров по закону передаваемого сигнала.

Изменение во времени амплитуды несущего колебания пропорционально первичному сигналу $s(t)$, т.е. $V(t) = V + k_{AM}s(t)$, где k_{AM} – коэффициент пропорциональности, называется *амплитудной модуляцией* (АМ).

Несущее колебание (2.1) с модулированной по закону первичного сигнала амплитудой равно: $v(t) = V(t) \cos(\omega t + \varphi)$. Если в качестве первичного сигнала использовать то же гармоническое колебание (но с более низкой частотой Ω) $s(t) = S \cos \Omega t$, то модулированное колебание запишется в виде (для упрощения взято $\varphi = 0$): $V(t) = (V + k_{AM} S \cos \Omega t) \cos \omega t$.

Вынесем за скобки V и обозначим $\Delta V = k_{AM} S$ и $M_{AM} = \Delta V / V$. Тогда

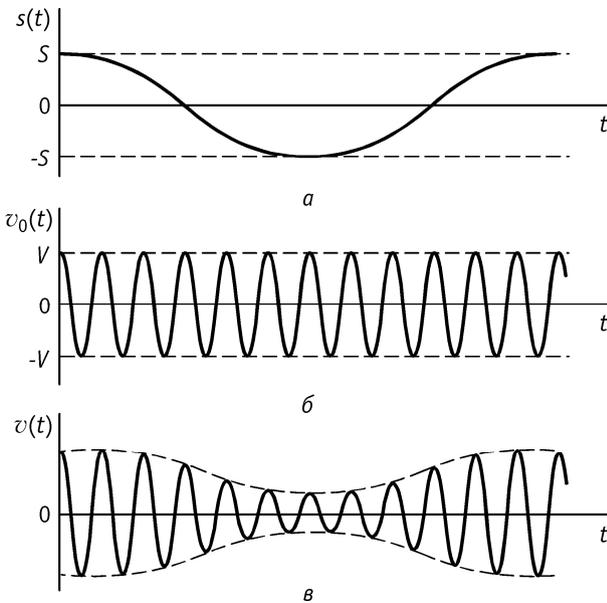


Рис. 2.3. Передаваемый сигнал (а), несущее колебание (б) и модулированный сигнал (в)

$$v(t) = V(1 + M_{AM} \cos \Omega t) \cos \omega t. \quad (2.2)$$

Параметр $M_{AM} = \Delta V/V$ называется глубиной амплитудной модуляции. При $M_{AM} = 0$ модуляции нет и $v(t) = v_0(t)$, т.е. получаем немодулированное несущее колебание (2.1). Обычно амплитуда несущего выбирается больше амплитуды первичного сигнала, так что $M_{AM} \leq 1$.

На рис. 2.3 показана форма передаваемого сигнала (а), несущего колебания до модуляции (б) и модулированного по амплитуде несущего колебания (в).

Произведя в (2.2) перемножение, получим, что амплитудно-модулированное колебание

$$v(t) = V \cos \omega t + (M_{AM} V/2) \cos(\omega + \Omega)t + (M_{AM} V/2) \cos(\omega - \Omega)t$$

состоит из суммы трех гармонических составляющих с частотами ω , $\omega + \Omega$ и $\omega - \Omega$ и амплитудами соответственно V , $M_{AM} V/2$ и $M_{AM} V/2$. Таким образом, спектр амплитудно-модулированного колебания (или АМ-колебания) состоит из частоты несущего колебания и двух боковых частот, симметричных относительно несущей, с одинаковыми амплитудами (рис. 2.4, б). Спектр первичного сигнала $s(t)$ приведен на рис. 2.4, а.

Если первичный сигнал сложный и его спектр ограничен частотами Ω_{min} и Ω_{max} (рис. 2.4, в), то спектр АМ-колебания будет состоять из несущего колебания и двух боковых полос, симметричных относительно несущей (рис. 2.4, з).

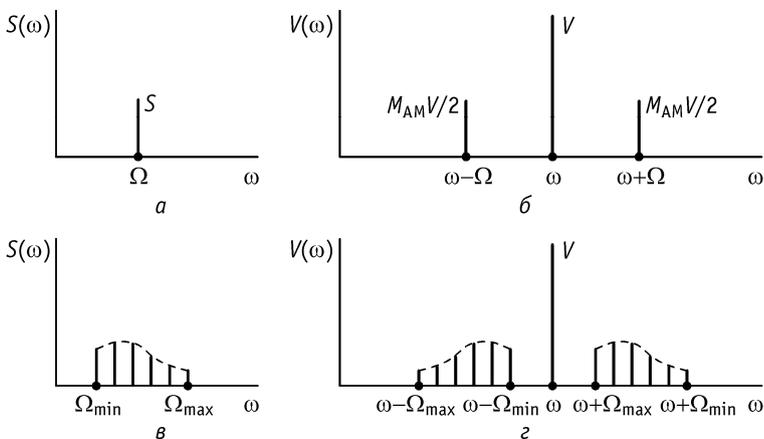


Рис. 2.4. Спектры синусоидального (а) и сложного (в) сигналов и модулированных ими по амплитуде несущих колебаний (б и з)

Анализ энергетических соотношений показывает, что основная мощность АМ-колебания заключена в несущем колебании, которое не содержит полезной информации. Нижняя и верхняя боковые полосы несут одинаковую информацию и имеют более низкую мощность.

2.3. Угловая модуляция

Можно изменять во времени пропорционально первичному сигналу $s(t)$ не амплитуду, а частоту несущего колебания:

$$\omega(t) = \omega + k_{\text{ЧМ}} s(t) = \omega + \Delta\omega \cos \Omega t, \quad (2.3)$$

где $k_{\text{ЧМ}}$ – коэффициент пропорциональности; величина $\Delta\omega = k_{\text{ЧМ}} S$ – называется девиацией частоты (фактически это максимальное отклонение частоты модулированного сигнала от частоты несущего колебания).

Такой вид модуляции называется *частотной модуляцией*. На рис. 2.5 показано изменение частоты несущего колебания при частотной модуляции.

При изменении фазы несущего колебания получим фазовую модуляцию

$$\varphi(t) = \varphi + k_{\text{ФМ}} s(t) = \varphi + \Delta\varphi \cos \Omega t, \quad (2.4)$$

где $k_{\text{ФМ}}$ – коэффициент пропорциональности; $\Delta\varphi = k_{\text{ФМ}} S = M_{\text{ФМ}}$ – индекс фазовой модуляции.

Между частотной и фазовой модуляцией существует тесная связь. Представим несущее колебание в виде

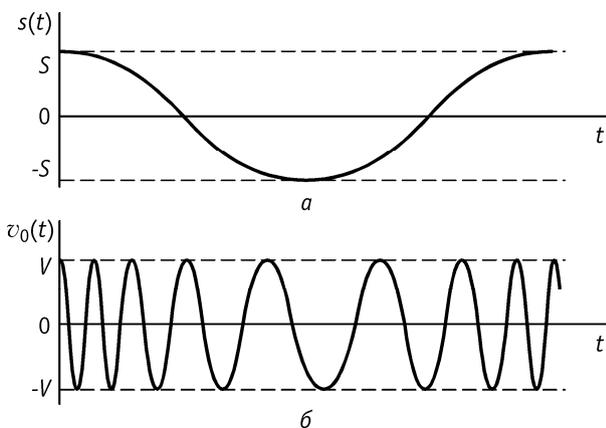


Рис. 2.5. Исходный (а) и частотно-модулированный (б) сигналы

$$v_0(t) = V \cos(\omega t + \varphi) = V \cos \Psi(t), \quad (2.5)$$

где φ – начальная фаза колебания, а $\Psi(t)$ – его полная фаза. Между фазой $\Psi(t)$ и частотой ω существует связь:

$$\Psi(t) = \int_0^t \omega(t) dt + \varphi. \quad (2.6)$$

Подставим в (2.6) выражение (2.3) для $\omega(t)$ при частотной модуляции:

$$\Psi(t) = \omega(t) + (\Delta\omega/\Omega) \sin \Omega t.$$

Величина $M_{\text{ЧМ}} = \Delta\omega/\Omega$ называется индексом частотной модуляции.

Частотно-модулированное колебание запишется в виде:

$$v(t) = V \cos(\omega t + M_{\text{ЧМ}} \sin \Omega t + \varphi). \quad (2.7)$$

Фазо-модулированное колебание с учетом (2.4) для $\varphi(t)$ следующее:

$$v(t) = V \cos(\omega t + M_{\text{ФМ}} \cos \Omega t + \varphi). \quad (2.8)$$

Из сравнения (2.7) и (2.8) следует, что по внешнему виду сигнала $v(t)$ трудно различить, какая модуляция применена – частотная или фазовая. Часто оба эти вида модуляции называют *угловой модуляцией*, а $M_{\text{ЧМ}}$ и $M_{\text{ФМ}}$ – индексами угловой модуляции.

Несущее колебание, подвергнутое угловой модуляции (2.7) или (2.8), можно представить в виде суммы гармонических колебаний:

$$v(t) = V \{ I_0(M) \cos \omega t + I_1(M) \cos(\omega + \Omega)t + \\ + I_1(M) \cos(\omega - \Omega)t + I_2(M) \cos(\omega + 2\Omega)t + \\ + I_2(M) \cos(\omega - 2\Omega)t + I_3(M) \cos(\omega + 3\Omega)t + \\ + I_3(M) \cos(\omega - 3\Omega)t + \dots \}.$$

Здесь M – индекс угловой модуляции, принимающий значение $M_{\text{ЧМ}}$ при ЧМ и $M_{\text{ФМ}}$ при ФМ. Амплитуды гармоник в этом выражении определяются некоторыми коэффициентами $I_k(M)$, значения которых при различных аргументах приводятся в специальных справочных таблицах. Чем больше M , тем шире спектр модулированного колебания.

Таким образом, спектр модулированной несущей при угловой модуляции даже при гармоническом первичном сигнале $s(t)$ состоит из бесконечного числа дискретных составляющих, образующих нижнюю и верхнюю боковые полосы спектра, симметричные

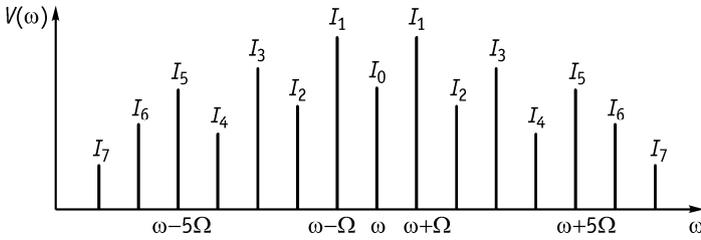


Рис. 2.6. Спектр частотно-модулированного сигнала

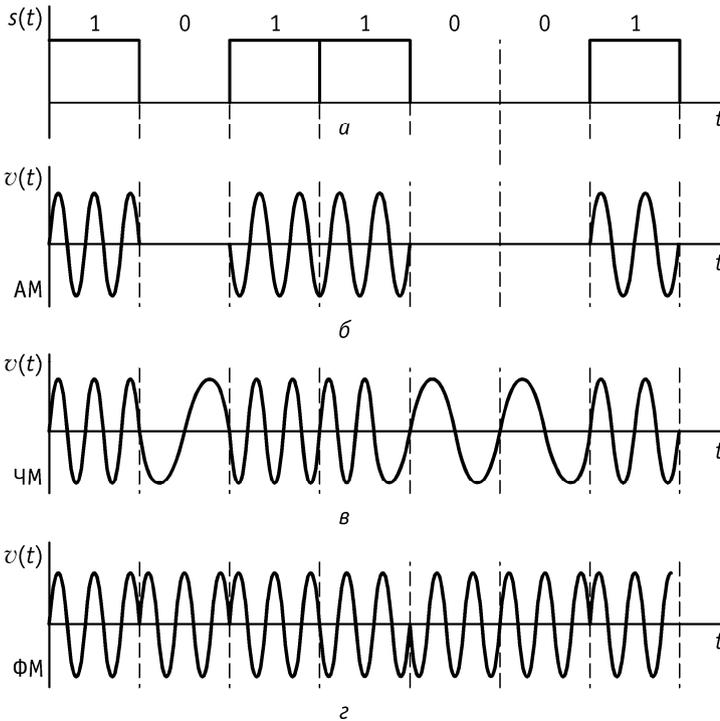


Рис. 2.7. Дискретный сигнал (а) и несущее колебание, модулированное этими сигналами по амплитуде (б), частоте (в) и фазе (г)

относительно несущей частоты и имеющие одинаковые амплитуды (рис. 2.6).

В случае, если первичный сигнал $s(t)$ имеет форму, отличную от синусоидальной, и занимает полосу частот от Ω_{\min} до Ω_{\max} , то

спектр модулированного колебания при угловой модуляции будет иметь еще более сложный вид.

Иногда отдельно рассматривают модуляцию гармонического несущего колебания по амплитуде, частоте или фазе дискретными первичными сигналами $s(t)$, например телеграфными или передачи данных. На рис. 2.7 показан дискретный первичный сигнал (а), несущее колебание, модулированное по амплитуде (б), частоте (в) и фазе (г).

Модуляцию гармонического несущего колебания первичным сигналом $s(t)$ называют непрерывной, так как в качестве переносчика выбран непрерывный периодический сигнал $v_0(t)$.

Сравнение различных видов непрерывной модуляции позволяет выявить их особенности. При амплитудной модуляции ширина спектра модулированного сигнала, как правило, значительно меньше, чем при угловой модуляции (частотной и фазовой). Таким образом, наличие экономия частотного спектра: для амплитудно-модулированных сигналов можно отводить при передаче более узкую полосу частот. Как будет показано дальше, это особенно важно при построении многоканальных систем передачи.

2.4. Импульсная модуляция

Часто в качестве переносчика используют периодическую последовательность сравнительно узких импульсов. Последовательность прямоугольных импульсов одного знака $v_0(t)$ характеризуется параметрами (рис. 2.8): амплитудой импульсов V ; длительностью (шириной) импульсов $\tau_{и}$; частотой следования (или тактовой частотой) $f_T = 1/T$, где T – период следования импульсов ($\omega_T = 2\pi f_T$); положением (фазой) импульсов относительно тактовых (отсчетных) точек. Отношение $T/\tau_{и}$ называется *скважностью* импульса.

По закону передаваемого первичного сигнала можно изменять (модулировать) любой из перечисленных параметров импульсной последовательности. При этом *модуляция* называется *импульсной*.

В зависимости от того, какой параметр модулируется первичным сигналом $s(t)$, различают: *амплитудно-импульсную* модуляцию (АИМ),

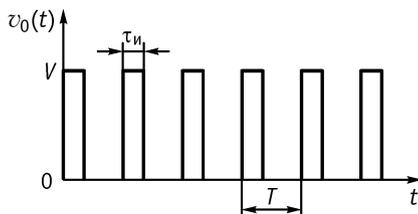


Рис. 2.8. Периодическая последовательность узких импульсов

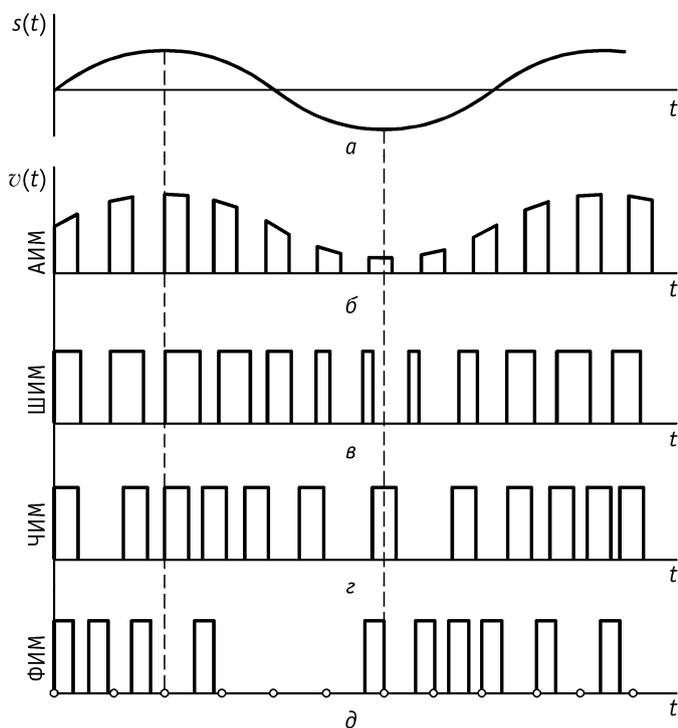


Рис. 2.9. Виды импульсной модуляции

когда по закону передаваемого сигнала (рис. 2.9, а) изменяется амплитуда импульсов (см. рис. 2.9, б); *широтно-импульсную* модуляцию (ШИМ), когда изменяется ширина импульсов (рис. 2.9, в); *частотно-импульсную* модуляцию (ЧИМ) – изменяется частота следования импульсов (см. рис. 2.9, в); *фазо-импульсную* модуляцию (ФИМ) – изменяется фаза импульсов, т.е. временное положение относительно тактовых точек (см. рис. 2.9, д).

Модуляцию ФИМ и ЧИМ объединяют во *временно-импульсную* (ВИМ). Между ними существует связь, аналогичная связи между фазовой и частотной модуляцией синусоидального колебания.

В качестве примера на рис. 2.10 показан спектр АИМ-сигнала при модуляции импульсной последовательности сложным первичным сигналом $s(t)$ с полосой частот от 0 до Ω . Он содержит спектр исходного сигнала $s(t)$, все гармоники тактовой частоты ω_T (т.е. частоты $2\omega_T, 3\omega_T, 4\omega_T$ и т.д.) и боковые полосы частот около гармоник тактовой частоты.

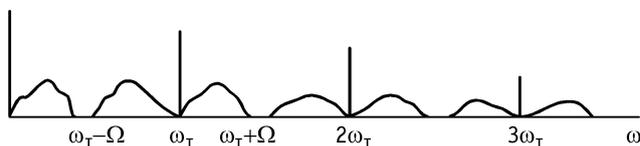


Рис. 2.10. Спектр АИМ-сигнала

Спектры сигналов ШИМ, ЧИМ и ФИМ имеют еще более сложный вид.

Импульсные последовательности, изображенные на рис. 2.9, называются последовательностями *видеоимпульсов*. Если позволяет среда распространения, то видеоимпульсы передаются без дополнительных преобразований (например, по кабелю). Однако по радиолиниям передать видеоимпульсы невозможно. Тогда сигнал подвергают второй ступени преобразования (модуляции).

Модулируя с помощью видеоимпульсов гармоничное несущее колебание достаточно высокой частоты, получают *радиоимпульсы*, которые способны распространяться в эфире. Полученные в результате сочетания первой и второй ступеней модуляции сигналы могут иметь названия АИМ–АМ, ФИМ–АМ, ФИМ–ЧМ и др.

Сравнение импульсных видов модуляции показывает, что АИМ имеет меньшую ширину спектра по сравнению с ШИМ и ФИМ. Однако последние более устойчивы к воздействию помех. Для обоснования выбора метода модуляции в системе передачи необходимо сравнить эти методы по различным критериям: энергетическим затратам на передачу сигнала, помехоустойчивости (способности модулированных сигналов противостоять вредному воздействию помех), сложности оборудования и др.

2.5. Демодуляция сигналов

До сих пор мы рассматривали преобразования сигнала в пункте передачи. В пункте приема (см. рис. 2.1) необходимо извлечь первичный сигнал из переносчика, т.е. осуществить *демодуляцию* принятого сигнала.

Например, при демодуляции АМ-сигнала необходимо выделить закон изменения амплитуды модулированного несущего сигнала, т.е. его *огибающую*. Эта операция выполняется с помощью амплитудного детектора (рис. 2.11). При линейном детектировании на вход детектора с линейной вольт-амперной характеристикой (рис. 2.12, а) подается АМ-сигнал (см. рис. 2.12, б), и последовательность импульсов тока детектора оказывается промодулированной по амплитуде (см. рис. 2.12, в). Высокочастотные составляющие тока отфильтровыва-

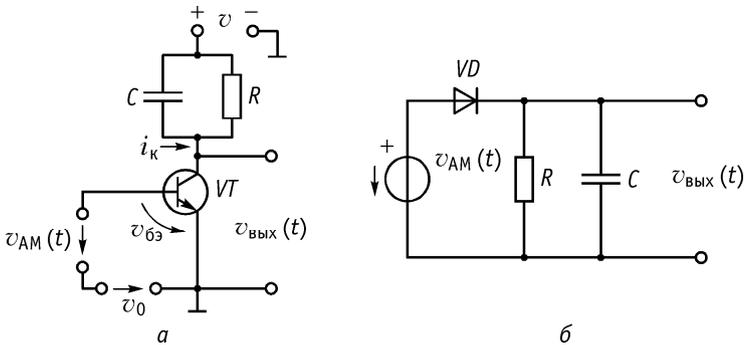


Рис. 2.11. Амплитудные детекторы: транзисторный (а), диодный (б)

ются RC -цепью; падение напряжения на резисторе R создает только постоянная составляющая тока.

В модулированном колебании амплитуда медленно меняется по закону

$$V(t) = V(1 + M_{AM} \cos \Omega t),$$

следовательно, амплитуда выделяемой на резисторе R постоянной составляющей тока также будет медленно меняться во времени. Таким образом, выходное напряжение амплитудного детектора пропорционально исходному (модулирующему) сигналу.

Один из способов демодуляции ЧМ-колебаний состоит в превращении его в АМ-колебания и последующем детектировании с помощью амплитудного детектора.

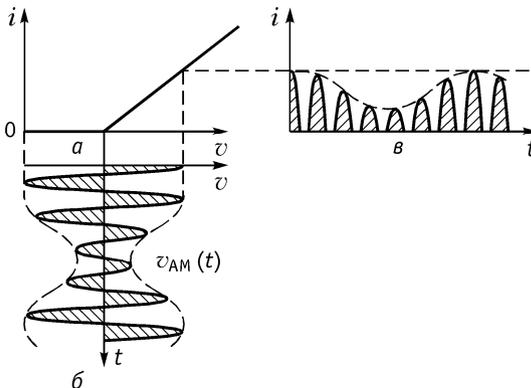


Рис. 2.12. Детектирование АМ-сигнала

Преобразования ЧМ-сигнала в АМ-сигнал выполняется с помощью расстроенного колебательного контура. Предположим, что на колебательный контур, настроенный на определенную резонансную частоту, подаются ЧМ-колебания с постоянной амплитудой и меняющейся со временем частотой $\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega \cos\Omega t$.

Полное сопротивление контура при каждой мгновенной частоте принимает свое определенное значение, так что амплитуда напряжения, выделяемого на контуре, будет изменяться во времени с изменением частоты входного ЧМ-сигнала. Это положение иллюстрирует рис. 2.13, где показана частотная зависимость амплитуды напряжения на контуре $V_k(\omega)$ при постоянной амплитуде входного сигнала, изменение во времени частоты $\omega(t)$ входного ЧМ-сигнала и изменение во времени амплитуды $V_k(t)$ ЧМ-колебания.

Таким образом, амплитуда ЧМ-колебания на выходе колебательного контура изменяется во времени пропорционально модулирующему сигналу, т.е. частотно модулированный сигнал стал модулированным и по амплитуде. Для получения низкочастотного сигнала достаточно подать модулированный по амплитуде ЧМ-сигнал на амплитудный детектор.

Аналогичным образом выделение закона изменения фазы ФМ-сигнала осуществляется фазовым детектором.

Существуют и способы демодуляции импульсно-демодулированного сигнала. Все устройства, предназначенные для демодуляции сигналов, будут рассмотрены дальше при изучении конкретных систем передачи и аппаратуры, входящей в состав этих систем.

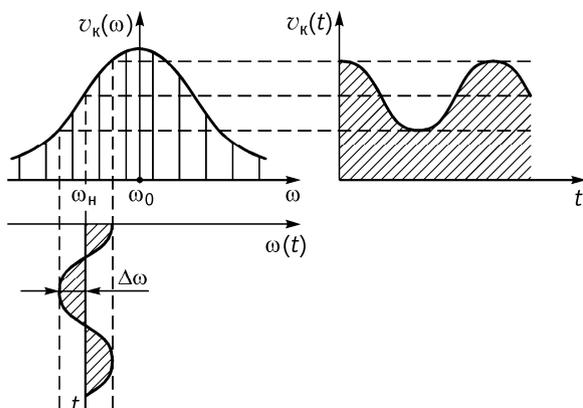


Рис. 2.13. Демодуляция ЧМ-сигнала

Контрольные вопросы

1. Какова структура устройства передачи сообщений?
2. В чем состоит принцип амплитудной (частотной, фазовой) модуляции?
3. Чем отличается непрерывная модуляция от импульсной?
4. Как осуществляется восстановление исходного сигнала из модулированного?

Список литературы

1. **Системы** электросвязи: Учебник для вузов / Под ред. В.П.Шувалова. – М.: Радио и связь, 1987. – 512 с.
2. **Баскаков С.И.** Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2000. – 462 с.

Глава 3. Цифровые сигналы

3.1. Понятие о цифровых сигналах

Во всем мире сейчас активно развивается цифровая телефония. Качество цифровой телефонной связи значительно выше, чем обычной, поскольку цифровые сигналы меньше боятся всякого рода помех. Цифровой телефон позволяет предоставить нам массу дополнительных услуг. Появляется возможность к одной и той же телефонной линии подключить, казалось бы, внешне совершенно различные устройства – телефонный аппарат и персональный компьютер. Через цифровую телефонную сеть владельцам персональных компьютеров открывается доступ к банкам данных с широким ассортиментом информации.

В наши дома приходит цифровое кабельное телевидение, дающее необыкновенную четкость изображения и сочность красок; на прилавках магазинов мы можем увидеть аппаратуру цифровой звуко- и видеозаписи, обеспечивающую уникальное качество звука и изображения.

Что же такое цифровой сигнал? Впервые мы столкнулись с ним, когда обсуждали факсимильный сигнал, полученный с черно-белого изображения, не содержащего полутонов. Такой цифровой сигнал показан на рис. 1.12. Однако реальный факсимильный сигнал чаще бывает не цифровым, а аналоговым.

Цифровыми сигналами являются телеграфные сигналы и сигналы передачи данных, вырабатываемые компьютерами (см. рис. 1.14).

Таким образом, можно сказать, что цифровой сигнал – это последовательность импульсов. Если принять условно факт наличия импульса за 1, а факт его отсутствия за 0, то импульсную последовательность можно представить как чередование двух цифр: 0 и 1.

Отсюда и появилось название «цифровой сигнал». Число, которое принимает только два значения: 0 и 1, называется «двоичной цифрой». В переводе на английский это звучит как «binary digit». В практику широко вошло сокращение, составленное из начальных и конечных букв английского словосочетания, т.е. слово «bit», что на английском читается как *бит*. Итак, одна позиция в цифровом сигнале есть 1 бит; это может быть либо 0, либо 1. Восемь позиций в цифровом сигнале объединяется понятием *байт*.

При передаче цифровых сигналов естественным образом вводится понятие *скорости передачи* – это количество бит, передаваемых в единицу времени, чаще всего – в секунду.

3.2. Дискретизация аналоговых сигналов

По своей природе многие сигналы (телефонные, факсимильные, телевизионные) не являются цифровыми. Это аналоговые, или непрерывные, сигналы.

Можно ли «переложить» живую человеческую речь на язык нулей и единиц, сохранив при этом все богатое разнообразие красок человеческого голоса, всю гамму человеческих эмоций? Другими словами, речь идет о том, как заменить непрерывный процесс последовательностью цифр, не потеряв при этом информации о непрерывном процессе.

С подобной проблемой мы сталкиваемся в жизни довольно часто. Если через очень короткие промежутки времени (скажем, через 1 с) наносить значения температуры воздуха на график, то получим множество точек, отражающих изменение температуры (рис. 3.1). Таким образом, имеем дело не с непрерывной кривой изменения температуры, а лишь с ее значениями, отсчитанными через определенные промежутки времени. По сути говоря, мы описали некоторый непрерывный процесс последовательностью десятичных цифр. Подобный процесс называется *дискретизацией* непрерывного сигнала. Невыясненным остался вопрос, как часто следует брать отсчетные значения непрерывной кривой, чтобы отследить все ее изменения. Так, при более длительных промежутках времени между наблюдениями за температурой воздуха не удастся отследить все ее быстрые изменения.

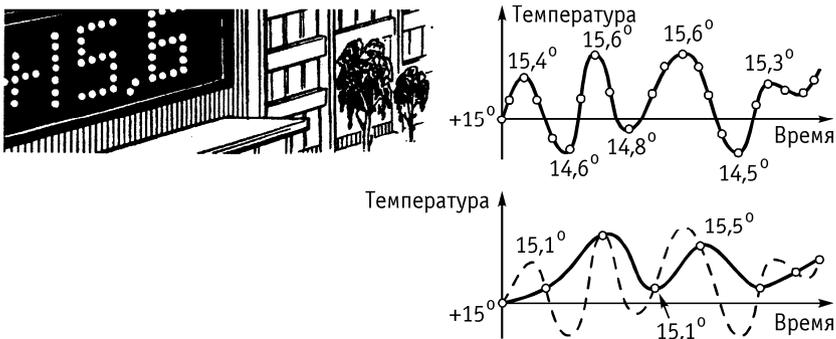


Рис. 3.1. Дискретное измерение температуры

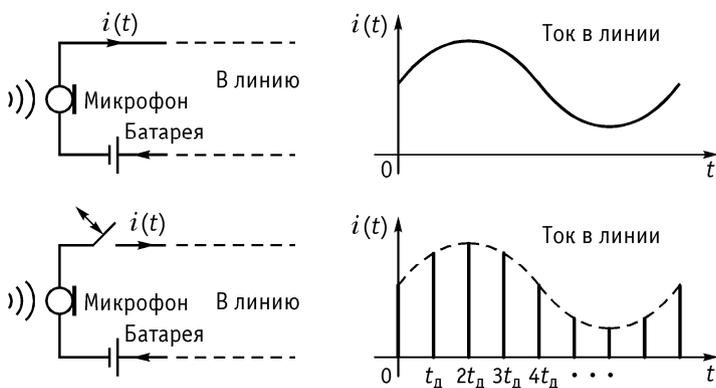


Рис. 3.2. Дискретизация телефонного сигнала

Аналогичный подход лежит в процессе дискретизации телефонного сигнала. Если в цепь микрофона (рис. 3.2), где ток является непрерывной функцией времени, встроить электронный ключ и периодически на короткие мгновения замыкать его, то ток в цепи будет иметь вид узких импульсов с амплитудами, повторяющими форму непрерывного сигнала, и представлять собой ничто иное, как дискретный сигнал (см. рис. 3.2).

Интервал времени t_d через который отсчитываются значения непрерывного сигнала, называется *интервалом дискретизации*. Обратная величина $1/t_d$ (обозначим ее f_d) называется частотой взятия отсчетов, или *частотой дискретизации*.

Отсчеты непрерывного сигнала, так же, как и отсчеты температуры, следует брать с такой частотой (или через такой интервал времени), чтобы успевать отследить все, даже самые быстрые, изменения сигнала. Иначе при восстановлении этого сигнала по дискретным отсчетам часть информации будет потеряна и форма восстановленного сигнала будет отличаться от формы исходного (рис. 3.3). Это означает, что звук на приеме будет восприниматься с искажениями.

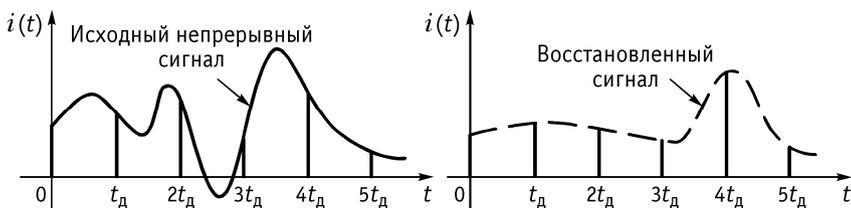


Рис. 3.3. Искажение формы восстановленного сигнала

Чтобы разобраться с этим вопросом, начнем с колебания струны. Вы тронули струну, она стала вибрировать и своим движением то сжимает, то разрыхляет окружающий воздух или, другими словами, то повышать, то понижать его давление. Слои воздуха повышенного и пониженного давления начали разбегаться во все стороны от колеблющегося тела. Образовалась звуковая волна. Нечто похожее наблюдаем, когда бросаем камни в воду и смотрим на расходящиеся кругами волны. Гребни этих волн можно сравнить с областью сжатого воздуха, впадины – с областью разреженного воздуха.

Давление звуковой волны, распространяющейся от струны, изменяется во времени по закону синусоиды. Чтобы отследить все ее изменения, очевидно, достаточно брать отсчетные значения в моменты, соответствующие максимумам и минимумам синусоиды, т.е. с частотой, превышающей по крайней мере вдвое частоту звукового колебания. Например, если струна совершает 20 колебаний/с (частота 20 Гц), то максимальное звуковое давление будет наблюдаться через каждый $1/20$ с, т.е. через 50 мс. Максимумы и минимумы кривой звукового давления разделены интервалами в 25 мс. Значит, отсчетные значения по кривой должны следовать не реже, чем через 25 мс, или с частотой 40 отсчетов/с (40 Гц). Обычно отсчетные значения на кривой берут «с запасом»: не в 2 раза чаще, чем колеблется звук, а, скажем, в 10 раз. В этом случае они очень хорошо передают форму кривой.

Интересен случай, когда звуковые волны излучают две одновременно колеблющиеся струны. На рис. 3.4 показаны три варианта: вторая струна колеблется в 2, 3 и 10 раз чаще, чем первая. Давления двух звуковых волн на пластину, помещенную на их пути, складываются. График результирующего давления уже не является синусоидой. Мы видим, что быстрые изменения в этой кривой обусловлены более высокочастотным колебанием (в данном случае колебанием второй струны). Для того чтобы отследить все быстрые изменения результирующего звукового давления, отсчетные значения следует брать с частотой, по крайней мере, вдвое превышающей частоту колебания второй струны. В последнем варианте частота взятия отсчетных значений должна превышать 400 Гц. Это означает, что отсчетные значения должны следовать не реже, чем через $1/400 = 0,0025$ с = 2,5 мс, а лучше – еще чаще, например через 0,5 мс.

При изучении речи (см. п.1.3) мы выяснили, что голосовые связки у человека играют роль струн. Самое высокочастотное колебание этих «струн», которое по рекомендации МСЭ необходимо еще учитывать, имеет частоту 3400 Гц. При переходе от аналогового речевого сигнала к цифровому это значение обычно округляют до 4000 Гц. Это значит, что при замене непрерывной кривой электрического тока на вы-

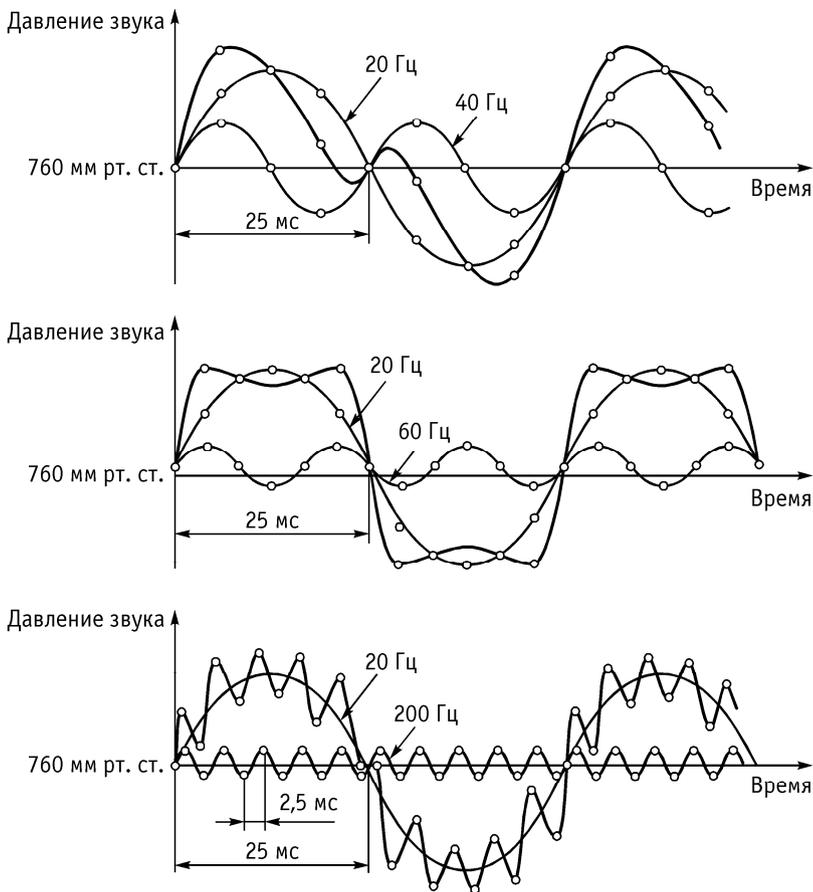


Рис. 3.4. Дискретизация кривых звукового давления при различных частотах колебания струн

ходе микрофона телефонного аппарата отсчетными значениями последние необходимо брать с частотой 8000 Гц или, другими словами, не реже, чем через $1/8000 = 0,000125 \text{ с} = 125 \text{ мкс}$.

Сравнение рис. 3.2 и рис. 2.9, б показывает, что при дискретизации сигнала узкими прямоугольными импульсами получается АИМ-сигнал, спектр которого изображен на рис. 2.10.

Спектр дискретного сигнала содержит спектр исходного сигнала (в диапазоне частот от 0 до F). Чтобы восстановить исходный сигнал из дискретного, достаточно пропустить дискретный сигнал через фильтр нижних частот с граничной частотой полосы пропускания F

и подавить все «боковые» спектры. На выходе такого фильтра появится исходный непрерывный сигнал.

При слишком редкой дискретизации (низкая частота дискретизации f_d и большой интервал дискретизации t_d) будет иметь место наложение на спектр исходного сигнала «бокового» спектра. Это приведет к искажению формы исходного спектра, и значит, к отличию восстановленного сигнала от исходного. Наоборот, более частая дискретизация позволит легко восстановить непрерывный сигнал из дискретного с помощью несложного фильтра нижних частот. Таким образом, *для безыскаженного восстановления непрерывного сигнала из дискретного необходимо частоту дискретизации f_d выбирать не ниже удвоенной ширины его спектра.* Для телефонного сигнала, как мы это видим, $f_d = 8$ кГц.

В 1933 г. в работе «О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи» В.А. Котельников доказал теорему, ставшую основополагающей в теории и технике цифровой связи. Суть этой теоремы состоит в том, что непрерывный сигнал, у которого спектр ограничен частотой F , может быть полностью и однозначно восстановлен по его дискретным отсчетам, взятым с частотой $f_d = 2F$, т.е. через интервалы времени $t_d = 1/2F$.

Мы не приводим полную математическую формулировку теоремы, а также ее доказательство, а лишь ограничиваемся указанием сути теоремы. Однако справедливость ее только что была обсуждена и легко усматривается из рис. 2.10.

3.3. Квантование и кодирование

Квантование. Пусть в результате дискретизации непрерывного сигнала $s(t)$ была получена последовательность узких импульсов, которая представляет собой АИМ-сигнал. Амплитуды импульсов равны в этом случае мгновенным значениям сигнала $s(t)$ в моменты $i \cdot t_d$, где $i = 0, 1, 2, 3, \dots$; t_d – период следования импульсов, или интервал дискретизации.

Подвергнем полученный АИМ-сигнал *квантованию* по уровню (рис. 3.5). Для этого диапазон возможных значений амплитуд (т.е. диапазон значений первичного сигнала) делится на отрезки, называемые *шагами квантования* Δ_i . Границы этих отрезков являются разрешенными для передачи значений амплитуд импульсов. Таким образом, амплитуды передаваемых импульсов будут равны не мгновенным значениям первичного сигнала, а ближайшим разрешенным уровням. Такое преобразование первичных сигналов можно называть *квантованной амплитудно-импульсной модуляцией* (КАИМ). Особен-

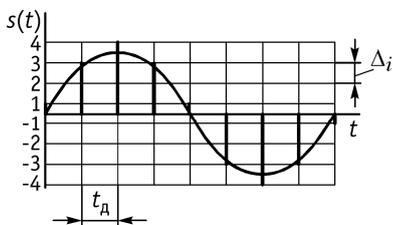


Рис. 3.5. Квантование АИМ-сигнала по уровню

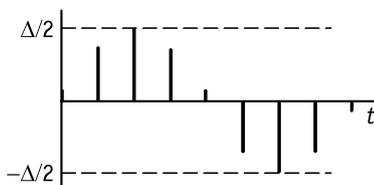


Рис. 3.6. Шум квантования

ностью КАИМ-сигнала является то, что все его уровни можно пронумеровать (а их число хотя и большое, но конечное) и тем самым свести передачу КАИМ-сигнала к передаче последовательностей номеров уровней, которые этот сигнал принимает в моменты $i \cdot t_d$.

Если шаги квантования одинаковы и не зависят от уровня квантования, то квантование называют равномерным. Возможно неравномерное квантование, при котором шаги квантования различны.

В процессе квантования возникает ошибка вследствие того, что передаваемый квантованный сигнал отличается от истинного. Эту ошибку можно рассматривать как специфическую помеху – шум квантования. Последний представляет собой случайную последовательность импульсов (рис. 3.6), максимальное значение амплитуды которых не превышает половины шага квантования. Чем меньше шаг квантования, тем меньше шум, но больше число передаваемых разнесенных уровней.

Следующий шаг в преобразовании сигнала состоит в переводе квантованного АИМ-сигнала в цифровой. Эта операция называется *кодированием* КАИМ-сигнала.

Кодирование. Познакомимся с одним замечательным свойством нашей системы счисления – позиционностью.

Изобразим какое-нибудь число, например 777. В нем один и тот же знак «7» участвует 3 раза, но когда он стоит справа, то означает семь единиц, в центре – семь десятков, слева – семь сотен. Таким образом, при записи числа цифра может иметь начертание одно и то же, а цифровые значения – разные, в зависимости от места, позиции, разряда, на котором она стоит. Такой принцип построения чисел называется поместным, или позиционным. Для записи любых сколь угодно больших чисел достаточно десяти цифр!

Каждая позиция, или разряд, числа имеет определенный «вес» (единицы, десятки, сотни и т.д.), поэтому число 777 можно расписать как

$$777 = 7 \cdot 10^2 + 7 \cdot 10 + 7,$$

т.е. как семь сотен плюс семь десятков плюс семь единиц. Если призвать на помощь алгебру и вместо чисел записать буквы, то можно получить такую общую форму представления числа:

$$M = a_n \cdot 10^n + a_{n-1} \cdot 10^{n-1} + \dots + a_1 \cdot 10 + a_0,$$

или сокращенную – через коэффициенты, если опускать степени числа 10:

$$M = (a_n a_{n-1} \dots a_1 a_0).$$

Число 10 является основанием системы счисления. Коэффициенты a_0 (число единиц), a_1 (число единиц второго разряда, т.е. десятков), a_2 (число единиц третьего разряда, т.е. сотен) и т.д. могут принимать значения, не превышающие основания системы: от 0 до 9. В 1665 г. французский математик Б. Паскаль показал, что за основание системы счисления можно принять любое число, а это значит, что каждое число можно представить в виде комбинации степеней не числа 10, какого-либо другого целого числа. Выберем, например, число 7:

$$M = a_n \cdot 7^n + a_{n-1} \cdot 7^{n-1} + a_1 \cdot 7 + a_0.$$

Ясно, что значения коэффициентов a_0, a_1, \dots, a_n должны теперь быть не больше нового основания, т.е. 7: они могут принимать значения от 0 до 6.

Представим число 777 в семеричной системе, разлагая его по степеням основания 7:

$$(777)_{10} = 2 \cdot 7^3 + 1 \cdot 7^2 + 6 \cdot 7.$$

Если опустить степени числа 7, как мы делаем при записи чисел в десятичной системе, то получим семеричную запись этого числа: $(2160)_7$. Здесь цифра 7 в индексе указывает основание системы. В пятеричной позиционной системе всего пять цифр: 0, 1, 2, 3, 4. В ней число 777 будет представляться количеством «пятерок», «двадцати-пяток» и т.д.:

$$(777)_{10} = 1 \cdot 5^4 + 1 \cdot 5^3 + 1 \cdot 5^2 + 0 \cdot 5 + 2 = (111052)_5.$$

Посмотрим, как будет представлено число 777 в двенадцатеричной системе. Поскольку в ней должно быть двенадцать цифр, а мы знаем только десять, то придется ввести еще две цифры, обозначив 10, скажем, буквой А, а 11 – буквой В. В результате получим

$$(777)_{10} = 5 \cdot 12^2 + 4 \cdot 12 + 9 = (549)_{12}.$$

Как видите, можно придумать много различных позиционных систем счисления, отличающихся только основаниями. И все они, вообще говоря, равнозначны: ни одна из них не имеет явных преимуществ перед другой!

Число 2 – это самое меньшее из чисел, которое можно взять за основание системы счисления. Поэтому в двоичной системе счисления всего две цифры: 0 и 1. Число в двоичной системе запишется так:

$$M = a_n \cdot 2^n + a_{n-1} \cdot 2^{n-1} + \dots + a_1 \cdot 2 + a_0.$$

Если в десятичной системе «вес» каждой позиции (или разряда) числа равен числу 10 в некоторой степени, то в двоичной системе вместо числа 10 используют число 2. «Вес» первых 13 позиций (разрядов) двоичного числа имеют следующие значения:

2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

Попробуем записать уже привычное нам число $(777)_{10}$ в двоичной системе счисления, представляя его в виде разложения по степеням двойки и отбрасывая потом при записи сами степени:

$$(777)_{10} = 1 \cdot 2^9 + 1 \cdot 2^8 + 0 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + \\ + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2 + 1 = (1100001001)_2.$$

Итак, в двоичной системе счисления вместо числа 777 приходится писать число 1100001001.

При записи числа в двоичной системе каждая позиция занята двоичной цифрой. Вместо двух слов «двоичная цифра» употребляют одно слово: «бит». Мы уже упоминали, что оно произошло от английского bit, составленного из начальных и конечной букв словосочетания binary digit, что в переводе с английского означает «двоичная цифра». С помощью одного бита можно записать только число 0 и 1, двух бит – числа от 0 до 3, трех бит – числа от 0 до 7, четырех бит – числа от 0 до 15 и т.д.

Десятичная запись:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 ... 15 16

Двоичная запись:

0 1 10 11 100 101 110 111 1000 1001 1010 1011 ... 1111 10000

Чтобы записать числа от 0 до 1000, потребуется десять бит. В двоичной системе счисления даже сравнительно небольшое число занимает много позиций.

Как теперь перевести дискретные значения тока микрофона в цифровой двоичный код?

В XVIII веке крупнейший математик Л. Эйлер показал, что с помощью набора гирь 1, 2, 4, 8, и 16 кг можно взвесить любой груз с точностью до 1 кг. Взвешиваемый груз (обозначим его массу через M , кг) математически можно представить как

$$\begin{aligned} M &= a_4 \cdot 16 + a_3 \cdot 8 + a_2 \cdot 4 + a_1 \cdot 2 + a_0 \cdot 1 = \\ &= a_4 \cdot 2^4 + a_3 \cdot 2^3 + a_2 \cdot 2^2 + a_1 \cdot 2^1 + a_0 \cdot 2^0, \end{aligned}$$

где каждый коэффициент $a = 1$, если соответствующую гирю кладем на чашу весов, $a = 0$, если этой гирей не пользуемся при взвешивании. Таким образом, процедура взвешивания сводится к представлению десятичного числа в двоичной системе счисления.

Поясним это на примере. Пусть нам нужно взвесить груз массой 21 кг. Поставим сначала на чашу весов самую большую гирю – массой 16 кг. Поскольку она не перетягивает груз, оставим гирю на чаше ($a_4 = 1$) и добавим следующую – 8 кг. Ясно, что в этом случае чаша весов с гирями перетянет чашу с грузом. Снимем эту гирю ($a_3 = 0$) и установим гирю массой 4 кг. Проведя взвешивание до конца, мы увидим, что на весах остались гири массой 16, 4 и 1 кг. Значения коэффициентов $a_4 \dots a_0$ дают пятиразрядный двоичный код 10101 числа 21.

Механический груз мы взвешивали на механических весах. Считая отсчетное значение тока, появляющееся на выходе электронного ключа, своего рода «электрическим грузом», можно осуществить аналогичное взвешивание, но на этот раз электронным способом. Такие «электронные весы» назвали кодером (от английского coder – кодировщик). Допустим, отсчетное значение тока равно 21 мА. Роль «электрических гирь» в кодере выполняют эталонные токи величиной 16, 8, 4, 2 и 1 мА, которые вырабатываются специальным устройством. Каждая проба – подходит та или иная «гиря» либо нет – производится в строго установленные промежутки времени. Вся процедура взвешивания должна закончиться до прихода с электрического ключа следующего отсчетного значения тока (напомним, для звуков речи это время составляет всего 125 мкс). Итак, сначала отсчетное значение тока сравнивается с эталоном, равным 16 мА, и, поскольку оно больше эталона, на выходе кодера появляется импульс тока, что соответствует двоичной цифре 1. В следующий интервал времени к первому эталонному току добавляется второй величиной 8 мА. Теперь суммарный вес «электрической гири» равен 24 мА. Это больше отсчетного значения, поэтому второй эталонный генератор отключается. На данном интервале времени импульс тока на выходе кодера не появляется, что соот-

ветствует двоичной цифре 0. Думаем, читатели без труда завершат процедуру взвешивания.

Таким образом, за время взвешивания одного отсчетного значения кодер вырабатывает серию импульсов, полностью повторяющую двоичный код отсчетного значения микрофонного тока.

Нельзя не напомнить вновь еще об одном виде искажений, появляющихся при переводе отсчетного значения тока в двоичный код. Так, если кодированию подвергается отсчетное значение 21,7 мА, кодер все равно выдает код 10101, как и в случае целого значения 21 мА. Это и понятно, поскольку «взвешивание» проводилось с точностью до 1 мА – веса самой меньшей «электрической гири». Такое округление чисел в технике называется квантованием, а разница между отсчетным значением тока и величиной, набираемой двоичным кодом, – ошибкой квантования.

Однако и искажения, вызванные ошибками квантования, можно если и не исключить совсем, то по крайней мере значительно уменьшить. Пусть, например, самая маленькая «электрическая гиря» будет иметь «вес» 0,125 мА. Тогда, взяв восемь «гирь», соответствующие 16; 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125 мА, можно будет «взвешивать» отсчетные значения тока с точностью до 0,125 мА. При этом число 21 представится 8-разрядным двоичным кодом 10101000, а число 21,7 – кодом 10101101, где последние три цифры означают добавку 0,625 к числу 21. Применение же 12-разрядного двоичного кода позволяет вместо числа 21,7 набрать весьма близкое к нему число 21,6921895.

Успехи в развитии интегральной микросхемотехники позволили объединить в корпусе одной небольшой микросхемы электронный ключ и кодер. Эта микросхема преобразует непрерывную (часто говорят аналоговую) электрическую величину в двоичный цифровой код и известна под названием *аналога-цифрового преобразователя* (АЦП). Выпускаются АЦП с 8-, 10- и 12-разрядными двоичными кодами.

Интересно подсчитать, какую скорость имеет цифровой поток, полученный из непрерывного телефонного сигнала путем дискретизации его через 125 мкс и 8-разрядного кодирования. За секунду ток микрофона изменяется 8000 раз. В 8-разрядном кодере каждое измеренное значение тока представляется двоичным словом из 8 бит. Значит, каждую секунду в линию отправляется $8000 \cdot 8 = 64000$ бит, т.е. скорость цифрового потока равна 64 кбит/с.

Кодовая комбинация из 8 бит, образующая двоичное слово, называется *байтом*. Символы в каждой кодовой комбинации отделены друг от друга временным интервалом t_T , т.е. следует с частотой $f_T = 1/t_T$. Эта частота называется *тактовой*. Преобразование отсчетов непрерывного сигнала в двоичный код называется *им-*

пульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). В настоящее время этот способ получения цифровых сигналов из аналоговых наиболее распространен. Системы передачи, использующие данное преобразование сигналов, называются ИКМ-системами. В иностранной литературе используется аббревиатура РСМ (от английских слов pulse code modulation, что в переводе как раз и означает импульсно-кодовая модуляция).

3.4. Восстановление аналоговых сигналов

Все устройства, предназначенные для демодуляции сигналов, будут рассмотрены при изучении конкретных систем передачи и аппаратуры, входящей в состав этих систем.

При приеме сигналов ИКМ для восстановления аналогового сигнала необходимо преобразовать цифровой сигнал (последовательность двоичных импульсов) в квантованный АИМ-сигнал (такое преобразование называется *декодированием*) и затем осуществить операцию демодуляции, т.е. выделения из АИМ-сигнала аналогового сигнала $s(t)$.

Итак, при использовании ИКМ выполняются следующие преобразования аналогового сигнала: в пункте передачи – амплитудно-импульсная модуляция, квантование и кодирование; в пункте приема – декодирование и демодуляция квантованного АИМ-сигнала. Полученный на приеме аналоговый сигнал отличается от переданного, так как образуется из квантованных импульсов, амплитуды которых равны не мгновенным значениям сигнала $s(t)$, а ближайшим разрешенным значениям.

Таким образом, операция квантования вносит в процесс передачи сигнала неустранимую ошибку, которая тем меньше, чем больше уровней квантования.

А как узнать, какое десятичное число скрывается под его записью в двоичной системе? Правило простое: под каждым разрядом двоичного числа следует записать его «вес». Те «веса», которые соответствуют единичным разрядам, нужно сложить. Полученная сумма и явится десятичным числом. Вот перед нами число 1001011, записанное в двоичной нумерации. Поступаем согласно сказанному выше:

1	0	0	1	0	1	1
64	32	16	8	4	2	1

Как видим, заинтересовавшее нас число складывается из единицы, двойки, восьмерки и шестидесяти четырех ($1 + 2 + 8 + 64$). Очевидно, оно равно 75. Попробуйте самостоятельно определить, какому числу соответствует его двоичная запись 10110011.

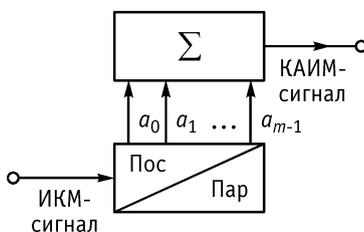


Рис. 3.7. Декодер ИКМ-сигнала

В состав декодера входит преобразователь последовательного кода в параллельный (рис. 3.7), на выходах которого появляется набор единиц и нулей, соответствующий принятой кодовой комбинации. Каждая единица (токовый импульс) поступает на вход сумматора с весом, где увеличивается в 2^k раз. На выходе сумматора возникает импульс, амплитуда которого определяется кодовой комбинацией на входе декодера.

Например, при прохождении кодовой комбинации 0100110 на первый, четвертый, пятый и седьмой входы сумматора напряжение не подается (бестоковые импульсы), а на второй, третий и шестой входы подается напряжение, которое увеличивается соответственно в 2^1 , 2^2 и 2^5 раз. На выходе сумматора появляется напряжение, пропорциональное $2^1 + 2^2 + 2^5 = 38$, т.е. квантованный АИМ-сигнал.

На следующем шаге необходимо из отсчетных значений тока получить непрерывный ток. Сделать это нам поможет обычный конденсатор небольшой емкости, который при кратковременном воздействии на него тока (т.е. отсчетного значения) мгновенно зарядится и будет удерживать заряд до следующего кратковременного воздействия.

Отметим еще раз, что восстановленная таким путем кривая непрерывного тока будет несколько отличаться от той, которая была получена на клеммах микрофона: она будет иметь плоские ступеньки между отсчетными значениями. Можно сказать, что процесс взятия отсчетных значений и последующего восстановления непрерывной кривой тока микрофона сопровождается специфическими искажениями, которые могут повлиять на качество воспроизведения звука. Однако на практике для восстановления тока используют не конденсатор, а более сложные схемы, делающие форму восстановленного тока похожей на форму исходного тока и тем самым сводящие на нет действия указанных искажений.

Контрольные вопросы

1. Что такое цифровой сигнал?
2. С какой частотой следует дискретизировать аналоговый сигнал?
3. Как определить ошибку квантования сигнала?
4. В чем заключается принцип двоичного кодирования сигнала?
5. Как восстановить аналоговый сигнал из цифрового?

Список литературы

1. **Крук Б.И., Попов Г.Н.** ... И мир загадочный за занавесом цифр: Цифровая связь. – 2-е изд., испр. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. – 264 с.
2. **Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.И.** Основы теории цепей: Учебник для вузов / Под ред. В.П. Бакалова. – М.: Радио и связь, 2000. – 592 с.
3. **Журавлева О.Б., Крук Б.И.** Дискретные сигналы и цепи: 26 вопросов и ответов: Учебное пособие для дистанционного обучения. – Новосибирск: СибГУТИ, 1999. – 100 с.

Глава 4. Принципы многоканальной передачи

4.1. Одновременная передача сообщений

В середине XIX в. телеграф широко распространился по всему миру. Достаточно сказать, что общая протяженность телеграфных линий в Европе, например в 1855 г., составляла почти 40 тыс. км, а уже через 10 лет, в 1865 г., она увеличилась до 160 тыс. км, т.е. в 4 раза. Однако темпы строительства телеграфных линий не могли угнаться за потребностью в услугах телеграфной связи. За тот же период число переданных телеграфных депеш возросло с 2 до 18 млн. шт., т.е. в 9 раз.

За счет чего же темпы роста телеграфного обмена (есть такой специальный термин) оказались выше темпов строительства телеграфных линий? Как удалось передать телеграмм в 9 раз больше, если число телеграфных линий увеличилось лишь в 4 раза? В те времена были известны два пути повышения эффективности использования линии связи. Первый – совершенствование организации работы телеграфной службы и телеграфных аппаратов. Другими словами, телеграммы следовало передавать без промедления, одну за другой, и с возможно большей скоростью, т.е. как можно больше букв в минуту. Однако этот способ более эффективного использования линии связи очень быстро оказался исчерпанным. Причина проста и естественна. Как бы не улучшался телеграфный аппарат, скорость работы на нем даже опытного телеграфиста не превышает 240–300 букв/мин. Второй путь требовал гораздо больших материальных затрат. Дело в том, что основным типом линий связи в XIX в. были воздушные линии. Вот что представляла собой такая линия. На столбах (их называют опорами) подвешивался стальной провод диаметром 3...6 мм, а вторым проводом служила земля. По мере необходимости, т.е. когда обмен телеграфными депешами возрастал настолько, что передавать их по этому проводу попросту не успевали, на эти же столбы подвешивался второй провод, затем третий и т.д. Такие линии связи можно назвать многопроводными. Например, в России первая однопроводная телеграфная линия была проложена в 1854 г., а уже через год, в 1855 г., возникла потребность в подвеске второго провода. К 1857 г. в стране существовали пятипроводные телеграфные линии, а на отдельных, особенно загруженных телеграфными депешами участках, число висящих на опорах проводов достигало 8–12.

Все это привело к тому, что в упомянутом выше 1865 г. длина телеграфных проводов в Европе почти в 3 раза превышала длину телеграфных линий связи и составляла около 450 тыс. км. Между тем изготовление и подвеска каждого последующего провода требовала огромных по тем временам расходов. Да и подвешивание новых проводов не могло продолжаться бесконечно. Ставить же рядом новые опоры и дорого, и громоздко.

Применительно к середине XIX в. проблема формулировалась так: нужно было научиться передавать по одному проводу сразу несколько телеграмм.

Надо сказать, что данная проблема актуальна и по сей день. Возьмем, к примеру, современную спутниковую линию связи. Она позволяет организовать обмен информацией (а это могут быть либо речевое сообщение, либо сведения из банка данных, либо видеоизображение и т.д.) между двумя любыми точками нашей планеты. Но вряд ли кому придет в голову использовать линию для передачи информации только от одного пользователя к другому. Во-первых, это очень дорого. Во-вторых, это просто-напросто неэффективно: в линию «вложены» колоссальные средства, а предоставляется она каждый раз только двум пользователям. Гораздо выгоднее дать возможность как можно большему числу пользователей «арендовать» на время обмена информацией «космический мост» за вполне умеренную плату. Но поскольку каждый из них может выразить желание воспользоваться линией связи в удобное для него время и не захочет мириться с тем, что кто-то уже занял ее, решение проблемы может быть только таким: все абоненты должны пользоваться линией связи одновременно.

Цепи связи проводных кабельных линий и стволы радиолиний могут обеспечить передачу сигнала в широкой полосе частот: от десятков и сотен килогерц до десятков мегагерц в проводных системах и сотен и тысяч мегагерц в радиосистемах. Если сравнить эти цифры с шириной спектра первичных сигналов (см. табл. 1.1), то видно, что полоса частот, в которой работает та или иная линия передачи одноканальной системы, используется крайне неэффективно.

Линия передачи большой протяженности представляет собой дорогое и громоздкое сооружение, требующее больших затрат сил, средств и времени на строительство. Для содержания линий в исправном состоянии также необходимы значительные силы и средства. Подавляющая часть капитальных затрат приходится на линейные сооружения и лишь незначительная часть – на аппаратуру. Естественно, возникает проблема наиболее эффективного использования линейных сооружений. Техническим решением этой экономической проблемы является одновременная передача по одной цепи большого числа первичных сигналов от разных источников сообще-

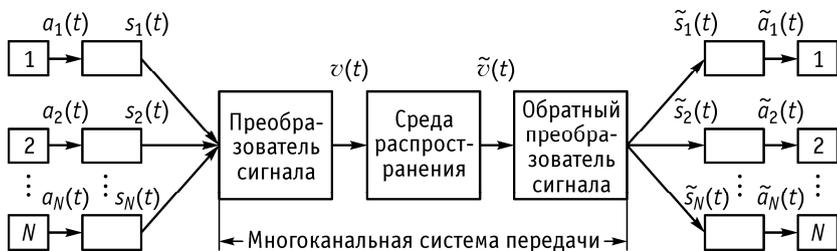


Рис. 4.1. Принцип одновременной передачи сообщений

ний, т.е. создание на одной цепи большого количества независимых каналов.

Первые образцы многоканальной системы появились в России в 30-е годы XX в. В 1934 г. был налажен выпуск 3-канальной системы многократного телефонирования СМТ-34, которая выпускалась вплоть до Великой Отечественной войны. В 1940 г. была введена в опытную эксплуатацию первая в стране 12-канальная аппаратура для воздушных линий. В настоящее время существуют проводные и радиосистемы передачи, позволяющие организовать на одной цепи (в одном стволе) от десятков до тысяч каналов передачи.

Рис. 4.1 иллюстрирует принцип одновременной передачи нескольких сообщений с помощью системы передачи. Сообщения $a_1(t)$, $a_2(t)$, ..., $a_N(t)$ от N источников преобразуются на передаче в первичные сигналы $s_1(t)$, $s_2(t)$, ..., $s_N(t)$. Последние поступают в систему передачи на преобразователь сигналов, где подвергаются специальной обработке и объединяются в групповой сигнал $v(t)$, направляемый в цепь связи. В приемной части системы передачи из искаженного помехой группового сигнала $\tilde{v}(t)$ выделяются индивидуальные первичные сигналы отдельных каналов $\tilde{s}_1(t)$, $\tilde{s}_2(t)$, ..., $\tilde{s}_N(t)$. В приемных первичных преобразователях эти сигналы преобразуются в сообщения $\tilde{a}_1(t)$, $\tilde{a}_2(t)$, ..., $\tilde{a}_N(t)$.

Ранее уже описывались методы передачи первичных сигналов: выбирается переносчик (гармоническое несущее колебание или последовательность узких импульсов), и его параметры модулируются первичным сигналом по амплитуде (АМ или АИМ), частоте (ЧМ или ЧИМ), фазе (ФМ или ФИМ) и т.д.

Однако первичные сигналы $s_1(t)$, $s_2(t)$, ..., $s_N(t)$ от N источников сообщений могут существовать одновременно и занимать одинаковые полосы частот (например, это могут быть сигналы речи, занимающие полосу частот 0,3...3,4 кГц). Необходимо, чтобы после преобразования на передаче сигналы отличались друг от

друга. Только в этом случае удастся выделить из группового сигнала каналные.

4.2. Частотное разделение каналов

Один из способов разделения каналных сигналов (или разделения каналов) заключается в следующем. В качестве переносчиков выбирают гармонические несущие колебания с различными частотами. В результате каждый первичный сигнал после преобразования в каналный сигнал (т.е. после модуляции) будет размещаться в своей полосе частот. В качестве примера на рис. 4.2 показано преобразование N первичных сигналов, имеющих одинаковые спектры, путем модуляции по амплитуде (АМ) несущих колебаний с различными частотами. Интервал между несущими частотами соседних каналов должен быть таким, чтобы полосы частот каналных сигналов не перекрывались.

На рис. 4.3 представлена структурная схема многоканальной системы передачи. Первичные сигналы $s_1(t)$, $s_2(t)$, ..., $s_N(t)$ преобразуются устройствами M_1 , M_2 , ..., M_N ; модулированные несущие колебания $v_1(t)$, $v_2(t)$, ..., $v_N(t)$, полученные на выходе этих устройств, называются *каналными* сигналами. В отличие от первичных сигналов, имеющих общий спектр, каналные разнесены по спектру (рис. 4.2). Групповой сигнал $v(t)$ получается объединением каналных сигналов $v_1(t)$, $v_2(t)$, ..., $v_N(t)$ в устройстве объединения (УО).

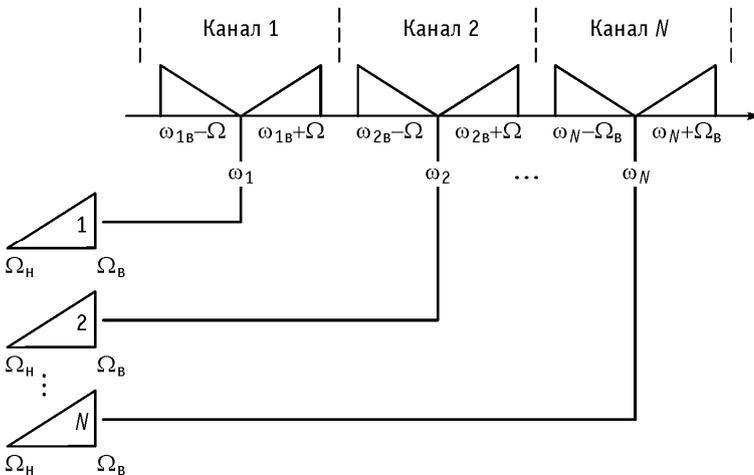


Рис. 4.2. Преобразование первичных сигналов в каналные

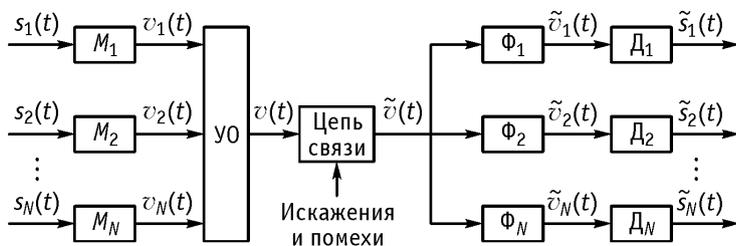


Рис. 4.3. Многоканальная система передачи с частотным разделением каналов

На приемном конце каналные сигналы выделяются из группового с помощью разделительных частотных фильтров $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_N$, пропускающих сигналы своего канала и подавляющих остальные. Восстановление первичных сигналов $\tilde{s}_1(t), \tilde{s}_2(t), \dots, \tilde{s}_N(t)$ из канальных $\tilde{v}_1(t), \tilde{v}_2(t), \dots, \tilde{v}_N(t)$ производится с помощью демодуляторов D_1, D_2, \dots, D_N .

Системы передачи, в которых каналные сигналы размещаются в неперекрывающихся частотных полосах, получили название *систем передачи с частотным разделением каналов* (ЧРК).

4.3. Временное разделение каналов

Пусть в качестве переносчика первичного сигнала $s_1(t)$ выбрана периодическая последовательность узких импульсов и осуществлена модуляция этой последовательности по амплитуде. Полученный в результате АИМ-сигнал – канальный сигнал $v_1(t)$ первого канала – показан на рис. 4.4, а. Выберем последовательность импульсов в качестве переносчика второго первичного сигнала $s_2(t)$ таким образом, чтобы импульсы АИМ-сигнала $v_2(t)$ второго канала передавались в те промежутки времени, когда цепь свободна от передачи импульсов первого канала (см. рис. 4.4, б). Канальные импульсы третьего (см. рис. 4.4, в) и других каналов также должны быть сдвинуты во времени относительно импульсов первых двух каналов и друг друга. Групповой сигнал $v(t)$ получается после объединения канальных сигналов $v_1(t), v_2(t), \dots, v_N(t)$ (рис. 4.4, з).

Получить канальные АИМ-сигналы практически очень легко. Роль АИМ-модуляторов могут выполнять электронные ключи (ЭК) (рис. 4.5), на которые нужно подать первичные сигналы. Ключи управляются импульсными переносчиками. Работа АИМ-модуляторов сводится к следующему: импульсы переносчиков поочередно открывают ключи, на выходах которых появляются первичные сигналы.

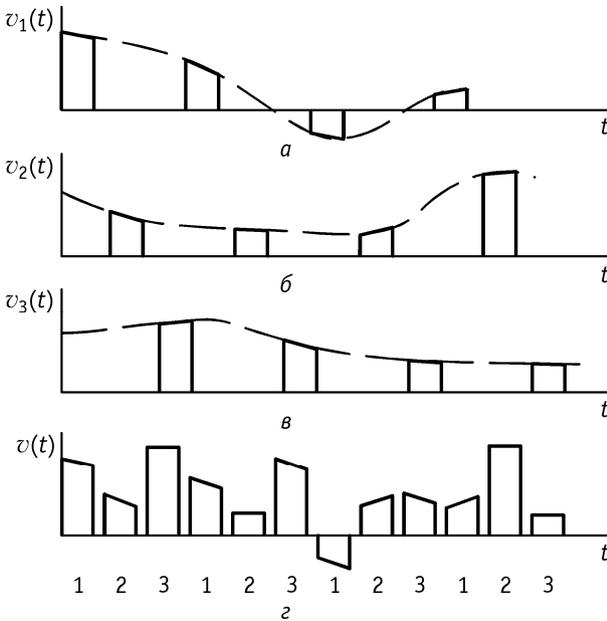


Рис. 4.4. Временной принцип объединения канальных сигналов (а–в) в групповой (г)

Нужно позаботиться лишь о том, чтобы последовательности импульсов, подаваемые на ключи ЭК, были сдвинуты во времени относительно друг друга (рис. 4.6). Эту задачу (см. рис. 4.5) выполняет распределитель импульсов каналов (РИК), управляемый генератором импульсов (ГИ). Таким образом, импульсы каждого канала, несущие в своей амплитуде информацию о первичном сигнале, передаются по цепи только в определенные промежутки времени. Разделение каналов на приеме (т.е. выделение канальных импульсов из группового сигнала) можно легко осуществить также с помощью ЭК, которые должны работать синхронно и синфазно с ключами передающей части. Другими словами, ключ каждого канала должен открываться тогда, когда по цепи приходят импульсы данного канала, и быть закрытым во время прихода импульсов других каналов. Это достигается с помощью управления ключами ЭК импульсными последовательностями (такими же, как и на передаче), вырабатываемыми в РИК приемной части и синхронизированными с импульсами передатчика с помощью схемы синхронизации СС (см. рис. 4.5). Канальные импульсы $v_1(t)$, $v_2(t)$, ..., $v_N(t)$ с помощью УО объединяются в групповой сигнал $v(t)$.

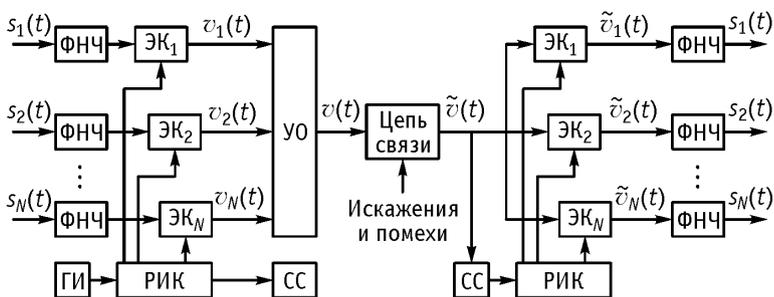


Рис. 4.5. Многоканальная система передачи с временным разделением каналов

Итак, электронные ключи приемной части выполняют роль канальных селекторов.

Демодуляция канальных сигналов (т.е. выделение из них первичных сигналов) заключается в восстановлении непрерывных сигналов $\tilde{s}(t)$ по дискретным (импульсным) значениям $\tilde{v}_i(t)$.

На рис. 4.7 показаны первичный сигнал, импульсный переносчик, канальный АИМ-сигнал i -го канала и их спектры. Спектр канального АИМ-сигнала содержит спектр исходного первичного сигнала $s_i(t)$. Значит, первичный сигнал легко выделить с помощью фильтра нижних частот (ФНЧ). Такие фильтры включаются в каждый канал и выполняют роль демодуляторов (см. рис. 4.5). Из рис. 4.7 видно, что частота следования импульсных последовательностей – переносчиков – должна быть не ниже удвоенной максимальной частоты спектра первичного сигнала, т.е. $f_d \geq 2F_{\max}$, иначе невозможно будет выделить с помощью фильтра первичный сигнал. Например, этот же результат вытекает и из теоремы В.А. Котельникова, в соответствии с которой частоту следования импульсов необходимо выбирать не меньше удвоенной граничной частоты F_{\max} спектра сигнала $s(t)$. Чтобы спектр передаваемых сигналов $s_i(t)$ был ограничен, в каждом канале на передаче ставят фильтры нижних частот.

Описанные системы передачи (см. рис. 4.5), в которых канальные сигналы передаются по цепи в непрерывно переключающиеся промежутки време-

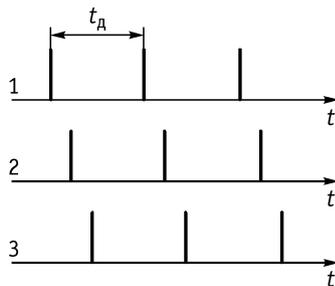


Рис. 4.6. Последовательность импульсов, управляющих электронными ключами

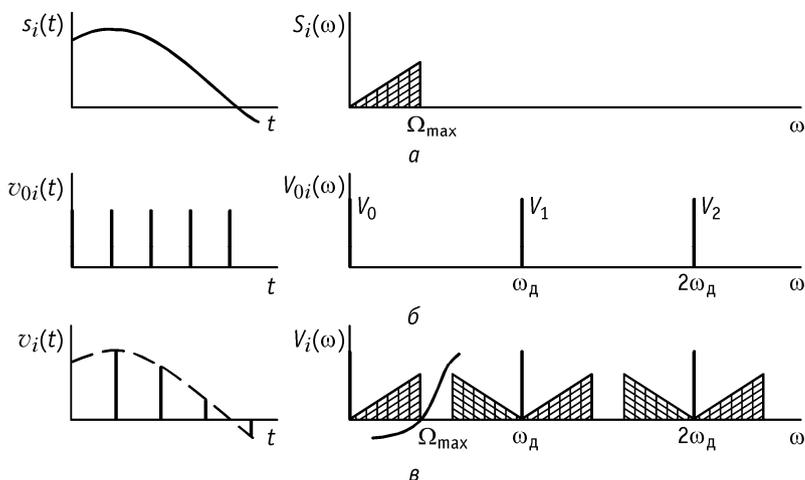


Рис. 4.7. Сигналы i -го канала (слева) и их спектры (справа)
 а – первичный, б – импульсный переносчик, в – канальный АИМ-сигнал

ни, называются *системами передачи с временным разделением каналов* (ВРК).

Контрольные вопросы

1. В чем состоит принцип частотного разделения каналов?
2. Зачем используются фильтры в системах передачи с ЧРК?
3. В чем состоит принцип временного разделения каналов?
4. С помощью каких устройств выделяются исходные сигналы на приемной стороне в системе передачи с ВРК?
5. Какой должна выбираться частота следования импульсов, управляющих электронными ключами в системе передачи с ВРК, и почему?

Список литературы

1. **Системы** электросвязи: Учеб. для вузов / Г.П. Катунин, Б.И. Крук, В.П. Шувалов и др.; Под ред. В.П. Шувалова:– М.: Радио и связь, 1987. – 512 с.
2. **Гитлиц М.В., Лев А.Ю.** Теоретические основы многоканальной связи: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1985. – 248 с.
3. **Дурнев В.Г., Зеневич А.Ф., Крук Б.И.** и др. Электросвязь. Введение в специальность. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
4. **Цифровые** и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др. – М.: Радио и связь, 1995.

Глава 5. Цифровые системы передачи

5.1. Формирование группового сигнала

Принцип чередования битов. Рассмотрим его на примере многократной системы телеграфирования, предложенной в 1876 г. французским изобретателем Ж. Бодо.

Принцип использования телеграфной линии сразу несколькими аппаратами был довольно прост (рис. 5.1). На передающей и приемной станциях устанавливались абсолютно одинаковые устройства, их называли распределителями. Распределитель представлял собой круглый диск, на котором укреплялись неподвижные контакты – ламели. К каждой ламели подключался свой телеграфный аппарат. Кроме неподвижных контактов, на диске имелся один подвижный (щетка) связанный с телеграфным проводом. Щетка приводилась в движение мотором. Вращаясь вокруг своей оси, она поочередно касалась каждой ламели и таким путем соединяла подключенный к ламели теле-

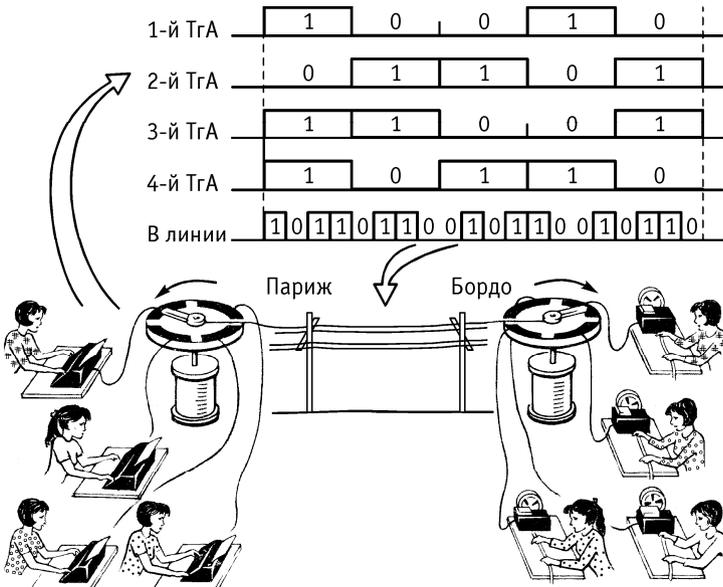


Рис. 5.1. Принцип многократного телеграфирования

графный аппарат с проводом. Каждому аппарату провод предоставлялся периодически на короткое время – пока щетка скользила по ламели.

Очевидно, связать передающий и приемный аппараты друг с другом можно только тогда, когда щетки обоих распределителей одновременно пройдут по ламелям, принадлежащим этим аппаратам. Чтобы не путаться, аппараты на передаче и приеме подключают к идентичным ламелям.

Главное здесь – вращение щеток распределителей с одной и той же скоростью. Начинать свое вращение они должны, конечно же, с одинаковых положений, например с первых ламелей. Если не выполнить последнее и, скажем, заставить передающую щетку начать движение с первой ламели, а приемную щетку – со второй, то аппарат 1 на передающей станции окажется связанным с аппаратом 2 на приемной станции, передающий аппарат 2 – с приемным аппаратом 3 и т.д.

Вращение щеток с одной и той же скоростью называется *синхронным* (от греческого *συγχρονος* – одновременный), а при совпадении их начальных положений еще и *синфазным*.

Обратите внимание, скорость передачи двоичных цифр в телеграфном проводе возросла, она стала больше той, которая имела бы место при подключении к проводу только одного передатчика и одного приемника (в примере на рис. 5.1 – в 4 раза).

Сколько телеграфных аппаратов можно подключить таким способом к одному проводу или, иными словами, до какой степени можно «укорачивать» передаваемые импульсы? Это определяется несколькими факторами. Прежде всего, тем, какой длительности импульсы способны зарегистрировать приемное устройство. Во времена Ж. Бодо в приемниках телеграфных аппаратов использовались электромагниты. Ясно, что эти электромеханические приборы не могли фиксировать очень короткие импульсы, поэтому к проводу нельзя было подключать более 5–9 телеграфных аппаратов. Скорость передачи двоичных цифр в линии была невысока – 75–100 бит/с. Вот и успевали за минуту передать лишь 800–1200 букв или других знаков. Современные же электронные устройства регистрации умеют «ловить» чрезвычайно короткие импульсы, например такие, которые образуются при скоростях в сотни мегабит в секунду.

Кроме того, для распространения по линии очень коротких импульсов (а это значит – передача высокоскоростная) она должна быть широкополосной, скажем, такой, как спутниковая или оптическая. Наконец, когда с линией соединено очень много аппаратов, механические распределители не будут успевать «обслуживать» их. Нужны быстродействующие «электронные щетки». Вернемся теперь к принципу объединения цифровых потоков. Он достаточно прост: сначала пере-

дается бит одного потока, затем следующего потока и так до тех пор, пока не будут пропущены в линию по одному биту каждого потока. Затем все повторяется сначала. Этот принцип уместно назвать *чередованием битов*.

Мультиплексирование первичных цифровых потоков. Ж. Бодо организовал для каждой пары телеграфных аппаратов свой канал связи. На рис. 5.1 таких каналов четыре. Канал не существует постоянно: связь между аппаратами периодически прерывается. Канал возникает только в строго определенные, отведенные для данной пары аппаратов, промежутки времени, которые так и называют «канальные».

Попробуем реализовать идею Ж. Бодо – передачу по одной линии связи потоков цифр от нескольких телеграфных аппаратов – на основе современных технических средств (рис. 5.2).

Прежде всего для организации каналов нам потребуются «электронные щетки», которые будут подключать по очереди телеграфные аппараты к линии. Подобные устройства выпускаются промышленностью, и мы можем воспользоваться готовыми изделиями. Это – мультиплексоры. Выполняются они в виде микросхем, а их функции – как раз те, что заложены в механических распределениях Бодо: подключать то или иное из соединенных с его входами устройств к общему выходу. Поэтому в корпусе микросхемы предусмотрены ножки, которые являются входными шинами (в зависимости от типа микросхемы число этих ножек может быть разным), и одна ножка – выходная шина.

Но иметь мультиплексоры – еще полдела. Образно говоря, они подобны помещению с несколькими входными дверями и одной вы-

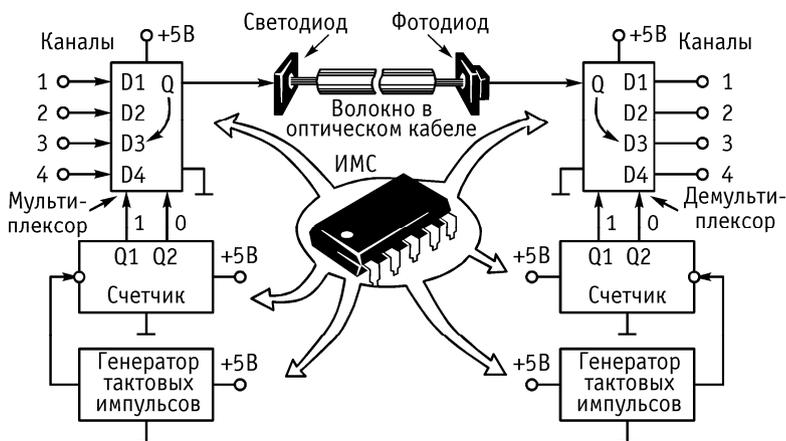


Рис. 5.2. Мультиплексирование четырех цифровых потоков

ходной. Кто-то еще должен открывать двери. В распределителе Бодо эту «миссию» брал на себя мотор – он «вел» щетку по ламелям. В мультиплексоре этим занимаются специальные управляющие импульсы. Они-то и приоткрывают на миг каждую его «входную дверь», пропуская «томящийся» за ней импульс.

Система управления мультиплексором заслуживает того, чтобы немного на ней задержаться. Для подачи управляющих импульсов в корпусе микросхемы предусмотрены дополнительные ножки. Управление «дверями» осуществляется двоичным кодом, и для каждого разряда нужна своя ножка.

Представьте, что мультиплексор имеет четыре входа. Тогда для перебора всех входов достаточно использовать 2-разрядный двоичный код, дающий четыре комбинации цифр: 00, 01, 10, 11, и, значит, для организации управляющих шин в корпусе нужны всего две дополнительные ножки – по числу разрядов. Соединение аппаратов с линией происходит по очень простому правилу. На управляющих шинах комбинация 00 – к выходу мультиплексора подключен его первый вход, комбинация 01 – подключен только второй вход, комбинация сменилась на 10 – только третий вход и, наконец, при комбинации 11 – подключен только четвертый вход. Если входов не четыре, а восемь, для управления достаточно иметь три двоичных разряда, в случае 16 входов – четыре разряда, а для 32 входов – всего пять разрядов.

Промышленностью выпускаются самые разнообразные двоичные счетчики. Все они «умеют» считать двоичные числа: одни – от 0 до 3, другие – от 0 до 7, третьи – от 0 до 15 и т.д. Счетчик «называет» следующую цифру только при получении разрешения. Это делает еще одна, третья по счету, микросхема – тактовый генератор, который такт за тактом выдает один за одним импульсы, «разрешающие» счет.

«Электронные щетки» на приемной станции не отличаются от своих собратьев, «работающих на передачу»: они аналогичным путем подключают линию поочередно к приемным аппаратам. Только называют их демультимплексором, подчеркивая приставкой «де» обратную по сравнению с мультиплексором функцию: не аппараты – к линии, а линию – к аппаратам. В качестве линии связи выберем самую современную – одно из волокон в оптическом кабеле связи. Ввести в него луч света проще всего с помощью светодиода, а управлять его светопотоком будут сами передаваемые импульсы: есть импульс на выходе мультиплексора – светодиод излучает свет, нет импульса – и светодиод «молчит». Проект готов – с помощью современного оборудования организовано четыре канала для передачи цифровых потоков между телеграфными аппаратами.

Таким путем можно создавать каналы не только для телеграфных сообщений. В схеме ничего не изменится, если вместо них на входы мультиплексора будут поступать двоичные импульсы, например, речевых сигналов. Правда, скорости цифровых потоков при разговорной речи в сотни раз выше, чем при телеграфировании, и это требует более частого открывания «дверей» мультиплексора. Но данная проблема решается довольно просто: нужно только повысить в соответствующее число раз частоту следования импульсов тактового генератора.

Принцип чередования кодовых комбинаций. Можно подать в линию целиком кодовую комбинацию буквы текста или элемента изображения, или отсчета микрофонного тока (смотря, что передается – текст, изображение или речь), взяв ее из первого потока, следом выпустить в линию аналогичную кодовую комбинацию из второго потока, затем – из третьего и т.д. Иногда бывает важно сохранить, не разбивая, двоичный код элемента сообщения. Такое объединение потоков следовало бы назвать *чередованием кодовых комбинаций*.

Последний принцип также не нов. Его применил в одном из своих телеграфных аппаратов Ж. Бодо (рис. 5.3). Используемый для этих целей распределитель состоял уже не из сплошных ламелей, а поделенных на пять сегментов каждая – по числу разрядов в кодовой комбинации (в коде Бодо каждая буква телеграфного текста кодировалась пятью двоичными символами). Щетка распределителя, скользя по сегментам первой ламели, «считывала» в линию целиком кодовую комбинацию с первого телеграфного аппарата. При движении щетки по сегментам второй ламели в линию «шла» буква от второго аппарата. И так до последней ламели.

Код буквы появлялся одновременно на всех сегментах. В первых аппаратах Бодо телеграфисты кодировали текст непосредственно во время передачи. Для этого на передатчике имелись пять клавиш (по

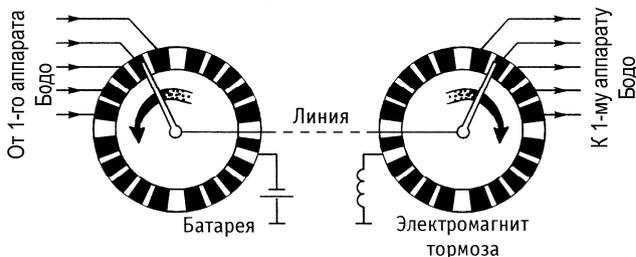


Рис. 5.3. Принципы чередования кодовых комбинаций, предложенный Ж. Бодо

сути, пять телеграфных ключей). Нажимая их в нужной комбинации, сразу получали код буквы. Каждая клавиша (или ключ) была подключена к своему сегменту. Таким образом, кодовая комбинация появлялась на всех сегментах одновременно. Весьма важно нажать на клавиши как раз в то время, когда щетка подойдет к ламели данного телеграфного аппарата. Для этого в нужный момент раздавался акустический сигнал, и только тогда телеграфист нажимал клавиши. Специальная блокировка удерживала их в этом положении до конца передачи комбинации.

По принципу чередования кодовых комбинаций можно объединить поток и с помощью мультиплексоров. В этом случае очередная «дверь» мультиплексора должна оставаться открытой до тех пор, пока не будет передана вся кодовая комбинация. Правда, аппаратуру придется сделать сложнее. Поскольку биты из каждого цифрового потока поступают на входы мультиплексора непрерывно, то в каждом канале потребуется устройство памяти (запоминающее устройство – ЗУ), в котором биты кодовой информации будут накапливаться и ждать, когда для них откроются «двери» мультиплексора. Итак, пока код буквы, т.е. группа 0 и 1, одного из потоков пропускается через мультиплексор в линию, коды букв других потоков записываются в свои ЗУ.

Давайте представим, что нам поручили спроектировать цифровую систему передачи речевых сообщений (например, телефонных) по одной линии связи, причем тип линии для нас сейчас не важен. Вспомнив, что речевое сообщение нужно сначала перекодировать в последовательность 0 и 1, подключим к выходу каждого телефонного аппарата АЦП (рис. 5.4). Разрядность АЦП, мы уже знаем, нужно выбрать равной 8. Для существования принципа чередования кодовых комбинаций осталось добавить в каждом канале ЗУ. Остальная часть многоканального передатчика нам хорошо знакома: это мульти-

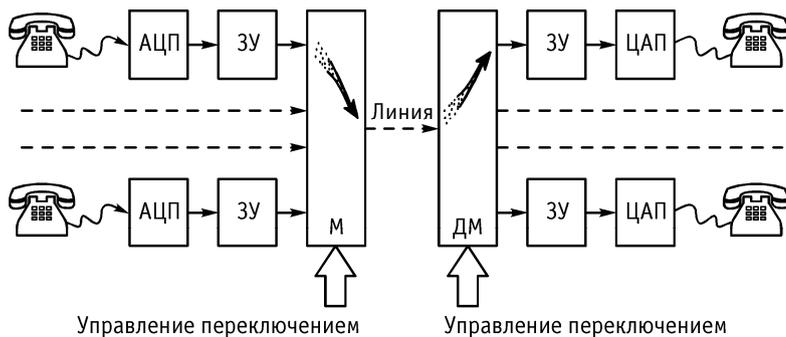


Рис. 5.4. Цифровая система передачи дискретных сообщений

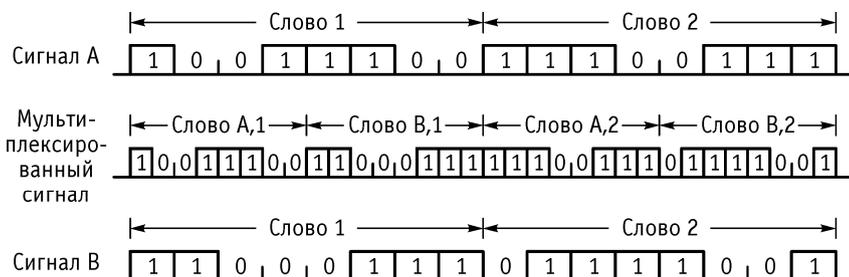


Рис. 5.5. Мультиплексирование цифровых потоков по принципу чередования байтов

плексор (М), счетчик (Сч) и генератор тактовых импульсов (ГТИ). Приемник многоканальной системы передачи отличается только тем, что вместо АЦП используются ЦАП (цифро-аналоговые преобразователи), а вместо мультиплексора – демультиплексор. Проект готов.

На рис. 5.5 показано мультиплексирование двух цифровых потоков по принципу чередования байтов.

Не кажется ли вам, что система получилась довольно сложной? Ведь каналов может быть не два и не четыре, а, скажем, 30. Между тем существует более простое решение. Оно уже было воплощено в первых разработках ИКМ-систем.

Замену непрерывного тока кодированной комбинацией импульсов назвали импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ), поэтому цифровые системы передачи во всем мире называют еще системами передачи с импульсно-кодовой модуляцией или ИКМ-системами.

Разработка техники ИКМ началась в европейских странах, но развившаяся в 1939 г. Вторая мировая война прервала этот процесс, и центр научных исследований переместился в Америку. В 1947 г. ученые лабораторий фирмы «Bell» опубликовали первые сообщения о полностью работоспособной системе с ИКМ. Однако до широкого внедрения цифровых систем передачи оставалось еще около 15 лет. Такая задержка объяснялась тем, что не была готова соответствующая элементная база, в частности отсутствовал подходящий мало-мощный переключающий прибор. В то время в качестве переключающих элементов могли использоваться электронные лампы, но они отличались большими габаритами, малой надежностью, большой потребляемой мощностью. В результате аппаратура с ИКМ на основе технологии 1947 г. была громоздкой, ненадежной, сильно нагревалась. В действительности ключевое изобретение, изменившее данное положение, было сделано в тех же исследовательских лабораториях приблизительно в то же время, когда была создана первая ИКМ-

система. Это было изобретение транзистора. Для его разработки потребовалось еще 10 лет. К 1957 г. был получен почти идеальный коммутирующий прибор: небольшой, очень быстродействующий, надежный и потребляющий незначительную энергию. Через пять лет после этого, в 1962 г., появилась первая коммерческая система передачи ИКМ-24, основная конструкция которой была очень похожа на первоначальную, предложенную 15 лет назад. Система оказалась очень удачной и нашла широкое применение. Цифра 24 указывает на число каналов в этой аппаратуре. После объединения 24 исходных потоков скорость цифрового потока на выходе системы составляла 1,544 Мбит/с.

Городские телефонные кабели пригодны для передачи цифровой информации со скоростью около 2 Мбит/с. При более высоких скоростях между парами кабеля возникают электромагнитные влияния. В американской системе возможности кабеля использованы не до конца. Поэтому в 1968 г. Франция вышла с предложением в международный комитет унифицировать ИКМ-системы на базе цифровой системы передачи ИКМ-30, содержащей 30 каналов и имеющей скорость объединенного потока 2,048 Мбит/с. Теперь возможности городских кабелей использовались полнее.

Вообразите, что выходы телефонных аппаратов подключены ко входам мультиплексора (рис. 5.6). Тогда в результате «открывания дверей» на выход мультиплексора будут поочередно проходить отсчеты непрерывной речи (точнее, непрерывного микрофонного тока). Теперь поставьте сразу же за мультиплексором АЦП – он будет превращать их в последовательность двоичных цифр, т.е. 0 и 1. Открыты первые «двери» – в линию «пошла» кодовая комбинация отсчета речи в первом канале, распахнулись вторые – в линии код отсчета второго канала. Когда будут переданы коды пер-

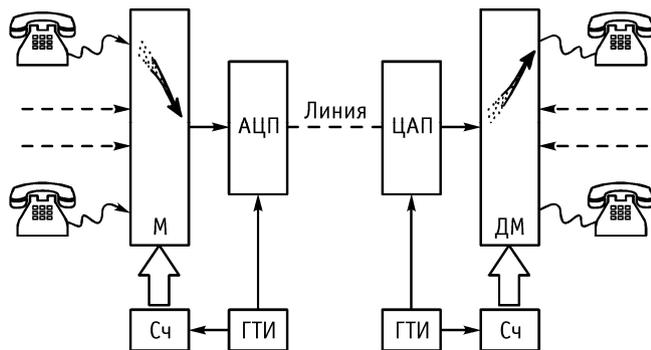


Рис. 5.6. Цифровая система передачи речевых сообщений

вых отсчетов всех каналов, наступит очередь вторых отсчетов, после них третьих и т.д.

Таким образом, один АЦП обслуживает по очереди все каналы. На приемном конце используется общий ЦАП, а восстановленные отсчеты распределяются по своим каналам. И не нужно иметь АЦП и ЦАП в каждом канале, не нужны и ЗУ. Система передачи стала простой.

5.2. Синхронизация

Тактовая синхронизация. Итак, совершенно ясно, что такие устройства, как АЦП и ЦАП, должны работать, как говорится, в такт, синхронно. Если, скажем, АЦП выдает 8-разрядные кодовые слова:

10011010 | 01011101 | 10010101 | 00011010 ... ,

где каждый бит появляется через строго определенные интервалы времени – такты, то, чтобы ЦАП расшифровывал именно эти кодовые комбинации, он должен «выбирать» биты из последовательности точно через те же интервалы, в те же такты. Генераторы тактовых импульсов (ГТИ) имеются как на передающей, так и на приемной сторонах. Это они дают «указания», когда АЦП выдавать, а ЦАПу соответственно принимать очередной бит. Но как согласовать действия этих генераторов, если передающая и приемная станции разделены тысячами верст, а на работу генераторов влияют температура окружающего воздуха, его влажность, изменение напряжения питания и другие факторы. В результате интервалы между управляющими (тактовыми) импульсами на передающей и приемной станциях могут существенно отличаться друг от друга, и, следовательно, ЦАП декодирует совсем не ту последовательность, которая передана. К сожалению, искажение информации случается даже при очень небольших расхождениях длин тактовых интервалов, так как с течением времени все равно наступит момент, когда ЦАП начнет «ошибаться» в выборе битов.

Несинхронность генераторов тактовых импульсов передающей и приемной станций скажется также и на том, что «двери» мультиплектора будут открываться не в такт друг с другом. Как в случае несовпадения скоростей вращения щеток в распределителях Бодо, информация из одного канала передающей станции будет попадать совсем в другой канал приемной станции. Вывод из всего сказанного один: нужно синхронизировать работу генераторов передающей и приемной станций на каждом такте. Для этого достаточно знать на приемной стороне частоту следования тактовых импульсов, и управлять генератором приемной станции так, чтобы он выдавал импульсы с той же частотой (такое же количество в секунду). И, конечно же, управление генератором должно производиться автоматически, без участия человека.

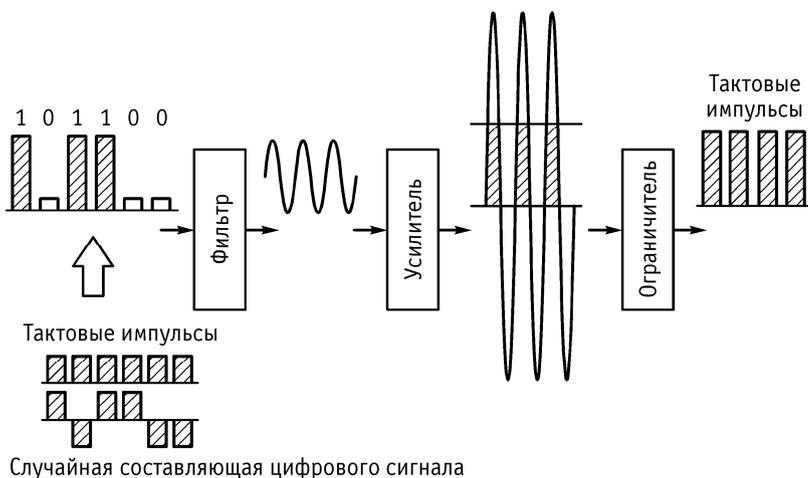


Рис. 5.7. Выделение тактовых импульсов из цифрового потока

Мы уже говорили о том, что цифровой поток можно представить в виде суммы двух последовательностей: регулярной и случайной (см. рис. 1.14), т.е. можно увидеть тактовые импульсы в явном виде. В спектре такого сигнала присутствуют основная и высшие гармоники тактовой частоты (см. рис. 1.15). Значит, с помощью электрического фильтра можно выделить из цифрового потока колебание тактовой частоты и затем сформировать из него тактовые импульсы (рис. 5.7).

Электрический фильтр подключают на приемной станции к линии связи параллельно с приемником, чтобы он не мешал цифровому потоку попадать в приемник и в то же время сам мог анализировать частотное «содержание» этого потока. Поскольку фильтр изготавливается заранее настроенным на частоту тактовых колебаний, он и выделяет из поступающего на его вход цифрового потока колебание именно данной частоты. Но колебание одной частоты – это всегда синусоидальное колебание. Однако с помощью специальных устройств – усилителя и ограничителя – из него легко «изготовить» колебания в виде последовательности тактовых импульсов. Они-то и будут управлять генератором приемной станции, заставляя его выдавать импульсы с точно таким же интервалом. Синхронизация по тактам действует!

Может возникнуть мысль отказаться от генератора на приемной станции, поскольку тактовые импульсы получены из цифрового потока. Однако это не разумно. Если по каким-либо причинам система синхронизации даст сбой и тактовые импульсы на какое-то время пропадут, то связь по всем каналам немедленно нарушится, что не-

допустимо. Наличие же генератора на приемной станции дает гарантию, что нарушения связи не произойдет: пройдет достаточно много времени, прежде чем генератор выйдет из синхронизма, а за это время тактовые импульсы могут вновь появиться.

Сбой в синхронизации может произойти по многим причинам. Вот одна из них. Глубокой ночью, когда большинство абонентов спит и, естественно, не пользуется услугами связи, в подавляющем большинстве каналов информация не передается, и в цифровом потоке появляются очень длинные последовательности нулей. Не исключено появление длинных последовательностей нулей в цифровом потоке и в любые другие часы.

Устранить эти «белые пятна» в цифровом потоке можно с помощью следующего приема. К двоичным символам цифрового потока прибавляется по правилам двоичной арифметики некоторая двоичная последовательность:

- Цифровой поток 0111000000000000000011
- Скремблер 10101010101010101010101
- Поток в линии 11011010101010101010110

Как видите, в цифровом потоке исчезли длинные последовательности нулей. Теперь из него снова можно выделить тактовые импульсы. А чтобы вернуться к исходному потоку, перед тем как подать его в приемник, нужно снова сложить его по законам двоичной арифметики с той же двоичной последовательностью. Убедитесь в этом сами, без нашей помощи.

Подобная операция получила у специалистов название «скремблирование» (от английского слова *scramble* – перемешивать). Выполняется она довольно просто с помощью микросхем, «умеющих» складывать двоичные цифры по нужным правилам. Это так называемые «сумматоры по модулю 2», они выпускаются промышленностью. Цифровой поток, перед тем как отправить его в линию, подают на один из входов этого сумматора, на второй его вход поступает двоичная последовательность выбранной структуры. Результат суммирования – «скремблированный» цифровой поток – направляется в линию связи. Он уже не содержит длинных последовательностей нулей. Точно такой же сумматор есть и на приемной станции. Через него «пропускаются» выходящий из линии цифровой поток и та же последовательность, что и на передаче. Происходит «дескремблирование», и восстановленный в первоначальном виде поток обрабатывается приемником. Естественно, что для выделения тактовых импульсов используют цифровой поток, еще не подвергшийся процедуре восстановления.

Итак, синхронизация цифровой системы передачи на каждом такте ее работы осуществляется. Но этого недостаточно. Хотя теперь на при-

емной станции подключение линии к каналам и происходит в такт с передающей станцией, нужно еще знать, к какому конкретному каналу следует в данный момент подключить линию связи. Другими словами, речь идет о том, что приемная и передающая «электронные щетки» – мультиплексор и демультимплексор, как и в системе Бодо, должны начинать свое «вращение» с одного и того же положения, например с первого канала.

Как же решил эту проблему в своем изобретении Ж. Бодо? Он применил оригинальное и довольно простое устройство синхронизации. Если вы посмотрите внимательно на рис. 5.3, на котором изображена система Бодо с «чередованием кодовых комбинаций», то обратите внимание, что на распределителях кроме четырех ламелей (по пять сегментов в каждой), соединенных с четырьмя телеграфными аппаратами, есть еще совершенно отдельный, не связанный ни с одной ламелью, 21-й сегмент. На передающем распределителе к нему подключена батарея, а на приемном – электромагнит тормозного устройства. Мотор приемного распределителя вращается чуть быстрее, чем передающего. Теперь представим, что щетка на приемной станции находится в конце упомянутого нами 21-го сегмента. Пусть в это время из-за меньшей скорости работы мотора щетка на передающей станции только-только вступает на такой же сегмент. Заметьте, цепь электромагнита тормозного устройства замкнулась. В результате мотор приемного распределителя притормозился, и его щетка застыла на месте. Она останется неподвижной до тех пор, пока щетка передатчика не совершит весь свой путь по 21-му сегменту. Миг довольно краткий, но его хватает, чтобы выровнять положение щеток и начать их движение и на приеме, и на передаче с одной и той же позиции, а именно с самого первого в распределителях сегмента. Синхронность начала движения щеток (еще говорят: их синфазность) достигается в системе Бодо за счет притормаживания приемного распределителя и установки его тем самым в начальное положение. Если один оборот щеток считать за один цикл передачи информации от всех телеграфных аппаратов, то можно сказать, что каждый новый цикл щетки обоих распределителей начинают одновременно. Такой вид синхронизации уместно назвать синхронизацией по циклам.

Взглянем на устройство синхронизации, предложенное Ж. Бодо, с несколько более общих позиций. Когда щетка передающего распределителя скользила по сегменту, соединенному с батареей, в линию посылается «отрезок» постоянного тока, т.е. импульс. Этот импульс является ничем иным, как синхросигналом, дающим приемнику указание «начинаем новый цикл!», и приемник исполнял эту директиву, притормаживая распределитель с тем, чтобы сразу же после окончания синхросигнала начать новый цикл. Таким образом, один цикл работы системы Бодо включает в себя (рис. 5.8) передачу в линию

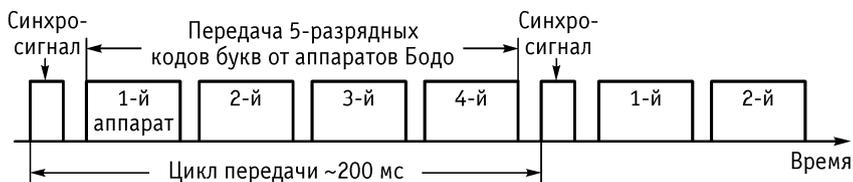


Рис. 5.8. Цикл передачи в системе Бодо

сначала сигнала синхронизации, а затем поочередно 5-разрядных кодовых комбинаций букв от каждого телеграфного аппарата. Длится такой цикл по современным понятиям невероятно долго – около 200 мс. Это и понятно, ведь мотору приходится совершать около 5 об./с (300 об./мин), а для небольших моторов это и сейчас едва ли не предел.

Схему, предложенную Бодо, можно считать прямой предшественницей схем цикловой синхронизации, применяемых в современных цифровых системах передачи, поскольку и во всех современных системах, перед тем как объединять цифровые потоки различных каналов, в приемник посылается сигнал о начале цикла. Приемное устройство «знает»: поступил такой синхронизирующий сигнал – распахивай «двери» демультиплексора для цифрового потока первого канала. Затем под «руководством» тактовых импульсов открываются следующие «двери» для цифровых потоков остальных каналов. С приходом нового синхросигнала начинается все сначала, опять с первых «дверей».

Синхросигнал нужно как-то отличать от других принятых комбинаций. Для этого ему присваивают вполне определенную комбинацию 0 и 1. Например, в первичной цифровой системе передачи ИКМ-30 для синхросигнала принята следующая комбинация: 0011011 (рис. 5.9), которая повторяется через цикл, т.е. каждые 250 мкс. Но где гарантия, что подобная комбинация импульсов не встретится и в цифровом потоке какого-либо канала? Конечно, такое может произойти, но только не так часто. Вероятность данного события чрезвычайно мала. А вот синхросигнал такой структуры встречается с завидной регулярностью – через каждые 250 мкс. Это его свойство – повторяемость – используется для «узнавания». Необходимо каждую принятую кодовую комбинацию сравнивать с комбинацией синхросигнала, которая на приеме известна и хранится в ячейке памяти. Специальное устройство следит за тем, регулярно ли появляется такая комбинация. Если через каждые 250 мкс, то все в порядке – мы имеем дело с синхросигналом. Решение принимается обычно после нескольких его повторений.

При включении аппаратуры в работу цикловой синхронизм устанавливается не сразу, а через определенный промежуток времени,

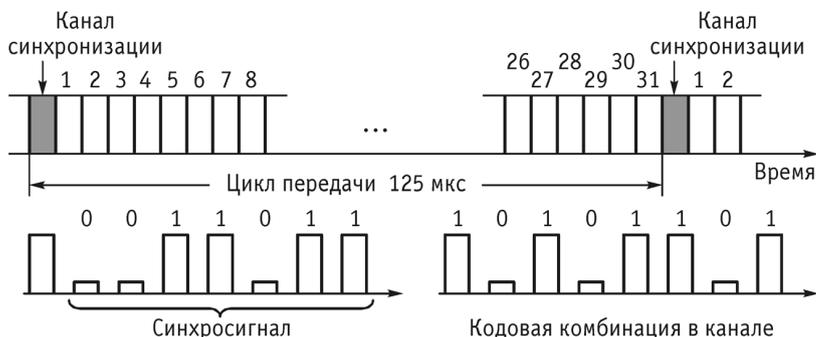


Рис. 5.9. Цикл передачи первичной цифровой системы

который называется временем вхождения в синхронизм. Это время должно быть достаточно малым (не более нескольких миллисекунд). В противном случае при случайной потере синхронизма может произойти разъединение абонентов приборами АТС.

Поиск состояния синхронизма осуществляется последовательным контролем и сравнением кодовых групп группового сигнала с эталоном синхросигнала, который вырабатывается генераторным оборудованием (ГО) приемной станции. Если кодовая группа не соответствует эталону, приемник синхросигнала осуществляет сдвиг («торможение») последовательности управляющих импульсов, вырабатываемых ГО приема, на один период тактовой частоты. Такое «торможение» приемного ГО по отношению к передающему продолжается до тех пор, пока между сравниваемой кодовой группой и эталоном синхросигнала не установится однозначное соответствие, фиксирующее состояние синхронизма в системе.

Все кодовые комбинации в объединяемых цифровых потоках имеют по восемь разрядов, а синхросигнал – только семь (см. рис. 5.9). Значит, комбинацию синхросигнала можно дополнять до «стандартного» числа разрядов, т.е. до восьми, передавая в «пустом» промежутке времени биты, например, от персональных компьютеров. Скорость передачи таких данных достигает при этом 8 кбит/с.

Получается, что с вводом сигнала синхронизации в цифровой системе передачи, по сути, организован еще один «стандартный» канал, в котором скорость передачи битов (вместе с битом компьютерных данных) оказывается равной 64 кбит/с и который, следовательно, ничем не отличается от основных, или информационных, каналов. Он не относится к информационным каналам, а является служебным и создан для обслуживания самой системы передачи. Цифра же 30 в названии системы передачи указывает на количество только информационных каналов. Существует еще один служебный канал, 32-й (по

счету, но не по расположению его среди других), который тоже является стандартным, со скоростью 64 кбит/с. Правда, предназначен он уже не для обслуживания цифровой системы передачи. По нему передают различные служебные сигналы, без которых невозможно установление связи, например: импульсы от номеронабирателя, сигнал о том, что абонент занят (короткие гудки), и многие другие, используемые на телефонных станциях для управления ее приборами.

5.3. Регенерация цифровых сигналов

Изменения формы импульсов при прохождении их по линии связи называются искажениями. Как только появилась первая линия связи (телеграфный провод), так сразу перед связистами встала задача – направить все свои силы на борьбу с искажениями, которые есть всегда. Не существует такой линии связи, которая не вносила бы искажений в передачу информации (рис. 5.10). Правда, чем короче линия, тем эти искажения менее заметны. Искажения ограничивают дальность связи и иногда весьма существенно, поскольку на приеме из-за них бывает очень трудно определить, какая информация передавалась.

Одним из основных преимуществ цифровых систем передачи является возможность восстановления (регенерации) импульсных сигналов. Регенерация линейного сигнала осуществляется *регенераторами*.

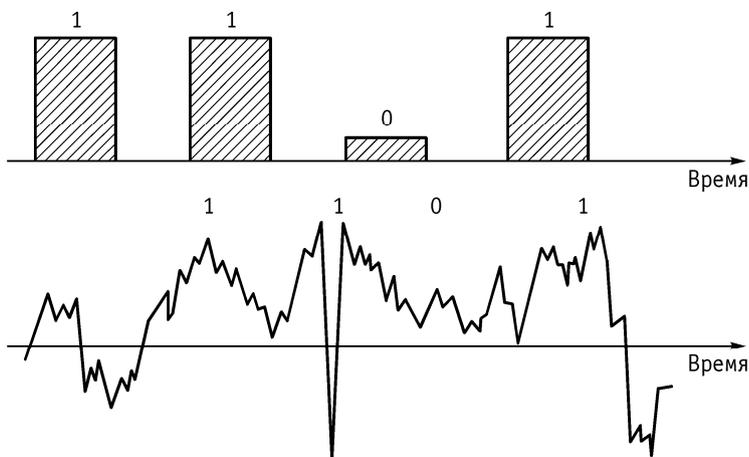


Рис. 5.10. Искажения цифрового сигнала при передаче по линии связи

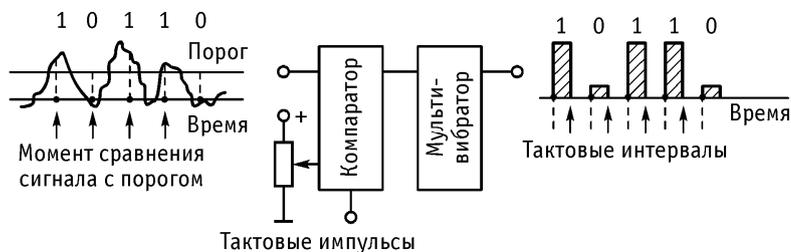


Рис. 5.11. Восстановление (регенерация) искаженного цифрового сигнала

Если поступивший из линии сигнал превышает установленный пороговый уровень – передана 1, ниже порогового уровня – передан 0. Это правило очень простое и легко реализуется с помощью микросхем (их назвали компараторами), сравнивающих два сигнала, один из которых поступает из линии, а другой является эталоном, или опорным, и играет роль порога. При превышении порога на выходе компаратора появляется импульс, свидетельствующий о том, что принято решение: передана 1. В противном случае на его выходе ничего нет – молчаливое свидетельство того, что передан 0 (рис. 5.11).

Вот только какой «высоты» этот порог устанавливать? Если небольшой, то компаратор будет уверенно обнаруживать каждый переданный импульс, даже очень сильно «изъеденный» помехой (при условии, конечно, что он не исчез совсем). Но зато при этом нет никакой гарантии, что из-за частого превышения шумом невысокого порога не будут пропущены те моменты, когда передавались нули, и следовательно, импульсы в линии отсутствовали. Наоборот, если пороговую «планку» поднять очень высоко, то компаратор не пропустит почти ни одного 0 (кроме тех редких случаев, когда шум будет очень большим). Но вместе с тем он не будет «замечать» большее число импульсов, амплитуды которых уменьшились из-за воздействия помех и оказались ниже порогового уровня. На рис. 5.12, показано влияние величины порога на вероятность ошибочных решений. С увеличением порогового значения растет вероятность пропуска 1, но одновременно уменьшается вероятность пропуска 0. Пересечение этих кривых – вот «соломоново решение»! При пороговом значении, равном как раз половине высоты импульса, риск пропустить ту или другую цифру (0 или 1) одинаковый.

Итак, компаратор принимает решение о том, какой символ был передан, путем сравнения амплитуды входного сигнала с эталонным значением – порогом. Все то время, в течение которого сигнал по высоте превышает порог, на выходе компаратора существует импульс,

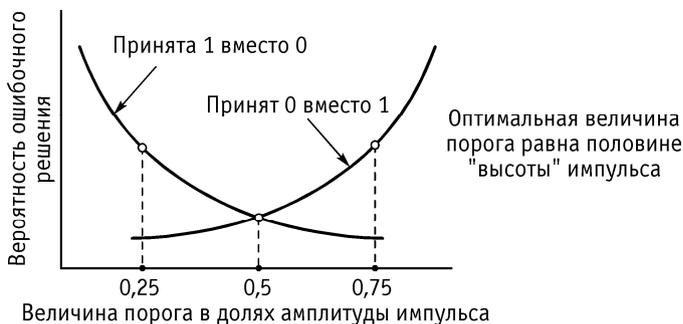


Рис. 5.12. Влияние величины порога на вероятность ошибочных решений

сигнализирующий об этом превышении. Но нужно ли проводить такое сравнение непрерывно? Очевидно, нет, тем более что компаратор будет выдавать импульсы неодинаковой длительности. (В этом легко убедиться, проведя на рисунке, изображающем искаженный сигнал, горизонтальную черту — порог: все превышения этого порога имеют разную длительность.) Поэтому поступают так: через равные промежутки времени — тактовые интервалы — на компаратор поступает команда «произвести сравнение!» Кто дает такие указания, вы знаете — система синхронизации. Значит, опять нужны тактовые импульсы. Эти импульсы выделяют из цифрового потока тем способом, который мы уже описывали ранее.

Восстановление длительности импульсов осуществляется мультивибратором. Описанная процедура восстановления цифровых сигналов называется регенерацией (от позднелатинского *regeneratio* — возрождение, возобновление), а устройство, выполняющее эти функции, — регенератором. Как мы видели, регенератор включает в себя схемы: принятия решения, формирования импульсов, выделения тактовой частоты. Регенераторами снабжаются все цифровые системы передачи, работающие по электрическим и оптическим кабелям, радиорелейным и спутниковым стволам. На радиорелейных линиях связи регенераторы размещаются вместе с приемной аппаратурой на промежуточных и оконечных башнях (или мачтах), а на спутниковых линиях — на самом спутнике и на приемных земных станциях. А вот на кабельных магистралях их даже закапывают в землю, т.е. на этих линиях регенераторов ставят так много, что их приходится «врезать» прямо в кабель, лежащий в земле.

Как часто следует включать в телефонный кабель регенераторы? Очевидно, это зависит от того, какую вероятность ошибки можно допустить при приеме цифровой информации. Вот как определяется

допустимая вероятность ошибки при передаче цифровым способом речи. Дело в том, что ошибки, допущенные при восстановлении цифрового сигнала, весьма своеобразно сказываются на телефонном разговоре: абонент слышит неприятные щелчки в телефоне. По существующим международным нормам удовлетворительным признается такое качество передачи речевого сигнала, когда абонентом прослушивается не более одного щелчка в минуту. Но, что удивительно, далеко не каждая ошибка при приеме символов цифрового потока приводит к щелчкам. Некоторые символы могут быть неправильно восстановлены регенератором практически «безнаказанно»! Чтобы понять причину этого явления, давайте вспомним, как происходит процесс преобразования телефонного сигнала в цифровой. В аналого-цифровом преобразователе (АЦП) непрерывный телефонный сигнал превращается в последовательность отсчетов (в секунду их берется 8000), кодируемых в виде 8-разрядной комбинации двоичных цифр 0 и 1.

Пусть кодовая комбинация одного из отсчетов имеет вид 00111100. Если принять, что «цена» младшего разряда составляет 1 мА, то нетрудно подсчитать, какой «высоте» аналогового отсчета соответствует эта комбинация:

$$0 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 60 \text{ мА.}$$

И еще представьте себе, что все ближайшие отсчеты слева и справа от этого имеют примерно такую же «высоту» (это напоминает ситуацию, когда певец тянет одну ноту). Такое предположение позволяет нам отчетливее увидеть действие помех на речь.

Будем считать, что ошибка произошла в старшем разряде кодовой комбинации: вместо 00111100 восстановлена последовательность 10111100. Это значит, что вместо отсчета в 60 мА в цифро-аналоговом преобразователе (ЦАП) будет восстановлен отсчет телефонного сигнала «высотой»

$$1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 188 \text{ мА.}$$

Если все остальные отсчеты слева и справа декодированы правильно и равны, как мы договорились, по 60 мА, то создается впечатление, что на переданный аналоговый сигнал как бы наложился узкий импульс тока величиной 128 мА. Вот этот-то импульс и вызовет прослушивание щелчка в телефоне абонента! А если ошибка произойдет в последнем разряде кодовой комбинации? Тогда после декодирования будет получен отсчет величиной 61 мА. Такое мизерное изменение амплитуды сигнала (менее 2%) совершенно неразличимо на слух.

Таким образом, ошибки в восстановлении различных символов в кодовых комбинациях речевого сигнала по-разному воспринимаются на слух. Экспериментально установлено, что заметные щелчки возни-

кают при неверном приеме только двух старших разрядов кодовой комбинации. Теперь мы сможем подсчитать допустимую вероятность ошибки.

Напомним, что по нормам допускается не более одного щелчка в минуту. Это означает, что в течении 1 мин разрешается принять с ошибкой либо один символ старшего разряда какой-либо одной кодовой комбинации, либо один символ, следующий по старшинству. За секунду в цифровом канале передается 8000 кодовых комбинаций. А за минуту? Естественно, $8000 \cdot 60 = 480\,000$. В этих кодовых комбинациях «опасными» с точки зрения порождения щелчков являются $480\,000 \cdot 2 = 960\,000$ старших разрядов. Если считать, что оба старших символа могут вызывать щелчки в равной степени, то следует обеспечить вероятность ошибки не более чем $1/960\,000 \approx 10^{-6}$.

Число регенераторов на магистрали может достигать нескольких сотен. И в каждом из них компаратор может ошибиться и принять неверное решение. Если ориентироваться на самый худший случай, то можно подсчитать вероятность того, что ошибки появятся на выходах всех регенераторов одновременно. Эта вероятность равна сумме вероятностей ошибок в отдельных регенераторах. Допустимая вероятность ошибки для одного регенератора (если, например, их число равно 100, а вероятность ошибки для всех регенераторов не должна превышать 10^{-6}) будет в 100 раз жестче: 10^{-8} . Допускается одна ошибка на 100 млн. символов!

Чтобы обеспечить такое высокое качество «диагностики» искаженных помехами и шумами импульсов, приходится включать регенераторы на городских телефонных кабелях, где и сигнал ослабляется сильнее, и помех побольше, через 2...3 км. На магистралях из коаксиальных кабелей, а они ослабляют сигнал в меньшей степени и защищены от помех лучше, регенераторы ставятся реже – через 5 км.

5.4. Помехоустойчивое кодирование

Передачу информации на расстояние люди осуществляли с глубокой древности. Естественно, что, зажигая цепочки сигнальных костров, посылая вдаль звуки барабана, сигнализируя дымом, нужно было одновременно проявлять заботу и о том, чтобы помехи не сорвали передачу: дождь не залил костры, ветер не отнес звуки в противоположную сторону, туман не скрыл дым.

Со временем люди стали нуждаться в более совершенных формах обмена информацией. Появилась письменность. Она совершенствовалась в течение многих поколений, и на всем этом долгом пути прослеживалось противоборство двух тенденций. Первая из них отражала стремление к более краткой передаче информации (с помощью небольшого количества знаков) и привела в конечном

счете к иероглифическому письму. Каждый иероглиф обладает большой информативностью, запись с их помощью занимает небольшое пространство. Но вместе с тем, небольшая ошибка в начертании иероглифа приводит к тому, что информация воспринимается неверно. Так, увеличение информативности знаков повышает вероятность ошибочного их понимания. (За все нужно платить!) Вторая тенденция в развитии письменности заключалась в стремлении к безошибочной передаче содержания текста. Результатом явилось создание буквенного, или алфавитного, письма. Эта система письма позволяет в большинстве случаев правильно понять текст, даже если в нем пропущено или искажено несколько букв. Такое свойство алфавитного письма называют «избыточностью». Конечно, избыточность удлиняет запись (некоторые буквы можно было бы выкинуть из нее без ущерба для содержания), но зато она уменьшает вероятность ошибочного понимания текста при его искажении.

В некоторых языках (как древних, так и сохранившихся поныне) для записи слов используются только согласные буквы. Считается, что необходимые гласные звуки добавит при чтении сам читающий. Ясно, что подобное устранение избыточности из языка делает его более уязвимым перед искажениями.

Все, что мы говорили о письменности, относится и к другим видам информации. Чем больше ее избыточность, тем более помехоустойчивой она является. А нельзя ли искусственно ввести избыточность в цифровую информацию, представленную двоичными цифрами 0 и 1? Можно, но за это придется «платить». Поясним, в чем тут дело. Например, в коде Бодо каждая буква заменяется 5-разрядным двоичным кодом, т.е. пятью битами 0 и 1. Данный код не является избыточным, так как искажение любого бита приводит к декодированию вместо переданной другой буквы, т.е. к ошибке. Сделать код избыточным можно одним путем: добавить дополнительные биты к уже имеющимся. Но это приведет к тому, что каждая буква будет теперь передаваться медленнее. Так, введение в информацию избыточности влечет за собой снижение скорости ее передачи. Вот об этой «плате» и шла речь выше. Тем не менее разработчики цифровых систем передачи часто вполне сознательно идут на такой шаг – делают информацию «избыточной» с тем, чтобы обнаружить ошибки в принятых комбинациях двоичных символов, а если возможно, то и исправить их.

На приемной станции цифровой системы передачи можно подсчитать число ошибочных решений, принятых регенератором, не зная даже, какой конкретный бит принят неверно. Покажем на примере кода Бодо, как это делается. Предположим, что передаются две комбинации цифр: 10101 и 01100. В них все биты являются «нужными», из-

быточности в этой информации нет. Введем ее искусственно: к информационным битам добавим шестой – контрольный, но сделаем это так, чтобы сумма единиц в передаваемой комбинации была четной. Для первой комбинации цифр контрольный бит нужно выбрать равным 1, а для второй – 0. Итак, в линию поступают уже не 5-, а 6-разрядные группы битов: 10101,1 и 01100,0 (запятую мы ввели условно, чтобы чисто зрительно отделить контрольный бит от информационных). Если теперь помеха исказит сигнал и какой-то бит будет принят неверно, т.е. вместо 1 регенератор выдаст 0 или, наоборот, вместо 0 будет зарегистрирована 1, то независимо от разряда кодовой комбинации, в котором это произошло, сумма единиц уже будет четной. Таким образом, наличие ошибки будет зафиксировано. Действительно, легко обнаруживается, что комбинация вида 00101,1 не могла быть передана, поскольку сумма единиц в ней нечетная. Точно так же ошибочными являются комбинации: 10101,0 и 01101,0.

А кто подсчитает сумму единиц в принятой комбинации двоичных цифр? Одно из правил двоичной арифметики – суммирование «по модулю 2». Вот эти действия:

$$0 \oplus 0 = 0, 1 \oplus 0 = 1, 0 \oplus 1 = 1, 1 \oplus 1 = 0.$$

Знак «плюс в кружочке» отличает их от обычного двоичного суммирования. Существует и микросхема, которая выполняет указанные действия. О ней мы тоже говорили – это сумматор «по модулю 2». Просуммировать все цифры в кодовой комбинации очень просто: очередная цифра, поступающая на такой сумматор, складывается с результатом предыдущего суммирования. Если число единиц в этом наборе цифр нечетное, то в результате суммирования на выходе микросхемы появится 1 ($0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 1$), при четном числе единиц – 0 ($1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$). Вряд ли стоит пояснять, что наличие на выходной ножке единичного импульса – признак ошибочного решения, принятого регенератором. Остается только подсчитать (с помощью другой микросхемы – двоичного счетчика), сколько раз появлялась единица за все время передачи, – и вероятность ошибки определена!

Разумеется, введение в информацию столь малой избыточности не позволяет обнаружить все ошибки, например замену двух 0 одновременно двумя 1 и т.п., при которых свойство четности не нарушается. Для этих целей нужны коды с большей избыточностью (см. глава 12). Речь пойдет о так называемом коде Хэмминга, в котором после каждых четырех информационных битов в линию посылаются три контрольных. Как получают контрольные биты? Пронумеруем подряд от 1 до 7 все разряды (как информационные, так и контрольные) образовавшегося кодового слова. Информационные биты будут иметь при этом номера с 1-го по 4-й, а контрольные – с 5-го по 7-й. Правило получения контрольных битов дано в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Правило формирования контрольных битов

Номер контрольного бита	Номера битов, которые нужно сложить «по модулю 2»		
5	2	3	4
6	1	3	4
7	1	2	4

Пусть нам надлежит передать двоичную последовательность 10110010. Попробуем защитить ее от действия помех, используя код Хэмминга. После первой четверки информационных битов 1011 необходимо вставить контрольные. Пятый, передаваемый в линию, бит получаем, суммируя в соответствии с табл. 5.1 2-й, 3-й и 4-й биты: $0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$.

Таким образом, это будет 0. Шестой бит складывается из суммы 1-го, 3-го и 4-го: $1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$. Аналогичным путем найдем значение 7-го бита: $1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$. Итак, после символов 1011 передаются символы 010. Точно так же после второй четверки информационных битов 0010 следуют контрольные биты 110. Теперь запишем передаваемые последовательности все вместе: 1011, 010, 0010, 110. Здесь, как и ранее, запятая введена лишь для удобства зрительного восприятия.

Возникают следующие вопросы: как теперь узнать, произошла ли при передаче кодовой комбинации по линии ошибка или нет? Если произошла, то в каком разряде? Как эту ошибку исправить?

Предположим, что регенератором приемной станции была зафиксирована такая последовательность: 1001, 010, 0011, 110. Очевидно, что в первой комбинации ошибочно принят третий бит, а во второй комбинации – четвертый. Но это ясно для нас с вами. На приеме удобный вывод должен быть сделан автоматически, по заранее известному правилу. Такое правило приведено в табл. 5.2. В соответствии с ним нужно для каждой принятой 7-разрядной кодовой комбинации подсчитывать контрольное число. Это 3-разрядное двоичное число и указывает сразу на номер бита, который был принят ошибочно. Проверим предлагаемое правило на наших «искаженных» комбинациях. Для первой из них сумма «по модулю 2» 4 – 7-го битов равна 0, сумма 2-го, 3-го, 6-го и 7-го битов даст в результате 1, а сумма 1-го, 3-го, 5-го и 7-го битов – тоже 1. Итак, контрольное число имеет вид 011. Но ведь это двоичное представление числа 3! Значит, ошибочно принят третий бит. Его значение нужно заменить на противоположное, т.е. 0 заменить на 1. Если мы подсчитаем контрольное число для второй 7-разрядной комбинации, оно будет равно (проверьте самостоятельно) 100. Это двоичный код числа 4, и, следовательно, ошибка произошла в четвертом символе. Исправить ее легко, заменив символ на противоположный.

Т а б л и ц а 5.2. Правило проверки контрольных битов

Разряды контрольного двоичного числа	Номера битов, которые нужно сложить «по модулю 2»			
1	4	5	6	7
2	2	3	6	7
3	1	3	5	7

А если ошибочно принят не информационный, а один из контрольных битов? Нетрудно убедиться, что обнаружена будет и эта ошибка. В самом деле, для принятой комбинации 1011,000 (ошибка в шестом разряде) двоичное число составит 110, что соответствует десятичному числу 6.

До сих пор речь шла о двоичном кодировании, т.е. о представлении цифровой информации числами двоичной системы счисления. Но можно применять системы счисления и с другими основаниями. Например, в ИКМ-аппаратуре успешно «работает» троичная система счисления, в которой используются три цифры: -1 , 0 и $+1$. Цифре $+1$ соответствует импульс положительной полярности, 0 , как и ранее, — отсутствие импульса и, наконец, -1 представляется импульсом отрицательной полярности. Поскольку цифровой поток первоначально состоял из чередования двоичных символов 0 и 1 , то осуществляется переход от двоичной системы счисления к троичной. В зависимости от правила перехода получаются различные коды.

Первый троичный код был изобретен в 1952 г. инженерами американской компании «Bell». Преобразование двоичных чисел в троичные происходило в нем по довольно простому алгоритму: нули оставались без изменения, а единицы изменялись поочередно то на $+1$, то на -1 . Например, цифровая двоичная последовательность 1100111001 приобретала после преобразования вид: $+1 -100 +1 -1 +100 -1$. Заметьте, данный алгоритм не удовлетворяет правилам перехода из двоичной системы счисления в троичную. Поэтому такой код называют квазитроичным (квази означает как бы, почти). У него есть еще одно название — код с чередованием полярности импульсов (ЧПИ).

Достоинством кода оказалось то, что наличие в нем избыточности, заложенной не в добавочных символах, как это наблюдалось в двоичных кодах, а в большем основании кода, не требует снижения скорости передачи цифрового потока: какой она была, такой и осталась. В то же время структура кода позволяет обнаруживать ошибки и подсчитывать их вероятность. Действительно, допустим, в троичной последовательности, приведенной выше, был неверно принят четвертый символ: вместо 0 восстановлена 1 . Таким образом, на выходе регенератора имеется последовательность $+1 -10 +1 +1 -1 +100 -1$. Вы обратили внимание, что нарушилось правило чередования полярностей импульсов? Ведь в соответствии с принятым алгоритмом

Т а б л и ц а 5.3. Кодирование сигналов троичным кодом

Двоичный код	Троичный код			Двоичный код	Троичный код		
0000	0	-1	+1	1000	0	+1	-1
0001	-1	+1	0	1001	+1	-1	0
0010	-1	0	+1	1010	-1	0	-1
0011	+1	-1	+1	1011	+1	0	0
0100	0	+1	+1	1100	+1	0	+1
0101	0	-1	0	1101	-1	-1	0
0110	0	0	+1	1110	+1	+1	-1
0111	-1	+1	+1	1111	-1	-1	-1

формирования кода в нем не могут следовать подряд два импульса одной полярности. Значит, для определения вероятности ошибок на приемной станции следует подсчитать количество нарушений за время передачи чередования полярностей.

Этот простейший троичный код, изобретенный почти 40 лет назад, и по сей день является наиболее распространенным в ИКМ-системах передачи. В регенераторах таких систем добавляется еще один компаратор, который принимает решение о наличии или отсутствии отрицательного импульса, сравнивая его с отрицательным порогом. Впрочем, можно без «переделки» использовать и регенераторы двоичных сигналов, поскольку троичный код очень легко превратить в двоичный с помощью обычного выпрямителя. В подобном выпрямителе отрицательные импульсы «переворачиваются» и становятся положительными.

Добавим, что описанное преобразование двоичных цифр в троичные не является единственным. В табл. 5.3 показано, как 4-разрядные слова двоичного алфавита (т.е. алфавита, состоящего всего из двух символов 0 и 1) можно закодировать 3-разрядными словами на основе алфавита с тремя символами -1, 0 и +1. Заметьте, что теперь вместо каждых четырех импульсов нужно передавать в линию только три. Появляется возможность на месте каждого четвертого импульса цифрового потока передать дополнительные символы, т.е. увеличить объем передаваемой информации.

Мы ограничились рассмотрением лишь простейших кодов, обнаруживающих и исправляющих ошибки. Существует множество более сложных кодов, которые могут исправлять в принятой комбинации цифр не одну, а сразу несколько ошибок.

Контрольные вопросы

1. С какой целью осуществляется мультиплексирование цифровых потоков в системах передачи?

2. В чем заключается принцип чередования битов при объединении цифровых потоков?
3. В чем заключается принцип чередования кодовых комбинаций при объединении цифровых потоков?
4. Зачем применяются тактовая и цикловая синхронизации в цифровых системах передачи?
5. По какому принципу осуществляется регенерация цифрового сигнала?
6. Зачем используется помехоустойчивое кодирование?

Список литературы

1. **Крук Б.И., Попов Г.Н.** ... И мир загадочный под занавесом цифр: Цифровая связь. – 2-е изд., испр. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. – 264 с.
2. **Системы** электросвязи: Учеб. для вузов / Г.П. Катунин, Б.И. Крук, В.П. Шувалов и др.; Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Радио и связь, 1987. – 512 с.
3. **Левин Л.С., Плоткин М.А.** Цифровые системы передачи информации. – М.: Радио и связь, 1982. – 216 с.
4. **Аппаратура** ИКМ-30 / Под ред. Ю.П. Иванова, Л.С. Левина. – М.: Радио и связь, 1983. – 184 с.
5. **Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С.** Многоканальные телекоммуникационные системы: учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с.

Глава 6. Цифровые иерархии

6.1. Плезиохронная цифровая иерархия

Потребности людей в общении, в обмене различного рода информацией очень индивидуальны. Изучение информационных потоков позволяет выяснить, сколько требуется для общения людей каналов связи. Для различных населенных пунктов это число разное. Например, в таком крупном городе, как Москва, междугородная телефонная станция вынуждена предоставлять своим абонентам несколько десятков тысяч только телефонных каналов с разными городами, а кроме того, есть запросы на междугородные каналы для телеграфа, видиотелефона, ЭВМ и т.п. В то же время в небольшом районном центре оказалось достаточным иметь десятка два-три телефонных каналов, да с десятков телеграфных.

Цифровые потоки – это последовательности 0 и 1, передаваемых по линии связи. Нули и единицы могут нести информацию о речи, тексте, изображении и т.д. При этом скорости потоков будут, естественно, отличаться: для текста – 50...100 бит/с, для компьютерных данных – 200 бит/с и выше, для речи – 64 кбит/с, для подвижной «картинки» – более 100 Мбит/с.

Как же «строить» цифровые системы передачи? Сколько цифровых потоков можно объединять и направлять в одну линию связи – провод в электрическом кабеле, ствол в радиорелейной или спутниковой линиях, волоконный световод в оптическом кабеле? Можно ли стандартизировать скорости передачи?

Начнем с того, что узлы различных систем передачи должны быть однотипными, или унифицированными.

Цифровые системы передачи создают во всем мире; коммуникации связи не знают государственных границ. Каждая страна должна выпускать аппаратуру, согласовывая ее со стандартами, принятыми в других странах. Государства должны договориться, на каких принципах строить аппаратуру. С этой целью создан межгосударственный орган – Международный союз электросвязи (МСЭ). Он рекомендует строить цифровые системы передачи по иерархическому принципу.

Примером иерархического построения системы является календарь. Иерархия календаря состоит в следующем. За единицу измерения выбраны сутки. Семь суток объединяются в неделю. Из четырех или четырех с половиной недель образуется месяц. Три месяца со-

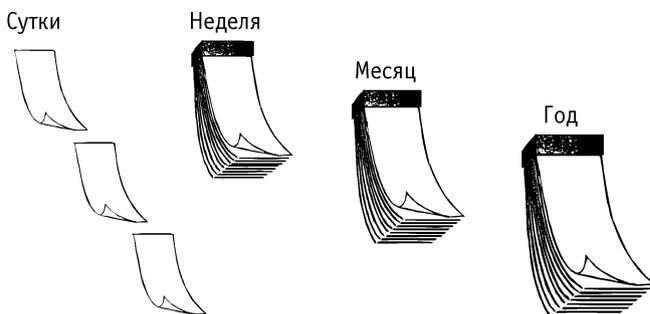


Рис. 6.1. Иерархия календаря

ставляют квартал. Четыре квартала – это год (рис. 6.1). Годы складываются в десятилетия и века, а века – в тысячелетия. При необходимости эту иерархию можно продолжить и «вниз» от суток: сутки состоят из 24 ч, час – из 60 мин и т.д.

Иерархия, рекомендованная для цифровых систем передачи, чем-то похожа на иерархию календаря. Прежде всего, необходимо было выбрать некоторую единицу измерения – «элементарную» скорость цифрового потока, единицу для всех стран и предприятий, выпускающих аппаратуру систем передачи, и позволяющую измерять скорость суммарных цифровых потоков. Такая «единичная» скорость во всем мире – скорость передачи цифровой речи, равная, как вы помните, 64 кбит/с. Выбор этой величины в качестве единицы объединения цифровых потоков связан, скорее, с традициями, нежели с какими-то другими соображениями.

Канал, в котором биты передаются со скоростью 64 000 цифр/с, получил название *основного цифрового канала*. Возможности любой цифровой системы передачи оцениваются числом организованных с ее помощью именно таких стандартных каналов.

На какое же число каналов рассчитаны современные системы передачи?

Чем выше ступень иерархии, тем больше организуется каналов и тем мощнее цифровой поток или, другими словами, тем выше его скорость. К системам передачи, стоящим в самом низу иерархической лестницы, относятся устаревшие системы ИКМ-30 и пришедшие им на смену гибкие мультиплексоры с программируемыми функциями. У подобных систем передачи сравнительно невысокая скорость цифрового потока (около 2 Мбит/с), что делает их пригодными для организации связи между АТС по обычным городским и сельским кабелям связи, образующим довольно обширную сеть подземных магистралей. Объединение цифровых потоков в этих системах осуществляется, как мы видели, по принципу «чередования кодовых комбинаций».

Введение в них синхросигнала и различных служебных символов потребовало дополнительных каналов и привело к тому, что скорость объединенного цифрового потока стала больше суммы скоростей объединяемых потоков.

Скорость передачи по симметричным кабелям связи может быть увеличена, например, до 8 Мбит/с. Это возможно при объединении четырех потоков 2 Мбит/с в один. Аппаратура, осуществляющая это объединение, называется вторичной цифровой системой передачи и ранее обозначалась как ИКМ-120 по числу образованных цифровых каналов на скорости 64 кбит/с каждый. Скорость потока в такой системе 8,448 кбит/с.

Более мощные потоки цифровой информации можно «гнать» по парам коаксиальных кабелей, волокнам оптических кабелей, стволам спутниковых и радиорелейных линий связи. Для образования высокоскоростных потоков объединяют цифровые потоки четырех систем ИКМ-120. В результате скорость передачи в линии возрастает до 34,368 Мбит/с. Число каналов в такой системе равно 480, поэтому она получила название третичной системы и ранее обозначалась как ИКМ-480.

Поступая далее аналогичным образом, получаем при слиянии четырех потоков систем передачи ИКМ-480 суммарный цифровой поток со скоростью 139,264 Мбит/с. Это уже четвертичная система и ранее обозначалась как ИКМ-1920.

Только с помощью одной коаксиальной пары или одного оптического волокна можно связать друг с другом почти 2000 телефонных аппаратов в одном городе с таким же количеством аппаратов в другом городе. А ведь в кабелях не одна такая пара и не одно такое волокно. Но на этом иерархия цифровых систем передачи (рис 6.2) не заканчивается. Можно продолжать укрупнять потоки и дальше.

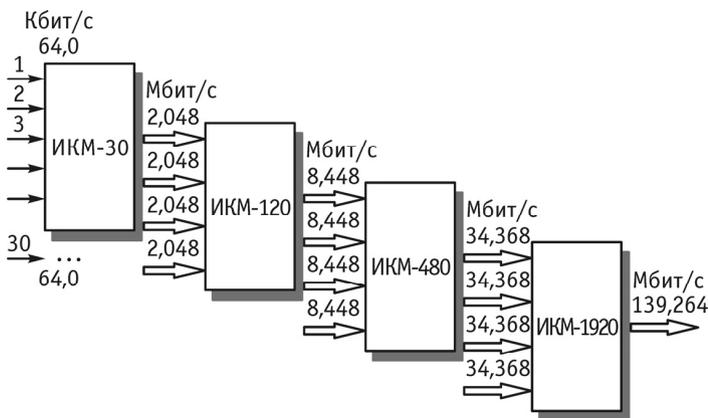


Рис. 6.2. Иерархия плезиохронных цифровых систем передачи

Принципы синхронизации остаются неизменными для систем передачи всех ступеней иерархии, сколько бы их не было: точно так же выделяются из цифрового потока тактовые импульсы и точно так же для обеспечения синхронной (а, если точнее, синфазной) работы мультиплексоров и демультиплексоров посылаются в линию комбинации импульсов цикловой синхронизации. Правда, некоторые отличия все же есть. О них и пойдет речь дальше.

Дело в том, что в системах передачи, начиная со второй ступени иерархии (это аппаратура ИКМ-120, ИКМ-480, ИКМ-1920 и т.д.), объединение потоков выполняется по принципу чередования битов (на рис. 6.3 дан пример объединения двух потоков). Таких потоков – четыре, и скорость каждого из них 2,048 Мбит/с. Четыре «двери» мультиплексора передающей станции поочередно открываются и пропускают в линию по одному биту из каждого цифрового потока. Разумеется, что они должны успеть это сделать за время, пока данные биты не успели смениться следующими. Затем все снова повторяется.

Понятно, что объединение потоков становится возможным только за счет укорочения в 4 раза длительности передаваемых импульсов, т.е. фактически за счет уменьшения в 4 раза времени передачи каждого из них. Но как же в этом случае ввести в цифровой поток сигнал цикловой синхронизации, ведь места-то для него нет? Вероятно, путь только один – укоротить информационные импульсы еще чуть-чуть. Пусть они немного потеснятся, тогда в цикле передачи появятся «пустые» временные интервалы, в которые и можно будет вставлять синхросигнал.

Вот как это делается практически. Приходящие на вход системы передачи биты из четырех информационных потоков записываются в ячейки памяти ЗУ, а затем считываются с них и направляются в линию. Зачем так делать? Казалось бы, ничего не изменилось, только усложнилась аппаратура. Но это не так. Поскольку шины записи и считывания ЗУ независимы друг от друга, становится возможным записывать биты с одной скоростью, а считывать – с другой, чуть чаще. «Прочитали» содержимое ячеек памяти быстрее – вот и появилась во

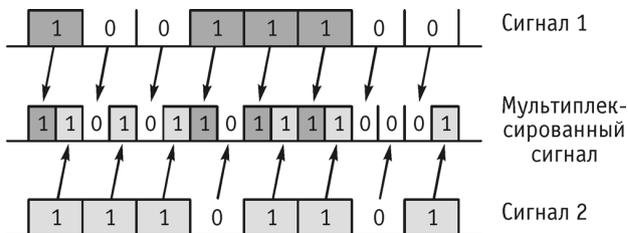


Рис. 6.3. Объединение потоков по принципу чередования битов

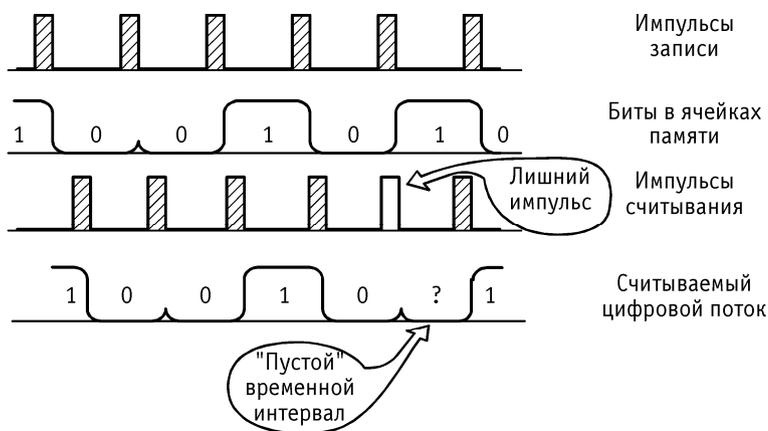


Рис. 6.4. Формирование «пустых» интервалов в цифровом потоке

времени «дырка» для вставки синхроимпульсов (рис. 6.4). Если импульсы считывания не «отстают» и не «убегают вперед», а «идут» весьма стабильно, то в каждом потоке регулярно появляются «пустые» интервалы. В системе передачи ИКМ-120 таким «пустым» интервалом, не несущим никакой информации, является во всех потоках каждый 33-й интервал. При объединении потоков в линию поочередно посылаются импульсы каждого из них, а так как на указанных «пустых» интервалах ни в одном из потоков никаких информационных импульсов нет, то в общем потоке периодически образуются «дырки» шириной в четыре интервала. В них-то и «вставляют» синхроимпульсы, а так же другую служебную информацию. Напомним, что строгая периодичность синхросигнала – это одно из важнейших свойств, используемое для его распознавания.

Совершенно иная картина будет наблюдаться, если местный генератор окажется не очень стабильным. В этом случае главные «часы» цифровой системы передачи (тактовые импульсы) могут «отставать» или «убегать вперед» по сравнению с их нормальным «ходом». В свою очередь, это будет вызывать смещение во времени «пустых» интервалов в каждом цикле передачи, и, значит, нарушится строгая периодичность их повторения. На каком-то этапе может произойти полный сбой в работе системы синхронизации и, как следствие, всей аппаратуры в целом. Чтобы такого не случилось, местные «часы» (тактовые импульсы) нужно систематически «подводить». Подобная процедура реализована практически во всех современных системах передачи высших (начиная со второй) иерархий и называется «согласованием», а иногда «выравниванием»,

скоростей цифровых потоков, или скоростей следования тактовых импульсов записи и считывания.

Как же все происходит? Специальное устройство из нескольких микросхем (так сказать, «группа контроля») следит за взаимным положением импульсов записи и считывания. Пусть расстояние между соседними парами этих импульсов постепенно начинает уменьшаться. Значит, местный генератор ускорил свой бег и импульсы считывания начали следовать быстрее. Как только контролируемый интервал уменьшится до критической величины, наш строгий контролер подаст сигнал тревоги: «пустой» интервал появился раньше времени. Поскольку ему еще не время появляться, другое устройство (тоже группа микросхем) введет в этот пустой интервал ложный импульс, не несущий никакой информации. Все происходит так же, как и в случае с нашими часами, когда, подводя их вперед, мы добавляем потерянные секунды. Вот и здесь мы тоже добавляем как бы потерянный импульс. Так достигается согласование, или выравнивание, скоростей записи и считывания цифровых потоков, которое в данном случае называется *положительным* (рис. 6.5).

Почему же обязательно нужно вставлять ложный импульс, не лучше ли взять да и притормозить чуть-чуть генератор тактовых импульсов? Нет, этого делать нельзя. Дело в том, что тактовые импульсы

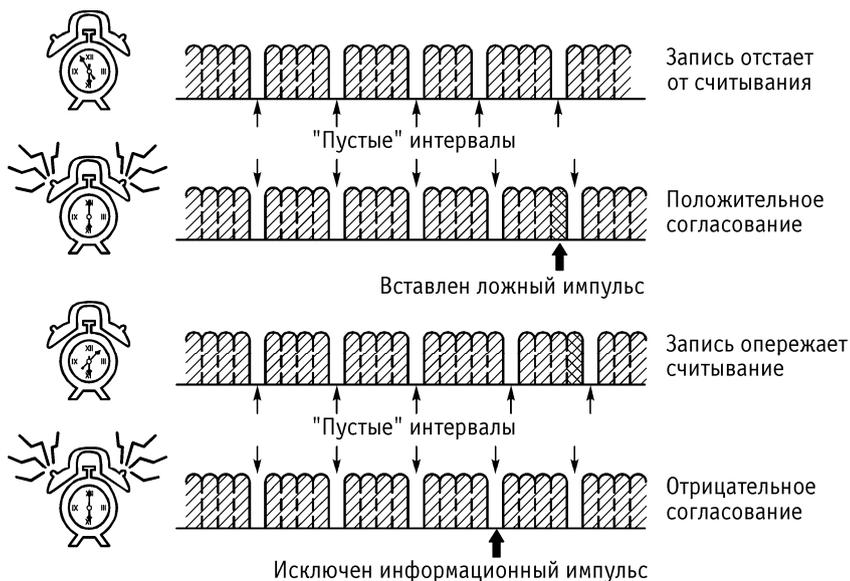


Рис. 6.5. Согласование скоростей цифровых потоков

разных цифровых потоков могут, в принципе, и не совпадать точно друг с другом, а генератор – один на всю систему передачи. Представим, что будет, если начать его непрерывно «дергать», подстраивая то под один цифровой поток, то под другой. Тут единственный путь – вставлять по мере необходимости в каждый из потоков ложные импульсы.

В американской технической литературе описанная выше процедура согласования скоростей называется коротко одним словом: «staffing» что по-русски произносится как стаффинг, а переводится как «вставка».

После того, как в цифровой поток введен ложный импульс, нужно передать на приемную станцию команду: «Внимание! Произошло согласование скоростей». Она служит сигналом для ликвидации на приеме ложного импульса. Такой командой может служить, например, посылка по служебному каналу единичного бита. В качестве служебного канала можно договориться использовать один из «законных» пустых интервалов, не занятый синхроимпульсом. Итак, если на приемной стороне в служебном интервале объединенного цифрового потока появляется 1, это означает, что из выделенного низкоскоростного потока нужно исключить очередной импульс – он ложный. А пока по служебному каналу поступают нули, исключать импульсы не надо – они все информационные.

Посылать по линии команду, состоящую всего из одного бита, крайне неосторожно. Под воздействием помех 1 может превратиться в 0, а 0 в 1, и тогда случится непоправимое – информация будет декодирована неправильно. Поэтому для большей надежности команду согласования скоростей многократно дублируют, например, посылая ее 3 раза. В данном случае она будет иметь вид 111. Теперь, если в ней после воздействия помех останется только одна 1, команда все равно будет воспринята. Комбинация же 000 говорит о том, что согласование скоростей не произошло и пока все идет нормально.

До сих пор речь шла о том, что местный генератор может только «убежать вперед». Но с таким же успехом он может и «отставать», вырабатывая импульсы считывания реже, чем необходимо. Может случиться так, что в цифровом потоке уже должен появиться «пустой» интервал, а тактовые импульсы из-за замедленной их скорости до сих пор еще не считали из ЗУ предшествующий ему информационный импульс. Что делать в таком случае? Придется исключить из цифрового потока этот «неудачливый» бит и предоставить временной интервал «по расписанию» для передачи очередной порции служебной информации (скажем, синхроимпульса). Только так можно согласовать, или выровнять, скорости тактовых импульсов записи и считывания. Такое согласование получило название *отрицательного* (рис. 6.5).

Если местные «часы» системы передачи (такты́е импульсы) подводятся и в ту, и в другую сторону, то одной команды: «Внимание! Произошло согласование скоростей» будет мало. Нужно еще сообщить на приемную станцию, какое согласование произошло: положительное или отрицательное, вставлен ложный импульс или исключен информационный. Для этой цели вводят команду «Вид согласования», посылая по другому служебному каналу 1 при положительном согласовании и 0 при отрицательном. Для надежности ее также повторяют 3 раза. Комбинация 111 во втором служебном канале (организованном также за счет части «пустых» интервалов) будет воспринята как сигнал о том, что в цифровой поток вставлен ложный импульс, а комбинация 000 – что из потока «вырезан» информационный бит. Устройства распознавания команд выполнены таким образом, что они сработают даже в том случае, когда в командах «выживут» всего по одному биту, а остальные «погибнут» в борьбе с помехами.

Так что же, исключенный на передаче информационный бит пропадет совсем? Нет. Его посылают вдвойню по третьему служебному каналу, причем для верности тоже повторяют 3 раза. *Итак, приемник цифровой системы передачи по первой команде (комбинация 111) узнает, что произошло согласование, по второй команде поймет, что нужно или ликвидировать ложный импульс (комбинация 111), или восстановить пропущенный информационный (комбинация 000), а по информации, взятой из третьего служебного канала, определит, какой бит пропущен – 1 (комбинация 111) или 0 (комбинация – 000).*

Объединение потоков с выравниванием скоростей получило название *плезіохронного* (почти синхронного), а существующая иерархия скоростей передачи цифровых потоков, а, значит, и систем передачи типа ИКМ – плезіохронной цифровой иерархией (в англоязычном написании Plesiochronous Digital Hierarhy – PDH).

Плезіохронная цифровая иерархия была разработана в начале 80-х годов прошлого столетия. На системы передачи данной иерархии возлагались большие надежды. Однако она оказалась очень негибкой: чтобы вводить в цифровой поток высокоскоростной или выводить из него низкоскоростные потоки, необходимо полностью «расширять», а затем снова «сшивать» высокоскоростной поток. Это требует установки большого числа мультиплекторов и демультиплекторов. Ясно, что делать эту операцию часто весьма дорого. На рис. 6.6 показана операция выделения потока со скоростью 2 Мбит/с из PDH потока со скоростью 140 Мбит/с.

В этом случае пришлось один поток со скоростью 140 Мбит/с демультиплексировать в четыре потока со скоростями 34 Мбит/с; затем один поток в 34 Мбит/с – в четыре потока 8 Мбит/с и только после этого «расшить» один поток 8 Мбит/с на четыре потока со скоростями

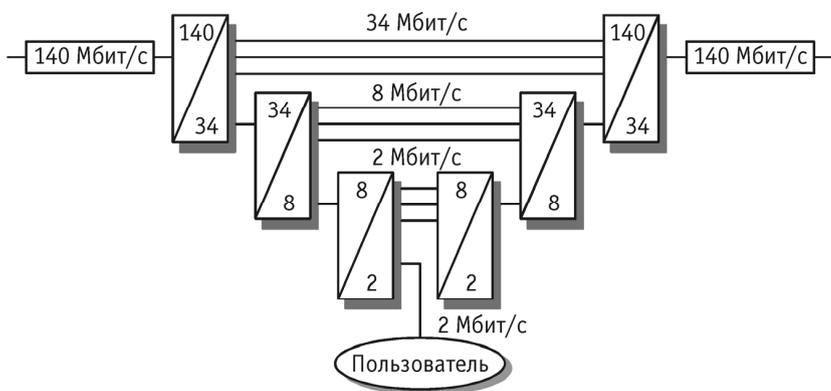


Рис. 6.6. Выделение сигнала со скоростью 2 Мбит/с из плезихронного цифрового потока 140 Мбит/с

2 Мбит/с. Только таким сложным путем можно вывести или ввести поток пользователя в PDH-системах передачи.

Недостатком систем передачи плезихронной цифровой иерархии является также то, что при нарушении синхронизации группового сигнала восстановление синхронизации первичных цифровых потоков происходит многоступенчатым путем, а это занимает довольно много времени. В настоящее время среди систем передачи PDH «выживают» только системы первого уровня иерархии, снабженные новой аппаратурой так называемого гибкого мультиплексирования, которая обеспечивает кроссовые соединения каналов 64 кбит/с; выделение и ввод отдельных каналов 64 кбит/с в любом наборе; пользовательские интерфейсы от двухпроводных окончаний для телефона до окончаний базового доступа в цифровую сеть с интеграцией услуг; видео-конференцсвязь и многое другое. Можно сказать, что гибкие мультиплексоры немного продлили жизнь PDH систем.

Но самое главное, что заставило уже в середине 80-х годов XX в. искать новые подходы к построению цифровых иерархий систем передачи, это почти полное отсутствие возможностей автоматически контролировать состояние сети связи и управлять ею. А без этого создать надежную сеть связи с высоким качеством обслуживания практически невозможно. Все эти факторы и побудили разработать еще одну цифровую иерархию.

6.2. Синхронная цифровая иерархия

Синхронные транспортные модули. Новая цифровая иерархия была задумана как скоростная информационная автострада для

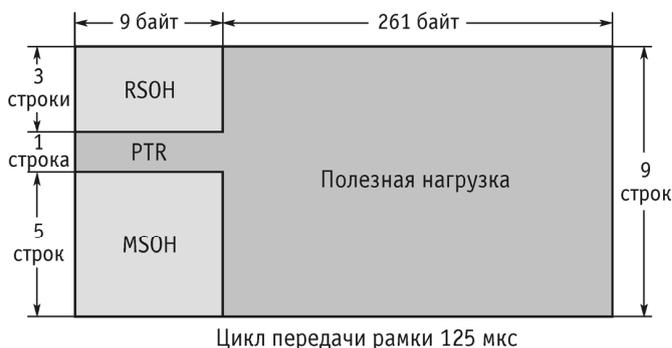


Рис. 6.7. Структура синхронного транспортного модуля STM-1

транспортирования цифровых потоков с разными скоростями. В этой иерархии объединяются и разъединяются потоки со скоростями 51,84 Мбит/с; 155,52 Мбит/с и более высокие по скорости (табл. 6.1). Поскольку способ объединения потоков был выбран синхронный, то данная иерархия получила название синхронной цифровой иерархии (Synchronous Digital Hierarchy – SDH).

Для транспортирования цифрового потока со скоростью 155 Мбит/с создается синхронный транспортный модуль (Synchronous Transport Module) STM-1. Его упрощенная структура дана на рис. 6.7. Модуль представляет собой фрейм (рамку) $9 \cdot 270 = 2430$ байт. Кроме передаваемой информации (называемой в литературе полезной нагрузкой), он содержит в 4-й строке указатель (Pointer, PTR), определяющий начало записи полезной нагрузки.

Чтобы определить маршрут транспортного модуля, в левой части рамки записывается секционный заголовок (Section Over Head – SOH). Нижние $5 \cdot 9 = 45$ байтов (после указателя) отвечают за доставку информации в то место сети, к тому мультиплексору, где этот транспортный модуль будет переформировываться. Данная часть заголовка так и называется: секционный заголовок мультиплексора (MSOH). Верхние $3 \cdot 9 = 27$ байтов (до указателя) представляют собой секционный заголовок регенератора (RSOH), где будут осуществляться восстановление потока, «поврежденного» помехами, и исправление ошибок в нем.

Один цикл передачи включает в себя считывание в линию такой прямоугольной таблицы. Порядок передачи байтов – слева направо, сверху вниз (так же, как при чтении текста на странице). Продолжительность цикла передачи STM-1 составляет 125 мкс, т.е. он повторяется с частотой 8 кГц. Каждая клеточка соответствует скорости передачи $8 \text{ бит} \cdot 8 \text{ кГц} = 64 \text{ кбит/с}$. Значит, если тратить на передачу в

Т а б л и ц а 6.1. Синхронная цифровая иерархия

Уровень иерархии	Тип синхронного транспортного модуля	Скорость передачи, Мбит/с
0	STM-0	51,84
1	STM-1	155,52
4	STM-4	622,08
16	STM-16	2488,32
64	STM-64	9953,28
256	STM-256	39813,12

линию каждой прямоугольной рамки 125 мкс, то за секунду в линию будет передано $9 \cdot 270 \cdot 64$ Кбит/с = 155520 Кбит/с, т.е. 155 Мбит/с.

Для создания более мощных цифровых потоков в SDH-системах формируется следующая скоростная иерархия (табл. 6.1): 4 модуля STM-1 объединяются путем побайтового мультиплексирования в модуль STM-4, передаваемый со скоростью 622,080 Мбит/с; затем 4 модуля STM-4 объединяются в модуль STM-16 со скоростью передачи 2488,320 Мбит/с; наконец 4 модуля STM-16 могут быть объединены в высокоскоростной модуль STM-64 (9953,280 Мбит/с).

На рис. 6.8 показано формирование модуля STM-16. Сначала каждые 4 модуля STM-1 с помощью мультиплексоров с четырьмя входами объединяются в модуль STM-4, затем четыре модуля STM-4 мультиплексируются таким же 4-входовым мультиплексором в модуль

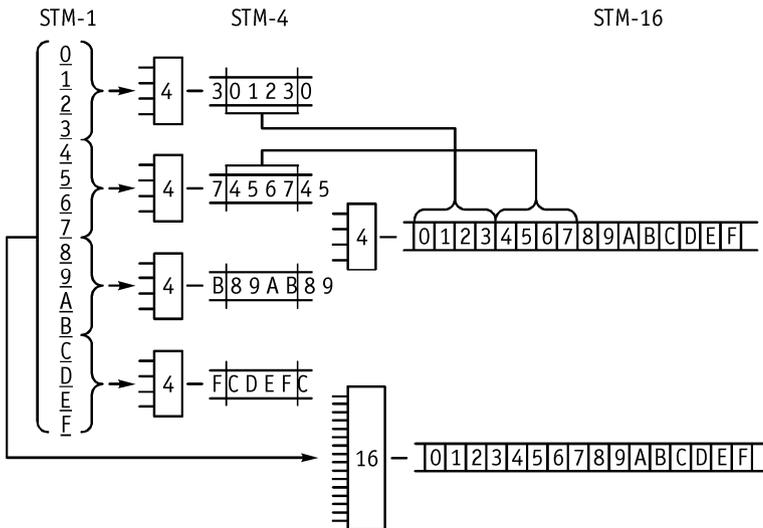


Рис. 6.8. Формирование синхронного транспортного модуля STM-16

STM-16. Однако существует мультиплексор на 16 входов, с помощью которого можно одновременно объединить 16 модулей STM-1 в модуль STM-16.

Формирование модуля STM-1. В сети SDH применены принципы контейнерных перевозок. Подлежащие транспортировке сигналы предварительно размещаются в стандартных контейнерах (Container – C). Все операции с контейнерами производятся независимо от их содержания, чем и достигается *прозрачность* сети SDH, т.е. способность транспортировать различные сигналы, в частности, сигналы PDH.

Наиболее близким по скорости к первому уровню иерархии SDH (155,520 Мбит/с) является цифровой поток со скоростью 139,264 Мбит/с, образуемый на выходе аппаратуры плезиохронной цифровой иерархии ИКМ-1920. Его проще всего разместить в модуле STM-1. Для этого поступающий цифровой сигнал сначала «упаковывают» в контейнер (т.е. размещают на определенных позициях его цикла), который обозначается C-4.

Рамка контейнера C-4 содержит 9 строк и 260 однобайтовых столбцов. Добавлением слева еще одного столбца – маршрутного или трактового заголовка (Path Over Head – POH) – этот контейнер преобразуется в виртуальный контейнер VC-4.

Наконец, чтобы поместить виртуальный контейнер VC-4 в модуль STM-1, его снабжают указателем (PTR), образуя таким образом административный блок AU-4 (Administrative Unit), а последний помещают непосредственно в модуль STM-1 вместе с секционным заголовком SOH (рис. 6.9. и рис. 6.7).

Синхронный транспортный модуль STM-1 можно загрузить и плезиохронными потоками со скоростями 2,048 Мбит/с. Такие потоки формируются аппаратурой ИКМ-30, они широко распространены в современных сетях. Для первоначальной «упаковки» использует-

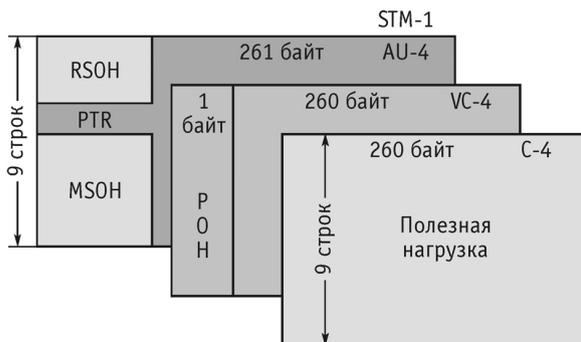


Рис. 6.9. Размещение контейнеров в модуле STM-1

ся контейнер C12. Цифровой сигнал размещается на определенных позициях этого контейнера. Путем добавления маршрутного, или транспортного, заголовка (POH) образуется виртуальный контейнер VC-12. Виртуальные контейнеры формируются и расфорируются в точках окончания трактов.

В модуле STM-1 можно разместить 63 виртуальных контейнера VC-12. При этом поступают следующим образом. Виртуальный контейнер VC-12 снабжают указателем (PTR) и образуют тем самым транспортный блок TU-12 (Tributary Unit). Теперь цифровые потоки разных транспортных блоков можно объединять в цифровой поток 155,520 Мбит/с (рис. 6.10). Сначала три транспортных блока TU-12 путем мультиплексирования объединяют в группу транспортных блоков TUG-2 (Tributary Unit Group), затем семь групп TUG-2 мультиплексируют в группы транспортных блоков TUG-3, а три группы TUG-3 объединяют вместе и помещают в виртуальный контейнер VC-4. Далее путь преобразований известен.

На рис. 6.10 показан также способ размещения в STM-1 трех потоков 34,368 Мбит/с. Также возможно сцепление контейнеров для размещения других цифровых потоков, не относящихся к PDH, например, потоков Ethernet 10/100/1000 и 10 000 Мбит/с. Плезиохронные цифровые потоки всех уровней размещаются в контейнерах C с использованием процедуры выравнивания скоростей (положительного, отрицательного и двухстороннего).

Наличие большого числа указателей (PTR) позволяет совершенно четко определить местонахождение в модуле STM-1 любого цифрового потока со скоростями 2,048; 34,368 и 139,264 Мбит/с. Выпускаемые промышленностью мультиплексоры ввода-вывода (Add/Drop Multiplexer – ADM) позволяют ответвлять и добавлять любые цифровые потоки.

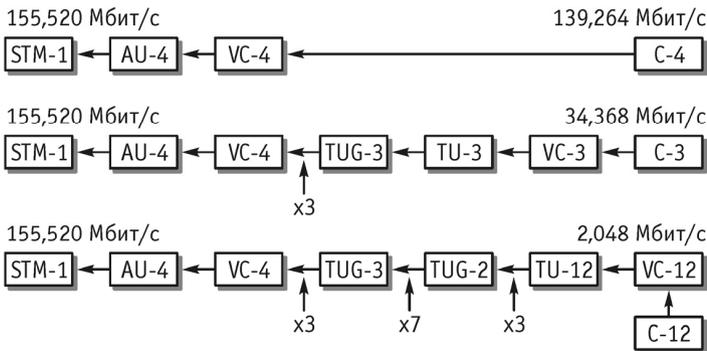


Рис. 6.10. Ввод плезиохронных цифровых потоков в синхронный транспортный модуль STM-1

Важной особенностью аппаратуры SDN является то, что в трактовых и сетевых заголовках помимо маршрутной информации создается много информации, позволяющей обеспечить наблюдение и управление всей сетью в целом, дистанционные переключения в мультимплексорах по требованию клиентов, осуществлять контроль и диагностику, своевременно обнаруживать и устранять неисправности, реализовать эффективную эксплуатацию сети и сохранить высокое качество предоставляемых услуг.

6.3. Методы асинхронной передачи

Формирование МАП-ячеек. В последнее десятилетие к передаче информации стали предъявляться более широкие требования. Одному и тому же абоненту могут быть переданы различные по характеру сообщения: движущиеся изображения (видеотелефон, видеоконференция); компьютерные данные (файлы); электронная почта; информация из системы дистанционного обучения (в том числе, мультимедийная); фильмы по кабельному телевидению и др. Причем источники этой информации являются, как правило, асинхронными. Информация от одних источников может поступать непрерывно, от других – время от времени. Скорость поступления информации от различных источников различная. Так, речевой поток поступает со скоростью 64 кбит/с, а передача движущегося изображения требует скорости от 1,5 до 100 Мбит/с.

Для согласования всех этих различных требований в 1980–1990-х годах была предложена новая технология передачи, получившая название *моды асинхронной передачи* (Asynchronous Transfer Mode – ATM). Эта технология (МАП в русской транскрипции или АТМ в английской) предполагает запись любого вида информации в *ячейки* (Cells) фиксированной длины. Ячейки содержат (рис. 6.11) полезную информацию и заголовок (Header). Для заголовка отводится 5 байт, для полезной информации – 48 байт.

Цифровая информация от источников сообщений заполняет ячейки. Поскольку ячейки имеют фиксированную длину, то нет необходимости отделять их друг от друга (т.е. определять их начало и конец) с помощью служебной информации. Если у источника отсутствует потребность в передаче информации, то передаются пустые ячейки. Небольшие объемы информации, появляющиеся через большие временные интервалы, могут быть соб-



Рис. 6.11. Структура МАП-ячейки

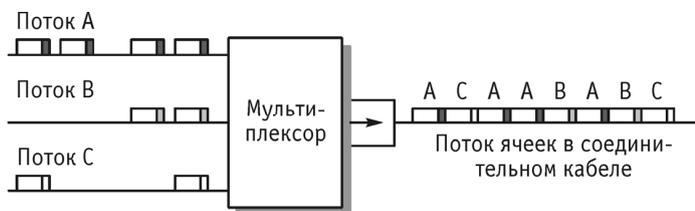


Рис. 6.12. Мультиплексирование асинхронных потоков

раны для заполнения ячеек либо могут передаваться в отдельных ячейках. В последнем случае в полупустые ячейки добавляется «наполнитель». Ячейки формируются источниками по мере потребности. В случае непрерывной передачи (речь, видеоконференция и т.п.) ячейки следуют через строго определенное время.

Потоки ячеек от различных источников могут быть объединены с помощью временного мультиплексирования (рис. 6.12).

Передача МАП-ячеек. Для того, чтобы знать, куда направляется МАП-ячейка, в ее заголовке отводится 2 байта под идентификацию виртуального канала (Virtual Channel Identifier – VCI). Виртуальный канал – это фиксированный маршрут движения всех ячеек во время сеанса связи от одного пользователя к другому. Он состоит из последовательности портов коммутаторов, через которые эти ячейки проходят.

Преимуществом МАП-ячеек является то, что их очень легко обрабатывать при прохождении через коммутатор. Прочитав идентификатор канала в заголовке ячейки, коммутатор переправляет ее из одного порта в другой, совершенно не задумываясь о находящейся в ячейке информации.

Коммутатор может переключать целые группы виртуальных каналов, не тратя времени на анализ информации по каждому каналу в отдельности. Для этого несколько виртуальных каналов, проходящих по одному и тому же направлению на каком-либо участке сети связи, объединяют в виртуальный путь. Идентификатор виртуального пути (Virtual Path Identifier – VPI) занимает 12 битовых позиций и располагается, естественно, до идентификатора виртуального канала. VCI и VPI образуют уникальный индивидуальный адрес маршрута на каждом отдельном участке сети. Изменение идентификаторов может происходить в каждом промежуточном коммутаторе. Назначение маршрута передачи ячеек может быть осуществлено оператором сети или сигнальной системой.

Технология МАП хорошо согласуется с технологиями PDH и SDH, например, ячейки могут быть помещены в STM-1. Для этого они сначала «упаковываются» в виртуальный контейнер VC-4, а в заголовке

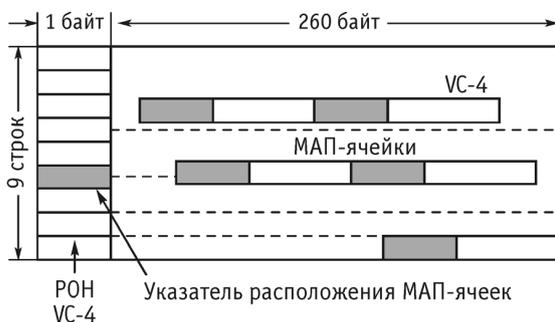


Рис. 6.13. Размещение МАП-ячеек в модуле STM-1

(РОН) этого контейнера отмечается начало записи МАП-ячеек (рис. 6.13). Затем контейнер, как обычно, помещается в модуль STM-1. Другие современные цифровые иерархии (оптическая OTN-OTN и Ethernet) рассмотрены в приложении 1.

Контрольные вопросы

1. Что такое плеззиохронная цифровая иерархия?
2. Как осуществляется согласование скоростей передачи различных потоков при их объединении в высокоскоростной поток?
3. Какие недостатки имеет плеззиохронная цифровая иерархия систем передачи?
4. Что такое синхронный транспортный модуль?
5. Как транспортируются сигналы плеззиохронной иерархии по сетям синхронной иерархии?
6. В чем отличие асинхронной передачи цифровых сигналов с помощью МАП-ячеек от синхронной передачи цифровых сигналов?

Список литературы

1. **Синхронная** цифровая иерархия / Пер. с итал.; Под ред. Б.И. Крука. – Новосибирск: Изд-во СибГАТИ, 1998.
2. **Введение** в SDN / Пер. с англ.; Под ред. Б.И. Крука. – Новосибирск: изд. СибГАТИ, 1998.
3. **Крук Б.И., Попов Г.Н.** ...И мир загадочный за занавесом цифр: Цифровая связь. – 2-е изд., испр. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. – 264 с.
4. **Назаров А.Н., Симонов М.В.** ATM: Технология высокоскоростных сетей – М.: ЭКО-Трендз, 1998. – 234 с.
5. **Буассо М., Деманж М., Мюнье Ж.-М.** Введение в технологию ATM. – М.: Радио и связь, 1997. – 128 с.
6. **Слепов Н.Н.** Синхронные цифровые сети SDN. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 148 с.

Глава 7. Линии передачи

7.1. Медные кабельные линии

Составной частью системы передачи является линия передачи, по которой распространяются электромагнитные сигналы. В зависимости от конкретных условий, в которых организуется связь, для передачи сигналов используют проводные или радиолинии.

По *проводным* линиям электромагнитное поле распространяется вдоль непрерывной направляющей среды. К ним относятся воздушные и кабельные линии, волновые, световоды. По *радиолиниям* сообщения передаются посредством распространения электромагнитных волн в свободном пространстве.

Исторически первыми возникли и применяются до настоящего времени воздушные линии (цепи). Воздушная цепь представляет собой пару изолированных металлических проводов, закрепленных на некотором расстоянии друг от друга, в результате чего роль изолятора между проводами выполняет воздух. Подвешиваются провода на деревянных или железобетонных опорах.

Недостатками воздушных цепей – значительное влияние климатических условий на устойчивость работы системы связи, высокий уровень помех (от высоковольтных линий, контактной сети электрифицированных железных дорог, радиостанций), малый диапазон частот.

Кабель связи представляет собой некоторое количество проводников, изолированных друг от друга. В качестве изоляции используются кабельная бумага или различные разновидности пластмасс. Для предохранения от проникновения влаги проводники заключаются в герметическую оболочку. Сверху накладывают защитные покровы, предохраняющие кабель от механических повреждений.

Пара проводников образует электрическую цепь, по которой передается сигнал. Переход от воздушной цепи к кабельной позволил существенно уменьшить влияние климатических условий на работу систем связи, снизить уровень помех, расширить рабочий диапазон частот. Кабели подразделяются на подземные, подводные и подвесные.

Старейшие среди современных кабелей связи – городские телефонные кабели. Да и самой разветвленной кабельной сетью является городская телефонная сеть (не секрет, что большая часть телефонов находится у жителей городов).

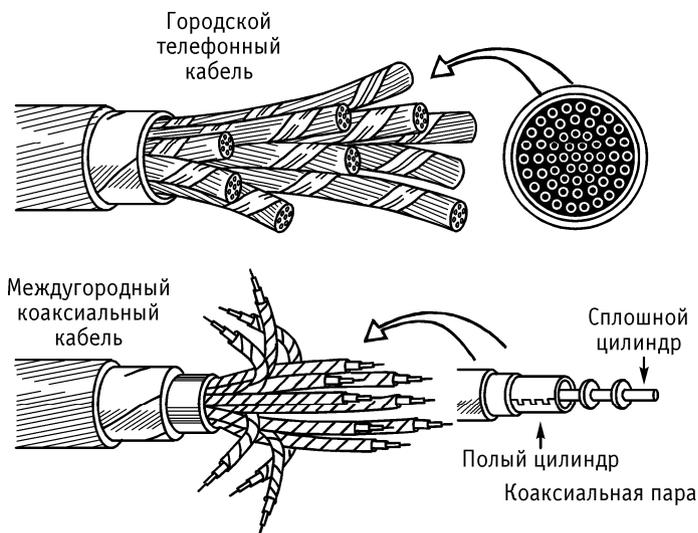


Рис. 7.1. Кабели связи

Городские телефонные кабели бывают разные (рис. 7.1). Они могут содержать от 10 (такие кабели заводят в подъезды домов и подключают к распределительным коробкам, откуда телефонные провода тянутся в каждую квартиру) до 500, 1000 и даже 3000 пар проводов (а такие кабели используют для того, чтобы собрать воедино тянущиеся от жилых массивов к АТС более мелкие кабели). Каждая жила кабеля изолируется кабельной бумагой или бумажной массой, получаемой из целлюлозы. Жилы скручиваются определенным образом вместе и помещаются в прочную свинцовую оболочку. В последние годы, благодаря успехам химии, на смену бумажной изоляции жил и свинцовой оболочке пришли различные пластмассы (полиэтилен, поливинилхлорид, фторопласт). Прокладываются городские телефонные кабели в подземной канализации в асбестоцементных трубах.

Для связи между городами выпускаются специальные междугородные кабели (рис. 7.1) – симметричные и коаксиальные. В отличие от городских кабелей они содержат намного меньше пар проводов: не более одного-двух десятков. Лежат эти кабели прямо в земле. Для повышения механической прочности междугородные кабели «одевают» в бронепокрытия (обычно это стальные бронеленты).

Когда по проводнику протекает синусоидальный ток, вокруг движущихся в металле электронов возникают электрическое и магнитное поля. Чтобы убедиться в существовании электрического поля, доста-

точно поместить вблизи проводника пробный электрический заряд (например, заряженный листок или бусинку). Если поле есть, то заряд сдвинется с места. Обнаружить магнитное поле можно с помощью пробной магнитной стрелки: она будет поворачиваться. Электрическое и магнитное поля часто рассматриваются вместе как единое электромагнитное поле.

Попробуем увеличить частоту синусоидального тока в проводнике. Десятки герц... Сотни герц... Килогерцы... Сотни килогерц. Мы обнаруживаем (естественно, с помощью приборов), что ток с ростом частоты все сильнее и сильнее вытесняется из толщи проводника к его поверхности. Электромагнитное поле вне проводника возрастет, и вот на очень высоких частотах (превышающих сотни и даже тысячи мегагерц) ток полностью вытесняется из проводника. Проводник начинает излучать всю электромагнитную энергию в пространство. Передача ее по проводу прекратилась. Провод превратился в антенну!

Описанное явление – вытеснение тока к внешней поверхности проводника – получило у специалистов название поверхностного эффекта. Существует довольно простое объяснение поверхностного эффекта (рис. 7.2).

В 30-х годах XIX в. английский физик М. Фарадей (1791–1867) обнаружил, что в проводнике, помещенном в переменное магнитное поле, возникает ток. Все дело в том, что наш проводник оказался помещенным в собственное магнитное поле и под его воздействием в толще проводника образовалось множество замыкающихся по кольцу вихревых токов. У поверхности проводника эти токи направлены так же, как

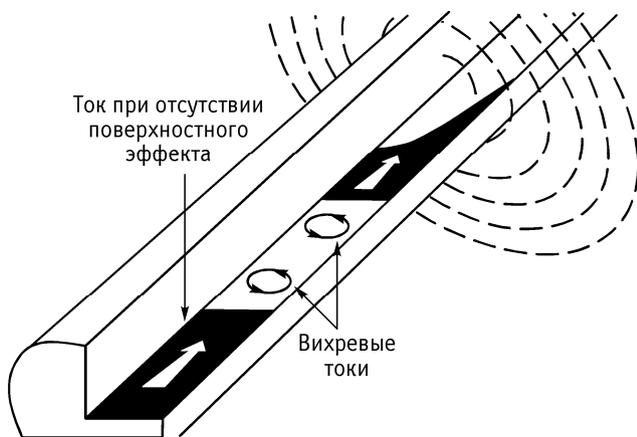


Рис. 7.2. Явление поверхностного эффекта

и основной ток, и поэтому увеличивают его. В толще же проводника вихревые токи оказываются направленными против основного тока и, следовательно, уменьшают этот основной ток.

Мы рассмотрели один провод, тогда как для передачи сигналов используются два провода – прямой и обратный (чтобы цепь тока замкнулась). Каждый из проводов образует свое электромагнитное поле. Их взаимодействие дает несколько более сложную картину поля, однако эффект излучения поля вне проводов остается практически неизменным – с ростом частоты излучение увеличивается.

В городских телефонных кабелях под одной «крышей» – оболочкой – собрано большое число пар проводов. Представим себе, что цифровые сигналы (импульсы) передаются только по одной паре проводов, по одной цепи (а по другим парам в это время ничего не передается). Тем не менее и в остальных «нерабочих» парах можно зафиксировать те же самые сигналы. Правда, очень слабые. И чем дальше «нерабочая» пара расположена от «рабочей», тем слабее в ней сигналы. Однако чем выше скорость передачи импульсов, тем увереннее мы будем регистрировать в «нерабочих» парах эти импульсы. Виной тому увеличивающееся на высоких частотах электромагнитное излучение. При большой скорости передачи влияние одной цепи на другую может быть столь велико, что когда по второй цепи будут передаваться «свои» сигналы, их будет очень трудно отделить от «чужих».

Вот эти-то взаимные влияния между цепями и не дают возможности беспредельно увеличивать скорость передачи импульсов по городским телефонным кабелям. Практически она 2 Мбит/с. Отсюда вывод: такие кабели не позволяют обмениваться видеопрограммами, ведь при передаче подвижного изображения биты «мчатся» со скоростью в 50 раз большей.

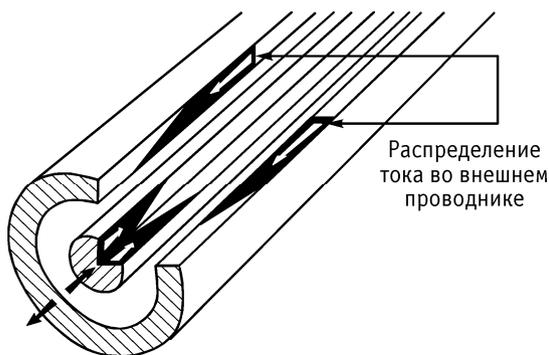


Рис. 7.3. Явление эффекта близости в коаксиальной паре

Иное дело междугородный коаксиальный кабель! Один проводник коаксиальной пары – обычный сплошной провод, а другой (по которому ток «возвращается» обратно) – полый медный цилиндр (рис. 7.3). Сплошной проводник помещен внутрь полого. Отсюда и название – коаксиальная пара, что означает имеющая общую ось (coaxis – соосный). Чтобы строго выдержать соосность проводников, пространство между ними заполняют изолирующим материалом (сплошным полиэтиленом, полиэтиленовыми шайбами и т.п.). Придумал такую конструкцию пары проводников еще в 1912 г. профессор Петербургского электротехнического института П.Д. Войнаровский (1886–1913), а использовать ее в кабелях связи предложил в 1934 г. американский изобретатель С.А. Щелкунов.

Коаксиальная пара – это поистине замечательное изобретение! Она не излучает электромагнитную энергию в пространство, а следовательно, не будет влиять на соседние цепи связи. Это имеет принципиально важное значение, поскольку позволяет повысить скорость передачи цифр.

Ток во внутреннем проводнике с ростом частоты также вытесняется на его поверхность. Этот процесс не отличается от описанного выше. Магнитное поле внутреннего проводника наводит в металлической толще внешнего проводника вихревые токи. На наружной стороне полого проводника эти вихревые токи направлены против основного тока («срабатывает» знакомое из школьного курса правило буравчика) и тем самым уменьшают, ослабляют его. Таким образом, ток в полом цилиндре вытесняется не наружу, а внутрь коаксиальной пары. Этот эффект ученые назвали эффектом близости. Он-то и является причиной, по которой электромагнитное поле концентрируется внутри коаксиальной пары и не излучается вне ее.

С ростом частоты действие эффекта близости увеличивается и поле все сильнее и сильнее концентрируется между внутренним и внешним проводниками. Именно поэтому по коаксиальным парам потоки информации могут «нестись» с колоссальной скоростью, превышающей сотни миллионов бит в секунду.

Междугородные симметричные кабели имеют такую же конструкцию пар, как и городские телефонные (два скрученных, изолированных проводника). Однако за счет небольшого количества пар и более тщательной их изоляции удастся ослабить влияние между цепями и повысить тем самым скорость цифрового потока. По междугородным кабелям связи цифры передаются со скоростью порядка 8 Мбит/с.

7.2. Радиолинии

Что представляет собой радиоволна? Обратимся к проводнику, по которому протекает ток, изменяющийся во времени подобно синусои-

де. Вокруг проводника с током создается переменное магнитное поле. Его интенсивность в каждой точке пространства будет меняться по такому же закону синусоиды. Переменное магнитное поле рождает в пустом пространстве переменное электрическое поле (тоже меняющееся в каждой точке пространства по синусоидальному закону). Обнаружить это поле можно с помощью другого проводника: электроны в нем придут в движение, появится переменный синусоидальный ток. В свою очередь меняющееся электрическое поле вновь рождает магнитное поле, а оно – электрическое и т.д. Причем возникающие электрические и магнитные поля, распространяясь, охватывают все новые и новые области пространства. Чем дальше расположена точка пространства от проводника с током, тем позднее достигнут ее колебания полей.

Взаимодействие электрического и магнитного полей не есть нечто обособленное, независимое друг от друга. Оно – проявление единого целого, которое носит название электромагнитного поля.

В физике изменяющееся во времени, т.е. движущееся, пространственное чередование максимумов и минимумов любой физической величины называется волной. Волны мы наблюдаем при бросании камешков в воду. Волну можно пустить по натянутой веревке. Звуковые волны испускает колеблющаяся струна. Распространяющееся в пространстве электромагнитное поле образует электромагнитную волну.

Самые разные по своей природе волны имеют одну и ту же общую характеристику – длину волны. Пояснить ее можно на простом и знакомом примере движения волны на поверхности воды. Длина волны – это расстояние между соседними гребнями. Время, за которое один гребень сменяет другой, составляет период колебания волны T . Если знать скорость c , с которой происходит эта смена, то легко вычислить расстояние между гребнями, т.е. длину волны, как произведение скорости на время: $\lambda = cT$. Величина, обратная периоду колебания волны – это частота колебания $f = 1/T$. Поэтому $\lambda = cf$.

Скорость распространения электромагнитной волны равна скорости света $c = 300\,000\,000$ км/с. Следовательно, ток, колеблющийся с частотой, например: $300\,000$ Гц, создает электромагнитную волну длиной 1 км, а с частотой $300\,000\,000$ Гц – 1 м.

В диапазоне радиоволн – ультракоротковолновом – размещаются волны длиной от 10 м до $0,3$ мм. Это очень широкий диапазон. Поэтому ультракороткие волны подразделяют на метровые, деци-, санти- и миллиметровые. Первые из них занимают частоты $30\dots300$ МГц, а последние – частоты $30\,000\dots1\,000\,000$ МГц. Для таких сверхвысоких частот (принято сокращение СВЧ) введены специальные обозначения: гигагерцем (ГГц) называют каждую тысячу мегагерц, а терагерцем (ТГц) – каждую тысячу гигагерц. Таким образом, миллиметровым волнам соответствуют частоты 30 ГГц... 1 ТГц.

Ультракороткие волны не отражаются от ионосферы и почти не поглощаются ею. Они ведут себя подобно лучам света: пронизывают ионосферу и уходят в космос. В атмосфере Земли существует всего два «окна». Одно из них – в области видимого света. Им человечество пользуется уже тысячи лет, изучая звезды в телескоп. Второе – «радиоокно» в области УКВ. Оно обнаружено только в XX в. благодаря развитию техники радиосвязи. Именно с помощью этого «окна» осуществляется связь с космическими кораблями.

Из-за «прямолинейного» характера распространения ультракоротких волн связь на них возможна только до тех пор, пока антенна приемника «видит» антенну передатчика. Если на пути волны встречается препятствие (высокий дом, гора, лес), то связь становится невозможной.

Системы вещания – радио- и телевизионного – служат для доставки информации от одного ее источника к большому числу потребителей. В системах же связи информацию нужно доставлять от каждого конкретного источника к каждому конкретному потребителю. Подходят ли для этого радиоволны? Ведь их можно принять в любой точке земного шара.

Вывод один: энергия радиоволн не должна рассеиваться в пространстве, ее нужно сконцентрировать в очень узкий луч. Однако хорошо концентрирует энергию только антенны достаточно больших по сравнению с длиной волны размеров. Это напоминает оптику, где размеры зеркал и линз во много раз превышают длину световой волны.

Вот еще одно неоспоримое преимущество ультракоротких волн: для них легко сделать не очень большие и исключительно направленные антенны, которые, условно говоря, фокусируют, «собирают» волну.

Вы обращали внимание, как концентрируется луч света в электрическом фонарике? Лампочка помещается в фокусе зеркального отражателя. Подобно этому рупор, излучающий электромагнитную волну, помещают в фокусе параболической антенны (рис. 7.4). Она как рефлектор собирает электромагнитные волны в узкий параллельный пучок лучей и направляет его на приемную антенну. Принимаемые волны в свою очередь «стягиваются» металлическим зеркалом приемной антенны на рупор и через рупор и волновод направляются к приемнику.

Итак, уже не трудно представить себе основные контуры радиолинии, работающей на УКВ. Передатчик – в основе его лежит специальный квантовый генератор, использующий внутрен-

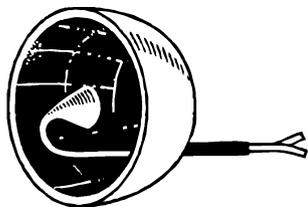


Рис. 7.4. Параболическая антенна

нюю энергию атомов, и вырабатывает СВЧ-колебания, которые по волноводу передаются в антенну. Посылаемый в эфир радиолуч достигает приемной антенны и по волноводному тракту добирается до приемника. А не мало ли это – всего один луч между двумя пунктами? Ведь тот же коаксиальный кабель содержит несколько коаксиальных пар, и по каждой из них можно передавать цифровые потоки с огромными скоростями – сотни мегабит в секунду. Следует заметить, что «пропускная способность» у УКВ-луча во много раз больше, чем у коаксиальной пары. Скорость цифрового потока, как вы помните, зависит от частотного диапазона, в котором работает линия связи. А у радиопролинни на УКВ он значительно шире, значит эти волны могут перенести как мощные «тяжеловозы» большее количество бит в одну секунду – свыше тысячи мегабит.

Что же касается увеличения числа лучей, то делают так: несколько передатчиков, генерирующих волны различных длин, заставляют работать на общую антенну. Антенна, таким образом, излучает одновременно несколько лучей с различными длинами волн. В приемной антенне каждая волна отфильтровывается и точно в соответствии со своей длиной поступает в свой приемник. Говорят, что каждый такой луч образует ствол радиопролинни. Обычно число стволов не превышает 4–5.

В 1935 г. между Нью-Йорком и Филадельфией вступила в строй радиопролинния на ультракоротких волнах. Она имела протяженность 150 км. Чтобы перекрыть это расстояние, через 50 и 100 км были построены две промежуточные «релейные» станции, которые принимали ослабленные радиоволны, «заменяли» их новыми и посылали дальше. Сама радиопролинния была названа *радиорелейной*. Первая радиорелейная линия в нашей стране была построена в 1953 г. между Москвой и Рязанью. Однако еще в начале 30-х годов советские инженеры М.И. Греков и В.М. Большеверов провели опыты по направленной радиосвязи на дециметровых волнах между Москвой и Люберцами.

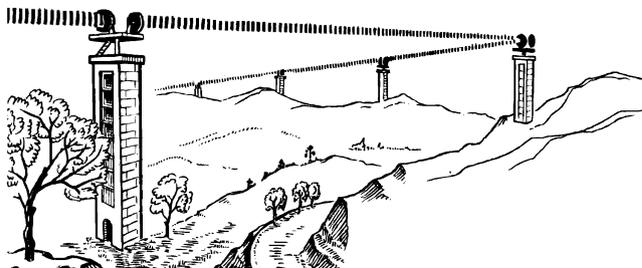


Рис. 7.5. Радиорелейная линия связи

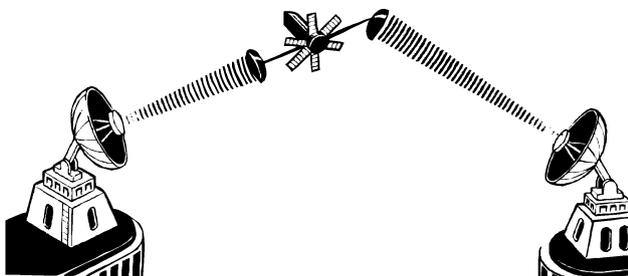


Рис. 7.6. Спутниковая линия связи

Современная радиорелейная линия (РРЛ) состоит из двух основных и цепочки промежуточных радиорелейных станций (рис. 7.5). Каждая станция – это приемник, передатчик и высокая мачта (или башня) с антеннами. Для мачт выбирают возвышенные участки местности. С каждой из них видны две соседние мачты. Расстояние между промежуточными станциями обычно составляет 40...70 км. Протяженность линии может быть несколько тысяч километров. Радиоволны узким направленным лучом идут от одной станции к другой, принимаются там приемником, усиливаются передатчиком и отправляются к следующей станции.

Разновидностью радиорелейных линий являются *спутниковые линии* передачи, в которых роль ретранслятора выполняет не наземная промежуточная станция, а спутник связи (точнее, приемопередающий ретранслятор, помещенный на нем). На земле строятся оконечные станции с параболическими антеннами и устройствами наведения на антенну спутника (рис. 7.6). Спутниковые линии передачи являются широкополосными. Спутниковые системы позволяют передавать телевизионные программы в отдаленные районы страны значительно дешевле, чем по наземным радиорелейным или кабельным линиям, а также организовать связь с труднодоступными районами, к которым протягивать наземные линии сложно и дорого, а иногда и просто невозможно.

Кроме описанных существуют и другие радиолинии (например, тропосферные, метеорные и др.).

7.3. Волоконно-оптические кабельные линии

По световоду распространяется ... «невидимый» свет. Это может показаться несколько неожиданным, тем более, что в рекламных журналах можно увидеть красочные фотографии, на которых свет эффектным веером льется из стеклянных нитей – оптических волокон. Но это не так!

А разве свет бывает невидимым? Если быть точным, то следует сказать, что светом называют электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом. Длина волны этого излучения 0,4...0,75 мкм. Но часто физики называют светом и невидимые электромагнитные волны, длины которых лежат далеко за пределами этого интервала: 0,01...340 мкм.

Сейчас в технике связи по оптическим волокнам широко используется длина волны 0,85 мкм, которая находится за зримым диапазоном. Чем это вызвано? Чуть позднее мы ответим на данный вопрос, а пока взгляните на оконное стекло. Вам кажется, что ничего более прозрачного для света придумать нельзя? Однако если сделать из этого стекла нить и ввести в нее луч лазера (например, гелий-неонового, $\lambda = 0,63$ мкм), то даже при достаточно короткой ее длине свет настолько ослабится, что не будет излучаться из противоположного торца нити. Значит, обычное стекло не так уж прозрачно, как хотелось бы, и луч в нем, «спотыкаясь», не доходит до финиша. Действительно, пачка из нескольких стекол кажется уже не прозрачной, а зеленой, а торце ее – вообще черным.

Прозрачность стекол зависит от наличия в нем примесей различных элементов. Чем меньше примесей, тем стекло прозрачнее. При изготовлении световодов из стекла нужно обеспечить очень высокую степень его очистки. Получить сверхчистое стекло удалось совсем недавно. Это сделал в 1970 г. инженер американской фирмы «Corning glass company» по фамилии Капрон. Он и его сотрудники изготовили тонкую стеклянную нить очень высокой (по тем временам) степени прозрачности: в такой нити свет на расстоянии в 1 км ослабляется в 100 раз.

Дальнейший прогресс в технологии получения сверхпрозрачных оптических волокон позволил уже в 1972–1973 гг. уменьшить ослабление света: теперь на таком же расстоянии он ослаблялся только в 3 раза. В лучших образцах современных световодов, изготовленных из сверхчистого кварцевого стекла, интенсивность света на длине 1 км уменьшается всего в 1,05 раза.

Как получают сверхчистое стекло? Это очень трудоемкий процесс. Чтобы иметь о нем хотя бы отдаленное представление, мы расскажем, как делается стекло из кварца.

Кварц – это оксид кремния (SiO_2). При температуре выше 1710 °С кварц плавится и переходит в жидкое состояние. Можно было бы варить из кварца стекломассу и затем вытягивать из нее волокно. Однако в данном случае трудно избавиться от примесей и изготовить сверхчистое стекло, поэтому поступают следующим образом. Сначала получают с помощью химической реакции «газообразный» кварц (или, еще говорят, его газовую фазу), в таком состоянии примесей в кварце почти нет. Затем путем охлаждения осаждают его в твердом

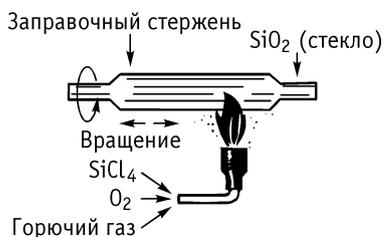


Рис. 7.7. Изготовление кварцевого стекла

виде на внешней или внутренней поверхности цилиндрического стержня. Этот метод так и называют – химическое осаждение из газовой фазы.

Рассмотрим случай (рис. 7.7), когда осаждение кварца происходит на внешней поверхности стержня (его называют затравочным). В горелку наподобие бунзеновской подают газовую смесь: горючий газ – для создания высокотемпера-

турного пламени; газ в виде соединения кремния с хлором (хлорид SiCl_4) – как основной «держатель акций» кремния; кислород (O_2) – для получения реакции окисления хлорида. В жарком пламени горелки (до $1600\text{ }^\circ\text{C}$) кремний и кислород воссоединяются, и рождаются мелкие порошкообразные частицы высокочистого кварцевого стекла (SiO_2), а отделившийся в самостоятельный газ хлор (2Cl_2) улетучивается через вытяжной колпак.

На расстоянии 15 см от горелки вращается и перемещается вдоль нее затравочный стержень, к поверхности которого и прилипают эти порошкообразные частицы. За 1 мин на стержне осаждается 0,5...1,0 г стекла. Когда толщина слоя достигает нужного размера, процесс останавливается и стеклянную заготовку снимают с затравочного стержня. Получается стеклянная трубка, а нужна сплошная цилиндрическая заготовка. Как быть? Что дальше делать?

Следующая стадия процесса состоит в нагревании трубчатой заготовки пламенем приблизительно до $1900\text{ }^\circ\text{C}$. За счет сил поверхностного натяжения, возникающих в размягнутой трубке, происходит «схлопывание» (есть такой специальный термин) трубчатого цилиндра в сплошной. Полученную стеклянную заготовку вытягивают в тонкое оптическое волокно. Например, из заготовки 1 м и диаметром 1 см можно вытянуть стеклянную нить диаметром 100 мкм и длиной 10 км.

Конечно, описанный способ изготовления оптического волокна не единственный, и материалы для него используются разные, не только кварц. Мы ограничились описанием (да и то в самых общих чертах) процесса, разработанного американской фирмой «Corning glass», чтобы читатель смог составить представление о технологии производства прозрачных стекол для световодов.

И все же, как ни стараются сделать стекло сверхчистым, свет в нем все равно ослабляется. Ослабление света происходит по двум причинам: он рассеивается за пределами стеклянной нити и поглощается в ней молекулами и атомами «вредных» примесей, находящихся в стекле. Установлено, что рассеяние света зависит от длины

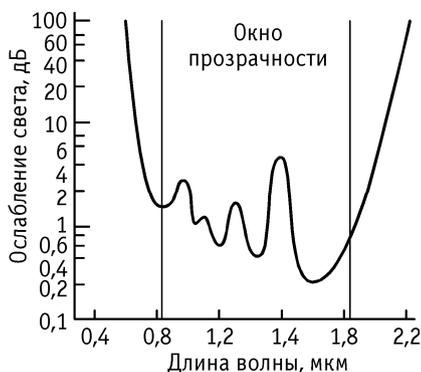


Рис. 7.8. Ослабление света в стеклянном волокне

волны передаваемого излучения. Чем короче длина волны, тем выше рассеяние света.

Если посмотреть на график ослабления света в стеклянном волокне (рис. 7.8), построенный для различных длин волн, то на нем можно увидеть так называемое окно прозрачности, в котором ослабление сравнительно небольшое.

Следует сказать, что в технике связи ослабление измеряют обычно не в «разах», а в специальных единицах – «белах» (в честь изобретателя телефона А.Г. Белла). Чтобы получить «белы», нужно прологарифмировать «разы». Эти единицы особенно удобны, когда речь идет об ослаблении в огромное число раз. Например, если ослабление в «разах» составляет миллион, то в «белах» – это всего 6 ($\lg 1\,000\,000 = 6$). Ослабление в 1000 раз соответствует 3 Б ($\lg 1000 = 3$). Дальше все понятно: 100 раз – это 2 Б, 10 раз – 1 Б. Перевод в белы величины «3 раза» даст 0,5 Б, а величины «1,05 раза» – 0,02 Б. Для практики бел – слишком крупная единица, поэтому чаще используют более мелкую – децибел (1 Б = 10 дБ подобно тому, как 1 м = 10 дм).

Таким образом, и завоевания в области прогрессивных стеклотехнологий можно в полной мере оценивать децибелами (на сегодня ослабление света, или потери его интенсивности, в волокне составляет 0,2 дБ/км).

Однако взглянем еще раз на «окно прозрачности». Оно охватывает длины волн, расположенные в диапазоне ближнего инфракрасного излучения (0,85...1,8 мкм), т.е. в области «невидимого» света. Правда, внутри окна для некоторых излучений (0,95; 1,24; 1,39 мкм) наблюдаются всплески ослабления. Это вызвано тем, что колебания света «падают в такт» (в резонанс) с колебаниями ионов «вредных» гидроксильных групп ОН – непрозрачной компоненты стекла,

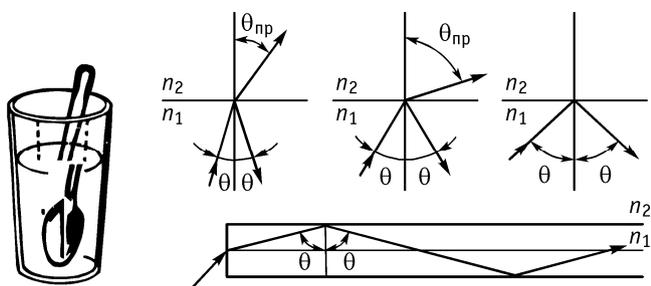


Рис. 7.9. Распространение света в стекловолокне

от которой, как правило, не удастся избавиться даже при изготовлении сверхчистых стекол. Возникает резонансное поглощение света ионами этих групп.

Теперь становится понятным, почему в световодах предпочитают иметь дело с волнами невидимого света, за исключением, конечно, тех волн, которые сильно поглощаются.

Известно, что скорость света v в прозрачном веществе меньше скорости света $c = 300\,000$ км/с в вакууме. Отношение c/v обозначили буквой n и назвали показателем преломления света в веществе. Но разве можно сломать световой луч? Оказывается можно. Опустите в стакан с водой ложку (рис. 7.9). На границе раздела между воздухом и водой ложка покажется вам сломанной. Это случилось потому, что на границе воздуха и воды световые лучи из-за разных скоростей распространения (в воде скорость в 1,33 раза меньше, чем в воздухе) преломились.

Итак, когда луч света попадает на границу раздела двух веществ с показателями преломления $n_1 = c/v_1$ и $n_2 = c/v_2$ (у воздуха этот показатель равен 1), возникают отраженный луч (помните, «угол падения равен углу отражения»?) и преломленный лучи. Первый, отражаясь от поверхности, остается в веществе, а вот второй выходит за его пределы. Для вещества – это потери, рассеяние света.

В оптике существует формула, по которой, зная показатели преломления n_1 и n_2 веществ и угол θ падения (отражения) луча, можно найти, под каким углом $\theta_{\text{пр}}$ он преломляется:

$$\sin \theta_{\text{пр}} = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta.$$

Конечно, при передаче света по волокну хотелось бы, чтобы свет только отражался от границы и не рассеивался за пределы вещества в виде преломленных лучей. Это начинает происходить с того момен-

та, когда угол $\theta_{\text{пр}}$ достигает 90° : наступает полное отражение. Приведенная выше формула позволяет вычислить, под каким углом луч должен падать при этом на границу раздела веществ. Например, волокно из стекла с показателем $n_1 = 1,46$, помещенное в воздухе ($n_2 = 1$), будет полностью отражать те световые лучи, которые попадают на его боковую поверхность под углом $\theta > 45^\circ$.

Не следует забывать, что свет вводят в торец волокна. Здесь картина иная: на боковую поверхность волокна будет падать луч, преломленный его торцом. И падать он должен так, чтобы полностью отражаться от боковой поверхности (см. рис. 7.9). Возникает вопрос: под каким же углом надо вводить луч в волокно? Оказывается, что в стеклянных волокнах, показатель преломления которых равен или больше 1,46, все световые лучи, попадающие на торец, направляются вдоль волокна и свет не рассеивается. К ним относятся и волокна из кварцевого стекла, показатель преломления которых как раз равен 1,46.

Однако, «голые» волокна в оптических кабелях не используются. И вот по какой причине. Для сохранения оптических свойств волокна в условиях эксплуатации необходимо защищать его поверхность от влаги и от истирания во время операций намотки и изготовления кабеля. Кроме того, голые стеклянные волокна при образовании на их поверхности микротрещин могут самопроизвольно обрываться; это связано с концентрацией механических напряжений на поверхности волокна. Поэтому стеклянную нить помещают внутрь защитного пластмассового покрытия. Чтобы не нарушить условия распространения световой волны в волокне (пластмасса это не воздух), его делают из двух слоев стекла: внутренний слой образует сердцевину волокна, а внешний слой является оболочкой. Показатель преломления оболочки делают ниже показателя преломления сердцевины, так что практически все световые лучи распространяются внутри сердцевины.

Сделать двухслойное волокно с различными показателями преломления не так уж сложно. Когда на затравочном стержне наращивают слой кварцевого стекла, в нужный момент (т.е. при получении его толщины, соответствующей сердцевине волокна) в газовую смесь, подаваемую в горелку, добавляют присадки, которые изменяют показатель преломления следующего слоя – оболочки. Таким путем можно получить и волокно, состоящее из нескольких слоев с различными показателями преломления.

Оптические волокна, у которых показатель преломления меняется скачком (ступенькой) при переходе от сердцевины к оболочке (или к оболочкам), называли ступенчатыми.

Обычно показатели преломления сердцевины и оболочки различаются незначительно. Например, если показатель преломления сердцевины $n_1 = 1,465$, то показатель преломления оболочки $n_2 = 1,460$. Рас-

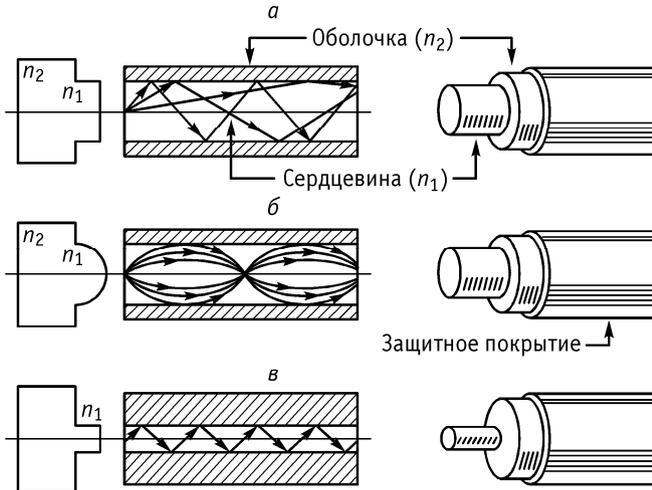


Рис. 7.10. Оптические волокна: многомодовое (а), градиентное (б), одномодовое (в)

чет по приведенной ранее формуле показывает, что в сердцевину войдут не все лучи, а только те из них, которые подходят к торцу под небольшим углом. Если к тому же сделать сердцевину очень тонкой, скажем 5...10 мкм (это тоньше человеческого волоса), то по ней сможет распространяться всего один луч, или одна мода. Весь же волоконный световод вместе с оболочкой имеет стандартный диаметр – 125 мкм. Такой световод называется одномодовым (рис. 7.10, в). В него лучше направлять острый луч полупроводникового лазера (рис. 7.11), так как рассеянный поток света от светодиода ввести в тонкую сердцевину очень трудно.

На практике широко применяются также волокна с толстой сердцевиной – 50...80 мкм (внешний их диаметр оставляют неизменным – 125 мкм). С такими световодами могут уже без особых сложностей «работать» недорогие и изготавливаемые в массовом количестве светодиоды. В связи с тем, что в толстую сердцевину волокна могут войти (и будут распространяться по ней) сразу много лучей (или мод), а не один, как в одномодовом волокне, световод такой конструкции получил название многомодового (рис. 7.10, а).

У читателя может сложиться впечатление, что использовать многомодовое волокно гораздо выгоднее, чем одномодовое: и высокая точность изготовления сердцевины не требуется, и дорогостоящий источник света (полупроводниковый лазер) не нужен, и меньшие сложности возникают при соединении волокон друг с другом и волок-

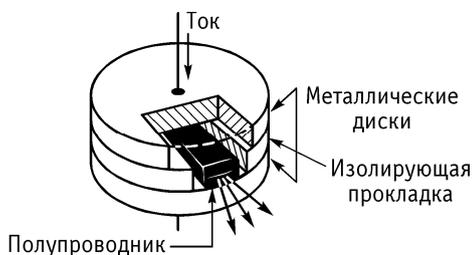


Рис. 7.11. Полупроводниковый лазер

на с источником (можно обойтись без специальных разъемов, изготовленных с очень высокой точностью и потому стоящих очень дорого). Однако это не так. У многомодовых светодиодов есть один существенный недостаток, сводящий на нет все их преимущества.

Представьте себе, что по такому волокну передаются импульсы с очень высокой скоростью, например 1 Гбит/с (миллиард бит в секунду). Каждому импульсу соответствует очень короткая вспышка света длительностью 1 нс (миллиардная доля секунды – ее трудно даже себе представить!). Так должно быть. И так было бы, если бы вдоль волокна распространялся всего один луч. Но в многомодовом волокне распространяется много лучей: один из них проходит более короткий путь – вдоль оси сердцевины, а другие, которым приходится отражаться от боковой поверхности бесконечное число раз, – самый длинный путь. И это разница в пути возрастает с увеличением длины волокна.

За счет опоздавших к «выходу на сцену» лучей световой импульс «размажется» во времени. Сложится такая ситуация: уже давно пора передавать следующий импульс, а еще не «погасли» вспышки света от предыдущего. Чтобы этого не случилось, придется уменьшать скорость передачи до тех пор, пока вспышки света не будут четко отделены одна от другой интервалами времени.

Ограничение скорости передачи цифровой информации – вот основной недостаток многомодовых светодиодов. Предельная скорость передачи по ним – 20 Мбит/с. Зато по одномодовым световодам можно «гнать» информацию со скоростью 100 Гбит/с, т.е. в 5000 раз быстрее.

Для того чтобы реализовать достоинства многомодовых световодов и в то же время повысить скорость передачи информации по ним, ученые предложили делать световоды не ступенчатыми (т.е. не со скачкообразным изменением показателей преломления сердцевины и оболочки), а, как говорят специалисты, градиентными – с плавным изменением показателя преломления сердцевины от одного края до

другого (рис. 7.10, б). Такой маневр позволяет в какой-то мере выровнять время хода различных лучей и уменьшить «размывание» (специалисты говорят: дисперсию) световых импульсов. Скорость передачи по таким волокнам возрастает по сравнению со ступенчатыми волокнами в 100 раз, т.е. до 2 Гбит/с. При изготовлении градиентных волокон нужно следить за тем, чтобы количество присадок в газообразной смеси горелки, «отвечающих» за показатель преломления, при осаждении слоя сердцевины непрерывно менялось по нужному закону.

Итак, мы познакомились с различными типами оптических волокон. Но волокна не применяются отдельно. Их объединяют в оптические кабели. По внешнему виду они очень похожи на электрические и могут содержать от нескольких десятков до нескольких сотен волокон.

Оптические кабели ни в чем не уступают электрическим! Их можно прокладывать в земле и под водой, подвешивать на опорах, протягивать в кабельных канализациях. Они легко изгибаются – световоды не ломаются даже тогда, когда радиус изгиба очень мал, меньше 1 см; они прочны на разрыв – само волокно из-за его однородности оказалось крепче стальной струны того же диаметра, да и в кабель вводятся специальные упрочняющие (армирующие) элементы; хорошо защищены от влаги и сырости – иначе бы стекло помутнело и изменило свои оптические свойства. Оптические кабели во многом превосходят электрические! Они имеют большую пропускную способность. При одинаковой пропускной способности они в 5–6 раз тоньше и в 10 раз легче электрических. Оптическим кабелям не страшны удары молний, их не разъедает коррозия; на них не влияют ни радиостанции, ни метрополитен; в них не рождаются взаимные помехи. А сколько дефицитной меди экономят эти кабели! Между тем запасы кварцевого стекла в природе практически не ограничены. Без риска ошибиться предскажем: за ними будущее.

Сейчас оптические кабели переживают свой «младенческий возраст», но чуть ли не каждый день они находят себе новые применения: связывают между собой города и континенты, соединяют АТС разных районов города, приходят в квартиры жителей.

Контрольные вопросы

1. Какова конструкция городских (междугородных) медных кабелей связи?
2. Какие типы радиолиний вы знаете?
3. Как получают оптическое волокно?
4. Какие существуют типы оптических волокон?
5. Каким образом цифровой сигнал вводится в оптическое волокно?
6. В чем преимущества оптических кабелей по сравнению с медными?

Список литературы

1. **Крук Б.И., Попов Г.Н.** ...И мир загадочный за занавесом цифр: Цифровая связь. – 2-е изд., испр. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. – 264 с.
2. **Белоруссов Н.И.** Электрические кабели, шнуры и провода. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 536 с.
3. **Семенов А.Б.** и др. Структурированные кабельные системы. – М.: Компьютер Пресс, 1999. – 421 с.
4. **Убайдуллаев Р.Р.** Волоконно-оптические сети. – М.: ЭКО-Трендз, 1998. – 266 с.
5. **Скляров О.К.** Современные волоконно-оптические системы передачи. – М.: СОЛОН-Р, 2001. – 237 с.
6. **Гринфилд Д.** Оптические сети. К.: ООО «ТИД «ДС», 2002. – 256 с.
7. **Гордиенко В. Н., Крухмалев В. В., Моченов А. Д., Шарафутдинов Р. М.** Оптические телекоммуникационные системы. Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 368 с.
8. **Портнов Э. Л.** Оптические кабели связи, их монтаж и измерения: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 448 с.
9. **Портнов Э.Л., Зубилевич А.Л.** Электрические кабели связи и их монтаж. Учебное пособие для вузов. 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 364 с.

Глава 8. Транспортные сети

8.1. Предпосылки создания транспортных сетей

В XXI в. мировое сообщество вступило в новую эру своего развития, названную глобальным информационным обществом (ГИО). Отличительной чертой ГИО является то, что в нем знания и информация приобретают роль внешних производственных факторов, становятся материальной основой существования общества.

Формируются целые отрасли, специализирующиеся на использовании высоких технологий, к которым в первую очередь относятся производство «информационных продуктов» (в том числе программных) и эффективное их распределение в среде инфокоммуникаций.

По существу мировое сообщество сейчас переживает третью революцию. Если в первой – сельскохозяйственной – главным действующим лицом был землевладелец и главным ресурсом – земля, во второй – индустриальной – собственник капитала и главным ресурсом – капитал, то в третьей – информационной – господствующей социальной группой становится собственник информации, а главным ресурсом – знания, информация.

Для эффективной передачи и распределения всех видов информации в структуре ГИО создана и непрерывно развивается Всемирная сеть связи (World wide communication network), представляющая из себя совокупность всех взаимосвязанных национальных сетей связи на земном шаре. Технической же основой любой современной сети связи являются *информационные транспортные сети*, предназначенные для высококачественной и безаварийной (бесперебойной) передачи (транспортировки) информации в виде стандартных или нормализованных цифровых потоков от производителя к потребителю.

В заключение раздела приведем определение транспортной сети.

Сеть транспортная – это совокупность ресурсов систем передачи (каналов, трактов, секций) и относящиеся к ним средства контроля, оперативного переключения, резервирования и управления, предназначенные для переноса информации между заданными пунктами сети.

8.2. Системы передачи для транспортной сети

Изначально технической основой построения транспортных сетей являются системы SDH. Их внедрение на сетях связи началось в конце 80-х годов 20 века и продолжается сегодня с рядом изменений. Принципиальным отличием систем SDH от ранее существовавших цифровых систем передачи считается то, что они не являются «источниками» информации, а предназначены только для высокоэффективной передачи или транспортировки и распределения цифровых потоков, формируемых как в системах PDH, так и в сетях ATM, Ethernet и т.д. Все известные цифровые потоки транспортируются в системах SDH в виде цифровых информационных структур, называемых виртуальными контейнерами VC. Виртуальные контейнеры имеют различную емкость, что позволяет обеспечить различную скорость транспортировки информационных потоков. При этом VC предоставляются для загрузки информационных потоков со строгой периодичностью в 500 мкс (VC-12) или 125 мкс (VC-3/4). В структурах VC по транспортной сети переносится исходная информация, дополненная трактовыми заголовками (Path Overhead, POH). Эти заголовки предназначены для эффективного управления трактами транспортной сети и выполняют функции передачи оперативной, административной и обслуживающей информации (Operation, Administration, Maintenance, OAM), что обеспечивает высокие функциональные возможности, гибкость и надежность сети связи.

Группы однотипных (отдельных или объединенных сцепкой) или разнотипных VC передаются между элементами транспортной сети (от отправителя информации к получателю) по линиям передачи в виде цифровых структур STM-N, где N обозначает иерархический скоростной режим передачи: 0, 1, 4, 16, 64, 256 (табл. 6.1). Модули STM-N имеют цикличность в 125 мкс и оснащаются заголовками секций передачи – секции регенерации (Regeneration Section Overhead, RSOH) и секции мультиплексирования (Multiplex Section Overhead, MSOH), поддерживающих функции OAM в соответствующих секциях. Упрощенная структурная схема системы передачи SDH, которая является основой транспортной сети, приведена на рис. 8.1.

Секция мультиплексирования обеспечивает передачу информации между двумя соседними сетевыми элементами, т.е. терминальными мультиплексорами (Terminal Multiplexer – TM) и мультиплексорами выделения/ввода (Add/Drop Multiplexer – ADM), в одном из которых формируется (объединяется) сигнал STM-N, а в другом разделяется до компонентных потоков (каналы передачи E1, E3, E4, Ethernet 10, 100, 1000 и т.д.). В общем случае транспортная сеть SDH состоит из секций мультиплексирования, для которых уровень сигнала STM-N может быть разным в зависимости от требуемой скорости информационных каналов в каждой секции.

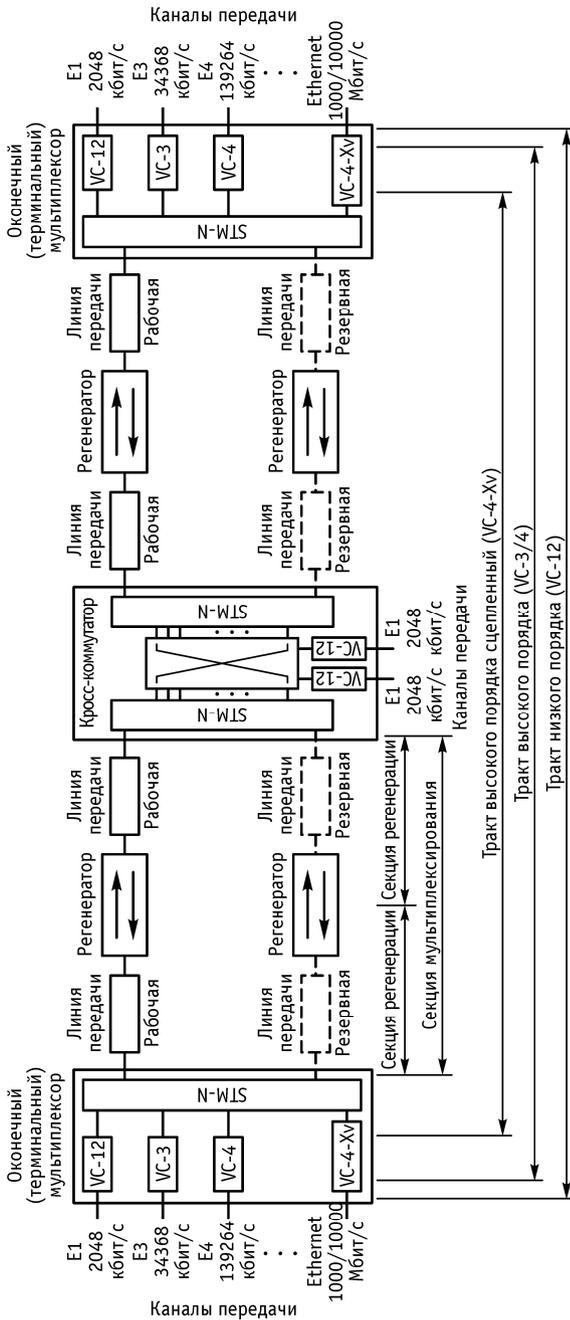


Рис. 8.1. Структура системы передачи SDN

Секция регенерации обеспечивает возможность передачи информации на протяженных участках, где требуется поддерживать высокое качество цифрового сигнала STM-N, которое оценивается коэффициентом ошибок (Bit Error Rate, BER). Величина BER для систем SDH составляет 10^{-10} . Регенерация цифрового сигнала необходима для устранения искажений фронтов и срезов импульсов, образующихся в линии передачи из-за дисперсионных искажений, что, как известно, приводит к межсимвольным помехам и увеличению частоты ошибок. При регенерации восстанавливаются амплитуда и длительность импульсов.

Тракт транспортной сети обозначает логическое соединение между точкой системы передачи SDH, в которой производится «сборка» виртуального контейнера VC (например, загрузкой потока E1 на скорости 2,048 Мбит/с) и точкой, в которой VC «разбирается» (например, из VC восстанавливается поток E1 с высокой стабильностью временных тактов). Тракт транспортной сети можно также представить себе как трубу, проложенную через секции регенерации и мультиплексирования, непосредственно соединяющую две точки, между которыми осуществляется передача информации. Для транспортировки различных объемов информации разработаны виртуальные контейнеры различной емкости, которые условно разделены на контейнеры низкого и высокого порядков.

Контейнеры низкого порядка обозначены VC-12 и они поддерживают скорость передачи информационного потока до 2176 кбит/с, т.е. поддерживают передачу первичных цифровых потоков E1 на скорости 2048 кбит/с. Контейнеры высокого порядка обозначены VC-3 и VC-4 и они поддерживают скорости передачи 48 384 кбит/с и 149 760 кбит/с соответственно, что позволяет транспортировать в них цифровые потоки PDH E3 на скорости 34 368 кбит/с и E4 на скорости 139 264 кбит/с. Избыточность VC по скорости необходима для выравнивания скорости при сборке и разборке. Кроме того, повышенная избыточность VC-3 относительно E3 обусловлена существенными различиями стандартов Северной Америки, где разрабатывалась технология SDH, и Европейских стандартов, где предусмотрен поток E3.

Виртуальные контейнеры также могут сцепляться для передачи цифровых потоков не согласованных со скоростями отдельных контейнеров. Например, 5 VC-12 сцепляются в единый блок для передачи данных сети Ethernet на скорости 10 Мбит/с или 7 VC-4 сцепляются в единый блок для передачи данных сети Ethernet на скорости 1000 Мбит/с. Сцепленные контейнеры обозначаются: VC-12- X_v ($X = 2 \dots 64$) и VC-4- X_v ($X = 2 \dots 256$). Аналогично обозначаются сцепленные VC-3, т.е. VC-3- X_v ($X = 2 \dots 256$). Количество сцепляемых виртуальных контейнеров, в общем, не является строго постоянной величиной, что обозначается индексом v . Благодаря известному алгоритму схемы управления емкостью сцепленных контейнеров (Link Capacity Adjustment Scheme, LCAS) возможно динамическое изменение числа сцепляемых контейнеров, что позволяет гибко предоставлять транспортные ресурсы под потоки информационной нагрузки.

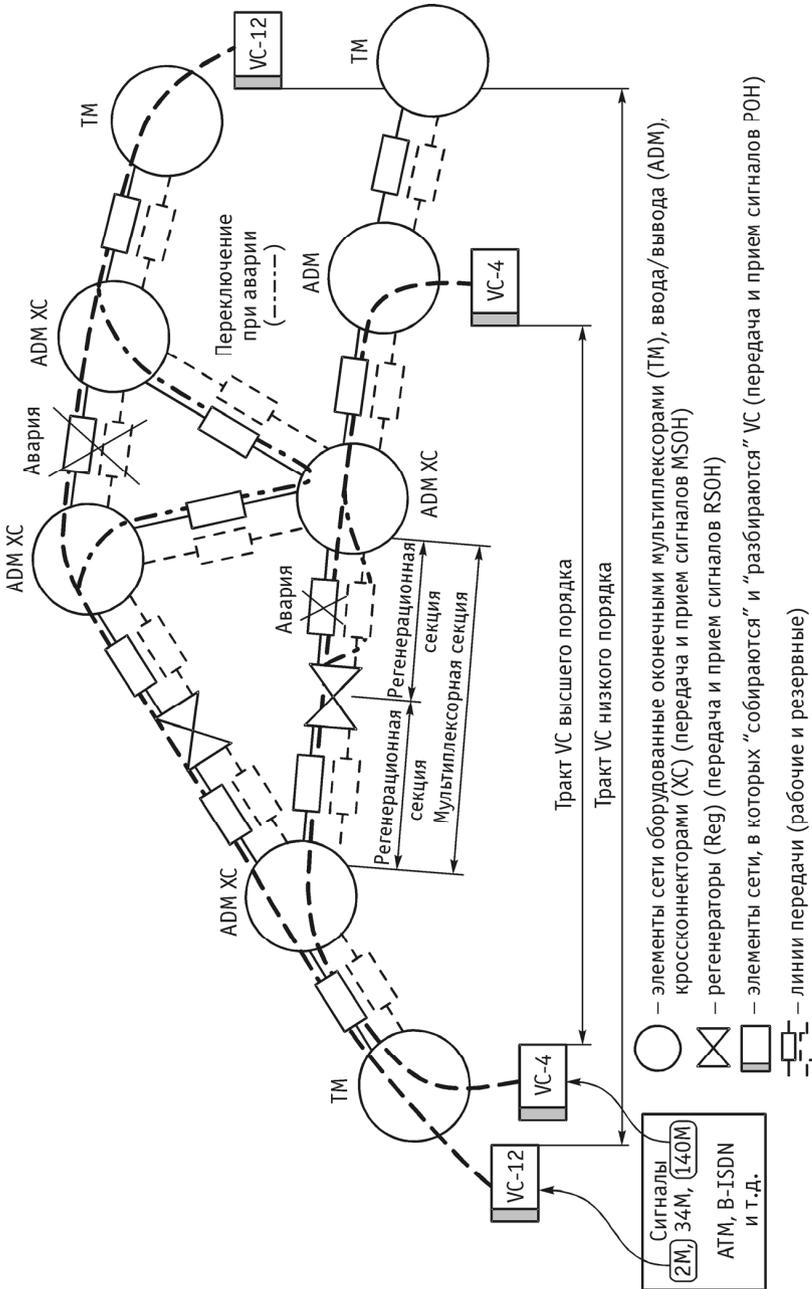


Рис. 8.2. Фрагмент транспортной сети с использованием систем передачи SDN

Виртуальный контейнер является элементарной цифровой структурой обрабатываемой информации в транспортной сети SDH при мультиплексировании, перекрестных соединениях (кросс-коммутации) и т.д. При этом нет необходимости доступа к транспортируемой информации, т.к. различная информация представлена в одном и том же виде, который именуется виртуальными контейнерами, но всегда к VC добавляется служебная информация для обработки контейнера в пути следования. К служебной информации относятся: данные о качестве передачи по количеству ошибок; сообщения о неисправностях в пути; вид загрузки контейнера; сообщения о сцепке контейнеров и т.д.

Информационные структуры STM-N передаются между элементами транспортной сети по линиям передачи, организованным преимущественно через волоконно-оптические кабели с одномодовыми волокнами. Однако возможна передача STM-0 и STM-1 через стволы радиорелейных и спутниковых линий. Для организации передачи оптических сигналов SDH в стекловолоконных линиях используются компактные приемо-передающие модули (Small Form-factor Pluggable, SFP), в которые входят оптические передатчики – лазеры различной мощности и спектра излучения (в диапазоне волн 1260нм – 1625 нм) и приемники – фотодетекторы различной спектральной чувствительности. Такие модули позволяют строить секции регенерации и мультиплексирования на длины до 120 км на скорости передачи STM-1...STM-16 и секции меньшей длины (до 40 км) на скоростях STM-64 и STM-256.

Характерной особенностью транспортных систем передачи SDH является высокая степень резервирования секций мультиплексирования, трактов и основных узлов аппаратуры, например, кросс-коммутационной матрицы, плат линейных интерфейсов и т.д. Это позволяет избежать потери огромных потоков информации при отказах оборудования станций и линий передачи.

8.3. Модели транспортных сетей

Транспортные сети строятся в соответствии с моделями (рис. 8.3), предложенными в рекомендациях Сектора Телекоммуникаций Международного Союза Электросвязи (МСЭ-Т):

- транспортная сеть SDH, рекомендации G.707, G.783, G.803, G.841 и др.;
- транспортная сеть ATM (асинхронный режим передачи), рекомендации I.311, I.326, I.432, I.630 и др.;
- транспортная сеть OTN-OTH (Optical Transport Network оптическая транспортная сеть – Optical Transport Hierarchy оптическая транспортная иерархия), рекомендации G.709, G.798, G.872, G873.1 и др.;
- транспортная сеть Ethernet – EoT (Ethernet over Transport), рекомендации G.8010, G.8011, G.8012 и др.

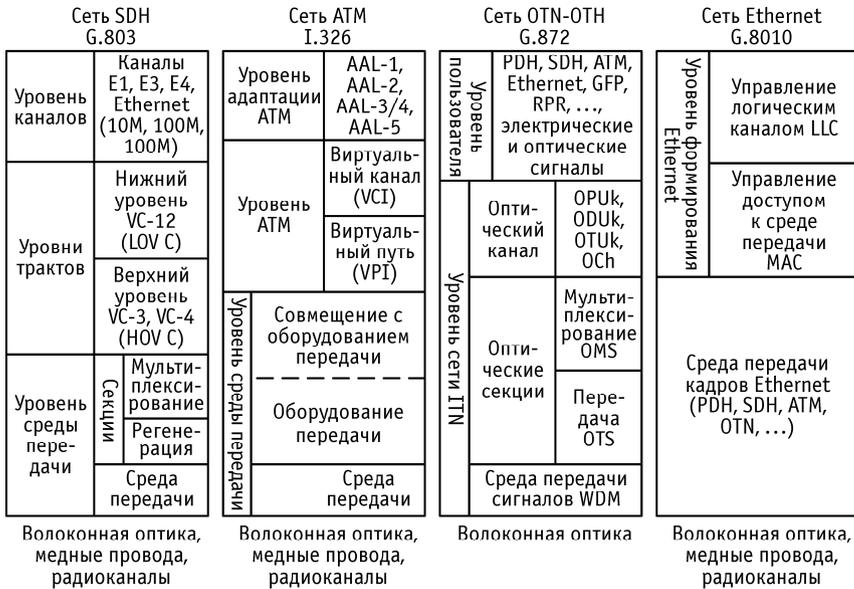


Рис. 8.3. Модели транспортных сетей

Все эти модели имеют общие черты: иерархическое уровневое построение, где каждый уровень имеет самостоятельный и независимый от других уровней набор функций.

Что дает модельное уровневое построение транспортных сетей при проектировании? Скорее всего четкое представление об аппаратных, алгоритмических и сетевых возможностях по организации взаимодействий при передаче информации, т.е. о транспортной технологии, например, поперечной совместимости оборудования различных производителей и оборудования различных стандартов мультиплексирования и передачи.

Ниже рассматриваются две сетевые модели (SDH и ATM). Модели сетей OTN-OTN и Ethernet представлены в приложении 1.

Физический уровень. Данный уровень образован средой передачи сигналов (волоконно-оптической линией, медной линией, радиолнией) и секциями – участками, где происходит регенерация (ретрансляция) сигналов и мультиплексирование (объединение и разделение) различных сигналов. Благодаря наличию секции регенерации (ретрансляции) удастся «очистить» сигнал от искажений и помех. Организация секций мультиплексирования позволяет эффективно использовать физическую среду за счет временного разделения передачи каналов. При этом можно реализовать резервирование любой секции

мультиплексирования, если предусмотреть дополнительную физическую цепь, оборудование для передачи сигналов по ней и оборудование автоматического переключения.

Физический уровень оптической транспортной сети имеет свою особенность, которая состоит в том, что все преобразования сигналов (усиление, ретрансляция, объединение и разделение, вывод и ввод) производятся исключительно оптическими средствами. Таким способом достигаются наивысшие скорости передачи информационных данных – от десятков гигабит до десятков терабит в секунду (Тбит/с). В физической среде, представляемой одномодовым стекловолокном, объединяются (мультиплексируются) множество оптических несущих частот (от 2 до 132 и более), каждая из которых модулирована информационным сигналом.

Уровень трактов. Тракты каждой транспортной сети создаются, чтобы обеспечить сквозное прохождение информационных сигналов. Их можно сравнить с маршрутами движения поездов на железной дороге (железнодорожные пути – это физическая среда, а крупные узловые станции подобно мультиплексорам объединяют и разделяют транспортные потоки). По маршрутам железных дорог могут следовать различные поезда и перевозить различные грузы. Аналогично в транспортной телекоммуникационной сети через физические цепи могут передаваться строго циклически цифровые потоки в виде двоичных импульсных последовательностей, сформированных из различных сигналов. Каждому сигналу отведены в циклах временные позиции. Эти позиции могут быть закреплены за соединениями – маршрутами в сети. В сети SDH маршруты прописываются в заголовках циклически передаваемых виртуальных контейнеров (VC-12, VC-3, VC-4), которые содержат передаваемые данные. При этом виртуальные контейнеры VC-12 могут быть объединены в блоки данных и помещены в виртуальные контейнеры VC-3, VC-4, имеющие большую емкость, но отправляемые также циклически, как VC-12. Это совмещение данных VC-12 и VC-3, VC-4 можно сравнить с размещением железнодорожных контейнеров на специальных платформах, которые перемещаются по железной дороге от станции формирования состава до станции его расформирования.

Тракты в сети ATM отличаются от трактов сети SDH тем, что они образуются только при наличии информационного сообщения, а в его отсутствии физические ресурсы транспортной сети отдаются для передачи других сигналов. Сравните, на место ожидавшего пассажира, в пассажирском вагоне поезда может быть посажен на любой станции пассажир, следующий своим маршрутом. По этой причине путь следования данных в сети ATM называют виртуальным. Он прописывается в специальных таблицах коммутатором ATM и ячейках, переносимых информационных сообщения. По данным таблиц считываются

заголовки ячеек ATM для каждого участка сети, и происходит маршрутизация групповых информационных потоков.

Маршруты в оптической транспортной сети определяются номиналами несущих частот оптического диапазона. При этом частота может быть одной и той же или изменяться на разных участках сети, однако маршрут следования информационных данных сохраняется.

Уровень каналов. Для любой из рассмотренных моделей транспортных сетей этот уровень выполняет функции интерфейса со вторичными сетями (коммутаторами телефонных, широкополосных, компьютерных сетей и т.д.). Как правило, на уровне каналов создаются типовые электрические и оптические интерфейсы. Примеры этих каналов: E1 для скорости передачи 2,048 Мбит/с; E2 для скорости передачи 8,448 Мбит/с; E3 для скорости передачи 34,368 Мбит/с; E4 для скорости передачи 139,264 Мбит/с; STM-1 для скорости передачи 155,520 Мбит/с.

Транспортные сети, построенные в соответствии с различными моделями, совместимы между собой на уровнях каналов или трактов.

8.4. Элементы транспортной сети

В качестве элементов в транспортных сетях принято рассматривать следующие устройства: терминальные мультиплексоры; мультиплексоры вывода/ввода; кроссовые коммутаторы; регенераторы. На рис. 8.4–8.6 показаны фрагменты транспортной сети, приведенной на рис. 8.2, с пояснением функций указанных элементов на примере передачи цифровых компонентных сигналов 2М в транспортном потоке STM-1.

Терминальный мультиплексор (Terminal Multiplexer – TM). Представляет собой оконечное устройство сети с определенным числом каналов доступа (электрических и оптических) и одним или двумя оптическими входами/выходами, называемыми агрегатными портами или интерфейсами. При использовании двух агрегатных портов возможна реализация защиты линейных сигналов от повреждений линии или аппаратуры. В случае аварии происходит автоматическое переключение на резервную линию. Обычно эта линия образует секцию мультиплексирования.

Мультиплексор ввода/вывода (Add/Drop Multiplexer – ADM). Предназначен для добавления и извлечения отдельных цифровых компонентных сигналов 2, 34, 140 Мбит/с или 155 Мбит/с. Мультиплексор имеет два или четыре агрегатных порта, к которым подключаются волоконно-оптические линии связи, и ограниченное число портов компонентных сигналов. В состав ADM входит коммутационный узел, создающий возможность вывода/ввода, транзита и автоматического резервирования поврежденных трактов и секций.

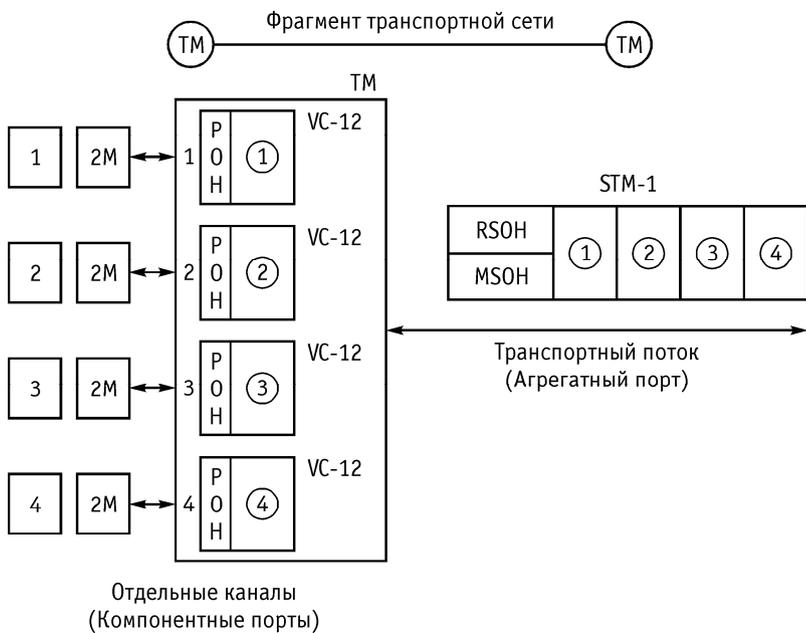


Рис. 8.4. Функции терминального мультиплексора TM

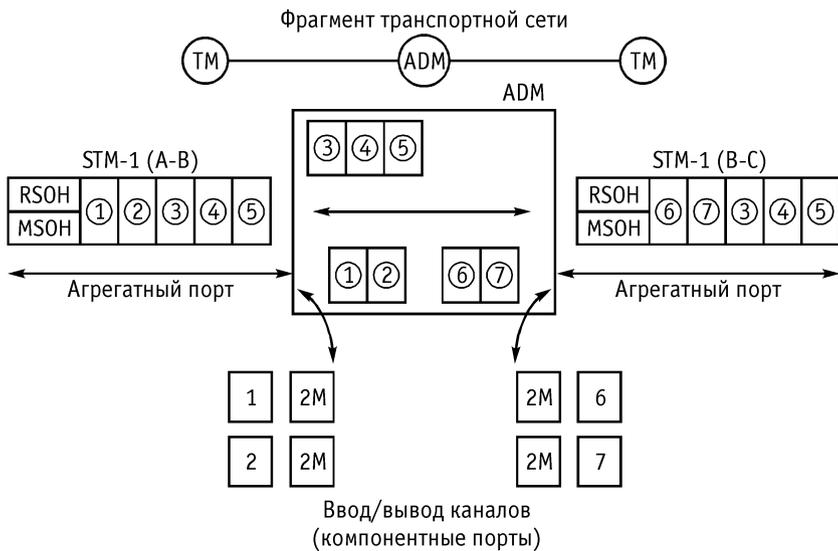


Рис. 8.5. Функции мультиплексора ввода/вывода ADM

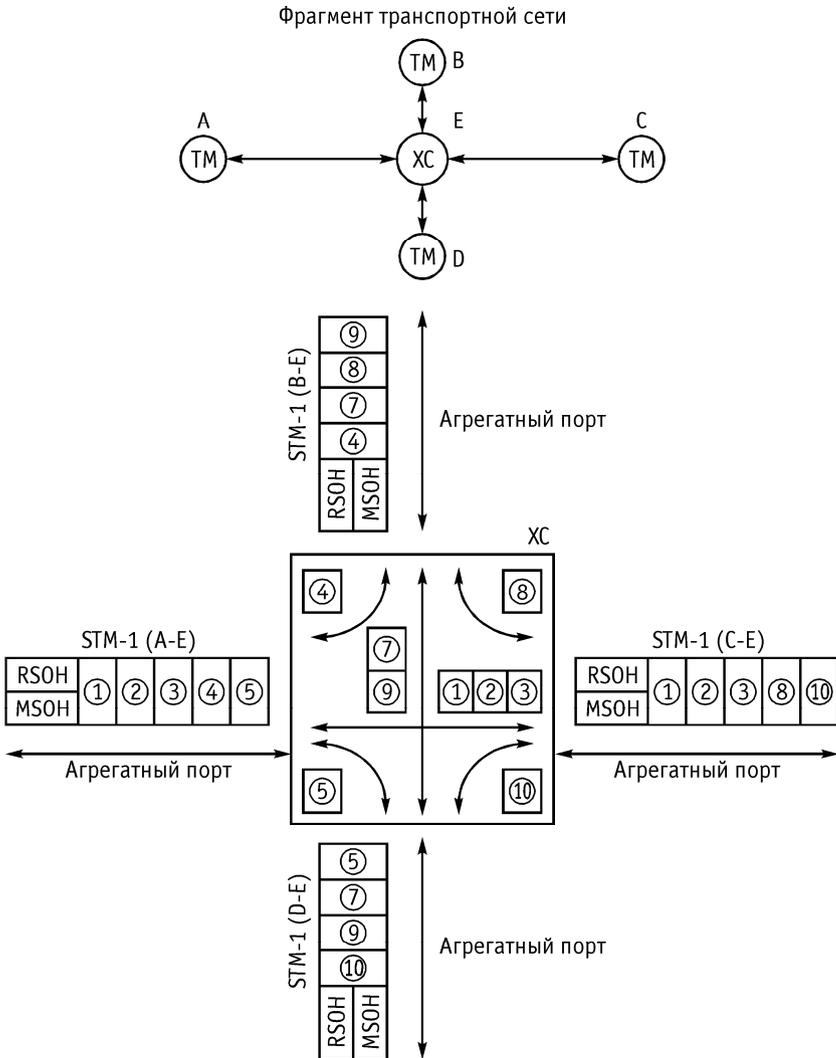


Рис. 8.6. Функции кроссового коммутатора XC

Кроссконнектор (xCross Connects – XC). Это устройство предназначено для соединения каналов, закрепленных за пользователями, путем организации постоянных или полупостоянных (длительных) перекрестных соединений между ними. Кроссовый коммутатор XC обычно оснащается агрегатными и компонентными портами и обес-

печивает коммутацию каналов различной пропускной способности (от 2 Мбит/с до 155 Мбит/с).

Регенератор (Regenerator) транспортной сети обеспечивает восстановление формы и длительности импульсных посылок.

Необходимо отметить, что рассмотренные элементы обеспечивают функционирование любой из моделей транспортных сетей. Подчеркнем здесь лишь особенности элементов оптической сети. Для ретрансляции сигналов в линии оптической сети используются оптические усилители. Выделение, ввод и кроссовую коммутацию сигналов выполняют оптические мультиплексоры без использования электронных преобразований сигналов, с волновым мультиплексированием (Wavelength Division Multiplexing – WDM).

Мультиплексоры WDM в настоящее время разделяют по числу каналов и шагу частотного плана на два типа: мультиплексоры, поддерживающие плотное мультиплексирование с разделением по длине волны (Dense Wavelength Division Multiplexing – DWDM) и редкое мультиплексирование с разделением по длине волны (Coarse Wavelength Division Multiplexing – CWDM).

Эти виды мультиплексоров определены рекомендациями МСЭ-T G.694.1 и G.694.2.

Для мультиплексоров DWDM определены частотные интервалы между оптическими несущими: 12,5 ГГц; 25 ГГц; 50 ГГц, 100 ГГц и 200 ГГц. Эти интервалы поддерживаются сложными стабилизирующими системами. Несущие частоты определены для третьего окна прозрачности стекловолокна, которое разделено на диапазоны С и L:

- С – стандартный, 1530...1565 нм;
- L – длинноволновый, 1565...1625 нм.

При этом число волн может достигать 160 и более. Например, в аппаратуре Alcatel-Lucent 1626LM предусмотрено формирование 192 волновых каналов.

Редкое или разреженное мультиплексирование CWDM предполагает волновой интервал между волнами оптических каналов 20 нм. Т.о. в диапазоне волн передачи стекловолокна 1260...1625 нм возможно мультиплексирование до 18 оптических каналов относительно простыми средствами, т.е. оптическими мультиплексорами без специальных функций стабилизации. По сравнению с мультиплексорами DWDM мультиплексоры CWDM имеют существенно меньшую стоимость.

На базе мультиплексоров DWDM строятся мощные транспортные магистральные сети с цифровым мультиплексированием ОTH в отдельных оптических каналах на скоростях до 100 Гбит/с.

На базе мультиплексоров CWDM строятся транспортные сети местного или регионального назначения со скоростями передачи в отдельных оптических каналах от 100 Мбит/с до 2,5 Гбит/с с цифровым мультиплексированием SDH и Ethernet (100 Мбит/с и 1000 Мбит/с).

8.5. Архитектура транспортных сетей

Транспортная сеть должна быть надежной и живучей. Термин «надежность» означает, что сеть должна безотказно работать на протяжении определенного промежутка времени. Термин «живучесть сети» говорит о том, что абонент сети не получит отказа в услугах связи, даже если сеть повреждена на отдельных участках.

К числу основных архитектур (конфигураций) транспортных сетей относятся: линейная сеть, а также двух- и четырехволоконные кольца.

Линейные сети обычно содержат два приемопередающих оконечных устройства, например мультиплексоры SDH, мультиплексоры ввода/вывода ADM и регенераторы. Пример конфигурации линейной сети приведен на рис. 8.7.

В приведенном примере реализован принцип защиты линейной сети в режиме $1 + 1$, т.е. для одной рабочей секции мультиплексирования создается одна резервная.

Кольцевые сети получили широкое распространение у местных и региональных операторов благодаря их особым свойствам «живучести» и относительно невысокой стоимости. Повреждения линий и отказы аппаратуры в таких сетях могут быть заблокированы и обойдены без существенных потерь для информационных сигналов. Примеры кольцевых архитектур транспортных сетей приведены на рис. 8.8 – 8.10.

Несколько мультиплексоров ввода-вывода можно подключать к одному оптоволоконному кольцу через их главные интерфейсы. Такая организация транспортной сети удобна для городских телефонных

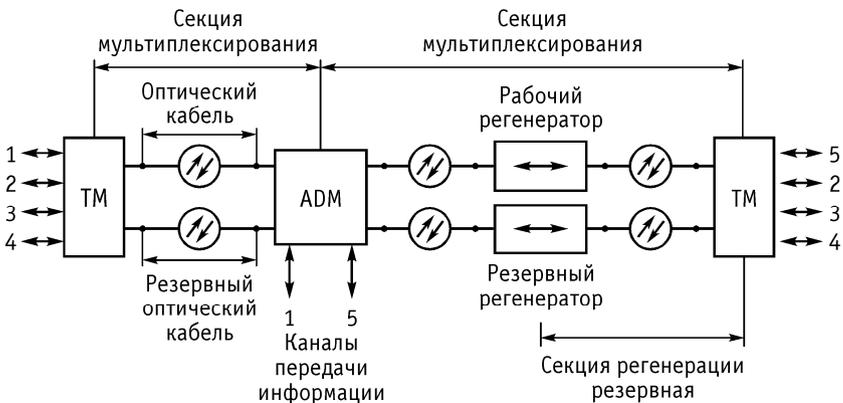


Рис. 8.7. Линейная архитектура транспортной сети с резервированием секций мультиплексирования

сетей (рис. 8.11). Четыре телефонные станции подключены посредством мультиплексов ввода-вывода (ADM) к синхронному транспортному кольцу. Внутри кольца организована транспортировка модулей STM-4 со скоростью передачи цифрового потока 622 Мбит/с.

Цифровые телефонные станции подключаются к мультиплексорам непосредственно, а аналоговые телефонные станции (координатные АТСК, АТСКУ и декадно-шаговая – АТСДШ) – через устройства сопряжения (МД), переводящие аналоговый сигнал в цифровой и согласовывающие сигналы управления станциями. В качестве примера на рис. 8.11 указаны типы оборудования (мультиплексорного и сопряжения), производимого компанией «Huawei Technologies Co., Ltd».

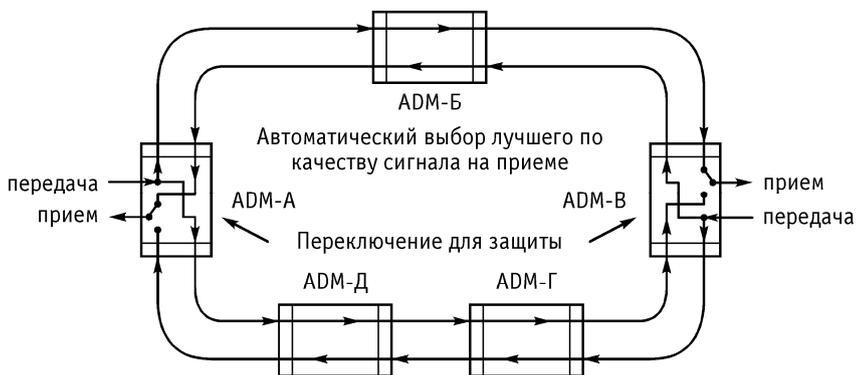


Рис. 8.8. Однонаправленное кольцо с защитой отдельного тракта



Рис. 8.9. Двухнаправленное кольцо с защитой секции мультиплексирования

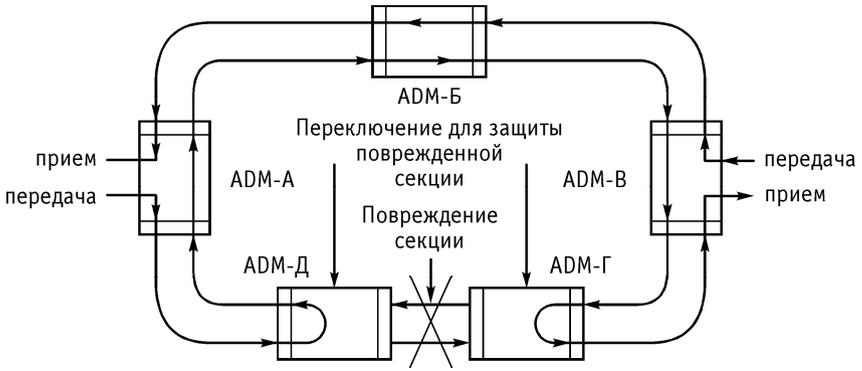


Рис. 8.10. Защитное переключение в кольцевой сети

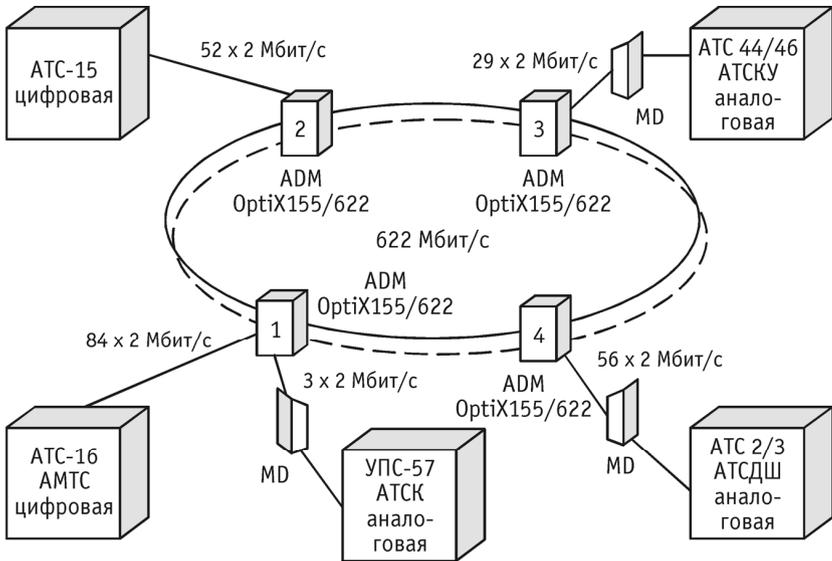


Рис. 8.11. Транспортная сеть городской телефонной сети

8.6. Синхронизация транспортной сети

Необходимость синхронизации транспортной сети обусловлена жесткими нормами на ошибки при передаче информации. Частота повторяемости ошибок зависит от степени синхронизма транспортной сети и взаимодействующих с ней вторичных сетей.

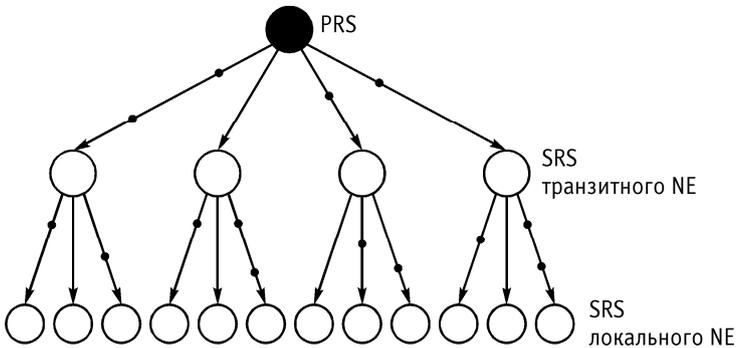
Все сетевые элементы (Network Element – NE) в транспортной сети SDH работают с использованием одной тактовой частоты, источник этого сигнала называется первичным опорным тактовым сигналом (Primary Reference Source – PRS) или первичным эталонным генератором (ПЭГ). Характеристики первичного опорного тактового сигнала определяются рекомендацией G.811 ITU-T. Погрешность его частоты и стабильность должны быть порядка $\pm 10^{-11}$; эти характеристики реализуются с помощью цезиевого генератора.

Распределение тактирующих сигналов производится с использованием обычных линий передачи, в данном случае, это линии передачи SDH. Промежуточные сетевые элементы, такие, как регенераторы, мультиплексоры ввода-выделения и т.п., работают в ведомом режиме, используя компоненту тактового сигнала, извлекаемую из принимаемого сигнала STM-N.

Ухудшение качества тактового сигнала, такое, как джиттер, накапливающийся за время передачи через цепочку сетевых элементов и линий, уменьшается благодаря высокому качеству ведомого тактирующего оборудования (Secondary Reference Source – SRS) или ведомых задающих генераторов (ВЗГ), характеристики которых приведены в рекомендации G.812 для транзитного и локального NE. ВЗГ представляет собой дополнительно стабилизированный кварцевый генератор с собственной долговременной (в сутки) точностью поддержания частоты не хуже 10^{-8} и более высокой кратковременной стабильностью (до 10^{-11} в интервале секунды). Поэтому ВЗГ устраняют фазовые дрожания синхронизирующей их тактовой частоты. Архитектура сети синхронизации в регионе синхронизации должна иметь древовидную структуру без замкнутых колец, для исключения неоднозначного режима работы (рис. 8.12).

Сетевой элемент SDH имеет возможность выводить сигнал тактирования к устройству BITS (Building Integrated timing Supply), который уменьшает искажения тактового сигнала. Промежуточные сетевые элементы непосредственно используют тактовый сигнал, извлекаемый при помощи BITS (рис. 8.13).

Тактовые сигналы необходимые для работы сетевого элемента, вырабатываются цепями тактирования, которые работают, главным образом, в ведомом режиме.



- Цепи тактирования сетевых элементов SDH могут синхронизироваться как от сигнала линии, так и от внешнего опорного источника.
- Ведомый источник тактирования входит в режим удержания (holdover), когда он теряет синхронизирующий сигнал.

Рис. 8.12. Архитектура сети синхронизации

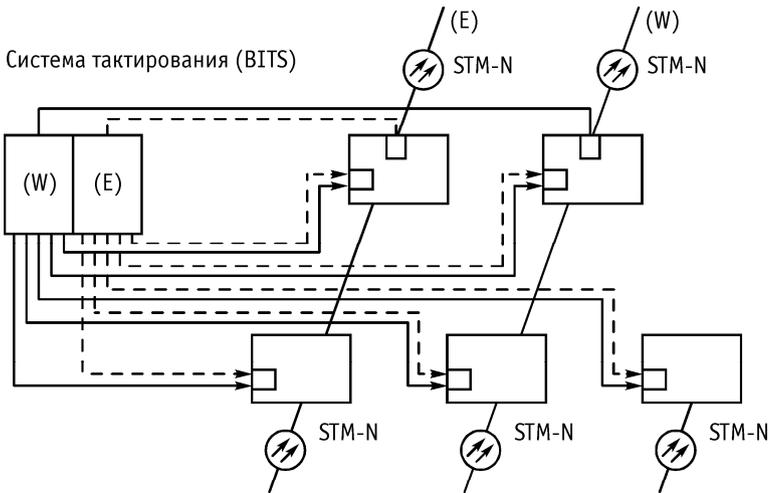


Рис. 8.13. Источник тактирования в узлах:
 основной —————
 резервный - - - - -

В каждом сетевом элементе устанавливаются приоритеты для доступных опорных источников тактирования, процедура выбора опорного источника из нескольких кандидатов использует эти приоритеты и уровень качества источников.

Таким образом, сеть синхронизации представляет собой совокупность ПЭГ, ВЗГ и генераторов мультиплексоров и регенераторов, средств автоматического резервирования, управления и самих синхросигналов.

Контрольные вопросы

1. Каковы функции мультиплексора ввода-вывода?
2. Как организовано цифровое синхронное кольцо транспортной сети?
3. В чем состоят функции кросс-коннектора?
4. Какова структура транспортных сетей?
5. Какие схемы построения транспортных сетей используются для повышения их надежности и живучести?
6. Как осуществляется управление сетью электросвязи?
7. Какова структура сети синхронизации?
8. Какие разновидности оптических сетей применяются в структуре транспортных сетей?
9. Какие функциональные уровни определены в моделях транспортной сети?
10. Какие типы виртуальных контейнеров «переносятся» в транспортной сети?

Список литературы

1. **Варакин Л.Е.** Глобальное информационное общество: Критерии развития и социально-экономические аспекты. – М.: МАС, 2001.
2. **Крук Б.И., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П.** Телекоммуникационные системы и сети. – Новосибирск: СП «Наука» РАН, 1998. Гл. 8.
3. **Толковый** словарь терминов по системам, средствам и услугам связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 256 с.
4. **ITU-T Recommendation G.803.** Architecture of transport networks based on the SDH (06/97).
5. **ITU-T Recommendation I.326.** Function architecture of transport networks based on ATM. (11/95).
6. **ITU-T Recommendation G.872.** Architecture of optical transport networks. (12/98).
7. **Нормы** на электрические параметры цифровых каналов и трактов магистральной и внутризональных первичных сетей. – М.: ЦНИИС, 1996. – 106 с.
8. **Справочные материалы** по вводу в эксплуатацию сетей тактовой сетевой синхронизации. – М.: «Сайрус Системс», 2001. – 150 с.
9. **Бакланов И.Г.** Технология измерений первичной сети. Ч. II. Системы синхронизации. В-ISDN, ATM. – М.: ЭКО-Трендз, 2000. – 150 с.
10. **ITU-T Recommendation G.902.** Frameworks. Recommendation on functional access networks. Architecture and functions, access types, management and service node aspects. (11/95).
11. **Убайдуллин Р.Р.** Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 266 с.
12. **Соколов Н.А.** Сети абонентского доступа: принципы построения // Пермь: Книга, 1999.

13. **Слепов Н.Н.** Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 468 с.
14. **Шмалько А.В.** Цифровые сети связи. Основы планирования и построения. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 283 с.
15. **Фокин В.Г.** Оптические системы передачи и транспортные сети. Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2008, - 288 с.

Часть II. Службы электросвязи. Телефонные службы и службы документальной электросвязи

Глава 9. Основные понятия и определения

9.1. Информация, сообщения, сигналы

Под термином «*информация*» понимают различные сведения, которые поступают к получателю. В литературе встречается наиболее часто следующее определение информации: *информация* – это сведения, являющиеся объектом передачи, распределения, преобразования, хранения или непосредственного использования. Это могут быть сведения о результатах измерения, наблюдения за каким-либо объектом и т.п. В дальнейшем нас будут интересовать лишь вопросы, связанные с информацией как объектом передачи.

Сообщение является формой представления информации. Одно и то же сведение может быть представлено в различной форме. Например, сведение о часе приезда вашего приятеля может быть передано по телефону или же в виде телеграммы. В первом случае мы имеем дело с информацией, представленной в непрерывном виде (непрерывное сообщение). Будем считать, что это сообщение вырабатывается некоторым источником – в данном случае источником непрерывных сообщений. Во втором случае – с информацией, представленной в дискретном виде (дискретное сообщение). Это сообщение вырабатывается источником дискретных сообщений.

При передаче сведений по телеграфу информация заложена в буквах, из которых составлены слова, и цифрах. Очевидно, что на конечном отрезке времени число букв или цифр конечно. Это и является отличительной особенностью дискретного или счетного сообщения. В то же время число различных возможных значений звукового давления, измеренное при разговоре, даже на конечном отрезке времени будет бесконечным. В современных цифровых системах телефонной связи в канал связи передаются кодовые комбинации, несущие информацию об отчетах квантованного аналогового сигнала. Следовательно, такой телефонный квантованный сигнал относится к классу дискретных, и поэтому будем в дальнейшем рассматривать только вопросы передачи дискретных сообщений. В случае телефон-

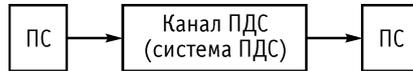


Рис. 9.1. Тракт передачи дискретных сообщений

ной связи под сообщением будем понимать некоторую последовательность отсчетов квантованного аналогового сигнала, передаваемую в канале связи в виде последовательности кодовых комбинаций (см. гл. 3).

Информация, содержащаяся в сообщении, передается получателю по каналу передачи дискретных сообщений (ПДС) (рис. 9.1).

Сообщение поступает от источника дискретных сообщений, который характеризуется алфавитом¹ передаваемых сообщений A . Пусть объем этого алфавита (число символов алфавита) K , а вероятность выдачи символа $a_i \in A$ ($1 \leq i \leq K$) $p(a_i)$. К числу основных информационных характеристик сообщений относятся количество информации в отдельных сообщениях, энтропия и производительность источника сообщений. [1–4].

Количество информации в сообщении (символе) определяется в битах – единицах измерения количества информации. Чем меньше вероятность появления того или иного сообщения, тем большее количество информации мы извлекаем при его получении. Если в памяти источника имеются два независимых сообщения (a_1 и a_2) и первое из них выдается с вероятностью $p(a_1) = 1$, то сообщение a_1 не несет информации, ибо оно заранее известно получателю.

Было предложено определять количество информации, которое приходится на одно сообщение a_i , выражением

$$I(a_i) = \log_2 \frac{1}{p(a_i)} = -\log_2 p(a_i).$$

Среднее количество информации $H(A)$, которое приходится на одно сообщение, поступающее от источника без памяти, получим, применив операцию усреднения по всему объему алфавита [1]:

$$H(A) = -\sum_{i=1}^K p(a_i) \log_2 p(a_i). \quad (9.1)$$

Выражение (9.1) известно как формула Шеннона для энтропии источника дискретных сообщений. *Энтропия* – мера неопределенности

¹ Для телефонного сообщения объем алфавита будем определять как число уровней квантования аналогового (непрерывного) сигнала, снимаемого с выхода микрофона. Обычно $K = 256$.

в поведении источника дискретных сообщений. Энтропия равна нулю, если с вероятностью единица источником выдается всегда одно и то же сообщение (в этом случае неопределенность в поведении источника сообщений отсутствует). Энтропия максимальна, если символы источника появляются независимо и с одинаковой вероятностью.

Определим энтропию источника сообщений, если $K = 2$ и $p(a_1) = p(a_2) = 0,5$. Тогда

$$H(A) = -\sum_{i=1}^2 p(a_i) \log_2 p(a_i) = -0,5 \log_2 0,5 - 0,5 \log_2 0,5 = \\ = 1 \text{ бит/сообщ.}$$

Отсюда 1 бит – это количество информации, которое переносит один символ источника дискретных сообщений в том случае, когда алфавит источника состоит из двух равновероятных символов.

Если в предыдущем примере взять $p(a_1) \neq p(a_2)$, то $H(A) < 1$ бит/сообщ. Таким образом, один бит – максимальное среднее количество информации, которое переносит один символ источника дискретных сообщений в том случае, когда алфавит источника включает два независимых символа.

Среднее количество информации, выдаваемое источником в единицу времени, называют *производительностью источника*

$$H'(A) = H(A)/T \text{ (бит/с)}, \quad (9.2)$$

где T – среднее время, отводимое на передачу одного символа (сообщения).

Для каналов передачи дискретных сообщений вводят аналогичную характеристику – *скорость передачи информации* по каналу R . Она определяется количеством бит, передаваемых в секунду. Максимально возможное значение скорости передачи информации по каналу называется *пропускной способностью канала* и обозначается C .

Сообщение, поступающее от источника, преобразуется в *сигнал*, который является его переносчиком в системах электросвязи. Система электросвязи обеспечивает доставку сигнала из одной точки пространства в другую с заданными качественными показателями. Схема передачи сообщений, в состав которой входят преобразователи сообщение–сигнал–сообщение, приведена на рис. 9.2.

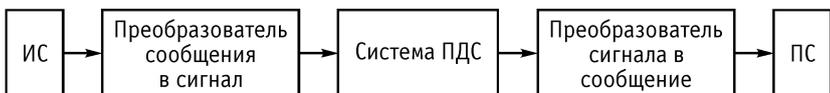


Рис. 9.2. Принцип передачи сообщений

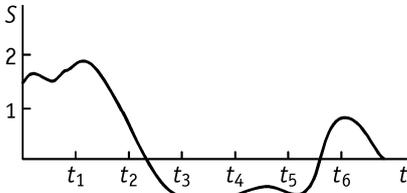
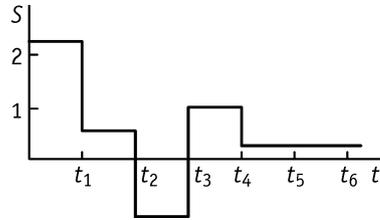


Рис. 9.3. Непрерывный сигнал

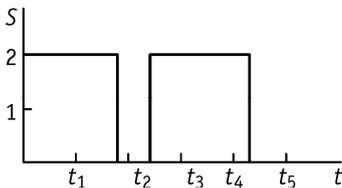
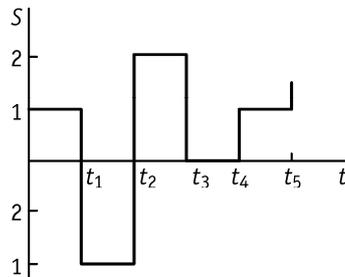
Рис. 9.4. Непрерывный сигнал
дискретного времени

Виды сигналов. Различают четыре вида сигналов: непрерывный непрерывного, непрерывный дискретного времени, дискретный непрерывного и дискретный дискретного времени [4].

Непрерывные сигналы непрерывного времени называют сокращенно непрерывными (аналоговыми) сигналами. Они могут изменяться в произвольные моменты, принимая любые значения из непрерывного множества возможных значений (рис. 9.3). К таким сигналам относится и известная всем синусоида.

Непрерывные сигналы дискретного времени могут принимать произвольные значения, но изменяться только в определенные, наперед заданные (дискретные) моменты t_1, t_2, t_3, \dots (рис. 9.4). *Дискретные сигналы непрерывного времени* отличаются тем, что они могут изменяться в произвольные моменты, но их величины принимают только разрешенные (дискретные) значения (рис. 9.5).

Дискретные сигналы дискретного времени (сокращенно дискретные) (рис. 9.6) в дискретные моменты времени могут принимать только разрешенные (дискретные) значения.

Рис. 9.5. Дискретный сигнал
непрерывного времениРис. 9.6. Дискретный сигнал
дискретного времени

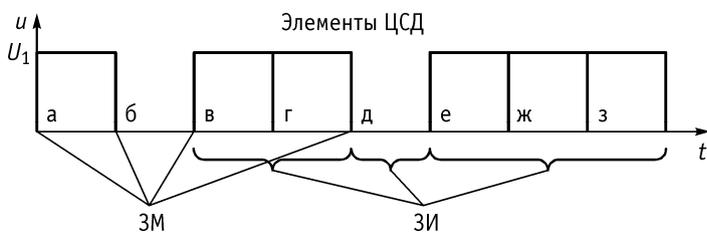


Рис. 9.7. Цифровой сигнал данных

Сигналы, формируемые на выходе преобразователя дискретного сообщения в сигнал, как правило, являются по информационному параметру дискретными, т. е. описываются функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений.

В технике передачи данных такие сигналы называют *цифровыми сигналами данных* (ЦСД). Рассмотрим далее основные определения, относящиеся к ЦСД.

Параметр сигнала данных, изменение которого отображает изменение сообщения, называется *представляющим (информационным) параметром* сигнала данных [5].

На рис. 9.7 изображен ЦСД, представляющим параметром которого является амплитуда, а множество возможных значений представляющего параметра равно двум ($u = U_1$ и $u = 0$).

Часть цифрового сигнала данных, отличающаяся от остальных частей значением одного из своих представляющих параметров, называется *элементом* ЦСД.

Фиксируемое значение состояния представляющего параметра сигнала называется *значащей позицией*. Момент, в который происходит смена значащей позиции сигнала, называется *значащим моментом* (ЗМ). Интервал времени между двумя соседними значащими моментами сигнала называется *значащим интервалом времени* (ЗИ).

Минимальный интервал времени, которому равны значащие интервалы времени сигнала, называется *единичным интервалом* (см. рис. 9.7 интервалы а-б, б-в и др.).

Элемент сигнала, имеющий длительность, равную единичному интервалу времени, называется *единичным элементом* (е.э.).

Термин «единичный элемент» – один из основных в технике передачи данных. В телеграфии ему соответствует термин *элементарная посылка* (ГОСТ 22515-77).

Различают изохронные и анизохронные сигналы данных. Для *изохронного* сигнала любой значащий интервал времени равен единичному интервалу или их целому числу. *Анизохронными* называются сигналы, элементы которых могут иметь любую длительность, но не

менее чем τ_{\min} . Другой особенностью анизохронных сигналов является то, что анизохронные сигналы могут отстоять друг от друга на произвольном расстоянии.

9.2. Системы и сети электросвязи

Системы передачи дискретных сообщений. Структурная схема системы ПДС изображена на рис. 9.8. Источник и получатель сообщений вместе с преобразователем сообщения в сигнал в состав системы ПДС не входят.

Символы $a_i \in A$ от источника дискретных сообщений поступают в виде кодовых комбинаций, которые состоят из единичных элементов (посылок). Кодовая комбинация характеризуется основанием кода m и числом единичных элементов, составляющих кодовую комбинацию (длиной кода n), которая отображает передаваемый символ a_i . *Основание кода* характеризует возможное число различных значащих позиций поступающего от ИС-сигнала.

В технике ПДС наибольшее распространение получили коды с основанием 2. Такие коды часто называют двоичными, или бинарными.

Основная причина широкого применения двоичных кодов – простота реализации, надежность элементов двоичной логики, малая чувствительность к действию внешних помех и т.д. Поэтому в дальнейшем во всех случаях (если это не будет оговорено особо) рассматриваются только двоичные коды.

Сообщение, поступающее от источника сообщений, в ряде случаев содержит избыточность. Это обусловлено тем, что символы $a_i \in A$, входящие в сообщение, могут быть статистически связаны. Это позволяет часть сообщения не передавать, восстанавливая его на приеме по известной статистической связи. Так, кстати, поступают при передаче телеграмм, исключая из текста союзы, предлоги, знаки препинания, поскольку они легко восстанавливаются при чтении телеграммы на основании известных правил построения фраз и слов. Конечно, избыточность в принимаемой телеграмме позволяет легко исправить часть искаженных слов (правильно их прочитать). Однако избыточность приводит к тому, что за заданный промежуток времени



Рис. 9.8. Структурная схема источника ПДС

будет передано меньше сообщений, и, следовательно, менее эффективно будет использоваться канал передачи дискретных сообщений. Задачу устранения избыточности на передаче в СПДС выполняет код источника.

Рассмотрим основные идеи «сжатия» сообщений или, точнее, сокращения избыточности, содержащейся в сообщении. Пусть в течение времени T передается некоторое сообщение, состоящее из N букв. Каждая буква представлена равномерным n -элементным кодом. Идея эффективного кодирования, направленного на снижение избыточности, основывается на использовании неравномерных кодов – кодов, для которых длина кодовой комбинации будет обратно пропорциональна вероятности появления буквы, которую она отображает. При этом средняя длина комбинации

$$n^* = \sum_{k=1}^K n_k p_k,$$

где n_k – длина k -й кодовой комбинации; p_k – вероятность появления в тексте k -й кодовой комбинации; K – алфавит источника или число разновидностей кодовых комбинаций.

Так как n^* должно быть меньше n , то время передачи сообщения

$$T^* = n^* N \tau_0 < T,$$

а коэффициент сжатия

$$\gamma = \frac{T}{T^*} = \frac{n}{n^*} > 1.$$

Каковы потенциальные возможности сжимающих устройств? Ответ на этот вопрос дал К. Шеннон. Он показал, что $n^* \geq H(A)$, где $H(A)$ – энтропия сообщения, определяемая выражением

$$H(A) = -\sum_{k=1}^K p_k \log_2 p_k.$$

Таким образом, нельзя закодировать сообщение так, чтобы средняя длина кодовой комбинации была меньше энтропии сообщения. С другой стороны, $n^* < H(A) + 1$. Среднее число элементов на сообщение (букву) можно уменьшить, если кодировать не каждую букву в отдельности, а блоки из букв алфавита A . В этом случае можно получить среднее число элементов на букву сколь угодно мало отличающееся от энтропии, но при этом увеличивается сложность реализации процедуры сжатия.

Существует множество различных процедур сжатия, отличающихся эффективностью и сложностью реализации. Одна из таких проце-

дур задается протоколом V.42bis, широко используемым в современных модемах. Описание этой процедуры можно найти в [6].

С целью повышения верности передачи используется избыточное кодирование, позволяющее на приеме обнаруживать или даже исправлять ошибки.

В процессе кодирования осуществляется преобразование исходной кодовой комбинации V , в результате чего получаем кодовую комбинацию $V^* = \varphi(V)$. В процессе кодирования, которое осуществляется в кодере канала, в кодовую комбинацию вносится избыточность. На приемном конце декодер канала осуществляет обратное преобразование (декодирование), в результате которого получаем комбинацию исходного кода V . Часто кодер и декодер канала называют устройствами защиты от ошибок (УЗО).

С целью согласования кодера и декодера канала с непрерывным каналом связи (средой, в которой осуществляется, как правило, передача непрерывных сигналов) используются на передаче и приеме устройства преобразования сигналов (УПС). В частном случае это – модулятор и демодулятор. Совместно с каналом связи УПС образуют дискретный канал, т.е. канал, предназначенный для передачи только дискретных сигналов (цифровых сигналов данных).

Различают синхронные и асинхронные дискретные каналы. В *синхронных* дискретных каналах ввод каждого единичного элемента производится в строго определенные моменты времени и они предназначены для передачи только изохронных сигналов. По *асинхронному* каналу можно передавать любые сигналы – изохронные, анизохронные, поэтому такие каналы получили название «прозрачных» или «кодонезависимых». Синхронные каналы «непрозрачные» или «кодозависимые».

Дискретный канал в совокупности с кодером и декодером канала (УЗО) называется *расширенным* дискретным каналом (РДК). Если применительно к дискретному каналу рассматривается передача единичных элементов, принимающих значение 0 или 1, и алфавит «источника», работающего на дискретный канал, можно считать равным 2, то применительно к расширенному дискретному каналу рассматривается передача кодовых комбинаций длиной n элементов и при использовании двоичного кода число возможных комбинаций равно 2^n . Следовательно алфавит «источника», работающего на расширенный дискретный канал, можно считать равным 2^n – отсюда и название «расширенный»¹. В технике передачи данных РДК называют каналом передачи данных.

¹ В соответствии с [5] элемент алфавита называется символом. Таким образом, символами являются 0 и 1 для двоичного дискретного канала и кодовые комбинации применительно к РДК. В современной литературе по теории кодирования чаще всего под термином символ принято понимать элемент кодовой комбинации.

Дискретный канал характеризуется скоростью передачи информации, измеряемой в битах в секунду (бит/с). Другой характеристикой дискретного канала является *скорость телеграфирования* V – число единичных элементов, которое можно передать в секунду по каналу. В технике передачи данных вместо термина «скорость телеграфирования» используют термин «скорость модуляции». Скорость модуляции V и скорость передачи информации связаны соотношением $R = V \cdot I$, где I – количество бит информации, которое «несет на себе» один единичный элемент.

Пример 9.1. Рассчитаем скорость телеграфирования V и скорость передачи информации R в дискретном канале. Длительность единичного элемента возьмем равной $\tau_0 = 10$ мс. Будем считать, что каждый информационный элемент несет один бит информации и на каждые семь информационных элементов приходится один проверочный.

Скорость телеграфирования определяется как $V = 1/\tau_0$ и, следовательно, $V = 1/0,01 = 100$ Бод. Скорость передачи информации будет определяться числом информационных элементов, переданных в секунду, то есть $R = V \cdot J = 100 \cdot 7/8 = 87,5$ бит/с.

Важной характеристикой дискретного канала является верность передачи единичных элементов. Она определяется через коэффициент ошибок по элементам:

$$k_{\text{ош}} = n_{\text{ош}}/n_{\text{пер}},$$

то есть отношением числа ошибочно принятых элементов ($n_{\text{ош}}$) к общему числу переданных ($n_{\text{пер}}$) за интервал анализа.

Для характеристики канала передачи данных используются следующие параметры – коэффициент ошибок по кодовым комбинациям и эффективная скорость передачи информации. Коэффициент ошибок по кодовым комбинациям характеризует верность передачи кодовых комбинаций и определяется отношением числа ошибочно принятых кодовых комбинаций к числу переданных на заданном интервале времени. При определении эффективной скорости учитывается, что не все комбинации, поступающие на вход канала ПД, выдаются получателю. Часть комбинаций может быть забракована. Кроме того, учитывается, что не все элементы, передаваемые в канал, несут информацию.

В системах ПДС дискретные сигналы могут передаваться последовательно или параллельно. При *последовательной* передаче единичные элементы следуют в канале поочередно. При *параллельной* передаче единичные элементы объединяются в группы, состоящие из нескольких единичных элементов. Элементы, составляющие группу, передаются одновременно (обычно в разной полосе частот) по отдельным каналам. При заданной скорости передачи последователь-

ные системы (одночастотные) отличаются рядом преимуществ по сравнению с параллельными (многочастотными): лучшее использование мощности передатчика, нечувствительность к нелинейности канала, простота в реализации и т.п. [8].

Различают синхронную и асинхронную передачу дискретных сигналов. При *синхронной* передаче дискретного сигнала его ЗМ находятся в требуемом постоянном фазовом соотношении со значащими моментами любого другого передаваемого сигнала. При *асинхронной* передаче дискретного сигнала его ЗМ могут находиться в любых фазовых соотношениях со значащими моментами любого другого сигнала.

В соответствии со структурной схемой (см. рис. 9.8) на приемной стороне сначала в УПС определяется вид элемента (0 или 1), затем из элементов формируются кодовые комбинации, декодирование которых позволяет определить вид заданного символа. Такой метод приема в теории передачи дискретных сообщений получил название поэлементного. Рассматривая в общем виде задачу определения вида переданного элемента, ее можно свести к задаче сравнения принятого сигнала с эталоном. Если речь идет о двоичных сигналах, то эталонов достаточно иметь два (или даже один).

Кодовая комбинация представляет собой составной сигнал, состоящий из элементарных двоичных сигналов. Этот составной сигнал можно обрабатывать *в целом*, сравнивая принятый составной сигнал со всеми эталонами. Однако в данном случае число эталонов будет чрезвычайно велико – равно числу возможных кодовых комбинаций. Хотя прием в целом и обеспечивает большую верность [1], но вследствие сложности реализации он применяется ограниченно.

Для обеспечения правильного приема переданных символов в технике передачи дискретных сообщений приходится решать различные задачи синхронизации.

Синхронизация есть процесс установления и поддержания определенных временных соотношений между двумя или несколькими процессами. В технике связи, в частности, часто приходится решать задачу установления и поддержания определенных фазовых соотношений между сигналами, вырабатываемыми на передаче и приеме.

Так, на приеме для правильного воспроизведения элементов кодовых комбинаций необходимо уметь отделить один элемент от другого. Для этого могут использоваться различные методы поэлемент-

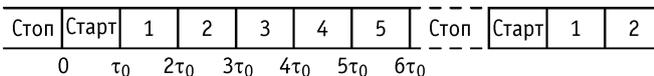


Рис. 9.9. Структура стартстопной последовательности

ной синхронизации [4]. В соответствии с [5] синхронизация переданного и принятого дискретных сигналов, при которой устанавливаются и поддерживаются требуемые временные соотношения между значащими моментами переданных и принятых элементов этих сигналов, называется *позлементной*.

Для правильного приема символов недостаточно обеспечить правильный прием единичных элементов. Так, последовательность принятых элементов ...101011101000..., состоящая из трехэлементных кодовых комбинаций, может быть разбита на приеме на кодовые комбинации следующим образом:

- а) ... 101 011 101 000 ... ;
- б) ..1 010 111 010 000 ... ;
- в) 010 101 110 100 0

В вариантах а)–в) мы имеем разные кодовые комбинации. Если предположить, что в варианте а) принятые кодовые комбинации совпадают с переданными, то в варианте б) все они будут приняты с ошибкой. Задача правильного отделения одной кодовой комбинации от другой решается методами *групповой* синхронизации, которая позволяет устанавливать и поддерживать требуемые фазовые соотношения между ЗМ начал переданных и принятых групп единичных элементов. Заметим, что здесь под группами понимаются последовательности элементов, составляющих кодовую комбинацию.

Простейшим методом, позволяющим на приеме отделить одну кодовую комбинацию от другой, является введение в состав этой комбинации специальных элементов в начале комбинации и в ее конце. Элемент, стоящий в начале кодовой комбинации, называется *стартовым*, а в конце – *стоповым*. Передаваемая таким образом последовательность называется *стартстопной* (рис. 9.9). Стартстопный метод передачи относится к асинхронным, так как передачу любой кодовой комбинации можно начать в любой момент времени.

Системы передачи и распределения сообщений (сети электросвязи). В рассмотренной выше СПДС передача сообщений осуществляется в одну сторону от отправителя сообщений к получателю, или от «точки к точке». Для этого использовался *двухточечный односторонний канал связи*.

Если источник и получатель поочередно меняются местами, то для обмена сигналами необходимо использовать поочередный *двухсторонний канал связи*, допускающий передачу как в одну, так и в противоположную сторону (полудуплексный режим). Большие возможности для обмена предоставляет одновременный двусторонний канал связи, обеспечивающий одновременную передачу сигналов в противоположных направлениях (дуплексный режим).

При необходимости обмена сообщениями между многими отправителями и получателями, называемых в этом случае *пользователями* или *абонентами*, требуется создание систем передачи сообщений (СПС) с большим числом каналов связи. Это приводит к концепции системы передачи и распределения сообщений (СПРС), т.е. системы связи в широком смысле. Такую систему обычно называют сетью связи (электросвязи), сетью передачи информации или сетью передачи сообщений. Примерами СПРС являются многоточечное соединение (рис. 9.10), в котором оконечные пункты (ОП) соединены линией связи, и полносвязная сеть (рис. 9.11), где ОП подключены друг к другу по принципу «каждый с каждым». Данные виды сетей являются *некоммутируемыми*, и связь между абонентами осуществляется по постоянно закрепленным (некоммутируемым) каналам. Распределение информации в таких сетях обеспечивается специальными методами доступа или *процедурами управления передачей информации*, служащими для уведомления о том, какие абоненты будут осуществлять обмен сообщениями. При увеличении числа абонентов в многоточечной сети значительно возрастают задержки в передаче информации, а в полносвязных сетях существенно увеличивается число линий связи и объем аппаратуры. Разрешение этих проблем связано с использованием коммутируемых сетей СПРС, где абоненты связываются между собой не непосредственно, а через один или несколько узлов коммутации (УК).

Таким образом, коммутируемая СПРС представляет собой совокупность ОП, узлов коммутации и соединяющих их линий связи.

Основная задача современных СПРС – обеспечение широкого круга пользователей (людей или организаций) разнообразными информационными услугами, в число которых входит в первую очередь эффективная доставка сообщений из одного пункта в другой, удовлетворяющая требованиям по скорости, верности, времени задержки, надежности и стоимости [8].

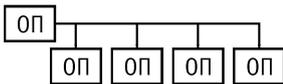


Рис. 9.10. Многоточечное соединение

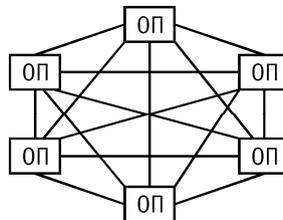


Рис. 9.11. Полносвязная сеть сообщений

9.3. Эталонная модель взаимосвязи открытых систем

Связь представляет собой совокупность сетей и служб связи (рис. 9.12). Служба электросвязи – это комплекс средств, обеспечивающий представление пользователям услуг. Вторичные сети обеспечивают транспортировку, коммутацию сигналов в службах электросвязи, первичные снабжают вторичные каналы. Составной частью соответствующей службы является оконечное оборудование, которое располагается у пользователя.

В качестве примера службы можно привести телефонную. Она предоставляет услуги телефонной связи, передачи данных и др.

Следует заметить, что понятия служба и услуга трактуются в литературе неоднозначно. Так передача данных по телефонным сетям (с использованием телефонной службы) часто рассматривается как служба передачи данных по телефонным каналам [9]. Откуда следует, что стоит владельцу телефона подключить свой компьютер при помощи модема к телефонной сети, как появляется служба. Более логичным нам кажется определение, когда под службой передачи данных мы понимаем систему связи, специально созданную для передачи данных, т.е. совокупность аппаратных и программных средств, методов обработки, распределения и передачи данных.

В то же время служба передачи данных может предоставлять и услуги телефонной связи [10]. Она входит в состав служб документальной электросвязи (ДЭС), которые обеспечивают обмен (передачу) разнообразной нетелефонной информации. В состав служб ДЭС, в соответствии с [11] входят также службы телеграфные и передачи газет, телематические. Каждая служба может иметь ряд применений, которые с позиции пользователя классифицируются как услуги.

Обмен информацией в любых службах электросвязи должен осуществляться по определенным, заранее оговоренным правилам. Эти правила (стандарты) разрабатываются рядом международных организаций электросвязи.

Так, в 1978 г. в Международной организации по стандартизации (МОС) был создан подкомитет SC16, задачей которого являлась разработка международных стандартов для взаимосвязи открытых систем. Под термином «открытая система» подразуме-



Рис. 9.12. Архитектура связи



Рис. 9.13. Структура разработки стандартов для ВОС

Однако стандарт ВОС должен определять не только эталонную модель, но и конкретный набор услуг, удовлетворяющих эталонной модели, а также набор протоколов, обеспечивающих удовлетворение услуг, для реализации которых они разработаны (рис. 9.13). При этом под протоколом понимается документ, определяющий процедуры и правила взаимодействия одноименных уровней работающих друг с другом систем.

В качестве эталонной модели в 1983 г. утверждена семиуровневая модель (рис. 9.14), в которой все процессы, реализуемые открытой системой, разбиты на взаимно подчиненные уровни. Уровень с меньшим номером предоставляет услуги смежному с ним верхнему уровню и пользуется для этого услугами смежного с ним нижнего уровня. Самый верхний (7) уровень лишь потребляет услуги, а самый нижний (1) только их предоставляет.

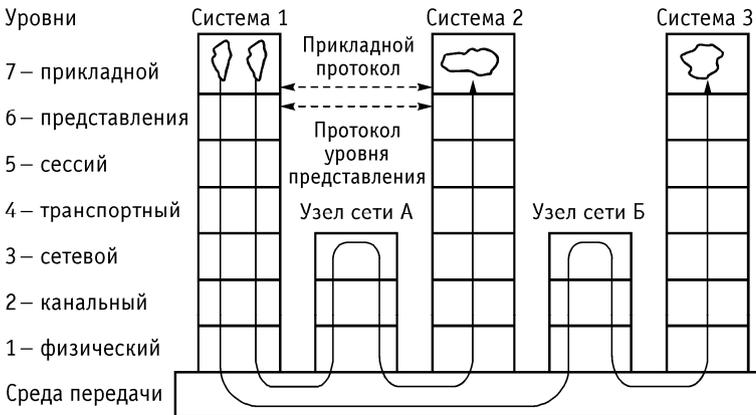


Рис. 9.14. Структура эталонной модели ВОС

В семиуровневой модели протоколы нижних уровней (1–3) ориентированы на передачу информации, верхних уровней (5–7) – на обработку информации. Протоколы транспортного уровня в литературе иногда выделяют отдельно, так как он непосредственно не связан с передачей информации. Однако этот уровень (4) ближе по своим функциям к трем нижним уровням (1–3), чем к трем верхним (5–7). Поэтому в дальнейшем мы его будем относить к нижнему уровню.

Задача всех семи уровней – обеспечение надежного взаимодействия прикладных процессов. При этом под прикладными процессами понимают процессы ввода, хранения, обработки и выдачи информации для нужд пользователя. Каждый уровень выполняет свою задачу. Однако уровни подстраховывают и проверяют работу друг друга.

Протоколы верхнего уровня (5–7). *Прикладной (пользовательский) уровень* является основным, именно ради него существуют все остальные уровни. Он называется прикладным, поскольку с ним взаимодействуют прикладные процессы системы, которые должны решать некоторую задачу совместно с прикладными процессами, размещенными в других открытых системах. Прикладной уровень эталонной модели ВОС определяет смысловое содержание информации, которой обмениваются открытые системы в процессе совместного решения некоторой заранее известной задачи.

Шестой уровень называется *уровнем представления*. Он определяет в основном процедуру представления передаваемой информации в нужную сетевую форму. Это связано с тем, что сеть объединяет разные оконечные пункты (например, разные компьютеры). Если бы все оконечные пункты в сети были одного типа, то не понадобилось бы введение уровня представления. Так, в сети, объединяющей разнотипные компьютеры, информация, передаваемая по сети, должна иметь определенную единую форму представления. Именно эту форму и определяет протокол шестого уровня.

Следующий пятый уровень протоколов называют *уровнем сессий*, или сеансовым. Его основным назначением является организация способов взаимодействия между прикладными процессами – соединение прикладных процессов для их взаимодействия, организация передачи информации между процессами во время взаимодействия и «рассоединения» процессов.

Далее идут четыре протокола низшего макроуровня. Основная задача протоколов низшего уровня сводится к быстрому и надежному перемещению информации. Поэтому протоколы низшего уровня иногда называют протоколами транспортной сети. Выход в транспортную сеть осуществляется через так называемый порт. Каждый процесс имеет свой порт. Перед входом в транспортную сеть информация пользователя получает заголовок того процесса, который ее породил. Транспортная сеть обеспечивает передачу информации пользователю.

ля с заголовком процесса (сообщения) адресату, используя для этого протоколы низшего уровня.

Протоколы низшего уровня (1–4). Четвертый *транспортный уровень* в модели ВОС служит для обеспечения пересылки сообщений между двумя взаимодействующими системами с использованием нижележащих уровней. Этот уровень принимает от вышестоящего некоторый блок данных и должен обеспечить его транспортировку через сеть связи к удаленной системе. Уровни, лежащие выше транспортного, не учитывают специфику сети, через которую передаются данные, они «знают» лишь удаленные системы, с которыми взаимодействуют. Транспортный же уровень должен «знать», как работает сеть, какие размеры блоков данных она принимает и т.п.

Следующие три нижних уровня определяют функционирование узла сети. Протоколы этих уровней обслуживают так называемую транспортную сеть. Как любая транспортная система, эта сеть транспортирует информацию, не интересуясь ее содержанием. Главная задача этой сети – быстрая и надежная доставка информации.

Основная задача *третьего (сетевого) уровня* – маршрутизация сообщений, кроме этого он обеспечивает управление информационными потоками, организацию и поддержание транспортных каналов, а также учитывает предоставленные услуги.

Уровень управления каналом (второй уровень), или каналный, представляет собой комплекс процедур и методов управления кана-

Т а б л и ц а 9.1. **Функции, выполняемые уровнями систем**

№ уровня	Наименование уровня	Функции, реализуемые уровнем
7	Прикладной	Представление или потребление информационных ресурсов. Управление прикладными программами
6	Представительный	Представление (интерпретация) смысла (значения) содержащейся в прикладных процессах информации
5	Сеансовый	Организация и проведение сеансов взаимодействия между прикладными процессами
4	Транспортный	Передача массивов информации, кодированных любым способом
3	Сетевой	Маршрутизация и коммутация информации, управление потоками данных
2	Канальный	Установление, поддержание и разъединение соединения
1	Физический	Физические, механические и функциональные характеристики каналов

лом передачи данных (установление соединения, его поддержание и разъединение), организованный на основе физического соединения, он обеспечивает обнаружение и исправление ошибок.

Физический (первый) *уровень* обеспечивает непосредственную взаимосвязь со средой передачи. Он определяет механические и электрические характеристики, требуемые для подключения, поддержания соединения и отключения физической цепи (канала). Здесь определяются правила передачи каждого бита через физический канал. Канал может передавать несколько бит сразу (параллельно) или последовательно, как это происходит в последовательном порте RS232.

Краткая характеристика уровней приведена в табл. 9.1 [13].

Эталонная модель ВОС – удобное средство для распараллеливания разработки стандартов для взаимосвязи открытых систем. Она определяет лишь концепцию построения и взаимосвязи стандартов между собой и может служить базой для стандартизации в различных сферах передачи, хранения и обработки информации.

9.4. Методы коммутации в сетях электросвязи

Организация связи в распределенных сетях базируется на принципах коммутации и реализуется в узлах, соединяющих два или несколько входящих и исходящих каналов в требуемых направлениях. В целом задачу распределения информационных потоков выполняет система коммутации, состоящая из собственно сети, коммутационных станций или узлов коммутации (УК), системы подключения пользователей и конечных пунктов (ОП). Наиболее важную роль в ней играют УК, обеспечивающие установление, поддержание и разъединение соединений между терминалами (телефонными аппаратами, компьютерами и т.п.), каждому из которых присвоен адрес (номер).

Известны два основных принципа коммутации: непосредственное соединение и соединение с накоплением информации [4]. При непосредственном соединении осуществляется физическое соединение входящих в УК каналов с соответствующими адресу исходящими каналами. При соединении с накоплением сообщений сигналы из входящих в УК каналов сначала записываются в запоминающем устройстве, откуда через определенный промежуток времени поступают в исходящие каналы.

Необходимость в соединении с накоплением возникает в силу разных причин. Главной из них является то, что в момент прихода сигнала по входящему в УК каналу, требуемый исходящий канал может оказаться занятым передачей информации от другого источника.

В таком случае возникают альтернативные решения: первое – уведомить источник сообщений о невозможности установления тре-

буемого соединения в данный момент, второе – запомнить входящее сообщение и передать его в исходящий канал после его освобождения от передачи предыдущего сообщения. Заметим, что системы, построенные по первому принципу, получили название систем с отказами, а построенные по второму принципу – систем с ожиданием. Необходимо иметь в виду, что поскольку получение источником сообщений (ИС) отказа в установлении соединения не освобождает его от необходимости передачи сообщения, то ИС оказывается вынужденным повторять попытки установления соединения до получения положительного результата. Так как подлежащая передаче информация все это время хранится в памяти ИС, то различие между рассматриваемыми принципами коммутации заключается не в том, что в первом случае запоминающее устройство отсутствует, а в том, что оно находится в ИС (в первом случае), т.е. децентрализовано, а во втором случае – в УК, т.е. централизовано. Это различие в месте и способе хранения существенным образом влияет на услуги, оказываемые абонентам сети с различными методами распределения информации.

Принцип непосредственного соединения реализуется в системе коммутации каналов (КК). Под *коммутацией каналов* понимается совокупность операций по соединению каналов для получения сквозного канала, связывающего через узлы коммутации один ОП с другим. При этом выражение «соединение каналов» следует понимать не только в смысле физического соединения, но и более широко – как занятие, резервирование средств передачи и коммутации для пары взаимодействующих ОП во время сеанса связи. Таким образом, при коммутации каналов сначала организуется сквозной канал передачи сообщений между взаимодействующими абонентами через узлы коммутации, а затем осуществляется передача сообщений.

До тех пор пока взаимосвязанные абоненты не сообщат о своем решении ликвидировать установленное соединение, выделенные ресурсы сети находятся в их монопольном владении независимо от того, используются ли они в данный момент или нет.

Такой режим имеет определенное достоинство, связанное с тем, что после организации соединения абоненты могут вести передачу в любое время независимо от нагрузки, поступающей от других абонентов. Кроме того, передачи осуществляются с фиксированной задержкой, т.е. может быть реализован режим передачи в реальном масштабе времени, что особенно важно при работе в режиме диалога (переговоров двух абонентов или обмене информацией между двумя компьютерами).

Однако этот метод имеет и недостатки, главным из которых является плохое использование ресурсов сети, в частности каналов, если взаимодействующие абоненты недостаточно активны и между передачами сообщений наблюдаются длительные паузы. В реальных сис-

темах передачи сообщений доля пауз может быть достаточно большой. Даже в телефонных каналах речь занимает менее половины времени, а при передаче данных при диалоговом обмене человека и компьютера полезная нагрузка составляет единицы процентов от выделенной пропускной способности.

Для повышения эффективности использования пропускной способности трактов сети в таких диалоговых системах и были разработаны методы коммутации, при которых пропускная способность сети не закрепляется на все время сеанса связи двух абонентов, а представляется им лишь по мере необходимости при появлении у них сообщений для передачи.

Коммутацией с накоплением называется совокупность операций при приеме на УК сообщения или его части, накопления и последующей передачи сообщения или его части в соответствии с содержащимся в нем (ней) адресом.

В сети с КК (рис. 9.15) процесс передачи состоит из следующих операций:

- вызывающий абонент $Аб_n$ с помощью вызывного устройства посылает по абонентской линии в узел КК заявку на соединение с абонентом $Аб_m$, содержащую условный адрес вызываемого абонента;

- аппаратура коммутации узла КК по полученной заявке осуществляет соединение абонентской линии $Аб.лин_n$ с абонентской линией $Аб.лин_m$, если абоненты принадлежат одному узлу КК, или соединительной линией между узлами, к которым принадлежат абоненты (сквозной канал может быть организован через несколько промежуточных узлов КК, где осуществляется аналогичная коммутация);

- после организации сквозного канала связи абонент $Аб_m$ получает из узла КК сигнал вызова, а абонент $Аб_n$ – сигнал установления соединения;

- происходит передача информации между абонентами, при этом обмен может быть одно- и двусторонним, так как обычно коммутируются двусторонние каналы связи;

- после завершения сеанса передачи информации и получения от абонента сигнала отбоя аппаратура коммутации узлов КК разрушает ранее установленные соединения каналов.

При отсутствии свободного канала либо его неисправности на любом из участков в заданном направлении или отсутствии свободных станционных устройств в УК соединение абонентов не может быть установлено и узел коммутации посылает $Аб_n$ сигнал отказа в обслуживании (сигнал занятости). Для установления соединения $Аб_n$ должен повторить заявку на соединение. Такой способ обслуживания, при котором вызов (заявка на соединение), поступивший в момент отсутствия свободных линий, или станционных устройств, получает отказ (теряется), называется обслуживанием с потерями.

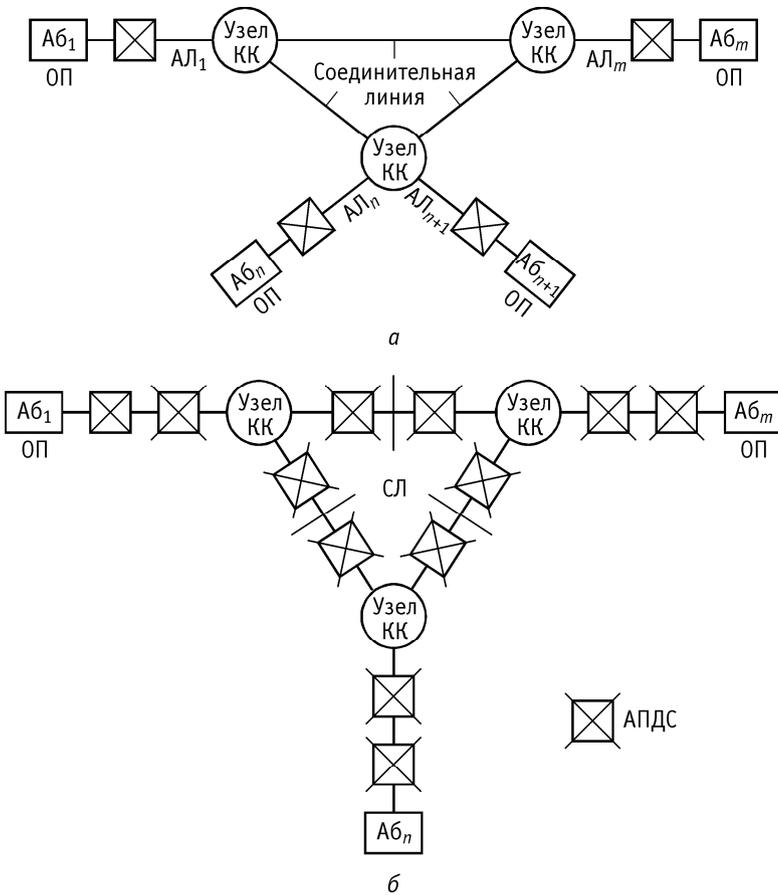


Рис. 9.15. Сети ПДС с коммутацией:
а – каналов; б – сообщений или пакетов

При системе коммутации с накоплением (КН) ОП имеет постоянную прямую связь со своим УК (иногда с несколькими) и передает на него информацию. Затем эта информация поэтапно передается через узлы коммутации другим абонентам, причем в случае занятости исходящих каналов информация запоминается в узлах и передается по мере освобождения каналов в нужном направлении. Известны две разновидности системы с накоплением: *система коммутации сообщений* (КС) и *система коммутации пакетов* (КП). В сети с КС (см. рис. 9.15) процесс передачи следующий:

– вызывающий абонент $Аб_n$ передает в узел коммутации подлежащее передаче сообщение вместе с условным адресом абонента $Аб_m$;

– в узле КС сообщение запоминается и по его адресу определяется канал, по которому оно должно быть передано;

– если канал к соседнему узлу КС свободен, то сообщение немедленно передается на соседний узел КС, в котором повторяется та же операция;

– если канал к соседнему узлу КС занят, то сообщение хранится в устройствах памяти вплоть до освобождения канала;

– хранящиеся сообщения устанавливаются в очередь по направлениям передачи с учетом категории срочности.

Такой способ обслуживания, при котором заявка, поступившая в момент отсутствия свободных линий или приборов, ожидает их освобождения, называется обслуживанием с ожиданием.

Метод КС нашел применение на телеграфных сетях общего пользования.

Метод коммутации пакетов (см. рис. 9.15) по своей идеологии совпадает с методом КС и отличается лишь тем, что длинные сообщения передаются не целиком, а разбиваются на относительно короткие части – пакеты. Различают два способа (режима) передачи пакетов: режим виртуальных соединений и датаграммный.

Виртуальные соединения. По сути, это коммутация каналов, но не напрямую, а через память управляющих компьютеров в центрах коммутации с использованием пакетов при передаче сообщений. В виртуальной сети, прежде чем начать передачу пакетов, абоненту-получателю направляется служебный пакет, прокладывающий виртуальное соединение. В каждом узле этот пакет оставляет распоряжение вида: пакеты k -го виртуального соединения, пришедшие из i -го канала, следует направлять в j -й канал. Таким образом, виртуальное (условное) соединение существует только в памяти управляющего компьютера. Дойдя до абонента-получателя, служебный пакет запрашивает у него разрешение на передачу, сообщив, какой объем памяти понадобится для приема. Если его компьютер располагает такой памятью и свободен, то посылается согласие абоненту-отправителю (также в виде специального служебного пакета) на передачу сообщения. Получив подтверждение, абонент-отправитель приступает к передаче сообщения обычными пакетами. Пакеты беспрепятственно проходят друг за другом по виртуальному соединению (в каждом узле их ждет инструкция, которая обрабатывается управляющим компьютером) и в том же порядке попадают абоненту-получателю, где, освободившись от концевиков и заголовков, образуют передаваемое сообщение, которое направляется на седьмой уровень. Виртуальное соединение может существовать до тех пор, пока

отправленный одним из абонентов, специальный служебный пакет не сотрет инструкции в узлах. Режим виртуальных соединений эффективен при передаче больших массивов информации и обладает всеми преимуществами методов коммутации каналов и пакетов.

Датаграммы. Для коротких сообщений более эффективен датаграммный режим, не требующий довольно громоздкой процедуры установления виртуального соединения между абонентами. Термин «датаграмма» применяют для обозначения самостоятельного пакета, движущегося по сети независимо от других пакетов. Получив датаграмму, узел коммутации направляет ее в сторону смежного узла, максимально приближенного к адресату. Когда смежный узел подтверждает получение пакета, узел коммутации стирает его в своей памяти. Если подтверждение не получено, узел коммутации отправляет пакет в другой смежный узел и т.д., до тех пор пока пакет не будет принят. Все узлы, окружающие данный, ранжируются по близости к адресату. Первый ранг получает ближайший к адресату узел, второй – ближайший из остальных и т.д. Пакет посылается сначала в узел первого ранга, при неудаче – в узел второго ранга и т.д. Описанная процедура известна как алгоритм маршрутизации. Кроме детерминированных алгоритмов маршрутизации, где перспективность узла для передачи датаграммы оценивается с помощью конкретного решающего правила, существуют вероятностные алгоритмы, где узел передачи выбирается случайно. Очевидно, что при такой маршрутизации каждая датаграмма будет идти по случайной траектории, и, следовательно, момент поступления ее к адресату будет случайным. При этом свойствами случайности можно управлять, т.е. добиваться, чтобы среднее время доставки не превышало заданного, а вероятность того, что какая-то датаграмма задержится более наперед заданного числа секунд, была бы достаточно малой. Датаграммный режим используется, в частности, Internet, в протоколах UDP (User Datagram Protocol) и TFTP (Trivial File Transfer Protocol).

Очевидно, что у каждого из рассмотренных методов коммутации имеется своя область применения, обусловленная его особенностями. Отсюда следует целесообразность сочетания разных методов коммутации на сетях, объединяющих большое число абонентов с отличающимися друг от друга величинами нагрузки, характером ее распределения во времени, объемами сообщений, используемой оконечной аппаратурой. На таких сетях при небольшой средней нагрузке и передаче сообщений большими массивами в небольшое число адресов доля потери времени на установление соединения сравнительно невелика и предпочтительнее использовать систему с КК. При передаче же многоадресных сообщений, необходимости обеспечения приоритетности сообщениям высокой категории срочности и при большой загрузке абонентских установок более эффек-

тивно использовать систему с КС. При передаче коротких сообщений в интерактивном (диалоговом) режиме наиболее целесообразно использовать КП.

В заключение заметим, что выбор методов коммутации – достаточно сложная оптимизационная задача. Она решается исходя из требований к транспортной сети, которые в свою очередь определяются особенностями трафика, классом пользователей и показателями качества их обслуживания [15].

9.5. Методы маршрутизации в сетях электросвязи

Основные определения. *Маршрут (Route)* – список элементов сети связи (УК, линий связи, каналов связи), начинающийся с узла-источника (УИ) и заканчивающийся узлом-получателем (УП).

Пример 9.2.

Маршруты между УК № 1 и УК № 4 на сети, изображенной на рис. 9.16, будут иметь следующую запись: $\mu_{1,4}^1 = \{\text{УК № 1, УК № 2, УК № 4}\}$; $\mu_{1,4}^2 = \{\text{УК № 1, УК № 3, УК № 2, УК № 4}\}$. В данном примере УК № 1 является исходящим, УК № 4 – входящим, а УК № 2, 3 – транзитными.

Маршрутизация (Routing) – процедура, определяющая оптимальный по заданным параметрам маршрут на сети связи между узлами коммутации.

Для реализации маршрутизации на сети в каждом транзитном УК (УК № j), начиная с УИ, формируется таблица *маршрутизации*, которая представляет собой матрицу размерностью $(S - 1) \times H_j$

$$M^{(j)} = \|m_{i,v}^{(j)}\|_{(S-1), H_j} = (\overline{m_1^{(j)}}, \dots, \overline{m_i^{(j)}}, \dots, \overline{m_{j-1}^{(j)}}, \overline{m_{j+1}^{(j)}}, \dots, \overline{m_S^{(j)}}); \quad (9.3)$$

$$\overline{m_i^{(j)}} = (m_{i1}^{(j)}, \dots, m_{iv}^{(j)}, \dots, m_{iH_j}^{(j)}); \quad v = \overline{1, H}; \quad i, j = \overline{1, S}; \quad i \neq j, \quad (9.4)$$

где S – количество УК в сети; H_j – количество исходящих линий связи (ЛС) из j -го УК.

Матрица $M^{(j)}$ содержит информацию о предпочтительности выбора исходящей ЛС из j -го УК при поиске маршрута к i -му узлу (УП).

Первый элемент $m_{i1}^{(j)}$ вектор-строки (9.4) указывает номер исходящей ЛС из j -го УК к смежному УК, которую предпочтительнее выбрать для организации маршрута к i -му УК (УП).

Второй элемент (9.4) указывает номер следующей исходящей ЛС из j -го УК к другому

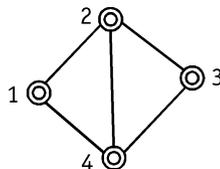


Рис. 9.16. Пример структуры сети связи

смежному УК, которая менее предпочтительна для организации искомого маршрута. И так до H -го элемента вектор-строки (9.4).

В данном случае: $m_{i_1}^{(j)}$ – исходящая ЛС первого выбора, $m_{i_2}^{(j)}$ – исходящая ЛС второго выбора и $m_{i_{Hj}}^{(j)}$ – исходящая ЛС H -го выбора.

Пример 9.3. Построим таблицу маршрутизации для УК № 2 (рис. 9.16). Соответствующие строки матрицы $M^{(2)}$ будут иметь следующий вид:

$$\overline{m_1^{(2)}} = (1, 4, 3); \quad \overline{m_3^{(2)}} = (3, 4, 1); \quad \overline{m_4^{(2)}} = (4, 1, 3).$$

При поиске маршрута от УК № 2 к УК № 1 необходимо обратиться к вектор-строке $m_1^{(2)} = (1, 4, 3)$. Исходящая ЛС к УК № 1 является более предпочтительной, так как она ведет непосредственно к искомому УК, следовательно, является исходящей ЛС первого выбора. Соответственно, исходящие ЛС к УК № 4 и 3 являются исходящими ЛС второго и третьего выбора.

Для того чтобы была возможность определять маршруты между любой парой УК необходимо построить таблицы маршрутизации в каждом узле сети.

Совокупность таблиц маршрутизации для всех УК называется *планом распределения информации* (ПРИ) на сети связи.

Пример 9.4. Зададим ПРИ на сети, изображенной на рис. 9.16:

$$M^{(1)} = \begin{array}{c|cc} 2 & 2 & 4 \\ 3 & 2 & 4 \\ 4 & 4 & 2 \end{array}; \quad M^{(2)} = \begin{array}{c|ccc} 1 & 1 & 4 & 3 \\ 3 & 3 & 4 & 1 \\ 4 & 4 & 1 & 3 \end{array};$$

$$M^{(3)} = \begin{array}{c|cc} 1 & 4 & 2 \\ 2 & 2 & 4 \\ 4 & 4 & 2 \end{array}; \quad M^{(4)} = \begin{array}{c|ccc} 1 & 1 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 3 & 1 \\ 4 & 3 & 2 & 1 \end{array}.$$

В данном примере формирование ПРИ осуществлялось по минимальному количеству транзитных УК в искомом маршруте. Возможны ситуации, когда формирование ПРИ осуществляется и по другим критериям:

- надежность элементов сети связи;
- время задержки передачи информации в элементах сети;
- скорость передачи информации и прочие.

Данные параметры являются случайными величинами и зависят от многих причин:

- вида и интенсивности трафика пользователей сети;
- условий окружающей среды при эксплуатации оборудования сети;
- технического состояния оборудования сети и других причин.

Поэтому в процессе эксплуатации сетей связи могут возникнуть ситуации, при которых необходимо скорректировать таблицы маршрутизации и тем самым переформировать ПРИ.

Если в процессе эксплуатации сетей связи происходит автоматическое переформирование ПРИ (без участия администрации сети), то такой ПРИ называют *динамическим*. Иначе формирование ПРИ будет *статическим*.

ПРИ позволяет определить маршруты между любой парой узлов на сети связи. Для этого необходимо во всех транзитных УК, начиная с УИ, обращаясь к таблице маршрутизации, выбрать вектор-строку, номер которой совпадает с номером УП. В данной вектор-строке необходимо выбрать исходящую ЛС первого выбора. Если исходящая ЛС первого выбора оказалась недоступной (занятость передачей другой информации или неисправность аппаратуры), то следует выбрать исходящую ЛС второго выбора. В случае недоступности исходящей ЛС второго выбора необходимо выбрать следующую по предпочтительности исходящую ЛС. Данная процедура продолжается во всех узлах, участвующих в формировании искомого маршрута, пока не будет определен маршрут между заданной парой узлов.

В случае недоступности всех исходящих ЛС в данном узле требуется либо вернуться на предыдущий УК и выбрать менее предпочтительную исходящую ЛС, либо дать отказ на невозможность организации искомого маршрута между заданной парой узлов.

Таким образом, анализируя процедуры, участвующие в формировании маршрутов можно заключить, что **маршрутизация состоит из двух этапов:**

1. Формирование ПРИ на сети связи.
2. Выбор исходящих ЛС в УК при поиске маршрута между УИ и УП.

Протоколы, реализующие формирование и коррекцию ПРИ (формирование таблиц маршрутизации), часто называют протоколами маршрутизации. Протоколы, отвечающие за выбор исходящих ЛС в УК (формирование таблиц коммутации), – протоколами сигнализации.

Маршрутизация и модель ВОС. В модели ВОС функции маршрутизации возложены на третий – сетевой уровень (Network layer). Данный уровень удобно представить в виде подуровней (рис. 9.17). На третьем, верхнем подуровне производится формирование ПРИ и принятие решения о его коррекции. Первоначально ПРИ формирует-

Формирование и коррекция ПРИ	3-й подуровень
Выбор исходящей ЛС	2-й подуровень
Передача сообщения с входящей ЛС в исходящую ЛС	1-й подуровень

Рис. 9.17. Подуровни сетевого уровня модели ВОС

ся администрацией при проектировании или модификации сети связи. Частота коррекции ПРИ зависит от многих факторов:

- использование статических или динамических методов маршрутизации;
- набора статистики (за определенный период времени) о состоянии элементов сети связи (неисправность и перегруженность);
- степени централизации устройств управления сетью связи (централизованные, децентрализованные или комбинированные методы управления);
- возможности администрации влиять на процесс управления сетью связи;
- наличие постоянных (не коммутируемых) соединений между пользователями сети связи.

Сформированные таблицы маршрутизации для каждого УК передаются на второй подуровень.

На втором подуровне решается задача определения и выбора (в каждом транзитном УК, начиная с УИ) исходящих ЛС. Вызывающий пользователь сети инициирует пакет вызова на установление соединения с вызываемым пользователем. Пакет вызова, проходя через узлы коммутации, обращается к таблицам маршрутизации, которые сформированы на третьем подуровне. Затем пакет вызова определяет исходящие ЛС. Таким образом, в каждом транзитном УК, начиная с УИ, формируются *таблицы коммутации*. В таблице коммутации указываются конкретные исходящие ЛС, участвующие в формировании маршрута между вызывающим и вызываемым пользователями.

Сформированные таблицы коммутации передаются на первый подуровень. В данном подуровне в соответствии с таблицами коммутации происходит передача сообщения по маршруту, сформированному на втором подуровне.

Методы формирования плана распределения информации на сети связи (таблиц маршрутизации). *Метод рельефов.* Суть данного метода состоит в следующем. Пусть i – произвольный УК сети связи. i -рельефом называется процедура присвоения значения числовой функции каждой ЛС. i -рельеф строится следующим образом. Из i -го УК по всем исходящим ЛС передается число 1. Все УК, в которые поступило число 1, передают по всем исходящим ЛС, кроме тех ЛС, по которым поступила 1, число 2. Далее УК, на которые поступило число 2, передают по ЛС, кроме тех, по которым поступила 2, число 3 и т.д., до тех пор, пока все ЛС не будут пронумерованы. Говорят, что ЛС имеет n высот, если она обозначена числом n в i -рельефе.

Указанным способом формируется рельеф из каждого УК сети связи. В итоге получается, что каждая ЛС имеет S высот. В результате ЛС с минимальной высотой является исходящей ЛС первого выбо-

ра. ЛС с большими высотами, соответственно, являются исходящими ЛС второго, третьего и т.д. выбора.

Пример 9.5. Построим рельеф на сети относительно УК А (рис. 9.18). УК А по исходящим ЛС АВ, АС, АД передает число 1 и присваивает им это значение. Узлы В, С и D передают по ЛС ВG, ВС, СI, СК, CD и DK в узлы G, I и К число 2. В свою очередь, узлы G, I, H и К передают по ЛС GL, GI, IL, IM, IH, HK и КО число 3. Перечисленным ЛС присваивается число 3. УК L, M, H, O, в свою очередь, передают по ЛС LM, MN, HM, HO и ON число 4 и им присваивается число 4. Таким образом, на сети строится А-рельеф (рис. 9.19).

Чтобы найти кратчайший маршрут от произвольного УК к узлу А достаточно в каждом УК выбирать исходящую ЛС с меньшим весом. Например, кратчайший маршрут от УК N до УК А будет следующий: $\mu_{N,A}^1 = \{NO, OK, KD, DA\}$ или $\mu_{N,A}^2 = \{NM, MI, IC, CA\}$, $\mu_{N,A}^3 = \{NO, OK, KC, CA\}$.

Недостатком данного метода является необходимость передачи информации при формировании рельефов между всеми узлами.

Игровой метод [15, 16] формирует ПРИ по накопленной ранее статистике установления соединения между заданной парой УК. Перед началом функционирования на сети устанавливается начальный ПРИ в виде набора таблиц маршрутизации (9.3). Каждому значению $m_{iv}^{(j)}$ присваивается некоторый весовой коэффициент $p_{i1}^{(j)}$. Причем, $p_i^{(j)} = (p_{i1}^{(j)}, \dots, p_{iv}^{(j)}, \dots, p_{iH_j}^{(j)})$; $v = \overline{1, H}$; $i, j = \overline{1, S}$; $i \neq j$ нормируется $\sum_{v=1}^H p_{iv}^{(j)} = 1$.

В результате формируется матрица весовых коэффициентов

$$P^{(j)} = \|p_{iv}^{(j)}\|_{(S-1, H_j)} = (\overline{p_1^{(j)}}, \dots, \overline{p_i^{(j)}}, \dots, \overline{p_{j-1}^{(j)}}, \overline{p_{j+1}^{(j)}}, \dots, \overline{p_S^{(j)}}), \quad (9.5)$$

$$\text{где } \overline{p_i^{(j)}} = (p_{i1}^{(j)}, \dots, p_{iv}^{(j)}, \dots, p_{iH_j}^{(j)}); \quad v = \overline{1, H}; \quad i, j = \overline{1, S}; \quad i \neq j. \quad (9.6)$$

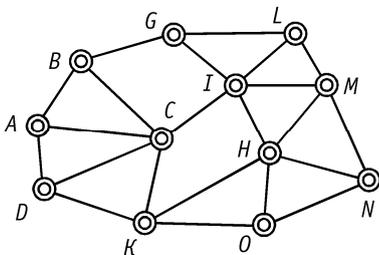


Рис. 9.18. Формирование ПРИ методом рельефов

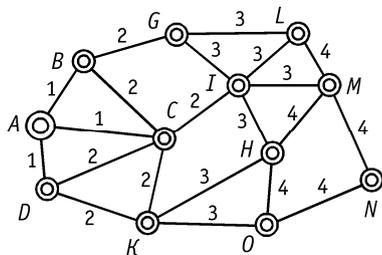


Рис. 9.19. Формирование А-рельефа

Определение маршрута и формирование ПРИ на сети игровым методом осуществляется следующим образом. Во всех транзитных УК, начиная с УИ, при поиске маршрута к i -му УП происходит обращение к i -м строкам матриц маршрутизации (9.5). В i -х строках (9.6) определяется максимальный весовой коэффициент $p_{iV}^{(j)}$. Тем самым выбирается v -я исходящая ЛС из j -го УК при организации маршрута к i -му УК. В результате данных действий маршрут между заданной парой УК будет либо определен, либо данной заявке на определение маршрута будет дан отказ. В первом случае все ЛС, входящие в данный маршрут, поощряются. Весовые коэффициенты $p_{iV}^{(j)}$ данных исходящих ЛС увеличиваются. Во втором случае, когда маршрут не определен, исходящие ЛС, участвующие в данном поиске, штрафуются. Весовые коэффициенты $p_{iV}^{(j)}$ данных исходящих ЛС уменьшаются. В обоих случаях строки $p_i^{(j)}$; $i, j = 1, \bar{S}$; $i \neq j$, элементы которых были изменены (поощрены или оштрафованы), нормируется.

Таким образом, в процессе эксплуатации сети формируется оптимальный ПРИ. Критерием оптимальности является результат организации маршрутов.

Пример 9.6. Покажем формирование ПРИ игровым методом для сети, изображенной на рис. 9.16. Будем считать, что начальный ПРИ задан в виде таблиц маршрутизации примера 9.4. Весовые коэффициенты (9.5) для узлов сети имеют следующий вид:

$$P^{(1)} = (\overline{p_2^{(1)}}, \overline{p_3^{(1)}}, \overline{p_4^{(1)}}) = \begin{array}{c|cc} & 2 & 4 \\ \hline 2 & 0,7 & 0,3 \\ 3 & 0,5 & 0,5 \\ 4 & 0,3 & 0,7 \end{array},$$

$$P^{(2)} = (\overline{p_1^{(2)}}, \overline{p_3^{(2)}}, \overline{p_4^{(2)}}) = \begin{array}{c|ccc} & 1 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 0,6 & 0,1 & 0,3 \\ 3 & 0,2 & 0,6 & 0,2 \\ 4 & 0,2 & 0,2 & 0,6 \end{array},$$

$$P^{(3)} = (\overline{p_1^{(3)}}, \overline{p_2^{(3)}}, \overline{p_4^{(3)}}) = \begin{array}{c|ccc} & 2 & 4 & \\ \hline 1 & 0,5 & 0,5 & \\ 2 & 0,7 & 0,3 & \\ 4 & 0,3 & 0,7 & \end{array},$$

$$P^{(4)} = (\overline{p_1^{(4)}}, \overline{p_2^{(4)}}, \overline{p_3^{(4)}}) = \begin{array}{c|ccc} & 1 & 2 & 3 \\ \hline 1 & 0,7 & 0,2 & 0,1 \\ 2 & 0,2 & 0,6 & 0,2 \\ 3 & 0,1 & 0,2 & 0,7 \end{array}.$$

Допустим, что необходимо определить маршрут между УИ № 2 и УП № 1. При условии, что количество транзитных УК не должно превышать одного. В УИ № 2 из таблицы весовых коэффициентов $P^{(2)}$

выбираем вектор строку $\overline{p_1^{(1)}} = (0,6; 0,1; 0,3)$. Исходящей ЛС первого выбора является ЛС к УК № 1. Предположим, что данная ЛС в настоящий момент недоступна. Так как $p_{1,4}^{(2)} > p_{1,3}^{(2)}$, то исходящей ЛС второго выбора является ЛС к УК № 4. Допустим, что исходящая ЛС из УК № 2 к УК № 4 в данный момент доступна. Следовательно, данная ЛС участвует в организации искомого маршрута. В УК № 4 в соответствии с $\overline{P_1^{(4)}} = (0,7; 0,2; 0,1)$ выбираем исходящую ЛС к УК № 1. Допустим, она доступна. Следовательно, маршрут между УИ и УП $\mu_{2,1} = \{2, 4, 1\}$ организован. ЛС, участвующие в данной процедуре, поощряются. Соответствующие весовые коэффициенты $p_{1,4}^{(2)}, p_{1,1}^{(4)}$ увеличиваются (предположим, что на 0,2), а вектора $\overline{P_1^{(2)}}, \overline{P_1^{(4)}}$ нормируются. В результате получаем новые числовые значения: $\overline{P_1^{(2)}} = (0,5; 0,08; 0,42)$; $\overline{P_1^{(4)}} = (0,75; 0,17; 0,08)$.

Если ситуация поиска маршрута между заданной парой УК повторится, то вектора $\overline{P_1^{(2)}}, \overline{P_1^{(4)}}$ изменятся и примут следующий вид: $\overline{P_1^{(2)}} = (0,42; 0,07; 0,51)$; $\overline{P_1^{(4)}} = (0,79; 0,14; 0,07)$. Анализируя ситуацию с вектором $\overline{P_1^{(2)}}$, видно, что исходящая ЛС к УК № 4 из УК № 2 при поиске маршрута к УК № 1 приняла значение первого выбора, так как ее весовой коэффициент $p_{1,4}^{(2)}$ стал максимальным из всех возможных в данном векторе.

Матрицы весовых коэффициентов УК № 2 и 4 примут следующий вид:

$$P^{(2)} = \begin{array}{c|ccc} & 1 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 0,42 & 0,07 & 0,51 \\ 3 & 0,2 & 0,6 & 0,2 \\ 4 & 0,2 & 0,2 & 0,6 \end{array}; P^{(4)} = \begin{array}{c|ccc} & 1 & 2 & 3 \\ \hline 1 & 0,79 & 0,14 & 0,07 \\ 2 & 0,2 & 0,6 & 0,2 \\ 3 & 0,1 & 0,2 & 0,7 \end{array}.$$

Если рассматривать весовые коэффициенты $p_{iV}^{(j)}$ как вероятности выбора соответствующих исходящих ЛС $m_{iV}^{(j)}$, то можно предположить, что игровой метод решает задачу глобальной оптимизации сети связи по критерию – вероятность установления соединения между парами УИ и УП.

Отсутствие необходимости передачи служебной информации при формировании ПРИ на сети является несомненным достоинством игрового метода. Однако данный метод обладает инерционностью. Действительно, при выходе элементов сети связи из строя потребуются некоторый период времени для переформирования ПРИ на сети.

Логический метод [17] состоит в процедуре, выполняемой в каждом транзитном УК, начиная от УИ, позволяющей определить исходящую ЛС, максимально близкой к геометрическому направлению на УП.

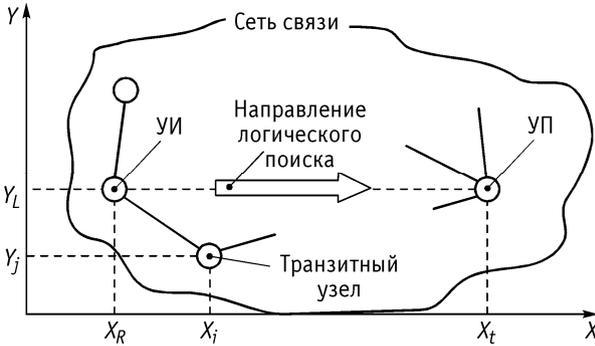


Рис. 9.20. Поиск маршрута логическим методом

Сеть связи вкладывается в прямоугольную систему координат. Каждому узлу сети присваивается собственный адрес (X, Y) (рис. 9.20).

В каждом транзитном УК (X_i, Y_j) , начиная с УИ (X_R, Y_L) , производится анализ адреса УП сопоставлением его с собственным. В результате вычисляется геометрическое направление из данного узла на УП. Затем определяется та ЛС, которая имеет наибольшее совпадение с ранее рассчитанным геометрическим направлением на УП. Если ближайшая по направлению исходящая ЛС не доступна, то подбирается очередная по предпочтительности исходящая ЛС.

Пример 9.7.

На рис. 9.21 представлена сеть связи, в которой УИ и УП, соответственно, имеют координаты $\{1, 2\}$ и $\{10, 2\}$. Из УИ определяем геометрическое направление на УП (указано пунктиром). С данным направлением совпадает исходящая ЛС к узлу с координатами $\{4, 2\}$. В УК $\{4, 2\}$ выбираем исходящую ЛС к УК с координатами $\{7, 3\}$, так как она имеет наименьший угол отклонения от геометрического направления

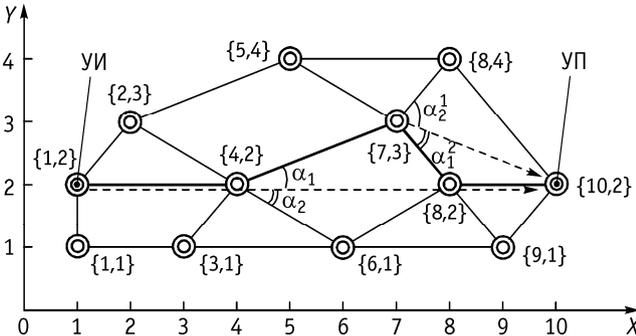


Рис. 9.21. Пример формирования ПРИ логическим методом

на УП. В УК {7, 3} подобным образом выбираем ЛС к УК {8, 2}. В УК {8, 2} выбираем ЛС к УК {10, 2}.

Таким образом: $\mu(\{1, 2\}; \{10, 2\}) = (\{1, 2\}, \{4, 2\}, \{7, 3\}, \{8, 2\}, \{10, 2\})$. Достоинством данного метода является простота и отсутствие необходимости передачи служебной информации по сети. В то же время логический метод не является динамическим и не решает задачу глобальной оптимизации ПРИ.

Логически-игровой метод [17] формирования ПРИ является обобщением логического и игрового методов. По аналогии с логическим методом сеть связи вкладывается в прямоугольную систему координат, в соответствии с которой каждому узлу сети присваивается собственный адрес (X, Y) . В каждом УК j имеется матрица $P^{0(j)} = \|p_{i,v}^{0(j)}\|_{S^0, (H_j+3)}$; $v = \overline{1, H_j}; i, j = \overline{1, S^0}; i \neq j$, которая имеет следующий вид:

№ УП	Координаты УП		Значения весовых коэффициентов исходящих ЛС к смежным УК с координатами							
	X	Y	X_{Qj}	Y_{Qj}	...	X_{Vj}	Y_{Vj}	...	X_{Hj}	Y_{Hj}
1						
...
i						
...
$j-1$						
$j+1$						
...
S						
...
S^0						

и содержит S^0 строк. Учитывая, что возможно увеличение числа УК на сети, то S^0 выбирают таким, чтобы $S^0 > S$. Количество столбцов матрицы $P^{0(j)}$ для УК под номером j равно: $(H_j + 3)$, где H_j – число исходящих ЛС из j -го узла; три столбца отводится для номеров УП, представленных в общепризнанной нумерации и прямоугольной системе координат (X, Y) .

На момент ввода узла в эксплуатацию матрица содержит только информацию о смежных номерах УК с данными выраженных в прямоугольной системе координат: $(X_{Qj}, Y_{Qj}), \dots, (X_{Vj}, Y_{Vj}), \dots, (X_{Hj}, Y_{Hj})$. По мере функционирования сети связи матрица $P^{0(j)}$ заполняется и корректируется.

Определение исходящих ЛС осуществляется логическим методом, а заполнение и корректировка матрицы $P^{0(j)}$ осуществляется игровым методом.

Выбор исходящих ЛС (формирование таблиц коммутации).

Последовательный выбор исходящих ЛС состоит в том, что в каждом УК, начиная с УИ, осуществляется выбор только одной исходящей ЛС. В результате на сети будет формироваться один маршрут, состоящий из последовательного наращивания коммутационных участков из УИ к УП.

В зависимости от характера распространения на сети процесса поиска маршрута выделим три основных класса последовательных алгоритмов выбора исходящих ЛС: *градиентный*, *диффузный* и *градиентно-диффузный*.

Градиентный состоит в том, что в каждом транзитном УК, начиная с УИ, в процессе выбора исходящей ЛС участвуют не все ЛС, а лишь часть (наиболее предпочтительные). Если в одном из УК исходящие ЛС, участвующие в выборе, не доступны, то данной заявке на формирование маршрута дается отказ.

В результате градиентного выбора маршрут будет формироваться вдоль геометрического направления с УИ на УП (рис. 9.22).

Выбор ЛС, при котором искомый маршрут формируется и в противоположную сторону от УП, будем называть *диффузным*.

Таким образом, диффузный выбор исходящих ЛС допускает возможность выбора любой доступной исходящей ЛС (рис. 9.22).

Градиентно-диффузный метод является комбинацией первых двух.

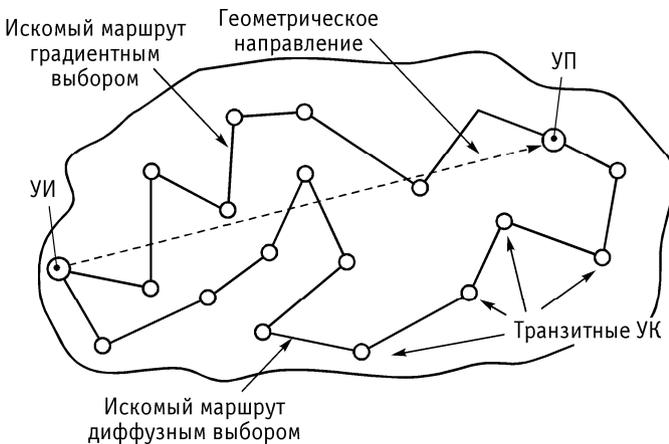


Рис. 9.22. Градиентный и диффузный выбор исходящих ЛС

В свою очередь процедура выбора исходящих ЛС в каждом УК может быть *детерминированной и вероятностной*. В первом случае выбор исходящих ЛС осуществляется однозначно по максимальному значению одного из элементов вектора (9.6). Во втором случае выбор исходящей ЛС производится в результате случайного розыгрыша. При этом исходящие ЛС, имеющие большее значения $p_{iv}^{(j)}$, получают большую вероятность выбора.

Возможен и комбинированный способ выбора исходящих ЛС, который содержит как вероятностную, так детерминированную компоненты.

Учитывая перечисленные градации, можно указать множество вариантов последовательных алгоритмов выбора исходящих ЛС в УК (например, «Диффузный, вероятностный» или «Градиентно-диффузный, детерминированный»).

Параллельный выбор исходящих ЛС. Отличительная особенность алгоритмов с параллельным выбором исходящих ЛС состоит в том, что поиск маршрута между УИ и УП осуществляется одновременно по всем исходящим ЛС в определенной зоне сети связи.

Если выбор ширины зоны, в которой осуществляется поиск маршрута, определяется однозначно, по заранее выбранным критериям, то такой выбор будем называть детерминированным. Если же выбор ширины зоны поиска маршрута осуществляется в результате случайного выбора, то в данном случае выбор будем называть вероятностным.

Классическим примером параллельного выбора исходящих ЛС с детерминированным выбором ширины зоны поиска маршрута является алгоритм, получивший во многих публикациях название волновой, или лавинный. При поступлении заявки на организацию маршрута между парой узлов в УИ формируется поисковая посылка, которая пересылается ко всем соседним с ним узлам. В соседних УК эта процедура повторяется. Таким образом, поисковая посылка попадает во все узлы сети, причем через время, равное времени его передачи по кратчайшему маршруту. Основным недостатком волнового метода маршрутизации является дополнительная нагрузка, которая создается передачей поисковой посылки во все стороны, в том числе и в противоположную сторону от УП.

Локально-волновой метод маршрутизации [17] является обобщением волнового метода маршрутизации и логического способа получения ПРИ на сети связи. Локально-волновой метод маршрутизации в зависимости от организации выбора исходящей ЛС может быть отнесен к параллельным и параллельно-последовательным методам. В то же время, способ выбора зоны, в которой осуществляется поиск маршрута, в локально-волновом методе может быть вероятностным, детерминированным и комбинированным.

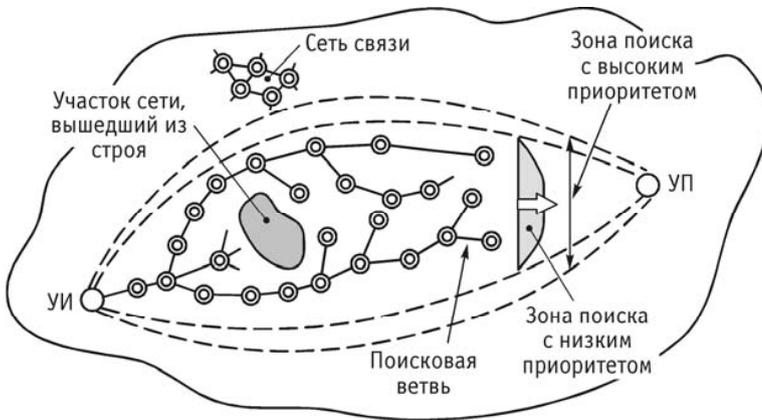


Рис. 9.23. Поиск маршрута локально-волновым методом

Локально-волновой метод маршрутизации состоит в том, что для нахождения оптимального маршрута в сети между парой узлов из УИ организуется волновой поиск, но не во всех направлениях, а лишь в сторону УП. Волна поиска при этом распространяется в некоторой зоне (рис. 9.23). Ширина и форма зоны в зависимости от приоритета абонента может устанавливаться в заданных пределах. На рис. 9.23 показан локально-волновой поиск на сети от УИ к УП в некоторый момент времени, соответствующий примерно половине пути между парой узлов. Из рисунка видно, что поисковая волна – это подвижная узкая зона, все узлы в пределах которой охвачены процессом волнового поиска. По мере продвижения к УП волна оставляет за собой ЛС, исходящие из УИ. Чем выше приоритет абонента, тем больше возможностей он имеет для установления соединения. Таким образом, при данном методе в каждом узле определяются исходящие ЛС из данного узла к смежным узлам, наиболее близко совпадающие с геометрическим направлением на искомый узел. Выбранные исходящие ЛС располагаются в ряд по степени предпочтительности.

Количество подсоединенных ЛС, а следовательно, и ширина поисковой волны, определяется приоритетом вызывающего абонента. В частности, для абонентов низшей категории количество выбранных ЛС может не превышать одного, тогда поиск превращается в «чисто» последовательный.

На рис. 9.24 приведена классификация методов маршрутизации на сети связи. Из рисунка следует, что существует множество вариантов реализации как последовательных, так и параллельных методов маршрутизации. Например: «Вероятностный, диффузный с использованием динамического формирования ПРИ методом рельефов».



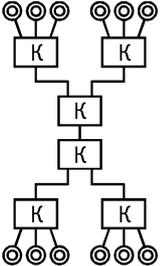
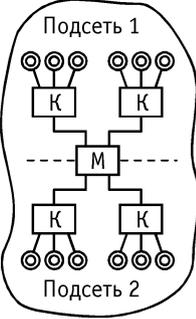
Рис. 9.24. Классификация методов маршрутизации

Ниже в табл. 19.2 приводится перечень устройств, реализующих те или иные функции маршрутизации.

Таблица 9.2. Устройства, реализующие функции маршрутизации

Наименование устройства	Характеристика и функции устройства	Пример схемы включения устройства	Номер подуровня маршрутизации
1	2	3	4
Повторитель	Выполняет функции регенерации сигналов. Принимает сигналы от пользователя или из оконечного УК и побитно, синхронно передает их другому повторителю или пользователю. Тем самым улучшая форму, мощность и синхронизацию сигналов и т.д.	<p>Пользователи</p> <p>П1, П2 – повторители</p>	1

Продолжение табл. 9.2

1	2	3	4
Концентратор	Выполняет все функции повторителя, который имеет несколько портов и объединяет трафик нескольких пользователей или УК. Таким образом, концентратор выполняет функции: повторителя; мультиплексора и демультимплексора; устройств защиты сети от несанкционированного доступа	 <p>Пользователи К – концентратор</p>	1,2
Мост	Осуществляет выбор исходящих ЛС (формирует таблицы коммутации). Делит сеть на независимые подсети. Разрешает передачу сообщения пользователей из одной подсети в другую только в том случае, если такая передача необходима. Тем самым изолирует трафик одной подсети от трафика другой с целью уменьшения возможности несанкционированного доступа к данным. Мост обрабатывает пакеты последовательно	 <p>К – концентратор М – мост</p>	1,2
Коммутатор	Осуществляет выбор исходящих ЛС (формирует таблицы коммутации). Выполняет функции моста, который обрабатывает пакеты в параллельном режиме		1,2
Маршрутизатор	Выполняет все функции маршрутизации: формирование ПРИ (формирование таблиц маршрутизации); выбор исходящих ЛС (формирование таблиц коммутации). Дополнительные функции: связывает в единую сеть подсети, построенные с использованием различных сетевых технологий; выполняет буферизацию, фильтрацию передаваемых пакетов; осуществляет приоритетную обработку трафика		1,2,3

Окончание табл. 9.2

1	2	3	4
Сервер маршрутов	Собирает и анализирует информацию о топологии сети, а затем по запросам передает ее маршрутизаторам, которые освобождены от функций создания ПРИ		1,2,3

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятиям «информация», «сообщение», «сигнал».
2. Как измеряется количество информации? Определите энтропию источника, вырабатывающего независимые символы a_1 и a_2 , если $p(a_1) = 0,3$. Сравните полученное значение с вариантом, когда $p(a_1) = p(a_2) = 0,5$.
3. Какой сигнал называется цифровым сигналом данных (ЦСД)? Что такое единичный интервал, единичный элемент, значащий момент ЦСД?
4. Какой параметр является представляющим (информационным) при амплитудной модуляции?
5. Чем отличаются изохронные сигналы от анизохронных?
6. Поясните определения: непрерывный, дискретный и расширенный дискретные каналы.
7. Чем отличается канал постоянного тока от дискретного канала?
8. Определите скорость телеграфирования в бодах и скорость передачи информации R (бит/с), если длительность единичного элемента $\tau_0 = 20$ мс, передача осуществляется кодовыми комбинациями длиной $n = 10$, число информационных элементов $k = 8$. Число значащих позиций передаваемого сигнала равно двум.
9. Какие функции выполняют устройства поэлементной синхронизации?
10. К чему приводит нарушение групповой синхронизации?
11. К чему приведет нарушение цикловой синхронизации в двухканальной системе с временным разделением каналов? Проиллюстрируйте свои соображения рисунком.
12. Каково назначение кодера и декодера источника, кодера и декодера канала и устройств преобразования сигналов?
13. В чем заключается основная идея «сжатия» передаваемых сообщений?
14. Что такое протокол?
15. Опишите эталонную модель взаимосвязи открытых систем.
16. Опишите основные функции, реализуемые уровнями ЭМ ВОС.
17. Дайте определение понятий «служба» и «услуга».
18. Какие методы коммутации используются в сетях связи?
19. В чем отличие метода коммутации сообщений от метода коммутации пакетов?
20. Опишите режимы виртуальных соединений и датаграммный. Какова область их применения?
21. Дайте определение: маршрут; маршрутизация; таблица маршрутизации; план распределения информации на сети связи.

22. Назовите основные требования, предъявляемые к маршрутизации.
23. Назовите основные методы формирования ПРИ на сети связи.
24. Перечислите достоинства и недостатки метода рельефов.
25. Перечислите достоинства и недостатки игрового метода.
26. Перечислите достоинства и недостатки логического метода.
27. Перечислите достоинства и недостатки логически-игрового метода.
28. Перечислите достоинства и недостатки волнового метода.
29. В чем суть локально-волнового метода маршрутизации?
30. Назовите основное назначение устройств: повторитель; концентратор; мост; коммутатор; маршрутизатор; сервер маршрутов.

Список литературы

1. **Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М.** Теория передачи сигналов. – М.: Радио и связь. 1986. – 304 с.
2. **Игнатов В.А.** Теория информации и передачи сигналов. – М.: Сов. радио, 1979. – 278 с.
3. **Липкин И.А.** Основы статистической радиотехники, теории информации и кодирования. – М.: Сов. радио, 1978. – 240 с.
4. **Передача дискретных сообщений:** Учеб. для вузов / В.П. Шувалов, Н.В. Захарченко, В.О. Шварцман и др.; Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.
5. **ГОСТ 17657-79.** Передача данных. Термины и определения.
6. **Дузаров О.** Протокол сжатия данных для модемов V.42bis // Модемы: Разработка и использование в России. Технология электронных коммутаций. – М., 1996. – Т.62.
7. **Кловский Д.Д.** Передача дискретных сообщений по радиоканалам. – М.: Радио и связь, 1982. – 304 с.
8. **Системы связи /** В.Н. Васильев, А.П. Буркин, В.А. Свириденко: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1987. – 280 с.
9. **Шварцман В.О.** Передача данных: функциональные блоки, компоненты, их взаимодействие, интерфейсы // Вест. связи. – 1996. – № 9.
10. **Шварцман В.О.** Телематика вступает в XXI век // Электросвязь. – 1996. – № 10.
11. **Концепция** развития связи Российской Федерации / В.Б. Булгак, Л.Е. Варакин, Ю.К. Ивашкевич и др.; Под ред. В.Б. Булгака, Л.Е. Варакина. – М.: Радио и связь, 1995. – 224 с.
12. **Самойленко С.И.** Сети ЭВМ. – М.: Наука, 1986. – 160 с.
13. **Якубайтис Э.А.** Информационно-вычислительные сети. – М.: Финансы и статистика, 1984. – 232 с.
14. **Проектирование** и техническая эксплуатация сетей передачи дискретных сообщений: Учеб. пособие для вузов / М.Н. Арипов, Г.П. Захаров, С.Т. Малиновский, Г.Г. Яновский; Под ред. Г.П. Захарова. – М.: Радио и связь, 1988. – 360 с.
15. **Лазарев В.Г., Лазарев Ю.В.** Динамическое управление потоками информации в сетях связи. – М.: Радио и связь, 1983. – 216 с.
16. **Лазарев В.Г., Гончаров Е.В.** Метод динамической маршрутизации в У-ЦСИО // Электросвязь. – 1999. – № 7. – С.34–36.
17. **Новиков С.Н.** Методы маршрутизации на цифровых широкополосных сетях связи: Учебное пособие. Ч. 1. – Новосибирск, 2001. – 84 с.: ил.
18. **Олифер В.Г., Олифер Н.А.** Основы сетей передачи данных. – М.: Интернет-университет информационных технологий – ИНТУИТ.ру, 2003. – 248 с.
19. **Основы** построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. и др. – 2-е изд., испр. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 424 с.

Глава 10. Телефонные службы

10.1. Услуги, предоставляемые общегосударственной системой автоматизированной телефонной связи

Требования, предъявляемые к телефонным службам. Пользователи предъявляют следующие требования к телефонным службам:

1) прозрачный физический канал из конца в конец (от одной абонентской установки до другой) должен предоставляться на требуемое время сеанса;

2) физический канал (в дальнейшем – канал) из конца в конец может состоять из одного или нескольких звеньев, соединенных в узлах коммутации (УК) последовательно;

3) звенья могут быть образованы каналами тональной частоты (КТЧ) систем передачи (СП) с частотным разделением каналов (ЧРК) или каналами СП с временным разделением каналов (ВРК);

4) каналы сети с КК общего пользования (ОП) являются общим ресурсом, используемым всеми пользователями;

5) длительность сеанса передачи информации должна зависеть исключительно от пользователя;

6) сеть должна поддерживать целостность физического канала из конца в конец¹;

7) для создания канала из конца в конец сеть должна обеспечить обмен сигнализацией² по способу «от звена к звену»;

8) качество предоставления сетевых ресурсов должно оцениваться долей блокировок (потерь), *блокировки возникают при занятости ресурсов, требуемых пользователем*, или допустимым временем ожидания.

Предоставление канала «из конца в конец» эффективно не только для передачи речевой информации, но и для массовых данных: массивов большого объема (файлов), факсимильных сообщений, цифровых видеосигналов. Такие данные создают пользовательские установки с непрерывным потоком данных, готовых к передаче.

Телефонные сети предоставляют пользователям тракт для передачи информации с задержкой в 10–20 с, определяемой временем

¹ В современных цифровых сетях, использующих специальную подсеть сигнализации, обеспечивается восстановление канала при его несанкционированном разрушении.

² Элементами сигнализации являются абонентская, внутривысостанционная и межвысостанционная; в состав сигналов системы сигнализации входят линейные, адресные (регистрационные) и информационные.

набора номера вызываемого абонента и установления соединения каналов на станциях и узлах.

Сигнализация в телефонной сети. Во время установления соединения передаются сигнальные сообщения между пользовательской установкой и узлом коммутации (УК), куда она включена, и между УК. Пример сигнализации в телефонной сети показан на рис. 10.1. Сигнальные сообщения могут передаваться двумя способами. Традиционной в телефонных сетях является децентрализованная сигнализация. При таком способе сигнальные сообщения передаются по тому же каналу, который используется для передачи информации пользователя (речевой или данных) или по специальному сигнальному каналу, проложенному параллельно информационному. В цифровых сетях используется так называемая централизованная сигнализация, сущность которой состоит в том, что сигнальные сообщения многих пользователей передаются по общему для них каналу сигнализации (ОКС). В ОКС сообщения передаются в форме пакетов постоянной или переменной длины.

На рис. 10.1 показана последовательность передачи сигналов в стыке «абонент-сеть» и при межстанционной связи. В телефонных сетях необходимо передавать три вида сигналов в процессе установления и разъединения физических соединений: **линейные (л)**, определяющие состояние устройств сети; **адресные (а)**, определяющие маршрут в сети к оконечному устройству вызываемого



Рис. 10.1. Сигнализация в телефонной сети

абонента; **информационные (и)** или тональные, оповещающие абонентов об этапах (фазах) установления соединения.

Алгоритм установления соединения в телефонной сети. Любая станция должна уметь интерпретировать поступающие линейные и адресные сигналы и генерировать необходимые сигналы для взаимодействия с другими элементами сети. Процесс обработки вызовов включает следующие операции:

1) *обнаружение изменения состояния любой абонентской или соединительной линии. Изменение состояния может быть связано с сигналами адресной информации или линейными. Адресные сигналы могут передаваться импульсами постоянного тока, тональными сигналами набора номера или многочастотными сигналами;*

2) *генерирование выходных сигналов. С помощью этих сигналов абоненты оперативно оповещаются о процессе соединения или разъединения и обеспечивается взаимодействие при межстанционной связи;*

3) *выбор пути (маршрута) через коммутационное поле станции;*

4) *установление разговорного тракта в коммутационном поле и его разъединение.*

Обычная последовательность процессов на станции (независимо от типа – электромеханическая, электронная, цифровая) при успешном соединении такова:

а) *обнаружение запроса ресурсов станции от абонента или соединительной линии (канала);*

б) *поиск требуемых ресурсов (например, приемника цифр набора номера);*

в) *оповещение абонента о предоставлении ресурсов (например, информационным сигналом «ответ станции»);*

г) *прием и накопление цифр номера, прекращение передачи сигнала «ответ станции»;*

д) *передача линейных и адресных сигналов в соединительную линию или канал межстанционной связи;*

е) *установление разговорного тракта в коммутационном поле станции;*

ж) *определение состояния линии вызываемого абонента;*

з) *генерирование посылки вызова (ПВ), если линия свободна;*

и) *генерирование сигнала «контроль посылки вызова» (КПВ);*

к) *обнаружение ответа вызываемого абонента, прекращение ПВ и КПВ.*

Система обслуживания вызовов (заявок). Если на УК не создаются очереди ожидания освобождения каналов, то имеет место система обслуживания с отказами. В таких сетях (или на участках сетей) качество предоставления услуг оценивается вероятностью отказа. На УК некоторых телефонных сетей, например междугородных и между-

народных, для отдельных категорий пользователей организуют очереди ожидания освобождения каналов. Обычно количество мест ожидания для одного направления связи невелико, а время ожидания ограничено десятками секунд. На УК, где организуются очереди, качество предоставления услуг оценивается вероятностью ожидания более заданного времени.

Место телефонной сети общего пользования РФ в международном телекоммуникационном пространстве. Положение телефонной сети общего пользования (ТФ–ОП) в современном телекоммуникационном пространстве [2, 3] определяется двумя параметрами: телефонной плотностью (ТП) и количеством основных телефонных аппаратов (ОТА). Телефонная плотность в РФ составляет 22 ОТА на 100 жителей (22 %), а количество ОТА – 32 млн. Под ОТА понимается количество основных абонентских линий, соединенных с АТС. По количеству ОТА Россия занимает шестое место в мире (после США – 143 млн., Японии – 59 млн., Германии – 35 млн., Франции – 33 млн. и Англии – 32 млн.). По ТП Россия замыкает четвертый десяток стран мира. Самую низкую ТП в первой десятке имеет Испания (36 %). Телефонная плотность является интегральным показателем развития любой страны. Она отражает состояние сети связи и косвенно характеризует качественный уровень сети. С ростом ТП практически во всех странах наблюдаются следующие изменения: переход от аналоговых систем передачи и коммутации к цифровым, расширяется количество служб и предоставляемых услуг, усложняются терминалы пользователей (они становятся многофункциональными), сеть эволюционирует от аналоговой к аналого-цифровой, затем к цифровой и интеллектуальной.

Услуги, предоставляемые общегосударственной системой автоматизированной телефонной связи. Общегосударственная система автоматизированной телефонной связи (ОГСТФС) предназначена для удовлетворения населения и предприятий в передаче сообщений пользователей как в пределах страны, так и при выходе на международную телефонную сеть. ОГСТФС предоставляет два вида услуг: услуги доставки (передачи) информации и специальные. К услугам доставки информации относятся: передача сообщений – речевых, факсимильных, электронной почты, данных. Эти услуги предоставляются техническими службами, использующими физические ресурсы сети. К специальным услугам относят информационно-справочные, заказные и дополнительные. Их предоставляют службы сервиса автоматически или с помощью оператора. К службам сервиса Госкомитета РФ по связи и информатизации относятся, например, такие:

- справочная местной телефонной сети (предоставляет справки о номерах телефонов абонентов местной сети),
- справочная точного времени,

– заказная междугородной телефонной сети МТС (принимает и оформляет заказы на междугородные и международные телефонные переговоры),

- справочная междугородной и международной сети,
- заказная телеграфа (принимает по телефону тексты телеграмм),
- заказная ремонта местной телефонной сети,
- заказная ремонта таксофонов.

Дополнительные услуги (их также называют дополнительными видами обслуживания – ДВО) могут предоставляться общесетевыми службами или службой той станции, куда подключена линия абонента, программно-аппаратными средствами станции или сети. К ДВО относятся, например, такие:

- сокращенный набор номера вызываемого абонента,
- передача входящего вызова на другой аппарат (переадресация),
- предоставление возможности получить справку во время разговора с одним из пользователей (с возможностью возврата к прежнему собеседнику без повторного набора его номера),
- конференц-связь трех и более пользователей,
- прямой вызов (соединение без набора номера).

10.2. Структура городских телефонных сетей (ГТС) с низким уровнем цифровизации и перспективы развития

Телефонные сети РФ еще в недостаточной степени цифровизированы. Межстанционная связь в большей степени цифровизована с помощью цифровых СП. Подавляющее количество местных телефонных сетей РФ относится к типу аналого-цифровых. Так, коэффициент цифровизации местной телефонной сети по всем операторам в 2001 г. составил порядка 35 %. Их цифровизация – актуальная задача ближайших лет. Структура телефонной сети существенно зависит от количества абонентов и размеров территории. При проектировании сети выбирается один из четырех принципов построения: радиальный, радиально-узловой, «каждый с каждым», смешанный (сочетание радиально-узлового и «каждый с каждым»). Эти принципы приведены на рис. 10.2, а–г.

Структура городской телефонной сети зависит от ее емкости, формы территории и других факторов. Структура старых нецифровизованных телефонных сетей существенно зависела от их емкости. На территории России до сих пор существуют сети больших городов с очень сложной структурой. Территорию города делят на телефонные районы, совпадающие или не совпадающие с административным делением. Если количество абонентов не превышало 10 000, то обычно строили одну станцию. При емкости сети в 40–50 тыс. номеров строили районированную сеть с одной автоматической телефонной станцией (АТС) в каждом телефонном районе. Станции соединялись пучками физических линий или каналами СП по способу «каждый с каждым». На сетях большой емкости необходимо было вводить узлы входящего сообщения (УВС).

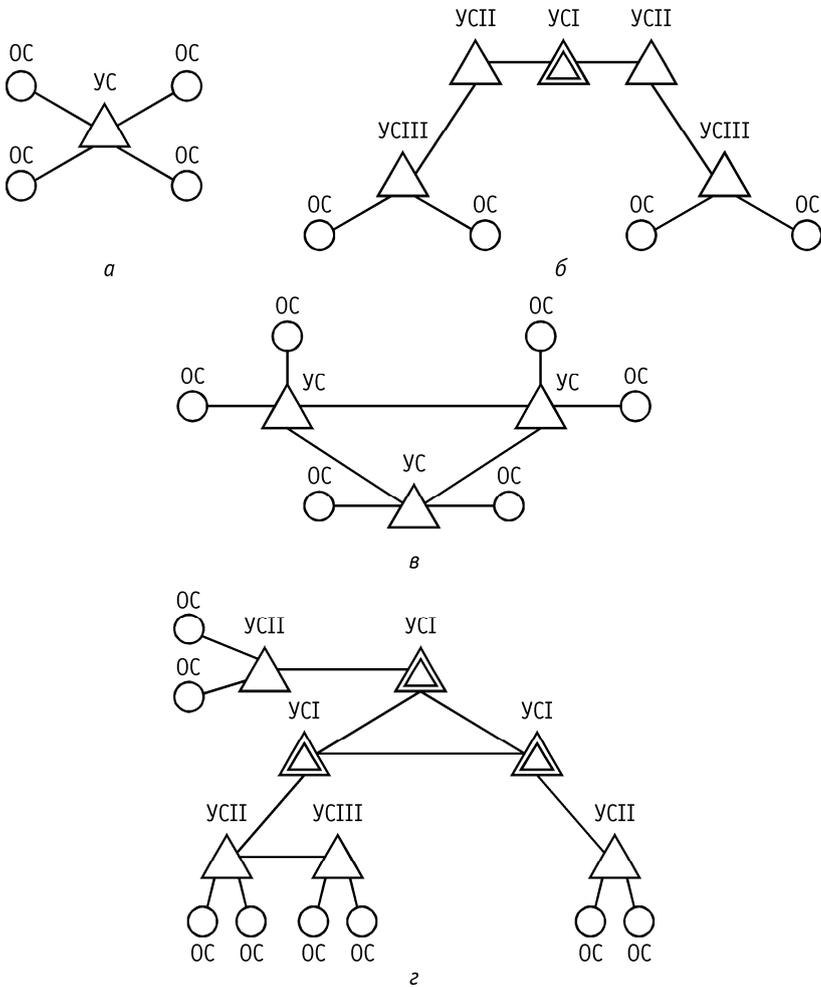


Рис. 10.2. Структура аналоговой вторичной телефонной сети

В каждом узловом районе УВС соединялся со всеми АТС сети радиально, объединяя информационные потоки от АТС всех других узловых районов с АТС своего района. В пределах каждого узлового района АТС соединялись каналами по способу «каждый с каждым». При емкости сети более 400–500 тыс. номеров приходилось еще более усложнять структуру, вводя новый тип узлов исходящего сообщения (УИС). Такой узел собирал информационные потоки от всех АТС своего узлового района и распределял их к УВС всех других районов. Такая структура смешанного типа характерна, например, для городской телефонной сети Москвы, Санкт-Петербурга и других крупных промышленных центров и столиц республик РФ.

Сельские телефонные сети (СТС) строят по радиальному или по радиально-узловому способу с одним узлом первого класса УCI (центральная АТС сельского района области) и несколькими узлами второго УCII и, возможно, третьего УCIII класса.

Системы нумерации в телефонной сети ОП РФ. Различают две разновидности систем нумерации – *закрытую* и *открытую*. Если на сети используется закрытая система нумерации, то из любого пункта требуемый абонент вызывается набором одного и того же количества знаков. Для открытой системы нумерации это условие не выполняется. На междугородной сети России используется открытая система нумерации, а на городских телефонных сетях ОП – закрытая. Вся территория РФ разделена на зоны *семизначной нумерации*. Семизначный номер абонента внутри зоны состоит из двух составляющих: *двузначного внутризонального кода (ab)* и *пятизначного номера абонента местной сети (xxxxx)*. Полный внутризональный номер имеет вид – *abxxxxx*. Начинаться внутризональный номер может с любой цифры, кроме 0 и 8. С нуля начинаются номера служб специального назначения внутри зоны, а цифра 8 является индексом междугородной связи. Ограничений в применении десятичных знаков для *b* и *xxxxx* не устанавливается. Такие ограничения в использовании цифр для первого знака *a* внутризонального номера позволяют иметь в зоне нумерации не более 8 млн. абонентов. Количество зон на территории РФ может в ближайшем будущем превысить 100. Поэтому каждой зоне присваивается *трехзначный междугородный код ABC*. Абонент местной сети, желающий вызвать абонента другой зоны, набирает 11 знаков: *8ABCabxxxxx*. Если необходимо установить соединение между местными сетями одной зоны, то нужно набрать 9 знаков: *82abxxxxx*. Для международной связи выделен индекс 810.

На местных телефонных сетях зоны применяют закрытую систему нумерации. Значность нумерации определяется структурой сети (без узлов, с УВС, с УВС и УИС) и количеством абонентов. На городской сети без узлов используется пятизначная нумерация, на сети с УВС – шестизначная, на сети с УВС и УИС – семизначная. На сельской телефонной сети обычно используется закрытая пятизначная система нумерации.

Стратегия перехода от аналоговых вторичных телефонных сетей к цифровым. Преобразование аналоговых вторичных сетей в цифровые – актуальная задача для ТФ–ОП России. Возможны разные пути перехода от аналоговых сетей к цифровым. Для крупных сетей этот переход можно реализовать в несколько этапов: замена всех аналоговых межстанционных линий цифровыми, замена электромеханических узлов и станций цифровыми системами коммутации (ЦСК), построение цифровой сети интегрального обслуживания (ЦСИО).

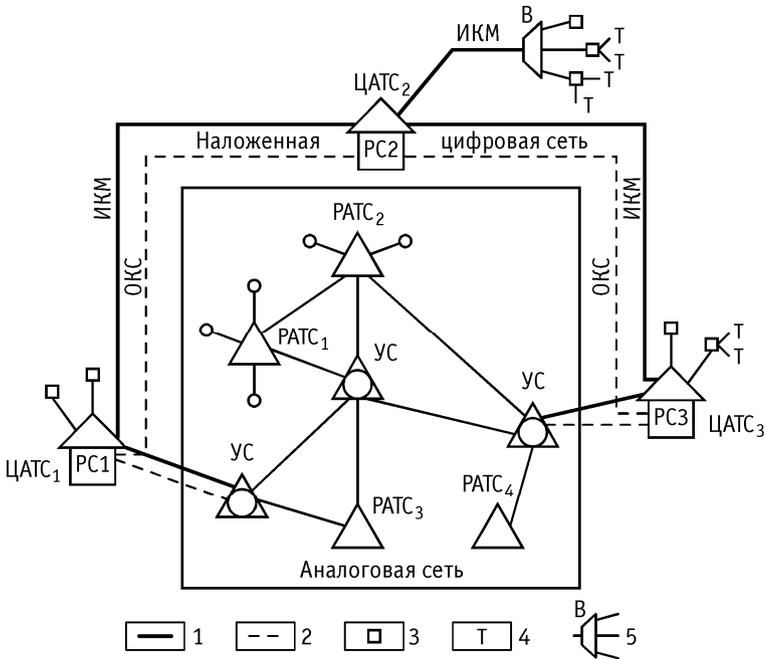


Рис. 10.3. Структура аналоговой вторичной сети переходного периода, развиваемой с помощью «наложенной цифровой сети»:

- 1 – линия ИКМ, 2 – ОКС, 3 – абонентский пункт,
4 – терминал абонента, 5 – вынос (концентратор)

Необходимые сведения об особенностях и структуре ЦСИО приводятся в гл. 18,19. Может быть предложена и другая стратегия перехода – создание так называемой наложенной цифровой сети (рис. 10.3). Такой путь позволяет минимизировать единовременные затраты, так как в момент ввода первых ЦСК возможно создание полностью цифрового участка сети, в пределах которого информация от абонента до абонента может передаваться в цифровой форме. Пользователи наложенной сети сразу получают современные услуги цифровых сетей. Кроме этого, часть услуг цифровой сети смогут получать и абоненты аналоговой сети, благодаря специально организованному доступу к ресурсам наложенной сети.

Имеется еще одно преимущество такой стратегии, состоящее в том, что рационально выбранный участок для построения наложенной сети позволяет проложить определенное число маршрутов межстанционной связи через сеть. Это сразу должно сказаться на повы-

шении качества предоставляемых услуг благодаря использованию протяженных маршрутов только с цифровыми каналами. Естественной для цифровой сети является централизованная межстанционная сигнализация по ОКС.

Применение централизованной сигнализации (необходимые сведения о централизованной сигнализации см. в главе 20) позволяет существенно повысить верность передачи сигнальной информации (адресной, линейных и информационных сигналов). Удаленные группы пользователей могут быть экономично включены в цифровые системы коммутации (ЦСК) с помощью выносов (В), являющихся частью программно-аппаратных средств этих ЦСК, приближенных к местам группирования пользователей. Функционально выносы цифровой сети отличаются от подстанций аналоговой сети способностью замыкать внутренние потоки информации без занятия каналов, связывающих вынос с ЦСК. Эти каналы используются только для внешней связи (входящей и исходящей) пользователей выноса.

Структура вторичных цифровых сетей общего пользования. Нами уже упоминалось о том, что цифровой называют сеть, в которой информация передается между абонентскими пунктами (АП) пользователей только в цифровой форме. Структура цифровой сети может быть существенно упрощена по сравнению со структурой аналоговой вторичной телефонной сети. Это связано, прежде всего, с тем, что нет таких жестких ограничений максимальной емкости ЦСК (количества портов – абонентских и соединительных линий), какие существуют для аналоговых оконечных станций и узлов. Поэтому для построения цифровой сети заданной емкости требуется меньшее количество станций, чем для построения аналоговой сети. Еще одно важное отличие цифровой сети от аналоговой – практическое отсутствие ограничений на расстояние между станциями и узлами благодаря использованию систем передачи с ИКМ. Эти особенности позволяют строить цифровую городскую или ведомст-

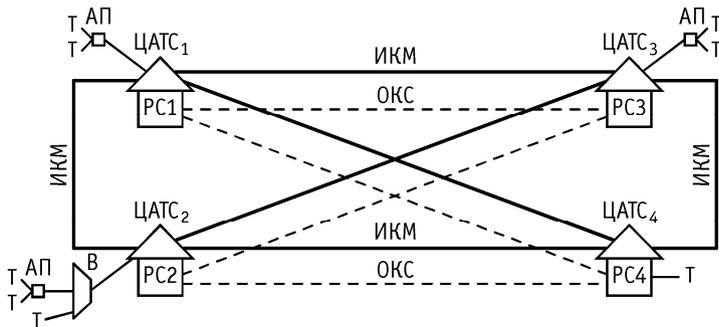


Рис. 10.4. Структура вторичной одноуровневой сети

венную вторичную сеть как одноуровневую (т.е. без узлов). Станции такой сети могут быть связаны друг с другом по способу «каждая с каждой» линиями с ИКМ (рис. 10.4). Эти станции могут использоваться как оконечные или как совмещенные (оконечные и транзитные). Для целей обмена сигнальными сообщениями при межстанционной связи в цифровой сети выделяют сигнальную подсеть с КП. Эта подсеть образована пунктами сигнализации (ПС) и связывающими их ОКС. Сигнальные сообщения в этой подсети передаются в форме пакетов переменной длины с высокой скоростью и верностью. В сигнальной подсети, являющейся эффективным транспортным средством, передаются не только сигнальные сообщения традиционных пользователей, но и команды управления сетью, а также данные для администрирования. Сеть с описанными свойствами может поддерживать множество служб – таких как телефонную, передачи данных, изображений – и ее принято называть цифровой сетью интегрального обслуживания. Станции цифровой сети, реализуя функции оконечных и транзитных, могут иметь емкость до 60 тыс. портов и более. В цифровой сети исключительно широко используются выносы (концентраторы) части оборудования оконечных станций, так как это позволяет снизить затраты на абонентскую сеть, называемую сетью доступа (сеть доступа пользователей к ресурсам цифровой сети).

Развитие телефонной сети общего пользования России. Медленно, но растет из года в год телефонная плотность (ТП). Напомним, что понимается сегодня под ТП. Это приходится на 100 жителей количество основных телефонных аппаратов, имеющих идентификационный номер в плане нумерации согласно рекомендации МСЭ-Т E.164 и обеспечивающих передачу речи с артикуляцией не хуже 70%, с задержкой не более 200 мс, нагрузкой в ЧНН 0,03 Эрл в квартирном и 0,07 Эрл – в народнохозяйственном секторе и тарифом, доступным практически всему населению. Господствующая точка зрения на перспективу развития операторских сетей определяет предел ТП – 40%.

Согласно [6] направления развития современной телефонии определяются как внутренними факторами, так и внешними. Внутренние факторы – это системные и сетевые решения по развитию ТфОП. Системные решения включают в себя вопросы повременного учета трафика, нумерации, оперативно-розыскных мероприятий. Сетевые решения связаны с дальнейшими шагами по цифровизации ТфОП, модернизации сети доступа (гл. 21), поддержке «универсального обслуживания». Из внешних факторов упомянем только о процессах интеграции и конвергенции, которые являются предпосылкой для перехода к сетям нового поколения (Next Generation Networks, NGN) и рассмотрению которых посвящен 3 том книги «Телекоммуникационные системы и сети».

Со временем телефония станет одним из приложений мультисервисной сети, которая будет качественно развиваться. Действительно, NGN это и новое поколение мультисервисных сетей, это и новая идеология построения сетей, обеспечивающая услуги Triple Play (го-

лос, данные, видео). Сегодня уже у всех на слуху новый термин IMS (IP Multimedia Subsystem) – подсистема среды IP-мультимедиа. IMS – это очередной этап развития концепции NGN, расширяющий возможности конечного пользователя за счет предоставления расширенного набора услуг, в том числе тех, которые были невозможны или экономически неэффективны в сетях ТДМ или сетях NGN на Softswitch. Благодаря внедрению IMS абоненты NGN становятся мобильными, а абоненты сотовых сетей – широкополосными, а услуги обеих сетей – персонализированными [7].

Сегодня, рассматривая процесс развития мультисервисных сетей, точку ставить рано. Ограничений на пути движения к совершенству нет (или почти нет).

10.3. Расчет коммутационного узла с коммутацией каналов

10.3.1. Модель коммутационного узла

Как уже отмечалось, при использовании способа КК сеть должна предоставить физический канал (электрическую цепь) от источника к получателю на время сеанса связи. Эта физическая цепь «из конца в конец» может состоять из нескольких звеньев передачи (каналов), которые соединяются друг с другом в УК с помощью коммутационных полей. Звенья передачи могут быть представлены каналами одного из двух типов – КТЧ аналоговых СП или каналами ЦСП с временным разделением каналов. Большинство пользователей сетей с коммутацией каналов обслуживаются с *блокировками* вызовов. Под блокировкой вызова понимают отказ в предоставлении канала из конца в конец. Доля блокировок определяет качество сети с КК. Объем ресурсов сети и эффективность их использования зависят от допустимой доли блокировок. Характеристики обслуживания вызовов описываются с помощью вероятности блокировки, времени установления и разъединения соединения. Для сети с КК установлены протоколы соединения и разъединения. Под протоколом соединения (разъединения) понимают: а) состав (перечень) сигналов, которыми обмениваются абонентская установка с сетью и станции и узлы сети друг с другом, б) логику обмена сигналами, в) способ сигнализации (от звена к звену или из конца в конец), г) параметры сигналов (длительности, уровни и др.). Как показано в п. 10.1, при предоставлении обычных

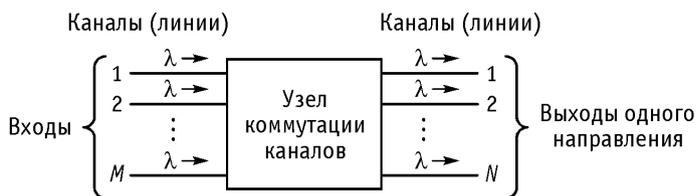


Рис. 10.6. Общая модель узла коммутации

услуг телефонной связи требуется передавать десять видов сигналов. Для уяснения принципов коммутации в сетях с КК рассмотрим общую модель УК (рис. 10.6).

Приведенная на рис. 10.6 модель описывает большое разнообразие систем коммутации (СК). Под СК понимают совокупность средств коммутации и управления, обеспечивающих установление физических соединений входящих линий (каналов) с исходящими. Так, например, M -входами могут быть абонентские линии, а N -выходами – исходящие каналы оконечной станции к одной из станций сети; на узле или на транзитной станции M -входами могут быть входящие каналы (линии) от одной из станций сети, а N -выходами – исходящие каналы к другой станции сети.

Рассмотрим приведенную выше модель. Любой из M -входов может быть либо свободен в течение интервала времени, распределенного по экспоненциальному (показательному) закону с средним значением $1/\lambda$, либо генерировать вызов. Этот вызов может быть обслужен в течение случайного интервала времени, который распределен по экспоненциальному закону со средним значением $1/\mu$. Вызов, поступивший на любой вход, занимает любой свободный выход (такая полная доступность всех выходов пучка характерна для узлов и станций с программным управлением). Если все выходы направления связи заняты, то вызов блокируется (СК отказывает ему в обслуживании) и уходит из системы массового обслуживания (СМО). Любая СК является СМО, так как предоставляет *общие ресурсы* (обычно ограниченные) большой массе пользователей. Если в СМО, показанной на рис. 10.6, установлено n соединений, то она перейдет в стационарный, установившийся режим [1]. Вероятностные характеристики этого режима не будут зависеть от времени. Именно этот режим работы СК интересует нас, поскольку расчеты требуемого количества каналов M выполняются для часа наибольшей нагрузки (ЧНН), когда уже установлено большое количество соединений. В этом режиме на входы СМО поступают вызовы с интенсивностью λ_n и уходят из системы с интенсивностью μ_n . Системы, находящуюся в состоянии n , описывают двумя переменными:

$$\lambda_n = (M - n)\lambda \begin{cases} 0 \leq n \leq N, \\ N \leq M, \end{cases} \quad (10.1)$$

$$\mu_n = n\mu, \quad 1 \leq n \leq N.$$

Стационарный режим СМО описывается уравнением равновесия (10.2). В нем устанавливается вероятностная зависимость перехода в состояние $n + 1$ от интенсивности поступления вызовов λ_n в состоянии n и от вероятности наличия в модели n установленных соединений для любого $n \geq 0$:

$$\mu_{n+1} p_{n+1} = \lambda_n p_n, \quad n \geq 0, \quad (10.2)$$

где p_n, p_{n+1} – вероятность существования в СМО n или $n + 1$ установленных соединений соответственно.

Вероятности состояний СМО описываются закономерностями, параметры которых существенно зависят от соотношения между M и N . Так, например, для часто встречающегося в практике случая, когда $M \gg N$ (N конечно) и M очень велико, поступление вызовов на входы описывается распределением (законом) Эрланга. Этот закон описывает поведение некоторой случайной величины X (для рассматриваемой СМО – это появление вызовов на входах). Положения этого закона таковы:

1) если вызовы расположить на оси времени t (точки на рис. 10.7), то вероятность попадания того или иного числа вызовов на отрезок L зависит только от длины этого отрезка, а не от положения отрезка на оси времени. Последнее указывает на то, что вызовы распределены во времени с одинаковой средней плотностью (λ), которая характеризует среднее количество вызовов в единицу времени;

2) вызовы распределяются во времени независимо друг от друга. Это значит, что вероятность попадания заданного числа вызовов на выбранный отрезок времени не зависит от того, сколько вызовов попало на любой другой отрезок, не перекрывающийся с ним;

3) вероятность попадания двух или более вызовов на малый участок Δt пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью попадания одного вызова (это эквивалентно невозможности одновременного появления двух вызовов).

Для модели СМО с такими свойствами потока вызовов вероятность блокировки (отказа в обслуживании вызова из-за занятости всех N -выходов) описывается распределением Эрланга:

$$E_N(Y) = \frac{Y^N/N!}{\sum_{n=0}^N Y^n/n!}, \quad (10.3)$$

где $Y = \lambda/\mu$, $E_N(Y)$ – вероятность занятости (блокировки) всех N -выходов при нагрузке Y от любого из M -источников. Строго говоря, это выражение верно при $M = \infty$. Использование его при инженерных расчетах схем с большим количеством входов дает небольшую погрешность.

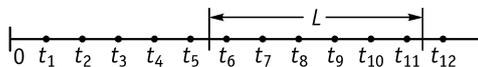


Рис. 10.7. Моменты поступления потока вызовов Эрланга

Нагрузка Y , создаваемая одним источником вызовов, численно равна произведению интенсивности вызовов λ на длительность обслуживания ($1/\mu$). Блокировку еще называют *потерей вызова* (вызов уходит из СМО, теряется), долей потерянных вызовов на практике оценивают качество обслуживания систем с блокировками.

10.3.2. Структура коммутационных полей станций и узлов

Пространственная коммутация. На любой станции (узле) сети с КК необходимо коммутировать (соединять) входящие линии или каналы СП с исходящими линиями (каналами). Совокупность элементов, обеспечивающих коммутацию, назовем коммутационным полем (КП). Исторически первыми стали применять пространственные КП. В них коммутируемые цепи разделены в пространстве. Такие КП применялись на всех электромеханических автоматических телефонных (АТС) и телеграфных станциях и узлах. На станциях с программным управлением применяют КП, в которых используется как пространственное, так и временное разделение цепей (каналов). Простейшим коммутационным устройством КП является коммутатор. Коммутатор (рис. 10.8) – это коммутационная схема с n входами и m выходами. В точке пересечения входа с выходом может быть установлен коммутационный элемент (КЭ) – металлический контакт или полупроводниковой переключатель. Если в квадратном коммутаторе $n \times n$ на пересечении всех входов с выходами установлены КЭ, то в нем всегда можно установить соединение заданного входа с любым свободным выходом. Коммутатор с таким свойством является *неблокирующим*, т.е. все его выходы доступны любому входу и даже при занятости $n - 1$ выходов последний свободный выход доступен входу. Если $n > m$, то в коммутаторе *возникают блокировки*.

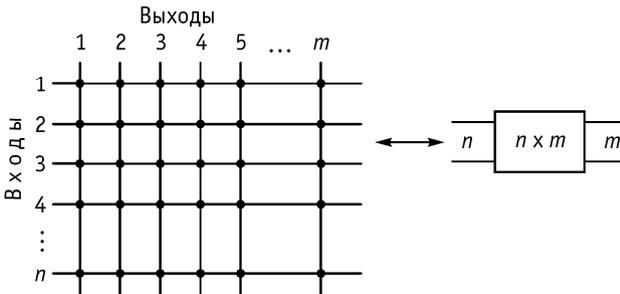


Рис. 10.8. Схема коммутатора $n \times m$ и его символическое изображение

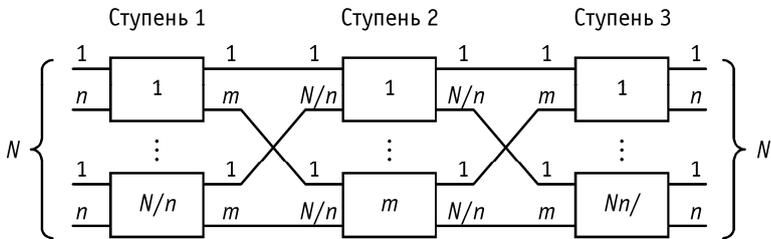


Рис. 10.9. Трехступенная (трехзвенная) коммутационная схема

Если к входам и выходам одного квадратного коммутатора $N \times N$ подключить абонентские линии одной АТС, то количество необходимых КЭ $Q = N^2 - N(N - 1)$, так как КЭ по диагонали слева направо не нужны. Если число абонентских линий 8000, то количество КЭ в КП с одним коммутатором должно быть не менее $8 \cdot 10^3(8 \cdot 10^3 - 1) \cong 64 \cdot 10^6$. Стоимость такого КП будет неприемлемо велика. Можно ли построить КП с существенно меньшим количеством КЭ при заданном количестве абонентов станции и с малыми (приемлемыми) потерями? Такой способ существует. Он состоит в использовании многозвеньевых структур, в которых коммутаторы соединены каскадно. Схема такого КП показана на рис. 10.9. В отечественной литературе она называется многоступенной, а чаще многозвенной.

Каждая ступень коммутации связана с совокупностью соединительных путей (звеньев). Общее число КЭ в этой схеме существенно меньше, чем в схеме квадратного коммутатора с N -входами и N -выходами:

$$Q = 2nm(N/n) + m(N/n)^2 = 2Nm + m(N/n)^2. \quad (10.4)$$

Сравним выигрыш при использовании трехзвенной схемы по сравнению со схемой квадратного коммутатора $N \times N$. Если $N = 8000$, $n = 32$, $m = 16$, тогда количество КЭ будет равно:

$$\begin{aligned} Q &= 2 \cdot 8000 \cdot 16 + 16(8000/32)^2 = \\ &= 256 \cdot 10^3 + 16 \cdot 62,5 \cdot 10^3 = 318 \cdot 10^3. \end{aligned}$$

Как видим, использование трехзвенной схемы с $n = 32$ и $m = 16$ позволяет уменьшить количество КЭ не менее чем в 200 раз.

Коммутационные поля современных ЦСК относятся к КП блокирующего типа, однако в них число звеньев и параметры коммутаторов выбирают такими, чтобы вероятность блокировки была очень мала (не больше 0,1 %).

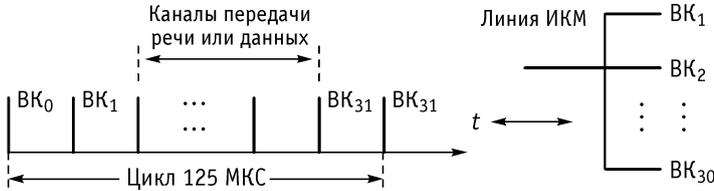


Рис. 10.10. Формат цикла ЦСП с ИКМ и схематичное изображение временного разделения каналов

Трехзвенная схема может быть и неблокирующей, если будет выполнено условие: $m = 2n - 1$. Использование неблокирующих схем в ЦСК большого объема неэффективно, так как требует значительно большего количества КЭ, чем в блокирующих, при прочих равных условиях.

Временная коммутация. Как уже говорилось, в КП с пространственной коммутацией устанавливаются соединения линий (трактов), разделенных электрически (пространственно). Коммутаторы с пространственной коммутацией используются как в электромеханических, так и в цифровых УК. Однако в цифровых УК применяется еще и временная коммутация, т.е. схемы с временным разделением каналов. Временное разделение может реализоваться, например, с помощью импульсно-кодовой модуляции. В ТФ–ОП России, как и в сетях Европы, используются тридцатиканальные ЦСП с ИКМ. В групповом тракте одного направления передачи (например, в двухпроводной кабельной физической линии) такой ЦСП организуется 30 разделенных во времени каналов (ВК) для передачи речевой информации или данных и 2 специальных канала. Схематично такое

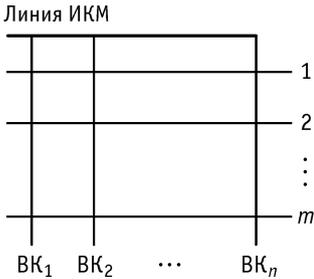


Рис. 10.11. Схема пространственного эквивалента временной коммутации

разделение 30 каналов, предоставляемых пользователям, показано на рис. 10.10. Коммутационные поля цифровых станций и узлов строятся с использованием пространственно-временной коммутации. Последняя подобна пространственной. Подобие это состоит в следующем. Пусть для каждого ВК существует ячейка памяти, где код данных хранится в течение цикла. На рис. 10.11 ячейки, закрепленные за одной линией ИКМ, показаны вертикальными линиями. Пусть также имеются промежуточные линии (на рис. 10.11 это горизонтальные ли-

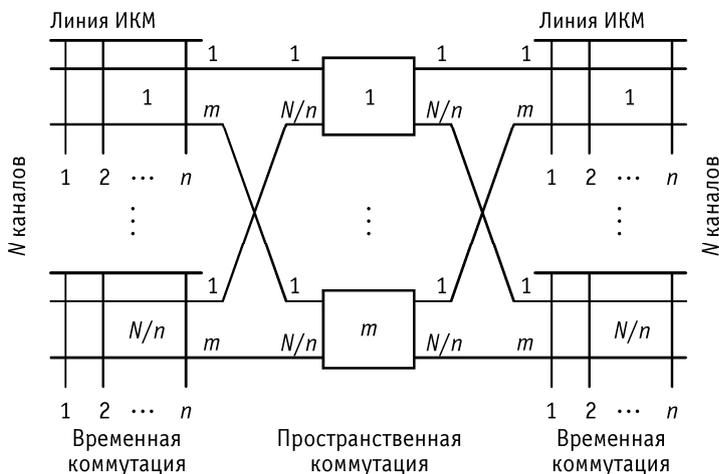


Рис. 10.12. Схема трехзвенного КП типа В-П-В

нии), по которым содержимое любой ячейки может быть прочитано в любом нужном временном положении. Процесс такого считывания и называется временной коммутацией. Пример КП с пространственно-временной коммутацией показан на рис. 10.12. В ней на первой и третьей ступенях используется временная, а на второй – пространственная коммутация.

Тип коммутации, используемый в схеме рис. 10.12, называют «время-пространство-время» (В-П-В). Как и в схеме рис. 10.9, здесь число входящих и исходящих каналов равно N . Эти каналы представлены в N/n входящих и исходящих линиях ИКМ. Работа такой коммутационной схемы аналогична работе трехзвенной пространственной коммутационной схемы рис. 10.9. В пространственных коммутаторах 2-й ступени устанавливаются соединения временных каналов исходящих и входящих линий ИКМ.

Это значит, что КЭ, разделенные в пространстве и установленные на пересечении вертикали с горизонталью, должны открываться в выбранном *свободном временном положении коммутации*. Свободное временное положение коммутации выбирается управляющим устройством, оно же обеспечивает считыванием кода данных из требуемой ячейки (например, 2-й) информационной памяти входящей линии ИКМ (например, 1-й) в ячейку (например, n) информационной памяти некоторой исходящей линии ИКМ (например, N/n -й).

10.3.3. Элементы теории телетрафика

Вычисление трафика. Теория телетрафика – раздел теории массового обслуживания. Основы теории телетрафика заложил датский ученый А.К. Эрланг. Его работы были опубликованы в 1909–1928 гг. Дадим важные определения, используемые в теории телетрафика (ТТ). Термин «трафик» (от англ. traffic) соответствует термину «телефонная нагрузка». Подразумевается нагрузка, создаваемая потоком вызовов, требований, сообщений, поступающих на входы СМО. Трафик измеряется в часо-занятиях (ч-з) или в эрлангах (Эрл). Трафик, создаваемый одним источником и выраженный в часо-занятиях, равен произведению числа *попыток вызовов с* за определенный интервал времени *T* на среднюю длительность одной попытки *t*: $y = c \cdot t$ (ч-з).

Трафик величиной в 1 Эрл равен 1 ч-з в час (ч-з/ч). Отметим, что попытка вызова может не закончиться занятием канала (линии) в требуемом направлении связи, однако любая попытка создает нагрузку на СМО. Трафик *Y*, выраженный в Эрлангах, равен среднему числу одновременных занятий в течение одного часа. Трафик можно вычислить тремя разными способами:

1) пусть число вызовов *c* в течение часа равно 1800, а средняя длительность занятия $t = 3$ мин, тогда

$$Y = 1800 \text{ выз./ч} \cdot 0,05 \text{ ч} = 90 \text{ Эрл};$$

2) пусть в течение времени *T* фиксируются длительности t_i всех *n* занятий выходов некоторого пучка, тогда трафик определяют так:

$$Y = 1/T \cdot \sum_{i=1}^n t_i ; \quad (10.5)$$

3) пусть в течение времени *T* выполняется наблюдение через равные промежутки времени Δt за количеством одновременно занятых выходов некоторого пучка, по результатам наблюдений строят (рис. 10.13) ступенчатую функцию времени $x(t)$.

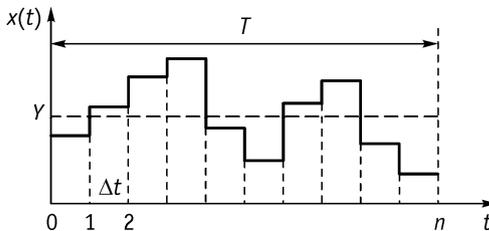


Рис. 10.13. Отсчеты одновременно занятых выходов пучка

Трафик в течение времени T может быть оценен как среднее значение $x(t)$ за это время:

$$Y = 1/T \cdot \sum_{i=1}^n x_i(t) \Delta t_i, \quad (10.6)$$

где n – число отсчетов одновременно занятых выходов. Величина Y есть среднее количество одновременно занятых выходов пучка в течение времени T .

Колебания трафика. Трафик вторичных телефонных сетей существенно колеблется во времени. В течение рабочего дня кривая трафика имеет два или даже три пика (рис. 10.14). Час суток, в течение которого трафик, наблюдаемый длительное время, имеет наибольшее значение, называют часом наибольшей нагрузки (ЧНН). Знание трафика в ЧНН принципиально важно, так как им определяется количество каналов (линий), объем оборудования станций и узлов. Трафик одного и того же дня недели имеет сезонные колебания. Если день недели является предпраздничным, то ЧНН этого дня выше, чем в день после праздника. Если количество служб, поддерживаемых сетью, растет, то и трафик растет. Поэтому проблематично предсказывать с достаточной уверенностью возникновение пиков трафика. Трафик внимательно отслеживается администрацией сетей и проектными организациями. Правила измерения трафика разработаны МСЭ-Т [4] и используются администрациями национальных сетей для того, чтобы удовлетворить требованиям качества предоставляемых услуг как для абонентов своей сети, так и для абонентов других сетей, связанных с ней. Теорию телетрафика можно использовать для практических расчетов потерь или объема оборудования станции (узла) только в том случае, если трафик стационарный (статистически установившийся). Этому условию приближенно удовлетворяет трафик в ЧНН.

Процесс создания трафика. Как известно каждому пользователю телефонной сети, не все попытки установления соединения с вызываемым абонентом заканчиваются успешно. Иногда приходится де-

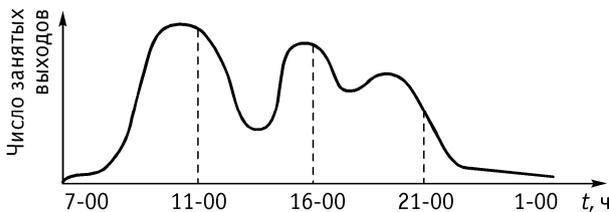


Рис. 10.14. Колебания трафика в течение суток

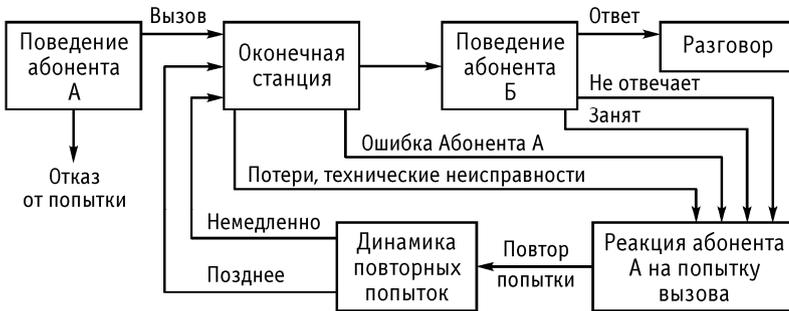


Рис. 10.15. Диаграмма событий при установлении соединения между абонентами А и Б

лать несколько неудачных попыток, прежде чем будет установлено желаемое соединение. Рассмотрим возможные события при установлении соединения между абонентами А и Б (рис. 10.15). Статистические данные о вызовах в телефонных сетях таковы: доля состоявшихся разговоров составляет 70–50 %, доля несостоявшихся – 30–50 %. Любая попытка абонента занимает вход СМО. При удачных попытках (когда разговор состоялся) время занятия коммутационных приборов, устанавливающих соединения входов с выходами, больше чем при неудачных. Абонент может в любой момент времени прервать попытки установления соединения. Повторные попытки могут быть вызваны следующими причинами:

- номер набран неправильно,
- предположение об ошибке в работе сети,
- степень срочности разговора,
- неудачные предыдущие попытки,
- знание привычек абонента Б,
- сомнение в правильности набора номера.

Повторная попытка может быть предпринята в зависимости от следующих обстоятельств:

- степени срочности,
- оценки причины неуспеха,
- оценки целесообразности повторения попыток,
- оценки приемлемого интервала между попытками.

Отказ от повторной попытки может быть связан с низкой степенью срочности. Различают несколько видов трафика, создаваемого вызовами: *поступающий (предложенный)* Y_n и *пропущенный* Y_{np} . Трафик Y_n включает все успешные и неуспешные попытки, трафик Y_{np} , являющийся частью Y_n , включает успешные и часть неуспешных попыток:

$$Y_{\text{пр}} = Y_{\text{р}} + Y_{\text{нп}},$$

где $Y_{\text{р}}$ – разговорный (полезный) трафик, а $Y_{\text{нп}}$ – трафик, созданный неудачными попытками. Равенство $Y_{\text{н}} = Y_{\text{р}}$ возможно лишь в том идеальном случае, если нет потерь, ошибок вызывающих абонентов и ответов вызываемых абонентов.

Прогнозирование трафика. Ограниченность ресурсов приводит к необходимости поэтапного расширения станции и сети. Администрация сети делает прогноз увеличения трафика в течение этапа развития, учитывая, что [5]:

- доход определяется частью пропущенного трафика $Y_{\text{р}}$,
- *затраты* определяются качеством обслуживания при наибольшем трафике,
- *большая доля потерь* (низкое качество) бывает в редких случаях и характерна для конца периода развития,
- *наибольший объем пропущенного трафика* приходится на периоды, когда потери практически отсутствуют,
- *если потери меньше 10 %*, то абоненты на них не реагируют.

При планировании развития станций и сети проектировщик должен ответить на вопрос, каковы требования к качеству предоставления услуг (к потерям). Для этого нужно проводить измерения трафика и потерь по принятым в стране правилам.

Контрольные вопросы

1. Подвергаются ли обработке сообщения пользователей в телефонных сетях?
2. Каким показателем оценивается качество предоставления сетевых ресурсов в телефонных сетях?
3. Назовите виды сигналов, передаваемых между пользовательской установкой и сетью или между станциями телефонной сети.
4. Назовите отличия централизованной сигнализации от децентрализованной.
5. Поясните процесс обработки вызова на станции телефонной сети при успешном соединении.
6. Охарактеризуйте место ТФ–ОП РФ в международном телекоммуникационном пространстве.
7. Охарактеризуйте службы сервиса Министерства связи РФ.
8. Приведите примеры ДВО, предоставляемых службами станции или телефонной сети.
9. Охарактеризуйте возможные способы связи станций вторичных телефонных сетей.
10. Каковы возможные стратегии перехода от аналоговых вторичных телефонных сетей к цифровым?
11. Каковы основные отличия цифровой сети от аналоговой?
12. Каково назначение сигнальной подсети в составе цифровой?

13. Охарактеризуйте открытую систему нумерации, используемую на между-городной телефонной сети РФ.
14. Каковы характеристики обслуживания вызовов на УК с коммутацией каналов?
15. Что понимают под протоколом соединения в телефонной сети?
16. Изобразите общую модель УК телефонной сети.
17. Охарактеризуйте поток вызовов, описываемый законом Пуассона.
18. Запишите выражение для трафика, создаваемого одним источником вызовов.
19. Дайте определение ЧНН.
20. Каковы требования к доле состоявшихся разговоров в телефонной сети?
21. Каковы причины повторных попыток вызовов?
22. Какая величина потерь (блокировок) не замечается абонентами?
23. Приведите пример трехзвенной коммутационной схемы.
24. Каково преимущество многозвенных (многоступенных) коммутационных схем по сравнению с однозвенными?
25. Постройте трехзвенную коммутационную схему типа В–П–В.

Список литературы

1. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей. – М.: Наука, 1964. – 576 с.
2. **Концепция** развития связи Российской Федерации / Под ред. В.Б. Булгака, Л.Е. Варакина. – М.: Радио и связь, 1995. – 224 с.
3. **Мизин И.А.** О концепции создания Российской общегосударственной и региональных интегрированных сетей передачи информации // Электросвязь. – 1997. – № 12. – С. 2–9.
4. **МККТТ.** Синяя книга. Телефонная служба и ЦСИС. Качество обслуживания, управление сетью и расчет нагрузки. Рекомендации Е.401 – Е.880. IX Пленарная ассамблея. – Мельбурн, 1988. – Т. II. – Вып. II.3.
5. **Эллдин А., Линд Г.** Основы теории телетрафика. – М.: Связь, 1972. – 199 с.
6. **Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г.** Сети связи: Учебник для ВУЗов. СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 399 с.
7. **Бакланов И.Г.** NGN: Принципы построения. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.
8. **Кучерявый А.Е., Парамонов А.И., Кучерявый Е.А.** Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчета. – М.: ФГУП ЦНИИС. – 2008. – 296 с.

Глава 11. Телеграфные службы

11.1. Сети телеграфной связи

Телеграфная сеть России состоит из следующих трех коммутируемых сетей:

1) *общего пользования* (ОП), по которой передаются телеграммы, принятые в городских отделениях связи (ГОС), районных узлах связи (РУС) или непосредственно на телеграфных узлах и доставляемые адресатам (учреждениям, предприятиям, частным лицам);

2) *абонентского телеграфирования* (АТ), по которой передаются телеграммы или организуются телеграфные переговоры между установленными у абонентов этой сети окончательными абонентскими установками;

3) *международного абонентского телеграфирования* «Телекс», по которой передаются телеграммы или организуются телеграфные переговоры между окончательными установками абонентов этой сети, находящихся в нашей стране и за рубежом.

Кроме перечисленных, в состав телеграфной сети страны входит сеть некоммутируемых (арендованных) каналов.

Сеть общего пользования. Сеть общего пользования предусматривает организацию по всей стране отделений связи, куда отправители сдают телеграммы и которые обеспечивают доставку телеграмм непосредственно получателю. Телеграмма может быть адресована в любой населенный пункт страны, где имеются отделение или узел связи.

Телеграфная сеть общего пользования прошла большой путь развития и на разных его этапах базировалась на принципах КК, КС и их сочетаний. В перспективе на сети ОП будут использоваться только методы, основанные на коммутации с накоплением информации (КС и КП).

Комбинированные сети в зависимости от того, какой метод коммутации играет главную роль, называются сетями с КК + КС или КС + КК. Построение сети с использованием на всех участках ее, кроме местного, коммутации каналов получило название *прямых соединений* (КК + КС). Этот метод до недавнего времени широко использовался на телеграфных сетях общего пользования. Он заключается в предоставлении тому или иному отделению связи (ОС) временного прямого соединения через узлы коммутации каналов с другими отделен-

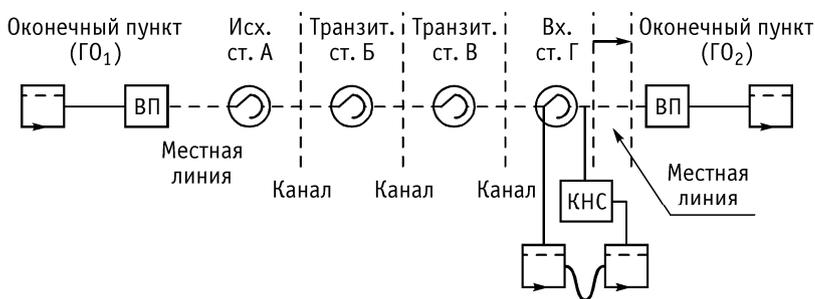


Рис. 11.1. Структурная схема системы ПС

ниями связи. Схема телеграфной связи по системе ПС приведена на рис. 11.1. Телеграфные ОС подключаются местными соединительными линиями к ближайшим узлам коммутации, которые соединяются друг с другом пучками магистральных каналов. Телеграфные аппараты оконечных пунктов подключаются к вызывным приборам (ВП), обеспечивающим посылку на узел сигналов вызова, набора номера, отбоя, а также осуществляющим автоматическое включение и выключение телеграфного аппарата в соответствии с сигналами, поступающими от узла.

Для передачи телеграммы по системе ПС телеграфист одного оконечного пункта набирает на вызывном приборе номер вызываемого оконечного пункта, в результате чего коммутационные приборы узлов автоматически устанавливают требуемое соединение каналов между этими пунктами. С трансмиттера первого оконечного пункта осуществляется автоматическая передача предварительно отперфорированных телеграмм, принимаемых аппаратом другого оконечного пункта. Для образования прямого телеграфного канала между вызывающим и вызываемым оконечными пунктами необходимо наличие свободных магистральных каналов между всеми узлами, участвующими в этом соединении, а также свободной местной линии между последним узлом и вызываемым пунктом.

Число каналов на низовой сети (от областного узла до ГО или РУС) обычно мало (2–3), поэтому такие каналы гораздо чаще оказываются занятыми, чем каналы магистральной сети. Если связь первого оконечного пункта ГО₁ с последним узлом коммутации (ст. Г на рис. 11.1) может быть получена со сравнительно малой вероятностью отказа (1–5 %), то на участке местной линии от ст. Г до второго оконечного пункта ГО₂ вероятность отказов может достигать 20–30 % (при нагрузке 0,2–0,3 Эрл). При этом вызывающий пункт будет получать частые отказы и через некоторое время повторять вызовы. В ре-

зультате бесполезно занимают магистральные каналы и коммутационные приборы узлов, замедляется прохождение телеграмм, расходуется время телеграфистов на повторные вызовы.

Кроме того, для передачи телеграммы непосредственно в оконечный пункт зоны другого узла необходимо знать номер, присвоенный этому пункту. А в случае адресования телеграммы в городское отделение связи необходимо еще знать часы работы отделения, так как в ряде случаев доставка телеграмм из ГО производится не круглосуточно. Как правило, отправитель телеграмм этих сведений предоставить не может. Поэтому в случае занятости местной линии к оконечному пункту оказалось более целесообразным осуществлять на последнем узле прием входящих телеграмм на перфоратор (накопитель) и передачу их в оконечный пункт по мере освобождения местной линии. Таким образом, система ПС по принципу построения является комбинированной: на магистральном участке она построена по принципу КК, а на низовом участке содержит реперфораторный прием, основанный на принципах КС.

В отличие от сети, построенной по принципу КК + КС, в которой УК работают в основном по методу КК, в сети, построенной по принципу КС + КК, основные (транзитные и часть оконечных) узлы работают по методу КС, а оконечные узлы КК служат в качестве концентраторов нагрузки для узлов КС.

Сеть абонентского телеграфирования. Телеграфная связь общего пользования не в полной мере удовлетворяет запросы предприятий и учреждений, нуждающихся в оперативной связи с получением незамедлительных обратных сообщений. Телеграммы, как правило, накапливаются, прежде чем курьер предприятия доставляет их в отделение связи. Процесс передачи и последующей доставки телеграмм адресату также требует определенного времени. Большое число телеграмм, доставляемых в отделение связи к концу рабочего дня от предприятий и учреждений, создает значительные пики нагрузки на сети ОП, что замедляет прохождение телеграмм от отправителя до адресата.

Перечисленные недостатки системы ОП отсутствуют в системе абонентского телеграфирования (АТ), в основу которой положен принцип максимального приближения услуг телеграфа к предприятиям и учреждениям. Это достигается установкой оконечных телеграфных аппаратов непосредственно в предприятиях и учреждениях. Предприятие, имеющее такой аппарат, включенный через соединительную линию в коммутационные станции сети АТ, становится абонентом этой сети, которому предоставляются возможности:

– получения по немедленной системе соединения с любым другим абонентом этой сети и ведения с ним телеграфного переговора в режиме поочередной двухсторонней связи;

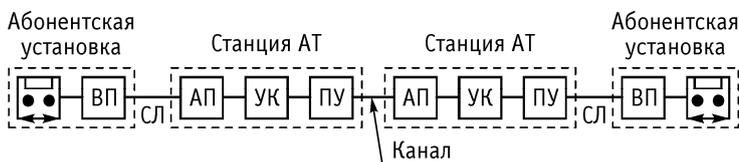


Рис. 11.2. Структурная схема абонентской телеграфной связи

- передачи телеграмм другим абонентам сети АТ независимо от присутствия обслуживающего персонала у приемного аппарата;
- соединения со станционным аппаратом своего узла коммутации для передачи сообщения абонентам, не включенным в сеть АТ (например, абонентам сети ПС);
- приема информации, поступившей от абонента другой сети через местный узел коммутации.

Развитие сети АТ приводит к значительной разгрузке сети общего пользования и в первую очередь от транзитной корреспонденции. В существенной степени снимаются пики нагрузки, определяющиеся телеграммами, поступившими от предприятия к концу рабочего дня. Система АТ во многом аналогична системе ПС, однако если в системе АТ можно мириться с занятостью каналов и необходимостью повторных вызовов, то в сети ПС, как указывалось, это нерационально. Поэтому в сетях АТ принцип коммутации каналов строго поддерживается на всех стадиях соединения.

Схема абонентской телеграфной связи приведена на рис. 11.2. Оборудование оконечной установки сети АТ аналогично оборудованию оконечного пункта сети ПС. В качестве оконечной телеграфной аппаратуры в основном применяются ролонные аппараты, а в последнее время ПК с адаптерами. Аппарату придается устройство автоответа, позволяющее принимать сообщение в случае отсутствия абонента. Вызывной прибор (ВП), оборудованный номеронабирателем, вызывной и отбойной кнопками и двумя сигнальными лампочками, позволяет производить вызов узла коммутации (станции АТ) и автоматическое включение аппарата по команде с узла. Абонентские установки соединены с ближайшими станциями АТ. Вызов центра коммутации производится нажатием кнопки «вызов» на ВП. Аппаратура абонентской панели (АП) регистрирует сигнал вызова, и устройство коммутации (УК) приводится в состояние готовности приема адресного блока (в сети АТ – импульсов набора номера). При этом на вызывной прибор посылается сигнал «Разрешение набора номера».

Кроме абонентской панели и устройства коммутации, аппаратура узла включает в себя переходное устройство (ПУ), обеспечивающее подключение к центру междугородных каналов. После установления

соединения с требуемым абонентом сообщение передается из одного абонентского пункта в другой.

Разновидность абонентского телеграфа – международный абонентский телеграф Телекс, предназначенный для обеспечения документальной связью абонентов, передающих сообщения в другие страны. На сети Телекс набор номера абонента обычно осуществляется с клавиатуры телеграфного аппарата.

При этом телеграфный аппарат вызываемого абонента включается сразу же после сигнала вызова. Набор номера вызываемого абонента осуществляется путем передачи на узел коммутации стартовых комбинаций. Все сигналы, поступающие со станции на аппарат абонента, также передаются стартовыми сигналами («Ответ станции», «Соединение», «Занято» и др.).

Оборудование телеграфных сетей [1]. Объективные тенденции перехода на скоростные сети передачи данных не могут не затронуть и телеграф. Это связано с тем, что обслуживание старых кабельных коммуникаций, оборудования локального телеграфа становится нерентабельным, а также возникают трудности с ремонтом. Наряду с этим повсеместно идет развитие сетей передачи данных и практически в каждом населенном пункте имеется точка входа в региональную мультисервисную сеть. Именно ресурсы таких сетей в настоящее время все чаще используются для передачи телеграфного трафика.

Сегодня в рамках модернизации телеграфных сетей в качестве коммутационного оборудования предлагаются и используются следующие комплексы: СТИН-Э производства ЗАО «НИИРС» (г. Новосибирск), «Телесофт-2000» производства НТЦ «Рисса», ТК-АТ-600 производства отдела Автоматизации информационных технологий Хабаровской телефонно-телеграфной станции, программно-технический комплекс Телеграфный коммутационный сервер (ТКС) «Вектор-2000» компании «ЛинТех» (г. Москва). В различных городах и населенных пунктах России происходит модернизация телеграфных узлов на основе данного оборудования, которое в той или иной степени позволяет заменить устаревшее и энергоемкое оборудование, снизить текущие затраты на обслуживание и уменьшить занимаемые площади. Перечисленное выше коммутационное оборудование является специализированным, оно достаточно современно, имеет помимо интерфейсов для работы по аналоговым каналам, интерфейсы для работы по цифровым каналам или каналам ПД с протоколом IP. Оборудование разработано и произведено отечественными фирмами и практически полностью защищено от несанкционированного доступа.

В качестве каналаобразующего оборудования на телеграфных сетях используется аналоговое оборудование, которое морально и физически устарело и в настоящее время не выпускается. В связи с этим некоторые операторы, несмотря на отсутствие нормативных до-

кументов, в режиме опытной эксплуатации осуществляют перевод телеграфного внутризонального и местного трафика на цифровые каналы и пакеты IP VPN. Так, например, в ОАО «Уралсвязьинформ» наряду с передачей магистрального зонального и местного трафика через системы тонального телеграфирования предусмотрена возможность передачи его и по сети ПД. Аналогичная ситуация в части внутризонального трафика наблюдается и в других МРК.

В качестве оконечного оборудования на телеграфных сетях используются в основном телеграфные аппараты, построенные на базе ПЭВМ со специализированным ПО, разработанным российскими компаниями. Из-за того, что некоторыми спецпользователями остается востребованной услуга «телеграмма на перфоленте», на коммутационном узле установлен, по крайней мере, один телеграфный аппарат с перфоленточной автоматикой. Такое устройство также выпускается отечественной промышленностью.

11.2. Направления развития телеграфной связи

До начала 90 годов телеграфная связь России была единственным видом документальной связи, доступным широкому кругу потребителей. Однако в 1992 г. наметился кризис: если в 1991 г. в России телеграфный обмен составлял 200 млн. телеграмм, то в 2009 г. было отправлено порядка 13 млн. телеграмм. Телеграфная связь сначала теряла доходы, а затем и вовсе стала убыточной. Убытки в последние годы удается сокращать за счет роста тарифов, однако компенсировать их полностью вряд ли удастся. Так, по данным Минкомсвязи, в 2009 г. доходы от передачи телеграмм компенсировали лишь 33% расходов, связанных с предоставлением услуг [2].

Все больше места в нашей жизни занимают конкурентные виды связи – электронная почта, факсимильная связь, сотовая связь: соответственно, сокращение доходов и отсутствие контроля над соблюдением нормативных актов привели к свертыванию доступности телеграфных услуг. Все больше подразделений, которые оказывали телеграфные услуги, закрываются. Более того, ликвидируются областные телеграфы, а у ряда операторов подразделения телеграфной связи вообще отсутствуют – нет средств на переоборудование, на эксплуатацию, на обучение и переподготовку специалистов. В течение последних пяти лет на 12 % сокращено количество объектов связи, осуществляющих телеграфные операции; на 25 % снижена монтированная емкость станций; на 24 % сокращено общее количество каналов в телеграфных сетях связи. И такая тенденция типична не только для России. Однако, несмотря на такое тяжелое положение подотрасли, нужно отметить, что сегодня в документообороте именно заверенная телеграмма является юридическим документом, а с учетом особенно-

стей территории нашей страны – телеграфная связь имеет еще и стратегическое значение для государственного управления в условиях чрезвычайных ситуаций. Обладая высоким коэффициентом готовности и надежности, телеграфная сеть страны может выполнять свои функции в нештатных ситуациях. Кроме того, в последнее время при общем снижении числа телеграмм значительно увеличилось количество правительственных телеграмм, и расширился перечень лиц, имеющих право их отправки. Иначе говоря, телеграфная связь России нужна. Но каким образом ее сохранить, каковы могут быть направления ее развития, как провести ее модернизацию и дать «вторую жизнь» телеграфной связи.

Цели и направления развития телеграфной связи, этапность модернизации. Прежде чем определять целевые задачи, решение которых определяет ближайшее и более удаленное будущее услуг телеграфной связи в России, дифференцируем подходы к различным телеграфным сетям в зависимости от их назначения и сегодняшнего состояния. В качестве таких компонентов можно выделить:

- сеть Телекс;
- ресурсы, предназначенные и находящиеся в постоянной готовности для обслуживания спецпотребителей и для обеспечения функционирования в условиях ЧС, ЧП и особого периода;
- ресурсы сети ТгОП, предназначенные для предоставления услуги «телеграмма» физическим лицам и выполняющие социально значимые функции;
- ресурсы сети ТгОП, предназначенные для передачи категорийных телеграмм от юридических лиц.

Сеть «Телекс», хоть и имеет для всей телеграфной связи тенденцию к снижению объемов предоставляемых услуг, но так как тарифы на эти услуги государством не регулируются, говорить о целесообразности проведения модернизации данной сети можно только после определения убыточности или доходности услуг сети «Телекс» и проведения дополнительных обследований.

Ресурсы сети телеграфной связи, предназначенные для работы в условиях ЧС и ЧП и особого периода, практически не приносят доходов от предоставления услуг связи. Этот фактор существенно отягощает экономику операторов связи и ставит под угрозу качественное выполнение ими основных задач. Представляется целесообразным, чтобы указанные специальные задачи были юридически оформлены как государственный заказ, а также, чтобы был решен вопрос о полном финансировании работ по его выполнению из государственного бюджета непосредственно либо из бюджета ведомств, заказывающих соответствующие ресурсы.

Затраты на **ресурсы сети ТгОП**, предназначенные для передачи категорийных телеграмм от юридических лиц, предлагается компен-

сировать на коммерческой основе, а также из средств госбюджета либо из бюджетов ведомств. С учетом наблюдаемых в настоящее время тенденций можно считать, что эти услуги в дальнейшем будут оказываться создаваемыми новыми системами на более высоком технологическом уровне.

В наиболее сложном положении находятся **услуга «телеграмма»** для населения и ресурсы сети ТгОП, обеспечивающие оказание этой услуги. Это связано как с объективными, так и субъективными факторами:

- значительная конкуренция со стороны быстроразвивающихся более современных услуг электросвязи;
- постоянное уменьшение доступности услуги ввиду непрекращающегося уменьшения числа отделений связи ФГУП «Почта России», предоставляющих услугу;
- существенное превышение фактической стоимости доставки телеграмм предельных значений, установленных тарифами на услугу «телеграмма»;
- регулирование тарифов на убыточную для операторов электросвязи услугу «телеграмма», что неизбежно влечет их незаинтересованность в оказании услуги;
- наличие чрезмерно высоких требований на коэффициент готовности сети, которое влечет за собой структурную избыточность телеграфных сетей и, следовательно, дополнительные затраты, что совершенно не оправдано, поскольку в большинстве случаев доставка ФГУП «Почта России» телеграмм осуществляется в часы и дни работы отделений связи.

Применительно к услуге **«телеграмма» для населения** основной целью на краткосрочную перспективу (ближайшие 2–3 года) следует считать реализацию мероприятий, обеспечивающих как минимум сохранение номенклатуры и качества предоставляемых телеграфных услуг. Эти мероприятия должны обеспечить снижение затрат и уменьшение убыточности для операторов электросвязи, предоставляющих услуги по передаче телеграмм. Учитывая социальную значимость услуги «телеграмма», в ее финансировании необходимо участие государства. Реализовать последнее можно, включив услугу «телеграмма» в перечень универсальных услуг связи. На этом же этапе необходимо проведение комплекса работ по модернизации технических средств сети ТгОП на основе перевода ее на цифровые или каналы IP VPN сетей ПД. Как уже отмечалось, коммутационное оборудование всех узлов уже сейчас позволяет перейти на работу по цифровым каналам или каналам IP VPN сетей ПД. Однако для этого требуется разработать проект, в котором должны быть проработаны вопросы обеспечения информационной безопасности, в том числе при использовании оборудования иностранных производителей; во-

просы обеспечения надежности; вопросы создания единой системы управления. Необходим расчет экономической эффективности.

В более далекой перспективе (трех и более лет) следует рассматривать следующий этап работ, целью которых является развертывание по всей территории страны новой системы документальной электросвязи общего пользования, основанной на перспективных информационных технологиях и методах защиты информации. Эта система должна создаваться независимо от сети ТГОП, с тем, чтобы в дальнейшем полностью ее заменить. Она должна быть интегрирована с удостоверяющими центрами электронной цифровой подписи и порталами органов государственной власти, которые создаются в рамках других программ. При этом должна обеспечиваться возможность предоставления широкому кругу потребителей, от населения до высоких должностных лиц государственной власти, богатой номенклатуры услуг по передаче сообщений любого вида, имеющих статус документов, в том числе, юридически значимых. Для придания юридической значимости создаваемая система должна обеспечивать:

- достоверность сообщений – информация, принятая от отправителя должна доставляться адресату целиком и без искажений;
- аутентичность – информация, отправленная отправителем, однозначно связывается с автором сообщения;
- конфиденциальность – обеспечение защиты от несанкционированного доступа к сообщению на всех этапах его обработки;
- гарантированность доставки – сообщение гарантированно доставляется адресату в установленные для данного типа сообщения и вида доставки контрольные сроки;
- подтверждение факта отправки и доставки сообщений – отправитель не может отказаться от факта передачи, а получатель – от факта получения этого сообщения.

Контрольные вопросы

1. Что такое телеграфная сеть общего пользования?
2. Какие возможности предоставляет сеть абонентского телеграфа и сеть Телекс?
3. Перечислите основные направления развития документальной электросвязи.

Список литературы

1. **Будылдина Н.В., Тимченко С.В.** Системы документальной связи: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 200 с.
2. **Концепция** развития телеграфной связи РФ. – М.: Министерство связи Российской Федерации, 2010.
3. **Козачок В.И., Семкин С.Н., Крюков О.В.** Теоретические основы построения систем документальной электросвязи: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 248 с.

Глава 12. Службы ПД. Защита от ошибок и преобразование сигналов

12.1. Методы защиты от ошибок

Защита от ошибок в системах без обратной связи. В системах без обратной связи (однонаправленных) для повышения верности приема используются следующие основные способы: многократная передача кодовых комбинаций; одновременная передача кодовой комбинации по нескольким параллельно работающим каналам; помехоустойчивое кодирование, т.е. использование кодов, исправляющих ошибки (корректирующих кодов).

Многократная передача кодовых комбинаций является наиболее просто реализуемым способом повышения верности. Повторение кодовых комбинаций может осуществляться вручную и автоматически (без участия операторов). Пусть передается буква А, число повторений возьмем равным пяти. Если на приемном конце имеем АБААС (буква А искажилась 2 раза, превратившись соответственно в Б и С), то выносится решение о том, что передавалась буква А, поскольку в последовательности из пяти букв она встречалась наиболее часто. Если в принятой последовательности ни одна из букв не повторяется, то принятое сообщение ликвидируется (стирается).

Главный недостаток такого способа – существенное уменьшение скорости передачи. В нашем примере скорость передачи информации уменьшается в 5 раз по сравнению со случаем однократной передачи кодовых комбинаций.

Способ повышения верности, основанный на снижении скорости передачи, широко применяется в технике передачи дискретных сообщений. Так, в среднескоростных системах ПД с частотной модуляцией предусмотрены две скорости – 600 и 1200 Бод. Очевидно, что передача со скоростью 600 Бод равносильна передаче 2 раза подряд единичных элементов длительностью 1/1200 мс.

При одновременной передаче кодовой комбинации по нескольким параллельным каналам (обычно число каналов нечетное) решение о том, какая кодовая комбинация передавалась, выносится методом голосования (т.е. так же, как и при многократной передаче кодовых комбинаций). Иногда передача осуществляется по двум параллельным каналам, и информация выбирается из того канала, качество которого в момент приема кодовой комбинации было наилучшим. Для этого

приемник должен располагать соответствующим устройством для оценки качества канала.

При передаче сообщений по N параллельным каналам скорость передачи информации не зависит от числа каналов. Однако при этом существенно возрастают (в N раз!) расходы на аренду каналов.

Более эффективно используются дискретные каналы при применении корректирующих кодов. В однонаправленных системах это должны быть коды, исправляющие ошибки. Широкое распространение на практике получили двоичные корректирующие коды, т.е. коды, при формировании которых используются только два типа элементов: 0 и 1. Только такие коды и будут рассматриваться в данной главе.

Построение корректирующих кодов. Каждому символу исходного алфавита сообщений объема N_a поставим в соответствие n -элементную двоичную последовательность – кодовую комбинацию. Возможное (общее) число последовательностей длины n составляет $N_0 = 2^n$, причем должно соблюдаться условие $N_0 > N_a$.

Если $N_0 = N_a$, то все возможные последовательности n -элементного кода используются для передачи или, как говорят, являются разрешенными. Полученный таким образом код называется простым.

Пример 12.1. Для передачи сообщений, число которых равно восьми ($N_a = 8$), используется трехэлементный код. Число кодовых комбинаций, которое можно при этом получить, $N_0 = 2^3 = 8$. Из табл. 12.1 видно, что комбинация под номером 0 отличается от комбинации 1 только в одной позиции. Следовательно, если при передаче комбинации 000 произойдет ошибка в третьем элементе, то получим комбинацию 001.

Степень различия комбинаций определяется *расстоянием Хемминга* d . Это расстояние для любых двух кодовых комбинаций определяется числом несовпадающих в них разрядов. Например, две ниже написанные друг под другом комбинации не совпадают в двух разрядах:

$$\begin{array}{r} \oplus \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \\ \hline 1 \quad 1 \quad 0 \end{array}$$

поэтому расстояние Хемминга $d = 2$. Иначе его определяют как вес суммы по модулю два (\oplus – условное обозначение суммы) этих кодовых комбинаций. *Весом W* кодовой комбинации называется число входящих в нее ненулевых элементов.

Таблица 12.1. Кодовые комбинации трехэлементного кода

Номер комбинации	0	1	2	3	4	5	6	7
Вид комбинации	000	001	010	011	100	101	110	111

Перебрав все возможные пары кодовых комбинаций, можно найти *минимальное хеммингово расстояние*, которое принято называть кодовым и обозначать d_0 . Для примера 12.1 кодовое расстояние $d_0 = 1$. Рассмотренный в примере код простой. Любая ошибка (даже одиночная!) при использовании такого кода приведет к тому, что переданная разрешенная кодовая комбинация перейдет в другую разрешенную. Таким образом, простой код не способен обнаруживать и тем более исправлять ошибки и имеет $d_0 = 1$.

Для того чтобы код мог обнаруживать ошибки, необходимо, чтобы соблюдалось неравенство $N_a < N_0$. При этом неиспользуемые n -элементные кодовые комбинации, число которых $(N_0 - N_a)$, будем называть *запрещенными*. Они определяют избыточность кода. Очевидно, что появление ошибки в кодовой комбинации будет обнаружено, если переданная разрешенная комбинация перейдет в одну из запрещенных. В качестве $N_p = N_a$ разрешенных кодовых комбинаций надо выбирать такие, которые максимально отличаются друг от друга.

Пример 12.2. Алфавит передаваемых сообщений $N_a = 2$. Выберем из числа комбинаций, представленных в табл. 12.1, две. Очевидно, что ими должны быть комбинации 000, 111 или 001 и 110 и т.д. Кодовое расстояние $d_0 = 3$. Ошибки кратности один или два превращают любую разрешенную кодовую комбинацию в запрещенную. Следовательно, максимальная кратность обнаруживаемых таким образом ошибок равна двум ($t_{0,ош} = 2$).

Нетрудно догадаться, что минимальное кодовое расстояние d_0 и гарантированно обнаруживаемая кратность ошибок связаны соотношением $t_{0,ош} = d_0 - 1$.

Исправление ошибок возможно также только в том случае, если переданная разрешенная кодовая комбинация переходит в запрещенную. Вывод о том, какая кодовая комбинация передавалась, делается на основании сравнения принятой запрещенной комбинации со всеми разрешенными. Принятая комбинация отождествляется с той из разрешенных, на которую она больше всего похожа, т.е. с той, от которой она отличается меньшим числом элементов. Так, если в примере 12.2 при передаче кодовой комбинации 000 получим 001, то вынесем решение, что передавалась кодовая комбинация 000.

Связь между d_0 и кратностью исправляемых ошибок определяется выражением $t_{и,ош} = (d_0/2) - 1$ для четного d_0 и $t_{и,ош} = (d_0 - 1)/2$ для нечетного d_0 .

Итак, задача получения кода с заданной корректирующей способностью сводится к задаче выбора (путем перебора) из $N_0 = 2^n$ кодовых комбинаций N_a комбинаций с требуемым кодовым расстоянием d_0 . Если n достаточно мало, то такой перебор не представляет особого труда. При больших n перебор может оказаться непосильным даже для современной ЭВМ, поэтому на практике

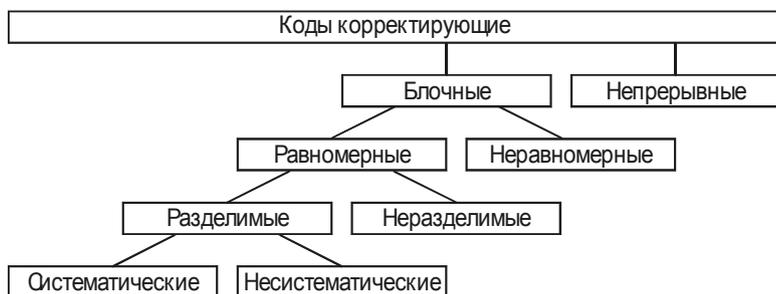


Рис. 12.1. Классификация корректирующих кодов

используют методы построения кодов, не требующие перебора с целью получения кода с заданным d_0 и отличающиеся невысокой сложностью реализации.

Классификация корректирующих кодов. Помехоустойчивые или корректирующие коды (рис. 12.1) делятся на блочные и непрерывные. К *блочным* относятся коды, в которых каждому символу алфавита сообщений соответствует блок (кодовая комбинация) из $n(i)$ элементов, где i – номер сообщения. Если $n(i) = n$, т.е. длина блока постоянна и не зависит от номера сообщения, то код называется *равномерным*. Такие коды чаще применяются на практике. Если длина блока зависит от номера сообщения, то блочный код называется *неравномерным*. Примером неравномерного кода служит код Морзе. В непрерывных кодах передаваемая информационная последовательность не разделяется на блоки, а проверочные элементы¹ размещаются в определенном порядке между информационными.

Равномерные блочные коды делятся на разделимые и неразделимые. В разделимых кодах элементы разделяются на информационные и проверочные, занимающие определенные места в кодовой комбинации, во-вторых, отсутствует деление элементов кодовых комбинаций на информационные и проверочные. К последним относится код с постоянным весом, например рекомендованный Международным консультативным комитетом по телефонии и телеграфии (МККТТ), семиэлементный телеграфный код № 3 с весом каждой кодовой комбинации, равным трем.

Примерами систематических кодов являются коды Хемминга и циклические. Последние реализуются наиболее просто, что и привело к их широкому использованию в УЗО. Для систематического кода

¹ Проверочные элементы в отличие от информационных, относящихся к исходной последовательности, служат для обнаружения и исправления ошибок и формируются по определенным правилам.

применяется обозначение (n, k) – код, где n – число элементов в комбинации; k – число информационных элементов.

Характерной особенностью этих кодов является также и то, что информационные и проверочные элементы связаны между собой зависимостями, описываемыми линейными уравнениями. Отсюда возникает и второе название систематических кодов – линейные.

Код Хемминга. Рассмотрим в качестве примера построение систематического кода с кодовым расстоянием $d_0 = 3$ (кода Хемминга). Пусть число сообщений, которое необходимо передать, равно 16. Тогда необходимое число информационных элементов $k = \log_2 N_a = 4$. Можно выписать все 16 кодовых комбинаций, включая нулевую (0000). Это один из возможных способов задания исходного (простого) кода. Другой способ заключается в выписывании только четырех кодовых комбинаций простого кода в виде матрицы, называемой единичной:

$$\begin{pmatrix} 1000 \\ 0100 \\ 0010 \\ 0001 \end{pmatrix}. \quad (12.1)$$

Суммируя по модулю два в различном сочетании кодовые комбинации, входящие в единичную матрицу, можно получить 15 кодовых комбинаций, 16-я – нулевая. Кодовые комбинации, составляющие матрицу (12.1), линейно независимы. Можно было бы составить матрицу и из других кодовых комбинаций (лишь бы они были линейно независимыми). Ненулевые комбинации A_1, A_2, A_3, A_4 линейно независимы, если $q_1A_1 \oplus q_2A_2 \oplus q_3A_3 \oplus q_4A_4 \neq 0$, где $q_i \in \{0,1\}$ при условии, что хотя бы один из коэффициентов $q_i \neq 0$. Дополним каждую кодовую комбинацию в (12.1) проверочными элементами так, чтобы обеспечивалось $d_0 = 3$. Будем иметь в виду также тот факт, что к числу разрешенных комбинаций корректирующего кода принадлежит и комбинация 0000 ... 0, называемая *нулевой*. Очевидно, что в числе добавляемых проверочных элементов должно быть не менее двух единиц. Тогда общее число единиц в каждой комбинации кода получится не меньше трех и комбинации, полученные нами, будут отличаться от нулевой, по крайней мере, в трех элементах. Добавим по две единицы к каждой строке матрицы (12.1):

$$\begin{pmatrix} 100011 \\ 010011 \\ 001011 \\ 000111 \end{pmatrix}. \quad (12.2)$$

Складывая строки 1 и 2 матрицы (12.2) по модулю два

$$\oplus \begin{array}{r} 100011 \\ 010011 \\ \hline 110000 \end{array},$$

видим, что они отличаются только в двух элементах, т.е. заданное кодовое расстояние не обеспечивается. Дополним каждую строку проверочными элементами так, чтобы $d_0 = 3$. Тогда матрица примет вид

$$\left\| \begin{array}{l} 1000111 \\ 0100101 \\ 0010011 \\ 0001110 \end{array} \right\|. \quad (12.3)$$

Добавляемые проверочные элементы могут быть записаны и в другом порядке. Необходимо лишь обеспечить $d_0 = 3$.

Матрицу (12.3) называют *производящей*, или *порождающей*, матрицей кода (7,4), содержащего семь элементов, из которых четыре информационных. Обычно матрицу обозначают буквой \mathbf{G} с индексом, указывающим, к какому коду она относится (в нашем случае $\mathbf{G}_{(7,4)}$). Производящая матрица состоит из двух матриц – единичной (размерности $k \cdot k$) и $\mathbf{C}_{(r,k)}$, содержащей r столбцов и k строк. Суммируя в различном сочетании строки матрицы (12.3), получаем все (кроме нулевой) комбинации корректирующего кода с $d_0 = 3$.

Обозначим элементы комбинации полученного семиэлементного кода $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$, из которых a_1, a_2, a_3, a_4 – информационные и a_5, a_6, a_7 – проверочные. Последние могут быть получены путем суммирования по модулю два определенных информационных элементов. Разумеется, правило формирования проверочного элемента a_i для любой кодовой комбинации одинаково.

Найдем правило формирования элемента a_5 , пользуясь матрицей (12.3). Из первой строки следует, что в суммировании должен обязательно участвовать элемент a_1 (только в этом случае $a_5 = 1$), из второй – что элемент a_3 в суммировании не должен участвовать, а из четвертой – что элемент a_4 должен участвовать в суммировании. Итак,

$$a_5 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_4. \quad (12.4)$$

Уравнения для a_6 и a_7 по аналогии записываются в виде:

$$a_6 = a_1 \oplus a_3 \oplus a_4, \quad (12.5)$$

$$a_7 = a_1 \oplus a_2 \oplus a_3. \quad (12.6)$$

Алгоритм формирования проверочных элементов a_5, a_6, a_7 может быть задан матрицей, называемой проверочной. Эта матрица содер-

жит r строк и n столбцов. Применительно к сформированному нами коду (7,4) она имеет вид:

$$\mathbf{B}_{(7,4)} = \begin{Bmatrix} 1101100 \\ 1011010 \\ 1110001 \end{Bmatrix}.$$

Единицы, расположенные на местах, соответствующих информационным элементам матрицы $\mathbf{H}_{(7,4)}$, указывают на то, какие информационные элементы должны участвовать в формировании проверочного элемента. Единица на месте, соответствующем проверочному элементу, указывает, какой проверочный элемент получается при суммировании по модулю два информационных элементов. Так, из первой строки следует равенство

$$a_1 \oplus a_2 \oplus a_4 = a_5.$$

Процедура обнаружения ошибок основана на использовании проверок (12.4)–(12.6). Очевидно, что проверочные элементы, сформированные из принятых информационных, при отсутствии ошибок должны совпадать с принятыми проверочными.

Пример 12.3. Переданная кодовая комбинация имеет вид 1000111 (первая строка матрицы (12.3)). В результате действия помех на приемном конце имеем $a'_1, a'_2, a'_3, a'_4, a'_5, a'_6, a'_7 = 1100111$. Произведем проверки (12.4) – (12.6):

$$a'_1 \oplus a'_2 \oplus a'_4 = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0 = a_5^*, \quad (12.7)$$

$$a'_1 \oplus a'_3 \oplus a'_4 = 1 \oplus 0 \oplus 0 = 1 = a_6^*, \quad (12.8)$$

$$a'_1 \oplus a'_2 \oplus a'_3 = 1 \oplus 1 \oplus 0 = 0 = a_7^*. \quad (12.9)$$

В то же время $a'_5 = 1$, $a'_6 = 1$, $a'_7 = 1$, т.е. $a_5^* \neq a'_5$, $a_7^* \neq a'_7$, что говорит о наличии ошибок в принятой кодовой комбинации. При отсутствии в принятой кодовой комбинации ошибок $a'_5 \oplus a_5^* = b_1 = 0$, $a'_6 \oplus a_6^* = b_2 = 0$, $a'_7 \oplus a_7^* = b_3 = 0$.

Комбинация $b_3 b_2 b_1$ называется синдромом (проверочным вектором). Равенство нулю всех элементов синдрома указывает на отсутствие ошибок или на то, что кодовая комбинация принята с ошибками, которые превратили ее в другую разрешенную. Последнее событие имеет существенно меньшую вероятность, чем первое.

Вид ненулевого синдрома определяется характером ошибок в кодовой комбинации. В нашем случае вид синдрома зависит от местоположения одиночной ошибки. В табл. 12.2 отражено соответствие между местоположением одиночной ошибки для кода, заданного матрицей (12.3), и видом синдрома.

Т а б л и ц а 12.2. Местоположение ошибки и вид синдрома

Номер элемента, в котором произошла ошибка	1	2	3	4	5	6	7
Вид синдрома	111	101	110	011	001	010	100

Таким образом, зная вид синдрома, можно определить место, где произошла ошибка, и исправить принятый элемент на противоположный.

Пример 12.4. Передавалась кодовая комбинация 1000111. Принята кодовая комбинация 0000111. Синдром имеет вид 111. В соответствии с табл. 12.2 исказился первый элемент (a_1). Изменим первый элемент на противоположный:

$$\begin{array}{r} \oplus \quad 0000111 \\ \quad \underline{1000000} \\ \quad 1000111 \end{array}$$

Полученная в результате исправления ошибки кодовая комбинация совпадает с переданной.

Рассмотренный код (7,4) гарантированно обнаруживает двухкратные ошибки, а исправляет только однократные ошибки.

Циклические коды. В теории циклических кодов кодовые комбинации обычно представляются в виде полинома. Так, n -элементная кодовая комбинация записывается в виде

$$A(x) = a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + \dots + a_1x + a_0,$$

где $a_i \in \{0,1\}$, причем $a_i = 0$ соответствуют нулевым элементам комбинации, а $a_i = 1$ – ненулевым. Например, комбинациям 1101 и 1010 соответствуют многочлены $A_1(x) = x^3 + x^2 + 1$ и $A_2(x) = x^3 + x$.

При формировании комбинаций циклического кода часто используют операции сложения многочленов и деления одного многочлена на другой. Так,

$$A_1(x) + A_2(x) = (x^3 + x^2 + 1) + (x^3 + x) = x^2 + x + 1,$$

поскольку $x^3 + x^3 = x^3(1 \oplus 1) = 0$.

Рассмотрим операцию деления на следующем примере:

$$\begin{array}{r|l} x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + 1 & x^3 + x^2 + 1 \\ \underline{x^7 + x^6 + x^4} & \underline{x^4 + x^3 + 1} \\ x^6 + x^5 + x^2 & \\ \underline{x^6 + x^5 + x^3} & \\ x^3 + x^2 + 1 & \\ \underline{x^3 + x^2 + 1} & \\ 0 & 0 \quad 0 \end{array}$$

Деление выполняется, как обычно, только вычитание заменяется суммированием по модулю два.

Разрешенные комбинации циклического кода обладают двумя очень важными отличительными признаками: циклический сдвиг разрешенной комбинации тоже приводит к разрешенной кодовой комбинации. Все разрешенные кодовые комбинации делятся без остатка на полином $P(x)$, называемый *образующим*. Эти свойства используются при построении кодов, кодирующих и декодирующих устройств, а также при обнаружении и исправлении ошибок.

Найдем алгоритмы построения циклического кода, удовлетворяющего перечисленным выше условиям. Задан полином $P(x) = a_{r-1}x^r + a_{r-2}x^{r-1} + \dots + 1$, определяющий корректирующую способность кода, и задан исходный простой код, который требуется преобразовать в корректирующий циклический.

Обозначим многочлен, соответствующий комбинации простого кода, $Q(x)$. Возьмем произведение $Q(x)x^r$ и разделим его на $P(x)$. В результате получим многочлен $G(x)$ и остаток $R(x)/P(x)$:

$$\frac{Q(x)x^r}{P(x)} = G(x) + \frac{R(x)}{P(x)}. \quad (12.10)$$

Умножим левую и правую части на $P(x)$, тогда (12.10) переписывается в виде

$$Q(x)x^r = G(x)P(x) + R(x). \quad (12.11)$$

Перепишем равенство (12.11) в виде

$$G(x)P(x) = Q(x)x^r + R(x). \quad (12.12)$$

Левая часть (12.12) делится без остатка на $P(x)$, значит, без остатка делится и правая часть. Из (12.12) вытекают два способа формирования комбинаций циклического кода: путем умножения многочлена $G(x)$ на $P(x)$ и путем деления $Q(x)x^r$ на $P(x)$ и приписывания к $Q(x)x^r$ остатка от деления $R(x)$.

Пример 12.5. Задан полином $G(x) = x^3 + x$, соответствующий комбинации простого кода. Сформировать комбинацию циклического кода (7,4) с производящим полиномом $P(x) = x^3 + x^2 + 1$. Можно получить комбинацию циклического кода в виде $G(x)P(x) = (x^3 + x)(x^3 + x^2 + 1) = x^6 + x^5 + x^4 + x$. Однако в полученной комбинации нельзя отделить информационные элементы от проверочных, и код получается неразделимым.

Перейдем ко второму способу, который чаще всего применяется на практике. Проведем необходимые операции по получению комбинации циклического кода:

$$1) G(x)x^r = (x^3 + x)x^3 = x^6 + x^4;$$

$$2) \oplus \begin{array}{r} x^6 + x^4 \\ \underline{x^6 + x^5 + x^3} \\ x^5 + x^4 + x^3 \\ \underline{x^5 + x^4 + x^2} \\ x^3 + x^2 \\ \underline{x^3 + x^2 + 1} \\ R(x) = 1 \end{array};$$

3) $(x^6 + x^4 + 1)$ – комбинация циклического кода, полученная методом деления на производящий полином. Она может быть переписана в виде 1010001. Первые четыре элемента – информационные, последние три – проверочные, т.е. полученный код – делимый.

Для обнаружения ошибок в принятой кодовой комбинации достаточно поделить ее на производящий полином. Если принята комбинация разрешенная, то остаток от деления будет нулевым. Ненулевой остаток свидетельствует о том, что принята комбинация содержит ошибки. По виду остатка (синдрома) можно в некоторых случаях также сделать вывод о характере ошибки и исправить ее.

Циклические коды достаточно просты в реализации, обладают высокой корректирующей способностью (способностью исправлять и обнаруживать ошибки) и поэтому рекомендованы МСЭ-Т для применения в аппаратуре ПД. Согласно рекомендации V.41 в системах ПД с ОС рекомендуется применять код с производящим полиномом $P(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$.

Эффективность применения корректирующих кодов. Полезный эффект от применения корректирующих кодов заключается в повышении верности. Вероятность неправильного приема кодовой комбинации простого кода определяется как вероятность появления в кодовой комбинации хотя бы одной ошибки, т.е.

$$P_{\text{ош}}^{(n)} = 1 - (1 - p_{\text{ош}})^k,$$

где $p_{\text{ош}}$ – вероятность неправильного приема единичного элемента; k – число элементов в комбинации простого кода. При применении систематических корректирующих кодов к исходной кодовой комбинации добавляются проверочные элементы, позволяющие исправлять или обнаруживать ошибки. Так, если код используется в режиме исправления ошибок и кратность исправляемых ошибок $t_{\text{и,ош}}$, то вероятность неправильного приема кодовой комбинации

$$P_{\text{ош}}^{(n)} = \sum_{t=t_{\text{и,ош}}+1}^n C_n^t p_{\text{ош}}^t (1 - p_{\text{ош}})^{n-t}.$$

В результате применения корректирующего кода в режиме исправления ошибок вероятность ошибки уменьшается в $K_{и}$ раз: $K_{и} = P_{ош}^{(n)} / P_{ош}^{(и)} > 1$. Однако это достигается за счет увеличения затрат на реализацию системы и снижения скорости передачи информации. Если в системе с простым кодом скорость равна $C_{п}$, то в системе с корректирующим кодом скорость $C_{к} = C_{п} \cdot \gamma_1$, где $\gamma_1 = k/n$ – коэффициент, характеризующий потери скорости вследствие введенной в код избыточности. Чем больше избыточность (меньше γ_1), тем меньше скорость передачи информации, т.е. тем меньше в единицу времени передается полезной информации.

Качество реальных каналов во времени меняется, и если заданы требования на верность передачи, то необходимо ввести такую избыточность, которая обеспечивала бы заданную верность даже при самом плохом качестве канала. Напрашивается мысль о целесообразности изменения избыточности, вводимой в кодовую комбинацию, по мере изменения характеристик канала связи. Системы, в которых меняется избыточность с изменением качества канала, относятся к числу адаптивных. Одним из типов адаптивных систем являются системы с обратной связью. В этих системах между приемником и передатчиком помимо основного (прямого) канала имеется вспомогательный (обратный).

Следует заметить, что системы без ОС используются обычно только тогда, когда нельзя организовать канал обратной связи или когда предъявляются жесткие требования к времени задержки сообщения. *Временем задержки* кодовой комбинации называется время от момента выдачи ее первого элемента источником сообщений до момента получения последнего элемента комбинации получателем сообщений.

Системы с обратной связью. Характеризуются повторением кодовых комбинаций, в которых обнаружены ошибки. Решение о необходимости повторения может выноситься на приеме (системы с решающей обратной связью – РОС) или на передаче (системы с информационной обратной связью – ИОС).

Как уже отмечалось, системы с обратной связью отличаются наличием канала, по которому осуществляется «служебная» связь передатчика с приемником. В системах с РОС приемником определяется наличие в принятой комбинации ошибки или вычисляется вероятность того, что кодовая комбинация содержит ошибки. Если в кодовой комбинации обнаружены ошибки или вероятность того, что в ней содержатся ошибки, оказалась достаточно большой, то по обратному каналу посылается сигнал решения о необходимости повторения (отсюда название *решающая обратная связь*).

Соответствующий аналог передачи с РОС можно найти и в телефонной связи. Если вследствие действия помех не слышано слово, то обычно просят его повторить.

В системах с ИОС принятая кодовая комбинация A_i^* возвращается на передающую сторону по обратному каналу, где она сравнивается с переданной комбинацией A_i . Последнюю можно рассматривать как эталонную комбинацию. Если комбинации A_i^* и A_i различаются, то комбинация A_i передается повторно. При разговоре по телефону также часто используют ИОС, когда в условиях сильных помех просят собеседника повторить переданное ему сообщение, чтобы убедиться, что он его воспринял правильно.

Системы с РОС получили наибольшее практическое распространение. Существуют различные разновидности этих систем.

Простейший и довольно часто применяемый на практике алгоритм работы системы с РОС заключается в следующем. Источник сообщений ИС выдает в кодер (рис. 12.2) первую кодовую комбинацию (или блок, состоящий из нескольких кодовых комбинаций). К исходным элементам в кодере добавляются проверочные. Комбинация выдается в дискретный канал и одновременно записывается в накопитель H_1 (накопитель передачи). После выдачи первой кодовой комбинации источник ждет ответа о том, как она принята.

Принятая кодовая комбинация декодируется. Информационные элементы записываются в накопитель приема (H_2). Если ошибка не обнаружена, то по команде управляющего устройства информационные элементы из накопителя выдаются получателю, а по обратному каналу выдается сигнал «Да», подтверждающий правильность приема переданной кодовой комбинации номер один (обратный канал будем пока считать идеальным). По сигналу «Да» управляющее устройство стирает из H_1 кодовую комбинацию и дает разрешение на выдачу от источника следующей кодовой комбинации. Если следующая комбинация исказилась и ошибки на приеме обнаружены, то по команде УУ₂ информация из H_2 стирается, а по обратному каналу выда-

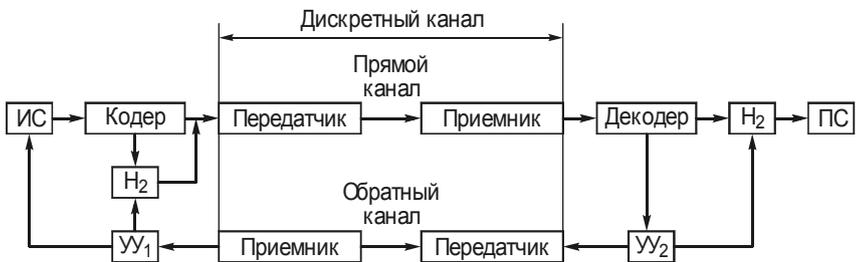


Рис. 12.2. Функциональная схема системы с РОС-ОЖ

ется сигнал «Нет». По этому сигналу на передающем конце УУ₁ запрещает выдачу следующей кодовой комбинации от источника и дает команду о повторной выдаче искаженной комбинации из накопителя Н₁. Теоретически кодовая комбинация может повторяться бесконечное число раз. Обычно после определенного числа повторений (например, трех) кодовая комбинация стирается. Очевидно, что чем больше повторений на анализируемом интервале времени, тем хуже качество канала, тем дольше длится «перекачка» сообщения от источника и тем ниже скорость передачи информации.

Рассматриваемый алгоритм работы системы называется алгоритмом с ожиданием, а сама система передачи дискретных сообщений – системой с решающей обратной связью и ожиданием (РОС-ОЖ). Такие системы довольно часто используются для передачи дискретных сообщений. Основное их достоинство – простая техническая реализация. К недостаткам следует отнести существенные потери скорости передачи информации, источником которых, помимо введенных в кодовую комбинацию проверочных элементов и переспросов, являются потери на ожидание ответа со стороны приемника. При этом скорость передачи информации определяется выражением

$$C = B\gamma_1\gamma_2\gamma_3, \quad (12.13)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – соответственно коэффициенты, характеризующие потери скорости, обусловленные наличием в кодовой комбинации проверочных элементов; ожиданием сигнала решения о качестве приема; повторными передачами кодовых комбинаций. Очевидно, что процент потерь скорости определяется как $(1 - \gamma_1)100\%$.

Учитывая, что время, необходимое для передачи информационных элементов одной кодовой комбинации, равно $k\tau_0$, а время, затрачиваемое на передачу одной кодовой комбинации при однократной передаче, равно $n\tau_0 + t_{ож}$, где $t_{ож}$ – время ожидания сигнала решения (время от момента передачи в канал одной кодовой комбинации до момента передачи следующей), получаем

$$\gamma_1\gamma_2 = \frac{k \cdot \tau_0}{n \cdot \tau_0 + t_{ож}} = \frac{k}{n} \left(1 / \left(1 + \frac{t_{ож}}{n \cdot \tau_0} \right) \right).$$

Таким образом,

$$\gamma_2 = 1 / \left(1 + \frac{t_{ож}}{n \cdot \tau_0} \right).$$

Следовательно, потери на ожидание будут тем меньше, чем меньше скорость модуляции (больше τ_0) или при данной скорости модуляции больше длина кодовой комбинации. Коэффициент γ_3 в (12.13) есть

величина, определяемая как $(1 - P_{oo})$, где P_{oo} – вероятность обнаружения в кодовой комбинации ошибок. Чем больше длина кодовой комбинации, тем больше P_{oo} и меньше γ_3 . Нетрудно догадаться, что из этого следует возможность оптимизации скорости путем изменения длины кодовой комбинации.

В системах с РОС и непрерывной передачей информации отсутствуют потери на ожидание ($t_{ож} = 0$, $\gamma_2 = 1$). В этих системах при обнаружении ошибок в принятой кодовой комбинации производится повторение этой комбинации и ряда других, примыкающих к ней. Для уменьшения потерь на переспросы иногда по каналу обратной связи передается адрес (номер) кодовой комбинации, которую надо повторить. Такой метод применяется в системах с РОС и адресным переспросом. Однако непрерывная передача информации и тем более адресный переспрос требуют существенного усложнения аппаратуры ПД, что, в свою очередь, приводит к ее удорожанию и снижению надежности.

В простейших системах с ИОС для передачи информации по прямому каналу можно использовать простые коды (без избыточности) и тогда обратный канал должен иметь такую же пропускную способность, что и прямой.

В системах с РОС любого типа по обратному каналу передаются только сигналы решения и обратный канал имеет существенно меньшую пропускную способность. Так, при передаче информации со скоростью 600/1200 Бод по прямому каналу в обратном узкополосном канале передача осуществляется со скоростью не более чем 75 Бод.

Возможность использования узкополосного канала в качестве обратного – существенное преимущество систем с РОС, делающее их применение на практике более предпочтительным по сравнению с системами с ИОС.

12.2. Сигналы и виды модуляции, используемые в современных модемах

Сигналы, вырабатываемые телеграфным аппаратом или ЭВМ, – цифровые. Их спектр лежит в диапазоне $0 - F_{max}$ (где F_{max} – максимальная частота спектра, определяемая длительностью единичного элемента). В то же время полоса пропускания канала находится в диапазоне $F_{min}^* - F_{max}^*$, где F_{min}^* , как правило, больше нуля, отсюда вытекает задача номер один – задача преобразования исходного спектра таким образом, чтобы сигнал «прошел» через канал (задача переноса исходного спектра в диапазон $F_{min}^* - F_{max}^*$). Кроме этого надо сформировать сигнал, посылаемый в канал связи так, чтобы обеспечить достаточно высокую скорость передачи информации (бит/с)

в канале связи и при этом получить достаточно высокую помехоустойчивость. Поставленные требования противоречивы, что интуитивно понятно.

Различают низкоскоростные устройства преобразования сигналов – скорость передачи информации до 300 бит/с; среднескоростные обеспечивают работу со скоростью выше 300 бит/с (это скорости 600, 1200, 2400, 4800, 7200, 9600, 28 800 бит/с) по стандартному телефонному каналу; высокоскоростные – это модемы для работы по каналам первичной, вторичной и т.д. широкополосных групп.

В низко- и среднескоростных до 1200 бит/с используется частотная модуляция. Для работы со скоростью 2400 бит/с и выше уже применяются фазовая (относительная фазовая) и амплитудно-фазовая модуляция.

Частотная модуляция. При передаче двоичных сигналов (0 или 1) в канал посылаются частота f_1 (для 1) и f_2 (для 0), при этом согласно международным рекомендациям $f_2 > f_1$ (рис. 12.3). Задачу формирования сигнала на передаче выполняет модулятор, а опознавание принятой последовательности сигналов (превращение частотно-модулированных сигналов в 0 и 1) – демодулятор.

Существует несколько рекомендаций МСЭ-Т, в соответствии с которыми создаются модемы (модем – сокращение модулятор-демодулятор) с ЧМ. Это прежде всего рекомендация V.21. Согласно V.21 стандартный телефонный канал 0,3...3,4 кГц делится на две равные полосы. В нижнем диапазоне частот (его обычно использует для передачи вызывающий модем) 1 передается частотой 980 Гц, а 0 – 1180 Гц. В верхнем диапазоне (передает отвечающий) 1 передается частотой 1650 Гц, а 0 – 1850 Гц. Модуляционная и информационная скорости равны 300 Бод и 300 бит/с соответственно. Несмотря на невысокую скорость, протокол V.21 находит в настоящее время применение в качестве «аварийного»,

при невозможности вследствие высокого уровня помех использовать другие протоколы физического уровня. Кроме того, ввиду своей «неприхотливости» и высокой помехоустойчивости он используется как вспомогательный в специальных приложениях, требующих высокой надежности. Например, при установлении соединения между модемами, работающими с существенно большей скоростью, чем 300 бит/с, или для передачи управляющих команд при факсимильной связи [1].

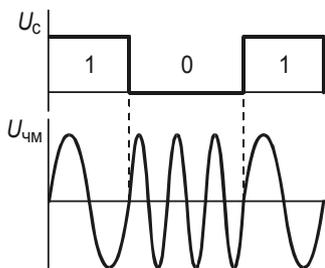


Рис. 12.3. Частотная модуляция

В качестве другого примера использования ЧМ можно привести рекомендацию МСЭ V.23. Модем должен обеспечивать работу со скоростью 600 или 1200 Бод. Скорости модуляции и скорости передачи информации здесь, как и в случае V.21, совпадают. При передаче со скоростью 1200 бит/с средняя частота 1700 Гц, а девиация частоты ± 400 Гц. При передаче со скоростью 600 бит/с используется средняя частота 1500 Гц и девиация частоты ± 200 Гц. Наряду с каналом передачи данных предусмотрен вспомогательный (обратный) канал для передачи сигналов подтверждения о качестве приема со скоростью 75 бит/с.

Модемы, работающие со скоростью 300 и 600/1200 Бод, самые дешевые. Однако сегодня такая скорость передачи уже никого не устраивает. При малой скорости передачи долго придется передавать большие файлы, а, следовательно, экономия на покупке модема обернется большими затратами на оплату времени занятия канала. Поэтому модемы на скорость 300 Бод (или даже 600/1200 Бод) сейчас уже никто не покупает.

Фазовая модуляция. Если при частотной модуляции информация о виде передаваемого сигнала (0 или 1) заложена в значении частоты несущей, то при фазовой модуляции информационным параметром является фаза передаваемого сигнала (рис. 12.4 и табл. 12.3).

Упрощенная схема дискретного канала с ФМ приведена на рис. 12.5. Процесс модуляции осуществляется в фазовом модуляторе ФМ.

Полосовой фильтр $\text{ПФ}_{\text{пер}}$ ограничивает спектр сигнала, выдаваемого в канал связи (непрерывный канал). Ограничение спектра передаваемых частот с помощью $\text{ПФ}_{\text{пер}}$ уменьшает взаимное влияние каналов в многоканальной аппаратуре с частотным разделением каналов.

Полосовой фильтр приема $\text{ПФ}_{\text{пр}}$ выделяет полосу частот, в которой должен располагаться полезный сигнал, что позволяет избавиться от помех, находящихся вне полосы пропускания $\text{ПФ}_{\text{пр}}$. Далее сигнал усиливается усилителем. Последний компенсирует потерю энергии сигнала за

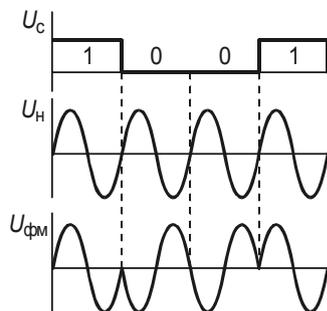


Рис. 12.4. Фазовая модуляция

Таблица 12.3. Правило формирования ФМ-сигнала

Символ	$\Delta\varphi$
1	0°
0	180°

Примечание. Отсчет фазы $U_{\text{фм}}$ осуществляется относительно фазы несущей.

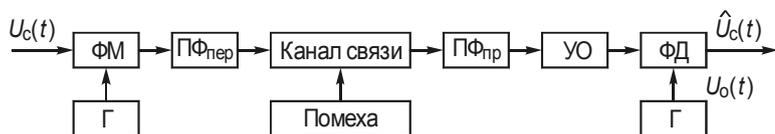


Рис. 12.5. Дискретный канал с ФМ

счет его затухания при прохождении через канал. Обычно усилитель выполняет дополнительную функцию – функцию ограничения сигнала по уровню (УО). При этом удается обеспечить постоянство уровня сигнала на входе фазового демодулятора (ФД) при изменении уровня сигнала на входе приемника в довольно широких пределах. В фазовом демодуляторе ФД принимаемый фазомодулированный сигнал сравнивается по фазе с эталонным сигналом, который называют обычно *опорным*. Последний должен совпадать как по частоте, так и по фазе с несущей на передаче. Если принимаемый сигнал $U_{\text{фм}}(t)$ на единичном интервале совпадает по фазе с опорным, то выносится решение о том, что передавалась 1. Если же фазы принятого и опорного сигнала отличаются на 180° , то делаем вывод о том, что передавался 0.

Одна из основных проблем при демодуляции ФМ-сигнала – проблема получения опорного напряжения. В качестве опорного напряжения можно использовать: напряжение высокостабильного местного генератора (см. рис. 12.5); пилот-сигнал, передаваемый от передатчика по специальному узкополосному каналу; напряжение, выделяемое из принимаемого рабочего сигнала $U_{\text{фм}}(t)$.

Даже при выборе достаточно стабильного местного генератора его частота будет отличаться от частоты несущей, что приведет к накоплению расхождения по фазе несущей и опорного напряжения. Если расхождение по фазе несущей и опорного напряжения достигнет 180° , то все элементы принимаются «наоборот» (0 вместо 1 и 1 вместо 0), или, как говорят, появится «обратная работа».

Не останавливаясь далее на остальных методах получения опорного напряжения, которые более подробно рассмотрены в работе [5] (см. гл. 10), заметим, что возможность «обратной работы» – это недостаток не конкретного способа получения опорного напряжения, а фазовой модуляции или, как ее иначе на-

Таблица 12.4. Правило формирования ОФМ-сигнала

Символ	$\Delta\varphi$
1	0°
0	180°

Примечание. Отсчет фазы ($\Delta\varphi$) передаваемого сигнала осуществляется относительно предыдущего сигнала.

зывают, абсолютной фазовой модуляции для того, чтобы подчеркнуть ее отличие от относительной фазовой модуляции.

Относительная фазовая (фазоразностная) модуляция. При относительной фазовой модуляции (ОФМ) явление «обратной работы» отсутствует, но достигается это ценой некоторого снижения помехоустойчивости. При ОФМ сигнал формируется в соответствии с табл. 12.4.

Отличие табл. 12.4 от табл. 12.3 заключается в том, что отсчет передаваемого сигнала ($\Delta\varphi$) при ОФМ осуществляется не относительно фазы несущей, а относительно фазы предыдущего сигнала. Так, при передаче элемента 0 передаваемый сигнал должен иметь сдвиг относительно предыдущего на 180° (рис. 12.6). Так как для первого единичного элемента нет предыдущего, то фаза соответствующего ему сигнала $U_{\text{фм}}(t)$ может быть произвольной. Прием начнем со второго элемента, для которого опорным является первый.

Чаще всего в качестве фазового модулятора при ОФМ используется такое же устройство, как и при абсолютной фазовой модуляции. Тогда для получения на выходе модулятора сигнала вида, изображенного на рис. 12.7, б, исходный сигнал, прежде чем подать его на модулятор, необходимо перекодировать (см. рис. 12.7, в). Временные диаграммы, иллюстрирующие процесс получения ОФМ-сигнала, представлены на рис. 12.7.

Информация о виде переданного единичного элемента заключена в разности фаз i -го и $(i-1)$ -го ОФМ-сигнала. Следовательно, извлечь эту информацию можно, сравнивая фазу i -го и $(i-1)$ -го ОФМ-сигнала в фазовом демодуляторе (рис. 12.8). Для задержки сигнала на время, равное длительности единичного интервала, применяется элемент памяти ЭП. Схема, представленная на рис. 12.8, осуществляет автокорреляционный (некогерентный) прием. Иногда такой метод приема называют «методом сравнения фаз». Скачок фазы

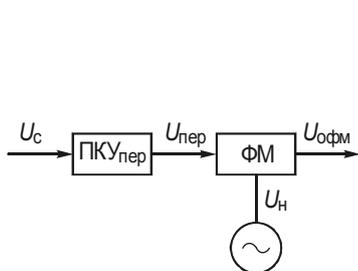


Рис. 12.6. Передатчик ОФМ-сигнала

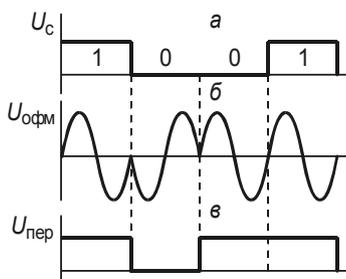


Рис. 12.7. Формирование ОФМ-сигнала

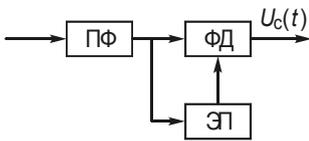


Рис. 12.8. Прием по способу сравнения фаз

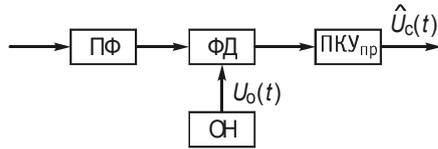


Рис. 12.9. Прием по способу сравнения полярностей

опорного напряжения на 180° вызовет одиночную ошибку, а не поток ошибок, как при абсолютной фазовой модуляции.

Если для приема использовать фазовый демодулятор, на который подается когерентное опорное напряжение, то после решающего устройства будем иметь сигнал, совпадающий (при отсутствии ошибок) с перекодированным на передаче. Такой сигнал нуждается в обратном перекодировании. Структурная схема такого приемника изображена на рис. 12.9. Здесь осуществляется корреляционный (когерентный) прием, называемый иногда «методом сравнения полярностей». Сравнение полярностей осуществляется в перекодировующем устройстве приема ПКУ_{пр}. Если полярности $(i-1)$ -го и i -го элементов совпадают, то на выходе ПКУ_{пр} в качестве i -го элемента выдается 1. Если полярности $(i-1)$ -го и i -го элементов разные, то на выходе ПКУ_{пр} выдается 0.

Очевидно, что i -й элемент на выходе ПКУ_{пр} будет воспроизведен неправильно, если на его входе исказился $(i-1)$ -й или i -й элемент. Вероятность появления неправильного элемента на выходе ПКУ_{пр} $p_{ош} = p_{офм}$, так как тогда вероятность неправильного приема

$$p_{офм} = 2p_{ош}(1-p_{ош}) \geq p_{офм}. \quad (12.14)$$

Обычно $p_{ош} \leq 10^{-3}$, тогда $p_{офм} \approx 2p_{ош}$.

При автокорреляционном приеме в ФД происходит сравнение по фазе i -го и $(i-1)$ -го зашумленных сигналов, что приводит к увеличению вероятности неправильного приема по сравнению с корреляционным, при котором в ФД сравнивается по фазе зашумленный сигнал с «чистым» опорным напряжением.

Относительная фазовая модуляция используется в модемах, разработанных по рекомендациям МСЭ-T V.26 для работы со скоростью 1200 бит/с; для работы со скоростью 2400 бит/с применяется многопозиционная (двукратная) относительная фазовая модуляция.

Многопозиционная фазовая и амплитудно-фазовая модуляция. Последний вид модуляции называют еще квадратурной амплитудной модуляцией (QAM – Quadrature Amplitude Modulation).

Таблица 12.5. Правило формирования ДФМ-сигнала

Комбинация	00	01	11	10
$\Delta\varphi^\circ$	45	135	225	315

Известно, что если сообщение передается двоичными посылками (двоичным кодом), то скорость передачи информации не может превышать $2\Delta F_k$ бит/с, или 2 бит/с на 1 Гц полосы пропускания канала. Для повышения удельной скорости передачи информации необходимо перейти к многократной модуляции (многопозиционным кодам), при которой каждая элементарная посылка несет более 1 бита информации.

Наибольшее применение многократные методы нашли при фазовой модуляции. Здесь каждой комбинации из n единичных двоичных элементов, поступивших от источника, ставится в соответствие определенное значение фазы отрезка несущей. Правило отображения двоичной последовательности $\{a_i\}$ в последовательность сигналов $\{s_{i,k}(t)\}$ называется модуляционным кодом. Так, при двукратной фазовой модуляции (ДФМ) передаваемая последовательность разбивается на комбинации из двух элементов. Очевидно, что число различных комбинаций длины m равно 2^m . Для ДФМ $2^m = 4$. Передача информации осуществляется дибитами в соответствии с модуляционным кодом (табл. 12.5).

Применительно к двукратной относительной фазовой модуляции (ДОФМ) $\Delta\varphi$ соответствует сдвигу фаз между i -м и $(i - 1)$ -м сигналами. На приеме в зависимости от сдвига $\Delta\varphi$ в соответствии с табл. 12.5 выдается одна из комбинаций. При одной и той же скорости модуляции ДОФМ позволяет обеспечить вдвое большую скорость передачи информации, чем ОФМ. Но так как при ДОФМ минимальный сдвиг по фазе между сигналами 90° , а не 180° , как при ОФМ, вероятность ошибки при ДОФМ выше. Двукратная относительная фазовая модуляция в соответствии с рекомендациями МСЭ-T применяется для передачи информации со скоростью 2400 бит/с.

Увеличение удельных скоростей передачи до 3 бит/(Гц · с) и выше может быть получено совместным использованием амплитудной и фазовой модуляций, причем для сокращения спектра сигнала в канал передается одна боковая полоса частот [2].

Система сигналов, применяемая при передаче информации, должна выбираться так, чтобы обеспечить минимальную вероятность неправильного приема элемента при заданной средней мощности передатчика. В наилучшей системе сигналов минимальное из расстояний между парами сигналов должно быть максимальным.

На практике при $m = 16$ во многих УПС применяется так называемая квадратурная амплитудная модуляция КАМ-16 (рис. 12.10). Про-

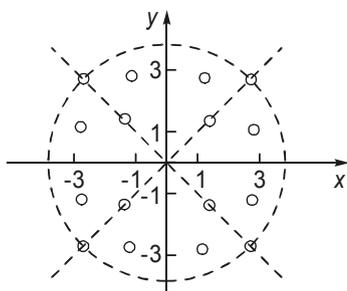


Рис. 12.10. Сигналы квадратурной амплитудной модуляции КАМ-16

игрыш в помехоустойчивости при КАМ по сравнению с оптимальной системой сигналов составляет приблизительно 0,5 дБ.

Отметим, что изменение свойств помехи приводит к изменению структуры оптимальных систем сигналов. Для каналов, в которых имеются фазовые флуктуации (дрожание фазы), следует выбирать сигналы, существенно разнесенные по углу. Такая система сигналов представлена на рис. 12.11. Она отвечает рекомендации МСЭ-Т V.29 и обеспечивает минимальный угол между векторами 45° , что более чем в 2 раза превышает аналогичный показатель системы КАМ-16.

Следует отметить, что достижение высокой удельной скорости возможно только в том случае, если УПС являются адаптивными. Это связано с непостоянством параметров канала связи по времени, а также нестационарным характером действующих в нем мультипликативных и аддитивных помех. Для адаптации в состав УПС включаются блоки идентификации параметров канала и помех, оценки которых используются для изменения параметров и структуры блоков формирования и обработки сигналов.

К современным протоколам, используемым в модемах, широко представленных различными фирмами, относятся V.32, V32bis и недавно появившийся протокол V.34 [2]. В V.32 используется квадратурная амплитудная модуляция. Частота несущего колебания 1800 Гц, скорость модуляции 2400 Бод. Имеются режимы двух-, четырех- и шестнадцатипозиционной QAM. Соответственно информационная скорость может быть 2400, 4800 и 9600 бит/с. Кроме того, для скорости 9600 бит/с имеет место альтернативная модуляция – 32-позиционная TCM (Trellis Code Modulation). Применение модуляции с решетчатым или треллис-кодированием позволяет повысить помехозащищенность передачи информации. Суть этого кодирования заключается в введении избыточности и использовании при декодировании алгоритма Витерби [1].

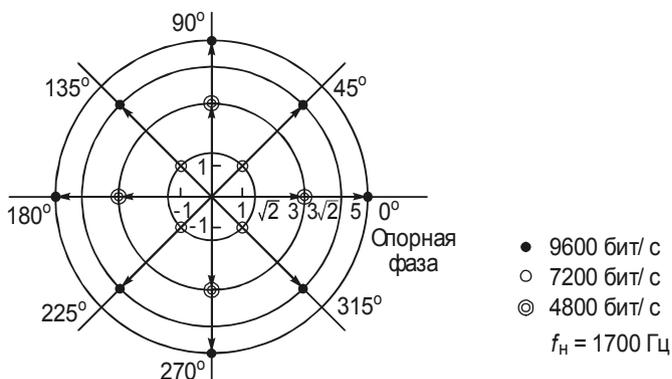


Рис. 12.11. Диаграмма сигналов для различных скоростей передачи модема на 9600 бит/с

В V.32bis частота несущей 1800 Гц и скорость модуляции 2400 Бод. Имеются режимы TCM-16, TCM-32, TCM-64 и TCM-128. Соответственно информационная скорость может быть 9600, 12000 и 14400 бит/с. Протокол V.32bis – стандарт де-факто для всех современных модемов.

Название рекомендации V.34 «Модем, обеспечивающий передачу данных со скоростями 28800 бит/с для использования на коммутируемой сети общего пользования и на двухточечных двухпроводных выделенных каналах телефонного типа». Ключевым моментом, позволившим столь резко увеличить скорость передачи информации, стало более полное использование полосы 0,3...3,4 кГц. Другой важный момент – применение помехоустойчивого кодирования и, в частности, техники TCM и ряд других новинок.

Следует заметить, что скорость передачи информации 28800 бит/с при передаче информации в полосе 0,3...3,4 кГц сегодня также не является предельной. Уже есть разработки, позволяющие осуществлять передачу данных со скоростью 33000 бит/с (V.34+), а в специально организованных каналах совсем недавно достигнута отметка 56,0 Кбит/с (стандарт только начал обсуждаться). Что дальше? Ответ на этот вопрос дает известная формула К. Шеннона, согласно которой скорость передачи данных определяется шириной полосы частот, пропускаемых каналом (она нам задана), и отношением мощности полезного сигнала к мощности шума.

Методы преобразования сигналов, используемые в XDSL технологиях. Не следует забывать, что все, ранее рассмотренные модемы, это устройства, которые подключаются к телефонной линии. Они обмениваются данными, работая в достаточно узкой полосе час-

Т а б л и ц а 12.6. Формирование кода 2B1Q

$V^{(2)}$	10	11	01	00
$Q^{(1)}$	+3	+1	-1	-3

тот (0,3...3,4 кГц). И даже самые скоростные модемы используют при этом только малую часть (около 1 %) пропускной способности медной кабельной линии, проложенной от потребителя до АТС и называемой абонентской линией.

Использовать более рационально возможности абонентской медной кабельной линии позволяют технологии XDSL. DSL (Digital Subscriber Line) означает цифровая абонентская линия, а X определяет вид технологии.

Не вдаваясь в подробности реализации технологии XDSL, рассмотрим здесь только методы преобразования сигналов источника, обеспечивающие высокий коэффициент использования пропускной способности абонентских линий.

Заметим, что преобразование сигналов, поступающих от источника, осуществляется в XDSL путем перекодирования или модуляции [4].

Широко применяемым методом перекодирования сигналов является перекодирование с использованием кода 2B1Q (Two – Binary, One – Quaternary). Сущность кодирования 2B1Q заключается в преобразовании двух двоичных единичных элементов в один четверичный (табл. 12.6). Таким образом, код 2B1Q обеспечивает передачу на одном единичном интервале двух бит.

Вид сигнала, соответствующий передаче последовательности 10000110110010, представлен на рис. 12.12, а спектр сигнала для скорости передачи информации 2320 кбит/с – на рис. 12.13.

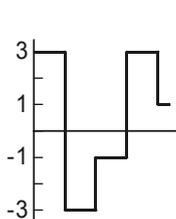


Рис. 12.12. Вид сигнала при кодировании кодом 2B1Q

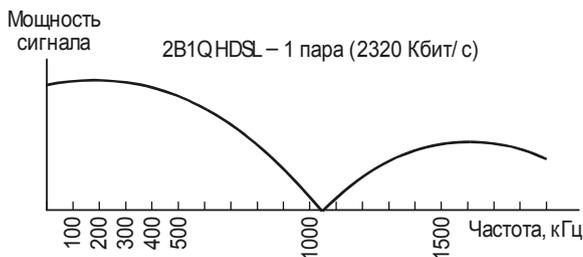


Рис. 12.13. Спектр сигнала для скорости передачи информации 2330 Кбит/с

Из рис. 12.13 видно, что максимум энергетического спектра приходится на низкие частоты, в спектре содержится постоянная составляющая. Все это делает сигнал 2B1Q достаточно чувствительным к искажениям и помехам [4].

Использование кода 2B1Q позволяет обеспечить скорость передачи информации в технологии HDSL – (High–data–rate Digital Subscriber Line – высокоскоростная цифровая абонентская линия) 2048 Кбит/с. Такая скорость не является предельной для медных абонентских линий. Так, в технологии ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line) скорость передачи информации от сети порядка 8 Мбит/с, а от абонента около 800 Кбит/с. В ADSL используется или модуляция CAP (Carrierless Amplitude and Phase Modulation), что означает амплитудно-фазовая модуляция без несущей, или DMT (Discrete Multitone Modulation) – дискретная модуляция со многими несущими. CAP – модуляция похожа на QAM, она имеет ту же форму спектра. Несущая частота при CAP модулируется по амплитуде и фазе. При этом перед передачей в линию сама несущая вырезается из сигнала, так как она не содержит информацию и в то же время обладает наибольшей энергией.

На практике используются CAP64 и CAP128. В первом случае на интервале, равном длительности единичного элемента, передается 6 бит, во втором – 7 бит. Благодаря этому достигается существенное ограничение спектра сигнала как в области высоких, так и низких частот, что позволяет избежать диапазонов спектра, наиболее подверженных различного рода помехам и искажениям.

При DMT обычно используется частотный диапазон от 26 кГц до 1,1 МГц, который делится на 256 поддиапазонов по 4 кГц (рис. 12.14).

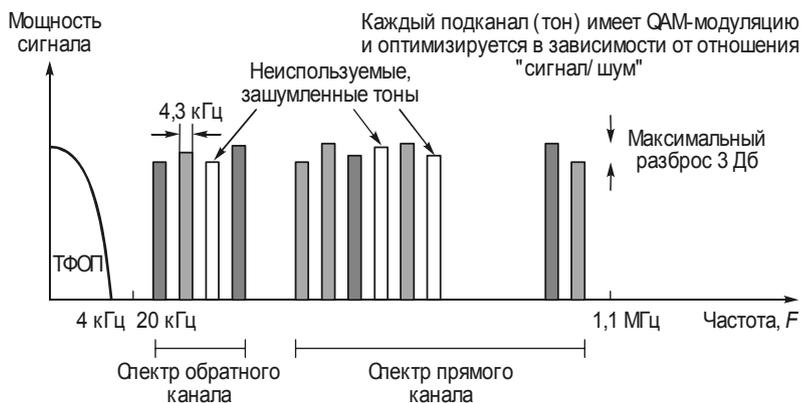


Рис. 12.14. Спектр DMT-сигнала

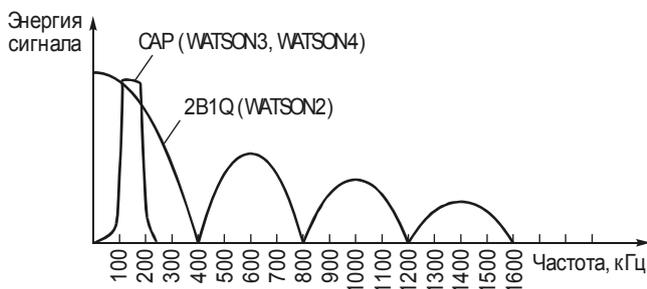


Рис. 12.15. Спектры сигналов CAP, 2B1Q

На рис. 12.15 представлены для сравнения спектры сигналов для CAP и 2B1Q.

Основные преимущества CAP по сравнению с 2B1Q заключаются в следующем:

- повышение дальности работы, обусловленное тем, что более низкочастотный (по сравнению с 2B1Q) сигнал меньше ослабляется кабельной линией;
- благодаря отсутствию в спектре высокочастотных составляющих обеспечивается нечувствительность к высокочастотным и импульсным шумам, радиоинтерференции, значительное снижение перекрестных наводок;
- отсутствие взаимовлияния в низкочастотной части спектра, традиционно используемой для аналоговой передачи телефонных разговоров и сигнализации;
- нечувствительность к низкочастотным наводкам от силовых установок (метро, железнодорожный транспорт и др.) и электрических сетей;
- высокая помехоустойчивость и нечувствительность к групповому времени задержки. Ввиду отсутствия в спектре высокочастотных (свыше 260 кГц) и низкочастотных (ниже 40);
- поскольку ширина спектра составляет лишь 200 кГц, не проявляются эффекты, вызываемые групповым временем задержки;
- минимальный уровень создаваемых помех и наводок на соседние пары;
- в спектре нет составляющих ниже 4 кГц;
- совместимость с аппаратурой уплотнения, работающей по соседним парам.

Каждая из 256 несущих моделируется информационным сигналом по методу QAM. Использование QAM позволяет регулировать скорость в каждом из подканалов в зависимости от отношения сигнал/помеха в подканале (рис. 12.16).

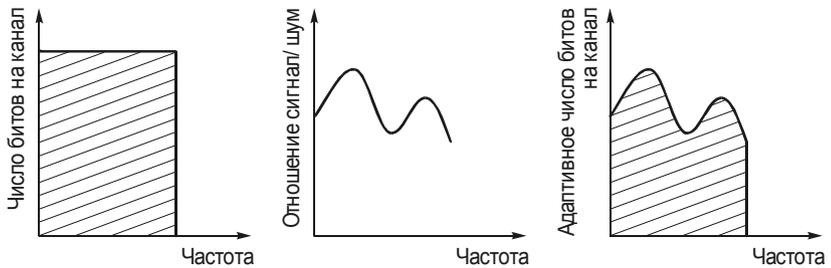


Рис. 12.16. Адаптация скорости передачи данных при использовании модуляции DMT

Это является существенным преимуществом DMT перед CAP. DMT обеспечивает большие скорости передачи информации и позволяет перекрыть большие расстояния по сравнению с CAP.

Как и следовало ожидать, высокие скорости передачи информации в технологиях XDSL обеспечиваются прежде всего за счет передачи нескольких бит на одном единичном интервале и идея, позволяющих снизить влияние помех за счет исправления ошибок, является ранее рассмотренное сверточное или треллис-кодирование с декодированием по алгоритму Витерби.

Контрольные вопросы

1. Какие методы защиты от ошибок вам известны?
2. Каково необходимое условие для того, чтобы код был способен обнаруживать ошибки?
3. В чем отличие понятий расстояние Хемминга и кодовое расстояние?
4. Какова связь между кратностью обнаруживаемых и исправляемых ошибок и кодовым расстоянием?
5. Постройте производящую матрицу для кода, у которого $d_0 = 3$, $k = 5$.
6. Запишите синдром для кода (7,4), для которого $a_5 = a_1 + a_2$, $a_6 = a_1 + a_3$, $a_7 = a_1 + a_2 + a_3$, при появлении ошибки в a_3 .
7. Запишите кодовую комбинацию циклического кода, у которого $P(x) = x^3 + x + 1$, а исходная кодовая комбинация имеет вид 1111.
8. Определите содержит или нет принятая кодовая комбинация циклического кода 1111000 ошибки, если $P(x) = x^3 + x^2 + 1$.
9. Зачем используются системы с обратной связью?
10. Охарактеризуйте системы с ИОС и РОС.
11. Каковы источники потерь скорости в системе РОС–ОЖ?
12. За счет чего в системах с непрерывной передачей и системах с адресным переспросом удастся повысить скорость передачи информации по сравнению с системами с РОС–ОЖ?

13. В чем отличие относительной фазовой модуляции от абсолютной фазовой модуляции?
14. Поясните сущность многократной фазовой модуляции.
15. Что такое квадратурная амплитудная модуляция?
16. Дайте краткую характеристику протоколов, используемых в современных модемах.

Список литературы

1. **Минкин Э.Б.** Модемные технологии на отечественном рынке телекоммуникаций // Технологии и средства связи. – 1997. – № 1.
2. **Модемы:** разработка и использование в России. Технологии электронных коммутаций. – М.: Эко-трендз, 1996. – Т.62.
3. **Кларк Дж., мл., Кейн Дж.** Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1987. – 392 с.
4. **Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г.** Последняя миля на медных кабелях. – М.: Эко-Трендз, 2001. – 221 с.
5. **Горальски В.** Технологии ADSL и DSL. – М.: Изд-во «ЛОРИ», 2000. – 296 с.

Глава 13. Службы ПД. Сети ПД

13.1. Компьютеры — архитектура и возможности

После появления в 50-х годах XX в. первой электронно-вычислительной машины (ЭВМ), применение компьютерных систем – само собой разумеющийся факт. Первыми используемыми системами стали большие ЭВМ (mainframe), появившиеся в 60-е годы XX в. Они применялись в коммерческих целях и для решения задач в области обработки информации. Централизованное хранение, обработка и представление необходимых данных оказались для администрации и сотрудников организаций, использующих ЭВМ, весьма полезными. Недостаток больших ЭВМ – их неспособность быстро и гибко приспосабливаться к требованиям ряда практических приложений. В 70-е годы XX в. были разработаны мини-компьютеры (мини-ЭВМ). Они за несколько лет превзошли по популярности большие ЭВМ, но применялись все же в роли дополнительной ЭВМ наряду с централизованной (большой) ЭВМ. Благодаря им большое количество пользователей получило доступ к компьютерным системам. В 80-е годы XX в. появился микрокомпьютер (персональный компьютер). Развитие персональных компьютеров и увеличение их вычислительной мощности сопровождалось одновременным уменьшением их стоимости. Персональный компьютер сегодня максимально доступен пользователю, а его производительность существенно превосходит производительность большой ЭВМ 60-х годов [1].

Компьютеры имеют свою память, свои средства поиска нужной информации, широкий набор вводно-выводных устройств, включая устройства для ввода буквенно-цифровой информации, графических, неподвижных и видеоизображений и устройства вывода информации на бумажные носители, видеомониторы и т.п. Компьютеры воспринимают от человека задания в форме программ по требуемой обработке информации.

Ввод информации в компьютер не является проблемой, если используются средства автоматизации ввода, например датчики систем телеметрии, электронные фотокамеры, видеокамеры, электронные весовые устройства и прочие средства, автоматизирующие ввод информации. Проблемой является ввод буквенно-цифровой информации с твердого носителя (бумаги) с последующей обработкой данных программным путем и информации с голоса. Первая проблема решается

ется благодаря использованию сканеров с последующим распознаванием символов, а вторая – разработкой технологий, способных распознавать речь.

Часто источники информации находятся на значительном расстоянии друг от друга, поэтому задача быстрой и эффективной обработки информации, поступающей от них, решается путем использования сетей передачи данных. Применение средств передачи данных позволяет создать многомашинные комплексы, решающие задачи в широком диапазоне: от простых (обмен информацией между компьютерами в учебной лаборатории) до задач управления мощнейшими промышленными корпорациями.

Для сопряжения пользователя с сетью передачи данных используется терминальное оборудование, которое представляет собой совокупность аппаратно-программных средств. *Терминальное оборудование* включает оконечное оборудование данных (ООД), прикладные процессы пользователей и вводно-выводное оборудование (ВВУ). Пользователем может быть человек, получающий услуги через вводно-выводное устройство или прикладной процесс, который через оборудование обработки данных подключается к системе передачи данных (СПД). Терминальное оборудование службы передачи данных представляет собой совокупность одного или нескольких компьютеров, соответствующего программного обеспечения прикладных процессов пользователей, периферийного оборудования, терминалов, средств передачи информации (ООД) и т.д. [2].

Современный персональный компьютер – это достаточно мощное вычислительное устройство, состоящее из *системного блока* и широкого набора вводно-выводных устройств: монитора, клавиатуры, принтеров, сканеров, плоттеров и т.д. В системном блоке расположена системная плата компьютера, на которой монтируется главный элемент – процессор. На системной плате также располагается оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). В ПЗУ хранятся программы, которые записаны на заводе-изготовителе данного компьютера, они не изменяются в процессе его эксплуатации и служат для обеспечения работы компьютера. В качестве такого программного обеспечения используется BIOS (Basic Input/ Output System) – базовая система ввода-вывода. Эти программы предоставляют в распоряжение пользователя единый набор функций системного управления, не зависящий от конкретной схемной реализации машины [3]. Все программное обеспечение компьютеров можно разделить на системное и прикладное.

Системное программное обеспечение поставляется с компьютером или приобретается дополнительно с целью расширения его

возможностей и предназначено для обеспечения взаимодействия его составных частей, например, клавиатуры с процессором, процессора с видеомонитором и т.д.

Прикладное программное обеспечение решает задачи пользователя, который может быть сам разработчиком этих программ. В качестве разработчиков таких программ могут выступать организации, специализирующиеся в данной области.

В ОЗУ записываются необходимые для выполнения конкретных задач системные и прикладные программы. В современных компьютерах используются модули оперативной памяти типа SIMM (Single In-Line Memory Module – модули памяти с однорядным расположением интегральных микросхем). Модули SIMM могут быть различной емкости от 256 Кбайт до 64 Мбайт. Особенностью ОЗУ в отличие от ПЗУ является то, что после выключения питания компьютера записанные в память программы будут потеряны. ПЗУ энергонезависимо, т.е. после выключения питания информация, записанная в ПЗУ, не теряется.

Процессор обрабатывает информацию, поступающую через устройства ввода, и выдает результаты обработки на выводные устройства (принтер или монитор), в оперативную память или на устройства накопления информации. В качестве последних применяются всевозможные накопители – DVD-диски, магнитооптические диски и др. Принцип работы магнитооптического накопителя основан на использовании лазерной и магнитной технологий. Запись информации осуществляется на магнитном носителе, а оптический лазерный луч используется для местного разогрева точки магнитной поверхности. DVD (Digital Versatile Disk) – это цифровой универсальный диск, называемый иногда цифровым видеодиском (Digital Video Disk), в котором в отличие от обычных CD-ROM используется уплотненная запись.

Работой процессора управляют программы, загружаемые в оперативную память с накопителей. Процессор взаимодействует с внешними устройствами через специальные устройства управления, которые еще называют контроллерами. Последние могут располагаться непосредственно на системной плате или соединяться с ней через системную шину посредством специальных разъемов, расположенных на плате и называемых гнездами расширения. В качестве таких контроллеров используются:

- контроллер управления накопителями;
- контроллер телекоммуникационного (последовательного) порта;
- контроллер параллельного порта;
- контроллер управления монитором (видеоадаптер);

– сетевые контроллеры и т.д.

Конструктивно несколько контроллеров, например управления накопителями на магнитных дисках и портов ввода-вывода, могут быть расположены на одной плате, подключаемой к системной плате через гнездо расширения.

Существует ряд стандартов на архитектуру ввода-вывода, от типа этого стандарта зависит тип разъема гнезд расширения. Рассмотрим некоторые из них.

1. Стандартная шина компьютера AT – ISA (Industry Standard Architecture) представляет собой 16-разрядный канал обмена данными между устройствами машины.
2. Шина EISA (Extended Industry Standard Architecture, расширенная архитектура промышленного стандарта) имеет 32-разрядный канал обмена.
3. MCA (Micro Channel Architecture – микроканальная архитектура) имеет 32-разрядную шину.
4. Современная концепция построения системной шины – локальная, обеспечивающая связь с периферийными устройствами со скоростью микропроцессора, например локальная шина PCI (Peripheral Component Interconnect), разработанная фирмой «Intel», поддерживает скорость передачи до 132 Мбит/с при передаче 32-битовых данных и до 264 Мбит/с при передаче 64-битовых данных.

Локальная шина не заменяет ISA, а дополняет ее. Компьютеры, как правило, имеют две шины расширения: ISA – для совместимости с платами предыдущих выпусков и локальную – для подключения быстродействующих внешних устройств, например видеоадаптера.

Кроме перечисленных компонентов, в состав системного блока входят накопители на гибких и жестких магнитных дисках, компакт-дисках (CD-ROM), магнитооптических дисках, кассетных накопителей на магнитной ленте. Все перечисленные устройства подключаются через один из следующих интерфейсов:

- IDE (Integrated Drive Electronics – электроника накопителя);
- ESDI (Enhanced Small Device Interface – усовершенствованный интерфейс малых систем);
- SCSI (Small Computer System Interface – интерфейс малых вычислительных машин).

Интерфейсы реализуются в виде отдельной платы или встраиваются в сам накопитель и в системную плату.

В состав системного блока входит также источник питания.

Дисплейная подсистема включает в себя видеоадаптер, программу управления видеоадаптером – драйвер видеоадаптера, который поставляется с адаптером, и монитор. Известны несколько стандар-

тов для дисплейных подсистем, отличающихся базовым графическим разрешением, т.е. количеством элементов изображения по вертикали и по горизонтали, которое может быть расположено на экране монитора, а также числом цветов для цветных мониторов или градаций серого цвета для черно-белых мониторов: 1) стандарт CGA – разрешение 320 × 200 точек; 2) MDA – разрешение 720 × 350; 3) EGA – разрешение 640 × 350; 4) VGA (Video Graphics Array) – разрешение 640 × 480 или 800 × 600; 5) SVGA (Super Video Graphics Array) – 1024 × 768 точек [3, 4].

Важный параметр видеоадаптера – объем видеопамати, который имеется на плате видеоадаптера, так как от него зависит количество воспроизводимых монитором цветов.

Все вышеперечисленные устройства еще называются аппаратным обеспечением компьютера, которое не может работать без системного программного обеспечения. Основой системного программного обеспечения являются операционные системы. Например, операционная система MS-DOS фирмы «Microsoft», ориентированная на использование на локальном персональном компьютере в однопользовательском режиме. Она обеспечивает основные операции при работе пользователя с файловой системой: запуск и остановку прикладных программ.

Для облегчения работы пользователя с компьютером разработано специальное программное обеспечение, например, программа Питера Нортон – Norton Commander. В настоящее время широко применяются операционные системы с удобными для пользователя графическими экранными интерфейсами – это такие системы, как Windows и OS/2.

Однопользовательские операционные системы недолго удовлетворяли потребности пользователей персональных компьютеров. Стало понятно, что отдельные персональные компьютеры не решают проблемы обработки все возрастающих объемов информации и усложняющихся алгоритмов ее обработки, как бы не увеличивалась их мощность и количество процессоров в них. Естественным решением проблемы стало использование компьютерных сетей, реализуемых на базе служб и сетей передачи данных.

Для построения таких сетей были разработаны так называемые сетевые операционные системы. Видное место среди таких операционных систем занимала и занимает многопользовательская операционная система UNIX.

В современных компьютерных сетевых системах нашлось место всем разновидностям вычислительных машин от больших ЭВМ до персональных компьютеров. Большие и мини-ЭВМ выполняют функции серверов, а персональные компьютеры используются как рабочие станции.

13.2. Принципы построения компьютерных сетей

Все многообразие компьютерных сетей можно классифицировать по группе признаков:

- 1) территориальная распространенность;
- 2) ведомственная принадлежность;
- 3) скорость передачи информации;
- 4) тип среды передачи.

По территориальной распространенности сети могут быть локальными, региональными и глобальными. *Локальные* – это сети, перекрывающие территорию не более 10 км²; *региональные* – расположенные на территории города или области; *глобальные* – на территории государства или группы государств, например всемирная сеть Internet.

По принадлежности различают ведомственные и государственные сети. Ведомственные сети принадлежат одной организации и располагаются на ее территории. Это может быть локальная сеть предприятия. Несколько отделений одной кампании, расположенные на территории города, области, страны или государства, образуют корпоративную компьютерную сеть. Государственные сети – сети, используемые в государственных структурах.

По скорости передачи информации компьютерные сети делятся на низко-, средне-, высокоскоростные.

По типу среды передачи разделяются на сети коаксиальные, на витой паре, оптоволоконные, с передачей информации по радиоканалам, в инфракрасном диапазоне и т.д. Следует заметить, что основные отличия в принципах построения сетей определяются средой передачи.

Компьютеры, включаемые в компьютерные сети, выполняют функции либо серверов, либо рабочих станций. Серверы – это достаточно мощные ЭВМ, предоставляющие свои ресурсы менее мощным машинам, выполняющим роль рабочих станций. В качестве последних используются персональные компьютеры. Серверы различают по основным функциям, которые они выполняют: файловые, печати, приложений и т.д. Файловый сервер служит для хранения файлов и предоставления их для использования рабочим станциям сети. Сервер печати производит функции сетевой печати. На сервере приложений выполняются задачи, которые могут быть запущены с любой рабочей станции, имеющей доступ к данному серверу.

Если компьютеры находятся на территории одного предприятия (организации) и включены в одну локальную сеть, то рабочие станции подключаются к серверам через сетевое оборудование локальных сетей. Компьютеры, подключенные к разным локальным сетям, удаленным друг от друга на существенное расстояние, соединяются с

использованием средств региональных или глобальных компьютерных сетей. Возможен доступ к серверам локальных сетей с использованием сетей связи общего пользования, например, телефонной или региональных (глобальных) сетей передачи данных.

Структуры перечисленных сетей могут быть разнообразными. Для локальных более характерны регулярные структуры: шина, кольцо, звезда. Не исключены комбинации указанных структур сетей. Для региональных и глобальных сетей более характерны иерархические структуры.

13.3. Международные стандарты на аппаратные и программные средства компьютерных сетей

Для организации эффективного взаимодействия между разнотипными компьютерами в компьютерных сетях был разработан международный стандарт, в котором описана архитектура взаимодействия открытых систем (см. гл. 9).

Вычислительная система, отвечающая стандартам, принятым в концепции взаимодействия открытых систем, будет открыта для взаимосвязи с любой другой системой, отвечающей этим же стандартам. Стандарт по взаимодействию вычислительных систем принят международной организацией по стандартизации (МОС, английская аббревиатура ISO) под номером 7498, а позднее – Международным консультативным комитетом по телефонии и телеграфии (МККТТ). Современное название этой организации Международный союз электросвязи (МСЭ-Т), под номером X.200. В нем предусматривается разбиение функций сложной системы, реализующей организацию взаимодействия абонентских систем (терминального оборудования) на N простых функций, т.е. разбиение сложной системы на подсистемы. Подсистемы одной системы связаны друг с другом через межуровневые интерфейсы, а подсистемы разных систем – через протоколы N -го уровня. Подробнее термины и определения были описаны. Здесь же рассмотрим конкретные реализации наиболее распространенных стандартов. Не всегда в стандартах рассматривается протокол, соответствующий какому-то определенному уровню. Часто в одном стандарте описываются протоколы, соответствующие нескольким уровням модели ISO. К таким стандартам относится, например, стандарт X.25.

Помимо вышеупомянутых МОС и МСЭ-Т, стандартизацией в области электросвязи занимаются также:

- 1) ANSI – American National Standards Institute (Американский национальный институт стандартов);
- 2) EIA – Electronic Industries Association (Ассоциация электронной индустрии);

- 3) ECMA – European Computer Manufacturers Association (Европейская ассоциация производителей ЭВМ);
- 4) IEEE – Institute of Electronic and Electrical Engineers (Институт инженеров по электронике и электротехнике);
- 5) Госстандарт Российской Федерации.

Стандарты протоколов физического уровня. Функции протоколов физического уровня (уровень 1) обеспечивают взаимодействие процедур канального уровня с физической средой передачи, по которой передается сигнал. В этих стандартах, как правило, описываются принципы построения устройств преобразования сигналов (модемов) и межуровневых интерфейсов, описывающих как уровень 1 связывается с уровнем 2, предоставляя ему свои услуги.

Наибольшее количество стандартов физического уровня и интерфейсов между физическим и канальным уровнем опубликовано МККТТ (МСЭ-Т). Перечислим некоторые из них:

- 1) V.21 – дуплексный модем со скоростью передачи 300 бит/с, предназначенный для использования в общей коммутируемой телефонной сети;
- 2) V.22 – дуплексный модем со скоростью передачи 1200 бит/с, предназначенный для использования в общей коммутируемой телефонной сети и выделенных каналах;
- 3) V.23 – модем со скоростью передачи 600/1200 бит/с, предназначенный для использования в общей коммутируемой телефонной сети;
- 4) V.26 – модем со скоростью передачи 2400 бит/с, предназначенный для использования в четырехпроводных каналах выделенного типа;
- 5) V.27 – модем со скоростью передачи данных 4800 бит/с с ручным корректором, предназначенный для использования в выделенных каналах телефонного типа.

Имеются стандарты интерфейсов с модемами, например, V.24 – «Перечень обозначений цепей обмена между оконечным оборудованием данных (ООД) и аппаратурой окончания канала данных».

Известны также стандарты МСЭ-Т, в которых описывается физический уровень серии X, например, X.21 – «Интерфейс между оконечным оборудованием данных (ООД) и аппаратурой окончания канала данных (АКД) для синхронной работы в сетях передачи данных общего пользования», эта серия стандартов относится к сетям передачи данных общего пользования.

Кроме МСЭ-Т, стандарты физического уровня разрабатывались и другими организациями. Например, всемирно-известный стандарт RS-232C, разработанный EIA и используемый в устройствах подключения к персональным компьютерам периферийных устройств. Большинство стандартов, опубликованных разными организациями, дуб-

лируют друг друга. Например, стандарты МСЭ-Т V.24 и стандарт EIA RS-232C [5, 6].

Стандарты протоколов канального уровня. В качестве основных функций канального уровня можно перечислить следующие:

- 1) синхронизация по кодовым комбинациям (по байтам);
- 2) разбиение потока информации, поступающего из физического уровня, на сегменты (блоки информации), которые называются кадрами канального уровня, и формирование кадров канального уровня из протокольных единиц (для сетей с коммутацией пакетов – это пакеты), поступающих на канальный уровень с вышележащего сетевого уровня;
- 3) распознавание кадров, передаваемых между станциями компьютерных сетей (каждый кадр имеет адрес станции его передавшей);
- 4) обеспечение возможности передачи информации любым кодом (прозрачности по кодам);
- 5) обеспечение коррекции ошибок, возникающих при передаче информации.

Протоколы канального уровня можно разделить на две группы: байт- и бит-ориентированные протоколы, информация, передаваемая с их помощью, рассматривается соответственно на уровне одного байта или бита, и наименьшей обрабатываемой единицей информации является байт или бит.

Байт-ориентированные протоколы – это процедуры управления каналом передачи данных, в которых для функции управления применяются структуры определенных знаков первичного кода, например, стандартного американского национального кода ASCII.

В бит-ориентированных протоколах управление каналом производится посредством анализа битовых последовательностей, представляющих собой поля кадра канального уровня.

При передаче через канал связи информация представляется в виде кадра, состоящего из собственно блока данных и служебной части, в которую входят поля, определяющие начало кадра, адресную часть, и поле управления. В качестве примера рассмотрим несколько протоколов канального уровня.

1. *Байт-ориентированный протокол BSC* (Binary Synchronous Communication) разработан фирмой IBM в 1968 г. Формат кадра приведен на рис. 13.1.

Контрольная сумма получается на передающей стороне путем суммирования всех знаков кадра. На приемной стороне вновь рассчитывается контрольная сумма. Принятая в составе кадра и посчитанная на приемной стороне контрольные суммы должны совпадать, в противном случае кадр считается принятым неверно.

Для обеспечения прозрачности по кодам перед каждым символом, встречающимся внутри информационного блока, совпадающим по

SYN	SYN	SON	Заголовок	STX	Поле данных	ETX или ETB	BCC
1 байт	1 байт	1 байт		1 байт		1 байт	

Рис. 13.1. Формат кадра BSC

SYN – синхросимвол (СИН); SON – начало заголовка (НЗ); STX – начало текста (НТ); ETX – конец текста (КТ); ETB – конец блока (КБ); BCC – контрольная сумма

виду со служебным, передается символ DLE. На приемной стороне он автоматически удаляется. Описанная процедура позволяет на приемном конце различать действительно служебные символы и символы, совпадающие по виду со служебными, встречающимися в информационном блоке в поле данных. Если бы внутри информационного блока был принят, например, символ «конец текста» или «конец блока», прием кадра прекратился бы преждевременно и, следовательно, данный кадр был бы принят неверно.

Особенность этого протокола – работа его только в режиме поочередной двухсторонней передачи.

Рассмотрим еще один вариант байт-ориентированного протокола, принципиально отличающегося от BSC методом обеспечения прозрачности по кодам.

2. *Байт-ориентированный протокол DDCMP* (Digital Data Communication Message Protocol) разработан в фирме Digital Equipment Corporation (DEC). Формат кадра протокола приведен на рис. 13.2.

Допускаются синхронный и асинхронный способы передачи информации.

Перед началом передачи любая из станций должна послать «запрос» и получить на него «подтверждение», после чего информация передается в виде нумерованных блоков, т.е. каждый передаваемый блок имеет свой номер.

Протокол предусматривает подтверждение 255 ранее принятых пронумерованных сообщений одной операцией.

SYN	SYN	SON	Счетчик	Ответ	ПН	Адрес	CRC1	Информация	CRC2
-----	-----	-----	---------	-------	----	-------	------	------------	------

Рис. 13.2. Формат кадра DDCMP

ПН – последовательный номер сообщения; CRC1, CRC2 – проверочные контрольные суммы

Для выявления ошибок используются две контрольные суммы (1-я защищает заголовок, 2-я – информационный блок). Выявление ошибок влечет за собой посылку сообщения с признаком NAK (НЕТ) в передающий узел, при этом указывается также последовательный номер последнего правильно принятого сообщения. Ошибочное сообщение с целью повторной передачи ставится в очередь готовых для передачи сообщений. Если в течение некоторого времени не получен положительный ответ от приемника, то производится повторная передача предыдущего блока.

Счетчик фиксирует длину передаваемого сообщения. Благодаря наличию поля счетчика в заголовке, передатчик может формировать кадры произвольной длины. Информационный кадр отличается от управляющего наличием в заголовке кадра символа SOH, если вместо SOH передается ENQ (KTM – кто там), то кадр считается не информационным, а управляющим.

Протокол DDCMP предусматривает работу в четырехпроводном режиме: по прямому каналу передается информация, по обратному – сигналы подтверждения правильного приема кадров.

3. *Бит-ориентированный протокол HDLC* разработан в 1973 г. Международной организацией по стандартизации. Он базовый для целого набора протоколов канального уровня, являющихся его подмножествами.

Протокол поддерживает полудуплексную и дуплексную передачи, виды соединения между станциями типа «точка–точка» (двухточечное) и «многоточечное».

В данном протоколе рассматриваются следующие типы станций:

– *первичная* – управляет каналом передачи данных, передает команды вторичным станциям, подключенным к общему каналу, и получает ответы от вторичных станций.

– *вторичная* – зависима от первичной станции, реагирует на команды от первичной путем передачи ей ответов. Она поддерживает сеанс связи с первичной станцией и не отвечает за управление каналом.

– *комбинированная* – передает как команды, так и ответы, она получает команды и ответы от тех станций, с которыми поддерживает сеанс связи.

Известны три режима работы станций, взаимодействующих по протоколу HDLC.

1. Режим *нормального ответа*. Перед началом передачи вторичная станция должна получить явное разрешение от первичной. После получения разрешения она начинает передачу ответа, который может содержать данные. Пока канал используется вторичной станцией, она может передать один или более кадров. После передачи последнего кадра вторичная станция снова ждет явного разрешения от первичной на передачу.

2. Режим *асинхронного ответа*. Позволяет вторичной станции инициализировать передачу без получения явного разрешения от первичной (это может произойти при свободном канале). Могут быть переданы один или несколько кадров данных либо управления каналом.

Этот режим снижает потери времени, так как вторичная станция, чтобы передать данные, не нуждается в ожидании своей очереди при последовательном опросе (т.е. она не ждет, когда первичная станция опросит по очереди все вторичные).

3. *Асинхронный сбалансированный* режим. Применяются комбинированные станции. Они могут инициализировать передачу без получения разрешения от других комбинированных станций, так как каждая из них может выполнять функции как первичной, так и вторичной станций.

В HDLC используется в настоящее время два способа конфигурирования каналов передачи данных.

1. *Несбалансированная конфигурация* – обеспечивает работу одной главной станции и одной или нескольких подчиненных станций для двухточечных или многоточечных конфигураций. Конфигурация называется несбалансированной, потому что первичная (главная) станция управляет каждой подчиненной и отвечает за выполнение команды установления режима.

2. *Сбалансированная* конфигурация состоит из двух комбинированных станций. Она применяется в двухточечных соединениях. Методы передачи: дуплексный, полудуплексный. Каналы: коммутируемый и некоммутируемый.

Комбинированные станции в канале имеют равный статус и могут передавать друг другу информацию без получения предварительного разрешения, причем каждая станция несет равную ответственность за управление каналом.

Рассмотрим формат кадра протокола HDLC (рис. 13.3).

Каждое поле кадра протокола HDLC кратно восьмибитовой комбинации двоичного кода, называемой байтом, или октетом. Рассмотрим некоторые поля более детально.

Поле *флага* представляет из себя комбинацию битов 01111110, с помощью которой определяется начало и конец кадра.

Флаг 01111110	Адрес	Управление	Информация	Контрольное поле кадра	Флаг 01111110
------------------	-------	------------	------------	---------------------------	------------------

↑
Бит передается в канал первым

Рис. 13.3. Формат кадра протокола HDLC

Поле *адреса* определяет адрес первичной или вторичной станций, участвующих в передаче конкретного кадра.

Управляющее поле содержит команды или ответы, а также порядковые номера, используемые при отчетности о правильности передачи кадров канального уровня.

Информационное поле содержит блок информации (пакет), поступающий на второй канальный уровень с третьего сетевого. Оно имеется только в кадре информационного формата.

Поле *контрольной последовательности кадра* (КПК) используется для обнаружения ошибок при передаче данных между двумя станциями. Передающая станция вычисляет КПК путем деления всех полей кадра, кроме флагов, на образующий полином циклического кода вида $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$. Длина поля 2 байта, что соответствует полиному 16-й степени. Полученный остаток от деления передается на приемную станцию, где аналогичным образом вычисляется остаток от деления на образующий полином тех же полей кадра, но уже прошедших через канал связи. Если он совпадает с остатком, принятым в составе кадра, то кадр считается принятым верно, иначе – неверно.

При использовании флаговой и других служебных комбинаций возникают проблемы обеспечения прозрачности по кодам. Например, если внутри кадра до приема завершающего флага принята из канала кодовая комбинация, соответствующая флаговой, то прием этого кадра не будет произведен до конца, так как приемником эта кодовая комбинация будет опознана как завершающий флаг.

Для того чтобы этого не произошло, применяется операция бит-стаффинга, которая предусматривает до присоединения к кадру флагов на передающей стороне побитовый просмотр передаваемой между флагами информации и установку нуля после каждого пяти идущих подряд единиц.

На приеме содержимое кадра между флагами вновь анализируется и после пяти подряд идущих единиц убирается ноль. Аналогично предотвращается возникновение и других служебных кодовых комбинаций внутри кадра, чем обеспечивается возможность передачи информации любым кодом.

В HDLC различают три типа полей управления. В зависимости от типа поля управления различаются кадры: *I* – информационного, *S* – супервизорного, *U* – нумерованного форматов.

Кадры *I*-формата служат для переноса информации; *S*-формата – для подтверждения приема, запроса на повторную передачу и запроса на временную задержку передачи кадров; *U*-формата – для управления, инициализации и разъединения канала передачи данных.

Протокол HDLC является базовым для целой группы протоколов канального уровня, используемых как в глобальных, так и в локальных компьютерных сетях, а именно:

- 1) LAP (Link Access Procedures) – процедура доступа к звену передачи данных (используется в стандарте X.25);
- 2) LAPB (Balanced Link Access Procedures) – сбалансированная процедура доступа к звену передачи данных (используется в стандарте X.25);
- 3) LLC (Logical Link Control) – управление логическим каналом, стандарт опубликован комитетом IEEE-802 для локальных сетей;
- 4) SDLC (Synchronous Data Link Control) – синхронное управление звеном данных, разработан компанией IBM;
- 5) ADCCP (Advanced Data Communication Control Procedures) – разработан Американским национальным институтом стандартов (ANSI).

Все вышеперечисленные протоколы выполняют только часть функций, имеющих в HDLC.

Стандарты протоколов сетевого уровня. Широко используемыми стандартами сетевого уровня являются протоколы:

- X.25, разработанный МСЭ-Т для сетей с коммутацией пакетов;
- Стандарты IPX/SPX, разработанные фирмой «Novell»;
- TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol), разработанный в конце 60-х годов XX в. для глобальной сети Агентства по передовым исследовательским проектам министерства обороны США. В настоящее время используется в глобальной сети Internet и в локальных сетях предприятий и учреждений, базирующихся на протоколах TCP/IP и называющихся intranet.

X.25 трехуровневый, включает в себя физический, канальный и сетевой уровни моделей ISO.

В качестве *физического уровня* в X.25 рассматривается стандарт X.21, в котором описывается интерфейс физического уровня между ООД (компьютером) и АПД (модемом).

В некоторых странах вместо X.21 применяется стандарт X.21Bis, который аналогичен стандартам V.24 и RS232-C. Подключение к компьютеру устройств через интерфейс RS232-C производится с использованием 25- или 9-контактного разъема с обратной стороны системного блока.

Физический уровень X.25 не осуществляет функций контроля за качеством передаваемой информации.

Протоколы *канального уровня* X.25 – LAP и LAPB являются подмножествами протокола HDLC. В кадре протокола LAP или LAPB транспортируется пакет сетевого уровня стандарта X.25.

Канальный уровень с протоколом LAP применяется на практике редко.

При рассмотрении *сетевого уровня* X.25 различают дейтаграммное и виртуальное соединения:

8	7	6	5	4	3	2	1
Q	D	0	1	Номер группы логического канала			
Номер логического канала в группе							
$P(R)$			M	$P(S)$			0
Данные пользователя							

Рис. 13.4. Пакет X.25. Данные DTE (ООД):

Q – бит идентификации пакета; D – бит подтверждения доставки; $P(R)$ – порядковый номер приема; $P(S)$ – порядковый номер передачи; M – бит конца передачи; 0 – дальше пойдут данные, 1 – последний пакет

– *дейтаграммное* имеет пакет с адресами получателя и отправителя, который проходит через сеть от отправителя до получателя по своему произвольному маршруту и, путешествуя от узла к узлу, доходит до получателя;

– *виртуальное* представляет собой несколько последовательно соединенных логических каналов. Логический канал обеспечивается путем мультиплексирования физической линии, соединяющей пакетное ООД с центром коммутации пакетов (ЦКП) или два ЦКП между собой.

На рис. 13.4 приведен в качестве примера формат пакета X.25 транспортирующего информацию через установленное ранее виртуальное соединение. В каждом физическом соединении возможна организация $16 \times 256 = 4096$ логических каналов, где 16 – количество групп логических каналов и 256 – число логических каналов в группе.

Номер группы логического канала и номер логического канала в группе представляют собой идентификатор логического канала.

В поле «данные пользователя» передаются блоки протокола транспортного уровня.

Порядок установления виртуального соединения:

1. От источника передается пакет «Запрос соединения». Этот запрос проходит через всю сеть, на любом участке сети может быть использован любой логический канал из возможных 4096. Когда этот пакет придет к получателю, то этот путь будет зафиксирован, т.е. будет записано в ЦКП, что определенные логические каналы закреплены за данным виртуальным соединением, следовательно, они другому виртуальному соединению присвоены не будут.

2. Затем по этой трассе будут передаваться пакеты «Данные ООД».

3. После окончания процедуры обмена данными через этот же виртуальный канал посылается «Запрос разъединения». После того как этот пакет пройдет через сеть, виртуальный канал прекращает свое существование.

Для облегчения передачи информации через сеть ПД с X.25 от интеллектуальных терминалов (асинхронных телеграфных аппаратов и т. д.) применяются средства сборки-разборки пакетов (СРП или PAD – packet assembled disassembled).

Работа средств сборки-разборки пакетов описывается в стандартах:

- X.3 – средство сборки/разборки пакетов (СРП) в сети данных общего пользования;
- X.28 – стык ООД/АКД для стартопного – окончного оборудования данных, имеющего доступ к средству сборки-разборки пакетов (СРП) в сети данных общего пользования в пределах одной страны;
- X.29 – процедуры обмена управляющей информацией и данными пользователя между средствами сборки-разборки пакетов (СРП) и пакетным ООД или другим СРП.

Для пользователей, которые работают в двух различных сетях с коммутацией пакетов по X.25 взаимодействие для совместного использования ресурсов и обмена данными осуществляется с использованием протокола X.75. Протокол X.75 подобен X.25, имеет те же свойства, логические каналы, коммутируемые виртуальные каналы, некоторые управляющие пакеты аналогичны X.25. Стандарт X.75 размещается над X.25 в сетевом уровне и содержит уровни:

- 1) физический;
- 2) канала связи;
- 3) сетевой.

Протоколы транспортного уровня. Сетевой уровень предоставляет услуги транспортному, который требует от пользователей запроса на качество обслуживания сетью.

После получения от пользователя запроса на качество обслуживания транспортный уровень выбирает класс протокола, который обеспечивает требуемое качество обслуживания.

Качество обслуживания сети зависит от ее типа, доступного конечному пользователю, а также от транспортного уровня.

МСЭ-Т, ISO, ECMA определяют три типа сетей:

- а) сети, обеспечивающие приемлемые уровни ошибок и сигнализации об ошибках (приемлемое качество);
- б) сети, обеспечивающие приемлемый уровень ошибок и неприемлемо слабую сигнализацию об ошибках;
- в) сетевые соединения, представляющие неприемлемый уровень ошибок для пользователя (ненадежные сети).

При существовании разных типов сетей транспортный уровень позволяет установить следующие параметры качества обслуживания:

- 1) пропускная способность;
- 2) надежность сети;
- 3) задержка передачи информации через сеть;
- 4) приоритеты;
- 5) защита от ошибок;
- 6) мультиплексирование;
- 7) управление потоком;
- 8) обнаружение ошибок;

Транспортный уровень отвечает за выбор соответствующего протокола, обеспечивающего требуемое качество обслуживания на сети [6].

Примером протоколов транспортного уровня могут служить протокол МСЭ-Т (МККТТ) X.224 – «Спецификация протокола транспортного уровня взаимосвязи открытых систем для применения МККТТ» [13] и стандарт ISO 8073 «Системы обработки информации. Взаимосвязь открытых систем. Спецификация протоколов транспортного уровня».

Протоколы верхних уровней. К верхним уровням относят протоколы сеансового, представительного и прикладного уровней.

Сеансовый уровень. Здесь производится организация способов взаимодействия между прикладными процессами пользователей, т.е. управление взаимодействием между открытыми системами. В качестве примеров протоколов сеансового уровня можно рассматривать стандарт X.225 – «Спецификация протокола сеансового уровня взаимосвязи открытых систем для применений МККТТ» [14], разработанный МСЭ-Т и стандарт ISO 8327 «Системы обработки информации. Взаимосвязь открытых систем. Базовая спецификация протокола сеансового уровня, ориентированная на соединение».

Представительный уровень. Определяет синтаксис передаваемой информации, т.е. набор знаков и способы их представления, которые являются понятными для всех взаимодействующих систем. Это процесс согласования различных кодов, согласно ему взаимодействующие системы договариваются о той форме, в которой будет передаваться информация. Примером протоколов представительного уровня являются: X.226 «Спецификация протокола уровня представления взаимосвязи открытых систем для применения МККТТ» [15] и стандарт ISO 8823 «Системы обработки информации. Взаимосвязь открытых систем. Спецификация протоколов уровня представления в режиме управления соединением».

Прикладной уровень. Определяет семантику, т.е. смысловое содержание информации, которой обмениваются открытые системы. Примером стандарта прикладного уровня может служить стандарт МСЭ-Т X.400.

Особенности стандартизации протоколов для локальных сетей. Особенностью стандартов, разрабатываемых для локальных се-

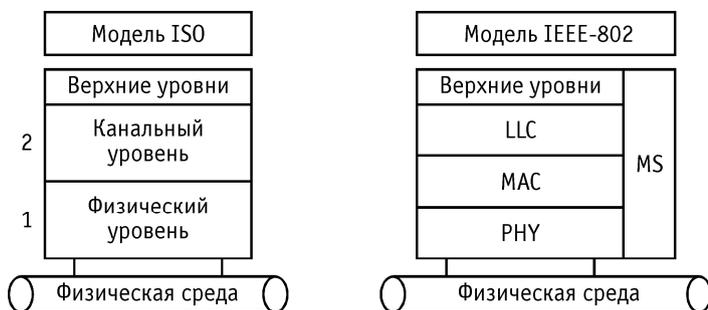


Рис. 13.5. Архитектура нижних уровней локальных сетей в сопоставлении с архитектурой эталонной модели взаимодействия открытых систем:

LLC (Logical link control) – подуровень управления логическим каналом; MAC (Medium access control) – подуровень управления доступом к среде передачи; PHY (Physical) – физический уровень; MS (Management station) – уровень управления станцией

тей, является предложенная комитетом IEEE-802 [17] архитектура нижних уровней локальных вычислительных сетей (см. рис. 13.5) в сопоставлении с уровнями эталонной модели взаимодействия открытых систем [18]. Эта особенность заключается в том, что канальному уровню модели ISO соответствуют два подуровня модели IEEE-802, а именно: MAC, определяющий метод доступа к среде передачи и LLC [21], обеспечивающий управление логическим каналом. Реализация уровней выше второго принципиальных отличий не имеет, будь то локальные сети или глобальные.

Сопоставительный анализ протокольных стеков. Существующие сетевые архитектуры, будь то стандарты, разработанные международными комитетами, или наборы протоколов, созданные фирмами-производителями оборудования для компьютерных сетей, отличаются друг от друга и имеют свою область применения.

Одним из существенных критериев, используемых для сопоставительного анализа, можно считать охват сетью определенной территории. Деление сетей по этому признаку предполагает сети трех типов: глобальные, региональные и локальные. Часто используемый термин корпоративные сети можно отнести к глобальным или к локальным в зависимости от их размеров.

Реально существующие наборы протоколов сетевых архитектур (протокольные стеки) можно разбить на две группы: для глобальных и для локальных сетей. В табл. 13.1 представлены сетевые архитектуры глобальных сетей общего пользования [16].

Таблица 13.1. Сетевые архитектуры для глобальных сетей

Уровни ЭМВОС	Стандарты		
	X.200 МСЭ-Т (МККТТ)	ISO (МОС)	TCP/IP
Прикладной	X.400,	X.400	SMTP, TELNET, FTP, TFTP
Представительный	X.226	ISO 8823	
Сеансовый	X.225	ISO 8327	TCP, UDP
Транспортный	X.224	ISO 8073	
Сетевой	X.25, X.75	X.25, X.75	IP, IPng
Канальный	LAPB	LAPB	
Физический	–	–	–

Протокольные стеки МККТТ и ISO включают полные наборы протоколов от канального до прикладного уровня, которые на всех уровнях ориентированы на соединение, т.е. на каждом уровне между двумя подсистемами устанавливается логическая связь, благодаря которой происходит передача данных. При этом сохраняются целостность и порядок их следования. При искажении порции данных происходят их перезапрос и повторная передача. Последнее приводит к существенным затратам сетевых ресурсов, но является неизбежным для глобальных сетей в условиях применения каналов низкого качества.

В стеке TCP/IP используются следующие протоколы:

1. SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – протокол электронной почты;
2. TELNET – протокол эмуляции терминала;
3. FTP (File Transfer Protocol) – протокол передачи файлов;
4. TFTP (Trivial File Transfer Protocol) – простой протокол передачи файлов;
5. TCP (Transmission Control Protocol) – протокол управления передачей обеспечивает сервис надежной доставки информации между пользователями;
6. UDP (User Datagram Protocol) – пользовательский дейтаграммный протокол обеспечивает негарантированную доставку пакетов без установления соединения между клиентами;
7. IP (Internet Protocol) – межсетевой протокол обеспечивает доставку между узлами;
8. IPng (Internet Protocol new generation) – межсетевой протокол нового поколения с усовершенствованной системой адресации.

Сетевые архитектуры локальных сетей представлены в табл. 13.2.

Физический и подуровень доступа к среде передачи как часть канального уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем в локальных сетях реализуются с помощью OLI (Open Link Interface),

Т а б л и ц а 13.2. **Сетевая архитектура на примере протоколов фирмы Novell**

Уровни ЭМВОС	Протоколы фирмы Novell	TCP/IP
Прикладной	NCP	SMTP, TELNET, FTP, TFTP,
Представительный		
Сеансовый	NetBIOS	TCP, UDP
Транспортный	SPX	
Сетевой	IPX	IP, IPng
Канальный	–	–
Физический	–	–

включающего драйверы для различных типов локальных сетей, например, Ethernet, Token Ring и др.

Протоколы, расположенные над OLI, в случае стека протоколов фирмы NOVELL выполняют следующие функции:

- сетевой уровень IPX (Internal Packet Exchange) так же, как и IP обеспечивает дейтаграммный обмен пакетами, но отличается от IP тем, что использует для адресации адреса сетевых контроллеров;
- транспортный уровень SPX (Sequenced Packet Exchange) гарантирует правильность передачи пакетов;
- протокол NCP (NetWare Core Protocol) охватывает функции протоколов верхних уровней.

Протокольный стек NOVELL заменяется на набор протоколов TCP/IP путем перезагрузки программ без каких-либо изменений в аппаратных средствах сети. После перезагрузки сеть будет работать с использованием протоколов TCP/IP.

13.4. Сетевые операционные системы

Системные программные средства, управляющие процессами в компьютерных сетях, объединенные общей архитектурой, определенными коммуникационными протоколами и механизмами взаимодействия вычислительных процессов, называются *сетевыми операционными системами*. Они предназначены для эффективного решения задач распределенной обработки данных, т.е. обработки данных не на отдельном локальном компьютере, а на нескольких объединенных сетью, причем часто бывает неважно – локальной или глобальной.

Сетевые операционные системы ограничены областью своего действия. Сетевые супервизоры (управляющие программы) поддерживают работу одной или нескольких взаимодействующих локальных сетей. Если взаимодействуют несколько сетей (организована интер-

сеть), то сетевое программное обеспечение реализуется также в шлюзах и мостах, связывающих эти сети, а все сетевые объекты (рабочие станции, серверы), принадлежащие разным сетям, подчиняются общему адресному пространству.

Сетевые операционные системы, поддерживая распределенное выполнение процессов, их взаимодействие, обмен данными между процессорами, доступ пользователей к общим ресурсам и другие функции, выполняют важные системные требования к распределенной системе как к целостной и многопользовательской.

Требования к сетевым операционным системам. Различают следующие системные требования:

1. Единая системная архитектура.
2. Обеспечение требуемого высокого уровня прозрачности.
3. Высокоуровневая и высоконадежная файловая система.

Единая системная архитектура. Понятие «системная архитектура» охватывает следующие вопросы:

- распределение функций между узлами сети;
- принципы построения коммуникационных протоколов;
- методы выполнения отдаленных операций типа «клиент – сервер»;
- структуру сетевой файловой системы;
- уровни прозрачности доступа к сети;
- принципы защиты данных;
- свойства общесетевого адресного пространства. Примером может служить адресация в Internet.

Обеспечение требуемого высокого уровня прозрачности. Сетевая операционная система должна обеспечивать для пользователей доступ к многообразным сетевым ресурсам независимо от степени распределенности, неоднородности и мобильности данных, программ и устройств. Высокий уровень прозрачности означает, что обеспечиваются прозрачность доступа, прозрачность имен, прозрачность физических устройств и сетевой среды и т.д. Сетевая операционная система изолирует от пользователя все различия, особенности и физические параметры привязки процессов к обрабатываемым сетевым ресурсам. Например, пользователь может обратиться к процессу печати определенных данных, называя их уникальными составными именами, но совершенно не заботится о том, где практически находятся эти данные, и на каком физическом принтере они будут распечатаны.

Высокоуровневая и высоконадежная файловая система. Файловая система, поддерживаемая сетевой операционной системой и входящая в ее состав, должна эффективно организовать хранение информации общего пользования и обеспечивать одновременный доступ к ней многих пользователей. Высокоуровневость означает, что доступ обеспечивается как к локальным файлам (расположен-

ным на рабочих станциях), так и к удаленным (на серверах) на различных уровнях (справочник файлов; файл; именованный блок; сегмент файла).

В сетевом режиме должны поддерживаться разнообразные операции с файлами (читать, писать, удалять, модифицировать). Протокол удаленного доступа и управления файлами должен обеспечивать все необходимые сетевые функции создания, обработки, пересылки и защиты файла.

Файловая система – центральный элемент сетевой операционной системы, определяющий производительность и надежность всей распределенной системы в целом [9].

Примеры сетевых операционных систем. Рассмотрим несколько наиболее распространенных сетевых операционных систем. До недавнего времени наиболее широко использовались операционные системы фирмы *Novell*, различные версии операционной системы *Netware*. Все они делятся на две группы – одноранговые и операционные системы с выделенными серверами.

К одноранговым можно отнести *NetWare Lite* и *Personal NetWare*, а ко второй группе – версии *NetWare 2.2*, *NetWare 3.12* и *NetWare 4.0*. Разница состоит в том, что в одноранговых сетях каждая станция может выполнять как функции сервера, так и рабочей станции, а в сетях с выделенными серверами роли расписаны более жестко: рабочие станции не разделяют свои ресурсы – это возможно только для серверов. Файлы, предназначенные для многих пользователей, хранятся на сервере. Винчестер на выделенном сервере форматируется специальным образом, что повышает надежность и сохранность информации.

В основном все версии операционных систем фирмы *Novell*, включая версию 4.0, предполагают использование серверов в режиме файл-сервер, т. е. для хранения и предоставления (разделения) между рабочими станциями файлов. Отличной можно считать лишь операционную систему *UnixWare*, сервер которой может выполнять прикладные задачи пользователей.

Следующий тип сетевой операционной системы – это *OS/2*, работу над которой в 1985 г. начали совместно фирмы *IBM* и *Microsoft*. После 1991 г. совместные работы были прекращены (начиная с 1993 г. *Microsoft* стала выпускать собственную операционную систему *Windows NT*). В настоящее время *IBM* выпустила несколько версий *OS/2* [8].

Фирма *Microsoft* выпустила две версии операционной системы *Windows NT 3.51* и *4.0*. Программные продукты предлагаются в виде двух наборов: *Microsoft BackOffice* (последняя версия 2.5) с серверными продуктами и *Microsoft Office* (последняя версия *Microsoft Office 97*) с продуктами, устанавливаемыми на рабочие станции локальной сети. В состав *BackOffice* входят:

- 1) Microsoft NT server 4.0;
- 2) Microsoft SQL server 6.5 – программа, представляющая из себя сетевую систему управления базами данных (СУБД);
- 3) Microsoft Exchange server – программа, обеспечивающая обмен почтовой информацией в сетях Microsoft;
- 4) Microsoft SMS server – программное обеспечение для сетевого администрирования;
- 5) Microsoft SNA server – программное обеспечение шлюза с супер-ЭВМ.

В состав Microsoft Office 97 входит набор прикладного программного обеспечения, предназначенного для автоматизации делопроизводства:

- 1) система управления базами данных ACCESS;
- 2) электронные таблицы EXCEL;
- 3) текстовый редактор WORD и другие полезные программные средства, обеспечивающие прозрачный перенос информации между каждым из перечисленных приложений.

Центральное место среди сетевых операционных систем занимает UNIX – это многопользовательская, многозадачная операционная система. Компьютер, работающий, под управлением UNIX, может решать одновременно несколько задач, которые принадлежат разным пользователям [23]. Управление этими задачами производится с различных терминалов, присоединенных к UNIX-серверу. Разработка этой операционной системы началась с 1969 г. в компании Bell Laboratories.

В настоящее время существует великое множество вариантов этой операционной системы, разработанной различными фирмами – производителями программных продуктов. Среди них можно выделить следующие:

- 1) IBM с операционной системой AIX (последняя версия 4.3);
- 2) Santa Cruz Operation (SCO) – OpenServer Enterprise System Release 5;
- 3) Hewlett-Packard – операционная система HP-UX;
- 4) Digital Equipment Corporation – операционная система OSF;
- 5) свободно распространяемая UNIX – подобная операционная система Linux и т. д.

Как правило, перед началом работы с сетевой операционной системой необходимо произвести процедуру присоединения к серверу (регистрации – login), при которой пользователь должен указать имя своей машины и свой пользовательский пароль. Только после этого ему будет предоставлена возможность пользоваться теми сетевыми ресурсами, которые назначаются системным администратором. В качестве таких ресурсов можно указать права на чтение или запись информации в определенные файлы и каталоги файловой системы сервера либо возможность запуска на выполнение тех или иных задач.

Благодаря использованию тех или иных протокольных стеков в различных сетевых операционных системах поддерживается обмен информацией между компьютерами, включенными в сеть. Например, для сетей фирмы Novell применяется набор протоколов IPX/SPX, для сетей Microsoft – NetBEUI (IPX/SPX и TCP/IP), для UNIX – протоколы TCP/IP. На базе компьютеров с операционной системой UNIX, использующих протокольный стек TCP/IP, построена всемирная компьютерная сеть Internet. Применение технологий Internet внутри учреждений (корпоративных) сетей называется intranet.

13.5. Локальные компьютерные сети

Аппаратные средства локальных компьютерных сетей. Локальная компьютерная сеть – это коммуникационная система, поддерживающая в пределах здания или группы зданий один или несколько высокоскоростных каналов передачи цифровой информации, подключенных устройствами для кратковременного монопольного использования.

Высокоскоростной канал – это канал, скорость передачи информации в котором значительно выше, чем у устройств, включенных в локальную компьютерную сеть. К локальной компьютерной сети могут подключаться следующие устройства: ЭВМ (персональные компьютеры), терминалы, сетевые устройства внешней памяти, сетевые печатающие устройства, графопостроители, фотокопировальные устройства, контрольное и управляющее оборудование, телефоны, телекамеры и мониторы, шлюзы и мосты, т.е. переходные устройства к другим сетям.

Классификация локальных компьютерных сетей. Сети можно классифицировать по назначению.

1. Сети терминального обслуживания. В эти сети включаются ЭВМ и периферийное оборудование, используемое в монопольном режиме компьютером, к которому оно подключается.

2. Сети, на базе которых построены системы управления производством и учрежденческой деятельностью. Они объединяются группой стандартов MAP/TOP. В MAP описываются стандарты, используемые в промышленности. TOP описывают стандарты для сетей, применяемых в офисных сетях.

3. Сети, которые объединяют системы автоматизации проектирования. Рабочие станции таких сетей базируются на достаточно мощных персональных ЭВМ, например, фирмы Sun Microsystems.

4. Сети, на базе которых построены распределенные вычислительные системы.

По классификационному признаку *структура сети* локальные компьютерные сети делятся на кольцевые, шинные, звездообразные,

древовидные. По признаку *скорость* – на низкоскоростные до 10 Мбит/с, среднескоростные до 100 Мбит/с, высокоскоростные выше 100 Мбит/с; по *типу метода доступа* – на случайные, пропорциональные, гибридные; по *типу физической среды передачи* – на витую пару, коаксиальный и оптоволоконный кабель, инфракрасный канал, радиоканал.

Краткая историческая справка. Наибольшую известность в мире локальных сетей получили Arcnet, Ethernet и Token-Ring. Главное различие между ними заключается в методах доступа к каналам передачи данных и скоростях передачи информации. На сегодняшний день широко распространяются и высокоскоростные технологии FDDI, Fast-Ethernet, ATM и Gigabit Ethernet. Среди перечисленных сетей лидирующее положение занимает Ethernet. Эта сеть работает со скоростью 10 Мбит/с, имеет низкую стоимость, она несложна в установке и эксплуатации, для нее разработан широкий спектр оборудования. Первоначальная версия Ethernet была разработана в середине 70-х годов XX в. фирмой «Xerox», ей и принадлежит это название. В начале 80-х годов фирмы «Digital Equipment», «Intel» и «Xerox» совместно подготовили и опубликовали спецификации Ethernet (именуемые стандартом DIX по первым буквам названий фирм), в которых использовался метод доступа CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, что переводится как множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов). В соответствии с этими спецификациями многие фирмы начали производить сетевое оборудование, тем самым дав мощный импульс к внедрению локальных сетей. Накопленный опыт в 1985 г. был обобщен в международном стандарте IEEE 802.3 [13].

Метод CSMA/CD означает, что все станции имеют равные права на использование канала. Большую часть времени каждая станция находится в состоянии «прослушивания» канала, определяя, не ей ли предназначены передаваемые по нему данные. Когда какой-то станции надо самой передать сообщение, она делает это, убедившись, что канал никем не занят. Несколько станций могут начать передачу сообщений одновременно. Обнаружив такую ситуацию (конфликт), конфликтующие станции прекращают передачу и возобновляют ее через интервал времени, определяемый случайным образом.

Структуры сетей. Способ соединения компьютеров называется структурой, или топологией сети. Сети Ethernet могут иметь топологию «шина» и «звезда» (рис. 13.6). В первом случае все компьютеры подключены к одному общему кабелю (шине), во втором имеется специальное центральное устройство (хаб), от которого идут «лучи» к каждому компьютеру, т.е. каждый компьютер подключен к своему кабелю.

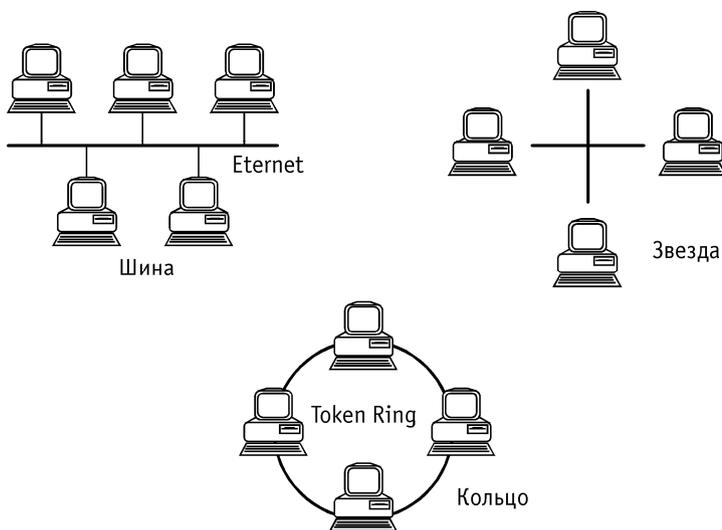


Рис. 13.6. Структуры локальных компьютерных сетей

Структура типа «шина» проще и экономичнее, так как для нее не требуется дополнительное устройство и расходуется меньше кабеля. Но она очень чувствительна к неисправностям кабельной системы. Если кабель поврежден хотя бы в одном месте, то возникают проблемы для всей сети. Место неисправности трудно обнаружить.

В этом смысле «звезда» более устойчива. Поврежденный кабель – проблема для одного конкретного компьютера, на работе сети в целом это не сказывается. Не требуется усилий по локализации неисправности.

В сети, имеющей структуру типа «кольцо», информация передается между станциями по кольцу (рис. 13.6) с переключением в каждом сетевом контроллере. Переключение производится через буферные накопители, выполняемые на базе оперативных запоминающих устройств, поэтому при выходе из строя одного сетевого контроллера может нарушиться работа всего кольца.

Достоинство кольцевой структуры – простота реализации устройств, а недостаток – низкая надежность.

Все рассмотренные структуры неиерархические. Однако благодаря использованию мостов, специальных устройств, объединяющих локальные сети с разной структурой, из вышеперечисленных типов структур могут быть построены сети со сложной иерархической структурой. Последнее может быть продиктовано, например, целями модернизации уже существующих сетей.

Методы доступа к среде передачи в локальных сетях. Ключевым звеном, определяющим производительность, надежность и эффективность применения пропускной способности физической среды передачи, является используемый в сети метод доступа. Среда передачи – общий ресурс в локальной сети. Этот ресурс разделяется множеством сетевых объектов, подключенных к нему. Для корректного разделения решается задача множественного доступа.

Множественный доступ – это механизм разделения во времени общего канала между коллективом рабочих станций и серверов, включенных в компьютерную сеть.

Цель использования одного высокоскоростного канала – достижение высоких технико-экономических показателей сети при минимизации затрат на средства связи и обеспечение требуемых характеристик по производительности сети и задержке передачи информации в ней.

Основная проблема систем с множественным доступом – возникновение одновременной передачи от двух и более станций, такое явление называется *конфликтом*. На сегодняшний день разработано множество алгоритмов, снижающих или вообще устраняющих возможность возникновения конфликтов в локальных сетях. Алгоритмы, защищающие пользователей при работе в сети от конфликтов, называются *методами доступа*.

Случайные методы доступа допускают возможность возникновения конфликтов. Пропорциональные методы, в которых заранее заложен бесконфликтный алгоритм доступа станции в канал, не допускают конфликтов.

Достоинства бесконфликтных методов:

- 1) дают возможность гарантированной доставки сообщения в условиях высокой загрузки каналов;
- 2) время задержки передачи пакетов в таких сетях имеет верхний предел.

Гибридные методы являются комбинацией двух первых.

Физическая среда передачи в локальных сетях. Весьма важный момент – учет факторов, влияющих на выбор физической среды передачи (кабельной системы). Среди них можно перечислить следующие:

- 1) требуемая пропускная способность, скорость передачи в сети;
- 2) размеры сети;
- 3) требуемый набор служб (передача данных, речи, мультимедиа и т.д.), который необходимо организовать;
- 4) требования к уровню шумов и помехозащищенности;
- 5) общая стоимость проекта, включающая покупку оборудования, монтаж и последующую эксплуатацию.

Для сетей Ethernet с топологией «шина» используется коаксиальный кабель, а с топологией «звезда» – витая пара. По степени распространения сейчас лидирует Ethernet на коаксиальном кабеле, по темпам распространения впереди витая пара. Рассмотрим сначала Ethernet на коаксиальном кабеле, а потом на витой паре [7].

Основная характеристика коаксиального кабеля – величина волнового сопротивления. Для Ethernet применяют кабель с волновым сопротивлением 50 Ом. Для его измерения предназначены специальные сетевые тестеры.

Существуют два варианта реализации Ethernet на коаксиальном кабеле: так называемые тонкий и толстый Ethernet (точнее Ethernet на тонком кабеле – 0,2 дюйма и Ethernet на толстом кабеле – 0,4 дюйма).

Для *тонкого Ethernet* рекомендуется использовать кабель RG-58A/U (именно он имеет диаметр 0,2 дюйма). Вообще, выбор марки кабеля – очень ответственный момент. Для маленькой сети подойдет любой кабель с сопротивлением 50 Ом. Но с ростом сети и увеличением общей протяженности кабеля значительная часть проблем будет связана именно с кабельной системой. Нельзя использовать в одном сетевом сегменте кабеля разных марок, несмотря на, казалось бы, одинаковое волновое сопротивление.

Коаксиальный кабель прокладывается от компьютера к компьютеру. У каждого компьютера оставляют небольшой запас кабеля на случай возможности его перемещения.

После присоединения всех отрезков кабеля с BNC-коннекторами (Bayonet-Neill-Concelman) к T-коннекторам (название обусловлено формой разъема, похожей на букву «Т») получится единый кабельный сегмент. На его обоих концах устанавливаются терминаторы («заглушки»). Терминатор конструктивно представляет из себя BNC-коннектор (он также надевается на T-коннектор) с впаянным сопротивлением. Значение этого сопротивления должно соответствовать значению волнового сопротивления кабеля, т.е. для Ethernet нужны терминаторы с сопротивлением 50 Ом.

Сеть на толстом коаксиальном кабеле (*толстый Ethernet*), имеющем диаметр 0,4 дюйма и волновое сопротивление 50 Ом, по основным показателям, например связанным с защитой от электромагнитного излучения, значительно превосходит сеть на тонком кабеле. Максимальная длина кабельного сегмента 500 м.

Прокладка самого кабеля почти одинакова для всех типов коаксиального кабеля. Однако соединение кабеля с компьютером производится по-разному.

Для подключения компьютеров к толстому кабелю используется дополнительное устройство, называемое трансивером. Трансивер подсоединен непосредственно к сетевому кабелю. От него к компьютеру идет специальный трансиверный кабель, максимальная длина

которого 50 м. На обоих его концах находятся 15-контактные DIX-разъемы (Digital Intel и Xerox). С помощью одного разъема осуществляется подключения к трансиверу, с помощью другого – к сетевой плате компьютера.

Трансиверы освобождают от необходимости подводить кабель к каждому компьютеру. Расстояние от компьютера до сетевого кабеля определяется длиной трансиверного кабеля. Получается меньше ненужных кабельных петель.

Создание сети при помощи трансивера очень удобно. Он может в любом месте в буквальном смысле «прокусить» кабель. Эта простая процедура занимает мало времени, а получаемое соединение оказывается очень надежным. Если компьютер переносят в другое помещение, кабель «прокусывается» трансивером в новом месте (прежний «прокус» надо замотать изоляционной лентой).

Кабель не режется на куски, его можно прокладывать, не заботясь о точном месторасположении компьютеров, а затем устанавливать трансиверы в нужных местах. Крепятся трансиверы, как правило, на стенах, что предусмотрено их конструкцией.

При необходимости охватить локальной сетью площадь большую, чем это позволяют рассматриваемые кабельные системы, применяются дополнительные устройства – репитеры (повторители). Для Ethernet на тонком кабеле максимальная длина сегмента составляет 185 м. К сегменту должно быть подключено не более 30 компьютеров. Традиционно репитер имеет 2-портовое исполнение, т.е. он может объединять 2 сегмента по 185 м. Сегмент подключается к репитеру через T-коннектор. К одному концу T-коннектора подключается сегмент, а на другом ставится терминатор. Репитер может находиться в любом месте сегмента, не обязательно в конце.

В сети может быть не больше четырех репитеров. Это позволяет получить сеть максимальной протяженностью 925 м.

Существуют репитеры с числом портов больше 2, например, 4-портовые. К одному такому репитеру можно подключить сразу четыре сегмента.

При использовании многопортовых репитеров общее их число в сети может быть больше четырех, но надо подключать их по такой схеме, чтобы между любыми двумя станциями не оказывалось более четырех репитеров (т.е. максимальное расстояние между любыми двумя станциями не превышало 925 м).

Длина сегмента для Ethernet на толстом кабеле составляет 500 м, к одному сегменту можно подключать до 100 станций. При наличии трансиверных кабелей до 50 м длиной, толстый Ethernet может одним сегментом охватить значительно большую площадь, чем тонкий. Тем не менее необходимость в репитерах существует и здесь. Эти репитеры имеют DIX-разъемы и могут подключаться

трансиверами как к концу сегмента, так и в любом другом месте. Правила использования репитеров на толстом кабеле аналогичны правилам для тонкого кабеля.

Очень удобны совмещенные репитеры, т.е. подходящие и для тонкого, и для толстого кабеля. Каждый порт имеет пару разъемов: DIX и BNC, но они не могут быть задействованы одновременно. Если вы хотите объединять сегменты на разном кабеле, то тонкий сегмент подключается к BNC-разъему одного порта репитера, а толстый – к DIX-разъему другого порта.

Репитеры очень полезны, но злоупотреблять ими не стоит, так как они приводят к замедлению работы в сети.

Ethernet на витой паре. Как явствует из названия, витая пара – это два изолированных провода, скрученных между собой. Реальный кабель состоит, как правило, не из одной, а из нескольких витых пар. Для Ethernet используется 8-жильный кабель, т.е. состоящий физически из четырех витых пар. Для защиты от воздействия окружающей среды кабель имеет внешнее изолирующее покрытие. Кабель на витой паре считается дешевле коаксиального. Это справедливо для его наиболее распространенной разновидности: неэкранированной витой пары UTP (Unshielded Twisted Pair).

Основной узел на витой паре – hub (который в переводе называется накопителем, концентратором или просто хаб). Каждый компьютер должен быть подключен к нему с помощью своего сегмента кабеля. Длина каждого сегмента не должна превышать 100 м. На концах кабельных сегментов устанавливаются разъемы RJ-45. Одним разъемом кабель подключается к хабу, другим – к сетевой плате. Разъемы RJ-45 очень компактны, имеют пластмассовый корпус и 8 миниатюрных контактных площадок.

Хаб – центральное устройство в сети на витой паре, от него зависит ее работоспособность. Он подключается к сети электропитания и должен находиться вблизи электрической розетки. Обычно он устанавливается на столах, вешается на стену или монтируется в специальные стойки. Располагать его надо в легкодоступном месте, чтобы легко можно было отключать (подключать) кабель и следить за индикацией портов.

Хабы выпускаются на разное количество портов – как правило, 8, 12, 16 или 24. Соответственно к нему можно подключить такое же количество компьютеров.

Хабы можно объединять, подключая их друг к другу через порт RJ-45 и получая сложные каскадные структуры. При этом надо придерживаться некоторых правил: во-первых, не должно получаться закольцованных путей, во-вторых, между любыми 2 станциями всегда должно оказываться не более 4 хабов.

Многие хабы имеют дополнительные выходы для тонкого или толстого кабеля Ethernet (соответственно, BNC и DIX-разъемы). Это позволяет объединять сеть на витой паре с коаксиальными сегментами. Задействован на одном хабе должен быть только один из двух коаксиальных разъемов (или BNC, или DIX).

Некоторые фирмы производят стековые хабы. Они могут объединяться в единое целое через специальные разъемы. С точки зрения станций, стек хабов – это один хаб с большим числом портов, что позволяет преодолевать ограничения на число хабов между станциями [7].

Сетевые контроллеры. Устройством, реализующим тот или иной метод доступа к среде передачи, является сетевой контроллер. Через него обеспечивается соединение компьютера с сетью. Конструктивно он представляет собой плату, устанавливаемую в один из свободных слотов системной платы. С обратной стороны контроллера находятся разъемы для подключения его к кабельной системе. На некоторых платах там же имеются индикаторы, т.е. разноцветные лампочки, по которым можно определить, что в данный момент происходит с платой контроллера.

Платы для Ethernet могут иметь три вида разъемов (портов): BNC, DIX (AUI) и RJ-45. На одной плате может быть один, два или три разнотипных разъема, но при этом плата подключается только к одной кабельной системе, т.е. используется только один разъем. Наиболее универсальной является плата со всеми тремя типами разъемов.

Как и любые другие платы, сетевые платы бывают 8-, 16- и 32-разрядными и могут иметь исполнение для разных компьютерных архитектур: ISA, EISA, PCI, MCA.

Большинство сетевых плат предусматривает использование микросхемы ПЗУ удаленной загрузки (Remote Boot ROM). Это нужно для бездисковых станций (не имеющих ни винчестера, ни дисководов для дискет). Загрузка операционной системы в память таких компьютеров происходит через сеть. Эта микросхема иницирует процесс загрузки.

Если плата универсальная, на ней задается тип кабельной системы, т.е. то, какой разъем будет использоваться.

Некоторые платы с BNC-разъемами имеют собственный терминатор (On-board Terminator). Если компьютер будет стоять в конце кабельного сегмента, то подсоединять обычный терминатор к T-коннектору не потребуется, но надо поставить соответствующий переключатель в положение «разрешить использование встроенного терминатора».

Параметры сетевых плат устанавливаются с помощью специальных перемычек (jumper) или с помощью специального программного обеспечения, поставляемого вместе с платой, – безджамперные (jumper-less) платы.

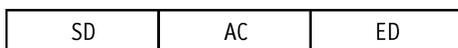


Рис. 13.7. Формат маркера:

SD – начальный разделитель; AC – контроль доступа; ED – конечной разделитель

Наряду с платами существуют два других вида сетевых контроллеров: PCMCIA-карты – для подключения к сети портативных компьютеров и Pocket-адаптеры – для подключения к параллельному порту. Pocket-адаптер может применяться и для настольных компьютеров, если требуется кабельное подключение к сети без вскрытия корпуса. Настройка этих адаптеров идет с помощью специального программного обеспечения. Вместе с ними поставляются драйверы для различных сетевых операционных систем.

У Pocket-адаптеров обычно бывают один или два сетевых разъема (в этом случае это BNC и RJ-45, для DIX-разъема физически не остается места). PCMCIA-карты вообще не имеют сетевого разъема. К ним подключается специальное переходное устройство [7].

Технологии локальных вычислительных сетей. Приведенные в качестве примеров стандарты для локальных сетей в п. 13.3 и рассмотренная в данном параграфе технология сетей Ethernet являются довольно распространенными, но далеко не единственными.

Технология Token Ring. Популярностью пользуются технологии с кольцевыми структурами сетей. Прежде всего это сети с методом доступа Token Ring (маркерное кольцо) [24]. Кроме кольцевых сетей маркерный метод доступа используется в сетях с топологией типа шина Token bus (маркерная шина) [25].

В сетях, соответствующих стандарту IEEE-802.5 циркулирует служебный пакет – маркер длиной 3 байта (рис. 13.7.) Пакет имеет начальный и конечный разделители и байт «контроль доступа». Последний служит для оповещения станций локальной сети о возмож-



Рис. 13.8. Формат пакета «данные» в сети Token Ring:

FC – контроль пакета, определяет тип пакета и контрольный код подуровня доступа к среде передачи; DA – адрес назначения; SA – адрес источника; DATA – собственные данные; FSC – остаток от деления на полином циклического кода 32 степени; FS – статус пакета; SFS – стартовая последовательность пакета; EFS – признак конца пакета; SD – начальный; ED – конечной разделитель

Преамбула	SD	FC	ED	FS
8 байт	1 байт	1 байт	1 байт	

Рис. 13.9. Формат маркера FDDI

ности сформировать пакет данных и передать его смежной по кольцу станции. Если у станции есть потребность передать информацию, то она, получив маркер, преобразует его в пакет данных (рис. 13.8), имеющий в заголовке поле контроля доступа, аналогичное по назначению полю маркера, и передает следующей в кольце станции. В поле контроля доступа имеется бит, определяющий признак занятости.

Пакет распространяется по сети от адаптера к адаптеру, пока не найдет своего адресата, который установит в нем определенные биты для подтверждения того, что данные достигли адресата, и ретранслирует его вновь в кольцо. Пакет продолжит перемещение по кольцу до передавшей его станции. В ней производится проверка правильной доставки пакета адресату, уничтожается прошедший по кольцу информационный пакет и порождается новый свободный маркер.

Технология FDDI (CDDI). Опволоконный интерфейс распределения данных (FDDI – Fiber Distributed Data Interface, CDDI – Coaxial Distributed Data Interface) разработан в институте ANSI. Этот протокол во многом соответствует стандарту IEEE – 802.5 – Token Ring. В нем используется два типа пакетов «маркер FDDI» (рис. 13.9) и пакет «данные FDDI» (рис. 13.10).

Преамбула используется для синхронизации. Начальный разделитель идентифицирует начало пакета. Поле «контроль пакета» определяет класс пакета, длину адреса пакета, принадлежность пакета подуровню MAC или LLC. Поле «статус пакета» имеет произвольную длину и содержит биты «обнаружена ошибка», «адрес опознан», «данные скопированы».

В FDDI маркер передается непосредственно после передачи пакета, не используются приоритеты и резервирование ресурсов системы и вводится понятие асинхронной и синхронной станции с определенными требованиями на интервалы времени между передачами в сети [8].

Преамбула	SD	FC	DA	SA	INFO	FCS	ED	FS
8	1	1	2 или 6	2 или 6		4	1/2	

Рис. 13.10. Формат пакета данные FDDI:

Длина каждого поля в байтах. INFO – поле информации (ограничено общей возможной длиной кадра 4500 байт)

Основное отличие FDDI от Token Ring – использование волоконно-оптического кабеля, позволяющего поднять скорость передачи до 100 Мбит/с и использование двойного кольца, позволяющего повысить живучесть сети.

Стандарт Fast Ethernet IEEE 802.3U. В июне 1995 г. после двух лет разработки технология Fast Ethernet была стандартизирована комитетом IEEE 802.3 (тем же комитетом в свое время был принят стандарт на классическую 10 Мбит/с Ethernet). Новый стандарт получил название IEEE 802.3U. Скорость передачи информации 100 Мбит/с.

Топология сети. Для успешного применения технологии Fast Ethernet необходимо хорошо понимать все ограничения в топологии и размерах сети, которые довольно необычны для специалистов, привыкших к классическому Ethernet. Пожалуй, единственное, что осталось от старых правил, – это максимальное (при использовании UTP-неэкранированной витой пары) расстояние между концентратором и станцией, равное 100 м. Все остальное полностью изменилось.

Вводится понятие домена конфликтов, включающего в себя сетевые устройства и часть кабельной системы, ограниченной мостами, маршрутизаторами или коммутаторами. Устройства из одного домена могут порождать конфликты при обмене данными, а устройства из разных доменов – нет. В классическом Ethernet все устройства, подключенные, например, к иерархической структуре концентраторов, образовывали один-единственный домен конфликтов.

В сети с Fast Ethernet организуются несколько доменов конфликтов, но с обязательным учетом класса повторителя используемого в доменах.

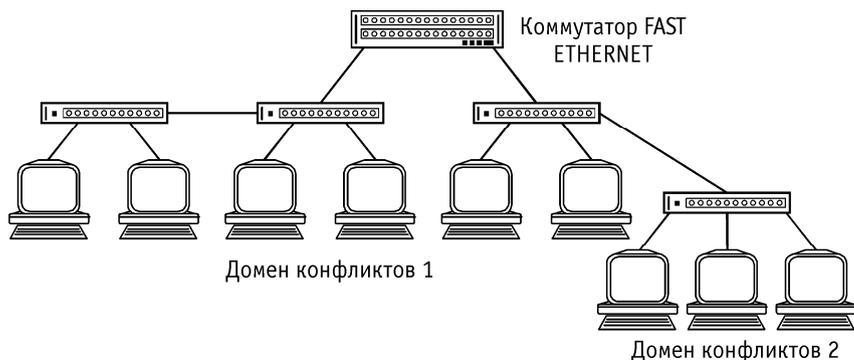


Рис. 13.11. Структура сети на повторителях класса II с использованием витой пары

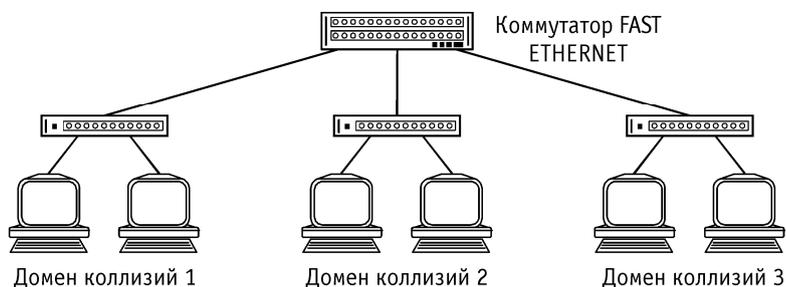


Рис. 13.12. Структура сети на повторителях класса I с использованием витой пары

В зависимости от времени задержки повторители Fast Ethernet делятся на два класса: I и II. Повторители описываются в стандарте IEEE 802.3U. Прозрачные повторители (transparent repeaters) используют лишь одну среду передачи данных, вследствие чего время задержек мало и эти повторители всегда соответствуют классу II. Преобразующие повторители (translational repeaters) могут работать с несколькими средами передачи данных и поэтому производят дополнительное преобразование данных; время задержек возрастает, и удовлетворяются лишь требования к повторителям класса I.

В Fast Ethernet внутри одного домена конфликтов могут находиться не более двух повторителей класса II (рис. 13.11) или не более одного повторителя класса I (рис. 13.12). В противном случае общая задержка превысит допустимый порог, поэтому станции на разных концах домена не смогут корректно разрешать возникновение кон-

Таблица 13.3. Зависимость максимального диаметра сети Fast Ethernet (домена конфликтов) от используемого оборудования, м

Повторители	Кабельная система		
	только витая пара	витая пара + ВОК***	только ВОК
Отсутствуют*	100	—	412
Один класса I	200(100 + 100)**	261(100 + 161)	272(136 + 136)
Один класса II	200(100 + 100)	309(100 + 209)	320(160 + 160)
Два класса II	205(100 + 5 + 100)	216	228

* Соединение двух активных устройств, например станции и коммутатора или двух коммутаторов.

** В скобках указаны рекомендуемые максимальные расстояния от станции до повторителя и между повторителями (для повторителей класса II).

*** ВОК – волоконно-оптический кабель.

фликтов. Основные варианты построения сети и ее размеры указаны в табл. 13.3 [26].

Технология Gigabit Ethernet. Следующий шаг в развитии технологии Ethernet – разработка проекта стандарта IEEE-802.3z. Данный стандарт предусматривает скорость обмена информацией между станциями локальной сети 1 Гбит/с. Устройства Gigabit Ethernet объединяют сегменты сетей с Fast Ethernet со скоростями 100 Мбит/с. Разработаны сетевые карты со скоростью 1 Гбит/с, а также серия сетевых устройств, таких как коммутаторы и маршрутизаторы.

В сети с Gigabit Ethernet используется управление трафиком, контроль перегрузок и обеспечение качества обслуживания (quality-of-service – QoS) [27]. Стандарт Gigabit Ethernet – один из серьезных соперников технологии ATM [28].

Технология ATM. Сеть ATM имеет звездообразную топологию. Типичная сеть ATM строится на основе одного или нескольких коммутаторов, являющихся неотъемлемой частью данной коммуникационной структуры. Простейший пример такой сети – один коммутатор, обеспечивающий коммутацию пакетов данных, и несколько оконечных устройств, которые одновременно могут выполнять функции как приемников, так и передатчиков информации. Каждое оконечное устройство имеет свой собственный выделенный физический канал в коммутаторе, что обеспечивает возможность обмена информацией между устройствами с использованием полной ширины полосы конкретного канала.

Реализация таких важных принципов как однородность среды сетевого взаимодействия и прозрачность для пользовательских приложений позволяет строить ATM-сети с использованием одних только коммутаторов, исключая мосты и маршрутизаторы. Маршрутизация пакетов осуществляется внутри коммутаторов со скоростью 155 Мбит/с на порт. Такая скорость гарантируется для всех устройств, подключенных к коммутатору.

Ячейки ATM. ATM – это метод передачи информации между устройствами в сети маленькими пакетами фиксированной длины, названными ячейками (cells). Фиксация размеров ячейки имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с пакетами переменной длины. Во-первых, ячейки фиксированной длины требуют минимальной обработки при операциях маршрутизации в коммутаторах. Это позволяет максимально упростить схемные решения коммутаторов при высоких скоростях коммутации. Во-вторых, все виды обработки ячеек по сравнению с обработкой пакетов переменной длины значительно проще, так как отпадает необходимость в вычислении длины ячейки. И наконец, в-третьих, в случае применения пакетов переменной длины передача длинного пакета данных могла бы

вызвать задержку выдачи в линию пакетов с речью или видео, что привело бы к их искажению.

Выбор длины ячейки определялся исходя из допуска на задержку распространения через сеть речевых сигналов. Ячейки большой длины лучше используют полосу пропускания канала связи, так как при этом в сеть передается меньше заголовков ячеек. Однако длинные пакеты дольше копятя на входе в сеть. С учетом возможной миграции пакетов между сетями ATM и с учетом рекомендаций расчетный размер содержательной части ячейки оказался в диапазоне от 32 до 64 байт. Представители США в МСЭ-Т отстаивали длину 64 байта,

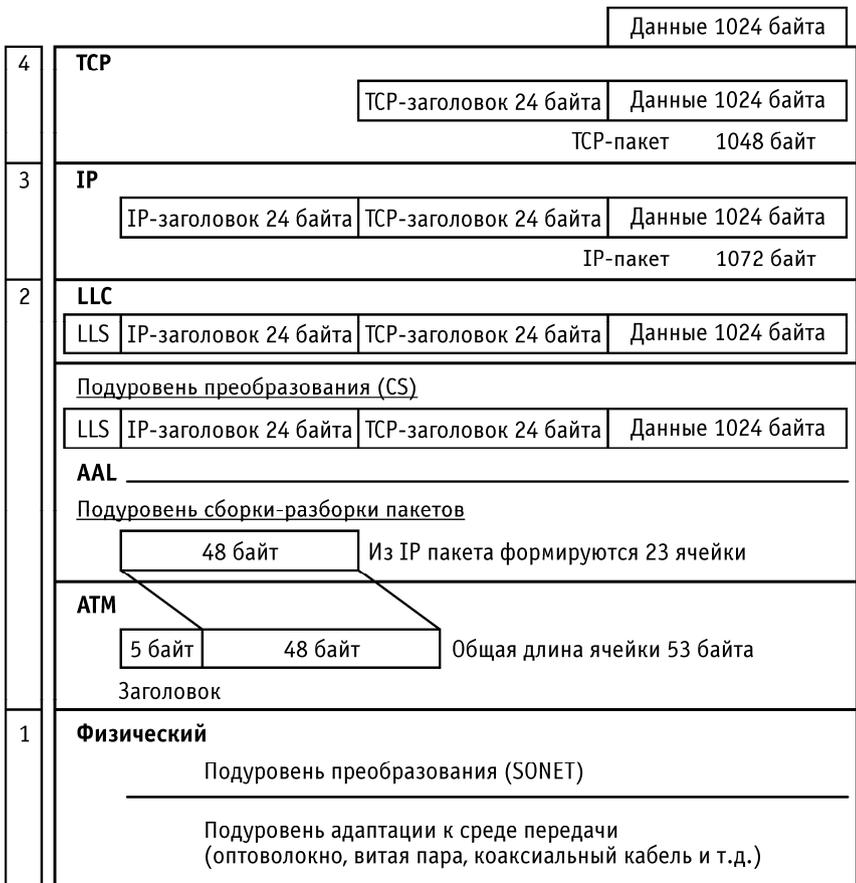


Рис. 13.13. Сопоставление архитектуры протоколов ATM с моделью ISO

а представители Европы – 32 байта. Сошлись на «золотой середине» – 48 байт. С учетом пяти байт заголовка полная длина ячейки составила 53 байта.

Архитектура протоколов в ATM-сетях. Модель ATM имеет четырехуровневую структуру. Обычно различают следующие уровни: пользовательский (User Layer) – включает уровни начиная с сетевого и выше (IPX/SPX или TCP/IP), адаптации (ATM Adaptation Layer – AAL), ATM (ATM Layer) и физический (Physical Layer) (см. рис. 13.13).

Пользовательский уровень обеспечивает создание сообщения, которое должно быть передано в сеть ATM и соответствующим образом преобразовано.

Уровень адаптации (AAL) обеспечивает доступ пользовательских приложений к коммутирующим устройствам ATM, так как многие приложения не имеют прямого доступа к сервису ATM. Данный уровень формирует стандартные ATM-ячейки и передает их на уровень ATM для последующей обработки. Уровень адаптации в свою очередь состоит из двух подуровней: преобразования, обеспечивающего синхронизацию для различных классов обслуживания и подготовку пакетов для сегментации, и разборки-сборки пакетов большой длины, где происходит разбиение больших пакетов на стандартные 48-байтные ячейки ATM (без учета пяти байт заголовка). Последний подуровень гарантирует, что ни один пакет нестандартной длины не будет отправлен на уровень ATM.

Уровень ATM занимается обменом с физическим уровнем и отвечает за создание ячеек ATM. Он принимает 48-байтные пакеты, сформированные на уровне адаптации, добавляет к ним пятибайтный заголовок и передает их в сеть. На этом уровне устанавливаются соединения, и происходит мультиплексирование ячеек от разных пользовательских приложений в один выходной порт, а также их демultipлексирование из входного порта в различные приложения или другие порты.

Физический уровень обеспечивает передачу ячеек через разнообразные коммуникационные среды. Данный уровень состоит из двух подуровней – подуровня преобразования передачи, реализующего различные протоколы передачи по физическим линиям, и подуровня адаптации к среде передачи [29].

На рис. 13.13 приведена схема прохождения информации с высших уровней через ATM-модель в сопоставлении моделью ISO (показано предварительно установленное соединение):

- 1) пользовательские данные – это блок размером 1024 байта;
- 2) к пользовательским данным прибавляются TCP/IP-заголовки, что увеличивает размер пакета до 1072 байт;

- 3) затем IP-пакет переходит на уровень адаптации ATM (AAL). Подуровень преобразования готовит IP-пакет к сегментации, добавляя контрольную информацию как в заголовок, так и в конец пакета;
- 4) затем подуровень сборки-разборки пакетов сегментирует пакет на блоки данных (ячейки) по 48 байт;
- 5) уровень ATM добавляет заголовок для создания 53-байтной ячейки;
- 6) после уровня ATM ячейка переходит на физический уровень, состоящий из подуровня преобразования и подуровня адаптации к среде передачи.

Многими комитетами по стандартизации в качестве физического уровня модели ATM рассматривается спецификация SONET (Synchronous Optical Network) – международный стандарт на высокоскоростную передачу данных. Европейское сообщество называет всю иерархию скоростей, известную как SONET, синхронной цифровой иерархией (SDH – Synchronous Digital Hierarchy).

АТМ-устройства. Оконечные устройства АТМ-сети подключаются к коммутаторам через интерфейс, называемый UNI (User to Network Interface), – интерфейс пользователя с сетью. UNI может быть интерфейсом между рабочей станцией, ПК, АТС, маршрутизатором или каким угодно «черным ящиком» и АТМ-коммутатором. К примеру, рабочая станция, подключенная прямо к сети АТМ, – это место, где оканчивается и начинается АТМ-сеть. Другими словами, станция имеет сетевой АТМ-адаптер, подключенный к коммутатору. Эта рабо-

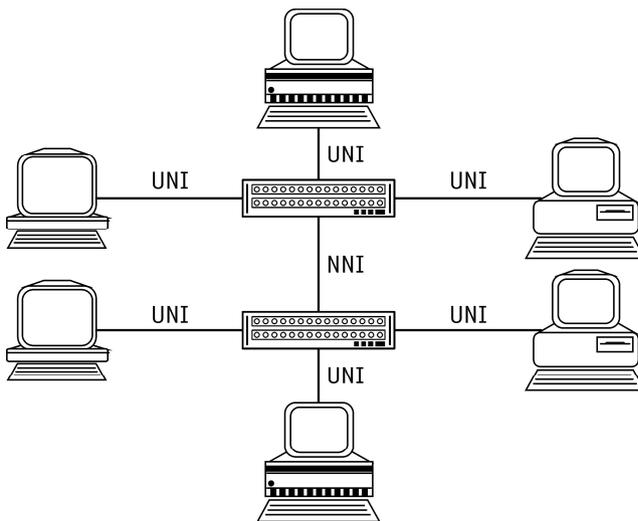


Рис. 13.14. Сетевые интерфейсы АТМ

чая станция является конечной точкой и включает в себя уровни AAL, ATM и физический. Каждая ATM-сеть может иметь больше одного коммутатора. Коммутаторы соединяются между собой, образуя тем самым сколь угодно разнообразную конфигурацию. Интерфейс между ATM-коммутаторами называется NNI (Network to Network Interface) – интерфейс между сетями (рис. 13.14) [30].

Принцип виртуальных соединений. Технология ATM – это транспортный механизм, ориентированный на установление соединений для передачи разнообразной информации. Одно из основных отличий ATM от традиционных ЛВС-технологий состоит в том, что в ATM разработана концепция виртуальных соединений (virtual connection) вместо выделенных физических связей между конечными точками сети. Виртуальное соединение – это сконфигурированная определенным образом среда между двумя или более конечными устройствами для передачи информации.

ATM использует принцип виртуальных соединений между конечными точками сети. Различают два вида соединений: PVC (Permanent Virtual Circuit) – постоянный виртуальный канал и SVC (Switched Virtual Circuit) – коммутируемый виртуальный канал. PVC представляет собой соединение между конечными точками, которое существует постоянно и может устанавливаться или разрываться оператором сети вручную. SVC – это тоже соединение между конечными точками, но устанавливаемое или закрываемое динамически специальными процедурами в ATM-устройствах, участвующих в соединении. Коммутируемые виртуальные соединения динамически устанавливаются и разрываются по требованию программного обеспечения, ATM-устройств или по другим причинам без вмешательства оператора ATM-сети. Концепции ATM одинаково применимы как к SVC, так и к PVC. Процессы формирования ячеек ATM и их передачи не различаются для обоих видов соединений. Единственное их отличие состоит в способах установления соединения. ATM использует принципы виртуальных путей (Virtual Path – VP) и виртуальных каналов (Virtual Channel – VC) между конечными точками сети. Они необходимы для одновременной связи одного ATM-устройства с несколькими другими устройствами. Виртуальные пути (ВП) и каналы (ВК) используются для идентификации отдельных виртуальных соединений в ATM-сети. Виртуальные пути нужны для объединения нескольких виртуальных каналов по определенному признаку.

Естественно, виртуальные пути и каналы не существуют параллельно. Все ячейки информации передаются последовательно, а информация об их принадлежности к тому или иному пути и каналу находится в заголовке ячейки.

Каждое соединение в физическом канале имеет уникальные идентификаторы виртуального пути (VPI) и виртуального канала (VCI).

Комбинация VPI/VCI нужна для идентификации различных соединений внутри ATM-сети.

Один виртуальный путь может содержать до 65536 виртуальных каналов, любое оконечное ATM-устройство – до 256 виртуальных путей. Таким образом, оконечное ATM-устройство способно поддерживать одновременно до 16 777 216 соединений через один UNI-интерфейс.

ATM работает примерно по тому же принципу, что и обычная телефонная сеть или сеть с коммутацией пакетов при установлении виртуальных соединений. В ATM перед передачей каких-либо сообщений передающий узел проверяет доступность узла назначения, и лишь при получении подтверждения доступности между ними устанавливается соединение. После установления соединения конечные ATM-устройства могут передавать друг другу любую информацию, будь то цифровые данные, речь или видео.

В ATM-сетях каждое оконечное устройство перед началом сеанса связи должно пройти регистрацию в сети для получения адреса и сообщения, что оно включилось в сеть. После этого сеть будет «знать» местоположение этого устройства и путь, по которому следует передавать сообщение.

В отличие от ATM обычные технологии локальных вычислительных сетей не проверяют доступность устройства назначения и не устанавливают предварительного соединения между конечными узлами сети. Если принцип работы ATM аналогичен принципу действия телефонной сети, то функционирование локальной сети можно уподобить работе почтового отделения. «Пакет» с сообщением отправляется по указанному на нем адресу, однако, поскольку предварительной связи между отправителем и адресатом установлено не было, существует вероятность того, что адресат сообщение не получит. В конце концов, адресат вообще может отсутствовать по указанному адресу.

ATM застрахована от подобного риска. Установление предварительного соединения между узлами сети гарантирует не только передачу, но и прием сообщения адресатом. Без установления соединения сообщение просто не будет отправлено. Сегодня технология ATM используется в ADSL, в локальных сетях (LAN-emulation, LANE), в сетях местной дальней связи [33], в пассивных оптических сетях доступа (ATM Passive Optical Network, APON).

13.6. Глобальные компьютерные сети

Первоначально глобальные сети решали задачу доступа удаленных ЭВМ и терминалов к мощным ЭВМ, которые назывались HOST-компьютеры (часто используют термин сервер). Такие подключения осуществлялись через коммутируемые или некоммутируемые каналы телефонных сетей или через специальные выделенные сети передачи данных, например, работавшие по протоколу X.25.

Для подключения к таким сетям передачи данных использовались модемы, работающие под управлением специальных телекоммуникационных программ, таких как BITCOM, COMIT, PROCOM, MTEZ и т.д. Эти программы, работая под операционной системой MS-DOS, обеспечивали установление соединения с удаленным компьютером и обмен с ним информацией.

С закатом эры MS-DOS их место занимает встроенное в операционные системы коммуникационное программное обеспечение. Примером могут служить средства Windows 95 или удаленный доступ (RAS) в Windows NT.

В настоящее время все реже используются подключенные к глобальным сетям одиночные компьютеры. Это в основном домашние ПК. В основной массе абонентами компьютерных сетей являются компьютеры, включенные в локальные вычислительные сети (ЛВС), и поэтому часто решается задача организации взаимодействия нескольких удаленных локальных вычислительных сетей. При этом требуется обеспечить удаленному компьютеру связь с любым компьютером удаленной локальной сети и, наоборот, любому компьютеру ЛВС с удаленным компьютером. Последнее становится весьма актуальным при расширении парка домашних и переносных компьютеров.

Каким же образом, и с использованием какого оборудования решаются эти задачи? В настоящее время существует великое множество организаций, предоставляющих такие услуги как за рубежом, так и в России [32]. В России крупнейшими глобальными компьютерными

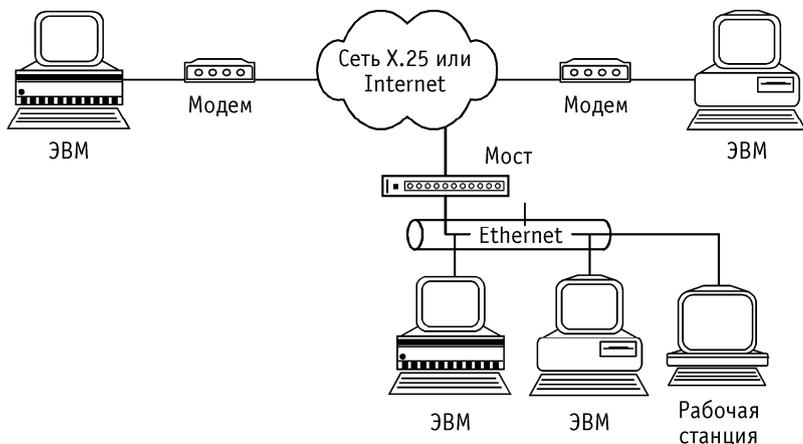


Рис. 13.15. Принципы объединения компьютеров в глобальных сетях

сетями считаются «Спринт-Сеть» – современное название Global One, сеть Инфотел, сети Роснет и Роспак, работающие по протоколу X.25, а также сети RELCOM и Internet, работающие по протоколу TCP/IP, и многие другие.

В качестве сетевого оборудования используются центры коммутации, которые для сетей X.25 часто исполняются как специализированные устройства фирм-производителей Siemens, Telnet, Alcatel, Ericsson и др., а для сетей с TCP/IP используются маршрутизаторы фирм Cisco и Decnis. Структуры сетей показаны на рис. 13.15.

Рассмотренные два направления развития техники и технологии X.25 и TCP/IP в глобальных сетях не единственные. На сегодняшний день в связи с улучшением качества каналов существенное распространение получают новые технологии, такие как рассмотренная выше ATM и усовершенствованная технология X.25 для высококачественных каналов – Frame Relay.

Протокол FRAME RELAY (FR). Frame Relay – это протокол, который описывает интерфейс доступа к сетям быстрой коммутации пакетов. Он позволяет эффективно передавать крайне неравномерно распределенный во времени трафик и обеспечивает высокие скорости прохождения информации через сеть, малые времена задержек и рациональное использование полосы пропускания.

В отличие от сетей X.25 по сетям FR возможна передача не только собственно данных, но также оцифрованного голоса [22].

Согласно семиуровневой модели взаимодействия открытых систем OSI (рис. 13.16), FR – протокол второго уровня. Однако он не выполняет некоторых функций, обязательных для протоколов этого уровня, но выполняет функции протоколов сетевого уровня. В то же

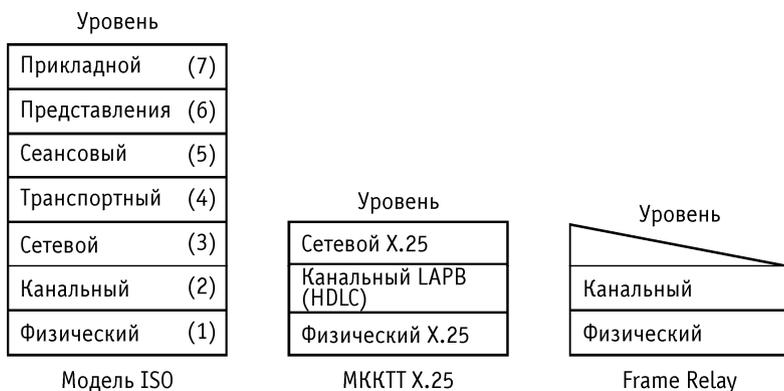


Рис. 13.16. Соответствие уровней протоколов различных системных архитектур модели OSI

время FR позволяет устанавливать соединение через сеть, что в соответствии с OSI относится к функции протоколов третьего уровня. Выполнение этой функции по протоколу FR аналогично установлению соединения по протоколу X.25 в том случае, когда используются постоянные виртуальные соединения (Permanent Virtual Circuits – PVC).

Совокупность PVC может быть проложена внутри каждого физического канала. Выбор конкретного PVC – логического маршрута, проложенного через сеть, – определяется значением поля DLCI (Data Link Connection Identifier – идентификатор соединения по звену передачи данных) кадра FR (рис. 13.17).

Для обращения к ресурсу управления сети в протоколе FR используются кадры со значением DLCI, равным 0. Следует уточнить, что они используются не для передачи информации от одного абонента сети к другому, а именно как служебные для изменения и мониторинга параметров самой сети.

Возможность использования коммутируемых виртуальных соединений (Switched Virtual Circuits – SVC) в сетях FR описывается факультативными протоколами.

За исключением функции установления соединения, все остальные процедуры, описываемые протоколом FR, укладываются в два уровня модели OSI.

Frame Relay и X.25. Сопоставим структуры кадра протокола LAPB с заключенным в нем пакетом X.25 (рис. 13.18) и кадра протокола FR (см. рис. 3.17).

По своей структуре кадр FR аналогичен кадрам LAPB (HDLC). Однако в нем отсутствуют некоторые поля, характерные для протоколов уровня звена передачи данных (канального). На рис. 13.17 видно, как уменьшается число служебных байтов при переходе от X.25/LAPB к FR.

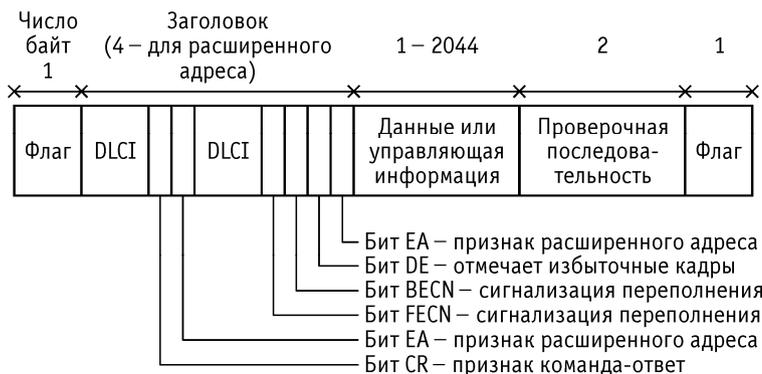


Рис. 13.17. Структура кадра Frame Relay

Заметим, что такое сопоставление кадров правомерно, поскольку сети FR в некоторых случаях выступают альтернативой сетям X.25. Так, ЛВС могут подключаться к территориальной сети непосредственно по интерфейсу FR. Тогда FR выполняет те же функции по обеспечению взаимодействия удаленных ЛВС, которые в других случаях выполняет X.25.

Сеть FR также может выступать в качестве высокоскоростной магистрали для объединения ряда сетей X.25. Этому способствует наличие у большинства современных устройств ПАД/ЦКП сетей X.25 портов FR.

Более подробно отличия механизмов сетей FR и X.25 прослеживаются в табл. 13.4.

Плата за скорость. Каковы же основные механизмы, реализуемые протоколами канального и сетевого уровней сетей X.25 и не реализуемые протоколом FR? В первую очередь это механизм повторной передачи принятых с ошибкой кадров.

В сетях X.25 гарантированная передача данных обеспечивается на канальном уровне. Это означает, что все переданные между двумя узлами сети кадры будут получены в той же последовательности, в которой были отправлены. В случае искажения какого-либо кадра происходит его повторная передача. Кроме того, на сетевом уровне, определяемом рекомендацией X.25, гарантируется передача пакетов, содержащихся в поле данных кадров, что обеспечивает целостность потока данных даже в случае выхода из строя некоторых каналов передачи данных.

Для реализации этой функции в служебные поля кадров и пакетов вводятся специальные переменные – номер передаваемого кадра (пакета) и номер последнего успешно принятого (пакета).

Кадр FR не содержит переменных нумерации передаваемых и подтверждаемых кадров.

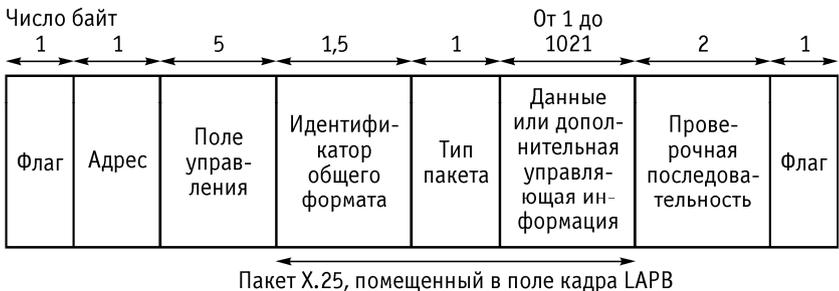


Рис. 13.18. Структура кадра LAPB

Т а б л и ц а 13.4. Механизмы сетей X.25 и Frame Relay

Тип механизма	Наличие в сети	
	X.25	FR
Квотирование получения информационных кадров	+	–
Трансляция адресов	+	+
Квотирование получения пакетов данных	+	–
Хранение пакетов, ожидающих подтверждения	+	–
Отбрасывание принятых с ошибкой кадров	+	+
Установление/разрыв логического соединения канального и сетевого уровней	+	–
Межкадровое заполнение	+	+
Управление потоком на канальном уровне	+	–
Управление потоком на сетевом уровне	+	+
Генерация/проверка последовательности проверки кадра	+	+
Генерация кадров «не готов к приему» и «отказ от приема»	+	–
Работа с таймерами канального и сетевого уровней (определяющими, следует ли повторно передавать кадр, на который не получено подтверждения)	+	–
Работа с битом «запрос передачи/окончание передачи»	+	–
Упорядочение потока кадров и пакетов	+	–
Распознавание неверных кадров	+	+
Бит-стаффинг, генерация и распознавание флагов	+	+

В сетях FR при межузловом обмене информацией ошибочные кадры просто «выбрасываются», их повторная передача средствами самого протокола FR не предусмотрена. Чтобы обеспечить гарантированную и упорядоченную передачу информации, надо использовать либо протоколы более высоких уровней (например, TCP/IP), либо «приложения» к протоколам FR (например, Q.922).

В каких случаях использование «чистого» FR эффективно? Если качество каналов отвечает требованиям, предъявляемым стандартом FR (вероятность ошибки порядка 10^{-7}), и ЛВС подключаются к сети напрямую (без дополнительной инкапсуляции (включения) трафика ЛВС в кадры X.25 или HDLC), то выигрыш по пропускной способности очевиден.

Однако ситуация в корне меняется, если качество канала не соответствует требованиям протокола. В этом случае немало кадров будет передаваться с ошибкой. Повторная их передача будет произво-

даться от одной точки входа в сеть до другой. Ясно, что при этом информационная скорость значительно упадет и использование X.25 может быть более эффективным.

Специфические механизмы FRAME RELAY. Управление загрузкой сети. Эффективность FR определяется на самом деле не только уменьшением протокольной избыточности. В протоколе реализуются специфические механизмы, управляющие загрузкой сети, которые гарантируют доведение кадров через сеть за определенное время (что позволяет, например, передавать оцифрованную голосовую информацию) и при этом дают возможность сети адаптироваться к крайне неравномерному во времени трафику. Эти механизмы отчасти заменяют процедуру управления потоком в том виде, в котором она определена в HDLC-подобных протоколах.

Регулирование загрузки сети описывается параметрами CIR (Committed Information Rate – согласованная информационная скорость – измеряется в бит/с) и Bc (Committed burst size – согласованный импульсный объем переданной информации – измеряется в битах), назначаемыми для каждого PVC. Обычно CIR меньше, чем физическая скорость подключения пользователя к порту сети FR.

При подключении к сети пользователь обычно получает значения CIR и Bc по каждому PVC. Он может передавать информацию либо с постоянной скоростью, равной CIR, либо с большей скоростью, но только в течение ограниченного времени, значение которого определяется формулой $T = Bc/CIR$.

Если пользователь передает информацию в строгом соответствии с полученными величинами CIR и Bc, а сеть функционирует надежно, то за счет рационального распределения ресурсов сети передача данных с требуемым качеством гарантируется.

Если пользователь не укладывается в рамки, задаваемые значениями CIR и Bc, то все «избыточные» кадры передаются сетью с установленным битом DE (Discard Eligible), т.е. признаком разрешения сброса.

Сброс кадров происходит в том случае, когда в сети возникает перегрузка. Насколько опасна передача «избыточных» кадров, зависит от организации служб конкретной сети.

Правильно используя механизм управления загрузкой сети, можно оптимальным образом сочетать в одном физическом канале типы трафика, имеющие различные вероятностно-временные характеристики.

Управление потоком. Frame Relay не предусматривает механизма управления потоком информации в том виде, в котором он реализован в HDLC. Кадры управления потоком в HDLC «разрешают» или «запрещают» передающей стороне дальнейшую передачу.

Вместо этого в кадре FR используются биты FECN (Forward Explicit Congestion Bit – бит явной сигнализации переполнения, направляемый вперед – получателю) и BECN (Backward Explicit Congestion Bit – бит явной сигнализации переполнения, направляемый назад – источнику). FECN информирует принимающую сторону о перегрузке в сети. На основании анализа частоты поступления FECN-битов приемник дает указание устройству передачи снизить интенсивность передачи. BECN посылается на передающую сторону и является рекомендацией немедленно снизить темп передачи.

Многопротокольная коммутация по меткам (MPLS). MPLS (Multi-protocol Label Switching) на сегодня представляет собой по мнению проф. Б.С.Гольдштейна «синтез всего самого лучшего из технологий уровня 2 (ATM, Frame Relay, Ethernet) и маршрутизации уровня 3 пакетных сетей». MPLS разрабатывался и позиционировался как способ построения высокоскоростных IP-магистралей. Следует, однако, заметить, что область применения MPLS не ограничивается протоколом IP, а распространяется на трафик любого маршрутизируемого сетевого протокола.

В технологии MPLS отказались от анализа громоздких таблиц маршрутизации, который выполнялся в процессе передачи пакетов по IP-сетям. Эта процедура была перенесена в домен MPLS. Внутри домена MPLS информация, относящаяся к сетевому уровню модели OSI, не анализируется. Маршрутизаторы домена, коммутирующие по меткам (Label Switching router, LSR), обрабатывают только данные, содержащиеся в метке. Метка состоит из 32 бит, 20 из которых определяют выбор маршрута. Сама метка добавляется перед входом в домен MPLS во входном граничном маршрутизаторе, на выходе из домена MPLS метка убирается.

Идея коммутации по меткам нашла свое продолжение в сетях, использующих оптические технологии передачи и коммутации. В технологии обобщенной многопротокольной коммутации по меткам (GMPLS) поддерживаются разные типы коммутации (ТДМ, λ -коммутация, пакетная, волоконная).

Архитектура MPLS обеспечивает построение магистральных сетей, имеющих практически неограниченные возможности масштабирования, повышенную скорость обработки трафика и гибкость с точки зрения организации дополнительных услуг.

Подробное описание технологий MPLS и GMPLS можно найти в 3 томе пособия «Телекоммуникационные системы и сети».

Рассмотренные в главе технологии постоянно развиваются. Кажущиеся сегодня перспективными технологии завтра таковыми не будут. Таким образом, только постоянный анализ развития сетевых технологий позволит правильно выбрать наиболее удачную, отвечающую конкретным требованиям пользователя.

13.7. Телефонная связь по компьютерным сетям

Телефонная связь предназначена для передачи человеческой речи. Для этого речь, генерирующая звуки или колебания воздуха, предварительно преобразуется в непрерывные электрические сигналы, называемые аналоговыми. Эти сигналы могут передавать непрерывно по линии связи (аналоговая коммутация) или предварительно аналоговый речевой сигнал преобразуется в цифровой битовый поток, и уже он передается по линии связи (цифровая коммутация). В компьютерных сетях передача цифровой информации осуществляется отдельными блоками данных или пакетами. Поэтому для передачи по компьютерной сети необходимо привести ее к виду, удобному для такой передачи. Сначала выполняется преобразование звуковых колебаний в электрические импульсы, а затем – в цифровую форму при помощи аналого-цифрового преобразователя. К цифровому сигналу можно применить различные виды компрессии, и после этого выполнить разбиение этой информации на пакеты с целью их дальнейшей передачи по сети. Разбиение на пакеты и передача осуществляется при помощи специальных протоколов. Наиболее широко применяемым является набор протоколов, состоящий из протокола управления передачей и межсетевого протокола TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Протокол IP обеспечивает доставку данных в виде пакетов, снабженных IP-адресом. Он разбивает информацию на пакеты одинакового объема, управлять которыми намного легче. Протокол TCP обеспечивает доставку пакетов по назначению и прием их в том порядке, в котором происходила отправка.

Восприятие речи человеком очень чувствительно к задержкам, причем как к ее величине, так и колебаниям. Для телефонной связи задержка не должна превышать 150 мс при работе по наземным линиям связи и 250 мс при использовании спутниковых каналов. В телефонной сети, где используются физические соединения, это требование обеспечивается относительно легко за счет систем передачи. В компьютерных сетях выполнить эти требования сложнее, поскольку параметры задержки зависят от быстродействия, загруженности сети и от скорости обработки пакетов. Передача информации осуществляется не в реальном масштабе времени, т.е. возможны значительные задержки доставки информации и эти задержки не постоянны. Поэтому до недавнего времени пакетный режим переноса был неприемлем для телефонной связи и обмена речевой информацией. Однако новые технологии передачи информации пакетами обеспечивают достаточно большие скорости передачи и, следовательно, малую задержку информации. Существующее сегодня оборудование для сетей АТМ обеспечивает обмен данными со скоростью до 622 Мбит/с по волоконно-оптическому кабелю. Поэтому становится возможным при-

менение пакетной коммутации для телефонной связи или передачи в реальном масштабе времени.

Телефонная связь в локальной сети. Телефонную связь, реализованную на базе протокола TCP/IP, называют IP-телефонией, реализацию IP-телефонии в локальной компьютерной сети – LAN-телефонией. Цель LAN-телефонии заключается в организации телефонной связи внутри предприятия, оснащенного такой сетью. Эта технология позволяет осуществлять передачу речи с помощью IP-протокола, не нуждаясь в традиционной телефонной инфраструктуре. Благодаря этому корпоративная сеть, которая ранее строилась на базе ведомственных АТС, может передать свои функции локальной компьютерной сети предприятия.

В качестве терминального оборудования LAN-телефонии могут использоваться Ethernet-телефоны, телефонные шлюзы и обычные ПК с подключенными звуковой картой, наушниками и микрофоном. Все терминальные устройства могут участвовать в сеансе связи одновременно при условии соблюдения для них стандарта H.323, регламентирующего совместимость устройств LAN-телефонии. Ethernet-телефон по внешнему виду напоминает обычный телефонный аппарат, у которого вместо разъема RJ11, предназначенного для подключения стандартного телефонного кабеля, имеется разъем BNC для подключения к LAN на базе коаксиального кабеля при разъеме RJ45 для подключения к сети на базе витой пары. В Ethernet-телефоне, как и в обычном телефонном аппарате, выполняется преобразование звукового колебания в электрические сигналы, а затем АЦП, разбиением оцифрованной речевой информации на пакеты и их передача. Если ПК выступает в роли абонентского терминала, он должен иметь соответствующее аппаратное и программное обеспечение. Аппаратная часть – это сетевая и звуковая платы, наушники и микрофон. Программная часть – программа, поддерживающая телефонную связь посредством IP-сети и протокол H.323.

Телефонный шлюз – это устройство, осуществляющее обмен речевыми сообщениями между LAN и стандартной телефонной сетью PSTN. В шлюзе речевая информация, передающаяся по LAN, извлекается из пакетов, декодируется и приводится к виду, используемого в телефонной сети. Подключаемое к шлюзу оборудование может быть аналоговым или цифровым. При подключении к шлюзу стандартных аналоговых телефонных аппаратов (шлюз с портом FXS) шлюз эмулирует для этих аппаратов стандартные сигналы АТС. При подключении аналоговой телефонной станции (шлюз с порта FXO) шлюз эмулирует работу обычного абонентского терминала. К шлюзу может быть подключена АТС через цифровую линию связи, поддерживающую до 30 телефонных соединений одновременно.

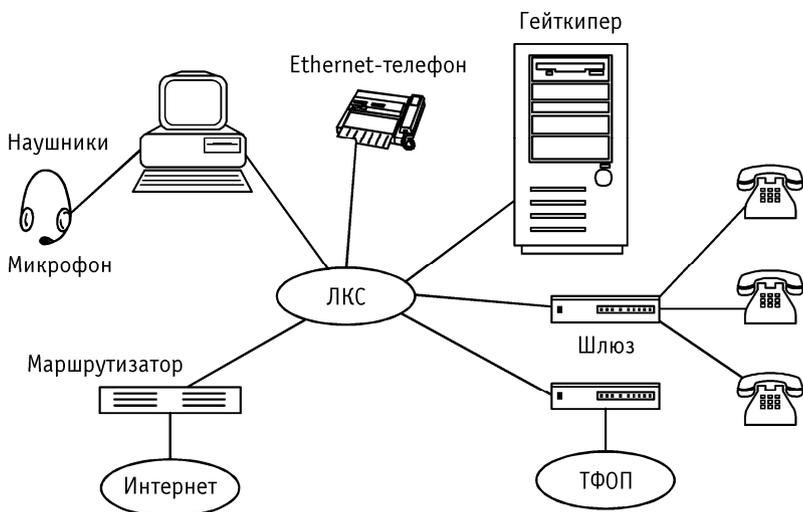


Рис. 13.19. Структурная схема LAN-телефонии

Главным управляющим устройством LAN-телефонии (рис. 13.19) является компьютер с серверной программой, называемой гейткипером или администратором вызовов. В задачи такой системы входит сопоставление телефонного номера абонента с текущим IP-адресом его терминала, а также предоставлении возможных услуг – переадресации, определение номера вызывающего абонента, удержание соединения и т.д. Важной компонентой сети LAN-телефонии является DHCP-сервер. В его функции входит автоматическая конфигурация протокола TCP/IP для новых устройств, подключенных к локальной сети, т.е. присвоение им IP-адресов, адреса шлюза и остальных параметров, необходимых для функционирования сети. Это позволяет подключить Ethernet-телефон в любое свободное гнездо в произвольном месте локальной сети и тут же вызывать с него или принимать вызовы. Для каждого телефона существует идентификатор, по которому «гейткипер» находит его в сети, несмотря на возможные изменения IP-адреса. Это удобно для служащих, меняющих свое рабочее место в течение рабочего дня.

Процесс установления соединения происходит следующим образом. Когда на терминале (телефоне или компьютере) набирается номер вызываемого абонента, терминал обращается по сети к гейткиперу. Тот в свою очередь идентифицирует вызывающего абонента по его IP-адресу и паролю в своей базе данных. Если доступ к требуемому номеру разрешен с этого терминала, то гейткипер определяет

IP-адрес вызываемого абонента и направляет ему вызов. Если же вызов адресован абоненту стандартной телефонной сети, то он направляется на соответствующий телефонный шлюз. После установления связи с терминалом или шлюзом, гейткипер не участвует в обмене речевой информацией между терминалами, но в это время он ведет журнал учета вызовов и прочих событий. При разрыве соединения фиксируется длительность разговора.

Пропускная способность LAN с точки зрения телефонной нагрузки (число одновременных разговоров) определяется шириной передаваемого спектра одного голосового соединения и скоростью передачи данных в сети. Преобразование речи методом ИКМ требует скорости передачи 64 Кбит/с. Однако применение компрессии стандарта G.723.1 ACELP снижает это требование до значения 5,3 Кбит/с. Тогда, например, в 10-мегабитной сети Ethernet, даже с учетом того, что фактическая скорость передачи данных не более 5 Мбит/с (из-за коллизий), можно поддержать до 65 или 400 телефонных разговоров одновременно, 65 – при использовании кодека ИКМ стандарта G.711, а 400 при использовании кодека и компрессии стандарта G.723.1 ACELP. На LAN со скоростью 100 Мбит/с реально установление соответственно 650 и 4000 одновременных разговоров.

Если сеть предприятия подключена к Интернету, то появляется возможность использовать ее для соединений на дальнее расстояние через глобальную IP-сеть. Для этого собеседник должен быть подключен к IP-телефонии. Он может быть и с обычным телефоном, если поблизости от него функционирует шлюз, совместимость со стандартом H.323, который имеет выход на городскую телефонную сеть.

Телефонная связь в глобальной сети Интернет. Региональные и глобальные компьютерные сети, предназначенные в основном для передачи данных, уже начинают использоваться для передачи речи. Наиболее привлекательна с этой точки зрения глобальная компьютерная сеть Интернет, представляющая собой совокупность локальных сетей и хост-компьютеров, связанных между собой спутниковыми и радиоканалами, обычными телефонными сетями и ISDN. Их объединяет то, что все они используют стандартный комплекс протоколов Интернет TCP/IP.

Вначале телефонные компании и производители телекоммуникационного оборудования скептически относились к инициативе передачи речи по Интернету. Но согласно прогнозам некоторых исследовательских фирм в ближайшее время на Интернет-телефонию будет приходиться до 40 % рынка международных телефонных переговоров. Интернет-телефонию называют IP-телефонией по названию протокола, используемого в Интернету.

В компьютерной сети Интернет, для того чтобы осуществить связь (рис. 13.20), пользователи двух компьютеров должны соединиться со

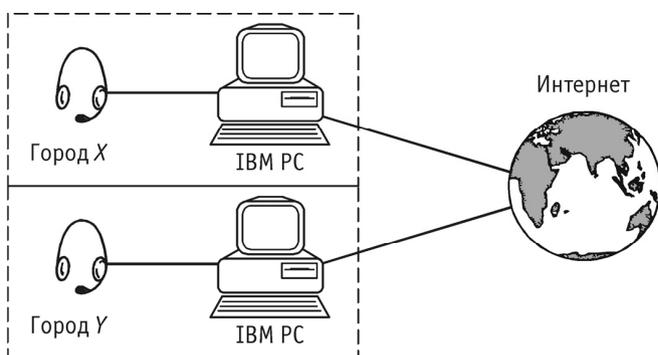


Рис. 13.20. Связь двух компьютеров сети

своим провайдером, запустить программное обеспечение, например Internet Phone (Интернет-Телефон), и найти необходимого абонента в списке активных пользователей, также использующих эту программу. Оба компьютера должны быть включены и на них загружено одинаковое ПО. Конечно, такую передачу речи нельзя назвать в полной мере телефонной связью. Это связь между абонентами Интернета, обладающими компьютерами. Распространению технологии телефонной связи по компьютерным сетям может способствовать возможность разговаривать пользователям, имеющим в своем распоряжении не только компьютеры, но и обычные телефоны. Для этого принимаются специальные шлюзы, реализующие связь Интернета и телефонных сетей (рис. 13.21).

Функция шлюза – это компрессия, аналого-цифровое преобразование сигнала и разбиение его на IP-пакеты, а также выполнение обратного процесса. Шлюзы подключаются с одной стороны к телефонной сети, а с другой – к Интернету. При вызове с телефона на компьютер вызов передается через телефонную сеть на шлюз. Затем шлюз посылает вызов компьютеру, сжимая и упаковывая телефонный сигнал в пакеты для передачи по IP-сети. Если на обоих концах линии установлены телефоны, то речевой сигнал первого абонента посылается по телефонной сети на ближайший шлюз, где разбивается на IP-пакеты, а затем передается по Интернету на второй шлюз, ближайший ко второму абоненту. Этот шлюз принимает пакеты, восстанавливает из них исходный сигнал и посылает его по телефонной сети вызываемому абоненту.

В основном компьютерная телефония в Интернете не сильно отличается от телефонии и локальной сети. Но есть и особенности. Одной из основных задач при управлении потоком речевой информации по Интернету становится обеспечение небольшой, и глав-

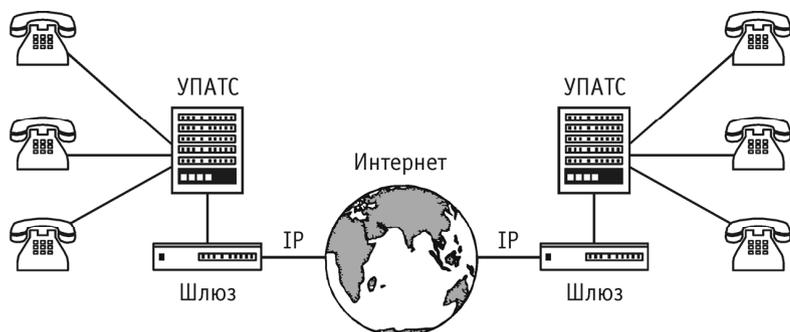


Рис. 13.21. Связь абонентов телефонной сети через Интернет

ное, постоянной задержки. В сетях ПД постоянную и предсказуемую задержку информации должны обеспечивать коммутаторы или маршрутизаторы. Для этого при обработке очередей пакетов каждый коммутатор или маршрутизатор для каждого пакета должен знать приоритет и допустимое время нахождения в очереди. В сетях с коммутацией пакетов, где используется виртуальное соединение, известны параметры соединения, включая сведения о маршруте и числе транзитных узлов, и поэтому каждый узел имеет возможность определить динамический приоритет пакета и допустимое время на его обработку.

В сетях с маршрутизацией, к числу которых принадлежит Интернет, транзитный узел (маршрутизатор), как правило, не знает, через какое количество транзитных узлов предстоит пройти пакету, пока он не достигнет адресата. Поэтому у транзитного узла отсутствуют данные, необходимые для определения допустимого времени обработки пакета. Кроме того, маршрутизация пакетов требует более продолжительного времени обработки пакета на узле. Это время не является постоянным и носит случайный характер. Также имеет значение и динамический режим, применяемый в Интернете, когда маршрут передачи последующего пакета может отличаться от маршрута, по которому был передан предыдущий. Это может привести к нарушению порядка следования пакетов и необходимости их сортировки на приемной стороне, что также оказывает влияние на увеличение задержки. Если добавить общую проблему перегруженности транспортных узлов Интернета, то обеспечение небольшой и постоянной задержки еще более затруднено.

Существует два способа решения этой проблемы:

- резервирование части пропускной способности сети для передачи пакетов с речевой информацией;

— построение магистральной транспортной сети Интернет на основе технологии Frame Relay или ATM.

Согласно первому способу, для того чтобы более эффективно использовать зарезервированную полосу пропускания, на окончательном или шлюзовом оборудовании должна осуществляться предварительная концентрация речевой информации. При этом IP- пакеты должны формироваться не по мере поступления речевых сигналов, а с некоторой задержкой, достаточной для сборки информационного блока больших размеров. Передача речи в больших информационных блоках упрощает процедуру управления очередями на транзитных узлах, что существенно в связи с неразвитой системой приоритетов протокола IP. Однако реализация этого подхода приводит к появлению дополнительной задержки. Для резервирования полосы пропускания в сети IP может использоваться метод WFQ (Weighted Fair Queuing) или протокол RSVP (Resource Reservation Protocol), разрабатываемый группой перспективных разработчиков Интернета IETF (Internet Engineering Task Force).

Метод WFQ позволяет для каждого вида сообщений выделить определенную часть полосы пропускания. Оператор через систему административного управления может задать количество очередей (до 10 очередей для ПД и одну очередь для системных сообщений). В случае, если одна очередь не использует полностью выделенную ей полосу пропускания, то свободный резерв полосы пропускания может задействоваться для передачи информации из следующей очереди. Этот метод позволяет гибко использовать ресурсы сети. Например, если для очереди с речевой информацией зарезервировано 50 % пропускной способности, а используется 30 %, то следующая очередь будет получать в свое распоряжение дополнительно 20 % до тех пор, пока эта пропускная способность снова не потребуется очереди с речевой информацией.

Протокол RSVP предназначен только для резервирования части пропускной способности. Используя RSVP, отправитель периодически информирует получателя о своем количестве ресурсов сообщением «RSVP Resv», передаваемым в обратном направлении. Если ресурсов достаточно, то отправитель начинает передачу. Если ресурсов недостаточно, получатель должен снизить требования или прекратить передачу информации. Как альтернатива может использоваться алгоритм управления потоками на основе системы приоритетов. Механизм управления приоритетами предусматривает введение до 16 приоритетов, а также возможность организации нескольких логических потоков в рамках одного физического соединения.

Согласно второму способу (рис. 13.22), пограничные узлы IP взаимодействуют друг с другом через виртуальное соединение сети Frame Relay или ATM, для которых обеспечиваются параметры на-

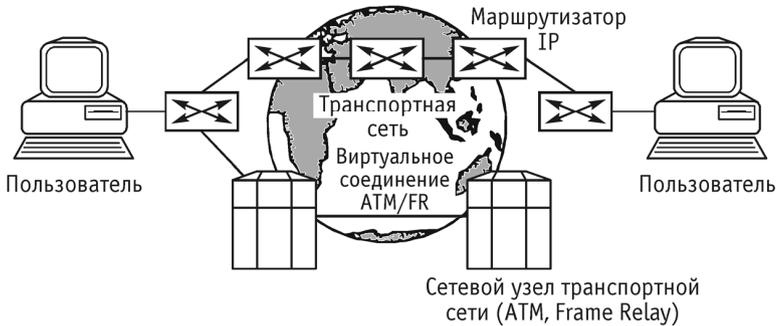


Рис. 13.22. Использование в Интернете технологий ATM и Frame Relay

грузки и качества обслуживания такие, как скорость передачи, время задержки, время отклонения величины задержки и т.д. Использование Frame Relay или ATM позволяет отказываться от применения транзитных маршрутов IP. При этом возможно более эффективное использование полосы пропускания за счет установления соединения для каждого телефонного разговора.

Развитие технологии передачи речи по сети Интернет затрагивает интересы операторов телефонных сетей, поскольку эта технология начала применяться в качестве альтернативы традиционной междугородной и международной связи.

Контрольные вопросы

1. Перечислите составные части персонального компьютера и объясните их назначение.
2. Объясните назначение компьютерных сетей и основные принципы их построения.
3. Произведите сопоставительный анализ байт-ориентированных протоколов канального уровня BSC и DDCMP.
4. Рассмотрите основные отличия байт-ориентированных протоколов и бит-ориентированных протоколов канального уровня на примере BSC и HDLC.
5. Рассмотрите особенности реализации протоколов для локальных вычислительных сетей по сравнению с глобальными сетями.
6. Дайте определение, перечислите требования и рассмотрите примеры сетевых операционных систем.
7. Дайте классификацию локальных компьютерных сетей.
8. Рассмотрите технологию локальных сетей Ethernet со скоростью 10 Мбит/с.
9. Рассмотрите кольцевые технологии Token Ring и FDDI.

10. Произведите сопоставительный анализ высокоскоростных технологий Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, ATM.
11. Рассмотрите принципы построения и протоколы глобальных вычислительных сетей.
12. Произведите сопоставительный анализ протокола X.25 и Frame Relay.

Список литературы

1. **Дитер Веттиг.** Novell Netware для пользователя: Пер. с нем. – К.: Торг. изд. бюро BVH, 1994.
2. **Самойленко.** Сети ЭВМ. – Москва: Наука, 1986.
3. **Локальные вычислительные сети.** Кн. 2: Аппаратные и программные средства / Под ред. С.В. Захарова. Справочник. – М.: Финансы и статистика, 1994.
4. **Уинн Л. Рош.** Библия по техническому обеспечению Уинна-Роша. – Минск: МХХК «Динамо», 1992.
5. **Шварцман В.О.** Передача данных: функциональные блоки, компоненты, их взаимодействие, интерфейсы // Вестн. связи. – 1996. – № 9, 10.
6. **Ю. Блэк.** Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы / Пер. с англ.; Под ред. В.В. Василькова. – Москва: Мир, 1990.
7. **Hard & Soft** 1995. – № 5.
8. **Эзри Нанс.** Компьютерные сети: Пер. с англ. Ш.С. Зейналов. – М.: БИНОМ, 1995.
9. **Протоколы и программные средства телекоммуникации в среде Netware.** Док-МП-04. Материалы конференции. – Суздаль, 1991.
10. **Фролов А.В., Фролов Г.В.** Локальные сети персональных компьютеров. Монтаж сети, установка программного обеспечения. – М.: Диалог-МИФИ, 1994. – (Б-ка системного программиста; Т. 7).
11. **Фролов А.В., Фролов Г.В.** Локальные сети персональных компьютеров. Использование протоколов IPX, SPX, NETBIOS – М.: Диалог-МИФИ, 1995. – (Б-ка системного программиста; Т. 8).
12. **Фролов А.В., Фролов Г.В.** Локальные сети персональных компьютеров. Работа с сервером Novell Netware. – М.: Диалог-МИФИ, 1993. – (Б-ка системного программиста; Т. 9).
13. **МККТТ.** Сети передачи данных. Взаимосвязь открытых систем (ВОС): требования к протоколам, аттестационные испытания. Рекомендация X.224 – «Спецификация протокола транспортного уровня взаимосвязи открытых систем для применения МККТТ». IX Пленарная Ассамблея. – Мельбурн, 1988.
14. **МККТТ.** Сети передачи данных. Взаимосвязь открытых систем (ВОС): требования к протоколам, аттестационные испытания. Рекомендация X.225 – «Спецификация протокола сеансового уровня взаимосвязи открытых систем для применения МККТТ». IX Пленарная Ассамблея. – Мельбурн, 1988.
15. **МККТТ.** Сети передачи данных. Взаимосвязь открытых систем (ВОС): требования к протоколам, аттестационные испытания. Рекомендация X.226 – «Спецификация протокола уровня представления взаимосвязи открытых систем для применения МККТТ». IX Пленарная Ассамблея. – Мельбурн, 1988.
16. **Осадчук. А.** Сетевые архитектуры современных информационно-вычислительных сетей // Компьютер-пресс/ – 1995.
17. **IEEE.** Local Networks. Standarts Commitee Functional Requirements Document. – Version, 1981.
18. **Щербо В.К., Киричев В.М., Самойленко С.И.** Стандарты по локальным вычислительным сетям / Под ред. С.И. Самойленко: Справочник. – М.: Радио и связь, 1990.
19. **Сунчелей И.Р.** Кадры Ethernet // Сети. – 1995. – № 8.

20. **ANSI/IEEE 802.3 Standard** – 1985. Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection CSMA/CD // IEEE Press. – 1985.
21. **ANSI/IEEE 802.2 Standard** – Logical Link Control // IEEE Press. – 1985.
22. **Лясковский Ю.К.** Frame Relay – путь к цифровой суперсети связи // Сети. – 1995. – № 7.
23. **Джон МакМален.** UNIX / Пер. с англ. В.Л. Григорьева. – М.: Компьютер ЮНИТИ, 1996.
24. **ANSI/IEEE 802.5 Standard** – 1985. Token-passing Ring Access Method and Physical Layer Specification // IEEE Press. – 1985.
25. **ANSI/IEEE 802.4 Standard** – 1985. Token-passing Bus Access Method and Physical Layer Specification // IEEE Press. – 1985.
26. **Фоминов О.С.** Fast Ethernet – стандарты и применение // Сети. – 1995. – № 9.
27. **Стивен Стром.** Где и как применять Gigabit Ethernet // Сети. – 1997. – № 1.
28. **Сатовский Б., Юрин В.** Gigabit Ethernet против ATM. // Сети. – 1997. – № 1.
29. **Уолрэнд Дж.** Телекоммуникационные и компьютерные сети. Вводный курс. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.
30. **Бондаренко Д.** ATM – сетевая технология будущего. Компоненты сети ATM // Компьютер-пресс. – 1995. – № 8.
31. **Максимов В.А., Пархомук Е.И.** Коммерческие сети в России // Сети. – 1995. – № 7.
32. **Сети и системы телекоммуникаций.** Т. 1. Под ред. Н.В. Захарченко. – К.: Техника, 2000. – 297 с.
33. **Олифер В.Г., Олифер Н.А.** Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы. 3-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 960 с.
34. **Таненбаум Э.** Компьютерные сети. 4-е изд. СПб.: Питер, 2005. – 992 с.
35. **Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С.** Технология и протоколы MPLS. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2005. – 304 с.

Глава 14. Факсимильные службы

14.1. Основы факсимильной связи

Краткая историческая справка. Область электросвязи, которая занимается передачей неподвижных изображений по каналам электрической связи, называется факсимильной связью.

Первый телефакс был запатентован в 1843 г. шотландским изобретателем А. Бейном [1]. Его «записывающий телеграф» работал на телеграфных линиях и был способен передавать только черные и белые изображения, без полутонов. Однако для того времени это было огромным достижением.

Спустя несколько лет некоторые идеи А. Бейна нашли свое применение в различных сферах. В 1865 г. возможности факсимильной техники впервые были использованы в коммерческих целях Дж. Кассели. Его пантелеграф (Pantelegraph) обеспечивал передачу документов по линии, соединяющей Париж с Лондоном. Позднее к ним присоединились и многие другие города. К 30-м годам XX в. системы, использующие основные принципы, разработанные А. Бэйном и Дж. Кассели, уже широко применялись в офисах издательств (для передачи свежих выпусков газет), служб защиты правопорядка (для передачи фотографий и других графических материалов).

Используемые в те годы факсимильные аппараты не были стандартизованы и отличались большим многообразием как используемых для изготовления технологий, так и основных принципов, что затрудняло или даже делало невозможным их совместное применение.

Требовалось разработать единые стандарты, которые позволяли бы любым пользователям обмениваться информацией независимо от того, кто является производителем используемого у них оборудования.

Принципы факсимильной передачи сообщений [2]. Передаваемое изображение – оригинал – разбивается на элементарные площадки. Яркость этих площадок при отражении (или пропускании) падающего на них светового потока преобразуется в электрические импульсы, которые в определенной последовательности передаются по каналу связи. На приеме эти электрические сигналы в той же последовательности преобразуются в соответствующие элементы изображения на каком-либо носителе записи. В результате получается копия изображения (факсимиле).

Любое изображение можно рассматривать как совокупность большого числа элементов, способных в различной степени отражать падающий на них свет. Образование элементарных площадок (растр-элементов) происходит за счет перемещения по поверхности изображения светового луча, создаваемого светооптической системой. Процесс перемещения луча называется разверткой, в результате действия которой изображение разбивается на строки. Отраженный световой поток попадает на фотоэлектрический преобразователь, выходной электрический сигнал которого повторяет форму входного светового сигнала. Узлы передающей аппаратуры, обеспечивающие развертку изображения и фотоэлектрическое преобразование, объединяются в группу анализирующих устройств.

В приемном аппарате осуществляется обратное преобразование переданных электрических сигналов в той же последовательности, что и на передаче. Соответствующие электрические (или преобразованные световые) сигналы вызывают окрашивание элементарных площадок на поверхности носителя записи. В результате записанное построчно изображение – копия переданного. Совокупность устройств, осуществляющих эти преобразования, объединяется в группу синтезирующих устройств.

Какое бы изображение не передавалось по каналу связи, сигнал на выходе фотоэлектрического преобразователя является аналоговым, т.е. непрерывным по уровню и времени видеосигналом. В аналоговых аппаратах факсимильной связи (аппараты группы 1 и 2) этот сигнал после усиления переносится в область высоких частот и непосредственно передается в линию связи. Структурная схема факсимильной связи представлена на рис. 14.1.

В цифровых факсимильных системах аналоговый сигнал подвергается квантованию, дискретизации по времени и кодированию. После этих преобразований цифровой сигнал по своей структуре ничем не отличается от аналогичных сигналов систем передачи данных. Современные факсимильные аппараты – как правило, цифровые.

Цифровые факсимильные аппараты (стандарт группа 3). Аппараты этой группы характеризуются *плоскостной разверткой* и электронным анализирующим устройством на *приборах с зарядовой связью* (ПЗС) [2]. Обычно используется однострочная линейка ПЗС на 2048 элементов. Запись изображения производится многоэлектродными головками на электростатическую или электротермическую бумагу.

Известно, что факсимильное сообщение обладает большой избыточностью. Для сокращения этой избыточности применяется кодирование источника с использованием различных кодов. Одним из часто используемых является модифицированный код Хаффмена (рекомендация Т.4 МСЭ-Т). МКХ является неравномерным кодом, обеспе-

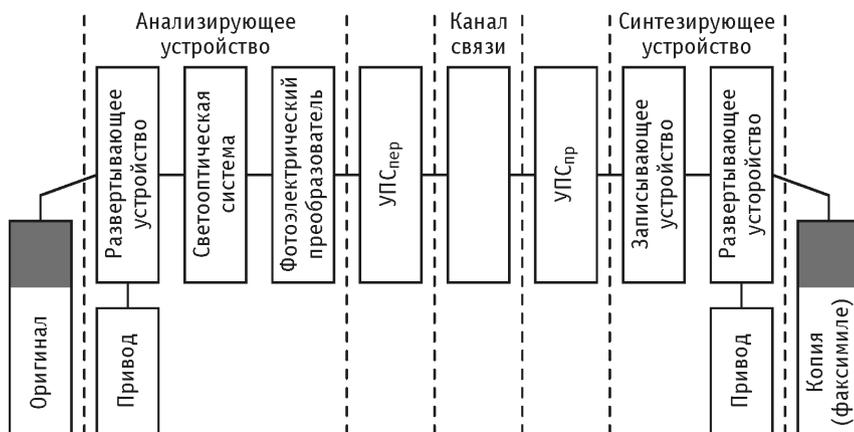


Рис. 14.1. Структурная схема факсимильной связи

чивающим сжатие дискретных факсимильных сигналов путем кодирования черных и белых элементов изображения. Каждая серия элементов изображения, длина которой больше 64, разбивается на две серии – основную длиной $N \times 64$ (где N – целое число) и завершающую длиной $0 \dots 63$.

Длины серий одинаковых элементов ($0 \dots 63$) кодируются кодовой комбинацией так называемых оконечных кодовых слов (ОКС). Длины серий, содержащих более 64 элементов, кодируются комбинацией начального кодового слова (НКС), которая соответствует требуемой длине серии, и комбинацией ОКС, которая определяет разницу между истинной длиной серии и длиной серии, закодированной НКС. За каждой кодируемой строкой должна следовать специальная кодовая комбинация конца строки (КС) $000 \dots 01$ (12 бит), которая не встречается в кодах длин серий.

Устранение избыточности при помощи кода МКХ обеспечивает реализацию коэффициента сжатия по битам более 4,7.

В модемах факсимильных аппаратов наиболее часто используются следующие протоколы:

V.27ter – полудуплексный протокол, в котором применяется трехкратная ОФМ с частотой несущего колебания 1,8 кГц. Существуют два режима с разными информационными скоростями: 2,4 и 4,8 Кбит/с. Линейная скорость 2,4 Кбит/с достигается при использовании двухкратной ОФМ со скоростью модуляции 1200 Бод, а 4,8 Кбит/с – трехкратной ОФМ со скоростью модуляции 1600 Бод.

Следует заметить, что существуют еще два модемных протокола данного семейства – V.27 и V.27bis, которые отличаются от V.27ter,

в основном, типом канала, для которого они предназначены (выделенный четырехпроводной). В настоящее время V.27 и V.27bis практически не применяются.

V.29 – первый стандарт, в котором было предложено использовать QAM. В конце 70-х годов XX в. он нашел широкое применение в нашей стране и за рубежом для скоростной (9,6 Кбит/с) передачи данных по выделенным каналам с четырехпроводным окончанием. Позднее этот протокол был стандартизован для факсимильной связи в полудуплексном режиме и работал по обычным коммутируемым каналам. Частота несущего сигнала 1,7 кГц, модуляционная скорость 2400 Бод. Стандарт имеет режимы двухпозиционной однократной ОФМ, четырехпозиционной двухкратной ОФМ, восьмипозиционной трехкратной ОФМ, шестнадцатипозиционной QAM модуляции. Соответственно информационная скорость может быть 2,4, 4,8, 7,2 и 9,6 Кбит/с (в некоторых модемах нижний предел 4,8 Кбит/с).

V.17 – по своим параметрам точный аналог V.32bis, но предназначен только для полудуплексного режима работы. В нем используется модуляция с решетчатым кодированием без алгоритмов эхокомпенсации. Частота несущего сигнала 1,8 кГц, модуляционная скорость 2400 Бод. Имеет режимы 16-ТСМ, 32-ТСМ, 64-ТСМ и 128-ТСМ. Информационная скорость – 7,2, 9,6, 12,0 и 14,4 Кбит/с соответственно.

14.2. Организация факсимильной связи

По принципам предоставления услуг организация служб факсимильной связи осуществляется по двум, традиционным для телеграфной подотрасли направлениям – клиентские и абонентские. К клиентской службе относится служба Бюрофакс, к наиболее ярким представителям абонентской службы – Телефакс.

Традиционные абонентские установки (телефаксы) характеризуются следующими недостатками [1]:

- подверженность значительному механическому износу. При частом использовании сканер телефакса забивается пылью и грязью, попадающими со считываемых документов. Пластиковые шестерни изнашиваются. Все это приводит к перекосам и неравномерной подаче как считываемых документов в сканер, так и термобумаги в записывающее устройство;

- сложность отправления документов большому числу адресатов;
- неэффективное использование термобумаги. Большинство факсимильных аппаратов распечатывает все получаемые сообщения (в том числе и не несущие никакой полезной информации) на специальной дорогой термобумаге. Кроме высокой цены, у этой бумаги есть еще один существенный недостаток – изображение на

ней неизбежно выцветает со временем. Таким образом, все важные сообщения необходимо для хранения копировать.

Рост объема информации, передаваемой пользователями, вызвал у многих из них заинтересованность в использовании не только простых автономных телефаксов, выполняющих ограниченное, строго определенное число функций, но и более совершенных систем, которые позволяют автоматизировать процесс приема, обработки и рассылки факсимильных сообщений и исключить отмеченные выше недостатки. Реализация таких систем возможна только на основе персональных компьютеров. Первая компьютерная факсимильная плата была создана в 1985 г. фирмой GammaLink. Это позволило подключить телефонную линию непосредственно к компьютеру и превратить его в мощный и многофункциональный телефакс. Сегодня компьютерные факсимильные платы выпускает огромное количество производителей. Их продукция, различающаяся по некоторым функциональным возможностям, служит одной цели – автоматизации процесса передачи, приема и распределения факсимильных сообщений, обмен которыми происходит по обычным телефонным линиям. Стоимость таких плат варьируется от 50 дол. (за обычные низкоскоростные факс-модемные платы) до 5000–7000 дол. (за специальные факсимильные платы, способные передавать различную информацию со скоростью 14400 бит/с одновременно по 12 телефонным линиям). Системы на базе ПК с применением таких плат обладают рядом преимуществ перед обычными факсимильными аппаратами:

– *удобство использования.* Интеграция ПК с телефонной сетью и наделение его возможностями телефакса позволяет пользователям получать, обрабатывать и отправлять факсимильные сообщения, не отрываясь от своих компьютеров;

– *эффективное применение* телефонных линий. Факсимильная система, строящаяся на базе ПК, обеспечивает эффективный обмен информацией по малому числу телефонных линий, заменяя собой множество автономных телефаксов, для каждого из которых требуется отдельная линия;

– *высокое качество передаваемого изображения.* Любой документ текстового или графического редактора может быть передан в виде факсимильного сообщения высокого качества. Для этого с помощью специального программного обеспечения он преобразуется в формат, используемый факсимильной платой для передачи сообщений. Таким образом, гарантируется высокое качество изображения, поскольку документ не может быть «испорчен» ни низким качеством печати печатающего устройства, ни загрязнением сканера телефакса, ни неполадками в механизме подачи бумаги;

– *сохранение конфиденциальности принимаемых сообщений.* В отличие от обычных телефаксов, распечатывающих все поступаю-

щие сообщения на едином рулоне бумаги, рассматриваемые системы принимают и сохраняют их в персональных директориях пользователей, доступ к которым ограничивается паролем. Таким образом, полностью исключается просмотр важных документов посторонними людьми.

Кроме того, применение ПК для управления работой факсимильных карт позволяет реализовать множество полезных и удобных приложений. Наиболее распространены такие приложения (службы), как факс-сервер, факс по запросу и факс-рассылка. Применение факс-сервера сводит к минимуму временные и материальные затраты при приеме и передаче факсимильных сообщений. Факс по запросу позволяет автоматизировать процесс предоставления абонентам часто запрашиваемых документов. Факс-рассылка значительно упрощает работу персонала при рассылке большого количества разных документов большому числу адресатов.

Факс-сервер. Представляет собой компьютер, оборудованный несколькими специальными факсимильными платами (или одной многоканальной картой) и интегрированный с локальной вычислительной сетью (ЛВС). Он обладает многими преимуществами по сравнению с группой из нескольких автономных телефаксов, позволяя обмениваться факсимильными сообщениями с лучшим качеством, большими удобствами и меньшими издержками. Факс-сервер наделяет каждого пользователя ЛВС возможностью передавать и принимать факсимильные сообщения с помощью своего рабочего ПК. При его использовании отпадает необходимость в дорогой термобумаге, так как все принятые сообщения сохраняются в виде файлов, которые в случае необходимости можно распечатать с помощью обычного сетевого или локального принтера; облегчается контроль затрат на пересылку сообщений (факс-сервер регистрирует все процессы в файле-отчете); и наконец, факс-сервер является более дешевым вариантом, чем подключение каждой рабочей станции к телефонной сети с помощью модема (рис. 14.2).

Передача. На каждом ПК локальной сети устанавливается специальная программа. Она дает возможность пользователю отправлять документы со своего компьютера. Достаточно указать документ, подлежащий отправке, и телефонный номер адресата. Все остальное факс-сервер сделает сам, оповестив пользователя об успешной передаче документа адресату. Причем все несрочные сообщения могут быть сохранены на диске факс-сервера и отправлены в ночное время по более низким тарифам. Некоторые факсимильные серверы также позволяют рассылать документы большому числу адресатов.

Прием. Факс-сервер принимает каждое поступающее факсимильное сообщение и сохраняет его в общей директории либо в персональной директории пользователя, извещая об этом в первом случае

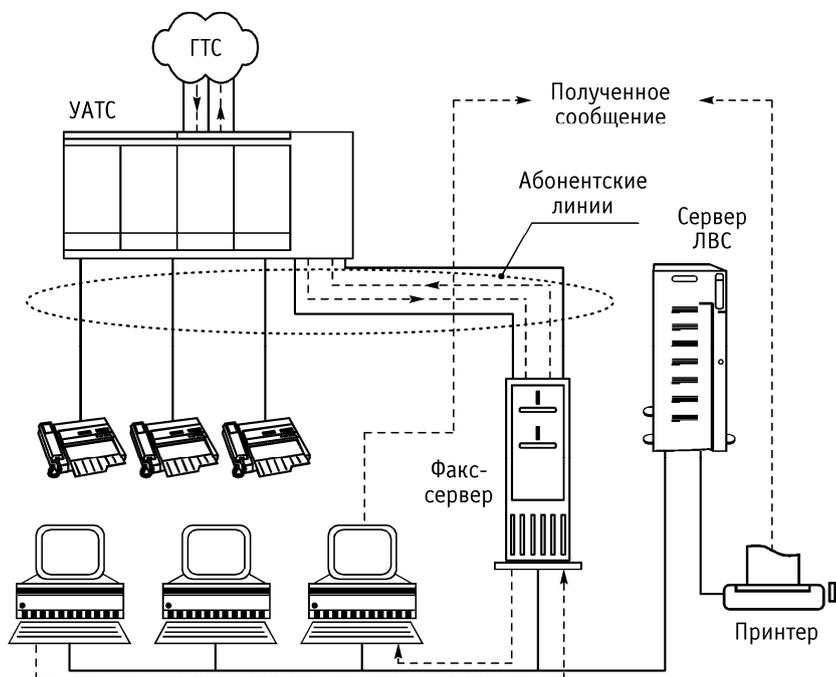


Рис. 14.2. Факс-сервер в ЛВС

секретаря, а во втором – конкретного пользователя. Права доступа к обеим директориям для каждого пользователя могут быть ограничены. Этим обеспечивается сохранение конфиденциальности принимаемой информации.

Понятно, что сохранение поступающих сообщений в персональных директориях пользователей является наиболее удобным, однако для реализации такой возможности требуется применение специальных способов маршрутизации сообщений. На сегодняшний день актуальны следующие два способа: ручная маршрутизация и распознавание тональных сигналов.

При применении ручной маршрутизации все поступающие сообщения сохраняются в общей директории. На компьютер секретаря каждый раз выводится извещение и «шапка» поступившего сообщения. Если ее достаточно для определения конечного адресата, то секретарь нажатием одной клавиши отправляет сообщение в персональную директорию сотрудника. В противном случае секретарь просматривает все сообщение и только после этого переадресует документ.

Распознавание тональных сигналов – наиболее практичный способ маршрутизации. Его суть проста. Каждый сотрудник имеет персональный добавочный номер, который указывается после номера телефакса организации. Для того чтобы передать документ конкретному сотруднику, достаточно позвонить по номеру организации и после ответа факс-сервера ввести добавочный номер сотрудника с помощью тональных сигналов. Таким образом, документ сразу попадает в его персональную директорию.

Факс по запросу. Системы факс по запросу (ФПЗ) позволяют автоматизировать обработку запросов абонентов с предоставлением им факсимильных сообщений. Как показывает практика, при обработке запросов вручную обычно выполняется следующая последовательность действий. Абонент звонит по номеру, на котором не установлен телефакс, и запрашивает какой-либо документ. Сотруднику нужно найти необходимый документ, дойти до телефакса, установить с абонентом новое соединение (известно, что 75 % вызовов не достигают цели с первой попытки – занято, не отвечает и т.д.) и отправить документ. Данный процесс обычно занимает не менее пяти минут рабочего времени, а при передаче многостраничных документов временные затраты увеличиваются еще больше. Если допустить, что в день приходится обрабатывать 10 запросов, на каждый из которых уходит 5 мин, то получается, что примерно одна восьмая часть рабочего времени тратится на выполнение рутинной работы. Если даже запрос поступает по линии, на которой установлен телефакс, то не каждый абонент, тем более иногородний, может позволить себе ждать, пока секретарь найдет необходимый документ.

На сегодняшний день применение систем ФПЗ – лучший подход к решению подобного рода проблем. Системы ФПЗ позволяют в цепочке абонент–сотрудник–документ полностью исключить звено «сотрудник» (рис. 14.3). Это достигается за счет широких возможностей взаимодействия с абонентами. Именно по этому признаку системы ФПЗ можно разделить на три вида – простого ответа, вещательные и интерактивные.

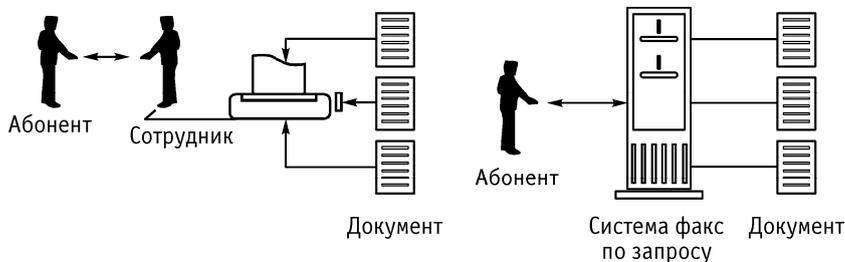


Рис. 14.3. Обработка запросов абонентов

Работа систем *простого ответа* выглядит следующим образом. Организация, имеющая в своем распоряжении систему ФПЗ, указывает в рекламе рядом с каждым коммерческим предложением его индекс. Клиент, позвонив с телефакса по номеру системы ФПЗ, вводит один из этих индексов, используя функцию тонального набора, доступную на любом современном телефаксе. В ответ система автоматически высылает соответствующий индексу документ, в котором содержится подробная информация о коммерческом предложении. Все документы хранятся в системе в виде файлов специального формата. Их можно создать двумя путями: позвонить на номер системы с обычного телефакса и передать документ, после чего он будет автоматически преобразован в используемый формат; преобразовать документ текстового или графического редактора в используемый формат с помощью специального программного обеспечения.

Возможности систем простого ответа не выходят за рамки приведенного примера. Они просты в установке, их техническое обслуживание заключается лишь в пополнении библиотеки документов. Все это обуславливает их минимальную, по сравнению с другими видами систем ФПЗ, стоимость, которая определяется используемой факсимильной платой и программным обеспечением. Она может варьироваться от 450 дол. (за систему, обслуживающую одну линию) до десятков тысяч долларов (за системы, обрабатывающие одновременно десятки запросов).

Вещательные системы ФПЗ в отличие от систем простого ответа позволяют абоненту выбирать документы, следуя кратким речевым инструкциям. Система «поднимает трубку», приветствует абонента и проигрывает речевое меню. Разные пункты меню содержат информацию, соответствующую разным видам продукции или услуг, предлагаемых организацией. В ответ абонент может сделать следующее: как в предыдущем случае, ввести известный индекс предложения и сразу получить необходимый документ; нажать клавишу, соответствующую одному из пунктов меню; переключиться на оператора. При выборе абонентом пункта меню система проигрывает речевое сообщение, которое содержит информацию о конкретных товарах или услугах и соответствующих им индексах. Абонент вводит заинтересовавший его индекс (или несколько индексов) и получает соответственно один или несколько документов.

Вещательные системы позволяют организовывать древовидные речевые меню с разным числом ветвей и уровней, информация в которых может быть представлена как в факсимильном, так и в речевом виде. Техническое обслуживание вещательных систем заключается не только в пополнении библиотеки документов, но и в строгом контроле за структурой меню. Организация таких меню требует аккуратного и продуманного подхода. Стоимость вещательных систем по

сравнению с системами простого ответа выше минимум в 1,5 раза. Это объясняется применением дополнительного аппаратного обеспечения, для управления работой которого также необходимы более сложные программы.

Интерактивные системы ФПЗ, так же как и вещательные, позволяют абонентам получать доступ к информации с помощью индексов и древовидных речевых меню. Разница между этими системами состоит в том, что интерактивные системы ФПЗ могут предоставлять каждому абоненту не только однотипные документы, но и индивидуальные. Они создаются системой в процессе общения, в зависимости от набираемой абонентом на телефонном аппарате последовательности команд. Выглядит это следующим образом. Абонент звонит на номер системы ФПЗ, вводит свой персональный номер, код и, следуя речевым инструкциям, получает доступ к персональной информации. Другой вариант – абонент отвечает на вопросы системы, которая формирует сообщение в зависимости от ответов, включая/не включая те или иные данные в документ. Таким образом, все сообщения, высылаемые интерактивной системой ФПЗ, индивидуальны для каждого абонента.

Интерактивные системы ФПЗ предоставляют абонентам самый высокий уровень сервиса. Они сложнее в установке и эксплуатации, так как для создания высылаемых документов требуется оперативное обращение к различным базам данных, а следовательно, интеграция с ЛВС. Соответственно цена таких систем самая высокая среди систем ФПЗ и определяется как стоимостью аппаратного и программного обеспечения, так и стоимостью услуг специалистов по ее наладке и запуску.

Факс-рассылка. Системы факс-рассылки целесообразно использовать в организациях, которым по роду своей деятельности приходится рассылать большие объемы факсимильных сообщений большому числу адресатов. Системы факс-рассылки обычно строятся на базе ПК с помощью многоканальной факсимильной карты, что позволяет одновременно рассылать по разным линиям различные по содержанию документы разным группам адресатов. Для рассылки документов, например, 1000 абонентам достаточно объединить их телефонные номера во временную группу и соотнести ее с рассылаемыми документами. Системы факс-рассылки обычно без проблем взаимодействуют с любой широко распространенной базой данных, используя хранящуюся в ней информацию о номерах абонентов. После этого, если необходимо, указывается интервал времени, в течение которого следует производить рассылку. Все остальное система делает автоматически.

Клиентская служба Бюрофакс. Предназначена, в первую очередь, для предоставления услуг факсимильной связи потребителям,

не имеющим собственных факсимильных аппаратов (телефаксов). Служба Бюрофакс обеспечивает передачу, прием и доставку сообщений с помощью факсимильного терминального оборудования, расположенного в так называемых «бюро общего пользования». Базой для создания предприятиями телеграфной подотрасли службы Бюрофакс является существующая служба доставки телеграмм и разветвленная сеть отделений связи, в которых предоставляются телеграфные услуги и которые могут быть использованы для развертывания факсимильных «бюро общего пользования».

Служба Бюрофакс предоставляет для потребителей следующие услуги:

- подачу документов для отправки через операционное окно передающего отделения связи;
- подачу документа с факсимильной установки отправителя;
- доставку факсимильного сообщения адресату (получателю) доставщиком;
- доставку факсимильного сообщения получателя средствами электросвязи на факсимильную установку;
- доставку факсимильного сообщения средствами почты;
- выдачу факсимильного сообщения получателю без предварительного уведомления (до востребования);
- выдачу факсимильного сообщения получателю по предварительному уведомлению, переданному средствами почты или электро-связи (по телефону, на абонентскую установку АТ/Телекс);
- различные категории срочности передачи и доставки сообщений.

Способ доставки сообщения получателю определяется отправителем.

Служба передачи газет. Обеспечивает передачу факсимильным способом оригиналов-оттисков центральных газет, поступающих от издательств в пункты децентрализованного печатания. Для передачи газетных полос применяются некоммутируемые каналы: дуплексные вторичные широкополосные каналы наземных систем передачи, симплексные групповые тракты спутниковых систем («Москва», «Орбита»), первичные цифровые каналы спутниковых систем передачи «Орбита-РВ». Передача газетных полос осуществляется из центра (издательство «Пресса») циркулярными пучками. Сеть построена с использованием аналоговой факсимильной оконечной техники «Газета-2». Применение аналогового способа передачи не обеспечивает в полной мере требований, предъявляемых полиграфистами.

Перестройка службы передачи газет связана в основном с изменениями, происходящими в редакционно-издательской сфере, с внедрением компьютерных технологий. Передача газет в дальнейшем постепенно превращается в передачу файлов между компьютерами редакционно-издательских комплексов, т.е. передачу данных. При

этом методы ввода и вывода сообщений останутся на ближайшую перспективу факсимильными.

Контрольные вопросы

1. Поясните сущность факсимильной передачи сообщений.
2. В чем состоит основной недостаток факсимильного способа передачи данных и в чем его достоинства?
3. Какие протоколы используются в модемах факсимильных аппаратов?
4. Что такое факс-сервер и какие услуги он обеспечивает?
5. Что такое факс по запросу и факс-рассылка?
6. Какие услуги предоставляет служба Бюрофакс?
7. Каковы основные особенности современной службы передачи газет?

Список литературы

1. **Альтергот А.В., Панфилов Д.И., Шаронин С.Г.** Факсимильная связь на базе компьютерной телефонии // Сети. – 1997. – № 1. – С. 58–64.
2. **Передача** дискретных сообщений: Учеб. для вузов / В.П. Шувалов, Н.В. Захарченко, В.О. Шварцман и др.; Под ред. В.П. Шувалова.– М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.

Глава 15. Другие службы документальной электросвязи

15.1. Видеотекс

Общие положения. Рассматриваемая ниже интерактивная (диалоговая) служба Видеотекс [1–4] относится к так называемым службам доступа к информационным ресурсам. Эти службы предоставляют услугу, с помощью которой абоненты получают доступ к различным базам данных. Используя ПК, абоненты служб могут оперативно знакомиться с новостями коммерческой, справочной информации, в том числе необходимой для использования службами ДЭС. Кроме этого службы такого рода должны обеспечивать абонентам возможность распространения своей информации среди других абонентов (всех или заданной группы) посредством услуги «Доска объявления». Службы доступа к информационным ресурсам могут базироваться на технических средствах и транспортной системе службы электронной почты. Они обеспечиваются не только средствами электросвязи, но и информационными системами. Отсюда следует, что создание таких служб должно осуществляться предприятиями связи совместно с различными предприятиями – поставщиками информации.

Система Видеотекс впервые была предложена в Великобритании в 1978 г. Вскоре эта система нашла применение и в других странах. Она получила различные названия в различных странах: в Великобритании – Prestel, ФРГ – Bildschirmtext, Франции – Teletel, Нидерландах – Viditel, Швеции – Data Vision, Финляндии – Telset, Японии – CARTAIN, Канаде – Vista. Эти системы различаются по своим техническим стандартам и возможностям [1].

Основные характеристики и услуги службы Видеотекс. Служба Видеотекс обладает следующими характеристиками:

- 1) информация представляется в буквенно-цифровой и/или графической формах;
- 2) информация хранится в базах данных в виде страниц, состоящих из одного или нескольких кадров. Кадр – это сообщение, которое выводится на экран в виде единого целого по команде абонента в результате одной операции с оконечной установкой. Это сообщение может занимать всю площадь экрана или ее часть;

3) передача информации между базой данных и абонентами осуществляется через сети электросвязи;

4) визуальная информация воспроизводится телевизором или другим устройством визуального отображения в формате 24 строки по 80 или 40 знаков;

5) доступ к базам данных осуществляется абонентом в форме диалога с помощью меню;

6) проста в эксплуатации для широкой публики и доступна для потребителей;

7) дает абонентам возможность для формирования и модификации информации в базах данных;

8) дает возможность поставщикам информации создавать и управлять базами данных, а также создавать замкнутые группы абонентов;

9) время между окончанием запроса и получением кадра не превышает 30 с.;

10) вероятность отказа в установлении соединения оконечной установки (терминала) с базой данных не превышает 0,05 (без учета отказов группового оборудования сети связи);

11) коэффициент ошибок по знакам в получаемом абонентом сообщении не превышает $1 \cdot 10^{-6}$.

Основная услуга системы Видеотекс – информация: последние известия, биржевые сводки, расписание, прейскуранты и т.п. Кроме этого служба Видеотекс предоставляет следующие услуги:

– транзакция – ввод или модификация абонентами информации, хранящейся в базе данных. Для доступа к таким услугам требуется выполнение специальных процедур, в том числе процедур подтверждения права доступа. Типичные транзакции – заказ товаров, оплата счетов, резервирование мест в ресторанах и билетов и т.п.;

– передача программ – загрузка программ и/или данных из баз данных в терминал абонента для их использования в терминале;

– передача сообщений – связь абонентов друг с другом путем накопления сообщений в общедоступной базе данных («почтовом ящике»). Накопленные сообщения передаются абоненту – адресату по его запросу или доставляются автоматически;

– обмен сообщениями между оконечными установками – передача и прием абонентами сообщений в диалоговом режиме. Это не исключает возможность непосредственного обмена сообщениями между оконечными установками с использованием существующих сетей;

– обработка данных – обработка и использование абонентами памяти и производительности программно-технических средств банков данных для обработки информации абонентов;

– организация конференции – обмен сообщениями группы пользователей в диалоговом режиме с использованием функций маршру-

тизации и коммутации. Эта услуга не исключает непосредственный обмен сообщениями между двумя терминалами;

- замкнутая группа пользователей – доступ определенных групп пользователей к части базы данных или иных средств Видеотекса, а также создание, эксплуатация и управление базами данных;

- ведение баз данных – возможность поставщику информации вводить и обновлять информацию в базах данных;

- предоставление статистических сведений – возможность получения поставщиком информации сведений о его информации, например, о ее популярности т.п.;

- предоставление информации о счетах – возможность оперативного получения абонентом и поставщиком информации сведений о стоимости услуг;

- взаимодействие с другими телематическими службами – доступ абонентов к услугам и/или абонентам других телематических служб, и наоборот.

Построение системы Видеотекс. Служба Видеотекс базируется на системе Видеотекс – совокупности аппаратных и программных средств, необходимых для реализации службы Видеотекс. К ним относятся:

- терминалы пользователей и поставщиков информации;
- банки данных;
- служебный центр Видеотекс;
- центр сопряжения;
- сети электросвязи.

Структурная схема системы Видеотекс представлена на рис. 15.1.

Терминал абонента является наиболее массовым программно-техническим средством службы Видеотекс и обеспечивает выполнение следующих функций:

- установление соединения по сети электросвязи со служебным центром Видеотекс;

- отображение запрашиваемой информации на экране дисплея (телевизора);

- диалоговое взаимодействие со служебным центром Видеотекс в процессе поиска информации;

- сохранение принятых кадров в оперативной памяти терминала.

Банк данных службы Видеотекс представляет совокупность баз данных, технических и программных средств (систем) управления ими.

Банк данных обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- комплектование баз данных информацией;

- обновление информационного состава баз данных;

- распределение запросов абонентов по отдельным банкам данных;

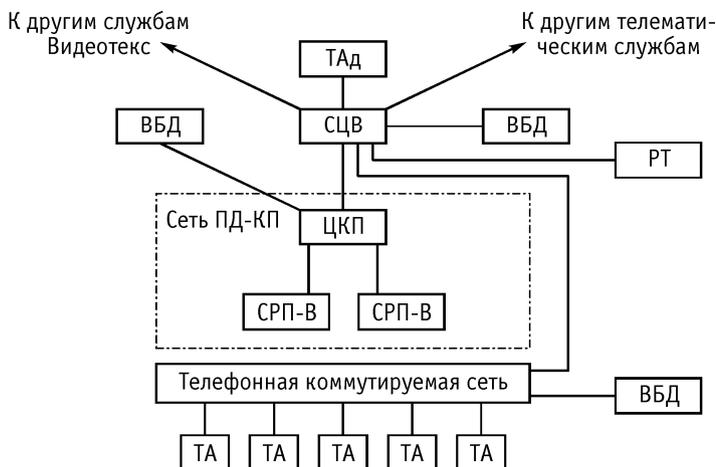


Рис. 15.1. Структурная схема системы Видеотекс:

ТА – терминал абонента; РТ – терминал редактора; ВБД – внешний банк данных; ЦКП – центр коммутации пакетов; СРП-В – сборщик/разборщик пакетов Видеотекс; СЦВ – служебный центр Видеотекс; ТАд – терминал администратора

- поиск и извлечение информации из баз данных по запросам абонентов;
- предоставление памяти и имеющихся программных ресурсов для обработки данных абонентов.

Под базой данных в системе Видеотекс понимается совокупность взаимосвязанных данных, хранимых в банке данных Видеотекс и предназначенных для хранения информации абонентов и обеспечения средств доступа к ней по запросам, поступающим от терминалов абонентов.

Информация в базе данных представлена в виде кадров, содержащих необходимые для абонентов сведения. Кадры объединены в иерархическую совокупность страниц.

Служебный центр Видеотекс (СЦВ) является ядром службы Видеотекс и выполняет следующие функции:

- определение правомочности доступа абонентов и поставщиков информации к базам данных;
- организация замкнутых групп абонентов;
- контроль за проведением расчетов с абонентами и поставщиками информации;
- ведение базы данных, содержащей необходимые сведения об абонентах и поставщиках информации;

- ведение собственной базы данных абонентов;
- осуществление функции администратора службы, а именно:
 - подключение новых абонентов;
 - подключение новых баз данных;
 - создание меню и его корректировка при необходимости;
 - управление взаимодействием с другими служебными центрами Видеотекс и внешними банками данных;
 - ведение файлов помощи пользователям;
 - создание рабочих мест для взаимодействия с абонентами по телефону.

Центр сопряжения предназначен для сопряжения системы Видеотекс с внешними банками данных и другими системами Видеотекс. Он выполняет функции перекодирования синтаксиса данных, прикладных процессов и служебных функций, а также адаптивования терминалов и прикладных процессов для служб Видеотекс, использующих различные протоколы.

Сети электросвязи – линии, каналы, станции коммутации и другие средства электросвязи, используемые для передачи информации в службе Видеотекс.

Служба Видеотекс предусматривает использование главным образом коммутируемой телефонной сети общего пользования, выделенной по обслуживанию телефонной сети «Искра», сети передачи данных с коммутацией пакетов, а также в меньшей степени арендованных каналов. Сеть передачи данных с коммутацией пакетов может быть эффективно использована в системе Видеотекс как для доступа удаленных терминалов к служебному центру из коммутируемой телефонной сети через сборщик-разборщик пакетов, так и для подключения внешних банков данных.

Служебный центр Видеотекса подключается на правах абонента к сети ПД–КП или к коммутируемой телефонной сети пучком абонентских линий (в зависимости от нагрузки на правах обычных абонентов или абонентов с серийным выбором). Количество абонентских линий к служебному центру Видеотекс определяется из вероятности отказа в установлении соединения на этих линиях, не превышающей 0,05.

Терминалы пользователей системы Видеотекс подключаются к коммутируемой телефонной сети через двухпроводную абонентскую линию местной телефонной сети на правах обычного абонента.

Предельная суммарная (исходящая и входящая) нагрузка от всех видов связи (телефонной и Видеотекса) на одну линию абонента не должна превышать 9 мин в 1 ч наибольшей нагрузки.

Сети для системы Видеотекс предоставляются с качественными показателями, действующими на используемых сетях; никаких специальных требований служба Видеотекс к используемым сетям не предъявляет.

Технико-экономические и социальные аспекты внедрения службы Видеотекс. Развитие телекоммуникаций подчиняется определенным закономерностям: медленное начало, стремительный рост и постепенное насыщение (так называемый логистический закон развития). Во многих развитых странах мира рост числа абонентов системы (службы) Видеотекс уже находится в стадии насыщения, достигая числа абонентов телефонной сети общего пользования (ТФ ОП).

В нашей стране служба Видеотекс не получила должного развития, что в первую очередь, на наш взгляд, объясняется недостаточно развитой сетью абонентского доступа. Так, если в промышленно развитых странах телефонная плотность превышает 40 %, то Россия имеет телефонную плотность 17 % и замыкает по этому показателю четвертый десяток в мире.

Столь малая телефонная плотность позволяет сделать предположение о том, что в первую очередь служба Видеотекс в регионах будет развиваться в интересах деловой сферы. Это видно из опыта стран, которые давно прошли начальную стадию внедрения службы (Франция, ФРГ, Великобритания). Именно деловой рынок заинтересован как в получении, так и в поставке информации и именно он будет инвестировать средства в информационные технологии.

Внедрение службы Видеотекс позволит решить ряд социально-экономических проблем. Прежде всего это экономия времени потребителей при пользовании услугами Видеотекса по сравнению с традиционными способами получения справочной информации. Следует различать две составляющих эффекта экономии времени. Во-первых, эффект от экономии внерабочего времени абонентов новой службы в результате более быстрого получения в домашних условиях различных справок и услуг, сокращение времени ожидания в очередях и числа различных поездок, что приводит к увеличению свободного времени потребителей.

Другая составляющая – сокращение потерь рабочего времени, частично используемого работниками на наведение справок личного характера в служебное время. Как показали расчеты [5], использование службы Видеотекс позволит клиенту ориентировочно сэкономить в год 370 ч (из них 270 ч внерабочего и 100 ч рабочего времени).

Наряду с экономическим эффектом не менее важным является социальный эффект. Он проявляется в повышении информированности общества, культурного, образовательного и профессионального уровня, уменьшении транспортной усталости, создании жизненных удобств, комфорта и т.п. Как показали результаты анкетного опроса [5], подавляющее большинство респондентов присвоили показателям социального эффекта максимальный балл.

Одним из краеугольных, определяющих успех внедрения службы Видеотекс является вопрос тарификации и экономических взаимоотно-

ношений поставщика службы Видеотекс с поставщиками и пользователями информации.

В зависимости от социально-политических и экономических особенностей в разных странах используются разные принципы тарификации. Так, в Англии, Австрии, ФРГ и некоторых других странах услуги тарифицируются по объему информации. В Австралии, кроме того, взимается плата за каждый вызов. В США тарификация услуг производится по времени соединения с базой данных (БД) службы. В Канаде установлен лимит времени доступа к службе – 3 ч в сутки, который оплачивается лимитной абонентской платой. При пользовании услугами сверх этого лимита за каждую минуту дополнительно взимается 6 центов. В ряде стран (Италии, Ирландии, Бразилии, Дании, Швеции) установлена только абонентская плата. Во всех странах, внедривших службу Видеотекс, взимается плата за монтаж абонентского устройства у потребителей и абонентская плата. Причем абонентская плата за пользование частной установкой в 4–6 раз ниже, чем за пользование учрежденческой.

Следует также упомянуть о том, что на начальном этапе развития службы в некоторых странах пользователям как услуги, так и оконечные установки предоставлялись бесплатно.

Структура службы Видеотекс, протоколы взаимодействия. На рис. 15.2 представлена структура службы Видеотекс, которая может

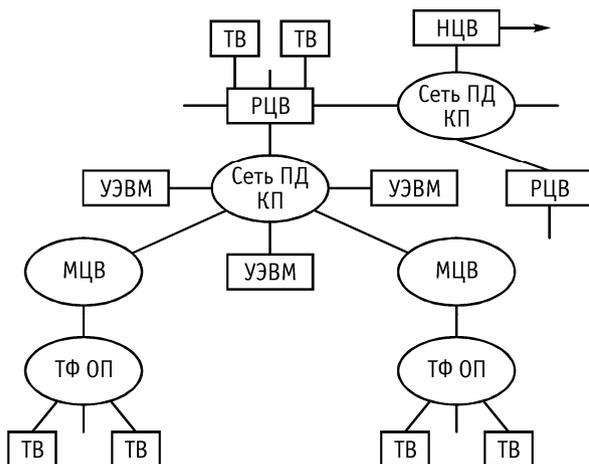


Рис. 15.2. Структура службы Видеотекс:

ТВ – терминал Видеотекса; МЦВ – местный центр Видеотекса; РЦВ – районный центр Видеотекса; НЦВ – национальный центр Видеотекса; МНЦВ – международный центр Видеотекса

быть рекомендована в регионах. С помощью терминала Видеотекса пользователи города через телефонную сеть ТФ ОП, как наиболее разветвленную, подключаются к местным центрам Видеотекса, расположенным в районах города (территориально они могут находиться в зданиях районных АТС). Если информация, необходимая пользователю, отсутствует в местном центре, запрос автоматически передается в региональный центр Видеотекса (РЦВ). Здесь сосредоточивается информация местных центров данного региона. Близлежащие абоненты могут быть непосредственно включены в РЦВ. Наконец, в случае отсутствия требуемой информации в региональном центре, запрос передается в национальный центр Видеотекса НЦВ. На этих же принципах может быть организован доступ к информации, хранящейся в базах данных систем Видеотекса зарубежных стран – международных национальных центрах Видеотекса (МНЦВ), входящих в международную службу Видеотекса. В Региональный центр Видеотекса включены через сеть ПД выносные (удаленные) ЭВМ (УЭВМ) поставщики информации. Поставщиками информации могут быть и терминалы Видеотекса (ТВ).

При создании службы Видеотекса необходимо обратить особое внимание на обеспечение работы с замкнутыми группами абонентов, т.е. абонентов, которые имеют доступ к части базы данных или иных средств Видеотекса, недоступных для широкого круга абонентов. К таким замкнутым группам можно отнести абонентов городской и областной администрации, абонентов органов МВД и др.

Как показывает опыт развитых зарубежных стран, абоненты службы Видеотекс могут иметь доступ к сети Телекс (принимать и передавать со своего терминала телексы) и выход на пейджеры. В частности, такие возможности обеспечивает служба Buldschirmtext ФРГ [6].

Создание службы Видеотекс предполагает использование Рекомендаций МСЭ-Т. В рекомендации F.300 [7] излагаются общие положения, характеристики службы и оборудования пользователей, в Рекомендации S.100 [8] рассматриваются способы кодирования, типы кодов, линейные и межконцевые протоколы, взаимодействие с другими службами.

Терминалы службы Видеотекс. Терминалы службы выполняют три основные функции: установление соединения с центром Видеотекса через сеть доступа, накопление и отображение поступившей из центра информации. В службе Видеотекса установлены два типа пользователей – обычные пользователи и поставщики информации. Аппаратное обеспечение обеих групп существенно различается по техническим характеристикам, однако основная структура терминального оборудования одинакова и включает в себя пять основных элементов (рис. 15.3):

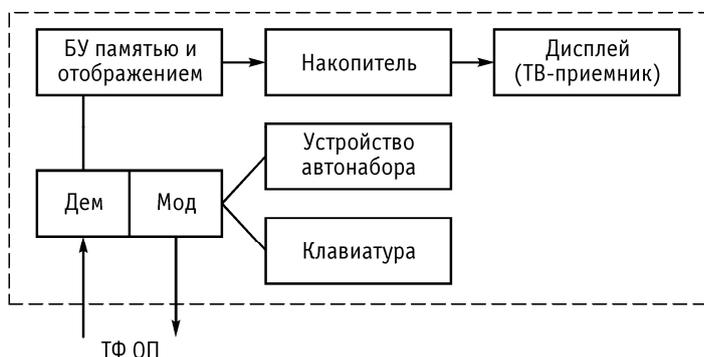


Рис. 15.3. Структура терминального оборудования

- дисплей, в качестве которого могут быть использованы обычный телевизионный приемник или специальное устройство отображения;
- накопитель с памятью;
- модем, обеспечивающий передачу данных через телефонную сеть;
- устройство автонабора;
- клавиатуру, содержащую в простейшем случае цифры 0–9, и два управляющих ключа для связи с центром. Если пользователь желает обмениваться с центром сообщениями, используется полная буквенно-цифровая клавиатура.

Кроме того, в состав терминала входят блоки управления (БУ) памятью и отображением. Конструктивно перечисленные элементы могут быть выполнены в виде единого устройства (например, специально разработанный дисплей с клавиатурой) или в виде отдельных блоков (дисплей и декодер) в зависимости от применения.

Тип абонентского терминала зависит от условий его применения. К первой группе относятся терминалы, предназначенные для частных лиц и содержащие обычный цветной телевизор с приставкой; ко второй – терминалы, в состав которых входит ПК для применения в основном в организациях; к третьей – профессиональные терминалы для автоматизированных рабочих мест, подключенных к базе данных.

Применение ПК в качестве абонентского терминала позволяет расширить функциональные возможности службы и предоставляемые виды услуг. Так, служба Видеотекса Micronet дает своим пользователям возможности удаленного ввода программного обеспечения, доступ к связным службам, таким как Телекс. Электронная почта организует удаленное банковское обслуживание, консультации по финансовым вопросам, ценам, доступ к образовательным программам.

В заключение напомним, что в нашей стране служба Видеотекс не получила развития. Сначала это было обусловлено недостаточно развитой сетью доступа, затем бурное развитие Интернет вообще поставило под вопрос целесообразность использования этой службы в России. Сегодня для читателя служба Видеотекс представляет чисто исторический интерес как один из примеров эволюционного развития телекоммуникационных служб.

15.2. Голосовая почта

Голосовая, или речевая, почта представляет согласно «Концепции развития документальной электросвязи» еще одно направление развития средств ДЭС. Как уже отмечалось, эта служба обеспечивает для абонентов телефонной сети возможность обмена голосовыми сообщениями без необходимости одновременного участия в сеансе связи отправителя и получателя сообщения. Передача голосовых сообщений осуществляется в режиме с промежуточным хранением сообщений в цифровом виде в электронных почтовых ящиках и по своей технологии близка к службам электронной почты и Комфакс. Дело в том, что в почтовый ящик можно записать и текст электронной почты, и голос, и факсимильное сообщение. При передаче голоса или факсимильного сообщения по аналоговому каналу на приеме сигнал перед записью в почтовый ящик оцифровывается. Поэтому далее мы будем ограничиваться только вопросами хранения и передачи голосовых сообщений, подразумевая при этом, что аналогично можно передавать и факсимильные сообщения.

Основные идеи, которые были положены в основу создания голосовой почты, заключаются в следующем:

1. Связать клиентов, максимально используя уже имеющееся у них оборудование и каналы связи, с высокоскоростными информационными магистралями, обеспечивающими пакетную передачу данных, сжатие информации и доступ к компьютерным сетям.

2. За счет пакетной передачи и использования сетей:

- обеспечить клиентам дешевые по отношению к обычным тарифам и более качественные услуги по передаче и приему голоса, факсов и другой информации в режиме «почты» с гарантированной доставкой и подтверждением;

- обеспечить возможность вести относительно дешевые междугородные переговоры в псевдореальном времени.

3. Обеспечить доступ к справочно-информационным ресурсам и возможностям электронных сетей для владельцев телефонов и факсов, а для владельцев компьютеров – возможность передавать информацию на телефоны и факсы.

Услуги службы голосовая почта. Служба предоставляет абоненту все услуги, которые соответствуют типичному набору почтовых услуг.

Любой человек, у которого возникло желание послать абоненту сообщение, звонит по номеру коллективного пользования, где ему отвечает компьютер (или, в крайнем случае, диспетчер!). Компьютер голосом просит набрать на телефонном аппарате номер «абонентского телефонного ящика», а затем записывает на жесткий диск голосовое сообщение. Набор номера абонентского ящика осуществляется обычно в тональном режиме. Если ваш заказ принимает диспетчер, то вы просто голосом попросите соединить вас с требуемым «абонентским ящиком».

Владелец «абонентского ящика», позвонив по номеру коллективного пользования и набрав номер своего «абонентского ящика», может многократно прослушать пришедшие сообщения и затем стереть их. Если абонент имеет компьютер, подсоединенный к компьютерным сетям, то он может получать все сообщения, записанные в «абонентском ящике» (голосовые, факсовые, электронную почту) на свой компьютер. При желании абонент может получить уведомление о поступлении новых сообщений.

Набор дополнительных услуг, который может предоставить компьютерная и голосовая почта, ограничивается только фантазией владельца и согласием клиента платить за них. Перечислим некоторые из этих услуг, реально предлагаемых зарубежными провайдерами:

- персональное приветствие, которое абонент записывает сам и которое слышат те, кто связывается с его ящиком. Приветствие может зависеть от времени (например, быть разным в рабочие и нерабочие часы);
- уведомление о пришедших сообщениях на пейджер;
- краткий обзор сообщений, когда компьютер называет только даты и время их поступления и, возможно, телефон, с которого поступило сообщение (в любой момент можно остановить компьютер и прослушать сообщение);
- возможность тут же ответить на сообщение при его прослушивании не набирая номера (обычно ограничивается ответом другим владельцам абонентских ящиков той же системы);
- указать время отправления сообщения;
- получить уведомления о невостребованных или недоставленных сообщениях;
- если серия почтовых ящиков принадлежит компании, сообщения могут автоматически сортироваться в зависимости от номера, с которого они поступили (эта услуга обеспечивается использованием АОН или идентификатора номера на факсе);

- командированный может получить свой временный абонентский ящик, т.е. практически телефонный номер в чужом городе;

- если речь идет о голосовой почте, организованной на базе учрежденческой АТС, то возможен вызов дежурного, рассылка сообщений всем, подключение «абонентского ящика», если прямой телефон абонента занят, с возможностью в последующем набрать другое расширение или вызвать дежурного;

- для компании можно организовать индивидуальное «меню» перенаправителя звонков. Каждый, позвонивший на номер компании, услышит нечто вроде: «для покупок нажмите кнопку 1, для гарантийного обслуживания – 2» и т.п. Меню может быть зависимым от времени, например быть разным в рабочие и нерабочие часы;

- на некоторых телефонных системах возможно организовать сигнал на занятый телефон о том, что к нему пытается дозвониться еще кто-то и, если первый разговор не прерывается, переадресовать ждущего на «абонентский ящик»;

- включение голосовых и факсовых объявлений в голосовую и факсовую службу рекламных объявлений.

Преимущество работы в режиме почты в следующем:

- экономится время на поиск адресата (дозвон);
- снижается плата для междугородных соединений (имеется возможность передать сообщение в сжатом виде);

- возрастает качество передачи, особенно факсов;
- можно попросить компьютер переслать свое сообщение или факс по заданным номерам;

- можно организовать дело так, что номер «абонентского ящика» будет практически всегда свободен для желающих оставить в нем сообщение или факс.

Отметим, что традиционно такие системы подразумевают тоновый набор номера, но существуют технические решения, позволяющие использовать импульсный набор в пределах города.

Помимо типовой реализации голосовой почты на базе абонированных голосовых электронных ящиков возможен ее упрощенный вариант. Он, естественно, более дешевый и, самое главное, может быть массовым, так как не требует от клиента предварительного заключения договора с поставщиком услуги.

Пользователем услуги может быть любой владелец телефона квартирного сектора или предприятия. Услуга тарифицируется по времени, и расчет производится в кредит по аналогии с приемом телеграмм в кредит службой 06. Рассмотрим алгоритм предоставления этой услуги, которую назовем «Услуга коммутации голосовых сообщений (УКГС)».

1. Клиент или абонент (если заключен договор на УКГС) звонит по серийному номеру 06.

2. Оператор принимает заявку и ставит систему в автодозвон на телефон клиента.

3. После автодозвона до клиента оператор, убедившись, что это телефон клиента, переключает клиента в систему КГС, и далее с клиентом работает автоматика.

4. Система КГС записывает голосовое сообщение (создает голосовой файл) и фиксирует время поступления сообщения.

5. Далее система КГС в зависимости от служебной информации, заданной клиентом, производит автодозвон и передачу адресату (адресатам) голосового сообщения в заданный клиентом временной интервал.

Система КГС перед передачей голосового сообщения может сверить с адресатом номер телефона адресата, а после передачи сообщения получить подтверждение от адресата о доставке ему сообщения. Ответы адресата в этом случае будут записаны в архив и могут быть переданы клиенту в качестве справки об указанной услуге путем автовызова на номер телефона клиента. При этом желательно, чтобы оператор перед автодозвоном клиенту проверял на слух эти справки и давал команду системе КГС на передачу их клиенту.

Оплата происходит по отработанной технологии авансовой системы приема телеграмм.

Анализ вариантов реализации голосовой почты. Голосовая почта (ГП) на базе голосовых почтовых ящиков (ПЯ), несомненно, является фундаментальной сервисной услугой, отработанной на зарубежных телефонных сетях, и имеет неограниченные возможности к усовершенствованию и развитию.

Голосовая почта на базе УКГС может служить как переходный этап к голосовой почте на базе голосовых почтовых ящиков, а также может существовать и развиваться самостоятельно наряду с ГП с почтовыми ящиками.

Несомненным преимуществом УКГС, особенно на начальном этапе, является возможность привлечения широких масс пользователей телефонной связью буквально в первый день внедрения УКГС после рекламы – разъяснения этой услуги. Кроме того, целесообразность разработки внедрения УКГС продиктована следующим:

- относительная дешевизна услуги для клиента;
- удобство пользования серийным номером 06;
- возможность получения статистики спроса голосовой почты для принятия решения о внедрении ГП с ПЯ;
- простой и доступный алгоритм работы Клиент–УКГС и УКГС–адресат;
- возможность использования УКГС в качестве доставки телеграмм адресатам.

Понятие о компьютерной телефонии. Речевую почту в современных журнальных статьях часто причисляют к одному из приложений так называемой компьютерной телефонии. (Согласно [9], к компьютерной телефонии относят все технические решения, в которых компьютерные и телефонные технологии объединились для осуществления необходимых пользователю функций. Под это определение подходит и голосовая почта.)

В качестве примера перечислим некоторые приложения компьютерной телефонии:

Электронный секретарь. При звонке в офис абонент соединяется с системой компьютерной телефонии, которая, используя механизм голосовых меню, предлагает ему либо набрать местный телефонный номер (то, что на Западе называют extension) необходимого сотрудника, либо выбрать нужный отдел, либо затребовать соединение с секретарем. При отсутствии адресата на рабочем месте система может предложить абоненту оставить голосовое сообщение или переключить его на тот номер телефона (в офисе или за его пределами), где в данный момент находится адресат. Сюда может быть интегрирована система отсылки факсимильных сообщений через локальную вычислительную сеть, система интерактивного голосового взаимодействия (позволяющая абоненту не только соединиться с сотрудником, но и получать нужную ему информацию из корпоративной базы данных) и многое другое.

Унифицированный обмен сообщениями (unified messaging). Так называется широкий класс приложений, обеспечивающих унифицированный подход к работе с сообщениями. Все сообщения (голосовые, факсимильные и полученные по электронной почте) собираются в один список, на них заводится единая адресная книга, а их просмотр обеспечивается в соответствии с их типом: факсимильные – выводятся на экран компьютера в графическом виде, электронные – в текстовом, голосовые сообщения выдаются для прослушивания либо на телефонный аппарат, либо на звуковую плату компьютера. Ознакомившись с сообщением, пользователь может немедленно послать ответ в выбранной по своему усмотрению форме.

Справочно-информационные системы. Через систему голосовых меню абонент может получать информацию из корпоративной базы данных. Например, авиакомпания, воспользовавшись подобной системой, будет предоставлять абонентам информацию об ожидаемом времени прибытия (отправления) самолетов: абонент вводит номер рейса, а система озвучивает нужную информацию.

Системы оповещения. Такие системы могут, например, применяться для обзвона должников или для автоматического информирования сотрудников оперативных служб при необходимости экстренного сбора.

«Черный ящик». На опасных производствах, где в ходе телефонных переговоров принимаются ответственные решения, необходимо обеспечивать запись всех разговоров на случай аварии. С этим очень хорошо справляются компьютерно-телефонные системы. Применение компьютерных технологий позволяет хранить записи переговоров в виде базы данных, упорядочивать вызовы по времени, по вызываемым лицам или инициаторам вызова.

Банковская система. Клиент может позвонить в банк по телефону и, введя с клавиатуры личный PIN-код, выяснить сумму остатка на своем счете, а в наиболее развитых системах – еще и отдать распоряжение по вкладу. Это похоже на использование кредитной карточки, однако для такой системы не нужен банкомат – правда, и наличные она выдать не может.

В качестве примера отметим несколько конкретных отечественных разработок, имеющих в настоящее время на рынке приложений компьютерной телефонии [9]. Компания «Орасофт» предлагает своим клиентам систему голосовой почты, которая может автоматически звонить сотруднику при поступлении сообщения на его имя и упорядочивать голосовые сообщения с помощью простой системы навигации. Каждое сообщение снабжается временной меткой, озвучиваемой при воспроизведении. Систему можно подключать либо к офисной телефонной сети (вместо телефонного аппарата), либо напрямую к учрежденческой АТС.

Голосовой почтой занимается и московская компания «Форте-94». Она предлагает организациям арендовать голосовые почтовые ящики, в которых можно оставлять сообщения для сотрудников. Для работы с системой голосовой почты необязательно использовать аппараты с тоновым набором. Номер почтового ящика можно ввести, просто назвав цифры этого номера – в этом случае используется технология распознавания голоса. С системой почты интегрирована также услуга «факс по требованию».

Новгородская компания «Зенит» разработала систему записи телефонных переговоров «Диалог», позволяющую записывать на жесткий диск до 32 телефонных переговоров одновременно, прослушивать переговоры во время записи, производить поиск разговора по дате, времени, продолжительности, номеру канала, архивировать разговоры по истечении заданного времени. Возможна интеграция системы с вычислительной сетью организации. Похожую систему разработала и московская компания «Империя».

В заключение следует сказать, что на компьютерную телефонию пользователи возлагают большие надежды. Решающего прорыва на новый уровень можно ждать, когда будут решены две проблемы: распознавание голоса и синтез голосовой информации по текстовому файлу. Специалисты утверждают, что после этого телефон может

превратиться в развитое средство дистанционного доступа к компьютерным системам, способное полноценно поддерживать двунаправленный поток информации между человеком и компьютером.

Контрольные вопросы

1. Какие услуги предоставляет служба Видеотекс? Какая из них считается основной?
2. Какова структура служебного центра Видеотекс?
3. Чем отличается служба голосовая почта от обычной телефонной службы?
4. В чем отличие услуги коммутации голосовых сообщений от классической услуги голосовая почта?
5. Что мы понимаем под термином универсальный почтовый ящик?
6. Что такое компьютерная телефония? Приведите примеры компьютерной телефонии.
7. Каковы перспективы развития компьютерной телефонии в России?

Список литературы

1. **Мартин Дж.** Видеотекс и информационное обслуживание общества. – М.: Радио и связь, 1987.
2. **Шварцман В.О.** Служба Видеотекс. – М.: Изд-во Технологии электронных коммуникаций, 1993. – Т.33. – С. 103–168.
3. **Балькин Г.Ф., Лещевич В.С., Скляр В.С., Третьяк Г.Б.** Проблемы организации службы Видеотекс // Электросвязь. – 1992. – № 2.
4. **Слизская Т.В., Третьяк Г.Б.** Служба Видеотекс – эффективный путь информатизации общества. – Киев: Знание, 1991.
5. **Горелик М.А., Кухаренко Е.Г., Родичева Н.В.** Социальный и экономический аспекты развития службы Видеотекс // Электросвязь. – 1992. – № 2.
6. **Gabler H.** Grundlagen der Text und Datenübermittlung. – Heidelberg: v.Decker, 1989. (Technik der Telekommunikation; Bd.21).
7. **Yellow Book.** Vol. 2 – Fascicle II.4. Telegraph and Telematic services operations and tariffs. Recommendation of the F series CCITT seventh Plenary Assembly. – Geneva, Switzerland: ITU, 1981.
8. **Yellow Book.** Vol. VII – Fascicle VII.2. Telegraph and Telematik services terminal equipment. Recommendation of the S and T series. CCITT Seventh Plenary Assembly. – Geneva, Switzerland: ITU, 1981.
9. **Крейнес А.** Добавить СТИ по вкусу // Сети. – 1997. – № 5.

Глава 16. Единая система документальной электросвязи

16.1. Интеграция услуг документальной электросвязи [1]

Наличие многочисленных служб документальной электросвязи делает весьма актуальной задачу обмена сообщениями между потребителями различных служб, в том числе между традиционными телеграфными службами и новыми службами ДЭС, к которым относятся: службы передачи данных, электронной почты, голосовых сообщений, доступа к информационным ресурсам, факсимильной связи и др.

Интеграция услуг позволит предприятиям электросвязи сохранить в сфере своего обслуживания абонентов сети АТ/Телекс, которых не удовлетворяет уровень традиционных телеграфных услуг, и обеспечит возможность постепенного перевода такой услуги, как «Телеграмма», на современную техническую базу, например на основе использования служб Бюрофакс или Электронная почта.

Интеграция услуг предполагает:

- передачу сообщений с абонентских телеграфных установок абонентской сети АТ/Телекс на абонентские установки служб электронной почты и факсимильной связи, а также в службу Бюрофакс для последующей доставки адресату;

- доступ с абонентских телеграфных установок сети АТ/Телекс к информационным ресурсам различных баз данных;

- передачу телеграмм в службу Бюрофакс для последующей доставки адресату, а также на абонентские установки служб электронной почты и факсимильной связи;

- передачу сообщений с абонентских установок служб электронной почты на абонентские телеграфные установки сети АТ/Телекс, в службы Телеграмма и Бюрофакс для последующей доставки адресату, а также на факсимильные службы абонентов факсимильной службы.

Таким образом, интеграция услуг решает задачу обмена сообщениями «Всех со всеми».

Интеграция услуг позволит расширить номенклатуру и обеспечить комплексное представление в отделениях электросвязи клиентских услуг ДЭС. При этом кроме приема телеграмм в ОЭС будут обеспечиваться услуги службы Бюрофакс, доступ к услугам электронной почты и службы Телекс. Доставка принятых сообщений бу-

дет осуществляться доставщиками по телефону, почтой или на терминал адресата.

Технической основой ДЭС будут служить универсальные многофункциональные терминалы (МФТ) на базе ПК (п. 16.3).

Создание и развитие новых служб ДЭС и интеграция услуг – основа создания на базе предприятий электросвязи, являющихся операторами телеграфной связи, единой системы документальной электросвязи (ЕСДЭС) общего пользования.

ЕСДЭС должна быть организована как совокупность существующих телеграфных и вновь создаваемых телематических служб, объединенных на основе интеграции услуг.

Интеграция телеграфных и телематических служб позволит постепенно перевести услуги, связанные с передачей кратких текстовых сообщений с телеграфных технологий, на более современные технологии телематических служб и в первую очередь на технологию службы обработки сообщений.

Основой для обеспечения совместимости технологически отличающихся однопользовательских служб, интеграции услуг и объединения различных служб ДЭС в единую систему должна стать система обработки сообщений, стандартизованная в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т (п. 16.2).

На рис. 16.1 представлена структура ЕСДЭС.

ЕСДЭС – совокупность нескольких центров обработки сообщений (ЦОС), региональных подсистем телематических служб (региональных фрагментов ЕСДЭС) и телеграфных сетей, связанных общей транспортной системой на базе сетей передачи данных. Центры обработки сообщений образуют верхний уровень системы, обеспечивающий в масштабах всей системы функции интеграции услуг, управления ресурсами системы, архивирования процессов передачи сообщений, а также взаиморасчетов между взаимодействующими региональными операторами ЕСДЭС. Центры обработки сообщений должны быть связаны между собой по принципу «каждый с каждым» через сети передачи данных (либо с использованием высокоскоростных каналов связи). В целях повышения надежности каждый из центров обработки сообщений должен иметь выход не менее чем на две сети передачи данных, используемых в ЕСДЭС.

Количество центров обработки сообщений и их размещение зависит от общего трафика и его концентрации на направлениях между группами географически близких регионов и должно определяться на основании технико-экономического анализа с учетом требований по надежности и живучести системы, оптимизации процессов передачи сообщений и управления. На начальном этапе создания ЕСДЭС количество центров телематических служб будет составлять 2–4 и может в дальнейшем наращиваться по мере развития ЕСДЭС. За каждым центром обработки

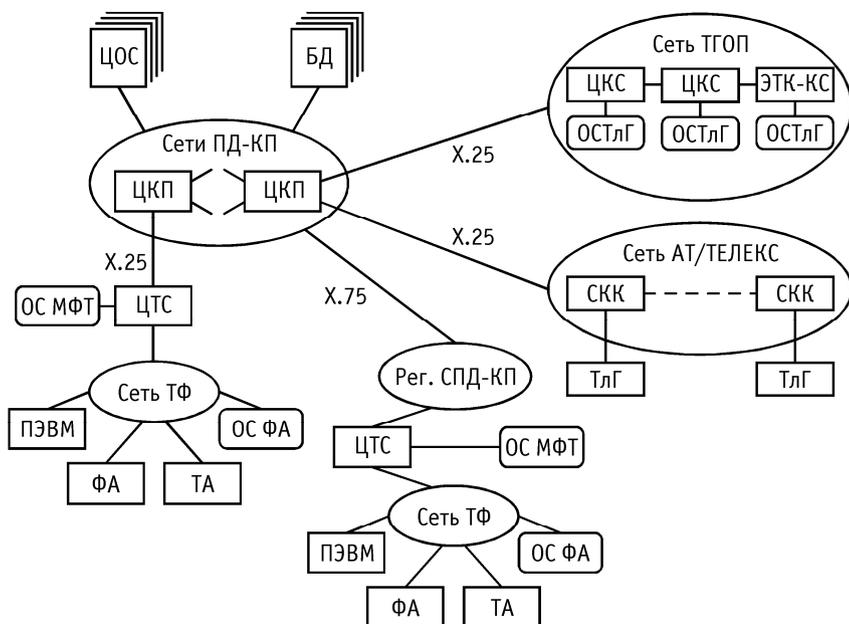


Рис. 16.1. Структура единой системы документальной электросвязи

сообщений закрепляется определенная зона, в которую входит соответствующая группа регионов. При этом все центры обработки сообщений должны дублировать друг друга и обеспечивать возможность взаимодействия с любым региональным фрагментом системы.

Ядро каждого регионального фрагмента ЕСДЭС – региональный центр телематических служб, обеспечивающий функционирование в регионе всех телематических служб, а также функции управления на региональном уровне. При необходимости в одном регионе может быть организовано несколько центров телематических служб. Терминальное оборудование абонентов включается в соответствующие центры телематических служб, как правило, через телефонную сеть или через сети передачи данных (региональные или общероссийские). Подключение центров телематических служб к сетям передачи данных должно осуществляться по стыку Х.25, причем не менее чем к двум сетям в целях повышения надежности.

В процессе создания и развития ЕСДЭС должно осуществляться переоснащение телеграфных отделений связи посредством замены телеграфных аппаратов на современные терминальные устройства клиентских служб документальной электросвязи.

Доступ терминалов клиентских служб, устанавливаемых в отделениях связи, к центрам телематических служб в зависимости от типа терминала осуществляется либо по выделенному каналу (физической линии), либо по стыку X.28 через сеть передачи данных, либо через телефонную сеть. Как правило, в качестве терминального оборудования в отделениях связи для обеспечения доступа к телематическим службам будут использоваться многофункциональные терминалы на базе ПК, оснащенные специальным программным обеспечением, необходимыми средствами ввода и вывода документов, а также средствами передачи данных. С помощью многофункциональных терминалов в отделениях связи будут предоставляться практически любые клиентские услуги документальной электросвязи, включая услугу «Телеграмма». Кроме того, в отделениях связи или факсимильных пунктах коллективного пользования для организации доступа к службе «Бюрофакс» возможно использование факсимильных аппаратов группы 3 с выходом на региональный центр телематических служб через телефонную сеть.

Доступ телеграфных центров коммутации сообщений и станций коммутации к сетям передачи данных должен осуществляться по стыку X.25 через согласующие устройства, обеспечивающие сопряжение телеграфных межцентровых и межстанционных протоколов с протоколами сетей передачи данных, а также с протоколами службы обработки сообщений.

В целях повышения надежности каждый телеграфный центр коммутации сообщений должен иметь выход не менее чем к двум сетям передачи данных, используемых в ЕСДЭС.

Транспортной основой для взаимодействия центров телематических служб, центров обработки сообщений, коммутационного оборудования телеграфных сетей является система передачи данных, представляющая собой совокупность взаимосвязанных общероссийских и региональных сетей передачи с коммутацией пакетов. Служба передачи данных – общая и главная связующая основа обеспечения единства телематических и телеграфных служб по всей территории страны и определяющий фактор их надежного функционирования.

16.2. Назначение и основные принципы построения служб обработки сообщений [2]

С 1986 г. интенсивно развиваются системы обработки сообщений – СОС (их называют также «системами передачи сообщений», «электронной почтой», «системами X.400»). Они обеспечивают работу служб обработки сообщений. МСЭ-Т к настоящему времени определил четыре службы общего пользования, различающиеся типами сообщений и наборами предоставляемых услуг:

- а) передачи сообщений (службу ПС);
- б) межперсональных сообщений (службу МПС);
- в) электронной передачи данных (службу EDI – Electronic Data Interchange),
- г) голосовых сообщений (службу ГС).

К появлению СОС привело развитие видов связи без установления соединения между отправителем и получателем сообщений (связи «через промежуточный накопитель» или, по-другому, связи «с коммутацией сообщений»). Старейший вид такой связи – служба «Телеграмма».

Связь через промежуточный накопитель все больше привлекает абонентов, так как она не требует одновременного присутствия отправителя и получателя во время сеанса связи. Это особенно важно для связей на большие расстояния, когда имеется сильное различие в местном времени. В режиме «почтового ящика» абонент может не держать терминал все время включенным для приема входящих вызовов, как требуют классические виды связи (например, телефон, телекс), и может выводить пришедшие сообщения из «почтового ящика» в удобное для него время. Работа через промежуточный накопитель позволяет уменьшить затраты ручного труда операторов терминалов и улучшить использование каналов связи, резко расширяет возможности преобразования кодов, скоростей, форматов, процедур передачи при связи между разнотипными терминалами.

К недостаткам связи через промежуточный накопитель относятся – отсутствие возможности диалога и возможность задержки отдельных сообщений. С учетом этого режим «промежуточный накопитель» применяется в классических службах связи как дополнительная услуга при сохранении основного режима «переговор». Примером являются промежуточные накопители, используемые в службах Телекс и Телефакс. Другими примерами могут служить «телефонные электронные почтовые ящики» и автосекретари, используемые в телефонной службе.

Концепция системы обработки сообщений восприняла опыт развития всех этих частных случаев и предложила единую, универсальную систему, которая может быть использована для различных видов информации.

Службы обработки сообщений отнесены к телематическим службам, т.е. они не являются телефонными, телеграфными или службами передачи данных. Это новые службы, имеющие свои отличия. Основные их характеристики следующие:

1. Назначение – передача сообщений между пользователями (людьми или машинами) через промежуточные накопители (методами коммутации сообщений и «почтового ящика»); не обеспечивается, следовательно, диалоговый режим связи. Предусмотрены три катего-

рии срочности доставки, а также услуги «задержанная доставка» и «хранилище сообщений» (поиск сообщений производится получателем в удобное для него время).

2. Сообщения могут содержать различные части, отличающиеся методом кодирования; МСЭ-Т стандартизировал восемь методов:

- а) телекс;
- б) текст с Международным алфавитом № 5 (МА5);
- в) телетекс;
- г) факс группы 3;
- д) факс класса 1 группы 4;
- е) видеотекс;
- ж) смешанный режим;
- з) голос в цифровой форме.

Возможны и другие типы кодированной информации, определенные в национальном масштабе или по двусторонним соглашениям между администрациями связи.

3. Терминалы отправителя и получателя при связи между ними могут различаться (например, телеграфный аппарат и факсимильный аппарат группы 3); СОС обеспечивает необходимые преобразования сообщений.

4. Наличие в СОС промежуточного накопления дает возможность предоставить пользователям большое число (более 100) новых услуг, недоступных при передаче с коммутацией каналов и с коммутацией пакетов; примеры таких услуг:

- задержанная доставка;
- аннулирование задержанной доставки;
- уведомление о недоставке;
- многоадресная доставка;
- альтернативный получатель, запрошенный отправителем;
- извлечение хранимого сообщения.

Их называют «элементами службы»; часть их предоставляется в каждом сообщении в качестве базовой службы, часть их запрашивается пользователем как факультативные услуги, какие обычно предоставляются сетями с коммутацией каналов или пакетов.

5. «Дружественная» к пользователю система адресации сообщений; в заголовке сообщения можно указывать не только номера терминалов, но и другие (но зарегистрированные в СОС) сведения о получателе и отправителе, например фамилию, должность, название фирмы, почтовый адрес и т.д. Гибкость достигается использованием автоматизированной «справочной службы» (или «справочника»), принципы которой стандартизованы МСЭ совместно с ИСО в рекомендациях F.500 и X.500. Намечено, что эта справочная служба будет развиваться в мировом масштабе за рамки СОС и обслуживать не только процедуры маршрутизации СОС, но и пользователей всех служб электросвязи.

6. Предусмотрено сопряжение со службами физической доставки (например, с почтовой службой) для доставки сообщений к получателю, не имеющим электрических средств связи.

7. Пользователями СОС и соответствующих служб могут быть не только абоненты этих служб, но и абоненты других стандартизованных МСЭ-служб, так как СОС может взаимодействовать с другими сетями, по которым передаются сообщения. С этой точки зрения СОС – универсальное средство общего пользования для организации взаимосвязи разных служб. В настоящее время стандартизованы принципы взаимосвязи службы МПС со службами Телекс, Телетекс и Телефакс. Возможно также взаимодействие службы ГС с телефонной. Универсальность СОС позволяет также подключать к ней системы электронной почты, не удовлетворяющие МСЭ-Т; число пользователей таких систем благодаря этому тоже растет.

8. Предусматривается защита сообщений от несанкционированного доступа; имеется несколько категорий конфиденциальности сообщений.

Модель СОС показана на рис. 16.2. Здесь АПС – агенты передачи сообщений, действующие совместно с целью доставки сообщения к получателю и образующие систему передачи сообщений (СПС); П – пользователи, а АП – агенты пользователя, т.е. при-

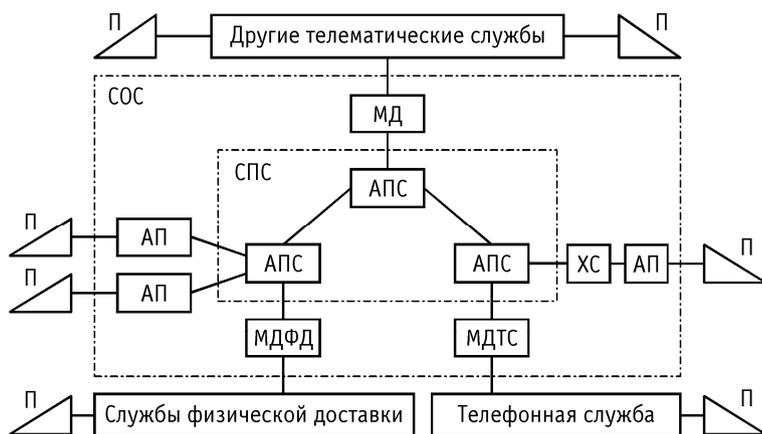


Рис. 16.2. Модуль системы обработки сообщений:

П – пользователь; АП – агент пользователя; АПС – агент передачи сообщений; ХС – хранилище сообщений; МД – модуль доступа; МДФД – модуль доступа к физической доставке; МДТС – модуль доступа к телефонной службе; СПС – система передачи сообщений; СОС – система обработки сообщений

кладные процессы, помогающие пользователям взаимодействовать с СПС. За каждым пользователем закреплен свой АП.

Пользователь-отправитель подает сообщение в СПС с помощью своего АП, указывая запрашиваемые услуги. СПС доставляет сообщение пользователю-получателю с помощью его АП, указывая произведенные в СПС преобразования сообщения.

В СОС предусмотрены также хранилища (накопители) сообщений (ХС), закрепляемые, как и АП, за конкретными пользователями; ХС является факультативным средством, которое пользователь может использовать или не использовать.

АП может оказывать пользователю также местные услуги, не связанные с передачей по СОС, например, редактирование текста.

СОС взаимодействует с другими службами через модули доступа (МД). Возможна, в частности, связь со службами физической доставки сообщений через модули доступа к физической доставке (МДФД) и связь с телефонной службой через модули доступа к телефонной службе (МДТС).

Совокупность АПС, АП, МД и ХС образует систему обработки сообщений (СОС).

В качестве каналов связи между АПС, между АП и АПС, а также между пользователями в АП могут применяться любые каналы, в том числе коммутируемые каналы существующих сетей. Как правило, используется сеть данных с коммутацией пакетов (КП). Часто «электронная почта» рассматривается как дополнительная служба, обеспечиваемая сетью КП, а технические средства СОС совмещаются с центрами коммутации пакетов.

Служба передачи сообщений (служба ПС) – общая служба, независимая от типа информации и вида применения СОС. Как следует из рис. 16.2, пользователями службы ПС являются АП, ХС и различные МД (в т.ч. МДФД и МДТС). Служба ПС применяется специализованными службами, например службой МПС. На базе службы ПС могут строиться службы частного пользования, не стандартизированные МСЭ-Т.

Сообщения предоставляются в службу ПС и доставляются из службы ПС в форме «конверт + содержимое». Конверт несет информацию, которая используется системой передачи сообщений (СПС) для маршрутизации и доставки сообщения в рамках СПС. Содержимое – это порция информации, которую передающий АП желает доставить одному или нескольким получающим АП. Содержимое не анализируется и не изменяется в СПС (за исключением операций преобразования) [2].

Содержимое является сообщением для специализированной службы:

МП – сообщение в службе МПС;

Т а б л и ц а 16.1. **Нормы для времени доставки сообщения**

Категория срочности	Время доставки для 95 % сообщений (ч)	Максимально допустимое время доставки (ч)
Срочная	0,25	2
Нормальная	1	6
Несрочная	4	12

ЕDІ – сообщение в службе ЕDІ;

Г – сообщение в службе ГС.

Доставкой сообщения в СОС считается доставка из СПС к АП или ХС. Для службы ПС (и для других служб) установлены три категории срочности: срочная, нормальная и несрочная (табл. 16.1).

Служба межперсональных сообщений (МПС) использует возможности службы ПС для посылки и получения сообщений между людьми. Специфические свойства службы МПС достигаются путем использования специальных АП–МПС и МД, обеспечивающих участие в службе МПС пользователей служб Телекс, Телетекс и Телефакс. Через МДФД пользователи службы МПС могут посылать сообщения пользователям, не имеющим доступа к СОС. Пользователи службы МПС могут факультативно использовать возможности ХС.

МП-сообщение может содержать заголовок и тело, которое в свою очередь может разделяться на несколько частей. Части тела могут отличаться типом кодированной информации. На рис. 16.3 показано соотношение между типичным деловым документом и МП-сообщением.

Получатель может запросить уведомление о приеме или неприеме МП-сообщения получателем.

В качестве терминала пользователь может использовать: терминал с функциями АП-МПС, либо терминал без функций АП-МПС, представляющий собой терминал службы Телекс, Телетекс, факс-3, факс-4 или Видеотекс, либо терминал, передающий и принимающий знаки Международного алфавита № 5 (МА5).

Служба электронной передачи данных (служба ЕDІ) использует возможности службы ПС для передачи информации в электронной форме между пользователями (обычно компьютерными процессами). Специфические свойства службы ЕDІ достигаются путем использования специальных АП-ЕDІ и ХС-ЕDІ. Через МДФД пользователи службы ЕDІ могут посылать сообщения пользователям, не имеющим доступа к СОС. В дальнейшем предполагается стандартизовать МД-ЕDІ для организации доступа к другим службам электросвязи, например, к службе телефакс.

ЕDІ-сообщение может содержать заголовок и тело, которое в свою очередь может делиться на несколько частей. Части тела могут содержать информацию разных типов:

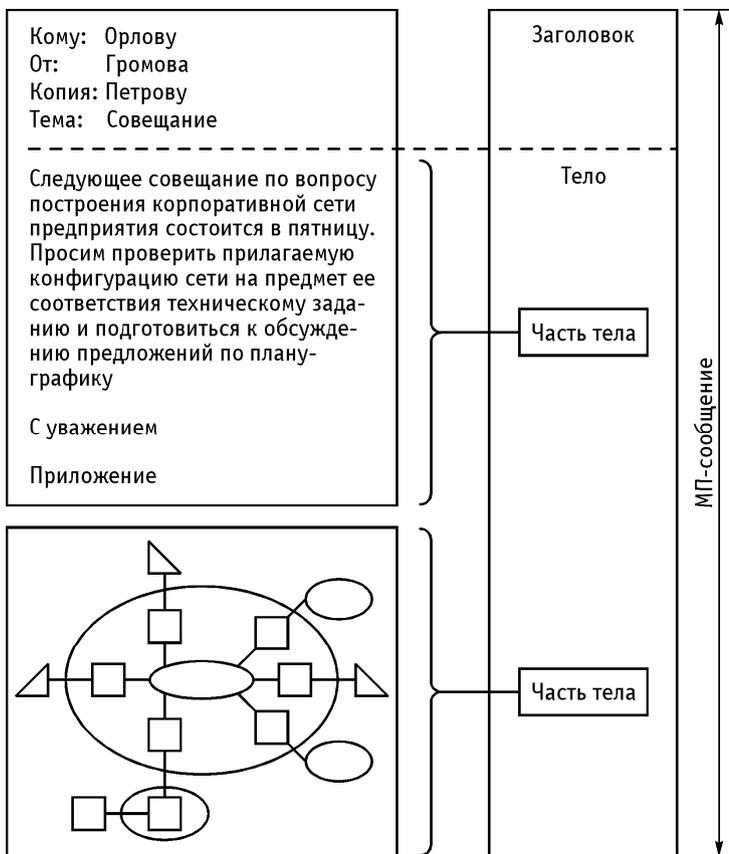


Рис. 16.3. Структура МП-сообщения для обычного делового документа

- а) системы EDIFACT (Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport), удовлетворяющей стандарту ИСО 9735-87;
- б) системы UNTDI (United Nations Trade Data Interchange), одобренной в 1985 г. United Nations Economic Commission for Europe;
- в) системы ANSI X12 (American National Standards Institute, стандарт комитета X12);
- г) частной EDI-системы.

Пользователь может запросить уведомление о приеме или приеме EDI-сообщения получателем.

Служба голосовых сообщений (служба ГС) использует возможности службы ПС для передачи голосовой информации между пользо-

вателями (людьми) через промежуточные накопители, без диалога. Специфические свойства службы ГС достигаются путем использования специальных АП-ГС и ХС-ГС. Через МДТС пользователи службы ГС могут посылать сообщения пользователям телефонной службы. Доступ к телефонной службе может осуществляться в автоматическом режиме или через оператора (телефонистку).

В качестве факультативной возможности предусмотрена взаимосвязь службы ГС со службой МПС. Изучается возможность взаимосвязи с другими телематическими службами.

Г-сообщение может содержать заголовок и тело, которое может делиться на несколько частей. Кроме голоса, части тела могут содержать уведомления о доставке/недоставке, о приеме/неприеме и другие типы информации, не стандартизированные в МККТТ. Пока определено, что голос должен кодироваться методом АДИКМ-32 Кбит/с (рекомендация МККТТ G. 721). В будущем будут определены методы кодирования с меньшими скоростями.

Рассмотрим в качестве примера широко используемую в нашей стране систему обработки сообщений REX400 (рис. 16.4). Система является оригинальной отечественной разработкой АО «Клуб 400». Одно из главных преимуществ системы REX400 – интеграция огромного спектра услуг на одном компьютере. Пользователям системы предоставляется около 100 разнообразных услуг: электронная почта, прием и отправка факсимильных, телексных, телеграфных сообщений, открытие телексных, телеграфных и факсимильных почтовых ящиков, отправку факсов и телексов с обычного аппарата, автоматическое взаимодействие с сетевыми информационно-поисковыми системами и др.

Базовая компонента технологии – почта REX400 содержит в себе следующие функциональные подсистемы:

- RexMail – электронная почта X.400;
 - RexFAX – подсистема факсимильного сервиса (факс-сервер);
 - RexTELEX/AT-50 – подсистема телекс/телеграфного сервиса (шлюз);
 - RexGateway – шлюз в сети X.25;
 - RexUUCP – шлюз в компьютерные сети с адресацией Internet;
 - RexINFO – информационно-справочная подсистема;
 - RexMINIMAX – информационно-поисковая система (сетевая БД),
- а также развитые средства:
- администрирования;
 - управления;
 - сбора и обработки статистики, выставления счетов.

Система REX400 обеспечивает обмен данными с другими системами обработки и передачи сообщений по протоколам X.400, UUCP. Система REX400 позволяет обмениваться сообщениями между або-

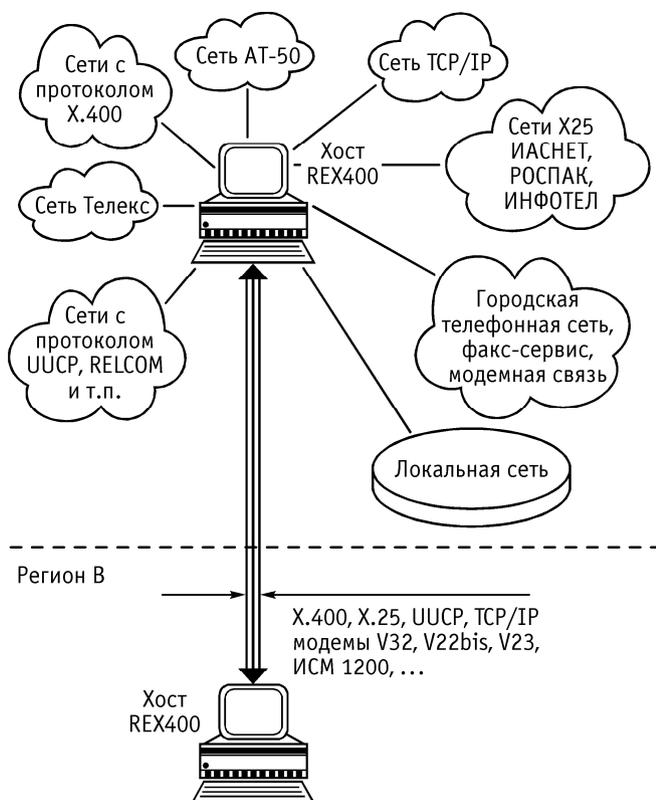


Рис. 16.4. Система REX400

нентами, имеющими различное оконечное оборудование в соответствии с табл. 16.2.

Подсистема RexMAIL обеспечивает почтовый сервис по электронной передаче сообщений в соответствии с международными рекомендациями серии X.400. Содержание сообщения может представлять собой несколько тел, каждое из которых может быть текстом или файлом в произвольной комбинации, а также вложенным сообщением.

Пользователи могут работать в системе в реальном масштабе времени, используя любой телекоммуникационный пакет по каналам X.25, TCP/IP, коммутируемым из локальной сети (SPX/IPX/NETBIOS), или в пакетном (OFFLINE), используя специализированную программу АГЕНТ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ.

Подсистема RexFAX позволяет пользователям подключиться к системе REX400, используя обычный факсимильный аппарат, отпра-

Т а б л и ц а 16.2. Сравнение систем обмена информацией

Отправитель	Получатель				
	ЭП REX400	Другие ЭП	Факс	Телекс	АТ-50
ЭП REX400	Да	Да	Да	Да	Да
Другие ЭП	»	»	»	»	»
Факс	»	»	»	Нет	Нет
Телекс/АТ-50	»	»	»	Да	»

лять и принимать факсимильные сообщения, а также работать с факсимильной доской объявлений.

Подсистема RexX.25 позволяет пользователям подключаться и работать в режиме реального времени (ONLINE) с ресурсами сетей X.25.

Подсистема RexTELEX/AT-50 позволяет подключиться к REX400 с обычного телеграфного (телексного) аппарата, отправлять сообщения получателям различных телекоммуникационных сред.

Информационно-справочная *подсистема RexINFO* предназначена для размещения текстовых материалов простой структуры (руководства, описания, справочники и др.) и предоставления доступа для работы с ней пользователям в ONLINE-режиме.

Подсистема RexUUCP за счет поддержки формата адреса Internet обеспечивает передачу (прием) из (в) системы REX400 сообщений для (от) абонентов с адресом Internet, например абонентов Relcom.

Сетевая система управления базами данных RexMinimax – единственная сетевая подсистема REX400, которая для версии почтама REX400 MS DOS реализована на отдельном компьютере. Подключение к системе RexMINIMAX производится по протоколу X.25 из локальной сети либо через последовательный порт. Работа с системой возможна как в реальном масштабе времени, так и в режиме offline – с помощью почтовых запросов. RexMINIMAX поддерживает сетевую и реляционную модели баз данных.

В настоящее время в стране идет развертывание Российской системы обработки сообщений (PCOC) Rostelemail. Завершено формирование ядра системы. В рамках системы на базе ОАО «Электросвязь» создана опытная зона службы обработки сообщений общего пользования с гарантированной устойчивостью, отвечающей рекомендациям МСЭ-Т X.400. Обеспечена полная интеграция традиционных и новых услуг документальной электросвязи. Rostelemail должна будет принять на себя услуги, предоставляемые ныне телеграфной сетью общего пользования.

Общие направления построения и развития Российской системы обработки сообщений (PCOC) Rostelemail. Юридически

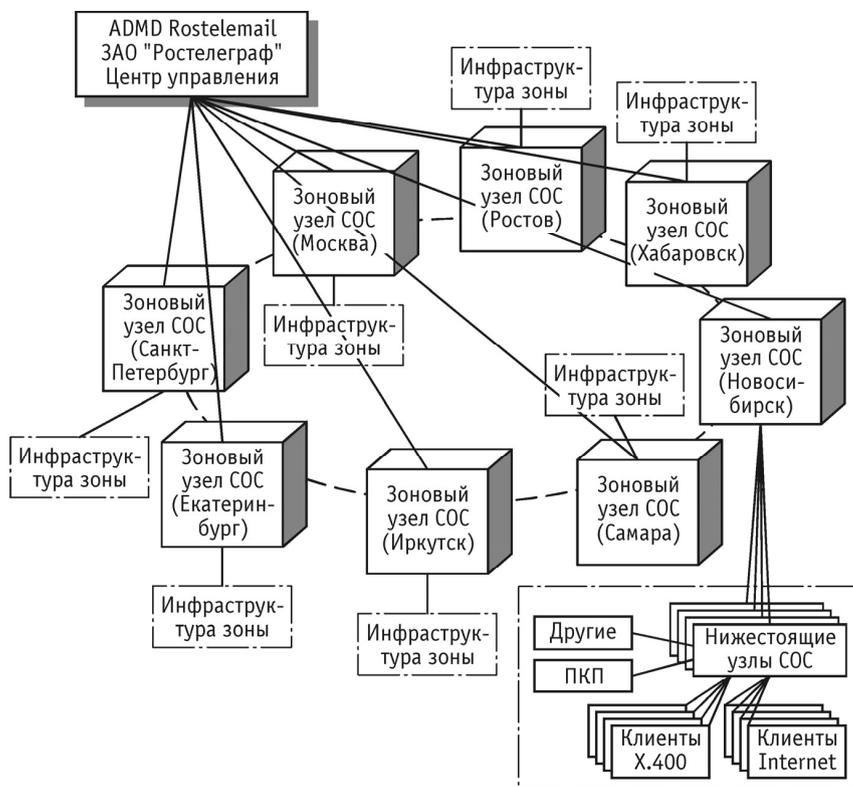


Рис. 16.5. Ядро PCOC

Rostelemail зарегистрирован Минсвязи России в МСЭ и с 1998 г. указан в бюллетени МСЭ.

Ядро (рис. 16.5) строящейся PCOC составляют серверы 8 узлов ОАО. В эти серверы будут включены узлы X.400 всех ведомственных ОАО «Электросвязь».

В целом строительство PCOC осуществляется по принципам построения существующих документальных сетей общего пользования. Практика показала, что только такой принцип формирования системы обеспечивает необходимую надежность и ответственность за доставку информации клиентов, а также устойчивость функционирования системы, тем более такой распределенной, как Rostelemail. Администратором Rostelemail является Ростелеграф.

Порядок формирования Rostelemail представлен на рис. 16.6. Узлы ядра объединены по принципу «каждый с каждым». Взаимодействие

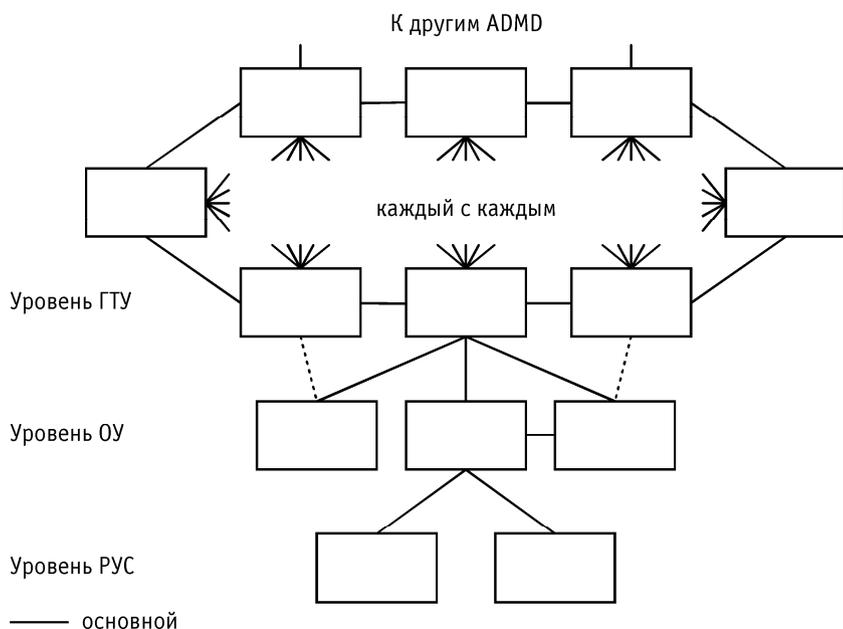


Рис. 16.6. Схема маршрутизации

ADMD «Rostelemail» с другими ADMD предусматривается осуществлять посредством нескольких узлов (например, через узлы Москвы и Хабаровска). Присоединение к ADMD «Rostelemail» серверов X.400, принадлежащих ведомственным ОАО (республик, областей), а также других организаций, обеспечивается по зонному принципу, что не исключает, конечно, рокадных направлений при наличии определенного тяготения между конкретными узлами. Подключение серверов X.400 производится только после выполнения всех тестов согласно специально разработанной «Программы и методики испытаний узла службы обработки сообщений Rostelemail» по протоколу P1, транспортным стекам X.25 (первое направление) и TCP/IP (второе направление).

Эксплуатируется PCOC Rostelemail в одном адресном пространстве по России в целом. Адресация соответствует Рекомендации МСЭ–Т F.401. Для PCOC она разработана ОАО «Гипросвязь» и предусматривает присвоение всем областным узлам соответственно имен PRMD.

16.3. Многофункциональные терминалы

Базой для интеграции услуг документальной электросвязи, как было отмечено выше, станет электронный почтампт, являющийся осно-

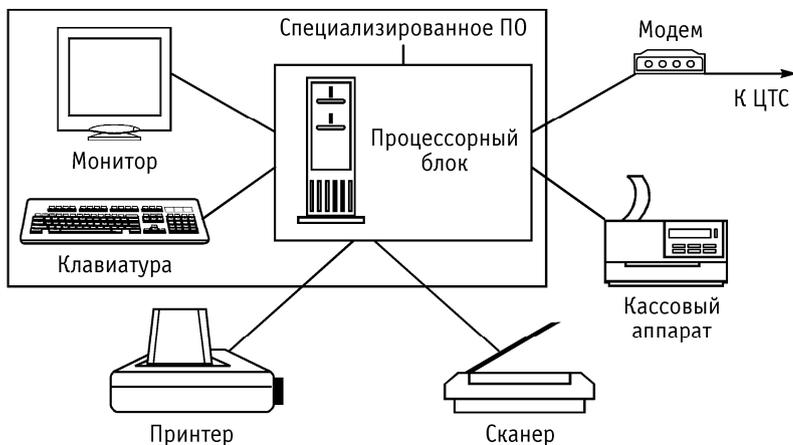


Рис. 16.7. Многофункциональный терминал для ОС
(передача/прием телеграмм, факсимильных сообщений,
сообщений электронной почты, взаиморасчеты с клиентами)

вой центра телематических служб, а технической основой отделений электросвязи, предоставляющих комплекс услуг документальной электросвязи, будет многофункциональный терминал (МФТ) на базе ПК, оборудованного устройствами качественной печати, считывания текстовых и графических изображений (сканером), средствами передачи данных и соответствующими технологическими программами (рис. 16.7). С помощью многофункциональных терминалов в отделениях будут предоставляться практически любые клиентские услуги документальной электросвязи, включая услугу «Телеграмма». Для этого МФТ, устанавливаемый в ОЭС, должен выполнять следующие функции:

- обмен документальной информацией с абонентами сетей передачи данных и телеграфных сетей (АТ/телекс) как в интерактивном режиме, так и режиме передачи (приема) сообщений;
- обеспечение возможности взаимодействия с телеграфной сетью общего пользования, а также с сетью «Радиотел»;
- обеспечение передачи-приема факсимильных сообщений;
- обеспечение взаимодействия с кассовыми аппаратами.

При наличии в ОЭС более одного ПК они объединяются в локальную сеть на уровне ОЭС. Следовательно, в общем случае, МФТ всегда оборудуется сетевой картой.

Наиболее полно многофункциональность представлена на рис. 16.8, где изображен терминал для мультимедиа [3]. Современ-

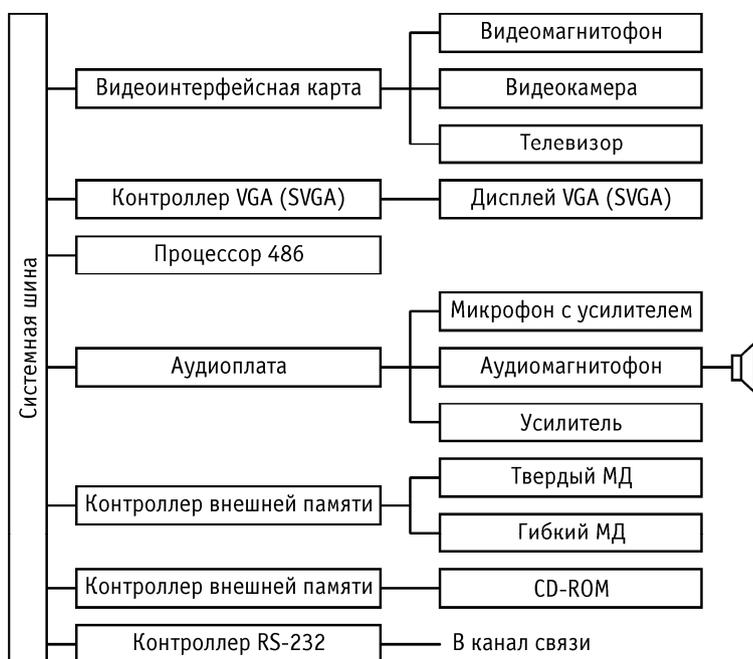


Рис. 16.8. Многофункциональный мультимедийный терминал

менные терминалы в дополнение к тому, что показано на рис. 16.8, включают в себя телевизионный тюнер, что позволяет осуществлять прямое подключение к телевизионной антенне или кабельной сети. В результате пользователь может просматривать в окне на дисплее ПК теленовости, выполняя при этом свою основную работу.

Выпускаются различные варианты МФТ, например объединяющие в одном корпусе компьютер, монитор, факс-модем с автоответчиком, телефон, микрофон, звуковую плату, привод CD-ROM, аппаратный компрессор, звуковые колонки и усилители. Такой терминал представляет пример объединения в единое целое компьютерных технологий, современных средств связи и бытовой электронной техники. Другой тип МФТ сочетает в себе струйный принтер, факс-модем, сканер, настольный копировальный аппарат.

При эксплуатации МФТ встает вопрос, как он будет работать, если потребуется одновременное выполнение нескольких его функций. Например, требуется одновременно принимать факс и печатать на принтере. Это обеспечивается благодаря запоминающему устройству большой емкости, в котором помещается не менее 35 страниц. Воз-

можно расширение памяти на 1,5 Мбайта, при которой аппарат может в электронных почтовых ящиках, доступных только по запросу, сохранять факсы, содержащие конфиденциальную информацию, предназначенную разным сотрудникам.

МФТ может сочетать функции ПК и телефона. В современных образцах таких терминалов на дисплее изображается телефонный аппарат, что, благодаря графическому интерфейсу с пользователем, позволяет любому, имевшему дело с обычной техникой связи, не обладая абсолютно никакими познаниями в компьютерах, мгновенно начать их использование в качестве средства связи.

Другая тенденция развития терминалов – применение новых технологий, в частности:

- цифровой фотографии (ЦФ), в которой фотокамеры с электронной памятью, заменяющей фотопленку, могут использоваться для последующей передачи информации по сетям ПД. От традиционной фотографии остается только оптика. ЦФ позволит выводить снимки на дисплей ПК без сканера, что позволит повысить качество передачи по сравнению с факсимильной технологией;

- программ переводчиков при получении информации из БД, в первую очередь, Интернет. Существующие программы-переводчики опираются на базовый словарь с 45 000 слов; пользователь может подключить более 10 специальных словарей для перевода тематических текстов, но перевод при этом нуждается в редактировании;

- голосового ввода информации в ПК, что упростит до минимума сложность взаимодействия пользователя с терминалом. Существующие системы требуют, чтобы при вводе информации говорили равномерно, с хорошей дикцией, соблюдая паузы между словами. Однако идет непрерывная работа над тем, чтобы ПК воспринимали обычную разговорную речь;

- дисплеев на жидких кристаллах, что приведет к уменьшению потребления энергии в 50 раз и улучшит экологию по сравнению с кинескопом;

- телефона с экраном, на который будут приниматься сообщения электронной почты; это, по сути, симбиоз ПК с телефонным аппаратом, аналогичный простейшим терминалам французского Видеотекса – «Минитель». Устройство выполняет функцию обычного телефона, но пользователи могут перепрограммировать его таким образом, чтобы набирать номер службы электронной почты и принимать поступившие сообщения или отправлять свои, вводя их с помощью кнопок на панели аппарата;

- высокоскоростных факсов (скорость не менее 28,8 Кбит/с), что позволяет передавать и получать стандартную страницу текста А4 за 3 с.

В заключение следует заметить, что МФТ имеют меньшие габариты и стоимость по сравнению с комплектами отдельных термина-

лов для каждого вида служб. Популярность МФТ растет из года в год, о чем говорит размер их продаж в Европе: 1994 г. – 4,4 тыс., в 1995 г. – 58 тыс., в 1998 г. – превысило 1 млн.

Контрольные вопросы

1. С какой целью осуществляется интеграция услуг документальной электросвязи?
2. На какой базе осуществляется интеграция услуг ДЭС?
3. Что такое ЕСДЭС?
4. Каковы функции центров обработки сообщений и центров телематических служб ЕСДЭС?
5. Каково назначение системы обработки сообщений и какие службы входят в ее состав?
6. Каковы недостатки и достоинства связи через промежуточный накопитель?
7. Что собой представляет модель системы обработки сообщений?
8. Какова структура межперсонального сообщения для типичного делового документа?
9. Дайте краткую характеристику системы REX400.
10. Какова структура Российской системы обработки сообщений Rostelemail?
11. Каково назначение многофункционального терминала?
12. Каким должен быть МФТ для отделения связи и какова структура мультимедийного терминала?

Список литературы

1. **Концепция** документальной электросвязи. – М.: М-во связи РФ, 1995.
2. **Етрухин Н.Н.** Службы обработки сообщений // Технологии электронных коммуникаций. – М.: Эко-трендз, 1993. – Т.33, ч. II.
3. **Шварцман В.О.** Телематика вступает в XXI век // Электросвязь. – 1996. – № 10.
4. **Иванова Т.И.** Абонентские терминалы и компьютерная телефония. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999. – 235 с.
5. **Крестьянинов С.В., Полканов Е.Н., Шнепс-Шнеппе Ж.А.** Интеллектуальные сети и компьютерная телефония. – М.: Радио и связь, 2001. – 240 с.
6. **Будылдина Н.В., Тимченко С.В.** Системы документальной связи: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 200 с.
7. **Козачок В.И., Семкин С.Н., Крюков О.В.** Теоретические основы построения систем документальной электросвязи: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 248 с.

Глава 17. Обеспечение информационной безопасности в телекоммуникационных системах

17.1. Общие положения

Интенсивное развитие средств связи и широкое внедрение информационных технологий во все сферы жизни делают все более актуальной проблему защиты информации. Насколько остро стоит проблема обеспечения безопасности информации говорит тот факт, что преступления в сфере передачи и обработки информации в ряде стран, по мнению специалистов, превратились в национальное бедствие. Особенно широкий размах получили преступления в системах телекоммуникаций, обслуживающих банковские и торговые учреждения. По официальным источникам, ежегодные потери только делового сектора США от несанкционированного проникновения в информационные базы данных составляют 150–300 млрд. долл.

Проблема обеспечения безопасности передаваемой по каналам связи информации является комплексной и характеризуется способностью информации противостоять различного рода воздействиям, наносящим ущерб собственнику информации. Эти воздействия могут носить различный характер. Так, некий злоумышленник (законный пользователь сети или постороннее лицо) может попытаться исказить передаваемую информацию путем воздействия на нее в любой точке тракта передачи, т.е. нарушить ее целостность. Он может попытаться получить из сети конфиденциальные сведения и т.п.

Система (служба) обеспечения безопасности информации – это совокупность различных мероприятий (*правовых, организационных, технических*), позволяющих проводить или существенно затруднить нанесение ущерба интересам поставщиков и потребителей информации. Реализация этих мер должна способствовать:

- обеспечению целостности информации (полноты, точности, достоверности);
- сохранению конфиденциальности информации (конфиденциальной называется информация, не являющаяся общедоступной), предупреждению несанкционированного получения информации;
- обеспечению доступности, т.е. доступа к информации со стороны пользователей, имеющих на то надлежащие полномочия.

В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т конфиденциальность, целостность и доступность являются характеристиками безопасности передаваемых данных.

Следует заметить, что обеспечить защиту информации всех мыслимых и немыслимых воздействий со стороны злоумышленников (лиц, способных несанкционированно воздействовать на передаваемую информацию) нельзя. Поэтому, создавая службу безопасности, следует проанализировать возможные угрозы безопасности и ущерб, который может быть нанесен собственнику информации из-за потери, хищения, искажения или задержки информации вследствие воздействий на процесс передачи информации.

Перечислим наиболее характерные угрозы безопасности информации при ее передаче [1]:

- перехват данных – обзор данных несанкционированным пользователем; эта угроза проявляется в возможностях злоумышленника непосредственно подключаться к линии связи для съема передаваемой информации либо получать информацию «на дистанции», вследствие побочного электромагнитного излучения средств передачи информации по каналам связи;

- анализ трафика – обзор информации, касающейся связи между пользователями (например, наличие/отсутствие, частота, направление, последовательность, тип, объем и т.д.); даже если подслушивающий не может определить фактического содержания сообщения, он может получить некоторый объем информации, исходя из характера потока трафика (например, непрерывный, пакетный, периодический или отсутствие информации);

- изменение потока сообщений (или одного сообщения) – внесение в него необнаруживаемых искажений, удаление сообщения или нарушение общего порядка следования сообщений;

- повтор процесса установления соединения и передачи сообщения – записывание несанкционированным пользователем с последующим повтором им процесса установления соединения с передачей ранее уже переданного и принятого пользователем сообщения;

- отказ пользователя от сообщения – отрицание передающим пользователем своего авторства в предъявленном ему принимающим пользователем сообщении или отрицание принимающим пользователем факта получения им от передающего пользователя сообщения;

- маскарад – стремление пользователя выдать себя за некоторого другого пользователя с целью получения доступа к дополнительной информации, получения дополнительных привилегий или навязывание другому пользователю системы ложной информации, исходящей якобы от пользователя, имеющего санкции на передачу такого рода информации;

– нарушение связи – недопущение связи или задержка срочных сообщений.

В телематических службах, содержащих элементы обработки сообщений и их хранения, например в службе обработки сообщений, возможны специфические угрозы [1]:

– угрозы несанкционированного доступа в службу обработки сообщений;

– угрозы хранилищу данных.

Система, обеспечивающая защиту от этих угроз, может включать следующие службы:

1) служба секретности данных – может быть использована для защиты передаваемых данных от вскрытия содержащейся в них информации и от возможности проведения анализа интенсивности потока данных между пользователями;

2) служба аутентификации – предназначается для обеспечения подтверждения того, что в данный момент связи пользователь является действительно тем пользователем, за которого он себя выдает;

3) служба целостности данных – обеспечивает доказательство целостности данных в процессе их передачи, т.е. обеспечивает защиту передаваемых сообщений от случайных и преднамеренных воздействий, направленных на изменение передаваемых сообщений; задержку и уничтожение; а также переупорядочивание их;

4) служба управления доступом – обеспечивает защиту от несанкционированного доступа к информации, содержащейся в удаленных банках данных, или от несанкционированного использования ресурсов сети;

5) служба сохранности информации – обеспечивает доказательство целостности сообщения, принятого от соответствующего источника и находящегося на хранении, например в терминале-приемнике, и которое может быть проверено в любой момент времени арбитром (третьей стороной);

6) служба доставки – обеспечивает защиту от попыток злоумышленника нарушить связи или задержать передачу сообщения на время, превышающее время ценности передаваемой в сообщении информации; эта служба непосредственно связана с процессами передачи информации в сетях связи.

Каждая из служб может самостоятельно решать стоящую перед ней задачу защиты с помощью тех или иных механизмов и средств защиты. При этом один и тот же механизм защиты может быть использован в интересах разных служб защиты информации.

Рекомендациями МОС и МСЭ-Т предусматриваются следующие основные механизмы защиты [1]:

– шифрование данных;

– обеспечение аутентификации;

- обеспечение целостности данных;
- цифровая подпись;
- контроль доступа.

Механизм шифрования может обеспечивать конфиденциальность либо передаваемых данных, либо информации о параметрах трафика и может быть использован в некоторых других механизмах безопасности или дополнять их. Существование механизма шифрования подразумевает использование, как правило, механизма управления ключами.

При рассмотрении *механизмов аутентификации* основное внимание уделяется методам передачи в сети информации специального характера (паролей, аутентификаторов, контрольных сумм и т.п.). В случае односторонней или взаимной аутентификации обеспечивается процесс проверки подлинности пользователей (передатчика и приемника сообщений), что гарантирует предотвращение соединения с логическим объектом, образованным злоумышленником.

Механизм обеспечения целостности данных предполагает введение в каждое сообщение некоторой дополнительной информации, являющейся функцией от содержания сообщения. В рекомендациях МОС рассматриваются методы обеспечения целостности двух типов: первые обеспечивают целостность единственного блока данных, вторые – потока блоков данных или отдельных их полей. Эти методы применяются как при передаче данных по виртуальному соединению, так и при использовании дейтаграммной передачи. В первом случае гарантируется устранение неупорядоченности, потерь, повторов, вставок или модификации данных при помощи специальной нумерации блоков, либо введением меток времени. В дейтаграммном режиме метки времени могут обеспечить только ограниченную защиту целостности последовательности блоков данных и предотвратить переадресацию отдельных блоков.

Механизм цифровой подписи, реализующий один из процессов аутентификации пользователей и сообщения, применяется для подтверждения подлинности содержания сообщения и удостоверения того факта, что оно отправлено абонентом, указанным в заголовке в качестве источника данных. Цифровая подпись (ЦП) также необходима для предотвращения возможности отказа передатчика от факта выдачи какого-либо сообщения, а приемника – от его приема.

Механизмом цифровой подписи определяются две процедуры [1]:

- формирование блока данных, добавляемого к передаваемому сообщению;
- подписание блока данных.

Процесс формирования блока данных содержит общедоступные процедуры и в отдельных случаях специальные (секретные) ключи преобразования, известные на приеме.

Процесс подписания блока данных использует информацию, которая является информацией частного использования (т.е. уникальной и конфиденциальной). Этот процесс подразумевает либо шифрование блока данных, либо получение криптографического контрольного значения блока данных с использованием частной информации подписавшего пользователя в качестве ключа шифрования частного пользования. Таким образом, после проверки подписи в последующем третьему лицу (например, арбитру) в любое время может быть доказано, что подпись может выполнить только единственный держатель секретной (частной) информации.

Механизмы контроля доступа могут использовать аутентифицированную идентификацию объекта или информацию объекта (например, принадлежность к известному множеству объектов) либо возможности этого объекта для установления и применения прав доступа к нему. Если объект делает попытку использовать несанкционированный или санкционированный с неправильным типом доступа ресурсы, то функция контроля доступа будет отвергать эту попытку и может сообщить о ней для инициирования аварийного сигнала и (или) регистрации его как части данных проверки безопасности. Механизмы контроля доступа могут использоваться на любом конце соединения и (или) в любом промежуточном узле.

Механизм заверения обеспечивает гарантию свойств, относящихся к данным, которые передаются между двумя или более пользователями, например их целостность, источник, время и место назначения. Эта гарантия дается третьим лицом (нотариусом), которому доверяют вступающие во взаимодействие пользователи и который располагает необходимой информацией для предоставления требуемой гарантии способом, допускающим возможность ее проверки. Каждый процесс установления соединения может использовать цифровую подпись, шифрование и механизмы целостности в зависимости от требований услуги, получающей заверение. Когда задействуется механизм заверения, сообщения передаются через защищенные соединения и нотариуса.

17.2. Правовые и организационные аспекты информационной безопасности

Правовые аспекты. Законодательные и административные меры для регулирования вопросов защиты информации на государственном уровне применяются в большинстве развитых стран мира. Компьютерные преступления получили такое широкое распространение, что для борьбы с ними введены специальные статьи в уголовный кодекс.

До принятия нового Гражданского кодекса России источниками права на информацию были правовой обычай и договор, а также

отдельные нормы законов, зачастую противоречащих друг другу [3]. С введением в действие нового кодекса впервые в нашем законодательстве информация стала полноправным объектом права (ст. 128 ГК РФ).

Значительным шагом в деле правового обеспечения деятельности по защите информации явилось принятие Федеральным Собранием России закона «Об информации, информатизации и защите информации» [2]. В нем впервые официально вводится понятие «конфиденциальной информации», которая рассматривается как информация, не являющаяся общедоступной. Закон устанавливает общие правовые требования к организации защиты данных в процессе обработки, хранения и циркуляции в технических устройствах и сетях связи контроля за осуществлением мероприятий по защите конфиденциальной информации. При этом следует подчеркнуть, что закон не разделяет государственную и частную информацию как объект защиты в том случае, если доступ к ней ограничивается.

Закон утверждает на государственно-правовом уровне электронную цифровую подпись в качестве средства защиты информации от несанкционированного искажения, подмены (имитозащиты) и подтверждения подлинности отправителя и получателя информации (аутентификации сторон). В соответствии со статьей 5 «юридическая сила документа, хранимого, обрабатываемого и передаваемого с помощью автоматизированных информационных и телекоммуникационных систем, может подтверждаться электронной цифровой подписью». При этом «юридическая сила электронной цифровой подписи признается при наличии в автоматизированной системе программно-технических средств, обеспечивающих идентификацию подписи, и соблюдении установленного режима их использования». В законе раскрываются требования, предъявляемые к специализированным программно-техническим средствам, реализующим электронную цифровую подпись, и порядку их использования в информационно-телекоммуникационных системах.

В течение первой половины 1995 г. правительством Российской Федерации во исполнение закона «О государственной тайне» приняты постановления «О лицензировании деятельности предприятий, учреждений и организаций по проведению работ, связанных с использованием сведений, составляющих государственную тайну, созданием средств защиты информации, а также с осуществлением мероприятий и (или) оказанием услуг по защите государственной тайны» (№ 333 от 15 апреля 1995 г.) и «О сертификации средств защиты информации» (№ 608 от 26.06.95 г.).

Указанные постановления формируют механизм получения предприятиями и организациями (независимо от их организационно-правовой формы) лицензии на право осуществления любой деятель-

ности, связанной с информацией, составляющей государственную тайну, а также общий порядок сертификации средств, предназначенных для защиты секретной информации.

Принятый Государственной думой Федеральный закон «Об участии в международном информационном обмене» от 5 июня 1996 г. № 85-ФЗ определяет необходимость сертификации средств и лицензирования деятельности в области международного информационного обмена при работе с конфиденциальной информацией. Закон предоставляет ФАПСИ право участвовать в определении ограничений на вывоз из Российской Федерации и ввоз в нашу страну иностранных информационных продуктов, а также утверждения порядка лицензирования деятельности, сертификации средств и аттестования систем международного обмена при работе с конфиденциальными сведениями.

Перечисленные нормативные акты утвердили полномочия и компетенцию ФАПСИ в сфере лицензирования деятельности в области защиты и сертификации средств защиты информации.

Организационные аспекты [4]. Включают в себя выработку политики информационной безопасности; анализ рисков (т.е. ситуаций, в которых может произойти нарушение нормальной работы информационной системы, а также утрата или рассекречивание данных); планирование обеспечения информационной безопасности; планирование действий в чрезвычайных ситуациях; подбор средств обеспечения информационной безопасности. Перейдем к более подробному рассмотрению перечисленных выше задач.

Политика информационной безопасности определяет:

- какую информацию и от кого (чего) следует защищать;
- кому и какая информация требуется для выполнения служебных обязанностей;
- какая степень защиты требуется для каждого вида информации;
- чем грозит потеря того или иного вида информации;
- как организовать работу по защите информации.

Решения по этим вопросам принимают руководители организации, имеющие право решать, какой риск должен быть исключен, а на какой можно пойти, а также определять объем и порядок финансирования работ по обеспечению выбранного уровня информационной безопасности.

Для выработки политики информационной безопасности необходимо провести исследования. Сначала осуществляется сбор информации, состоящей из описания структуры организации; перечня и краткой характеристики функций, выполняемых каждым ее подразделением и работником; иерархии должностных лиц; описания функциональных связей между подразделениями и отдельными рабочими местами; перечня информационных объектов, циркулирующих в сис-

теме; перечня применяемых системных и прикладных программ (комплексов) с указанием используемых и порождаемых ими информационных объектов; описания топологии комплекса технических средств компьютерной системы.

Потом производится обработка и систематизация полученных данных. Информационные объекты могут быть классифицированы по тематике, по иерархическому признаку, по предполагаемому размеру ущерба от потери данной информации (или по выгоде для конкурента при ее получении), по трудоемкости ее восстановления.

Наконец, планируется организационное обеспечение информационной безопасности. Идеальная схема предполагает наличие независимого подразделения информационной безопасности, которое подчинено одному из первых лиц организации. Основными функциями этого подразделения являются предоставление пользователям доступа к информации в соответствии с принятой в организации политики безопасности, а также контроль за соблюдением принятой политики безопасности и ее проведение на различных уровнях.

Анализ рисков заключается в определении, изучении и систематизации. Также формируются требования к средствам обеспечения информационной безопасности и осуществляется выбор соответствующих программных и технических решений.

По результатам анализа составляется отчет, содержащий перечень рисков, упорядоченных по степени их «опасности», и рекомендации по снижению вероятности возникновения опасных ситуаций. Проведенный анализ должен предоставить руководству предприятия всю информацию, которая необходима для принятия решений, по возможности, альтернативных. Например, принять меры, снижающие вероятность возникновения опасной ситуации и/или уменьшающие возможный ущерб в случае отказа информационной системы, а также несанкционированного доступа к данным, воздержаться от принятия определенных защитных мер и пойти на «рассчитанный» риск.

Планирование обеспечения безопасности состоит в разработке документа, содержащего описание мер, средств и способов обеспечения информационной безопасности. Этот документ определяет и последовательность действий, направленных на реализацию комплекса мер по обеспечению информационной безопасности, которая должна быть утверждена руководством организации.

Планирование действий в чрезвычайной ситуации состоит в разработке документа, определяющего, за счет каких резервных средств будет обеспечено функционирование организации в условиях выхода из строя ее информационной системы, а также намечающего меры по восстановлению работоспособности этой системы. План действий в чрезвычайной ситуации разрабатывается на основе результатов анализа рисков.

Средства обеспечения информационной безопасности можно условно разделить на следующие группы:

- системы контроля доступа (управляют правами доступа пользователей, регистрируют обращения к защищаемым данным, осуществляют аутентификацию пользователей и сетевых систем);
- системы шифрования информации (кодируют данные, хранящиеся на локальных дисках пользователей и передаваемые по телекоммуникационным каналам);
- системы электронно-цифровой подписи (обеспечивают аутентификацию получаемой информации и контроль ее целостности);
- системы антивирусной защиты (контролируют состояние памяти вычислительных систем, предотвращают заражение файлов на локальных и сетевых дисках, а также распространение вирусов по сети);
- системы защиты firewall (осуществляют авторизацию входящего и исходящего трафика между локальной компьютерной сетью и Internet);
- системы резервного хранения и восстановления информации (обеспечивают запись информации на резервные носители и, в случае необходимости, ее восстановление на жестких дисках компьютеров предприятия).

В заключение необходимо отметить, что само по себе наличие даже самых совершенных планов обеспечения информационной безопасности не может служить гарантией безопасности данных и надежности работы информационной инфраструктуры. Залогом эффективной работы информационной инфраструктуры и системы безопасности являются постоянный контроль за выполнением всех требований политики информационной безопасности, взаимодействие всех ответственных лиц, обучение специалистов и пользователей тому, как нужно действовать в чрезвычайной ситуации.

17.3. Технические аспекты информационной безопасности

Криптографические методы и средства защиты. Методы криптографии (шифрования) позволяют решить комплекс проблем, связанных с защитой информации. Они направлены на обеспечение скрытия информации, содержащейся в сообщении. Кроме того, они используются в аутентификации пользователей и обеспечении подлинности принимаемых сообщений. Исходное сообщение, над которым производится операция шифрования, называется открытым текстом, а результат шифрования – шифротекстом, или криптограммой.

В криптографии обычно рассматриваются два типа криптографических алгоритмов [5–8]. Это классические криптографические алгоритмы, основанные на использовании секретных ключей, и новые

криптографические алгоритмы с открытым ключом, основанные на использовании ключей двух типов: секретного (закрытого) и открытого, так называемые двухключевые алгоритмы.

В классической криптографии («криптографии с секретным ключом» или «одноключевой криптографии») используется только одна единица секретной информации – ключ, знание которого позволяет отправителю зашифровать информацию (текстовое, графическое или речевое сообщение), а получателю – расшифровать. К наиболее известным стандартам на засекречивание данных относится стандарт по цифровой криптографии (DES – Digital Encryption Standard), принятый в США. Этот стандарт, в частности, определяет размер блока исходного текста в 64 бита и величину ключа 56 бит [5]. Качество алгоритма DES считается достаточно хорошим, так как с момента опубликования стандарта в 1974 г. не известен ни один случай расшифровки шифрограмм без знания ключа.

Классические (одноключевые) системы шифрования требуют для передачи ключа получателю информации «защищенного канала», и если число взаимодействующих абонентов велико, то проблема обмена ключами становится весьма затруднительной. Действительно, в сети с N абонентами имеется $N(N - 1)/2$ пар абонентов, каждая из которых требует свой ключ шифрования. Таким образом, в сети с числом абонентов $N = 10\,000$ потребуется $5 \cdot 10^7$ ключей, что создает серьезную проблему по их распределению между абонентами. В соответствии с этим в последнее время широко распространились методы шифрования, базирующиеся на двухключевой системе шифрования (ДКСШ). В рекомендациях МСЭ Х.200, Х.400, Х.509 ДКСШ предлагается как основной метод шифрования.

Использование ДКСШ технологии открытых ключей снимает сложную проблему, возникающую в большой сети при распространении и хранении огромного числа секретных паролей. Особенность технологии состоит в том, что одновременно генерируется уникальная пара ключей, при этом текст, зашифрованный одним из них, может быть расшифрован только с использованием второго ключа, и наоборот. Каждый пользователь генерирует пару ключей, оставляет один закрытый у себя и никому никогда не передает, а второй открытый передает тем, с кем ему необходима защищенная связь. Если этот пользователь хочет аутентифицировать себя (поставить электронную подпись), то он шифрует текст своим закрытым ключом и передает этот текст своим корреспондентам. Если им удастся расшифровать текст открытым ключом этого пользователя, то становится ясно, что тот, кто его зашифровал, имеет в своем распоряжении парный закрытый ключ. Если пользователь хочет получать секретные сообщения, то его корреспонденты зашифровывают их с помощью открытого ключа этого пользователя. Расшифровать эти сообщения может

только сам пользователь с помощью своего закрытого ключа. При необходимости взаимной аутентификации и двунаправленного обмена секретными сообщениями каждая из общающихся сторон генерирует собственную пару ключей и посылает открытый ключ своему корреспонденту.

Хотя информация об открытом ключе не является секретной, ее нужно защищать от подлогов, чтобы злоумышленник под именем легального пользователя не навязал свой открытый ключ, после чего с помощью своего закрытого ключа он может расшифровывать все сообщения, посылаемые легальному пользователю, и отправлять свои сообщения от его имени.

Методы и средства аутентификации пользователей и сообщения. Обеспечение подлинности взаимодействующих пользователей и сообщения (его целостности) в телекоммуникационных системах состоит в том, чтобы дать возможность санкционированному терминалу–приемнику, с определенной вероятностью гарантировать:

- а) что принятое им сообщение действительно послано конкретным терминалом – передатчиком;
- б) что оно не является повтором уже принятого сообщения (вставкой);
- в) что информация, содержащаяся в этом сообщении, не заменена и не искажена.

Решение этих задач для удобства рассмотрения последнего материала объединим одним термином – аутентификация.

К настоящему времени разработано множество методов аутентификации, включая различные схемы паролей, использование признаков и ключей, а также физических характеристик (например, отпечатки пальцев и образцы голоса). За исключением использования ключей шифрования для целей аутентификации все эти методы в условиях телекоммуникационной системы связи в конечном счете сводятся к передаче идентификацио-приемнику, выполняющему аутентификацию. Поэтому механизм аутентификации зависит от методов защиты информации, предотвращающих раскрытие информации для аутентификации и обеспечивающих подлинность, целостность и упорядоченность сообщений.

Существует несколько возможных подходов к решению задачи аутентификации, которые в зависимости от используемой при этом системы шифрования могут быть разделены на две группы:

- 1) аутентификация с одноключевой системой шифрования;
- 2) аутентификация с двухключевой системой шифрования.

При этом под «используемой системой шифрования» будем понимать наличие в телекоммуникационной системе подсистемы формирования и распределения ключей шифрования, обеспечивающей пользователей (передатчик и приемник) соответствующими ключами

шифрования и организующей контроль за хранением и порядком их использования.

Не рассматривая подробно способы аутентификации в условиях использования одноключевой системы шифрования, которые описаны в [1], отметим, что в этой системе приемник, передатчик и служба формирования и распределения ключей должны доверять друг другу. Это неизбежное требование, так как в данном случае приемник и передатчик владеют одними и теми же ключами шифрования и расшифрования и, следовательно, каждый будет иметь возможность делать все, что может делать другой.

В военной и дипломатической связи такие предположения в основном верны. В коммерческом мире необходимо учитывать возможность обмана пользователей друг друга. Кроме того, абоненты системы могут не доверять администрации службы формирования и распределения ключей шифрования. В связи с этим возникает необходимость решения проблемы защиты от следующих угроз:

- передатчик посылает сообщение приемнику, а затем отрицает факт отправления сообщения;
- приемник, приняв сообщение от передатчика, искажает его, а в последствии утверждает, что такое сообщение он получил от передатчика;
- приемник формирует ложное сообщение, обвиняя впоследствии в этом передатчик.

Одним из перспективных направлений развития средств защиты информации от рассматриваемых угроз, достаточно прочно утвердившимся в Рекомендациях МСЭ (Х.400, Х.509, Х.800), считается использование способов защиты, базирующихся на двухключевой системе шифрования. Основным доводом «за» использование указанной системы является то, что секретные ключи шифрования в этой системе формируются и хранятся лично пользователем, что, во-первых, органично соответствует пользовательскому восприятию своих собственных требований к формированию ключа шифрования и снимает проблему организации оперативной смены ключа шифрования вплоть до оптимальной: каждому сообщению новый ключ.

Разделение (на основе формирования ключей) процедур шифрования дает возможность абонентам системы связи записывать свои открытые ключи в периодически издаваемый (как один из возможных вариантов распределения открытых ключей) службой безопасности системы справочник. В результате вышеуказанные проблемы могут быть решены при помощи следующих простых протоколов:

- 1) один абонент может послать секретное сообщение другому абоненту, шифруя сообщение с помощью выбранного в справочнике открытого ключа абонента получателя. Тогда только обладатель со-

ответствующего секретного ключа сможет правильно расшифровать полученное зашифрованное сообщение;

2) передающий абонент (передатчик) может зашифровать сообщение на своем секретном ключе. Тогда любой приемный абонент, имеющий доступ к открытому ключу передающего абонента (передатчика), может расшифровать полученное зашифрованное сообщение и убедиться, что это сообщение действительно было зашифровано тем передающим абонентом, который указан в идентификаторе адреса передатчика.

Основная доля практически используемых способов аутентификации с двухключевой системой шифрования относится к способам аутентификации пользователя и сообщения [1].

В качестве примера рассмотрим аутентификацию пользователей на основе сертификатов.

Аутентификация на основе сертификатов – альтернатива использованию паролей и представляется естественным решением, когда число пользователей сети (пусть и потенциальных) измеряется миллионами. В таких условиях процедура предварительной регистрации пользователей, связанная с назначением и хранением их паролей, становится крайне обременительной, опасной, а иногда и просто нереализуемой.

Аутентификация пользователя на основе сертификатов происходит примерно так же, как при пропуске людей на территорию большого предприятия. Вахтер разрешает проход на основании документа, который содержит фотографию и подпись данного сотрудника, удостоверенные печатью предприятия и подписью лица, выдавшего его. Сертификат – аналог этого документа и выдается по запросам сертифицирующими организациями при выполнении определенных условий. Он представляет собой электронную форму, в которой имеются такие поля, как имя владельца, наименование организации, выдавшей сертификат, открытый ключ владельца. Кроме того, сертификат содержит электронную подпись выдавшей организации – все поля сертификата зашифрованы закрытым ключом этой организации. Использование сертификатов основано на предположении, что сертифицирующих организаций немного и их открытые ключи могут быть обнародованы каким-либо способом, например с помощью тех же публикаций в журналах.

Когда нужно удостоверить личность пользователя, он предъявляет свой сертификат в двух формах – открытой, т.е. такой, в которой он получил его в сертифицирующей организации, и закрытой, зашифрованной с применением собственного закрытого ключа. Сторона, проводящая аутентификацию, берет из открытого сертификата открытый ключ пользователя и с его помощью расшифровывает закрытый сертификат. Совпадение результата с данными открытого сертификата

подтверждает тот факт, что предъявитель действительно является владельцем закрытого ключа, парного с указанным открытым.

Затем с помощью известного открытого ключа выдавшей сертификат организацией производится расшифровка подписи этой организации в сертификате. Если в результате получается тот же сертификат – значит пользователь действительно прошел регистрацию в этой сертифицирующей организации, является тем, за кого себя выдает, и указанный в сертификате открытый ключ действительно принадлежит ему.

Сертификаты можно использовать не только для аутентификации, но и для предоставления избирательных прав доступа. Для этого в сертификат могут вводиться дополнительные поля, в которых указывается принадлежность его владельца к той или иной категории пользователей. Эта категория зависит от условий, на которых сертифицирующая организация выдает сертификат. Например, организация, поставляющая информацию через Internet на коммерческой основе, может выдавать пользователям, оплатившим годовую подписку на некоторый бюллетень, сертификаты определенной категории, а Web-сервер будет предоставлять доступ к страницам этого бюллетеня только при предъявлении данного сертификата.

При использовании сертификатов отпадает необходимость хранить на серверах корпораций списки пользователей с их паролями, вместо этого достаточно иметь на сервере список имен и открытых ключей сертифицирующих организаций. Может также понадобиться некоторый механизм отображения категорий владельцев сертификатов на традиционные группы пользователей, чтобы можно было использовать в неизменном виде механизмы управления избирательным доступом большинства операционных систем и приложений.

Механизм получения пользователем сертификата хорошо автоматизируется в системе клиент-сервер. Рассмотрим пример, в котором браузер выполняет роль клиента, а специальный сервер сертификатов, установленный в сертифицирующей организации, – роль сервера. Браузер вырабатывает для пользователя пару ключей, оставляет закрытый ключ у себя и передает частично заполненную форму сертификата серверу. Для того чтобы еще неподписанный сертификат нельзя было подменить при передаче по сети, браузер зашифровывает его закрытым ключом. Сервер сертификатов подписывает полученный сертификат, фиксирует его в своей базе данных и возвращает его владельцу каким-либо способом. Очевидно, что все возможные случаи предусмотреть и автоматизировать нельзя – иногда бывает нужна неформальная процедура подтверждения пользователем своей личности и права на получение сертификата.

Эта процедура требует участия оператора сервера сертификатов и осуществляется, например, путем доказательства пользователем

оплаты услуги или его принадлежности к какой-либо организации. После получения сертификата браузер хранит его вместе с закрытым ключом и использует при аутентификации на тех серверах, которые поддерживают этот процесс.

В заключение заметим, что как в одноключевой, так и двухключевой системах шифрования могут быть использованы алгоритмы избыточного кодирования с последующим обнаружением или исправлением ошибок при декодировании. Это позволяет ослабить последствия воздействия злоумышленником на передаваемое сообщение. Так, применение алгоритмов декодирования с обнаружением ошибок позволяет эффективно обнаруживать факты преднамеренного или случайного искажения, а алгоритмов декодирования с исправлением ошибок с достаточно большой вероятностью ликвидировать без перекосов последствия воздействия. Эти меры, как и нумерация передаваемых сообщений, направлены на обеспечение целостности сообщения. Напомним, что с нумерацией сообщений мы уже встречались в гл. 12 при рассмотрении систем с обратной связью как методом, направленным на уменьшение вероятности появления выпадений и вставок.

Методы и средства управления доступом к информационным и вычислительным ресурсам [1]. В современных телекоммуникационных системах используется широкий спектр программных и аппаратных средств разграничения доступа, которые основаны на различных подходах и методах, в том числе и на применении криптографии. В общем случае функции разграничения доступа выполняются после установления подлинности пользователя (аутентификации пользователя). Поэтому для более полного анализа возникающих при управлении доступом проблем целесообразно рассматривать аутентификацию пользователя как элемент механизма разграничения доступа.

Если сеть должна обеспечить управляемый доступ к своим ресурсам, то устройства управления, связанные с этими ресурсами, должны некоторым образом определять и проверять подлинность пользователя, выставившего запрос. При этом основное внимание уделяется следующим вопросам:

- установлению подлинности пользователей и устройств сети;
- установлению подлинности процессов в сетевых устройствах и ЭВМ;

– проверке атрибутов установления подлинности.

Аутентификация пользователей может основываться на:

- дополнительных сведениях, известных полномочному пользователю (пароль, код и т.д.);
- средствах, действующих аналогично физическому ключу, открывающему доступ к системе, например карточке с полоской магнитного материала, на которой записаны необходимые данные;

– индивидуальных характеристиках данного лица (голос, почерк, отпечатки пальцев и т.п.).

Для большей надежности могут применяться комбинации нескольких способов аутентификации пользователя.

Парольные схемы являются наиболее простыми с точки зрения реализации, так как не требуют специальной аппаратуры и выполняются с помощью программного обеспечения небольшого объема. В простейшем случае все пользователи одной категории используют один и тот же пароль. Если необходимо более строгое установление подлинности, то каждый пользователь должен иметь индивидуальный секретный код. В этом случае в информационный профиль пользователя включаются:

- персональный код пользователя;
- секретный параметр доступа;
- возможные режимы работы в сети;
- категории контроля доступа к данным ресурсам сети.

Недостаток метода паролей и секретных кодов – возможность их использования без признаков того, что безопасность нарушена.

Системы аутентификации на базе карточек с магнитной записью или индивидуальных характеристик пользователей являются более надежными, однако требуют дополнительного оборудования, которое подключается к сетевым устройствам. Сравнительные характеристики аутентификации пользователей приведены в табл. 17.1. Во всех рассмотренных методах аутентификации пользователя предполагается, что известны подлинная личность пользователя и информация, идентифицирующая его. Например, пользователь может предъявить

Т а б л и ц а 17.1. Сравнение методов аутентификации

Параметр	Характеристика абонента				
	магнитная карточка	отпечаток пальцев	отпечаток ладони	голос	подпись
Удобство в пользовании	Хорошее	Среднее	Среднее	Отличное	Хорошее
Идентификация нарушения	Средняя	Отличная	Хорошая	Хорошая	Отличная
Идентификация законности абонента	Хорошая	Средняя	Отличная	Отличная	»
Стоимость одного устройства, дол.	100	9000	3000	5000	1000
Время распознавания, с	5	10	5	20	5
Надежность	Хорошая	Средняя	Отличная	Хорошая	Хорошая

свою магнитную карточку, персональный номер или характерные для него данные. В этой операции участвует только информация, относящаяся к данному лицу. Использование любого из этих подходов в целях установления личности, неизвестного заранее, весьма проблематично, так как это потребовало бы выработки критериев оценки персональных характеристик для выделения одного пользователя среди всех других, имеющих возможность доступа к сети.

В заключение в качестве примера приведем краткую характеристику системы защиты информации от несанкционированного доступа к данным, хранящимся и обрабатываемым на ПК, под названием «Кобра» (Комплекс обеспечения безопасности работ) [7]. Эта система соответствует требованиям 4-го класса защищенности для средств вычислительной техники (следует заметить, что применительно к средствам защиты от несанкционированного доступа определены семь классов защищенности средств вычислительной техники). «Кобра» реализует идентификацию и разграничение полномочий пользователей и криптографическое закрытие информации. При этом она фиксирует искажения эталонного состояния рабочей среды ПК (вызванные вирусами, ошибками пользователей, техническими сбоями или действиями злоумышленника) и автоматически восстанавливает основные компоненты операционной системы терминала.

Подсистема разграничения полномочий защищает информацию на уровне логических дисков. Каждому законному пользователю санкционируются индивидуальные полномочия по доступу к дискам A, B, C, D, ..., Z, а именно: запрет доступа, только чтение, полный доступ, суперзащита (шифрование).

Все абоненты разделены на 4 категории:

- суперпользователь (доступны все действия в системе);
- администратор (доступны все действия в системе, за исключением изменения имени, статуса и полномочий суперпользователя, ввода или исключения его из списка пользователей);
- программист (может изменять лишь личный пароль);
- коллега (имеет право на доступ к ресурсам, установленным ему суперпользователем).

Помимо санкционирования и разграничения доступа к логическим дискам, администратор устанавливает каждому пользователю полномочия доступа к последовательному и параллельному портам (есть доступ / нет доступа). Если закрыт последовательный порт, то нельзя передать информацию с данного ПК на другой терминал. Если нет доступа к параллельному порту, то невозможен вывод на принтер.

Криптографические возможности оригинального высокоскоростного алгоритма системы позволяют шифровать файлы, каталоги, логические диски, дискеты и информацию, передаваемую по каналам связи. Скорость шифрования (дешифрования) для ПК с 386 процессором

и тактовой частотой 40 МГц при длине пароля 8 символов составляет более 1,5 Мбит/с. Это более чем на порядок превышает скорость известных аппаратных систем (например, криптоплат серии «Криптон»), основанных на ГОСТ 28147-89 (аналоге американского стандарта шифрования DES).

По заявлению разработчиков «Кобры», криптостойкость используемого алгоритма шифрования оценивается на уровне 256^{31} , что превышает аналогичный показатель алгоритма в соответствии с ГОСТ 28174-89 (10^{73}).

Следует отметить, что максимальная длина пароля составляет 62 символа. Для коммерческих приложений целесообразно использовать 6–9 символов, служебных данных – 10–14, для конфиденциальной (секретной) и особо важной информации – 15 символов и более.

Реализованный в «Кобре» системный журнал регистрации и учета пользователей позволяет:

- определять длительность сеанса работы каждого пользователя;
- регистрировать нарушения инструкции по работе с системой;
- накапливать сведения за отчетный период (имя пользователя, дата регистрации, общее время работы, начало и окончание последнего сеанса, количество нарушений).

«Кобра» функционирует в операционной среде MS DOS, PS DOS, DR DOS, Windows совместно с Super-Stor, dBase, Fox-Pro, Clipper и т.д.

Контрольные вопросы

1. Что такое службы обеспечения безопасности информации?
2. Поясните сущность понятий: целостность информации, конфиденциальность и доступность.
3. Перечислите наиболее характерные угрозы безопасности информации.
4. Какие механизмы защиты предусматриваются рекомендациями МСЭ?
5. Дайте краткую характеристику правовых и организационных аспектов информационной безопасности.
6. Каковы недостатки классического криптографического алгоритма, основанного на использовании секретных ключей (одноключевых алгоритмов)?
7. Что дает использование двухключевых алгоритмов (алгоритмов, основанных на использовании пары ключей – закрытых и открытых)?
8. Каким ключом шифруется секретное сообщение в двухключевой системе (открытым или закрытым)?

Список литературы

1. Устинов Г.Н. Обеспечение безопасности информации при ее передаче в телематических службах // Технологии электронных коммуникаций. – М.: Эко-трендз, 1993. – Т.33. – С. 244–288.

2. **Беззубцев О.А., Ковалев А.Н.** ФАПСи – законодательное регулирование в области защиты информации // Технологии и средства связи. – 1997. – № 1. – С. 94–96.
3. **Закон** «Об информации, информатизации и защите информации» от 20.02.95 № 24-ФЗ.
4. **Гостев И.М.** Информационное право. Вопросы законодательного регулирования // Технологии и средства связи. – 1997. – № 1. – С. 98–102.
5. **Демин В.В., Судов Е.В.** Интегрированная система информационной безопасности // Сети и системы связи. – 1996. – № 9. – С. 13–133.
6. **Барсуков В.С., Дворянкин С.В., Шерemet И.А.** Безопасность связи в каналах телекоммуникаций // Технологии электронных коммуникаций. – М.: Эко-трендз, 1992. – Т. 20. – 123 с.
7. **Барсуков В.С.** Обеспечение информационной безопасности (справочное пособие) // Технологии электронных коммуникаций. – М.: Эко-трендз, 1996. – Т.63. – 96 с.
8. **Лагутин В.С. Петраков А.В.** Утечка и защита информации в телефонных каналах. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 304 с.
9. **Петраков А.В.** Основы практической защиты информации. – М.: Радио и связь, 2001. – 360 с.
10. **Введение** в информационную безопасность: Учебное пособие для вузов / А. А. Малуяк, В. С. Горбатов, В. И. Королев и др.; Под ред. В. С. Горбатова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 288 с.
11. **Рябко Б. Я., Фионов А. Н.** Криптографические методы защиты информации: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия–Телеком, 2005. – 229 с.

Часть III. Интеграция сетей и служб электросвязи

Глава 18. Узкополосные цифровые сети интегрального обслуживания (У-ЦСИО)

18.1. Пути перехода к узкополосной цифровой сети интегрального обслуживания

Общие положения. Основным направлением развития средств электросвязи в последнее десятилетие XX в. является завершение опытной и начало коммерческой эксплуатации узкополосных сетей интегрального обслуживания (У-ЦСИО), начало разработки международными организациями концепции широкополосной ЦСИО (Ш-ЦСИО), разработка методов и средств коммутации, обеспечивающих высокую производительность узлов коммутации, а также средств высокоскоростной передачи сообщений.

Пользователи сетей электросвязи предъявляют повышенные требования к составу и качеству услуг. Современная сеть электросвязи должна обеспечивать доступ пользователей к множеству служб: речевой, данных, текста, изображений, телеконференций, выход к базам данных сетей ЭВМ, выход пользователей частных локальных сетей к абонентам сетей общего пользования и др. В 1990–1992 годах практически все экономически развитые страны мира приступили к коммерческой эксплуатации узкополосных ЦСИО. Большое количество публикаций, посвященных ЦСИО (во многих отечественных публикациях используется синоним этого наименования – цифровая сеть с интеграцией служб – ЦСИС), показывает, что начало 90-х годов XX в. проходило под знаком перехода к широкополосным ЦСИО. Ш-ЦСИО позволяет достичь еще более высокого использования ресурсов сети, чем в У-ЦСИО. Страны с разным экономическим потенциалом будут, по-видимому, идти разными путями к созданию Ш-ЦСИО, решая задачи повышения эффективности использования сетевых ресурсов путем применения асинхронного способа передачи (Asynchronous Transfer mode, АТМ) и быстрой коммутации пакетов (БКП) [1, 2, 8, 9]. В настоящей главе рассматриваются свойства, структура и особенности У-ЦСИО, пути перехода от аналоговых сетей к цифровым, службы

и услуги, система управления У-ЦСИО, способы и средства доступа пользователей к сети.

Понятие интеграции в ЦСИО. Цифровая сеть интегрального обслуживания – результат эволюции сетей передачи данных и интегральной цифровой сети связи (ИЦСС). Хотя ИЦСС в 70-е годы XX в. и называлась интегральной, в ней были реализованы лишь первых два шага интеграции (объединения):

- интеграция *элементной базы средств управления и коммутации* (использование однотипных электронных компонентов);
- интеграция *способов разделения каналов* в коммутационном и каналообразующем оборудовании.

В такой сети информация пользователей передавалась в цифровой форме только по цифровым трактам между станциями и узлами и в коммутационном поле, в то время как абонентские линии оставались аналоговыми.

Цифровой сетью называют сеть электросвязи, в которой информация передается (по абонентским и соединительным линиям) и коммутируется (на станциях и узлах) в цифровой форме. Цифровой сетью *интегрального обслуживания* называют такую цифровую сеть, которая поддерживает множество служб электросвязи.

Под интеграцией обслуживания (служб) понимают объединение нескольких служб (речи, данных, изображений и др.), поддерживаемых одной сетью. Понятия: интегральная цифровая сеть связи (ИЦСС) и цифровая сеть интегрального обслуживания имеют много общего, но не совпадают. Такие различия в названии сетей, каждая из которых поддерживает несколько служб, вызваны их особенностями. Так, в ИЦСС объединяющими (интегрирующими) являются временное разделение каналов в каналообразующем и коммутационном оборудовании и элементная база коммутации и управления, а в У-ЦСИО, кроме этого, происходит интеграция способов коммутации (коммутации каналов и пакетов) и ряда служб, поддерживавшихся ранее другими сетями.

Особенности ЦСИО. Рассмотрим особенности ЦСИО, отличающие ее от других сетей.

Основными свойствами ЦСИО являются [3]:

- а) возможность передачи информации в цифровой форме от одного терминала (Т) до другого;
- б) предоставление широкого спектра услуг (видов сервиса), включающего передачу речевой и неречевой информации;
- в) возможность подключения разнообразных терминалов к сети с помощью многоцелевых стандартных согласующих устройств (интерфейсов) «пользователь–сеть»;
- г) обеспечение централизованной сигнализации (по общему каналу) с высокой скоростью и верностью;



Рис. 18.1. Структурный состав ЦСИО

д) обеспечение любого из требуемых способов коммутации: каналов или пакетов;

е) обеспечение цифрового транспортного соединения между терминалами конечных абонентских пунктов;

ж) предоставление пользователям доступа к большому числу речевых и неречевых служб через общую абонентскую линию;

з) предоставление пользователям доступа к сети через небольшое число стандартных многоцелевых интерфейсов.

В состав У-ЦСИО должны входить три вида специализированных сетей (рис. 18.1): сеть с коммутацией каналов (КК), сеть с коммутацией пакетов (КП), сеть сигнализации (СС).

Концепция ЦСИО детально определена в рекомендациях серии / международного союза электросвязи МСЭ-Т (ITU-T). У-ЦСИО поддерживает множество служб, а именно: службу телефонной связи, телекса, факсимильной связи, телетекста, телефакса, бюрофакса, телеконференций, передачи данных (ПД) с КК, ПД с КП и др.

Под *службой электросвязи* (service или telecommunication service) понимают совокупность аппаратных и программных средств, терминалов, линий и каналов, используемых администрацией сети электросвязи для предоставления услуг пользователям.

Сеть электросвязи как совокупность технических средств и служб предоставляет услуги абонентам. Отличие понятий сетей и служб (услуг) видно хотя бы из того, что служба передачи данных родилась, не имея своей сети. Для передачи данных использовались некоммутируемые каналы, телефонная сеть и сеть телекса. Позже начали создавать специализированные сети ПД для достижения более высокого качества ПД. На рис. 18.2 показаны примеры использования различных сетей для различных служб.

Различают три условия интеграции цифровых сетей:

1) элементной базы (использование однотипных компонентов в аппаратных средствах управления, коммутации и каналообразования);

2) способов разделения каналов (временное разделение) в коммутационном и каналообразующем оборудовании;

3) служб (видов) электросвязи.

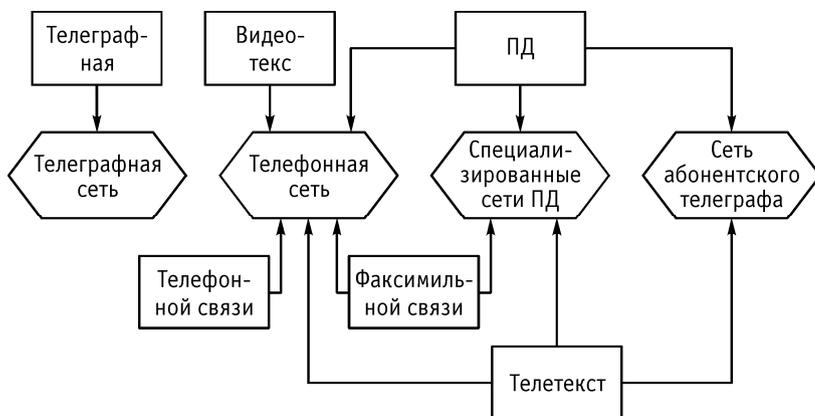


Рис. 18.2. Виды служб и поддерживающих их сетей

Требования, предъявляемые к ЦСИО. Цифровая сеть интегрального обслуживания должна обеспечивать следующие требования:

1. Установление связи различных служб к одному абоненту по одной абонентской линии, имеющей один номер.

2. В перспективе передачу любого вида информации (представленной изначально в аналоговой или дискретной форме) с помощью одного многофункционального терминала.

3. Возможность одновременно передавать информацию различных видов.

4. Снижение тарифов за услуги электросвязи.

5. Повышение качества передачи информации (по сравнению с качеством передачи на существующих сетях).

6. Более эффективное использование каналов и линий сети.

7. Возможность передачи информации с помощью стартстопных, синхронных и пакетных установок.

8. Установление соединения для передачи данных (в режиме коммутации каналов) не более чем за 1 с.

9. Доставку сообщения не более чем за 10 мс.

10. Разъединение соединения не более чем за 10 мс.

11. Коэффициент ошибок не должен превышать 10^{-6} .

12. Предоставление по требованию пользователя широкого круга дополнительных видов обслуживания (ДВО), например, прямой вызов, многоадресный вызов и др.

13. Абоненту должны передаваться любые необходимые сигналы, оповещающие его о фазе соединения или об отклонении процессов установления соединения от нормы.

14. Возможность расширения обслуживания на подвижные объекты.
 15. Возможность расширения служб и ввода новых видов информации.

Узкополосные ЦСИО, обладающие перечисленными свойствами, имеют следующие достоинства:

1. Высокая скорость передачи информации (до 64 Кбит/с) для большинства служб нетелефонного типа.
2. Предоставление абонентам возможности пользоваться многофункциональным терминалом, подключенным к одной линии и имеющим один номер для входящего вызова.
3. Более низкий тариф оплаты за передачу данных.
4. Возможность передачи информации в цифровой форме между двумя абонентскими пунктами (терминалами).
5. Наличие общеканальной системы сигнализации № 7 с коммутацией пакетов, обеспечивающей эффективное использование средств связи.
6. Возможность выбора одного из способов коммутации (КК или КП) на станциях ЦСИО.

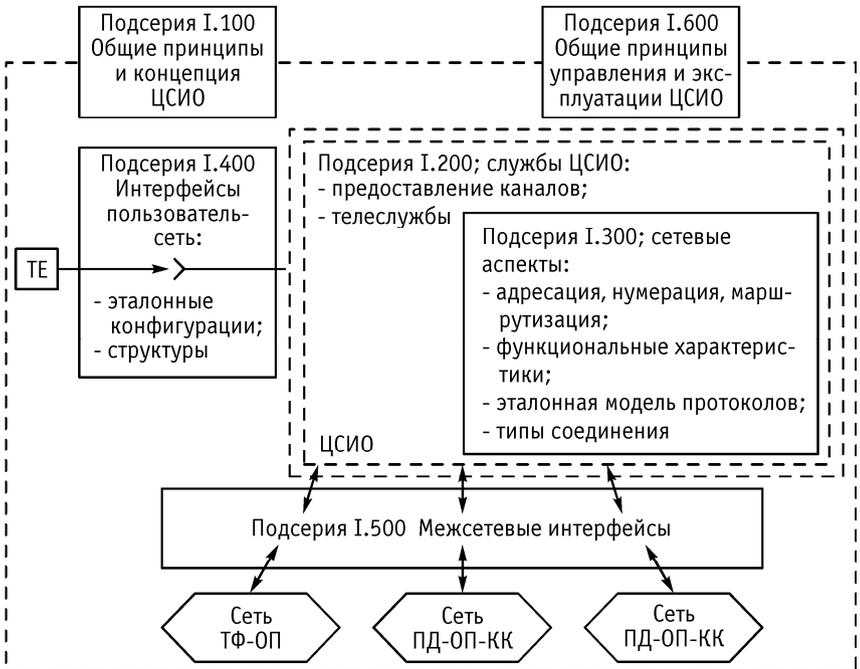


Рис. 18.3. Группы рекомендаций ITU-T, относящихся к ЦСИО

7. Совместимость с существующими сетями.

8. Приспособленность терминалов для передачи информации различными способами.

Стандарты в области ЦСИО определяются рекомендациями МСЭ-Т серии I. Группы рекомендаций и относящиеся к ним элементы показаны на рис. 18.3. Общие принципы построения ЦСИО, концепция, терминология описаны в рекомендациях группы I.100. Службы, поддерживаемые ЦСИО, описаны в рекомендациях группы I.200. Необходимо отметить важность изучения аспектов, связанных со службами и услугами в ЦСИО, так как все своеобразие таких сетей заключено в поддержке многообразных служб, базировавшихся ранее на других сетях. В группе рекомендаций, начиная с I.300 изложены принципы адресации, нумерации, маршрутизации в процессе установления соединений, функциональные характеристики сети, эталонная модель протоколов. Требования к интерфейсу «пользователь–сеть» изложены в рекомендациях группы I.400, а к межсетевому интерфейсу – в рекомендациях группы I.500. Требования к системе управления У-ЦСИО и к технической эксплуатации приведены в рекомендациях группы I.600.

Структура и функции У-ЦСИО. Первые проекты цифровой телефонной сети, названной тогда ИЦСС, были начаты в середине 60-х годов XX в. Тогда в ИЦСС была реализована интеграция каналаобразующего и коммутационного оборудования на основе применения ИКМ с временным делением каналов (ВДК). В Европе стандартизирована аппаратура ИКМ-30/32, а в США, Японии и некоторых других странах – ИКМ-24.

На рис. 18.4 приведена схема телефонной ИЦСС. В ИЦСС цифровой поток не доводился до абонентского пункта. Эта сеть поддерживала два вида служб: телефонную и ПД. Для каждого вида служб необходим свой интерфейс с сетью. Многофункциональный терминал на такой сети неэффективен из-за большой сложности. Абоненту не предоставлялся стандартный цифровой стык для подключения оконечных терминалов различных служб.

Для перехода от ИЦСС к ЦСИО необходимо выполнить целый комплекс требований, вытекающих из особенностей каждой из служб, поддерживаемых сетью.

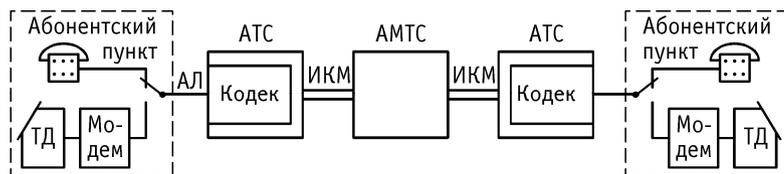


Рис. 18.4. Структурная схема телефонной ИЦСС

Служба телефонной связи обслуживает речевой трафик. Особенность его состоит в том, что информация передается в любой момент времени по каналу в одном направлении. При передаче речевой информации недопустимы задержки, превышающие 25 мс. (Ухо человека чувствительно к задержке сигналов в транспортной системе и к колебаниям величины задержки во времени.) Поэтому использование методов коммутации пакетов при передаче речевой информации в ЦСИО приводит к необходимости ужесточения требований к абсолютной величине задержки и колебаниям задержки при передаче сигналов, по сравнению с соответствующими требованиями, предъявляемыми к сети при передаче данных.

Положительной чертой речевого трафика является его относительная устойчивость к потере части сообщения при передаче по сети.

Особенность трафика данных состоит в малой чувствительности к абсолютной величине задержки и в большой чувствительности к потере части сообщения из-за блокировок в сети.

Основные характеристики ЦСИО. Возможности передачи речевой информации и данных в ЦСИО определяется чувствительностью к задержке, чувствительностью к искажениям, чувствительностью к потере части сообщения (блокировке).

Под чувствительностью к задержке (ЧЗ) при передаче речевой информации в пакетной форме понимают критичность к запаздыванию сообщений, когда возникают трудности понимания между партнерами.

В рекомендации G.114 МККТТ максимальное время прохождения сигнала для одного направления передачи ограничено величиной 240 мс.

При передаче данных и системе защиты от ошибок с решающей обратной связью под ЧЗ понимают критичность ко времени отклика удаленной стороны канала ПД на переданный кадр. Чем меньше эта задержка, тем меньше требуемый объем буфера передатчика. Под чувствительностью к искажениям (ЧИ) при передаче речевой информации в цифровой форме понимают зависимость качества связи от искажения отдельных элементов кадров, передаваемых в канальных интервалах систем с ИКМ. Считается, что речевая служба относительно толерантна к искажениям (благодаря большой информационной избыточности речи). Данные более чувствительны к искажениям, так как обладают значительно меньшей информационной избыточностью. Под блокировкой при пакетной передаче понимают потерю части пакетов в сети, что приводит к выпадению отдельных кадров (или групп кадров) из сообщения. Речевые сообщения относительно мало чувствительны к блокировке (благодаря возможности переспроса неправильно понятого сообщения). Блокировки при ПД весьма существенно влияют на качество связи, так как при отсутствии инфор-

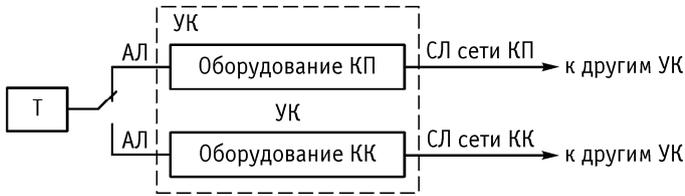


Рис. 18.5. Схема УК гибридной сети с отдельными АЛ для КК и КП

мационной избыточности полученное сообщение с потерянными кадрами может быть полностью искажено.

Гибридные сети и гибридная коммутация. Промежуточным этапом перехода от традиционных сетей к ЦСИО был этап разработки, испытаний и эксплуатации гибридных сетей электросвязи. Рассмотрим особенности таких сетей.

Под гибридной коммутацией понимается совмещение на одной станции способов коммутации каналов и пакетов (рис. 18.5), причем сети с коммутацией пакетов и с коммутацией каналов независимы, общими являются только узлы коммутации. Абонент сам должен определить, ресурсы какой сети ему нужны.

Использование одной абонентской линии (или входящей соединительной линии, СЛ) для доступа к ресурсам сетей с КК и КП показано на рис. 18.6. Такая гибридная сеть (ГС) позволяет более эффективно использовать входящие СЛ и АЛ. Сообщение, поступающее от терминала (Т), несет данные о типе требуемой сети, а управляющая система узла коммутации управляет передачей сообщения в требуемом направлении.

Диаграмма, иллюстрирующая интеграцию в одной линии потоков информации, передаваемых с использованием способов КК и КП, показана на рис. 18.7. Соединительные линии сети являются цифровыми (ИКМ 30/32 или ИКМ-24). В каждой такой линии часть $T_{\text{кк}}$ цикла ($T_{\text{ц}} = 125$ мкс) используется для передачи информации в сети КК,

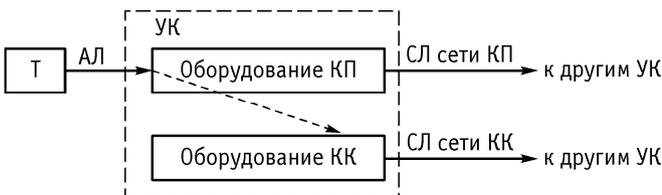


Рис. 18.6. Схема УК гибридной сети с общей АЛ для КК и КП

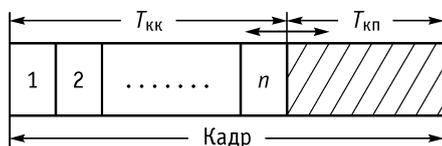


Рис. 18.7. Структура кадра при совмещении способов КК и КП в одной СЛ

а оставшаяся ($T_{\text{ц}} - T_{\text{кк}}$) – для передачи информации в сети КП. Граница между полем для временных каналов (1, 2, ..., n) и полем передачи пакетов является подвижной и определяется входящей нагрузкой. Управляющая система УК оценивает интенсивности потоков заявок на установление соединений (КК) и передачу пакетов, определяет границу в кадре между зонами КК и КП, учитывая требования к качеству обслуживания при КК (допустимая норма потерь) и при КП (допустимая задержка передачи пакетов). Для объединения и разделения потоков, создаваемых в системах с КК и КП, в одной СЛ используются мультиплексоры (МП) и демультиплексоры (ДМП) соответственно (рис. 18.8). В демультиплексорах происходит разделение временных каналов и пакетов данных, а в мультиплексорах – совмещение временных каналов и пакетов, передаваемых по одной СЛ. Пакеты после их выделения с помощью ДМП записываются в буферное запоминающее устройство (БЗУ) и в дальнейшем обрабатываются в ЭВМ. Временные каналы коммутируются с помощью оборудования КК. С помощью МП происходит объединение потоков с выходов ЭВМ и оборудования КК. Следующей ступенью интеграции является объединение методов КК и КП в едином поле КК–КП (рис. 18.9).

Другой разновидностью известных способов рационального использования сетевых ресурсов является *адаптивная коммутация*. Под адаптивной понимают коммутацию, при которой передаются дан-

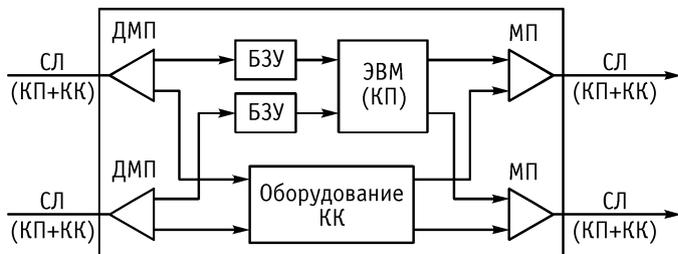


Рис. 18.8. Схема УК для гибридной сети с раздельным оборудованием для КК и КП и общими СЛ

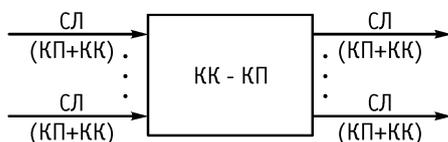


Рис. 18.9. Схема УК гибридной сети с совмещенным оборудованием для КК и КП

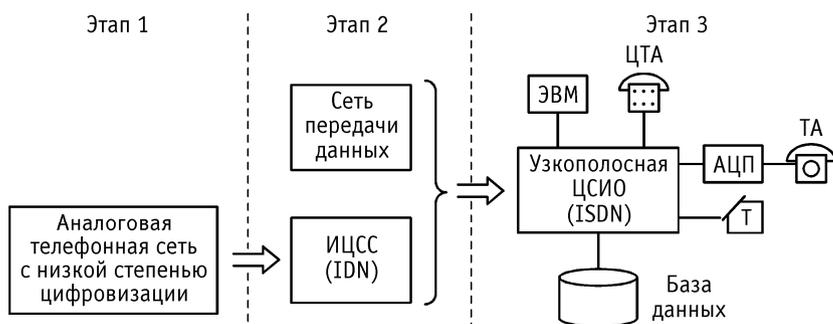


Рис. 18.10. Этапы перехода к ЦСИО

ные в паузах между отдельными блоками информации одного и того же сеанса связи. Как и при гибридной коммутации, кадр имеет два поля (КК и КП).

Данные передаются методом КП в течение времени $T_{кп}$, а также в паузах передачи речевой информации по временным каналам в интервале $T_{кк}$. Это позволяет повысить использование линий связи.

Переход к третьему этапу развития современных сетей связи подготовлен созданием и использованием гибридных сетей и ИЦСС.

В 1984 г. были сформулированы основные положения цифровой сети интегрального обслуживания в рекомендациях серии I. ITU-T.

На рис. 18.10 показаны этапы перехода от сетей электросвязи, поддерживающих малое число служб, к ЦСИО. При этом наблюдается углубление цифровизации и расширение количества служб.

18.2. Службы и услуги узкополосной ЦСИО

Виды информации в ЦСИО. В соответствии с рекомендациями серии I. ITU-T в ЦСИО могут передаваться следующие основные виды информации (И): *пользовательская И* (группа «V»), *сигнальная* – для

управления установлением и разъединением соединений (группа «С»), *административного управления* (группа «М»).

В группу «V» входят: речевая И в аналоговой форме, речевые сообщения с хранением (пакетированная речь), факсимильные сообщения, телеграфная, телеметрическая, данные, электронная почта, речевая в цифровой форме с любыми скоростями (8, 16, 32, 64 Кбит/с), цифровая информация, передаваемая со скоростями 2–140 Мбит/с.

В группу «С» входят: информация управления для распределения ресурсов сети (режимов коммутации и ДВО), информация сигнализации (прием, идентификация сигналов от аналогового ТА, прием и передача сигнализации «сеть–пользователь»).

Информация группы «М» отражает связь пользователя с администрацией сети.

Службы и услуги. Услуги, предоставляемые пользователям ЦСИО, называются в документах МСЭ-Т *сервисом электросвязи* (Telecommunication Service, Service). Под сервисом понимают весь диапазон услуг, который обеспечивает администрация сети пользователям для удовлетворения их требований к электросвязи. В понятие сервис электросвязи входят такие услуги:

1) обеспечение телефонной, телеграфной, факсимильной связи, передачи данных и др.;

2) обеспечение передачи информации с использованием различных методов коммутации (каналов, сообщений, пакетов, адаптивной, гибридной);

3) предоставление каналов с различными скоростями передачи;

4) предоставление различных сред передачи (проводных, волоконных, радио, космических);

5) предоставление каналов в аренду, на время передачи сообщения или сеанса связи;

6) дополнительные виды обслуживания (рекомендации серии X. ITU-T).

Все виды услуг в У-ЦСИО делят на основные (*basic services*) и дополнительные (*supplementary services*) – ДВО. В Рекомендации I.211 ITU-T вся совокупность услуг электросвязи называется сервисом. Различают две основных разновидности услуг (сервиса) электросвязи: *опорный сервис* и *телесервис*. Для термина «опорный сервис» в отечественной литературе имеется аналог – *услуги доставки информации*. Под телесервисом понимают всю совокупность услуг, предоставляемых пользователям администрацией сети электросвязи. Телесервис реализует функции всех семи уровней модели взаимодействия открытых систем (ВОС), а услуги доставки информации реализуют функции только трех нижних уровней (сетевого, канального и физического) модели ВОС. Каждый вид услуг описывается спе-

цифическими характеристиками (в терминологии ИТУ-Т – *атрибутами*). Такими характеристиками могут быть: способ коммутации, скорость передачи информации, способ установления связи, конфигурация связи, вид доступа к сетевым ресурсам. В У-ЦСИО используются два способа коммутации – КК и КП. Характеристика «скорость передачи» используется при КК, а при КП говорит о пропускной способности между двумя точками доступа (см. рис. 18.1). Способ установления связи характеризуется тремя атрибутами: 1) по запросу, 2) предварительное резервирование ресурсов сети на определенное время, 3) постоянная связь.

Способ установления связи по запросу в сети с КК реализуется путем посылки сигнала вызова, а в сети с КП – путем посылки пакета при установлении виртуального канала. Предварительное резервирование ресурсов на определенное время необходимо, например, метеорологическим службам, корреспондентам газет и журналов. Установление постоянной (некоммутируемой) связи по одному каналу или по пучку каналов свойственно для аренды.

Конфигурация связи характеризуется тоже тремя атрибутами:

- точка–точка,
- многоточечная,
- широковещательная.

Конфигурация типа «точка–точка» характерна для обычной связи двух пользователей телефонной сети. Многоточечная конфигурация связи используется при предоставлении ДВО «конференцсвязь», когда соединяются три и более пользовательские установки. Широковещательная конфигурация используется при одновременной трансляции сообщений от одного источника многим пользователям.

Вид доступа характеризуется тремя атрибутами:

- тип канала доступа,
- скорость передачи информации по каналу,
- тип протокола доступа.

В У-ЦСИО определены четыре типа каналов доступа: 1) В со скоростью 64 Кбит/с, 2) канал типа Н0 = 6В со скоростью 384 Кбит/с, 3) канал типа Н1 (Н11 со скоростью 1536 Кбит/с – при использовании ЦСП типа ИКМ-24, Н12 со скоростью 1920 Кбит/с – при использовании ЦСП типа ИКМ-30/32), 4) канал типа 2В со скоростью 128 Кбит/с (группа из двух каналов по 64 Кбит/с для связи с учрежденческими АТС, имеющими емкость от 8 до 32 номеров).

Протоколы доступа для услуг, реализуемых тремя нижними уровнями модели ВОС, делят на три группы: протоколы физического, канального и сетевого уровней. Характеристика этих протоколов дана в главе 13, посвященной сетям ПД.

Услуги связи предоставляются пользователям с помощью определенных служб. ЦСИО обеспечивает предоставление как традицион-

ных услуг, так и специфических, вытекающих из тех новых ресурсов, которыми она обладает. Новыми ресурсами являются:

1) передача речевой информации или данных по каналам типов В, 2В, Н0, Н11, Н12, предоставляемых пользователям в режиме коммутации каналов;

2) передача адресной информации, линейных и информационных сигналов в стыке «пользователь–сеть» по общему каналу (типа D) с использованием пакетной коммутации, обеспечивающей высокие скорость и верность;

3) высокая скорость передачи данных в пакетной форме от стандартных конечных устройств по прозрачному каналу от абонента до абонента с использованием широкого спектра протоколов;

4) передача сигналов по ОКС при межстанционной связи с использованием общеканальной системы сигнализации № 7 (ОКС № 7) ITU-T, обеспечивающей передачу сообщений по сигнальной сети с устранением состязаний кадров сигнализации (устранение состязаний за обладание каналом ПД реализуется присвоением каждому пакету уникального номера).

Службы характеризуются техническими и эксплуатационными показателями, ориентированы на пользователя и описывают функции и протоколы связи.

В ЦСИО реализована интеграция оборудования коммутации и передачи, видов передаваемой информации (данные, речь, изображение), методов коммутации (КК, КП), различных видов услуг, описанных выше, дополнительных видов обслуживания (ДВО). Примерами ДВО, предоставляемых абонентам ЦСИО, могут быть такие: преадресация вызова, вызов по сокращенному номеру, многоадресная связь, соединение с занятым абонентом и др. Абоненту предоставляется интегральный сервис, если он может подключить к своей абонентской линии любой терминал (цифровой или аналоговый ТА, персональную ЭВМ, факсимильный аппарат, модем для передачи данных), выбирая один из методов коммутации – КК или КП.

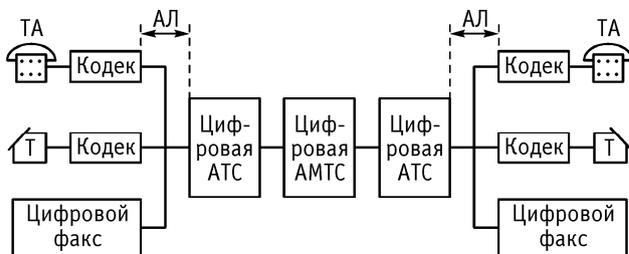


Рис. 18.11. Структурная схема У-ЦСИО

Реализация доступа к ресурсам ЦСИО. На рис. 18.11 приведена структурная схема узкополосной ЦСИО. Аналоговые терминалы (телефонный аппарат ТА, нецифровой терминал данных ТД) подключаются к цифровой АТС через кодек. По абонентской линии информация передается в цифровой форме. В абонентском пункте абонент может использовать несколько терминалов. Характерная особенность ЦСИО – доведение цифрового потока до абонентского пункта.

Абонентская линия (АЛ) заканчивается сетевым окончанием (СО). Сетевое окончание (в терминах ИТУ-Т: Network Termination, NT) необходимо для ввода в действие протокола доступа.

Может быть использовано СО двух типов (рис. 18.12):

- СО1 (NT1), реализующее физическое сопряжение с линией, регенерацию линейных сигналов, синхронизацию процессов в абонентском пункте с процессами в линии, упорядочение блоков данных (биты или слова), управление, дистанционное питание и другие функции первого уровня семиуровневой эталонной модели взаимодействия открытых систем (ВОС) [4];

- СО2 (NT2), реализующее функции коммутации, концентрации нагрузки, контроля ошибок в звене сигнализации, выбора требуемого оконечного оборудования (ОО), кадровую синхронизацию и некоторые другие функции второго и третьего уровней семиуровневой модели ВОС.

Пример СО2 – учрежденческая АТС, устройство управления оконечным оборудованием, локальная сеть.

В точке доступа абонента к сети расположен многоцелевой стык «абонент–сеть». Этот стык имеет четыре эталонные точки (ЭТ): R, S, T, U в соответствии с рекомендацией I.411 ИТУ-Т. В эталонную точку S может быть подключено оконечное оборудование первого типа (ОО1). Примеры ОО1: а) цифровое оборудование передачи данных, б) цифровой ТА (в этом ТА реализованы функции СО1).

К ОО2 относятся типы ОО, не удовлетворяющие рекомендациям серии I или даже рекомендациям ИТУ-Т. Для подключения таких ОО в ЭТ типа S или T необходимо использовать оконечный адаптер (ОА). В настоящее время стандартизовано несколько стыков «абонент–сеть» для ЦСИО:

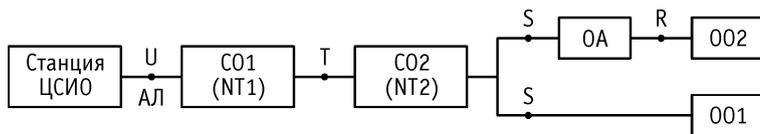


Рис. 18.12. Схема доступа к ресурсам ЦСИО

- стык 2В + D с наименьшей (базовой) скоростью 144 Кбит/сек (два канала В со скоростью 64 Кбит/с и один канал D со скоростью 16 Кбит/с), каждый из этих каналов может использоваться независимо: канал D – для управления установлением соединений, каналы типа В – для передачи информации пользователей в дискретной форме;
- стык с большой (*первичной*) скоростью – 1984 Кбит/с (30 каналов В и один канал D со скоростью 64 Кбит/с – 30В + D).

При доведении цифрового потока до абонента канал D применяется для сигнализации «абонент–сеть» и для передачи данных. В случае базового доступа абонент может устанавливать несколько видов соединений:

- в режиме коммутации каналов – для передачи речевой информации по каналу В;
- в режиме коммутации каналов – для передачи данных по каналу В;
- в режиме коммутации пакетов с терминалами в пакетном режиме;
- в режиме коммутации пакетов – для передачи данных со скоростью 9,6 Кбит/с по каналу D.

Коммутация в У-ЦСИО. Функции коммутации, передачи информации, сигнализации реализуются в У-ЦСИО в цифровых системах коммутации (ЦСК). Программные и аппаратные средства ЦСК обеспечивают согласование магистральной сети с терминальной (абонентской) в процессе информационного и сигнального обмена (см. рис. 18.16). В известных ЦСК, например EWSD, ESS-5, C-12, UT, AXE-10, имеются специальные модули, обеспечивающие базовый и первичный доступы пользователей к ресурсам У-ЦСИО. На первом этапе построения сеть поддерживает службы, которые довольствуются скоростью не более 64 Кбит/с. Такими службами являются телефонная, ПД с низкими (2,4 Кбит/с) и средними скоростями (9,6 Кбит/с), телефакс, электронная почта. Тракт передачи информации от одного пользователя до другого, если он проходит через несколько ЦСК, представляет собой последовательное соединение каналов типа В. Такая коммутация называется *односкоростной*, или *одноканальной*. На последующих этапах построения У-ЦСИО могут появиться службы, требующие более высокие скорости передачи через сеть, например 2В, 6В, 30В. Для реализации таких скоростей станции сети должны обеспечивать *многоскоростную* (многоканальную) коммутацию. Такая коммутация позволяет предоставить оконечному устройству абонента одновременно несколько каналов со скоростью 64 Кбит/с. Последовательность занятия каналов в интерфейсе «пользователь–сеть» при многоскоростной коммутации в ЦСК может быть любой, но временная последовательность передачи информации не должна нарушаться. Информация о свободных в данный момент и об освобождающихся в дальнейшем каналах в интерфейсе «пользователь–

сеть» оперативно передается по каналу D. Из этого видно, что реализация многоскоростной коммутации приводит к существенному усложнению функций ЦСК и к росту сигнального трафика по каналу D.

18.3. Система управления У-ЦСИО

Протоколы доступа к ресурсам ЦСИО. Протоколы связи представляют собой правила (алгоритмы) процессов связи пользователя с сетью и пользователей друг с другом через сеть с помощью службы. Службы характеризуются техническими и эксплуатационными показателями. Функции и протоколы любой службы делят на уровни в соответствии с концепцией эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС). Протокольная модель нижних 4 уровней службы ориентирована на транспортировку пользовательской информации через сеть. Протоколы 3 нижних уровней регулируют доступ пользовательских оконечных устройств к сети.

Протоколы 1-го уровня определяют условия физического подключения к сети (стык «пользователь–сеть»), электрические характеристики подключения, скорость передачи информации. Для пользователей ЦСИО – это стык в эталонной точке S; для пользователей сети ПД с КК – это стык в соответствии с рекомендацией X.21; для пользователей сети ПД с КП – это стык в соответствии с рекомендацией X.25 и I.430; для пользователей ТФ-ОП – это стык в соответствии с рекомендациями серии V.

Протоколы 2-го уровня определяют процедуры передачи пользовательской информации с обнаружением и исправлением ошибок (в случае КП), сигнальной информации в стыке «пользователь–сеть» и от одного пользователя к другому через сеть.

Протоколы 3-го уровня определяют способы выбора маршрута, установления и разъединения соединения при использовании способа коммутации каналов, управления транспортировкой пакетов при пакетной передаче пользовательской и сигнальной информации.

Протоколы 4-го уровня службы определяют процедуры логического упорядочивания информационных блоков на участке между оконечными установками пользователей, управления потоками сообщений.

Протоколы 5-го уровня определяют начало и окончание сеанса связи, восстановления сеанса связи при несанкционированном разрушении соединения на нижних уровнях, переключение с одного вида работы на другой в абонентском пункте, исправление таких ошибок передачи, которые не могут быть устранены на нижних уровнях (например, путем повторения передачи целого блока информации – страницы или группы страниц).

Протоколы 6-го уровня определяют способы представления информации, например форма и структура документа, форма шрифта.

Протоколы 7-го уровня определяют процедуры обработки содержательной части сообщения, установления вида сообщения, качества передачи, идентификации партнера, диалога на согласованном языке, засекречивания информации.

Обмен между объектами, подключенными к ЦСИО, поддерживается средствами, отображенными в семиуровневой модели взаимодействия удаленных объектов (ВУО) (рек. I.320 ITU-T), подобной семиуровневой эталонной модели взаимодействия открытых систем (ВОС), разработанной международной организацией по стандартизации (МОС).

Особенности построения ЦСИО. Топологическая структура ЦСИО определяется расположением пользователей и информационных ресурсов. Сеть условно делят на подсети – абонентскую (терминальную) и магистральную.

Особенность ЦСИО – возможность использования кольцевых и петлевых структур. На рис. 18.13 показан фрагмент сети с кольцом. Такие кольцевые сети могут быть использованы при подключении абонентского пункта к цифровым абонентским линиям. В каждом кольце имеется устройство управления кольцом (УУК) и согласующее устройство (СУ), обеспечивающее согласование кольца с абонентской или соединительной линией, ведущей к цифровой АТС. В ЦСИО данные и речевая информация могут передаваться по каналам типа В, коммутируемым в узлах коммутации каналов (УКК) или гибридных коммутационных узлах (ГКУ) – при коммутации каналов и пакетов, а сигналы линейные, управления, информационные – по каналу сигнализации типа D (DSS1) в стыке «пользователь–сеть» и по каналу Е (ОКС № 7) при межстанционной сигнализации. На рис. 18.14 показан пример разделения передачи данных пользователей и сигнализации в абонентской линии. В двухпроводной кабельной линии существующей телефонной сети организуются три канала передачи информации в цифровой форме: два канала типа В для двусторонней передачи речевой информации или данных и один двусторонний канал типа D для сигнала

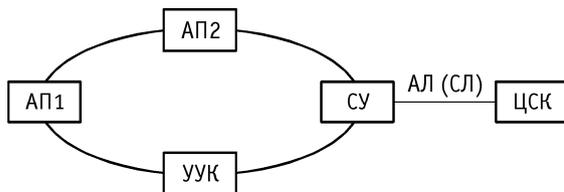


Рис. 18.13. Схема цифровой сети кольцевого типа



Рис. 18.14. Иллюстрация разделения функций между каналами В и D в абонентской линии

лизации. По сигнальному каналу D происходит обмен терминала с управляющей системой электросвязи (УСЭ) узла коммутации каналов (УКК) в процессе соединения и разъединения каналов типа В. Сигнализация (процесс обмена линейными, адресными, информационными сигналами) при межстанционной связи в ЦСИО (когда абоненты включены в разные станции сети) реализуется в сигнальной сети, имеющей оконечные пункты сигнализации (ПС) на каждой оконечной станции.

В сигнальной сети могут использоваться и транзитные пункты сигнализации (ТПС). Один из таких ТПС показан на рис. 18.14. При передаче по каналу D используется протокол общекабельной сигнализации DSS1 (Digital Subscriber Signaling № 1), который представляет собой расширенную версию протокола X.25, используемого при передаче данных в сетях с КП.

Нумерация в ЦСИО. Система нумерации абонентов ЦСИО (рекомендация I.334 ITU-T) подобна системе нумерации в существующей телефонной сети (рекомендация E.164 ITU-T). Номер (адрес) абонентского пункта (АП) ЦСИО – это идентификатор, который состоит из адреса АП и адреса точки (порта) или устройства в АП.

На рис. 18.15 показана структура адреса абонента ЦСИО. В секции 2 адреса абонента может указываться код одной из специализированных сетей, составляющих часть ЦСИО, или одной из сетей

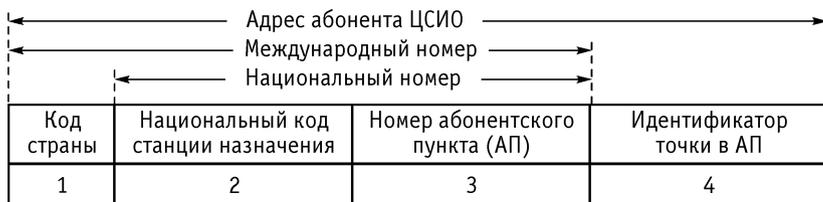


Рис. 18.15. Структура адреса абонента ЦСИО

ЦСИО, если их несколько в одной стране. Международный номер (секции 1, 2, 3) может состоять из 16–17 десятичных цифр, но обычно – из 15. Секция 4 может содержать до 32 десятичных знаков. Это могут быть адреса компонентов АП, идентификатор точки S локальной вычислительной сети (ЛВС), номер станции ЛВС, номер порта этой станции, номер порта ЭВМ.

Идентификатор точки в АП адресует объекты систем передачи и обработки данных. Адресация этих объектов регламентируется в рекомендациях серии X. ITU-T. Содержимое секций 1, 2, 3 адреса анализируется на коммутационных узлах ЦСИО, а адрес секции 4 передается без расшифровки (прозрачно) по каналам сети от одного АП до другого.

Для понимания процессов в ЦСИО необходимо определить требования к системе управления сетью.

Требования, предъявляемые к системе управления ЦСИО. Управление сетью предполагает строгую регламентацию распределения сетевых ресурсов, предотвращение перегрузки каналов, направлений связи, предоставление услуг с заданным качеством [7, 10, 11].

Под управлением ЦСИО понимают процесс поддержания элементов сети в рабочем состоянии для доставки сообщений в течение заданного времени по адресу путем рационального распределения каналов связи и регулирования интенсивности потоков сообщений. Система управления ЦСИО представляет собой совокупность программно-аппаратных средств, предназначенных для управления: 1) установлением и поддержанием целостности соединения, 2) разъединением соединения, 3) приемом, 4) накоплением, 5) переработкой информации.

Различают четыре основных уровня управления:

1. Поддержание заданных показателей надежности ЦСИО путем введения избыточности, дублирования, резервирования, тестирования.

2. Управление коммутацией каналов и доставкой сообщений (пакетов) по адресу.

3. Регулирование интенсивностей потоков сообщений и распределение каналов по направлениям связи.

4. Сбор данных о состоянии сети для административного управления, экспериментальных исследований, измерения характеристик элементов сети.

Управление на 1-м уровне обеспечивается с помощью программно-аппаратных средств, имеющихся на узлах сети и в центре технической эксплуатации и позволяющих осуществлять контроль, тестирование, диагностику, перезапуск, перезагрузку, реконфигурацию.

Управление на 2-м уровне обеспечивается программно-аппаратными средствами УКК (ГКУ), выполняющими выбор пути в КП, созда-

ние тракта передачи информации в соответствии с адресом, удовлетворение дополнительных требований (по достоверности, приоритету, времени доставки). На УКК с программным управлением процессы на 2-м уровне реализуются с помощью адаптивных (приспособительных) алгоритмов, учитывающих изменение параметров входящих и исходящих потоков.

Управление на 3-м уровне обеспечивается программными средствами УКК (ГКУ), выполняющими выбор маршрутов передачи потоков и регулирование интенсивностей потоков. На этом уровне обеспечивается адаптация к состоянию сети, когда объектом управления является система кроссирования (переключения) пучков каналов.

Целью управления является:

- перераспределение каналов в соответствии с интенсивностью входящих потоков (обычно управление интенсивностью входящих в сеть потоков сводится к их ограничению [5]);
- создание пучков прямых каналов;
- управление выбором путей передачи сообщений пользователю информации для удовлетворения требований доставки.

Методы и алгоритмы маршрутизации, ограничения потоков и коммутации реализуются протоколами сетевого, канального и физического уровней ВОС.

Управление на 4-м уровне обеспечивается с помощью программно-аппаратных средств УКК (ГКУ) и центров технической эксплуатации (ЦТЭ). Такое управление призвано организовать сбор и обработку оперативных и статистических данных о состоянии элементов сети с целью поддержания характеристик качества сети в норме (потери в УКК, время доставки и верность в ГКУ при коммутации пакетов). В систему управления на 4-м уровне включен человек, принимающий решения о воздействии на сеть. Управление в общем случае может быть сведено к маршрутизации только при небольших по интенсивности входящих потоках сообщений (ПТС). Увеличение ПТС может привести к перегрузкам и необходимости в связи с этим ограничения ПТС для поддержания управляемости сети. Управление сетью призвано обеспечить рациональное распределение общих ресурсов между пользователями ЦСИО.

Виды подсетей, входящих в состав ЦСИО. Важно отметить, что предложенная ИТУ-Т концепция ЦСИО позволяет вводить элементы ЦСИО в телефонную сеть постепенно: в этой сети могут одновременно существовать как станции, в которые включены пользователи ЦСИО, так и обычные телефонные станции. Одна и та же станция может одновременно содержать абонентские комплекты как пользователей ЦСИО, так и абонентов телефонной сети. На всех этапах обеспечивается возможность связи пользователей ЦСИО как между собой, так и с абонентами телефонной сети. Цифровая сеть состоит

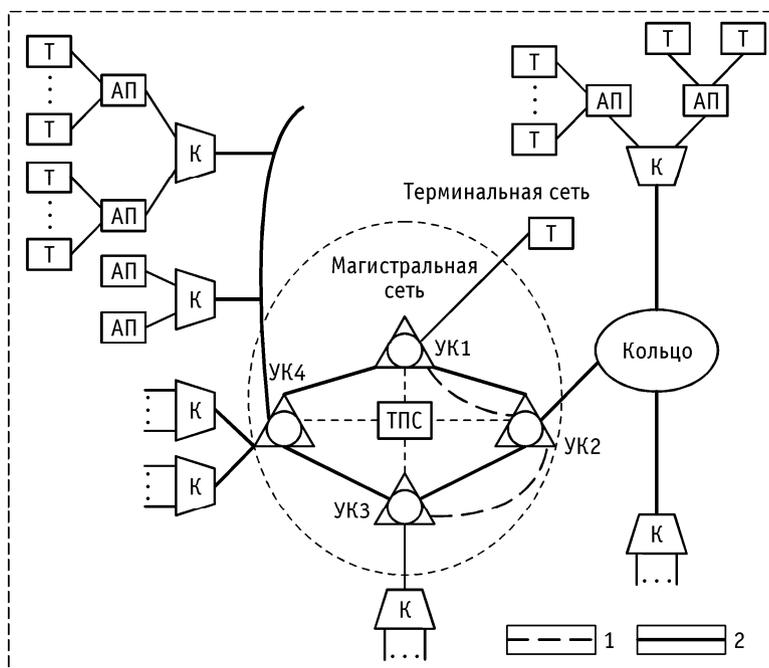


Рис. 18.16. Структурная схема цифровой сети:

1 – каналы сигнализации; 2 – линии магистральной сети передачи сообщений

из трех структурных частей: магистральной, терминальной и сигнальной (рис. 18.16). Магистральная сеть строится по одному из известных способов – «каждый с каждым», радиально-узловой, смешанный, а терминальная – по кольцевому, петлевому. Оконечные пункты сети – это любой источник или приемник информации: цифровой ТА (ЦТА), абонентский пункт (АП), АПД, концентратор (К), ЭВМ, УК. К УК могут подключаться лишь устройства, имеющие стандартный цифровой выход и соответствующую систему сигнализации. Такими устройствами могут быть концентраторы и ЦТА. Когда устройства не имеют стандартного цифрового выхода, их подключение возможно к концентратору через АП либо непосредственно к УК, если он дооборудован средствами, аналогичными концентратору. В терминальную сеть могут быть включены кольцевые структуры. Как правило, кольцевую структуру имеют локальные сети предприятий. УК соединены цифровыми каналами и обеспечивают коммутацию как каналов, так и пакетов. УК обеспечивают управление процессами как коммутации, мар-

шрутизации, так и сигнализации по общему каналу сигнализации (ОКС). Сигнализация в ЦСИО реализуется в интерфейсе «пользователь–сеть» по каналу D (система сигнализации DSS № 1) и по каналу E (ОКС № 7) и по ОКС при межстанционной связи.

Обмен сигнальной информацией по каналу типа D в интерфейсе «пользователь–сеть». Рассмотрим процесс передачи сигналов адресной информации (номера вызываемого абонента), линейных и информационных сигналов в виде сообщений протокола DSS № 1 по каналу D в интерфейсе «пользователь–сеть».

Направление и последовательность передачи сообщений по каналу D для управления процессом установления соединения по каналу В показаны на рис. 18.17. Здесь рассмотрен один из множества возможных случаев обмена сигналами по каналу D. Особенности этого случая таковы: а) сообщение протокола 3-го уровня SETUP (SETtind User Part – сообщение пользователя) содержит номер абонента Б; б) АП_а и АП_б содержат по одному терминалу (Т), но могут содержать до 8 терминалов.

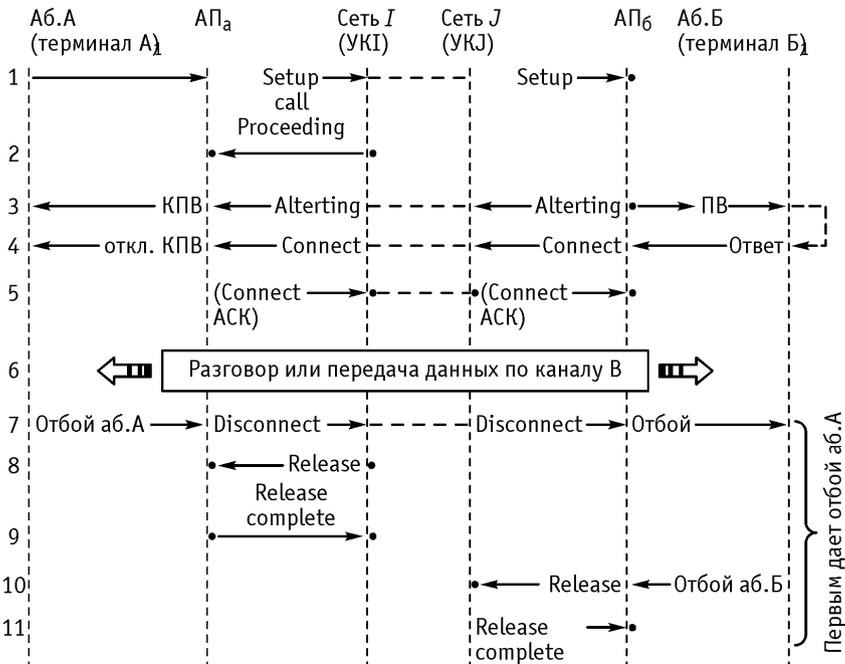


Рис. 18.17. Схема обмена сообщениями в сети сигнализации

Рассмотрим процесс сигнализации (обмена сигнальными сообщениями) в канале D [6].

Номера пунктов описания процесса соответствуют номерам строк на рис. 18.17.

1. По сигналу вызова (CB) от Аб.А в АП_а формируется сообщение протокола 3-го уровня SETUP (начало установления соединения), содержащее номер Аб.Б.

2. После приема от АП_а адресной информации УК / посылает в АП_а сообщение о прохождении вызова в сеть (Call proceeding). После этого в АП_а происходит подключение терминала Аб.А к коммутированному каналу В на УК I. Сообщение SETUP с адресной информацией поступает в сеть J и далее в АП_б.

3. Если терминал Б₁ свободен, то АП_б посылает сигнал посылки вызова (ПВ) в терминал Б₁ и формирует сигнал Alerting (запрос состояния готовности) для передачи в АП_а. Из терминала А₁ абоненту А передается сигнал контроль посылки вызова (КПВ).

4. При ответе аб.Б от АП_б передается сообщение Connect (вызов принят) об ответе. В АП_а это приводит к прекращению сигнала КПВ.

5. В ответ на сигнал Connect сеть J передает в АП_б сигнал подтверждения: «Connect ACK».

6. После этого в АП_б подключается канал «В». На этом процесс соединения для передачи речи или данных по каналу «В» заканчивается.

7. Пусть отбой принят односторонним. Если первым дает отбой Аб.А, то от АП_а передается сообщение запроса разъединения соединения Disconnect.

8. В ответ на это УК I передает сообщение Release (подтверждение приема сигнала disconnect).

9. АП_а передает в УК I сообщение подтверждения Release complete и отключает терминал Аб.А от канала «В».

10. Прием сообщения Disconnect в АП_б приводит к передаче Аб.Б сигнала «занято». Если Аб.Б дает отбой, то из АП_б выдается сообщение Release.

11. Из сети J в ответ на сообщение Release, полученное от АП_б, передается сообщение Release complete об отключении канала «В».

На этом завершается процесс взаимодействия АП_а и АП_б по сигнальной сети.

Вопросам сигнализации по ОКС при межстанционной связи посвящена следующая глава. Сообщение по сети сигнализации передается в определенном формате. Формат принятого в ОКС № 7 сообщения приведен на рис. 18.18. В сигнальном сообщении, кроме собственно сигнальной информации, содержатся адрес источника и получателя, данные для контроля и управления элементами сети сигнализации, проверочные символы и флаги. Флаги используются для

Флаг	Проверочное поле	Сигнальная информация	Контроль и управление	Адрес	Флаг
------	------------------	-----------------------	-----------------------	-------	------

Рис. 18.18. Формат сообщения в общеканальной системе сигнализации № 7

разделения передаваемых друг за другом сообщений. Данные сигнализации транслируются по каналу D (в стыке «пользователь–сеть») и по ОКС при межстанционной сигнализации в пакетном режиме, а по каналу В прозрачно передаются речевая информация в цифровой форме или данные пользователей.

Контрольные вопросы

1. Каковы характерные черты ЦСИО, отличающие ее от сетей электросвязи других типов?
2. В чем состоит отличие понятий *сети электросвязи* и *службы электросвязи*?
3. Сформулируйте требования, предъявляемые к ЦСИО.
4. Назовите основные достоинства ЦСИО.
5. Доводится ли цифровой поток до абонентского пункта в ИЦСС?
6. Назовите виды служб, которые поддерживает ИЦСС.
7. Охарактеризуйте свойства гибридной сети.
8. Дайте понятие адаптивной коммутации.
9. Назовите виды сетей электросвязи, послуживших основой для перехода к ЦСИО.
10. Назовите терминалы, которые могут подключаться к абонентской линии узкополосной ЦСИО.
11. Можно ли подключать аналоговый телефонный аппарат к одной из эталонных точек Т или S многоцелевого стыка «абонент–сеть» в ЦСИО?
12. Охарактеризуйте отличия видов информации группы V от видов группы С.
13. Чем отличаются структуры ЦСИО и телефонных сетей?
14. Охарактеризуйте назначение канала «D», используемого между терминалом и узлом коммутации каналов цифровой сети.
15. Передается ли речевая информация в канале «D»?
16. Какова структура адреса абонентов ЦСИО?
17. Имеются ли в адресе абонента ЦСИО знаки, которые не анализируются на коммутационных узлах сети?
18. Каковы функции системы управления ЦСИО?
19. Что понимают под регулированием потоков сообщений в ЦСИО?
20. Можно ли свести управление в ЦСИО к маршрутизации?
21. Что входит в понятие сервиса электросвязи в терминологии МСЭ-Т?
22. Каковы функции пункта сигнализации сети сигнализации ЦСИО?
23. Может ли сообщение SETUP содержать адресную информацию?
24. Используется ли канал типа «В» для передачи сигналов управления и линейных в ЦСИО?

Список литературы

1. **Назаров А.Н., Симонов М.В.** АТМ – технология высокоскоростных сетей. – М.: ЭкоТрендз, 1997. – 234 с.
2. **МККТТ.** Синяя книга, Т. III, Вып. III-7, ЦСИО, Общая структура, услуги и возможности обслуживания. Рекомендации 1.110 – 1.257. DC Пленарная ассамблея, Мельбурн, 14–25 октября 1988. – 352 с.
3. **Vocker P.** ISDN. Das diensteintegrierende digitale Nachrichtennetz: Konzept, Verfahren, Systeme. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New-York, London, Paris, Tokyo, 1987. – 300 s.
4. **Шварц М.** Сети связи: протоколы, моделирование и анализ, Ч. 1. / Пер. с англ. В. И. Неймана. – М.: Наука, 1992. – 936 с.
5. **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Построение сетей интегрального обслуживания. – М.: Машиностроение, 1990. – 332 с.
6. **Лазарев В.Г.** Основы построения цифровой сети интегрального обслуживания. Узкополосные ЦСИО: Учебн. пособие. – М.: МИС, 1990. – 87 с.
7. **Лохмотко В.В., Пирогов К.Н.** Анализ и оптимизация ЦСИО. – Минск.: Наука и техника, 1991.
8. **Джеймс Мартин, Кэтлин Кэвен Чапмен, Джо Либен.** Архитектура и реализация АТМ. – М.: Лори, 2000. – 214 с.
9. **Уолрэнд Дж.** Телекоммуникационные и компьютерные сети. Вводный курс / Пер. с англ. М.Е. Липкина, М.М. Птичникова; Под ред. В.Н. Стародубцева. – М.: ПОСТМАРКЕТ, 2001. – 476 с.
10. **МККТТ.** Синяя книга, Т. III, Вып. III-8. ЦСИО – Общесетевые аспекты и функции, стыки «пользователь–сеть» ЦСИС. Рекомендации 1.310 – 1.470. IX Пленарная ассамблея, Мельбурн, 14–25 октября 1988. – 340 с.
11. **МККТТ.** Синяя книга, Том Ш, вып. Ш-1. Общие характеристики международных телефонных соединений и каналов. Рекомендации G.101– G.181. IX Пленарная ассамблея, Мельбурн, 14–25 октября 1988. – 304 с.

Глава 19. Широкополосные и интеллектуальные сети

19.1. Условия и этапы перехода к широкополосной сети интегрального обслуживания (Ш-ЦСИО)

Переход РФ к рыночной экономике и появление новых информационных технологий стимулируют спрос на услуги электросвязи. При этом характерна высокая неравномерность этого спроса [1]. Современные информационные услуги отличаются, как правило, высокой стоимостью. Этим вызвана их низкая доступность для большей части населения. Спрос на услуги электросвязи зависит от уровня развития экономики страны.

Несмотря на известное отставание РФ в области современных телекоммуникационных средств, в отдельных регионах построены, эксплуатируются или находятся в опытной эксплуатации магистральные Ш-ЦСИО с технологией ATM (например, в Москве, Санкт-Петербурге, Челябинске, Иркутске). Предприятия развивающихся отраслей промышленности, сферы услуг и деятельная часть населения приобретают новые виды терминального оборудования (персональные ЭВМ, многофункциональные терминалы, рабочие станции и др.). Использование этих терминалов эффективно лишь при высокой скорости обмена информацией в сети. Поддерживаемые Ш-ЦСИО службы в ближайшие годы, по-видимому, найдут спрос у всех категорий пользователей. Основанием для ожидающегося быстрого перехода к Ш-ЦСИО – наличие экономичного высокоскоростного волоконно-оптического кабеля с высокой помехозащищенностью и ЦСК с высокой скоростью коммутации пакетов. В Европе Ш-ЦСИО эксплуатируются с 1993 г.

Исследования и опытно-конструкторские работы, направленные на создание Ш-ЦСИО, ведутся в США, Канаде, некоторых странах Западной Европы и Японии начиная с середины 80-х годов XX в. Необходимость интеграции в ЦСИО широкополосных служб стала настоятельной в начале 90-х годов. Новыми службами Ш-ЦСИО, отсутствовавшими в У-ЦСИО, являются такие, как кабельное телевидение, видеоконференцсвязь (до 15 % от общего объема услуг), высокоскоростная передача данных (до 17 %), видеотелефон (до 21 %), высокоскоростной цветной телефакс (до 3 %). В 1996 г. в Западной Европе пользователями Ш-ЦСИО стали примерно 300

тыс. государственных и частных организаций. Экспертные оценки стоимости подключения пользователя к Ш-ЦСИО дают ориентировочную величину в 2000 дол. США. Ежемесячная оплата услуг будет превышать тариф существующих телефонных сетей в несколько раз.

К оценкам, полученным экспертами по заказам заинтересованных фирм, нужно относиться осторожно, памятуя, что большие надежды, подкрепленные экспертными оценками в середине 80-х годов XX в., на привлекательность и доступность услуг У-ЦСИО в известной мере не оправдались. Эксперты, дающие прогнозы, говорят о том, что для перехода к Ш-ЦСИО потребуется 25–30 лет. Ожидают, что в течение этого времени стоимость программных и аппаратных средств Ш-ЦСИО должна постепенно уменьшаться, а благосостояние населения – расти.

Ранее было показано, что скорость передачи основного интерфейса «пользователь–сеть» (2В + D) узкополосной ЦСИО составляет 144 Кбит/с. Эта относительно небольшая скорость ограничивает возможности развития служб, которые требуют высоких скоростей передачи – от десятков до сотен Мбит/с. Такие скорости необходимы при передаче подвижных изображений, цветного телефакса, проведении видеоконференций. Программы перехода от узкополосной ЦСИО к широкополосной в настоящее время реализуются в трех регионах мира – США, Европе, Японии. Переход к Ш-ЦСИО требует развития новых направлений в технологии коммутационных систем и систем передачи. Переход к широкополосной ЦСИО планируется провести в три этапа [2, 3].

Этап 1. Перевод части служб, использовавших в узкополосной ЦСИО метод коммутации каналов, на метод коммутации пакетов. Особенностью транспортной системы узкополосной ЦСИО является *разделенность служб* КК и КП из-за различных требований к верности и задержкам со стороны служб ПД и передачи речевой информации.

Увеличение количества служб в Ш-ЦСИО, использующих метод КП, возможен благодаря использованию высокоскоростных систем передачи. Использование высоких скоростей передачи позволяет уменьшить задержку пакетов. В Ш-ЦСИО применяются волоконно-оптические линии связи, отличающиеся высокой степенью защищенности от влияния внешних источников помех, благодаря этому уменьшается коэффициент ошибок. Это позволяет упростить протоколы сетевого и канального уровней. На этом этапе метод КК используют только широкополосные (ШП) службы передачи изображений (подвижные изображения, видеоконференции, цветной телефакс), так как скорости передачи пакетов в сети недостаточны для использования метода КП. Широкополосными считаются службы, для которых требуется предоставлять средства передачи и коммутации со скоростями не менее чем 30В (1920 Кбит/с).

Этап 2. *Все службы узкополосной ЦСИО поддерживаются транспортной системой на базе коммутации пакетов.*

Подчеркнем, что на этом этапе задержка доставки сообщений от одного пользователя до другого через сеть должна быть снижена до такой величины, чтобы речевая служба могла использовать способ коммутации пакетов. Лишь службы широкополосной (высокоскоростной) связи продолжают на этом этапе базироваться на средствах широкополосной сети с коммутацией каналов.

Этап 3. *Объединение широкополосной сети с коммутацией каналов и высокоскоростной сети с КП.*

Предполагалось, что такая сеть будет строиться на базе асинхронного метода передачи (АМП) и быстрой коммутации пакетов (БКП) (см. п. 19.3 и 19.4). Использование АМП и БКП позволит достигнуть существенно более высокой скорости передачи по линиям и производительности цифровых систем коммутации [3].

19.2. Услуги Ш-ЦСИО

Требования, предъявляемые к Ш-ЦСИО. Рассмотрим параметры различных служб электросвязи, на основе которых сформулируем требования к Ш-ЦСИО. Службы электросвязи в основном характеризуются тремя параметрами:

- скоростью передачи;
- временем занятия ресурсов сети (длительностью сеанса связи);
- пачечностью – отношением среднего времени сеанса связи к среднему времени передачи информации ($T_c/T_{пч}$).

Величины этих параметров определяют выбор типа транспортной системы ЦСИО для данной службы. В табл. 19.1 приведены параметры известных служб электросвязи. Из этой таблицы видно, насколько существенно отличаются характеристики служб, поддерживаемых Ш-ЦСИО. Так, скорость передачи подвижных изображений отличается от скорости передачи данных телеметрии более чем в 10^6 раз, пачечность этих же служб различается в 10 раз и более. Все службы делятся на классы, в зависимости от скорости передачи – на низко-, средне- и высокоскоростные. Решение вопроса о выборе метода коммутации для данной службы зависит прежде всего от величины пачечности. Чем она выше, тем актуальнее применение метода КП для службы (телеметрия, интерактивные данные). В наименьшей степени актуальность использования метода КП относится к речевой службе, так как для нее величина пачечности невелика (2–3). Каждая служба создает свой трафик в ЦСИО. Характеристиками этого трафика являются: а) нагрузка в ЧНН, б) объем сообщений (количество информации в битах).

Т а б л и ц а 19.1. Параметры служб Ш-ЦСИО

Вид службы	Скорость передачи	Время занятия	Пачечность (Тс □ Тп и)	Класс службы по скорости
Телеметрия	100 бит/с – 10 Кбит/с	с–мин	10^1 – 10^2	Низко-скоростные
Передача данных в интерактивном режиме	1 – 100 Кбит/с	с–мин	10^1	»
Телефонная	16 – 64 Кбит/с	единицы минут	2–3	»
Телефакс	10 Кбит/с – 1 Мбит/с	мин–ч	1–10	Средне-скоростные
Передача файлов	10 Кбит/с – 10 Мбит/с	мин–ч	1–10	»
Видеотелефонная	1 – 10 Мбит/с	единицы минут	1–5	»
ТВ высокой четкости	150 Мбит/с и выше	мин–ч	1–5	Высоко-скоростные
Видеоконференция	10 – 140 Мбит/с	мин–ч	1–5	»

В табл. 19.2 приведены требования различных служб к задержкам, скоростям передачи, а также величина нагрузки в ЧНН для различных типов сообщений. Наименьшая задержка допустима при передаче речевой информации в цифровой форме (30 мс). Более высокие значения задержки приводят к заметному для пользователей ухудшению разборчивости речи. Значительно большие значения задержки допустимы при передаче больших массивов данных (файлов).

Наименьший объем сообщений характерен для телекса, а наибольший – для файлов. Наибольшую нагрузку в ЧНН создают телевизионные передатчики, а наименьшую – терминалы телекса. В соответствии с рекомендациями ИТУ-Т все службы электросвязи делят по функциональному признаку на две группы:

а) интерактивные службы;

б) службы распределения информации (трансляционного типа).

Интерактивный обмен – это информационное взаимодействие по крайней мере двух объектов. Различают три разновидности интерактивного обмена: *диалог*, *обмен сообщениями с хранением и поиск*. Обмен типа диалога имеет место при двусторонней связи конечных устройств пользователей без хранения информации где бы то ни было в сети. Перечислим службы, требующие интерактивного обмена: конференцсвязь, видеотелефонная связь, высокоскоростной телефакс, передача больших массивов данных (файлов). При обмене сообще-

Т а б л и ц а 19.2. Требования различных служб к характеристикам сети

Тип сообщения	Допустимая задержка абонента до абонента, с	Требуемая скорость передачи	Объем сообщения	Нагрузка в ЧНН, Эрл/линия
Речь в цифровой форме	Не более 0,030	64 Кбит/с	10^5 бит	0,1–0,2
Телетекст	< 1,0	240 бит/с	Несколько тысяч знаков	0,01
Телекс	< 5,0	50 бит/с	300–2000 знаков	0,0006
Интерактивные данные	< 1,0	200 бит/с – 64 Кбит/с	Несколько тысяч знаков	0,3
Большие массивы данных	До нескольких десятков минут (задержка в промежуточных накопителях)	От единиц до десятков мегабит в секунду	10^6 – 10^8 бит	0,01
Телефакс (двусторонний)	< 10,0	64 Кбит/с	–	0,01
Телефакс (односторонний)	60–180	До 14400 бит/с	–	< 0,01
Телерисунок	< 1,0	64 Кбит/с	–	–
Подвижные изображения	< 1,0	До 140 Мбит/с	–	0,5

ниями с хранением передаваемая абонентом информация накапливается в буферных накопителях станций сети при отсутствии свободных каналов и после их освобождения передается адресату. Такой обмен предлагают службы передачи данных, видеопочты, электронной почты, передачи изображений высокой четкости. Обмен типа поиска предлагают информационные службы. Выход к этим службам позволяет абоненту отыскивать и получать требуемую информацию. Интерактивные данные отличаются высокой пачечностью, т.е. низким использованием ресурсов сети (каналов, линий) в течение сеанса связи.

К службам распределения информации относятся теле- и радиовещание, трансляция документов (электронная газета). Различают две разновидности вещательных служб: **управляемое абонентом вещание и неуправляемое**. Вещание без управления со стороны абонента подразумевает невозможность влиять на начало и порядок

представления информации (подобно традиционному телевидению или радиовещанию). Вещательные службы, предлагающие услугу «управления вещанием», организуют передачу циклически повторяющихся блоков информации. Благодаря такой организации абонент может выбрать вид требуемой информации и начало ее предъявления. К службам этого типа относятся обучение и тренинг на расстоянии.

Широкополосные службы предъявляют высокие требования к средствам передачи и коммутации Ш-ЦСИО. Например, для цветного телевидения необходима скорость 4–6 Мбит/с, для телевидения с высокой четкостью – 16–24 Мбит/с, для передачи файлов – до 200 Мбит/с. В настоящее время эксплуатируются физические среды (волоконно-оптические линии связи) и системы передачи (синхронная цифровая иерархия – SDH), обеспечивающие передачу информации с такими высокими скоростями. Решение задач третьего этапа перехода к Ш-ЦСИО связано, прежде всего, с созданием эффективных средств коммутации пакетов с высокой скоростью.

Для того чтобы удовлетворить требованиям всех рассмотренных служб, широкополосная ЦСИО должна обладать следующими свойствами:

- 1) обеспечивать скорость передачи информации не ниже сотен Мбит/с;
- 2) задержка сообщений при передаче от одного оконечного пункта к другому не должна превышать нескольких сотен или даже десятков миллисекунд (так, норма рекомендованной ИТУ-Т задержки при однонаправленной передаче через два узла сети без участков спутниковой связи составляет 80 мс);
- 3) задержка сообщения на коммутационных станциях сети не должна превышать единиц миллисекунд;
- 4) система коммутации пакетов одной коммутационной станции должна иметь производительность в несколько сотен тысяч пакетов в секунду.

Широкополосная ЦСИО рассматривается ИТУ-Т как результат эволюции узкополосной ЦСИО с основным доступом типа 2В + D. Основные отличия Ш-ЦСИО от У-ЦСИО состоят в следующем:

- 1) в абонентской сети используется волоконно-оптический кабель (вместо двухпроводной медной абонентской линии);
- 2) в транспортной системе информация передается со скоростями 140 Мбит/с и выше;
- 3) терминалы широкополосных служб подключаются в точку S_b широкополосного интерфейса (при этом сохраняется основной интерфейс 2В + D через эталонную точку S).

Интерфейс «пользователь–сеть» в Ш-ЦСИО. На рис. 19.1 приведена конфигурация доступа в Ш-ЦСИО. ИТУ-Т рекомендует два типа широкополосных интерфейсов:

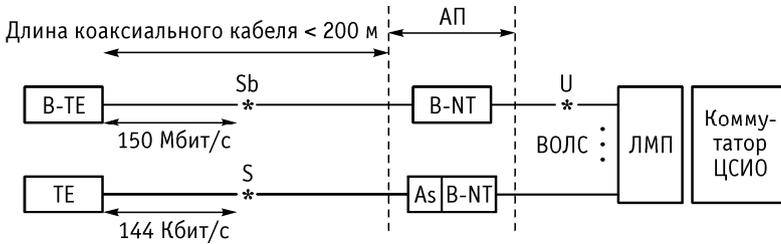


Рис. 19.1. Конфигурация доступа в Ш-ЦСИО:

B-TE – терминал широкополосных (Broadband) служб; TE (Terminal Equipments) – терминал узкополосных служб с основным интерфейсом; B-NT (Broadband Network Termination) – блок согласования терминала с сетью для ШП служб (сетевое окончание), реализующий функции 1, 2 и 3-го уровней ВОС; ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи; ЛМП – линейный мультиплексор; As – средства преобразования скоростей передачи 144 Кбит/с в 150 Мбит/с; S, S_b , U – эталонные точки цифрового интерфейса; АП – абонентский пункт

а) симметричный интерфейс со скоростью 150 Мбит/с;

б) асимметричный интерфейс: скорость в направлении «сеть–пользователь» – 600 Мбит/с, в обратном направлении – 150 Мбит/с. Сетевое окончание B-NT реализует функции подключения абонентских установок к абонентской линии и совместного использования ими общих ресурсов.

На рис. 19.2 показано распределение каналов в ШП интерфейсе между различными службами Ш-ЦСИО. В рекомендации G.703 ITU-T установлены следующие типы каналов, которые формируют цифровые системы передачи: В (64 Кбит/с), НО (384 Кбит/с), Н11 (1536 Кбит/с), Н12 (1920 Кбит/с), Н21 (32,768 Мбит/с), Н22 (43-45 Мбит/с), Н4 (135 Мбит/с). Эти каналы используются для передачи данных, речи, документальной электросвязи, телевизионных программ, видеоконференцсвязи и других служб. В диапазон канала Н4 должно

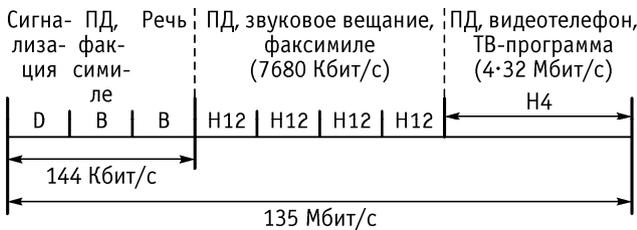


Рис. 19.2. Распределение каналов в широкополосном интерфейсе

помещаться 4 канала Н21 или 3 канала Н22. Здесь приведены номинальные скорости передачи пользовательской информации по типовым каналам.

Два типа каналов (D и E) – используется в основном для передачи служебной информации (сигнализации «абонент–сеть», управления сетью, технической эксплуатации). Скорость передачи в D-каналах может быть равной 16 или 64 Кбит/с. Протоколы передачи в каналах типа D базируются на рекомендации X.25 ITU-T [4]. В канале Н12 размещаются две стереофонические программы, а в канале Н4 можно обеспечить передачу одного канала телевидения высокой четкости.

Категории (классы) услуг. Как было показано выше, в Ш-ЦСИО поддерживает большое количество служб. Каждая из них предъявляет к сети специфические требования по скорости доставки информации, организации сеанса связи, необходимости диалога. В документах ITU-T (Рекомендация I.362) весь диапазон служб разделен на четыре категории (табл. 19.3). Категория 1 предъявляет к сети наиболее жесткие требования. Это объясняется тем, что для служб этой категории нельзя изменять скорость передачи, что характерно, например, для телефонной связи и телевидения. Для служб 2-го класса допустима переменная скорость передачи, если при этом не происходит ухудшения качества. К этой категории относятся службы передачи данных в интерактивном режиме и видеоинформации. Службы категорий 3 и 4 являются службами передачи данных, для которых скорость может варьироваться. Характерная служба этих классов – электронная почта. Службы категории 4 свойственны локальным вычислительным сетям.

Т а б л и ц а 19.3. Категория служб Ш-ЦСИО

Характеристика служб	Категория			
	1 (A)	2 (B)	3 (C)	4 (D)
Согласование во времени между источником и получателем информации	Требуется согласование по времени процессов передачи и приема информации		Не требуется согласование по времени передачи и приема информации	
Скорость передачи	Постоянная	Переменная		
Способ связи	С установлением соединения			Без установления соединения

19.3. Способы коммутации в Ш-ЦСИО

Классификация способов коммутации, используемых в Ш-ЦСИО. Для перехода к Ш-ЦСИО необходимо определить число и состав пользователей; состав ШП служб; возможные скорости передачи; тип и структуру трафика.

Такая сеть должна быть гибкой, т.е. хорошо приспособленной к любым разумным изменениям требований пользователей. Выбор принципов коммутации в такой сети является одним из центральных вопросов.

На рис. 19.3 приведена классификация систем цифровой коммутации, где КК – коммутация каналов; КП – коммутация пакетов; ПРК, ЧРК, ВРК – пространственное, частотное и временное разделение каналов; СВРК, АВРК – синхронное и асинхронное временное разделение каналов; АТМ – Asynchronous Transfer Mode (асинхронный метод передачи – АМП).

Для того чтобы показать сложность решения задачи выбора технологии коммутации в Ш-ЦСИО, рассмотрим возможности, достоинства и недостатки известных способов коммутации. Все известные способы разделения цифровых каналов делят на две группы: *синхронные* и *асинхронные*. Напомним тот факт, что при синхронном временном разделении каналов каждый канал закреплен за физическим соединением безотносительно к тому, передается по нему информация или нет. Установленное в сети или в коммутационном поле ЦСК соединение однозначно определяется временными интервалами, которые оно занимает во всех звеньях соединительного тракта. Использование СВРК в Ш-ЦСИО для многих служб проблематично из-за высокой пачечности. Для повышения использования каналов паузы в передаче отдельных источников занимают для передачи данных других источников. Такая идея используется при асинхронном временном разделении каналов (АВРК). Применение АВРК позволяет не закреплять жестко временной интервал за каналом и за источником.



Рис. 19.3. Классификация систем цифровой коммутации

Идентификация информации обеспечивается благодаря ее адресованию. При АВРК реализуется статистическое мультиплексирование, т.е. обнаружение окон (пауз) в кадре системы передачи и заполнение их информацией из буферов, где источники ожидают начала передачи. При статистическом мультиплексировании легко учесть приоритеты источников информации, что очень важно для Ш-ЦСИО, где интегрируется много служб с существенно отличающимися характеристиками. Концепция коммутации в Ш-ЦСИО основана на применении АВРК и установлении виртуальных соединений. В соответствии с этой концепцией для транспортировки информации всех служб применяется унифицированный пакет фиксированной длины.

К цифровым системам коммутации в Ш-ЦСИО предъявляются следующие требования:

- 1) независимость структуры и свойств от вида службы;
- 2) более высокая, чем в узкополосной ЦСИО, производительность;
- 3) адаптация к различным скоростям передачи в каналах сети;
- 4) более высокая, чем в У-ЦСИО, использование полосы частот для трафика пачечного типа;
- 5) высокая гибкость.

Высокая производительность необходима для поддержки видеослужб, а гибкость – из-за невозможности предсказать скорости передачи, которые могут потребоваться для разнообразных служб. Высокая гибкость означает предоставление прозрачного доступа для поль-

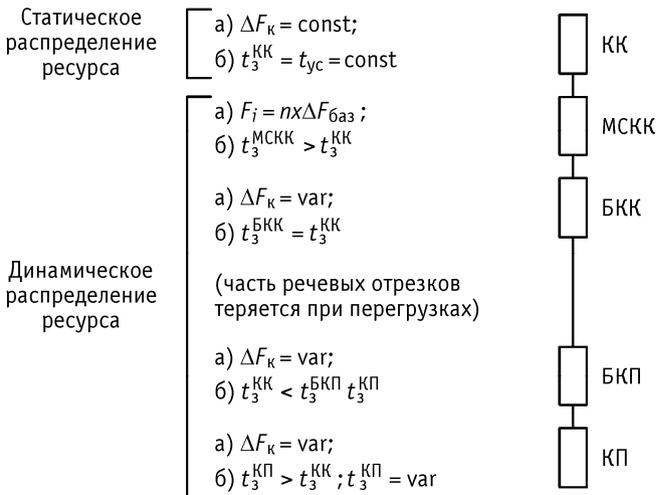


Рис. 19.4. Распределение сетевого ресурса при различных способах коммутации

зователя через интерфейс «пользователь–сеть», т.е. отсутствие ограничений на структуру кадра или пакета и на способ синхронизации.

Гибкость ЦСК и сети в целом основывается на *динамическом распределении сетевых ресурсов* (режимов коммутации, скоростей передачи).

Пока остается проблемой обеспечение требований к качеству обслуживания всех составляющих трафика в Ш-ЦСИО, хотя бы на уровне качества, обеспечиваемого в У-ЦСИО. В случае передачи речи с использованием метода КП трудности состоят в том, чтобы обеспечить задержку кадров не более чем на 30 мс (рекомендация G.131 ITU-T) и вероятность блокировки не более 10^{-6} .

На рис. 19.4 представлены известные способы коммутации и их варианты, использование которых позволяет в разной степени приспособлять сеть к изменению скорости передачи информации.

Здесь и в табл. 19.3 применяются следующие обозначения и аббревиатуры: ΔF_k – полоса пропускания канала, $\Delta F_{\text{баз}}$ – базовая полоса пропускания канала; МСКК – многоскоростная коммутация каналов; БКК – быстрая коммутация каналов; БКП – быстрая коммутация пакетов; $t_3^{\text{КК}}$, $t_3^{\text{МСКК}}$, $t_3^{\text{БКК}}$, $t_3^{\text{БКП}}$, $t_3^{\text{КП}}$ – время задержки передачи сообщений при КК, МСКК, БКК, БКП и КП соответственно; t_{yc} – время установления соединения в режиме КК.

В табл. 19.4 перечислены достоинства и недостатки известных способов коммутации [5, 6].

Многоскоростная коммутация (МСКК) может использоваться в сетях, поддерживающих службы с разными скоростями ПД. Отличие многоскоростной КК от обычной КК состоит в возможности предоставления пользователям составного канала с полосой пропускания в N раз большей, чем базовая. Базовая скорость выбирается из соображений удовлетворения требований большинства пользователей сети (например, 64 Кбит/с). Способ БКК позволяет лучше использовать сетевой ресурс (полосу частот канала), благодаря возможности предоставления канала новому требованию в паузах речевого сигнала. В основе БКП лежат те же принципы, что и при КП. Отличия состоят в том, что существенно повышаются скорости передачи по каналу и коммутации в коммутационных полях станций, так как в Ш-ЦСИО должны коммутироваться кадры, поступающие по волоконно-оптическим линиям связи. Технические средства передачи с высокими скоростями (десятки гигабит в секунду) достигли прогресса существенно ранее, чем средства коммутации с такими же скоростями. Поэтому сдерживающим фактором в повышении скорости передачи информации между установками пользователей в коммутируемой сети до недавнего времени были «низкоскоростные» коммутационные поля станций и узлов. Интенсивность исследований в этой области видна по массе публикаций в конце 80-х и в 90-е годы XX в., посвященных

Таблица 19.4. Достоинства и недостатки способов коммутации

Способ	Достоинства	Недостатки
1	2	3
Коммутация каналов (КК)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Не требуются ресурсы сети для обработки сообщений. 2. Задержка сообщений минимальна (она равна времени установления соединения t_{yc}). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Невозможно изменение полосы пропускания канала. 2. Невозможна интеграция в одной сети видов служб с разными скоростями передачи. 3. Низкое использование полосы пропускания канала
Многокостная коммутация (МСКК)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность дискретного изменения полосы пропускания канала. 2. Задержка сообщения минимальна 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкое использование канала при пачечном трафике. 2. Высокая сложность системы синхронизации. 3. Необходимость установления большого количества соединений для высокоскоростных служб. 4. Необходимость выбора низкой базовой полосы пропускания канала
Быстрая коммутация каналов (БКК)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность изменения полосы пропускания канала благодаря передаче пакетов данных в паузах речевого сигнала. 2. Улучшенное использование полосы канала при трафике пачечного типа. 3. Задержка сообщения мала 	<ol style="list-style-type: none"> 1. При перегрузках быстро растут потери. 2. При перегрузках часть речевых отрезков теряется. 3. Для передачи каждого сообщения (в паузах речевого сигнала) необходимо устанавливать соединение за время t_{yc} Φ 140 мс, чтобы межконцевые задержки не превышали 240 мс
Быстрая коммутация пакетов (БКП)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Динамическое изменение скорости передачи (полосы пропускания канала). 2. Малая вероятность ошибки. 3. Простота протоколов канального и сетевого уровней. 4. Малая величина задержки. 5. Хорошее использование ресурсов при пачечном трафике. 6. Гибкость в условиях перегрузки 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Потери скорости передачи из-за необходимости включения адреса в каждый пакет. 2. Усложнение коммутационных полей

Окончание табл. 19.4

1	2	3
Способ КП	<ol style="list-style-type: none"> 1. Динамическое изменение скорости передачи. 2. Высокое использование ресурсов сети при пачечном трафике 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Задержка для речевого трафика может быть недопустимо велика. 2. Высокая сложность протоколов канального и сетевого уровней. 3. Большая зависимость задержки сообщений от поступающей нагрузки

коммутации с высокими скоростями. Решение задачи высокоскоростной коммутации было найдено благодаря использованию короткого (53 байта) кадра (ячейки), буферированию ячеек на каждом входе (порте) станции Ш-ЦСИО, упрощению структуры коммутационного поля и алгоритма коммутации.

Высокие скорости (не менее 150 Мбит/с) передачи стали возможны благодаря использованию в терминальной сети Ш-ЦСИО волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Как известно, каналы, образованные в ВОЛС, характеризуются малой величиной вероятности ошибки. Это обстоятельство позволяет существенно упростить протоколы канального (звеньевое) уровня за счет отказа от решающей обратной связи при передаче пакетов. Избыточная полоса канала в ВОЛС делает внутрисетевые перегрузки маловероятными, что позволяет упростить или исключить контроль нагрузки на канальном и сетевом уровнях. Благодаря этому протоколы канального и сетевого уровней могут быть реализованы аппаратно, а не программно. Такое решение приводит к уменьшению задержки кадров и повышению скорости передачи в сети.

19.4. Построение коммутационных полей станций Ш-ЦСИО

При использовании БКП на коммутационных узлах возможно применение многозвеньевых пространственно-временных коммутационных полей с высокой скоростью коммутации и малой задержкой пакетов (единицы миллисекунд на одно звено) [3].

Учитывая сказанное о свойствах различных способов коммутации и данные табл. 19.4, можно сделать вывод о том, что в Ш-ЦСИО могут использоваться как БКК, так и БКП. Тот и другой виды коммутации приспособлены для широкополосного трафика пачечной структуры.

Необходимо, однако, учитывать общую тенденцию в использовании принципов коммутации пакетов в информационных сетях и большую гибкость БКП при перегрузках (благодаря буферированию пакетов), однако при пакетной передаче речевой информации в ЦСИО возникают следующие технические трудности:

1) преобразование аналогового сигнала в пакеты и обратное преобразование приводит к искажениям и задержкам;

2) для построения масштабной сети ЦСИО, например цифровой сети России, к которой будет подключено до 100 млн. конечных пунктов, необходимо иметь системы передачи со скоростями в несколько сотен Мбит/с и коммутационные узлы с производительностью не менее 50–60 тыс. пакетов в секунду (в лучших из известных узлов сетей с КП производительность не превышает 10 тыс. пакетов в секунду);

3) возможны задержки пакетов (при перегрузках), превышающие пороговое значение (30 мс), что влияет на разборчивость речи.

В 1983 г. были опубликованы работы, выполненные в лаборатории концерна Bell (США) и исследовательском центре CNET (Франция), посвященные созданию нового метода коммутации для Ш-ЦСИО. Предложенные решения являются вариантами широкополосной КП и основаны на использовании асинхронного временного разделения каналов (см. классификацию систем коммутации на рис. 19.3) и принципов статистического разделения ресурсов коммутационной системы.

Асинхронный метод передачи. В 1987 и 1988 г. исследовательская группа XVIII ITU-T обсудила предложенные исследовательскими центрами США и Европы методы реализации широкополосной КП и дала новому методу наименование «пакетный режим доставки» (в ранее опубликованных работах метод назывался *асинхронный режим доставки* (АРД)). В настоящее время он известен как метод АТМ (Asynchronous Transfer Mode). В дальнейшем, говоря об этом методе, будем использовать аббревиатуру АТМ.

Первый экспериментальный участок Ш-ЦСИО был создан в 1987 г. Отличительной чертой метода АТМ является то, что вызов характеризуется идентификатором (меткой), определяющим номер логического канала. Использование метки для каждого сообщения позволяет более гибко, чем при СВРК, распределять сетевые ресурсы и ресурсы коммутаторов АТМ. У методов АТМ и СВРК одна общая идея: время передачи в канале делится на фиксированные кадры, каждому вызову (сообщению) в кадре выделяется свое временное окно. Как уже отмечалось, в случае СВРК это окно для одного и того же вызова всегда занимает фиксированное место.

Характерной особенностью АТМ – отсутствие жесткого закрепления временного окна в кадре за вызовом. Каждому вызову соответ-

ствует своя метка. Функции установления метки, как и временного окна в кадре при СВРК, могут быть реализованы на первом (физическом) уровне модели ВОС. *Основное достоинство АТМ состоит в возможности динамического распределения ресурсов как при передаче пакетов, так и при их коммутации в коммутационных полях станций Ш-ЦСИО.*

Напомним основные свойства метода АТМ:

- 1) информационный поток от любого источника разделяется на кадры фиксированной длины;
- 2) кадры фиксированной длины, состоящие из информации пользователя сети и заголовка, названы в документах ITU-T *ячейками* [7];
- 3) ячейка имеет малую длину – всего 53 байта;
- 4) процедуры управления потоками и контроля ошибок перенесены в верхние уровни модели ВОС.

Благодаря этому функции транспортной системы упрощены. Малая и постоянная длина элемента, используемая в методе АТМ, позволяет:

- а) существенно уменьшить, по сравнению с методом традиционной КП, как среднее время задержки элемента в сети, так и дисперсию задержки, что важно для средств обработки в реальном масштабе времени;
- б) уменьшить искажения при потере отдельных ячеек, так как они содержат малый объем пользовательской информации;
- в) упростить структуру коммутационного поля станции;
- г) упростить процедуры мультиплексирования.

Благодаря постоянной длине элемента, нет необходимости вести поиск окна требуемой длины в цикле системы передачи, как это имеет место в сетях с КП при переменной длине пакетов.

Размер элемента также влияет на такие сетевые параметры, как: задержка пакетизации и буферизации, дисперсия задержки, эффективная скорость передачи, сложность реализации АТМ.

Чем больше длина сообщения пользователя при заданной длине ячейки, тем больше задержка пакетизации, так как необходимо формировать большее количество ячеек, чем для коротких сообщений. Наибольшая величина задержки пакетизации в Ш-ЦСИО характерна для службы передачи данных большого объема (файлов). Задержка буферизации возникает из-за конкуренции ячеек принадлежащих пользователям разных служб, отличающихся по приоритету предоставления окна в цикле (рис. 19.5). Чем меньше размер ячейки, тем при прочих равных условиях меньше дисперсия задержки, поскольку окна малого размера встречаются в цикле чаще, чем окна большого размера. Эффективная скорость передачи растет при уменьшении размера ячейки, так как удается заполнять пользовательской информацией все меньшие окна и тем самым улучшать использование цик-

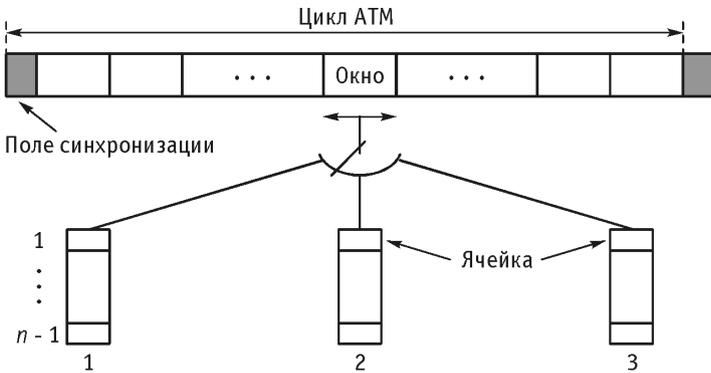


Рис. 19.5. Иллюстрация способа АТМ в Ш-ЦСИО:
 1–3 – буферы ячеек службы с приоритетом: 1 – i , 2 – j , 3 – k

ла. Упрощение реализации АТМ при уменьшении размера ячейки можно объяснить тем, что повышение эффективной скорости передачи приводит к уменьшению задержки буферизации, а это при том же трафике служб позволяет уменьшить объем буферов, где ждут начала передачи ячейки.

Формат ячейки исключительно прост: в нем всего два поля – заголовок и информационное (рис. 19.6). Чем меньше доля заголовка в общей длине ячейки, тем выше эффективная скорость передачи. В формате ITU-T ячейка в доступе «пользователь–сеть» для Ш-ЦСИО заголовок имеет длину 5 байт, а информационное поле – 48 байт. Ячейки распознаются по содержимому заголовка, где адрес указывает на принадлежность к определенному виртуальному соединению. В заголовке ячейки, передаваемой в интерфейсе «пользователь–сеть», содержится следующая информация: управления потоками (УП) – четыре старших бита в первом байте; маршрутизации – 24 бита (из

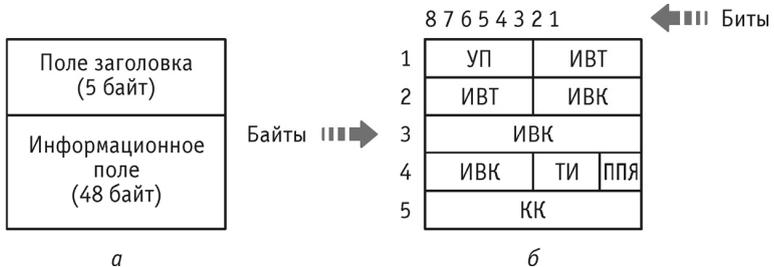


Рис. 19.6. Формат ячейки АТМ (а), поля заголовка (б)

них идентификатор виртуального канала – ИВК – может занимать до 16 битов и идентификатор виртуального тракта – ИВТ – до 18 битов); о типе передаваемой информации (ТИ) – 3 бита; контроля и исправления ошибок в заголовке – контрольная комбинация (КК) – 8 бит.

На рис. 19.5 показана одна из реализаций АТМ с формированием цикла и периодической передачей ячеек синхронизации в фиксированных временных интервалах. Разграничение ячеек в цикле достигается синхронизацией. Асинхронный метод передачи обладает одновременно свойствами способов КК и КП. С коммутацией каналов его роднит заранее устанавливаемый соединительный тракт (виртуальное соединение), который занимается в течение всего сеанса передачи для данного вызова. Последнее означает, что все его ячейки закрепляются за одним и тем же виртуальным соединением. Это свойство позволяет сохранять исходную последовательность всех элементов в виртуальном соединении.

С коммутацией пакетов метод АТМ роднит то, что сообщение пользователя также делится на «кусочки», называемые ячейками, но в отличие от обычной КП эти «кусочки» имеют фиксированную длину.

Как уже говорилось выше, протокол уровня звена данных в Ш-ЦСИО не реализует функции защиты от ошибок для информации пользователя, однако заголовок ячейки, ввиду его исключительной важности для закрепления элементов за виртуальным соединением, имеет специальную защиту в виде контрольной комбинации. Контрольная комбинация выбрана так, чтобы исправлять одиночные и обнаруживать пакеты ошибок, которые могут проявляться как потеря или повторение элементов.

Важным свойством АТМ, позволяющим уменьшить задержку, является прозрачная передача информационного поля ячейки через станции и узлы Ш-ЦСИО. Обработывается только заголовок. Скорость потока ячеек в линии, соединяющей две станции Ш-ЦСИО, постоянная. Однако при изменении объема информации в единицу времени от некоторого источника необходимо увеличить или уменьшить по заявке пользователя количество ячеек, передаваемых по одной линии АТМ. Теоретически скорость передачи информации от одного источника может изменяться от нуля до максимальной скорости, обеспечиваемой системой передачи, работающей на межстанционной линии, называемой линией АТМ [8].

Метод АТМ способен поддерживать практически неограниченное количество служб, обеспечивать высокую пропускную способность сети и стандартизовать доступ к широкополосным службам.

Если при КП применяется обслуживание с помощью виртуальных соединений, то перед передачей пакета данных устанавливается логический тракт [4], или виртуальная цепь (виртуальный канал). Логический тракт может быть установлен сразу между двумя корреспон-

дирующими объектами до начала передачи информации пользователя (это характерно для способа управления «из конца в конец») или шаг за шагом, последовательно («от звена к звену»), подключая промежуточные звенья коммутационного поля станции или сети (это характерно для способа поэтапного управления). Управление «из конца в конец» используется в сетях с КП при установлении постоянных виртуальных соединений, управление «от звена к звену» – на станциях и узлах БКП и в подсети сигнализации ЦСИО (см. гл. 20).

При применении как асинхронного метода передачи по линиям (АТМ), так и метода высокоскоростной коммутации (БКП) используются упрощенные протоколы. При этом применяется динамическое распределение связного ресурса (скорости передачи). Общей является также маршрутизация, основанная на стратегии логического (виртуального) канала. Благодаря применению упрощенных протоколов и динамического разделения связного ресурса обеспечивается независимость структуры ячейки АТМ и системы коммутации узла БКП от особенностей поддерживаемой службы.

Коммутация на станции БКП. Важным для понимания способов реализации рассмотренных методов коммутации в Ш-ЦСИО является изучение структуры и характеристик станций и узлов БКП. На рис. 19.7 приведена структурная схема станции (узла) БКП [9]. Назначением станции БКП – коммутация ячеек АТМ из входящих линий в исходящие. Каждая линия связана со своим портом: входящая с портом $вх.П_i$ и исходящая с портом $вых.П_j$. За каждым портом закреплена своя база – база данных порта (БДП). Общее супервизорное управление коммутацией реализуется с помощью центрального процессора (ЦПР) и центральной базы данных, предназначенной для маршрутизации (ЦБД). Коммутационное поле станции является многозвен-

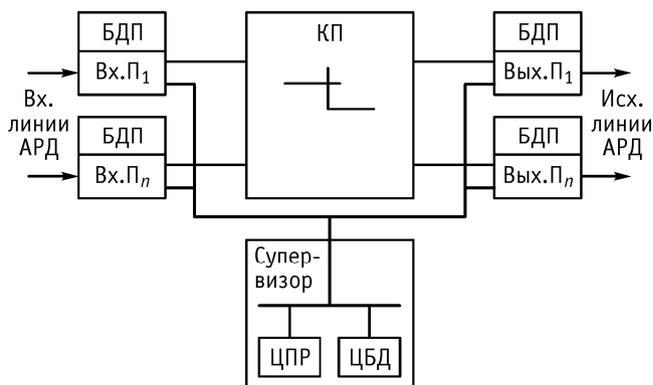


Рис. 19.7. Структурная схема узла БКП

ным со специфической структурой, приспособленной для аппаратного управления коммутацией. Рассмотрим процессы коммутации, основанные на использовании содержимого поля заголовка ячейки АТМ (рис. 19.6. б). Основная функция заголовка – обеспечение идентификации ячеек, принадлежащих одному и тому же виртуальному каналу в линии АТМ. В одной линии АТМ может быть образовано большое количество виртуальных трактов – ВТ (независимых групп информационных потоков) и виртуальных каналов (ВК), определяемое числом битов идентификатора виртуальных трактов (ИВТ) и каналов (ИВК) поля заголовка. Количество ВК может быть доведено до $2^{16} = 65536$. Количество ВТ одной линии АТМ может быть доведено до $2^{12} = 4096$. Отсюда видно, как велико число ВК в одной линии АТМ, причем во всех ВК передается информация только активных пользователей (в периоды молчания источника места, которые бы занимала его информация в линии АТМ, используются для передачи информации других источников). Каждое соединение в Ш-ЦСИО однозначно определяется двумя идентификаторами: ИВТ и ИВК. Поэтому функция станции БКП – преобразование значений идентификаторов входящей линии АТМ в идентификаторы исходящей. *Процесс управления коммутацией на станции БКП состоит в идентификации ВК во входящей линии по ИВТ и ИВК, в поиске пути в коммутационном поле к требуемой исходящей линии и в присвоении новых значений ИВТ и ИВК для передачи по исходящей линии АТМ на следующую станцию.*

Для установления виртуальных соединений необходим обмен сигнальными сообщениями. Они передаются в одном из ВК, функции которого подобны функциям ОКС, создаваемого для целей сигнализации в У-ЦСИО. По этому сигнальному ВК передаются данные о каждом виртуальном соединении пользователя: ИВТ, ИВК, этап обслуживания, адрес вызываемого абонента. Эти данные собираются супервизором от всех входных портов и аккумулируются в ЦБД. Массив данных ЦБД разделен на подмассивы, каждый из которых закреплен за своим ВК. В подмассиве имеется информация: о номере порта, по которому поступил вызов, ИВТ и ИВК ячейки, номере этапа обслуживания, адресе вызываемого абонента, номере исходящей линии, регистре свободных ВК в выходных портах. Если для коммутации ВК в коммутационном поле станции применяется алгоритм самомаршрутизации, то ЦПР формирует метку маршрутирования (ММ) по номерам входного и выходного портов и координатам найденного пути в коммутационном поле. Ячейка АТМ, снабженная меткой маршрутизации, называется быстрым пакетом (БП). Формат ММ очень прост: количество битов в ней равно числу ступеней (звеньев) коммутационного поля. Коммутационное поле станции БКП может быть построено с использованием экономических схем, в которых любой вход может быть скоммутирован с требуемым выходом только по единственному

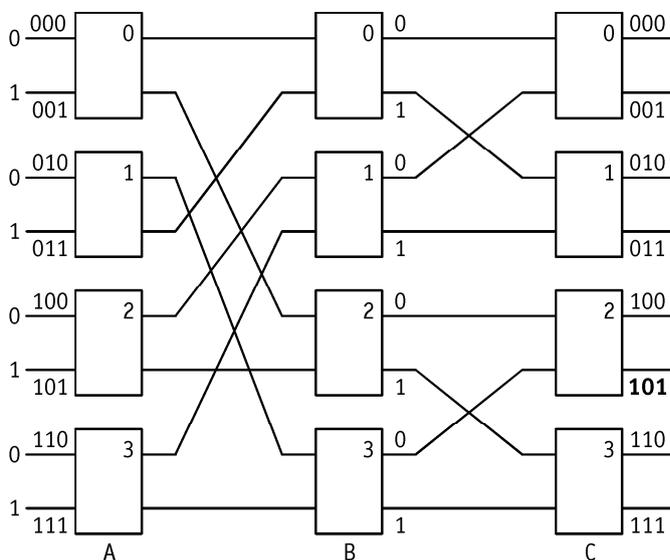


Рис. 19.8. Трехзвенная коммутационная схема

пути. На всех звеньях коммутационного поля коммутации используются простейшие коммутационные элементы (КЭ), имеющие два входа и два выхода. На рис. 19.8 приведена трехзвенная коммутационная схема, в которой БП, поступающий на любой вход любого КЭ, передается по маршруту, указанному в ММ. Нумерация выходов схемы соответствует коду в ММ коммутируемого БП.

Маршрутизация БП в такой коммутационной схеме выполняется с помощью жесткой логики (без программного управления коммутацией), в отличие от выбора маршрута и управления коммутацией в многосвязных коммутационных полях станций и узлов с программным управлением современной телефонной сети. Каждый вход КЭ первой ступени связан со своим входным буферным накопителем в составе входного порта. Поэтому в КЭ, связанном с двумя такими портами, могут возникать внутренние блокировки, когда БП на входе «0» и БП на входе «1» должны быть переданы на один и тот же выход. В каждом КЭ выполняется самомаршрутизация БП от входа к выходу по содержимому соответствующего бита в ММ. Пример самомаршрутизации БП от входа «1» в одном из КЭ звена А приведен на рис. 19.9. Значение бита А в ММ однозначно определяет направление БП к выходу «0» {ММ(А) = 1} (кросс) или к выходу 1 {ММ(А) = 0} (транзит). В трехзвенной коммутационной схеме (см. рис. 19.8) показан маршрут передачи БП от входа с адресом

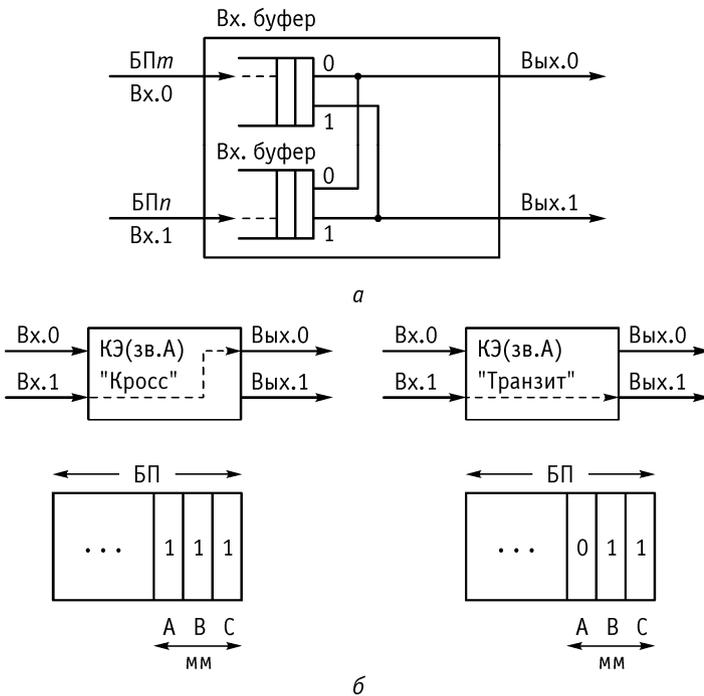


Рис. 19.9. Пример коммутации на станции БКП:

а – коммутационный элемент; б – коммутация в КЭ при различных значениях бита А в ММ

000 к выходу с адресом 101. Это соединение реализуется в соответствии с $ММ = 101$.

В процессе обмена адресными (о номере вызываемого абонента) и линейными сигналами с другими станциями сети станция Ш-ЦСИО устанавливает виртуальное соединение из конца в конец. С этого момента накопленные в буфере входного порта ячейки данного виртуального канала будут передаваться к найденному супервизором выходному порту в соответствии с подготовленной записью в БДП. Запись имеет такой вид: ИВТ, ИВК > ММ > ИВТ', ИВК'. В ней выражена связь между ИВТ, ИВК входного порта и ИВТ', ИВК' выходного порта с помощью маршрутной метки ММ. Эта запись дублируется во входном порте и используется им для маршрутизации каждого БП данного ВК. Благодаря такой автономии маршрутизации БП в установленном виртуальном соединении в каждом входном порте, супервизор освобождается от рутинных и весьма объемных

по количеству операций функций обработки БП для уже установленных виртуальных соединений. Так на станции БКП реализуется принцип распределенного управления коммутацией. В БДП выходного порта ММ стирается, но сохраняется копия данных БДП входного порта. Это необходимо для предотвращения сбоев маршрутизации в коммутационном поле станции. Если сбои возникают, то информация о них передается в супервизор для выполнения необходимых коррекций. В БДП выходных портов имеются регистры свободных и занятых ВК. Данные этих регистров используются при необходимости передачи БП по обходному пути в сети, если заняты все ВК в линии прямого направления.

Выше был описан один из возможных способов управления коммутацией на станциях Ш-ЦСИО. Его особенность состоит в том, что он ориентирован на соединение, т.е. все БП одного ВК проходят по одному маршруту от входа до выхода на станции Ш-ЦСИО. Благодаря этому последовательность БП в ВК не нарушается и задержки одинаковы.

Показателями качества коммутационных полей станций Ш-ЦСИО, построенных с использованием схем, подобных приведенной на рис. 19.8, являются:

- а) производительность, определяемая как среднее количество элементов, прошедших через станцию за единицу времени;
- б) нормированная производительность представляет собой отношение производительности к максимально возможной производительности станции при отсутствии конфликтов между БП;
- в) задержка элемента, определяемая как число тактовых интервалов между моментом поступления БП и моментом появления его на выходе.

Нормированная производительность коммутационного поля станции в целом практически не может быть близкой к единице [3].

Свойства коммутационных схем с буферными накопителями БП АТМ позволяют строить коммутаторы БКП станций Ш-ЦСИО, которые могут поддерживать не только все виды интерактивных служб передачи данных, но и службы передачи речи и видеоконференций. В табл. 19.5 даны характеристики центров коммутации пакетов и станций (узлов) БКП. В ней приведены характеристики современных центров КП и станций (узлов) БКП.

Во второй половине 90-х годов XX в. и в первые два года нового века в США, Канаде, Японии, Западной Европе и России созданы магистральные Ш-ЦСИО с технологией АТМ. Для этих сетей ИТУ-Т стандартизовал интерфейс «сеть–сеть», а также рекомендовал к внедрению метод коммутации АТМ, позволяющий обеспечить высокие качественные характеристики коммутационных узлов и сети в целом (скорости до сотен мегабит в секунду и задержки не более 10 мс).

Т а б л и ц а 19.5. **Характеристики старых центров КП и станций БКП**

Характеристика ЦКП	Современный центр КП	Станция (узел) БКП
Структура	Однопроцессорный	Многопроцессорный на базе буферированных схем
Линии магистральной и распределительной сети	Симметричный или коаксиальный кабель	ВОЛС
Производительность	До 10 тыс. пакетов в секунду	Более 50 тыс. «элементов» в секунду при АТМ
Базовая скорость в интерфейсе пользователь–сеть	64 Кбит/с	150 Мбит/с
Виды служб	Узкополосная ПД	Речь, ПД, подвижные изображения
Задержка	50–100 мс	Менее 10 мс
Коррекция ошибок и управление потоками	На канальном уровне	В оконечных пунктах сети (вне транспортной системы для «элементов»)

До конца не решенными остаются еще три проблемы: управление сетью, управление соединениями и построение коммутационных полей станций и узлов. Решение задач управления сетью связано с выбором и обоснованием методов управления ресурсами сети, маршрутизации и межстанционной сигнализации. Сложность решения этих задач связана, в частности, с необходимостью установления многоточечных соединений для вещательных служб. Быстрые изменения топологии и характеристик Ш-ЦСИО требуют создания протоколов, учитывающих эти изменения.

Процессы управления соединениями связаны с производительностью элементов сети. Существующие коммутационные поля коммутаторов АТМ имеют производительность в сотни Мбит/с. Однако скорость передачи информации по ВОЛС может быть на порядок выше.

19.5. Причины и условия перехода к интеллектуальной сети (ИС)

Цель создания ИС. Совершенствование современных сетей электросвязи идет по пути их цифровизации и интеграции все большего количества служб. Эти службы предлагают как обычные (базовые) услуги, так и большое разнообразие дополнительных видов услуг (обслуживания). Пользователям цифровых станций еще не полностью

цифровизованных сетей может быть предложен большой спектр современных услуг, не доступный другим абонентам сети. Переход к цифровой сети позволит охватить новыми услугами всех абонентов. При предоставлении современных услуг требуется весьма сложная обработка запросов, пересылка больших объемов данных с высокой скоростью. Если ресурсы, используемые для предоставления услуг, рассредоточены на многих объектах сети, то это приводит к недопустимым задержкам и искажениям информации при ее многократной пересылке от одной станции к другой [9].

Для преодоления этих недостатков необходимо использовать такую стратегию предоставления многообразных услуг, которая основывается на централизации наиболее сложной обработки данных и на использовании протоколов информационного обмена (X.25, ОКС № 7, АТМ) между элементами сети, гарантирующих высокие скорость и верность передачи информации.

Разработка технологии ИС началась в 1990 г., а первые рекомендации ITU-T, посвященные ИС, утверждены в 1992 г. (*рекомендации Q.1201 – Q.1203*). *Основная цель ИС состоит в быстром, эффективном и экономичном предоставлении информационных услуг массовому пользователю.* Удовлетворение этих требований возможно лишь при построении сетей электросвязи на основе новой концепции, состоящей в том, что *функции предоставления ДВО отделяются от основных услуг.* В традиционных ЦСК эти функции неразрывно связаны.

В соответствии с рекомендациями МСЭ-T [I.211, I.212] вся совокупность услуг, предоставляемых сетью, делится на две группы: *основные услуги* и *дополнительные виды обслуживания*. Основные услуги связаны с процессами установления соединений (при способе коммутации каналов), тарификации, организации виртуальных соединений (при способе коммутации пакетов), передачи пакетов между элементами сети. *Основные услуги, как правило, редко изменяются* и реализуются сетью при обслуживании каждого вызова.

Дополнительные услуги весьма разнообразны. Можно упомянуть, например, такие:

- универсальный номер доступа (УНД);
- персональный номер (ПН);
- «зеленый телефон» (ЗТ).

Услуга УНД предоставляет возможность по единому номеру, закрепляемому, например, за предприятием, фирмой, банком, получить связь с требуемым пользователем. В процессе предоставления этой услуги ИС запрашивает вызывающего абонента о требуемом подразделении, предлагает дополнительно набрать определенное число знаков номера и адресует вызов на свободный телефон (терминал). Вся требуемая для предоставления ДВО информация концентрирует-

ся в сетевых базах данных «интеллектуальной надстройки» коммутируемой сети (в частности, телефонной).

Услуга ПН подобна той, которой пользуются абоненты сетей подвижной связи. Абонент, желающий получить услугу ПН, регистрируется в ИС и получает логический номер, по которому его можно отыскать независимо от того, где он находится. Для этого он, переезжая в другой населенный пункт страны или мира, сообщает ИС номер (или номера) телефона, куда нужно переадресовать все входящие вызовы.

Услуга ЗТ, относящаяся к «службе 800» [1], обеспечивает установление местных и междугородных соединений с поставщиками информации (например, рекламными фирмами) и передачу информации за их счет.

Услуги, относящиеся к ДВО, реализуются только по специальному запросу пользователя. Разные группы пользователей могут получать разные наборы ДВО. Элементом концепции ИС является отделение функций управления основными услугами от управления ДВО.

Несмотря на отставание России в цифровизации первичных и вторичных сетей, проекты реализации ИС создаются с участием Госкомитета по связи и информатизации РФ [1].

Концепция и архитектура ИС. Услуги могут быть отнесены к интеллектуальным, если при их предоставлении требуется использовать большие массивы данных и выполнять сложную обработку. Если при разработке и проектировании аппаратных и программных средств новых услуг не исходить из единой концепции, то затраты на их реализацию будут неоправданно велики. Поэтому современный подход к проектированию аппаратных и программных средств услуг основан на модульном принципе. Сущность его состоит в том, что все процедуры реализации услуг делят на законченные автономные модули услуг – МУ (Service Independent Block, SIB), не зависящие от видов услуг и друг от друга и представляющие собой законченные процедуры обработки запросов. Процедуры обмена между модулями услуг тоже стандартизируют. При таком подходе достаточно большой набор модулей позволяет создавать новые услуги путем сочетания имеющихся МУ и интерфейсных модулей. Программа реализации новой услуги будет простой и не потребует больших затрат. Лишь при проектировании экстраординарной по сложности услуги, реализация которой из имеющихся модулей невозможна, потребуются разработка новых модулей. Описанная концепция проектирования услуг интеллектуальных сетей предполагает использование языков высокого уровня, обеспечивающих уменьшение затрат при вводе новых услуг. Таким образом, вторым элементом концепции ИС – оригинальная методика структурного проектирования и реализации услуг.

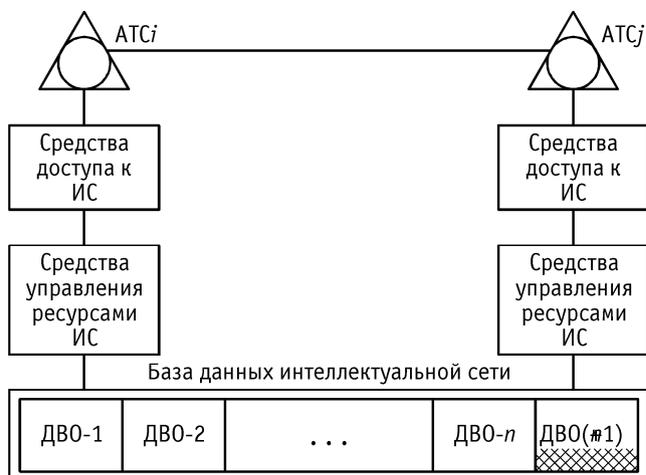


Рис. 19.10. Иллюстрация способа расширения состава ДВО в ИС

Целью создания ИС – интегрирование возможностей средств передачи и обработки данных для предоставления ДВО пользователям на базе традиционных средств телефонных сетей, сетей ПД и ЭВМ. «Интеллект» таких сетей воплощается в скрытом от пользователя механизме выбора и предоставления услуг [10].

Прежняя стратегия ввода новых ДВО основывалась на замене старой (с меньшим набором ДВО) версии ПО на всех узлах сети на новую (с новым набором ДВО). В ИС добавление новых ДВО обеспечивается изменением программных средств в сетевой базе данных (БД) без изменения ПО на станциях и узлах сети. Однако такая индифферентность ПО станций к видам и составу ДВО подразумевает наличие на станциях сети средств доступа к ресурсам ИС, а на одном из уровней распределения ресурсов ИС – средств управления предоставлением ДВО [11–13]. На рис. 19.10 показан пример расширения спектра ДВО в ИС. Для ввода новой услуги (выделено штриховкой) требуются изменения только в БД ИС.

Характерны следующие свойства ИС:

- наличие централизованных баз данных, в которых содержится исчерпывающая информация о сети и ее пользователях;
- доступ к БД с высокой скоростью;
- применение протоколов системы сигнализации № 7 (ОКС № 7) и X.25 для связи разных компонентов сети и сетей друг с другом, обеспечивающих высокую верность обмена информацией;

– простота доступа к службам и БД при оперативном создании и модификации услуг и при предоставлении заказчиком доступа к данным, характеризующим обслуживание их запросов.

Интеллектуальные сети имеют следующие преимущества:

- контроль пользователем тех данных, которые характеризуют все нюансы обслуживания его запроса сетью;
- гибкость управления службами и услугами благодаря централизации данных в БД и высокой скорости обмена информацией в сети;
- упрощенный и оперативный ввод новых служб и услуг благодаря использованию модульного принципа проектирования и реализации новых услуг.

Первой известной интеллектуальной услугой телефонной сети была услуга с индексом 800 (сервис 800), введенной в США компанией AT&T в 1967 г. Эта услуга обеспечивала возможность оплаты за разговор вызываемым абонентом, что оказалось выгодным некоторым фирмам. Предоставление этой услуги массовому пользователю оказалось возможным после ввода АТС с программным управлением. Рекомендации международного союза электросвязи (ITU-T), относящиеся к ИС, содержатся в группе Q.12XX.

Структура интеллектуальной сети иерархичная (рис. 19.11). На одном из уровней этой иерархии размещают средства обработки запросов пользователей и реализации услуг. Такая централизация технологична в том отношении, что позволяет не расплывать ресурсы. Од-

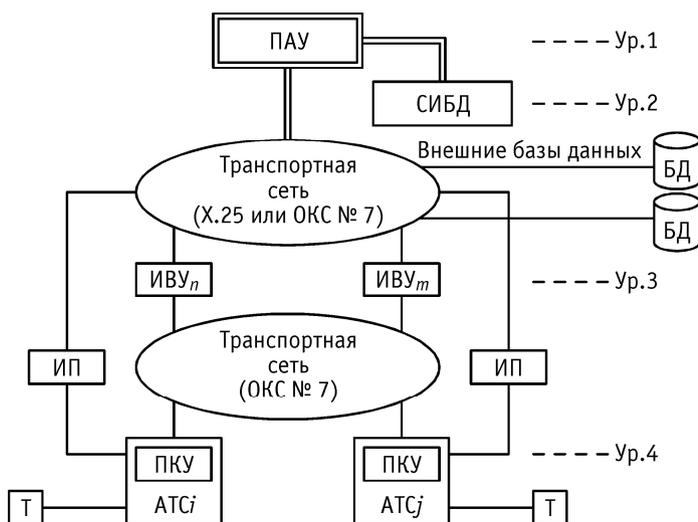


Рис. 19.11. Структура ИС

нако она же требует высокой скорости транспортировки больших массивов данных между объектами разных уровней. Поэтому средства одного из уровней ИС обеспечивают транспортировку сообщений с высокой скоростью и верностью.

Верхний уровень ИС – подсистема административного управления (ПАУ) сетевыми ресурсами (Network Capabilities Manager – NCM). На лежащем ниже уровне находится сетевая информационная база данных – СИБД (Network Information Database – DIN). На следующем уровне функционирует интерпретатор вида услуги – ИВУ (Service Logic Interpreter – SLI). На нижнем уровне находится пункт коммутации услуги – ПКУ (Service Switching Point – SSP).

Функциями ПАУ являются:

- предоставление технических средств эксплуатации и технического обслуживания интерпретаторам видов услуг (дистанционная загрузка программных средств, контроль работоспособности ИВУ, дистанционное восстановление данных и техобслуживание);
- коммерческое управление (предоставление абонентам возможности пользоваться данными одной или нескольких служб).

Подсистема административного управления содержит собственную информационную БД (СИБД) и может вести обмен с внешними БД через сеть коммутации пакетов по протоколу X.25 или по протоколу системы сигнализации № 7 ITU-T. Эта подсистема обеспечивает управление ресурсами сети, необходимыми для предоставления ДВО, интерпретацию вида ДВО. Для связи с ИВУ используется сеть с КП.

В СИБД хранятся многообразные данные (о номерах абонентов, категориях обслуживания, адресах, параметрах маршрута установления соединения и др.) и программы реализации услуг – ПРУ (Service Logical Programs – SLP).

Каждой услуге соответствует своя ПРУ, которая составляется из модулей услуг. Конкретная ПРУ определяет тип и последовательность действий для реализации какой-либо услуги.

Интерпретатор вида услуги выполняет в реальном времени функции обработки запросов для одной или многих служб. Запросы на предоставление услуги поступают в ИВУ от ПКУ. Основная функция ИВУ – контроль реализации протокола услуги, при этом необходим обмен с БД соответствующей службы.

Пункт коммутации услуги распознает запросы на предоставление ДВО по коду (префиксу), набираемому пользователем, и формирует заявки к ИВУ. Средства ПКУ являются ведомыми по отношению к ИВУ. Команды, поступающие от ИВУ, определяют последовательность обработки запроса на предоставление услуги.

Для предоставления ДВО пользователям, независимо от того в какую из станций они включены (к средствам коммутационного узла существующей местной сети общего пользования или ведомственной (частной) сети), необходимо добавить модуль ПКУ. Кроме того, для охвата новыми услугами возможно большего количества пользователей, не являющихся абонентами ЦСИО, необходимы специальные средства взаимодействия с пользователем во время подготовки к предоставлению услуги (например, распознаватели и синтезаторы речи) – так называемая интеллектуальная периферия (ИП).

Если абонент включен в цифровую АТС, то функции ПКУ реализуются на этой же станции. Пользователи могут иметь доступ к ПКУ как с помощью телефонного аппарата, так и с помощью ПЭВМ. Если абонент включен в АТС, где нет ПКУ, то доступ к ИС реализуется по межстанционным каналам, проложенным между данной АТС и узлом сети, где имеется ПКУ.

Аппаратные и программные средства ИС. Для функционирования ИС необходимы специфические аппаратные и программные средства. Аппаратные средства ПКУ и ИВУ представляют собой отдельные стивы с дисковыми накопителями и накопителями на магнитных лентах. В состав аппаратных средств ПАУ входят ЭВМ, терминалы администратора, накопители большой емкости. Программные средства ИС обеспечивают обработку вызовов, требующих предоставления ДВО. Реализация ДВО в реальном времени возможна благодаря высокоскоростному информационному обмену между ПКУ, ИВУ и ПАУ через транспортные сети с КП. На рис. 19.12 показаны средства определения вида ДВО, последовательности действий при предоставлении услуги и контроля необходимых стандартных или специальных операций.

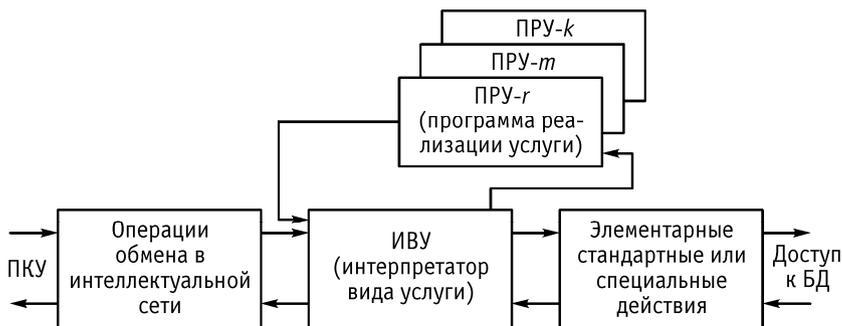


Рис. 19.12. Средства предоставления ДВО

19.6. Услуги ИС

Классификация услуг. Все услуги ИС можно разделить на две группы: *услуги со специальными тарифами и новые ДВО*. Под новыми ДВО нужно понимать такие дополнительные услуги, которые могут предоставляться любому абоненту коммутируемой сети с интеллектуальной надстройкой, а не только абоненту, подключенному к цифровой АТС и имеющему телефонный аппарат с частотным номеронабирателем. Рассмотрим вначале услуги первой группы. Одной из наиболее распространенных услуг ИС первой группы в США и в Западной Европе является услуга ЗТ. Оплата за нее увеличивается по сравнению с оплатой за обычный разговор в течение 2,5 мин примерно на 30 % (оплата начисляется вызываемому абоненту). К этой же группе относятся следующие услуги: 1) услуга с дополнительной оплатой (ДО); 2) услуга с отдельной оплатой (РО); 3) услуга с оплатой по кредитной карте (ОКК); 4) услуга с повышенным тарифом оплаты (ПТО), известная как «Tele Info Service 190».

При предоставлении услуги ДО абоненту начисляется плата как за сеанс связи, так и за объем переданной информации (например, при передаче факсимильных сообщений). Оплата может делиться между абонентами, причем доля, оплачиваемая вызывающим абонентом, определяется администрацией сети в соответствии с заранее достигнутым соглашением с пользователями. Услуга РО обеспечивает возможность абонентам делить оплату за обмен информацией в заданном отношении (например, пополам), определяемом администрацией сети. Услуга с ОКК позволяет оплачивать разговор с любого таксофона путем считывания данных с кредитной карты, при этом происходит погашение определенной суммы либо на кредитной карте, либо со счета в банке. При предоставлении услуги с ПТО администрация гарантирует повышенное качество обслуживания и получение дополнительных возможностей пользователями. Разумеется, абонент должен оплатить эту услугу по повышенному по сравнению с обычным тарифу.

Теперь кратко охарактеризуем следующие новые ДВО, предлагаемые ИС:

- 1) персональный номер (сущность этой услуги была уже описана);
- 2) виртуальная частная (ведомственная) сеть (Virtual Private Network, VPN);
- 3) передача вызова (ПВ) на другой номер сети;
- 4) сбор статистических данных (ССД);
- 5) «следуй за мной»;
- 6) конференц-связь.

Под VPN понимают выделение ресурсов (передачи по линиям и каналам, коммутации на станциях) сети общего пользования и интел-

лектуальной надстройки для реализации всех функций ведомственной сети. При создании *ведомственной виртуальной сети* заказчику не требуется приобретать специальные аппаратные и программные средства для реализации информационного обмена своих пользователей. Достаточно оговорить с администрацией ИС все требуемые услуги и тарифы их оплаты. Особенностью такой сети является то, что пользователи могут быть рассредоточены и включены в разные станции. При этом гарантируется конфиденциальность трафика виртуальной сети. В материалах фирм, предлагающих аппаратные и программные средства для построения ИС, услуга «виртуальная сеть» называется *центрексом обширной зоны*. В процессе проектирования виртуальной сети устанавливаются: план нумерации, приоритеты пользователей, ограничения входящего и исходящего трафика, стратегия управления внутренним трафиком, объем и периодичность измерения трафика, качество обслуживания и другие характеристики.

Услуга ПВ позволяет передать вызов на другой номер сети, если вызываемый абонент занят или долго не отвечает. Услуга ССД обеспечивает сбор и обработку статистических данных об интенсивности нагрузки в заданных направлениях, о качестве обслуживания (по вызовам или по времени), о результатах телеголосования. Полученные данные могут использоваться абонентом и администрацией сети для оптимизации принимаемых решений. Услуга «следуй за мной» обеспечивает переключение входящих вызовов на номер, который указан абонентом при его переходе в другое помещение. Услуга конференц-связь в ИС аналогична ДВО конференц-связь в современной цифровой АТС, отличие состоит в том, что участниками такой связи могут быть любые абоненты сети, а не только абоненты одной АТС.

Информационный обмен в ИС. Процессы предоставления интеллектуальных услуг (ИУ) протекают в разных, рассредоточенных по территории сети, подсистемах ИС, поэтому они должны быть строго согласованы. Потребность в предоставлении ИУ распознается на АТС, где имеется ПКУ, по коду, набираемому пользователем. Запрос предоставления ИУ ПКУ направляет через транспортную сеть в ИВУ. Здесь происходит определение вида ИУ. Если в ИВУ имеется собственная БД, то из нее считываются необходимые данные и ПРУ. Выполнение программы предоставления ИУ в соответствии с ее ПРУ осуществляется на АТС с программным управлением. Если в ИВУ нет собственной БД ИУ, то запрос передается через транспортную сеть во внешнюю БД. Задержка предоставления ИУ существенно зависит от скорости передачи информации между ПКУ и ИВУ и между ИВУ и БД. Поэтому реализация ИС целесообразна на базе ЦСИО, в которой данные, необходимые для предоставления ИУ, передаются между элементами сети со скоростями не ниже, чем 64 Кбит/с.

Как уже упоминалось, каждый вызов, требующий предоставления ИУ, опознается в ПКУ. Здесь генерируется отчет со всеми параметрами вызова. Отчет в виде сообщения передается через сеть сигнализации (по протоколу ОКС № 7) интерпретатору вида услуги, и проверяется возможность реализации услуги путем посылки запроса через транспортную сеть в ПАУ. В соответствии с требуемым видом услуги выполняется поиск ПРУ и сопровождающих данных в СИБД или во внешней БД. Интерпретатор вида услуги получает подтверждение о реализуемости запрошенной услуги и начинает контроль ее реализации путем обмена в реальном времени с ПКУ. Информационный обмен между ПКУ, ИВУ и ПАУ не требует специальных каналов (эти объекты ИС являются узлами транспортной сети) и установления соединений и относится к транзакционному типу обмена в сети с коммутацией пакетов. Транзакция (Transaction) – это одноразовая обработка запроса, предполагающая передачу ответа источнику запроса о полученном результате. Каждый ПКУ обычно адресует запросы к одному ИВУ, последний может поддерживать несколько ИУ. Один ПАУ тоже может поддерживать несколько ИУ. В целях уменьшения задержки ресурсы для реализации конкретной ИУ предоставляются только одним ПАУ, если на сети их несколько.

Предоставление ИУ в ИС. Рассмотрим процесс предоставления ИУ на примере услуги «зеленый телефон» (напомним, что оплата за обмен в этом случае возлагается на вызываемого абонента). На рис. 19.13 показан обмен между уровнями ИС при предоставлении данной услуги.

Пусть абонент А, являющийся пользователем цифровой АТС, просит предоставить услугу «зеленый телефон» путем набора номера 800-2345678. На этой АТС модуль ПКУ определяет по коду 800 требование на ИУ и передает запрос в ИВУ через сеть сигнализации. Запрос от ПКУ интерпретируется в ИВУ по *логическому номеру заказанной услуги 2345678* как заявка на оплату разговора за счет вызываемого абонента.

Частная фирма, абонент или государственная организация по согласованию с администрацией сети получают логический номер, который заносится в СИБД. Ему ставится в соответствие определенный набор номеров телефонов, к которым может быть установлено соединение при реализации данной услуги. В приведенном примере логическому номеру 2345678 сопоставлен физический сетевой номер телефона абонента Б: 6-54-32-10. Если в пункте, где находится ИВУ, нет требуемой БД с необходимыми данными, то здесь формируется запрос для считывания данных из СИБД. Этот запрос передается через сеть сигнализации. Обмен с СИБД относится к типу транзакции. До завершения ориентирования в ИС по поводу всех деталей предоставления ИУ абонент ожидает начала обслуживания, получая соответствующий оповещающий сигнал. Система управления СИБД обеспечивает считывание физического сетевого номера абонента Б. Пусть результатом

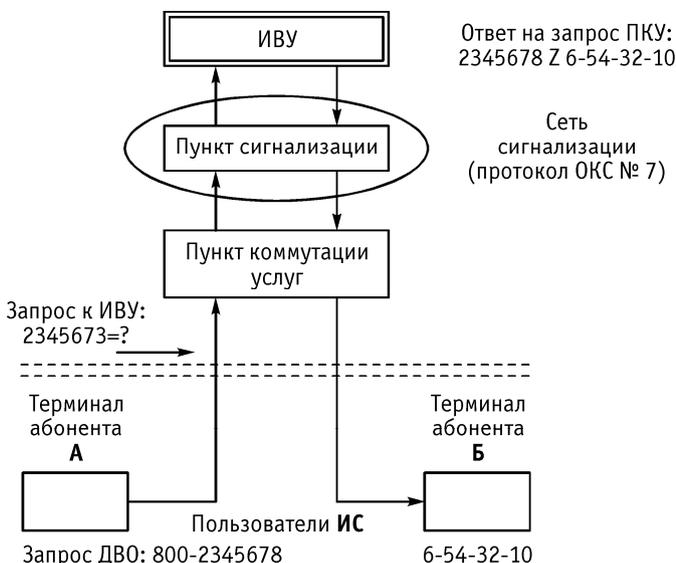


Рис. 19.13. Иллюстрация обмена в ИС при предоставлении ДВО

пересчета логического номера 2345678 в физический будет номер абонента Б: 6-54-32-10. Сообщение об этом номере и ПРУ передаются из СИБД в ИВУ и далее в ПКУ на АТС к которой подключен абонент А. Здесь будет установлено соединение с абонентом Б с помощью стандартных средств и протоколов коммутируемой сети, а программа реализации услуги позволит начислить оплату за ИУ абоненту Б.

Достоинства ИС – оперативность ввода новых услуг без модификации основных программных средств станций, повышение качества предоставляемых услуг, повышение эффективности использования сетевых ресурсов.

Сегодня термины У-ЦСИО, Ш-ЦСИО и интеллектуальные сети встречаются в технической литературе все реже. Однако «из песни слово не выкинешь». Это были этапы, без которых не было бы сетей следующего поколения (Next Generation Network, NGN) и архитектуры IMS (Internet Multimedia Sybsystem), которые рассмотрены в 3 томе пособия, а подход компании «Iskratel» к переходу к IMS приведен в приложении 2 к первому тому настоящего пособия.

Контрольные вопросы

1. В чем состоят отличия транспортных систем узкополосной и широкополосной ЦСИО?

2. Благодаря чему обеспечивается в Ш-ЦСИО уменьшение задержки пакетов, коэффициента ошибок и упрощение протоколов сетевого уровня?
3. Назовите параметры, которые характеризуют службы электросвязи.
4. Влияет ли величина параметра пачечности на выбор метода коммутации для конкретной службы электросвязи?
5. Какая из известных вам служб электросвязи предъявляет наиболее жесткие требования к допустимой задержке сообщений от абонента до абонента?
6. Какая из известных вам служб электросвязи требует наибольшей скорости передачи сообщений по каналам сети?
7. Каковы основные отличия широкополосной ЦСИО от узкополосной?
8. Поясните возможности использования каналов типов Н12 и Н4 для передачи информации в широкополосной ЦСИО.
9. Какие задачи необходимо решить для перехода от узкополосной к широкополосной ЦСИО?
10. Сформулируйте требования, предъявляемые к коммутационным полям станций и узлов в Ш-ЦСИО.
11. Назовите и охарактеризуйте известные вам способы коммутации, использование которых позволяет динамически распределять сетевые ресурсы в Ш-ЦСИО.
12. Охарактеризуйте достоинства и недостатки известных вам способов коммутации, рекомендуемых для использования в Ш-ЦСИО.
13. Применение какого из способов коммутации (БКК или БКП) обеспечивает большую гибкость при перегрузках в Ш-ЦСИО?
14. Каковы причины перехода к ИС?
15. Назовите обязательные условия перехода к ИС.
16. В чем состоит отличие ДВО от основных услуг, предоставляемых цифровой сетью?
17. Приведите примеры ДВО, предоставляемых ИС.
18. В чем состоит современный подход к проектированию и реализации новых услуг ИС?
19. Охарактеризуйте свойства ИС.
20. Каковы преимущества ИС?
21. Охарактеризуйте функции подсистемы административного управления ИС.
22. Каковы функции интерпретатора вида услуги?
23. Каковы функции пункта коммутации услуги?
24. В чем состоит отличие услуг ИС от услуг, предоставляемых цифровой АТС своим абонентам?
25. Охарактеризуйте требования, предъявляемые к процессу обмена информацией между объектами ИС с целью предоставления ДВО.
26. Каковы функции транспортной подсистемы ИС в процессе предоставления ДВО?
27. Проиллюстрируйте обмен информацией между объектами ИС при предоставлении услуги «зеленый телефон».
28. Чем отличается ведомственная виртуальная сеть в ИС от современной ведомственной телефонной сети?

Список литературы

1. **Концепция** развития связи Российской Федерации / Под ред. В.Б. Булгака, Л.Е. Варакина. – М.: Радио и связь, 1995. – 224 с.

2. **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Построение сетей интегрального обслуживания. – М.: Машиностроение, 1990. – 332 с.
3. **Итоги науки и техники.** – М.: ВИНТИ, 1990. – 230 с. – (Сер. Связь; Т. 5: Цифровые сети интегрального обслуживания).
4. **Протоколы** информационно-вычислительных сетей: Справочник / Под ред. И.А. Мизина, А.П. Кулешова. – М.: Радио и связь, 1990. – 503 с.
5. **Итоги науки и техники.** – М.: ВИНТИ, 1986. – 311 с. – (Сер. Электросвязь; Т. 16).
6. **Шварцман В.О.** Алгоритмы коммутации. Диалектика развития // Электросвязь. – 1994. – № 11.
7. **МККТТ.** Синяя книга. ЦСИО. Общая структура, услуги и возможности обслуживания. Рекомендации I.110–I.257. IX Пленарная Ассамблея. – Мельбурн, 1988. – Т. III, вып. III.7.
8. **Филюшин Ю.И.** Асинхронный режим передачи и принципы построения узлов быстрой коммутации пакетов // Электросвязь. – 1991. – № 9.
9. **Самуйлов К.Е., Филюшин Ю.И.** Оценка среднего значения времени установления соединения для услуг интеллектуальной сети связи // Электросвязь. – 1996. – № 6.
10. **Гайкович Ю.В.** Интеллектуальные сети – проблемы и перспективы // Электросвязь. – 1993. – № 12.
11. **Кучерявый А.Е.** Функциональная архитектура систем коммутации 90-х годов // Электросвязь. – 1996. – № 9.
12. **Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В., Фомичев С.М.** Интеллектуальные сети связи. – М.: Эко-Трендз, 2000. – 205 с.
13. **Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д.** Интеллектуальные сети // М.: Радио и связь, 2005. – 502 с.

Глава 20. Система межстанционной сигнализации по общему каналу в ЦСИО

20.1. Понятие об общем канале сигнализации

Известны два способа сигнализации при обмене управляющих устройств сигналами внутри одной либо разных станций сети: 1) децентрализованный, 2) централизованный.

Децентрализованный способ используется на электромеханических отечественных АТС и на сетях с такими станциями. Кроме того, его применяют для передачи служебной информации внутри цифровых АТС (ЦАТС) и при межстанционной связи ЦАТС с малым числом линий в пучках.

При централизованной сигнализации применяется групповой сигнальный канал, или общий канал сигнализации (ОКС).

ОКС – это цифровой канал связи между двумя управляющими устройствами станций или узлов сети электросвязи с КК, предназначенный для обмена сигнальными сообщениями.

Первоначально ОКС предназначался только для обмена сообщениями сигнализации в телефонных сетях. В настоящее время в ОКС могут также передаваться данные пользователей в пакетной форме, информация телеметрии, данные в процессе предоставления интеллектуальных услуг и в целях технической эксплуатации. Эти данные должны передаваться с более низким приоритетом, чем данные сигнализации. К ОКС должны иметь доступ все пользователи сети, которые требуют услуги коммутации каналов. С помощью программно-аппаратных средств ОКС реализуются следующие функции: выбор маршрута передачи сигнальной информации, защита от ошибок, предотвращение пропаданий, удвоений и столкновений кадров, управление трафиком сигнализации, управление каналом.

В ОКС передаются сигналы *управления (регистровые), линейные и информационные* для пучка линий (каналов), предназначенных для пересылки речевой информации или данных. Разумеется, речь идет о пучках линий или каналов цифровых систем передачи, которые коммутируются на станциях в режиме коммутации каналов.

В ОКС может передаваться и другая информация [1, 2]:

- управления сетью сигнализации;
- испытания правильности функционирования каналов сети сигнализации;
- данные об учете стоимости разговоров;

- данные о нагрузке каналов сети сигнализации и каналов передачи речи и данных;
- данные из сетевых БД.

Общий канал сигнализации может использовать следующие физические среды:

- физические линии кабелей;
- стандартные каналы систем передачи типа ИКМ;
- стандартные каналы аналоговых систем передачи.

Преимущества, получаемые при применении ОКС [3]:

- 1) состав сигналов практически не ограничен;
- 2) уменьшается время установления соединения благодаря высокой скорости передачи информации (от 2400 до 64000 бит/с);
- 3) исключается влияние сигналов речи и данных на передачу сигнальной информации;
- 4) уменьшается объем аппаратных средств станций, так как отпадает необходимость в использовании согласующих устройств – линейных комплектов;
- 5) повышается верность передачи сообщений благодаря применению помехозащищенного кодирования, решающей обратной связи и повторения информации.

Использование ОКС предпочтительно по сравнению с децентрализованной сигнализацией уже при закреплении за ним 60 каналов передачи речи (или данных) на местных сетях.

Для получения этих преимуществ при создании ОКС необходимо было решить следующие задачи:

- оптимизировать задержку сообщений из-за ожидания передачи в очереди;
- обеспечить высокую надежность ОКС и всей сети сигнализации;
- обеспечить проверку разговорного тракта до его предоставления пользователю.

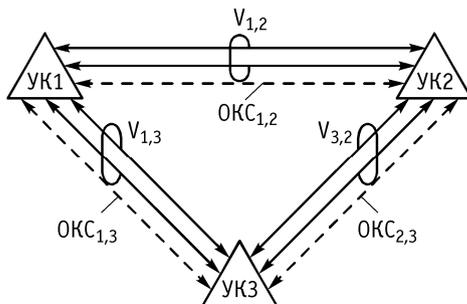


Рис. 20.1. Схема построения сигнальной сети по связанному способу

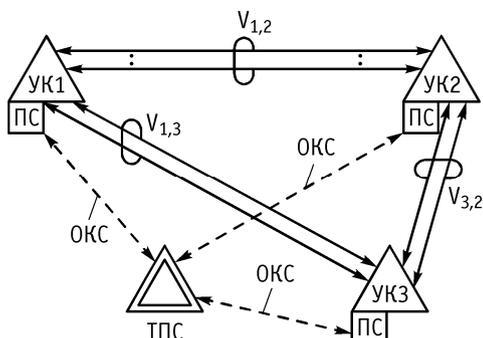


Рис. 20.2. Схема построения сигнальной сети по несвязанному способу

Сеть сигнализации (СС) может быть построена по одному из двух способов: связанному и несвязанному.

Сущность первого способа состоит в том, что конфигурация сигнальной сети и сети каналов передачи речи и данных совпадают (рис. 20.1). При использовании несвязанного способа конфигурации СС и сети каналов передачи речи и данных либо лишь частично совпадают, либо полностью не совпадают (рис. 20.2, где ПС – пункт сигнализации).

В большинстве случаев на первом этапе перехода к централизованной сигнализации сеть сигнализации строят по первому способу.

Краткие сведения об общеканальной системе сигнализации.

До 1981 г. действовали рекомендации ИТУ-Т о применении для международных сетей системы сигнализации № 6. В 1981 г. ИТУ-Т принял новые Рекомендации Q.701–Q.741, регламентирующие применение на международных сетях новой системы сигнализации ОКС № 7. Эта система может использоваться на сети сигнализации, организованной по каналам систем передачи с ИКМ, по каналам аналоговых систем передачи или физическим линиям. Система сигнализации № 7 (или сокращенно – ОКС № 7) предназначена для использования в цифровых сетях связи (в У-ЦСИО, Ш-ЦСИО, в сотовых сетях и сетях передачи данных с коммутацией каналов).

По ОКС сигналы передаются в виде пакетов. Это означает, что в пунктах сигнализации (ПС) и в каналах сети сигнализации используются методы пакетной коммутации. Информация в звеньях сигнальной сети передается кадрами, называемыми сигнальными единицами (СЕ). Эти СЕ имеют разное назначение и переменную длину. Сигнальная единица может содержать следующую информацию:

1) адресную, говорящую о направлении и конечном пункте передачи;

2) данные о номерах пучка и информационного канала в пучке, за которым закреплено сигнальное сообщение пользователя;

3) информацию для контроля состояния сигнальной сети и управления ею;

4) сигнальную информацию, относящуюся к этапам соединения или разъединения;

5) информацию для обнаружения ошибок в передаче.

Сообщение сигнализации может передаваться с помощью нескольких СЕ. Сигнальная сеть, работающая по протоколу ОКС № 7, может использоваться как транспортное средство для передачи различных видов информации: сигнальной, обмена между ЭВМ, пунктами сети передачи данных, узлами коммутации телефонных сетей, элементами интеллектуальной сети. Система сигнализации № 7 может функционировать как по цифровым, так и по аналоговым системам передачи с различными скоростями (от 64 Кбит/с и ниже). Система сигнализации № 7 обеспечивает высокую верность передачи данных, устранение *удвоений, пропаданий и ссызаний* сигнальных единиц. Сигнальные единицы имеют различные назначение и длину. Длина СЕ выражается в байтах. В ОКС № 7 используются три типа СЕ:

1) значащие СЕ (ЗНСЕ), их длина может быть от 3 байтов и выше (в национальных сигнальных сетях до 279 байтов);

2) СЕ состояния звена сигнализации (СЗСЕ), используемые для индикации состояния оконечных устройств звена сигнализации, их длина равна 1 или 2 байтам;

3) заполняющие СЕ (ЗПСЕ), которые имеют нулевую длину, т.е. в них нет значимой для пользователей сети информации.

ЗНСЕ несут сигнальную информацию (СИ), обеспечивающую процесс соединения и разъединения каналов, используемых для передачи речевой информации и данных между пользователями цифровой сети (оконечным оборудованием данных (ООД)). СЗСЕ применяется для контроля и управления звеном сигнализации (ввод в работу после включения питания аппаратных средств и восстановление состояния звена сигнализации после устранения отказа). Данные о состоянии звена сигнализации передаются в поле состояния (ПСО) СЗСЕ, которое может иметь длину 1 или 2 байта. ЗПСЕ используются для передачи квитанций с подтверждением безошибочного приема ЗНСЕ, переспроса неправильно переданных СЕ или в случае отсутствия заявок на передачу ЗНСЕ. Форматы ЗНСЕ и СЗСЕ приведены на рис. 20.3.

Система сигнализации № 7 должна обеспечить надежную доставку информации по сигнальной сети. Основное требование к сигнальной сети – передача правильной последовательности СЕ с заданной достоверностью. Эти функции реализуются на 2-м (канальном) уровне

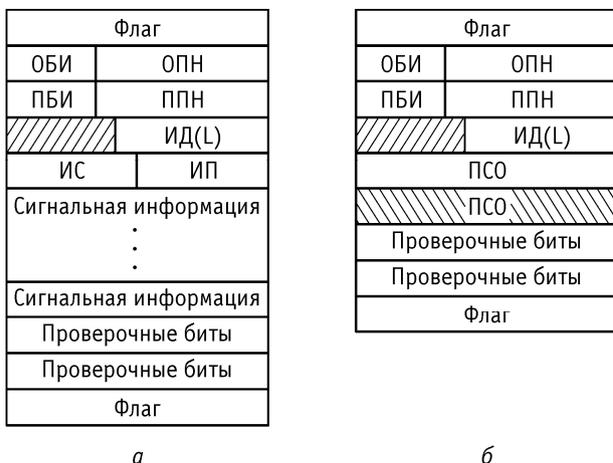


Рис. 20.3. Форматы ЗНСЕ (а), СЗСЕ (б) в ОКС № 7

четырёхуровневой протокольной модели системы сигнализации № 7 (о структуре протокольной модели ОКС № 7 см. ниже).

Любая СЕ начинается с флага, сообщение считается неоконченным до появления нового флага. Ложные флаги в информационной последовательности устраняются путем добавления в передаваемую последовательность нуля после каждых пяти единиц. На приемной стороне такой дополнительный ноль убирается из принятой последовательности.

Обратный (ОПН), прямой (ППН) порядковые номера, прямой (ПБИ) и обратный (ОБИ) биты – индикаторы используются для обеспечения правильной последовательности СЕ и подтверждения правильности приема.

В четвертом байте (индикаторе длины ИД) передается информация о длине сообщения. Длина сообщения пользователя измеряется в байтах и отсчитывается, начиная от следующего за ИД байта до младшего байта проверочных битов. В национальных сетях могут использоваться все биты 4-го байта, а в международных – рекомендуется использовать 6 битов (т.е. длина сообщения не превышает 63 байтов).

В пятом байте ЗНСЕ (байте служебной информации – БСИ) имеется два поля: индикатор сети (ИС) и индикатор пользователя (ИП). Индикатор пользователя определяет вид сигнальной информации. Например, код ИП = 0100 обозначает то, что передается сообщение для пользователя телефонной сети; код ИП = 0110 (или 0111) – для пользователя сети ПД с коммутацией каналов. Индикатор

сети определяет тип сети, с которой необходим обмен. Например, ИС = 1000 – междугородное сообщение национальной сигнальной сети; ИС = 0000 – международное сигнальное сообщение; ИС = 1100 – сообщение зоновой или местной сети. Структура сигнальной информации (СИ) специфична для каждой подсистемы пользователей. В СЗСЕ нет поля СИ, но имеется *поле состояния* ПСО. Если индикатор длины ИД в СЗСЕ равен 1, то ПСО состоит из 1 байта, если же ИД = 2, то длина ПСО равна 2 байтам. В настоящее время ИТУ-Т специфицировал формат однобайтового ПСО. Для индикации состояния звена сигнализации используются только три младших бита в ПСО. Индикация состояния оконечного устройства звена сигнализации необходима, в частности, при вхождении в связь, когда следует оповестить оконечное устройство удаленной стороны ОКС о начале той или иной фазы этого процесса. Необходимо также сообщать удаленной стороне об отключении процессора, реализующего функции сетевого уровня ОКС № 7, и о ручной блокировке данного оконечного устройства звена сигнализации [1]. Заполняющие СЕ не содержат сигнальной информации и информации управления звеном сигнализации и передаются в тех случаях, когда нет ЗНСЕ в буфере передачи и нет заявок на передачу ЗНСЕ, содержащих информацию управления сетью сигнализации. Передача ЗПСЕ позволяет оперативно контролировать работоспособность звена сигнализации при отсутствии пользовательского сигнального трафика. Последние два байта перед закрывающим флагом являются проверочными. Сообщения по сигнальной сети передаются с помощью программно-аппаратных средств, функции которых разделены на четыре уровня:

- физический двусторонний тракт передачи данных, образованный каналом цифровой системы передачи (1-й уровень);
- звено ОКС, обеспечивающее управление передачей и приемом СЕ, защиту ошибок (2-й уровень);
- система управления распределением сообщений по выбранному маршруту, переключения на резервные звенья и маршруты, контроля перегрузки звеньев ОКС (3-й уровень). Средства этого уровня управляют работой нескольких звеньев 2-го уровня;
- пользовательский (пользователи телефонной сети, сети ПД, ЦСИО и др.).

На рис. 20.4 приведена схема взаимосвязи протокольных моделей взаимодействия открытых систем (ВОС) и системы сигнализации № 7 в ЦСИО. На этом рисунке показаны: состав протоколов доступа к сети, состав сетевых протоколов модели ВОС и ОКС № 7, передача информации по каналам типа «В» и типа «D» (пунктирные линии).

Отметим, что протоколы ОКС № 7 охватывают не все функции протокола канала «D» (Рекомендация X.25 ИТУ-Т), так как были ориентированы для применения на телефонных сетях. Поэтому к про-

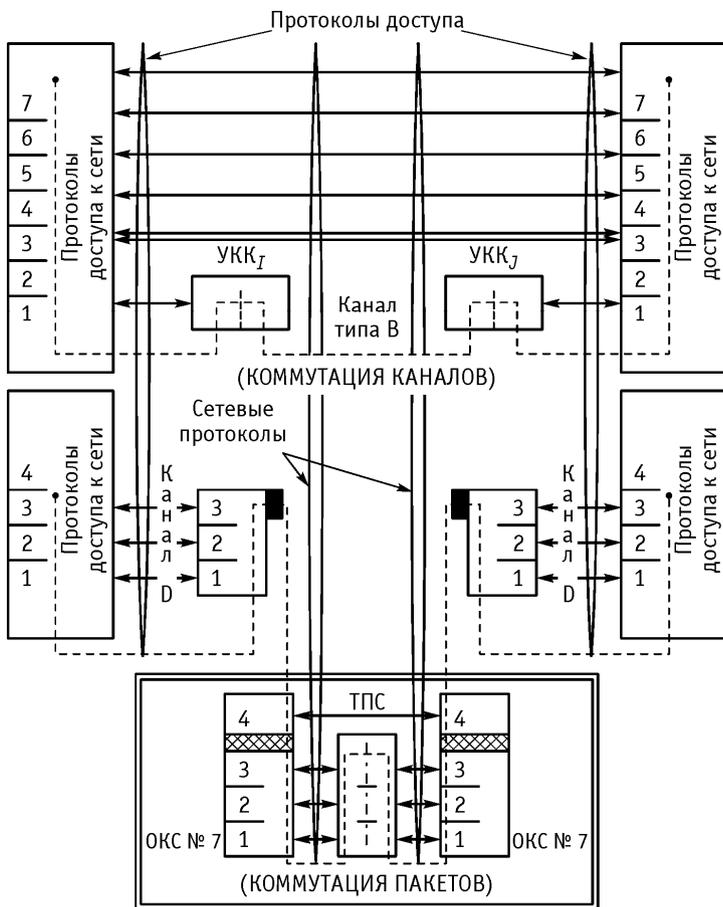


Рис. 20.4. Взаимосвязь протокольных моделей взаимодействия удаленных объектов и системы сигнализации № 7

граммному обеспечению сетевого уровня (3) канала «D» на узлах коммутации добавляют программный модуль (заштрихованный участок на рис. 20.4), реализующий недостающие функции протоколов ОКС № 7. Добавочные модули программного обеспечения УКК позволяют приблизить сервис ОКС № 7 к сервису канала «D».

Для того чтобы в ЦСИО создавать и разрушать соединения каналов «В», предоставлять пользователям услуги различных служб, УКК должны обмениваться информацией сигнализации. Этот обмен реализуется с помощью средств централизованной системы сигнализа-

ции № 7 ITU-T. *Информация сигнализации полностью отделяется от информации, передаваемой по каналам «В» между пользователями. Такое разделение позволяет исключить их взаимное негативное влияние.*

Достоинства и функционирование общеканальной сигнализации будут более подробно рассмотрены в п. 20.2. Здесь же лишь отметим, что взаимодействие сетей сигнализации и сети информационных каналов пользователей происходит в процессе соединения информационных каналов по частям (от звена к звену). Если необходимо установить соединение канала «В» в интерфейсе «пользователь–сеть» с межстанционным каналом «В», то управляющая система УКК формирует и передает в сигнальную сеть сообщения для управления коммутацией на УКК. Доступ устройств пользователей ЦСИО к сети обеспечивается с помощью протоколов, определяемых эталонной семиуровневой моделью взаимодействия открытых систем (ВОС).

Управление передачей сообщений в сети каналов передачи информации пользователей и в сигнальной сети описывается сетевыми протоколами. Необходимые скорость и верность передачи сигнальной информации в сигнальной сети обеспечиваются благодаря использованию пакетного способа передачи и коммутации.

20.2. Протоколы системы сигнализации № 7 ITU-T

Протоколы системы сигнализации № 7 строятся в соответствии с эталонной моделью ВОС. Различают: протоколы (подсистемы), ориентированные на пользователей (верхний уровень архитектуры); протоколы (подсистемы) передачи сообщений (нижний уровень).

В подсистему пользователей могут входить следующие объекты:

- 1) подсистема пользователей телефонии;
- 2) подсистемы пользователей услуг передачи данных с коммутацией каналов;
- 3) подсистемы пользователей ЦСИО (предоставление услуг передачи речи, данных, изображений);
- 4) подсистемы пользователей услуг технического обслуживания (ТО), технической эксплуатации и административного управления (АУ).

Подсистема передачи сообщений (ППС) предоставляет услуги подсистеме пользователей, по доставке информации в сети без соединений (подобно датаграммному способу в сетях передачи данных). Эти протоколы обеспечивают упорядоченную последовательность передачи сообщений в соответствии с эталонной моделью ВОС. Протокольная модель ОКС № 7 является четырехуровневой (рис. 20.5). Подсистема пользователей ЦСИО не требует *услуг предоставления, сеанса и транспорта* (требования пользователей ЦСИО

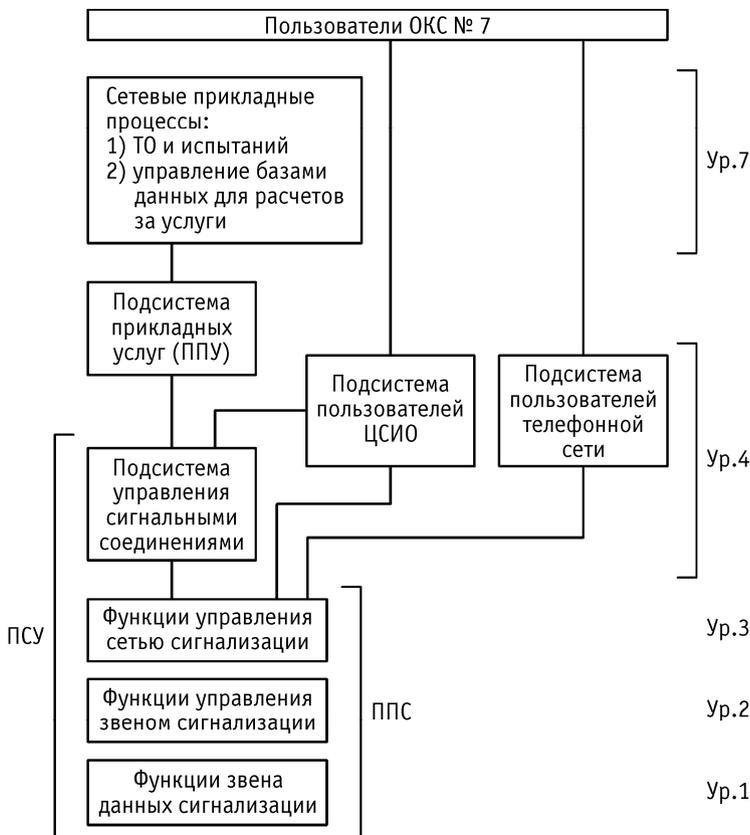


Рис. 20.5. Протокольная модель ОКС № 7

по передаче сообщений сигнализации отражены в памяти данных управляющей системы УКК, средства общеканальной сигнализации имеют непосредственный доступ к этим данным). Другие подсистемы пользователей, требующие услуг представления, сеанса и транспорта, используют подсистему прикладных услуг (ППУ). На каком бы уровне не находилась конкретная подсистема пользователей, она получает услуги по прозрачной передаче данных от ППС. Любой подсистеме пользователей соответствует своя система процедур сигнализации (например, для пользователей телефонных сетей характерны процедуры установления и разъединения соединений).

Если пользователи требуют установления виртуального соединения для доставки пакетов по способу «из конца в конец», то эту услугу предоставляет подсистема сетевых услуг (ПСУ). В состав этой

подсистемы входят подсистема управления сигнальным соединением (ПУСС) и ППС.

Функции ППС таковы:

1) протоколы сетевого (3-го) уровня обеспечивают распределение сообщений и управление сетью сигнализации;

2) протоколы канального (2-го) уровня обеспечивают управление передачей сообщений между двумя пунктами сигнализации. Здесь формируется кадр определенного формата (сигнальная единица);

3) протоколы физического (1-го) уровня обеспечивают управление передачей и приемом битов информации по тракту передачи данных (определение моментов начала и окончания физического соединения, передача блоков данных по физическому каналу, управление каналом).

Связь между двумя концами канала по своей природе асинхронна. Для регулирования правильного взаимодействия двух концов ОКС необходимо обеспечить следующие меры:

1) СЕ, принятые с ошибками, должны быть опознаны;

2) процедура подтверждения должна указывать, приняты ли СЕ правильно;

3) СЕ должны быть пронумерованы для правильной доставки информации на смежный вышестоящий уровень;

4) во всех СЕ должна содержаться фазирующая информация.

Для реализации этих мер в СЕ добавляют управляющие поля (ППН, ОПН, ПБИ, ОБИ).

Сигнальные сообщения создаются верхними уровнями ОКС № 7. Они передаются далее на сетевой (3-й) и далее на канальный (2-й) уровни [1]. В составе СЕ содержится следующая информация:

– сигнальная, полученная от верхнего (4-го пользовательского) уровня;

– информация управления передачей, предназначенная для нормального функционирования звеньев сигнализации.

Функции 3-го уровня делятся на две группы (рис. 20.6):

1) обработка сигнальных сообщений;

2) управление сетью сигнализации.

В процессе обработки сигнальных сообщений на 3-м уровне реализуются функции маршрутизации, классификации, распределения. *Маршрутизация* – это функции выбора исходящего направления и звена в нем для каждого сообщения.

Классификация (селекция, выделение) сообщений необходима для идентификации пункта назначения сообщения. Если пункт назначения, указанный в принятом сигнальном сообщении, находится на рассматриваемой ЦАТС сети, то принятое сообщение подлежит передаче к подсистеме пользователя (уровень 4). Если сообщение не относится к данному пункту, то для него необходимо выбрать маршрут передачи.

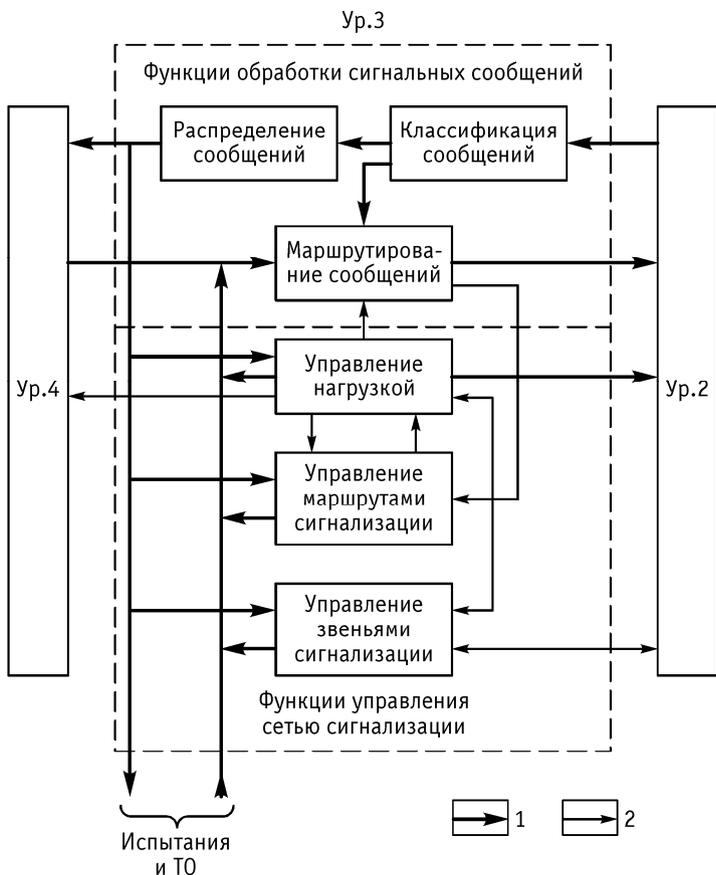


Рис. 20.6. Функции сетевого уровня ОКС № 7:

1 – потоки сигнальных сообщений; 2 – управление, индикация

Распределение сообщений необходимо для доставки данного сообщения определенной подсистеме пользователей (на 4-м уровне может быть несколько подсистем пользователей: ЦСИО, аналоговой или аналого-цифровой телефонной сети, сети ПД с КК, сети связи с подвижными объектами и др.).

На 3-м уровне объединяются звенья сигнализации, образуя подсистему передачи сообщений. Управление сетью сигнализации состоит в управлении нагрузкой и реконфигурацией сети при перегрузке и повреждениях ее элементов. Под реконфигурацией сети подразумевается преобразование маршрута потока сообщений,

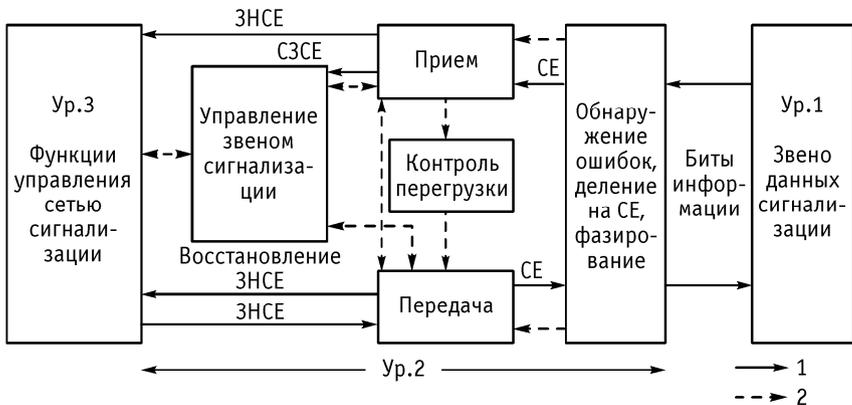


Рис. 20.7. Функции протоколов звена сигнализации ОКС № 7:

1 – потоки сигнальных сообщений; 2 – управление, индикация

обеспечивающего обход неисправного или перегруженного элемента сети.

В процессе управления сетью сигнализации реализуются функции управления нагрузкой, маршрутами и звеньями сигнализации. Под *управлением нагрузкой сигнализации* понимают ограничение потоков сообщений для предотвращения перегрузки направлений, звеньев и пунктов сети сигнализации.

Под *управлением маршрутами сигнализации* подразумевают выбор маршрута для сообщения по какому-либо критерию (например, по кратчайшему пути, по наименьшей нагрузке).

Под *управлением звеньями сигнализации* понимают переключение передачи сообщения на резервное звено, например между двумя рассматриваемыми пунктами сети сигнализации. Как было показано ранее, с помощью ППС в ОКС № 7 обеспечивается управление передачей сообщений между двумя пунктами сигнализации (способ от «звена к звену»). Функции защиты от ошибок в процессе доставки сигнальных сообщений реализуются протоколами канального (2-го) уровня (в терминах ИТУ-Т – протоколами звена сигнализации).

Функции протоколов звена сигнализации ОКС № 7 таковы (рис. 20.7):

- 1) разделение CE с помощью флагов;
- 2) защита от ложных флагов;
- 3) защита от ошибок вставлением проверочных битов;
- 4) защита от ошибок путем повторной передачи CE;
- 5) обеспечение порядка следования путем нумерации CE в цикле;

- 6) сохранение порядка следования СЕ с помощью обмена подтверждениями о номере принятой СЕ;
- 7) контроль коэффициента ошибок для обнаружения неисправностей звена сигнализации;
- 8) контроль перегрузки звена сигнализации.

20.3. Способы защиты от ошибок в ОКС № 7

Известно несколько способов организации процесса обнаружения и исправления ошибок при пакетной передаче [4, 5]:

1) добавление в поле проверочных битов достаточного числа рядов для исправления заданного количества ошибок (этот способ в У-ЦСИО не используется из-за того, что для заданного качества исправления ошибок требуется слишком большое количество проверочных битов, что снижает производительность ОКС до неприемлемой величины);

2) обнаружение и исправление ошибок с помощью переспроса (с автоматическим запросом повторения – АЗП), т.е. с использованием решающей обратной связи.

Известно несколько вариантов второго способа:

а) принятый кадр (кадром называют объединение пакета данных и управляющего поля канального уровня) подтверждается специальным кадром подтверждения (симплексный режим работы ОКС);

б) подтверждение вставляется в управляющее поле кадров, которые тоже несут данные в обратном направлении (дуплексный режим работы ОКС; такой вариант предполагает использование также специальных кадров подтверждения, если на соответствующей стороне звена сигнализации нет заявок на передачу данных);

в) выдача на передающую сторону только «отрицательного подтверждения» в случае приема кадра с ошибкой;

г) выдача на передающую сторону только «положительного подтверждения» в случае приема кадра без ошибок (кадры с ошибками стираются).

При выборе любого из этих способов обязательны перерывы в передаче кадров, чтобы избежать перегрузки ОКС.

Поэтому на время перерыва в передаче необходимо сохранять кадры в буферной памяти передающей стороны ОКС до получения подтверждения о приеме без ошибок.

В сетях ПД с пакетной коммутацией находят применение три способа формирования реакции передающей стороны на «положительные» и «отрицательные подтверждения»:

- 1) протокол с остановками и ожиданием (ПОО);
- 2) протокол повторной передачи с N возвращениями, или непрерывная передача (НП);

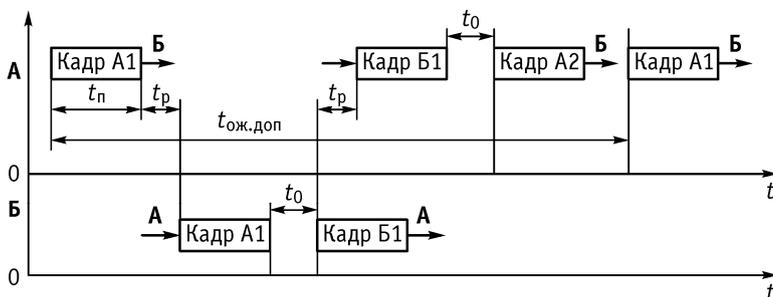


Рис. 20.8. Временная диаграмма обмена кадрами для протокола ПОО:

t_n – время передачи кадра; t_p – время распространения сигнала в ОКС; t_0 – время обработки принятого кадра; $T_{\text{ож.доп}}$ – допустимое время ожидания подтверждения

3) процедура выборочного повторения (ПВП).

В случае использования ПОО после передачи очередного кадра передающая сторона звена сигнализации ждет подтверждения. Повторная передача кадра будет выполнена после приема запроса повтора (отрицательное подтверждение) либо после истечения заданного времени ожидания. Стирание данного кадра из буферной памяти передающей стороны происходит только после приема положительного подтверждения. На рис. 20.8 приведена временная диаграмма обмена кадрами при ПОО.

Такой протокол используется при полудуплексной передаче, когда стороны А и Б попеременно используют ОКС для передачи кадров. Применение протокола ПОО для полного дуплекса (независимая передача в обоих направлениях) резко снижает производительность ОКС, если $t_p > t_n$ (t_p – среднее время распространения сигнала, t_n – среднее время передачи СЕ). Его можно использовать в случае пренебрежимо малого времени распространения сигнала по физическому каналу (это характерно для коротких линий и низкой скорости передачи).

В случае НП кадры передаются непрерывно (если они хранятся в буфере) каждый со своим порядковым номером, не ожидая подтверждения (рис. 20.9). Устанавливается определенное допустимое время получения подтверждения на стороне А ($T_{\text{ож.доп}}$).

Если после передачи некоторого кадра истекло время $T_{\text{ож.доп}}$, то сторона А повторно передает неподтвержденный кадр и все другие, за ним следовавшие.

В реальных системах могут использоваться и не показанные на рис. 20.8 и рис. 20.9 варианты, например, положительное под-

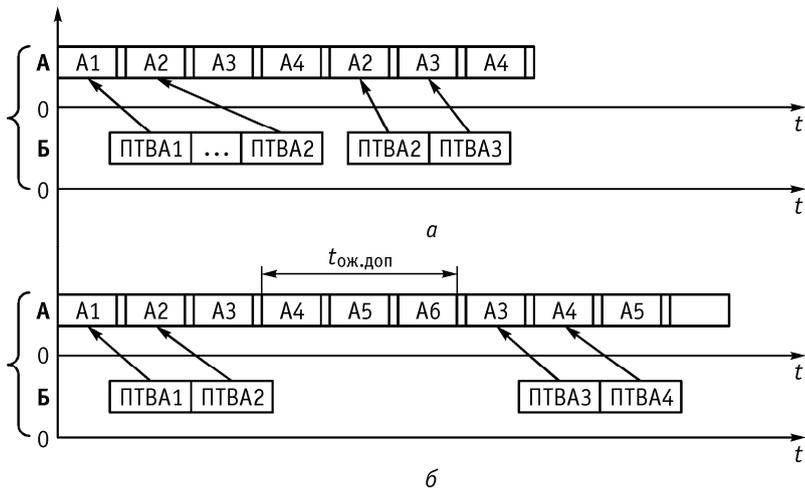


Рис. 20.9. Временная диаграмма обмена кадрами для протокола НП:
 а – получение запроса повтора, начиная с кадра А2, где ПТВА1 – подтверждение правильного приема кадра А1, ОПТВА2 – отрицательное подтверждение (прием кадра А2 с ошибкой); б – превышение $T_{\text{ож.доп}}$

тверждение получает не каждый кадр, а группа кадров (ОКС № 6 и ОКС № 7).

Режим НП обеспечивает большую пропускную способность ОКС, чем режим ПОО.

При использовании ПВП повторяется только тот кадр, который получил запрос повтора или для него истекло время ожидания подтверждения. Такой режим увеличивает пропускную способность ОКС, но требует более сложных аппаратных средств на приеме. Такой протокол пока не нашел практического применения в сетях общего пользования [6].

Все три протокола требуют нумерации кадров, и диапазон порядковых номеров кадров ограничен (в ОКС № 6 он равен 12, а в ОКС № 7 – 128).

Явление «дефицита порядковых номеров» приводит к приостановке передачи кадров до момента получения подтверждения для кадра с максимально возможным порядковым номером. Это снижает пропускную способность ОКС. Влияние этого явления на пропускную способность ОКС заметно на длинных магистральных при межконтинентальной связи.

Если в сигнальной сети время распространения $t_p > 15$ мс, то используется протокол НП. В рекомендациях ИТУ-Т этот протокол назы-

вается протоколом *превентивного циклического повторения* сигнальных единиц [1]. На передающей стороне должны запоминаться все кадры до получения положительного подтверждения.

Требования к согласованию обмена в ОКС. Сформулируем требования к согласованию передающей и приемной сторон ОКС:

1) все значащие СЕ хранятся в буферном ЗУ стороны А до подтверждения их безошибочного приема;

2) максимальный прямой порядковый номер (ППН) ЗНСЕ не может превышать 127;

3) подтверждение приема ЗНСЕ обеспечивается передачей от стороны Б к А обратного порядкового номера (ОПН), равного ППН принятой без искажений ЗНСЕ, и обратного бита – индикатора (ОБИ), равного прямому бит-индикатору (ПБИ) принятой ЗНСЕ. Подтвержденные ЗНСЕ стираются в буферной памяти передачи;

4) в каждой новой передаваемой ЗНСЕ ППН должен быть на единицу больше предыдущего;

5) запрос повтора ЗНСЕ обеспечивается указанием порядкового номера последней принятой без ошибок ЗНСЕ и инвертированием ПБИ (ОБИ = $\text{Ne}(\text{ПБИ})$). Новое значение ОБИ поддерживается в этом направлении до тех пор, пока снова не возникает необходимость запроса повтора принятой с искажением ЗНСЕ;

6) ПБИ используется передатчиком стороны А для указания стороне Б о повторении ЗНСЕ: этот бит инвертируется при получении запроса повтора, все последующие СЕ в этом направлении будут иметь новое значение ПБИ до получения нового запроса повтора. При получении запроса повтора некоторой уже переданной ЗНСЕ происходит повтор указанной и всех последующих ЗНСЕ, имеющих в буфере повторной передачи стороны А;

7) если в памяти передатчика стороны А нет ЗНСЕ и нет заявок на передачу от уровня 3, то в сторону Б обычно передаются заполняющие

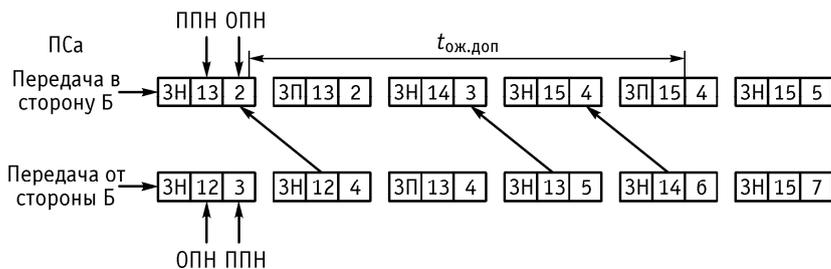


Рис. 20.10. Иллюстрация дуплексного режима работы по ЗС в ПСs

СЕ (ЗПСЕ) или СЗСЕ с ППН, равным ППН последней принятой без ошибок ЗНСЕ и подтвержденной стороной Б.

На рис. 20.10 показан обмен СЕ в ОКС № 7 в дуплексном режиме, когда ошибок нет. На этом рисунке не приведены ПБИ и ОБИ, так как их значения не меняются при безошибочном обмене. На рис. 20.10 ЗНСЕ обозначена буквами ЗН, а ЗПСЕ – буквами ЗП. В ОКС всегда передается либо ЗНСЕ, либо ЗПСЕ, поэтому каждая СЕ имеет флаг только в начале. Прием флага означает окончание предыдущей и начало последующей СЕ.

20.4. Характеристики ОКС

Рассмотрим важнейшие характеристики ОКС. Одна из них – оценка задержки сообщений при передаче по звену сигнализации для различных величин нагрузки. Она важна для определения производительности ОКС по обслуживанию вызовов на узле коммутации ЦСМО.

Рассмотрим случай передачи сообщений без ошибок, когда не требуется повторения ЗНСЕ.

В этом случае в ОКС передаются только ЗНСЕ и ЗПСЕ (два класса заявок). Оба класса заявок обслуживаются одним каналом (однолинейная система массового обслуживания (СМО)). Примем также следующие предположения:

1) ЗНСЕ образуют пуассоновский поток (ПП) с интенсивностью $\lambda_{зн}$ и средней длительностью передачи $\bar{T}_{зн}$;

2) поток ЗПСЕ также является пуассоновским с интенсивностью $\lambda_{зп}$ и длительностью передачи $T_{зп}$;

3) нагрузка ОКС (или коэффициент использования) $\beta = 1$, так как в нем постоянно передаются СЕ;

4) доля нагрузки, приходящаяся на ЗНСЕ, равна $\beta_{зн} = \lambda_{зн} \times \bar{T}_{зн}$; доля нагрузки заполняющих СЕ равна $\beta_{зп} = \lambda_{зп} \cdot T_{зп}$; $\beta_{зн} + \beta_{зп} = 1$.

5) при обслуживании заявок используется дисциплина с относительными приоритетами, так как *нельзя прерывать передачу сигнальных единиц*.

На рис. 20.11 приведена схема обслуживания заявок одноканальной СМО. Без вывода запишем зависимость [7] между средним вре-

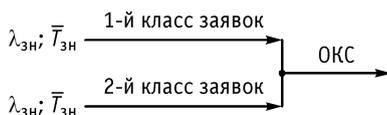


Рис. 20.11. Схема обслуживания заявок для передачи ЗНСЕ и ЗПСЕ в однолинейной СМО

менем ожидания начала передачи $E(W_{\text{ЗН}})$ вновь поступившей ЗНСЕ и интенсивностью потока этих СЕ:

$$E(W_{\text{ЗН}}) = 0,5(T_{\text{ЗП}} + \beta_{\text{ЗН}} \cdot E(\tau_{\text{ЗН}}^2)) / (1 - \beta_{\text{ЗН}}), \quad (20.1)$$

где $W_{\text{ЗН}}$ – случайная длительность интервала между моментом поступления заявки на передачу ЗНСЕ и моментом окончания ее передачи по ОКС; $\tau_{\text{ЗН}}$ – случайная величина длительности передачи значащей сигнальной единицы; $E(\tau_{\text{ЗН}}^2)$ – дисперсия длительности ЗНСЕ.

Для упрощения анализа сделаем еще одно допущение: пусть все ЗНСЕ имеют одинаковую длину $\bar{T}_{\text{ЗН}}$ (время обслуживания является постоянным – детерминированным – типа D в обозначениях Кендалла). Полное обозначение этой модели: M/D/1. Здесь M – обозначение пуассоновского потока требований, а 1 – обозначение однолинейной СМО.

Заметим теперь, что дисперсия постоянной величины (по принятому нами условию все ЗНСЕ имеют одинаковую длину) равна нулю. Поэтому в выражении (20.1) можно записать: $E(\tau_{\text{ЗН}}^2) = T_{\text{ЗН}}^2$, так как математическое ожидание квадрата неслучайной величины равно квадрату этой величины.

Для определения *средней задержки передачи значащих сигнальных единиц* $E(T)$ прибавим к $E(W_{\text{ЗН}})$ среднюю длительность передачи $\bar{T}_{\text{ЗН}}$:

$$E(T) = 0,5T_{\text{ЗП}} + \bar{T}_{\text{ЗН}} + \lambda_{\text{ЗН}} \cdot E(\tau_{\text{ЗН}}^2) / 2(1 - \beta_{\text{ЗН}}), \quad (20.2)$$

где $E(T)$ – средняя задержка передачи ЗНСЕ.

Подставив в выражение (20.2) $\lambda_{\text{ЗН}} = \beta_{\text{ЗН}} / \bar{T}_{\text{ЗН}}$, получим:

$$\begin{aligned} E(T) &= 0,5 \cdot T_{\text{ЗП}} + \bar{T}_{\text{ЗН}} (2 - \beta_{\text{ЗН}}) / 2(1 - \beta_{\text{ЗН}}) \cong \\ &\cong 0,5 \cdot T_{\text{ЗП}} + \bar{T}_{\text{ЗН}}; \quad \beta_{\text{ЗН}} \cong 0. \end{aligned} \quad (20.3)$$

Приближенное выражение получено при условии малой нагрузки, создаваемой заявками на передачу ЗНСЕ. Это значит, что средняя задержка передачи ЗНСЕ определяется (при учете оговоренных выше ограничений) временем передачи самой ЗНСЕ и ожиданием окончания передачи ЗПСЕ, которое в среднем равно половине времени передачи этой СЕ (в ОКС нет перерывов в передаче СЕ – непрерывно передаются либо ЗНСЕ, либо ЗПСЕ).

Приведем пример расчета величины задержки передачи ЗНСЕ в ОКС при использовании ОКС № 7.

Пусть скорость передачи по ОКС 64 Кбит/с, ЗПСЕ имеет длину 6 байт, т.е. 48 разрядов, ЗНСЕ имеет длину 16 байт, или 128 разрядов. Тогда $T_{\text{ЗП}} = 0,75$ мс и $T_{\text{ЗН}} = 2,00$ мс.

При этих значениях длительностей $T_{\text{ЗН}}$ и $T_{\text{ЗП}}$ получим (при $\beta_{\text{ЗН}} \cong 0$):

$$E(T) \cong 0,375 + 2,0 = 2,375 \text{ (мс)}. \quad (20.4)$$

Если $\beta_{\text{ЗН}} = 0,5$, то $E(T)$ достигает величины 3,375 мс. Если в сигнальной сети сообщение передается последовательно через три звена сигнализации, то суммарная задержка невелика и составит

$$E(T) = 3 \cdot 3,375 = 10,125 \text{ мс.}$$

Оценим пропускную способность ОКС, обслуживающего исходящую нагрузку $A = 2500$ Эрл некоторой станции сети. Пусть средняя длительность занятия информационного канала в межстанционном пуске $T_3 = 180$ с. Интенсивность поступления вызовов будет равна: $\lambda_{\text{в}} = A/T_3$ (выз/с). Для управления соединением и разъединением в процессе обслуживания каждого вызова по ОКС нужно передавать несколько СЕ. Пусть в среднем на каждый вызов приходится семь ЗНСЕ. В этом случае по ОКС придется в течение секунды передавать: $\lambda_{\text{ЗН}} = 7 \cdot A/180$ значащих СЕ. Подставим исходные данные: $\lambda_{\text{ЗН}} = 7 \cdot 2500/180 \cong 97,2$ (СЕ/с). Загрузка ОКС потоком ЗНСЕ составит:

$$\beta_{\text{ЗН}} = \lambda_{\text{ЗН}} \cdot T_{\text{ЗН}} = 97,2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 0,1944 \text{ (Эрл)}.$$

В соответствии с Рекомендацией ИТУ-Т Q.706 загрузка звена сигнализации потоком ЗНСЕ не должна превышать 0,2 Эрл. Для поддержки сигнального обмена на рассматриваемой станции необходимо иметь всего одно звено сигнализации.

Резервная производительность ОКС необходима для передачи команд управления сетью и обеспечения требуемого качества при мгновенном повышении интенсивности потока ЗНСЕ, а также при появлении ошибок в СЕ. Вызванные этими причинами перегрузки приводят к дополнительной задержке в передаче ЗНСЕ и к уменьшению пропускной способности ОКС.

Кодирование, применяемое в ОКС № 7 [1], не позволяет исправлять обнаруженные ошибки. Поэтому используется механизм повторения сообщения, принятого с ошибкой, до тех пор, пока комбинация не будет принята без ошибок.

Сообщение, передаваемое в ОКС, может нести лишь часть информации об обслуживании абонента на одном этапе. Поэтому важно передавать на 3-й уровень удаленной стороны сигнального тракта сообщения в той последовательности, которая характерна для сообщений, принятых от 3-го уровня на передающей стороне тракта. Иначе нарушение последовательности сообщений об одном этапе соединения или разъединения приведет к рассогласованию взаимодействия абонентских подсистем ОКС № 7.

Контроль заданной на передающей стороне последовательности сообщений обеспечивается закреплением за каждой СЕ своего, уникального в данном цикле нумерации, номера и получением подтверждения о безошибочном приеме СЕ с таким же номером. Если количество ошибок при передаче в данном звене ОКС в течение заданного (достаточно небольшого) времени наблюдения велико, то это может говорить о неисправности элементов звена сигнализации. Если не принято специальных мер, то это приведет к бесконечному повторению одних и тех же сообщений и невозможности передачи новых сообщений, заявки о которых накапливаются на уровне 3. В борьбе с этим явлением на приемной стороне ведется контроль коэффициента ошибок. Если он в течение времени анализа превышает заданный порог, то на передающую сторону выдается сообщение с заявкой о неисправности звена сигнализации. По этой заявке на уровне 3 принимается решение о переключении нагрузки на резервное звено данного направления или на обходное направление в сигнальной сети.

20.5. Способы построения сигнальной сети

Внедрение централизованной сигнализации на действующих телефонных сетях и сетях передачи данных с КК обычно начинается с создания ОКС для одного или небольшого количества направлений связи, так как построение сигнальной сети, удовлетворяющей современным требованиям, для передачи сообщений сигнализации между всеми станциями и узлами сети обходится очень дорого. Поэтому на первом этапе ввода ОКС сигнальную сеть строят по *связанному способу*, когда конфигурация сигнальной сети повторяет конфигурацию сети каналов передачи речи и данных. На втором этапе возможен переход к *квазисвязанному способу* построения сигнальной сети. Такой способ может быть более экономичным при достаточном количестве сигнальных пунктов в сети сигнализации (например, на всех цифровых АТС). При таком способе сигнальные сообщения передаются между i -м и j -м узлами коммутации по заранее закрепленному пути в сигнальной сети, в котором могут быть последовательно соединены два звена и более.

Наибольшие живучесть и надежность могут быть достигнуты при *несвязанном способе* построения сигнальной сети. В такой сети сигнальные сообщения от $УК_i$ к $УК_j$ могут быть направлены по одному из многих возможных путей через один или несколько транзитных ПС, если какие-либо звенья неисправны или перегружены. На рис. 20.12 приведены примеры трех возможных способов построения сигнальной сети ЦСИО. Обязательное требование использования ОКС – наличие программного управления на станциях, между которыми создается такой канал. Обеспечение требуемой живучести сигнальной сети

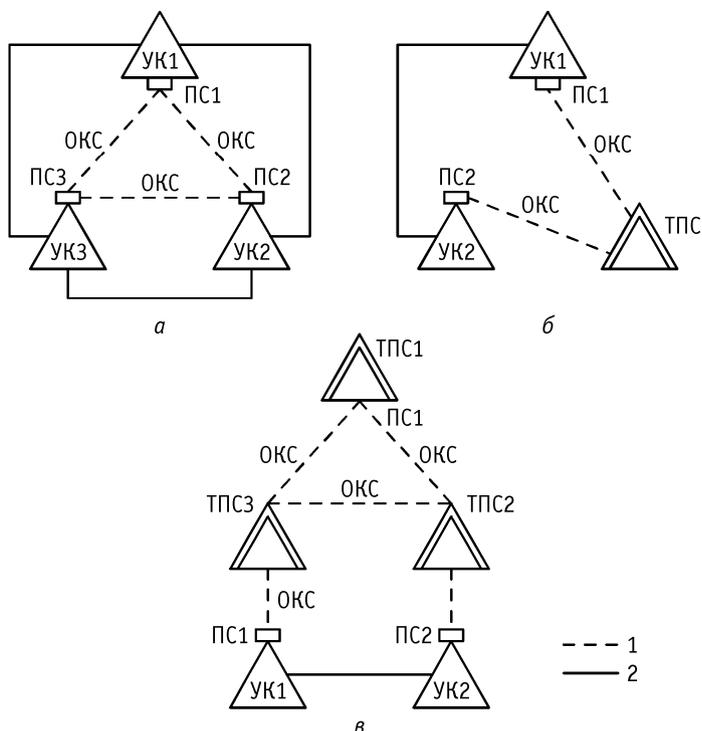


Рис. 20.12. Способы построения сигнальной сети:

а – связанный, б – квазисвязанный, в – несвязанный способ
 1 – каналы передачи речи и данных; 2 – ОКС; ПС – пункт сигнализации; ТПС – транзитный пункт сигнализации

достигается использованием резервных звеньев сигнализации и передачей сообщений по обходным путям.

Рассмотрим возможные способы построения сигнальной сети ГТС, СТС, МТС.

1. На районированных ГТС без узловых станций ОКС создают на участках между парами станций с программным управлением. Наименьших затрат можно ожидать при связанном способе построения сигнальной сети. При этом звенья сигнализации необходимо резервировать. Если на сигнальной сети ГТС можно образовать обходные направления, то рациональной может быть сигнальная сеть, построенная по квазисвязанному способу [8, 9].

2. На сельской телефонной сети, построенной по радиальному или радиально-узловому способу, сигнальная сеть может формироваться

по связанному способу. Организация обходных путей в большинстве случаев нерациональна. Требуемая надежность сети достигается путем резервирования каналов и оконечных устройств ОКС.

3. Сигнальная сеть междугородной телефонной сети общего пользования строится поэтапно, по мере увеличения количества АМТС и УАК с программным управлением. На первом этапе используется связанный способ построения, на втором – квазисвязанный, на третьем – несвязанный.

Территория страны разбивается на географические районы, в каждом из которых устанавливаются пункты передачи и обработки сигнализации (ПОС). Один ПОС может обслуживать до 16 зон нумерации. Каждая АМТС данного географического района связывается со «своим» ПОС и с одним или двумя ПОС соседних районов. Сеть каналов такой сети позволит обеспечить требуемые надежность и живучесть сигнальной сети, если в каждом географическом районе будут установлены два ПОС.

Чтобы удовлетворить требованиям ИТУ-Т к максимальной задержке сообщений при передаче по сигнальной сети, допускается не более четырех транзитных пунктов.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику типов СЕ в ОКС № 7.
2. Изобразите формат ЗНСЕ.
3. Каково назначение флагов, ППН, ОПН, ПБИ, ОБИ в сигнальных единицах ОКС № 7?
4. Является ли ЗНСЕ кадром фиксированной длины?
5. Перечислите виды информации, которые могут передаваться по ОКС.
6. Каковы преимущества централизованной сигнализации по сравнению с децентрализованной?
7. Какие задачи необходимо решить перед переходом к централизованной сигнализации?
8. Перечислите способы построения сети сигнализации, используемые на практике.
9. Перечислите составляющие, входящие в подсистему пользователей протокольной модели системы сигнализации № 7 ИТУ-Т.
10. Каковы функции подсистемы передачи сообщений протокольной модели ОКС № 7?
11. Каковы функции протоколов сетевого и канального уровней ОКС № 7?
12. Охарактеризуйте способы обнаружения и исправления ошибок, используемые в ОКС № 7.
13. Охарактеризуйте известные способы формирования реакции передающей стороны ОКС на положительные и отрицательные подтверждения, посылаемые приемной стороной.
14. В чем состоит явление дефицита порядковых номеров сигнальных единиц на канальном уровне в ОКС № 7?

15. Перечислите требования, предъявляемые к согласованию передающей и приемной сторон звена сигнализации.
16. Допустимы ли перерывы в передаче СЕ в звене сигнализации при использовании ОКС № 7?
17. Допустима ли высокая загрузка ОКС потоком ЗНСЕ (близкая к единице)?
18. Чем определяется средняя задержка ЗНСЕ в звене ОКС при малой интенсивности потока ЗНСЕ?
19. Какова возможная минимальная длина (в байтах) ЗНСЕ?
20. Что понимают под реконфигурацией сигнальной сети ЦСИО?

Список литературы

1. **МККТТ**. Красная книга. Требования к системе сигнализации № 7. Рекомендации Q.701–Q.714. VIII Пленарная ассамблея. – Малага; Торремолинос, 1984. – Т. VI, вып. VI.7.
2. **МККТТ**. Красная книга. Рекомендации Q.721–Q.795. VIII Пленарная ассамблея. – Малага; Торремолинос, 1984. – Т. VI, вып. VI.8.
3. **Лазарев В.Г.** Основы построения цифровой сети интегрального обслуживания. Узкополосные ЦСИО: Учеб. пособие. – М.: МИС, 1990. – 87 с.
4. **Синхронные** сети передачи данных / Под ред. В.О. Шварцмана. – М.: Радио и связь, 1988. – 256 с.
5. **Протоколы** информационно-вычислительных сетей. Справочник / Под ред. И.А. Мизина, А.П. Кулешова. – М.: Радио и связь, 1990. – 503 с.
6. **Шварц М.** Сети связи: протоколы, моделирование и анализ. Ч. 1. / Пер. с англ. В.И. Неймана. – М.: Наука, 1992. – 936 с.
7. **Шварц М.** Сети связи: протоколы, моделирование и анализ. Ч. 2. / Пер. с англ. В.И. Неймана. – М.: Наука, 1992. – 272 с.
8. **Вокер Р.** ISDN. Das diensteintegrierende digitale Nachrichtennetz: Konzept, Verfahren, Systeme. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. – Berlin, Heidelberg; New-York; London; Paris; Tokyo, Springer-Verlag, 1987. – 300 s.
9. **Росляков А.В.** Общеканальная система сигнализации № 7. – М.: Эко-Трендз, 1999. – 176 с.
10. **Гольдштейн Б.С.** Сигнализация в сетях связи. Том 1. 4-е изд. – перераб. и доп. – М.: Радио и связь. – 2006. – 448 с.
11. **Системы** сигнализации в сетях с коммутацией каналов и пакетов / А.И. Лукацкий, А.П. Пшеничников, Ю.В. Гайдамака, А.В. Чукарин. – М.: МТУСИ, 2008. – 195 с.

Глава 21. Широкополосные сети доступа следующего поколения

21.1. Сети доступа следующего поколения с использованием оборудования компании «Iskratel» MSAN и MSAN 2.0

Сети с оптоволоконным доступом становятся реальностью и, в настоящее время, быстро увеличивается доля различных вариантов сетевой архитектуры реализуемых с применением оптоволокна. Конечной целью является реализация сетей полностью построенных на оптоволоконном доступе FTTH (Fiber To The Home – оптика до дома). Однако при этом принимается во внимание, что еще не исчерпан потенциал многих существующих медных подключений на последней миле.

Сочетание оптоволоконных подключений с медными линиями на последних метрах во многих случаях является наиболее экономичным способом внедрения оптоволоконного доступа. Сценарий гибридного доступа FTTX (Fiber To The X – оптика до X) по оптоволоконным и медным линиям разработан в ответ на постоянно возрастающую потребность в рациональном и экономически эффективном расширении и модернизации существующих сетей. Узкое определение «FTTX» охватывает два различных типа гибридного оптоволоконного доступа: FTTC (Fiber To The Curb – оптоволоконно до распределительного шкафа) и FTTB (Fiber To The Building – оптоволоконно до здания). Помимо этих двух вариантов, в главе описаны все современные возможности построения оптоволоконных сетей абонентского доступа.

Требования к полосе пропускания. В течение последних десяти лет постоянной заботой каждого поставщика услуг и владельца инфраструктуры являлось удовлетворение возрастающих требований приложений к пропускной способности каналов связи. Широкое распространение IPTV, VoD, NPVR он-лайн игр и других ресурсоемких услуг поставило операторов и поставщиков услуг перед необходимостью решения сложной задачи, заключающейся в поддержании должного баланса между требуемыми инвестициями в инфраструктуру и уровнем полезной отдачи от эксплуатации уже существующих ресурсов сетей доступа.

Вполне очевиден тот факт, что предоставление основной массе пользователей сетевого доступа, основанного только на медных линиях связи, постепенно становится устаревшим техническим ре-

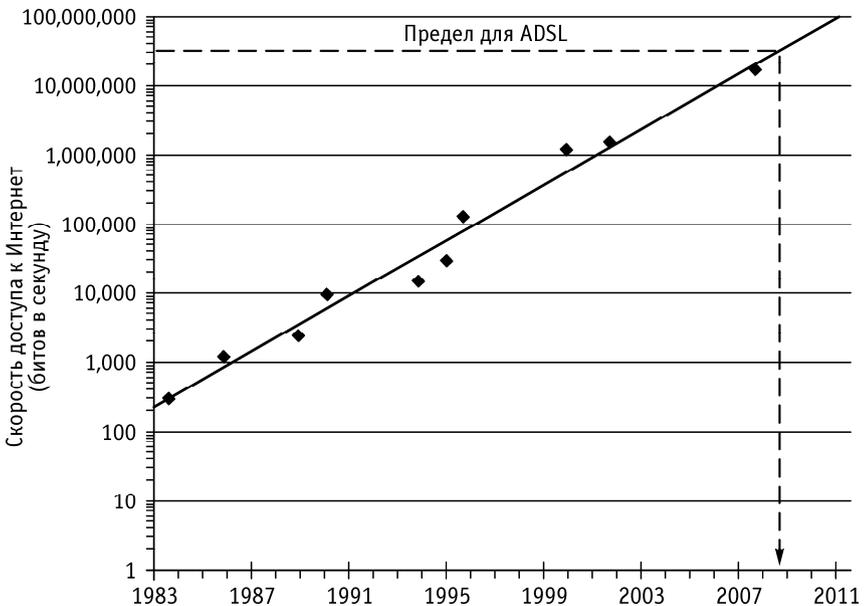


Рис. 21.1. Рост требуемой полосы пропускания согласно закону Нильсена

шением. Согласно закону Нильсена о пропускной способности сети Интернет (Nielsen's Law of Internet Bandwidth), необходимая для передовых пользователей пропускная способность ступенчато возрастает на 50 % каждый год.

В течение нескольких лет предоставление ресурсоемких услуг, становящихся неотъемлемой частью предложения услуг операторами связи, привело к тому, что планка стандартной пропускной способности приблизилась к рубежу 100 Мбит/с. Существующие разнообразные технологии доступа DSL не могут справиться с такими требованиями.

Реальные реализации, а также недавно представленные глобальные планы и внедренные системы сетевого доступа на основе FTTH, подтверждают, что подключения по медным линиям связи будут составлять существенную долю подключений конечных пользователей в течение следующих двух десятилетий. FTTH позволяет задействовать неиспользуемый потенциал сетей доступа на основе медных линий связи.

Сценарии построения сети доступа. В качестве примера построения сетей абонентского доступа, рассматривается оборудование компании «Iskratel». Она разработала ряд нижеперечисленных

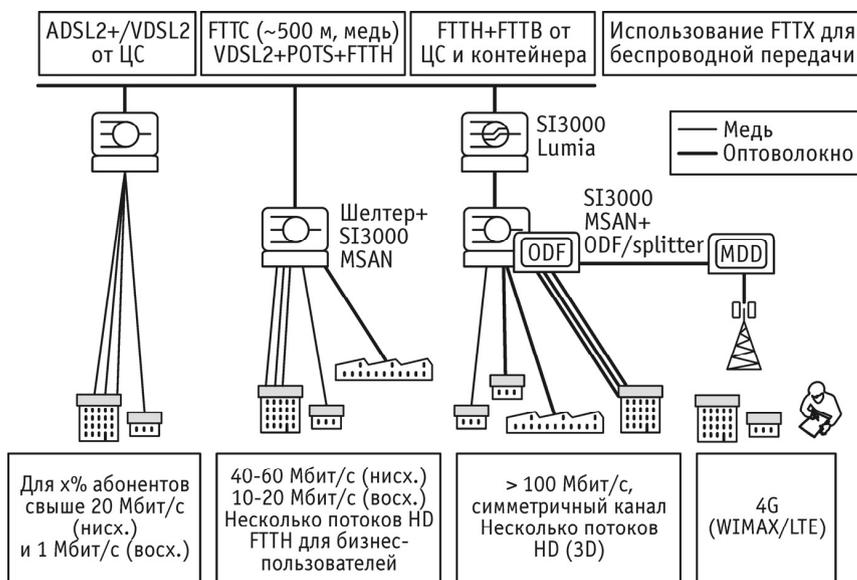


Рис. 21.2. Модели построения сетей FTTH

типовых решений по гибридному доступу «оптоволокно-медь» (рис. 21.2). Эти решения отвечают всем технико-экономическим требованиям, указанным для сценариев FTTB и FTTC.

1. FTTC:

- **FTTC с VDSL2** для модернизации существующих подключений домашних и корпоративных абонентов с высокими требованиями к пропускной способности сети.
- **FTTC с ADSL2+** для модернизации существующих подключений домашних абонентов.
- **FTTC с POTS** для перехода прежних аналоговых абонентов в сети на основе VoIP.
- **FTTC с комбинированным доступом (POTS и ADSL2+)** для нацеленных на будущее развитие и пригодных к модернизации подключений для голосовой связи или DSL-подключений.

2. FTTB:

- **FTTB с VDSL2** для абонентских подключений со сверхвысокой пропускной способностью в многоквартирных домах старой постройки.

- **FTTB с ADSL2+** для модернизации существующих подключений домашних абонентов внутри зданий.
- **FTTB с POTS** для перехода прежних аналоговых (POTS) абонентов в сети на основе IP.
- **FTTB с комбинированным** доступом для нацеленных на будущее развитие и пригодных к модернизации подключений для голосовой связи.
- **FTTB с Ethernet (ETTH)** – доступ, объединенный с Ethernet, для зданий новой постройки с UTP-проводкой.

SI3000 MSAN и SI3000 MSAN2.0 (Lumia)

Вышеперечисленные сценарии включая FTTH реализовываются с помощью оборудования MSAN (Multi Service Access Node – мульти-сервисный узел доступа) первого и второго поколения линейки SI3000. Они основаны на модульной архитектуре, позволяющей на одном узле решать различные задачи построения сети с использованием системных плат различного типа внутри одной корзины. Эти платы представляют собой не просто аппаратные средства со специализированными интерфейсами, а полностью автономные функциональные блоки с интегрированным программным обеспечением для реализации всех функций, требующихся в конкретных вариантах применения узла доступа.

Аппаратная платформа SI3000 MSAN/MSAN 2.0 представляет собой внутреннюю сетевую структуру на базе технологии Gigabit Ethernet, обеспечивающую взаимодействие различных плат устройства друг с другом. Агрегирование всех плат осуществляется на основе отказоустойчивой топологии двойной звезды через неблокирующей центральной Ethernet-коммутатор ES (Ethernet Switch) представленной на рис. 21.3. Основное отличие данных мультисервисных узлов заключается в их позиционировании на сети и обеспечении услуг.

Основные услуги SI3000 MSAN и SI3000 MSAN 2.0. SI3000 MSAN является точкой концентрации для предоставления услуг как узкополосного так и широкополосного доступа включающей платы с интерфейсами:

- аналогового доступа POTS;
- широкополосного доступа xDSL (ADSL/ADSL2/ADSL2+/VDSL2);
- оптоволоконного доступа 10/100/1000 BaseT, 100BaseFX/100BaseBX в режиме точка-точка (P2P);
- беспроводного доступа WiMAX (802.16d, 802.16e).

В качестве сетевых интерфейсов для агрегации абонентского доступа и соединения с ССОП используются:

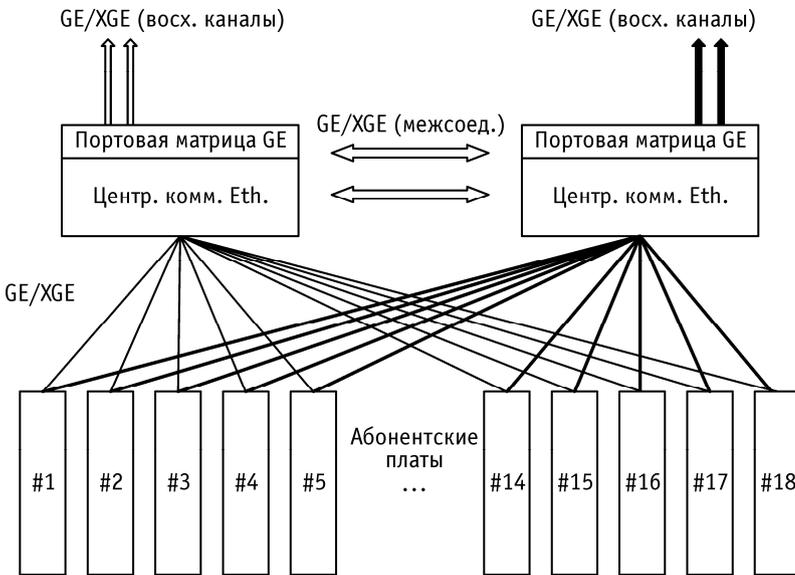


Рис. 21.3. Логическая архитектура SI3000 MSAN/MSAN2.0

- 100/1000 BaseT, BaseSX, 1000 BaseLX/LH, 1000 BaseZX, 10 GE XFP;
- TDM (E1 с поддержкой сигнализации ОКCN№7, DSS1, 2BCK, V5.2).

SI3000 MSAN 2.0, имеющий коммерческое название SI3000 Lumia, является узлом доступа следующего поколения, ориентированным на удовлетворение последних требований по обеспечению полосы пропускания и работу с технологиями массовых коммуникаций приходящих на смену классической телефонии. Данный продукт больше не поддерживает аналоговых абонентских окончаний и ориентирован исключительно на построение сетей широкополосного оптического доступа по архитектуре FTTH и FTTH.

Для SI3000 Lumia предусмотрены следующие платы абонентских линий:

- плата волоконно-оптических интерфейсов FE;
- плата волоконно-оптических интерфейсов GE;
- плата волоконно-оптических интерфейсов GE для предоставления услуг в режиме GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network – гигабитная пассивная оптическая сеть);
- плата VDSL2 (с обратной совместимостью с ADSL2+).

Для агрегации абонентского доступа в сторону транспортной опорной сети используется плата коммутатора Ethernet с 48 ин-

терфейсами GE и 2 интерфейсами XGE. Она имеет следующие интерфейсы:

- 38 интерфейсов GE Serdes в направлении задней платы для подключения периферийных плат;
- 1 интерфейс HiGig в направлении задней платы для подключения резервной платы Ethernet;
- 3 интерфейса XGE в направлении задней платы для подключения слотов HS (например, плата агрегирования);
- 1 интерфейс GE для подключения локального CPU;
- 4 интерфейса GE на базе SFP на лицевой панели для подключения восходящих соединений;
- 4 интерфейса GE на базе RJ-45 (1000 BaseT) на лицевой панели для подключения восходящих соединений;
- 2 интерфейса XGE на базе XFP для подключения восходящих соединений;
- 1 сервисный интерфейс 10/100/1000 BaseT (RJ-45) Ethernet для локального управления или управления посредством специальной сети;
- 3 интерфейса RS-232 для локального управления;
- светодиоды для индикации состояния соединений GE/XGE.

Секции SI3000 MSAN и SI3000 Lumia полностью соответствуют стандартам ETSI, что позволяет операторам добиваться наиболее высокой плотности портов в области стационарной связи. Кроме того, в них предусмотрен только фронтальный доступ ко всем подключениям для обеспечения соответствия системы требованиям к оборудованию операторского класса, используемому для построения современных мультисервисных сетей.

Масштабируемость сети доступа. Из-за постоянной динамики пользовательского спроса, SI3000 MSAN и SI3000 Lumia позволяют наращивать емкость или менять технологию доступа в горячем режиме, что означает наращивание емкости, изменение конфигурации или модернизации узла без разрыва предоставляемых услуг.

Для систем SI3000 MSAN и SI3000 Lumia предусмотрены по шесть типов корпусов различного размера, каждый из которых оснащается системой охлаждения на базе технологии, отвечающей самым современным требованиям, и системой централизованного контроля, обеспечивающей поддержание требуемой рабочей температуры в полностью укомплектованной системе во время эксплуатации. Для каждого корпуса предусмотрена система управления секциями, обеспечивающая измерение различных параметров, конфигурирование функций системы и поддержание требуемой рабочей температуры в полностью укомплектованном корпусе во время эксплуатации.

Система управления. Для MSAN/MSAN 2.0 предусмотрена поддержка следующих интерфейсов управления и мониторинга:

- локальное управление через интерфейс командной строки (CLI, Command Line Interface);
- система управления SI3000 (SI3000 MNS) с применением интерфейса SNMP;
- управление элементами (EM, Element Management);
- управляющее приложение стороннего разработчика с применением интерфейса SNMP сетевого элемента;
- система OSS/BSS стороннего разработчика или компании Iskatel с использованием интерфейсов OpenMNS и SNMP (т.е. интерфейсов серверного направления системы MNS).

Управление и мониторинг системы, выполняемые на базе MNS, заключаются в реализации следующих функций:

- включение/выключение услуг;
- обработка аварийных сообщений;
- управление конфигурированием;
- мониторинг рабочих характеристик и качества;
- управление безопасностью;
- система автоконфигурирования при первичной установке и модернизации (ACS, Auto-Configuration System).

Интерфейсы EM, CLI и SNMP являются функционально равноценными интерфейсами управления (т.е. всеми функциональными возможностями системы можно полноценно управлять с помощью любого из них). Концепции управления высокого уровня (например, шаблоны, мастера) предусмотрены только в системе MNS и обеспечивают реализацию только части функциональных возможностей, доступных при работе с интерфейсами EM, CLI или SNMP.

Для упрощения управления системой предусмотрены следующие средства:

- профили в графическом интерфейсе EM, в CLI и в SNMP;
- профили и шаблоны в системе MNS;
- скрипты в CLI.

Для отделения административного трафика от остального трафика предусмотрено использование для реализации функций управления отдельной выделенной сети VLAN (т.н. VLAN управления).

21.2. Сценарии оптоволоконно до антивандального шкафа

FTTC в комбинации с VDSL2. Раздельно развертываемые технологии доступа по оптоволоконным и медным линиям не являются настолько конкурирующими, как это могло бы казаться. Эти технологии применяются совместно, когда необходимо обеспечить высокую про-

пусковую способность и оптимальный по стоимости доступ для домашних или корпоративных пользователей. Гибридный доступ с прокладкой оптоволокну до распределительного шкафа и VDSL2 до абонентов, является превосходным вариантом для предоставления услуг с использованием существующих медных линий от ближнего уличного шкафа. Такое решение обеспечивает скорость передачи данных до 100 Мбит/с (на расстоянии до 1 км) на абонента и позволяет предоставлять полный пакет услуг «Triple Play» (Телефония, IP-телевидение и передача данных) с использованием существующей проводки на «последней миле».

Типовая архитектура. Абоненты подключаются к узлу доступа SI3000 Lumia или SI3000 MSAN, который размещается в находящемся неподалеку уличном антивандальном шкафу (расстояние обычно не превышает одного километра). На таком небольшом расстоянии максимальная скорость передачи достигает 100 Мбит/с в нисходящем направлении и 50 Мбит/с в восходящем направлении. Узел доступа размещенный в антивандальном шкафу, оборудован платами абонентских линий Iskratel VDSL2, а с центральной станцией он соединяется по оптоволоконной линии связи. Общее расстояние от ЦС до абонентского оборудования обычно составляет от 10 до 20 километров. Когда длина медной пары достигает или превышает 3 км, происходит снижение рабочих характеристик VDSL2 и полоса пропускания падает до уровня ADSL2+. Архитектурная схема FTTC+VDSL2 изображена на рис. 21.4.

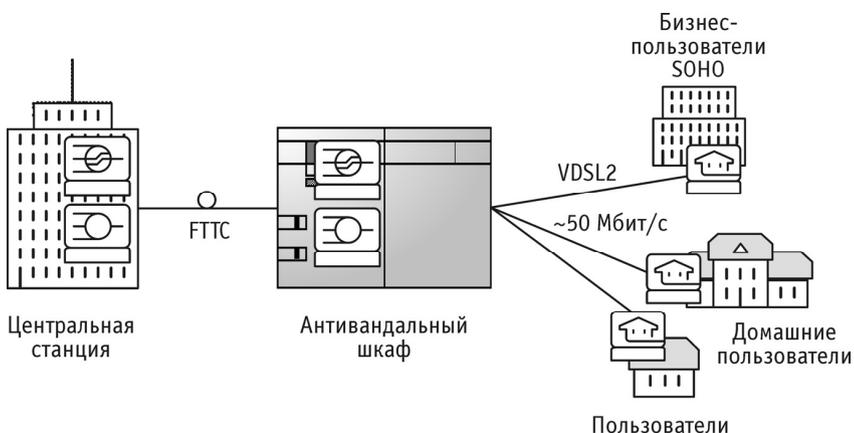


Рис. 21.4. Схема построения FTTC + VDSL2

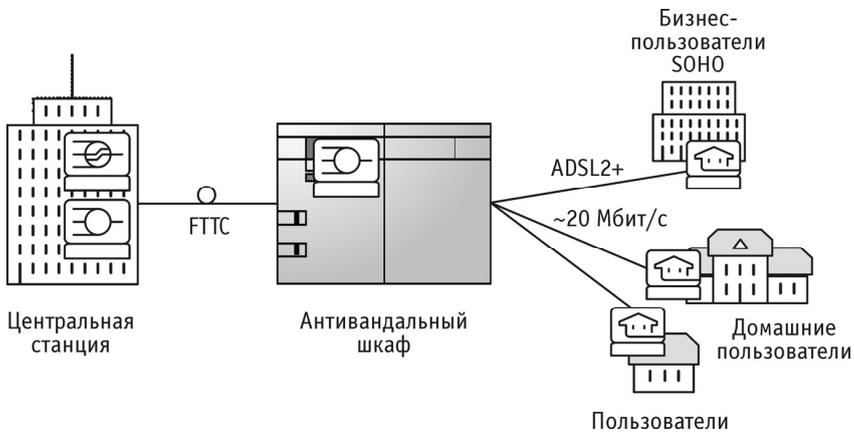


Рис. 21.5. Схема построения FTTC + ADSL2+

FTTC в комбинации с ADSL2+. В отличие от вышеописанного сценария, применение технологии ADSL2+ обеспечивает предоставление широкополосного доступа на больших расстояниях. Такая архитектура позволяет подключать абонентов на расстоянии до 5 километров от антивандального шкафа и обеспечивать скорость передачи данных до 20 Мбит/с в нисходящем направлении на расстоянии до 1,5 км. Несомненным преимуществом такой архитектуры является возможность быстрой и дешевой модернизации модемного доступа в районах с плохим качеством медной инфраструктуры за счет применения отработанной, стандартизированной, полностью функционально совместимой и малозатратной технологии ADSL2+. Архитектурная схема FTTC+ADSL2+ изображена на рис. 21.5.

FTTC в комбинации с платами аналоговых абонентских линий. Голосовая телефония по-прежнему является важным и единственным нормированным видом голосовой связи. Существуют три типичные ситуации, при которых сетевые операторы должны сделать выбор в пользу внедрения FTTC+POTS.

- Внедрение технического решения «FTTC+POTS» используется как средство миграции для абонентов ТфОП. Оно позволяет эффективно модернизировать инфраструктурные сетевые элементы и перейти к IP-связности по завершении жизненного цикла декадно-шаговых, координатных и цифровых АТС.
- У многих сетевых операторов по-прежнему существует значительная доля абонентов, не желающих переходить на технологии широкополосного доступа. В таком сценарии техническое решение «FTTC+POTS», реализуемое на основе программного

коммутатора Iskratel SI3000 CS, действует в качестве замены сети TDM.

- Использование аналоговой абонентской линии по-прежнему является наиболее экономичным способом создания абонентского подключения. При использовании функции Selective Power Control (SPCTM) обеспечивается поддержка линии круглосуточной бесперебойной связи с минимальными затратами на аккумуляторные батареи и систему электропитания. В случае аварии электросети батарейное питание подается только в узкополосные интерфейсы. Данный механизм обеспечивает наиболее экономичное предоставление линии круглосуточной бесперебойной связи имеющей 24-часовое резервное батарейное питание в антивандальном шкафу.

Типовая архитектура. Абоненты подключаются к узлу доступа SI3000 MSAN, который размещается в находящемся антивандальном уличном шкафу. Узел доступа оборудован платами аналоговых абонентских линий Iskratel. С центральной станцией он соединен по оптоволоконной линии связи. Как и в случае с применением технологии ADSL2+, длина шлейфа от шкафа абонентского устройства, в данном случае до телефонного аппарата, может составлять до 5 километров. Архитектурная схема FTTC+ADSL2+ изображена на рис. 21.6.

По всем вышеперечисленным причинам и действующим нормативно правовым актам различные комбинации FTTC являются самыми часто применяемыми решениями при модернизации сетей объединенного национального оператора ОАО «Ростелеком».

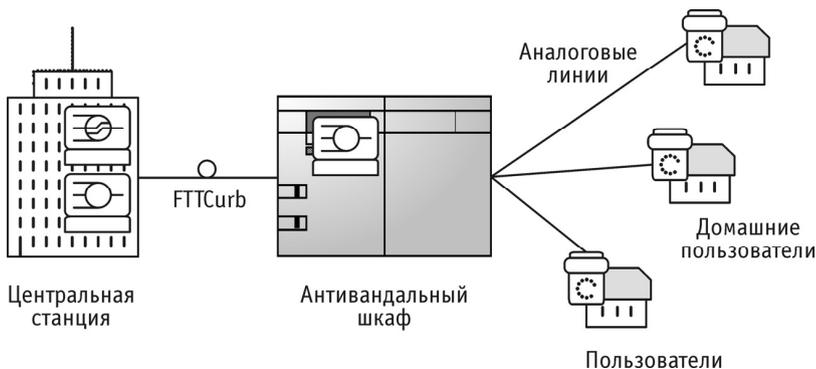


Рис. 21.6. Схема построения FTTC + POTS

21.3. Сценарии оптоволоконно до здания – FTTB

FTTC в комбинации с VDSL2. Высококачественные короткие медные пары без перекрестных помех допускают использование улучшенных профилей VDSL2 (30a со скоростью 100 Мбит/с в восходящем и нисходящем направлениях, а также 17a со скоростью 100 Мбит/с в нисходящем направлении и 50 Мбит/с в восходящем направлении). Таким образом, на сети внутри здания достигается пропускная способность, сопоставимая с таковой в оптических или UTP-подключениях, но при этом используется уже существующая медная проводка. Комбинация FTTB и технологии доступа VDSL2 является оптимальным по стоимости и быстро реализуемым вариантом для внедрения ресурсоемких услуг Triple Play, on-line игр, телеконференцсвязи и доступа VPN.

Типовая архитектура. Применение FTTB с VDSL2 обеспечивает подключение абонентов в многоквартирных домах с применением VDSL2. Устанавливаемый в здании узел доступа размещается в компактном антивандальном шкафу внутреннего исполнения. Узел SI3000 Lumia или SI3000 MSAN позволяет преобразовать существ-

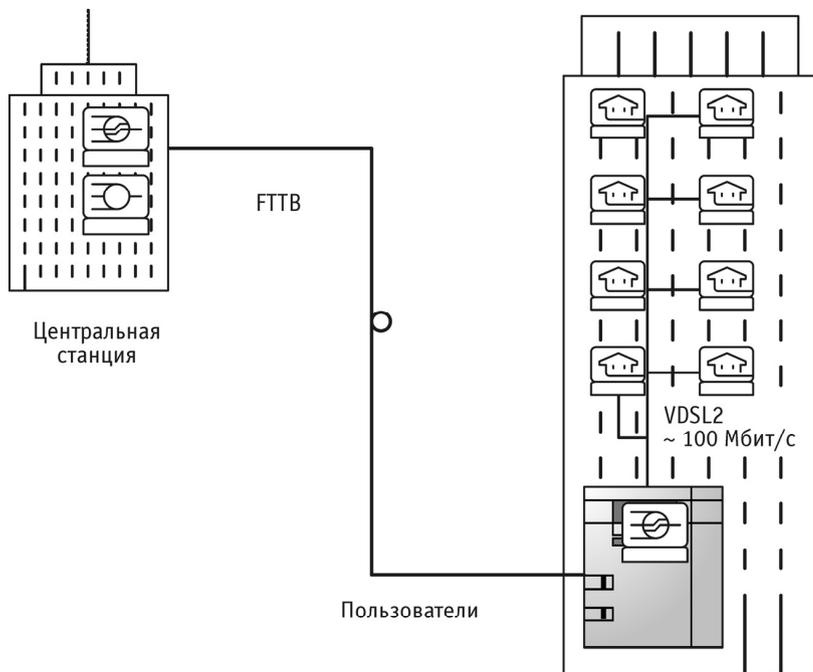


Рис. 21.7. Схема построения FTTB + VDSL2

вующую проводку (ранее использовавшуюся только для голосовой телефонии или низкоскоростных широкополосных подключений) в абонентские линии широкополосного доступа, с установленными в квартирах домашними шлюзами (роутерами) VDSL2 (рис. 21.7).

FTTB в комбинации с ADSL2+. Использование ADSL2+ в многоквартирном доме является альтернативой использованию технологии доступа VDSL2 в районах со средним и плохим качеством медной инфраструктуры. ADSL2+ характеризуется меньшей пропускной способностью, однако преимуществами подключения по этой технологии являются надежность, превосходная функциональная совместимость между устройствами любых производителей и, во многих случаях, оптимальное соотношение между стоимостью и техническими характеристиками. Данная архитектура представляет собой коммуникационную инфраструктуру с высокой пропускной способностью и поддержкой услуг Triple-Play.

Типовая архитектура. FTTB с ADSL2+ обеспечивает подключение абонентов в многоквартирных домах с применением узла SI3000 MSAN с платами ADSL2+. Устанавливаемый в здании узел доступа размещается в компактном антивандальном шкафу внутреннего исполнения.

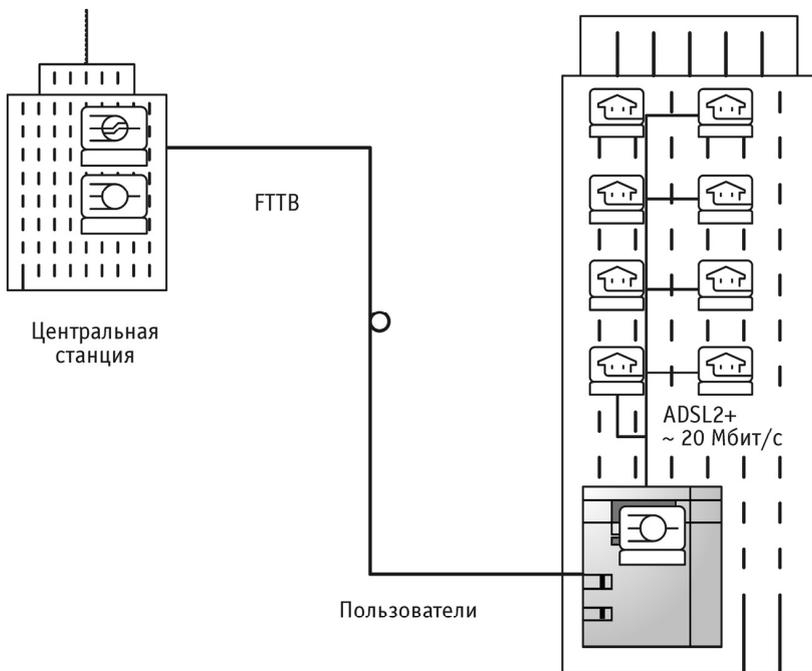


Рис. 21.8. Схема построения FTTB + ADSL2+

FTTB с Ethernet. В сравнении с технологиями DSL, использование Ethernet на медных линиях связи является конкурирующим вариантом, имеющим существенные преимущества в средах, в которых протяженность линии доступа не превышает 100 метров. В зданиях с обычной UTP-проводкой техническое решение по доступу FTTB+Ethernet представляет собой экономичную, легко внедряемую технологию. Эта технология может использоваться поставщиками услуг широкополосного доступа в многоквартирных домах и бизнес-центрах.

Типовая архитектура. Техническое решение по доступу FTTB+Ethernet обеспечивает подключение абонентов в многоквартирных домах с использованием коммутаторов 1U Ethernet и устанавливаемых в подъездах и на этажах здания. Максимальная длина UTP-кабеля между коммутатором 1U и дверью квартиры обычно не превышает 70 м. Они выполняют роль агрегирующего коммутатора первого уровня. В здании размещается один узел доступа SI3000 MSAN или SI3000 Lumia. Он агрегирует данные с коммутаторов 1U и передает их по оптике в сторону центральной станции или транспортного ядра сети.

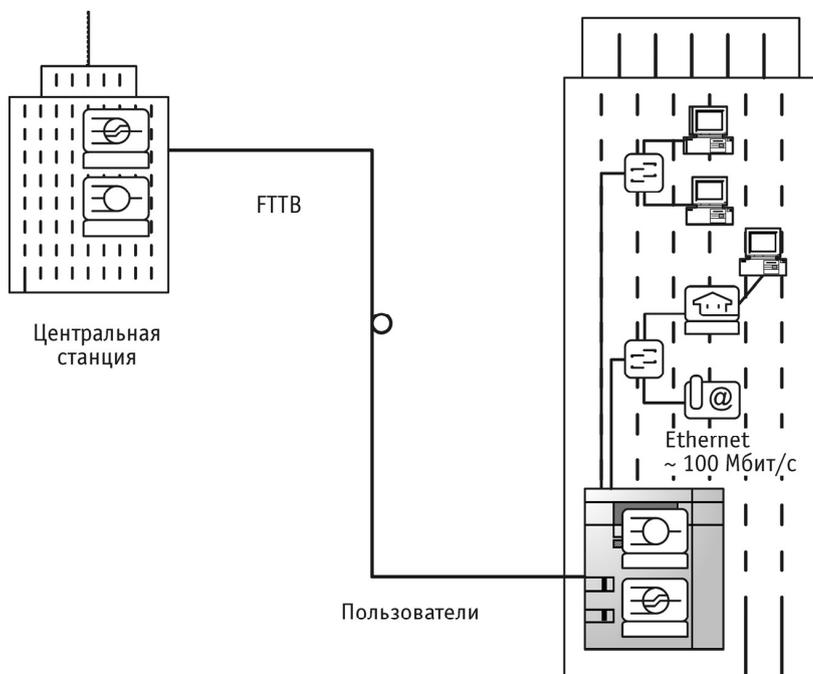


Рис. 21.9. Схема построения FTTB + Ethernet

21.4. Пассивные оптические сети доступа

Как отмечалось выше, передача больших объемов информации в современных сетях во многом связана с использованием волоконно-оптических линий связи. Вместе с тем, до недавнего времени «узким местом» сетевой инфраструктуры, ограничивающим предоставление современных услуг, являлась сеть абонентского доступа. Благодаря существенному снижению стоимости оптического волокна, в настоящее время появилась возможность прокладки ВОЛС и в сетях «последней мили», обеспечивая широкополосный доступ с использованием различных технологий.

Ряд преимуществ, связанных в первую очередь с информационной безопасностью и надежностью обеспечивают сети абонентского доступа, построенные на базе топологии «точка-точка». Структура point-to-point (p2p) не накладывает ограничений на используемую сетевую технологию и скорость передачи технологии. К другим достоинствам топологии следует отнести минимальную стоимость клиентского оборудования, широкие возможности модернизации сети. Существенным недостатком таких сетей является высокая стоимость индивидуального оптоволоконного кабеля до каждого абонента. Снизить стоимость оптической составляющей сети позволяет топология p2p с применением Ethernet-коммутаторов. Однако при такой структуре в каждом узле сети необходима установка активного оборудования (коммутатора или маршрутизатора), для которого необходимо электропитание.

От указанных недостатков свободна технология PON.

PON (Passive Optical Network) – распределительная сеть доступа, основанная на волоконно-оптической среде передачи с пассивными оптическими разветвителями (сплиттерами) в узлах.

История развития технологии PON началась весной 1995 г., когда из 7 влиятельных компаний (British Telecom, France Telecom, Deutsche Telecom, NTT, KPN, Telefonica, Telecom Italia) был основан консорциум FSAN (Full Service Access Network), главной целью которого стала разработка основ для стандартизации этой технологии и активное выведение ее на рынок. В дальнейшем в организацию вошло много новых производителей и на сегодняшний день организация насчитывает 40 операторов. Она тесно сотрудничает с такими объединениями, как ITU-T, ETSI, ATM форум. К настоящему времени при активном участии этого консорциума были определены несколько разновидностей PON.

Технология PON основывается на логической топологии «точка — многоточка» (рис. 21.10).

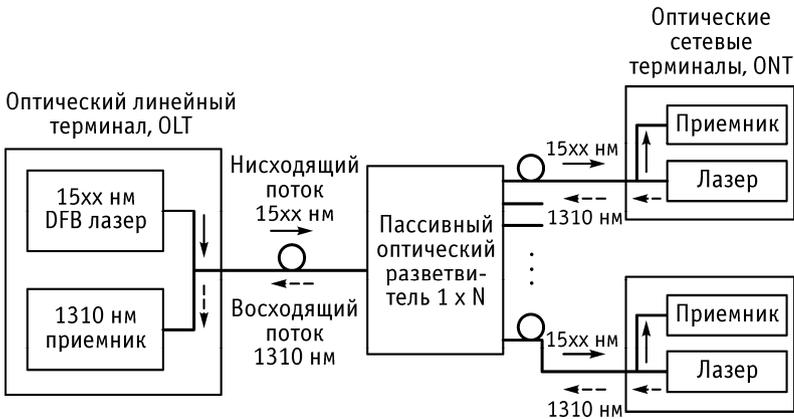


Рис. 21.10. Построение сети PON

В центральном узле провайдера располагается оборудование OLT (Optical Line Terminal). К одному из приемопередающих модулей подключается оптическое волокно, которое разветвляется с помощью системы пассивных оптических сплиттеров на число волокон, не превышающее максимальное число абонентов, поддерживаемых технологией (обычно до 32, 64 или 128). Далее каждое волокно доводится до абонентского оборудования ONT (Optical Network Terminal). Число абонентов, подключаемых к одному оптическому модулю станционного оборудования, ограничено лишь бюджетом мощности и максимальной скоростью, обеспечиваемой оборудованием.

Трафик, распространяющийся от центрального узла (OLT) к абонентскому оборудованию (ONT), передается на длине волны 1550 нм (1490 нм). Он называется прямым или нисходящим. Прямой поток имеет широкоэмиттерную природу. То есть абонентское оборудование принимает общий трафик и по адресным полям выделяет информацию, предназначенную только ему, подобно технологии Ethernet с общей шиной.

При передаче обратного (восходящего) потока от ONT к OLT на длине волны 1310 нм используется концепция множественного доступа с временным разделением TDMA. При этом сеть в обратном направлении аналогична архитектуре «точка-точка». Для исключения смешивания сигналов от разных ONT каждому абонентскому оборудованию присваиваются индивидуальные временные интервалы, в течение которых он имеет право передавать информацию. Временное расписание для каждого ONT составляет OLT. При этом учитывается временная задержка, связанная с удаленностью ONT, а также степенью загруженности каждого ONT. На рис. 21.11 представлен

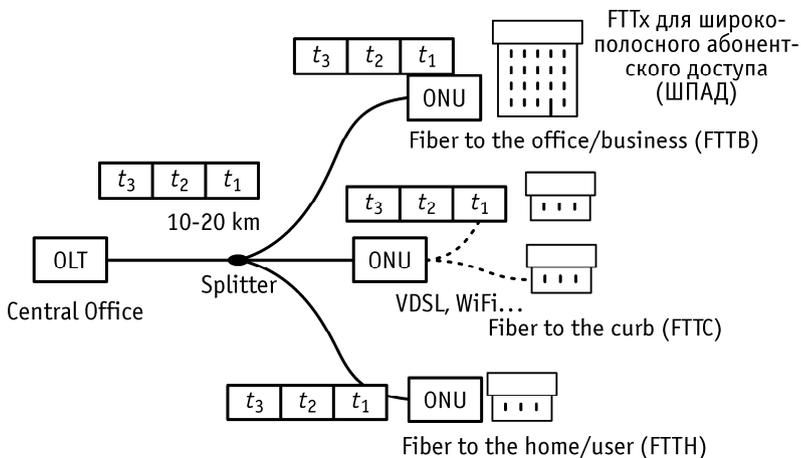


Рис. 21.11. Принцип действия технологии TDM-PON

принцип передачи информации от OLT к ONT с использованием технологии TDM – PON.

Достоинствами технологии PON являются:

- экономия оптических волокон;
- отсутствие промежуточных активных узлов;
- экономия оптических приемопередатчиков в центральном узле;
- легкость подключения новых абонентов и обслуживания (подключение, отключение или выход из строя одного или нескольких абонентских узлов никаким образом не влияет на работу остальных).

Существуют следующие стандарты PON: APON, GPON, GEAPON.

APON – первый вариант технологии, основанный на использовании протокола ATM. В 90-х годах технология ATM считалась практически единственной, способной гарантировать приемлемое качество услуг связи QoS между конечными абонентами. В октябре 1998 года появился первый стандарт ITU-T G.983.1, базирующийся на транспорте ячеек ATM в дереве PON и получивший название APON (ATM PON).

Позже стандарт был усовершенствован: скорость увеличена до 622 Мбит/с, реализовано динамическое распределение ресурсов полосы пропускания и получил название Broadband PON (BPON). Технология BPON, стандартизованная МСЭ, реализует помимо традиционных TDM-услуг большое количество широкополосных услуг, включая Ethernet и трансляцию аналогового и цифрового видео.

Из-за широковещательной природы прямого потока в дереве PON и потенциально существующей возможности несанкционированного доступа к данным со стороны ONT, которому эти данные не адресо-

ваны, в APON предусмотрена возможность передачи данных в прямом потоке с использованием техники шифрования с открытыми ключами. Необходимости в шифровании обратного потока нет, поскольку OLT находится на территории оператора.

В основе инициализации сети PON лежат три процедуры: определение расстояний от OLT до разных ONT (distance ranging); синхронизация всех ONT (clock ranging); и определение при приеме на OLT интенсивностей оптических сигналов от разных ONT (power ranging).

Ранжирование по расстоянию (distance ranging) – определение временной задержки, связанной с удалением ONT от OLT – выполняется на этапе регистрации абонентских узлов, и требуется для того, чтобы обеспечить безколлизийный транспорт и создать единую синхронизацию в обратном потоке.

Сначала администратор сети заносит в OLT данные о новом ONT, его серийный номер, параметры предоставляемых ONT услуг. Затем после физического подключения к сети PON этого абонентского узла и включения питания на нем, центральный узел начинает процесс ранжирования. Ранжирование с ONT, который прописан в реестре OLT происходит каждый раз при включении ONT. При выключении и включении питания на OLT ранжирование происходит со всеми зарегистрированными ONT.

OLT, посылая сигнал ранжируемому ONT, слушает отклик от него и на основании этого вычисляет временную задержку на двойном пробеге RTT (round trip time), затем в прямом потоке передает ONT вычисленное значение. На основании этого абонентский узел ONT вносит соответствующую задержку, которая предшествует началу отправки кадра в обратном потоке. Абонентские узлы, находящиеся на разном расстоянии будут вносить разные задержки. При этом одинаковой по всем абонентским узлам будет сумма вносимой аппаратной задержки и задержки распространения светового сигнала по оптическому пути от ONT к OLT.

С учетом того, что расстояния OLT-ONT могут изменяться в больших пределах (стандарт G.983.1 определяет диапазон 0–20 км), оценим возможные вариации задержки. Если учесть, что скорость света в волокне составляет $2 \cdot 10^5$ км/с, то приросту расстояния OLT-ONT на 1 км будет соответствовать увеличение времени задержки на двойном пробеге на 10 мкс. А для расстояния 20 км RTT составит 0,2 мс. Фактически это минимальное теоретическое время, которое требуется OLT, чтобы выполнить ранжирование с одним ONT. Ранжирование по расстоянию большего числа абонентских узлов происходит последовательно и требует пропорционального возрастания суммарного времени ранжирования. В течение этого времени обратный поток не может использоваться для передачи данных другими ONT.

После того, как ранжирование по расстоянию выполнено, OLT на основании прописанных услуг для каждого ONT и с использованием протокола MAC принимает решение, какому абонентскому узлу передавать в каждом конкретном временном слоте.

Заметим, что общая задержка при отправлении кадра в обратный поток вносится не только конечным временем распространения сигнала по волокну, но и элементами электроники OLT и ONT. Задержка со стороны последних может испытывать небольшой дрейф, например вследствие колебаний температуры оборудования. По этому на этапе передачи данных OLT сообщает ONT о небольших подстройках задержки, вносимой в обратный поток – микроанжирование (micro ranging). В результате точность, с которой стабилизируются отправляемые кадры от разных ONT, составляет 2–3 бита.

Ранжирование по мощности (power ranging) – изменение порога дискриминации фотоприемника с целью повышения чувствительности фотоприемника или во избежание его нежелательного насыщения. Поскольку ONT удалены на разные расстояния от OLT, то и вносимые потери в оптические сигналы, при распространении по дереву PON будут разными. Это может привести к нарушению работы фотоприемников из-за слабости сигнала либо из-за перегрузки.

Возможны два варианта выхода из сложившейся ситуации – либо подстраивать мощность передатчиков ONT, либо подстраивать порог срабатывания на фотоприемнике OLT. Был выбран второй вариант как более надежный.

Подстройка порога срабатывания фотоприемника OLT происходит каждый раз при получении нового пакета ATM из обратного потока по преамбуле на основе измерения интегральной мощности в преамбуле пакета.

Подстройка по мощности также необходима на всех ONT. Она выполняется аналогичным путем, но только один раз прежде чем синхронизировать приемник на для работы с синхронным TDM потоком от OLT. Затем непрерывно подсчитывается интегральная мощность на ONT, и делается плавная подстройка порога дискриминации фотоприемника.

Синхронизация или ранжирование по фазе (phase ranging) необходима как для прямого, так и для обратного потока.

Абонентские узлы ONT синхронизируются вначале своей инициализации и затем все время поддерживают синхронизацию, подстраиваясь под непрерывный TDM трафика от OLT, и осуществляя, как принято называть, синхронный прием данных.

Напротив центральный узел OLT синхронизируется каждый раз по преамбуле вновь входящего пакета ATM. Знания вычисленной на этапе ранжирования по расстоянию временной задержки со стороны ONT, отправившего этот пакет, здесь не достаточно – требуется

большая точность. Метод приема данных с синхронизацией по преамбуле принято называть асинхронным. Синхронизация по преамбуле аналогична решению в технологии десятимегабитного Ethernet с размером преамбулы 64 бита (8 байт). Однако сохранить такого же размера преамбулы для относительно небольшого пакета ATM (в обратном потоке) означало бы крайне неэффективное использование полосы. Для технологии APON была разработана новая методика синхронизации, основанная на методе CPA (clock phase alignment), позволяющая провести необходимую синхронизацию по получению всего трех бит! Большой размер преамбулы пакета ATM в обратном потоке был выбран постольку, поскольку преамбула также несет функцию обеспечения процедуры ранжирования по мощности.

GPON. В ноябре 2000 года комитет LMSC (LAN/MAN Standards Committee) IEEE создает специальную комиссию под названием EFM (Ethernet in the First Mile – Ethernet на первой миле) 802.3ah, реализуя тем самым пожелания многих экспертов построить архитектуру сети PON, наиболее приближенную к широко распространенным в настоящее время сетям Ethernet. Параллельно идет формирование альянса EFMA (Ethernet in the First Mile Alliance), который создается в декабре 2001 г. В дальнейшем альянс EFMA и комиссия EFM дополняют друг друга и тесно работают над стандартом. Если EFM больше концентрируется на технических вопросах и разработке стандарта в рамках IEEE, то EFMA преимущественно изучает промышленные и коммерческие аспекты использования новой технологии. Цель совместной работы - достижение консенсуса между операторами и производителями оборудования и разработка стандарта IEEE 802.3ah, полностью совместимого с разрабатываемым стандартом магистрального пакетного кольца IEEE 802.17.

В 2003 г. Консорциумом FSAN, продолжающим работы по стандартизации высокоскоростных (свыше 1 Гбит/с) сетей PON, было предложено новое решение для построения оптических сетей доступа – GPON (Gigabit PON). Данная технология, обладающая очень высокой производительностью, уже стандартизована МСЭ и предназначена для реализации мультисервисных услуг, причем не только на базе протокола IP, но и на основе TDM.

Стандарт GPON ITU-T Rec. G.984.3 был принят в октябре 2003 года. Архитектуру сети доступа GPON (Gigabit PON) можно рассматривать как органичное продолжение технологии APON. При этом реализуется увеличение как полосы пропускания сети PON, так и эффективности передачи приложений GPON предоставляет масштабируемую структуру кадров при скоростях передачи от 622 Мбит/с до 2,5 Гбит/с и допускает передачу как с одинаковой скоростью передачи прямого и обратного потока в дереве PON, так и с разной. GPON базируется на стандарте ITU-T G.704.1 GFP (Generic

Framing Protocol, общий протокол кадров), обеспечивая инкапсуляцию в синхронный транспортный протокол любого типа сервиса, в том числе TDM.

Если в SDN реализуется только статическое деление полосы, то протокол GFP, сохраняя структуру кадра SDH, позволяет динамически распределять полосу.

К преимуществам GPON относятся:

- возможность работы на разных скоростях с одним передатчиком;
- более высокая скорость передачи по сравнению с GEPON;
- возможность работы в асимметричном режиме;
- использование в ONU дешевых лазеров;
- шифрование всей полезной нагрузки;
- поддержка стандартного TDM трафика;
- использование стандартной сервис-уровневой системы управления ONU со стороны OLT.

Недостатком GPON являются:

- сложная сервис-уровневая система управления и инкапсуляции Ethernet;
- более дорогие решения, чем в GEPON, при сопоставимых скоростях;
- высокая стоимость оптического оборудования на 2,5 Гбит/с.

GEPON. В середине 1990-х гг. о стандарте Ethernet, как о технологии пассивных оптических сетей не могло быть и речи. Главным препятствующим фактором был применяемый метод доступа CSMA/CD, который допускал непредсказуемые задержки, из-за которых передача трафика реального времени (ТВ и телефония) оказывалась невозможной.

Однако с того времени Ethernet претерпел большие изменения. Во-первых, появилось несколько новых стандартов скоростей, достигнут рубеж 10 Гбит/с. Во-вторых, появился стандарт Full Duplex Ethernet, позволивший забыть о коллизиях и непредсказуемых задержках. В-третьих, новые возможности в организации мультисервисных услуг дали такие стандарты и протоколы, как IEEE 802.1Q, DiffServ, MPLS.

Стандарт EPON имеет много общего с технологией Gigabit Ethernet. Здесь также используется схема кодирования 8B/10B, номинальная битовая скорость составляет 1250 Мбит/с.

К преимуществам относятся:

- трансляция исходных пакетов Ethernet;
- простое недорогое управление на базе протокола SNMP;
- использование принципов коммутации Ethernet;
- полная совместимость с IP;
- поддержка TLS (Transparent LAN-Services), широко вещания и множества услуг, включая IPTV;

- динамическое управление полосой частот, т.е. механизма динамического перераспределения полосы пропускания в соответствии с запросами абонентов и наличием свободной полосы в дереве PON;
- повышение скорости передачи до 2,5 Гбит/с в обе стороны и предоставление более широкополосных услуг;
- обеспечение QoS с помощью механизмов IEEE 802.1p/TOS;
- возможность использования жестких механизмов приоритизации трафика с помощью восьми выделенных очередей для каждого типа трафика.

К недостаткам GPON относятся:

- сложное взаимодействие с другими технологиями;
- нестандартное сервис-уровневое взаимодействие;
- нестандартная стыковка с трафиком TDM;
- нестандартное шифрование и защитное переключение.

В табл. 21.1 приводится сравнительный анализ стандартов PON.

Увеличение скорости передачи информации. Для перехода к скорости передачи до 10 Гбит/с при сохранении протокольной структуры в технологиях GPON и GPON изменены характеристики физических интерфейсов для прямой (downstream) и обратной (upstream) передачи кадров с информационными и служебными данными.

Так скорость передачи от OLT к ONT в диапазоне волн 1575...1580 нм составляет 9,95328 Гбит/с при линейном кодировании NRZ. В направлении ONT-OLT в диапазоне волн 1260...1280 нм скорость передачи 2,48832 Гбит/с при линейном кодировании NRZ [5].

Для протяженных участков передачи (свыше 20км) в состав кадров передачи могут вводиться блоки данных кодирования FEC RS 248/242 и RS 248/216.

Особенностью построения оптических передатчиков является: прямая модуляция излучения лазера в ONT и внешняя модуляция излучения лазера в OLT. В качестве оптических приёмников излучения применяются лавинные фотодиоды и р-і-п фотодиоды.

Также необходимо отметить, что отдельной спецификации для волны телевизионного вещания не предусмотрено.

Преимущества, которые можно отметить для XG-PON, заключаются в увеличении числа пользователей, одновременно подключаемых к услугам, и увеличение скорости передачи данных различных услуг.

Решением проблем перехода в PON на скорости передачи 10Гбит/с занимаются такие организации, как IEEE и ITU-T, что получило отражение в ряде стандартов:

- G.987/2010 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems;
- G.987.1/2010 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: General Requirements;

Таблица 21.1. Сравнение характеристик технологий PON

Характеристики	APON/BPON	GPON	GPON
Стандарты	ITU-T G.981.x/ FSAN 1998 год	IEEE 802.3ah/ EFMA 2004 год	ITU-T G.984.x/ FSAN 2003 год
Скорость передачи прямой/обратный потоки, Мбит/с	155/155 622/155 622/622	1000/1000 ЭЛТЕКС-ТУРБО в 2010 г. 2488/1244	1244/155, 622, 1244 2488/622, 1244, 2488
Базовый протокол	ATM	Ethernet	SDH-GFP
Линейный код	NRZ	8B10B	NRZ
Максимальная дистанция в сети, км	20	20 с возможностью до 60	20
Максимальное число ONT на волокно	32	8 с возможным наращиванием до 64	64 с наращиванием до 128
Приложения	Любые	Любые	Любые
Коррекция ошибок FEC	Предусмотрена	Возможна	Необходима
Длины волн прямого/обратного потоков, нм	1550/1310 (1490/1310)	1490/1310 + канал 1550 CaTV	1550/1310 1490/1310 + канал 1550 CaTV
Динамическое распределение полосы частот	Есть	поддерживается	есть
Защита данных	Шифрование открытыми ключами	Based on AES-128/GCM mode IEEE 802.1ah – MacSec (Upstream и Downstream)	Based on AES-128/CTR mode Specified in ITU G.984.3 (Только Downstream)
Резервирование	Есть	Возможно переключение в ONT за 512нс	Есть переключение в ONT за 16нс
Эффективность использования полосы частот	Прямой/обратный 71%/71%	Прямой/обратный 72%/68%	Прямой/обратный 95%/95%

– G.987.3/2011 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: TC Layer Specification и т.д.

Перспективным направлением модернизации PON является применение спектрального мультиплексирования WDM-PON [3]. Данная технология (рис. 21.12) предоставляет пользователю выделенную полосу, изолирует физически сигналы абонентов, эффективно использует волокно. Кроме того, значительно (до 80 км) возрастает дальность связи при стандартном для TDMA PON бюджете в 28 дБ.

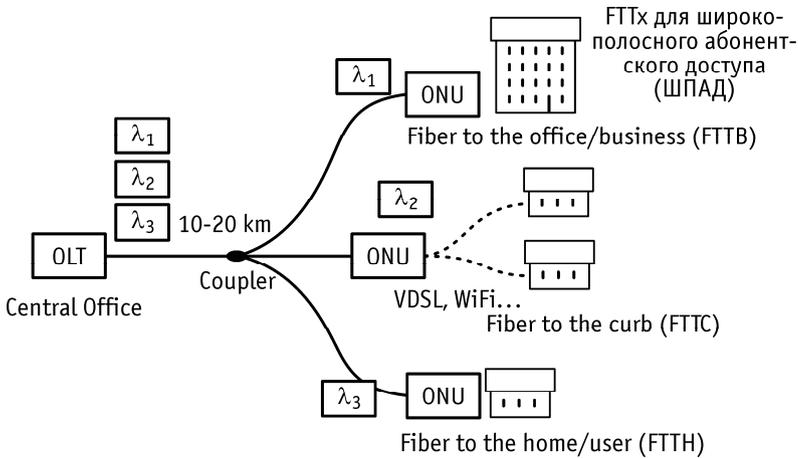


Рис. 21.12. Спектральное мультиплексирование WDM PON

21.5. Построение пассивных оптических сетей с использованием оборудования компании ЭЛТЕКС

Российский производитель ЭЛТЕКС выпускает широкую линейку телекоммуникационного оборудования для создания пассивных оптических сетей с использованием технологий GPON и Turbo GPON. Для организации сетей доступа GPON можно использовать одну из модификаций OLT – станционное оборудование LTP-8X. Применение LTP-8X позволяет оператору строить масштабируемые, отказоустойчивые сети «последней мили», обеспечивающие высокие требования к безопасности, как в городских условиях, так и в сельских районах. Оборудование осуществляет управление абонентскими устройствами, коммутацию трафика и соединение с транспортной сетью. В OLT LTP-8X выход в транспортную сеть оператора реализуется посредством 10 Gigabit и комбинированных Gigabit uplink интерфейсов:

- 2 порта 10G SFP+;
- 4 комбинированных порта;
- 10/100/1000 Base-T;
- 10/100/1000 Base-X SFP;
- 4 порта 10/100/1000Base-T.

Интерфейсы GPON служат для подключения оптической распределительной сети (PON). К каждому интерфейсу можно подключить до 64 абонентских оптических терминалов по одному волокну. Динамическое распределение полосы DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) позволяет предоставлять полосу пропускания в сторону пользователя

до 2,5 Гбит/с. Реализуемые в LTP-8X технологии соответствуют следующим стандартам:

- IEEE 802.3 10BASE-T Ethernet;
- IEEE 802.3U 100BASE-T Fast Ethernet;
- IEEE 802.3AB 1000BASE-T Gigabit Ethernet;
- IEEE 802.3Z Fiber Gigabit Ethernet;
- ANSI/IEEE 802.3 автоопределение скорости;
- IEEE 802.3X контроль потоков данных;
- IEEE 802.3AD объединение каналов LACP;
- IEEE 802.1P приоритезация трафика;
- IEEE 802.1Q виртуальные локальные сети VLAN;
- IEEE 802.1AD Provider Bridges (QinQ);
- IEEE 802.1V;
- IEEE 802.3AC;
- IEEE 802.1D связующее дерево STP;
- IEEE 802.1W быстрое связующее дерево RSTP;
- IEEE 802.1S множество связующих деревьев MSTP;
- IEEE 802.1X аутентификация пользователей;
- ITU-T G.984x.

Типовая схема применения оборудования LTP-8X показана на рис. 21.13.

Линейка абонентских терминалов ONT обеспечивают предоставление пользователям комплекса услуг, в том числе:

- высокоскоростной доступ в интернет;
- потоковое видео / High Definition TV;
- IP TV;
- IP-телефония;
- видео по запросу (VoD);
- видеоконференции.

Кроме этого, пользователям предоставляются возможности для работы в локальной сети.

ONT поддерживают ряд традиционных интерфейсов, таких как Ethernet 10/100/1000 Base – T(RJ-45), Wi-Fi, FXS, USB.

Абонентское оборудование соответствует следующим базовым стандартам:

- IEEE 802.1d;
- IEEE 802.1w;
- IEEE 802.1Q;
- IEEE 802.1p;
- IEEE 802.11;
- ITU-T G.984.x;
- и т.д.

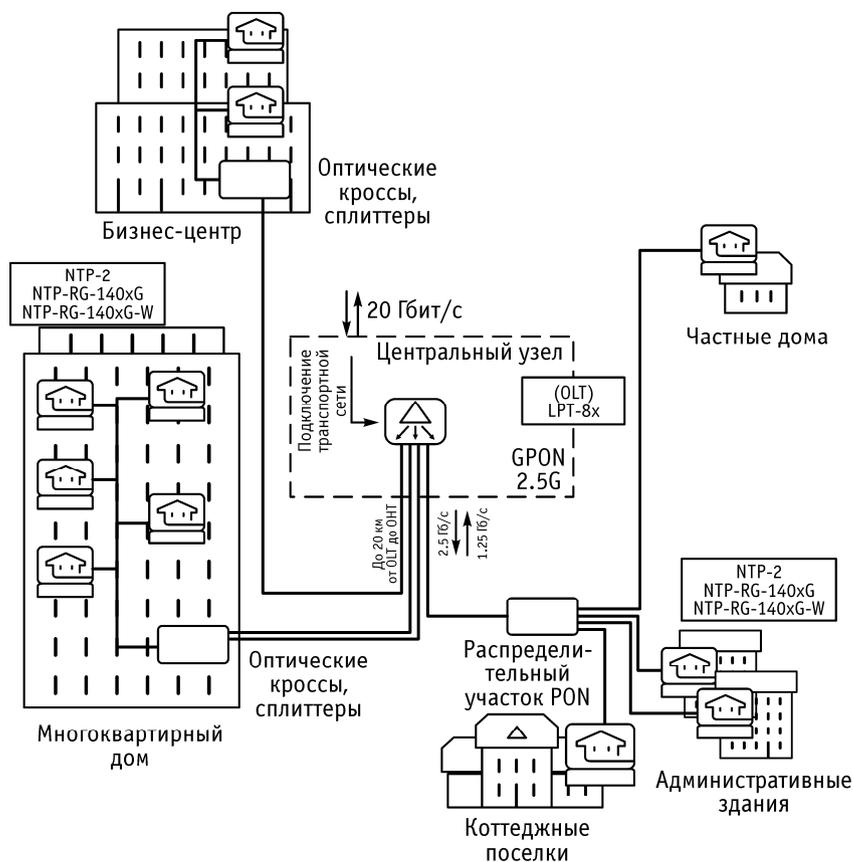


Рис. 21.13. Схема применения LTP-8X

ONT может быть использовано для подключения к услугам широкополосного доступа абонентов в многоквартирных домах, жилых комплексах и коттеджных поселках, студенческих городках, построения корпоративных сетей на крупных предприятиях, в бизнес-центрах с повышенными требованиями к безопасности и скорости передачи информации.

На рис. 21.14 показан пример использования на сети PON оборудования ONT серии RG.

Абонентские устройства обеспечивают проводное подключение до 4 компьютеров или телевизионных приставок с использованием встроенного гигабайтного маршрутизатора на 4 порта 10/100/1000 Base-T. Два порта FXS позволяют подключить аналоговые телефон-

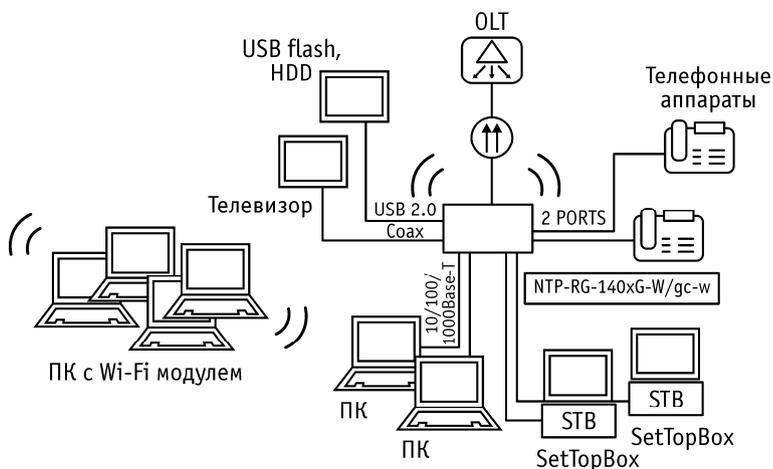


Рис. 21.14. Схема применения абонентских терминалов ONT

ные аппараты и пользоваться услугами IP-телефонии. Устройства с встроенным триплексером имеют RF-выход, к которому подключается телевизор для просмотра аналогового или цифрового кабельного телевидения (при условии предоставления услуги оператором). Порт USB может использоваться для подключения USB-устройств (Flash-карта, внешний HDD) или для подключения принтера. Встроенные приемопередатчики Wi-Fi (802.11n) позволяют подключать беспроводные устройства на скорости до 300Мбит/с.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к пропускной способности Internet?
2. Охарактеризуйте возможные способы построения сетей доступа с использованием ВОЛС.
3. Как расшифровывается аббревиатура FTTH?
4. Чем вызвана необходимость использования медных линий для подключения абонентов?
5. Перечислите варианты типовых решений по гибричному доступу «оптическое волокно – медь».
6. Каково назначение устройств ONT и OLT?
7. Как организуется передача трафика в направлении от OLT к ONT?
8. Как организуется передача трафика в обратном направлении?
9. Перечислите основные особенности технологии GPON.
10. Каковы основные особенности технологии GEPON?

11. Перечислите достоинства и недостатки сетей PON в сравнении с другими технологиями доступа.
12. Дайте характеристику существующих стандартов PON.

Список литературы

1. **Нетес В.А.** Что же такое широкополосный доступ? // Первая миля – научно-технический журнал. 2011. № 3.
2. **Петренко И.И., Убайдулаев Р.Р.** Все о пассивных оптических сетях (PON) // Сетевые решения A-Z. www.nestor.minsk.by/sr/.
3. **Салтыков А.Р.** Будущее оптических сетей доступа. // Фотон-экспресс. 2011. № 4.
4. **Соколов Н.А.** Семь аспектов развития сетей доступа // Технология и средства связи. 2005. № 3
5. **Фокин В.Г.** Архитектура и сети доступа. Учебное пособие. – Новосибирск, СибГУТИ, 2004.
6. **Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г.** Последняя миля на медных кабелях. – М.: Эко-Трендз, 2001.

Часть IV. Методы управления в телекоммуникациях

Глава 22. Общие положения

22.1. Многоуровневое представление задач управления телекоммуникациями

Сегодня самым большим и динамично развивающимся сектором мировой экономики является не нефтяной или газовый бизнес, как можно предположить, учитывая реалии нашей страны, а рынок телекоммуникаций.

По данным компании Anderson Consulting, общий объем рынка телекоммуникаций в 1994 г. составлял 700 млрд. долл., а к 2000 г. произошло его удвоение. И хотя основной вклад вносят оплата телекоммуникационных услуг и продажа оборудования, по темпам роста впереди оказался сектор систем управления телекоммуникациями. За тот же период оборот этого сектора возрос в 16 раз (по данным компании Vertel, одного из лидеров в области платформ управления).

Главная причина стремительного прогресса систем управления – жесткая конкуренция среди операторов сетей и поставщиков услуг для клиентов. Во многих странах действуют законы, поощряющие конкуренцию между различными компаниями по предоставлению услуг дальней и ближней связи и ограничивающие многолетнюю монополию национальных операторов. Эти законы должны устранить застойные явления, характерные для любого монополизированного рынка, и повысить качество и ассортимент услуг, предлагаемых конечному пользователю.

Действительно, при наличии выбора компании оператора корпоративные клиенты стали гораздо требовательнее. Например, раньше многие из них мирились с тем, что транспортный сервис, предоставляемый поставщиком услуг сети X.25, передает их данные с весьма неопределенной пропускной способностью и отсутствием твердых гарантий по надежности. Теперь клиенты стараются выбрать поставщика услуг, способного обеспечить коэффициент готовности транспортного сервиса не ниже 99,9 %, а также дать гарантии на среднюю пропускную способность виртуального канала и максимальную величину задержки каждого пакета. Такой поставщик услуг снабдит клиен-

та средствами контроля качества получаемого сервиса и подпишет контракт, в котором примет на себя обязательства компенсировать убытки, если качество сервиса окажется ниже обещанного.

Сегодня никого не удивишь и не заманишь «голым» телефонным сервисом. Клиентам нужны мультимедийные услуги, рынок которых бурно развивается вместе с пропускной способностью сетей.

Однако далеко не все операторы могут похвастаться требуемым качеством и ассортиментом предоставляемых услуг. Между тем, обеспечение требуемого качества предоставляемых услуг в настоящее время – главное оружие компаний операторов в борьбе с конкурентами.

В этих условиях системы управления из вспомогательного средства стали быстро превращаться в одно из основных, наряду с кабелями, мультиплексорами, коммутаторами. Без хорошей системы управления очень сложно оперативно сконфигурировать и поддержать для каждого клиента тот уровень услуг, который он заказал.

Управление, осуществляемое в интересах предприятия связи, целесообразно рассматривать в соответствии с его иерархической структурой. В принципе, это стандартный подход для построения большой системы любого типа и назначения – от государства до высшего учебного заведения. Применительно к телекоммуникациям такая многоуровневая иерархическая структура управления представлена на рис. 22.1.

Эта структура, называемая пирамидой TMN (Telecommunication Management Network – сеть (система) управления телекоммуникациями), предложена международными организациями, занимающимися разработкой рекомендаций и стандартов в области телекомму-

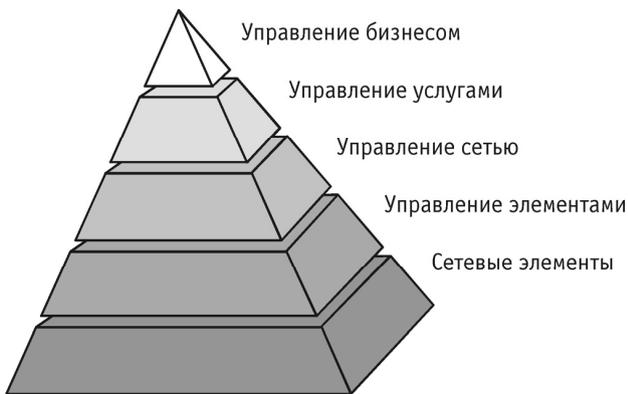


Рис. 22.1. Иерархическая структура управления

никаций, и представляет собой способ логического описания системы управления компанией, бизнес которой основан или тесно связан с телекоммуникациями.

Нижний уровень – *уровень элементов сети (Network Element Layer, NEL)* – состоит из отдельных устройств сети: каналов, усилителей, оконечной аппаратуры, мультиплексоров, коммутаторов и т.п. Элементы могут содержать встроенные средства для поддержки управления – датчики, интерфейсы управления, а могут и представлять вещь в себе, требующую для связи с системой управления разработки специального оборудования – *устройств связи с объектом (УСО)*.

Современные технологии обычно имеют встроенные функции управления, которые позволяют выполнять хотя бы минимальные операции по контролю за состоянием устройства и за передаваемым устройством трафиком. Подобные функции встроены в технологии FDDI, ISDN, frame relay, SDH. В этом случае устройство всегда можно охватить системой управления, даже если оно не имеет специального блока управления, так как протокол технологии обвязывает устройство поддерживать некоторые функции управления.

Устройства, которые работают по протоколам, не имеющим встроенных функций контроля и управления, снабжаются отдельным блоком управления, который поддерживает один из двух наиболее распространенных протоколов управления – SNMP или CMIP [1, 2]. Эти протоколы относятся к прикладному уровню модели OSI.

Следующий уровень – *уровень управления элементами сети (Network Element Management Layer – EML)* – представляет собой элементарные системы управления. Элементарные системы управления автономно управляют отдельными элементами сети – контролируют канал связи SDH, управляют коммутатором или мультиплексором.

Уровень управления элементами изолирует верхние слои системы управления от деталей и особенностей управления конкретным оборудованием.

Этот уровень ответственен за моделирование поведения оборудования и функциональных ресурсов нижележащей сети. Атрибуты этих моделей позволяют управлять различными аспектами поведения управляемых ресурсов. Обычно элементарные системы управления разрабатываются и поставляются производителями оборудования. Примерами таких систем могут служить системы управления CiscoView от Cisco Systems, Optivity от Bay Networks, RADView от RAD Data Communications и т.д.

Выше лежит *уровень управления сетью (Network Management Layer, NML)*. Этот уровень координирует работу элементарных систем управления, позволяя контролировать конфигурацию составных ка-

налов, согласовывать работу транспортных подсетей разных технологий и т.п. С помощью этого уровня сеть начинает работать как единое целое, передавая данные между своими абонентами.

Следующий уровень – *уровень управления услугами (Service Management Layer – SML)* – занимается контролем и управлением за транспортными и информационными услугами, которые предоставляются конечным пользователям сети. В задачу этого уровня входит подготовка сети к предоставлению определенной услуги, ее активизация, обработка вызовов клиентов.

Формирование услуги (*service provisioning*) заключается в фиксации в базе данных значений параметров услуги, например, требуемой средней пропускной способности, максимальных величин задержек пакетов, коэффициента готовности и т.п.

В функции этого уровня входит также выдача уровню управления сетью задания на конфигурирование виртуального или физического канала связи для поддержания услуги.

После формирования услуги данный уровень занимается контролем за качеством ее реализации, т. е. за соблюдением сетью всех принятых на себя обязательств в отношении производительности и надежности транспортных услуг. Результаты контроля качества обслуживания нужны, в частности, для подсчета оплаты за пользование услугами клиентами сети. Например, в сети *frame relay* уровень управления услугами следит за заказанными пользователем значениями средней скорости CIR и согласованной пульсации Bc, фиксируя нарушения со стороны пользователя и сети.

Уровень бизнес-управления (Business Management Layer – BML) занимается вопросами долговременного планирования сети с учетом финансовых аспектов деятельности организации, владеющей сетью.

На этом уровне ежемесячно и поквартально подсчитываются доходы от эксплуатации сети и ее отдельных составляющих, учитываются расходы на эксплуатацию и модернизацию сети, принимаются решения о развитии сети с учетом финансовых возможностей. Уровень бизнес-управления обеспечивает для пользователей и поставщиков услуг возможность предоставления дополнительных услуг.

Этот уровень является частным случаем уровня автоматизированной системы управления предприятием (АСУП), в то время как все нижележащие уровни соответствуют уровням автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП), для такого специфического типа предприятия, как телекоммуникационное.

Разумеется, рассмотренным выше подходом к построению системы управления не исчерпывается задача создания такой системы. Требуется детализация, описывающая взаимодействие различных уровней, описание функций каждого из уровней.

22.2. Функциональные группы задач управления

Независимо от объекта управления желательно, чтобы система управления выполняла ряд функций, которые определены международными стандартами, обобщающими опыт применения систем управления в различных областях. Существуют рекомендации ITU-T X.700 и близкий к ним стандарт ISO 7498-4, которые делят задачи системы управления на пять функциональных групп:

- управление конфигурацией сети и именованием;
- обработка ошибок;
- анализ производительности и надежности;
- управление безопасностью;
- учет работы сети.

Рассмотрим задачи этих функциональных областей управления применительно к системам управления сетями.

Управление конфигурацией сети и именованием (Configuration Management). Эти задачи заключаются в конфигурировании параметров как элементов сети (Network Element, NE), так и сети в целом. Для элементов сети, таких как маршрутизаторы, мультиплексоры и т.п., с помощью этой группы задач определяются сетевые адреса, идентификаторы (имена), географическое положение и пр.

Для сети в целом управление конфигурацией обычно начинается с построения карты сети, т. е. отображения реальных связей между элементами сети и изменения связей между элементами сети – образование новых физических или логических каналов, изменение таблиц коммутации и маршрутизации.

Управление конфигурацией (как и другие задачи системы управления) могут выполняться в автоматическом, ручном или полуавтоматическом режимах. Например, карта сети может составляться автоматически, на основании зондирования реальной сети пакетами-исследователями, а может быть введена оператором системы управления вручную. Чаще всего применяются полуавтоматические методы, когда автоматически полученную карту оператор подправляет вручную. Методы автоматического построения топологической карты, как правило, являются фирменными разработками.

Более сложной задачей является настройка коммутаторов и маршрутизаторов на поддержку маршрутов и виртуальных путей между пользователями сети. Согласованная ручная настройка таблиц маршрутизации при полном или частичном отказе от использования протокола маршрутизации (а в некоторых глобальных сетях, например X.25, такого протокола просто не существует) представляет собой сложную задачу. Многие системы управления сетью общего назначения ее не выполняют, но существуют специализированные системы конкретных производителей, например, система NetSys

компании Cisco Systems, которая решает ее для маршрутизаторов этой же компании.

Обработка ошибок (Fault Management). Эта группа задач включает выявление, определение и устранение последствий сбоев и отказов в работе сети. На этом уровне выполняется не только регистрация сообщений об ошибках, но и их фильтрация, маршрутизация и анализ на основе некоторой корреляционной модели.

Фильтрация позволяет выделить из весьма интенсивного потока сообщений об ошибках, который обычно наблюдается в большой сети, только важные сообщения, маршрутизация обеспечивает их доставку нужному элементу системы управления, а корреляционный анализ позволяет найти причину, породившую поток взаимосвязанных сообщений (например, обрыв кабеля может быть причиной большого количества сообщений о недоступности сетей и серверов).

Устранение ошибок может быть как автоматическим, так и полуавтоматическим. В первом случае система непосредственно управляет оборудованием или программными комплексами и обходит отказавший элемент за счет резервных каналов и т.п. В полуавтоматическом режиме основные решения и действия по устранению неисправности выполняют люди, а система управления только помогает в организации этого процесса – оформляет квитанции на выполнение работ и отслеживает их поэтапное выполнение (подобно системам групповой работы).

В этой группе задач иногда выделяют подгруппу задач управления проблемами, подразумевая под проблемой сложную ситуацию, требующую для разрешения обязательного привлечения специалистов по обслуживанию сети.

Анализ производительности и надежности (Performance Management). Задачи этой группы связаны с оценкой, на основе накопленной статистической информации, таких параметров, как время реакции системы, пропускная способность реального или виртуального каналов связи между двумя конечными абонентами сети, интенсивность трафика в отдельных сегментах и каналах сети, вероятность искажения данных при их передаче через сеть, а также коэффициент готовности сети или ее определенной транспортной службы.

Функции анализа производительности и надежности сети нужны как для оперативного управления сетью, так и для планирования развития сети.

Результаты анализа производительности и надежности позволяют контролировать *соглашение об уровне обслуживания (Service Level Agreement – SLA)*, заключаемое между пользователем сети и ее администраторами (или компанией, продающей услуги). Обычно в SLA оговариваются такие параметры надежности, как коэффициент готовности службы в течение года и месяца, максимальное время устранения от-

каза, а также параметры производительности, например, средняя и максимальная пропускная способность при соединении двух точек подключения пользовательского оборудования, время реакции сети (если информационная служба, для которой определяется время реакции, поддерживается внутри сети), максимальная задержка пакетов при передаче через сеть (если сеть используется только как транзитный транспорт).

Без средств анализа производительности и надежности поставщик услуг публичной сети или отдел информационных технологий предприятия не сможет ни проконтролировать, ни тем более обеспечить нужный уровень обслуживания для конечных пользователей сети.

Управление безопасностью (Security Management). Задачи этой группы включают в себя контроль доступа к ресурсам сети (данным и оборудованию) и сохранение целостности данных при их хранении и передаче через сеть.

Базовыми элементами управления безопасностью являются процедуры аутентификации пользователей, назначение и проверка прав доступа к ресурсам сети, распределение и поддержка ключей шифрования, управления полномочиями и т.п.

Часто функции этой группы не включаются в системы управления сетями, а реализуются либо в виде специальных продуктов (например, системы аутентификации и авторизации Kerberos, различных защитных экранов, систем шифрования данных), либо входят в состав операционных систем и системных приложений.

Учет работы сети (Accounting Management). Задачи этой группы занимают регистрацию времени использования различных ресурсов сети – устройств, каналов и транспортных служб. Эти задачи имеют дело с такими понятиями, как время использования службы и плата за ресурсы – billing.

Ввиду специфического характера оплаты услуг у различных поставщиков и различными формами соглашения об уровне услуг, эта группа функций обычно не включается в коммерческие системы и платформы управления типа HP Open View, а реализуется в заказных системах, разрабатываемых для конкретного заказчика.

Модель управления OSI не делает различий между управляемыми объектами – каналами, сегментами локальных сетей, мостами, коммутаторами и маршрутизаторами, модемами и мультиплексорами, аппаратным и программным обеспечением компьютеров, СУБД. Все эти объекты управления входят в общее понятие «система», и управляемая система взаимодействует с управляющей системой по открытым протоколам OSI.

Однако на практике деление систем управления по типам управляемых объектов широко распространено. Ставшими классическими системы управления сетями, такие как SunNet Manager, HP

Open View или Cabletron Spectrum, управляют только коммуникационными объектами корпоративных сетей, т. е. концентраторами и коммутаторами локальных сетей, а также маршрутизаторами и удаленными мостами, как устройствами доступа к глобальным сетям. Оборудованием территориальных сетей обычно управляют системы производителей телекоммуникационного оборудования, такие как RADView компании RAD Data Communications, MainStreetXpress 46020 компании Newbridge и т.п.

Основные стандарты TMN. Важнейшие документы МСЭ-Т, имеющие отношение к TMN, сгруппированы в так называемое М-семейство (рис. 22.2).

Документ М.3000 «Обзор рекомендаций в области TMN» содержит перечень всех существующих публикаций МСЭ-Т TMN и других стандартов, которые имеют отношение к управлению сетями связи. Здесь же дана краткая характеристика концепции TMN и рассмотрена ее взаимосвязь с другими телекоммуникационными технологиями.

В стандарте М.3010 изложены общие принципы построения и работы сети TMN, описаны функциональные блоки, компоненты и интерфейсы, иерархическая архитектура TMN, объекты управления и модель «менеджер-агент».

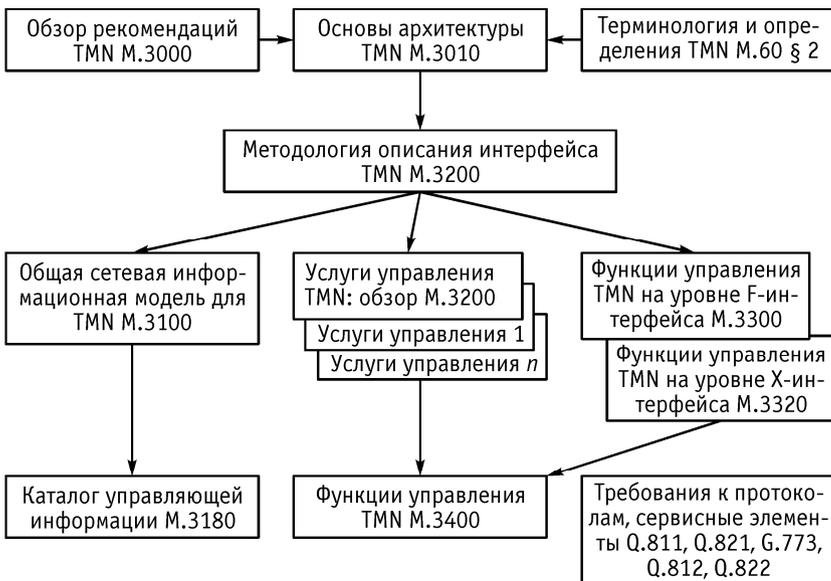


Рис. 22.2. Рекомендации по TMN

Название рекомендаций М.3016 «Обзор информационной безопасности TMN», появившихся в июне 1998 г., говорит само за себя.

Рекомендации М.3020 «Методология определения TMN-интерфейсов» посвящены функциональным возможностям TMN-интерфейсов и используемых ими протоколов.

Документ М.3100 определяет общую информационную модель сетевых элементов. В нем описаны классы администрируемых объектов, их свойства, которые могут служить для обмена информацией между интерфейсами, а также применение объектных технологий, например наследования.

Стандарт М.3200 «Услуги управления TMN» включают в себя краткие описания прикладных сервисов TMN. Кроме того, он вводит концепции «Управление телекоммуникациями» и «Область управления».

Конкретные услуги подробно определяются в следующих документах серии М.32хх: М.3201 (управление трафиком), М.3202 (управление системами сигнализации), М.3203 (управление пользовательскими сервисами), М.3207.1 (управление классами Ш-ЦСИО; в более ранней редакции – М.3205) и др.

В документе М.3300 сформулированы требования к организации человеко-машинного интерфейса (по терминологии TMN – F-интерфейса), а в М.3320 – аналогичные требования для интерфейса между сетями TMN (X-интерфейса).

Наконец, стандарт М.3400 определяет функции управления в сетях TMN.

Нужно заметить, что названные публикации МСЭ-Т представляют собой часть рекомендаций М-семейства, регламентирующих функционирование сетей TMN (например, термины и определения сгруппированы в документ М.60, а принципы применения концепции TMN к управлению сетями ЦСИО изложены в серии М.36хх). Кроме того, отдельным аспектам управления сетями связи посвящены стандарты G-, Q- и X-семейств, которые разрабатывают другие исследовательские группы в составе МСЭ-Т. Стандартизация, лежащая в основе TMN, позволяет добиться интеграции разнородных сетей, а также обуславливает практически неограниченные возможности масштабирования решений.

В настоящее время МСЭ-Т продолжает разработку новых и совершенствование существующих Рекомендаций в области TMN с целью более полного охвата всех приложений TMN и более детальной спецификации интерфейсов и протоколов TMN.

Эта работа проводится, как правило, в тесном контакте с Международной организацией по стандартизации (МОС).

Контрольные вопросы

1. Какова причина все возрастающего интереса к системам управления?
2. Перечислите уровни пирамиды TMN и дайте их краткую характеристику.
3. На какие пять функциональных групп делятся задачи системы управления?
4. Что понимается под «управлением конфигурацией сети и именованием»?
5. Поясните какие задачи охватывает функциональная группа «обработка ошибок»?
6. Что понимается под «анализом производительности и надежности»?
7. Дайте краткую характеристику важнейших документов МСЭ-Т, имеющих отношение к TMN.

Список литературы

1. **Иванов А.Б.** Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи. Измерения, анализ, тестирование, мониторинг. Ч. I. М.: Компания Сайрус Системс, 2001. – 375 с.
2. **Засецкий А.В., Иванов А.Б., Постников С.Д., Соколов Н.В.** Контроль качества в телекоммуникациях и связи. Ч. II / Под ред. А.Б. Иванова – М.: Компания Сайрус Системс, 2001. – 335 с.

Глава 23. Интегрированные информационные системы управления предприятиями электросвязи

23.1. Понятия и определения в области информационных систем управления предприятием

В настоящее время в мире имеется значительный опыт автоматизации предприятий различного вида деятельности. Все принципы и подходы к решению задач автоматизации бизнес-процессов можно считать устоявшимися и ставшими по сути дела мировыми стандартами «де-факто». Большую роль в стандартизации понятий в области автоматизации бизнес-процессов сыграло Американское общество управления производством и запасами (APICS), которое сформулировало ряд принципов, по которым предлагалось строить как модели предприятия, так и основные производственные процессы на них.

Для правильного восприятия материалов этой главы, рассмотрим в ретроспективе основные понятия, которыми будем оперировать в дальнейшем. Определим цель создания информационной системы управления предприятием. Ответим на вопрос, какой должна быть эта система?

Система должна быть интегрированной, т. е. содержать в себе или иметь интерфейсы со всеми подсистемами, автоматизирующими все виды деятельности предприятия. Система должна иметь единую модель данных и работать в едином информационном пространстве. Автоматизации должны быть подвержены не только внутренние бизнес-процессы компании, но и внешние, направленные на взаимодействие с клиентами. В современных информационных системах все процессы вращаются вокруг взаимодействия с клиентом для удовлетворения его потребностей. Рассмотрим классификацию систем управления предприятиями.

К концу 80-х годов идея создания единой модели данных в рамках организации стала привлекать внимание международных промышленных компаний, которые искали способ упростить управление производственными процессами. Первым шагом в данном направлении стало MRP, планирование материальных ресурсов (Materials Resource Planning), включавшее только планирование материалов для производства.

Когда ряд американских специалистов в области управления разрабатывали концепцию MRP, было замечено, что существует два типа материалов – с зависимым спросом (для выпуска десяти автомобилей нужно пятьдесят колес – не больше и не меньше – к определенному сроку) и с независимым спросом (типичная ситуация с запасами для торговых предприятий).

Основная задача MRP состоит в том, чтобы минимизировать издержки, связанные со складскими запасами (в том числе и на различных участках в производстве). В основе этой концепции лежит следующее понятие – Bill Of Material (BOM – спецификация изделия, за которую отвечает конструкторский отдел), который показывает зависимость спроса на сырье, полуфабрикаты и прочее от плана выпуска (бюджета реализации) готовой продукции. При этом очень важную роль играет время. Для того чтобы учитывать время, системе необходимо знать технологию выпуска продукции (или технологическую цепочку, т.е. последовательность операций и их продолжительность). На основании плана выпуска продукции, BOM и технологической цепочки осуществляется расчет потребностей в материалах, привязанный к конкретным срокам.

Однако у MRP есть серьезный недостаток. Его суть в том, что, рассчитывая потребность в материалах, мы не учитываем (как минимум) производственные мощности, их загрузку, стоимость рабочей силы и т.д. Поэтому, возникла концепция MRP II (Manufacturing Resource Planning – планирование производственных ресурсов). MRP II позволял планировать все производственные ресурсы предприятия (сырье, материалы, оборудование, персонал и т.д.).

Впоследствии концепция MRP II развивалась, и к ней постепенно добавлялись возможности по учету остальных затрат предприятия – появилась концепция ERP (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия), называемая иногда также планированием ресурсов в масштабе предприятия (Enterprise-wide Resource Planning). В основе ERP лежит принцип создания единого хранилища данных (repository), содержащего всю деловую информацию, накопленную организацией в процессе ведения деловых операций, включая финансовую информацию, данные, связанные с производством, управлением персоналом, или любые другие сведения. Это устраняет необходимость в передаче данных от системы к системе. Кроме того, любая часть информации, которой располагает данная организация, становится одновременно доступной для всех работников, обладающих соответствующими полномочиями.

Концепция ERP стала очень популярной в производственном секторе, поскольку планирование ресурсов позволило сократить время

выпуска продукции, снизить уровень товарно-материальных запасов, а также улучшить обратную связь с потребителем при одновременном сокращении административного аппарата. Стандарт ERP позволил объединить все ресурсы предприятия, добавляя при этом управление заказами, финансами и т.д.

Сейчас практически все современные западные производственные системы и основные системы управления производством базируются на концепции ERP и отвечают ее рекомендациям, которые вырабатываются американской общественной организацией APICS, объединяющей производителей, консультантов в области управления производством, разработчиков программного обеспечения. К сожалению, большинство из российских систем управления производством не удовлетворяет даже требованиям MRP, не говоря уже обо всех остальных более продвинутых концепциях (см. табл. 23.1).

Таблица 23.1. Тиражируемые интегрированные системы управления предприятием (ИСУП), представленные на российском рынке (1*)

Название тиражируемой ИСУП	Класс	Поставщик на территории России
1	2	3
ИСУП для крупных предприятий		
R/3	ERP	SAP СНГ
Baan	ERP	Альфа-Интегратор Баан Евразия
Oracle Applications (2*)	ERP	Oracle CIS
OneWorld J.D. Edwards	ERP	Robertson & Blums
ИСУП для средних предприятий		
SyteLine (разработчик Symix) (2*)	CSRP	Socap
IRenaissance.ERP (разработчик Ross Systems)	ERP	Интерфейс
Mfg/Pro (разработчик OAD)	ERP	BMS
MAX (разработчик MAX International) (2*)	ERP	ICL-КПО ВС (Казань)
IFS (Industrial & Financial Systems)	ERP	Форс
PRMS (разработчик Computer Associates)	ERP	R-Style
Ахарта (разработчик Damgaard, Дания)	ERP	Columbus IT Partner

Окончание табл. 23.1

1	2	3
ИСУП для малых и средних предприятий		
Concorde XAL (разработчик Damgaard, Дания) (2*)	ERP	Columbus IT Partner
Exact	ERP	Exact Software
Platinum ERA2 (2*)	ERP	Platinum Software
Scala	ERP	Scala CIS
LS LIPro Systems (разработчик LIPro Systems, Германия)	ERP	ЛИПро Р
Protean (разработчик Wonderware)		PLC Systems
NS-2000 (разработчик Никос-Софт) + Solagem Enterprise (разработчик Solagem OY) (2*)		Никос-Софт
БОСС-Корпорация (с модулем «Производство») (2*)	MRP	АйТи
Галактика (2*)		Галактика
Парус 8.x	MRP	Парус
БЭСТ-ПРО 3.02	MRP II	Интеллект-Сервис
SunSystems (фирмы Systems Union) + RB Manufacturing (разработчик Robertson & Blums)	MRP	Robertson & Blums
M-2	MRP	Клиент-серверные технологии
АС+	MRP	Борлас
Флагман		Инфософт
Монополия		Формоза-Софт
Эталон		Цефей
Альфа		Информконтакт
Аккорд		Атлант-Информ
1С: Предприятие 7.7 (с модулем «Производство») (2*)		1С
<p>1*. Используются данные аналитического отчета «Выбор тиражируемой интегрированной системы управления предприятием», раз в полгода выпускаемого независимой исследовательской компанией RC Group и корпорацией «МетаСинтез» (подробнее см. http://www.russianenterprisesolutions.com/). Они не претендуют на абсолютную полноту, а отражают состояние исследований на октябрь 2000 г.</p> <p>2*. Системы подробно представлены в аналитическом отчете, и за их правильную квалификацию эксперты RC Group и «МетаСинтез» несут ответственность. Остальные системы квалифицированы так, как это представляют их разработчики.</p> <p>Принцип отбора систем в таблицу: приведенные в таблице системы отличаются от всех прочих присутствующих на российском рынке программных продуктов для автоматизации финансово-хозяйственной деятельности, во-первых, наиболее развитой функциональностью, а также тем, что в них или уже присутствует модуль планирования производства и оперативного управления им, или разработчики системы обещают появление таких возможностей в ближайшие два года (т.е. уже идет работа над реализацией этих задач).</p>		

Самый последний по времени стандарт CSRP (Customer Synchronized Resource Planning) охватывает также и взаимодействие с клиентами: оформление наряд-заказа, техзадание, поддержка заказчика на местах и пр. Таким образом, если MRP, MRP-II, ERP ориентировались на внутреннюю организацию предприятия, то CSRP включил в себя полный цикл от проектирования будущего изделия, с учетом требований заказчика, до гарантийного и сервисного обслуживания после продажи. Основная суть концепции CSRP в том, чтобы интегрировать Заказчика (Клиента, Покупателя и пр.) в систему управления предприятием. То есть не отдел сбыта, а сам покупатель непосредственно размещает заказ на изготовление продукции – соответственно сам несет ответственность за его правильность, сам отслеживает сроки поставки, производства и пр. При этом предприятие может очень четко отслеживать тенденции спроса и т.д. [18].

23.2. Анализ структуры интегрированной информационной системы управления предприятием регионального оператора связи

Стержневой частью информационных систем любых предприятий, независимо от вида деятельности, является автоматизация технологических процессов. Для предприятий связи эти процессы и подходы к их автоматизации описаны в стандартах, представляющих идеологию Telecommunication Management Networks (TMN) и изложенных в рекомендациях серии M-ITU и других источниках.

Стандартизация для операторов связи систем управления предприятием (систем верхнего уровня TMN) – отсутствует. В качестве решений используются либо универсальные системы не ориентированные на бизнес-процессы оператора связи, либо так называемые отраслевые решения.

В данном случае очевидно противоречие: фирмы разработчики программного обеспечения заинтересованы в увеличении объемов продаж и поэтому детализация в автоматизации бизнес-процессов какой-то отрасли дело, на их взгляд, неблагодарное. В то же время решение проблемы автоматизации с ориентацией на отраслевую специфику необходимо и этим занимаются либо специалисты по автоматизации самих отраслевых предприятий, либо специализированные фирмы, занимающиеся внедрением подобного типа систем, либо специалисты фирмы разработчика универсальных систем, реализующие проект с внедрением своей системы, ориентированной на конкретного заказчика. Внедрение заказных проектов, естественно, отражается на их стоимости в сторону увеличения.

Отраслевые решения на самом деле есть. Создание такого программного обеспечения могут себе позволить немногие – это такие

известнейшие фирмы, как SAP и ORACLE. Они производят программный продукт, ориентированный на специфику определенных отраслей, в области телекоммуникаций известным лидером является фирма SAP. Внедрение импортных систем на российских предприятиях происходит с большими затруднениями и, наверное, невозможно назвать десяток проектов, где нет проблем.

Есть попытка создания отраслевого решения для телекоммуникационных предприятий в России – это фирма Ай-Ти. Она реализовала в рамках своей системы «Босс-корпорация» биллинговую подсистему.

Нельзя не отметить еще одну проблему, которая имеет место при выборе решения, обеспечивающего автоматизацию бизнес-процессов оператора связи. Какая фирма создала программное обеспечение? Если фирма специализируется на программном обеспечении для отрасли телекоммуникаций, например STROM telecom (Чехия), ФОРС (Москва), Инфосфера (Самара), то качество биллинговых и других систем, автоматизирующих деятельность оператора связи, не вызывает сомнений. В отношении разработок, идущих от общей автоматизации к отраслевым решениям, требуется очень внимательно рассмотреть программное обеспечение перед принятием решения об его использовании.

Имеется целый ряд систем, рожденных непосредственно силами коллективов, занимающихся автоматизацией внутри предприятий связи. Эти программные продукты прошли сертификацию и предлагаются в качестве тиражируемых. Однако в данном случае возникают сомнения в возможностях коллектива разработчиков в качественном содействии во внедрении и в дальнейшем сопровождении этих систем. Особенно если они все еще продолжают работать внутри компании оператора связи и не стали специализированной фирмой по производству программных продуктов.

Из каких подсистем должна состоять и какие функции выполнять информационная система управления оператора связи? Прежде всего, это подсистема автоматизации в той или иной степени трех нижних уровней пирамиды TMN, а также следующие:

Система управления сетевыми ресурсами предприятия, включающая:

- 1) систему технического учета ресурсов компании оператора связи;
- 2) централизованную систему технической эксплуатации, включая систему управления сетями связи;
- 3) систему повременного учета стоимости разговоров (СПУС).

Система управления услугами, включающая:

- 1) автоматизацию абонентско-технического учета;
- 2) биллинговую систему, включая ведение взаимоотношений с клиентами, начисление и прием платежей, отслеживающую дебиторов на произвольном отрезке времени.

Система управления бизнес-процессами оператора, включающая:

1) базовую подсистему бухгалтерского учета, с возможностью реализации функциональности управленческого учета;

2) подсистему управления финансово-экономической деятельностью, включая: бюджетирование, управление инвестициями и капиталовложениями, управление тарифами, управление дебиторской задолженностью;

3) подсистему поддержки принятия решений, включающую в себя хранилище данных и работающую на основе OLAP (On-Line Analytical Processing) – технологии многомерного анализа данных.

Все вышеперечисленные системы должны быть взаимосвязаны и работать в общем информационном пространстве.

23.3. Новое системное проектирование как передовая технология на этапе внедрения современных информационных систем

Правильный выбор поставщика программного продукта и оптимальный подбор программных компонентов, составляющих информационную систему управления предприятием – это еще не все. Важным этапом является верный подход к проектированию системы. К сожалению, нельзя для проектирования и внедрения современных информационных систем ориентироваться только на западный опыт проведения этих работ. Конечно, отрицать то, что за рубежом накоплен колоссальный опыт в этой области, бессмысленно, но не учитывать российскую специфику было бы ошибочно.

В России вопросам проектирования информационных систем посвящено достаточное количество работ [17].

В работах Е. Зиндера рассматриваются идеи Нового Системного Проектирования (НСП), **базирующегося на методах бизнес-процесс реинжиниринга**.

Суть идеи в том, что в настоящее время произошли три великих скачка в информационных технологиях:

1. Возможность персональных вычислений, основанная на постоянной доступности работнику ЭВМ, в первую очередь – на использовании персональных компьютеров. Достижение состоит в том, что во многих видах информационных, проектных и управленческих работ исчезла необходимость в работниках-исполнителях (машинистках, чертежниках, делопроизводителях и др.), являющихся посредниками между постановкой задачи и ее решением.
2. Возможность кооперативных технологий, состоящая в компьютерной поддержке совместной согласованной работы группы работников над одним проектом. Эта возможность возникла на основе суммы методов, обеспечивающих управление доступом членов

группы к разным частям проекта, управление версиями и редакциями проектной документации и согласованным выполнением работ в последовательной процедуре работ, управление параллельным конструированием и др.

3. Возможность компьютерных коммуникаций, состоящая в резком увеличении обмена любой информацией. Она возникла, в частности, на основе стандартизованных протоколов обмена данными прикладного уровня в локальных и глобальных сетях. Это позволило исключить необходимость передачи бумажных документов для получения согласия или содержательных замечаний, ненужные поездки для проведения совещаний, обеспечить постоянную готовность работника получить и отослать сообщение или информативные записи данных вне зависимости от места его географического расположения и др.

Новые информационные технологии дали возможности принципиально пересмотреть технику как собственно проектирования информационных систем, так и управления процессами проектирования. Следствием использования этих технологий стало то, что от привычной информационной и функциональной модели автоматизируемого предприятия рекомендуется использовать понятийную модель предметной области как единственный достаточно стабильный интегрирующий элемент современной информационной системы управления предприятием. Причем использование понятийной модели предметной области должно находиться в состоянии постоянного пересмотра и обновления, т. е. реконструирования бизнес-процессов (BPR – Business Process Reengineering). Это значит, что при использовании объектно-ориентированного программирования, CASE (Computer-Aided Software Engineering) систем, роль программистов, пишущих непосредственно исходные коды прикладного программного обеспечения, существенно снижается. На первый план выдвигается задача анализа структуры бизнес-процессов предприятия, оптимизации их при изменяющейся структуре предприятия.

Современным инструментом создания информационных систем управления предприятием является новое системное проектирование – Н.С.П. – как интеграция подходов бизнес-реинжиниринга, новых Информационных Технологий (ИТ) и социопсихологических методов, позволяющих учесть то, что в производственных процессах и в ИС должны работать конкретные люди.

Так же, как объявление BPR в качестве нового течения оправдано из-за новых рыночных обстоятельств и взаимосвязей с новыми ИТ, также и объявление Н.С.П. оправдано, в первую очередь, новыми требованиями к создаваемым корпоративным информационным системам, а также новыми методами проектирования, развиваемыми в самих информационных технологиях.

В качестве иллюстрации ниже приводится схема взаимосвязи составных частей Н.С.П.

Схема на рис. 23.1 образована пересечением трех источников Н.С.П.:

А – новые ИТ и их собственные методы проектирования систем, не связанные прямо с организационно-производственными приложениями;

В – бизнес-реинжиниринг как сумма методов реконструкции управления предприятием, причем методов той глубины и радикальности, которые нужны и допустимы в конкретном случае;

С – социопсихология, психология труда, другие методы учета «человеческого фактора» (human factor).

Область АВ – пересечение А и В – дает методы построения ИС для современных корпораций, которые еще не могут считаться законченными, так как в них не учтены возможности, цели и ограничения человека.

Область ВС – пересечение В и С – дает методы бизнес-реинжиниринга с учетом всех необходимых рекомендаций социопсихологов и оргконсультантов, но без методов новых ИТ еще не дает нужных результатов ни для BPR, ни для тотального бизнес-реинжиниринга предприятия.

Область АС – пересечение А и С – дает методы построения приложений, пользовательских интерфейсов и т.п., учитывающих требования инженерной психологии и эргономики, но не методы проектирования систем для современных корпораций.

Особенность этой схемы применительно к задаче автоматизации бизнес-процессов оператора связи и к использованию Н.С.П. состоит в том, что каждый из трех источников должен приобрести ту критическую массу свойств, которая должна привести к успеху реализации проекта. В результате реально существующее пересечение всех трех источников – область АВС, которое и представляет собой область Нового Системного Проектирования, требует правильного определения, что и является гарантией успеха [17].

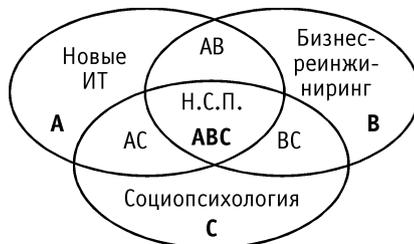


Рис. 23.1. Три составные части Н.С.П. – Нового Системного Проектирования

23.4. Требования к функциональности интегрированной информационной системы управления предприятием для регионального оператора связи

Информационная система управления предприятием должна отвечать требованиям систем класса ERP (Enterprise Resource Planning) – т. е. призвана обеспечить должное отражение всех бизнес-процессов в компании во всех их аспектах:

- информационном;
- функциональном;
- организационном и других.

При этом все бизнес-процессы должны быть взаимосвязаны (интегрированы). Она должна быть системой, способной планировать и управлять ресурсами предприятия, иметь широкий набор функциональных модулей, решающих различные производственные и управленческие задачи. Под ресурсами предприятия понимаются финансы, материалы, персонал и т.д. Модули должны быть интегрированными между собой благодаря общим структурам данных. Система должна обладать наличием высокоэффективных инструментов анализа, в реальном времени дающих руководителям исчерпывающую информацию о положении на предприятии.

Информационная система управления предприятием должна удовлетворять требованиям иерархии систем управления телекоммуникационными сетями TMN (Telecommunications Management Networks) и требованиям ERP-системы, которая находится в верхнем уровне иерархии TMN. Система должна быть интегрированной, т. е. система должна обеспечивать взаимодействие с расчетно-сервисными системами, а впоследствии и с системами управления сетями связи. Интеграция достигается за счет организации единого Intranet – информационного корпоративного пространства, в котором обеспечивается интерактивная работа всех участвующих в бизнесе структур объединенного предприятия.

Система должна обладать следующей функциональностью:

- финансовая бухгалтерия (бухгалтерия главной книги, бухгалтерия дебиторов и кредиторов, бухгалтерия основных средств и т.д.), т. е. ведение оперативного бухгалтерского учета (включая возможности параллельного учета);
- управление основными средствами, в том числе и недвижимостью;
- финансовое управление, включая инструменты контроллинга и бюджетирования;
- управление материальными потоками;
- управление проектами и инвестициями;

– управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования;

- управление реализацией телекоммуникационных услуг;
- управление персоналом и расчет заработной платы.

Система должна включать в себя **хранилище бизнес-информации** (например, OLAP технология), развитый инструмент планирования и оптимизации производства, средства управления бизнесом и финансами для крупной корпоративной структуры.

Хранилище должно обладать следующими свойствами:

- законченное решение информационного хранилища;
- наполненность экономическим содержанием с настроенными механизмами выгрузки данных, информационными моделями, наборами показателей, а также сценариями анализа данных с запросами и отчетами;

- универсальные метаданные и сконфигурированные информационные модели для эффективного и быстрого внедрения;

- открыто для различных источников данных и внешних средств построения анализа и отчетности.

Система должна иметь **функциональность организации стратегического управления предприятием**, используя возможности современных информационных технологий, чтобы можно было осуществлять стратегическое управление предприятием, управлять его эффективностью, а также управлять эффективностью компаний в процессе совместного ведения бизнеса, расширяя процессы управления до организаций партнеров и лиц, имеющих интерес к компании.

Система должна иметь возможность:

- структурировать стратегию развития компаний;
- доносить цели до всех сотрудников организации;
- оценивать стратегию на основе планирования сценариев и оперативного планирования;

- связывать стратегию с оперативными целями и распределением ресурсов;

- поддерживать интегрированный процесс планирования, бюджетирования и прогнозирования;

- собирать неструктурированную информацию из внешних и внутренних источников;

- консолидировать фактические данные;

- отслеживать ключевые факторы успеха.

Система должна быть основана на стандартных бизнес-процессах, которые могут быть адаптированы в соответствии с требованиями конкретного предприятия. Они позволяют оперативно вводить первичные данные, появляющиеся в процессе деятельности компании (финансовые транзакции, поступление и отпуск сырья и продукции, информация о сотрудниках и т.п.), используя при этом простые авто-

матерIALIZED рабочие места, организованные по функциональному принципу (например, «Финансовый Директор», «Бухгалтер», «Сотрудник отдела продаж», «Кладовщик» и т.д.). Должна быть исключена необходимость двойного ввода информации. На основе этих данных обеспечивается возможность гибкого построения бухгалтерских и управленческих отчетов, позволяющих как своевременно предоставлять необходимые документы во внешние контролирующие органы, так и принимать эффективные управленческие решения.

Для получения интегрированного целостного взгляда на корпоративную информацию, система должна сделать возможной создание любой архитектуры информационных систем в сочетании с системой стратегического управления предприятием и системой оперативного управления.

Такая архитектура сможет позволить отдельным децентрализованным единицам компании создавать собственную область контроля только своего бизнеса внутри общей корпоративной структуры и позволять ответственным сотрудникам быстро реагировать на организационные изменения или на необходимость быстрого предоставления новой информации в корпорацию.

Основным функциональным назначением такого комплекса является поддержка функций финансовых и экономических служб, в частности: планирование, обмен информацией между подразделениями Компании и ее консолидацию, контроль исполнения планов, анализ, формирование отчетности.

23.5. Требования к используемым информационным технологиям, техническим средствам и программному обеспечению

Выбор той или иной технологии создания информационной системы определяется, прежде всего, функциями, которые должна выполнять эта система для удовлетворения потребностей оператора связи.

В отрасли связи в настоящее время наблюдаются революционные преобразования. Наряду с бурным развитием технологий, используемых в современных телекоммуникациях, активно происходит структурная перестройка в региональных компаниях и объединение их в межрегиональные. Это диктуется необходимостью оптимального ведения бизнеса.

Как на это должна реагировать информационная система предприятия? Она должна быстро и безболезненно подстроиться под новые условия, при этом не должна требовать существенных капитальных вложений.

Процессы структурной перестройки носят ярко выраженный интеграционный характер. Происходит укрупнение филиалов внутри ре-

гиональных компаний, а также объединение региональных в межрегиональные компании. Если раньше можно было работать, используя для автоматизации деятельности оператора связи системы, построенные по технологии файл-сервер, то в настоящий момент при объединении даже подразделений регионального оператора связи такие технологии неприемлемы, не говоря уже о межрегиональных компаниях.

Если проанализировать требования к информационной системе управления предприятием для региональной компании и принять во внимание реструктуризацию, очевидным становится, что единственной приемлемой для использования может быть система, подверженная принципам реинжиниринга бизнес-процессов.

В настоящее время имеется два подхода к реализации таких систем:

1. Фирма-производитель программного обеспечения для разработки информационных систем, например, фирма ORACLE, используя свои продукты, создает прикладную систему, автоматизирующую деятельность предприятия (ORACLE Applications).

2. Фирма-производитель прикладного программного обеспечения, используя доступное на рынке инструментальное программное обеспечение, создает продукт, который, как правило, содержит возможности создания системы управления предприятием подверженной принципам бизнес-процесс реинжиниринга, например, система R3 фирмы SAP.

В итоге получаются одинаковые по возможностям системы, и сравнивать подходы с точки зрения оптимальности решений не имеет смысла.

В сущности, оба рассмотренных подхода имеют в составе встроенное CASE средство, все объекты системы хранятся в репозитории и благодаря этому достигается высокая готовность системы к реконструкции.

Рассмотрим подходы к проектированию, предлагаемые фирмой ORACLE. Это проиллюстрирует технологии, которые необходимо использовать для создания современной системы управления предприятием. Нижеизложенные принципы не противоречат принципам Нового Системного Проектирования.

Средства проектирования ORACLE

Средства разработки масштабируемых приложений, предлагаемые корпорацией Oracle, представлены двумя группами программных продуктов: Designer/2000™ и Developer/2000™.

Рассмотрим Designer/2000™. Designer/2000™ позволяет создавать модели сложных систем с помощью средств реинжиниринга прикладных процессов (BPR).

Designer/2000™ представляет собой структуру в виде пирамиды, внутри которой расположены уровни. Каждый уровень представляет

собой набор инструментов. Рассмотрим основной инструментарий Designer/2000™. Верхний уровень представлен:

Process Modeling – инструментарий, позволяющий моделировать бизнес-процессы. На этом уровне разработчики приложений должны детально изучить предметную область, суметь правильно описать процессы, происходящие в изучаемой системе, создать организационную структуру процессов и визуально отобразить модель проектируемой системы. На этом уровне можно просчитать экономическую целесообразность системы, просчитать затраты времени, финансовые затраты и трудозатраты в человеко-часах, а также оптимизировать систему, определив в ней критический путь.

Systems Modeling (Системное моделирование) – на этом уровне работают системные аналитики, которые раскладывают модель на мельчайшие детали-сущности, описывают взаимосвязи между сущностями и определяют, какие функции, будет выполнять система, какие потоки данных обрабатывает система.

Design Wizards – на этом уровне работа человека сводится к минимуму. Система сама «превращает» созданные модели (информационную и функциональную) в реальные структуры (структуру данных и структуру меню).

Generation – уровень, на котором расположены разного рода инструменты для создания реальных объектов базы данных и приложения. Причем создание базы данных и готовых к выполнению прикладных программ происходит в автоматическом режиме.

Основной задачей Designer/2000™ является построение готового приложения. От зарождения проекта до ввода его в эксплуатацию проходит несколько этапов разработки. Такой системный подход обеспечивает производительную систему с широкими возможностями. При этом различают этапы:

Стратегия и анализ. Изучение и анализ потребностей предприятия в информации. Выяснение информационных потребностей из бесед с пользователями и менеджерами. Изучение документов, в которых формулируются задачи предприятия и прикладных систем, а также любой другой информации, полезной для разработки будущей системы. Построение модели системы. Словесные описания, полученные на этапе стратегии и анализа, преобразуются в графическое представление информационных потребностей и бизнес-правил предприятия. Модель обсуждается и совершенствуется совместно с аналитиками и экспертами.

Работа над проектом проходит, как правило, следующие стадии:

Проектирование базы данных и проектирование функциональной иерархии системы.

Кодирование и документирование. Создание опытной системы (прототипы). На первых двух уровнях Designer/2000™ производится построение модели. Генерация и выполнение DDL утилит для создания таблиц и вспомогательных объектов базы данных. Разработка пользовательской документации, текстов справочных экранов и руководств по эксплуатации системы.

Внедрение (отладка). Совершенствование опытной системы и внесения изменений на основе тестирования и приемки пользователем – опытная эксплуатация.

Эксплуатация – передача системы пользователям. Наблюдение за ее производительностью, расширение возможностей и усовершенствование.

Понятийная Модель является основой проектирования, строится на основе человеческого опыта и представлений и зависит от того, насколько глубоко понимает человек поставленную задачу. Затем идет представление в виде информационной модели, которая перерастает в реальные таблицы, где и будут храниться данные. Далее анализируется организационная структура предприятия для построения функциональной модели.

Хранящаяся в репозитории модель системы вследствие изменения схемы бизнес-процессов предприятия легко изменяется, после чего производится новая генерация системы. Таким образом, минимизируется время на реинжиниринг бизнес-процессов.

Вышеизложенные реализации систем требуют, как правило, промышленных решений для создания вычислительных комплексов. Наиболее приемлемым является операционная система UNIX, в качестве баз данных используются промышленные СУБД класса ORACLE или INFORMIX. Среди аппаратных серверных платформ на первом месте находятся фирмы SUN и Hewlett Packard. Реже используются продукты фирмы Microsoft.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте сущность концепций MRP, MRP II, ERP.
2. Перечислите, из каких подсистем и какие функции должна выполнять информационная система управления оператором связи.
3. Какие три скачка в настоящее время произошли в информационных технологиях?
4. Приведите схему взаимосвязи составных частей Нового Системного Проектирования.
5. Какие требования предъявляются к функциональности интегрированной информационной системы управления предприятием для регионального оператора связи?

Список литературы

1. **Булгак В.Б., Варакин Л.Е., Крупнов А.Е.** и др. Основы управления связью Российской Федерации. – М.: Радио и связь, 1998. – 184 с.
2. **Емельянов Ю.А., Крупнов А.Е., Мамзёлев Н.А.** Сертификация оборудования и услуг связи. – М.: ЗАО РИКЕЛ, 1999. – С. 118–137, с. 142–180.
3. **Рождественский А.А., Князев К.Г., Павлов А.В.** Основные концептуальные положения и технические решения по созданию автоматизированной системы управления цифровой сетью связи АО «Ростелеком». – М.: Телесофт – Россия, 1996. – 91 с.
4. **Руководящий** технический материал по построению тактовой сетевой синхронизации на цифровой сети связи Российской Федерации. Вторая редакция. – М.: ЦНИ-ИС, 1995. – 66 с.
5. **Справочные материалы** по вводу в эксплуатацию сетей ЕСС. – М.: Сайрус Системс, 2001. – 150 с.
6. **Фокин В.Г.** Управление телекоммуникационными сетями: Учеб. пособие. – Новосибирск.: СибГУТИ, 2001. – 110 с.
7. **Гриднев С., Коновалов Г.** Управление сетью синхронизации в сетях на основе SCDI // Connect! Мир связи. – 1998. – №12. – С. 138–141.
8. **Беллами Дж.** Цифровая телефония / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. Гл. 7. Синхронизация сети, контроль и управление.
9. **Бакланов И.Г.** Технологии измерений первичной сети. Ч. 2. Системы синхронизации, В-ISDN, ATM. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000. – 150 с.
10. **Рекламные проспекты** фирм Alcatel, NEC, Siemens, Телесофт, Hewlett Packard.
11. **Rtn-ichi Sato.** Photonic Transport Network OAM Technologies // IEEE Communications Magazine. – December 1996. – С. 86–94.
12. **Гордеев Э.Н.** Новые технологии в системах управления сетями связи // Вестник связи. – 2000. – № 1. – С. 29–32.
13. **Гордеев Э.Н.** Новые технологии в системах управления сетями связи // Вестник связи. – 2000. – № 2. – С. 79–83.
14. **Нетес В.А., Трубникова Н.В.** Управление сетями: стандарты, проблемы и перспективы // Вестник связи. – 2000. – № 2. – С. 83–88.
15. **Толковый словарь терминов** по системам, средствам и услугам связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 256 с.
16. **Нормы** на электрические параметры цифровых каналов и трактов магистральной и внутризоновых первичных сетей. – М.: Мин-во связи Российской Федерации, 1996. (Приказ № 92).
17. **Зиндер Е.** Новое системное проектирование: информационные технологии и бизнес-реинжиниринг. Ч. 2: Бизнес-реинжиниринг. СУБД. 01/96.
18. **Зайцев С.Л.** Автоматизированные системы управления предприятием стандарта ERP/MRP II. Interface Ltd, 2001.
19. **ITU-T Recommendation M.3000** – Overview of TMN Recommendations.
20. **ITU-T Recommendation M.3010** – Principles for a telecommunication management network (TMN).
21. **ITU-T Recommendation M.3020** – TMN interface specification methodology.
22. **ITU-T Recommendation M.3100** – Generic network information model.
23. **ITU-T Recommendation M.3200** – TMN management services: overview.
24. **ITU-T Recommendation M.3300** – TMN management capabilities presented at the F-interface.
25. **ITU-T Recommendation M.3400** – TMN management functions.
26. **Калянов Г.Н.** Консалтинг: от бизнес-стратегии к корпоративной информационно-управляющей системе. Учебник для вузов / Г. Н. Калянов. – 2-е изд., дополн. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 208 с.

Глава 24. Управление услугами. Качество предоставляемых услуг

24.1. Система качества услуг электросвязи

Качество услуги (обслуживания) или QoS (Quality of Service) определено в рекомендации G.106 как «Суммарный эффект характеристик обслуживания, определяющий степень удовлетворения пользователя обслуживания».

Пользователь должен быть уверен, что оператор способен предоставлять услугу с требуемым качеством и поддерживать достигнутый уровень качества. Обычно оператор стремится поддерживать требуемый уровень качества услуг электросвязи при оптимальных затратах. Заметим, что к показателю (или показателям) качества услуги должны предъявляться прежде всего следующие требования:

- 1) качество должно быть измерено на уровне предоставления услуги, т. е. на участке «от абонента до абонента», что обеспечивает учет влияния всех значимых объектов сети;
- 2) измерение характеристик качества должно выполняться с помощью средств, показатели которых не зависят от объектов сети, обслуживающих пользователей;
- 3) метод измерения должен быть универсальным для возможности сопоставления результатов, полученных на разных участках сети.

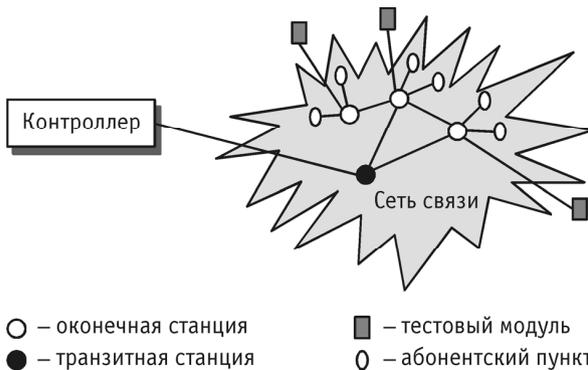


Рис. 24.1. Архитектура системы измерения качества услуг «от абонента до абонента»

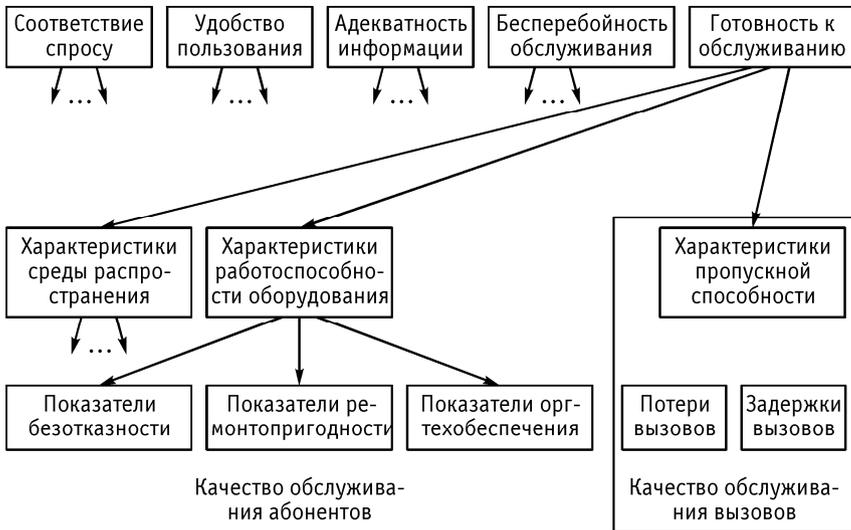


Рис. 24.2. Иерархия понятий в области качества обслуживания телефонной связью

Принципы построения системы, удовлетворяющей этим требованиям, приведены в Рекомендации МСЭТ-Т Е.434. Система (рис. 24.1) создает контрольные (тестовые) вызовы и состоит из общесетевого контроллера и тестовых модулей (приемников/передатчиков контрольных вызовов), устанавливаемых на каждой коммутационной станции сети. Контроллер определяет график тестирования и управляет запуском тестов в тестовых модулях. Тестовые модули создают контрольные вызовы, принимают запросы, фиксируют данные обслуживания.

Для обоснования запросов и ожиданий пользователей и оптимизации затрат оператора необходимы: строгие формулировки терминов, относящихся к качеству услуг; предоставление объективных сведений об ожиданиях и требованиях пользователей и достигнутом оператором уровне качества.

Иерархия понятий в области качества услуг телефонной связью приведена на рис. 24.2. Качество услуги рассматривается как совокупность свойств: удобства пользования, готовности к обслуживанию, бесперебойности обслуживания, адекватности информации пользователя при транспортировке через сеть, соответствие спросу.

Каждое из свойств может быть описано набором характеристик (атрибутов). Так, например, *готовность к обслуживанию* определя-

ется характеристиками среды распространения, работоспособности оборудования, пропускной способности станций и узлов сети.

Основные положения системы качества услуг электросвязи. Под системой качества понимают совокупность организационной структуры, ответственности, методик, процессов и ресурсов, обеспечивающих осуществление общего руководства качеством [1].

Для удовлетворения потребностей пользователя оператор должен поставить и решить три взаимосвязанных вопроса: 1) какова мера ответственности руководства предприятия; 2) каковы структура и функционирование системы качества; 3) каковы требования к персоналу и материальным ресурсам. Решение этих вопросов требует взаимодействия с пользователем (рис. 24.3).

Охарактеризуем аспекты ответственности руководства предприятия электросвязи. Руководство отвечает: 1) за удовлетворенность потребителей услуги, 2) за выработку политики в области качества услуги, 3) за постановку целей в области качества, 4) за анализ эффективности системы качества.

Основная цель руководства состоит в выработке политики в области качества услуги и в достижении удовлетворенности потребителя.

Руководство предприятия электросвязи должно проводить целенаправленную политику в области качества. Эта политика должна быть документально оформлена. В документах должны быть определены: *цели обеспечения качества услуги, уровень качества услуги, пути достижения целей, роли служб и отделов в реализации политики в области качества, способы создания благоприятной репутации* предприятия электросвязи в области качества.

Задачи, поставленные руководством в области качества должны быть осуществимыми в оговоренные сроки, а политика в этой области должна быть открытой и понятной пользователю.

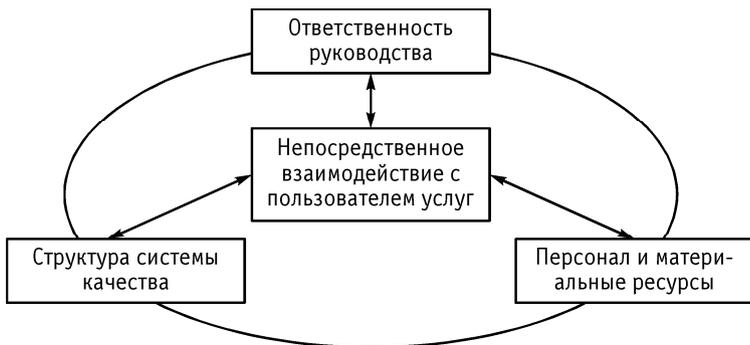


Рис. 24.3. Взаимодействие с пользователем

Важнейшими задачами оператора в области качества должны быть:

- планомерное повышение качества услуг;
- эффективность в предоставлении услуг.

Повышение качества услуг и эффективность их предоставления могут обеспечиваться путем:

- непрерывного анализа требований, предъявляемых к услуге, и достигнутых успехов в повышении качества или проблем в решении этих вопросов;
- принятия предупредительных мер для исключения неудовлетворенности пользователей;
- четкого определения требований пользователей к качеству услуг и степени связи их с контролируемыми параметрами и характеристиками качества;
- оптимизации издержек, связанных с обеспечением качества;
- предупреждения неблагоприятных воздействий служб оператора на общество (например, при переходе к повременной оплате сеанса связи, к оплате по кредитной карте при пользовании таксофонами и др.).

Оператор должен планировать и осуществлять регулярные проверки качества услуг. Для этого необходимо создать комплекс документов:

- спецификации услуг;
- спецификации предоставления услуг;
- спецификации управления качеством.

1) *Под спецификацией услуги понимают:*

- полное и четкое описание характеристик услуги, которые подлежат оценке пользователем;
- нормативы для каждой характеристики.

2) *Под спецификацией предоставления услуги понимают:*

- четкое описание характеристик предоставления услуги, непосредственно влияющих на исполнение услуги (примеры: время ожидания предоставления услуги, среднее количество попыток вызовов на одну результативную – закончившуюся разговором);
- приемлемый норматив для каждой характеристики процесса предоставления услуги;
- требования к ресурсам, детализирующие тип и количество единиц оборудования, необходимых для выполнения услуги;
- определение качества требуемого персонала и его необходимая квалификация.

3) *Спецификация управления качеством* отражает системный подход предприятия электросвязи к обеспечению качества услуг. При этом основной целью управления качеством является обеспечение

эффективности соответствия спецификации услуги данной услуге и планомерное повышение качества. Проект (спецификация) управления качеством должен содержать:

- выбор тех характеристик ключевой деятельности, контроль и измерение которых должно обеспечить требуемое качество услуги;
- разработка методов оценки выбранных характеристик;
- определение методов, средств, механизмов контроля нахождения характеристики качества услуги в заданных границах и влияния на эти характеристики.

Поясним, что понимается под ключевой деятельностью на примере предоставления услуги доставки информации в цифровой сети интегрального обслуживания (ЦСИО). В соответствии с рекомендацией I.350 [2] ключевой деятельностью следует считать обеспечение переноса информации пользователя между интерфейсами «пользователь-сеть». При этом примерами характеристик переноса информации пользователя являются:

- первичные параметры – задержка в получении доступа, скорость переноса, вероятность потери информации, вероятность отказа в освобождении пользователя;
- производные параметры – вероятность отказа в переносе информации, продолжительность неработоспособности средств обслуживания.

Непосредственное взаимодействие с пользователем с целью получения обратной связи о качестве предоставляемых услуг – решающее условие успеха оператора на рынке услуг электросвязи. Оператор может оказывать влияние на восприятие пользователя о качестве предоставляемых услуг путем создания соответствующего образа, основанного на практических действиях, предпринятых им для удовлетворения запросов пользователя. Пользователи услуг, предоставляемых сетями электросвязи, минимум один раз (при оформлении договора о праве пользования услугами) и эпизодически (при возникновении проблем пользования услугами) обращаются к представителям оператора за помощью или для выражения неудовлетворенности качеством услуги. Эти пользователи могут быть важным источником информации для процессов повышения качества. В таких контактах инициатором выступает пользователь, который может быть в недостаточной степени осведомлен о принятых оператором характеристиках услуг и процессах их (услуг) предоставления. Поэтому очень важно дать пользователю четкое представление об особенностях интересующей его услуги. Оператор должен требовать от своего представителя умения выслушивать претензии пользователя и предоставлять ему необходимую информацию.

Эффективное общение с пользователем должно включать следующие моменты:

- предоставление легко доступных средств для эффективного общения (номеров телефонов соответствующих служб, удобного времени обращения к представителям оператора и др.);
- письменное или устное описание услуги, включая ее доступность, стоимость и другие понятные пользователю характеристики;
- объяснение пользователю влияния возможных проблем на предоставление услуги и реакции оператора;
- объяснение важности для оператора любого обращения пользователя и возможности его вклада в совершенствование услуги;
- определение отношения между предложенной услугой и реальными потребностями пользователя.

Следует понимать, что качество услуги обеспечивается активизацией комплекса мер предприятия электросвязи при необходимой обратной связи с пользователем. Ответственность за разработку требований, за создание системы качества, за совершенствование и оценку ее функционирования берет на себя руководство предприятия электросвязи. Персонал и его деятельность являются только элементами системы качества.

Анализ качества услуги со стороны руководства предприятия электросвязи. Система качества должна периодически подвергаться проверке с целью анализа ее эффективности. Анализ должен быть основан на учете данных о качестве услуги, предоставленных всеми уполномоченными специалистами и службами. Руководству должны предоставляться интегральные данные, которые получены с использованием методик их сбора и обработки, предусмотренных в системе качества. Проверкой должны быть охвачены:

- служба оценки мнения пользователей;
- деятельность лиц, ответственных за функционирование системы качества;
- служба маркетинга услуг;
- технические службы.

На основе данных проверки представители руководящего органа или независимый от проверяемых служб персонал документально оформляет выводы и представляет их руководству для принятия мер, направленных на повышение качества услуги. Такими мерами могут быть коррекции: системы качества, методик сбора и обработки данных; уровня качества, достижение которого намечено на ближайшую перспективу.

Ответственность персонала предприятия электросвязи и использование материальных ресурсов. Роль персонала в предос-

тавлении услуги и обеспечении ее качества трудно переоценить. Отношение сотрудников предприятия к труду и к пользователям непосредственно влияет на качество услуги.

Персонал предприятия обязан иметь знания и навыки общения с пользователями. Для совершенствования знаний и навыков руководство должно периодически проводить: инструктаж, конференции с обсуждением проблем и достижений, обмен документами о качестве работы служб и отделов.

Основополагающее средство достижения высокого качества услуги – стимулирование персонала, подготовка и профессиональный рост. Руководство призвано поощрять усилия персонала, направленные на повышение качества услуги, путем должного их признания и вознаграждения.

Система обучения персонала и оценки его деятельности призвана целенаправленно воздействовать на повышение качества услуги.

Спектр и объем материальных ресурсов для достижения требуемого качества услуги во многом определяются поставленными целями и уровнем качества, которого необходимо достичь. В состав основных материальных ресурсов для предоставления услуг электросвязи должны входить:

- технологическое оборудование (коммутационное и каналообразующее);
- средства электропитания;
- средства восстановления работоспособности всех видов оборудования;
- информационные системы для поддержки оперативного взаимодействия служб и отделов предприятия электросвязи;

В состав дополнительных материальных ресурсов могут входить:

- средства оценки качества услуги;
- измерительные системы и приборы;
- ЭВМ и программное обеспечение;
- техническая документация системы качества.

Структура системы обеспечения качества. Система качества (СК) должна обеспечить реализацию целей предоставления услуги с должным качеством. Гибкость СК во многом определяется ее свойством предупреждать воздействие негативных факторов на качество услуги. Непременным ее свойством должна быть оперативная обратная связь процессов: *предоставления услуги, оценки качества и воздействий* для его нормализации или повышения. Решение многообразных задач СК можно проиллюстрировать на рис. 24.4.

Оператор призван организовать обратную связь двух видов для обеспечения качества услуги (рис. 24.5):

– предоставление услуги – оценка качества оператором – анализ исполнения;

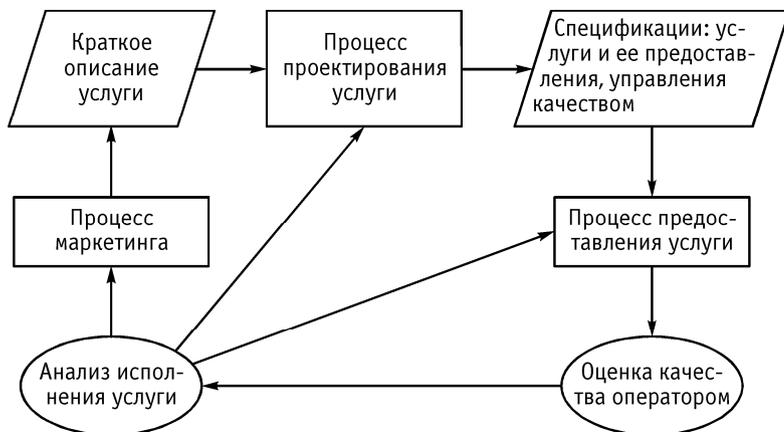


Рис. 24.4. Цикл оценки и обеспечения качества услуги

– предоставление услуги – потребление услуги – оценка пользователем – анализ исполнения.

Все отношения в системе качества предприятия электросвязи с пользователем услуги должны быть отражены в документах. Комплект документов должен содержать:

- 1) основное руководство – описание системы качества услуги;
- 2) программу обеспечения качества услуги;
- 3) методики всех видов деятельности персонала предприятия, детализирующие способы повышения качества услуги;
- 4) протоколы качества.

В протоколах должна быть отражена следующая информация:

- степень, в которой потребитель удовлетворен услугой;
- степень достижения предприятием своих целей в области качества услуги;
- тенденции показателей качества услуги (улучшаются, стабилизируются, ухудшаются, другие зависимости);
- меры воздействия на характеристики качества и их эффективность;
- результативность мер, направленных на повышение квалификации персонала;
- анализ конкурентоспособности организации на рынке данной услуги;
- анализ эффективности принятой системы качества;
- обоснования изменений в документах системы качества.

Документы системы качества должны удовлетворять следующим требованиям:

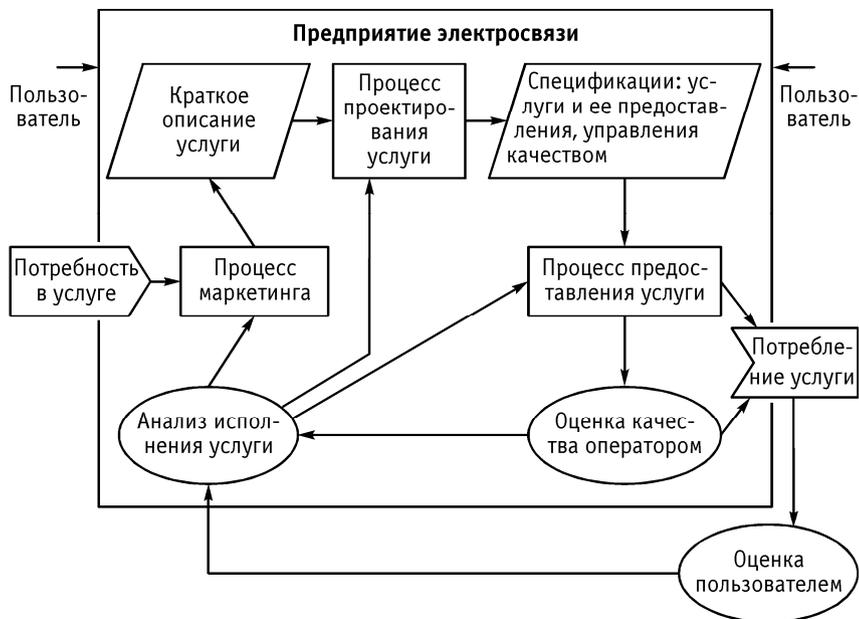


Рис. 24.5. Взаимодействие оператора с пользователем

- доступны и понятны тем работникам, которые их используют;
- утверждены в соответствии с установленными правилами.

Особое внимание должно быть уделено внутренним проверкам качества услуги. Периодические проверки качества услуги на предприятии позволяют оценить эффективность применения системы качества. Такие проверки являются обязательными для коррекции *спецификаций: управления качеством услуги и предоставления услуги*.

Внутренние проверки должны производиться независимыми специалистами.

После утверждения документов проверки высшим руководителем предприятия проверяемая служба обязана в установленные сроки принять меры для стабилизации или повышения качества услуги.

24.2. Базовые составляющие обеспечения качества услуги

Маркетинг услуги. Основная функция маркетинга – определение спроса на услугу и стимулирование ее потребности. В процессе изучения потребности в услуге следует проводить опросы и поручать

компетентным специалистам составлять обзоры. Маркетинг должен охватывать следующие виды деятельности:

- установление спроса на услугу и уровня ее качества;
- установление спроса на дополнительные услуги;
- анализ требований пользователя;
- консультации со всеми заинтересованными службами и подразделениями оператора для определения состава характеристик (атрибутов) и уровня качества, которые они способны контролировать и обеспечить;
- анализ деятельности конкурентов;
- анализ отечественного законодательства, международных и национальных стандартов, имеющих отношение к безопасности и защите прав пользователей;
- оценку эффекта применения системы управления качеством;
- систематическое изучение изменяющихся потребностей рынка.

Оператор заинтересован в том, чтобы его обязательства перед пользователем были документально оформлены. Поэтому до публикации этих обязательств оператор должен согласовать их с возможностями исполнителей и законодательными требованиями.

Официальное оформление обязательств перед пользователем будет стимулировать оператора к эффективному взаимодействию с ним.

Краткое описание услуги и общее руководство. Услугу можно адекватно описать после изучения рынка, анализа собственных ресурсов и согласования обязательств с исполнителями. Такое описание позволяет сформировать документ «Краткое описание услуги» в терминах, понятных как пользователю, так и исполнителю (рис. 24.4 и 24.5). В этом описании отражаются потребности пользователя и возможности (состав и объем ресурсов) предприятия электросвязи.

Для реализации услуги необходимо разработать методики планирования, организации и предоставления. В соответствии с этими документами руководство предприятия определяет объем и состав требуемых ресурсов, и ответственность за их целевое использование службами и подразделениями в процессе предоставления услуги. В методиках планирования, организации и предоставления услуги должны быть отражены: ответственность за качество и обеспечение безопасности пользователя.

Приведем пример краткого описания одной из услуг, предоставляемых пользователям цифровой сети интегрального обслуживания.

Пусть пользователь пожелал при заключении договора с оператором получить доступ типа «2В + D». Это значит, что он готов оплачивать двусторонний обмен речевой информацией или данными по двум каналам типа «В» со скоростью 64 Кбит/с и передачу, и прием сигнальных сообщений с максимальной скоростью 16 Кбит/с по каналу типа D, используя базовый доступ (рис. 24.6).

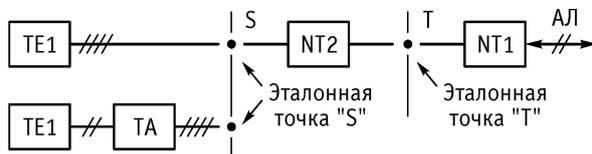


Рис. 24.6. Конфигурация базового доступа к ресурсам ЦСИО (2В + D)

Оператор может предложить пользователю приобрести *цифровой телефонный аппарат* (терминал типа TE1) с широким спектром возможностей. В этом случае TE1 будет подключен к сетевому окончанию типа NT2 четырьмя проводами (два из них используются для передачи информации пользователя, два других – для приема). В эталонной точке S будет обеспечиваться согласование электрических, логических и временных характеристик TE1 и NT2.

В ЦСИО пользователю предоставляется возможность передачи информации с выхода своего терминала через сеть до входа другого терминала в *цифровой (кодированной) форме*. Все линейные, информационные и адресные сигналы передаются в цифровой абонентской линии в виде сигнальных сообщений по высокоскоростному общему сигнальному каналу типа D. Благодаря этому качество услуг, предоставляемых пользователям, существенно возрастает (время установления соединения уменьшается в несколько раз, на 2–3 порядка возрастает верность передаваемой информации, практически исчезают шумы). Пользователь может эффективно вести обмен данными со скоростью 64 Кбит/с по каналу типа В. Абонент может получать большой спектр дополнительных услуг, среди которых, например, такую: любое количество переключений канала типа В во время одного сеанса с речевого терминала на факсимильный аппарат и обратно.

Абонент может подключать к NT2 компьютер и передавать (принимать) данные, файлы.

В дополнение к основной услуге пользователь ЦСИО может получать и определенный набор дополнительных услуг, согласованных с оператором.

Если пользователь имеет обычный аналоговый телефонный аппарат (TE2), то его подключают двумя проводами к терминальному адаптеру (ТА), реализация которого зависит от типа терминала пользователя.

Проектирование услуги. Под процессом проектирования услуги следует понимать разработку: *спецификации услуги, спецификации предоставления услуги и спецификации управления качеством*, в которых отражались бы возможности оператора.

Процессы проектирования спецификаций услуги, ее предоставления и управления качеством должны быть взаимосвязанными. Проектировщик должен знать, что отсутствие системного подхода к проектированию приводит к ошибкам, устранение которых в ходе предоставления услуги обходится дорого.

Проектировщик новой услуги должен нести свою долю ответственности за ее качество. Под ответственностью следует понимать:

- исчерпывающее определение свойств технических средств, используемых для реализации процесса предоставления услуги (станционного, линейного, каналообразующего и другого оборудования);
- планирование периодического контроля спецификаций управления качеством, услуги и предоставления услуги;
- анализ данных опроса пользователей о качестве услуги;
- анализ статистических данных служб, участвующих в предоставлении услуги, для возможной корректировки спецификаций услуги, предоставления услуги и управления качеством;
- публикация официальных документов, устанавливающих соответствие процесса предоставления услуги требованиям, содержащимся в ее описании;
- планирование мер, которые следует принимать при непредвиденном воздействии на услугу.

Каждый этап проектирования должен завершаться анализом результатов для проверки соответствия спецификаций услуги и предоставления услуги требованиям пользователей, а спецификации управления качеством – требованиям предоставления полной и точной информации о качестве услуги. В анализе должны принимать участие представители всех служб и отделов, деятельность которых непосредственно влияет на качество услуги.

Если оператор подготавливает предоставление новой или модифицированной услуги, то необходимо придать законную силу подготовленным спецификациям и документально удостоверить соответствие их требованиям потребителей при прогнозируемых и неблагоприятных условиях. Перед опубликованием итогового документа специально сформированная комиссия должна проверить следующее:

- согласованность услуги с требованиями пользователей;
- наличие всех ресурсов, оговоренных в спецификациях, для реализации услуги;
- завершенность процесса предоставления услуги по картам тестирования (отсутствие прерывания процесса на какой-либо фазе);
- соответствие услуги существующим международным и национальным стандартам;
- наличие описания услуги, понятного пользователям.

Процесс предоставления услуги. Оператор должен определить меру ответственности своего персонала за качество предоставления услуги. Представители соответствующих служб и отделов должны отвечать за строгое соблюдение положений спецификации предоставления услуги, за наблюдение за характеристиками качества услуги, за корректировку фаз процесса в экстренных ситуациях.

С момента начала предоставления новой услуги оператор должен планомерно (в соответствии со спецификацией управления качеством услуги) вести сбор данных о ее качестве. При этом во внимание должна приниматься как оценка качества пользователями, так и исполнителями. Характеристики качества услуги, используемые пользователями и оператором, могут не совпадать. Поэтому сервисная организация обязана проводить корректное сравнение оценок для определения их совместимости и необходимости принятия мер для повышения качества обслуживания. Такого рода деятельность подразумевает введение в практику постоянной оценки степени удовлетворенности пользователей предоставляемой услугой.

В спецификации управления качеством должны содержаться требования к методикам контроля и поддержания в рабочем состоянии системы, предназначенной для измерения характеристик качества услуги. Объектами измерения могут быть ресурсы сети (кабели распределительной и магистральной сети, системы передачи, оконечные станции и узлы) и группы пользователей (анкеты с вопросами о качестве услуги).

Анализ исполнения услуги и меры повышения качества. Руководство организации должно ввести в практику сбор и анализ данных об оценке качества услуги пользователями, исполнителями и независимыми экспертами. Сбор и анализ данных должны быть спланированы, чтобы не допустить появления ложной информации и бессистемности. Следует всемерно использовать статистические методы обработки данных. Политика оператора должна быть ориентирована на минимизацию эксплуатационных затрат и на реализацию как краткосрочных, так и долгосрочных задач повышения качества обслуживания. Для этого необходимо принимать следующие меры:

- определение видов данных, подлежащих сбору;
- определение видов деятельности исполнителей, которые наиболее неблагоприятно воздействуют на качество услуги;
- оформление рекомендаций о мерах повышения качества для оперативного руководства;
- периодическое информирование высшего руководства предприятия о динамике качества услуги и рекомендуемых мерах долгосрочного повышения качества.

24.3. Оценка качества услуг связи с точки зрения пользователя и оператора связи

Подготовка к всесторонней оценке качества услуги. Обязательным для оператора является определение конкретной ответственности персонала за предоставление услуги, при этом должна учитываться оценка качества как исполнителем, так и пользователем.

Предоставление услуги подразумевает:

- строгое соблюдение утвержденной спецификации предоставления услуги;
- наблюдение за адекватной реализацией спецификации услуги;
- корректировку процесса предоставления услуги, если возникают отступления.

Оценка пользователем является конечной мерой качества услуги. Оператор связи должен принимать во внимание следующие весьма очевидные, но нередко игнорируемые им обстоятельства:

- реакция пользователя на предоставленную услугу может быть немедленной или отложенной и носить ретроспективный характер;
- чаще всего пользователь оценивает качество услуги субъективно;
- пользователь редко добровольно информирует представителей оператора (памятуя о своем печальном опыте общения с определенными службами) о своей оценке качества услуги;
- ориентация на жалобы пользователя как на меру удовлетворенности (фактически оставленной при себе неудовлетворенности) может привести к неправильным выводам;
- в условиях конкуренции на рынке услуг электросвязи необходимо вводить в практику постоянную оценку степени удовлетворенности пользователя.

Монопольное положение операторов сетей электросвязи общего пользования в РФ до недавнего времени способствовало невниманию к оценке качества услуг пользователем.

Такая оценка может дать как положительный, так и отрицательный результат, влияющий на коммерческую деятельность оператора. Оператор часто считает предоставляемую им услугу высококачественной, при этом не интересуясь мнением пользователей. Монопольное положение оператора способствует застою в совершенствовании услуги. В настоящее время в РФ немало операторов сетей электросвязи созрело для учета оценки удовлетворенности пользователей получаемыми ими услугами.

Перед началом процесса проверки этой удовлетворенности необходимо подготовить спецификацию каждой услуги, спецификацию предоставления услуги. После этого необходимо проверить, отвечают

ли они потребностям пользователя. Такая проверка будет способствовать обоснованной разработке спецификации управления качеством услуги.

Сравнение оценок качества услуги пользователем и оператором должно быть темой специального изучения. Необходимо добиваться совместимости обеих мер качества. В такой работе представители оператора должны искать взаимопонимания друг с другом и с пользователями. Нелишним будет напоминание того факта, что преобразование пользовательской меры (мер) качества услуги в меру (меры) качества используемого оператором – одна из труднейших задач инженерной практики телетрафика.

Анализ выполнения услуги и повышение ее качества. Оператор, работающий на рынке услуг электросвязи, должен ввести в практику постоянную проверку процессов предоставления услуги с целью повышения ее качества. Для решения этой важной задачи необходимо создать и поддерживать в рабочем состоянии информационную систему, призванную обеспечить сбор и обработку данных о качестве услуги. Должна быть определена ответственность за повышение качества услуги и функционирование информационной системы. Предоставление услуги проверяется путем планомерных проверок и измерений по заранее разработанной методике. Во время измерений первичные данные подлежат соответствующей обработке с целью получения итоговых данных:

- оценки качества услуги пользователем;
- оценки качества оператором;
- оценки качества экспертами.

Процедуры измерения и сбора данных должны анализироваться с целью выявления ошибок. Причины ошибок во время измерений характеристик услуг могут быть как субъективными (низкая квалификация работников, неудовлетворительный контроль следования методике измерений), так и объективными.

В большинстве случаев могут помочь статистические методы сбора и обработки данных как при измерении характеристик качества, так и для лучшего понимания требований пользователя.

Для принятия обоснованных решений о повышении качества услуги необходимо создание комплекса мер, позволяющих выявить:

- отклонение от установленного качества услуги;
- изменения требований рынка, оказывающих влияние на доходы оператора;
- наиболее значимую характеристику услуги, совершенствование которой обещает наибольшую выгоду пользователю и оператору;
- возможности снижения издержек в процессе предоставления услуги с заданным качеством.

Качество услуги электросвязи, оцениваемое пользователем, определяется рядом факторов, среди которых имеются и такие, за которые технический персонал сети не несет прямой ответственности.

Среди этих факторов можно выделить:

- поведение пользователей;
- недостатки планирования и организации работы служб, подчиненных оператору;
- недостатки проектирования сети или отступления от требований проектов;
- степень использования оператором средств управления сетью.

Международные организации стандартизации телекоммуникаций признают, что совершенствование организации технической эксплуатации может существенно влиять на качество услуг, оцениваемое пользователем.

Характеристика услуг электросвязи. Услуги электросвязи могут быть классифицированы по видам:

- услуги электросвязи местных телефонных сетей;
- услуги электросвязи внутризоновой и междугородной телефонной связи.

Пример характеристики услуги «Предоставление связи абоненту местной телефонной сети».

Характеристика услуги: абоненту местной телефонной сети предоставляется многократная возможность установления связи со следующими объектами:

- абонентами местной телефонной сети;
- бесплатными спецслужбами;
- междугородной (международной) телефонной станцией для дальнейшего получения междугородной (международной) или внутризоновой связи.

Факторы, влияющие на качество предоставляемой услуги:

Доступность сети – свойство сети предоставлять ресурс для приема номера вызываемого абонента в течение определенного промежутка времени.

Доступность соединения – свойство сети предоставлять соединение с показателями качества передачи в пределах определенных допусков после получения достаточного количества знаков номера.

Непрерываемость установленного соединения – свойство сети сохранять целостность установленного соединения в течение сеанса связи.

Качество передачи сигнала по соединительному тракту – свойство сети обеспечивать выполнение требований к характеристикам каналов и трактов магистральной, внутризоновой первичных сетей и систем передачи.

Правильность начисления платы за услугу – свойство сети правильно начислять плату за услугу в соответствии с установленным и известным абоненту тарифом.

Секретность предоставления услуги – свойство сети (или службы) сохранять тайну содержания разговора или данных пользователя.

Пользователь сети электросвязи обычно не интересуется структурой сети и тем, как предоставляется нужная ему услуга. В то же время он интуитивно оценивает качество данной услуги, сравнивая его с качеством подобных услуг.

Качество услуги с точки зрения пользователя может быть выражено совокупностью параметров. Эти параметры описываются в терминах, понятных как пользователю, так и службе, и не зависят от структуры сети. Они ориентированы по преимуществу на эффект, воспринимаемый пользователем, должны быть гарантированы пользователю службой и поддаваться объективному измерению в точке доступа к услуге (Рекомендация I.350). Примеры служб в сети оператора электросвязи: телефонная, цифровой сети интегрального обслуживания, передачи данных. Характеристики сети – ХС (Network Performance – NP) – входят в состав характеристик доступности и бесперебойности обслуживания и определяются как способность обеспечивать связь между пользователями. Под ХС понимают совокупность параметров, которые могут быть рассчитаны и измерены. Характеристики работы сети определяются как способность сети или ее части выполнять функции, относящиеся к обеспечению связи между пользователями (готовность и бесперебойность обслуживания – см. рис. 24.2), и представляют собой совокупность параметров, которые могут быть изменены и рассчитаны.

Характеристики сети интересуют, прежде всего, владельца и ориентированы на разработку системы, проектирование сети на международном или национальном уровнях, эксплуатацию и техническое обслуживание.

Службы ЦСИО предоставляют услуги *доставки информации и предоставления связи*. Каждая услуга характеризуется набором атрибутов, основные из которых определяют качество услуги (КУ). Услуги доставки информации и предоставления связи поддерживаются определенным набором типов соединений, реализуемых ЦСИО. Характеристики типов соединений определяют свойства сети. Применение понятий КУ и ХС иллюстрируется рис. 24.7.

Характеристики сети определяют качество услуги, воспринимаемое пользователем, но далеко не всегда позволяют содержательно с точки зрения пользователя описать это качество. Примеры таких характеристик сети – трафик, потери по вызовам, по времени на участке сети, коэффициент непрохождений. Характеристики КУ, полезные на этапе проектирования и построения сети, не всегда могут применяться

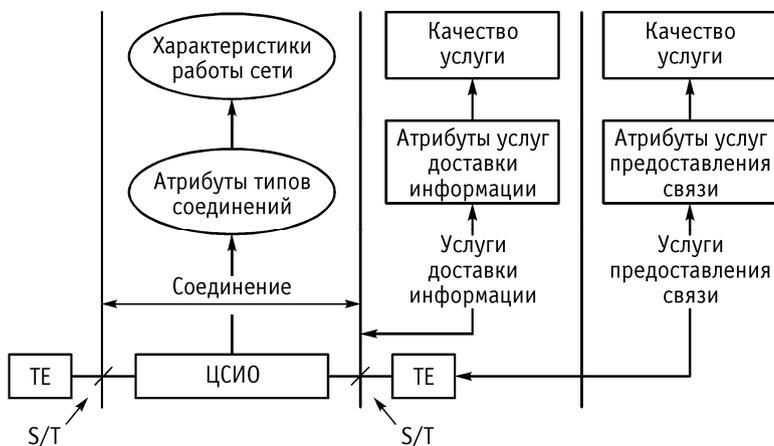


Рис. 24.7. Соотношение между качеством услуги и характеристиками работы сети

ся для спецификации характеристик соединений, устанавливаемых ЦСИО. Взаимосвязь между характеристиками КУ и ХС очевидна, для эффективного обслуживания пользователей сетью важно установить количественные соотношения между их значениями, если между ними отсутствует однозначное соответствие. Различия между КУ и ХС отражены в табл. 24.1.

Определение параметров КУ должно базироваться на событиях и состояниях, которые можно наблюдать в точках доступа к услугам (например, в эталонных точках S и T интерфейса «пользователь–сеть»), вне зависимости от процессов и событий в сети, обеспечивающей обслуживание.

Таблица 24.1. Различия между КУ и ХС

Качество услуги (обслуживания)	Характеристики работы сети
Ориентировано на пользователя	Ориентированы на оператора сети
Атрибут (параметр) услуги характеризует обслуживание	Атрибут (параметр) элемента соединения характеризует объект, обеспечивающий связь
Ориентировано на эффект, воспринимаемый пользователем	Ориентированы на проектирование, разработку, эксплуатацию и техническое обслуживание
Между точками (в точках) доступа	Средства и возможности элементов соединения или сквозных соединений (каналы, тракты, станции)

Определение характеристик сети должно базироваться на событиях и состояниях, которые можно наблюдать на границах элементов соединения.

В Рекомендации I.350 отмечается различие между КУ доставки информации в сети и КУ предоставления связи. Это объясняется тем, что точка доступа к услуге и точка наблюдения за обслуживанием будут разными. Качество услуги и ХС в этой Рекомендации предлагается определять с помощью *первичных и производных параметров*.

Первичный параметр (или его оценка) определяется на основе наблюдения событий в точках доступа (например, в эталонных точках S или T на рис. 24.6) к услуге или на границах элементов соединения (между звеньями тракта связи). *Первичные параметры* описывают КУ и ХС в периоды готовности услуги или соединения соответственно и не могут быть определены для услуги или соединения в состоянии неготовности. Например, быстрота переноса информации при неготовности средств доступа не может быть определена.

Производные параметры описывают КУ и ХС как в периоды готовности, так и в периоды неготовности услуги или соединения. Для измерения параметров КУ и ХС наблюдают за событиями в точках доступа к услуге или на границах элементов соединения. Примеры событий: правильный прием сигнального сообщения с данными о номере вызываемого абонента; переход процесса соединения из одного состояния в другое; интервал времени между этапами одного соединения. Производный параметр может характеризовать, например, превышение первичным параметром некоторого допустимого значения.

Для оценки качества услуги должна быть определена система показателей, состоящая из первичных (единичных) и производных (интегральных). Приведем перечень **первичных показателей КУ при предоставлении услуг в сетях с коммутацией каналов**.

Первичные показатели:

- вероятность доступности (недоступности) сети;
- средняя задержка сигнала «ответ станции»;
- вероятность доступности (недоступности) соединения;
- средняя задержка доступа к ресурсам сети;
- вероятность нарушения установленного соединения;
- вероятность отказа в освобождении;
- качество передачи сигнала по соединительному тракту (например, затухание элемента соединения);
- коэффициент неудовлетворенности абонента громкостью передачи;
- коэффициент неудовлетворенности абонента разборчивостью речи;

- вероятность неправильного начисления платы за услугу (при временном учете стоимости сеанса связи);
- вероятность несанкционированного подключения к соединению постороннего абонента.

Производные показатели:

- неготовность (продолжительность неисправного состояния сетевых средств);
- коэффициент неудовлетворенности абонента качеством предоставления услуги (определяется при опросе абонентов).

Перечень **первичных показателей работы сети в режиме коммутации каналов:**

Первичные показатели:

- задержка в организации соединения;
- вероятность организации ошибочного соединения;
- вероятность отказа в организации соединения;
- задержка переноса информации;
- секунды с большим количеством ошибок;
- задержка разъединения;
- задержка освобождения;
- вероятность преждевременного разъединения;
- вероятность отказа в освобождении.

Производный показатель: неготовность (продолжительность неисправного состояния сетевых средств).

Перечень **первичных показателей работы сети в режиме коммутации пакетов.**

Первичные показатели:

- задержка в организации виртуального канала;
- вероятность ошибки при организации виртуального канала;
- вероятность отказа в организации виртуального канала;
- задержка переноса пакетов данных;
- скорость переноса данных (бит/с, Кбит/с, Мбит/с);
- коэффициент ошибок;
- задержка освобождения виртуального канала;
- вероятность отказа в освобождении виртуального канала;
- вероятность преждевременного нарушения виртуального канала.

Производный показатель: неготовность (продолжительность неисправного состояния сетевых средств).

Родовые параметры КУ и ХС. В Рекомендации I.350 определены три функции, реализуемые сетью и ее службами, и три характеристики каждой из функций. Каждая из функций сети может быть описана тремя параметрами. Так получено девять **родовых первичных параметров**, которые могут быть использованы для определения специфических параметров КУ и ХС (рис. 24.8):

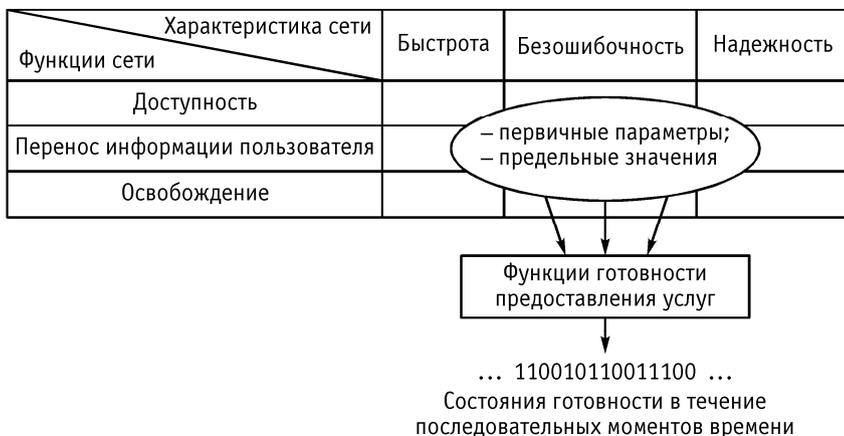


Рис. 24.8. Матричный метод 3×3 для определения состояний готовности

- *быстрота* получения доступа;
- *безошибочность* доступа;
- *надежность* доступа (вероятность отказа в доступе к ресурсу);
- быстрота переноса информации;
- безошибочность переноса информации;
- надежность переноса информации;
- быстрота освобождения;
- безошибочность освобождения;
- надежность освобождения.

Основные функции связи, реализуемые сетью – это доступ, перенос информации пользователя, освобождение.

Под доступом понимают возможность в получении ресурсов сети или службы. Процедура доступа начинается в момент появления запроса от пользователя в интерфейсе «пользователь–сеть» и заканчивается при появлении хотя бы одного бита информации от его терминала.

Процедура переноса информации пользователя начинается в момент завершения доступа и заканчивается в момент передачи «запроса освобождения», знаменующего окончание сеанса связи.

Процедура освобождения начинается в момент передачи сигнала «запроса освобождения» и завершается для каждого пользователя после освобождения сетевых ресурсов, выделявшихся во время сеанса связи.

Освобождение включает в себя как действия, связанные с разрушением ранее существовавшего физического соединения, так и с завершением выполнения протокола верхнего уровня.

Качество услуги и ХС при реализации функций сети или службы описывается тремя параметрами: *быстрота*, *безошибочность*, *надежность*. Быстрота характеризует промежуток времени, необходимый для выполнения функции, или скорости выполнения. Безошибочность характеризует степень правильности выполнения функции. Надежность определяет степень уверенности в выполнении функции в течение заданного периода наблюдения (вне зависимости от быстроты и безошибочности выполнения).

Контрольные вопросы

1. Что понимается под качеством услуги?
2. В чем заключается методика измерения качества услуг «от абонента до абонента»?
3. Каким путем можно обеспечить качество услуг и эффективность их предоставления?
4. Какие документы должен разработать оператор для внедрения системы качества?
5. Почему оператор должен непосредственно взаимодействовать с пользователем, если он хочет быть успешным на рынке услуг электросвязи?
6. Каковы основные составляющие обеспечения качества услуг?
7. В чем отличие оценки качества услуг со стороны пользователя и оператора?
8. В чем различие между характеристиками качества услуг и характеристиками сети?
9. Что такое родовые параметры КУ и КС и как они формируются?

Список литературы

1. **Соколов В.А.** Качество обслуживания вызовов в телефонии // Итоги науки и техники. Электросвязь. Т. 17. – М.: ВИНТИ, 1987.
2. **МККТТ.** Синяя книга. Том III, выпуск III.8. Цифровая сеть интегрального обслуживания (ЦСИО), общесетевые аспекты и функции, интерфейс «пользователь–сеть» ЦСИО. Рекомендации I.310–I.470. – IX Пленарная ассамблея, Мельбурн, 14–25 ноября 1988 г. – 282 с.
3. **Битнер В.Н.** Качество услуг электросвязи и его оценка. Методические указания по курсу T2116. – Новосибирск, 2000. – 47 с.
4. **Иванов А.Б.** Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи. Измерения, анализ, тестирование, мониторинг. Ч. I. М.: Компания Сайрус Системс, 2001. – 375 с.
5. **Засецкий А.В., Иванов А.Б., Постников С.Д., Соколов Н.В.** Контроль качества в телекоммуникациях и связи. Ч. II / Под ред. А.Б. Иванова. – М.: Компания Сайрус Системс, 2001. – 335 с.
6. **Нормирование** качества телекоммуникационных услуг: Учебное пособие для вузов / В. И. Битнер, Г. Н. Попов. Под ред. профессора В. П. Шувалова. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия–Телеком, 2009. – 312 с.
7. **Шринивас Вегешна** Качество обслуживания в сетях IP. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 368 с.

Глава 25. Управление услугами. Автоматизированные системы расчетов (АСР)

25.1. Общие положения

Модель расчетов МСЭ-Т. В качестве официального наименования биллинговых систем в отечественной нормативной документации прижилась аббревиатура АСР, связанная со словом «расчет».

Характерными тенденциями текущего этапа развития индустрии связи являются:

- максимальная ориентация на нужды конкретного потребителя;
- максимально быстрая реакция на его запросы;
- максимально широкий спектр предлагаемых услуг.

В этих условиях биллинговые системы (БС) как место хранения подробной информации о потребителе становятся не просто архивом со встроенным калькулятором, а инструментом реализации всей рыночной политики оператора, и с этой точки зрения БС уместнее было бы назвать не автоматизированными системами расчета, а автоматизированными системами управления (услугами и бизнесом) и расчета.

При разработке АСР необходимо использовать как международный опыт, так и общие технические требования (ОТТ) к АСР.

В рекомендации МСЭ-Т X.742 описана трехуровневая модель расчетов за услуги электросвязи, изображенная на рис. 25.1.

Первый уровень представляет собой процесс фиксации использования услуги. Имеются ресурсы (в данном случае – объекты предоставления услуг связи) и функции измерения использования услуги. Функция эта, в частности, выполняется аппаратурой повременного учета стоимости (АПУС) (для электромеханических АТС), либо системой сбора данных для электронных АТС, программное обеспечение которых способно вести запись информации о предоставленных услугах самостоятельно. Результат оформляется в виде Usage Metering Record (UMR) – записи об измеренном использовании услуги. UMR формирует следующую информацию:

- идентификацию используемой услуги;
- идентификацию пользователя, использующего услугу;
- объем (количество) используемой услуги;
- время начала и конца пользования услугой;

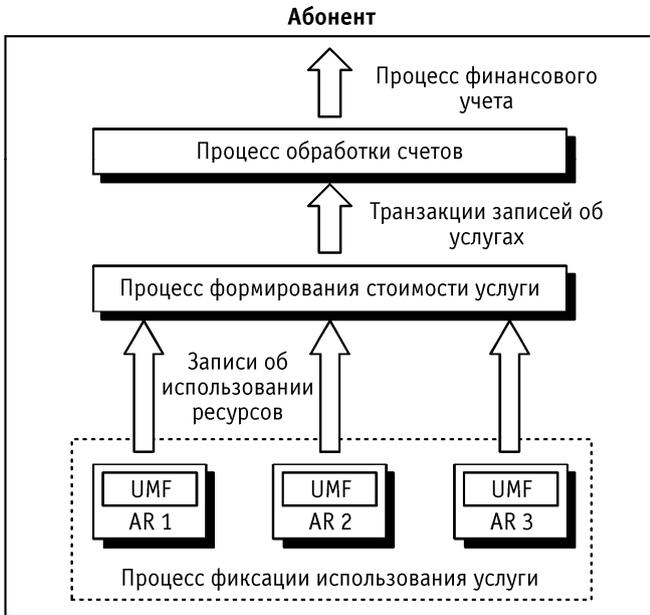


Рис. 25.1. Трехуровневая модель расчетов МСЭ-Т:

UMF – Usage Metering Function – функция фиксации использования услуги; AR n – Accountable Resource – ресурс, предоставляемый учитываемым объектом

- место, на котором осуществляется услуга (как часть идентификации пользователя);
- тип услуги (на основании которого определяется алгоритм калькуляции).

Запись возникает в процессе фиксации использования услуги (Usage Metering Process), которая формируется следующими источниками информации: телефонными станциями местной сети, АМТС, коммутаторами сотовой сети, оборудованием сетей передачи данных, сетью Internet.

Второй уровень – это процесс формирования стоимости услуги. Здесь происходит интегрирование информации по услугам в единую запись, предназначенную для передачи автоматизированной системе расчетов, в которую также вносятся идентификаторы пользователя и услуги, количество использованной услуги, время начала предоставления услуги, категория пользователя, тариф. Эта запись носит название Service Transaction Record (STR) – запись об оцененном использовании услуги.

Третий уровень – процесс обработки счетов. Отвечает за работу с абонентом в процессе выставления ему счета за услуги, приема оплаты, подачи заявок и предъявления претензий к оператору пользователем услуг, т. е. процесс, который на основании группы записей Service Transaction Record выдает счета для определенного пользователя и создает его финансовую задолженность.

Стандартный набор функций, поддерживаемый почти всеми биллинговыми системами. В него входят:

- обработка и анализ исходной информации о потреблении услуг, в частности, получение данных о соединениях и услугах (запросы к коммутатору);
- операции управления сетевым оборудованием, в том числе активация/деактивация (в некоторых системах – блокировка/разблокировка) абонентов и команды изменения условий подписки абонентов, передаваемые непосредственно в коммутатор;
- традиционные функции приложений баз данных. Основные функции приложений включают в себя:
 - создание и редактирование таблиц базы данных расчетной системы (нормативно-справочная информация, курсы валют, коды направлений связи, описания соединений по направлениям, типов вызовов и соединений, тарифов и тарифных планов, услуг и цен, категорий абонентов, контрактов, счетов и платежей);
 - генерацию счетов и их печать;
 - кредитный контроль счетов;
 - архивацию.

Компоненты АСР. Каждая система АСР обязательно состоит из четырех основных компонентов:

1. Система управления базой данных (СУБД).

В качестве СУБД может подойти любая реляционная или постреляционная база данных. Реляционные базы данных опираются на очень простую и одновременно мощную модель обработки информации, основанную на большом числе таблиц, связанных через общие поля. В постреляционных базах данных применяется транзакционная многомерная модель данных, позволяющая хранить и представлять их в наиболее востребованном виде.

Объективные требования, предъявляемые биллинговыми системами к СУБД, связаны только с производительностью и масштабируемостью. В основе такой системы должны лежать хорошо продуманные алгоритмы формирования запросов и механизмы управления базой данных.

2. Формирование разнообразной отчетности.

Эта функциональность биллинга зависит от конкретной СУБД. В сетях сотовой связи или при пользовании услугами провайдеров

Internet с ее помощью абоненту предоставляется доступ к его счету, поддерживаются взаиморасчеты с клиентами и другими операторами. Она обеспечивает взаимодействие с внешними системами.

Эти два компонента обеспечивают функции накопления, обработку данных и выдачу результатов.

3. Получение данных.

Тарифицируемые данные поступают в биллинговую систему в виде детализованных записей о звонке или записанные в файл. Их формат зависит от видов коммуникационного оборудования и решений компаний-производителей. Для тарификации услуг связи АСР должна получать целый ряд данных: идентификатор абонента; длительность сеанса связи, которая определяется либо по абсолютной величине, либо путем анализа времени начала и окончания связи; направление вызова; о видах запрашиваемого сервиса и т.п.

Нередко интерфейс между системой связи и биллингом делается двунаправленным, что позволяет не только собирать информацию о предоставляемых услугах, но и оперативно управлять этим процессом. Например, «горячий биллинг» подразумевает анализ текущего состояния счета абонента в режиме реального времени и, в зависимости от результата, подключение или отключение определенных видов сервиса. «Отложенный биллинг», когда тарифицируемые данные накапливаются за какой-нибудь временной промежуток и только потом обчисляются.

4. Аппаратная платформа.

От нее зависят качественные показатели работы биллинговой системы, надежность системы в целом. Любая реализация системы должна предусматривать обязательное «горячее» резервирование всех значимых аппаратных узлов, иметь систему резервного копирования и восстановления информации. Еще лучше если аппаратная платформа территориально разнесена, тогда даже локальные катаклизмы, вызванные стихией или человеческим безрассудством, не нарушают работу биллинговой системы.

Остановимся далее на некоторых особенностях биллинга в современных условиях.

Особенности биллинга в мультисервисных сетях. Специфика биллинговых систем, ориентированных на применение в мультисервисных сетях, определяется широким спектром услуг, предоставляемых операторами этих сетей. Если биллинговые системы сетей традиционной телефонной связи имеют дело с однородной информацией, то в мультисервисных сетях исходные данные могут поступать от разных источников в разном формате и, следовательно, должны обрабатываться по-разному. В результате при выборе биллинговой системы на первый план выходят такие критерии, как универсальность и гибкость.

Современная биллинговая система для мультисервисных сетей должна обеспечивать учет использования следующих ресурсов:

- трафик передачи данных;
- телефонный трафик;
- IP-телефония и IP-факсы;
- удаленный доступ;
- видеоконференц-связь;
- Web-хостинг;
- электронная почта;
- доступ к телеконференциям;
- аренда приложений;
- электронная коммерция.

Другое важное требование, предъявляемое к биллинговой системе, – многофункциональность. В настоящее время получают распространение биллинговые системы, которые помимо своей основной функции – учета использования ресурсов и выставления счетов абонентам – имеют такие дополнительные функции, как:

- анализ использования ресурсов и производительности сети;
- формирование отчетов;
- обеспечение дополнительных механизмов сетевой безопасности;
- расширенная поддержка пользователей, включающая средства их информирования о состоянии лицевого счета;
- интерфейс к программному обеспечению бухгалтерского учета, электронного документооборота и другим прикладным программам;
- средства электронной оплаты услуг;
- активизация/деактивизация сервисов в режиме реального времени;
- управление контрактами.

Немаловажным, а подчас и определяющим критерием оценки биллинговой системы является ее гибкость, т. е. возможность настройки под потребности конкретной организации с учетом специфики используемого оборудования, тарифных планов, маркетинговой стратегии, политики развития. Основными средствами достижения этой цели являются:

- возможность подключения дополнительных коллекторов биллинговой информации;
- обработка биллинговой информации на основе правил, определяемых пользователем (rule-based processing);
- гибкие средства настройки тарифных планов;
- программные интерфейсы к внешним приложениям: открытый формат базы данных, включение в состав программного обеспечения средств разработки API (Application Program Inter-

face – интерфейс прикладных программ) и SDK (Software Development Kit – инструментарий для разработки программного обеспечения).

Борьба с мошенничеством. Одной из серьезных проблем современных телекоммуникаций стало телефонное мошенничество. Ежегодные потери от мошенничества в телекоммуникациях оцениваются цифрой в 13 млрд. долл.

Существует большой список средств мошенничества: незаконное подключение к сети оператора, незаконное (без авторизации) использование услуг, незаконная манипуляция с лицевым счетом и прочее. Реорганизация компаний, разнородность и большое количество предоставляемых в настоящее время услуг, технически сложные услуги – все это повышает риск злоупотреблений. Большой проблемой является также мошенничество при роуминге абонентов. Многие компании просто отказываются заключать соглашения о роуминге с сетями, находящимися в зонах повышенного риска, если те не имеют в своем распоряжении необходимых технических средств борьбы с мошенничеством.

Такие технические средства могут являться составными частями биллинговых систем. В биллинговых системах возможно создание так называемых профилей абонентов, в которых фиксируются данные о «стандартном» потреблении услуг, затем поведение абонентов анализируется, текущее потребление услуг сравнивается со стандартным и выделяются группы высокого риска. Другой мерой является снижение времени, проходящего с момента генерации учетной записи на коммутаторе до момента ее обработки в биллинговой системе оператора.

Управление взаимоотношениями с клиентами. Исследования Гарвардского университета показали, что доход некоторых компаний (не только телекоммуникационных) удвоится, если они смогут снизить отток своих клиентов на 5 %. Это обстоятельство подтолкнуло развитие систем управления взаимоотношениями с клиентами (Customer Relationship Management – CRM). CRM – это стратегия, которая позволяет получить целостную информацию о клиентах каждому сотруднику компании-оператора и требует согласованности всех действий, начиная с отдела маркетинга через отдел обслуживания и кончая техническими службами. Иначе говоря, интересы каждого сотрудника компании должны, в конечном итоге, быть сфокусированы на клиенте. Более того, внимание должно быть направлено не на клиента вообще, а на клиента, которого компания действительно хочет удержать. Известно, что для операторов связи справедливо соотношение 80:20, означающее, что 80 % использования и 60 % дохода приносят 20 % клиентов. В этой связи предполагается, что наибольший интерес для операторов связи могут представлять корпоративные клиенты.

Интерконнект. Расчеты с клиентами составляют лишь часть задач биллинговой системы. Другой стороной является необходимость расчета с операторами-партнерами за трафик, пропущенный через их каналы связи – так называемый интерконнект.

Значительный рост объема сделок в области биллинга (прогнозируемый объем в 2006 г. – 10 млрд. долл.) во многом вызывается ростом расчетов по интерконнекту. Расходы на интерконнект могут достигать 50 % общих расходов оператора. Схемы расчетов при этом могут использоваться различные. В Европе это, главным образом, «каскадные» или двусторонние соглашения между операторами, а в Южной Америке один оператор платит другому определенный процент дохода, полученного от продажи услуг конечным потребителям.

В последнее время стал возникать новый класс компаний – компании, специализирующиеся на транзитной передаче данных. Для операторов, которые торгуют «оптом», роль биллинговой системы не просто важна, а критична, поскольку объем транзитного трафика быстро растет, и число транзитных учетных записей CDR начинает приближаться к числу «розничных» CDR.

При работе с интерконнектом узким местом многих биллинговых систем является отсутствие разумного баланса между их гибкостью и способностью обрабатывать большие объемы данных. Ряд операторов применяет для расчетов по интерконнекту параллельные биллинговые системы: данные, получаемые от устройств преобразования внешних сигналов (*mediation device*) передаются сразу и на систему расчета с клиентами, и на систему расчета с операторам-провайдером. Однако такая модульность не всегда обеспечивает возможность обработки больших объемов информации, которые передаются через крупных операторов связи. С ростом электронной коммерции и пакетной передачи трафика важность расчетов по интерконнекту может вырасти, поскольку заинтересованных сторон гораздо больше, и проблема производительности биллинговых систем может обостриться.

Предлагаемые на рынке биллинговых систем продукты можно разделить в зависимости от решаемых ими задач на три класса:

1. Медиаторные платформы. Продукты данного класса не являются полнофункциональными биллинговыми системами. Они лишь обеспечивают сбор и первичную обработку биллинговой информации, организуют ее хранение в базе данных и обеспечивают доступ к ней со стороны других компонентов биллинговых систем. Как правило, решения такого класса предлагаются производителями сетевого оборудования.

2. Решения для корпоративных клиентов. Такие системы не имеют средств работы с клиентами, управления платежами и т.п.

Зато в их состав, как правило, включается мощный генератор отчетов, позволяющих оценить нагрузку на сеть, параметры производительности и другие показатели, необходимые для планирования развития сети.

3. Комплексные решения. Системы данного класса содержат наиболее полный набор средств для организации биллинга.

25.2. Классификация АСР

В «Общих технических требованиях» (ОТТ) по АСР вводятся следующие классификационные характеристики автоматизированных систем расчетов:

1. По предельной емкости сети электросвязи, на функционирование в которой рассчитана АСР.

По числу обслуживаемых абонентов АСР можно разделить на три группы:

- малые биллинговые системы (до 100 тыс.);
- средние биллинговые системы (от 100 до 300 тыс.);
- большие биллинговые системы (более 300 тыс.).

Малые АСР, не требующие применения технологии клиент-сервер, могут применяться на небольших телефонных сетях, имеющих нерайонированную или районированную структуру без узлообразования, или даже на отдельных АТС. Обычно они имеют достаточно простую программно-аппаратную реализацию и для их эксплуатации требуется локальная компьютерная сеть.

Средние АСР, осуществляющие биллинг на платформе Windows NT, уже требуют разделения системы, распределения серверов и перехода на другую, более мощную платформу.

Большие биллинговые системы, требующие распределенного сервера с платформой на UNIX, предназначены для крупных телефонных компаний, таких как операторы городских телефонных сетей и сетей сотовой подвижной связи, а также администраций узлов исходящих и входящих сообщений.

2. По функциональному уровню:

- высший, т. е. АСР обеспечивает возможность адаптации и интегрирования ее с другими подсистемами технологического процесса оказания услуг электросвязи и управления предприятия связи;
- низший, т. е. АСР является системой локального применения без возможности ее адаптации к другим технологическим процессам.

3. По номенклатуре служб и услуг, реализуемых в АСР:

- простые АСР, ориентированные на проведение расчетов по услугам 1–2 служб электросвязи;
- специальные АСР, ориентированные на проведение расчетов по 1–2 услугам одной службы электросвязи;

– универсальные АСР, ориентированные на проведение расчетов по услугам служб электросвязи в любом сочетании на сетях электросвязи, перечисленных в п. 1.2. ОТТ.

4. По серийности производства АСР:

– тиражируемые АСР, т. е. разработчики АСР предполагают серийное производство и внедрение системы на сетях многих операторов связи;

– АСР единичного исполнения, т. е. АСР, разработанные для использования только на сети конкретного оператора связи.

Под тиражируемыми системами понимаются АСР, употребляемые на разных коммутаторах и в разных условиях. Нетиражируемые АСР – это системы, прошедшие процесс сертификации в специфичных условиях определенного провайдера.

К классификации, принятой в ОТТ можно добавить деление АСР по аппаратной архитектуре. В зависимости от масштаба решаемых задач и объемов обрабатываемых данных возможно использование двухуровневой и трехуровневой архитектуры системы.

Двухуровневая система – наиболее простая архитектура. В такой системе сервер СУБД и сервер приложений физически размещены на одном компьютере. Приемлема для небольших биллинговых систем (в литературе приводятся данные об использовании таких систем в компаниях с общим числом абонентов не более 5000). Достоинства такой системы: простота установки, эксплуатации и относительно невысокая стоимость применяемого оборудования. Недостатки: относительно малая производительность, меньшая надежность.

Трехуровневая система – более сложная архитектура. Верхним уровнем такой системы является сервер СУБД. Средний уровень – сервер приложений. Достоинства такой системы: высокая производительность, высокая надежность и защищенность базы данных, большая функциональность. Недостатки: сложность установки, эксплуатации, высокая стоимость требуемого оборудования, сложность сетевых решений.

Отдельного рассмотрения заслуживают варианты централизованного и децентрализованного построения систем.

25.3. Централизованный способ построения системы расчетов

Централизованную систему отличают несколько принципиальных моментов: единая расчетная политика; единая нормативная, законодательная база; единая тарифная политика; организация единого вычислительного ресурса для всей зоны с квалифицированным обслуживанием оборудования; профессиональное, качественное и менее затратное обслуживание системы в центре (администрирование, ре-

зервирование, резервное копирование, обеспечение безопасности, сопровождение и т.д.); автоматическое обновление программного обеспечения на удаленных клиентских рабочих местах; дистанционное обучение и контроль работы по выполнению расчетов персонала РУС; полный контроль за уровнем предоставляемых услуг, оплаты, отсева; статистический анализ показателей работы каждой АТС в зоне и зоны в целом по различным показателям с выдачей информации в виде таблиц и диаграмм; возможность организации операционного дня предприятия связи; система гибкого предоставления полномочий как операторам, так и РУС по ведению расчетов; единая служба «09» по зоне (справка по любому клиенту по всей зоне в любой ее точке, инициирование внутризонального трафика); закрытие спецабонентов по утвержденной единой технологии; единый расчетный день; получение единой картины по расчетам по всей зоне; регламентирование сроков выставления счетов; прогнозирование сроков поступления финансов.

В настоящее время большинство операторов используют децентрализованный способ обработки информации и расчетов с пользователями за предоставленные услуги, что затрудняет оперативное управление их деятельностью со стороны администрации. В связи с этим все больший интерес вызывают АСР, реализованные на базе технологии «клиент-сервер», технологии Internet и централизованного метода обработки данных. Однако приобретение таких систем не всегда оправданно из-за их высокой стоимости, необходимости наличия высокоскоростных и качественных каналов связи или создания корпоративной вычислительной сети, а также возможных трудностей их внедрения и адаптации к конкретным условиям эксплуатации. С учетом этого, а также тенденций внедрения повременного учета исходящих соединений и связанного с этим резкого увеличения объема обрабатываемой информации, наиболее целесообразным является создание двухуровневой системы расчетов с использованием технологии «клиент-сервер» и технологии Intranet. Вместе с этим необходимо провести унификацию и стандартизацию нормативно-справочной информации (НСИ) и форм выходных документов.

На верхний уровень АСР возлагаются функции централизованного ведения НСИ и формирования сводной статистической отчетности по результатам деятельности всех филиалов открытого акционерного общества (ОАО). Нижний уровень отвечает за ведение абонентской картотеки по филиалам, проведение расчетов, прием и регистрацию платежей и передачу статистической отчетности на верхний уровень.

Использование двухуровневой системы позволит сохранить уже эксплуатирующиеся АСР, а после минимальной их модификации подготовит почву для перехода на централизованный способ обработки информации на основе одной из АСР.

Любая из рассмотренных выше систем обеспечивает либо комплексное решение по автоматизации процессов уровня управления услугами, либо обладает необходимыми интерфейсами открытых систем, что позволяет рассчитывать на их возможную интеграцию с автоматизированными системами всех уровней.

25.4. Интеграция АСР с системами управления TMN

Взаимодействие АСР с системами управления нижнего и верхнего уровней TMN представлено на рис. 25.2. С уровня управления сетью или с уровня сетевых элементов в АСР поступает информация о предоставленных пользователю услугах, например, о длительности международных и местных соединений. Техника ее ввода отработана практически во всех АСР, прошедших сертификацию.

На уровень управления сетью должны возвращаться потоки обработанной информации, включающей данные:

- об использовании ресурсов сети операторов во времени, в том числе распределение трафика по направлениям, дням недели, часам суток и т.п.;

- для систем автооповещения абонентов;

- для управления коммутационным оборудованием в части ограничения предоставляемых услуг или полной блокировки их предоставления;

- для поддержания некоторых специальных функций.

С подсистемами уровня управления бизнесом АСР обменивается финансово-экономической и статистической информацией по предоставленным услугам и произведенным за эти услуги оплатам. Здесь важна информационно-технологическая совместимость используемых программных продуктов. В качестве примеров передаваемой информации можно назвать:

- интенсивность использования основных и дополнительных услуг связи;

- доходы структурных подразделений, в том числе по видам услуг;

- состояние расчетов за оказанные услуги по структурным подразделениям.

Немаловажное значение имеет взаимодействие АСР с системами управления услугами. При этом следует отметить, что с системами Централизованного бюро ремонта и Технического учета взаимосвязь небольшая, а с системой обслуживания клиентов (СОК) – значительная, так как здесь используются такие функции АСР, как:

- абонентский учет, включая функцию по ведению очереди;

- прием платежей;

- информационно-справочное обслуживание (предоставление любой информации об оказанных услугах, произведенных оплатах и т.д.).

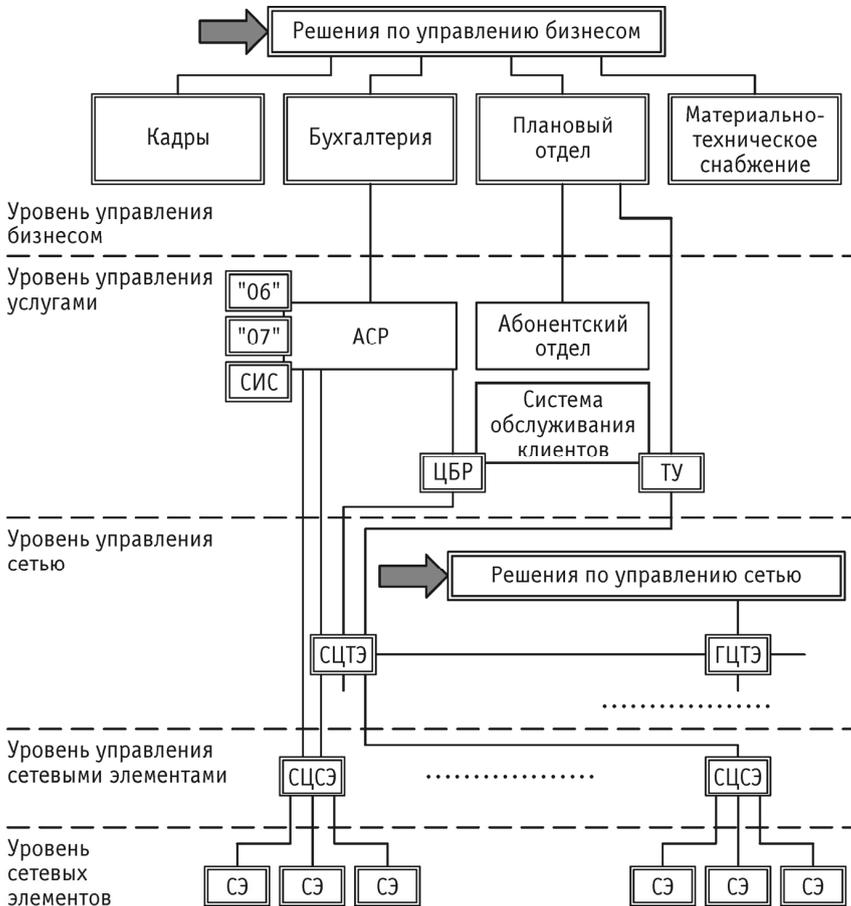


Рис. 25.2. Пример взаимодействия АСР с подсистемами разных иерархических уровней

Также в СОК могут быть реализованы и некоторые функции ЦБР, в частности, прием заявок на устранение неисправности и автоматическая проверка состояния абонентских линий.

Задачи по интеграции АСР с системами управления нижних и верхних иерархических уровней TMN требуют дополнительной проработки.

25.5. Основные технические требования для АСР

Основные технические требования к АСР были утверждены в Госкомсвязи России 16 июня 1998 г. Ниже дается их описание.

АСР должна состоять из подсистем, объединенных единым информационным обеспечением и в совокупности реализующих следующие основные функции:

- *Функция сбора, обработки и ввода первичных данных о предоставленных услугах, предполагающая:*
 - ✓ автоматический и автоматизированный ввод первичных данных об оказанных услугах с обязательным контролем достоверности и корректности вводимых данных;
 - ✓ накопление введенных данных;
 - ✓ накопление статистической информации об оказанных услугах связи;
 - ✓ формирование оперативных статистических и аналитических документов по заданным пользователями системы признакам;
 - ✓ передача информации, не прошедшей первичный контроль, в службы, ее предоставившие;
 - ✓ формирование учетных документов;
 - ✓ формирование архива первичных данных;
 - ✓ получение справок из архива первичных данных.
- *Функция абонентского учета, предполагающая:*
 - ✓ регистрацию новых абонентов с указанием всех персональных реквизитов (минимальное количество реквизитов указано в договоре на оказание услуг связи), необходимых для полной, однозначной идентификации абонентов в базе данных, корректного проведения расчетов, точной доставки счетов и сбора статистических данных;
 - ✓ внесение изменений в персональные реквизиты, принадлежащие абоненту, а также учет и контроль изменений реквизитов абонента;
 - ✓ поиск в базе данных абонентов по заданным признакам;
 - ✓ формирование справочной и статистической информации по абонентам;
 - ✓ контроль за соблюдением условий и сроками действия договоров с абонентами.
- *Функции регистрации и контроля оплат, включающие:*
 - ✓ регистрацию наличных и безналичных платежей абонентов;
 - ✓ учет нераспознанных платежей;
 - ✓ формирование и печать ведомостей и реестров оплат;
 - ✓ формирование списков должников и ведомостей на временную приостановку доступа абонента к сети электросвязи.

Должна быть предусмотрена возможность оплаты счетов абонентом через банковскую систему, через пункты приема платежей оператора связи и через иные пункты приема платежей (например, муниципальные).

Подсистема должна обладать возможностью ввода данных в АСР о проведенных абонентами платежах через банки, пункты приема платежей, почтовые отделения или другие пункты приема платежей с бумажных и магнитных носителей информации и по каналам передачи данных.

Подсистема должна обеспечивать проведение предварительных (авансовых), отсроченных платежей и платежей, проведенных непосредственно после оказания услуг (пункты коллективного пользования).

• *Функция ведения НСИ, включающая:*

- ✓ ведение тарифных планов с учетом обязательного минимума не менее 3 вариантов тарифного плана с числом градаций тарифа не менее 4 в каждом плане;
- ✓ ведение прейскурантов оказываемых услуг;
- ✓ ведение вспомогательной справочной информации (кодов городов, стран и т.д.);
- ✓ сохранение истории изменения тарифов в соответствии со сроком исковой давности.

• *Функция тарификации и расчета, включающая:*

- ✓ расчет стоимости предоставленных абоненту услуг электросвязи;
- ✓ формирование счетов, выставляемых абонентам;
- ✓ ведение накопительных лицевых счетов (истории начислений и оплат);
- ✓ возможность повторения отдельных этапов расчета в текущем расчетном периоде и вне его при рассмотрении претензии абонентов;
- ✓ корректировка и перерасчет начисленной платы за основные и дополнительные услуги электросвязи;
- ✓ формирование счетов-фактур и ведение книги продаж.

Подсистема должна обладать возможностью проведения расчетов в межрасчетный период для одного или группы абонентов по запросу оператора расчетной службы АСР до регламентированной даты начала расчета.

АСР должна осуществлять тарификацию услуг электросвязи на момент начала установления соединения между вызывающей и вызываемой стороной в соответствии с тарифными планами оператора связи.

• *Функция формирования счетов абонентам, включающая:*

- ✓ формирование счетов для наличной и безналичной (банковской) оплаты физическим и юридическим лицам;

- ✓ распечатку счетов на печатающем устройстве;
- ✓ формирование сводных ведомостей по выставленным счетам;
- ✓ формирование массива данных для системы автооповещения абонентов;
- ✓ формирование и печать расшифровок по начислениям за любой период времени по любому абоненту или группе абонентов;
- ✓ регистрацию и контроль результатов доставки счетов абонентам.

АСР должна предусматривать необходимую автоматическую сортировку рассылаемых счетов.

- *Функция информационно-справочного обслуживания абонентов и пользователей системы*, включающая:
 - ✓ получение абонентом любой информации по оказанным ему услугам и произведенным оплатам в течение 8 месяцев с момента оказания услуги или выставления счета;
 - ✓ в случае использования абонентом предварительного платежа за услуги электросвязи, АСР должна информировать его об уменьшении запаса денежных средств на лицевом счете абонента ниже определенного уровня, оговоренного договором об оказании услуг телефонной связи;
 - ✓ получение информации о перечне услуг оператора связи и действующих тарифах.

АСР также должна обслуживать структурные подразделения предприятия связи в части предоставления им необходимой справочной информации, связанной с оказанием услуг электросвязи.

- *Функция формирования статистических и аналитических документов должна готовить документы, отражающие:*
 - ✓ интенсивность использования основных и дополнительных услуг связи;
 - ✓ доходы структурных подразделений оператора связи, предоставляющих услуги электросвязи;
 - ✓ учет использования ресурсов сети операторов связи, в том числе распределение трафика по направлениям, дням недели, часам суток и т.п.;
 - ✓ статистические и аналитические отчеты по абонентам и по сети оператора связи;
 - ✓ состояние оплаты оказанных услуг по структурным подразделениям оператора связи.

АСР должна быть настраиваемой для получения статистических и аналитических документов в разных формах (таблицы, графики, диаграммы) и с разными исходными параметрами и граничными условиями.

Создаваемые АСР формы выходных документов должны обеспечивать возможность подготовки и вывода статистической и анали-

тической информации в соответствии с формами, определяемыми Госкомстатом, Госналогслужбой, Министерством по связи и информатизации России и другими органами государственного управления и организациями связи.

- *Функция администрирования, включающая:*
 - ✓ контроль за доступом к данным функциям системы;
 - ✓ контроль выполнения этапов технологического процесса расчетов за оказанные услуги;
 - ✓ архивирование данных;
 - ✓ восстановление данных после аварийных ситуаций.
- *Функция информационной поддержки взаиморасчетов с операторами-партнерами, включающая:*
 - ✓ сбор и предварительную обработку данных об услугах, оказанных при участии операторов-партнеров;
 - ✓ тарификацию услуг с учетом внутренних и внешних тарифов;
 - ✓ формирование и передачу в другие структурные подразделения оператора связи статистических и других данных, необходимых для проведения взаиморасчетов;
 - ✓ учет и контроль проведения взаиморасчетов с партнерами.
- *Функция управления коммутационным оборудованием* должна включать автоматическую и/или полуавтоматическую (через персонал АСР), и/или ручную (через персонал, обслуживающий коммутационное оборудование по выданным АСР спискам) активацию и блокировку номера абонента и услуг.

АСР должна обеспечивать автоматизацию процесса проведения расчетов с абонентами за все виды предоставляемых оператором связи платных услуг в соответствии с его лицензией, а также контроль поступивших оплат.

АСР должна быть доступной для развития и внесения изменений, обусловленных:

- увеличением количества обслуживаемых абонентов;
- введением новых нормативно-правовых документов или дополнений к действующим;
- совершенствованием технических и программных средств;
- расширением спектра предоставляемых услуг и используемых форм оплаты за них.

В АСР должна быть обеспечена возможность взаимодействия с внешними по отношению к ней автоматизированными системами оператора связи:

- технологическими (АТС, АМТС, Телеграф и т.п.);
- информационно-справочными (базы данных справочных служб оператора связи и т.п.);
- финансово-экономическими (бухгалтерия, плановый отдел и т.п.);

- банковских и финансово-экономических организаций.

В системе должен быть организован пользовательский интерфейс, не требующий специальной подготовки персонала для работы с вычислительными средствами, но предполагающий наличие навыков работы с ними. Это должно быть достигнуто путем создания удобной системы диалога с АСР, наличия развитой системы меню и оперативных подсказок.

Используемые при создании АСР средства вычислительной техники должны отвечать действующим российским и международным стандартам и рекомендациям и обеспечивать непрерывный круглосуточный режим работы системы.

Комплекс технических средств должен включать средства резервирования и восстановления данных и легко адаптироваться к изменению числа пользователей АСР (терминалов и рабочих станций).

В состав системного ПО единичных и тиражируемых АСР должны входить программные средства операционной системы и системы управления базами данных, которые должны обеспечивать открытую архитектуру СУБД.

Прикладное ПО должно иметь модульную структуру и обеспечивать пользовательский интерфейс на русском языке.

Информационное обеспечение АСР, содержащее базы данных, файлы нормативно-справочной информации (НСИ), справочники, классификаторы, таблицы кодировок, виды и формы входных и выходных документов, участвующих в документообороте АСР, а также базы данных (БД) переменной информации, относящейся к данным о сети электросвязи, должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- быть необходимым и достаточным для выполнения всех автоматизируемых функций (задач);
- обеспечивать информационную совместимость с взаимодействующими подсистемами;
- информационная база данных должна быть организована в виде нормализованных массивов данных на машинных носителях;
- применяемые в формах документов термины и сокращения должны быть общепринятыми в данной предметной области;
- должны быть предусмотрены необходимые меры по контролю и обновлению данных в информационных массивах, а также по контролю идентичности одноименной информации в различных базах данных.

Используемые в АСР технические средства должны быть рассчитаны на непрерывную и круглосуточную работу без постоянного присутствия персонала технического обслуживания.

Надежность хранения информации в системе должна обеспечиваться применением аппаратно-программных методов организации

базы данных, ведения журнала проводимых обращений к БД и стандартных средств резервирования и архивации, выполняемых в соответствии с установленным регламентом, а также использованием систем гарантированного электропитания.

Обеспечение живучести АСР должно производиться за счет применения RAID-массивов, резервирования серверов (процессоров) или кластеризации серверов.

Система защиты информации должна обеспечивать защиту от несанкционированного доступа (НСД) к информации, вирусов за счет использования ПО, рекомендованного ФАПСИ.

АСР для сетей сотовой подвижной связи имеют ряд особенностей, которые учитывают серьезные производители АСР:

- при тарификации учитывается тип вызова – исходящий или входящий на мобильный терминал;
- возможность подключения абонента через дилера, продающего телефонный аппарат или SIM-карту;
- возможность предоплатного режима работы с разными вариантами оплаты;
- поддержка роуминга в соответствии с международными стандартами.

25.6. Обзор автоматизированных систем расчетов

На сетях РФ работает множество различных типов АСР, отвечающих требованиям ОТТ. Рассмотрим некоторые из них.

АСР «МАРБИЛ». Система разработана по технологии «клиент-сервер» с использованием новейших технологий фирмы Microsoft.

«Марбил» предполагает определенную оптимизацию бизнес-процессов оператора в части расчетов за услуги связи и работы с клиентами. С точки зрения разработчиков, целесообразны единый расчетный центр, единые договора с клиентом по всем видам услуг оператора, единые счета.

Система базируется на определенных концептуальных положениях. Одно из основных – непротиворечивость и интеграция в технологию TMN. TMN предполагает наличие отдельной транспортной сети X.25 или IP. «Марбил», как и TMN, строится на идеологии «открытых систем», базируется на семиуровневой модели OSI, позиционируется как элемент уровня «управление обслуживанием».

«Марбил» предусматривает взаимодействие с другими корпоративными информационными системами оператора, такими как бухгалтерская система, система документооборота, система качества, и ориентирована на централизованную систему расчетов, хотя может работать и децентрализованно.

Идентификация всех клиентов по лицевому счету позволяет отдельно учитывать различные виды услуг (телефон, ДВО, радиоточки, Internet и др.), закреплять за конкретным клиентом, а не за номером телефона, конкретные виды льгот, автоматически снимать их по истечении срока, отслеживать историю клиента по его личному счету, а не по номеру телефона. Система ориентирована на формирование единого счета за услуги всех отраслей в рамках расчетной службы. Это позволяет организовать сеть единых расчетных центров по работе с клиентами, более эффективно воздействовать на оплату услуг клиентом за все виды связи. При этом ему предлагают на выбор различные системы расчетов: авансовую, кредитно-авансовую, кредитную. Закрытие расчетного периода может быть выполнено как по отдельному лицевому счету, так и по группе лицевых счетов.

Сегодня АСР «Марбил» позволяет автоматизировать расчеты как регионального оператора, так и отдельного РУС, как по всем видам услуг (включая современные услуги оператора), так и отдельно по подотраслям (ГТС, МТС, телеграф, радиопроводное вещание и т.д.).

АСР «Марбил» сертифицирована как тиражируемая универсальная автоматизированная система расчетов высшего функционального уровня.

АСР «Старт». Внедрение АСР «Старт» – основа для полномасштабного внедрения функционального менеджмента и экономических методов управления операторов связи.

На начальной стадии применения АСР «СТАРТ» позволяет решать следующие первоочередные проблемы:

- мониторинг доходов оператора в режиме реального времени;
- тарификация всех услуг электросвязи, предоставляемых абонентам и клиентам;
- оперативное ведение и гибкое управление тарифами и тарифными планами;
- учет и контроль доступа абонентов и клиентов к услугам связи;
- снижение дебиторской задолженности;
- ускорение оборота денежных средств за счет сокращения периодов оплат;
- учет всех видов льгот для населения по оплате услуг связи;
- обеспечение комплекса СОРМ и FRAUD-контроль;
- формирование банковских и бухгалтерских документов согласно действующему законодательству;
- начисление пеней и проведение перерасчетов;
- передача данных АСР или интеграция АСР с бухгалтерскими программами, системами финансового анализа и планирования;
- прием наличных платежей на рабочем месте «Касса», интегрированного в АСР;
- учет потенциальных абонентов оператора связи;

- формирование очереди заявлений на право доступа к услугам связи, подготовка необходимых документов для формирования наряда-заказа на выполнение работ, а также учет претензий и предложений;

- взаимодействие с существующими средствами автоматизации производственных процессов оператора (технический отдел, паспортизация, системы автообзвона и т.п.) или сторонних разработчиков;

- способность к развитию в рамках действующей федеральной и местной юридической системы.

Технические характеристики АСР «СТАРТ»

Программное обеспечение АСР «СТАРТ» выполнено с использованием линии продуктов корпорации Oracle: реляционная система управления базами данных ORACLE 7/8 Server, CASE – средство проектирования информационной системы Oracle Designer/2000, средство быстрой разработки приложений (RAD) уровня 4GL Oracle Developer/2000 для создания рабочих мест в архитектуре «Клиент-сервер», технологии Интернет/Инtranет.

АСР «СТАРТ» является первой российской сертифицированной биллинговой системой, использующей РСУБД ORACLE Server. РСУБД ORACLE Server в настоящее время является наиболее совершенным средством для реализации биллинговых систем и других программных комплексов электросвязи. Использование СУБД ORACLE позволяет устанавливать АСР «СТАРТ» на различные программно-аппаратные комплексы – на серверы RISC-процессорами под управлением операционных систем HP-UX, SUN Solaris, а также на серверы с Intel процессорами, под управлением операционных систем MS Windows NT, SCO UnixWare, LINUX. Имеется опыт установки АСР «СТАРТ» на мейнфрейм.

В настоящее время имеются промышленные образцы АСР-функциональные на MS Windows NT и SUN Solaris.

Функциональная архитектура и рабочие места АСР «СТАРТ»

Автоматизированная система расчетов АСР «СТАРТ» предусматривает создание на территории оператора автоматизированного центра расчетов (АЦР) за услуги связи.

На центр расчетов с абонентами возлагаются задачи автоматизированного сбора в режиме реального времени данных о соединениях по всем видам услуг, предоставляемых оператором связи; автоматизированного входного контроля на целостность, достоверность и полноту принятой информации; предварительная обработка исходной информации для последующей загрузки в базу данных, формирование единой структурированной БД по всем видам обмена.

Общий состав рабочих мест АСР «СТАРТ» и их примерное размещение для реализации АСР в масштабах областного центра показаны

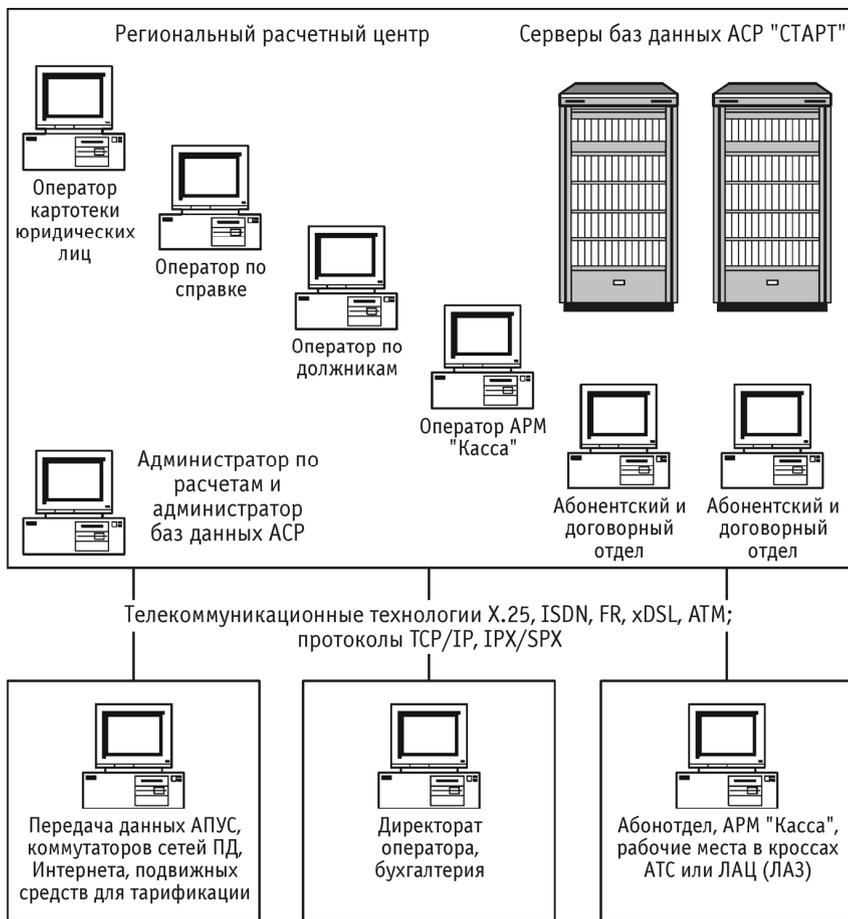


Рис. 25.3. Рабочие места АСР «СТАРТ»

на рис. 25.3. Конкретный план размещения и номенклатура рабочих мест определяется на этапе технического проекта АСР.

Первая группа рабочих мест:

- рабочее место по приему оплаты (АРМ «Касса») и выдаче справок;
- рабочее место по приему оплаты, выдаче справок с возможностью оформления права доступа к услугам;
- рабочее место информационной поддержки расчетов (ввод исходных данных для тарификации, преобразование данных АПУС, поддержка тарификационных и служебных справочников);

- рабочее место по выдаче справок по начислениям и оплатам;
- рабочее место абонентского отдела по работе с физическими лицами;
- рабочее место по ведению картотеки юридических лиц;
- рабочее место по работе с должниками.

Рабочие места по приему оплат и выдаче справок организуются, как правило, в отделениях электросвязи, РУСах, в других помещениях и производят только прием платежей и выдачу справок, касающихся вопросов расчетов с абонентами. Здесь же осуществляются расчеты «по требованию» вместе с печатью чека и подкладного документа.

Рабочие места по приему оплат и оформления права доступа к услугам (отделения сервис-центра) организуются в абонентских отделах телефонной сети, на крупных междугородных переговорных пунктах, в операционных залах телеграфов и в отделениях электросвязи, в центральных офисах операторов, отвечающих определенным техническим и организационным требованиям. Кроме приема платежей и выдачи справок по расчетам, на этих рабочих местах производится немедленный расчет по предоставленным услугам электросвязи и оформление права доступа к услугам связи по указанному в заявлении клиента адресу (при отсутствии технической возможности осуществляется постановка на очередь).

Рабочие места информационной поддержки создаются в производственных подразделениях, владеющих информацией прямо или косвенно, используемой в системе расчетов, например, в кроссах АТС, на рабочих местах обработки АПУС, на соответствующих устройствах сетей передачи данных, в том числе, Frame Relay, АТМ, на системах сотовой подвижной связи, пейджинга и т.п.

Рабочее место по выдаче справок организуется в центре расчетов или на базе справочно-информационной службы (09). Его назначение – консультации и разъяснение клиентам содержимого счетов, справки по порядкам оплат по телефону для физических и юридических лиц.

Рабочее место по ведению картотек юридических лиц организуется для поддержания актуальности сведений по абонентам – юридическим лицам, формирования и выдачи итоговых, справочных и иных сведений.

Рабочее место «Абонентский отдел» организуется для поддержания актуальности сведений по абонентам – физическим лицам, очередникам, для формирования и выдачи итоговых, справочных и иных сведений.

Рабочее место по работе с должниками организуется для адресной работы с должниками за услуги связи, поддержания актуальности сведений по задолженностям, формирования и выдачи итоговых, справочных и иных сведений.

Вторая группа рабочих мест АСР «СТАРТ»:

Во второй группе создаются следующие рабочие места АСР «СТАРТ»:

- рабочее место администратора по расчетам и администратора баз данных АСР;

- рабочие места по отображению информации АСР – для руководителей соответствующих подразделений и служб.

Рабочие места второго уровня осуществляют следующие функции:

- сбор и анализ данных от предприятий (цехов) электросвязи о численностях и оплатах, первичные данные об оказанных услугах связи;

- контроль актуальности абонентских картотек юридических и физических лиц;

- обеспечение технической готовности аппаратной части компьютерного оборудования, задействованного в процессах расчетов;

- контроль (в том числе дистанционный) функционирования программного обеспечения серверов и рабочих мест АСР, системного программного обеспечения;

- проведение тарификационных расчетов;

- подготовка данных для платежных документов, выставляемых абонентам и клиентам;

- реализация процедур финансовой отчетности, ведение журналов учета счетов-фактур, реестров платежей и т.д.;

- представление отчетных, итоговых документов в экранной, бумажной или электронной форме;

- обеспечение взаимодействия с бухгалтерскими программами оператора, АСР присоединенных операторов, взаимодействие с системами управления сетью (TMN).

Ответственность операторов на каждом рабочем месте распределяется в строгом соответствии с функциями, присвоенными администратором АСР данному рабочему месту.

Предлагаемый вариант позволяет установить контроль за всем производством в целом. Однако такая модель может использоваться, если имеются соответствующие структурные изменения, например переподчинение абонентских отделов центру расчетов. Необходима организация гарантированной доставки и своевременного учета изменений технических характеристик абонентов и клиентов. Для этого необходима высокоскоростная корпоративная сеть, объединяющая рабочие места центра расчетов в различных подразделениях оператора.

При наличии высокоскоростной сети по республике (по крайней мере 512 Кбит/с до подразделений РУЭС, занимающихся расчетами за услуги связи абонентским учетом) рекомендуется централизованный вариант баз данных. При этом все рабочие места в РУЭС работают с центральным сервером в режиме удаленного доступа. В слу-

чае меньших скоростей рекомендуется распределенная база данных. Окончательное решение принимается с учетом количества абонентов и пропускной способности цифровых каналов связи и с учетом стадий реализации мультисервисной (корпоративной) информационной сети.

Информационно-биллинговая система «Бурь-Телесеть». Система предназначена для использования многопрофильным оператором связи и позволяет выполнять сбор записей оказания услуг (CDR), их тарификацию, расчет (обновление счетов абонентов), прием оплат и выдачу как платежных документов, так и различной статистической информации, необходимой оператору связи при обслуживании как абонентов фиксированной связи (абоненты ГТС), так и абонентов подвижной радиотелефонной сети, абонентов сетей персонального радиовызова, сетей провайдеров Интернет и других классов клиентуры оператора связи.

Информационная система биллинга, абонентского обслуживания и поддержки деятельности персонала предприятий электросвязи «Бурь-Телесеть» обеспечивает следующие основные функции:

- единый биллинг по всем видам услуг, оказываемых абонентам со стороны оператора связи (включая услуги проводной телефонии, услуги абонентам мобильных сетей (в частности – стандарта GSM-900), услуги автоматической и заказной междугородной и международной связи, услуги абонентам сетей персонального радиовызова, услуги Интернет, аренды каналов и сооружений связи и т.д.);

- функции бухгалтерской системы в части отражения доходной части предприятия связи в соответствии с нормативными документами;

- обслуживание абонентов согласно требованиям нормативных документов и сложившихся на предприятии связи бизнес-процессов (от заключения договоров с абонентами до приема оплат и реализации предопределенных реакций на изменения состояний счетов абонентов, включая ограничения связи, автоинформирование, функции бюро ремонта и т.п.);

- управление коммутационным оборудованием;

- взаиморасчеты с партнерами оператора связи (ведомственными операторами связи, третьими фирмами, получающими отчисления от услуг, предоставляемых абонентам, например при приеме рекламных объявлений по телефону и т.п.);

- анализ оборота финансовых средств и маркетинговый анализ;

- поддержку деятельности, связанной с учетом и эксплуатацией объектов линейно-кабельного хозяйства и систем передачи, в том числе с использованием цифровой карты города, которая также была разработана в рамках реализации данного проекта с использованием программного обеспечения фирмы ESRI.

Существенными чертами системы «Бурь-Телесеть» являются следующие:

- гибкие возможности контроля дебиторской задолженности;
- гибкая поддержка тарифных планов;
- on-Line – контроль за состоянием счетов абонентов;
- поддержка predetermined технологических процессов;
- эффективная организация тарификации трафика;
- взаимодействие с АТС и коммутаторами;
- поддержка операционного дня;
- поддержка функций службы линейно-кабельного хозяйства;
- цифровая карта города;
- масштабируемость;
- безопасность;
- мультивалютность;
- отражение историй;
- интерфейсы с внешними системами.

АСР «Самотлор». Система «Самотлор» спроектирована как единый интегрированный комплекс, обеспечивающий автоматизацию процессов обслуживания пользователей услуг связи и управления услугами предприятия связи.

За время проведения работ по созданию системы, начиная с 1991 г., реализовано две версии системы:

- первая версия реализована по архитектуре «файл-сервер» с использованием СУБД FOXPRO 2.6 и операционных систем Novell и MS DOS. Система классифицирована как универсальная автоматизированная система расчетов высшего уровня единичного исполнения с возможностью использования в организациях электросвязи, обладающих абонентской емкостью до 100 000 номеров;

- вторая версия реализована по архитектуре «клиент-сервер», с использованием СУБД Oracle и программных средств разработки приложений той же фирмы. Серверная часть системы функционирует в операционной среде Windows NT. Клиентская часть функционирует в среде Windows 95. Данная версия системы классифицирована как тиражируемая универсальная автоматизированная система расчетов высшего уровня с возможностью использования в организациях электросвязи, обладающих абонентской емкостью до 500 000 номеров.

Основными принципами построения второй версии системы являются:

- легкая настройка и адаптация системы под типы услуг и технических средств любого оператора связи;
- масштабируемость системы как по количеству предоставляемых оператором связи услуг, так и по объемам обрабатываемой информации и числу рабочих мест;
- достоверность и актуальность данных;
- надежность и живучесть системы.

Перечисленные принципы обеспечиваются за счет следующих решений:

- иерархическое разделение технических средств электросвязи и услуг;

- система предоставляет возможность настраивать не только некоторые параметры (например, минимальное время тарификации при вводе междугородных переговоров), но и технологическую цепочку, которую проходит та или иная услуга от заявки до ее оказания, и метод тарификации услуги, и метод ее исполнения;

- система предполагает наличие разного уровня пользователей, от достаточно грамотного – администратора системы, до оператора с минимальным набором простых функций, разрешенных ему администратором системы;

- в функции администратора системы включены возможности настройки (входит настройка) всех, используемых методов;

- система представляет собой единое приложение, реализующее определенный набор функций;

- достоверность и актуальность данных достигается существованием единой базы данных. В рамках единой базы данных производится разделение данных по их доступности конкретно для каждого подразделения, определяется, какие данные являются доступными для ведения (ввода и модификации) и просмотра;

- максимальное протоколирование всех изменений данных, вносимых в систему, связанное с изменениями законодательства, тарифной политики и пр. (сохранение всех «исторических» данных, которые могли бы повлиять на проведение расчетов, например, тарифы, ставки налогов, изменения льгот);

- живучесть и надежность системы обеспечивается средствами СУБД.

Вышеперечисленные решения позволяют установить систему как в областном центре, так и в районных узлах связи. Более того, существуют механизмы, которые позволяют организовать взаимодействие центрального предприятия связи и его филиалов. При работе центрального предприятия связи и его филиалов в рамках системы можно определить основной набор услуг и технологию их исполнения в центре и поставлять описание услуг и технологий в каждый из филиалов, рекомендовав им выдерживать данные технологии. Такой подход позволяет стандартизовать информационные технологии предприятия связи в целом, что дает значительную экономию материальных и интеллектуальных ресурсов. Более того, в этом случае можно осуществить реальную автоматизацию сбора и анализа отчетных данных в разрезе филиалов и по предприятию в целом.

АСР «Самотлор» в настоящее время находится в промышленной эксплуатации в одном из филиалов «Хантымансийскокртелекома».

ACP CBOSS. ACP CBOSS (Communications Business Operations Support System) ориентирована на комплексную автоматизацию процессов обслуживания абонентов сотовых сетей стандарта NMT-450i, GSM, AMPS/DAMPS, CDMA и др. Она может использоваться с коммутаторами сотовой связи любого типа и обеспечивает поддержку мультистандартных сетей операторов, предоставляющих услуги связи в различных стандартах, например NMT и GSM.

Масштабируемость системы не ограничена, поскольку CBOSS базируется на СУБД Oracle, уникальной в плане масштабируемости и переносимости.

При работе с ACP CBOSS заказчик может легко изменять полномочия пользователей, тарифы, проформу контракта с абонентами и логику работы системы в соответствии с потребностями, возникающими в процессе ее эксплуатации, добавлять в CBOSS отчеты, разработанные самостоятельно.

CBOSS охватывает весь технологический цикл работы с абонентами, в известной степени реализует и бухгалтерские функции – наряду с выставлением счетов к оплате генерирует набор документов, регламентированный законодательством: счета-фактуры, кассовую книгу, книгу продаж и т.п.

Ядром CBOSS является биллинговая подсистема, реализующая функции расчетов с абонентами и партнерами на базе гибко настраиваемой структуры тарифных планов. Подсистема производит регистрацию и учет платежей, квитирование начислений и оплат с формированием текущего сальдо абонента для любых видов сообщений (факс, голос, передача сообщения в почтовый ящик и др.). Настройка системы расчетов позволяет не только задавать параметры, но и оптимизировать процесс биллинга. Подсистема, опираясь на данные всех видов роуминга (ручной, автоматический, псевдороуминг), рассчитывает время разговоров абонентов в зоне обслуживания телефонных компаний-партнеров (и наоборот), благодаря чему можно автоматически контролировать и проводить взаиморасчеты. Контроль доставки счетов, баланса кредита и задолженности помогают предприятию связи решать проблемы своевременной оплаты услуг.

CBOSS обеспечивает функцию «горячего биллинга» в режиме реального времени, если данный режим поддерживается коммутационным оборудованием компании.

Система CBOSS предоставляет целый ряд дополнительных функций: контроль появления «двойников», обеспечение индивидуальной защиты по паролю, поддержка текущего взаимодействия клиентов с техническими службами компании с помощью интерактивных служб (режимы конференц-связи и голосовой почты).

ACP «Fastcom». ACP «Fastcom» ориентирована на использование в сетях операторов фиксированной связи и включает в себя подсистему

темы ведения заявок, договоров как с клиентами, так и с операторами связи, мощное биллинговое ядро (ведение тарифных планов, расчеты, выставление счетов, контроль оплаты), подсистемы выполнения расчетов через процессинговый центр, ведения линейных и технических данных. Существует вариант АСР под названием «Fastcom/SART», который предназначен для расчетов с клиентами и зарубежными операторами – администрациями связи – за спутниковую связь INMAR-SAT. АСР рассчитана для работы на сетях емкостью до 500 000 номеров и может использоваться с коммутаторами любого типа. Масштабируемость при увеличении числа клиентов не ограничена и достигается увеличением производительности серверной части.

Все биллинговые операции в АСР «Fastcom» выполняются в режиме реального времени с ведением истории, возможностями отката любой операции назад. Для проведения взаиморасчетов производится учет услуг, оказанных как клиентам, так и операторам. Возможна организация проведения платежей через процессинговый центр. АСР позволяет автоматизировать подсистему расчетов – начислений на лицевой счет и выставления счетов – с учетом особенностей договоров и правил обслуживания.

АСР «Fastcom» работает под управлением операционных систем UNIX, Windows NT Server 4.0, VMS. В качестве СУБД используется Oracle 8.0. АСР «Fastcom» – открытая система на многих аппаратных платформах. Многообразие настроек биллингового ядра системы позволяет использовать АСР на предприятиях электросвязи различных направлений деятельности.

Наличие гибкой подсистемы настройки тарифных планов позволяет реализовывать сложные схемы тарификации и расчетов. Наличие внутреннего учетного механизма обеспечивает выполнение транзакций по позициям лицевого счета и ведение журнала операций, а также предоставляет возможность отката – сторнирования основных операций (начислений, выставления счетов и др.).

Согласованное ведение данных и интеграция на основе единой БД подсистем расширенного абонентского учета (картотека, заявки, договора), расчетного обслуживания, обработки платежей, «линейной бухгалтерии», процессингового центра авторизации платежей.

Имеется возможность организации работы через браузер в Internet/Intranet. Система внедрена в пяти российских компаниях.

АСР M2000. АСР M2000 сертифицирована как тиражируемая универсальная автоматизированная система расчетов высшего функционального уровня M2000. Система M2000 работает под управлением операционной системы Windows NT Server 4.0, в качестве СУБД используется Interbase SQL Server 5.0. АСР рассчитана для работы на сетях емкостью до 500 000 номеров. В стадии завершения находится проект версии M2000, базирующийся на аппаратно-программной

платформе Hewlett Packard и Oracle 8.0, что позволит обеспечить высокую производительность и масштабируемость.

АСР M2000 автоматизирует основные функции расчетов с абонентами и партнерами на базе настраиваемых тарифов и тарифных планов. Производится регистрация и учет платежей и начислений с формированием текущего сальдо с разбивкой по службам оператора за любые оказанные услуги связи. Существует возможность «отката» (перерасчета за последний расчетный период).

Биллинг реализован на принципе создания расчетных периодов. Продолжительность периода регламентируется администратором системы. Предусмотрено проведение расчетов в межрасчетный период для одного или группы указанных абонентов по запросу оператора расчетной службы АСР до регламентированной даты начала расчета. «Текущее» сальдо абонента изменяется мгновенно при вводе оплаты услуг. При организации on-line-связи с регистрирующим оборудованием возможна тарификация в режиме реального времени. Общее сальдо абонента складывается из сальдо по каждой службе предприятия связи. Начисление налогов, коэффициентов, скидок может варьироваться по каждой услуге в зависимости от категории абонента. Привязка услуг или видов платежей к службам предприятия связи производится администратором системы. Расчет пени производится на момент платежа абонента.

Основные особенности АСР:

- универсальность (т. е. возможность применения АСР для различных видов услуг связи: телематические, сотовые, пейджинговые и др.);
- возможности для настройки системы под различные схемы тарификации и расчетов;
- ведение одновременно нескольких тарифных планов;
- возможность использования в качестве рабочих мест по приему платежей системно-активных контрольно-кассовых машин;
- экспорт необходимых данных в финансовую систему RS-Balance;
- интеграция с подсистемами расширенного абонентского отдела и технического учета.

Помимо перечисленных выше следует упомянуть такие АСР, как АСР «Уралсвязь», АСР «Flagship», АСР TelBill компании STROM telecom. Подробная информация о последней приведена в гл. 27.

25.7. Заключение

Модернизация сетей электросвязи, объединение компаний и переход к мультисервисным сетям выдвинул и новые требования к АСР. В этой связи некоторые предприятия связи выделили средства

на закупку современных АСР, позволяющих осуществлять гибкую их перестройку в соответствии с требованиями к бизнес-процессам, другие пошли по пути развития АСР собственной разработки. В последнем случае обычно в качестве основной причины такого решения выдвигается следующая: «кардинальные изменения функций АСР и ее модернизация возможна только в АСР собственной разработки, особенно если учесть, что процесс реорганизации предприятия связи еще не завершен».

Кроме этого выдвигаются также следующие причины, указывающие на преимущества АСР собственной разработки:

- АСР, отвечающая современным требованиям, базируется на существующей корпоративной информационной сети. Особенности корпоративной сети наилучшим образом могут быть учтены в АСР собственной разработки.
- Попытка сбережения капиталовложений требует эффективного использования существующего парка компьютерной техники, в том числе и морально устаревшей. Это же касается и лицензионного программного обеспечения. АСР собственной разработки обеспечивает наибольшую гибкость в этом вопросе.
- Современное законодательство настолько неустойчиво, что период адекватности модели данных реальной ситуации составляет около полугода. Своевременная коррекция модели данных снимает большинство проблем, присущих быстро устаревающим АСР сторонних производителей.
- Темпы развития информационных технологий настолько велики, что время жизни АСР составляет порядка 3–4 лет, по истечении которых требуется полная замена устаревших технологий и оборудования.
- Стоимость сторонних АСР весьма существенна. Сроки внедрения около одного года. При таких характеристиках затраты на АСР сторонних производителей оказываются эффективными только на предприятиях, не имеющих другой альтернативы, кроме приобретения новой АСР.
- Затраты на поддержание и развитие АСР собственной разработки существенно ниже. Модернизация производится только адресно, а не тотально. Капиталовложения планируются и направляются на наиболее узкие участки информационной инфраструктуры.

Все, представленные выше соображения верны лишь отчасти. Сегодня ситуация с АСР напоминает ситуацию с модемами лет десять – пятнадцать тому назад, когда разработкой модемов занимались десятки и даже сотни организаций. Сегодня об этих самопальных модемах «собственной разработки» все забыли и никто не пытается развивать (дорабатывать) свои разработки. Конечно, стоимость модемов

и АСР несоизмеримы и это вынуждает фактически заниматься во многих случаях процедурой, которая называется «латанием дыр». И, разумеется, вопрос о том, какую АСР использовать: собственной разработки или созданную профессионалами с учетом всех современных требований и допускающую ее развитие, нуждается в тщательной проработке, при которой должны быть учтены все факторы, в том числе, конечно, и ценовые.

Следует заметить, что в настоящее время ориентация на биллинговые системы собственного производства сменяется ориентацией на системы биллинга и обслуживания клиентов – БОК (Billing & Customer Care Systems, В&СС), поставляемые независимыми разработчиками. Такие системы представляют собой пакеты программ, построенные достаточно гибко для успешной работы на динамичном рынке услуг связи. Глобализация этого рынка приводит к тому, что по мере расширения географии продаж, разрабатываемые и продаваемые БС, становятся все менее и менее специализированными.

Современная АСР должна быть универсальной. Она должна иметь исчерпывающий набор интерфейсов для всего комплекса оборудования, задействованного в предоставлении услуг. Кроме того, в системе необходимо использовать единую форму записи для любой услуги и единые средства обработки этих записей. При этом понятие универсальности будет расширяться в том плане, что тарифицироваться будут не только услуги связи, но и потребление энергии, воды и т.п. Однако каким бы универсальным не было решение, вряд ли оно в состоянии учесть всю специфику работы конкретной организации. Поэтому обладатель биллинговой системы будет вынужден затратить немалые средства на ее адаптацию к своим нуждам. Однако эти затраты должны компенсироваться выгодами, которые принесет грамотно спроектированная биллинговая система.

Укрупнение предприятий приведет к тому, что наиболее востребованными станут промышленные АСР, способные поддерживать работу таких предприятий, обеспечивая конвергентный биллинг, интерконнект и другие возможности.

В заключение сформулируем основные положения, которыми следует руководствоваться при выборе или модернизации АСР.

1. Используемая на предприятии система АСР должна быть универсальной, т. е. иметь исчерпывающий набор интерфейсов для всего комплекса оборудования, задействованного в предоставлении услуг. В системе должна быть использована единая форма записи для любой услуги и единые средства обработки этих записей. Переход на универсальную биллинговую систему может быть осуществлен как путем закупки универсальной системы, так и путем апгрейда существующей. Основная проблема – проблема денег.

2. Универсальные АСР должны поддерживать не только режимы on-line и off-line, но режим hot-line (режим горячего биллинга). В этом режиме система биллинга уже перед началом соединения на основании базовых тарифов и индивидуального тарифного плана абонента «знает» тариф этого соединения, что дает ей возможность «управлять» длительностью соединения, основываясь на состоянии текущего счета данного абонента и его тарифного плана. Таким образом, при кредитных формах расчета (post-paid) с абонентом за услуги связи режимы on-line и off-line полностью обеспечивают все потребности оператора. При дебетовых и «карточных» формах расчета (pre-paid), когда на соединение по данному направлению накладываются ограничения по времени и стоимости услуги в зависимости от состояния текущего счета абонента и других условий тарифного плана, необходим только «горячий» биллинг. Он также предпочтителен и в отдельных случаях post-paid, например, при ограничении кредита не выше заданной величины.
3. Внедрение универсальных биллинговых систем еще не гарантирует рост соотношения выручки и затрат. Кроме наличия современного оборудования необходимо умение продавать услуги. На это умение влияют два основных фактора: наличие статической и динамической информации по всем параметрам предоставляемых услуг и умение на основе этой информации делать правильные выводы.
4. Внедрение дополнительных услуг является стимулом для развития АСР. Однако в среднем по России, за исключением услуг телеголосования (бесплатно) и всероссийских игр по телефону, уровень дохода от дополнительных услуг близок к нулю. Есть еще один вид дополнительных услуг, который является сопутствующим основным и косвенно влияющим на увеличение дохода оператора. Это услуги телебанкинга в АСР. Эта услуга дает возможность абоненту управлять своими текущими счетами с помощью номеронабирателя (или голосом). Такое управление (пополнение одного текущего счета или карты за счет другого) позволяет абоненту не только эффективно использовать имеющиеся у него средства, но и повысить безопасность использования скретч-карт. С другой стороны, это ведет к увеличению средств, которые по предоплате получает оператор, а значит, к повышению доходности предоставляемых услуг.
5. Исследование целевых сегментов рынка основных услуг электросвязи позволяет утверждать, что для корпоративных клиентов наиболее привлекательным является кредитный биллинг по виртуальной карте. Однако около 30 % корпоративных клиентов отдают предпочтение дебетовой системе расчетов по виртуально пополняемым картам.

Для частных абонентов наиболее привлекательны низкие тарифы, поэтому если оператор обеспечивает снижение тарифов при дебетовой системе расчетов, то дебетовая система расчетов становится очень популярной. Примерно 25 % частных абонентов отдают предпочтение дебетовым картам, потому что они позволяют получить услугу с любого телефона или компьютера. В том случае если по одной такой карточке можно оплатить несколько услуг, то у дебетовой карточной системы не будет конкуренции. В этом смысле у региональных операторов может вызвать интерес реализация единого регионального центра расчетов за услуги электросвязи по единому региональному финансовому инструменту – дебетовой скретч-карте.

Контрольные вопросы

1. Какой стандартный набор функций должна поддерживать биллинговая система?
2. Дайте характеристику каждого из уровней модели расчетов МСЭ-Т.
3. Перечислите компоненты биллинговой системы.
4. Каковы особенности биллинга в мультисервисных сетях?
5. Что такое интерконнект?
6. Приведите классификацию АСР.
7. Какова взаимосвязь и место АСР в TMN?
8. Перечислите и дайте краткую характеристику АСР, используемым в электросвязи.
9. Какие соображения необходимо принять во внимание при выборе оборудования для АСР?

Список литературы

1. **Дич Л.З.** Проблемы интерконнект-биллинга в телекоммуникациях (между прошлым и будущим) // Мобильные системы. – 2000. – № 6. – С. 30–35.
2. **Ченцова И.** Конвергентный биллинг для отважных провайдеров // Connect. – 2001. – № 1. – С. 32-34.
3. **Полунин А.** Биллинговые системы как фундамент оперативного бизнеса и средство повышения отдачи от корпоративных сетей. // LAN. – 2001. – № 1. – С. 52-56.

Глава 26. Управление сетями и сетевыми элементами

26.1. Архитектура систем управления сетями и сетевыми элементами

Выделение в системах управления типовых групп функций и разбиение этих функций на уровни еще не дает ответа на вопрос, каким же образом устроены системы управления, из каких элементов они состоят и какие архитектуры связей этих элементов используются на практике.

Схема менеджер – агент. В основе любой системы управления сетью лежит элементарная схема взаимодействия агента с менеджером. На основе этой схемы могут быть построены системы практически любой сложности с большим количеством агентов и менеджеров разного типа. Схема «менеджер – агент» представлена на рис. 26.1.

Агент является посредником между управляемым ресурсом и основной управляющей программой-менеджером. Чтобы один и тот же менеджер мог управлять различными реальными ресурсами, создается некоторая модель управляемого ресурса, которая отражает только те характеристики ресурса, которые нужны для его контроля и управления. Например, модель маршрутизатора обычно включает такие характеристики, как количество портов, их тип, таблицу мар-

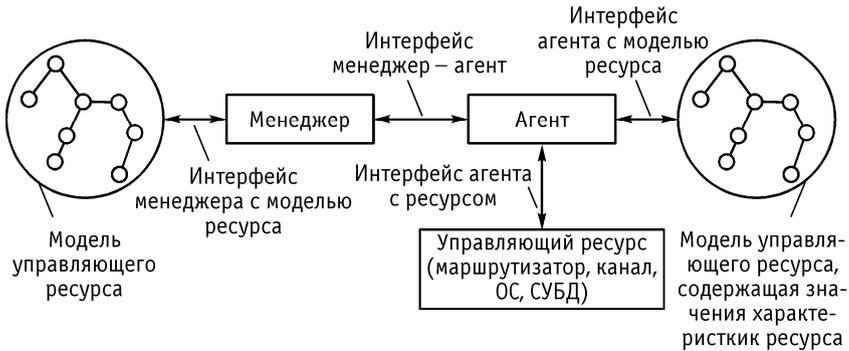


Рис. 26.1. Взаимодействие агента, менеджера и управляемого ресурса

шрутизации, количество кадров и пакетов протоколов канального, сетевого и транспортного уровней, прошедших через эти порты.

Менеджер получает от агента только те данные, которые описываются моделью ресурса. Агент же является некоторым экраном, освобождающим менеджера от ненужной информации о деталях реализации ресурса.

Агент поставляет менеджеру обработанную и представленную в нормализованном виде информацию. На основе этой информации менеджер принимает решения по управлению, а также выполняет дальнейшее обобщение данных о состоянии управляемого ресурса, например, строит зависимость загрузки порта от времени.

Для получения требуемых данных от объекта, а также для выдачи на него управляющих воздействий агент взаимодействует с реальным ресурсом некоторым нестандартным способом. Когда агенты встраиваются в коммуникационное оборудование, то разработчик оборудования предусматривает точки и способы взаимодействия внутренних узлов устройства с агентом.

При разработке агента для операционной системы разработчик агента пользуется теми интерфейсами, которые существуют в этой операционной системе, например интерфейсами ядра, драйверов и приложений. Агент может снабжаться специальными датчиками для получения информации, например, датчиками релейных контактов или датчиками температуры.

Менеджер и агент должны располагать одной и той же моделью управляемого ресурса, иначе они не смогут понять друг друга. Однако в использовании этой модели агентом и менеджером имеется существенное различие. Агент наполняет модель управляемого ресурса текущими значениями характеристик данного ресурса, и в связи с этим модель агента называют базой данных управляющей информации (Management Information Base – MIB). Менеджер использует модель, чтобы знать о том, чем характеризуется ресурс, какие характеристики он может запросить у агента и какими параметрами можно управлять.

Менеджер взаимодействует с агентами по стандартному протоколу. Этот протокол должен позволять менеджеру запрашивать значения параметров, хранящихся в базе MIB, а также передавать агенту управляющую информацию, на основе которой тот должен управлять устройством.

Различают управление *inband*, т. е. по тому же каналу, по которому передаются пользовательские данные, и управление *out-of-band*, т. е. вне канала, по которому передаются пользовательские данные. Например, если менеджер взаимодействует с агентом, встроенным в маршрутизатор по протоколу SNMP, передаваемому по той же локальной сети, что и пользовательские данные, то это будет управле-

ние inband. Если же менеджер контролирует коммутатор первичной сети, работающий по технологии частотного уплотнения FDM, с помощью отдельной сети X.25, к которой подключен агент, то это будет управление out-of-band.

Управление по тому же каналу, по которому работает сеть, более экономично, так как не требует создания отдельной инфраструктуры передачи управляющих данных. Однако способ out-of-band более надежен, так как он предоставляет возможность управлять оборудованием сети и тогда, когда какие-то элементы сети вышли из строя и по основным каналам оборудование недоступно.

Стандарт многоуровневой системы управления TMN имеет в своем названии слово Network, подчеркивающее, что в общем случае для управления телекоммуникационной сетью создается отдельная управляющая сеть, которая обеспечивает режим out-of-band.

Обычно менеджер работает с несколькими агентами, обрабатывая получаемые от них данные и выдавая на них управляющие воздействия. Агенты могут встраиваться в управляемое оборудование, а могут и работать на отдельном компьютере, связанном с управляемым оборудованием по какому-либо интерфейсу. Менеджер обычно работает на отдельном компьютере, который выполняет также роль консоли управления для оператора или администратора системы.

Модель менеджер – агент лежит в основе таких популярных стандартов управления, как стандарты Internet на основе протокола SNMP и стандарты управления ISO/OSI на основе протокола CMIP [2].

Агенты могут отличаться различным уровнем интеллекта – они могут обладать как самым минимальным интеллектом, необходимым для подсчета проходящих через оборудование кадров и пакетов, так и весьма высоким, достаточным для выполнения самостоятельных действий по выполнению последовательности управляющих действий в аварийных ситуациях, построению временных зависимостей, фильтрации аварийных сообщений и т.п.

26.2. Системы управления первичными и вторичными сетями

Система управление первичной сетью. Существующие телекоммуникационные сети принято делить на первичные и вторичные в зависимости от того, обеспечивают ли они *доставку* (транспортировку) *информации* или *коммутацию* физических (логических) каналов. Первичные сети принято делить на *магистральные*, обеспечивающие доставку информации между крупными узлами, и *доступа*, реализующие экономичный способ доступа пользователей к ресурсам сети. В свою очередь, вторичные сети делят на два вида в зависимости от используемого способа коммутации: с коммутацией каналов и пакетов. Очевидно, что при большом разнообразии существующих

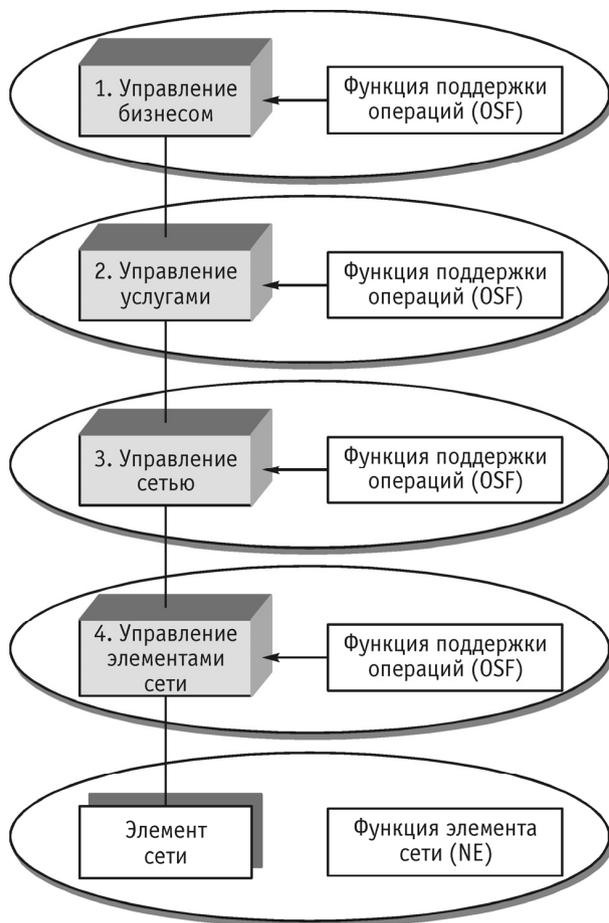


Рис. 26.2. Функциональная иерархия TMN и систем поддержки операций

сетей электросвязи используются и разные технологии управления ресурсами.

Каждая из сетей, имея собственную систему управления, должна быть способной взаимодействовать с системами управления других сетей. Для такого взаимодействия необходимо использовать одинаковые архитектурные принципы построения системы управления. Эти принципы заложены в концепциях, посвященных TMN. Как известно, функции TMN разделены на четыре уровня: управления бизнесом, услугами, сетью и элементами сети. В пределах каждого из уровней

задачи управления решаются автономно системами поддержки операций (Operations Support System – OSS). На рис. 26.2 приведена функциональная иерархия TMN и систем поддержки операций. Напомним, что:

уровень 1 отвечает за управление доходами от всех телекоммуникационных сетей региона и за выполнение соглашений как между операторами и пользователями, так и между операторами отдельных сетей;

уровень 2 отвечает за управление услугами, которые предоставляют все операторы, и за интерфейс с пользователями;

уровень 3 отвечает за управление первичной сетью как цельной системой, с учетом топологии сети, но без учета конкретного механизма функционирования отдельных составляющих;

уровень 4 отвечает за управление конкретным сетевым элементом (ЭС) без знания топологии сети.

Чтобы реализовать функции управления на каждом уровне, создаются подсистемы управления: элементами сети – ПУЭС (Element Manager System – EMS), сетью – ПУС (Net Manager System – NMS), услугами – ПУУ (Service Manager System – SMS), а также центры: технической эксплуатации и технического обслуживания – ЦТЭ (Operation and Maintenance Centre – OMC), сетью – ЦУС (Net Manager Centre – NMC), услугами – ЦУУ (Service Manager Centre – SMC), бизнесом – ЦУБ (Business Manager Centre – BMC).

Подсистема управления элементами сети. Подсистема управления элементами первичной сети может решать задачи автономного управления одним или группой ЭС (пример управления группой – ПУЭС транспортной сетью SDH). ПУЭС в большинстве случаев не стандартизованы, каждый изготовитель средств доставки информации предлагает свое решение.

Любая ПУЭС в любой момент времени обязана предоставить системе поддержки операций (OSF) сетевого управления информацию о состоянии ЭС или группы элементов как одного управляемого объекта. Функции ПУЭС приведены на рис. 26.3.

База данных управления ЭС определенного типа (мультиплексора/демультиплексора, кросс-коннектора, пункта сигнализации и др.) должна содержать стандартный набор данных, характеризующих его сетевой адрес, конфигурацию, результаты информационного обмена с OSS уровня сетевого управления, максимально допустимые значения статистических показателей, при превышении которых ПУЭС посылает тревожное сообщение объекту уровня сетевого управления, и много другой информации.

Под контролем и управлением одним или группой ЭС понимают:

- наблюдение за функционированием управляемого объекта и коррекция его характеристик;

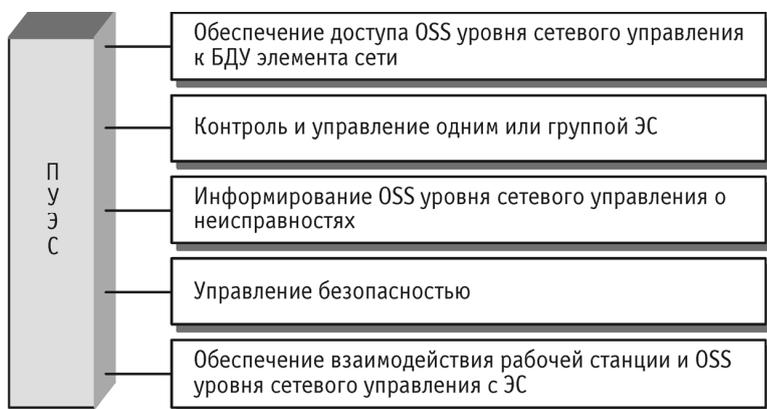


Рис. 26.3. Функции подсистемы управления элементом сети

- регламентные запросы о неисправностях ЭС и формирование тревожных сообщений для передачи уровню сетевого управления;
- управление безопасностью;
- преобразование протоколов для обмена с рабочей станцией или OSS сетевого управления.

В процессе наблюдения за функционированием управляемого объекта и коррекцией его характеристик ПУЭС выполняет следующие действия:

- корректирует конфигурацию аппаратных или программных средств ЭС;
- управляет программным обеспечением ЭС (загрузкой, перезагрузкой);
- обеспечивает фильтрацию событий (о понижении качества услуги, предоставляемой пользователем, об отказах аппаратных средств, ошибках в программном обеспечении и др.) по заданному критерию (критериям);
- ведет списки текущих тревожных сообщений;
- обеспечивает доступ к результатам загрузки и выдачи сообщений;
- управляет счетчиками, фиксирующими качество работы ЭС (старт, блокировка, обнуление, восстановление);
- корректирует допустимые значения статистических показателей, при превышении которых должны посылаться тревожные.

Под управлением безопасностью понимают:

- указание областей данных в БДУ, доступных в данный момент для записи и чтения автономно работающему прикладному протоколу ЭС;

- указание областей данных в БДУ, доступных объекту уровня сетевого управления;
- регистрацию и управление классами доступа к ресурсам TMN.

Подсистема управления сетью (ПУС). Подсистема управления сетью ведет обработку данных, полученных от ПУЭС. Функции ПУС таковы:

- обеспечение информационного обмена (функции шлюза) между OSS ПУУ или рабочей станцией и ПУЭС;
- контроль состояния и управление первичной сетью электросвязи и подсетями в ее составе;
- управление безопасностью;
- сбор данных о взаиморасчетах операторов первичных сетей электросвязи.

Под контролем состояния и управлением сетью электросвязи понимают:

- запрос данных о конфигурации первичной сети электросвязи;
- коррекция конфигурации сети;
- контроль и коррекция конфигурации постоянных или полупостоянных однонаправленных и двунаправленных соединений типов «точка-точка» и «точка-группа»;
- фильтрация аварийных сообщений, поступающих от объектов нижних уровней;
- ведение текущего списка управляемых объектов с аварийными сообщениями;
- управление измерениями трактов первичных и вторичных сетей электросвязи;
- управление счетчиками качества работы трактов (старт, блокировка, обнуление, восстановление);
- коррекция допустимых значений статистических показателей, при превышении которых должны посылаться тревожные сообщения объекту уровня управления услугами.

Под управлением безопасностью на уровне сетевого управления понимают:

- указание областей функционального доступа для объекта управления услугами;
- указание областей сетевого доступа для объекта управления услугами.

Подсистема управления услугами (ПУУ). Функции ПУУ, в отличие от функций ПУС, ориентированы на высокоуровневое управление сетью электросвязи на основе контроля такой интегральной характеристики, как степень удовлетворенности пользователей качеством услуг доставки информации. Характерные функции ПУУ таковы:

- контроль соответствия запросов пользователей соглашению о предоставлении услуг;

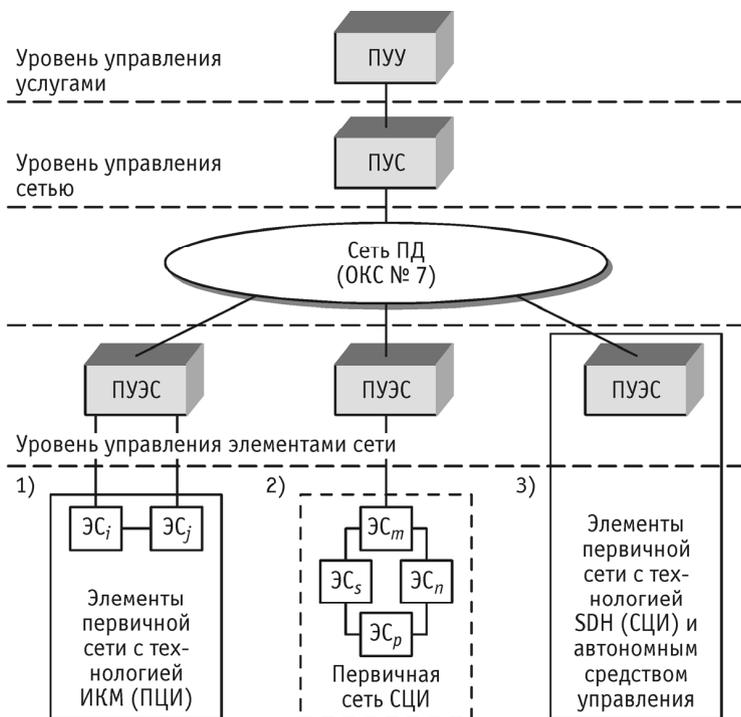


Рис. 26.4. Архитектура системы управления первичными цифровыми сетями

- ведение списков пользователей, заявивших о неисправностях и неудовлетворенности качеством услуг;
- контроль показателей качества услуг, предоставляемых одним или группой операторов сети электросвязи;
- оперативное управление предоставлением каналов и трактов в аренду.

На рис. 26.4 приведен пример архитектуры систем управления первичными цифровыми сетями. Подсистема управления ЭС может быть внешней по отношению к группе управляемых объектов (примеры 1 и 2 на рис. 26.4) и встроенной (пример 3). Использование в системе управления сетью нескольких ПУЭС вызвано тем, что разные изготовители цифровых систем передачи используют специфические, не стандартизованные, средства управления.

Подсистема управления сетью собирает, организуя обмен информацией через сеть передачи данных, и обрабатывает данные от всех

ПУЭС, представляя их в интегральном виде для администрации сети и ПУУ.

Интегральное представление состояния сети электросвязи на уровнях управления сетью и услугами позволяет с достаточной полнотой определять проблемы и принимать оптимальные решения.

Система управления вторичной сетью. Центры ТО и ТЭ. Вторичные сети электросвязи предоставляют значительно большее разнообразие услуг, чем первичные сети. Поэтому существует большое разнообразие функций элементов вторичных сетей и связанные с этим трудности сопряжения ЭС с системой управления сетью. Автономное управление цифровыми станциями и узлами вторичных сетей реализуется встроенными системами технической эксплуатации (ТЭ) и технического обслуживания (ТО).

Управление группой станций на территории ответственности одного оператора реализуется центрами ТЭ и ТО (Operation and Maintenance Center – ОМС). Центры ТО и ТЭ (ЦТЭ) взаимодействуют со станциями сети с помощью Q-адаптеров (QA), а с ПУС – с помощью интерфейса Q_x (рис. 26.5). Заметим, что упомянутый выше интерфейс Q_x , а также Q_3 , F относятся к интерфейсам TMN (Рекомендация M.3020) и их описание можно найти в [3].

Центр технической эксплуатации должен предоставлять возможность обмена с ПУС и другими ЦТЭ системы управления сетью. Роль

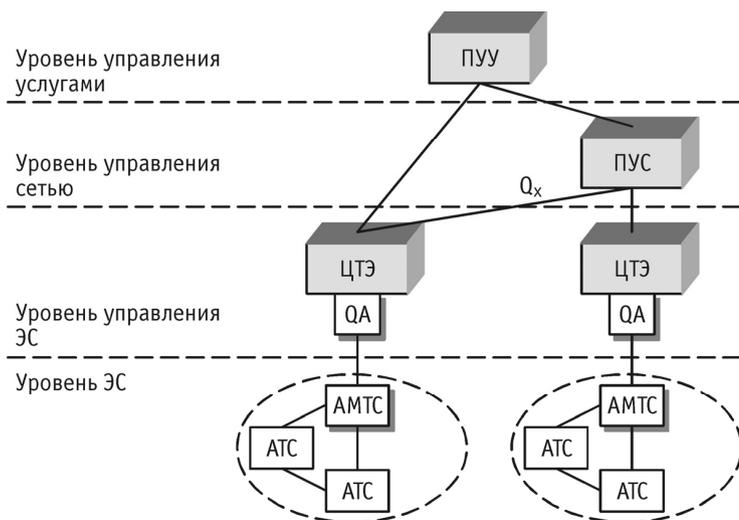


Рис. 26.5. Структура системы управления вторичной сетью электросвязи

ЦТЭ является двойкой: с одной стороны, это агент при связи с ПУС, с другой – это администратор (менеджер) при связи с ЭС. В ЦТЭ должны быть заложены следующие возможности:

- взаимодействие через интерфейс Q₃ с ПУС;
- разделенные знания управления в терминах управляемых объектов, атрибутов, эксплуатации с сетевой точки зрения и независимости от производителей оборудования;
- способность управления конфигурацией, техническим обслуживанием и качеством функционирования подчиненных ему ЭС.

При создании ЦТЭ преследуется важнейшая цель – отказы в аппаратных средствах, ошибки в его ПО и ошибки человека (работника ЦТЭ) не должны приводить к отказам самого центра и ЭС, которые ему подчинены.

С помощью ЦТЭ должно быть обеспечено наблюдение за удаленными ЭС в реальном времени (на первой фазе реализации, возможно, в режиме относительного времени) и управление эксплуатацией и ТО участков сети электросвязи.

Примеры функции ЦТЭ:

– Эксплуатационных:

- ведение БД эксплуатации и ТО;
- взаимодействие с ЭС.

– Технического обслуживания:

- сбор, обработка и передача к ПУС сообщений о неисправностях, ошибках в ЭС;
- ведение данных о конфигурации участка сети и ЭС, относящихся к нему, для ТО с помощью эксплуатационного персонала.

– Управление конфигурацией сети электросвязи.

Пример содержания эксплуатационной функции «ведение БД эксплуатации и ТО»:

- процедур ТЭ и ТО;
- сообщений об отказах и ошибках;
- документирования имен ЭС;
- регистрации конфигураций ЭС;
- регистрации совместимости аппаратных и программных средств ЭС.

Пример содержания функции «взаимодействия с ЭС»:

- обработка сообщений об отказах и тревожной сигнализации;
- обработка сообщений о состоянии сети электросвязи или ее фрагмента;
- контроль изменений состояния ЭС;
- контроль качества работы ЭС;
- хранение системного ПО и данных;
- контроль процессов маршрутизации и трассировки вызовов;
- блокировка неисправных ЭС;
- поддержка функций тарификации и администрирования тарифов.

Пример содержания функции «управление конфигурацией сети электросвязи»:

- в процессе установки новых аппаратных и/или программных средств ЭС;
- в процессе реконфигурации сети (или ее участка), предпринимаемой вследствие отказов в ЭС;
- в процессе плановых перестроений сети.

Центры управления сетью (ЦУС). Функции ПУС реализуются центром управления сетью. Центр управления сетью формирует пред-

ставление о трафике и эксплуатации сети электросвязи. В подчинении ЦУС находятся все ЦТЭ, формирующие для него представление о состоянии первичных и вторичных подсетей. Основная функция ЦУС – оптимизация использования ресурсов сетей электросвязи, на основе информации, получаемой от ЦТЭ в реальном времени.

Повышение эффективности использования ресурсов сети/сетей электросвязи возможно благодаря обзору с высоты ЦУС, возможность которого обеспечивается средствами ЦТЭ и ЭС. Высокоскоростной обмен ЦУС с объектами нижних уровней об интегральных показателях работы сети/сетей электросвязи позволяет сформировать реальную картину сетевого трафика и качества предоставляемых услуг. Благодаря этому, в любой момент времени в ЦУВ возможен охват проблем, возникающих на контролируемой территории. Имея данные о проблемах в сети, ЦУС может решать следующие задачи:

- планировать топологию и реконфигурировать сеть на основе мониторинга ее характеристик;
- перераспределять ресурсы сети для повышения качества услуг;
- оказывать помощь техническому персоналу для повышения оперативности реагирования на отказы и перегрузки и минимизации времени восстановления работоспособности объектов с отказами.

Центр управления услугами (ЦУУ). Функции ПУУ возлагаются на центр управления услугами (ЦУУ). Функции управления услугами тесно связаны с высшими формами администрирования, т. е. бизнесом. Большинство задач управления услугами и бизнесом относятся к типу трудно формализуемых. Однако достижения в формализации задач управления ЭС и сетью позволяют совершенствовать технологию административного управления. Объектно-ориентированное представление о сети электросвязи, обеспечиваемое уровнями сетевого управления и управления ЭС, создает условия для обоснованного принятия оперативных решений на уровне ПУУ в условиях усиливающейся конкуренции на рынке услуг электросвязи.

Функции ЦУУ состоят в обеспечении автоматизированной поддержки процессов, принятия административных решений. Решения принимаются администратором на основе прагматических критериев, например, таких как: рост доходов, рост количества пользователей (клиентов, заказчиков), снижение эксплуатационных затрат.

Эффективность управления услугами и бизнесом может быть повышена путем:

- планомерного формализованного обмена данными о достигнутом уровне качества предоставления услуг с операторами других сетей;
- долгосрочного планирования развития сети;
- планирование деловых связей;

- опоры на международные стандарты, показатели и нормативы качества услуг и функционирования сети.

26.3. Принципы построения системы управления Единой сетью связи Российской Федерации

Структура и функции системы управления ЕСС. При построении системы управления ЕСС необходимо использовать концепцию TMN. В организационном отношении иерархическая архитектура СУ ЕСС включает: *федеральный, региональный, зональный и местный уровни*. Управление ЕСС должно эволюционировать от ручного «в относительном времени» к автоматизированному «в реальном масштабе времени». Для перехода к управлению в реальном времени необходимо оснащение сетей современными средствами автоматизации сбора, хранения и обработки данных о трафике, качестве обслуживания пользователей, состоянии коммутационных станций, линейных сооружений, систем передачи и др. Решение этой крупномасштабной задачи невозможно без унификации технических, информационных и программно-алгоритмических средств. В СУ ЕСС должны использоваться единые критерии оценки качества предоставляемых услуг и работоспособности сетей электросвязи.

Информационная база СУ ЕСС должна строиться с использованием единой классификации и кодирования объектов сетей электросвязи. Характеристики готовности СУ должны удовлетворять высоким современным требованиям. Система управления ЕСС (рис. 26.6) имеет четыре уровня: федеральный, региональный, зональный и местный.

В перспективе система должна обеспечивать управление в реальном масштабе времени в соответствии с концепцией TMN. В системе управления должны использоваться единые критерии оценки качества предоставляемых услуг связи и работоспособности сетей и их элементов. База данных управления системы должна быть основана на единой системе классификации и кодирования объектов, входящих в состав сетей электросвязи.

Постепенное совершенствование системы управления должно быть ориентировано на конвергенцию телекоммуникационных и компьютерных сетей, использование методов распределенной обработки информации, создание национальной и глобальной информационных инфраструктур. В составе системы управления ЕСС должно быть предусмотрено достаточное количество резервных эксплуатационно-технических средств для восстановления работоспособности сетей и их объектов. Элементы сети, такие, например, как системы передачи (СП), тактовые генераторы (ТГ), автоматические телефонные станции (АТС) и узлы, АМТС, международный центр коммутации (МЦК), рай-

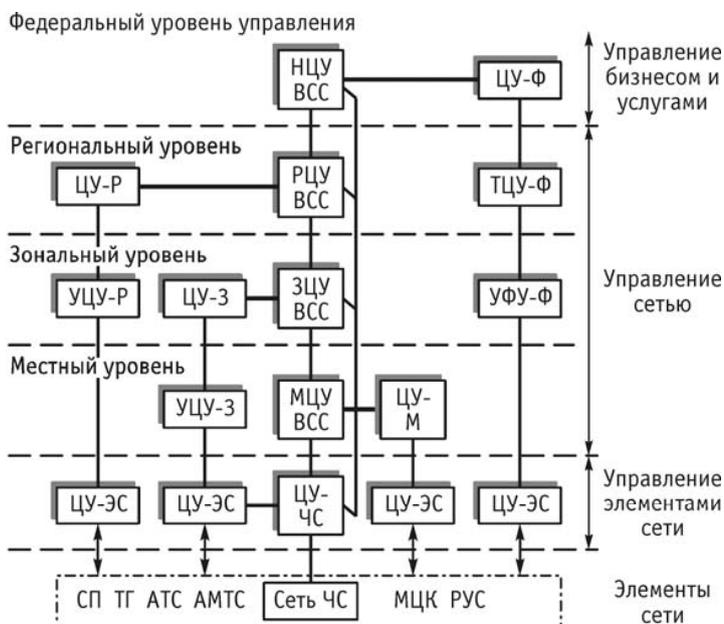


Рис. 26.6. Структура и функции системы управления ЕСС:

НЦУ ЕСС – национальный центр управления; ЦУ-Ф – центр управления оператором федерального уровня; РЦУ ЕСС – региональный центр управления; ЦУ-Р – центр управления оператором регионального уровня; ЗЦУ ЕСС – зональный центр управления; МЦУ ЕСС – местный центр управления; ЦУ-З – центр управления оператором зонового уровня; ТЦУ-Ф – территориальный центр управления операторов федерального уровня; УЦУ-Ф – узловой центр управления федерального уровня; УЦУ-Р – узловой центр управления регионального уровня; УЦУ-З – узловой центр управления зонового уровня; ЦУ-М – центр управления оператором местного уровня; ЦУ-ЭС – центр управления элементами сети; ЦУ-ЧС – центр управления чрезвычайными ситуациями; СП – системы передачи; ТГ – телеграф; МЦК – Международный центр коммутации; РУС – районный узел связи

онные узлы связи (РУС) и др., должны быть оснащены средствами контроля работоспособности, тестирования, диагностики и реконфигурации и базами данных управления (БДУ), приспособленными для оперативного обмена информацией с системой управления ЕСС (с использованием стандартизованного интерфейса типа Q₃).

На верхнем уровне управления ЕСС (НЦУ ЕСС) должны решаться следующие задачи:

- анализ качества работы сетей и систем управления разных операторов с целью администрирования;
- централизованное управление ресурсами в чрезвычайных ситуациях;
- взаимодействие с системами управления других стран мирового сообщества;
- планирование развития сетей электросвязи общего пользования;
- сбор и обработка статистических данных, получаемых от объектов нижних уровней;
- анализ качества функционирования сетей электросвязи и их систем управления;
- регламентация правил и порядка учета и предоставления услуг и средств связи;
- регулирование взаиморасчетов операторов сетей ЕСС.

Функции НЦУ ЕСС могут быть как централизованы в одном месте, так и рассредоточены.

На региональном уровне задачи управления реализуются РЦУ ЕСС, который координирует деятельность операторов в регионе, выделенном для него НЦУ ЕСС. С организационной точки зрения рационально создание РЦУ ЕСС на базе территориальных центров управления операторов сетей федерального уровня (ТЦУ-Ф), взаимодействующих с центром управления оператора федерального уровня (ЦУ-Ф). Регионы управления должны быть определены с учетом административного деления РФ, информационного тяготения между территориями, концентрации средств связи в них, границ расположения военных округов. Предполагается выделение 10–12 таких округов. В состав региона может входить несколько субъектов РФ. Зональные центры управления ЕСС (ЗЦУ ЕСС) обеспечивают управление связными ресурсами на территории одного субъекта РФ и создаются на базе центров управления операторов зонального уровня (ЦУ-З). Предполагается создание до 100 таких центров на территории, контролируемой АО «Электросвязь» области или края. Центры управления регионального, зонального и местного уровней должны каждый на своем уровне решать задачи управления сетью, а управление бизнесом и услугами – прерогатива НЦУ ЕСС.

Протокол управления сетью. Обычно сеть электросвязи строится с использованием технических средств, изготовленных разными производителями. Язык управления объектами сети должен быть единым (независимым от внутренней организации ЭС) и использоваться всеми программными пакетами управления сетью. Такой язык реализован в простом протоколе сетевого управления (Simple Network Management Protocol – SNMP). Этот протокол стал в течение второй половины 90-х годов общепринятым стандартом систем управ-

ления сетью (в частности – Internet) и поддерживается программными продуктами большинства изготовителей оборудования коммутационных станций, систем передачи и информационных систем.

Протокол SNMP разработан для систем, ориентированных на операционную систему UNIX и архитектуру двухуровневого управления.

На верхнем уровне имеются средства сетевого управления (ССУ), а на нижнем – агенты управления (АУ), связанные с ЭС.

Сложные функции обработки данных реализуют ССУ, они вырабатывают команды контроля и управления ЭС. Разработка протокола SNMP преследовала три цели. Первая состояла в том, чтобы *максимально упростить функции, выполняемые ЭС автономно*. Решение этой задачи позволяет:

- упростить функции управления и сделать их легко воспринимаемыми человеком;
- закрепить большинство значимых сетевых ресурсов (коммутации, передачи, сигнализации) за ССУ и поэтому наиболее полно их использовать при дистанционном управлении;
- минимизировать стоимость разработки программного обеспечения (ПО) АУ, поддерживающего протокол управления сетью.

Вторая цель – заложить в ПО верхнего уровня возможность оперативного изменения состава и характера решаемых задач управления в процессе эксплуатации сети.

Третья цель – обеспечить *независимость архитектуры протокола сетевого управления от архитектуры сети и свойств объектов управления*, которые могут быть изготовлены разными производителями.

С помощью протокола SNMP должен решаться весь спектр задач управления ЭС: запрос и получение данных о координатах и состоянии объекта, изменение состояния ЭС, инициализация тестирования выбранного ЭС. Концепция протокола SNMP основана на том, что *все необходимые данные для управления объектом должны находиться в самом ЭС* (в его базе данных управления – БДУ). В БДУ каждого ЭС хранится информация о его состоянии и качестве функционирования. Любой изготовитель сетевого оборудования должен включать в БДУ *набор стандартных переменных* (например, имя и координаты ЭС) и специфические данные, характеризующие конкретный объект. Все данные в БДУ должны быть доступны для чтения ССУ, *определенная часть их может модифицироваться по командам из ССУ*. Таким образом, протокол управления сетью оперирует ограниченным набором команд (сообщений) для чтения и модификации переменных в БДУ.

Важная особенность протокола SNMP: он не содержит конкретных команд управления объектом, *управление достигается модификацией той или иной переменной в БДУ ЭС*, что воспринимается, как указание выполнить конкретную команду.

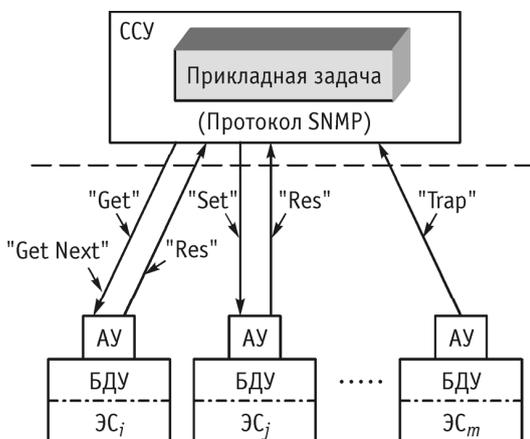


Рис. 26.7. Информационный обмен между уровнями системы управления сетью

Протокол SNMP генерирует пять типов сообщений (рис. 26.7):

- *получить, читать* (Get Request – Get) – запрос одной или нескольких переменных из БДУ;
- *получить, читать следующее* (Get Next Request – Get Next) – последовательное чтение переменных строка за строкой (обычно из таблицы);
- *установить, изменить* (Set Request – Set) – установка значения одной или нескольких переменных в БДУ;
- *ответить* (Response) – подтверждение получения любого из запросов (Get Request, Get Next Request, Set Request);
- *«ловушка»* (Trap) – уведомление о событии в ЭС (например, обычный или аварийный рестарт, отказ устройства в составе ЭС).

Как видим, административное управление может быть ориентировано только на установку некоторой переменной или конфигурации и на чтение и передачу данных в ССУ. Команды в сообщениях первых трех типов получают ответное сообщение Response. Сообщение Trap без запроса сверху генерирует АУ элемента сети при возникновении отказа, перегрузки, перезапуска и других контролируемых отклонений от нормы в ЭС. Большая часть данных о состоянии сети запрашивается центром мониторинга. Для управления ЭС физического уровня верхнему уровню могут быть необходимы, например, такие данные: координаты и тип порта, тип среды передачи; на сетевом уровне – данные о количестве установленных соединений по одному из маршрутов.

Каждый ЭС по регламенту обновляет содержимое своего БДУ. В любой момент времени ССУ может обратиться к ней для получения или для установки значений определенных переменных.

Периодичность и приоритет считывания переменных определяется алгоритмом функционирования ЭС. Значение переменной, которую имеет право модифицировать ССУ, определяет тип команды, которую должен выполнить ЭС (например, принудительный рестарт, блокировка, разблокировка, запуск тестирования).

Для проверки реакции ЭС на ранее переданную команду ССУ может запросить результирующие данные с помощью команды «Get Request» или «Get Next Request».

Большинство телекоммуникационных фирм выпускает коммутационное оборудование и средства цифровых систем передачи, приспособленное к управлению по протоколу SNMP.

Необходимо отметить два недостатка протокола SNMP. Первый из них состоит в том, что первая версия протокола (до появления версии SNMP v.2) использует режим обмена без установления соединения (User Datagram Protocol – UDP). Такой способ обмена сообщениями между АУ и ССУ может приводить к потере аварийных сообщений. Использование транспортного протокола с установлением виртуального соединения между ССУ и АУ (версия SNMP v.2) позволяет устранить этот недостаток.

Второй недостаток состоит в отсутствии взаимной аутентификации ССУ и АУ. Любой из инициаторов (ССУ или АУ) передает в сообщении «строку принадлежности» (community string) в открытой форме. Агент управления взаимодействует только с теми ССУ, которые указывают в поле community string такую же символьную строку, что хранится в памяти АУ. Такой способ установления «взаимности» отражает лишь структурирование ССУ, АУ и не может использоваться для надежной аутентификации.

26.4. Подходы к задачам управления сетями компании «Iskratel»

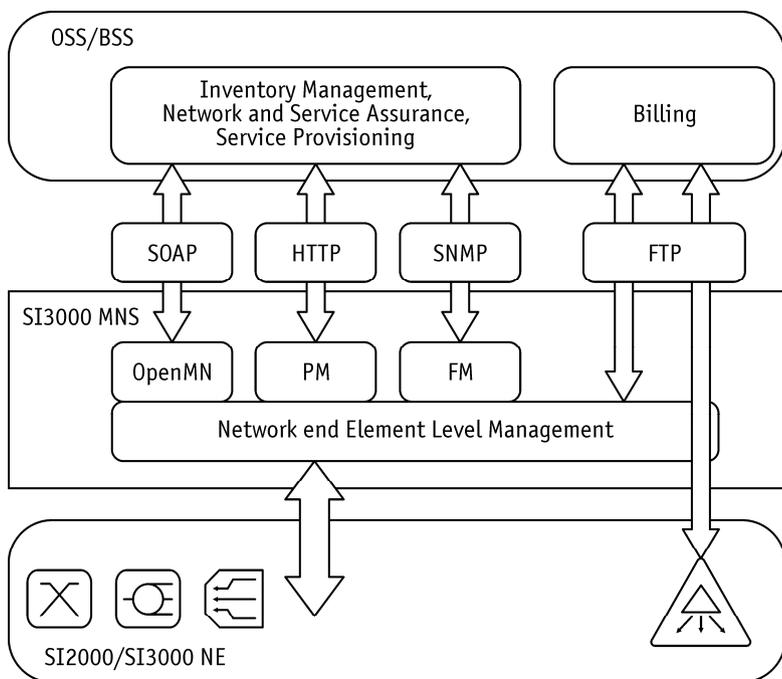
Чтобы полностью контролировать динамическую мультисервисную сеть, необходимы механизмы исполнения эксплуатационных операций с функциями мониторинга, проверки и анализа параметров сети и услуг, позволяющими предоставить решения для быстрого устранения проблем, анализа качества обслуживания (QoS) и планирования сети. Iskratel SI3000 MNS реализует все эти возможности во встроенных модулях. Управление сетевыми элементами осуществляется централизованно операторами с помощью графических пользовательских интерфейсов или внешних систем технического учета OSS (Operational Support Systems) с использованием открытых интерфейсов SOAP

(Simple Object Access Protocol — простой протокол доступа к объектам) системы SI3000 MNS.

SI3000 MNS имеет центральную базу данных и поддерживает операции «массового» обеспечения (provisioning) для конкретных продуктов SI3000, что позволяет оператору выполнять действия одновременно на множестве сетевых элементов. Для наиболее часто используемых и сложных операций предусмотрены мастера (wizards).

Общая аутентификация пользователей и принцип одноразовой регистрации в системе позволяют пользователю входить в систему только один раз и тем самым сводить к минимуму издержки, связанные с процессами управления пользователями.

Для сетевых элементов, которые обычно развертываются в сети в больших количествах (например, платы аналоговых абонентских линий SI3000 MSAN), предусмотрена функциональность сервера автоконфигурации (Auto Configuration Server; ACS). Она позволяет сетевому элементу автоматически получать свои параметры конфигурации и обновления программного обеспечения в любое время (при необходимости) на протяжении срока службы.



26.8. Архитектура и интерфейсы SI3000 MNS

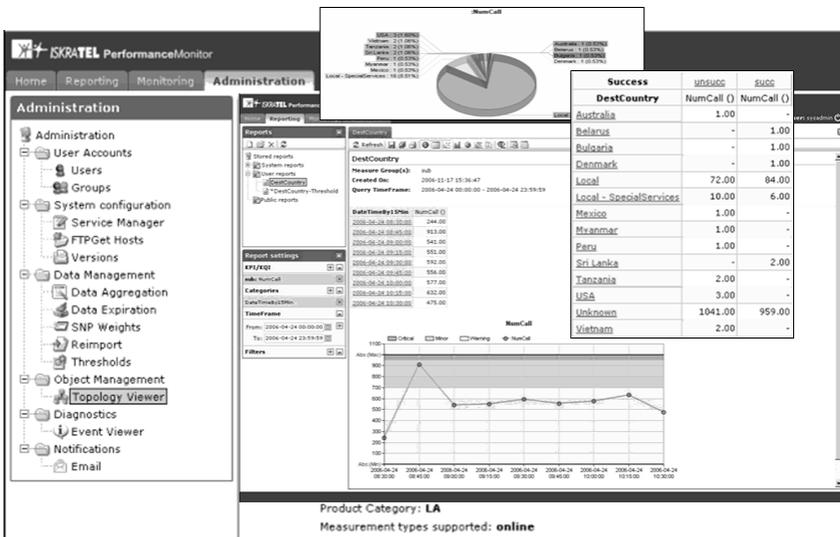


Рис. 26.9. Интерфейс пользователя

Серверные интерфейсы системы SI3000 MNS обеспечивают ее взаимодействие с различными системами поддержки эксплуатации (OSS); и системами поддержки бизнес-процессов, такими как: OSS управления неисправностями (Fault Management OSS), OSS управления инвентарными данными (Inventory Management OSS), OSS обеспечения работы сети и предоставления услуг (Network and Service Assurance OSS) и OSS провижининга услуг (Service Provisioning OSS). Обеспечивается также возможность взаимодействия с BSS биллинга и тарификации. Для взаимодействия с OSS/BSS используются стандартные протоколы, например, SOAP, FTP и SNMP.

Перечислим приложения MNS:

- Менеджер узла управления (Management Node Manager, MNM) - приложение, предназначенное для управления функциями, общими для всех сетевых элементов, таких как, например, централизованное обеспечение безопасности, создание сетевой топологии, содержащее административные функции для управления резервом SI3000 MNS.
- Менеджер сетевых элементов (Network Element Manager, NEMs) – предназначен для централизованного администрирования сетевых элементов, относящихся к одному семейству продуктов. NEM зависит от продукта; это означает, что управление сетевыми элементами определенного типа осуществляется отдельным приложением NEM, предназначен-

ным для управления сетевыми элементами именно этого типа. NEM позволяет выбирать и выполнять действия для группы сетевых элементов. Работа упрощается мастерами (wizards), предусмотренными для самых распространенных операций.

- Менеджер неисправностей (Fault Manager; FM) – приложение для интегрированного контроля объектов, относящихся к различным семействам продуктов Iskratel; поддерживает также функцию представления SI3000 MNS.
- Менеджер рабочих характеристик (Performance Manage; PM) – это приложение для интегрированного сбора данных о рабочих характеристиках сети и качестве обслуживания для продуктов Iskratel. Оно представляет собой центральную точку конфигурирования и отображения данных о рабочих характеристиках сети и качестве обслуживания.
- OpenMN. Набор методик, обеспечивающих возможность интеграции с системами OSS/BSS с серверной стороны.

Автоматизация управления услугами с помощью OpenMN. Интерфейс реализован с использованием протокола SOAP в соответствии со структурной моделью бизнес-процессов eTOM. Внедрение OSS интерфейса открывает возможности автоматизации большого числа процессов в рамках общей сервис-ориентированной архитектуры (SOA) оператора связи. Возможные примеры использования решения OpenMN-NAPI:

- Измерение абонентских линий и аналоговых терминалов: позволяет выполнять измерения из таких приложений как ЦБР Аргус; автоматически показывать результаты измерений в карточке клиента контактного центра с генерацией заявки на решение проблемы; фиксировать отчеты о результатах измерений в профиле клиента для учета статистики качества обслуживания.
- Изменение состояния приостановки обслуживания абонента: позволяет автоматизировать отключение абонентов за неуплату из биллинговой системы.
- Получение информации о текущем состоянии ДВО и изменение ДВО абонента: позволяет предоставить абоненту, коммерческим службам или работникам контактного центра самостоятельно изменять ДВО или выполнять изменение в автоматическом режиме из биллинговой системы.
- Управление группами линейного искания: позволяет автоматизировать создание номеров спецслужб и управление списком их операторов.
- Управление группами пользователей нескольких устройств: позволяет автоматизировать назначение абоненту нескольку уст-

ройств для обеспечения его доступности на одном из терминалов, либо предоставить возможность изменения группой низко квалифицированным заинтересованным лицам (посредством WEB-портала).

- Изменение параметров абонента: позволяет автоматизировать изменение категории абонента (оператора дальней связи), либо предоставить возможность самому выполнять выбор через личный кабинет WEB-портала.
- Управление SIP аккаунтом: позволяет автоматизировать создание, изменение и удаление учетных SIP абонентов из биллинговой системы.
- Изменение маршрутизации: позволяет автоматизировать изменение маршрутизации трафика в зависимости от качественных и ценовых параметров.

Контрольные вопросы

1. Изобразите функциональную иерархию TMN и систем поддержки операций.
2. Перечислите функции подсистемы управления элементом сети.
3. Что понимают под контролем и управлением одним или группой ЭС?
4. Перечислите функции подсистемы управления сетью.
5. Перечислите функции подсистемы управления услугами.
6. Изобразите структуру системы управления вторичной сетью электросвязи.
7. Каковы функции центра технической эксплуатации вторичной сети электросвязи?
8. Могут ли отказы в аппаратных средствах ЦТЭ, ошибки в его ПО и ошибки человека (работника ЦТЭ) приводить к отказам самого центра и ЭС, которые ему подчинены?
9. Какие объекты формируют для центра управления сетью (ЦУС) представление о состоянии первичных и вторичных подсетей электросвязи?
10. Сформулируйте основные задачи ЦУС.
11. Каковы функции центра управления услугами (ЦУУ)?
12. Изобразите структуру системы управления взаимосвязанной сети связи (ЕСС) РФ.
13. Какие задачи должны решаться на верхнем уровне управления ЕСС – в национальном центре управления (НЦУ)?
14. Сформулируйте цели разработки протокола управления сетью SNMP.
15. Охарактеризуйте особенности протокола SNMP.

Список литературы

1. Булгак В.Б., Варакин Л.Е. и др. Основы управления связью Российской Федерации. – М.: Радио и связь, 1998. –184 с.

2. **Иванов А.Б.** Контроль соответствия в телекоммуникациях и связи. Измерения, анализ, тестирование, мониторинг. Ч. I. – М.: Компания Сайрус Системс, 2001. – 375 с.
3. **Засецкий А.В., Иванов А.Б., Постников С.Д., Соколов Н.В.** Контроль качества в телекоммуникациях и связи. Ч. II / Под ред. А.Б. Иванова. – М.: Компания Сайрус Системс, 2001. – 335 с.
4. **Битнер В.И.** Управление сетью электросвязи: Учеб. пособие. – Новосибирск, 2001. – 78 с.
5. **Фокин В.Г.** Управление телекоммуникационными сетями. – Новосибирск, СибГУТИ, 2001. – 112 с.
6. **Дымарский Я.С., Крутякова Н.П., Яновский Г.Г.** Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи. – М.: ИТЦ «Мобильные коммуникации, 2003.
7. **Атчик А.А., Гольдштейн А.Б., Сизюхин К.С.** Система поддержки эксплуатации NGOSS. СПбГУТ, 2010.

Приложение 1. Модели транспортных сетей OTN-OTN и EoT

П1.1. Оптическая транспортная иерархия – основа оптической сети

Модель транспортной сети OTN-OTN представлена двумя самостоятельными по своей организации уровнями: уровнем сети OTN и уровнем пользователя (см. рис. 8.3).

Уровень сети OTN состоит из трех физически и логически связанных подуровней (рис. П1.1): среды передачи сигналов с разделением по длине волны WDM; оптических секций ретрансляции (Optical Transmission Section, OTS) и мультиплексирования (Optical Multiplex Section, OMS); оптических каналов (Optical Channel, OCh) с нагрузкой в виде цифровых оптических транспортных блоков (Optical Transport Unit k , OTU k) с включением в них блоков данных оптических каналов (Optical Data Unit k , ODU k), которые, в свою очередь, включают блоки полезной нагрузки оптических каналов (Optical Channel Payload Unit k , OPU k). В блоки OPU непосредственно загружаются потоки информационной нагрузки. Индекс k соответствует иерархической ступени OTN ($k = 1, 2, 3, 4$) и указывает на циклы различные по длительности и скорости передачи.

Оптические секции базируются на ресурсах одномодовых волоконных световодов со стандартными характеристиками и полосой частот передачи от 30 до 60 ТГц в диапазоне волн 1260...1625 нм.

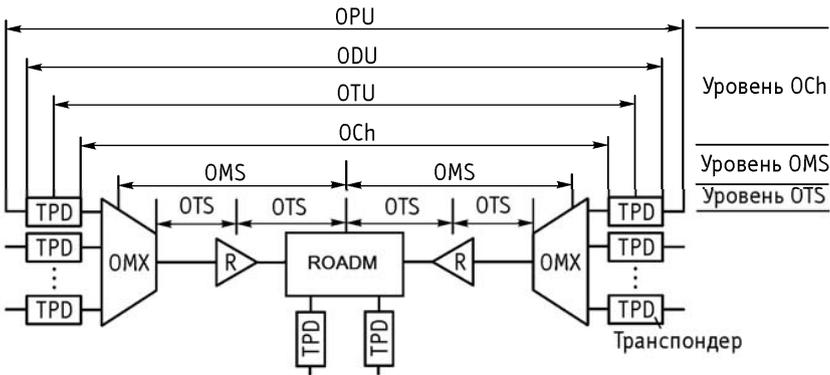


Рис. П1.1. Соединения в транспортной сети OTN

Этот диапазон используется в режиме DWDM. При этом число волновых каналов может быть реализовано от 2–4 OCh до нескольких сотен OCh, объединяемых оптическими мультиплексорами (Optical Multiplex, OMX) в оптические волновые (транспортные) модули (Optical Transport Module, OTM) емкостью до 16 OCh в каждом. Таким образом среда передачи в этой модели транспортной сети позволяет обеспечить скорости передачи порядка 10 Тбит/с и более при скорости передачи в каждом из волновых каналов от 2,7 Гбит/с (OTU1) до 120 Гбит/с (OTU4).

Оптические секции ретрансляции OTS организуются внутри оптической секции мультиплексирования OMS для компенсации потерь оптической мощности в стекловолокне и компенсации дисперсионных искажений. Эти функции обеспечивают линейные оптические примесные волоконные усилители с эквалайзерами (обозначено на рис. П1.1 буквой R), рамановские оптические усилители и компенсаторы хроматической и поляризационной дисперсии, а в перспективе полностью оптические регенераторы 2R и 3R и волновые конверторы.

В оптической секции мультиплексирования формируются, передаются, обслуживаются и расформируются отдельные оптические каналы, оптические волновые модули OTM с числом каналов до 16, группы оптических модулей. Каждый оптический модуль может иметь отдельный оптический сервисный канал, в который включаются служебные данные для каждого OCh. Кроме того, в секции оптического мультиплексирования создается сервисный оптический канал для обслуживания всей секции и отдельных участков – секций ретрансляции OTS. Секция OMS может иметь гарантированную защиту благодаря дублированию передачи в альтернативной кабельной линии с соответствующими секциями ретрансляции. Нормированное время защитного переключения составляет 50 мс.

Оптическая секция мультиплексирования может образовываться не только между терминальными оптическими мультиплексорами, но и между терминальными мультиплексорами и мультиплексорами ввода/вывода оптических каналов и модулей, обозначаемых ROADM (Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer), т.е. изменяемых по своей конфигурации мультиплексоров выделения/ввода. Мультиплексоры ROADM позволяют вывести отдельные оптические каналы, произвести переключение этих каналов, поддержать защитную коммутацию в случае повреждений секций и т.д.

Оптический канал OCh в оптической сети образуется транспондерными блоками (TPD) и выполняет функции: преобразования электрических сигналов в оптические на передаче и оптических сигналов в электрические на приеме; регенерации цифрового сигнала типа 3R, т.е. восстанавливает амплитуду импульсов (1R), их форму (2R) и устраняет накопленные фазовые дрожания (3R) (рис. П1.2). Также про-

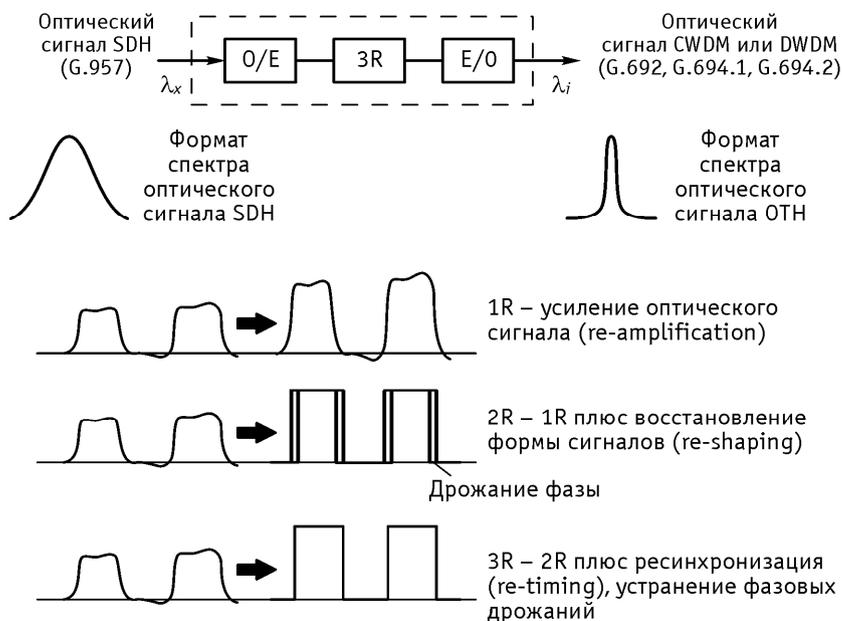


Рис. П1.2. Принцип 3R регенерации в транспондере

изводится контроль качества передачи цифровых данных в блоках OTUk и ODUk, исправление ошибок благодаря применению процессоров упреждающей коррекции ошибок (Forward Error Correction, FEC) функционирующих на основе избыточного кодирования Рида-Соломона (Reed-Solomon, RS) и т.д.

Уровень сети OTN может поддерживать полностью оптическую сеть с оптической коммутацией, маршрутизацией, конвертацией оптических волн и защитой соединений.

Уровень пользователя оптической транспортной сети OTN-OTN выполняет функции интерфейса между транспортной сетью и сетями пользователей транспортных услуг, к которым относятся сети SDH, ATM, Ethernet и др. Для эффективного согласования между сетями применяются различные протокольные решения по размещению данных пользователей в оптических каналах.

Это протоколы: общей процедуры формирования кадра (Generic Framing Procedure, GFP); протокол защищаемого пакетного кольца или пакетного кольца с самовосстановлением (Resilient Packet Ring, RPR) и др. Протоколы позволяют согласовать циклическую передачу данных в оптических каналах со случайной во времени передачей информационных пакетов данных различной емкости от пользователей, например, пакеты IP, MPLS или Ethernet.

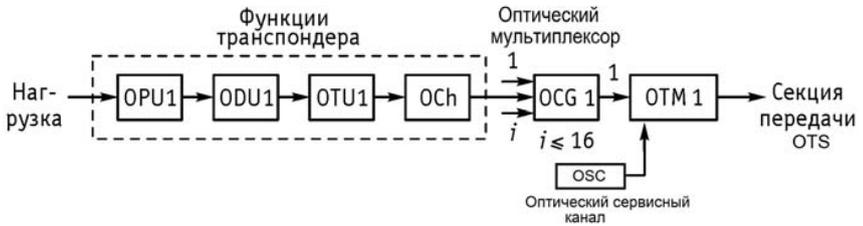


Рис. П1.3. Последовательность преобразования в ОТН

Пример цепочки цифровых и оптических преобразований представлен на рис. П1.3.

Цифровая часть схемы переходит в оптическую в блоке OCh, где электрические импульсы управляют интенсивностью оптического излучения, создаваемого лазером на вполне определенной длине волны. Таких различных волн в оптическом модуле ОТМ 1 может объединяться в оптическом мультиплексоре, т.е. в группирователе оптических несущих (Optical Carrier Group, OCG1) до 16. К этим волнам добавляется еще одна волна оптического сервисного канала (Optical Supervisory Channel, OSC), переносящая служебные цифровые потоки для функций OAM в секциях передачи OTS, мультиплексирования OMS и в оптических каналах OCh.

П1.2. Модель и иерархия Ethernet для транспортных сетей

Технология Ethernet в своем развитии прошла самый протяженный временной путь (с 1973 г. и по сей день) в сравнении со всеми известными технологиями пакетной передачи для широкополосных мультисервисных транспортных сетей.

Все этапы ее совершенствования отразились на структурах кадров, скоростных режимах и связаны с использованием, согласно модели транспортировки, на физическом уровне волоконной оптики, а на канальном уровне быстродействующих коммутаторов, обеспечивающих формирование и управление логическим каналом (Logical Link Control, LLC) и управления доступом к среде передачи (Media Access Control, MAC) (см. рис. 8.3). Все этапы совершенствования закреплены в стандартах IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), МСЭ-Т и MEF (Metro Ethernet Forum).

В существующих операторских сетях предлагаемые услуги были очень тесно привязаны к обеспечивающей их инфраструктуре, т. е. выделенным линиям с временным разделением (Time Division Multiplexing, TDM), которые создавались в сети PDH или SDH. Однако в первом десятилетии XXI в. наметилась тенденция понимания, что ос-

основой канального уровня в новой пакетной транспортной инфраструктуре будет технология Ethernet, которая хорошо приспособлена для переноса IP-трафика, являющегося базой коммуникационных служб сетей нового поколения (Next Generation Networks, NGN). Более того, в региональных сетях пользуются спросом услуги соединения пользовательских сайтов на уровне Ethernet. Международная организация MEF описала и стандартизировала эти услуги как операторские службы Ethernet E-Line, E-LAN и E-Tree (рис. П1.4).

Однако, чтобы транспорт этих служб отвечал требованиям операторов, предъявляемым к транспортной сети, необходимо применение новых решений по Ethernet нового поколения, доведенного до уровня технологии операторского класса. К ним относится создание механизма обеспечения качества услуг (Quality of Service, QoS) и управления полосой пропускания для пользователя.

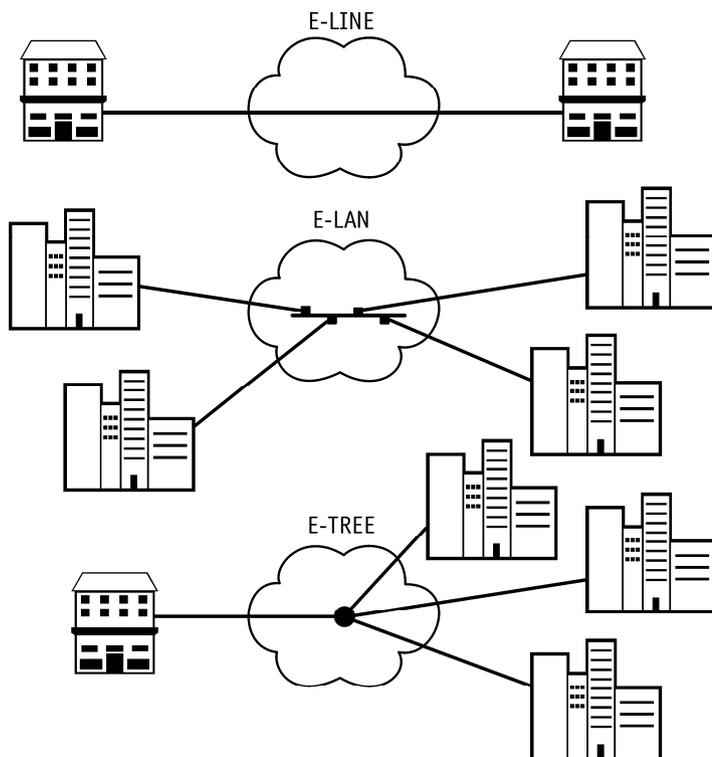


Рис. П1.4. Виртуальные соединения Ethernet по определению MEF

6 байт	6 байт	2 байта	46-1500 байт	4 байта
C-DA	C-SA	Ethertype	Payload	FCS
Адрес получателя	Адрес отправителя	Тип протокола	Данные пользователя	Контроль ошибок CRC-32

Сокращения:

DA, Destination Address; SA, Source Address; FCS, Frame Check Sequence;

CRC, Cyclic Redundancy Check; C, Customer

Рис. П1.5. Структура базового кадра Ethernet (IEEE 802.1)

Мультиплексирование в технологии Ethernet выполняется концентраторами и коммутаторами целью передачи пакетов различной емкости в общем физическом тракте, чаще всего в волоконно-оптическом. Вид цифрового мультиплексирования – статистический, поскольку появление пакетов случайно во времени, как случайна и переносимая ими потоковая информация. При этом может быть выстроена система приоритетов передачи для пакетов с трафиком реального времени (передача речи, видеоконференция, обмен файлами и т.д.). Технологией Ethernet предусмотрено образование четырех видов кадров для передачи пользовательских данных, а также кадры обслуживания (управления, мониторинга качества передачи, защитных коммутаций и т.д.). Кадры пользователей отличаются по виду сети (локальная, виртуальная локальная, виртуальная локальная с доступом к множеству услуг, транспортная магистральная). Все кадры могут переноситься через различные физические среды на скоростях 10/100/1000/10 000/100 000 Мбит/с, которые представляют собой иерархию стандартизированных скоростей Ethernet и интерфейсов с различными средами (витые медные пары, оптические волокна, радиочастотные каналы).

Совместно с формированием логических кадров передачи данных протоколы доступа (MAC, LLC) являются частью логической структуры интерфейсов Ethernet, соответствующих физическому и каналному уровням семиуровневой модели взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI).

Структура первичного или базового кадра Ethernet представлена на рис. П1.5.

Принцип передачи кадров с сообщениями между пользовательскими терминалами демонстрируется на рис. П1.6. Мост/коммутатор (Bridge/Switch) имеет таблицу маршрутизации с адресами управления доступом к среде (MAC) и номерами портов (Port) подключения компьютеров, используя которую он пересылает кадры по соответствующим адресам терминалов – получателей DA. Терминал – получатель сообщения может также отправить сообщение в обратную сторону. Так может поддерживаться «диалог» между двумя терминалами сети.

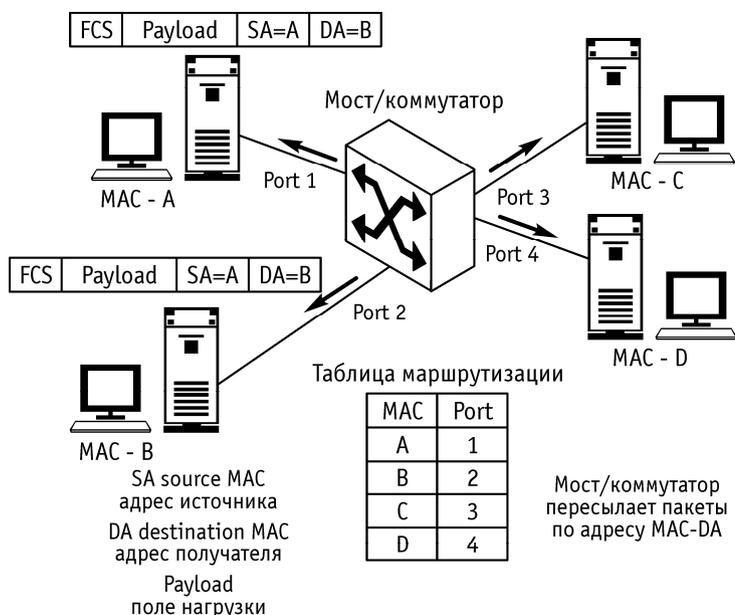


Рис. П1.6. Принцип передачи пакетов в локальной сети Ethernet

Кроме того, с одного терминала возможна посылка сообщений всем терминалам сети, т.е. групповая рассылка сообщений, что также прописывается в возможностях коммутатора.

Стандарт IEEE 802.1Q определяет изменения в структуре кадра Ethernet, позволяющие передавать информацию о виртуальной локальной сети (Virtual Local Area Network, VLAN) по сети, что можно рассматривать как решение по доступу различных пользователей к различным услугам. Стандарт IEEE 802.1p специфицирует метод указания приоритета кадра, основанный на использовании новых полей, определенных в стандарте IEEE 802.1Q. К «классическому» или базовому кадру Ethernet добавлены два блока по два байта

Необходимо отметить, что добавление четырех байтов к максимальному размеру кадра Ethernet ведет к возникновению проблем в работе многих коммутаторов, обрабатывающих кадры Ethernet аппаратно. Чтобы избежать их, группы по стандартизации предложили сократить на четыре байта максимальный размер полезной нагрузки в кадре. Для согласования работы устройств, поддерживающих формат кадра 802.1Q, с теми устройствами, которые не понимают этот формат, разработчики стандарта предложили делить весь трафик в сети на несколько типов.

Трафик входного порта (Ingress Port). Каждый кадр, достигающий коммутируемой сети и идущий либо от маршрутизатора, либо от рабочей станции, имеет определенный порт-источник. На основании его номера коммутатор должен «принять решение» о приеме (или отбрасывании) кадра и передаче его в ту или иную VLAN. Решение «судьбы» кадра, осуществляемое в единственной логической точке сети, делает возможным сосуществование самых разных видов VLAN. Приняв кадр, коммутатор «прикрепляет» к нему «ярлык» или метку (C-Tag) VLAN. Как только кадр с «ярлыком» VLAN оказывается в сети, он становится частью проходящего (Progress), или внутреннего трафика.

Внутренний трафик (Progress Traffic). Кадр с «ярлыком» коммутируется точно так же, как и без «ярлыка». Решения о его принадлежности к той или иной VLAN принимаются в пограничных элементах сети и остальные сетевые устройства индифферентно «относятся» к тому, как именно кадр попал в сеть. Так как максимальный размер кадра Ethernet остался неизменным, то пакеты всех VLAN смогут обрабатываться традиционными коммутаторами и маршрутизаторами внутренней части сети.

Трафик выходного порта (Egress Port). Чтобы попасть в межсетевой маршрутизатор или в оконечную рабочую станцию, кадр должен выйти за пределы коммутируемой сети. Ее выходное устройство «решает», какому порту (или портам) нужно передать пакет и есть ли необходимость удалять из него служебную информацию, предусмотренную стандартом 802.1Q. Дело в том, что традиционные рабочие станции не всегда воспринимают информацию о VLAN по стандарту 802.1Q, но сервер, обслуживающий несколько подсетей с помощью единственного интерфейса, должен ее активно использовать. Условное деление трафика на внутренний трафик, трафик входного и выходного портов позволяет поставщикам нестандартных реализаций VLAN создавать шлюзы для их стыковки с VLAN, соответствующие стандарту 802.1Q. Пример разделения физической архитектуры сети Ethernet на виртуальные локальные сети отдельных групп пользователей (VLAN1, VLAN2, VLAN3) представлен на рис. П1.7.

Передача кадров производится между терминалами, соединенными общим идентификатором. В кадрах могут передаваться данные пользователей и служебная информация, относящаяся к обслуживанию сети. Передача кадров может производиться в одном из четырех режимов.

– Unicast, т.е. одноадресная передача «точка-точка». Режим определяется по MAC адресу точки назначения.

– Multicast, т.е. многоадресная рассылка «точка – много точек». Режим задается в адресе MAC для диапазона от 01-00-5E-00-00-00 до 01-00-5E-7F-FF-FF.

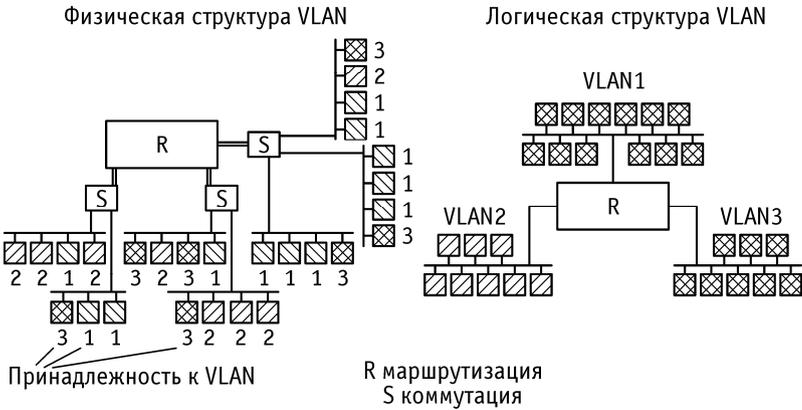


Рис. П1.7. Физическая и логическая структура с объединением пользователей в виртуальные локальные сети VLAN

– Broadcast, т.е. широковещательный режим, задаваемый адресом MAC: FF-FF-FF-FF-FF-FF.

– Четвертый режим предназначен для обмена информацией обслуживания в VLAN. При этом служебные кадры могут адресоваться как определенным терминалам, так и всем, задействованным в сети.

В сети VLAN поддерживается мультиплексирование услуг нескольких виртуальных сетей. Т.е. имеется возможность получать услуги от разных физических серверов, в том числе от разных провайдеров. Разработка стандарта IEEE 802.1ad Q in Q Provider Bridge (PB) позволила разделить пользователей сетей VLAN еще и на пользователей различными услугами от различных провайдеров.

Для обеспечения передачи информационных потоков в магистральных сетях связи разработана структура кадров IEEE802.1ah, в которой все метки принадлежат только транспортной сети и не зависят от транслируемых кадров IEEE802.1ad, что позволяет создавать своеобразные тоннели для переноса информационных потоков большой емкости.

Новая технология, называемая транспортной магистралью провайдера (Provider Backbone Transport, PBT) позволяет изменить рамки использования стандарта Ethernet, применение которого обычно было ограничено локальными сетями малого масштаба, и превратить Ethernet в более надежную, масштабируемую и детерминированную технологию, приспособленную для развертывания фиксированных и мобильных сетей операторского класса, что позволит предоставлять услуги видеотрансляции и видеоконференцсвязи, мультимедийные услуги, а также услуги широкополосной передачи данных и голосовой связи.

Один из компонентов PBT – ратифицированный стандарт IEEE 802.11ah, который получил название «мост магистрали провайдера» (Provider Backbone Bridges, PBB), известный также как MAC-in-MAC.

Эти решения (PBB/PBT) позволили выполнить одну из главных задач транспортных сетей – гарантию высокого качества транспортировки и надежности благодаря конфигурированию рабочих и резервных маршрутов с гарантированной пропускной способностью и автоматической защитой маршрутов в интервале времени до 50 мс.

Список литературы

1. **Фокин В.Г.** Оптические системы передачи и транспортные сети. Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 288 с.
2. **Фокин В.Г.** Проектирование оптической мультисервисной транспортной сети. Учебное пособие. Новосибирск, СибГУТИ, 2009. – 205 с.
3. **Фокин В.Г.** Оптические мультиплексоры OADM/ROADM и коммутаторы PXC в мультисервисной транспортной сети. Учебное пособие. Новосибирск, СибГУТИ, 2011. – 204 с.

Приложение 2. Эволюция сетевых услуг и миграция к архитектуре IMS. Подход компании «Iskratel»

Глобальное признание и использование пакетной передачи данных на основе Интернет протоколов, массовое распространение бесплатных и условно бесплатных сервисов голосовой и видео коммуникации, а так же популярность мобильных устройств обеспечивающих постоянную доступность заставляют изменить традиционный подход к построению стационарных телекоммуникационных сетей связи и внедрить новый подход к предоставлению услуг. Появление SIP (Session initiation Protocol) «сигнализации» открывает перед пользователями фиксированных сетей связи новые до сих пор невиданные возможности коммуникации.

На текущем этапе эволюции сетевых технологий появляется реальная возможность внедрения SIP-телефонии и услуг конвергенции фиксированных и мобильных сетей электросвязи (FMC – Fixed to Mobile Convergence). На данном этапе будет происходить постепенное «перетекание» абонентской базы в IP-среду по мере развития информационной среды жилища и офиса. Основные тенденции – это движение в сторону визуализации телекоммуникаций и внедрения FMC приложений, как для голосовой, так и для дуплексной видеосвязи.

Концепция обеспечения услуг (приложений) конечным пользователям фирмы Iskratel базируется на следующих основах:

- Рост доходов операторов может быть обеспечен лишь путем внедрения новых услуг (приложений).
- Одни и те же приложения должны быть доступны абонентам как в стационарной сети, так и мобильной сети связи.
- Аналоговым телефонным абонентам необходимо обеспечить как можно больше новых услуг (приложений), приблизив при этом среду TDM и NGN к среде IMS.
- Приложения, разработанные и поставляемые конечным пользователям в среде TDM и NGN, должны быть доступны и в среде IMS.
- Платформы аппаратных средств и программного обеспечения, использованные для обеспечения услуг в среде TDM и NGN, будут использоваться и в среде IMS с некоторыми программными модификациями.

Инвестиции в приложения являются оправданными, так как та же самая платформа с внесенными в нее небольшими изменениями может быть использована и в среде IMS.

Описание услуг Iskratel Business Communications. Iskratel Business Communications (IBC) является пакетом из набора услуг, основанных на использовании функциональности Centrex и предназначенных для обслуживания бизнес-клиентов. Существующая платформа мультисервисного узла управления услугами SI3000 MSCN и услуги традиционной телефонии дополняются современными пакетами бизнес-коммуникаций и мультимедийными услугами и приложениями. Это позволяет реализовать услуги «Виртуальной УАТС» в сочетании с разнообразными дополнительными сервисами (рис. П2.1).

Основная цель внедрения данного решения – обеспечить переход классических (традиционных) голосовых бизнес-услуг на технологию IP и дополнить их новыми мультимедийными услугами – контроль присутствия, передача мгновенных сообщений, передача файлов, чат, групповой чат, мобильность, видеовызовы, видеоконференции, веб-конференции, отправка и получение SMS с компьютера, открытые интерфейсы, приложения Web 2.0, открытые сети связи с другими приложениями, интеграция в веб-порталы, набор номера щелчком мыши и виджеты журнала вызовов, голосовая почта, замена сигнала контроля посылки вызова, виртуальный офис и т.д.

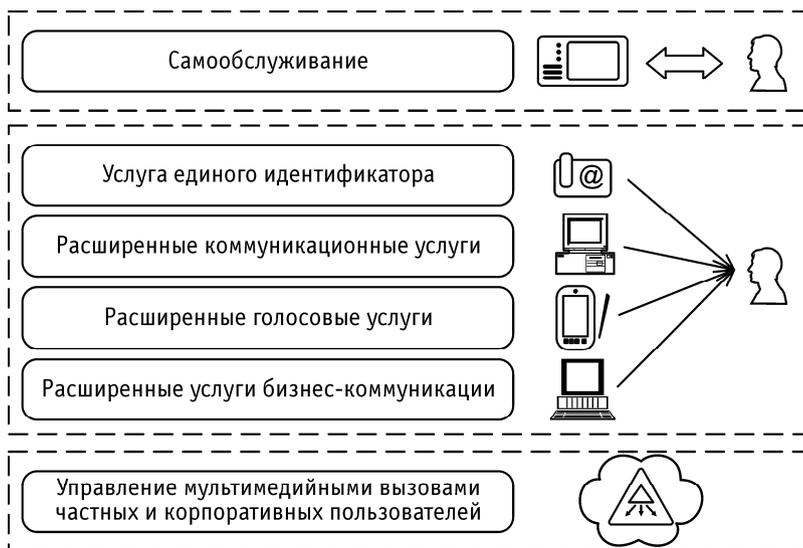


Рис. П2.1. Услуги IskraTEL Business Communications

В рамках решения реализуется среда для объединения разных по способу доступа терминалов абонентов в MDU-группу (Multi device User – пользователь с многими устройствами). Таким образом, все абонентские устройства – настольный SIP-телефон, домашний аналоговый телефон, мобильный телефон программный клиент на компьютере или смартфоне/планшетке, интегрированы в одной виртуальной УАТС. На всех из них доступен единый базовый список функций (не зависящий от пользовательского терминала) и расширяемый дополнительными видами обслуживания в соответствии с возможностями оконечного устройства.

Организация сети Centrex и маршрутизация. Centrex – это программный пакет, включенный в состав системы SI3000 Call Server. Он позволяет назначить любому пользователю статус бизнес-пользователя и включить его в виртуальную УАТС (рис. П2.2).

План нумерации Centrex является автономным для каждого бизнес-клиента и абсолютно не зависит от других таких планов, то есть для разных компаний могут использоваться одинаковые внутренние номера в пределах одной системы SI3000 CS или – в общесетевом масштабе – среди нескольких систем SI3000 CS. Внутренний номер может содержать от 3 до 7 цифр. Он может совпадать с последними



Рис. П2.2. Centrex группа E

цифрами номера, используемого для связи в сети общего пользования, или может полностью отличаться от него. Когда пользователь совершает вызов в сеть общего пользования, он должен набрать код доступа к этой сети, например «0» или «9». Коды доступа к сети общего пользования (как и другие коды доступа в рамках функции Centrex Dialing) могут состоять из 1 – 5 цифр.

Услуга единой идентификации является основной услугой для современных корпоративных клиентов. Они используют настольные телефоны (обычно подключенные к УАТС) и мобильные телефоны для передачи голоса и сообщений SMS/MMS. С помощью решения IBC становится возможным объединить мобильные и фиксированные телефоны (обычные и SIP) в рамках службы единой идентификации в группу MDU. Дополнительно в MDU-группу может быть включен и программный SIP-телефон. Такой телефон предоставляет доступ к новым мультимедийным услугам (новые способы коммуникаций, видеозвоны, присутствие, мгновенные сообщения, передача файлов, групповой чат, набор номера щелчком мыши, доступ к протоколу LDAP и т.д.).

Каждый MDU-пользователь может входить в группу Centrex, предоставляющую традиционные возможности УАТС (короткий номер, частный план нумерации, черный и белый списки, групповые вызовы и перехват вызова, услуги секретаря и регистратора, функции «директор-секретарь», специальные правила тарификации и набора номера и т.д.)

Использование функции «Omni-presence» позволяет включать в MDU-группу любой дополнительный абонентский терминал с публичным номером (мобильный телефон или фиксированный телефон сети ТФОП). Функциональность «Omni-presence» позволяет принимать входящие звонки с общего номера MDU-группы на таком терминале, однако при совершении исходящих звонков в качестве АОНа будет предоставлен реальный номер данного терминального устройства.

В полной мере интеграция с мобильной сетью обеспечивается использованием конвергентных шлюзов NCG (Network Convergence Gateway). На рис. П2.3 приведен как пример реализации «Omni-presence» с использованием встроенной функциональности SIP-клиента с доступом к сети через WiFi на мобильном телефоне. Не все мобильные терминалы имеют встроенный SIP-клиент и подходят для работы в сети WiFi.

Для управления услугами широко используются возможности Web 2.0. Абонент полностью контролирует набор предоставляемых сервисов и параметры услуг через web-интерфейс с помощью Веб-портала (WP – Web Portal) входящего в состав администратора предприятия – EA (Enterprise Administration Portal).

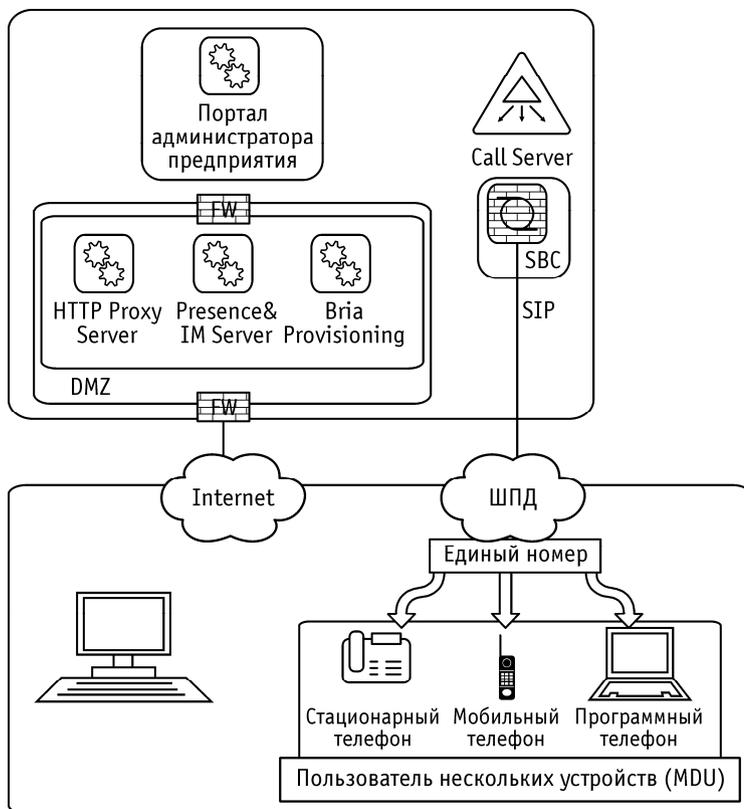


Рис. П2.3. Единственный номер идентификации

Администратор «Виртуальной УПАТС» также администрирует настройки своей группы через web-интерфейс EA. EA – это веб-приложение позволяющее администратору создавать профили абонентов, присваивая им короткие номера, услуги ДВО и MDU.

Кроме того, оно позволяет формировать номера в различные подгруппы с присвоением специфических услуг таких как Поиск свободной линии в группе для отдела работы с клиентами предприятия.

Широкий спектр голосовых услуг и услуг бизнес-коммуникации обеспечивает возможность предоставления централизованных сервисов для полноценного функционирования предприятия, таких как автосекретарь, автоинформатор, веб-конференции, голосовая почта или персонализации сетевого идентификатора индивидуального пользователя путем замены сигнала контроля посылки вызовов музыкальными фрагментами или включения индивидуальной музыкальной вставки при удержании вызова.

Данный этап развития сети является естественным поскольку в виду технологического изобилия абоненты имеют большой выбор средств коммуникации и будут ожидать подобного спектра услуг и от местной сети электросвязи.

Ключевой особенностью следующего этапа является не только унификация алгоритмики функционирования сети в базе понятия «SIP сессия», унификация протоколов взаимодействия функциональных элементов архитектуры на основе SIP, но и внедрение единой унифицированной абонентской базы в виде HSS (Home Subscriber Server – Сервер домашних абонентов). HSS выполняет функции, аналогичные функциям регистра домашних абонентов (HLR) в сетях сотовой подвижной связи стандарта GSM. Дополнительным результатом гомогенизации сети станет изменение функций программных коммутаторов, которое приведет в результате к снижению количества уровней иерархии и архитектуре так называемой мультимедийной подсистемы IP-IMS (IP Multimedia Subsystem).

Реализация IMS возможна с использованием оборудования разных производителей. Одним из перспективных вариантов является использование оборудования SI3000 MSCN – мультисервисного узла управления услугами компании «Iskratel».

SI3000 MSCN (Multi Service Control Node) включает в себя несколько функциональных блоков, формирующих единый и компактный продукт плоскости управления сетью: программный коммутатор (SI3000 CS – Call Server), сервер приложений (SI3000 AS Application Server), шлюз сигнализации, медиашлюз и медиасервер (SI3000 SMG – Signaling and Media Gateway).

Продукт SI3000 MSCN разработан таким образом, что существующие функции SI3000 CS являются составной частью структурного блока эмуляции ТфОП в архитектуре TISpan/IMS, в то время как сервер SI3000 AS служит в качестве центрального блока разработки и доставки услуг. Таким образом, компоненты SI3000 MSCN могут быть легко преобразованы в стандартные функциональные объекты TISpan/IMS.

Моментальный переход сети и абонентской базы к IMS не осуществим в реальных условиях и важным преимуществом программного коммутатора SI3000 CS является возможность одновременно работать в двух режимах – NGN и IMS, что означает возможность с помощью единого элемента сети SI3000 CS предоставлять как функции «софтсвича», так и IMS функции. При этом пользователи, остающиеся под управлением NGN, должны иметь возможность по-прежнему использовать все сервисы NGN. Пользователи, которые переводятся под управление IMS ядра (как NGN, так и TDM) используют IMS сервисы, предоставляемые IMS ядром и IMS серверами приложений, доступ к которым осуществляется через локальный элемент S-CSCF.

Заключение

К 2015 г. объем трафика вплотную приблизится к 1 зеттабайту (зеттабайт равен 1 триллиону гигабайт или 1 секстиллиону байт). По мнению Cisco главными локомотивами такого роста являются следующие факторы.

Рост количества сетевых устройств. Распространение планшетных компьютеров, мобильных телефонов, подключенных устройств и других «умных» машин повышает спрос на сетевые соединения. В результате к 2015 году в мире будет фиксироваться почти 15 млрд. сетевых соединений (включая соединения типа «машина-машина»), то есть по два соединения на каждого жителя Земли.

Рост числа интернет-пользователей. К 2015 г. в мире будет около 3 млрд. интернет-пользователей, что составит более 40 % населения нашей планеты.

Рост скорости передачи данных в широкополосных каналах. Средняя скорость фиксированных широкополосных каналов увеличится вчетверо – с 7 Мбит/с в 2010 г. до 28 Мбит/с в 2015 г. В прошлом году этот показатель вырос вдвое – с 3,5 до 7 Мбит/с.

Рост популярности видео. К 2015 г. каждую секунду через Интернет будет передаваться столько видеоматериалов, что их просмотр занял бы 1 миллион минут или 674 суток.

Таким образом все человечество, включая Россию, движется по пути создания Глобального информационного общества (ИО). Технологической основой этого общества является Глобальная информационная инфраструктура (ГИИ), которая должна обеспечить возможность недискриминационного доступа к информационным ресурсам каждого жителя планеты. Информационную инфраструктуру составляет совокупность баз данных, средств обработки информации, взаимодействующих сетей связи и терминалов пользователя.

Доступ к информационным ресурсам реализуется путем предоставления инфокоммуникационных услуг.

В феврале 2008 г. Президентом России была утверждена «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации». Уже в октябре 2008 г. был сформирован Совет при Президенте по развитию информационного общества, который в феврале 2009 г. рассмотрел текущее состояние развития информационного общества и наметил первоочередные меры по реализации Стратегии.

Контрольные значения показателей информационного общества (ИО) в России до 2015 г. приведены в приложении к Стратегии. Перечислим некоторые из них. Место России в международных рейтингах

в области развития ИО определено в числе двадцати ведущих стран мира; место России в международных рейтингах по уровню доступности национальной ИКТ – инфраструктуры определено не ниже десятого места; уровень использования линий широкополосного доступа к 2015 г. – 35 линий на 100 человек; наличие персональных компьютеров, в том числе подключенных к Интернет – не менее 75 % домашних хозяйств.

В 2010 г. правительством РФ была утверждена государственная программа «Информационное общество на 2011-2020 г.г.». Расходы федерального бюджета на программу оцениваются в 123,1 млрд. рублей ежегодно, средства субъектов Федерации – около 50 млрд. рублей, внебюджетное финансирование – 200 млрд. рублей.

В заключение заметим, что создание российской информационно-телекоммуникационной инфраструктуры следует рассматривать как важнейший фактор подъема национальной экономики, роста деловой активности общества и укрепления авторитета страны в международном обществе.

Список литературы

1. **CISCO:** к 2015 году объем интернет-трафика может вырасти в четыре раза. Вестник связи, июль, 2011.

Термины и определения

АВРК – асинхронное временное разделение каналов

Адресная информация – данные о знаках номера вызываемого абонента или коде направления связи

АЛ – абонентская линия

Анализ трафика – обзор информации, касающейся связи между пользователями (например, наличие/отсутствие, частота, направление, тип, объем и т.д.)

Аналоговый сигнал – непрерывный сигнал непрерывного времени

АП – абонентская панель

АП (агент пользователя) – прикладной процесс, помогающий пользователям взаимодействовать с СПС

АПС – агент передачи сообщений. Совокупность агентов передачи сообщений, действующих совместно с целью доставки сообщений получателю, образует систему передачи сообщений

АПУС – аппаратура повременного учета стоимости

АРД – асинхронный режим доставки, способ доставки информации, представленной в форме элементов (пакетов) постоянной длины, содержащих данные пользователя, адрес, управляющую информацию, код повышения верности

АСР – автоматизированная система расчетов

АСУП – автоматизированная система управления предприятием

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами

АТС – автоматическая телефонная станция

АУ – агент управления

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь – устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал)

АЦУ – автоматизированный центр управления

База данных – совокупность взаимосвязанных данных, хранимых в банке данных

Банк данных – совокупность баз данных и систем управления ими

БД ИС – база данных интеллектуальной сети

БДУ – база данных управления

Безопасность информации – интегральное свойство информации противостоять случайным или преднамеренным воздействиям (угрозам), наносящим ущерб собственнику информации. Характеристиками безопасности являются конфиденциальность, целостность и доступность

БЗУ – буферное запоминающее устройство

Биллинг – тарификация, составление и выписывание счетов за предоставление телекоммуникационных услуг

БКК – быстрая коммутация каналов, способ коммутации, позволяющий эффективно использовать полосу канала благодаря передаче пакетов данных в паузах речевого сигнала

- БКП** – быстрая коммутация пакетов, способ коммутации пакетов (элементов) постоянной длины, применяемый на станциях широкополосных ЦСИО
- Блокировка вызова** – потеря вызова, отказ в предоставлении ресурсов станции или сети
- БОК** – система биллинга и обслуживания клиентов
- БС** – биллинговая система
- БУ** – блок управления
- Бюрофакс** – клиентская служба передачи факсимильных сообщений, предназначенная в первую очередь для предоставления услуг факсимильной связи потребителям, не имеющим собственных факсимильных аппаратов
- ВБД** – внешняя база данных
- Видеотекс** – интерактивная служба, которая дает возможность абонентам, имеющим оконечные установки (терминалы) видеотекста, с помощью стандартных процедур оперативно получать через сеть электросвязи актуальную справочную информацию из банков данных
- Виртуальный контейнер** – контейнер, создающий помимо информационного сигнала трактовый заголовок
- Виртуальные соединения** – режим передачи пакетов, при котором информация о пути следования пакетов сообщения хранится в памяти узлов коммутации
- Внедиалоговый вывод** – либо спонтанный вывод, либо задержанная реакция УСЭ на диалоговую рабочую последовательность
- ВОС (взаимосвязь открытых систем)** – взаимодействие между реальными системами, которое организовано в соответствии со стандартами Международной организации по стандартизации
- ВОЛС** – волоконно-оптическая линия связи
- Временная коммутация** – однокоординатная коммутация цифрового сигнала, при которой в качестве разделительного используется временной признак
- Временное разделение сигналов (каналов)** – принцип разделения передаваемых сигналов, базирующийся на периодическом выделении каждому сигналу промежутка времени для передачи в отведенном интервале времени
- ВРК** – временное разделение каналов
- ВП** – вызывной прибор
- ВУО** – взаимодействие удаленных объектов
- Гетерогенный (heterogeneous)** – неоднородный разнородный, разнотипный;
- ГКУ** – гибридный коммутационный узел, узел сети с гибридной коммутацией, в котором используется как коммутация каналов, так и коммутация пакетов
- ГП** – голосовая почта, обеспечивает возможность обмена голосовыми сообщениями без необходимости участия в сеансе связи отправителя и получателя сообщения
- ГТС** – городская телефонная сеть
- ГЦТЭ** – государственный центр технической эксплуатации
- Датаграмма** – пакет, доставляемый адресату независимо от других пакетов
- ДВО** – дополнительные виды обслуживания (услуг), не входящие в состав основных услуг и предоставляемые обычно за дополнительную плату

- Демодуляция** – процесс, заключающийся в извлечении из меняющихся во времени параметров высокочастотного модулированного сигнала исходного низкочастотного сигнала
- Диалог** – часть взаимодействия «человек–машина», которая инициируется и обычно завершается пользователем, диалог реализуется с помощью диалоговых процедур
- Диалоговая рабочая последовательность** – последовательность ввода одной или нескольких директив и ответных сообщений, которые оповещают пользователя о результатах выполненных действий или запрашивают дополнительную информацию
- Директива (команда)** – вопрос или приказ пользователя (оператора) в форме, допустимой для распознавания и использования УСЭ
- ДМП** – демультиплексор
- Децентрализованная сигнализация** – способ обмена сигналами в процессе установления и разъединения соединений в сети с коммутацией каналов, при котором за каждым каналом для передачи речевой информации или данных закрепляется индивидуальный сигнальный канал
- Дискретизация** – замена непрерывной функции ее дискретными значениями, отсчитываемыми через определенные интервалы времени
- Дискретный сигнал** – дискретный сигнал дискретного времени
- ДОФМ** – двухкратная относительная фазовая модуляция
- Единичный интервал** – минимальный интервал времени, которому равны значащие интервалы времени сигнала
- Единичный элемент** – элемент сигнала, имеющий длительность, равную единичному интервалу времени
- ЕСДЭС** – единая система документальной электросвязи
- ЕСЭ РФ** – единая сеть электросвязи РФ
- Защита информации** – действия, направленные на предотвращение ущерба от определенной угрозы безопасности информации
- Закрытая система нумерации** – нумерация в телефонной сети, при которой количество знаков абонентского номера, требуемых для установления соединения с вызываемым абонентом, не зависит от вида связи: местной, зоновой, междугородной
- Замкнутая группа абонентов** – определенная группа абонентов, которой разрешен доступ к части базы данных или иных средств видеотекста, не доступных для широкого круга абонентов
- ЗМ (значащий момент)** – момент, в который происходит смена значений позиции ЦСД
- Значащий интервал времени** – интервал времени между двумя соседними значащими моментами
- Значащая позиция** – фиксируемое значение состояния представляемого параметра ЦСД
- ЗНСЕ** – значащая сигнальная единица, пакет переменной длины в системе сигнализации № 7 МСЭ-Т, используемый для передачи пользовательской информации и информации управления сетью сигнализации
- ЗПСЕ** – заполняющая сигнальная единица, пакет постоянной длины в системе сигнализации № 7 МСЭ-Т, применяемый для фазирования звена сигнализации

ЗЦУ ВСС – зональный центр управления

ИВУ – интерпретатор вида услуги, технологический уровень интеллектуальной сети, обеспечивающий управление предоставлением ДВО

Изменение потока сообщений (или одного сообщения) – внесение обнаруживаемых искажений в сообщение, удаление сообщения или нарушение общего порядка сообщений в потоке сообщений

ИКМ – импульсно-кодовая модуляция

Информация – сведения, являющиеся объектом передачи, распределения, преобразования, хранения или непосредственного использования

Информационный сигнал – сигнал, передаваемый абоненту и оповещающий его об этапе процесса установления или разъединения соединения

ИП – индикатор потребителя, поле в ЗНСЕ длиной в 4 разряда, используемое для идентификации подсистемы пользователей в системе сигнализации № 7 МСЭ-Т

ИС – индикатор сети, поле в ЗНСЕ длиной в четыре разряда, применяемое для идентификации типа сети в системе сигнализации № 7 МСЭ-Т

ИС – интеллектуальная сеть

ИСС – интеллектуальные сети связи

ИСУП – интегрированная система управления предприятием

ИТ (информационные технологии) – процедуры обработки информации, а также технические и программные средства сбора, хранения, обработки, передачи и отображения различных видов информации

ИЦСС – интегральная цифровая сеть связи

Квантование – замена отсчетных значений сигнала значением линейного разрешенного уровня

Код Хемминга – систематический код с кодовым расстоянием $d_0 = 3$ или $d_0 = 4$

Кодовое расстояние – минимальное для данного кода расстояние Хемминга

КК (коммутация каналов) – совокупность операций по соединению каналов для получения сквозного канала, связывающего через узлы коммутации один оконечный пункт с другим. При КК сначала организуется через узлы коммутации сквозной канал передачи сообщений между взаимодействующими абонентами, а затем осуществляется передача сообщений

Коммутатор – коммутационная схема (матрица) с n - входами и m - выходами, в которой соединение входа с выходом устанавливается с помощью одного коммутационного элемента

Коммутационное поле – коммутационная схема станции (узла), обеспечивающая коммутацию входящих каналов (линий) с исходящими каналами (линиями)

Коммутация с накоплением – совокупность операций при приеме на узле коммутации сообщения или его части, накопления и последующей передачи сообщения или его части в соответствии с содержащимся в нем (ней) адресом

КП (коммутация пакетов) – разновидность коммутации с накоплением, при которой длинные сообщения передаются не целиком, а разбиваются на относительно короткие части – пакеты

Коммутация сообщений – разновидность коммутации с накоплением, при которой сообщения передаются целиком

КЭ – коммутационный элемент

- Контейнер** – используется для размещения цифровых потоков от различных источников перед передачей их в сетях с синхронной цифровой иерархией
- Конфиденциальная информация** – информация, не являющаяся общедоступной
- Коэффициент ошибок по кодовым комбинациям** – отношение числа ошибочно принятых кодовых комбинаций к числу переданных на заданном интервале времени (интервале анализа)
- Коэффициент ошибок по элементам** – отношение числа ошибочно принятых элементов к общему числу переданных за интервал анализа
- Кросс-коннектор** – предназначен для подключения по команде из системы управления маршрутов цифровых потоков
- KU** – качество услуги
- Линейный сигнал** – сигнал, передаваемый на любом этапе установления соединения в прямом или в обратном направлениях и характеризующий состояние оконечного устройства или линии (канала)
- Логический номер** – номер, присваиваемый администрацией сети связи при предоставлении ДВО для установления соответствия списку физических номеров абонентов
- МАП-ячейка** – соединяет полезную информацию (48 байт) и заголовок (5 байт). Служит для «упаковки» информации в системах, работающих по методу асинхронной передачи
- Маскарад** – стремление пользователя выдать себя за некоторого другого пользователя с целью получения доступа к дополнительной информации и дополнительных привилегий или навязывание другому пользователю системы ложной информации, исходящей якобы от пользователя, имеющего санкции на передачу такого рода информации
- МД (модуль доступа)** – модуль предназначен для взаимодействия СОС с другими службами
- МДТС** – модуль доступа к телефонной службе
- МДФД** – модуль доступа к физической доставке
- МККТТ** – международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии. Новое название МСЭ-Т – международный союз электросвязи (см. 13.2)
- Мода асинхронной передачи** – способ асинхронной передачи разнородной информации, заключающийся в размещении ее в ячейках одинаковой длины и в равномерной передаче этих ячеек по асинхронным сетям связи. В английской транскрипции этот способ передачи получил название АТМ – Asynchronous Transfer Mode
- Модем** – модулятор и демодулятор, объединенные в одном устройстве преобразования сигналов
- Модуляция** – процесс, заключающийся в изменении во времени параметров высокочастотного гармонического колебания (амплитуды, частоты, фазы) по закону изменения во времени низкочастотного сигнала, подлежащего передаче
- МОС** – Международная организация по стандартизации
- МПС** – межперсональное сообщение
- МЦВ** – международный центр видеотекса
- МП** – мультиплексор
- МССК** – многоскоростная коммутация каналов, способ коммутации, обеспечивающий предоставление канала с требуемой скоростью передачи

-
- МТС** – междугородная телефонная сеть
- МУ** – модуль услуг, элемент системы программирования услуг в интеллектуальной сети
- Мультиплексоры ввода-вывода** – предназначены для добавления в сеть или изъятия из нее транспортных единиц и групп со стандартными скоростями
- Мультиплексирование цифровых потоков** – объединение цифровых потоков, поступающих от разных источников. При мультиплексировании используется принцип чередования битов, когда в линию поочередно передаются биты разных потоков, и принцип чередования байтов, когда поочередно передаются байты различных потоков
- МФТ** – многофункциональный терминал
- МЦК** – Международный центр коммутации
- МЦУ ВСС** – местный центр управления
- Нарушение связи** – недопущение связи или задержки срочных сообщений
- Нетерминальный символ** – символ, который непосредственно не фигурирует во входных или выходных данных языка «человек–машина»; в синтаксических диаграммах (СД) он представляет другую СД по ее имени
- НП** – непрерывная передача или способ превентивного циклического повторения ЗНСЕ в системе сигнализации № 7 МСЭ-Т
- НСИ** – нормативно–справочная информация
- НСП** – новое системное проектирование
- НЦВ** – национальный центр видеотекса
- НЦУ ВСС** – национальный центр управления
- ОАО** – открытое акционерное общество
- Обеспечение доступности** – обеспечение доступа к информации со стороны пользователей, имеющих на то надлежащие полномочия
- Обеспечение целостности информации** – обеспечение полноты, точности, достоверности
- ОБИ** – обратный бит-индикатор, поле в ЗНСЕ длиной в один разряд, используемое в качестве автозапроса повторения (АЗП) искаженной ЗНСЕ в системе сигнализации № 7 МСЭ-Т
- Обмен человек–машина** – связь, состоящая из двух типов обмена информацией: диалоговая и внедиалогового вывода
- Обслуживание с потерями** – способ обслуживания, при котором вызов (заявка на соединение), поступивший в момент отсутствия свободных линий или станционных устройств, получает отказ (теряется)
- ОКС** – общий канал сигнализации
- ОО** – окончечное оборудование
- ОО1, ОО2** – окончечное оборудование первого, второго типов
- ОС** – открытая система
- ОПН** – обратный порядковый номер, поле в ЗНСЕ длиной в семь разрядов, используемое для подтверждения приема ЗНСЕ на удаленной стороне ОКС
- ОС** – окончечная станция сельской телефонной сети, обеспечивающая телефонной связью абонентов сельского населенного пункта, а также их выход на ЦС или УС
- Основание кода** – характеризует возможное число различных значащих позиций поступающего от источника сообщений сигнала

- Основной телефонный аппарат** – аппарат, которому администрацией телефонной сети присвоен уникальный номер
- Основной цифровой канал** – канал со скоростью передачи 64 000 двоичных цифр в секунду, или 64 Кбит/с
- Отказ пользователя от сообщения** – отрицание передающим пользователем своего авторства в предъявленном ему принимающим пользователем сообщении или отрицание принимающим пользователем факта получения им от передающего пользователя сообщения якобы отличающегося от им принятого
- Открытая система нумерации** – нумерация в телефонной сети, при которой количество знаков номера, требуемых для установления соединения с вызываемым абонентом, зависит от вида связи: местной, зоновой, междугородной
- ОТТ** – основные технические требования
- ОФМ** – относительная фазовая модуляция
- П** – пользователь
- Пакет** – часть сообщения, представленная в виде блока с заголовком, имеющего установленный формат (структуру данных) и ограниченную длину, и передаваемая по сети как единое целое
- ПАУ** – подсистема административного управления сетевыми ресурсами в ПС
- ПБИ** – прямой бит-индикатор, поле в ЗНСЕ длиной в один разряд, используемое для подтверждения о получении АЗП
- ПВП** – процедура выборочного повторения
- ПД** – передача данных
- ПДКК** – передача данных с коммутацией каналов
- ПДКП** – передача данных с коммутацией пакетов
- ПДС** – передача дискретных сообщений
- Перехват данных** – обзор данных несанкционированным пользователем
- ПЗС** – прибор с зарядовой связью
- ПК** – персональный компьютер
- ПКУ** – пункт коммутации услуги, технологический уровень ПС, обеспечивающий распознавание запроса ДВО и сопряжение с ИВУ
- Плезioxронная цифровая иерархия** – иерархия скоростей при объединении цифровых потоков, разрешенная к применению международным комитетом по стандартизации УТИ-T на сетях без общей синхронизации
- ПОО** – протокол с остановками и ожиданием в системе сигнализации № 7 МСЭ-T называется протоколом основного способа защиты от ошибок
- ПОС** – пункт передачи и обработки сигнализации
- Повторная попытка вызова** – попытка вызова для установления соединения с тем же абонентом или в том же направлении связи, если предыдущая (предыдущие) получила (получили) отказ в обслуживании
- Повтор процесса установления соединения и передачи сообщения** – записывание несанкционированным пользователем с последующим повтором им процесса установления соединения с передачей ранее уже переданного и принятого пользователем сообщения
- Поступающая нагрузка** – нагрузка, включающая все успешные и неуспешные попытки вызовов
- ППН** – прямой порядковый номер

- ППС** – подсистема передачи сообщений, реализующая функции протоколов сетевого, канального (звеньевого) и физического уровней системы сигнализации № 7 МСЭ-Т
- ППУ** – подсистема прикладных услуг, реализующая функции протоколов ППС и подсистемы управления соединением сигнализации (ПУСС) в системе сигнализации № 7 МСЭ-Т
- Пролог назначения** – выбор конкретного адреса, с которым будут выполняться рабочие последовательности процедуры диалога
- Пролог процедуры** – действия, подготавливающие ввод директивы; ими начинается диалог
- Пропущенная (исполненная) нагрузка** – нагрузка, включающая все успешные и часть неуспешных попыток вызовов
- Представляющий (информационный) параметр сигнала данных** – параметр сигнала данных, изменение которого отображает изменение сообщения
- Прикладной процесс** – процесс ввода, хранения, обработки и выдачи информации для нужд пользователя
- Производительность источника** – среднее количество информации, выдаваемое источником в единицу времени
- ПРК** – пространственное разделение каналов, способ, при котором в качестве признака используется пространственный признак
- Пропускная способность канала связи** – максимально возможное значение скорости передачи информации по каналу связи
- Протоколы верхнего уровня (5–7)** – протоколы семиуровневой ЭМВОС, ориентированные на обработку информации
- Протоколы нижнего уровня (1–4)** – протоколы семиуровневой ЭМВОС, ориентированные на передачу информации
- ПРУ** – программа реализации услуги в ПС
- ПС** – пункт сигнализации, оконечный пункт сети сигнализации
- ПУ** – переходное устройство
- ПУС** – подсистема управления сетью
- ПУУ** – подсистема управления услугами
- ПУЭС** – подсистема управления элементами сети
- Разговорная нагрузка** – нагрузка, включающая только успешные попытки вызовов
- Разделимый код** – код, в кодовых комбинациях которого элементы можно разделить на информационные и проверочные
- Расстояние Хемминга** – степень различия комбинаций кода. Определяется для любых двух комбинаций шагом несовпадающих в них комбинаций
- Регенерация** – восстановление формы двоичного цифрового сигнала после передачи его на определенное расстояние под действием помех и искажений
- РОС** – решающая обратная связь
- РУС** – районный узел связи
- РЦУ ВСС** – региональный центр управления
- СВРК** – синхронное временное разделение каналов
- СЕ** – сигнальная единица, пакет переменной длины, используемый в системе сигнализации № 7 МСЭ-Т
- Сеть связи** – совокупность узлов и соединительных трактов, предусматривающих соединение между двумя или более точками обеспечения связи между ними

- СЗСЕ** – сигнальная единица состояния звена сигнализации, используемая для индикации состояния оконечных устройств звена сигнализации в системе сигнализации № 7 МСЭ-Т
- СИБД** – сетевая информационная база данных, БД интеллектуальной сети, используемая для хранения данных и программ предоставления ДВО
- Сигнал** – форма представления сообщения с помощью физической величины, изменения одного или нескольких параметров которой отображает изменение сообщения
- Синтаксическая диаграмма (СД)** – метод определения синтаксиса языка обмена человек–машина (ЯЧМ), СД состоит из терминальных и нетерминальных символов, соединенных линиями потока, СД используются для спецификации входных и выходных данных и человеко-машинных диалоговых процедур
- Синхронизация** – процесс установления и поддержания определенных временных соотношений между двумя или несколькими процессами
- Синхронная цифровая иерархия** – иерархия скоростей при объединении цифровых потоков, разрешенная комитетом УТИ-Т к применению на сетях с общей синхронизацией
- Синхронный транспортный модуль** – предназначен для «упаковки» цифровых потоков со скоростями, кратными основной скорости 155,520 Мбит/с, и передачи их по сетям синхронной цифровой иерархии, определяющей начало полезной информации в этом модуле и заголовок с указанием маршрута модуля
- СИС** – справочно-информационная служба
- Система службы обеспечения безопасности** – совокупность различных мероприятий, направленных на предотвращение или существенное затруднение ущерба интересам поставщиков и потребителей информации
- СК** – система качества
- Скорость передачи информации** – число бит, передаваемых в секунду
- Скорость телеграфирования** (скорость модуляции) – число единичных элементов, которое можно передать в секунду
- Скремблирование** (от англ. Scramble – перемешивание) – сложение цифрового сигнала по правилам двоичной арифметики с псевдослучайной двоичной последовательностью с целью исключения из сигнала длинных последовательностей нулей, изменения спектра сигнала и т.п.
- СЛ** – соединительная линия
- Служба аутентификации** – служба, предназначенная для обеспечения подтверждения того, что в данный момент связи пользователь является действительно тем пользователем, за которого он себя выдает
- Служба ГС** – служба голосовых сообщений или голосовой почты (ГП)
- Служба доставки** – служба, обеспечивающая защиту от попыток злоумышленника нарушить связь или задержать передачу сообщения на время, превышающее время ценности передаваемой в сообщении информации
- Служба передачи данных** – совокупность аппаратных и программных средств, методов обработки, распределения и передачи данных
- Служба связи** – объединение оконечного оборудования и сети связи, служащее для удовлетворения потребностей пользователей в услугах связи

- Служба секретности данных** – служба, используемая для защиты передаваемых данных от вскрытия содержащейся в ней информации и от возможности проведения анализа интенсивности потока данных между пользователями
- Служба сохранности информации** – служба, обеспечивающая доказательство целостности сообщения, принятого от соответствующего источника и находящегося на хранении. Сообщение может быть проверено в любой момент арбитром (третьей стороной)
- Служба управления доступом** – служба, предназначенная для обеспечения защиты от несанкционированного доступа к информации, содержащейся в удаленных банках данных, или от несанкционированного использования ресурсов сети
- Служба целостности данных** – служба, предназначенная для обеспечения защиты передаваемых данных от случайных и преднамеренных воздействий, направленных на изменение передаваемых сообщений, задержку, уничтожение и переупорядочивание их
- СМО** – система массового обслуживания
- СО** – сетевое окончание
- СО1, СО2 (NT1, NT2)** – сетевое окончание первого, второго типов
- Согласование (выравнивание) скоростей** – состоит в добавлении в цифровой поток ложных или изъятии из него информационных импульсов при объединении потоков с близкими, но неодинаковыми скоростями. Изъятые информационные импульсы передаются по дополнительным каналам, а ложные импульсы изымаются из потока на приеме
- СОК** – система обслуживания клиентов
- Сообщение** – форма представления информации
- СОС** – служба обработки сообщений, техническая служба, предназначенная для организации передачи сообщений между пользователями через промежуточные накопители
- СП** – система передачи
- Спектр** – совокупность гармоник, образующих периодический сигнал сложной формы
- Спектр амплитуд (фаз)** – совокупность амплитуд (фаз) гармоник, входящих в состав сигнала
- Спонтанный вывод** – вывод информации о некотором событии, например об аварийной ситуации
- СПРС** – система передачи и распределения сообщений
- СПС** – система передачи сообщений
- СПУС** – система повременного учета стоимости разговоров
- СРП-В** – сборщик-разборщик пакетов видеотека
- СС №7** – система сигнализации номер 7 МСЭ-Т
- ССУ** – средства сетевого управления
- Стартстопная последовательность** – последовательность элементов, содержащая стартовый и стоповый элементы. Наличие этих элементов позволяет отделить одну кодовую комбинацию от другой и обеспечить к моменту прихода следующей стартстопной последовательности накопившееся за время стартстопного цикла расхождение по фазе передатчика и приемника
- СТС** – сельская телефонная сеть

- СТФОП** – система телефонной связи общего пользования
- СУ** – система управления
- СУ** – согласующее устройство
- СУБД** – система управления базой данных
- СЦВ** – служебный центр видеотекста
- СЦТЭ** – сетевой центр технической эксплуатации
- СЭ** – сетевой элемент
- Т** – терминал
- ТА** – телефонный аппарат, терминал абонента
- ТА** – терминальный адаптер
- ТГ** – тактовый генератор
- Телекс** – сеть международного абонентского телеграфирования
- Телематические службы** – взаимосвязанная совокупность сетей и служб электросвязи, средств вычислительной техники, информационных ресурсов и бытовой электронной техники
- Телефакс** – абонентская служба передачи факсимильных сообщений
- Телефонная плотность** – количество основных телефонных аппаратов, приходящихся на 100 жителей, проживающих в стране или в населенном пункте, обслуживаемом телефонной сетью
- Терминальный символ** – символ, который фактически входит во входные или выходные данные
- ТО** – техническое обслуживание
- ТО** – техническое обслуживание
- ТПС** – транзитный пункт сигнализации, промежуточный пункт в сети сигнализации, используемый для маршрутирования сигнальных сообщений
- Транзакция** – ввод или модификация абонентами информации, хранящейся в базе данных. Типичными транзакциями являются заказ товаров, оплата счетов, резервирование мест в ресторанах и т.п.
- Трафик телефонный** – телефонная нагрузка, создаваемая вызовами пользователей
- ТУ** – территориальное управление
- ТУ** – транзитный узел, обеспечивающий установление транзитных соединений между телефонными станциями
- ТЦУ-Ф** – территориальный центр управления операторов федерального уровня
- ТЭ** – техническая эксплуатация
- УЗО** – устройство защиты от ошибок
- УИВС** – телефонный узел ГТС, предназначенный для объединения и распределения входящих и исходящих потоков
- УК** – узел коммутации
- УКГС** – услуга коммутации голосовых сообщений
- УКК** – узел коммутации каналов
- УПАТС** – учрежденческо-производственная АТС
- УПС** – устройство преобразования сигналов
- УС** – узловая телефонная станция сельской сети, обеспечивающая телефонной связью абонентов сельского населенного пункта между собой и с абонентами оконечных телефонных станций, включенных в эту станцию, их транзитные соединения, а также выход этих абонентов на центральную станцию данного административного района

- Услуги доставки информации** – передача сообщений: данных, речи, факсимильных, электронной почты и др.
- Услуги специальные** – предоставление справочной информации, дополнительных услуг, не входящих в состав услуг доставки информации, прием заказов на переговоры
- УСО** – устройство связи с объектом
- УСЭ** – управляющая система электросвязи
- УУК** – устройство управления кольцом
- У-ЦСИО** – узкополосная цифровая сеть интегрального обслуживания
- УЦУ-З** – узловой центр управления зонального уровня
- УЦУ-Р** – узловой центр управления регионального уровня
- УЦУ-Ф** – узловой центр управления федерального уровня
- Факсимильная связь** – область электросвязи, которая занимается передачей неподвижных изображений
- Факс-рассылка** – система, позволяющая рассылать большие объемы факсимильных сообщений большому числу адресатов
- Факс-сервер** – компьютер, оборудованный несколькими специальными факсимильными платами (или одной многоканальной платой) и интегрированный с локальной вычислительной сетью. Факс-сервер наделяет каждого пользователя ЛВС возможностью передавать и принимать факсимильные сообщения с помощью своего рабочего ПК
- Физический номер** – списочный номер сети связи
- ФПЗ** – факс по запросу (система, позволяющая автоматизировать обработку запросов абонентов с предоставлением им факсимильных сообщений)
- ХС** – хранилище сообщений (накопитель сообщений, закрепляемый за конкретным пользователем и являющийся факультативным средством)
- ЦАП** – цифро-аналоговый преобразователь – устройство для преобразования цифрового (обычно двоичного) кода в аналоговый сигнал (ток, напряжение или заряд)
- ЦБР** – центральное бюро ремонта
- Централизованная сигнализация** – способ обмена сигналами в процессе установления и разъединения соединений в сети с коммутацией каналов, при котором все сигнальные сообщения для большой группы пользователей передаются в одном (общем) канале сигнализации
- Циклический код** – разновидность систематического кода, основное свойство которого заключается в следующем. Если комбинация a_0, a_1, \dots, a_{n-1} разрешенная, то комбинация, получаемая из нее путем циклической перестановки элементов, т.е. комбинация $a_{n-1}, a_0, a_1, \dots, a_{n-2}$, также является разрешенной
- Цифровой сигнал** – последовательность, состоящая из чередующихся случайным образом импульсов и пауз одинаковой длительности; при этом импульс обозначают 1, а паузу – 0
- ЦКП** – центр коммутации пакетов
- ЦОС** – центр обработки сообщений
- ЦС** – центральная станция сельской телефонной сети, обеспечивающая телефонной связью абонентов данного райцентра между собой и с абонентами различных сельских телефонных станций района, транзитные соединения абонентов оконечных и узловых станций, а также выход абонентов района на внутрizonовую и междугородную телефонные сети

- ЦСД** – цифровой сигнал данных. Сигнал, описываемый функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений
- ЦСИО** – цифровая сеть интегрального обслуживания
- ЦТА** – цифровой телефонный аппарат
- ЦТС** – центр телематических служб
- ЦТЭ** – центр технической эксплуатации и технического обслуживания
- ЦУБ** – центр управления бизнесом
- ЦУ-З** – центр управления операторов зонового уровня
- ЦУ-М** – центр управления оператора местного уровня
- ЦУ-Р** – центр управления оператора регионального уровня
- ЦУС** – центр управления сетью
- ЦУУ** – центр управления услугами
- ЦУ-Ф** – центр управления оператора федерального уровня
- ЦУ-ЧС** – центр управления чрезвычайными ситуациями
- ЦУ-ЭС** – центр управления элементами сети
- Частотное разделение сигналов (каналов)** – принцип разделения передаваемых сигналов, базирующийся на отведении каждому сигналу своей полосы частот в заданном частотном диапазоне
- ЧЗ** – чувствительность к задержке
- ЧИ** – чувствительность к искажениям
- ЧНН** – час наибольшей нагрузки – интервал в течение суток, когда телефонная нагрузка на станции или в направлении связи является стационарной и наибольшей
- ЧРК** – частотное разделение каналов
- Ш-ЦСИО** – широкополосная ЦСИО
- Элемент ЦСД** – часть цифрового сигнала данных, отличающаяся от остальных частей значением одного из своих представляющих параметров
- ЭМ ВОС** – эталонная модель взаимодействия открытых систем
- Энтропия** – мера неопределенности в поведении источника дискретных сообщений
- 1000BaseT (Gigabit Ethernet)** – спецификация для сетей Ethernet со скоростью передачи до 1000 Мбит/с на основе неэкранированной витой пары (unshielded twisted pair UTP) и волоконно-оптического кабеля
- 100BaseT (Fast Ethernet)** – спецификация для сетей Ethernet со скоростью передачи до 100 Мбит/с на основе неэкранированной витой пары (unshielded twisted pair – UTP) и волоконно-оптического кабеля
- 10BaseT** – спецификация для сетей Ethernet со скоростью передачи до 10 Мбит/с на основе неэкранированной витой пары (unshielded twisted pair – UTP) и волоконно-оптического кабеля
- AAL (ATM Adaptation Layer)** – уровень адаптации ATM
- ABR (Available Bit Rate)** – служба ATM, обеспечивающая доставку с доступной скоростью
- ADM (Add-drop multiplexer)** – мультиплексор добавления/ответвления каналов – устройство, которое добавляет или исключает выбранные волновые каналы из линии. Оптические ADM (OADM) осуществляют мультиплексирование каналов в оптических линиях
- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)** – асимметричная цифровая абонентская линия) – модемная технология, предназначенная для решения проблемы последней мили. Преобразует стандартные абонентские те-

лефонные аналоговые линии в линии высокоскоростного доступа. Основное преимущество данной технологии в том, что нет необходимости прокладывать кабель до абонента. Используются уже проложенные телефонные кабели, на которые устанавливаются сплиттеры для разделения сигнала на «телефонный» и «модемный». Для приёма и передачи данных используются разные каналы: приёмный обладает существенно большей пропускной способностью

AGW (Access Gateway) – шлюз доступа

AM (Accounting management) – управление взаиморасчётами

AN (Access network) – сеть доступа

API (Application Programming Interface) – прикладной программный интерфейс

APON (ATM PON) – пассивные оптические сети (Passive Optical Networks – PON), в которых для транспортировки сигнала используются ATM

AS – Autonomous systems (автономные системы) – выражение, используемое в протоколах маршрутизации по отношению к системам, находящимся в административном ведении и под единоличным контролем пользователя, группы или же организации. Каждая AS описывается своим номером ASN (AS Number). Например, номер ASN 1 зарегистрирован за компанией Genuity. Для перемещения трафика между AS обычно используются BGP, тогда как для маршрутизации данных в пределах отдельной AS – маршрутный протокол, например OSPF

AS (Application Sever) – сервер приложений

ATM (Asynchronous Transfer Mode) – асинхронный режим передачи. Высокоскоростная, ориентированная на соединение, коммутируемая и мультиплексирующая технология, которая использует ячейки размером 53 байта (5 байт – заголовок, 48 байт – полезная нагрузка) для одновременной передачи данных различных видов, включая голос, видео и собственно данных. Использование асинхронного режима означает, что информационные потоки могут быть посланы независимо от общего таймера. Технология ATM описывается архитектурой с тремя плоскостями: *пользователя* (Plane User, U) – координирует интерфейс между протоколами верхних уровней, такими как IP, и ATM; *управления* (Plane Management, M) – координирует все уровни стека протоколов ATM; *сигнализации* (Plane Control, C) – координирует процессы обмена сигнальными сообщениями, установления и разъединения виртуальных каналов и трактов; ATM разработан для полного использования преимуществ высокоскоростных линий передачи, таких как SONET, E3 и T3

ATM backbone – базовая сеть с технологией ATM

ATM layer – уровень ATM. Подуровень канального уровня в сетях ATM, независимый от службы. Уровень ATM получает от AAL 48-байтовые сегменты и добавляет к каждому из них заголовок длиной 5 байт; таким образом получается стандартная 53-байтовая ячейка. Ячейки отправляются на физический уровень для передачи по физическому носителю

Backbone – магистраль. Основная часть сети, по которой проходит основная часть пакетов, направляемых в другие сети или поступающих из них

BER (Bit Error Rate) – коэффициент битовых ошибок

Billing – биллинг. Тарификация, составление и выписывание счетов за предоставление телекоммуникационных услуг

- Bit-oriented protocol** – побитовый протокол. Класс протоколов связи канального уровня, передающих кадры независимо от их содержания. Побитовые протоколы, в отличие от побайтовых, обеспечивают более эффективную и надежную полнодуплексную передачу в сравнении с byte-oriented protocol
- CAP (Carrierless Amplitude and Phase Modulation)** – амплитудно-фазовая модуляция без несущей
- CBR (Constant Bit Rate)** – служба АТМ, обеспечивающая доставку с постоянной скоростью
- CMIP (Common Management Information Protocol)** – протокол общей управляющей информации (стандартный протокол сетевого управления для сетей OSI, определяет ряд функций, отсутствующих в SNMP и SNMP-2)
- CO (Central Office)** – центральная АТС. Отдел местной телефонной компании, где соединяются все линии связи определенной зоны, и где происходит коммутация каналов абонентских линий
- CO (Connection-oriented)** – режим с установлением соединения
- Connectionless** – Без предварительного установления соединения. Тип сетей, в которых узлы могут передавать данные без предварительного установления логического соединения с пунктом назначения
- CoS (Class of Service)** – класс качества услуги
- CPN (Customer Premises Network)** – сеть в помещении пользователя
- CS (Call Server)** – программный коммутатор
- CPE (Customer Premises Equipment)** – аппаратура, устанавливаемая в помещении пользователя. Телефонные аппараты, модемы и терминалы, установленные в помещениях абонента и подключенные к сети телефонной компании
- DB (Database)** – база данных
- DCE (Data communications equipment)** – оборудование для передачи данных (по определению Ассоциации электронной промышленности) или data circuit-terminating equipment – окончное оборудование линии передачи данных (по определению Международного телекоммуникационного союза). Механизмы и каналы коммуникационной сети, составляющие сетевую часть интерфейса пользователь-сеть, например модемов. Оборудование DCE обеспечивает физическое соединение с сетью, пересылает данные и предоставляет тактирующий сигнал для синхронизации передачи данных между устройствами DTE и DCE. Сравнение с DTE
- DMT (Discrete Multitone Modulation)** – дискретная модуляция со многими несущими
- DNS (Domain Name System)** – служба имен доменов (механизм, используемый в Internet и устанавливающий соответствие между числовыми IP-адресами и текстовыми именами)
- DSS1 (Digital Subscriber Signaling System one)** – цифровая абонентская система сигнализации № 1
- DSL (Digital Subscriber Line)** – цифровая абонентская линия. DSL является достаточно новой технологией, позволяющей значительно расширить полосу пропускания старых медных телефонных линий, соединяющих телефонные станции с индивидуальными абонентами. Объединяет несколько технологий (ADSL, SDSL, SHDSL и т.д.)

- DTE (Data Terminal Equipment)** – оборудование терминирования данных. Любое устройство, расположенное на пользовательской стороне интерфейса пользователя с сетью и выступающее в роли источника и/или приемника данных. К DTE относятся такие устройства, как мультиплексоры, трансляторы протоколов и компьютеры. Соединение с компьютерной сетью осуществляется через оборудование канала данных (DCE), например модем. Тактовый сигнал генерируется DCE. См. также DCE
- DWDM (Dense wavelength division multiplexing)** – мультиплексирование по длине волны высокой плотности – мультиплексирование при частотном промежутке между отдельными каналами равном или менее 200 ГГц – технология плотного мультиплексирования по длинам волн. Расстояние между мультиплексными каналами обычно не превышает 1,6 нм
- EPONs (Ethernet PONs)** – пассивные оптические сети (Passive Optical Networks – PON), в которых в качестве транспортного протокола используется протокол Gigabit Ethernet
- Ethernet** – стандарт, первоначально предложенный для локальных сетей, работающих со скоростью 10 Мбит/с, в котором для управления доступом к сети используется протокол CSMA/CD
- ETSI (European Telecommunications Standards Institute)** – Европейский институт стандартов в области связи
- FDM (Frequency division multiplexing)** – мультиплексирование с разделением частот – способ объединения множества аналоговых сигналов в одной линии за счет осуществления их передачи на различных частотах
- FDDI (fiber distributed data interface)** – технология передачи данных использующая оптическое волокно. Стандарт американского института стандартов (ansi), принятый без изменения ISO. Протокол рассчитан на физическую скорость передачи информации 100 Мбит/с и предназначен для сетей с суммарной длиной до 100 км (40 км для мультимодовых волокон) при расстоянии между узлами 2 км или более. Частота ошибок в сети не превышает 10^{-9}
- FE (Fast Ethernet)** – модифицированная технология локальной сети Ethernet с повышенной пропускной способностью (до 100 Мбит/с), стандарт 802.3u 1995 г.
- FEC (Forward equivalence class)** – класс эквивалентной переадресации – класс доставки пакетов – описание процесса передачи пакетов между двумя логическими узлами, которые обладают определенными общими рабочими характеристиками. Такие логические узлы могут принадлежать различным сетям, устройствам или же процессам в различных устройствах
- FM (Fault Management)** – управление устранением повреждений
- Frame Relay** – ретрансляция кадров. Протокол, используемый для создания глобальных сетей, в котором данные между пунктами назначения передаются в виде кадров
- FTP (File Transfer Protocol)** – протокол передачи файлов (используемый в Internet протокол передачи файлов между хост-компьютерами)
- FTTB (Fiber to the building)** – «волокно к зданию»
- FTTC (Fiber to the curb)** – «волокно к тротуару»
- FTTCab (Fiber to the cabinet)** – «волокно к шкафу» – волоконно-оптический кабель, протянутый от обочины в распределительный шкаф

- FTTH (Fiber to the home)** – «волоконно-оптический кабель, протянутый в жилище» – волоконно-оптический кабель, протянутый в жилище
- FTTx** – общее название для всех технологий типа «Fiber To The X» («кабель к X»), где X может обозначать жилище (h – home), здание (b – building), тротуар (c – curb) или распределительный шкаф (cab – cabinet)
- G.711** – стандарт кодирования речевого сигнала со скоростью 64 кбит/с
- G.723** – стандарт кодирования речевого сигнала со скоростью 5,3/6,4 кбит/с (ACELP/MP-MLQ)
- G.726** – стандарт кодирования речевого сигнала со скоростью 16, 24, 32, 40 кбит/с (ADPCM)
- G.729** – рекомендация ITU-T, в которой определены требования к усовершенствованному алгоритму речевого кодирования с линейным предсказанием (CS ASELP). Скорость кодирования 8 кбит/с. Метод использует две кодовых книги, одна из которых является фиксированной, а вторая – адаптивной. Использование двух книг позволяет повысить качество распознавания речи при большом уровне шума
- GII (Global Information Infrastructure)** – глобальная информационная инфраструктура
- GMPLS (Generalized multiprotocol label switching)** – обобщенная многопротокольная коммутация меток – расширение функциональных возможностей MPLS с целью включения элементов, не охватываемых IP-протоколом (non-IP elements), таких как кросс-соединители, маршрутизаторы волновых каналов (wavelength routers) или оптические мультиплексоры добавления/ответвления каналов (add-drop multiplexers)
- GW (Gateway)** – шлюз
- H.225** – протокол управления вызовом, включая сигнализацию и регистрацию, а также пакетизацию и синхронизацию потоков мультимедийных данных (входит в состав стека протоколов H.323 организации мультимедиа связи в пакетных сетях, в том числе в ЛВС Ethernet)
- H.245** – процедура управления и установления соединений в многоточечной конфигурации
- H.248** – протокол управления медиашлюзом (рекомендация ITU-T)
- H.323** – система видеоконференцсвязи для сетей с коммутацией каналов и негарантированным качеством обслуживания
- HDLC** – бит-ориентированный кодопрозрачный сетевой протокол управления каналом передачи данных канального уровня сетевой модели OSI, разработанный ISO. Текущим стандартом для HDLC является ISO 13239. HDLC может быть использован в соединениях точка-многоточка, но в настоящее время в основном используется в соединениях точка-точка с использованием асинхронного сбалансированного режима (ABM)
- HFC (Hybrid Fiber-Coax)** – волоконно-коаксиальные сети в которых сочетаются коаксиальные и волоконно-оптические кабели
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol)** – протокол передачи гипертекстовых файлов (протокол уровня приложений для распределенных информационных систем гипермедиа, позволяющий общаться системам с различной архитектурой; используется при передаче HTML-файлов по сети страниц WWW)
- IDN (Intelligent Data Network)** – сеть передачи данных с развитой логикой, интеллектуальная сеть передачи данных

- IETF (Internet Engineering Task Force)** – проблемная группа проектирования Internet (одна из групп IAB, отвечающая за решение инженерных задач Internet, выпускает большинство документов RFC, используемых производителями для внедрения стандартов в архитектуру TCP/IP)
- IN (Intelligent Network)** – интеллектуальная сеть
- INAP (Intelligent Network Application Protocol)** – прикладной протокол интеллектуальной сети
- IP** – протокол сетевого уровня Internet
- IP address** – IP-адрес. Часто называется Интернет-адресом. Адрес, однозначно определяющий любое устройство (хост) в Интернете (или любой сети TCP/IP). Каждый адрес состоит из четырех октетов (32 бита), записанных в виде десятичных чисел и разделенных запятыми. Адрес состоит из номера сети, необязательного номера подсети и номера хоста. Номера сети и подсети применяются для маршрутизации, а номер хоста определяет хост в сети или подсети. Информация о сети и подсети выделяется из IP-адреса с помощью маски подсети. IP-адреса делятся на пять классов (A-E), в каждом из которых на сеть, подсеть и хост отводится строго определенное число разрядов. См. также: CIDR, IP и subnet mask
- IP datagram** – дейтаграмма протокола IP – основная единица информации
- ISDN (Integrated Services Digital Network)** – цифровая сеть с интеграцией служб
- ISO (International Organization for Standardization)** – Международная организация по стандартизации
- ISO 9000:2001** – комплекс документов системы управления качеством товаров и услуг
- ISUP (ISDN User Part)** – подсистема пользователя ISDN
- Jitter** – дрожание. Изменение задержки между сигналами
- LAN** – технологии локальных сетей
- LANE ATM (LAN Emulation)** – эмуляция LAN. Технология, обеспечивающая возможность прозрачного подключения к сети с технологией ATM рабочих станций локальных сетей, использующих традиционные протоколы доступа. Для этого в процессе подключения используется эмуляция всех основных функций подуровня МАК эталонной модели OSI, включая пакетирование данных; распознавание адресов, управление групповой рассылкой сообщений и др.
- LER (Label edge router)** – краевой маршрутизатор меток – маршрутизатор, инициирующий LSP в сети MPLS; пограничный маршрутизатор домена MPLS
- LLC (Link layer control)** – уровень управления связью
- LSP (Label switched path)** – коммутируемый посредством меток маршрут – обеспечиваемый между двумя маршрутизаторами поток пакетов MPLS. В общих чертах LSP аналогичны каналам в технологиях ATM и Frame Relay; путь коммутации пакетов с помощью меток
- LSR (Label switched router)** – маршрутизатор с коммутацией меток – один из маршрутизаторов MPLS, устанавливаемых между LER, обеспечивающий создание LSP; транзитный маршрутизатор домена MPLS, коммутирующий пакеты с помощью меток
- MAC (Media Access Control)** – управление доступом к среде – протокол, используемый для определения способа получения доступа рабочих стан-

ций к среде передачи, наиболее часто используемый в локальных сетях. Для ЛВС, соответствующих стандартам IEEE, MAC-уровень является нижним подуровнем канала передачи данных (data link layer); управление доступом к среде передачи данных (нижний подуровень уровня звена данных эталонной модели OSI)

MAC address – MAC-адрес. Аппаратный адрес канального уровня, необходимый каждому порту или устройству для соединения с участком LAN. Эти адреса используются разными устройствами сети для точного определения места логических адресов. MAC-адреса определяются стандартом IEEE. Они состоят из шести символов, как правило, используя вводяный (BIA-) адрес локального интерфейса LAN. Имеет много названий: аппаратный адрес, физический адрес, вводяный адрес или адрес уровня MAC (подуровня управления доступом к среде)

MAN (Metropolitan Area Network) – региональная или городская вычислительная сеть. Любая сеть, объединяющая область, приблизительно равную большому городу. Как правило, такие сети крупнее LAN и меньше WAN. См. также: LAN

Metropolitan network – региональная сеть. Сеть, охватывающая населенный пункт, город или какую-либо другую географически выделенную область. Региональная сеть состоит из сетей доступа (access networks) или периферийных сетей (the metro access networks), подключенных к центральной сети (central network) или центральной части региональной сети (the metro core network)

MGW (Media Gateway) – медиашлюз

MPLS (Multiprotocol label switching) – многопротокольная коммутация меток – определяет следующее поколение протокола маршрутизации, в котором решения о передаче данных в сети принимаются на основе анализа коротких меток, вложенных в пакеты, а не длинных сетевых адресов; многопротокольная коммутация с помощью меток

Multimode fiber – многомодовый волоконно-оптический кабель. Тип волоконно-оптического кабеля с сердечником относительно большого диаметра (от 50 до 62,5 мкм), предоставляющий множество путей, по которым могут распространяться волны, образующие световой импульс

Multiplexer – мультиплексор. Устройство, объединяющее множество сигналов в один выходной сигнал

NE (Network Element) – элемент сети

NGN (Next Generation Network) – сеть связи следующего поколения

N-ISDN (Integrated Services Digital Network) – узкополосная цифровая сеть связи с интеграцией служб; скорость передачи данных, голоса, изображений не выше 1920 кбит/с

NP (Network Performance) – характеристики сети (XC) связи

nrтVBR (non-real-time VBR) – переменная скорость передачи, осуществляемая не в режиме реального времени

OEO switches (Optical-electrical-optical switches) – электрооптические коммутаторы – в этих коммутаторах оптические сигналы до переключения их между портами преобразуются в электрические. Коммутаторы этого типа также называют непрозрачными коммутаторами

OMAP (Operation, Maintenance and Administration Part) – подсистемы технической эксплуатации и административного управления ОКС-7

- OMS (Operation and Maintenance System)** – система эксплуатации и техобслуживания
- ONT (Optical network termination)** – оптическое сетевое окончание – устройство в PON, которое размещается в помещениях клиентов, заканчивая соединение PON
- ONU (Optical network unit)** – модуль оптической сети – устройство в PON, с помощью которого осуществляется взаимное преобразование сигналов, используемых в PON, и, в типичных случаях, сигналов какой-либо из технологий цифровых абонентских линий (digital subscriber line – DSL)
- OOO switches (Optical-optical-optical switches)** – оптические коммутаторы – этот тип коммутаторов осуществляет перенаправление оптических сигналов между портами без предварительного их преобразования в электрическую форму
- Optical crossconnect** – оптический кросс-соединитель. Устройство, предназначенное для коммутации очень мощных сигналов между портами
- OSI (Open System Interconnection)** – взаимодействие открытых систем – ВОС
- OSS (Operating Support System)** – система операционной поддержки, автоматизированная информационная система, поддерживающая операционную деятельность оператора связи
- OTN (Optical transport network)** – оптическая транспортная сеть – выпускаемый в настоящее время ITU набор спецификаций, который описывает высокоскоростную коммутируемую архитектуру, которая согласно всеобщим ожиданиям должна заменить SONET в средах, требующих большой пропускной способности. Интерфейс OTN определен в стандарте G.709 ITU-T, и его одно время ошибочно называли «упаковщиком цифровых данных». На самом деле понятие упаковщика цифровых данных более точно описывается в терминах ODU и ODU
- Packet** – пакет. В области передачи данных – основная логическая единица передаваемой информации. Пакет состоит из определенного числа байтов данных, снабженных заголовками и/или концевиками, в которых содержится информация о том, откуда поступил пакет, куда он направлен и т.д. Добавление к пакету заголовка и/или концевика называется инкапсуляцией. Различные протоколы, участвующие в передаче, добавляют к пакету свои уровни заголовков. Они интерпретируются соответствующими протоколами на принимающем устройстве
- Payload** – полезная информация или полезная нагрузка. Объем данных, передаваемых в составе кадра или пакета
- PCM (pulse code modulation)** – импульсно-кодовая модуляция
- PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)** – плезиохронная цифровая иерархия (европейский стандарт для волоконно-оптических сетей)
- PDN (Packet Data Network)** – пакетная сеть передачи данных
- PDU (Protocol Data Unit)** – единица данных протоколов. Процессы на канальном уровне модели OSI. Модули PDU на транспортном уровне называются сегментами; на сетевом уровне – пакетами или дейтаграммами, а на канальном уровне – кадрами. Физический уровень использует биты; протокольный блок данных
- PON (Passive optical network)** – пассивная оптическая сеть – участок сети, составляющий «последнюю милю», для передачи сигналов по которому

не требуются питаемые или активные электронные устройства; пассивная оптическая сеть

Protocols – протоколы – набор правил, определяющих способ передачи информации между устройствами;

PSTN (Public Switched Telephone Network) – коммутируемая телефонная сеть общего пользования

QoS (Quality of Service) – качество обслуживания. Качество обслуживания; Набор параметров для измерения качества передачи и доступности службы какой-либо системы передачи

QoS scheme (Quality of Service scheme) – схема качества обслуживания – алгоритм или архитектура, используемая для предоставления полосы пропускания, качество которой различно для различных приложений или пользователей

Router – маршрутизатор – механизм сетевого уровня, аппаратный или программный, определяющий наилучший маршрут для передачи сетевого трафика на основании одной или нескольких метрик. Маршрутизаторы передают пакеты из одной сети в другую на основании информации сетевого уровня. Ранее использовался термин «шлюз» (gateway); устройство, которое направляет пакеты в нужные порты, исходя из адресов уровня 3, также называемых сетевыми адресами

Routing – маршрутизация – процесс пересылки пакетов с логическими адресами из их локальной подсети к конечному пункту назначения. В крупных сетях многочисленные промежуточные назначения. Иногда пакет проходит их до того, как дойдет до своего назначения

Routing Protocol – протокол маршрутизации – протокол, определяющий алгоритмы обновления таблиц маршрутизации между маршрутизаторами. Примерами таких протоколов могут служить RIP, IGRP и OSPF

Routing Protocols – протоколы маршрутизации – сетевое программное обеспечение, применяемое маршрутизаторами для передачи коллективно используемой информации по всей топологии маршрутов с целью выбора оптимального маршрута для перемещения пакетов по сети

Routing table – таблица маршрутизации или таблица маршрутов. Таблица, хранящаяся в маршрутизаторе или другом устройстве поддержки сетевого комплекса, которое поддерживает запись только лучших из возможных маршрутов до определенных сетевых назначений и связанные с этими маршрутами метрики

SCCP (Signaling Connection Control Part) – подсистема управления сигнальными соединениями

SCP (Service Control Point) – узел управления услугами в интеллектуальной сети

SDH (Synchronous Data Hierarchy) – Европейский стандарт цифровой системы передачи, ориентированный на использование оптических кабелей в качестве физической среды передачи данных для высокоскоростных сетей передачи на значительные расстояния; европейский эквивалент SONET

Section – секция. В SONET секциями называются участки физических линий между усилителями и повторителями

Server – аппаратное или программное средство, предоставляющее сетевые ресурсы клиентам

-
- SG (SGW) (Signaling Gateway)** – шлюз сигнализации
- SIP (Session Initiation Protocol)** – протокол инициализации сеанса связи в пакетных сетях
- SIP-T (SIP extension for Telephony)** – описание SIP для взаимодействия с ТфОП (PSTN)
- SLA (Service Level Agreement)** – соглашение об уровне качества услуг доставки информации
- SN (Service Node)** – узел служб
- MSCN (Multi Service Control Node)** – мультисервисный узел управления услугами
- SNMP (Simple Network Management Protocol)** – простой протокол сетевого управления (протокол сетевого администрирования, широко используемый в настоящее время, входит в стек протоколов TCP/IP); Этот протокол запрашивает у агентов или устройств SNMP статистику и данные о ситуации. Сюда относятся температура устройства, имя, рабочие параметры и многое другое. Протокол SNMP работает с объектами MIB, которые имеются на агенте SNMP. Эта информация запрашивается, а затем посылается на сервер SNMP
- Softswitch** – аппаратно-программное средство для управления вызовами в телекоммуникационных сетях, которые используют технологии IP и /или ATM
- SONET (Synchronous optical network)** – синхронная оптическая сеть – широко распространенный стандарт для волоконно-оптических линий связи
- Statistical multiplexing** – статистическое уплотнение. Уплотнение (мультиплексирование) вообще – это технология, позволяющая посылать данные разных логических каналов по одному физическому каналу. Статистическое уплотнение динамически назначает полосу пропускания только активным каналам ввода, оптимизируя имеющуюся полосу таким образом, что может подключаться больше устройств, чем в других технологиях уплотнения, Другое название – статистическое временное уплотнение или статистический мультиплексор
- STM (Synchronous Transport Module)** – синхронный транспортный модуль технологии SDH
- Subnet address** – адрес подсети. Часть IP-адреса, которая специально идентифицируется маской подсети как подсеть. См. также: IP address, sub-network и subnet mask
- Subnetwork** – подсеть. 1) Любая сеть, являющаяся частью более крупной сети IP и идентифицируемая адресом подсети. Администратор сети сегментирует сеть на подсети, чтобы создать иерархическую, многоуровневую структуру маршрутизации и одновременно оградить подсеть от сложности адресации соединяющихся сетей. Другое название – subnet (подсеть). См. также: IP address, subnet mask и subnet address. 2) В сетях OSI термин относится к группе оконечных и промежуточных систем, управляемых только одним административным доменом, используя единственный сетевой протокол соединения
- Switch** – переключатель, коммутатор. 1) В сетевых технологиях – устройство, отвечающее за несколько функций, таких как фильтрация, лавинное распространение и отправка кадров. Оно действует с помощью адреса назначения отдельных кадров. Коммутаторы действуют на канальном

уровне модели OSI. 2) В широком смысле слова – любое электронное или механическое устройство, которое служит для создания соединений, когда это требуется, и прекращения, когда уже не требуется

TCP (Transmission Control Protocol) – протокол управления передачей транспортного уровня в стеке протоколов TCP/IP

TCP/IP (transmission control protocol/Internet protocol) – протокол управления передачей/Internet протокол – многоуровневая архитектура, являющаяся предшественником модели OSI и в настоящее время лежащая в основе Internet и большей части корпоративного трафика

TDM (Time division multiplexing) – мультиплексирование с разделением времени – 1) Способ последовательного извлечения битов или байтов из многочисленных потоков данных с последующим их объединением в один поток; Time division multiplexing (уплотнение с разделением времени). 2) Прием назначения полосы на одном проводе, основанный на заранее заданных отрезках времени для данных разных каналов. Полоса пропускания отводится для каждого канала независимо от того, может ли станция посылать данные. См. также: ATDM, FDM и multiplexing (уплотнение)

TDM interface – интерфейс, способный работать в режиме мультиплексирования с разделением времени, т.е. пересылать данные, используя элементарные временные интервалы в повторяющихся циклах

TE (Traffic Engineering) – управление трафиком

Telex – телекс, международная служба, обеспечивающая обмен текстовыми сообщениями между абонентами, которые используют телетайпные аппараты

Telnet – сетевой теледоступ (протокол виртуального терминала в наборе протоколов Internet, позволяет пользователям одного хоста подключаться к другому удаленному хосту и работать с ним как через обычный терминал)

TFTP (Trivial file transfer protocol) – простейший протокол передачи данных

TMN (Telecommunications Management Network) – система управления телекоммуникационной сетью

UBR (Unspecified Bit Rate) – неопределенная скорость передачи

UDP (User Datagram Protocol) – протокол пользовательских дейтаграмм транспортного уровня в стеке протоколов TCP/IP

UNI (User network interface) – сетевой интерфейс пользователя – программное обеспечение, скрывающее сложность провайдерской сети при взаимодействии с нею снаружи. Клиенты могут использовать UNI для формирования запросов на сетевое обслуживание, но не могут проникнуть в нее для ознакомления с частной информацией

UNIX – многопользовательская многозадачная операционная система, первоначально разработанная Кеном Томпсоном (Ken Thompson) и Денисом Ритчи (Dennis Ritchie) в компании AT&T Bell Laboratory в 1969 г. для использования в мини-компьютерах (в настоящее время существует в различных формах и реализациях; считается мощной операционной системой, которая менее машинозависима, чем остальные операционные системы; написана на языке C

VCC (Virtual Channel Connection) – соединение виртуальных каналов

VCI (Virtual Channel Identifier) – идентификатор виртуального канала

-
- VoIP (voice over IP)** – передача голосовых данных по IP
- VPC (Virtual Path Connection)** – соединение виртуального пути
- VPI (Virtual path identifier)** – идентификатор виртуального пути – поле ячейки ATM, определяющее маршрут, которому принадлежит ячейка; идентификатор виртуального тракта
- VPN (Virtual Private Network)** – виртуальная частная сеть; служба, посредством которой узлы или сайты соединяются между собой безопасным образом в общую сеть. VPN обычно включают в себя шифрование трафика и установление подлинности участников группы
- WAN** – технологии глобальных сетей
- WDM (Wave-division multiplexing)** – мультиплексирование с разделением длин волн – способ объединения многочисленных сигналов в одном волоконно-оптическом кабеле путем передачи их по данному кабелю с использованием различных длин волн
- Wi-Fi (Wireless Fidelity)** – стандарт беспроводной передачи данных по радиоканалу уровня LAN
- WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)** – стандарт беспроводного широкополосного доступа уровня города (Metropolitan)
- X.25** – рекомендации ITU-T, определяющие стандарты для коммуникационных протоколов доступа к сетям с коммутацией пакетов (Packet Data Networks, PDN)

Оглавление

Предисловие	3
Введение	4
Список литературы	9
Часть I. Способы передачи сообщений	10
Глава 1. Спектры	10
1.1. Спектры периодических сигналов	10
1.2. Спектры непериодических сигналов	15
1.3. Сигналы электросвязи и их спектры	18
Контрольные вопросы	26
Список литературы	27
Глава 2. Модуляция	28
2.1. Принципы передачи сигналов электросвязи	28
2.2. Амплитудная модуляция	29
2.3. Угловая модуляция	32
2.4. Импульсная модуляция	35
2.5. Демодуляция сигналов	37
Контрольные вопросы	40
Список литературы	40
Глава 3. Цифровые сигналы	41
3.1. Понятие о цифровых сигналах	41
3.2. Дискретизация аналоговых сигналов	42
3.3. Квантование и кодирование	46
3.4. Восстановление аналоговых сигналов	52
Контрольные вопросы	54
Список литературы	54
Глава 4. Принципы многоканальной передачи	55
4.1. Одновременная передача сообщений	55
4.2. Частотное разделение каналов	58
4.3. Временное разделение каналов	59
Контрольные вопросы	62
Список литературы	62
Глава 5. Цифровые системы передачи	63
5.1. Формирование группового сигнала	63
5.2. Синхронизация	71
5.3. Регенерация цифровых сигналов	77
5.4. Помехоустойчивое кодирование	81
Контрольные вопросы	86
Список литературы	87
Глава 6. Цифровые иерархии	88
6.1. Плезиохронная цифровая иерархия	88
6.2. Синхронная цифровая иерархия	96
6.3. Методы асинхронной передачи	101
Контрольные вопросы	103
Список литературы	103

Глава 7. Линии передачи	104
7.1. Медные кабельные линии	104
7.2. Радиолинии	108
7.3. Волоконно-оптические кабельные линии	112
Контрольные вопросы	120
Список литературы	121
Глава 8. Транспортные сети	122
8.1. Предпосылки создания транспортных сетей	122
8.2. Системы передачи для транспортной сети	123
8.3. Модели транспортных сетей	127
8.4. Элементы транспортной сети	130
8.5. Архитектура транспортных сетей	134
8.6. Синхронизация транспортной сети	137
Контрольные вопросы	139
Список литературы	139
Часть II. Службы электросвязи. Телефонные службы и службы документальной электросвязи	141
Глава 9. Основные понятия и определения	141
9.1. Информация, сообщения, сигналы	141
9.2. Системы и сети электросвязи	146
9.3. Эталонная модель взаимосвязи открытых систем	153
9.4. Методы коммутации в сетях электросвязи	157
9.5. Методы маршрутизации в сетях электросвязи	163
Контрольные вопросы	177
Список литературы	178
Глава 10. Телефонные службы	179
10.1. Услуги, предоставляемые общегосударственной системой автоматизированной телефонной связи	179
10.2. Структура городских телефонных сетей (ГТС) с низким уровнем цифровизации и перспективы развития	183
10.3. Расчет коммутационного узла с коммутацией каналов	189
Контрольные вопросы	199
Список литературы	200
Глава 11. Телеграфные службы	201
11.1. Сети телеграфной связи	201
11.2. Направления развития телеграфной связи	206
Контрольные вопросы	209
Список литературы	209
Глава 12. Службы ПД. Защита от ошибок и преобразование сигналов	210
12.1. Методы защиты от ошибок	210
12.2. Сигналы и виды модуляции, используемые в современных модемах	223
Контрольные вопросы	235
Список литературы	236
Глава 13. Службы ПД. Сети ПД	237
13.1. Компьютеры – архитектура и возможности	237
13.2. Принципы построения компьютерных сетей	242
13.3. Международные стандарты на аппаратные и программные средства компьютерных сетей	243
13.4. Сетевые операционные системы	256

13.5. Локальные компьютерные сети	260
13.6. Глобальные компьютерные сети	277
13.7. Телефонная связь по компьютерным сетям	285
Контрольные вопросы	292
Список литературы	293
Глава 14. Факсимильные службы	295
14.1. Основы факсимильной связи	295
14.2. Организация факсимильной связи	298
Контрольные вопросы	306
Список литературы	306
Глава 15. Другие службы документальной электросвязи	307
15.1. Видеотекс	307
15.2. Голосовая почта	316
Контрольные вопросы	322
Список литературы	322
Глава 16. Единая система документальной электросвязи	323
16.1. Интеграция услуг документальной электросвязи	323
16.2. Назначение и основные принципы построения служб обработки сообщений	326
16.3. Многофункциональные терминалы	337
Контрольные вопросы	341
Список литературы	341
Глава 17. Обеспечение информационной безопасности в телекоммуникационных системах	342
17.1. Общие положения	342
17.2. Правовые и организационные аспекты информационной безопасности ..	346
17.3. Технические аспекты информационной безопасности	350
Контрольные вопросы	359
Список литературы	359
Часть III. Интеграция сетей и служб электросвязи	361
Глава 18. Узкополосные цифровые сети интегрального обслуживания (У-ЦСИО)	361
18.1. Пути перехода к узкополосной цифровой сети интегрального обслуживания	361
18.2. Службы и услуги узкополосной ЦСИО	370
18.3. Система управления У-ЦСИО	376
Контрольные вопросы	384
Список литературы	385
Глава 19. Широкополосные и интеллектуальные сети	386
19.1. Условия и этапы перехода к широкополосной сети интегрального обслуживания (Ш-ЦСИО)	386
19.2. Услуги Ш-ЦСИО	388
19.3. Способы коммутации в Ш-ЦСИО	394
19.4. Построение коммутационных полей станций Ш-ЦСИО	398
19.5. Причины и условия перехода к интеллектуальной сети (ИС)	408
19.6. Услуги ИС	415
Контрольные вопросы	418
Список литературы	419
Глава 20. Система межстанционной сигнализации по общему каналу в ЦСИО ..	421
20.1. Понятие об общем канале сигнализации	421

20.2. Протоколы многоуровневой системы сигнализации № 7 ITU-T	428
20.3. Способы защиты от ошибок в ОКС № 7	433
20.4. Характеристики ОКС	437
20.5. Способы построения сигнальной сети	440
Контрольные вопросы	442
Список литературы	443
Глава 21. Широкополосные сети доступа следующего поколения	444
21.1. Сети доступа следующего поколения с использованием оборудования компании «Iskratel» MSAN и MSAN 2.0	444
21.2. Сценарии оптоволоконно до антивандального шкафа	450
21.3. Сценарии оптоволоконно до здания – FTTB	454
21.4. Пассивные оптические сети доступа	457
21.5. Построение пассивных оптических сетей с использованием оборудования компании ЭЛТЕКС	466
Контрольные вопросы	469
Список литературы	470
Часть IV. Методы управления в телекоммуникациях	471
Глава 22. Общие положения	471
22.1. Многоуровневое представление задач управления телекоммуникациями	471
22.2. Функциональные группы задач управления	475
Контрольные вопросы	480
Список литературы	480
Глава 23. Интегрированные информационные системы управления предприятиями электросвязи	481
23.1. Понятия и определения в области информационных систем управления предприятием	481
23.2. Анализ структуры интегрированной информационной системы управления предприятием регионального оператора связи	485
23.3. Новое системное проектирование как передовая технология на этапе внедрения современных информационных систем	487
23.4. Требования к функциональности интегрированной информационной системы управления предприятием для регионального оператора связи	490
23.5. Требования к используемым информационным технологиям, техническим средствам и программному обеспечению	492
Контрольные вопросы	495
Список литературы	496
Глава 24. Управление услугами. Качество предоставляемых услуг	497
24.1. Система качества услуг электросвязи	497
24.2. Базовые (основные) составляющие обеспечения качества услуги	505
24.3. Оценка качества услуг связи с точки зрения пользователя и оператора связи	510
Контрольные вопросы	518
Список литературы	518
Глава 25. Управление услугами. Автоматизированные системы расчетов	519
25.1. Общие положения	519
25.2. Классификация АСР	526
25.3. Централизованный способ построения системы расчетов	527
25.4. Интеграция АСР с системами управления TMN	529
25.5. Основные технические требования для АСР	531
25.6. Обзор автоматизированных систем расчетов	536
25.7. Заключение	547

Контрольные вопросы	551
Список литературы	551
Глава 26. Управление сетями и сетевыми элементами	552
26.1. Архитектура систем управления сетями и сетевыми элементами	552
26.2. Системы управления первичными и вторичными сетями	554
26.3. Принципы построения системы управления Единой сетью связи Российской Федерации	563
26.4. Подходы к задачам управлению сетями компании «Iskratel»	568
Контрольные вопросы	572
Список литературы	572
Приложение 1. Модели транспортных сетей OTN-OTN и EoT.....	574
П1.1. Оптическая транспортная иерархия – основа оптической сети	574
П1.2. Модель и иерархия Ethernet для транспортных сетей	577
Список литературы	583
Приложение 2. Эволюция сетевых услуг и миграция к архитектуре IMS. Подход компании «Iskratel»	584
Заключение	590
Термины и определения	592