

Министерство образования и науки Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

В.М. Винокуров

СЕТИ СВЯЗИ И СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Учебное пособие

Рекомендовано Сибирским региональным отделением
учебно-методического объединения по образованию
в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники
и автоматизации для межвузовского использования
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся
по радиотехническим направлениям подготовки

Томск
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
2012

ББК

В49

Рецензент

Аржанов С.Н., зам. директора НПФ «Микран»,
канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

Винокуров В.М.

В49 Сети связи и системы коммутации : учеб. пособие / В.М. Винокуров ; Федер. агентство по образованию, Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 304 с.

ISBN 5-86889-215-1

Описаны принципы построения современных телекоммуникационных сетей, приведена терминология, принятая в сетях связи, рассмотрены способы стандартизации в телеинформатике, протокольные принципы формирования, передачи и обработки сообщений, стеки протоколов глобальных, корпоративных и локальных сетей. Много внимания уделено изучению современных телекоммуникационных сетей (телефонной, узкополосной и широкополосной сетей ISDN, интеллектуальных сетей, сетей на основе технологии MPLS, режима ATM). Подробно описаны методы коммутации в сетях связи, принципы сигнализации цифровых сетей и методы сигнализации в телефонных сетях общего пользования, в том числе ОКС-7.

Для студентов специальности 201100 «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» по направлению «Телекоммуникации», а также 200700 — «Радиотехника», 201800 — «Защищенные системы связи», 071700 — «Физика и техника оптической связи», 075500 — «Комплексное обеспечение информационной безопасности». Рекомендуется студентам соответствующих специальностей очной, заочной и дистанционной форм обучения.

УДК

ББК

ISBN 5-86889-215-1

© Томск. гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2012

© Винокуров В.М., 2012

Оглавление

Введение	6
Глава 1. Принципы построения телекоммуникационных сетей	8
1.1. Основные определения и терминология	8
1.2. Классификация информационных сетей	13
1.3. Характеристики качества информационных сетей	19
Контрольные вопросы	20
Глава 2. Стандартизация (нормализация) в телеинформатике	22
2.1. Структура служб стандартизации	22
2.2. Ведущие производители систем	24
2.3. Сектор стандартизации связи ИТУ-Т	24
2.4. Международная организация по стандартизации	26
2.5. Эволюция стандартов	27
2.6. Открытые информационные системы	27
2.6.1. Эталонная модель взаимодействия открытых систем ...	28
2.6.2. Функциональные среды	30
2.6.3. Функции, выполняемые уровнями ЭМВОС	32
2.6.4. Стандарты ЭМВОС	34
2.7. Примеры использования сетевых протоколов	35
2.8. Терминология в сетях передачи данных	38
2.9. Протоколы Internet	53
2.10. Соответствие популярных стеков протоколов модели OSI	59
2.11. Особенности стандартизации протоколов для локальных сетей	61
2.12. Сетевые структуры для глобальных сетей	66
Контрольные вопросы	71
Глава 3. Введение в теорию телетрафика	73
3.1. Основные определения теории телетрафика	73
3.2. Основные свойства случайных потоков вызовов	75
3.3. Параметры сообщений и показатели качества обслуживания ..	75
3.4. Математическая модель телетрафика	79
3.4.1. Исходные посылки модели	79
3.4.2. Пуассоновский входной поток требований на обслуживание	79
3.4.3. Модель Эрланга системы с потерями	80
3.4.4. Распределение нагрузки от конечного числа источников	85
3.4.5. Система с ожиданием	91
Контрольные вопросы	99
Глава 4. Российская телекоммуникационная сеть общего пользования ...	101
4.1. Классификация сетей	101
4.2. Телефонная сеть общего пользования	101
4.2.1. Состояние ТФОП	101
4.2.2. Автоматическая коммутируемая международная телефонная сеть	103
4.2.3. Автоматическая коммутируемая междугородная сеть России	104

4.2.4.	Автоматические коммутируемые внутризональные телефонные сети	105
4.2.5.	Системы нумерации в ТФОП РФ	109
4.2.6.	Распределение затухания на междугородной и зональной телефонных сетях	112
4.2.7.	Стратегия перехода от аналоговых телефонных сетей к цифровым	114
4.3.	Цифровая сеть с интегрированным обслуживанием	116
4.3.1.	Основные показатели ISDN	116
4.3.2.	Службы ISDN	118
4.3.3.	Функциональные блоки и интерфейсы ISDN	119
4.3.4.	Доступ BRA	121
4.3.5.	Варианты доступа к сети ISDN	123
4.3.6.	Преимущества и недостатки сетей ISDN	124
4.3.7.	Сигнализация в ISDN	125
4.3.8.	Примеры использования протоколов ITU-T в ISDN	131
4.4.	Интеллектуальные сети	132
4.4.1.	Общие положения	132
4.4.2.	Услуги ИС	139
4.4.3.	Недостатки первого набора услуг и будущее ИС	145
4.5.	Широкополосная цифровая сеть с интегрированным обслуживанием Ш-ЦСИО (В-ISDN)	146
4.5.1.	Общие положения	146
4.5.2.	Архитектура Ш-ЦСИО	147
4.5.3.	Асинхронный режим передачи	149
4.5.4.	Протокольная модель Ш-ЦСИО	159
4.5.5.	Категории и классы сервиса Ш-ЦСИО	164
4.5.6.	Виды услуг, предоставляемые пользователям Ш-ЦСИО	165
4.6.	Сети на основе технологии MPLS	167
	Контрольные вопросы	170
Глава 5.	Синхронизация цифровых сетей	174
5.1.	Общие положения	174
5.2.	Современная концепция построения систем синхронизации	177
5.2.1.	Структура системы межузловой синхронизации	179
5.2.2.	Структура системы внутриузловой синхронизации	183
5.2.3.	Подсистемы QoS и TMN	184
	Контрольные вопросы	185
Глава 6.	Принципы коммутации в сетях связи	186
6.1.	Основные понятия и определения. Обзор методов коммутации	186
6.2.	Коммутация в ТФОП	198
6.2.1.	Общие положения	198
6.2.2.	Ступени искания	201
6.2.3.	Коммутационные приборы и их условные обозначения	201
6.2.3.	Структуры коммутационного поля	203
6.2.4.	Коммутационное поле АТСК	206
6.2.5.	Коммутационное поле АТСКЭ	209
6.2.6.	Принципы построения управляющих устройств	212
6.2.7.	Коммутационное поле АТСЭ	217

6.2.8. Коммутационный модуль станции АХЕ-10	225
6.2.9. Оптическая коммутация	234
Контрольные вопросы	236
Глава 7. Принципы сигнализации в ТФОП	239
7.1. Классификация систем сигнализации	240
7.2. Классификация видов сигналов	242
7.3. Способы передачи линейных сигналов	244
7.4. Способы передачи сигналов управления	244
7.5. Передача информационных сигналов	248
7.6. Международные системы сигнализации	249
7.7. Система сигнализации R2	251
7.8. Специфика российских систем сигнализации	256
7.9. Общий канал сигнализации	260
7.9.1. Структура сигнальных единиц в блоке МТР	265
7.9.2. Подсистема ISUP	267
Контрольные вопросы	270
Заключение	271
Использованные русскоязычные сокращения	272
Использованные англоязычные сокращения	277
Литература	290
Приложение. Задачи для практических занятий по теме «Телетрафик»	293

Введение

Современный этап развития взаимоуязванной сети связи России характеризуется широким внедрением и развитием новых информационных цифровых технологий, слиянием компьютерных и телекоммуникационных систем, внедрением волоконно-оптической техники, развитием цифровых методов и устройств передачи, хранения и обработки информации. Наиболее интенсивно данный процесс совершается в течение последнего десятилетия, что вызывает определенные трудности в обучении специалистов данной отрасли. Во-первых, весьма проблематично отразить огромный объем информации в рамках одного издания или курса. Во-вторых, развитие отрасли настолько интенсивно, что длительности процессов старения и освоения информации выравниваются.

Содержание учебного пособия отвечает требованиям ГОС специальности 210401 (071700) «Физика и техника оптической связи» и соответствует программе курса «Сети связи и системы коммутации», читаемого на радиотехническом факультете ТУСУРа. Учебное пособие составлено на основе курсов лекций, прочитанных автором для студентов специальностей 210401 (071700) «Физика и техника оптической связи» и 21044 (201100) «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» по направлению «Телекоммуникации», а также для студентов смежных специальностей (210302 (200700) «Радиотехника», 210403 (201800) «Защищенные системы связи», 090105 (075500) «Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем», 210402 (201200) «Средства связи с подвижными объектами»), может быть полезно для студентов старших курсов других специальностей телекоммуникационного профиля и смежных с ним направлений.

В первой главе описаны основные принципы построения телекоммуникационных сетей и систем, дана классификация сетей и осуществляемых ими телеинформационных и телематических услуг, производится ознакомление с терминологией, принятой в первичных и вторичных сетях связи, а также в транспортных сетях и сетях доступа.

Вторая глава посвящена проблематике стандартизации в телеинформатике. Описана структура служб стандартизации. Много внимания уделено описанию концепции открытых информационных систем и модели их взаимодействия, описаны стеки протоколов МСЭ-Т и МОС, приведены примеры использования сетевых протоколов, обширный обзор основных терминов, применяемых в телекоммуникационной практике, описание Госпрофиля ВОС России, являющегося основным нормативным документом отечественных сетей связи. Глава содержит описание основных популярных стеков сетевых протоколов, а также сетевых структур, применяемых для локальных, глобальных и корпоративных сетей. Приводится достаточно объемное описание наиболее распространенного стека сетевых протоколов TCP/IP.

Третья глава посвящена знакомству с теорией телетрафика. Приведено достаточно детальное обсуждение теории СМО с потерями и ожиданием.

Конкретизация различных сетей и сетевых технологий, применяемых на территории РФ, проводится в четвертой главе. Рассматривается ТФОП

(телефонная сеть общего пользования), ее иерархическая структура, системы нумерации абонентских телефонов (как ныне действующей, так и перспективной, готовящейся к внедрению). Подробно рассмотрены также обе версии сети ISDN, как узкополосной (18 страниц), так и широкополосной (23 страницы). Параллельно с широкополосной версией описан ее базовый транспортный механизм — асинхронный режим передачи (АТМ). Описаны также интеллектуальные сети IN, применение которых предопределилось появлением сетей ISDN. Описана структура IN и услуги, оказываемые сетью потребителям. В заключении главы описан новый перспективный сетевой стандарт MPLS (многопротокольная коммутация с использованием меток), на применение которого в сетевых технологиях возлагаются большие надежды.

В пятой главе описана современная концепция построения систем синхронизации цифровых сетей. Глава содержит также рекомендации по организации и проектированию систем внутри- и межузловой синхронизации совместно с подсистемой контроля и анализа качества QoS и подсистемой управления TMN.

Шестая глава содержит описание основных методов коммутации в телекоммуникационных сетях — от коммутации каналов до коммутации пакетов, в том числе методов коммутации в режиме АТМ. Подробно описаны методы коммутации в телефонных сетях общего пользования. Описаны коммутационные приборы, структуры коммутационных полей, принципы построения управляющих устройств АТС разного типа: координатных, квазиэлектронных и электронных. Содержится также описание устройств оптической коммутации.

Достаточно полное в методическом плане краткое описание принципов и систем сигнализации в ТФОП приведено в главе 7. Содержится классификация сигналов, способы их передачи и управления, приведена классификация международных и российских систем сигнализации, отмечена специфика российских систем.

Текст каждой главы сопровождается списком контрольных вопросов, призванных привлечь внимание обучающегося к некоторым важным аспектам предлагаемого к изучению материала и проконтролировать степень его усвоения.

Приложение содержит 15 задач, сопровождаемых необходимыми пояснениями для решения, что делает главу пригодной для проведения практических занятий по теме «Теория телетрафика». Здесь же приведены 16 задач для контроля полученных знаний.

В тексте учебного пособия используется большое количество общепринятых в теории и технике связи аббревиатур на русском и английском языках, их расшифровка приводится в конце издания.

Глава 1. Принципы построения телекоммуникационных сетей

1.1. Основные определения и терминология

Телекоммуникационная система в технике связи определяется как комплекс технических и программных средств с физической средой, используемый для передачи данных [1]. Примеры систем: абонентская, ретрансляционная, административная, аналоговая, дискретная и т.д.

Сеть связи — множество связанных друг с другом систем [1]. Примерами могут служить сети: коммуникационная, информационная, локальная, глобальная, корпоративная, аналоговая, цифровая, и т.д. В рекомендациях МККТТ (ныне МСЭ-Т) J.112 и Q.9 [2, 3] сеть связи определена как «совокупность узлов и соединительных трактов, предусматривающая организацию соединений между двумя или более точками с целью обеспечить связь между ними». При этом оконечное устройство (терминал), определяемое как «оборудование, подключенное к сети электросвязи для обеспечения доступа к одной или нескольким определенным службам», не входит в состав сети.

Телекоммуникационная станция — конструктивно оформленная в виде отдельного устройства часть системы, предназначенная для выполнения функций взаимодействия [1]. Примерами могут служить телефонные станции, NT (сетевые оконечные станции ISDN) и т.д.

Первичная сеть — совокупность устройств систем передачи, включающая соответствующие здания и гражданские сооружения [4–7].

Различают следующие виды (классы) первичных сетей.

1. *Магистральные первичные сети* соединяют областные и региональные центры.

2. *Внутризоновые первичные сети* представляют собой часть первичных сетей на территории одной зоны, совпадающую, как правило, с административными границами области, края, автономии.

3. *Местные первичные сети* ограничены территорией города или сельского района, например городская телефонная сеть (ГТС), сельская телефонная сеть (СТС).

Структурные элементы первичной сети показаны на рис. 1.1. Табл. 1.1 содержит классификацию сетевых узлов и станций в составе первичных сетей различных классов [4].

Первичная сеть образуется совокупностью систем передачи с любым способом разделения каналов (частотным, временным, кодовым) по любым линиям передачи (воздушным, кабельным, волоконно-оптическим, радиорелейным, тропосферным, спутниковым, метеоритным,

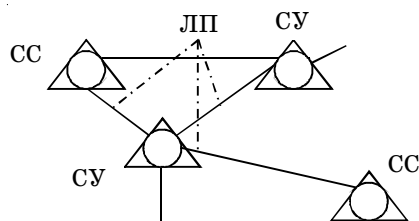


Рис. 1.1 — Структура первичной сети: СУ — сетевые узлы; СС — сетевые станции; ЛП — линии передач

ионосферным и т.д.). Первичная сеть может быть аналоговой, цифровой или сетью смешанного типа — аналогово-цифровой. Диапазон рабочих частот и быстродействие систем передачи регламентируются соответствующими иерархиями и устанавливаются на основе типового канала тональной частоты (канала ТЧ) с полосой пропускания 0,3–3,4 кГц.

Передача осуществляется между ССТ и СУ; ССТ и СС; СУ и ССТ.

Таблица 1.1

Классификация сетевых узлов и станций

Класс сети	Сетевые узлы			Сетевые станции ССТ
	территориальные	переключения	выделения	
<i>I класс</i> Магистральные первичные сети	Располагаются на пересечении нескольких достаточно мощных кабельных и радиорелейных линий. На узлах все линии заканчиваются оконечной каналообразующей аппаратурой системы передачи	Осуществляется коммутация и усиление сигналов	Выделение каналов потребителям	Оконечные точки соответствующих первичных сетей
<i>II класс</i> Внутризоновые первичные сети				
<i>III класс</i> Местные первичные сети	Отсутствуют	Отсутствуют		

Приведем некоторые основополагающие определения, указанные в документах Министерства связи Российской Федерации [8, 9], принятых в 1996 г.

Взаимосвязанная сеть связи РФ (ВСС РФ) — комплекс технологически сопряженных сетей электросвязи на территории РФ, обеспеченный общим централизованным управлением.

Система передачи — комплекс технических средств, обеспечивающий образование линейного тракта, типовых групповых трактов и каналов передачи первичной сети.

Канал передачи (Transmission Circuit) — комплекс технических средств и среды распространения, обеспечивающий передачу сигнала электросвязи в полосе частот или со скоростью передачи, характерных для данного канала передачи, между СУ и ССТ, СУ и ОУ (оконечным устройством), ССТ и СУ. Виды каналов передачи: аналоговый, цифровой, смешанный, канал передачи тональной частоты (основной канал), первичный, вторичный, третичный, четвертичный.

Линейный тракт — комплекс технических средств системы передачи, обеспечивающий передачу сигналов электросвязи в полосе частот или со скоростью, соответствующей системе передачи.

Групповой тракт — комплекс технических средств системы передачи, предназначенный для передачи сигналов электросвязи нормализованного числа каналов тональной частоты (или основных цифровых каналов) в полосе

частот (или со скоростью передачи), характерных для данного группового тракта.

Типовой групповой тракт — групповой тракт, структура и параметры которого соответствуют нормам ВСС РФ.

Тракт сетевой — типовой групповой или несколько последовательно соединенных типовых групповых трактов с включенной на входе и выходе аппаратурой образования тракта.

Транзит — соединение одноименных каналов передачи или трактов, обеспечивающее прохождение сигналов электросвязи без изменения полосы частот или скорости передачи.

Устройство оконечное первичной сети — техническое средство, обеспечивающее образование типовых физических цепей или типовых каналов передачи для их предоставления абонентам вторичных сетей и другим потребителям.

Первичная сеть служит основой для создания вторичных сетей.

Вторичная сеть электросвязи — совокупность каналов передачи, организованных на базе каналов первичной сети, выделяемых временно или закрепляемых за некоторой службой связи, станций коммутации и другого оборудования в узлах связи, а также оконечных устройств в оконечных пунктах.

Терминология первичных сетей справедлива в применении ко вторичным сетям. Однако здесь присутствует собственная лексика [8, 9].

Канал электросвязи (Bearer Circuit) — путь прохождения сигналов электросвязи, образованный последовательно соединенными каналами и линиями вторичной сети при помощи станций и узлов вторичной сети. Виды каналов электросвязи: телефонный, телеграфный, канал передачи данных, междугородный, зональный, местный.

Вторичные сети подразделяются:

по виду передаваемой информации — на сети передачи данных (СПД), телефонные сети и др.;

по принадлежности — на сети общего пользования (например, ТФОП — телефонная сеть общего пользования) и ведомственные (частные, выделенные) сети;

по способу распределения информации — на коммутируемые и некоммутируемые (выделенные, арендованные) сети;

по способу организации — на специализированные (созданные на базе технических средств, специально предназначенных для их организации, например сеть абонентского телеграфирования) и неспециализированные (использующие технические средства, входящие в состав другой сети; такие сети носят название наложенных сетей, например сеть передачи данных через ТФОП).

Коммутируемая вторичная сеть обеспечивает передачу информации по требованию абонента по каналам электросвязи от одного оконечного пункта к любому другому. В зависимости от применяемого метода коммутации различают сети с коммутацией каналов, сообщений и пакетов. При **коммутации каналов** каждой паре абонентских или административных систем на время сеанса связи предоставляются в монопольное использование последовательности каналов, соединенных в единый канал, проходящий через всю коммуникационную систему. **Коммутация сообщений** обеспечивает передачу через сеть сообщений с промежуточным хранением в узлах коммутации.

Сообщение (набор данных, объединенных смысловым содержанием) может иметь любые размеры, но перед направлением в коммуникационную сеть делится на фрагменты. Каждый узел принимает сообщение по частям, собирает, записывает в память, проверяет на наличие ошибок, затем разбирает на части и передает следующему узлу. Необходимость в большой памяти и относительно малая скорость передачи данных привели к тому, что коммутация сообщений в большинстве сетей заменена другими видами, например **коммутацией пакетов**. Пакет представляет собой блок данных, составляющий часть сообщения. В отличие от коммутации сообщений, в этом случае узлы не накапливают все сообщение, а обрабатывают лишь пакет. Коммутатор обеспечивает передачу пакетов из одного канала в другой, подключенный к данному узлу. Пары каналов на время сеанса в единое целое не соединяются.

Некоммутируемая сеть обеспечивает постоянные соединения между собой оконечных установок, включенных в эту сеть.

С учетом современных тенденций сети телекоммуникаций Российской Федерации условно можно подразделить на два вида: транспортные и сети доступа [10, 11].

Сеть транспортная (Transport Network) — часть сети связи, охватывающая магистральные узлы, междугородные станции, а также соединяющие их каналы и узлы (национальные и международные).

Сеть доступа (Access Network) — совокупность абонентских линий и станций местной сети, обеспечивающих доступ абонентских терминалов к транспортной сети, а также местную связь без выхода на транспортную сеть.

Сравнение приведенных определений с определениями первичной и вторичной сетей показывает, что понятие транспортных сетей не полностью адекватно понятию первичной сети, а понятие сети доступа — понятию вторичной сети. Термины имеют самостоятельное значение, раскрывающее различные смысловые аспекты.

Телеинформатика — совокупность техники электросвязи и обработки данных для дистанционной обработки информации [2].

Телеинформационные службы (ТИСл):

- телефония,
- телеграфия,
- передача данных,
- телевидение,
- звуковое вещание,
- телематические службы,
- телеметрия,
- телекоманда,
- телеуправление,
- теленавешение,
- телеконтроль,
- телеобразование,
- телемагазин,
- телебиржа,
- телеаукцион,
- телереклама,
- кооперативная работа,
- дистанционная аварийная сигнализация,
- службы будущего.

Телематические службы (ТМСл) — службы электросвязи (за исключением телефонных, телеграфных и СПД), которые определены МСЭ-Т и организируются предприятиями электросвязи для обмена информацией по сетям электросвязи:

- телетекст,
- видеотекст,
- факсимильные службы,
- служба обработки сообщений (СОС),
- справочная служба,
- телерукопись,
- телеконференции,
- телемагазин,
- телеаукцион,
- телебиржа,

- телетекст (справочное вещание — передача текстовых и графических сообщений на экраны телевизоров в периоды гашения обратного хода луча кадровой развертки ТВ сигнала).

Различают два класса ТМСл:

1) службы информационного обеспечения (видеотекст, справочная служба и др.);

2) службы информационного обмена, подразделяющиеся на службы индивидуальной связи (телефакс, видеотелефон и пр.) и службы коллективной связи (телеконференции и пр.). Различают службы информационного обмена интерактивного доступа (видеотекст, справочная и пр.) и службы отложенного доступа (СОС и пр.). Подавляющее число ТМСл являются абонентскими, и лишь бюрофакс — клиентской.

Службы связи делят на две группы:

- службы передачи;
- телеслужбы.

Службы передачи предназначены для кодонезависимой передачи сообщений по схеме «терминал — транспортная сеть — терминал».

Телеслужбы являются службами непосредственной связи по схеме «пользователь — пользователь». Согласно рекомендации Г.353, к телеслужбам относят службы передачи данных и телематические службы.

Услуги, предоставляемые службами, определяются не только применяемыми системами передачи и коммутации, но и в значительной мере конечными устройствами. В этой связи полезно отметить, что сеть обеспечивает услуги не пользователю, а включенному в нее конечному устройству. В случае согласования служб решается более сложная задача — обеспечение взаимопонимания между абонентами сопрягаемых служб.

Концептуальная модель телеинформационных служб состоит из трех слоев (рис. 1.2) [2].

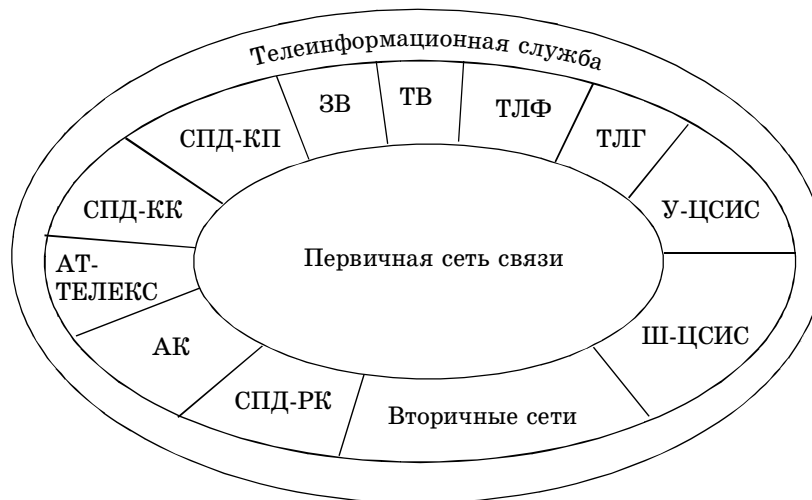


Рис. 1.2 — Модель ТИСл

Центральный слой соответствует первичной сети связи, второй слой — вторичным сетям связи: СПД-РК — сети передачи данных (ПД) с ретрансляцией кадров (Frame Relay); АК — сети арендованных каналов; АТ-телекс —

абонентского телеграфа, телекса; СПД-КК — сети передачи данных с коммутацией каналов; СПД-КП — сети ПД с коммутацией пакетов; ЗВ — звукового вещания; ТВ — телевизионного вещания; ТЛФ — телефонной; ТЛГ — телеграфной сети общего пользования; У-ЦСИС (ISDN) — узкополосной цифровой сети с интеграцией служб; Ш-ЦСИС (B-ISDN) — широкополосной цифровой сети с интеграцией служб (в том числе по технологии АТМ). Два первых слоя составляют сеть связи. Третий слой соответствует различным телеинформационным службам.

То, что передается по сети связи, относится к синтаксическому аспекту рассмотрения сообщений — формальным правилам объединения знаков в сообщение и передаче его по сети связи. То, что принимается терминалом, относится к семантическому аспекту — информационному смыслу последовательности знаков, образующих сообщение. То, что воспринимается получателем информации, относится к прагматическому аспекту — содержанию сообщения, которое представляет интерес для получателя.

1.2. Классификация информационных сетей

Любая попытка классификации сетей связи не может претендовать на полноту и законченность с учетом глубины детализации, временных и содержательных ограничений, а также наличия различных трактовок и тенденций. Учитывая высокую степень компьютеризации современных сетей связи, наиболее приемлемой будем считать классификацию информационных сетей (рис. 1.3), приведенную в [12]. Вместе с материалами предыдущего подраздела ее рассмотрение даст достаточно полную картину. Здесь за основу взяты классификационные признаки, указанные на рисунке в окружностях.

Рассмотрим классификацию в порядке следования признаков.

По признаку масштаба ИС

Все ИС можно разделить на сети больших размеров (*глобальные*), сети среднего масштаба (*региональные* или *зональные*) и малых размеров (*местные* или *локальные*). В настоящее время широкое распространение получил термин «*корпоративные сети*» [13], применяемый для характеристики сетей, позволяющих производить централизованное управление объединением предприятий, образующих корпорацию. В состав корпоративной сети могут входить магистральные сети — глобальные (WAN — Wide Area Network), городские (MAN — Metropolitan Area Network) и локальные (LAN — Local Area Network). Термин «*локальные сети LAN*» применим только к компьютерным сетям (Проект 802 IEEE).

По признаку особенности архитектуры ИС

Архитектура сети — концепция, определяющая модель, структуру, выполняемые функции и взаимосвязь компонентов сети [1]. Архитектура выступает как единство или согласованность физической, логической и функциональной сетевых структур [12].

Физическая структура ИС — схема связи физических элементов: технических средств, аппаратуры узлов, сами узлы, вычислительные устройства, устанавливаемые в узлах.

Обобщенная геометрическая модель физической структуры определяет топологию ИС. Конкретный состав аппаратурных средств называется *конфигурацией ИС*.

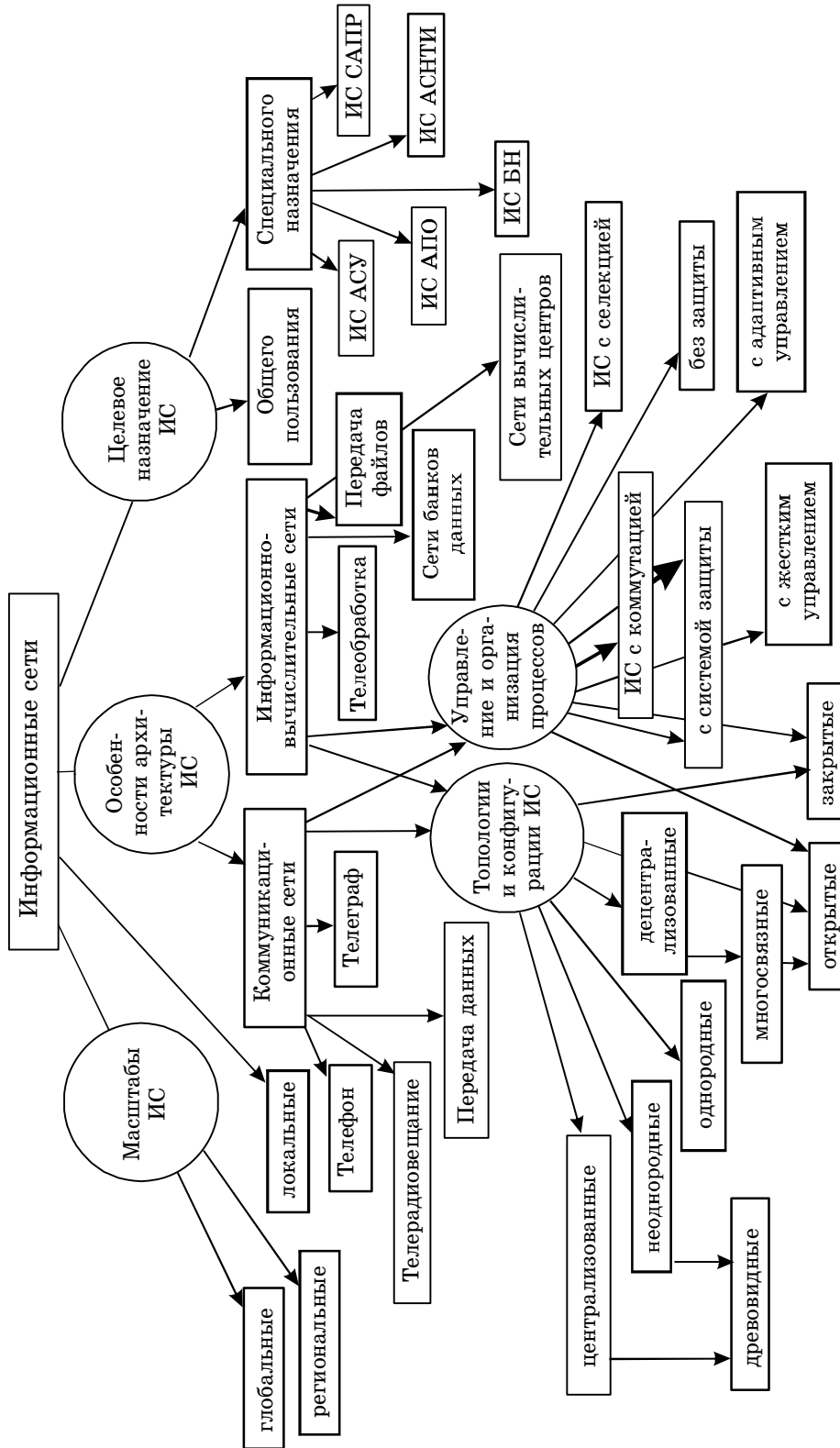


Рис. 1.3 — Классификация информационных сетей

Логическая структура ИС — определяет принципы установления связей, алгоритмы организации процессов и управления ими, логику функционирования программных средств.

Функциональная структура — программное обеспечение ИС.

По уровню развития архитектуры ИС можно разделить на коммуникационные и информационно-вычислительные сети.

Коммуникационные сети обеспечивают связь и обмен информацией между территориально разделенными пользователями и абонентскими системами.

Информационно-вычислительные сети предоставляют по запросам пользователей и систем те или иные информационные, вычислительные ресурсы и услуги и, как правило, организуются на базе той или иной коммуникационной сети. Примеры коммуникационных сетей [1, 14]:

- DATAPAC — сеть коммутации пакетов; Канада; корпорация Trans-Canada Telephone System; 1977 г.;
- INFONET — глобальная КС коммутации пакетов; 20 государств, 1971 г.;
- TYMNET — международная КС, корпорация Tymshare; 1971 г. (коммутация пакетов);
- EURONET — сетевые службы интерактивного поиска научно-технической информации; комиссия Европейского союза; 1979 г.;
- IBM Network — межконтинентальные КС (электронная почта, сетевые службы);
- РОСТЕЛЕКОМ — российская федеральная сеть передачи данных;
- GEN (Global European Network) — скоростная сеть ISDN; оптические каналы 64 кбит/с – 140 Мбит/с; 1993 г.;
- TRANSPAC (Франция, РТТ) — электронная почта, сетевые службы; 1978 г.

Информационная сеть создается подключением к КС абонентских систем (рис. 1.4).

Абонентская система (АС) — система, являющаяся поставщиком и потребителем информации. Включает в себя устройства двух типов: *A* и *B* (рис. 1.5) [1]. Устройства *A* выполняют прикладные процессы. Функции взаимодействия реализуют как устройства типа *A*, так и устройства типа *B*. Однако устройства типа *B* разгружает устройства *A* для эффективного выполнения прикладных программ. Устройства *A* и *B* соединяются друг с другом каналами либо шинами. Устройства *B* могут находиться в КС и принадлежать, таким образом, предприятиям связи.

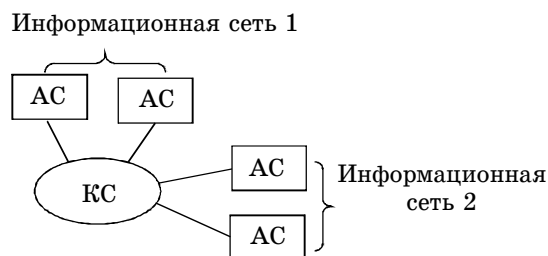


Рис. 1.4 — Информационная сеть

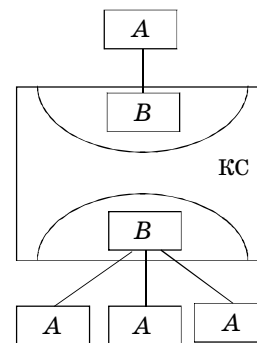


Рис. 1.5 — Абонентская система

Примеры информационных сетей [1, 14]:

- SPRINT — глобальная информационная сеть, созданная корпорацией Sprint International (взаимодействие абонентских сетей);
- MARK III — информационная сеть, созданная General Electric (электронная почта, базы данных, платежи);
- AERONET — общество SITA (Society International Travel by Air);
- ARPANET (Advanced Research Projects Agency) — Агентство перспективных исследовательских проектов министерства обороны США;
- HERMES — создана Европейским объединением железных дорог;
- Internet — глобальная информационная сеть, с 1991 г. — общество INTERNET. Архитектура ARPANET.

Предоставляемые сетями услуги могут быть классифицированы следующим образом:

- *установление связи* — наиболее простой вид услуг, который можно реализовать средствами коммуникационной сети;
- *передача данных* требует более сложных средств и более совершенной архитектуры;
- *телеобработка* требует программного обеспечения для реализации процедур телекоммуникационного доступа, мультиплексоры передачи данных и т.д.;
- *передача файлов* требует наличия развитых программных средств. Основная проблема состоит в идентификации имен и адресов файлов;
- *доступ к расширенным базам данных* позволяет использовать информацию по различным тематическим направлениям для тех или иных целей.

Известны два основных метода распределения информации — коммутация и селекция. *Коммутация* может быть осуществлена тремя способами: коммутация каналов, коммутация сообщений, коммутация пакетов. *Селекция* основывается на выбранном методе доступа взаимодействующих систем к передающим физическим средствам соединения (ФСС). Применяется селекция в широковещательных и локальных сетях, где из множества одновременно циркулирующих сигналов выбираются нужные. Соответственно перечисленным методам различают сети связи с маршрутизацией и селекцией данных.

Коммутируемая сеть — это сеть, в которой для передачи данных необходимо выполнение процесса *маршрутизации* [1]. Сеть состоит из *узлов коммутации*, связанных каналами друг с другом, абонентами и административными сетями. Каждый узел коммутации участвует в передаче, управляя только своей зоной (каналами, связанными с этим узлом), осуществляя маршрутизацию в зоне и коммутацию блоков данных либо каналов в соответствии с адресами отправителя и получателя. Кроме того, узлы коммутации могут сообщать друг другу о состоянии компонентов сети и трафика в различных ее частях.

Важной особенностью, отличающей данные сети от сетей с селекцией данных, описываемых ниже, является наличие в них узлов коммутации. Коммутируемые сети называют также *узловыми сетями*.

Различают сети с коммутацией каналов, коммутацией пакетов, скоростной коммутацией данных, ISDN (ЦСИО — цифровые сети с интегрированными услугами). Классический пример сетей с маршрутизацией данных — телефонная сеть.

Сеть с селекцией данных — это коммуникационная сеть, в которой каждая система осуществляет селекцию блоков данных. Характерная особенность

такой сети — отсутствие узлов коммутации. Здесь к одному либо к группе параллельно проложенных каналов подключаются абонентские и административные системы (рис. 1.6). Каждый из общих каналов может быть разомкнутым (моноканал) или замкнутым (циклическое кольцо). Любой посланный системой-отправителем блок данных в виде копии получают все системы сети. В соответствии с адресами полученных блоков каждая система принимает и обрабатывает предназначенные ей блоки, а остальные уничтожает.

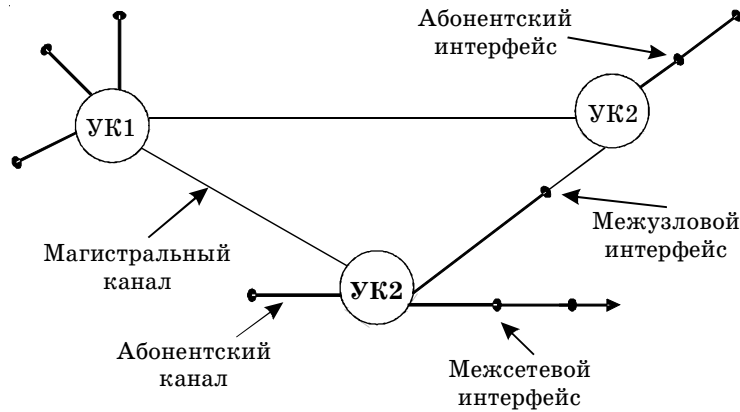


Рис. 1.6 — Узловая (коммутационная) сеть

В большинстве случаев метод селекции данных применяют в локальных сетях. Наиболее распространенным стандартом является здесь Проект 802 IEEE. Примеры сетей с селекцией данных — кольцевая сеть IBM, сеть Ethernet, сеть Fast Ethernet, сеть ARCnet, сеть NetWare.

Система управления процессами в сети должна управлять информационными потоками, предохранять сети от перегрузок, восстанавливать нормальные режимы функционирования в случаях их отклонений от допустимых, производить тарификацию (оплату услуг) нагрузки и т.д. [12, 15]. Сетевая служба, обеспечивающая управление сетью, носит название *сетевой службы* NMS (Network Management System).

В зависимости от характера средств, методов и алгоритмов управления можно выделить ИС с *централизованным* и *распределенным* управлением. При этом могут осуществляться как жесткие (фиксированные) алгоритмы управления ИС, так и гибкие (адаптивные), позволяющие производить динамическое распределение ресурсов сети.

Сеть управления электросвязью TMN (Telecommunications Management Network) является самостоятельной сетью, но имеет точки подключения к элементам сети электросвязи (интерфейсы) (рис. 1.7). Через интерфейсы происходит сбор оперативной информации о состоянии сетевых элементов и передача команд управления этим элементам.

Операционная система выполняет функции управления:

- автоматику, анализ состояния сети связи;
- контроль поврежденных участков сети;
- выбор обходных путей для нагрузки сети в случае неисправностей;
- оповещение обслуживающего персонала о нарушении в работе сетевых элементов, сбор статистических данных и др.

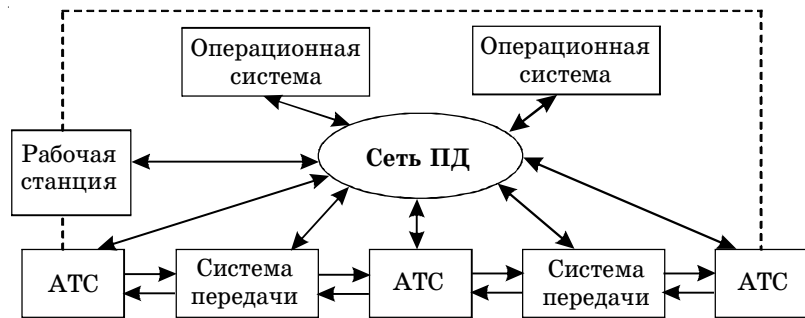


Рис. 1.7 — Сеть управления электросвязью

С помощью рабочей станции (персонального компьютера) обслуживающий персонал взаимодействует с сетью управления.

Сеть передачи данных служит для организации связи между сетевыми элементами, операционными системами и рабочими станциями. Сеть строится на основе низкоскоростных цифровых каналов (например, 9,6 кбит/с) и протоколов (например, X.25).

Все современное оборудование сетей электросвязи (SDH, ATM, GSM) выпускается с устройствами для подключения TMN — специализированной микроЭВМ (контроллера). Контроллер имеет специальные разъемы для подключения сети TMN и местного компьютера. Благодаря этому можно изменять программу контроллера и производить управление сетевым элементом. Возможно изменение конфигурации сетевого элемента, например переключение групповых и линейных трактов в системах передачи и т.д. Благодаря TMN можно управлять сетевыми элементами, расположенными на большом расстоянии (от десятков до тысяч километров) от центра управления.

Информационные и вычислительные ресурсы представляют собой определенную, а порой и значительную, ценность и нуждаются в защите. В таких случаях все возможные пути прохождения данных в сети от отправителя сообщения до получателя должны быть защищены. Это обычно называют *безопасностью из конца в конец* [16]. Поэтому, характеризуя сети, необходимо сравнивать их по наличию средств защиты обеспечения целостности данных и сохранности ресурсов от действия различных дестабилизирующих и разрушающих факторов. При этом важным свойством каждой ИС является ее способность устанавливать связи с другими сетями либо через общие узлы, либо путем создания специальных каналов.

Если сеть может быть соединена с другими, то она называется *открытой для доступа*, если не может (или не должна) — *закрытой*.

По топологии ИС можно разделить по наличию в них центрального узла на сети с централизованной и децентрализованной структурами. В *централизованной* структуре все функции управления сетью поручаются единственной административной системе. Вместе с тем в последнее время приобретает большую популярность *распределенная, децентрализованная* структура сети [1]. В ней функции управления распределяются между группой систем. Эта структура дороже, но более надежна. В случае выхода из строя одной из административных систем ее функции поручаются другим системам.

Важным топологическим признаком классификации сетей является количество возможных связей между двумя узлами. В зависимости от этого

различают *односвязные (древовидные, рис. 1.8,б)* и *многосвязные (рис. 1.8,а, 1.9)*. При соединении узлов по принципу «каждый с каждым» сеть называется *полносвязной*. Сеть называется *k-связной*, если любые два узла соединены независимыми каналами, число которых не менее k . В сетях глобального типа целесообразна многосвязная структура с обходными путями. В древовидной сети возможность выбора альтернативных маршрутов исключается.

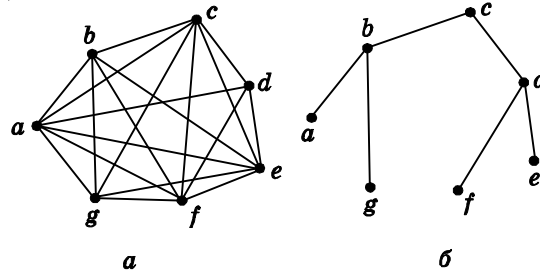


Рис. 1.8 — Типовые топологические структуры ИС:
а — полносвязная; б — древовидная

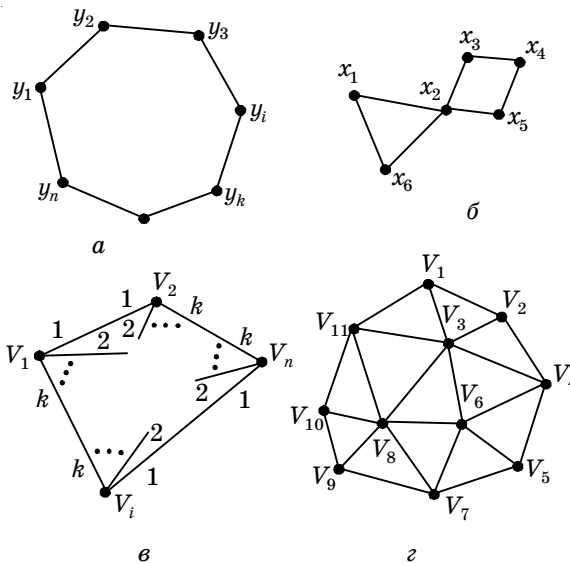


Рис. 1.9 — Варианты топологических структур:
а — кольцевая; б — петлевая; в — k -связная; г — сеткообразная

Одной из особенностей сетевой структуры, учитываемой при классификации ИС, является свойство ее однородности или неоднородности. *Однородными* считаются ИС, узлы которых состоят из однотипного оборудования и выполняют одинаковый набор функций. В противном случае сеть является *неоднородной*.

1.3. Характеристики качества информационных сетей

Различают следующие характеристики качества ИС.

1. Общее число связей ИС определяет ее потенциальную способность устанавливать взаимодействие между пользователем и распределенными

ресурсами сети. Чем больше число пользователей, имеющих возможность подключаться к сети и использовать ее ресурсы, тем совершеннее сеть.

2. Временные характеристики качества: среднее время доступа и среднее время обслуживания.

3. Надежность обслуживания — вероятность безотказной работы.

4. Достоверность передачи, сохранность и целостность информации.

5. Возможность доступа к информационным и вычислительным ресурсам.

По целевому и прикладному назначению существующие ИС можно разделить на сети общего пользования и сети специального назначения.

Сети *общего пользования* основаны на принципах всеобщей коммуникабельности (открытости) и универсальности. Как правило, такие сети являются большими и используют в качестве базовых коммуникационных сетей национальные сети.

В качестве примеров ИС *специального назначения* можно указать следующие разновидности (см. рис. 1.3):

- ИС АСУ — для автоматизированных систем управления;
- ИС САПР — для систем автоматизированного проектирования;
- ИС АСНТИ — для автоматизированных систем научно-технической информации;
- ИС АПО — для автоматизации процессов обучения;
- ИС БН — бытового назначения (справки, организация досуга, культурно-массовое обслуживание).

Контрольные вопросы

1. Какие из приведенных ниже терминов не принято применять к названию системы связи: абонентская, коммуникационная, аналоговая, локальная?

2. Как можно классифицировать магистральную сеть, построенную на основе технологии SDH, как первичную или вторичную?

3. Найдите смысловые ошибки в приведенной ниже фразе: «Канал передачи содержит типовой групповой тракт на основе аналоговой системы передачи ТЗ и организован в сети, состоящей из 3 сетевых узлов и 4 сетевых территориальных станций».

4. Присутствует ли смысловая ошибка во фразе: «...сеть передачи данных, наложенная на коммутируемую выделенную телефонную сеть...»?

5. Как следует трактовать термин «отложенный доступ»: а) на сети произведена модернизация, способ доступа изменен; б) доступ следует осуществлять на следующем сетевом узле; в) передача была осуществлена не в реальном времени?

6. Кому сеть представляет сервис, пользователю или терминалу?

7. Существует ли глобальная информационная централизованная открытая коммутационная сеть с адаптивным управлением?

8. Терминал не является частью сети. Как же объяснить тот факт, что информационная сеть по определению создается в результате подключения абонентской системы, включающей в себя терминал, к коммуникационной системе?

9. Служба «видеотекс» является телеслужбой или службой передачи?
10. К какому виду услуг относится процедура мультиплексирования: установлению связи, передаче данных или телеобработке?
11. Какой величины (большей, меньшей или равной) выбирают скорость передачи в сети управления электросвязью (TMN) по сравнению со скоростью основной транспортной сети?
12. Позволяет ли сеть управления электросвязью изменять конфигурацию сетевого элемента в режиме удаленного доступа?
13. Чему равна степень связности k полносвязанной сети, содержащей M узлов емкостью, равной N каналов каждый?
14. В каком смысле по отношению к ЭМВОС применяется термин «открытая система» — в смысле степени доступа к ней или опоры ее архитектуры на международные стандарты?
15. Можно ли считать городскую телефонную сеть, некоторые узлы которой включены в кольцо SDH, однородной?

Глава 2. Стандартизация (нормализация) в телеинформатике

2.1. Структура служб стандартизации

Основные службы стандартизации перечислены на рис. 2.1 [17].

Международные организации:

- ITU — International Telecommunications Union (Международный союз электросвязи (МСЭ)), разрабатывает и публикует рекомендации;
- IEC — International Electrotechnical Commission (МЭК — Международная электротехническая комиссия), издает стандарты под названием публикации;
- ISO — International Standards Organization (МОС — Международная организация по стандартам), разрабатывает и публикует нормы;
- IATA — International Air Transport Association (Международная ассоциация по воздушным перевозкам), включает более 100 авиакомпаний;
- OMM — Organisation Mondiale de la Metrologie (Международная организация по метрологии);
- UIC — Union Internationale des Chemins de Fer (Международный союз работников железных дорог).

Международные групповые организации:

- CEPT — Conference of European Posts and Telecommunications (Конференция европейских организаций связи);
- ECMA — European Computer Manufacturers Association (Ассоциация европейских производителей компьютеров), начало 1960-х гг.;
- CEN — Comite Europeen de Normalisation (Европейский комитет по стандартам), 1985 г.;
- ETSI — European Telecommunication Standards Institute (Европейский институт телекоммуникационных стандартов)

Национальные организации:

- PTT (P&T) — Post Telegraph Telephone (почта, телеграф, телефон);
- EEA — Electrical Engineering Association (Ассоциация инженеров электриков);
- EIA — Electronic Industries Association (Ассоциация электронной промышленности), издает рекомендуемые стандарты (RS — Recommended Standards);
- BSI — British Standards Institute (Британский институт стандартов);
- ANSI — American National Standard Institute (Американский национальный институт стандартизации);
- BPO — British Post Office (Британская почтовая служба);
- AFNOR — Association Francaise de Normalisation (Французская ассоциация по нормализации);
- DIN — German Standards Institute (Германский институт стандартов).

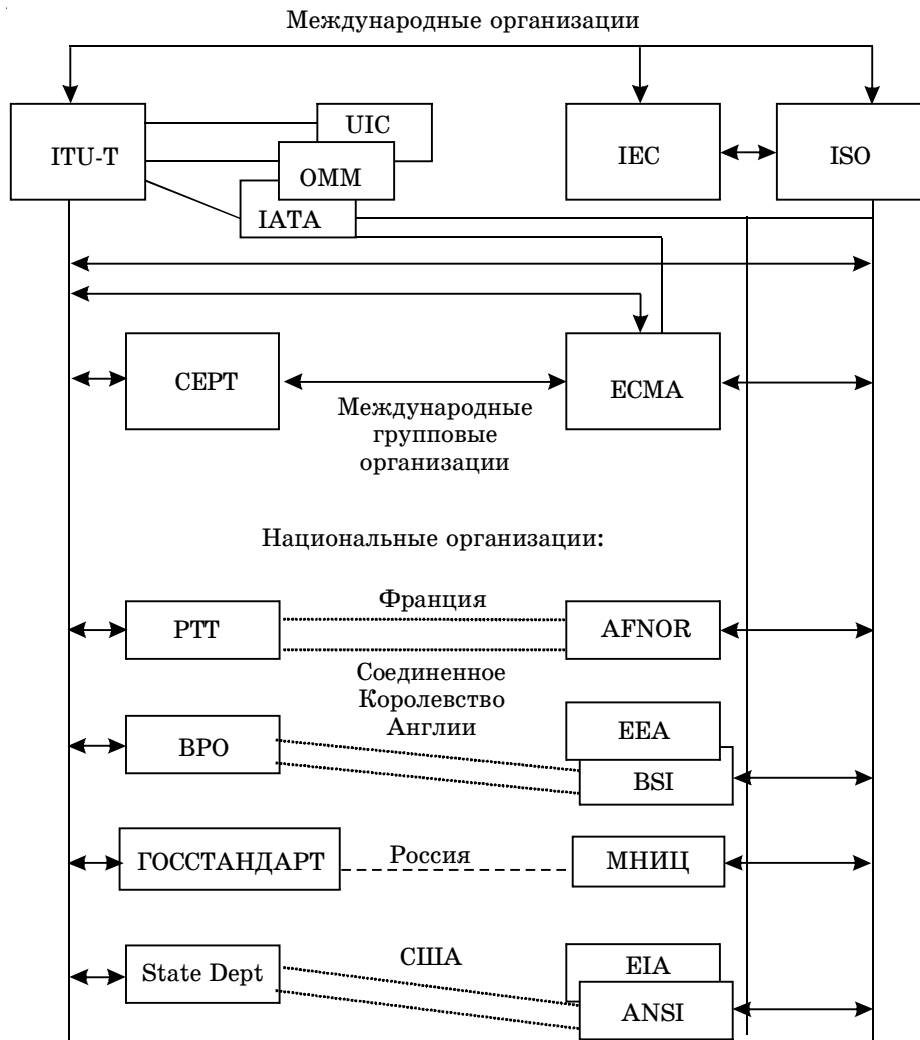


Рис. 2.1 — Структура служб стандартизации

Прочие международные организации по стандартизации:

- X/Open — X/Open consortium (стандартизация в области информационных компонентов сетей; Великобритания, г. Рединг), посвящена интерфейсам и объектам открытых систем, стандарты присвоения имен и адресов;
- IEEE Standards — Institute of Electrical and Electronics Engineers (Институт инженеров электриков и электронщиков), «Проект 802»;
- VESA — Video Electronics Standards Association (Международная ассоциация карт памяти для персональных компьютеров), стандарты съемных карт PC;
- EWOS — European Workshop on Open Systems (Европейская секция по открытым системам), 1987 г.;
- COS — Corporation for Open Systems (Корпорация открытых систем), 1985 г.

2.2. Ведущие производители систем

- IBM (International Business Machines) — международные бизнес машины):
 - системная сетевая архитектура (SNA);
 - системная прикладная архитектура (SAA).
- DEC (Digital Equipment Corporation — Корпорация дискретного оборудования):
 - архитектура дискретных сетей DNA (Digital Network Architecture);
- NOVELL:
 - программное обеспечение сетей NETWARE;
 - операционная система для локальных сетей, 1985 г.
- General Motors — функциональный профиль MAP (Manufacturing Automation Protocol), протоколы автоматизации производства открытых систем, 1984 г.;
- Boeing Computer Service — функциональный профиль TOP (Technical and Office Protocol).

2.3. Сектор стандартизации связи ИТУ-Т

Сектор, обозначенный ИТУ-Т (МСЭ-Т) организован в рамках Международного союза электросвязи (МСЭ) при Организации Объединенных Наций для координации работы по стандартам коммуникационных сетей.

До 28 февраля 1993 г. ИТУ (МСЭ) назывался ССИТТ (МККТТ) и имел три специальных Комитета:

- МККТТ (ССИТТ — Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony) — Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии;
- МККР (СЦИР — Consultative Committee for International Radiocommunications) — Международный консультативный комитет по радиосвязи;
- МКРЧ — Международный комитет по распределению частот.

В марте 1993 г. [18] произошла реорганизация МККТТ, создана новая структура:

- ИТУ-Т — сектор стандартизации электросвязи (аналог ССИТТ), к которому добавлены функции СЦИР, связанные с выходом средств связи на сети общего пользования;
- ИТУ-Р — сектор радиосвязи (СЦИР + регистрация частот);
- ИТУ-Д — сектор развития электросвязи (стратегия и политика в области электросвязи).

С момента реорганизации вместо рекомендаций МККТТ и МККР стали выпускаться рекомендации МСЭ-Т и МСЭ-Р.

ИТУ-Т образован организациями 5 классов:

- А — национальные министерства и ведомства связи;
- В — крупные частные корпорации, занимающиеся связью;
- С — научные организации и фирмы производящие оборудование связи;
- D — международные организации, в том числе ISO;
- E — организации из других областей, заинтересованных в деятельности сектора.

Право голоса имеют представители классов А и В. Стандарты имеют статус рекомендаций.

Приведем обзор рекомендаций МСЭ-Т.

Работа МСЭ-Т проводится в 15 Исследовательских комиссиях (ИК).

1 ИК — Определение служб. В задачи 1 ИК входят исследования, относящиеся к определениям служб электросвязи, эксплуатации служб, принципам взаимодействия служб, качеству обслуживания пользователей и человеческим факторам.

2 ИК — Эксплуатация сетей. В задачи 2 ИК входят исследования по вопросам эксплуатации сети, включая маршрутизацию, нумерацию, управление сетью и качество обслуживания сетей.

3 ИК — Принципы тарификации и расчетов. В задачи 3 ИК входят исследования по определению принципов тарификации и расчетов для международных служб электросвязи.

4 ИК — Техническая эксплуатация сетей. Отвечает за исследования, относящиеся к технической эксплуатации сетей, включая техническое обслуживание как сетей в целом, так и их элементов.

5 ИК — Защита от внешних электромагнитных влияний. Отвечает за исследования, относящиеся к защите от внешних электромагнитных влияний, включая защиту от перенапряжений и избыточных токов, а также вопросы электромагнитной совместимости.

6 ИК — Линейные сооружения. Отвечает за исследования, относящиеся к линейным сооружениям, например требования к конструкции, прокладке, защите от коррозии, соединению кабелей различных типов.

7 ИК — Сети передачи данных и взаимосвязь открытых систем. Отвечает за исследования, относящиеся к сетям передачи данных, включая управление сетью, обработку сообщений, защищенность информации, а также вопросы применения средств модели взаимосвязи открытых систем.

8 ИК — Терминалы для телематических служб. В задачи 8 ИК входят исследования, относящиеся к характеристикам терминалов и протоколам верхних уровней для телематических служб.

9 ИК — Передача сигналов телевизионного и звукового вещания. Проводит исследования совместно с Сектором радиосвязи и отвечает за технические требования для систем электросвязи с целью осуществления передачи по ним программ звукового и телевизионного вещания.

10 ИК — Языки, применяемые в электросвязи. Отвечает за исследования, относящиеся к разработке и применению алгоритмических языков и языка взаимодействия «человек — машина» в системах электросвязи.

11 ИК — Коммутация и сигнализация. Отвечает за исследования, относящиеся к цифровым системам коммутации, характеристикам этих систем, интерфейсам, а также системам сигнализации, включая ОКС-7, DSS-1 и DSS-2, и вопросам построения широкополосных узлов коммутации.

12 ИК — Характеристики передачи из конца в конец и для оконечного оборудования. Отвечает за исследования, относящиеся к характеристикам передачи речи (например, четырехполюсник АТС), а также изучает телефонометрические параметры.

13 ИК — Общие аспекты сети. Отвечает за сетевые вопросы применения ЦСИО, Ш-ЦСИО, а также принципы применения SDH в сети.

14 ИК — Модемы и методы передачи для служб данных, телеграфных и телематических служб. Отвечает за вопросы, относящиеся к модемам

и методам передачи для служб передачи данных, телеграфных и телематических служб.

15 ИК — Системы и аппаратура передачи. Отвечает за исследования, относящиеся к системам и аппаратуре передачи PDH и SDH, включая аппаратуру для цифровой передачи программ звукового и телевизионного вещания.

Перечисленные пятнадцать комиссий разрабатывают и утверждают *рекомендации различных серий*, определяемых следующим образом.

1. С — статистика электросвязи.
2. D — принципы тарификации.
3. E — общая эксплуатация сетей (нумерация, маршрутизация, управление сетью, эксплуатационные характеристики, расчет нагрузки).
4. F — эксплуатация и качество обслуживания для нетелефонных служб электросвязи.
5. G — системы передачи, цифровые системы и сети.
6. H — передача нетелефонных сигналов.
7. I — цифровые сети с интегрированным обслуживанием (ЦСИО).
8. J — передача сигналов звукового и телевизионного вещания.
9. K — защита от внешних воздействий.
10. L — конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейных сооружений.
11. M — техническая эксплуатация.
12. N — техническая эксплуатация (систем звукового и телевизионного вещания).
13. O — требования к измерительной аппаратуре.
14. P — качество телефонной передачи.
15. Q — коммутация и сигнализация.
16. R — телеграфная передача.
17. S — оконечное оборудование телеграфных служб.
18. T — характеристики терминалов и протоколы высоких уровней для телематических служб.
19. U — телеграфная коммутация.
20. V — передача данных по телефонной сети.
21. X — сети передачи данных и взаимосвязь открытых систем.
22. Z — языки программирования.

До 1988 г. рекомендации издавались один раз в четыре года в виде Книг МККТТ, которые различались по цвету обложки и назывались «цветными книгами»:

- Зеленая книга (Green Book, 1973 г.);
- Желтая книга (Yellow Book, 1980 г.);
- Красная книга (Red Book, 1984 г.);
- Синяя книга (Blue Book, 1988 г.);
- Белая книга (White Book, 1992 г.).

2.4. Международная организация по стандартизации

Международная организация по стандартизации МОС (ISO — International Standards Organization) разрабатывает государственные стандарты. Организация создана в 1946 г. для международной стандартизации в индустрии. В 1987 г. совместно с ИЕС (International Electrotechnical Commission) создан

Объединенный технический комитет 1, разрабатывающий стандартизацию систем информационных технологий, тесно сотрудничающий с ИТУ (МСЭ).

В 1977 г. ISO приступила к работе по созданию модели OSI (Open Systems Interconnection — Взаимодействие открытых систем (ВОС)) по инициативе BSI (British Standard Institute). В 1979 г. она определила базовую эталонную модель взаимодействия открытых систем (ЭМВОС), создавшую основу для разработки широкого комплекса международных стандартов открытых систем. Модель широко известна под аббревиатурой ISO-OSI (МОС-ВОС в русской транскрипции).

Проблема использования стандартов ISO очень сложна. Поэтому в 1983 г. в рамках ISO создана SPAG (Standards Promotion and Application Group — Группа содействия реализации и применению стандартов).

Цикл разработки каждого стандарта имеет четыре этапа [1]:

- 1) рабочий документ WP (Working Paper);
- 2) проект предложения DP (Draft Proposal);
- 3) проект международного стандарта DIS (Draft International Standard), по которому производится 180-дневное голосование среди членов ISO;
- 4) международный стандарт IS (International Standard).

Длительность цикла разработки от четырех до восьми лет.

2.5. Эволюция стандартов

История развития стандартов в области телеинформатики условно может быть поделена на три этапа [19]:

- стандарты в области производства телекоммуникационной аппаратуры. Разработкой стандартов на интерфейсы в многопользовательских системах заняты организации ИТУ-Т, ССИТТ, ANSI;
- стандарты в области производства компьютеров. Организации типа IEEE, EIA, ECMA разрабатывали ведомственные стандарты для закрытых систем;
- стандарты для объединенного производства компьютеров и телекоммуникационной аппаратуры. Создаются международные стандарты, разрабатываются нормы взаимодействия открытых систем (ВОС).

2.6. Открытые информационные системы

Исторически каждая страна и каждая фирма развивали свою собственную сетевую концепцию:

- США — SNA (System Network Architecture);
- Япония — NNA (Nippon Network Architecture);
- Европа — DNA (Digital Network Architecture).

Каждая отрасль разрабатывала свои собственные протоколы и форматы обмена данными:

- ODA (Open Document Architecture) — архитектура учреждений документов;
- SWIFT (Society for World-Wide Interbank Financial Telecommunications) — межбанковская электронная система для передачи информации и совершения платежей;

- EDIFACT (Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport) — электронный обмен данными для администрации, торговли и транспорта;

- прочие.

Независимое развитие протоколов привело к их несовместимости. Пользователи были замкнуты на конкретные решения поставщиков, стоимость разработки собственного программного обеспечения была очень высокой.

Появилась необходимость в разработке концепции открытых систем, основу технологии которых составляют взаимодействие открытых систем и переносимость программ на основе развития стандартов языков программирования. Впервые эти качества были реализованы на практике при создании компьютеров серии IBM 360, обладающих единым набором команд и имеющих одну и ту же операционную систему. Технология открытых систем решает проблему единого информационного пространства (ЕИП) в рамках страны и мира.

Компоненты единого информационного пространства:

- 1) *информационные ресурсы* — банки данных;
- 2) *организационные структуры*, обеспечивающие функционирование и развитие ЕИП;

- 3) *средства информационного взаимодействия* граждан и организаций.

Согласно определению комитета IEEE POSIX 1003.0, **открытой системой** называется система, реализующая открытые спецификации (стандарты) на интерфейсы, службы и форматы данных, достаточные для того, чтобы обеспечить:

- возможность переноса (мобильность) прикладных систем, разработанных должным образом, на широкий диапазон систем с минимальными изменениями;
- совместную работу (интероперабельность) с другими прикладными системами на локальных и удаленных платформах;
- взаимодействие с пользователями в стиле, облегчающем переход от системы к системе (мобильность пользователей).

Расширение совместимости и взаимодействия прикладных программ потребовало разработки стандартов POSIX (Portable Operating System Interface — интерфейс переносимой операционной системы) и стандартов коммуникаций, что обеспечивает переносимость программ на уровне пользователя, т.е. пользователи имеют возможность переходить от одной прикладной программы к другой и осуществлять передачу из одной операционной среды в другую.

2.6.1. Эталонная модель взаимодействия открытых систем

Эталонная модель ISO-OSI (МОС-ВОС) описана в 1984 г. в документах X.200 МСЭ-Т (МККТТ) и ISO.7498. В модели многочисленные функции сети разделены на группы, причем каждая группа отделена от другой стандартными интерфейсами (стыками). Любое изменение сети приводит к изменениям только в рамках определенной ограниченной группы функций, не затрагивая остальной части сети. Такие группы функций получили название *уровней (Layers)*, а стандартные интерфейсы между ними — *услуг* или *сервиса* [18].

ЭМВОС содержит 7 уровней (рис. 2.2). В локальных сетях стандарты IEEE вводят также понятие уровня № 0, описывающего ФСС.

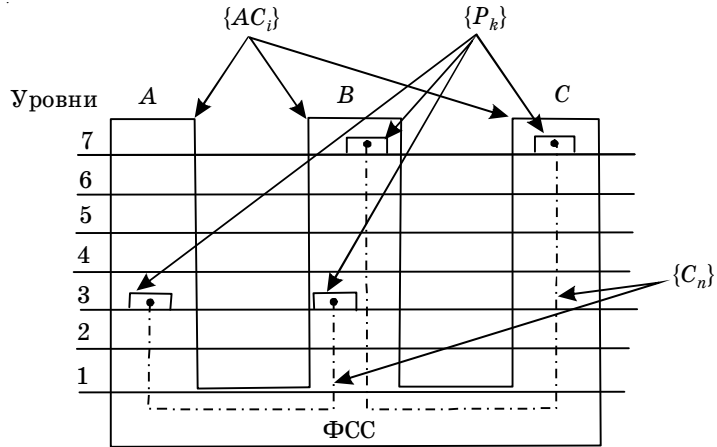
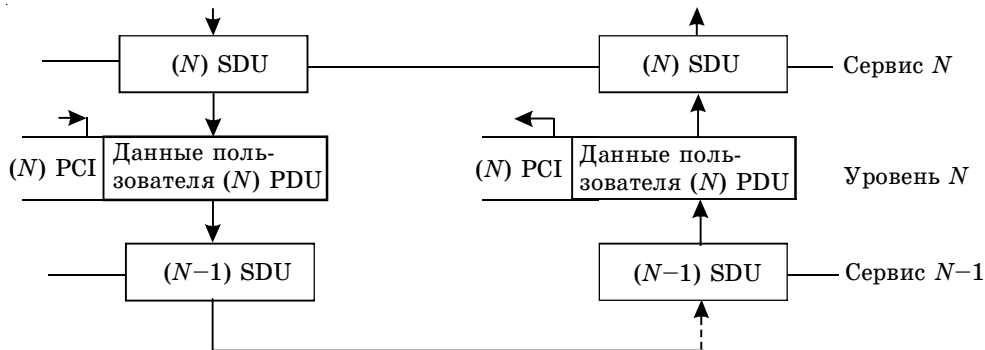


Рис. 2.2 — Уровни ЭМВОС

На каждом уровне в абонентских системах AC_i , размещаемых в узлах A, B, C, \dots могут располагаться один или несколько $\{P_k\}$ -объектов (процессов, entities) управления, взаимодействующих при установлении соединений $\{C_n\}$ друг с другом [12]. Объекты одного уровня, расположенные в различных абонентских системах, могут связываться друг с другом соединениями, проходящими через все нижерасположенные уровни и ФСС.

Связь объектов смежных уровней одной и той же абонентской системы осуществляется в соответствии с набором правил, называемым **межуровневым интерфейсом**. Взаимодействие объектов одного уровня, расположенных в различных абонентских системах, осуществляется по правилам, называемым **сетевыми протоколами**.

Интерфейс объектам N -го уровня реализуется совокупностью объектов, расположенных ниже уровня N (рис. 2.3). Этот интерфейс предоставляется объектам уровня N в форме **сервиса ($N-1$)**. В свою очередь объекты N -го уровня предоставляют сервис (услугу) объектам $(N+1)$ -го уровня. На рис. 2.3 приняты следующие обозначения: SDU — Service Data Unit (блок данных службы); PDU — Protocol Data Unit (блок данных протокола); PCI — Protocol Control Information (управляющая информация протокола).

Рис. 2.3 — Преобразование данных объектами N -го уровня

Сервис $(N-1)$ -го уровня предоставляется объектам уровня N через *точки доступа служб (Service Access Point) $(N-1)$ SAP*, называемые также *логическими портами* (рис. 2.4).

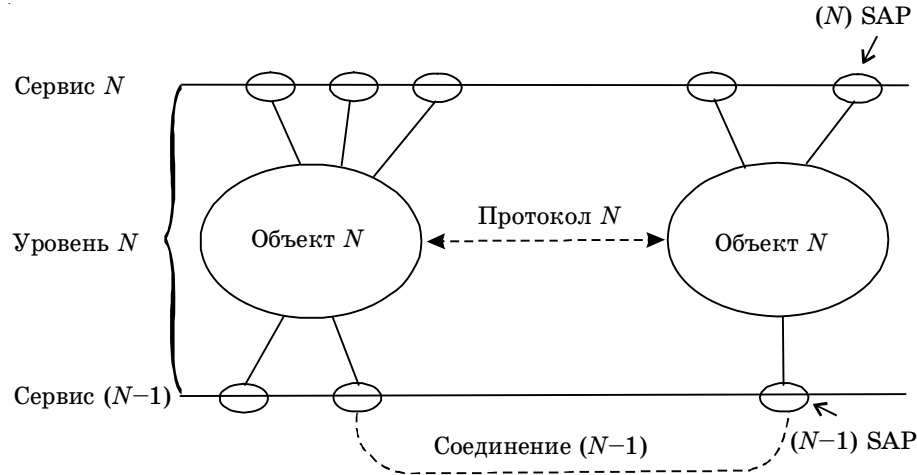


Рис. 2.4 — Модель уровня ЭМВОС

2.6.2. Функциональные среды

Концептуально можно считать, что уровни реализуют две совокупности функций: сетевые функции и функции, связанные с приложениями. Это, в свою очередь, порождает три функциональные среды (рис. 2.5) [17, 19]:

- *сетевую*, связанную с протоколами и стандартами сетей различных типов;
- *ВОС*, охватывающую сетевую среду, а также протоколы и стандарты, ориентированные на приложения;
- *реальных систем*, надстраиваемую из ВОС, связанную с ведомственным программным обеспечением.

Прикладным процессом, входящим в среду реальных систем, называются здесь *прикладные программы* пользователей. В приведенной схеме (см. рис. 2.5) учитывается, что абонентские системы (например, компьютеры) могут иметь различные операционные системы (например, один компьютер может быть персональным, а другой — большой многотерминальной системой). Следовательно, интерфейс между программой пользователя (прикладным процессом) и низлежащими службами связи может быть различным.

В среде ВОС процессы в эталонной модели разделены на три вида: *собственно информационные* (три верхних уровня), *транспортные* (четвертый уровень) и *коммуникационные* (три нижних уровня). Нижние три уровня являются *сетезависимыми* и определяют протоколы, связанные с сетью передачи данных. В отличие от нижних, верхние три уровня *ориентированы на приложения* и содержат протоколы, позволяющие двум оконечным прикладным процессам взаимодействовать друг с другом. Промежуточный транспортный уровень как бы изолирует верхние, ориентированные на приложения, от нижних, сетезависимых. По существу он опирается на службы, предоставляемые нижними уровнями, чтобы обеспечить верхние уровни службами, не зависящими от сетей связи.

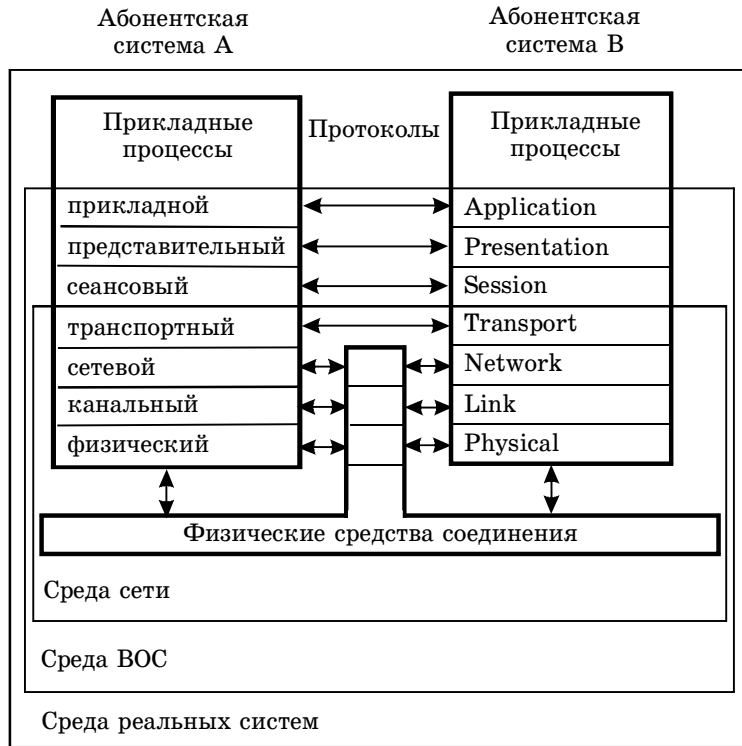


Рис. 2.5 — Функциональные среды

Взаимодействие между абонентскими системами (рис. 2.6) происходит через ретрансляционную систему, расположенную в промежуточном узле связи. Стрелками показаны протоколы равноправных логических объектов (Peer-to-peer Communication).

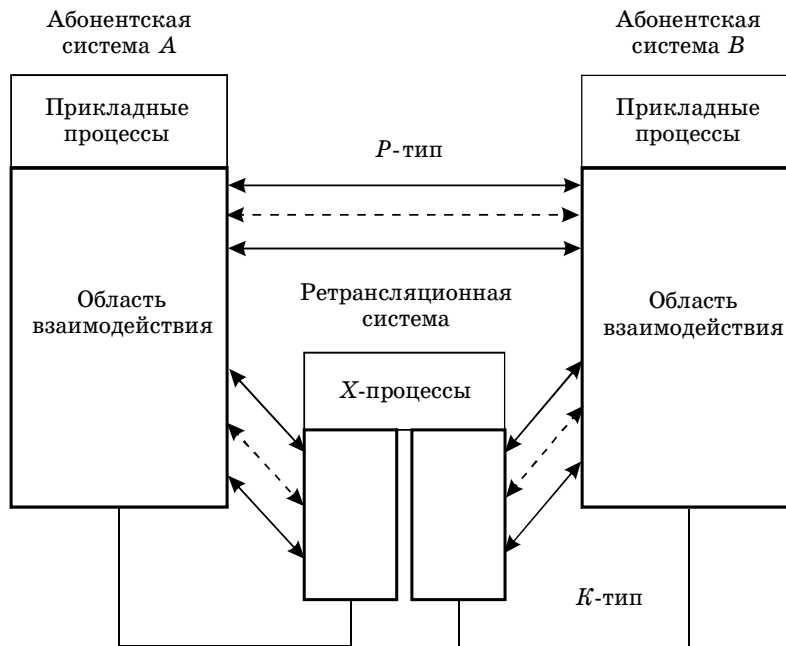


Рис. 2.6 — Типы протоколов

Протоколы, прописанные непосредственно между абонентскими системами, носят название **Р-протоколов**, в то время, как протоколы, описывающие взаимодействие пар смежных систем, называются **К-протоколами** (см. рис. 2.6) [1]. В зависимости от набора уровней, на которых располагаются протоколы, различают четыре класса сетей [1] (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Особенности классов цепей

Класс сети	Уровни функционирования протоколов		Уровень функционирования X-процесса
	P-тип	K-тип	
Сеть с селекцией данных	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	–	–
Сеть с коммутацией каналов	2, 3, 4, 5, 6	1	физический
Сеть скоростной коммутации данных	3, 4, 5, 6	1, 2	канальный
Сеть коммутации пакетов	4, 5, 6	1, 2, 3	сетевой

В сети с селекцией данных узел коммутации отсутствует, поэтому все протоколы относятся к P-типу. При коммутации каналов аппаратура узлов коммутации использует протоколы лишь физического уровня. Сети коммутации пакетов используют протоколы трех нижних уровней. Коммутация пакетов происходит программным путем и имеет свои пределы увеличения скорости передачи. Сети скоростной коммутации данных реализуют новую технологию сквозной коммутации быстрых пакетов, заключающуюся в выполнении всех функций коммутации и маршрутизации только аппаратным путем.

2.6.3. Функции, выполняемые уровнями ЭМВОС

Основные функции, выполняемые ЭМВОС [19], сведены в таблицу 2.2.

Таблица 2.2

Основные функции ЭМВОС

7	Прикладной	Интерфейс с прикладными программами Передача, доступ и управление файлами Обмен сообщениями и документами (например, электронная почта) Передача задач и манипулирование ими
6	Представительный (уровень представлений)	Взаимная конверсия различных синтаксисов (разработано несколько форм абстрактного синтаксиса данных для их использования совместно с синтаксисом передачи (конкретным синтаксисом) прикладными элементами) Формирование данных (коды, алфавит, графика)
5	Сеансовый	Обеспечение прикладных процессов управлением, диалогом, их синхронизация

Окончание табл. 2.2

4	Транспортный	Сквозной обмен данными между системами («из конца в конец» через коммуникационную систему) Управление соединением, ошибками, фрагментация, управление потоком, сетевой сервис одного из трех типов (A, B, C) и 5 классов служб (0, 1, 2, 3, 4)
3	Сетевой	Сетевая маршрутизация, адресация, установление и освобождение вызовов Обнаружение ошибок в физических средствах соединения Сегментирование и объединение блоков данных
2	Канальный	Управление каналами — кадрирование, прозрачность данных Управление ошибками в каналах — проверка четности или сумм
1	Физический	Обеспечение физического и механического интерфейсов сети Битовые протоколы модуляции и линейного кодирования

Из таблицы следует, что функцией транспортного уровня является обеспечение сеансового уровня надежным средством транспортировки сообщений, не зависящим от качества обслуживания, поставляемого низлежащей сетью. Для приспособления к сетям различных типов пользователи обеспечиваются пятью классами служб [19]:

0 — простой, используемый обычно в высококачественных сетях, таких как коммутируемая сеть передачи данных общего пользования (КСДОП);

1 — основной с исправлением ошибок;

2 — мультиплексирующий;

3 — мультиплексирующий с исправлением ошибок;

4 — с обнаружением и исправлением ошибок, содержит максимум функций управления и рассчитан на использование в низкокачественных сетях, например в ТФОП, глобальных и локальных сетях.

Все классы ориентированы на режим функционирования с установлением соединения, т.е. на режим, при котором устанавливается логическое транспортное соединение до выполнения какой-либо передачи данных между двумя взаимодействующими транспортными элементами. Для некоторых специальных приложений был предложен более эффективный, но менее надежный класс служб, опирающийся на режим без установления соединения. Следует отметить, что транспортный уровень не обязан обеспечивать все классы служб. Обычно класс устанавливается для конкретной среды ВОС администратором этой среды, после чего каждая система обязана реализовывать этот класс.

Три верхних уровня (от 5 до 7) являются *пользователями транспортного уровня*. Три нижних уровня (от 3 до 1) служат *поставщиками транспортного уровня*.

В табл. 2.3 сведены некоторые дополнительные данные, характеризующие свойства уровней ЭМВОС.

Таблица 2.3

Функции уровней абонентской системы

Номер уровня	Название уровня	Единица информации	Ключевые функции
7	Прикладной Application	Application Protocol Data Unit	Семантические аспекты информации
6	Представительный Presentation	Presentation Protocol Data Unit	Взаимная конверсия различных форм синтаксисов
5	Сеансовый Session	Session Protocol Data Unit	Организация и синхронизация диалога и регулирование обмена данными
4	Транспортный Transport	Transport Protocol Data Unit	Адресация пользователя
3	Сетевой Network	Packet = NPDU (Network Protocol Data Unit)	Адресация и маршрутизация систем (избирает соединение из множества путей к другой системе)
2	Канальный Link	Frame = LPDU (Link Protocol Data Unit)	Обеспечение единственного соединения
1	Физический Physical	Бит = PhPDU (Physical Protocol Data Unit)	

2.6.4. Стандарты ЭМВОС

ЭМВОС предназначена служить шаблоном для структуры подсистемы связи, опираясь на который могут быть определены стандарты для каждого уровня. Предполагается, что с каждым уровнем ассоциируется не единственный протокол, а набор стандартов, предписывающих уровню различные функции.

ISO и IEEE разрабатывают в основном стандарты, рассчитанные на производителей, а МСЭ (ITU-T) — стандарты для подключения оборудования к национальным и международным РТТ (почта, телеграф, телефон) различных типов (рис. 2.7).

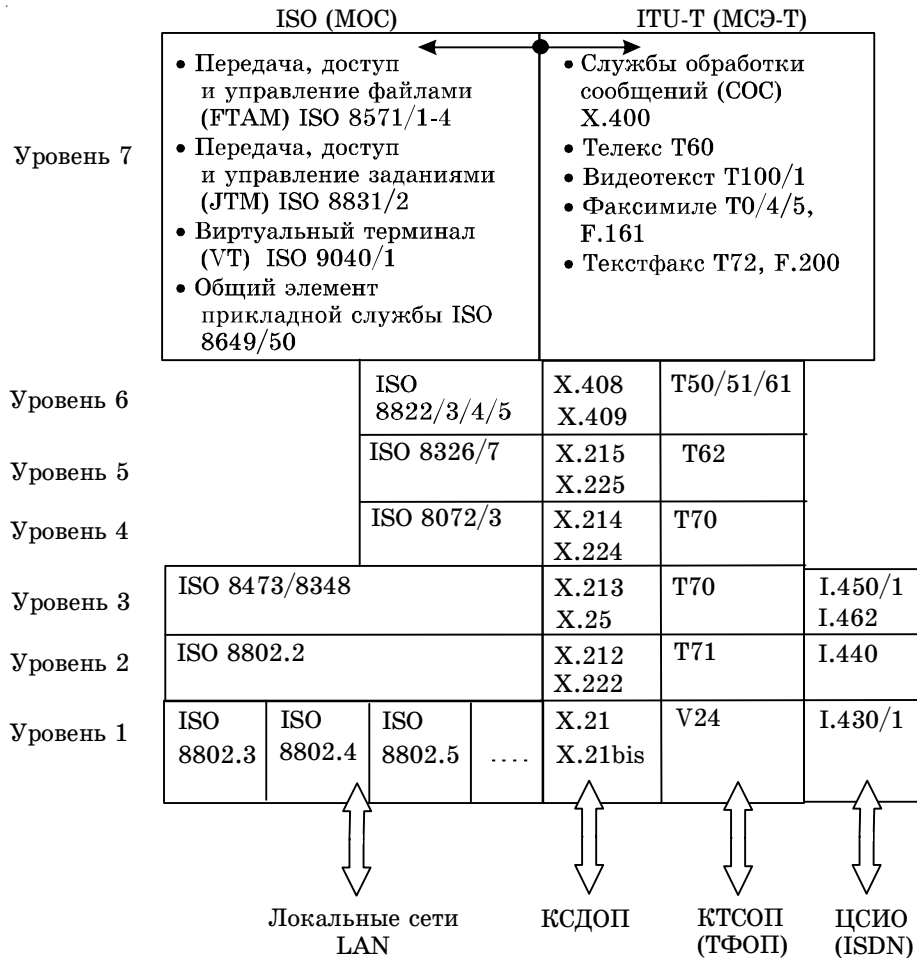


Рис. 2.7 — Примеры стандартов протоколов: КСДОП — коммутируемая сеть данных общего пользования; КТСОП — коммутируемая телефонная сеть общего пользования; ЦСИО — цифровая сеть с интегрированным обслуживанием

2.7. Примеры использования сетевых протоколов

Приведем несколько характерных структур сетей, использующих протоколы МСЭ-Т.

Для адекватного восприятия примеров следует дать несколько пояснений относительно режимов передачи и режимов связи, принятых в сетях связи [19]. *Асинхронный режим* (рис. 2.8) используется главным образом, когда передаваемые данные генерируются в случайные моменты времени с неопределенной скоростью. *Синхронный режим* характеризуется передачей полного блока (кадра), предваряемого синхросигналом, как единого целого.

Важной характеристикой сеанса связи является режим связи. В случае, когда передача осуществляется только в одном направлении, режим называется *симплексным*. *Полудуплексный режим* характеризуется тем, что два взаимосвязанных устройства обмениваются информацией поочередно.

Дуплексный режим используется для обмена данными между двумя связанными устройствами одновременно в обоих направлениях.

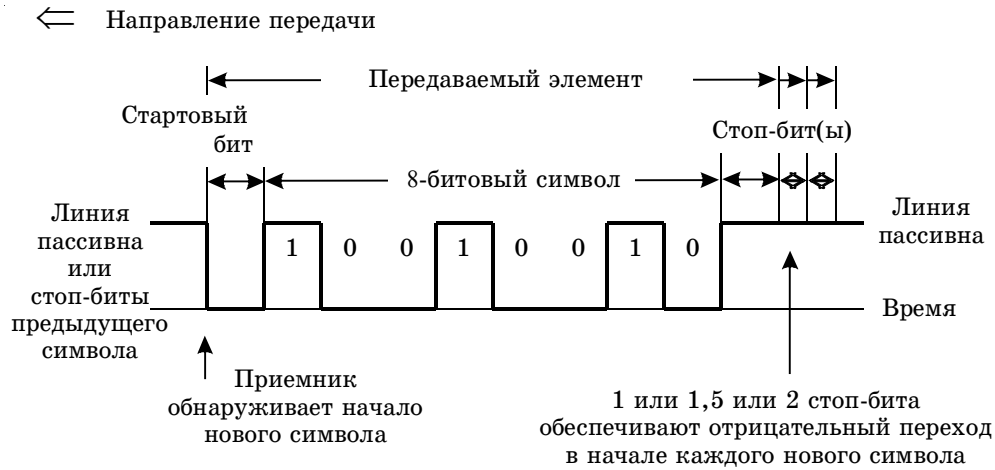


Рис. 2.8 — Асинхронная передача

Пример 1

Взаимодействие синхронного и асинхронного терминалов с компьютером через сеть КСДОП (PSDN — Public Switching Data Network) (рис. 2.9).

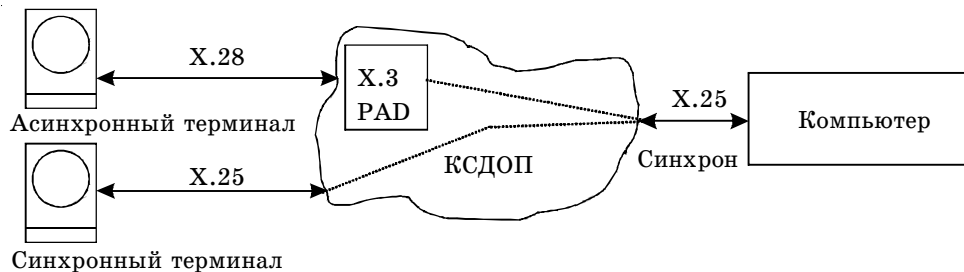


Рис. 2.9 — Фрагмент сети КСДОП с коммутацией пакетов

В синхронном пакетном режиме используется протокол X.25, имеющий три нижних уровня. В случае асинхронного терминала применяется устройство сборки/разборки пакетов УСПП (PAD — Packet Assembly and Disassembly). Интерфейс между старт-стопными терминалами, подсоединенными к PAD в сетях одной страны, и PAD осуществляется согласно протоколу X.28.

Пример 2

Пример почти полностью копирует предыдущий. Новым является использование протокола X.29 (процедура обмена контрольной информацией и данными между УСПП и удаленным пакетным ООД) (рис. 2.10) [19]. Здесь ООД — оконечное оборудование данных (DTE — Data Terminal Equipment), АПД — аппаратура передачи данных (Data Circuit terminating Equipment). Для обозначения ООД и АПД приемлемы термины соответственно *терминал* и *модем*. Термин модем представляет собой объединение слов «модуляция» и «демодуляция» и, следовательно, применим для аналоговых каналов. В цифровых каналах роль АПД играют устройства CSU/DSU (Channel Service Unit

/ Data Service Unit), т.е. устройства обслуживания канала / данных [20]. На схеме ЦКП — центр коммутации пакетов.

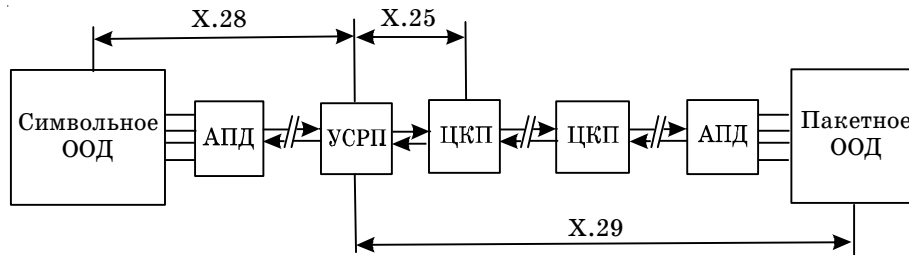


Рис. 2.10 — КСДОП с коммутацией пакетов к примеру 2

Пример 3

Цифровая синхронная СПД-КК (сеть передачи данных с коммутацией каналов) (рис. 2.11) использует в качестве интерфейса между ООД и АПД протокол X.21 [19]. В аналоговых сетях используется версия X.21/бис.

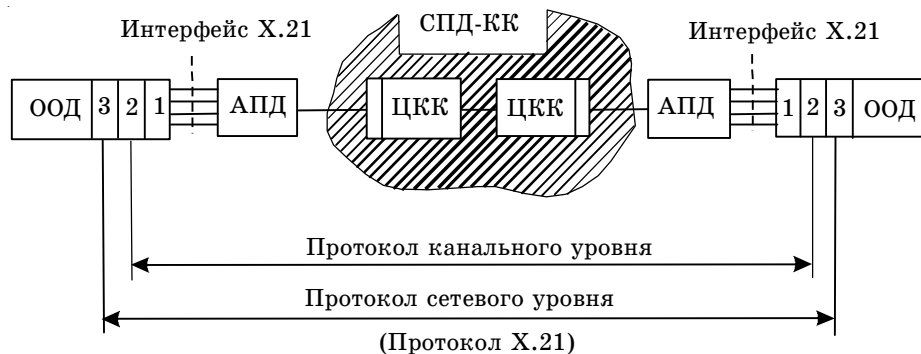


Рис. 2.11 — Протокол СПД с коммутацией каналов

Особенностью сетей с коммутацией каналов является то, что в них протоколы всех уровней, за исключением первого, действуют «из конца в конец» — от пользователя к пользователю. Аббревиатура ЦКК означает на схеме центр коммутации каналов.

Пример 4

Синхронная СПД-КП (СПД с коммутацией пакетов) [19] использует протокол X.25, являющийся совокупностью нескольких протоколов (рис. 2.12). Протокол X.25/1 фактически представляет собой X.21, рассмотренный в примере 3. Протоколом канального уровня является X.25/2, который использует процедуру LAP-B (Link Access Protocol), добавленную к X.25 в 1980 г. для наилучшей совместимости с широко применяемой процедурой HDLC (High Level Data Link Control Procedures).

Особенность сетей с коммутацией пакетов состоит в том, что используемые в них протоколы действуют «от звена к звену цепи», т.е. либо между пользователем и ЦКП, либо между двумя ЦКП.

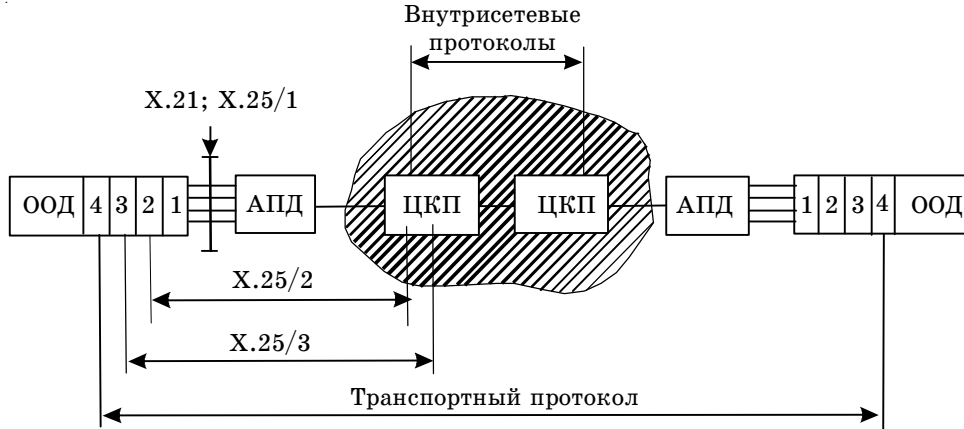


Рис. 2.12 — Протокол СПД с коммутацией пакетов

2.8. Терминология в сетях передачи данных

Терминология, принятая в СПД, чрезвычайно обширна и постоянно пополняется вследствие естественного научно-технического прогресса. Отметим лишь основные, базовые определения [1].

Сервер (Server) — объект, предоставляющий сервис другим объектам по их запросам.

Транзакция (Transaction) — короткий во времени цикл взаимодействия объектов (Entities), включающий стадии «запрос — выполнение задания — ответ».

Примитивы (Primitives) — сорт транзакций (блоков данных), осуществляющих сервис, предоставляемый объектами уровня $(N-1)$ объектам уровня N (рис 2.13).

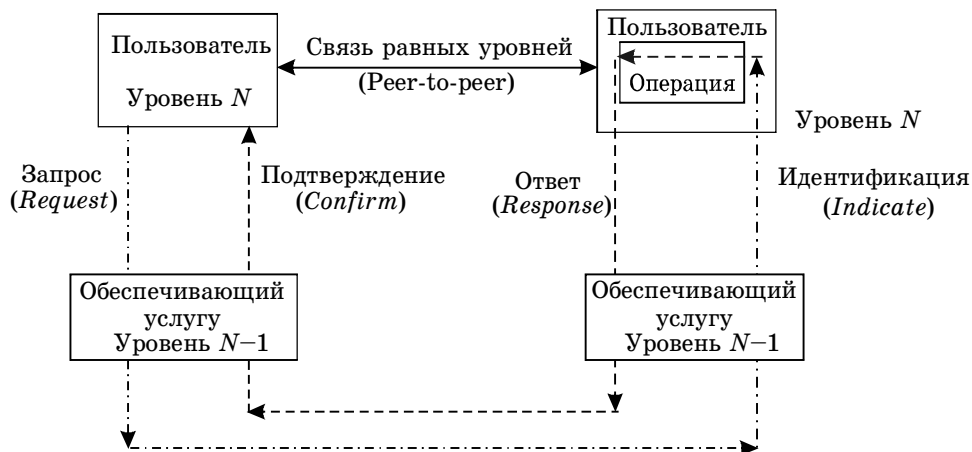


Рис. 2.13 — Примитивы

Примитивы подразделяются на примитивы запроса, индикации, ответа и подтверждения (пользователь сервиса посылает запрос на действие, постав-

щик сервиса выдает подтверждение). В момент получения уровнем на втором компьютере запроса на действие, запрос представляет собой примитив индикации, а выдаваемый ответ — примитив ответа.

Функциональный блок (Functional Unit) — устройство или программа, выполняющая определенную часть решаемой задачи. Реализует протокол или обеспечивает сервис. Описывается функциональный блок (ФБ) *алгоритмом*. Работа ФБ проверяется логическим анализатором (тестирование и диагностика). Взаимодействуют ФБ друг с другом через порты и интерфейсы.

Порт (Port) — точка доступа к устройству или программе. Порты могут быть *физическими* и *логическими*.

Физическая среда (Physical Media) — материальная субстанция, через которую осуществляется передача сигналов: эфир, металл, оптическое стекло, витая пара, плоский кабель, коаксиальный кабель и т.д.

Физические средства соединения (Physical Interconnection Facility) — совокупность физической среды, аппаратных и программных средств, обеспечивающих передачу сигналов между системами. ФСС могут быть активными (модем) и пассивными (кабель).

Физический канал (Physical Link) — средство передачи сигналов между системами и их компонентами. Состоит из одной или нескольких физических сред и АПД (рис. 2.14). Точки соединения сред и аппаратуры характеризуются интерфейсами (стыками). АПД является каналообразующим компонентом.

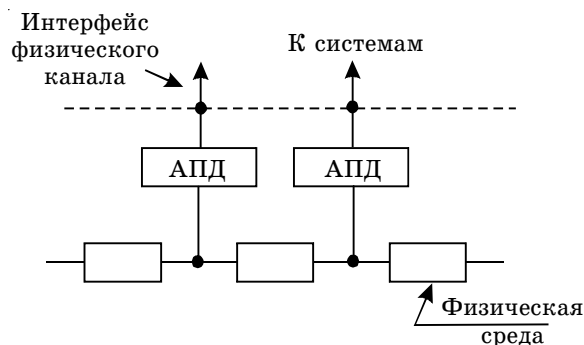


Рис. 2.14 — Физический канал

Логический канал (Logical Channel) — путь, по которому данные передаются от одного порта к другому. Логические каналы обеспечивают взаимодействие объектов равных уровней (рис. 2.15).

Через логический канал, соединяющий объекты физического уровня, передаются сигналы. Через логический канал, связывающий объекты остальных уровней, направляются блоки данных. Логический канал, прокладываемый на сетевом уровне, называется *виртуальным каналом*. Логический канал, прокладываемый на канальном уровне, называется *каналом передачи данных*.

Различают три типа логических каналов: а) «точка-точка» — взаимодействие двух абонентских систем (терминалов); б) «точка-многоточка» — широковещательный режим работы; в) «многоточка» — связь терминалов друг с другом в локальной сети (рис. 2.16).

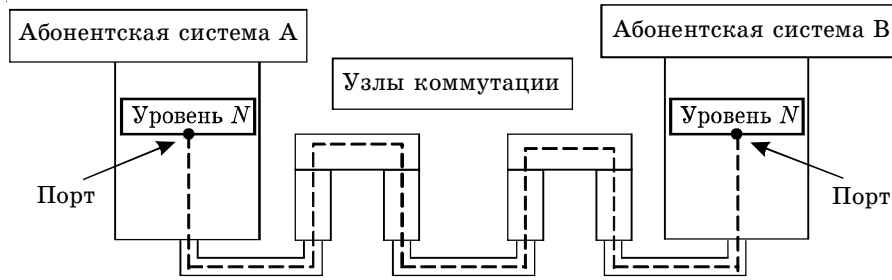


Рис. 2.15 — Логический канал

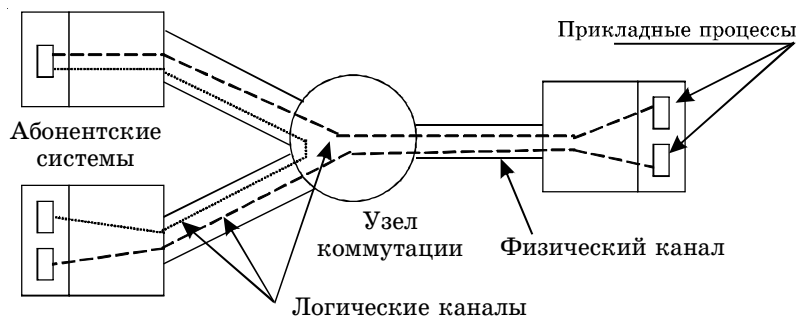


Рис. 2.16 — Логические каналы, соединяющие прикладные процессы трех абонентских систем

Мост (Bridge) — ретрансляционная система, соединяющая два канала передачи данных. Находит применение при соединении локальных сетей, в которых протоколы различаются лишь на физическом и канальном уровнях, а на остальных уровнях одинаковы. Мосты часто бывают интеллектуальными и выполняют роль фильтров, не пропускающих через себя некоторые блоки данных, адресованные некоторым абонентским системам той же сети. Мост, предназначенный для соединения частей одной системы, называется адаптером. В радиосети мост обеспечивает взаимодействие двух радиоканалов, работающих на разных частотах, и называется ретранслятором.

Концентратор (Concentrator) — устройство или функциональный блок, у которого суммарная пропускная способность входных каналов выше пропускной способности выходных каналов.

Мультиплексор (Multiplexer) — устройство или программа, связывающие группу физических каналов с одним общим каналом.

Коммутатор данных (Switch) — устройство или программа, осуществляющее выбор одного из возможных вариантов направления передачи данных. Вначале коммутаторы использовались лишь в территориальных сетях. Затем они появились и в локальных сетях (например РВХ, коммутаторы АТМ). Коммутатор локальной сети — это устройство, конструктивно выполненное в виде сетевого концентратора и действующее как высокоскоростной многопортовый мост; встроенный механизм коммутации позволяет осуществлять сегментирование локальной сети, а также выделять полосу пропускания конечным станциям в сети.

Маршрутизатор (Router) — ретрансляционная система, соединяющая две коммуникационные сети. При *адаптивной* маршрутизации, в отличие от *фиксированной*, таблицы маршрутов обновляются в зависимости от колебаний трафика. *Вероятностная* маршрутизация предполагает случайный выбор пути следования блоков данных.

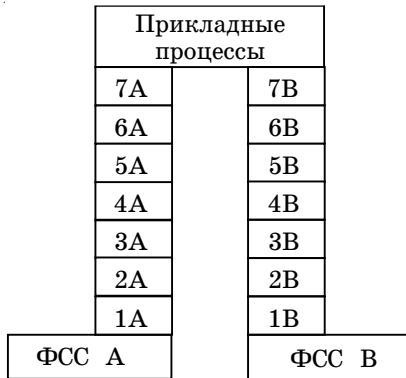


Рис. 2.17 — Структура шлюза

Шлюз (Gateway) — ретрансляционная система, обеспечивающая взаимодействие двух информационных сетей. Обеспечивает взаимодействие двух сетей с различными наборами (1А–7А и 1В–7В) протоколов всех уровней (рис. 2.17).

В тех случаях, когда соединяемые информационные сети созданы по стандартам ISO-OSI, уровни имеют одинаковые протоколы. Такие сети соединяются на основе более простых ретрансляционных систем, именуемых маршрутизаторами и мостами.

Для соединения нескольких локальных сетей (LAN), расположенных в одном учреждении, используется межсетевой мост или маршрутизатор [19]. Для соединения нескольких LAN с помощью КСДОП используется межсетевой шлюз. Выполнение необходимых функций этими устройствами регламентируется **межсетевым протоколом**, состоящим из четырех функциональных узлов или подуровней сетевого уровня:

- 1) межсетевого (подуровень 3.1), отвечающего за ведение полных глобальных таблиц маршрутизации и интерпретацию глобальных адресов;
- 2) гармонизирующего (подуровень 3.2), отвечающего за согласование различий между двумя типами соединяемых сетей;
- 3) внутрисетевого (подуровень 3.3), ответственного за ведение таблиц маршрутизации и направление каждого входного примитива по требуемому пути;
- 4) доступа к каналному уровню (подуровень 3.4).

Для межсетевого моста требуются подуровни 3.3 и 3.4, а для межсетевого шлюза — все четыре подуровня.

Фирма Ericsson приобрела компанию АСС (одна из компаний-создателей Internet) с целью использования ее шлюзов, названных именами рек: Congo, Danube, Colorado и Zambezi. Congo (для офисных систем) осуществляет подключение аналоговых телефонных аппаратов и факсов. Danube необходим для подключения до восьми клиентов Ethernet. Colorado (размером с записную книжку) позволяет войти в сеть передачи данных двух компьютеров; Zambezi — «умный» маршрутизатор для перераспределения корпоративного трафика.

Брандмауэр (Firewall) — набор аппаратно-программных средств, предназначенных для предотвращения доступа в сеть извне и контроля над поступающими и выходящими данными. Получил широкое применение с начала 1990-х гг. в связи с развитием Internet.

Для эффективной работы брандмауэра важно соблюдение трех условий:

- 1) весь трафик должен проходить через одну точку;
- 2) брандмауэр должен контролировать весь трафик;

3) сам брандмауэр должен быть «неприступен» для внешних станций.

По отношению к ЭМВОС возможна следующая классификация брандмауэров:

- брандмауэры с фильтрацией пакетов (Packet-filtering Firewall), организованные на сетевом уровне;
- шлюзы сеансового уровня (Circuit-level Gateway);
- шлюзы прикладного уровня (Application-level Gateway);
- брандмауэры экспертной оценки (Stateful Inspection Firewall).

Фильтры просматривают заголовки IP-пакетов и удаляют нежелательные. Недостаток состоит в возможности имитации IP-адресов. Поэтому существует усовершенствованная версия — динамическая фильтрация пакетов. Здесь после объявления адреса «своим» производится запрос ответного сигнала (эха); программа называется ping. Если внутренний IP-адрес используется извне, то ping не достигнет отправителя и попытка доступа будет отвергнута. На практике фильтры применяют не для внешней защиты сети, а для обеспечения безопасности внутри сети (например сеть можно разбить на сегменты, отделяя один отдел от другого). Одно из главных преимуществ маршрутизатора перед мостом состоит в том, что он не тиражирует автоматически все широковещательные сообщения. Это значит, что если какое-либо устройство начинает наводнять сеть копиями одного пакета, маршрутизатор сможет ограничить область распространения, поставив «брандмауэр», который не даст широковещательному шторму охватить всю сеть.

Функциональный профиль (Functional Profile) — иерархия взаимосвязанных протоколов, предназначенных для определенного круга задач обработки и передачи данных. Кроме функциональных профилей (ФП) (рис. 2.18), существуют смешанные профили, которые работают либо как полные, либо как коллапсные (например, в ISDN).

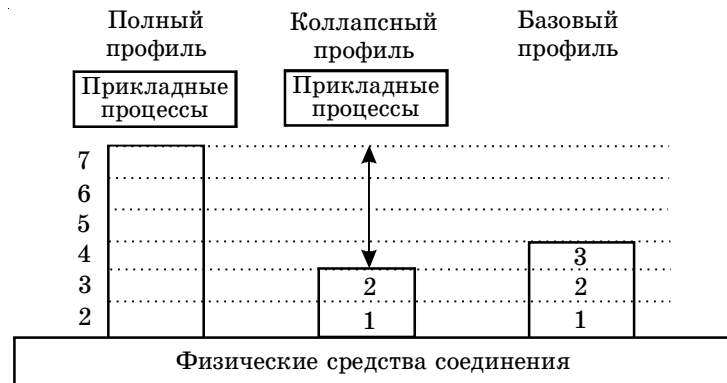


Рис. 2.18 — Функциональные профили

Структура полного функционального профиля (рис. 2.19) включает четыре нижних уровня, образующих транспортную платформу, и три верхних, составляющих прикладную платформу. Наиболее известными функциональными профилями являются: MAP (Manufacturing Automation Protocol — протокол автоматизации производства), 1984 г., General Motors; TOP (Technical and Office Protocol — технический и учрежденческий протокол) — 1985 г., Boeing Computer Service.

	Прикладные процессы пользователя	Прикладные процессы управления
7	ПРИКЛАДНАЯ ПЛАТФОРМА	
6		
5	Транспортный протокол	
4	Транспортный протокол	
3	Территориальные коммуникационные сети	Локальные коммуникационные сети
2		
1		

Рис. 2.19 — Структура полного функционального профиля

Платформа (Platform) — функциональный блок, интерфейс и сервис которого являются базой для размещения разнообразных процессов, объединенных какой-либо целью. Благодаря созданию платформы, располагаемые на них процессы «не знают» о существовании разнообразия протоколов или операционных систем, но с успехом используют выполняемые ими функции. Каждая платформа предоставляет на стандартном интерфейсе свой сервис и сервис находящихся под ней функциональных блоков.

Полными функциональными профилями являются системная сетевая архитектура, архитектура дискретной сети, открытая сетевая архитектура ONA, функциональные профили MAP и TOP. В некоторых странах создаются правительственные профили ВОС, также являющиеся полными функциональными профилями, основанными на правительственных профилях Великобритании или США. Основное отличие между ними состоит в том, что в Великобритании профиль ориентирован на взаимодействие как с установлением соединений, так и без них, в то время как в США профиль не предусматривает использование соединений [1].

Соединение — функциональное взаимодействие двух или более объектов, расположенных на одном уровне. Соединение осуществляется только на время сеанса взаимодействия объектов для выполнения процедур установления, поддержания и расторжения соединения.

В некоторых случаях взаимодействие происходит без организации предварительной договоренности между объектами (без соединения). В этих случаях объект-отправитель направляет по логическому каналу объекту-получателю блоки данных без согласования с ним. Если адресат не готов к приему, то эти блоки теряются, причем отправитель, не получив подтверждения о приеме блоков, хранит их копии на случай повторной передачи по требованию.

В сетях с коммутацией и в сетях с селекцией данных соединения образуются различным образом. В коммутируемых сетях (рис. 2.20,а) физические пути (1, 2), каналные пути (3, 4) и сетевые соединения прокладываются через логические каналы, связывающие объекты смежных систем согласно протоколам типа К. Однако соединения транспортного уровня и верхних уровней проходят через все ретрансляционные системы, находящиеся на их пути (путь 4 на рисунке) согласно протоколам типа Р. В сети с селекцией данных соединения всех уровней имеют (рис. 2.20,б) одинаковую форму.

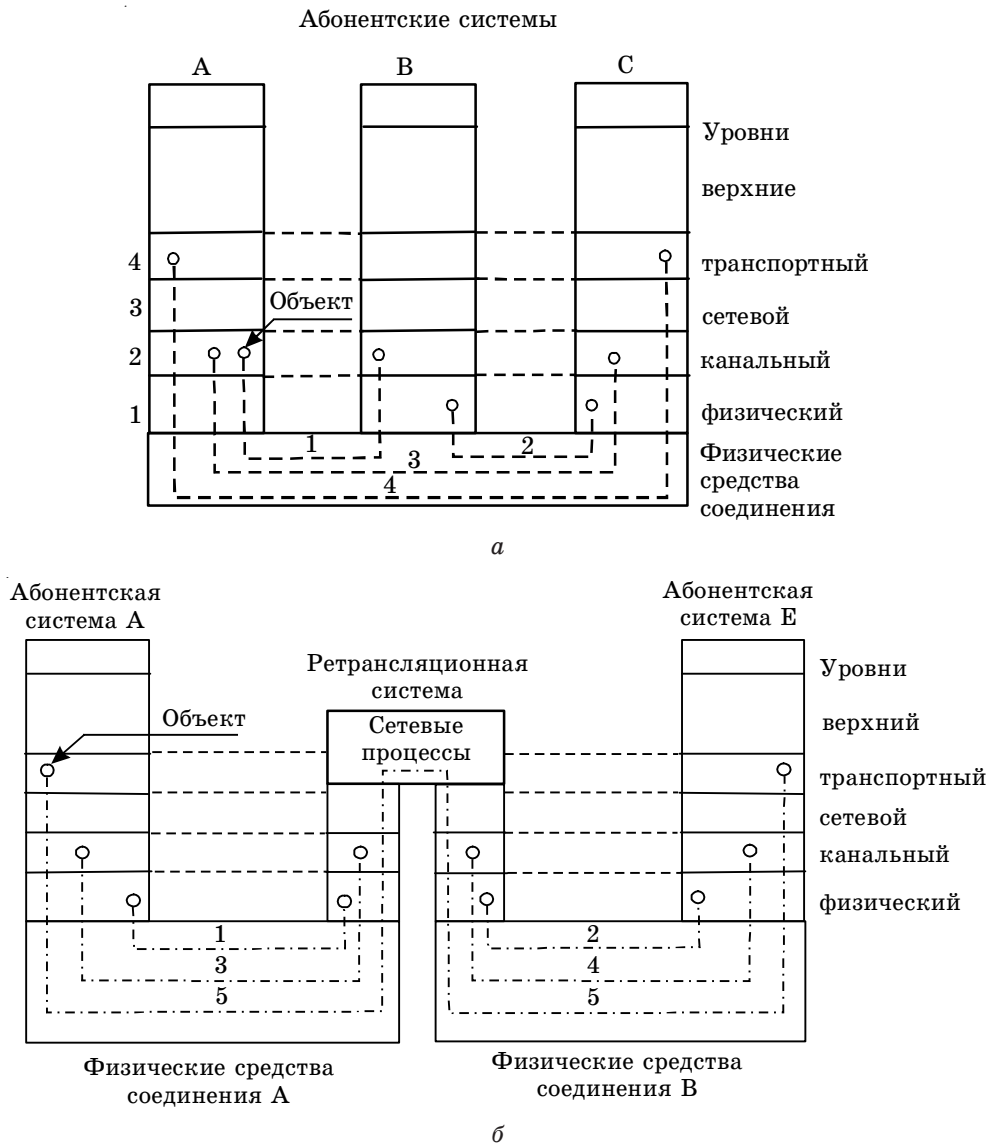


Рис. 2.20 — Соединения в сети с коммутацией (а) и селекцией (б) данных

GOSIP (Government OSI Profile — правительственный профиль ВОС) — полный функциональный профиль, обязательный для использования в государственных учреждениях стран. Для удобства он делится на комплексы А, С, F, S, T и R (рис. 2.21). Пояснение требуется только для комплексов T и R. Комплекс T содержит протоколы передачи данных, описание используемых территориальных и локальных сетей; комплекс R описывает взаимодействие сетей и их частей.

Мероприятия по обеспечению безопасности проводятся на всех уровнях, кроме сеансового.

Профиль является набором стандартов ISO.

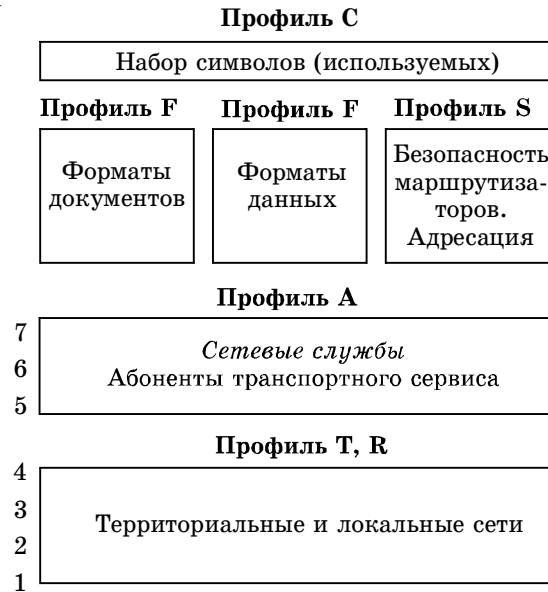


Рис. 2.21 — Комплексы GOSIP:
 DQDB (Distributed Queue Double Bus) — распределенная двойная шина с очередями; FDDI (Fiber Distributed Data Interface) — оптоволоконный распределенный интерфейс данных

Транспортная платформа является составной частью полного функционального профиля (см. рис. 2.19) и наиболее интересна с точки зрения изучения сетей передачи данных. На рис. 2.22 показан пример одной из возможных структур транспортной платформы. Здесь протоколы транспортного уровня опираются либо на протоколы серии X.25 (сети с коммутацией пакетов), либо на протоколы сети ISDN, обеспечивающей как коммутацию каналов, так и коммутацию пакетов. Третьим блоком представлены в примере протоколы группы локальных сетей, определенных стандартами IEEE и обеспечивающих селекцию данных. В локальных сетях нет надобности в сетевом уровне, поэтому их канальный уровень напрямую взаимодействует с транспортным. Однако при соединении локальных сетей с территориальными (корпоративными или глобальными) возникает необходимость и в сетевом уровне.

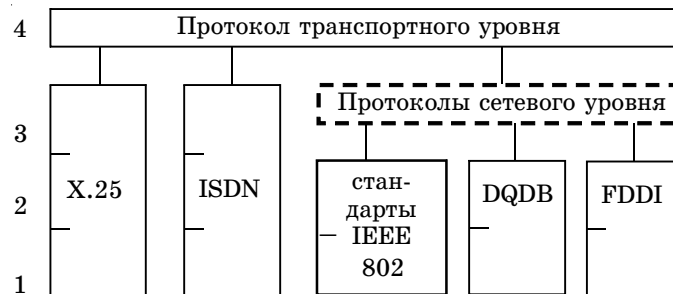


Рис. 2.22 — Пример транспортной платформы

Транспортная платформа в базовых сетях (Backbone Network), сетях высокой пропускной способности. Базовые сети — это коммуникационные сети, предназначенные для соединения территориальных и локальных сетей на значительных территориях, часто континентальных. Способ коммутации пакетов, использованный в протоколе X.25, на больших скоростях передачи имеет серьезные недостатки (очереди при коммутации вследствие обработки кадров в каждом узле). Поэтому в базовых сетях осуществляется работа сетевого уровня без организации соединений (протокол ISO CLNP — Connection Less Network Protocol).

В базовой сети передаются не последовательности пакетов, а отдельные блоки данных. Нередко они обрабатываются в соответствии с дейтаграммным протоколом пользователя UDP (User Datagram Protocol). В сети обеспечивается скоростная коммутация данных. Все шире используется режим АТМ (Asynchronous Transfer Mode) — абоненты получают возможность передачи данных с разными скоростями. Управление доступом к физической среде в базовой сети чаще всего осуществляется при помощи множественного доступа с разделением времени TDMA (Time Division Multiple Access). Примером базовой сети может служить Европейская многопротокольная магистраль (ЕМРВ), называемая также Ebone, ориентированная на сеть Internet. Ebone использует Протокол управления передачей/Межсетевой протокол TCP/IP и протокол CLNP. Магистраль сети соединяет столицы европейских государств каналами 256–512 Кбит/с. С сетями США Ebone взаимодействует со скоростями 512–1544 Кбит/с. Крупная базовая сеть TWBNET (Transcontinental WideBand Network — трансконтинентальная широкополосная сеть) создана в США.

В структуре транспортной платформы в базовых сетях (рис. 2.23) [1] представлены как протоколы IEEE для локальных сетей, так и протокол TCP/IP глобальной сети. Аббревиатуры LLC и MAC имеют соответственно значения: LLC (Logical Link Control) — управление логическим каналом; MAC (Media Access Control) — управление доступом к среде.

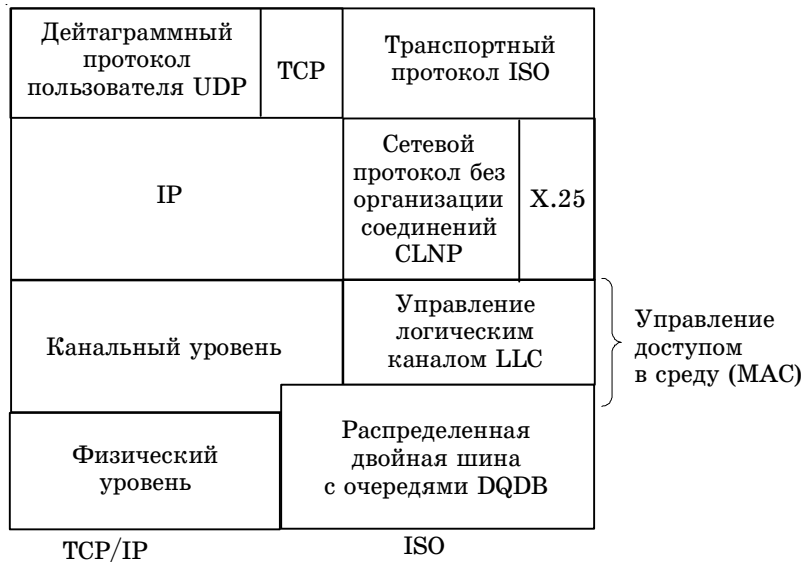


Рис. 2.23 — Транспортная платформа в базовых сетях

Госпрофиль ВОС России [18] существует с 1996 г. в виде проекта Госстандарта РФ. При создании первой версии Госпрофиля использовано свыше 450 нормативных документов.

Основная часть общей схемы Госпрофиля ВОС (большинство прикладных служб, протоколы и услуги всех уровней) может быть представлена в виде набора функциональных стандартов, согласованных в международном или национальном масштабе документов, охватывающих несколько базовых стандартов или профилей (рис. 2.24, 2.25, 2.26). Под базовым стандартом имеется в виду международный стандарт ISO/IEC или рекомендация ITU-T. Профиль — это один или несколько базовых стандартов, необходимых для решения конкретной прикладной задачи в конкретной сети.

Профили классифицируются по группам и типам решаемых задач (таксономия профилей). Основными являются две группы профилей:

1) группа А — прикладные профили, использующие услуги транспортного уровня при режиме с установлением соединения. Группа определяет набор базовых стандартов трех верхних уровней ЭМВОС;

2) группа Т — транспортные профили с установлением соединения, определяющие набор базовых стандартов четырех нижних уровней ЭМВОС.

Кроме основных групп А и Т, имеются профили:

- группы В — прикладные профили, использующие услуги транспортного уровня как с установлением соединения, так и без него;
- группы U — транспортные профили режима без установления соединения;
- группы F — профили, относящиеся к формату данных;
- группы R — профили, определяющие ретрансляционные функции между профилями групп Т и U.

Укажем основные особенности Госпрофиля ВОС России.

Госпрофиль ВОС России разработан МНИЦ на основе стандартов ЭМВОС (базовых и функциональных) с учетом опыта по разработке и применению GOSIP других стран. Проведем его сравнение с GOSIP США.

В версиях 1 и 2 GOSIP США (1991–1992 гг.) 70 % базовых стандартов составляют национальные региональные и фирменные стандарты ANSI, IEEE и др., 30 % — стандарты ISO/ITU-T. В Госпрофиле ВОС России соотношение обратное — 30 % государственных стандартов России и СССР.

В GOSIP США стандартами самого высокого ранга считаются международные стандарты ISO/ITU-T и ставится задача по мере появления этих стандартов заменять ими в последующих версиях все остальные. Госстандарт РФ считает стандартами самого высокого ранга отечественные стандарты и разрешает ссылки на международные лишь в крайнем случае. Прослеживается тенденция в последующих версиях заменять международные стандарты на российские.

Поскольку Госпрофиль ВОС РФ разработан позднее GOSIP США, в нем учтены последние достижения в области стандартизации. Например в GOSIP США в версиях 1 и 2 нет ни одного международного функционального стандарта, в то время как Госпрофиль ВОС РФ основан как на базовых, так и на функциональных стандартах.

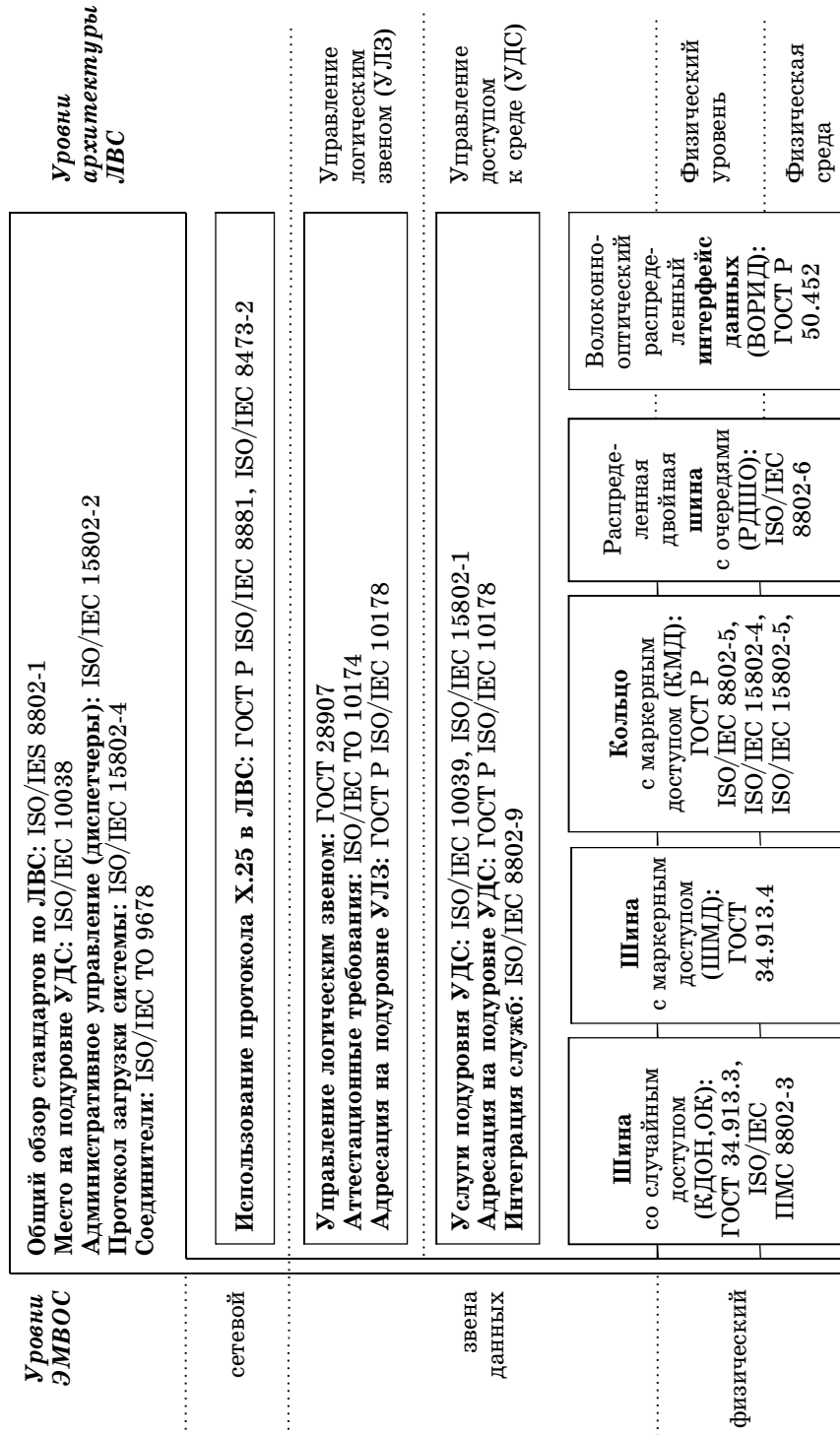


Рис. 2.24 — Госстандарт ВОС РФ. Локальные вычислительные сети

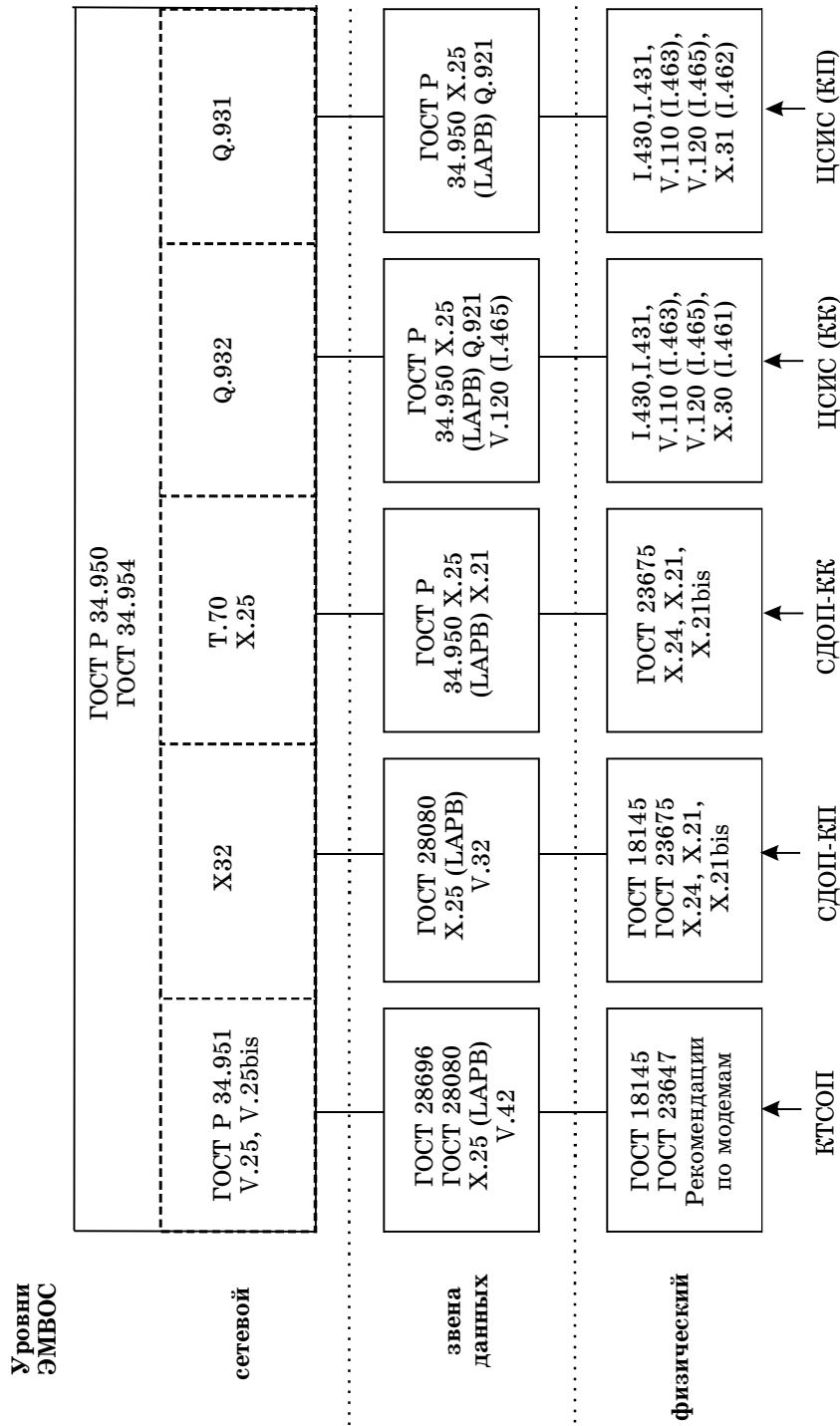


Рис. 2.25 — Сети связи и передачи данных общего пользования

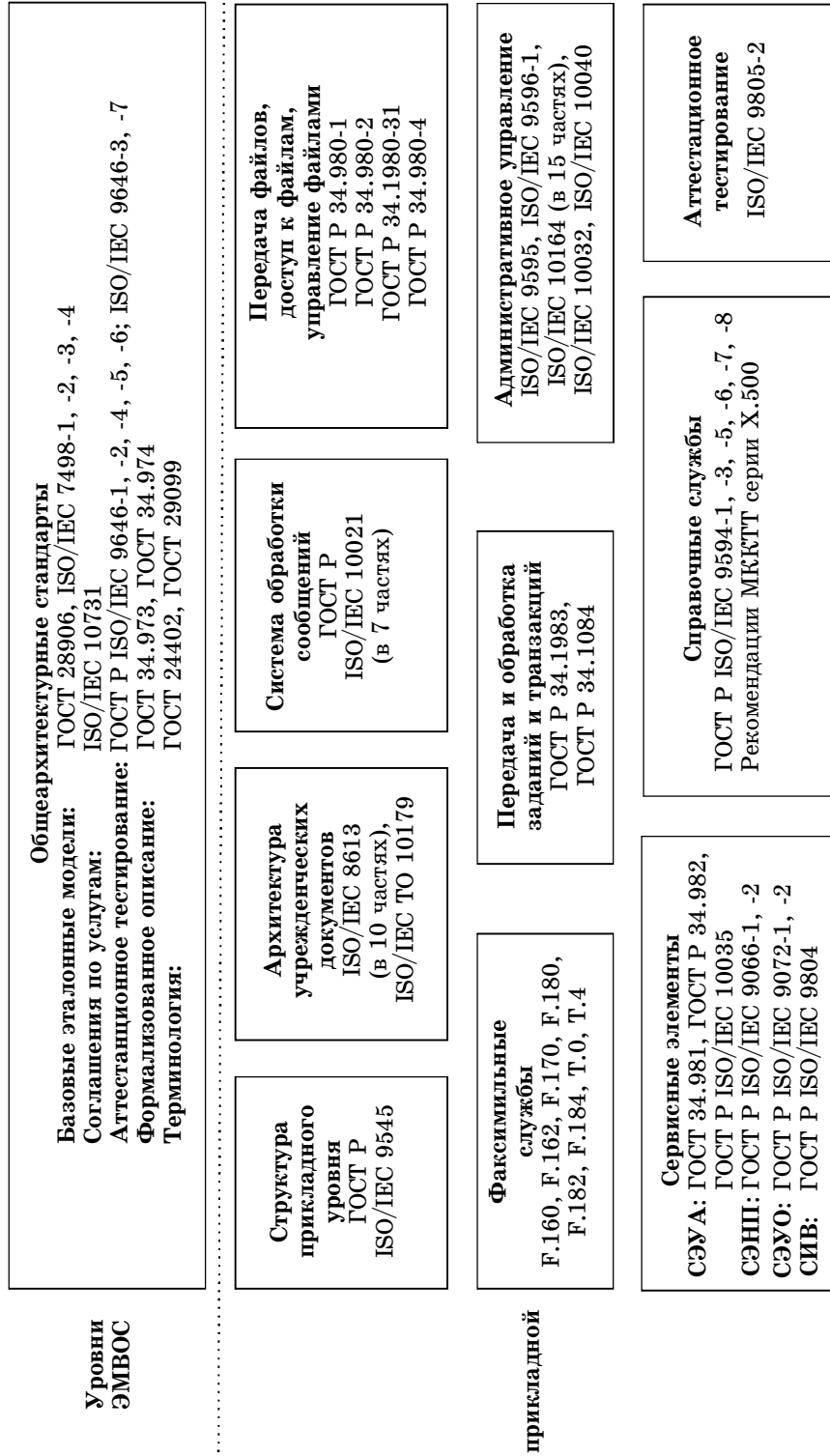


Рис. 2.26 — Общая схема Госпрофиля ВОС России (вторая версия) (см. также с. 51 и 52)

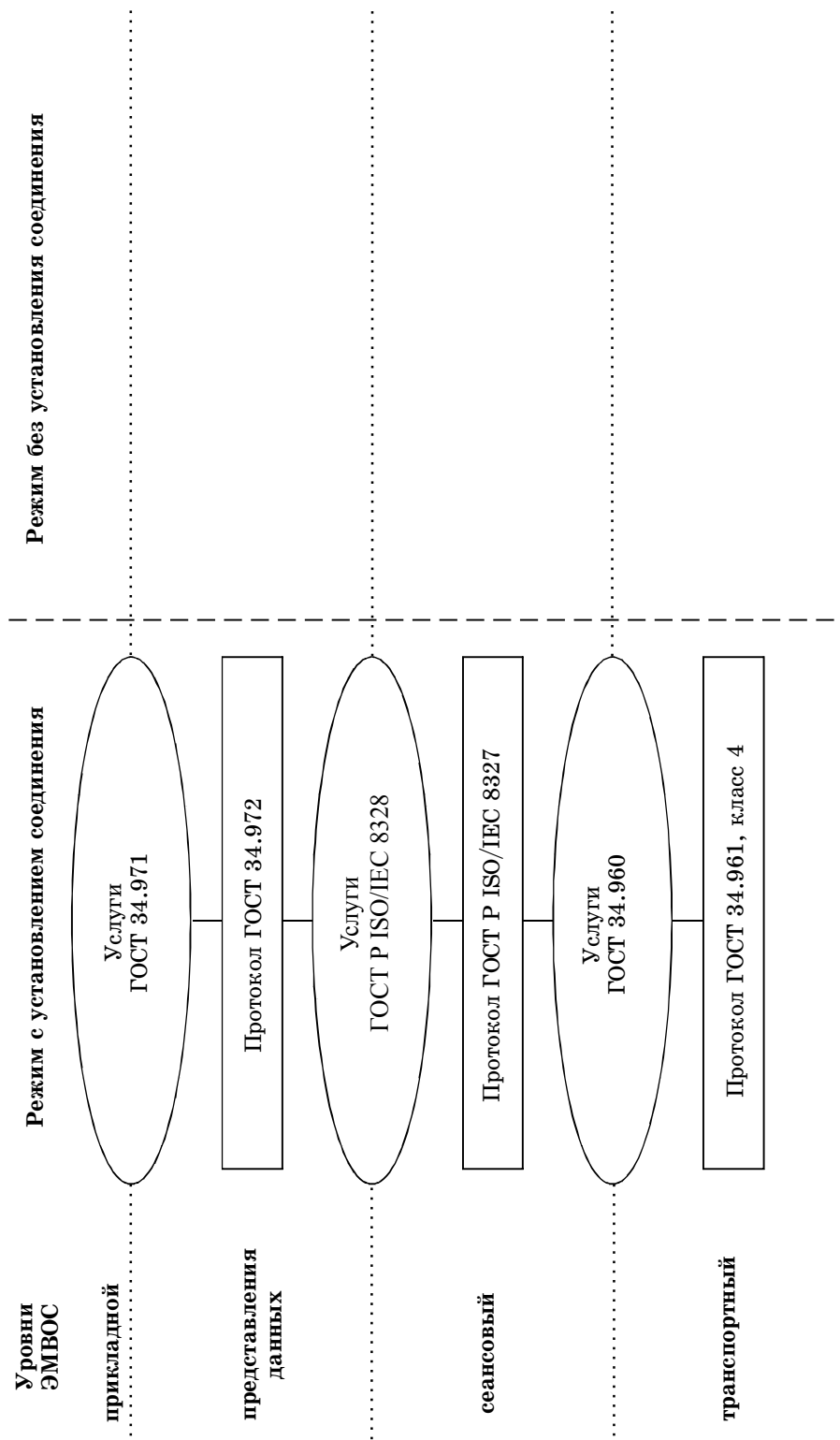


Рис. 2.26 — Продолжение

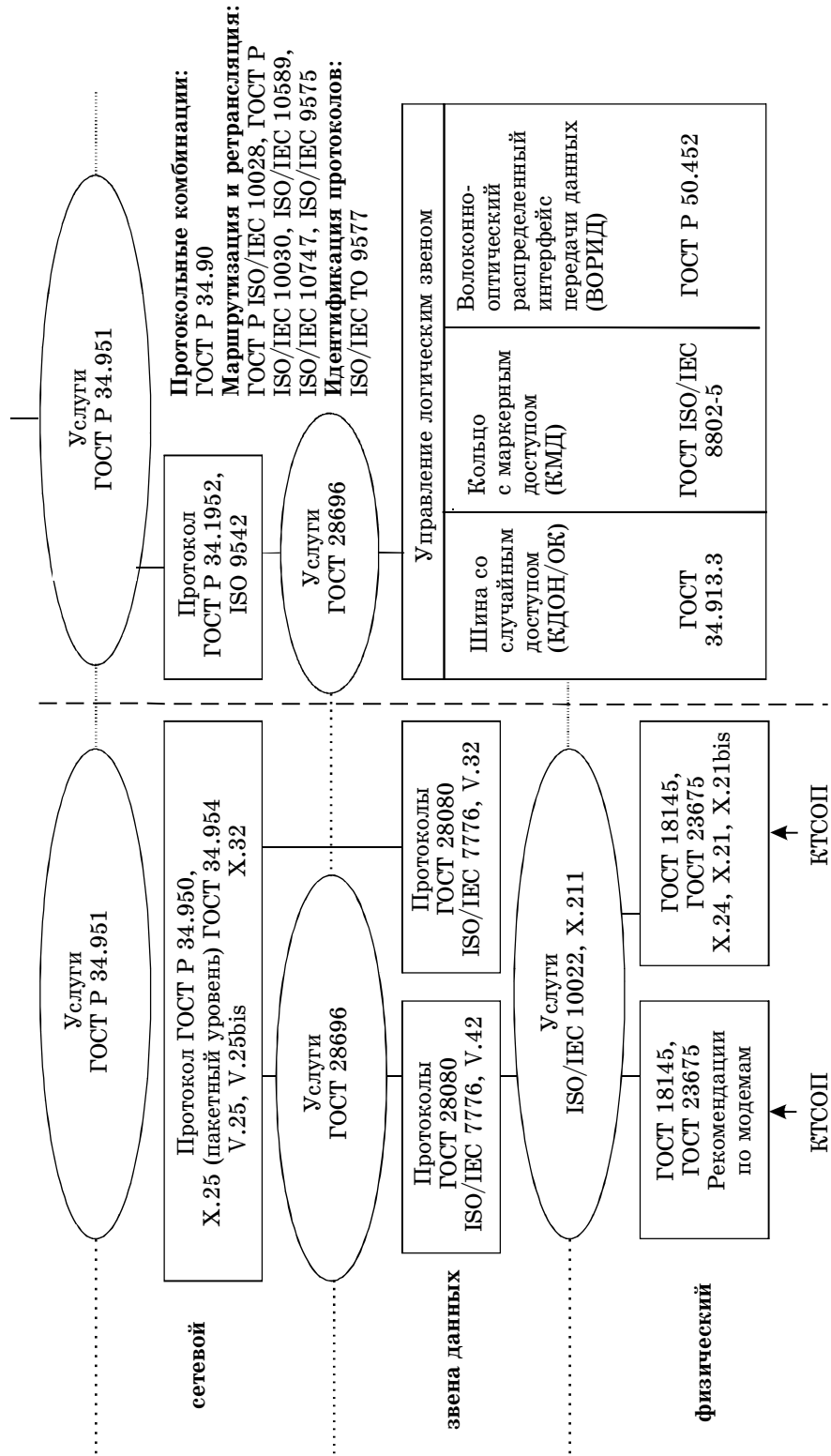


Рис. 2.26 — Окончание

2.9. Протоколы Internet

Наряду со стандартами ITU-T и ISO, в сетях с коммутацией пакетов широко распространены протоколы TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internetwork Protocol — протокол управления передачей / межсетевой протокол), предложенные DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency — Агентством перспективных оборонных исследовательских проектов Министерства обороны США). В начале 1970-х гг. была создана сеть ARPANET, в основу которой положена упомянутая пара протоколов TCP и IP. Поставив задачу объединения автономных локальных сетей, DARPA финансировало исследования, проводимые Стэнфордским университетом и компанией BBN (Bolt, Beranek & Newman). Глобальная сетевая среда, определяемая стеком протоколов TCP/IP и состоящая из соединенных сетей, получила название сети Internet. Большой вклад в развитие стека TCP/IP внес университет Беркли, реализовав протоколы стека в своей версии операционной системы BSD UNIX (версия Berkeley Software Distribution), созданной в Калифорнийском университете. Работы, выполненные в этом университете, положили начало и первым прикладным протоколам семейства TCP/IP.

В 1977 г. TCP/IP начали использовать другие компьютерные сети для подключения к ARPANET. С 1984 г. Национальный научный фонд США (National Science Foundation) начал инвестировать научную компьютерную сеть NSFNET, объединившую научные центры и университеты США. В качестве основы сети были выбраны протоколы семейства TCP/IP. В это время к NSFNET примкнули NASA (Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства), DOE (Министерство энергетики), DOD (Министерство обороны) и National Institutes of Health (Национальная организация здравоохранения) [16]. Таким образом образовались шесть первых сегментов СПД: gov, mil, edu, corn, org и net. Начиная с 1986 года можно реально говорить о становлении глобальной компьютерной сети США — Internet.

1989 г. — последний год ARPANET. В 1983 г. из ARPANET выделилась MILNET, объединившая военные организации. Руководство ARPANET не сочло возможным войти в проект NSFNET, поэтому дальнейшее развитие Internet продолжалось без ARPANET.

В настоящее время узлы Internet существуют на всех континентах и объединяют по данным «Internet Society» (организации, призванной координировать усилия по управлению и стандартизации этого сетевого сообщества) за 1995 г. 6,6 млн главных вычислительных машин (ГВМ), 200 тысяч сегментов и 70 тысяч независимых сетей. Ежедневный трафик в 1997 г. составил 11 Тбайт. К концу века число пользователей сети составило около 700 млн человек (данные IBM).

Протоколы Internet можно использовать для передачи сообщений через любой набор объединенных между собой сетей [13]. Они в равной мере пригодны для связи как в локальных, так и в глобальных сетях. Комплект протоколов Internet включает в себя не только спецификации низших уровней (как TCP и IP), но также спецификации для таких общих применений, как почта, эмуляция терминалов и передача файлов.

Центральный орган Internet, называемый IAB (Internet Activities Board), был создан в 1989 г. Он включил в себя два подкомитета: исследовательский — IRTF (Internet Research Task Force) и «законодательный» — IETF

(Internet Engineering Task Force). IETF — основная структура Internet, ведающая вопросами стандартизации, принимающая стандарты RFC (Requests for Comments — запросы для комментариев) и являющаяся международной организацией, включающей большие секции (по направлениям), внутри которых, в свою очередь, формируются рабочие группы (по задачам).

RFC публикуются, а затем рецензируются и анализируются специалистами по Internet. Все принятые IETF стандарты RFC, а также другие заслуживающие внимания материалы, общедоступны внутри Internet через электронную почту, файловые серверы и др. Уточнения к протоколам публикуются в новых RFC. Взятые вместе, RFC представляют собой комплект протоколов для открытой системы, который сегодня является самым популярным в мире.

В Internet также существует орган, ответственный за распространение технической информации, работу по регистрации и подключению пользователей к Internet и решение ряда административных задач, таких как распределение адресов. Этот орган называется Центром сетевой информации ЦСИ (NIC — Network Information Center).

Под семейством протоколов TCP/IP в широком смысле понимают весь набор стандартов RFC. Однако общим и основополагающим элементом для всех этих протоколов является Internet Protocol (IP). Этот протокол, собственно, и реализует распространение информации по IP-сети. Его значение как технологической основы сети Internet очень велико. На рис. 2.27 представлены некоторые из наиболее важных протоколов Internet и их связь с эталонной моделью OSI.

Уровни OSI						Уровни TCP/IP	
7	NFS, XDP, RPC	SNMP	FTP	telnet	SMTP	TFTP	1. Прикладной
6	TCP					UDP	2. Транспортный
5							3. Межсетевого взаимодействия
4							
3	IP	ICMP	RIP	OSFP	ARP		4. Сетевых интерфейсов
2	Не регламентируется						
1	...Ethernet, Token Ring, X.25, SLIP, PPP...						

Рис. 2.27 — Соответствие уровней стека TCP/IP и ЭМВОС

Ниже перечислены некоторые протоколы, входящие в стек TCP/IP, и приведены их основные функции. Назначение оставшихся протоколов будет приводиться далее по тексту.

- Протокол IP (RFC-760, RFC-791) ориентирован на использование IP-дейтаграмм (IP-пакетов) с целью их передачи из одной сети в другую (сетевой уровень OSI) (рис. 2.28).

- Транспортный уровень Internet реализуется TCP (RFC-793 и RFC-761) и протоколом дейтаграмм пользователя (UDP — User Datagram Protocol RFC-768). TCP обеспечивает транспортировку данных с установлением соединения, в то время как UDP работает без установления соединения. Протокол TCP организует создание виртуальных каналов, проходящих через коммуникационную сеть, поэтому относится к транспортному уровню OSI. Задача протокола TCP — предоставление сервиса передачи дейтаграмм с гарантией упорядоченной доставки последовательностей блоков данных. Протокол UDP намного проще, чем TCP; он полезен в ситуациях, когда мощные механизмы обеспечения надежности протокола TCP необязательны.

Комплект протоколов Internet включает в себя большое число протоколов высших уровней, представляющих самые разнообразные применения, в том числе управление сетью, передачу файлов, распределенные услуги пользования файлами, эмуляцию терминалов и электронную почту. На рис. 2.27 показана связь между наиболее известными протоколами высших уровней Internet и приложениями, которые они поддерживают.

- Протокол передачи файлов FTP (File Transfer Protocol, RFC-959) обеспечивает перемещение файлов между компьютерными системами.

- Telnet — протокол удаленного доступа; описан в RFC-854 (май, 1983 г.); обеспечивает виртуальную терминальную эмуляцию, то есть определяет интерфейс, называемый виртуальным сетевым терминалом (NVT — Network Virtual Terminal), который представляет структуру данных (порождаемых и отображаемых терминалом), алфавит, управляющие символы и порядок обмена управляющей информацией и данными, что позволяет клиенту и серверу абстрагироваться от собственных аппаратных особенностей и устанавливать требуемый формат данных.

- Простой протокол управления сетью SNMP (Simple Network Management Protocol, RFC-1157, RFC-1451) является протоколом управления сетью, используемым для сообщения об аномальных условиях и установления значений допустимых порогов в сети.

- Комбинация протоколов NFS (Network File System, RFC-1094 — система сетевых файлов (UNIX)), XDP (External Data Representation, RFC-1014 — представление внешней информации) и RPC (Remote Procedure Call, RFC-1057 — вызов процедуры обращений к отдаленной сети RFC-1050-1057) обеспечивает прозрачный доступ к ресурсам отдаленной сети.

- Простой протокол передачи почты SMTP (Simple Mail Transfer Protocol, RFC-821) обеспечивает механизм передачи электронной почты.

- DNS (Domain Name System — база данных имен доменов, RFC 1034, RFC 1035).

- TFTP (Trivial File Transfer Protocol — простейший протокол передачи файлов, RFC-783).

- RIP (Routing Internet Protocol — протокол межсетевой маршрутизации, RFC-1058).

- ARP (Address Resolution Protocol — протокол разрешения адреса, RFC-826) — определение локального адреса по IP-адресу.

- SLIP (Serial Link Interface Protocol — протокол последовательного канального интерфейса, RFC-1055) — обеспечивает передачу по линии связи последовательности символов через RS-232C.

- PPP (Point to Point Protocol, RFC-1661) — протокол, пришедший на смену устаревшему протоколу SLIP (дуплекс; возможная интеграция RS-422, RS-423, V.35).

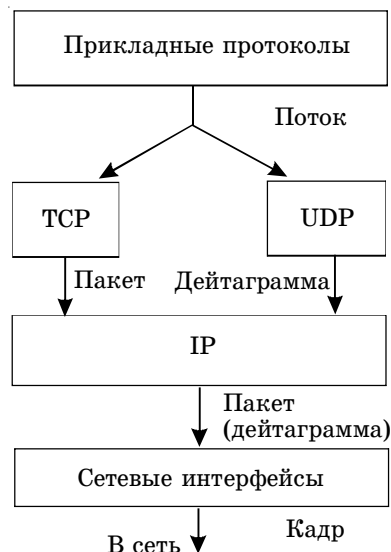


Рис. 2.28 — Названия единиц данных, используемых в TCP/IP

Internet является обширным полем для практических приложений многих информационных технологий (рис. 2.29). Одной из старейших технологий является система телеконференций Internet – USENET, корни создания которой уходят в 1979 год, когда в Университете штата Северная Каролина (США) два местных аспиранта Том Траскот (Tom Truscott) и Джим Эллис (Jim Ellis) на основе протокола UUCP (Unix-to-Unix Copy Protocol — протокола копирования в среде Unix) создали систему обмена новостями между двумя компьютерами. Далее эта система стала активно развиваться и к настоящему времени приобрела форму глобальной распределенной информационной системы.

Новейшей и наиболее популярной информационной технологией в Internet является информационная сеть WORLD WIDE WEB (**WWW** или W^3). Начало этой сети было положено в марте 1989 г., когда сотрудник Международного европейского научного центра Тим Бернерс-Ли (Tim Berners-Lee) предложил концепцию новой распределенной информационной системы (проект «Гипертекст для CERN»), которую назвал WORLD WIDE WEB (W^3). В 1990 году предложение было принято.

Тип доступа	Вид доступа	
	Системы персонального информационного обмена	Системы коллективного информационного обмена
Интерактивные системы (« <i>real-time</i> », « <i>on-line</i> », оперативный доступ)	<i>Talk</i> – программа информационного обмена, реализующая принцип телефона	IRC-система, реализующая принцип телемоста
Системы «отложенных» сообщений (« <i>non-real-time</i> », « <i>off-line</i> »)	<i>e-mail</i> – электронная почта	<i>Listserv</i> – система серверов почтовых списков BITNET; <i>USENET</i> – система телеконференций Internet; BBS электронные доски объявлений

Рис. 2.29 — Некоторые средства информационного обмена в Internet

Результатом успешного развития W^3 является образование в 1994 году WWW-консорциума, в который, в частности, вошли Массачусетский технологический институт (MIT, США) и Национальный институт информатики и автоматки (INRA, Франция).

WWW или W^3 (World Wide Web — служба глобального соединения) — сетевая служба, создающая гиперсреду доступа в базы данных сети Internet: большой граф, вершинами которого являются документы, а слова и фразы документов определяют их взаимодействие. В результате документы располагаются в многочисленных базах данных серверов и их ассоциативные связи образуют в Internet паутину перекрестных ссылок друг на друга.

Фундаментом WWW являются следующие документы и постулаты:

- язык гипертекстовой разметки документов HTML (Hyper Text Markup Language — гипертекстовый высокоуровневый язык);
- универсальный способ адресации URL (Universal Resource Locator, RFC-1630) — гипертекстовые ссылки;
- протокол доставки гипертекстовых сообщений HTTP (HyperText Transfer Protocol);

- универсальный межсетевой интерфейс CGI (Common Gateway Interface);
- WWW построена по схеме «клиент — сервер».

Документы серверов WWW написаны в соответствии с правилами HTML, использующего язык SGML (Standard Generalized Markup Language — стандартный обобщенный язык представления). Серверы обеспечивают навигацию в сети Internet.

Все базы данных, входящие в службу WWW, имеют *единый графический интерфейс пользователя*, определяемый программой Mosaic.

Протокол передачи гипертекста **HTTP** (HiperText Transfer Protocol) является службой глобального соединения, позволяет пользователю взаимодействовать с тысячами баз данных и характеризуется следующими особенностями:

- использованием технологии окон и пиктограмм.
- возможностью передвижений абонентов по гиперсреде.
- работой с любыми видами данных.
- поддержкой диалога с данными.
- запоминанием истории переходов в гиперсреде.

Предшественники WWW — системы Gopher и WAIS. Просмотр информации на Gopher-сервере организуется с помощью древовидного меню, аналогичного дереву каталогов (папок) файловой системы. WAIS (Wide Area Information System — информационная система широкого пользования) имеет последовательный интерфейс для поиска информации в базах данных Internet. WAIS разрешает подключаться непосредственно к WAIS-серверу для работы только с информацией от других WAIS-серверов. Конечный WAIS-сервер подключается к выбранной базе данных, выполняет запрос, возвращает результаты поиска.

WWW устраняет недостатки Gopher и WAIS. Этот ресурс позволяет работать только с одним видом программ-клиентов (так называемыми browsers — просмотрщиками WWW), которые способны связываться с разнообразными ресурсами через единый пользовательский интерфейс (CUI — Common User Interface). Используются метод HTTP и язык HTML в формате ASCII.

Важнейшей функцией протокола IP является **маршрутизация** пакетов. Центральным элементом схемы алгоритма маршрутизации пакетов в узле IP является маршрутизационный вычислитель. На его вход поступают пакеты от вышележащих уровней (протоколы TCP, UDP), от системы разрешения конфликтных ситуаций ICMP (Internet Control Message Protocol, ICMP, RFC-792), например контрольное сообщение о потере пакета от нижних уровней через сетевой интерфейс. Маршрутизационный вычислитель работает с *маршрутной таблицей* (Routing Table), которая указывает маршрут передачи пакета с заданным адресом. *Статическая* маршрутизация жестко определяет заданные маршрутные таблицы. Наиболее приемлема она для небольших сетей. Маршрутизатор, обслуживающий сеть, обязан знать все о своей сети, однако информацией о внешних сетях он может не обладать и обращаться при необходимости к владеющим этой информацией внешним маршрутизаторам. Сущность *динамического* вида маршрутизации заключается в обновлении и корректировке информации в маршрутных таблицах всех сетевых узлов (*host*) на основе обмена служебной информацией со смежными узлами. Алгоритмы динамической маршрутизации реализует программа *маршрутизационный демон* (демоном в ОС UNIX называют процесс, запускаемый при загрузке ядра ОС и работающий в фоновом режиме вплоть до выключения машины). Задачи распространения информации по достижимости

узлов сети (устранение неопределенности) решают два протокола: EGP (Exterior Gateway Protocol, RFC-904) и пришедший ему на смену BGP (Border Gateway Protocol, RFC-1771). При выборе маршрута помимо информации о достижимости узла необходимо оптимизировать путь к нему. Существует три основные группы протоколов маршрутизации: протоколы вектора расстояний, состояния канала и политики маршрутизации [13, с. 158].

Первая группа протоколов на основе подсчета промежуточных ретрансляций (*hop count*) вычисляют наиболее короткие пути распространения, определяя число промежуточных маршрутизаторов на пути передачи пакета от данного маршрутизатора до получателя. Это решение традиционно было первым, но оно неоптимально, так как не учитывает реальную пропускную способность линий связи. На основе подсчета ретрансляций работают такие распространенные протоколы динамической маршрутизации, как **GGP** (Gateway Gateway Protocol, RFC-823), обеспечивающий обмен информацией между высокопроизводительными базовыми маршрутизаторами (*core, exterior gateways*), подключаемыми непосредственно к высокоскоростным магистральным каналам сетей (*backbones*), и **RIP**, решающий ту же задачу для менее значимых маршрутизаторов (*interior gateways*).

Протоколы **второй группы** были впервые предложены в 1970 г. Эдсгером Дейкстрой. По Дейкстре топология сети представляется в виде топологического графа, каждому ребру которого приписывается определенное значение, определяемое количественными характеристиками ребра, называемыми метриками. При определении оптимального пути подсчитывается сумма метрик на возможном пути и выбирается путь с наименьшей суммой метрик. Вместо рассылки *соседям* содержимого своих таблиц маршрутизации каждый маршрутизатор осуществляет *широковещательную* рассылку информации о состоянии части канала, примыкающей к нему (список соседних маршрутизаторов и локальных сетей). Такие рассылки производятся по истечении некоторого интервала времени или в случае изменения состояния канала. Примером протокола состояния канала служит **OSPF** (Open Shortest Path First — первый открытый кратчайший путь). Протокол OSPF состоит из трех внутренних протоколов: Hello, Exchange и Flooding. Протокол **Hello** позволяет учесть время задержки передачи пакета, **Exchange** осуществляет начальную синхронизацию баз данных маршрутизаторов, **Flooding** несет ответственность за поддержание синхронизации баз данных всех маршрутизаторов.

К **третьей группе** протоколов относятся протоколы политики (правил) маршрутизации в сетях Internet. В процессе обмена вырабатывается список разрешенных маршрутов на основе анализа операторами сети информации от соседних операторов о маршрутизации. Применяется алгоритм вектора расстояний, базирующийся на списке операторов сети Internet. Примерами протоколов данной группы являются протоколы **EGP** и **BGP**.

В локальных сетях типа Ethernet IP-дейтаграмма (IP-пакет) вкладывается в кадр Ethernet. В дейтаграмму вкладываются пакеты UDP, TCP, ICMP, IGMP (рис. 2.30). Данная процедура получила название инкапсуляции пакетов.

IGMP (Internet Group Management (Multicast) Protocol, RFC 1112) — групповой межсетевой протокол управляющих сообщений.

IP предлагает ненадежную транспортную среду без гарантии благополучной доставки IP-дейтаграммы. При ошибке дейтаграмма отбрасывается, а отправителю посылается соответствующее ICMP-сообщение. Обеспечение надежности возлагается на более высокий уровень — UDP или TCP. **UDP** обес-

печивает доставку дейтаграмм, но не требует подтверждения их получения. Таким образом, если на уровне IP для определения места доставки пакета используется *адрес*, то на уровне UDP — *номер порта*. К заголовку IP добавляются поля: порт отправителя, порт получателя, длина UDP-дейтаграммы и контрольная сумма.

Семейство протоколов TCP/IP содержит до сотни наименований [21]. В настоящее время разработан новый, более совершенный стек протоколов IPv6 (RFC-1881, RFC-1883 ÷ RFC-1887, RFC-1924, RFC-1933).

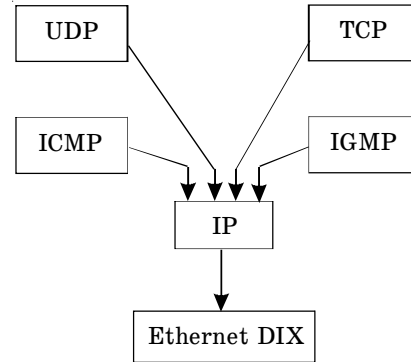


Рис. 2.30 — Инкапсуляция пакетов

2.10. Соответствие популярных стеков протоколов модели кSI

В настоящее время в сетях используется большое количество стеков коммуникационных протоколов (рис. 2.31). Наиболее популярными являются стеки TCP/IP, IPX/SPX, NetBIOS/SMB, DECnet, SNA и OSI [22].

Уровни ЭМВОС	Стек TCP/IP	Стек NetBIOS/SMB (IBM/Microsoft)	Стек IPX/SPX (Novell)	Стек OSI
7	Telnet, FTP, SNMP, SMTP	SMB (взаимодействие рабочих станций с сервером)	NCP SAP	X.500 X.400 FTAM
6				Представительный протокол OSI
5	TCP UDP	NetBIOS, NetBEUI (маршрутизация отсутствует)		Сеансовый протокол OSI
4			SPX	Транспортный протокол OSI
3	IP, RIP, OSPF		IPX, RIP, NLSP	ES-IS, IS-IS
2	802.3 (Ethernet), 802.5 (Token Ring), FDDI, Fast Ethernet, Slip, 100VG-Any LAN, X.25, ATM, LAP-B, LAP-D, PPP			
1	Коаксиал, экранированная (STP) и неэкранированная (UTP) витая пара, оптоволокно (ВОЛС), радиоволны			

Рис. 2.31 — Соответствие популярных стеков протоколов модели OSI

На рис. 2.31 приняты следующие обозначения:

- **SMB** (Server Message Block) — файловая служба, служба печати и передачи сообщений между приложениями;
- **Net BIOS** (Network Basic Input /Output System, 1989 г.) — базовая сетевая система ввода/вывода фирмы IBM. Этот стек широко используется компаниями IBM и Microsoft. На верхних уровнях ЭМВОС здесь работают протоколы Net BEUI и SMB;

- **NetBEUI** (Net BIOS Extended User Interface) — расширенный пользовательский интерфейс Net BIOS;
 - **NCP** (Net Ware Core) — основополагающий протокол ОС Net Ware, реализует архитектуру клиент-сервер на верхних уровнях OSI;
 - **IPX** (Internetwork Packet Exchange) — межсетевой пакетный обмен;
 - **SPX** (Sequenced Packet Exchange) — последовательный пакетный обмен.
- Протоколы IPX и SPX связаны непосредственно с операционной системой NET WARE фирмы NOVELL. Вначале это было адаптацией протоколов XNS фирмы XEROX;
- **SAP** (Service Advertising Protocol) — протокол объявления о сетевом сервисе (подобен RIP); дает возможность сетевым устройствам обмениваться информацией о сетевых сервисах;
 - **NLSP** (Netware Link Services Protocol) — протокол канального сервиса Netware (смешанная сеть).

До 1996 г. лидером был стек IPX/SPX компании NOVELL, но с 1998 г. бесспорное лидерство перешло к стеку TCP/IP (рис. 2.32) [22].

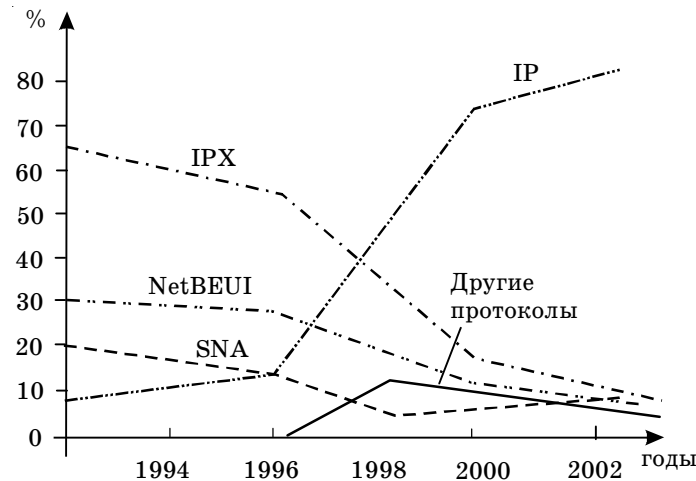


Рис. 2.32 — Доля стеков протоколов в общемировой сетевой базе

Следует различать понятия модели OSI (ЭМВОС) и стека OSI. Стек OSI представляет собой набор вполне конкретных спецификаций протоколов:

- X.400 — протоколы электронной почты;
- X.500 — протоколы справочной службы;
- FTAM (File Transfer Access and Management) — передача, доступ и управление файлами.

Объединенные сети OSI используют уникальную терминологию. Термин «конечная система» (ES — End System) относится к любому узлу сети, который не занимается маршрутизацией; термин «промежуточная система» (IS — Intermediate System) относится к маршрутизатору (роутеру). На этих терминах базируются протоколы OSI ES-IS и IS-IS (маршрутизация между IS).

- ES-IS (End System to Intermediate System — конечная система — промежуточная система, ISO 9542) в большей мере является протоколом обнаружения, чем протоколом маршрутизации. Через ES-IS системы ES и IS узнают друг о друге. Этот процесс известен как конфигурация (Configuration). ES-IS переносит как адреса сетевого уровня, так и адреса подсетей. Адреса сетевого уровня OSI идентифицируют либо точку доступа к услугам сети (NSAP), ко-

торая представляет собой интерфейс между уровнями 3 и 4, либо титул объекта сети (NET), который является объектом сетевого уровня в OSI.

- IS-IS (Intermediate System to Intermediate System — Intra-Domain Routing Exchange Protocol (IS-IS)) — протокол о внутридომенной маршрутизации промежуточных систем, ISO 10589 (от роутера к роутеру). IS-IS базируется на работе, которая была впервые выполнена Digital Equipment Corporation при разработке Phase V DECnet. Хотя IS-IS предназначался для маршрутизации в сетях протокола CLNP ISO, со временем была разработана одна из его версий для поддержки как сетей CLNP, так и сетей IP. На эту версию IS-IS обычно ссылаются как на Integrated IS-IS (интегрированный); ее также называют Dual IS-IS (двойственный). С чисто технологической точки зрения IS-IS почти аналогичен протоколу маршрутизации OSPF. Оба протокола являются протоколами с указанием состояния канала, они обеспечивают различные характеристики, которые не обеспечивает RIP, в том числе иерархии маршрутизации (Routing Hierachies), дробление путей (Path Splitting), обеспечение типа услуги (TOS — Type-of-service), удостоверение (Authentication), поддержка нескольких протоколов сетевого уровня и поддержка совместно с протоколом Integrated IS-IS масок подсети переменной длины.

Каждая ES принадлежит конкретной области. ES обнаруживают ближайшую IS путем прослушивания пакетов ISH. Если какая-нибудь ES захочет отправить пакет в другую ES, она направляет пакет в одну из IS сети, к которой непосредственно подключена. Маршрутизатор просматривает адрес пункта назначения и продвигает пакет по наилучшему маршруту.

2.11. Особенности стандартизации протоколов для локальных сетей

Группа Проекта 802 IEEE разработала стандарт IEEE 802.1, который описывает общие проблемы построения локальных сетей. Этот же стандарт определяет интерфейс с верхними уровнями.

Рекомендации IEEE связаны главным образом с двумя нижними уровнями модели OSI — физическим и канальным (рис. 2.33). Эти рекомендации делят канальный уровень на 2 подуровня: нижний — MAC (Media Access Control — управление доступом к физической среде) и верхний — LLC (Logical Link Control — управление логическим каналом), регламентирующий обмен данными между абонентами и административными системами.

Модель OSI	Модель IEEE 802				
Верхние уровни	Верхние уровни	802.1 Интерфейс с верхними уровнями			
Канальный	LLC	802.2 Управление логическим каналом			
	MAC	802.3 CSMA/CD	802.4 TPMA	802.5 Token Ring	802.6 DQDB
Физический	PHY				
↕	↕	↕	↕	↕	↕
ФСС	ФСС	Моно-канал	Моно-канал	Циклическое кольцо	Моно-канал

Рис. 2.33 — Архитектура уровней IEEE 802

Определяется также так называемый уровень 0, который характеризует физические средства соединения (ФСС). Стандарты предусматривают использование двух ФСС: моноканал и циклическое кольцо.

Часть стандартов IEEE (802.1 — 802.11) была адаптирована ISO (8801-1 — 8802-11 соответственно), получив статус международных стандартов. В литературе, однако, гораздо чаще упоминаются исходные стандарты IEEE 802.3, а не международные ISO/IEC 8802-3.

Ниже приведено краткое описание стандартов IEEE 802.X.

- **802.1** — архитектурная взаимосвязь с ФСС и другими сетями; задает также стандарты управления сетью на MAC-уровне, включая алгоритм Spanning Tree. Этот алгоритм используется для обеспечения единственности пути (отсутствия петель) в многосвязных сетях на основе мостов и коммутаторов с возможностью замены альтернативным путем в случае выхода из строя узлов данного пути. Документы также содержат спецификации сетевого управления и межсетевого взаимодействия.

- **802.2** — логический канал LLC; определяет функционирование подуровня LLC на канальном уровне модели OSI. LLC обеспечивает интерфейс между доступом к среде и сетевым уровнем. Прозрачные для вышележащих уровней функции LLC включают кадрирование, адресацию, контроль ошибок. Этот подуровень используется в спецификации 802.3 Ethernet, но не включен в спецификацию Ethernet II.

- **802.3** — моноканал CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection — множественный доступ с контролем передачи и обнаружением столкновений). Описывает физический уровень и подуровень MAC для сетей с немодулированной передачей (Baseband Networks), использующих шинную топологию и метод доступа CSMA/CD. Этот стандарт был разработан совместно с компаниями Digital, Intel, Xerox и весьма близок к стандарту Ethernet. Однако стандарты Ethernet II и IEEE 802.3 не полностью идентичны, и для обеспечения совместимости разнотипных узлов требуется принимать специальные меры. 802.3 также включает технологии Fast Ethernet (100BaseTx, 100BaseFx, 100BaseFl, протокол IEEE 802.3U) и Gigabit Ethernet (протокол IEEE 802.3z). До пяти сегментов сети при помощи повторителей могут соединяться друг с другом.

В качестве физической среды стандартом 802.3 определены два типа коаксиального кабеля, витая пара проводников и оптоволоконный кабель. Соответственно различают четыре типа спецификации передающей среды: 10BASE-5 (толстый коаксиальный кабель с диаметром центрального медного провода 2,17 мм) [23, с. 201], 10BASE-2 (тонкий коаксиальный кабель с диаметром центрального медного провода 0,89 мм), 10BASE-T (витая пара проводников категории 3 и длиной кабеля до 100 м) [23, с. 208] и 10BASE-F (оптоволоконный кабель) [23, с. 210].

Характеристики некоторых низкоскоростных LAN показаны в табл. 2.4 [1, с. 239].

- **802.4** — моноканал (маркерная шина) TPMA (Token Passing Multiple Access — множественный доступ с передачей полномочий (маркера)). Организуется на основе широкополосных каналов.

- **802.5** — Token Ring (маркерное кольцо) — передача полномочия через неэкранированную витую пару UTP (16 Мбит/с). Описывает физический уровень и подуровень MAC для сетей с кольцевой топологией и передачей маркеров (tokens) [24, с. 23]. Этому стандарту соответствуют сети IBM Token Ring 4/16 Мбит/с. FDDI (Fiber Distributed Data Interface — оптоволоконный рас-

пределенный интерфейс данных) во многом соответствует протоколу 802.5 (рис. 2.34).

Таблица 2.4

Характеристики некоторых низкоскоростных LAN

	10Base-5 Ethernet	10Base-2 Ethernet	10Broad-36 широкополосный Ethernet	1Base-5 Starlan	10 Base-1 Starlan
Скорость передачи, мбит/с	10	10	10	1	10
Физическая среда	«толстый» коаксиальный кабель	«тонкий» коаксиальный кабель	TV коаксиальный кабель	Витая пара	Витая пара
Длина сегмента, м	500	200	3600	500	100
Топология	Магистраль	Магистраль	Магистраль	Звезда	Звезда

2B	LLC	Управление логическим каналом
2A	MAC	Управление доступом к ФСС
1B		Физический промежуточный подуровень
1A		Физический подуровень, зависящий от ФСС

Рис. 2.34 — Подуровни FDDI

- **802.6** — распределенная двойная шина с очередями DQDB (Distributed Queue Double Bus); использование мостов.

- **802.7** — группа по широкополосным каналам (уровень 0, ФСС).

- **802.8** — группа по оптическим каналам (уровень 0, ФСС). Документ содержит обсуждение использования оптических кабелей в сетях 802.3 – 802.6, а также рекомендации по установке оптических кабельных систем.

- **802.9** (интегрирование СПД и речи; кодирование; множественный доступ и управление при высоких скоростях) — отчет рабочей группы по интеграции голоса и данных. Документ задает архитектуру и интерфейсы устройств для одновременной передачи данных и голоса по одной линии. Стандарт 802.9, принятый в 1993 г., совместим с ISDN и использует подуровень LLC, определенный в 802.2, а также поддерживает кабельные системы UTP (неэкранированные кабели из скрученных пар).

- **802.10** — проблема безопасности данных, модель, кодирование, управление, организация соединений, передача без соединений. В этом отчете рабочей группы по безопасности ЛВС рассмотрены вопросы обмена данными, шифрования, управления сетями и безопасности в сетевых архитектурах, совместимых с моделью OSI.

- **802.11** — стандарт для локальных беспроводных сетей WLAN (Wireless LAN), носящий торговую марку Wi-Fi (Wireless Fidelity). Предусмотрена

передача сигнала одним из двух методов — прямой последовательности (DSSS — Direct Sequence Spread Spectrum) и частотных скачков (FHSS — Frequency Hopping Spread Spectrum) — в двух частотных диапазонах: 902–928 и 2400–2483,5 МГц.

- **802.11a.** Данная версия является «боковой ветвью» основного стандарта 802.11. Для увеличения пропускной способности канала здесь используется диапазон частот передачи 5,5 ГГц. Для передачи в 802.11a применяется метод множества несущих, когда диапазон частот разбивается на подканалы с разными несущими частотами OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), по которым поток передается частями параллельно. Использование метода квадратурной фазовой модуляции позволяет достичь пропускной способности канала 54 Мбит/с.

- **802.11b.** Этот стандарт является наиболее популярным на сегодняшний день и, собственно, он и носит торговую марку Wi-Fi. Как и в первоначальном стандарте IEEE 802.11, в данной версии для передачи используется диапазон 2,4 ГГц. Он не затрагивает канальный уровень и вносит изменения в IEEE 802.11 только на физическом уровне. Для передачи сигнала используется метод прямой последовательности DSSS, при котором весь диапазон делится на пять перекрывающих друг друга поддиапазонов, по каждому из которых передается информация. Значения каждого бита кодируются последовательностью дополнительных кодов (Complementary Code Keying). Пропускная способность канала при этом составляет 11 Мбит/с.

- **802.11c.** Стандарт, регламентирующий работу беспроводных мостов. Используется производителями беспроводных устройств при разработке точек доступа.

- **802.11d.** Стандарт определяет требования к физическим параметрам каналов (мощности излучения и диапазонам частот) и устройствам беспроводных сетей с целью обеспечения их соответствия законодательным нормам различных стран.

- **802.11e.** Создание стандарта связано с использованием средств мультимедиа. Он определяет механизм назначения приоритетов разным видам трафика, таким как аудио- и видеоприложения.

- **802.11f.** Стандарт, связанный с аутентификацией, определяет механизм взаимодействия точек связи между собой при перемещении клиента между сегментами сети. Другое название стандарта — Inter Access Point Protocol.

- **802.11g.** Цель разработки стандарта — повышение пропускной способности канала до 54 Мбит/с при условии совместимости с начальными версиями (использование диапазона 2,4 ГГц). Можно считать, что 802.11g является симбиозом стандартов 802.11a и 802.11b. Для совместимости в данном методе обязательным является как кодирование с помощью Complementary Code Keying, так и мультиплексирование частот с помощью Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Прямая и обратная совместимость предусматривают возможность работы устройств стандарта 802.11g в сетях 802.11b и наоборот.

- **802.11h.** Разработка стандарта связана с проблемами использования 802.11a в Европе, где в диапазоне 5 ГГц работают некоторые системы спутниковой связи. Для предотвращения взаимных помех стандарт 802.11h имеет механизм «квазиинтеллектуального» управления мощностью излучения и выбором несущей частоты передачи.

- **802.11i.** Целью создания данной спецификации является повышение уровня безопасности беспроводных сетей. В ней реализован набор защитных

функций при обмене информацией через беспроводные сети, в частности, технология AES (Advanced Encryption Standard) — алгоритм шифрования, поддерживающий ключи длиной 128, 192 и 256 бит. Предусматривается совместимость всех используемых в данное время устройств, в частности Intel Centrino с 802.11i-сетями.

- **802.11j.** Спецификация предназначена для Японии и расширяет стандарт 802.11a добавочным каналом 4,9 ГГц.

- **802.11n.** Перспективный стандарт, находящийся на сегодняшний день в разработке, который позволит поднять пропускную способность сетей до 100 Мбит/с.

- **802.11r.** Стандарт предусматривает создание универсальной и совместимой системы роуминга для возможности перехода пользователя из зоны действия одной сети в зону действия другой.

- **802.15.** Стандарт для беспроводных персональных сетей WPAN (Wireless Personal Area Network) с малым, не более 15 м, радиусом действия.

- **802.15.1.** Этот стандарт базируется на спецификации Bluetooth v.1.1 и определяет уровни управления доступом.

- **802.15.2.** Определяет схемы взаимодействия устройств 802.11 и 802.15.

- **802.15.3.** Разрабатывается как высокоскоростной стандарт для сетей масштаба WPAN и предназначен для высокотехнологичных бытовых устройств. Стандарт позволяет достичь скорости передачи до 50 Мбит/с за счет использования полосы 2,4 ГГц и квадратурной манипуляции фазовым сдвигом со смещением (Offset Quadrature Phase Shift Keying).

- **802.15.4.** Предназначен для низкоскоростных WPAN, обслуживающих устройства домашней автоматике и другие несложные устройства. Скорость передачи в этом стандарте составляет не более 250 кбит/с. Используется 16 каналов в диапазоне 2,4 ГГц, 10 каналов в диапазоне 915 МГц и один канал в полосе 868 МГц.

HomeRF, также называемый Shared Wireless Access Protocol (SWAP), увязывает в единое целое все беспроводные каналы WPAN в полосе 2,4 ГГц. Он разработан на базе стандартов DECT и IEEE 802.11.

ZigBee. Это еще один стандарт для домашней беспроводной сети с увеличенным (до 75 м) радиусом действия.

- **802.16.** Стандарт для беспроводных широкополосных сетей WMAN (Wireless Metropolitan Area Network), обслуживающих большие городские территории. В начальной версии стандарт предусматривал использование частотного диапазона 10–66 ГГц. По аналогии с торговой маркой Wi-Fi для сетей WMAN 802.16 используют название WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access).

- **802.16a.** Спецификация принята в январе 2003 года. Главным отличием 802.16a от основной версии 802.16 является полоса частот передачи 2–11 ГГц. Радиус действия — до 50 км. Скорость передачи — до 75 Мбит/с.

- **802.16c.** Спецификация детализирует профили для диапазона 10–66 ГГц.

- **802.16d.** В спецификации уточняются профили взаимодействия для диапазона 2–11 ГГц.

- **802.16e.** Спецификация нормирует физический и MAC-уровни для комбинированных фиксированных и мобильных операций в лицензируемых диапазонах, что позволяет упростить роуминг.

Отметим, что работа комитета 802.2 послужила базой для нескольких стандартов (802.3–802.6, 802.12). Отдельные комитеты (802.7–802.11)

выполняют в основном информационные функции для комитетов, связанных с сетевыми архитектурами.

Разные комитеты 802.X задают разный порядок битов при передаче. Например, 802.3 (CSMA/CD) задает порядок LSB, при котором передается сначала наименее значимый бит (младший разряд). 802.5 (Token Ring) использует обратный порядок MSB, как и ANSI X3T9.5 — комитет, отвечающий за архитектурные спецификации FDDI. Эти два варианта порядка передачи известны как «little-endian» (канонический) и «big-endian» (неканонический) соответственно. Эта разница в порядке передачи имеет существенное значение для мостов и маршрутизаторов, связывающих различные сети.

2.12. Сетевые структуры для глобальных сетей

Термином «глобальные сети» охватываются как компьютерные, так и телефонные, телеграфные, телексы сети, обслуживающие территории значительной протяженности [22]. Крупные телекоммуникационные компании создают глобальные сети общего пользования. Крупные корпорации могут создавать частные сети, например «Транснефть». Часто встречается промежуточный вариант — **корпоративная сеть**, использующая услуги и (или) оборудование сети общего пользования, но дополняющая их собственными.

Наиболее оптимально глобальная сеть строится на основе **выделенных** каналов связи, соединенных между собой с помощью коммутаторов (ЦКП — центров коммутации пакетов). Возможно использование глобальных каналов и без установки транзитных коммутаторов пакетов, работающих по технологии глобальной сети. Такой способ использования глобальных каналов получил название «услуга выделенных каналов» [22, с. 465]. Применение коммутации каналов также возможно, но сопряжено с внесением дополнительных задержек, отказов и разрывов канала по вине сети с коммутацией каналов, а в случае телефонной сети — еще и высокого уровня шумов. Однако вследствие дешевизны телефонных услуг телефонные сети продолжают пользоваться широкой популярностью в глобальных сетях.

Основными типами конечных узлов глобальной сети являются компьютеры, локальные сети, маршрутизаторы и мультиплексоры. Все перечисленные устройства являются для сети терминальными устройствами DTE. Локальная сеть может быть отделена от глобальной с помощью маршрутизаторов или мостов. Каждое устройство типа DTE оснащается устройством DCE (Data Circuit Terminating Equipment), обеспечивающим протокол физического уровня. В глобальных сетях используются DCE трех типов: модемы для работы по выделенным и коммутируемым аналоговым каналам; DSU/CSU — соответственно устройства обслуживания данных (Data Service Unit) и канала (Channel Service Unit) для работы по цифровым выделенным каналам; терминальные адаптеры ТА для работы по каналам ISDN (цифровых сетей с интегрированным обслуживанием). Устройства DTE/DCE размещаются на территории абонента глобальной сети. Для подключения устройств DCE к DTE существуют стандартные интерфейсы, представляющие собой стандарты физического уровня: интерфейсы для синхронного и асинхронного режимов RS-232C/V.24; RS-449/V.10/V.11, спецификации RS-422/V.11(X.27) и RS-423/V.10(X.26); интерфейс только для асинхронного обмена «токовая петля 20 мА»; интерфейсы только для синхронного обмена V.35, X.21, HSSI (High-Speed Serial Interface).

Для передачи данных по аналоговым телефонным коммутируемым каналам ССИТТ (ITU-T) разработал ряд основных стандартов, определяющих скорость и метод кодирования сигналов:

- **V.21** — дуплексная асинхронная передача данных на скорости 300 бит/с;
- **V.22** — дуплексная асинхронная/синхронная передача данных на скорости 1,2 Кбит/с;
- **V.22 bis** — дуплексная асинхронная/синхронная передача данных на скоростях 1,2 и 2,4 Кбит/с;
- **V.26 ter** — дуплексная асинхронная/синхронная передача данных на скоростях 1,2 и 2,4 Кбит/с;
- **V.32** — дуплексная асинхронная/синхронная передача данных на скоростях 4,8 и 9,6 Кбит/с;
- **V.32 bis** — дуплексная асинхронная/синхронная передача на скорости до 14,4 Кбит/с;
- **V.34** — дуплексная передача на скорости до 28,8 Кбит/с;
- **V.34+** — дуплексная передача на скорости до 33,6 Кбит/с.

На практике сегодня в основном применяют модемы, поддерживающие стандарт V.34+, которые могут адаптироваться к качеству линии. Для синхронных интерфейсов между модемом и DTE используются два стандарта автонабора номера: **V.25** и **V.25 bis**. Для модемов, работающих с DTE по асинхронному интерфейсу, разработан протокол коррекции ошибок V.42. В стандарте V.42 основным является протокол LAP-M (Link Access Protocol for Modems). Однако стандарт V.42 поддерживает и процедуры MNP 2-4 (Microcom Networking Protocol) классов 2-4 фирмы Microcom. Почти все современные модемы при работе по асинхронному интерфейсу поддерживают стандарты сжатия данных V.42bis и MNP-5 (обычно с коэффициентом 1:4, некоторые модели — до 1:8). Сжатие данных увеличивает пропускную способность линии связи. Передающий модем автоматически сжимает данные, а принимающий их восстанавливает. При работе модемов по синхронному интерфейсу наиболее популярным является протокол компрессии SDC (Synchronous Data Compression) компании Motorola.

Модемный стандарт **V.90** является технологией, направленной на обеспечение недорогого и быстрого способа доступа пользователей к сетям поставщиков услуг. Этот стандарт обеспечивает асимметричный обмен данными со скоростью 56 Кбит/с из сети и со скоростью 30-40 Кбит/с в сеть. Стандарт совместим со стандартом V.34+. На участке от аналогового модема к телефонной станции выполняется аналого-цифровое преобразование, которое вносит погрешность квантования. Эта погрешность добавляется к другим помехам линии и ограничивает скорость передачи величиной 33,6 Кбит/с. Обратное же цифро-аналоговое преобразование не вносит дополнительного шума, что делает возможным увеличение скорости передачи от телефонной станции к модему пользователя до 56 Кбит/с. Технологии асимметричных модемов рассчитаны на то, что сервер удаленного доступа поставщика услуг корпоративной или публичной сети с коммутацией пакетов подключен к какой-либо АТС телефонной сети по цифровому интерфейсу, например BRI ISDN, или же по выделенному каналу T1/E1. Таким образом, цифровой поток данных, идущий от сервера, постоянно пересылается сетью в цифровой форме и только на абонентском окончании преобразуется в аналоговую. Если же сервер удаленного доступа подключен к телефонной сети по обычному аналоговому окончанию, то даже наличие у сервера модема V.90 не спасет положение — данные

будут подвергаться аналого-цифровому преобразованию и максимальная скорость передачи не сможет превысить 33,6 Кбит/с. При подключении же модемов V.90 к телефонной сети с обеих сторон обычным способом, то есть через аналоговые окончания, они работают как модемы V.34+. Такая же картина будет наблюдаться в случае, если в телефонной сети на пути трафика встретится аналоговый коммутатор.

К телефонным сетям с цифровыми абонентскими окончаниями относятся так называемые службы **Switched 56** (коммутируемые каналы 56 Кбит/с) и цифровые сети с интегрированными услугами ISDN (Intergrated Services Digital Network). Службы Switched 56 предоставляют конечным абонентам цифровые окончания, совместимые со стандартами линий T1. Эта технология не стала международным стандартом, сегодня она вытеснена технологией ISDN. Сети ISDN рассчитаны на передачу не только голоса, но и компьютерных данных, в том числе с помощью коммутации пакетов, за счет чего они получили название сетей с интегрированными услугами. Однако основным режимом работы сетей ISDN остается режим коммутации каналов, а служба коммутации пакетов в этом случае обладает слишком низкой по современным меркам скоростью — обычно до 9600 бит/с.

Выделенные каналы делятся на аналоговые и цифровые в зависимости от того, какого типа коммутационная аппаратура применена для постоянной коммутации абонентов — **FDM** или **TDM**. На аналоговых выделенных линиях для аппаратуры передачи данных физический и канальный протоколы жестко не определены. Отсутствие физического протокола приводит к тому, что пропускная способность аналоговых каналов зависит от пропускной способности модемов, используемых пользователем канала. Именно модем устанавливает нужный ему протокол физического уровня для канала.

На цифровых выделенных линиях протокол физического уровня задан стандартом G.703. На канальном уровне аналоговых и цифровых выделенных каналов обычно используется один из протоколов семейства HDLC или же более поздний протокол PPP, построенный на основе HDLC для связи многопротокольных сетей.

Аналоговые выделенные линии могут быть разделены на две группы по признаку наличия промежуточной аппаратуры частотного уплотнения: FDM-коммутации и усиления (нагруженные линии) или ее отсутствию (ненагруженные физические проводные линии).

Для передачи данных по выделенным нагруженным аналоговым линиям используются следующие типы модемов.

- Модемы, работающие только в асинхронном режиме. Модемы по стандарту **V.23** обеспечивают скорость 1200 бит/с на 4-проводной выделенной линии в дуплексном асинхронном режиме, а по стандарту **V.21** — на скорости 300 бит/с по 2-проводной выделенной линии также в дуплексном асинхронном режиме. Асинхронный режим работы неприхотлив к качеству линии.

- Модемы, работающие только в синхронном режиме. Подключаются только к 4-проводному окончанию. Синхронные модемы дороже асинхронных, поскольку используют для выделения сигнала высокоточные схемы синхронизации и предъявляют высокие требования к качеству линии. Для выделенного канала тональной частоты с 4-проводным окончанием разработано достаточно много стандартов серии V, поддерживающих дуплексный режим: **V.26** — скорость передачи 2400 бит/с; **V.27** — 4800 бит/с; **V.29** — 9600 бит/с; **V.32 ter** — 19200 бит/с. Для выделенного широкополосного канала 60–108 кГц существуют три стандарта: **V.35** — скорость передачи 48 Кбит/с;

V.36 — 48–72 Кбит/с; **V.37** — 96–168 Кбит/с. Коррекция ошибок в синхронном режиме работы обычно реализуется по протоколу HDLC, но допустимы устаревшие протоколы SDLC и BSC компании IBM. Модемы стандартов V.35, V.36 и V.37 используют для связи с DTE интерфейс V.35.

- Модемы, работающие в асинхронном и синхронном режимах, являются наиболее универсальными устройствами. Чаще всего они могут работать как по выделенным, так и по коммутируемым каналам, обеспечивая дуплексный режим работы. На выделенных каналах они поддерживают в основном 2-проводное окончание и гораздо реже — 4-проводное.

Для асинхронно-синхронных модемов разработан ряд стандартов серии V: **V.22** — скорость передачи до 1200 бит/с; **V.22 bis**, **V.26 ter** — до 2400 бит/с; **V.32** — до 9600 бит/с; **V.32 bis** — 14400 бит/с; **V.34** — до 28,8 Кбит/с; **V.34+** — до 33,6 Кбит/с.

Протоколы V.34 и V.34+ позволяют работать на 2-проводной выделенной линии в дуплексном режиме. Дуплексный режим передачи в стандартах V.32, V.34, V.34+ обеспечивается не с помощью частотного разделения канала, а с помощью одновременной передачи данных в обоих направлениях. Принимаемый сигнал определяется вычитанием с помощью сигнальных процессоров DSP передаваемого сигнала из общего сигнала в канале. Для этой операции используются также процедуры эхоподавления, так как передаваемый сигнал, отражаясь от ближнего и дальнего концов канала, вносит искажения в общий. На высокой скорости модемы V.32–V.34+ фактически всегда используют в канале связи синхронный режим. При этом они могут работать с DTE как по асинхронному интерфейсу, так и по синхронному. В первом случае модем преобразует асинхронные данные в синхронные.

Цифровые выделенные линии образуются путем постоянной коммутации в первичных сетях, построенных на базе коммутационной аппаратуры, работающей на принципах разделения канала во времени. Существуют два поколения технологий цифровых первичных сетей: технология плезихронной цифровой иерархии PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) и более поздняя — синхронная цифровая иерархия SDH (Synchronous Digital Hierarchy). В Америке технологии SDH соответствует стандарт SONET (Synchronous Optical Networks — синхронные оптические сети).

Скорости цифровых потоков плезихронной иерархии, стандартизированные МСЭ-Т, — 2,048 (поток E1), 8,488 (E2), 34,368 (E3), 139,264 (E4) Мбит/с. Американский вариант иерархии, стандартизированный ANSI, составлен потоками T1 (1,544 Мбит/с), T2 (6,312 Мбит/с), T3 (44,376 Мбит/с). Американская версия распространена в Канаде и Японии. Скорости первичного и вторичного потоков японской версии равны скоростям потоков T1 и T2, скорость третичного потока — 32,064 Мбит/с, а четвертичного — 97,728 Мбит/с. Соответствие потоков синхронных иерархий SONET и SDH показано в табл. 2.5.

На основе первичной сети SDH можно строить сети с коммутацией пакетов, например Frame Relay или ATM, или же сети с коммутацией каналов, например ISDN. Технология ATM облегчила эту задачу, приняв стандарты SDH в качестве основных стандартов физического уровня. Поэтому при существовании инфраструктуры SDH для образования сети ATM достаточно соединить ATM-коммутаторы сети SDH-каналами. Телефонные коммутаторы также могут использовать технологию цифровой иерархии, поэтому построение телефонной сети с помощью каналов PDH или SONET/SDH не представляет труда.

Таблица 2.5

Скорости потоков SDH/SONET

SDH	SONET	Скорость потока
STM-1	STS-3c	$3 \cdot 51,84 = 155,52$ Мбит/с
STM-4	STS-12c	$12 \cdot 51,84 = 622,08$ Мбит/с
STM-16	STS-48c	$48 \cdot 51,84 = 2438,32$ Мбит/с
STM-64	STS-192	$192 \cdot 51,84 = 9953,28$ Мбит/с

Связь компьютера или маршрутизатора с цифровой выделенной линией осуществляется с помощью пары устройств DSU/CSU, обычно выполненных в одном корпусе или же совмещенных с маршрутизатором. DSU преобразует сигналы, поступающие от DTE (обычно по интерфейсу RS-232C, RS-449 или V.35), выполняет всю синхронизацию, формирует кадры каналов T1/E1, усиливает сигнал и осуществляет выравнивание загрузки канала. CSU выполняет более узкие функции — в основном занимается созданием оптимальных условий передачи в линии.

В 1980-е гг. корпоративные сети использовали практически только одну технологию глобальных сетей с коммутацией пакетов — протокол X.25 (табл. 2.6). В настоящее время, помимо сетей X.25, применяются технологии TCP/IP, Frame Relay, ATM.

В табл. 2.6 [22] IPng (IP new generation — новая версия протокола IP) — версия IPv6, принятая IETF в 1995 г. (RFC 1752) в развитие исчерпавшей себя версии IPv4 [13, с. 384].

X.25 — интерфейс между терминальным оборудованием (DTE) и оборудованием передачи данных (DCE) для терминалов, работающих в пакетном режиме по выделенным линиям в сетях передачи данных общего пользования. На физическом уровне протокола X.25/1 применяются протоколы X.21, X.21бис. Главный недостаток протокола — большие задержки отклика (типичное значение 0,6 с).

Таблица 2.6

Примеры стеков протоколов глобальных сетей

Уровни ЭМВОС	X.200 МСЭ-Т	ISO 7498 ISO	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.25/3, X.75	X.25/3, X.75	IP, IPng
Канальный	LAP-B / HDLC	LAP-B / HDLC	
Физический			

LAP-B (X.25/2) (Link Access Procedure Balanced) — сбалансированная процедура доступа к каналу передачи данных, когда оба узла, участвующих в соединении, равноправны. Процедура представляет собой часть семейства протоколов HDLC, в которое, кроме LAP-B, входят известные протоколы

канального уровня сетей ISDN LAP-D, синхронно-асинхронных модемов LAP-M, сетей Frame Relay LAP-F.

X.75 — система обмена данными по международным каналам между сетями передачи данных с коммутацией пакетов и процедурой управления окончательным и транзитным вызовами.

Контрольные вопросы

1. Какая международная организация издает результаты своих работ в форме Рекомендаций?

2. Какое название имеют результаты работы международного союза электросвязи МСЭ-Т?

3. Какое название имеют результаты работы ассоциации электронной промышленности EIA?

4. Следует ли юридическая ответственность за несоблюдение фирмами-производителями международных стандартов?

5. Имеет ли право голоса международная электротехническая комиссия ИЕС при голосовании за принятие международных стандартов среди членов МСЭ-Т?

6. Почему в модели ЭМВОС семь уровней?

7. Разрешено ли объектам ЭМВОС, расположенным на различных уровнях, взаимодействовать друг с другом с помощью протоколов?

8. На каком уровне ЭМВОС размещен сетевой сервис для сети СПД, наложенной на ТФОП? Какого класса этот сервис?

9. Какова основная функция, исполняемая транспортным уровнем ЭМВОС?

10. Предположим, что сеанс связи между абонентами А (абонент узла 1) и В (абонент узла 5) осуществляется через промежуточные коммутационные узлы 2, 3 и 4, включенные в указанной последовательности друг за другом. Между какими узлами в данном сеансе действуют протоколы типа Р?

11. Может ли телетайп успешно функционировать в сети X.25?

12. Какой тип коммутации (коммутацию каналов КК или коммутацию пакетов КП) целесообразно применить в сети с дешевыми каналами и однотипным оборудованием?

13. Какой тип коммутации (коммутацию каналов КК или коммутацию пакетов КП) целесообразно применить в сети с большой вероятностью перегрузок и дорогими каналами большой протяженности?

14. Какой тип коммутации (коммутацию каналов КК или коммутацию пакетов КП) целесообразно применить в высокоскоростных сетях передачи данных?

15. В каких ретрансляционных системах принципиально возможно существование виртуального канала?

16. Является ли модем физическим средством соединения (ФСС)?

17. Передача данных в локальной сети базируется на принципе селекции данных в общей разделяемой среде передачи, коммутация данных не требуется по определению. С какой же целью в локальных сетях широко применяются коммутаторы?

18. Можно ли определить транспортную платформу ЭМВОС как некий функциональный блок?
19. Возможно ли организовать взаимодействие объектов ЭМВОС разных уровней, расположенных в различных абонентских системах «без соединения»?
20. Для чего потребовалось выделить на канальном уровне ЭМВОС локальных сетей (LAN) подуровень MAC?
21. Какие стандарты считаются в GOSIP стандартами самого высокого ранга: национальные или международные?
22. Обнаруживаются ли ошибки на сетевом уровне стека протоколов TCP/IP? Исправляются ли они средствами этого уровня?
23. В чем проявляется ненадежность протокола IP?
24. Какой протокол порождает более интенсивный ширококвещательный трафик: RIP или OSPF?
25. Какие из приведенных ниже адресов являются в составной IP-сети локальными адресами: MAC-адрес; адрес X.25; VPI /VCI сети ATM или IP-адрес.
26. Обнаруживает ли протокол ICMP ошибки при передаче пакетов? Исправляет ли он их?
27. Какое название имеет единица данных протокола TCP: кадр, пакет, сегмент, дейтаграмма или поток?
28. Протокол ARP устанавливает соответствие между адресами IP и локальными адресами. Какие адреса при этом считаются известными?
29. Выберите правильные окончания фразы: «Маршрутизатор представляет собой многофункциональное устройство, в задачи которого входит...»: а) построение таблицы маршрутизации; б) определение маршрута; в) буферизация пакетов; г) фрагментация пакетов; д) фильтрация пакетов; е) поддержка сетевых интерфейсов.
30. Чем отличаются адреса MAC и LLC?
31. Какие из перечисленных устройств не являются конечными узлами глобальной сети: компьютер, маршрутизатор, мультиплексор, коммутатор, мост?
32. С помощью какого устройства осуществляется связь компьютера с цифровой выделенной линией?
33. Модемы какого типа (синхронные или асинхронные) обрабатывают и передают отдельные символы сообщения?
34. Что происходит с режимом работы модема V.90 в случае подключения его к телефонной сети через аналоговые окончания?
35. Что означает буква «с» в обозначении потока STS-12с в иерархии SONET?
36. Расшифруйте понятие «прозрачность» цифровой коммуникационной сети относительно проходящей через нее информации.

Глава 3. Введение в теорию телетрафика

3.1. Основные определения теории телетрафика

Термин «телетрафик» содержит два различных корня: «теле» и «трафик». При буквальном переводе с греческого слово «теле» означает «далеко» а «трафик» (tra-veho) с латинского — «перевести», «переслать» [25]. Под термином «телетрафик» на сетях электросвязи следует понимать интенсивность потоков сообщений (телефонных, телеграфных, потоков в сетях передачи данных). Основу теории телетрафика составили работы датского ученого А.К. Эрланга, выполненные в 10–30-х гг. XX в. В качестве первой математически корректной работы называют работу Эрланга «Теория вероятностей и телефонные разговоры», опубликованную в 1909 г. В этот период работы Эрланга, Молина, Энгсета, О’Делла и других авторов были посвящены большей частью изучению потерь в полнодоступных и неполнодоступных пучках и очередях ожидания в простых системах. В последние десятилетия явственно обозначилась тенденция к слиянию двух направлений: развития вычислительной техники и техники связи, что ставит перед теорией телетрафика новые задачи [26].

Математическим аппаратом, адекватно описывающим вероятностные процессы, представляющие интерес для теории телетрафика, служит теория массового обслуживания, предметом изучения которой являются системы массового обслуживания (СМО). Основные компоненты СМО — входной поток требований (заявок или сообщений), механизм обслуживания, дисциплина обслуживания [6, 25, 27–31].

Входной поток требований задается статистическим распределением числа требований, моментов их поступлений и длительностью обслуживания. **Механизм обслуживания** учитывается распределением времени обслуживания. Ресурс, осуществляющий обслуживание требований, называется **обслуживающим прибором** (ОП). Процесс обслуживания протекает так, что всякое поступление требований на некоторое время занимает один из незанятых ОП. Пока ОП занят обслуживанием, он недоступен для вновь поступающих требований. Если поступающее требование застает все ОП занятыми, оно может либо получить **отказ (блокировку)** и потеряться, либо будет поставлено в **очередь ожидания**. Под **дисциплиной обслуживания** понимают правило, в соответствии с которым поступившему требованию предоставляется один из свободных ОП или обслуживаются требования из числа ожидающих в очереди. При наличии в системе лишь одного ОП система называется **однолинейной**.

Обслуживание требований в СМО может происходить в несколько этапов в различных частях системы. Отдельные этапы обслуживания носят названия **фаз**. Наиболее часто рассматриваются однофазные одно- или многолинейные СМО. Обобщенная модель N -линейной однофазной СМО приведена на рис. 3.1.

Ресурс «обслуживающий прибор» поставляется коммутационной системой (КС).

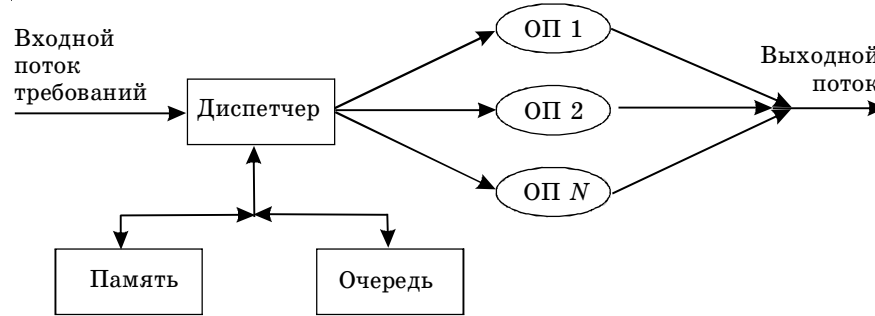


Рис. 3.1 — Обобщенная модель СМО

Под коммутацией в технике связи понимается совокупность операций, необходимых для образования соединительного тракта между абонентами сети. Весь соединительный тракт может включать несколько фаз коммутации: коммутация *абонентской линии* (АЛ) к *исходящим соединительным линиям* (ИСЛ) оконечной станции или коммутация *входящих соединительных линий* (ВСЛ) коммутатора транзитной станции, идущих от одной из станций сети к ИСЛ этого коммутатора, идущих к другой станции сети [4, 5, 29].

Однофазная модель абстрагируется от конкретного предназначения коммутатора узла связи. Предполагается лишь, что ко входу коммутатора, располагающего N *эквивалентными соединительными линиями* (ЭСЛ), подключается суммарный входной поток требований на соединение от M «источников». Источник может быть либо *активен*, если он посылает требования на соединение, либо *пассивен*, если такого требования нет.

Коммутационная система предоставляет свой ресурс в виде свободной в данный момент ЭСЛ в распоряжение активного источника, то есть осуществляется *занятие* ЭСЛ вызывающим абонентом. Продолжительность одного такого занятия, показывающая, сколько времени затрачивается на его обслуживание, называется *временем обслуживания*. Среднее время обслуживания определяют как математическое ожидание длительностей занятий в рассматриваемом промежутке времени.

Различают математические модели, соответствующие *случайному* или *фиксированному* времени обслуживания (например, постоянная длительность для некоторых устройств при установлении соединения). В качестве случайного распределения времени обслуживания, достаточно верно отражающего реального условия, используют отрицательное экспоненциальное распределение [25]

$$P(\xi < t) = 1 - e^{-t/t_{\text{обсл}}}, \quad t > 0.$$

Величина $P(\xi < t)$ определяет вероятность того, что длительность обслуживания ξ будет меньше некоторого наперед заданного значения времени t .

Не каждое требование абонента на соединение может быть обслужено немедленно. Если все ЭСЛ коммутатора заняты к моменту прихода требования на соединение, то данное требование либо теряется безвозвратно (*система с явными потерями*), либо повторяется через случайные или фиксированные отрезки времени (*система с повторными вызовами*), либо ставится в очередь и обслуживается по мере освобождения соединительных путей (*система с ожиданием*). Существуют также *системы с обходами*, когда

требования направляются в группу перегрузки для коммутации по обходному пути. Возможны и комбинированные типы коммутационных систем.

Представляет интерес и последовательность поиска коммутационной системой свободных ЭСЛ. Существуют три способа поиска [6]:

1) **упорядоченный поиск** — система производит поиск, начиная всегда с одной и той же линии в определенном порядке до отыскания первой свободной линии,

2) **случайный (неупорядоченный) поиск** — любая из свободных линий имеет равные шансы с другими линиями быть занятой в первую очередь,

3) **циклический поиск** — последовательный перебор без фиксированного начального положения.

Коммутационная система может быть **полнодоступной** (каждая ВСЛ может быть соединена с каждой ИСЛ) и **неполнодоступной** (если каждая ВСЛ имеет доступ только к k из N ИСЛ, то коммутационная система имеет коэффициент доступности, равный k). Часто применяют **многозвенные** КС с переменной доступностью [4].

3.2. Основные свойства случайных потоков вызовов

Случайный поток телефонных вызовов называют простейшим потоком, если он одновременно обладает свойствами [29] стационарности, одинарности, отсутствия последействия.

Стационарность — вероятность поступления определенного количества вызовов за любой промежуток времени определяется лишь длительностью этого отрезка и не зависит от момента его начала; математическое ожидание и дисперсия числа одновременно занятых линий не зависят от времени.

Одинарность — вероятность появления более чем одного вызова ($i \geq 2$) за малый промежуток времени пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью появления одного вызова:

$$P_{\geq 2}(\Delta t) = 0(\Delta t).$$

Практически одинарность означает невозможность одновременного прихода нескольких вызовов в любой момент времени.

Отсутствие последействия — вызовы распределены во времени независимо друг от друга; имеет место независимость вероятности поступления вызова в момент времени t от предыдущих событий.

3.3. Параметры сообщений и показатели качества обслуживания

Чтобы коммутационное оборудование оказалось в состоянии обслужить нагрузку, расчет ее объема производят, исходя из максимальной. Непрерывный временной интервал длительностью в один час (60 минут, 3600 секунд), в течение которого нагрузка максимальна, называется **часом наибольшей нагрузки** (ЧНН).

Нагрузку в сетях связи измеряют в Эрлангах (Эрл) в честь А.К. Эрланга. На индивидуальный телефонный аппарат нагрузка обычно составляет 5–10 % от ЧНН. В среднем телефонный аппарат дает один-два вызова в ЧНН. Например, АТС МТ 20/25 рассчитана на включение абонентских линий со средней нагрузкой 0,1 Эрл, то есть 10 % от ЧНН.

Поток вызовов в ЧНН считается стационарным, установившимся, а измеренные или оценочные параметры ЧНН принимаются в качестве исходных для расчета параметров входного потока.

Дадим определения этим основным параметрам и проиллюстрируем их смысл на конкретном примере простейшей однофазной СМО без потерь, то есть предполагая, что все поступившие от абонентов вызовы находят немедленное обслуживание.

Пусть в указанной выше СМО за время наблюдения $T = 10$ мин совокупность из $M = 8$ абонентов направила в коммутационную систему ряд требований на соединение и получила обслуживание (рис. 3.2). Анализируя данные, констатируем, что общее время занятости коммутационного оборудования, необходимое для обслуживания $m_3 = 13$ вызовов, в данном случае оказалось равным $V = 42$ мин.

№ абонента	Графики занятости абонента	Время занятости абонента, мин	Число вызовов
1		4	2
2		7	2
3		0	0
4		2	1
5		7	4
6		9	2
7		3	1
8		10	1
Итого		42	13

Рис. 3.2 — Таблица активности абонентов

Определим и рассчитаем параметры входного потока требований.

1. Объем нагрузки V , обслуженной за $T = 10$ минут, равен сумме всех длительностей занятия; измеряется в часозанятиях (0,7 часозанятия или 42 минутаозанятия).

2. Поступающий *телетрафик* A (поток нагрузки, интенсивность поступающей нагрузки) равен:

$$A = \frac{\text{Объем нагрузки}}{\text{Время наблюдения}} = \frac{V}{T} = \frac{42}{10} = 4,2 \text{ Эрл.}$$

3. Интенсивность одного источника ρ (вероятность занятости одного источника):

$$\rho = \frac{\text{Поступающий телетрафик}}{\text{Число абонентов}} = \frac{A}{M} = \frac{4,2}{8} = 0,525 \text{ Эрл.}$$

4. Среднее время занятия ЭСЛ одним абонентом $t_{\text{ср}}$:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\text{Объем нагрузки}}{\text{Число занятий (вызовов)}} = \frac{V}{m_3} = \frac{42}{13} = 3,23 \text{ мин.}$$

5. Частота поступающих вызовов λ (интенсивность потока требований)

$$\lambda = \frac{\text{Число вызовов}}{\text{Время наблюдения}} = \frac{m_3}{T} = \frac{13}{10} = 1,3 \text{ вызовов/мин.}$$

6. Средняя продолжительность паузы f_{cp} (в предположении, что все требования обслужены):

$$f_{\text{cp}} = \frac{MT - V}{m_3} = \frac{80 - 42}{13} = 2,923 \text{ вызовов/мин.}$$

Проверим результаты вычислений. Нетрудно видеть, что при отсутствии «потерянных» требований интенсивность одного источника можно вычислить следующим образом:

$$\rho = \frac{A}{M} = \frac{\lambda t_{\text{cp}}}{\lambda(t_{\text{cp}} + f_{\text{cp}})} = \frac{t_{\text{cp}}}{(t_{\text{cp}} + f_{\text{cp}})} = \frac{3,23}{6,153} = 0,525 \text{ Эрл.}$$

Проверка подтверждает полученный ранее результат.

Выводы и обобщения по рассмотренному примеру.

1. СМО содержит две основные части: систему абонентов, характеризующую потоком требований на соединение, и коммутационное устройство, содержащее пучок ЭСЛ некоторой емкости N . Согласно А.К. Эрлангу [25], система стремится к состоянию статистического равновесия, когда наиболее вероятным ее состоянием является такое, при котором в системе занято $A = \lambda t_{\text{cp}}$ ЭСЛ. То есть в некотором достаточно большом пучке линий существует в среднем одновременно A состояний занятости, что за интервал времени T дает нагрузку $V = AT$. Если система окажется выведенной из состояния равновесия, она будет стремиться вернуться в него.

2. В течение интервала времени T в среднем поступает $m_3 = \lambda T$ требований, создающих нагрузку $V = m_3 t_{\text{cp}} = \lambda T t_{\text{cp}}$.

3. В рассматриваемом примере $A = 4,2$ Эрл. Для качественного обслуживания такого потока требуется коммутационная система с емкостью, равной или большей A , то есть $N \geq 5$ ЭСЛ. Как показывает диаграмма (рис. 3.3), на четвертой минуте 6 источников требуют обслуживания, для чего необходимо 6 ЭСЛ. Следовательно, при $N = 5$ по истечении четырех минут от начала наблюдения будет отказано в немедленном обслуживании абоненту 5 и на пятой минуте — абоненту 1. Таким образом, для того чтобы система гарантированно не имела потерь, требуется емкость пучка ЭСЛ, равная числу источников M , что в большинстве случаев экономически нецелесообразно и зачастую невозможно.

Описывая далее нагрузку, обслуживаемую коммутационными приборами, условимся рассматривать в качестве коммутационного устройства пучок ЭСЛ емкостью N , обеспечивающий величину интенсивности обслуженной нагрузки, равную Y Эрл. Для систем с потерями $Y < A$, для систем с ожиданием $Y = A$.

Поток потерянных (блокированных) требований (*интенсивность отказов*) определяется разностью между величинами поступающей и обслуженной нагрузок: $R = A - Y$.

Для систем с явными потерями принято рассчитывать следующие параметры:

- 1) вероятность потерь $B = R/A = (A - Y)/A$;
- 2) опасное время G , представляющее собой вероятность того, что коммутационное устройство или его определенная подгруппа полностью заняты; для случайной нагрузки $G = B$;
- 3) пропускную способность СМО — максимально возможную нагрузку при гарантированной величине потерь.

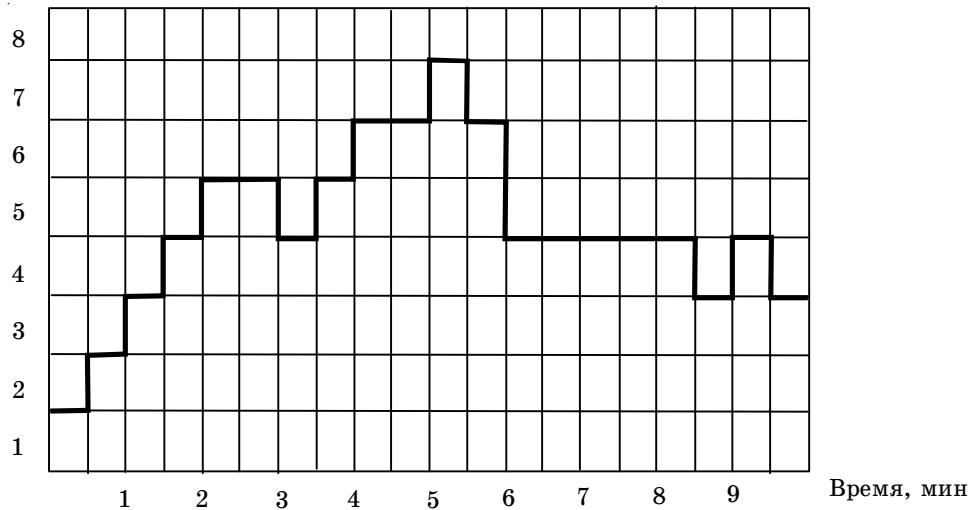


Рис. 3.3 — Диаграмма суммарной активности абонентов

Для систем с ожиданием существенными являются параметры:

- 1) вероятность ожидания $P(>0)$ — вероятность того, что требование не может быть обслужено немедленно, требуется некоторое время ожидания до начала обслуживания; очевидно $P(>0) > B$ (вследствие разницы нагрузок);
- 2) распределение времени ожидания $P(>t)$ — вероятность того, что поступившее требование будет ожидать обслуживания в течение отрезка времени больше t ;
- 3) среднее время ожидания t_w — среднее время ожидания для требований, находящихся в очереди ожидания;
- 4) среднее время ожидания \bar{t}_w — среднее время ожидания, отнесенное ко всем поступившим требованиям: $\bar{t}_w = t_w P(>0)$.

В коммутационной технике потери нагрузки принято подразделять на *эксплуатационные* (неправильное соединение, искажения, помехи) и *стохастические потери* (потери по вызовам или по времени в абсолютно безошибочно функционирующей среде вследствие блокировок). Предметом изучения в теории телетрафика являются лишь стохастические потери.

Сводка формул для расчетов параметров телетрафика

Поступающий телетрафик: $A = \lambda t_{cp} = Y + R$.

Обслуженный телетрафик: $Y = A(1 - B)$.

Величина потерь нагрузки: $R = AB$, где B — величина безразмерная, но может быть выражена в процентах (в таком случае в формулу следует подставлять величину $B = B/100\%$).

Среднее время ожидания обслуживания при усреднении на весь ансамбль поступивших требований: $\bar{t}_w = t_w P(>0)$.

3.4. Математическая модель телетрафика

3.4.1. Исходные посылки модели

В качестве исходных постулатов модели приняты следующие [25, 29]:

1) система стремится к состоянию статистического равновесия;
 2) поток вызовов рассматривается как простейший телефонный поток, обладающий свойствами стационарности, одинарности и отсутствия последствия;

3) в качестве исходных для расчета данных принимаются измеренные или оценочные параметры ЧНН;

4) в качестве аргумента модели рассматривается дискретная случайная величина $X(t)$, называемая «*состояние занятости*» пучка N ЭСЛ в момент времени t , которая определяется числом одновременно занятых $X(t) = (0, 1, 2, \dots, N)$ ЭСЛ пучка. Вероятность того, что в момент времени t занято x линий, равна $Q(x, t)$. Для стационарного процесса $Q(x, t) = Q(x)$.

Используя понятие полной группы событий, запишем очевидное соотношение

$$\sum_{X=0}^N Q(x) = 1. \quad (1)$$

Обслуженная нагрузка может быть найдена как математическое ожидание случайной величины x :

$$Y = \sum_{X=0}^N xQ(x). \quad (2)$$

Для полнодоступного пучка линий ($x = N$) имеет место соотношение полной загрузки и величина $G = Q(N)$ носит название **опасного времени**.

3.4.2. Пуассоновский входной поток требований на обслуживание

Как интервал времени между поступлением требований, так и продолжительность отдельных занятий подчиняются экспоненциальному закону распределения:

$$W(t) = \alpha e^{-\alpha t},$$

$t \geq 0$, $1/\alpha$ — математическое ожидание случайной величины t ;

$$F(t) = 1 - e^{-\alpha t},$$

$t \geq 0$, α — плотность потока требований.

Допущение потока требований, содержащего бесконечное дискретное множество возможных значений числа этих требований, интервалы времени между моментами поступления которых независимы друг от друга и имеют одинаковое экспоненциальное распределение с интенсивностью λ , приводит к **пуассоновскому** входному потоку:

• случайное число X поступивших в единицу времени требований имеет пуассоновское распределение с вероятностью

$$P_X(\lambda) = \frac{(\lambda t)^x}{x!} e^{-\lambda t}. \quad (3)$$

Пуассоновское распределение в телефонии приводят обычно [25] в следующей формулировке:

- вероятность того, что за интервал времени t поступят j вызовов

$$P(\lambda t) = \frac{(\lambda t)^j}{j!} e^{-\lambda t}, \quad (4)$$

при этом количество заинтересованных в использовании ресурсов сети абонентов предполагается бесконечно большим, $M \rightarrow \infty$;

- распределение состояний занятости имеет вид: $Q(x) = (A^x/x!)e^{-A}$, при этом емкость пучка ЭСЛ предполагается бесконечно большой, $N \rightarrow \infty$.

Следствия пуассоновского закона:

- 1) при $j = 0$ или $x = 0$ получаем распределение вероятностей непревышения величины t интервалами времени между соседними требованиями

$$P_0(\lambda t) = \frac{(\lambda t)^0}{0!} e^{-\lambda t} = e^{-\lambda t}; \quad (5)$$

- 2) при наложении двух независимых пуассоновских потоков требований возникает новый пуассоновский поток с интенсивностью, равной сумме интенсивностей отдельных потоков $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$.

3.4.3. Модель Эрланга системы с потерями

Процесс обслуживания включает множество возможных состояний занятости x , каждое из которых имеет *экспоненциально распределенную протяженность* с зависящей только от этого состояния интенсивностью λ_x . Это *однородный марковский процесс с дискретным фазовым пространством* [6]. Последовательность состояний образует *простую однородную марковскую цепь*. Цепь называется **простой** потому, что вероятность перехода из одного состояния в другое не зависит от того, каким путем процесс попал в предыдущее состояние — в силу свойств одинарности и отсутствия последействия в процессе. Цепь **однородна** вследствие того, что вероятность такого перехода не зависит от момента времени перехода в силу стационарности процесса.

Стационарные вероятности состояний можно найти решением системы линейных уравнений состояний занятости. Принцип действия коммутационного устройства определяется переходными вероятностями $p(z, x)$ марковской цепи.

Рассмотрим состояние « x линий заняты», полагая что продолжительность состояния имеет экспоненциальное распределение с интенсивностью $\lambda_x = \lambda + x\mu$, где $\lambda = m_3/T$ — интенсивность занятия ЭСЛ (интенсивность поступления требований на обслуживание); $\mu = 1/t_{\text{ср}} = m_3/V$ — интенсивность освобождения ЭСЛ коммутационного устройства.

Приведенное равенство при умножении обеих его частей на $t_{\text{ср}}$ дает соотношение $\lambda_x t_{\text{ср}} = A + x$, которое при $t_{\text{ср}} = 1$ принимает вид $\lambda_x = A + x$.

Вероятности того, что очередным событием будет занятие или освобождение линии, относятся друг к другу как $\lambda/\mu x = A/x$.

Согласно теории марковских процессов, процесс обслуживания полностью описывается однородной системой линейных уравнений состояний занятости, дополненной условием нормирования [6]:

$$\begin{cases} \lambda_x Q(x) = \sum_{z \in Z} \lambda_z P(z, x) Q(z); \\ \sum_{x \in X} Q(x) = 1, \end{cases} \quad (6)$$

где x, z — состояния занятости; $Q(x), Q(z)$ — стационарные вероятности возникновения состояний x и z ; λ_x — интенсивность распределения продолжительностей состояния x ; $p(z, x)$ — переходная вероятность (вероятность того, что по завершении состояния z наступит состояние x).

Продemonстрируем решение уравнений (6) для полнодоступного пучка ЭСЛ с N линиями, рассматриваемого в качестве системы с потерями, на которую поступает случайная нагрузка A .

Искомой величиной в выражении (6) является $Q(x)$. Случайные величины X и Z могут принимать значения $0, 1, 2, \dots, N$. Интенсивности состояний x : $\lambda_x = A + x$. Принимая во внимание, что в данной системе переходы возможны лишь в соседние состояния (например, из z только в $(z+1)$ или $(z-1)$), что составляет полную группу событий: $P[z, (z+1)] + P[z, (z-1)] = 1$, запишем все возможные величины переходных вероятностей:

при занятии линий ($x = z + 1$):

$$P(z, z + 1) = A / (A + z), \quad 0 \leq z < N;$$

при освобождении линий ($x = z - 1$):

$$P(z, z - 1) = z / (A + z), \quad 0 < z < N;$$

если заняты все N линий ($x = z = N$):

$$P(N, N) = A / (A + N), \quad z = N;$$

все остальные переходные вероятности:

$$P(z, x) = 0.$$

С учетом введенных обозначений для $0 < x < N$ уравнение (6) приобретает следующий вид:

$$(A + x)Q(x) = \lambda_{z_1}P(z_1, x)Q(z_1) + \lambda_{z_2}P(z_2, x)Q(z_2),$$

где $z_1 = x - 1$; $\lambda_{z_1} = A + z_1$; $p(x - 1, x) = A / (A + x - 1)$; $z_2 = x + 1$; $\lambda_{z_2} = A + z_2$; $p(x + 1, x) = (x + 1) / (A + x + 1)$.

После преобразований получим:

$$(A + x)Q(x) = AQ(x - 1) + (x + 1)Q(x + 1),$$

что позволяет записать простое рекуррентное соотношение для вероятностей состояний занятости:

$$Q(x) = \frac{A}{x}Q(x - 1).$$

Отсюда легко получить граничные условия для состояний $x = 0$ и $x = N$:

$$Q(1) = AQ(0) \quad \text{и} \quad Q(N) = \frac{A}{N}Q(N - 1).$$

Введение нижнего граничного условия приводит рекуррентное соотношение к удобному виду:

$$Q(x) = \frac{A^x}{x!}Q(0). \quad (7)$$

Величина $Q(0)$ определяется из условия нормировки $\sum_{x=0}^N Q(x) = 1$:

$$Q(0) = \left(\sum_{x=0}^N \frac{A^x}{x!} \right)^{-1}.$$

В окончательном виде вероятность состояния занятости полностью доступного пучка ЭСЛ емкостью N определяется по формуле

$$Q(x) = \frac{A^x}{x! \sum_{z=0}^N \frac{A^z}{z!}}. \quad (8)$$

Соотношение (8) носит название *распределения Эрланга* для СМО с потерями. Нетрудно видеть, что при наличии коммутационного устройства неограниченной емкости ($N \rightarrow \infty$) и случайного входного потока требований ($M \rightarrow \infty$) распределение Эрланга трансформируется в распределение Пуассона:

$$Q(x) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{A^x}{x!} \left(\sum_{z=0}^N \frac{A^z}{z!} \right)^{-1} = \frac{A^x}{x!} e^{-A}.$$

Вероятность блокировки требований в полностью доступном пучке при $M \rightarrow \infty$ равна вероятности того, что все линии пучка ЭСЛ заняты, и вычисляется по формуле, известной в теории массового обслуживания как *В-формула Эрланга*:

$$B = G = E_{1,N}(A) = \frac{A^N/N!}{\sum_{x=0}^N (A^x/x!)}. \quad (9)$$

Результаты расчетов по формуле (9) для некоторых величин параметров A и N сведены в табл. 3.1, заимствованную из [25]. При этом вероятности блокировок пучков линий с ресурсами N и $(N-1)$ связаны друг с другом посредством рекуррентного соотношения вида

$$B_{N-1} = \frac{NB_N}{A(1-B_N)}. \quad (10)$$

Таблица 3.1

Максимальная интенсивность поступающей нагрузки
в зависимости от вероятности потерь

Число обслуживаемых приборов	Вероятность потерь B , %											
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	2	5	10	15	20	30	40
1	0,0001	0,0005	0,001	0,005	0,010	0,020	0,053	0,111	0,176	0,250	0,429	0,667
2	0,014	0,032	0,046	0,105	0,153	0,223	0,381	0,595	0,796	1,00	1,45	2,00
3	0,087	0,152	0,194	0,340	0,455	0,602	0,899	1,27	1,60	1,93	2,63	3,48
4	0,235	0,362	0,439	0,701	0,869	1,09	1,62	2,05	2,50	2,95	3,89	5,02
5	0,452	0,649	0,762	1,13	1,36	1,66	2,22	2,88	3,45	4,01	5,10	6,60
6	0,728	0,996	1,15	1,62	1,91	2,28	2,96	3,76	4,44	5,11	6,51	8,19
7	1,05	1,39	1,58	2,16	2,50	2,94	3,74	4,67	5,46	6,23	7,86	9,80
8	1,42	1,83	2,05	2,73	3,13	3,63	4,54	5,60	6,50	7,37	9,21	11,4
9	1,83	2,30	2,56	3,33	3,78	4,34	5,37	6,55	7,55	8,52	10,6	13,0
10	2,26	2,80	3,09	3,96	4,46	5,08	6,22	7,51	8,62	9,68	12,0	14,7
11	2,72	3,33	3,65	4,61	5,16	5,84	7,08	8,49	9,69	10,9	13,3	16,3
12	3,21	3,88	4,23	5,28	5,88	6,61	7,95	9,47	10,8	12,0	14,7	18,0

Продолжение табл. 3.1

Число обслуживающихся приборов	Вероятность потерь B , %											
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	2	5	10	15	20	30	40
13	3,71	4,45	4,83	5,96	6,61	7,40	8,83	10,5	11,9	13,2	16,1	19,6
14	4,24	5,03	5,45	6,66	7,35	8,20	9,73	11,5	13,0	14,4	17,5	21,2
15	4,78	5,63	6,08	7,38	8,11	9,01	10,6	12,5	14,1	15,6	18,9	22,9
16	5,34	6,25	6,72	8,10	8,88	9,83	11,5	13,5	15,2	16,8	20,3	24,5
17	5,91	6,88	7,38	8,83	9,65	10,7	12,5	14,5	16,3	18,0	21,7	26,2
18	6,50	7,52	8,05	9,58	10,4	11,5	13,4	15,5	17,4	19,2	23,1	27,8
19	7,09	8,17	8,72	10,3	11,2	12,3	14,3	16,6	18,5	20,4	24,5	29,5
20	7,70	8,83	9,41	11,1	12,0	13,2	15,2	17,6	19,6	21,6	25,9	31,2
21	8,32	9,50	10,1	11,9	12,8	14,0	16,2	18,7	20,8	22,8	27,3	32,8
22	8,95	10,2	10,8	12,6	13,7	14,9	17,1	19,7	21,9	24,1	28,7	34,5
23	9,58	10,9	11,5	13,4	14,5	15,8	18,1	20,7	23,0	25,3	30,1	36,1
24	10,2	11,6	12,2	14,2	15,3	16,6	19,0	21,8	24,2	26,5	31,6	37,8
25	10,9	12,3	13,0	16,0	16,1	17,5	20,0	22,8	25,3	27,7	33,0	39,4
26	11,5	13,0	13,7	15,8	17,0	18,4	20,9	23,9	26,4	28,9	34,4	41,1
27	12,2	13,7	14,4	16,6	17,8	19,3	21,9	24,9	27,6	30,2	35,8	42,8
28	12,9	14,4	15,2	17,4	18,6	20,2	22,9	26,0	28,7	31,4	37,2	44,4
29	13,6	15,1	15,9	18,2	19,5	21,0	23,8	27,1	29,9	32,6	38,6	46,1
30	14,2	15,9	16,7	19,0	20,3	21,9	24,8	28,1	31,0	33,8	40,0	47,7
31	14,9	16,6	17,4	19,9	21,2	22,8	25,8	29,2	32,1	35,1	41,5	49,4
32	15,6	17,3	18,2	20,7	22,0	23,7	26,7	30,2	33,3	36,3	42,9	51,1
33	16,3	18,1	19,0	21,5	22,9	24,6	27,7	31,3	34,4	37,5	44,3	52,7
34	17,0	18,8	19,7	22,3	23,8	25,5	28,7	32,4	35,6	38,8	45,7	54,4
35	17,8	19,6	20,5	23,2	24,6	26,4	29,7	33,4	36,7	40,0	47,1	56,0
36	18,5	20,3	21,3	24,0	25,5	27,3	30,7	34,5	37,9	41,2	48,6	57,7
37	19,2	21,1	22,1	24,8	26,4	28,3	31,6	35,6	39,0	42,4	50,0	59,4
38	19,9	21,9	22,9	25,7	27,3	29,2	32,6	36,6	40,2	43,7	51,4	61,0
39	20,6	22,6	23,7	26,5	28,1	30,1	33,6	37,7	41,3	44,9	52,8	62,7
40	21,4	23,4	24,4	27,4	29,0	31,0	34,6	38,8	42,5	46,1	54,2	64,4
41	22,1	24,2	25,2	28,2	29,9	31,9	35,6	39,9	43,6	47,4	55,7	66,0
42	22,8	25,0	26,0	29,1	30,8	32,8	36,6	40,9	44,8	48,6	57,1	67,7
43	23,6	25,7	26,8	29,9	31,7	33,8	37,6	42,0	45,9	49,9	58,5	69,3
44	24,3	26,5	27,6	30,8	32,5	34,7	38,6	43,1	47,1	51,1	59,9	71,0
45	25,1	27,3	28,4	31,7	33,4	35,6	39,6	44,2	48,2	52,3	61,3	72,7
46	25,8	28,1	29,3	32,5	34,3	36,5	40,5	45,2	49,4	53,6	62,8	74,3
47	26,6	28,9	30,1	33,4	35,2	37,5	41,5	46,3	50,6	54,8	64,2	76,0
48	27,3	29,7	30,9	34,2	36,1	38,4	42,5	47,4	51,7	56,0	65,6	77,7
49	28,1	30,5	31,7	35,1	37,0	39,3	43,5	48,5	52,9	57,3	67,0	79,3
50	28,9	31,3	32,5	36,0	37,9	40,3	44,5	49,6	54,0	58,3	68,5	81,0
51	29,6	32,1	33,3	36,9	38,8	41,2	45,5	50,6	55,2	59,7	69,9	82,7
52	30,4	32,9	34,2	37,7	39,7	42,1	46,5	51,7	56,3	61,0	71,3	84,3
53	31,2	33,7	35,0	38,6	40,6	43,1	47,5	52,8	57,5	62,2	72,7	86,0

Продолжение табл. 3.1

Число обслуживающихся приборов	Вероятность потерь B , %											
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	2	5	10	15	20	30	40
54	31,9	34,5	35,8	39,5	41,5	44,0	48,5	53,9	58,7	63,5	74,2	87,6
55	32,7	35,3	36,6	40,4	42,4	44,9	49,5	55,0	59,8	64,7	75,6	89,3
56	33,5	36,1	37,5	41,2	43,3	45,9	50,5	56,1	61,0	65,9	77,0	91,0
57	34,3	36,9	38,3	42,1	44,2	46,8	51,5	57,1	62,1	67,7	78,4	92,6
58	35,1	37,8	39,1	43,0	45,1	47,8	52,6	58,2	63,3	68,4	79,8	94,3
59	35,8	38,6	40,0	43,9	46,0	48,7	53,6	59,3	64,5	69,7	81,3	96,0
60	36,6	39,4	40,8	44,8	46,9	49,6	54,6	60,4	65,6	70,9	82,7	97,6
61	37,4	40,2	41,6	45,6	47,9	50,6	55,6	61,5	66,8	72,1	84,1	99,3
62	38,2	41,0	42,5	46,5	48,8	51,5	56,6	62,6	68,0	73,4	85,5	101
63	39,0	41,9	43,3	47,4	49,7	52,5	57,6	63,7	69,1	74,6	87,0	103
64	39,8	42,7	44,2	48,3	50,6	53,4	58,6	64,8	70,3	75,9	88,4	104
65	40,6	43,5	45,0	49,2	51,5	54,4	59,6	65,8	71,4	77,1	89,8	106
66	41,4	44,4	45,8	50,1	52,4	55,3	60,6	66,9	72,6	78,3	91,2	108
67	42,2	45,2	46,7	51,0	53,4	56,3	61,6	68,0	73,8	79,6	92,7	109
68	43,0	46,0	47,5	51,9	54,3	57,2	62,6	69,1	74,9	80,8	94,1	111
69	43,8	46,8	48,4	52,8	55,2	58,2	63,7	70,2	76,1	82,1	95,5	113
70	44,6	47,7	49,2	53,7	56,1	59,1	64,7	71,3	77,3	83,3	96,9	114
71	45,4	48,5	50,1	54,6	57,0	60,1	65,7	72,4	78,4	84,6	98,4	116
72	46,2	49,4	50,9	55,5	58,0	61,0	66,7	73,5	79,6	85,8	99,8	118
73	47,0	50,2	51,8	56,4	58,9	62,0	67,7	74,6	80,8	87,0	101	119
74	47,8	51,0	52,7	57,3	59,8	62,9	68,7	75,6	81,9	88,3	103	121
75	48,6	51,9	53,6	58,2	60,7	63,9	69,7	76,7	83,1	89,5	104	123
76	49,4	52,7	54,4	59,1	61,7	64,9	70,8	77,8	84,2	90,8	105	124
77	50,2	53,6	55,2	60,0	62,6	65,8	71,8	78,9	85,4	92,0	107	126
78	51,1	54,4	56,1	60,9	63,5	66,8	72,8	80,0	86,6	93,3	108	128
79	51,9	55,3	56,9	61,8	64,4	67,7	73,8	81,1	87,7	94,5	110	129
80	52,7	56,1	57,8	62,7	65,4	68,7	74,8	82,2	88,9	95,7	111	131
81	53,5	56,9	58,7	63,6	66,3	69,6	75,8	83,3	90,1	97,0	113	133
82	54,3	57,8	59,5	64,5	67,2	70,6	76,9	84,4	91,2	98,2	114	134
83	55,1	58,6	60,4	65,4	68,2	71,6	77,9	85,5	92,4	99,5	115	136
84	56,0	59,5	61,3	66,3	69,1	72,5	78,9	86,6	93,6	101	117	138
85	56,8	60,4	62,1	67,2	70,0	73,5	79,9	87,7	94,7	102	118	139
86	57,6	61,2	63,0	68,1	70,9	74,5	80,9	88,8	95,9	103	120	141
87	58,4	62,1	63,9	69,0	71,9	75,4	82,0	89,9	97,1	104	121	143
88	59,3	62,9	64,7	69,9	72,8	76,4	83,0	91,0	98,2	106	123	144
89	60,1	63,8	65,6	70,8	73,7	77,3	84,0	92,1	99,4	107	124	146
90	60,9	64,6	66,5	71,8	74,7	78,3	85,0	93,1	101	108	126	148
91	61,8	65,5	67,4	72,7	75,6	79,3	86,0	94,2	102	109	127	149
92	62,6	66,3	68,2	73,6	76,6	80,2	87,1	95,3	103	111	128	151
93	63,4	67,2	69,1	74,5	77,5	81,2	88,1	96,4	104	112	130	153
94	64,2	68,1	70,0	75,4	78,4	82,2	89,1	97,5	105	113	131	154

Окончание табл. 3.1

Число обслуживающихся приборов	Вероятность потерь B , %											
	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	2	5	10	15	20	30	40
95	65,1	68,9	70,9	76,3	79,4	83,1	90,1	98,6	106	114	133	156
96	65,9	69,8	71,7	77,2	80,3	84,1	91,1	99,7	108	116	134	158
97	66,8	70,7	72,6	78,2	81,2	85,1	92,2	101	109	117	135	159
98	67,6	71,5	73,5	79,1	82,2	86,0	93,2	102	110	118	137	161
99	68,4	72,4	74,4	80,0	83,1	87,0	94,2	103	111	119	138	163
100	69,3	73,2	75,2	80,9	84,1	88,0	95,2	104	112	121	140	164

3.4.4. Распределение нагрузки от конечного числа источников

Распределение нагрузки в системе без потерь

1. Биномиальный закон

Рассмотрим систему, содержащую M источников. Каждый из источников может быть либо занят с вероятностью ρ , либо свободен с вероятностью $(1-\rho)$. Величины средних длительностей перечисленных состояний равны t_{cp} и f_{cp} соответственно. Очевидно, что в системе без потерь выполняется условие $\lambda(t_{cp} + f_{cp}) = M$.

Помня, что $\lambda t_{cp} = A$, нетрудно установить, что $\rho = A/M = t_{cp}/(t_{cp} + f_{cp})$ и $f_{cp} = t_{cp}(1-\rho)/\rho$.

Введем параметр $q = t_{cp}/f_{cp}$, имеющий смысл потока «пауз» за время t_{cp} от одного источника, который для системы без потерь принимает вид:

$$q = \frac{t_{cp}}{f_{cp}} = \frac{t_{cp}\rho}{t_{cp}(1-\rho)} = \frac{\rho}{1-\rho}. \quad (11)$$

Исследуем вероятность того, что x из M источников системы заняты в некоторый момент времени. Учитывая, что события «занят» и «свободен» независимы и несовместны, приходим к биномиальному закону распределения состояний занятости

$$Q(x) = P_{M,\rho}(x) = C_M^x \rho^x (1-\rho)^{M-x} = C_M^x \left(\frac{A}{M}\right)^x \left(1 - \frac{A}{M}\right)^{M-x}. \quad (12)$$

Зависимости (11) и (12) позволяют найти компактную рекуррентную зависимость в форме

$$\frac{Q(x)}{Q(x-1)} = \frac{C_M^x}{C_M^{x-1}} \frac{\rho^x}{\rho^{x-1}} \frac{(1-\rho)^{M-x}}{(1-\rho)^{M-x+1}} = q \frac{C_M^x}{C_M^{x-1}}. \quad (13)$$

При анализе систем с конечным числом источников необходимо считаться с тем обстоятельством, что интенсивность поступления вызовов изменяется по мере изменения числа занятых источников. Таким образом, строго говоря, считать интенсивность поступающей нагрузки величиной неизменной можно лишь с большими оговорками.

2. Вырождение биномиального закона в закон Пуассона

Если положить неограниченное число источников с малой вероятностью состояний их занятости ($M \rightarrow \infty, \rho \rightarrow 0$), то величину A поступающего телеграфика можно считать неизменной, независимой от количества источников M . Тогда

$$Q(x) = \lim_{M \rightarrow \infty} P_{m,\rho}(x) = \lim_{M \rightarrow \infty} \left[\frac{M!}{x!(M-x)!} \frac{A^x \left(1 - \frac{A}{M}\right)^M}{M^x \left(1 - \frac{A}{M}\right)^x} \right].$$

Учитывая, что $\lim_{M \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{A}{M}\right)^M = e^{-A}$ и $\lim_{M \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{A}{M}\right)^x = 1$, приходим окончательно к закону Пуассона

$$Q(x) = \frac{A^x}{X!} e^{-A}.$$

3. Распределение нагрузки в полностью доступном пучке из N линий в системе с потерями

При рассмотрении системы без потерь предполагалось, что полностью доступный пучок ЭСЛ содержит столько линий, сколько требуется для исключения блокировок, то есть $N = M$. В такой системе состояние занятости линий x определяется множеством $[0, M] = \{x : x \in X, 0 \leq x \leq M\}$.

Картина резко меняется в случае, если пучок содержит конечное число ЭСЛ ($N < M$). В данном случае состояния занятости линий $X = (N+1), (N+2), \dots, M$ невозможны, следовательно, неизбежны потери нагрузки. Случайная величина X должна иметь распределение, отличное от биномиального, но, поскольку входной поток сохраняет биномиальное распределение, рекуррентное соотношение (13) по-прежнему применимо лишь при подсчете параметра q необходимо учитывать потери в пучке ЭСЛ конечной емкости.

Новое значение параметра $q = t_{cp}/f_{cp}$ легко раскрыть, используя очевидное соотношение $M - Y = \lambda f_{cp}$, имеющее место в СМО с явными потерями, когда вызовы, получившие отказ, выбывают из системы (рис. 3.4).

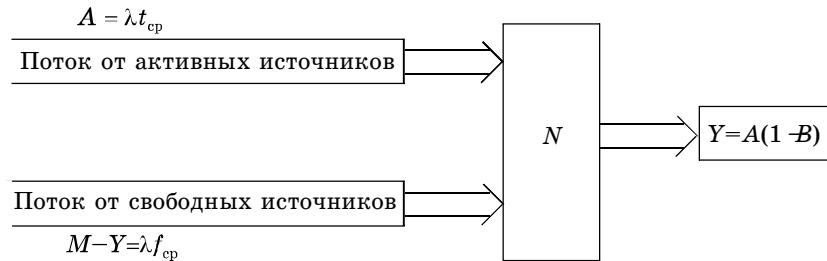


Рис. 3.4 — Прохождение потоков нагрузки через КС

Имеет место следующее очевидное соотношение:

$$q = \frac{t_{cp}}{f_{cp}} = \frac{A}{M - Y} = \frac{M\rho}{M - M\rho(1 - B)} = \frac{\rho}{1 - \rho(1 - B)}, \quad (14)$$

где B — вероятность блокировки вызова.

Используя соотношение (13), запишем рекуррентный ряд

$$Q(1) = \frac{C_M^1}{C_M^0} q Q(0); \quad Q(2) = \frac{C_M^2}{C_M^0} q^2 Q(0); \quad Q(3) = \frac{C_M^3}{C_M^0} q^3 Q(0); \quad \dots$$

или

$$Q(x) = \frac{C_M^x}{C_M^0} q^x Q(0). \quad (15)$$

Подставляя (15) в условие нормировки $\sum_{z=0}^N Q(z) = 1$, получим искомое распределение

$$Q(x) = \frac{C_M^x q^x}{\sum_{z=0}^N C_M^z q^z}, \quad (16)$$

называемое распределением Энгсета.

Для систем с конечным числом источников дополнительно к понятию *потерь по вызовам* вводится понятие *потерь по времени*. Ранее всегда рассматривались потери по вызовам. Потери по времени равны доле времени относительно величины всего контролируемого промежутка, в течение которой все N линий пучка ЭСЛ заняты:

$$P_{\text{в}}(N) = Q(N).$$

Если $M \rightarrow \infty$, потери по времени равны потерям по вызовам вследствие блокировки. Для системы с конечным M процент блокируемых вызовов меньше этой величины вследствие уменьшения интенсивности поступления вызовов по мере того, как число занятых источников увеличивается: $B < Q(N)$.

Потери по времени определяют вероятность того, что в состоянии, когда все линии заняты, должен поступить вызов, чтобы произошла блокировка. Поэтому вероятность блокировки вызовов B есть опасное время в системе с числом источников $(M-1)$:

$$B = G_{M-1} = \frac{C_{M-1}^N q^N}{\sum_{z=0}^N C_{M-1}^z q^z}. \quad (17)$$

Результаты расчетов по формуле (17) для некоторых величин параметров A и N сведены в табл. 3.2 [25].

Согласно выражению (17), величина вероятности блокировки B зависит от параметра q , который, в свою очередь, есть функция от величины B , что постулировано выше. Таким образом, если источник характеризуется величиной ρ , а не q , то требуется некоторая форма итерации для определения B .

При $M \rightarrow \infty$ распределение Энгсета переходит в распределение Эрланга.

Поскольку $C_M^X q^X = \frac{M!}{X!(M-X)!} \left(\frac{A}{M-Y} \right)^X = \frac{A^X}{X!} \frac{M!}{(M-X)!(M-X)^X}$ и $X \leq N$,

$Y \leq N$, то $\lim_{M \rightarrow \infty} \frac{M!}{(M-X)!(M-Y)^X} = 1$ и выражение (16) вырождается к виду

$$Q(x) = \frac{A^X}{X! \sum_{z=0}^N \frac{A^z}{z!}}, \quad \text{то есть к распределению Эрланга.}$$

Таблица 3.2

Максимальная интенсивность поступающей нагрузки
в зависимости от B , N и числа источников M

Число обслуживающих приборов N	Число источников M	Вероятность блокировки B , %											
		0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	2	5	10	15	20	30	40
1	2	0,0002	0,0010	0,0020	0,0100	0,2000	0,4000	0,1000	0,202	0,307	0,417	0,659	0,9
	3	0,0002	0,0008	0,0015	0,0075	0,0151	0,0303	0,077	0,159	0,246	0,341	0,559	0,8
	4	0,0001	0,0007	0,0013	0,0067	0,0134	0,0270	0,069	0,143	0,224	0,312	0,519	0,7
	5	0,0001	0,0006	0,0013	0,0063	0,0126	0,0254	0,065	0,136	0,213	0,298	0,498	0,7
	3	0,030	0,067	0,095	0,212	0,300	0,425	0,678	0,980	1,23	1,47	1,97	2
2	4	0,023	0,052	0,074	0,167	0,238	0,342	0,560	0,832	1,07	1,30	1,78	2
	5	0,021	0,046	0,065	0,149	0,213	0,308	0,510	0,767	0,997	1,22	1,70	2
	6	0,019	0,043	0,061	0,139	0,200	0,289	0,482	0,731	0,955	1,18	1,65	2
	7	0,018	0,041	0,058	0,133	0,191	0,277	0,464	0,707	0,928	1,15	1,62	2
	4	0,186	0,317	0,400	0,685	0,864	1,090	1,50	1,95	2,31	2,65	3,35	4
3	5	0,148	0,254	0,322	0,561	0,715	0,918	1,30	1,72	2,08	2,42	3,13	3
	6	0,131	0,227	0,288	0,505	0,648	0,837	1,20	1,62	1,97	2,31	3,02	3
	7	0,122	0,211	0,268	0,473	0,609	0,790	1,14	1,55	1,90	2,24	2,95	3
	8	0,116	0,201	0,255	0,452	0,583	0,759	1,10	1,51	1,85	2,19	2,90	3
	9	0,111	0,194	0,246	0,437	0,565	0,737	1,07	1,47	1,82	2,16	2,86	3
4	10	0,108	0,188	0,240	0,426	0,551	0,720	1,05	1,45	1,79	2,13	2,84	3
	15	0,100	0,174	0,222	0,396	0,514	0,675	0,994	1,38	1,72	2,06	2,76	3
	5	0,500	0,748	0,889	1,33	1,59	1,89	2,24	2,98	3,43	3,86	4,76	5
	6	0,408	0,617	0,737	1,12	1,36	1,64	2,15	2,71	3,16	3,60	4,51	5
	7	0,365	0,554	0,665	1,02	1,24	1,52	2,01	2,56	3,02	3,46	4,38	5
5	8	0,340	0,517	0,621	0,963	1,17	1,44	1,92	2,47	2,93	3,37	4,30	5
	9	0,323	0,492	0,592	0,922	1,13	1,39	1,86	2,41	2,87	3,31	4,24	5
	10	0,310	0,474	0,571	0,892	1,09	1,35	1,82	2,36	2,82	3,27	4,20	5
	15	0,280	0,429	0,518	0,816	1,00	1,25	1,71	2,24	2,70	3,14	4,08	5
	6	0,951	1,31	1,51	2,08	2,40	2,77	3,39	4,04	4,58	5,09	6,17	7
5	7	0,794	1,11	1,28	1,80	2,10	2,45	3,07	3,73	4,28	4,80	5,91	7
	8	0,716	1,00	1,16	1,66	1,94	2,29	2,90	3,56	4,12	4,65	5,77	7
	9	0,668	0,940	1,09	1,56	1,84	2,18	2,78	3,45	4,01	4,55	5,68	7

Продолжение табл. 3.2

Число обслуживающих приборов N	Число источников M	Вероятность блокировки B , %												
		0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	2	5	10	15	20	30	40	
6	10	0,685	0,896	1,04	1,50	1,77	2,11	2,71	3,37	3,94	4,48	5,61	6	
	12	0,592	0,839	0,979	1,42	1,68	2,01	2,60	3,27	3,84	4,38	5,52	6	
	15	0,556	0,791	0,924	1,35	1,60	1,92	2,51	3,18	3,74	4,29	5,44	6	
	20	0,525	0,748	0,876	1,28	1,53	1,84	2,42	3,09	3,66	4,21	5,37	6	
	7	1,51	1,97	2,21	2,90	3,26	3,69	4,38	5,12	5,73	6,32	7,59	9	
	8	1,28	1,70	1,91	2,55	2,90	3,32	4,02	4,78	5,41	6,02	7,32	8	
	9	1,17	1,55	1,76	2,37	2,71	3,12	3,82	4,59	5,24	5,85	7,17	8	
	10	1,09	1,46	1,65	2,25	2,58	2,98	3,69	4,47	5,12	5,74	7,07	8	
	15	0,926	1,25	1,43	1,97	2,29	2,68	3,38	4,17	4,84	5,48	6,84	8	
	20	0,865	1,17	1,34	1,87	2,17	2,56	3,26	4,05	4,72	5,37	6,74	8	
7	30	0,813	1,10	1,27	1,77	2,07	2,45	3,15	3,94	4,62	5,28	6,66	8	
	8	2,15	2,70	2,98	3,76	4,17	4,63	5,39	6,20	6,89	7,56	9,01	10	
	9	1,85	2,36	2,62	3,36	3,75	4,22	5,00	5,85	6,56	7,25	8,74	10	
	10	1,70	2,17	2,42	3,13	3,52	3,99	4,78	5,64	6,37	7,07	8,58	10	
	15	1,39	1,80	2,02	2,68	3,05	3,51	4,31	5,21	5,97	6,70	8,25	10	
	20	1,28	1,67	1,88	2,52	2,88	3,33	4,14	5,05	5,81	6,56	8,13	10	
	30	1,19	1,56	1,76	2,38	2,74	3,18	3,99	4,90	5,68	6,44	8,03	9	
	9	2,85	3,48	3,80	4,65	5,09	5,59	6,41	7,30	8,05	8,80	10,4	12	
	10	2,49	3,08	3,37	4,20	4,64	5,14	6,00	6,92	7,71	8,48	10,2	12	
	11	2,29	2,85	3,14	3,94	4,38	4,89	5,76	6,71	7,51	8,29	9,99	12	
8	12	2,16	2,70	2,97	3,77	4,20	4,71	5,59	6,56	7,37	8,17	9,88	12	
	15	1,93	2,43	2,70	3,46	3,89	4,40	5,29	6,29	7,13	7,94	9,69	11	
	20	1,76	2,24	2,49	3,23	3,65	4,16	5,06	6,07	6,93	7,76	9,54	11	
	30	1,63	2,08	2,32	3,03	3,45	3,95	4,86	5,89	6,77	7,61	9,41	11	
	10	3,59	4,30	4,64	5,57	6,03	6,56	7,44	8,39	9,22	10,0	11,9	14	
	11	3,18	3,84	4,17	5,07	5,54	6,09	7,00	8,01	8,87	9,72	11,6	13	
	12	2,94	3,57	3,89	4,79	5,26	5,81	6,75	7,78	8,66	9,52	11,4	13	
	13	2,78	3,39	3,71	4,59	5,06	5,61	6,57	7,62	8,51	9,39	11,3	13	
	14	2,66	3,26	3,57	4,44	4,91	5,47	6,43	7,50	8,41	9,29	11,2	13	
	16	2,50	3,08	3,38	4,23	4,70	5,27	6,24	7,33	8,25	9,15	11,1	13	
9	18	2,39	2,95	3,25	4,09	4,56	5,13	6,11	7,21	8,15	9,06	11,0	13	

Окончание табл. 3.2

Число обслуживающих приборов N	Число источников M	Вероятность блокировки B , %												
		0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	2	5	10	15	20	30	40	
10	20	2,31	2,87	3,15	3,99	4,46	5,02	6,02	7,13	8,07	8,99	11,0	13	
	30	2,12	2,64	2,91	3,73	4,19	4,76	5,77	6,90	7,87	8,81	10,8	13	
	11	4,38	5,15	5,52	6,49	6,98	7,54	8,47	9,49	10,4	11,3	13,3	15	
	12	3,91	4,64	5,00	5,97	6,47	7,04	8,02	9,09	10,0	11,0	13,0	15	
	13	3,63	4,34	4,69	5,65	6,16	6,74	7,75	8,86	9,81	10,8	12,8	15	
	14	3,45	4,13	4,47	5,43	5,94	6,54	7,56	8,69	9,66	10,6	12,7	15	
	15	3,31	3,98	4,32	5,27	5,78	6,38	7,41	8,56	9,55	10,5	12,6	15	
	16	3,20	3,86	4,19	5,14	5,65	6,25	7,30	8,46	9,46	10,4	12,6	15	
	18	3,04	3,68	4,01	4,95	5,46	6,07	7,13	8,31	9,33	10,3	12,5	15	
	20	2,93	3,56	3,88	4,81	5,32	5,93	7,01	8,21	9,23	10,2	12,4	15	
11	25	2,75	3,36	3,68	4,59	5,10	5,72	6,81	8,04	9,08	10,1	12,3	14	
	30	2,65	3,25	3,56	4,47	4,98	5,59	6,69	7,93	8,99	10,0	12,2	14	
	12	5,19	6,01	6,41	7,44	7,95	8,53	9,50	10,6	11,6	12,5	14,7	17	
	13	4,68	5,46	5,85	6,88	7,40	8,01	9,04	10,2	11,2	12,2	14,4	17	
	14	4,37	5,13	5,51	6,54	7,07	7,69	8,76	9,94	11,0	12,0	14,2	17	
	15	4,15	4,90	5,27	6,30	6,84	7,47	8,56	9,77	10,8	11,9	14,1	17	
	16	3,99	4,72	5,09	6,12	6,66	7,30	8,40	9,63	10,7	11,7	14,0	16	
	17	3,86	4,59	4,95	5,98	6,52	7,17	8,28	9,53	10,6	11,7	14,0	16	
	18	3,76	4,48	4,84	5,86	6,41	7,06	8,18	9,44	10,5	11,6	13,9	16	
	20	3,60	4,31	4,66	5,68	6,23	6,88	8,03	9,31	10,4	11,5	13,8	16	
12	25	3,36	4,04	4,39	5,40	5,95	6,62	7,79	9,10	10,2	11,3	13,7	16	
	30	3,32	3,90	4,24	5,24	5,79	6,46	7,64	8,98	10,1	11,2	13,6	16	
	13	6,03	6,90	7,31	8,39	8,92	9,52	10,5	11,7	12,7	13,8	16,1	19	
	14	5,47	6,31	6,72	7,80	8,35	8,98	10,1	11,3	12,4	13,4	15,8	18	
	15	5,13	5,95	6,35	7,44	8,00	8,65	9,77	11,0	12,1	13,2	15,7	18	
	16	4,88	5,69	6,09	7,18	7,75	8,42	9,56	10,8	12,0	13,1	15,5	18	
	17	4,70	5,50	5,90	6,99	7,56	8,24	9,40	10,7	11,8	13,0	15,5	18	
	18	4,56	5,35	5,74	6,83	7,41	8,09	9,27	10,6	11,8	12,9	15,4	18	
	20	4,34	5,12	5,51	6,60	7,18	7,87	9,08	10,4	11,6	12,8	15,3	18	
	25	4,03	4,77	5,16	6,24	6,83	7,54	8,78	10,2	11,4	12,6	15,1	18	
30	3,85	4,58	4,96	6,04	6,63	7,35	8,61	10,0	11,3	12,5	15,0	18		

Распределение состояний занятости полностью доступного пучка

Сравнительный анализ соотношений (4), (8), (12) и (16) позволяет сделать вывод о том, что распределения Эрланга, Энгсета, биномиальное и пуассоновское связаны друг с другом посредством определенных зависимостей (рис. 3.5).

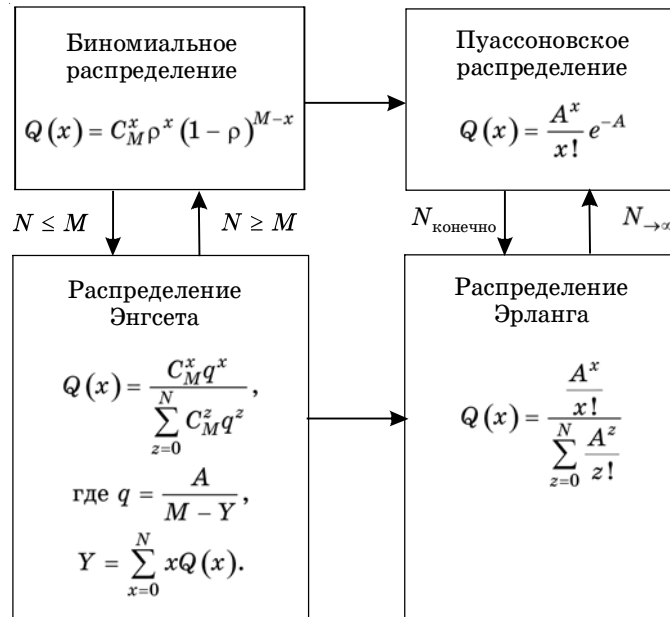


Рис. 3.5 — Законы распределения состояний занятости полностью доступного пучка линий

3.4.5. Система с ожиданием

Общие положения

В отличие от систем с потерями, системы с ожиданием призваны обслуживать весь поступающий трафик. В случае, когда все ресурсы коммутационной системы исчерпаны, СМО с ожиданием предлагает абоненту занять место в очереди ожидания, гарантируя ему обслуживание по истечении некоторого промежутка времени. Отсюда второе название системы с ожиданием — система с очередями. Примерами систем с ожиданием могут служить устройства, осуществляющие [25]:

- коммутацию сообщений;
- коммутацию пакетов;
- статистическое уплотнение с временным разделением каналов;
- многопунктовую передачу данных;
- автоматическое распределение вызовов (АРВ);
- доступ к приемникам набора номера в АТС;
- обработку требований на установление соединений

и т.д.

Перечислим основные допущения, принятые при анализе СМО с ожиданием.

1. Величина поступающего телетрафика должна быть меньше числа обслуживающих приборов ($A < N$).

2. Как правило, вся поступающая нагрузка обслуживается системой ($A = Y$); уменьшение нагрузки ($Y < A$) может быть обусловлено либо конечным объемом памяти для хранения требований, либо добровольным снятием требований «уставшими» абонентами.

3. Число источников в системе предполагается бесконечно большим ($M \rightarrow \infty$).

4. В системе без потерь при $M \rightarrow \infty$ очередь теоретически должна быть бесконечно длинной, но на практике реализуются лишь конечные очереди.

5. Общее *время пребывания* требования в системе подразделяется на *время ожидания* t_w и *длительность обслуживания*. Под длительностью обслуживания здесь понимают среднее время занятия t_{cp} , принятое при анализе систем с потерями.

6. Работа системы зависит от распределения длительности обслуживания. Реальные системы функционируют с некоторым промежуточным распределением между детерминированным и случайным законами. В качестве детерминированного закона принято постоянное распределение длительности обслуживания, а в качестве случайного — экспоненциальное.

7. Дисциплина обслуживания очереди, то есть способ выбора ожидающих в очереди вызовов, обычно выбирается из следующего списка:

- по принципу «первым пришел, первым обслужен» (FIFO);
- циклический опрос источников — очередь обслуживается в порядке последовательности появления ожидающих вызовов;
- случайный выбор ожидающих вызовов;
- выбор согласно дисциплине приоритетов.

Основной целью анализа СМО с ожиданием является определение распределения вероятностей времени ожидания и на его основе нахождение величины среднего времени ожидания, а также вероятности того, что это время превысит некоторое заданное значение.

Классификация Д.Г. Кендалла

Для упрощения описания конкретных систем Д.Г. Кендаллом был предложен классификатор, составленный из буквенных сокращений, характеризующих различные свойства параметров СМО (рис. 3.6).

При описании систем, содержащих либо неограниченную длину очереди (последняя позиция классификатора), либо неограниченные длину очереди и число источников (две последние позиции классификатора), указанные позиции классификатора обычно исключают. Примером сокращенного формата может послужить описание трафика в шине Ethernet вида $M/M/1$, что означает систему с пуассоновским входным потоком, отрицательным экспоненциальным распределением времени ожидания и одним обслуживающим прибором.

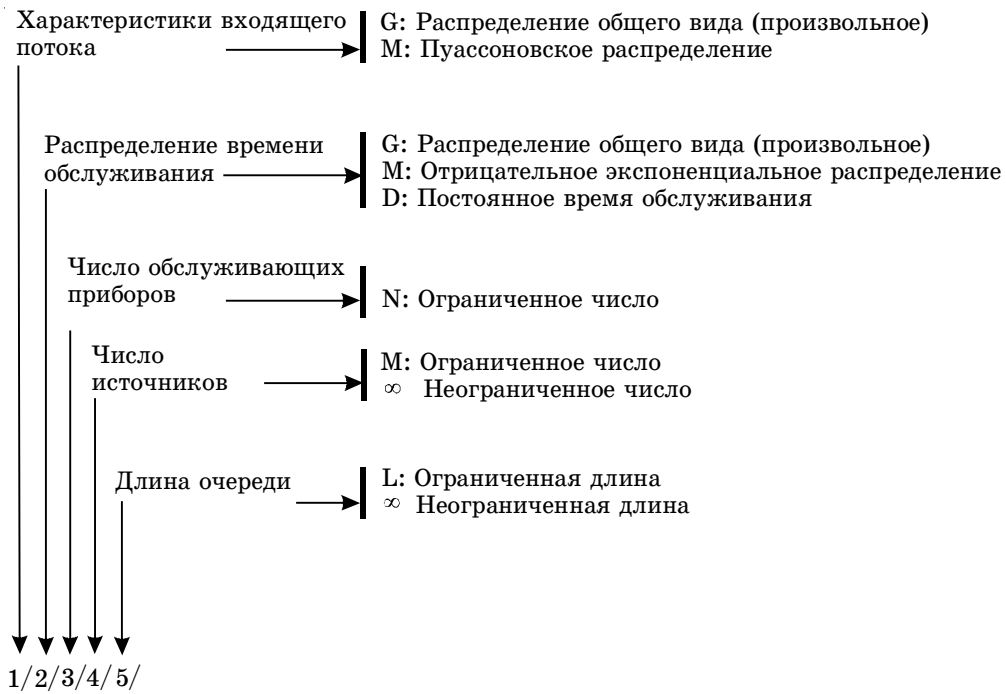


Рис. 3.6 — Обозначения, принятые в СМО с ожиданием

Модель Эрланга M/M/N

Примем следующие исходные допущения:

- 1) коммутационное устройство имеет N линий и полнодоступно;
- 2) пуассоновский поток требований с интенсивностью λ ;
- 3) длительности занятий распределены экспоненциально со средним временем $t_{\text{ср}}$;
- 4) ожидающие требования обслуживаются в порядке поступления (дисциплина FIFO);
- 5) $A < N$, чтобы очередь не росла до бесконечности.

При принятых допущениях исходные данные по аналогии с моделью Эрланга для системы с потерями приобретают вид:

- 1) $x = 0, 1, 2, \dots, N, N+1, \dots, \infty$;
- 2) если $x < N$, то занято x линий, но очереди ожидания нет;
- 3) если $x \geq N$, то занято N линий и $(x-N)$ заявок находятся в очереди ожидания;
- 4) интенсивности:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_x &= A + x, & 0 \leq x \leq N - 1; \\ \lambda_x &= A + N, & x \geq N; \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

- 5) вероятности переходов системы из состояния z в другие состояния:

$$\left. \begin{aligned} P(z, z+1) &= A/\lambda_z, & 0 \leq z \leq N; \\ P(z, z-1) &= z/\lambda_z, & 0 \leq z \leq N; \\ P(z, x) &= 0, & z > N; \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

6) системы линейных уравнений состояний занятости:

$$\lambda_x Q(x) = \sum \lambda_{zi} P(z_i, x) Q(z_i), \quad z \in Z;$$

$$\sum Q(x) = 1; \quad x \in Z.$$

Найдем решения системы уравнений состояний занятости для различных областей существования переменной x .

1. Для области $0 \leq x < N$.

$$z_1 = x - 1; \quad \lambda_{z_1} = A + x - 1; \quad P(z_1, x) = P(x - 1, x) = A/\lambda_{z_1};$$

$$z_2 = x + 1; \quad \lambda_{z_2} = A + x + 1; \quad P(z_2, x) = P(x + 1, x) = z_2/\lambda_{z_2}.$$

После подстановки найденных зависимостей в систему уравнений состояния занятости получим рекуррентную зависимость

$$(A + x) Q(x) = A Q(x - 1) + (x + 1) Q(x + 1),$$

дающую для различных x :

$$\left. \begin{aligned} A Q(0) &= Q(1); \quad x = 0; \\ (A + 1)Q(1) &= A Q(0) + 2Q(2) \text{ или } A Q(1) = 2Q(2); \quad x = 1; \\ (A + 2)Q(2) &= A Q(1) + 3Q(3) \text{ или } A Q(2) = 3Q(3); \quad x = 2; \\ \dots\dots\dots \\ (A + N - 1)Q(N - 1) &= A Q(N - 2) + N Q(N) \text{ или } A Q(N - 1) = N Q(N); \quad x = N - 1. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Результатом такого представления, во-первых, служит значительное упрощение исходного рекуррентного соотношения $AQ(x) = xQ(x + 1)$; во-вторых, появляется возможность записать общую формулу для любого $0 \leq x < N$:

$$Q(x) = \frac{A^x}{x!} Q(0); \quad (21)$$

в-третьих, найденная рекуррентность позволяет распространить результат на случай $x = N$, что следует из выражения (20):

$$Q(N) = \frac{A}{N} Q(N - 1) = \frac{A^N}{N!} Q(0). \quad (22)$$

2. Для области $x \geq N$.

Справедливо равенство $\lambda_x = A + N$, что позволяет определить переходные вероятности:

$$z_1 = x - 1; \quad \lambda_{z_1} = A + N; \quad P(z_1, x) = P(x - 1, x) = A/\lambda_{z_1};$$

$$z_2 = x + 1; \quad \lambda_{z_2} = A + N; \quad P(z_2, x) = P(x + 1, x) = N/\lambda_{z_2}.$$

Подстановка найденных величин в систему уравнений состояния занятости дает рекуррентное соотношение

$$(A + N) Q(x) = A Q(x + 1) + N Q(x + 1),$$

упрощаемое до формы

$$A Q(x) = N Q(x + 1)$$

и позволяющее записать общую формулу вероятности состояния занятости в виде

$$Q(x) = (A/N)^{x-N} Q(N), \quad (23)$$

где $Q(N) = (A^N/N!) Q(0)$.

Таким образом, единственной неизвестной величиной в формулах (21) и (23) остается величина $Q(0)$, найти которую позволяет условие нормировки

$$\begin{aligned} \sum_{x=0}^{\infty} Q(x) = 1 &= \sum_{x=0}^N \frac{A^x}{x!} Q(0) + \sum_{x=N+1}^{\infty} \left(\frac{A}{N}\right)^{x-N} \frac{A^N}{N} Q(0) = \\ &= Q(0) \left[\sum_{x=0}^N \frac{A^x}{x!} + \frac{A^N}{N!} \sum_{x=N+1}^{\infty} \left(\frac{A}{N}\right)^x \right] = Q(0) \left[\sum_{x=0}^N \frac{A^x}{x!} + \frac{A^{N+1}}{N!(N-A)} \right]. \end{aligned}$$

Последнее равенство позволяет записать результат в виде

$$Q(0) = \left[\sum_{x=0}^N \frac{A^x}{x!} + \frac{A^{N+1}}{N!(N-A)} \right]^{-1}. \quad (24)$$

Таким образом, формулы (21), (23) и (24) полностью описывают вероятность состояния занятости в системе с ожиданием.

Однако полученный результат мало пригоден на практике. Для системы с очередями определяющую роль играет не столько знание вероятности состояния, сколько знание времени ожидания. Среднее время ожидания может быть определено как математическое ожидание случайной величины «время ожидания t »:

$$\bar{t}_w = \int_0^{\infty} t W(t) dt, \quad (25)$$

где $W(t)$ — плотность вероятности случайной величины t . Задача сводится к поискам закона распределения времени ожидания в системе.

В теории очередей этот закон определяется в нестандартной, дополняющей, форме

$$P(> t) = 1 - F(t), \quad (26)$$

где $P(> t)$ — вероятность того, что поступившее требование будет ожидать обслуживания в течение времени, большего величины t ; $F(t) = \int_{-\infty}^t W(t) dt$ — интегральный закон распределения (вероятность того, что время ожидания не превышает величину t).

Распределение (26) может быть получено по формуле полной вероятности для любого возникающего требования

$$P(> t) = \sum_{x=N}^{\infty} Q(x) P_x(> t), \quad (27)$$

где $P_x(> t) = \sum_{k=0}^{x-N} P_k(\lambda' t)$.

Величина $P_x(> t)$ имеет смысл условной вероятности того, что время ожидания обслуживания для некоторого требования с порядковым номером $(x+1)$ окажется больше величины t при условии, что требование застает при своем появлении $x \geq N$ более ранних, а следовательно, более приоритетных вызовов, $(x-N)$ из которых организованы в очередь с дисциплиной FIFO.

Здесь величина $P_k(\lambda' t)$ означает вероятность того, что за время t завершатся k вызовов (сеансов связи):

$$P_k(\lambda't) = \frac{(\lambda't)^k}{k!} e^{-\lambda't}, \quad (28)$$

где $\lambda' = N/t_{\text{cp}}$ — частота обслуживания требований пуассоновского входного потока в системе с ожиданием при полностью задействованной емкости пучка ЭСЛ ($x \geq N$).

Производя элементарные действия над выражением (27) по перестановке операций суммирования и уточнению их пределов, приходим к следующему результату:

$$P(> t) = \sum_{x=N}^{\infty} Q(x) \sum_{k=0}^{x-N} P_k(\lambda't) = \sum_{k=0}^{\infty} P_k(\lambda't) \sum_{x=N+k}^{\infty} Q(x).$$

После подстановки соотношений (23) и (28) в полученный результат формула для вычисления параметра $P(> t)$ приобретает вид

$$P(> t) = Q(N) e^{-\lambda't} \cdot \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\lambda't)^k}{k!} \sum_{x=N}^{\infty} \left(\frac{A}{N}\right)^{x-N}.$$

Свертывая бесконечно убывающую геометрическую прогрессию и учитывая ранее введенное обозначение $\lambda' = N/t_{\text{cp}}$, окончательно приходим к соотношению

$$P(> t) = P(> 0) e^{-\frac{N-A}{t_{\text{cp}}} t}, \quad (29)$$

где $P(> 0) = \frac{N}{N-A} Q(N)$ — вероятность ожидания (вероятность наличия очереди на обслуживание); $P(> t)$ — вероятность того, что время ожидания в очереди превысит величину t .

Вероятность $P(> 0)$ представляет собой весьма важный параметр, характеризующий систему с ожиданием. С учетом соотношений (23) и (24) формула для вычисления $P(> 0)$ принимает вид, известный в теории телетрафика как вторая формула Эрланга, или **C-формула Эрланга**:

$$P(> 0) = E_{2,N}(A) = C = \frac{N E_{1,N}(A)}{N - A [1 - E_{1,N}(A)]}, \quad (30)$$

где $E_{1,N}(A)$ — первая формула Эрланга для системы с потерями (9), так называемая **B-формула**.

Формула (30) иллюстрирует классическое определение вероятности события «наличие очереди». Определение соответствует модели системы с потерями, адекватной системе с ожиданием по основным параметрам, но без очередей. В такой системе при величине поступающей нагрузки A и емкости пучка ЭСЛ коммутационной системы, равной N , имеется вероятность блокировки величиной $B = E_{1,N}(A)$. Обслуженный трафик подсчитывается по формуле $Y = A(1 - B)$. Максимальный поток, который может обслужить коммутационная система из N ЭСЛ, равен N Эрл.

Наличие в системе очереди означает априори, что емкость коммутационной системы уже использована максимально. В таком случае очередь формируется за счет избыточного потока, равного (NB) . Эта величина дает количество, благоприятное событию «наличие очереди» (числитель формулы (30)). Общее же количество возможных случаев, когда при максимальной загрузке очередь может либо быть, либо нет, определяется величиной разности между максимально возможным и реальным потоками $(N - Y)$ (знаменатель форму-

лы (30)). Легко видеть, что при $N=A$ вероятность возникновения очереди равна ста процентам: $P(>0) = 1$.

Уравнение (29) определяет вероятность того, что вызов, поступающий в случайно выбранный момент времени, ожидает не более t/t_{cp} длительностей обслуживания. На рис. 3.7 представлено соотношение (29) в виде пропускной способности различного числа обслуживающих устройств как функции допустимого времени ожидания. Для заданной нормы времени ожидания t/t_{cp} (рис. 3.7,а) интенсивность нагрузки максимальна, если норма ожидания будет превышена только для 10 % поступающих вызовов. Аналогично интенсивность нагрузки максимальна, если норма ожидания оказывается превышенной только для 1 % поступающих вызовов (рис. 3.7,б). Заметим, что при $p(>0) = 0,01$ системы обслуживания не достигают своей максимальной пропускной способности, если только допустимое время ожидания не оказывается в несколько раз большим, чем t_{cp} .

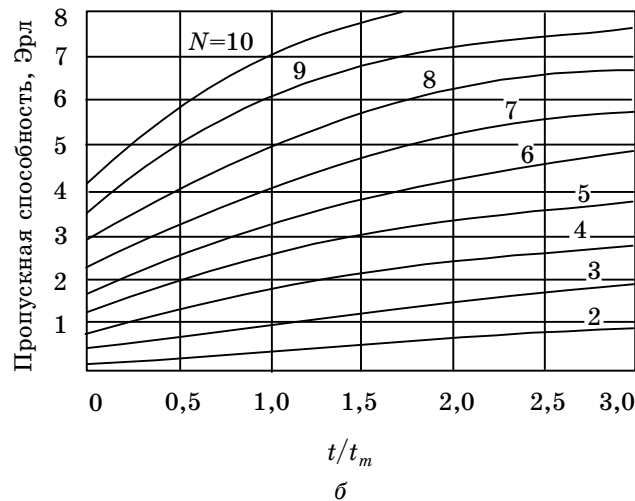
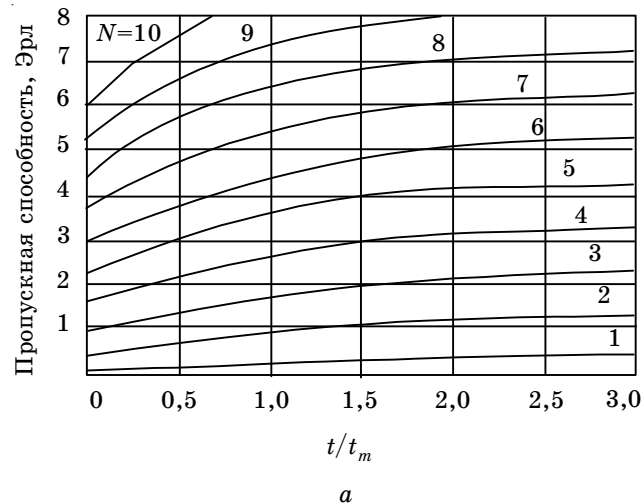


Рис. 3.7 — Пропускная способность системы с ожиданием с несколькими обслуживающими приборами в случае экспоненциального распределения длительности обслуживания [25]:
 а — вероятность ожидания свыше времени t , $p(>t)=10\%$;
 б — вероятность ожидания свыше времени t , $p(>t)=1\%$

Согласно формулам (26) и (29), распределение времени ожидания приобретает вид

$$\begin{cases} F(t) = 1 - P(> 0) e^{-\frac{N-A}{t_{cp}} t}, & t > 0; \\ W(t) = \frac{P(> 0)(N-A)}{t_{cp}} e^{-\frac{N-A}{t_{cp}} t}, & t > 0. \end{cases} \quad (31)$$

Таким образом, распределение времени ожидания имеет форму, близкую к классической экспоненциальной $W(t) = \alpha e^{-\alpha t}$ с интенсивностью, равной $(N-A)/t_{cp}$.

Среднее время ожидания определим по формуле (25):

$$\bar{t}_w = \int_0^{\infty} t \frac{P(> 0)(N-A)}{t_{cp}} e^{-\frac{N-A}{t_{cp}} t} dt = \frac{P(> 0)t_{cp}}{N-A}. \quad (32)$$

Величину $t_w = t_{cp}/(N-A)$, входящую в формулы (31) и (32), можно трактовать как среднее время пребывания заявок в очереди при усреднении только среди заявок, находящихся в очереди.

В свою очередь, величина \bar{t}_w предполагает усреднение среди полного ансамбля заявок: $\bar{t}_w = P(> 0)t_w$, где

$$t_w = \frac{t_{cp}}{N-A}. \quad (33)$$

Выражение (33) иллюстрируется рис. 3.8.

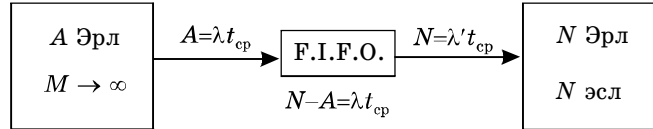


Рис. 3.8 — Модель-иллюстрация соотношения (33)

Для лучшего понимания смысла введенных параметров проанализируем формулу (33). Для этого найдем величину, обратную t_w :

$$\frac{1}{t_w} = \frac{N}{t_{cp}} - \frac{A}{t_{cp}}. \quad (33a)$$

Нетрудно заметить, что данное равенство интерпретируется как комбинация трех интенсивностей:

- частоты поступления вызовов — $\lambda = \frac{A}{t_{cp}}$;
- частоты рассасывания очереди — $\lambda_w = \frac{1}{t_w}$;
- частоты обслуживания — $\lambda' = \frac{N}{t_{cp}} = \lambda + \lambda_w$.

Введенные обозначения позволяют переписать выражение (33a) в виде $\lambda_w = \lambda' - \lambda$ или $\lambda' = \lambda + \lambda_w$.

Умножая обе части полученного равенства на \bar{t}_w , получим:

$$\lambda' \bar{t}_w = \lambda \bar{t}_w + \lambda_w \bar{t}_w.$$

Величину $\lambda \bar{t}_w$ называют емкостью накопителя вызовов, или средней длиной очереди:

$$l = \lambda \bar{t}_w = \lambda t_w P(> 0) = \frac{A t_w}{t_{cp}} P(> 0). \quad (34)$$

Слагаемое $\lambda_w \bar{t}_w$ равно вероятности ожидания $P(> 0)$:

$$\lambda_w \bar{t}_w = \frac{t_w P(> 0)}{t_w} = P(> 0). \quad (35)$$

Таким образом, выполняется соотношение

$$\lambda' \bar{t}_w = P(> 0) + l. \quad (36)$$

Среднее время пребывания требования в системе легко вычислить, суммируя время ожидания t_w и среднее время обслуживания t_{cp} :

$$t_{np} = \bar{t}_w + t_{cp} = t_{cp} \left[1 + \frac{P(> 0)}{N - A} \right]. \quad (37)$$

Среднее число требований, находящихся в системе, вычисляется по теореме Литтла и равно сумме поступающего телетрафика и средней длины очереди:

$$m_s = \lambda t_{np} = l + A. \quad (38)$$

В случае наличия в системе единственного обслуживающего прибора ($N = 1$; однолинейная СМО) имеют место следующие соотношения:

$$E_{1,1}(A) = \frac{A}{1 + A}, \quad P(> 0) = A, \quad l = \frac{A^2}{1 - A},$$

$$\bar{t}_w = t_{cp} \frac{A}{1 - A}, \quad t_{np} = \frac{t_{cp}}{1 - A}, \quad m_s = \frac{A}{1 - A}.$$

Контрольные вопросы

1. Закончите фразу: «Входной поток требований в теории телетрафика задается статистическим распределением...».
2. Сколько обслуживающих приборов входят в состав коммутатора двухфазной трехлинейной СМО?
3. Что такое блокировка вызова в ТФОП: неисправность абонентской линии; неисправность магистральной линии; нехватка ресурса коммутационной станции или неисправность коммутационной системы?
4. Что означает на практике наличие свойства одинарности входного потока: а) вызовы идут по единственной абонентской линии; б) вызовы поступают на коммутатор последовательно, один за другим; в) речь идет о единственном абоненте сети; г) два и более вызовов не могут прийти одновременно на коммутатор?
5. Что на практике означает равенство величины телетрафика одному Эрлангу: а) терминал одного абонента активен в среднем в течение всех 24 часов времени суток; б) терминал одного среднестатистического абонента

активен в течение всех 24 часов времени произвольно взятых суток; в) терминал одного среднестатистического абонента активен в течение 60 минут часа наибольшей нагрузки; г) терминал одного среднестатистического абонента сохраняет свою активность непрерывно за все время наблюдения?

6. Какое из приведенных ниже утверждений отвечает концепции статистического равновесия СМО с потерями по А.К. Эрлангу: а) пропускная способность СМО равна поступающему телетрафику A ; б) СМО стремится к наиболее вероятному состоянию, когда занято $A = \lambda t_{\text{ср}}$ эквивалентных соединительных линий; в) вероятность блокировки СМО с потерями равна величине «опасного времени»?

7. Укажите в приведенном списке правильный классификатор по А.Г. Кендаллу для описания трафика в шине Ethernet: M/D/1; G/M/N; M/M/1; M/M/N/M.

8. Какова дисциплина обслуживания очереди в модели Эрланга M/M/N: LIFO; FILO; FIFO или LILO?

9. Укажите, чему равно среднее число требований, одновременно находящихся в системе с очередями M/M/N: а) величине поступающего телетрафика; сумме поступающего телетрафика и средней длины очереди; б) сумме поступающего телетрафика и потока требований, покидающих очередь за время ожидания.

10. Укажите, чему равна вероятность блокировки вызовов в СМО с конечным числом абонентов: а) величине опасного времени $G(N)$ в системе с заданным конечным числом абонентов; б) величине опасного времени $G(N)$ в системе с числом источников, увеличенным на единицу; в) величине опасного времени $G(N)$ в системе с числом источников, уменьшенном на единицу.

11. Чему равна максимальная величина телетрафика в Эрлангах для СМО с явными потерями, порожденного M абонентами, при ресурсе коммутационной сети, равном N ?

12. Какой результат следует ожидать от СМО с очередями, если величина поступающего телетрафика превышает ресурс коммутационной системы: а) прекращение работы системы вследствие недопустимо большой величины вероятности блокировки вызовов; б) очередь бесконечной длины; в) нормальное функционирование системы с блокировкой излишнего трафика?

Глава 4. Российская телекоммуникационная сеть общего пользования

4.1. Классификация сетей

Российская телекоммуникационная сеть общего пользования строится на базе сетей Министерства связи и других ведомств, а также частных сетей. Она оснащается цифровыми АТС, цифровыми системами передачи (ЦСП), волоконно-оптическими кабелями связи, спутниковыми системами связи и т.д.

Как транспортная сфера, российская телекоммуникационная сеть позволяет создать следующие сети:

- **ТФОП** — телефонную сеть общего пользования;
- **ИСР** — интеллектуальную сеть России (расширенный набор услуг, в том числе служба с оплатой вызываемым абонентом — служба 800);
- **РСПД** — российскую сеть передачи данных (обмен данными между производственными, банковскими, коммерческими структурами в стране и за рубежом);
- **ЦСИС** — комплексные услуги ограниченному числу (2–6 % общего числа) абонентов: (многофункциональный телефон, факсимильный аппарат, телекс, видеотекс и т.д.);
- **СМПС** — сотовые мобильные и персональные сети связи (число абонентов достигнет к 2010 г. 10–20 % от общего числа);
- **Ш-ЦСИС** — широкополосные цифровые сети с интеграцией услуг.

В перспективе предполагается развитие:

- *телематических служб* (телекс, видеотекс, телефакс, обработка сообщений и др.), базирующихся как на телефонной сети общего пользования, так и на сетях передачи данных с различными методами коммутации;
- *частных виртуальных сетей*, ориентированных на обслуживание определенных групп потребителей (например, пользователей коммерческих структур).

Спрос на услуги телеграфной связи общего пользования и телекс уменьшается. Функции этих сетей все больше переходят к *службе обработки сообщений* (СОС), рассчитанной на обслуживание широкого круга разнообразных пользователей.

4.2. Телефонная сеть общего пользования

4.2.1. Состояние ТФОП

Место ТФОП в современном телекоммуникационном пространстве определяется двумя параметрами:

- телефонной плотностью (ТП);
- количеством основных телефонных аппаратов (ОТА).

Под термином ОТА понимают число основных абонентских линий, соединенных с АТС.

На 1995 г. в РФ телефонная плотность составила 18 % (18 ОТА на 100 жителей) [32, с. 365], а на 1998 г. — 20,5 % [25, с. 50].

По состоянию на 1995 г. количество ОТА в России составило 27 млн [32], что обеспечило 6-е место в мире (США — 143 млн, Японии — 59 млн, Германии и т.д.). Однако по телефонной плотности Россия на этот период замкнула четвертый десяток стран мира (10-е место у Испании — 36 %).

Ориентировочная динамика изменения ТП РФ прогнозируется графиком рис. 4.1 [32, с. 366]. Кривые 1 и 2 построены в предположении скорости роста валового национального дохода соответственно 2 % и 8 %.

Уровень телефонизации промышленно развитых стран по состоянию на 1995–1998 гг. равен 47 ОТА на 100 жителей.

Тенденции развития ТФОП России [33]:

- переход от аналоговой ТФОП к аналогово-цифровой;

- создание цифровой сети связи общего пользования до 20 миллионов номеров (эта сеть будет обслуживать в основном коммерческих пользователей);

- полная замена декадно-шаговых АТС;

- создание на основе цифровых сетей связи общего пользования узкополосной ЦСИО для ограниченной части абонентов;

- применение системы сигнализации по ОКС на всех участках сети;

Основные требования к ТФОП могут быть сформулированы следующим образом:

- 1) прозрачный канал «из конца в конец» на время сеанса;
- 2) физический канал end-to-end может состоять из нескольких звеньев, соединенных в УК последовательно;
- 3) звенья могут быть организованы каналами ТЧ систем передачи с ЧРК или с ВРК;
- 4) каналы ТФОП являются общим ресурсом, используемым всеми пользователями;
- 5) длительность сеанса связи должна зависеть исключительно от пользователя;
- 6) сеть должна поддерживать целостность физического канала «из конца в конец»;
- 7) сеть должна обеспечить сигнализацию по способу «от звена к звену» или «из конца в конец»;
- 8) качество представленных сетевых ресурсов должно оцениваться долей блокировок.

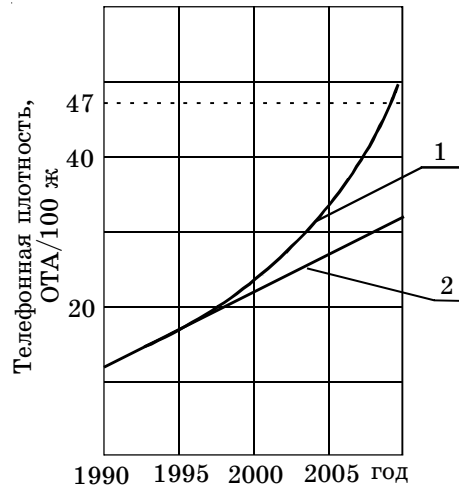


Рис. 4.1 — Прогноз динамики роста ТП РФ

4.2.2. Автоматическая коммутируемая международная телефонная сеть

В соответствии с рекомендацией E.171 МККТТ (МСЭ-Т) сеть строится на базе устройств автоматической коммутации трех классов: СТ-1, СТ-2 и СТ-3, являющихся оконечными международными станциями. СТ-1 и СТ-2 [5], кроме того, выполняют функции центров автоматического транзита. На рис. 4.2 аббревиатурой СТ-х обозначен центр неопределенной категории.

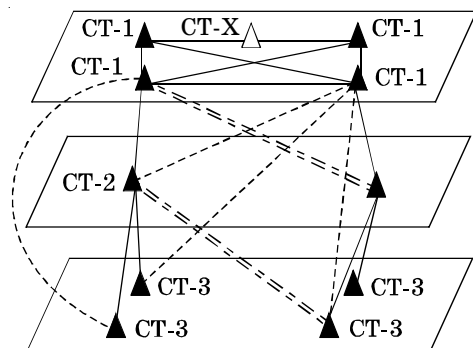


Рис. 4.2 — Иерархия международной телефонной сети

Вся территория земного шара разделена на 8 зон коммутации («телефонных континентов»), в каждой из которых установлен центр коммутации первого класса СТ-1: Северная и Центральная Америки (код 1), Африка (код 2), Европа (коды 3 и 4), Южная Америка (код 5), Малая Азия, Австралия и Океания (код 6), Россия (код 7), Центральная Азия и Дальний Восток (код 8), Индия и Ближний Восток (код 9). В зоне действия СТ-1 строятся СТ-2 и СТ-3. Узлы СТ-2 объединяет несколько стран. Зона СТ-3, как правило, ограничивается территорией страны. В СССР центры СТ-3 не создавались.

СТ-1 соединены по принципу «каждый с каждым» пучками *последнего выбора* (ППВ). Пучки каналов ППВ образуют *базовую структуру*. Для ППВ используются по возможности наземные каналы связи. МККТТ (МСЭ-Т) не рекомендует включать два и более скачков спутниковой связи в один международный соединительный тракт. Между центрами СТ любого класса могут быть организованы *прямые пучки каналов высокого качества* (ПВК) с вероятностью блокировки не более 1 % или *пучки каналов высокого использования* (ПВИ) с вероятностью блокировки порядка 15–20 %.

Узлы коммутации, образующие телефонную сеть России с выходом на международные линии связи, показаны на рис. 4.3 [5, с. 50]. На рисунке приняты следующие стандартные обозначения: ОС — оконечная телефонная станция; УС — узловая телефонная станция; ЦС — центральная телефонная станция; ЗТУ — зональный телефонный узел; АМТС — автоматическая междугородная телефонная станция; УАК — узел автоматической коммутации; УВСМ — узел входящих сообщений междугородной связи; УЗСЛ — узел заказно-соединительных линий (ЗСЛ); ПС — пункт связи.

В соответствии с рекомендацией E.171 МККТТ количество коммутируемых участков, участвующих в установлении международного соединения, не должно превышать 12. В исключительных случаях и для небольшого числа соединений количество коммутируемых участков может достигать 14.

Согласно Рекомендации Q.40, для большинства международных соединений количество коммутируемых участков национальной сети не должно превышать четырех, а на международной — пяти. В исключительных ситуациях допускается иметь на национальной сети пять, а на международной — шесть (добавлен один СТ-X — центр коммутации неопределенной категории) коммутируемых участков.

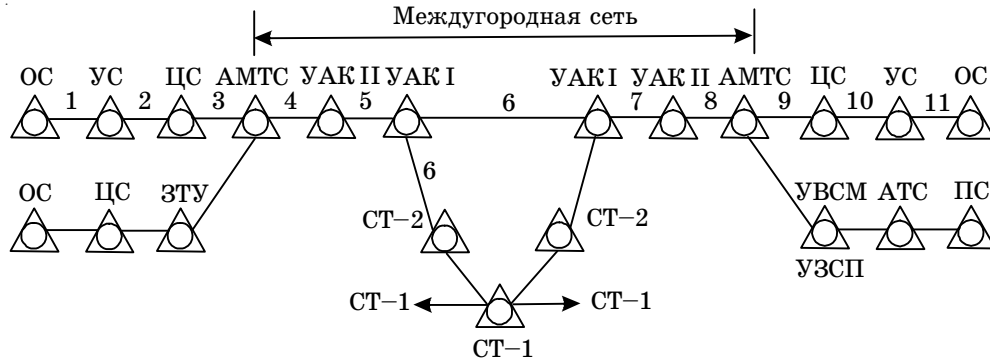


Рис. 4.3 — Состав коммутируемой телефонной сети России

На национальной сети бывшего СССР число коммутируемых участков при международной связи может достигать шести [ОС-УС-ЦС-АМТС-УАК II-УАК I-СТ], то есть на один больше, чем допускается МККТТ (МСЭ-Т).

Таким образом, центры коммутации СТ-3 на территории бывшего СССР и нынешней России не могут создаваться. Для соблюдения международных норм количество участков на международной сети при связи с нашей территорией должно быть уменьшено на один, а на национальной — увеличено на один (до шести). Поэтому при междугородной связи в России (бывшем СССР) максимальное число коммутируемых участков достигает 11, а непосредственно на междугородной сети — пяти.

4.2.3. Автоматическая коммутируемая междугородная сеть России

Автоматическая коммутируемая междугородная сеть предназначена для установления соединений между АМТС различных зонных телефонных сетей. Включает АМТС, УАК I (узлы автоматической коммутации первого класса), УАК II и пучки каналов, связывающих станции и телефонные узлы (рис 4.4, 4.5).

Вся территория бывшего СССР поделена на 12 транзитных территорий, каждая из которых содержит УАК I. Все УАК соединяются между собой по принципу «каждый с каждым» пучками каналов высокого качества ПВК (вероятность потерь составляет не более 1 %).

Число УАК в соединительном тракте страны не должно превышать четырех (т.е. в междугородном тракте — не более пяти коммутируемых участков).

Самый длинный путь: АМТС — УАК II — УАК I — УАК I — УАК II — АМТС называется *путем последнего выбора* (ППВ).

Пунктиром на схеме рис. 4.5 показаны ПВИ — пути высокого использования каналов — рассчитанные на большие потери с вероятностью блокировки 15–20 %.

При обслуживании поступающих вызовов для сеанса связи предоставляются, как правило, ПВИ. Все, что не установлено на путях высокого использования, поступает на ППВ. При занятости каналов ППВ вызов теряется.

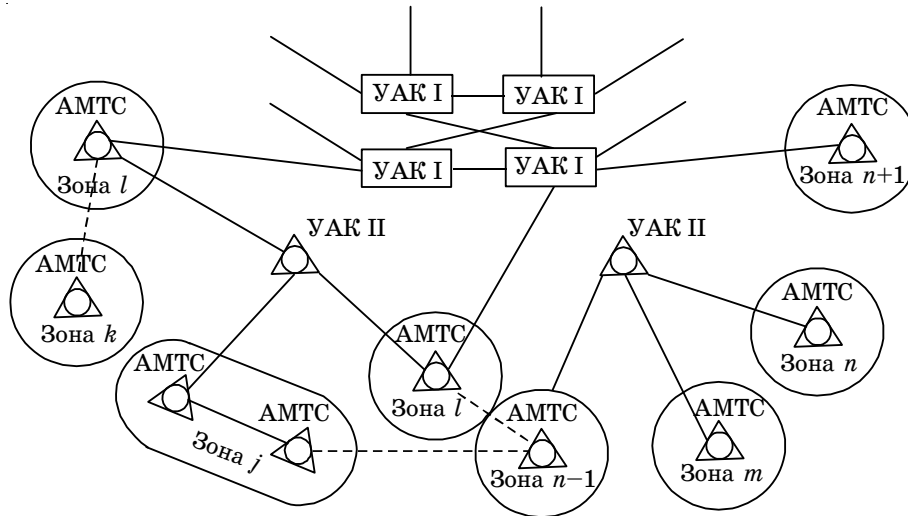


Рис. 4.4 — Схема междугородной телефонной сети

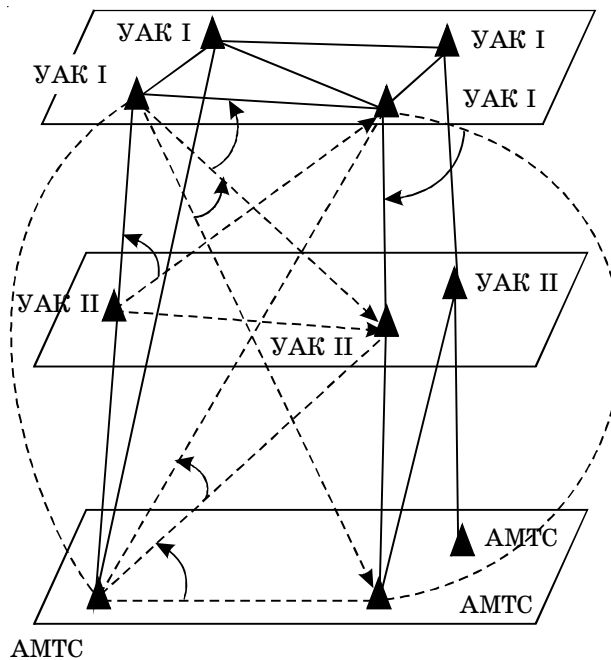


Рис. 4.5 — Иерархия междугородной сети

4.2.4. Автоматические коммутируемые внутризональные телефонные сети

К 1984 г. на территории СССР была образована 171 телефонная зона нумерации.

Характеристики телефонной зоны нумерации:

- применение семизначного номера;
- емкость зоны не должна превышать 8 миллионов номеров (в течение 50 лет);

• желательно совпадение границ зоны с административными границами области.

Зоновая телефонная сеть образована *местными* телефонными сетями и *внутризоновой* телефонной сетью (рис. 4.6).

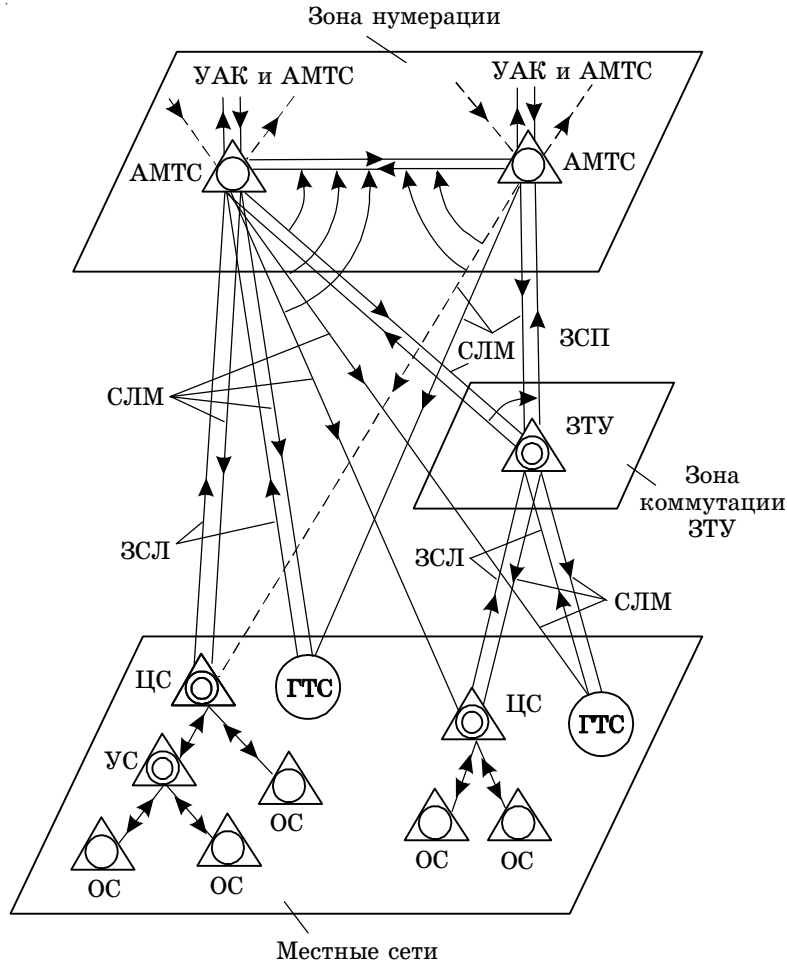


Рис. 4.6 — Схема внутризоновой телефонной сети

На рис. 4.6 обозначено: УС — узловые станции (в населенном пункте сельского района); ОС — оконечные станции (в населенном пункте района); ЦС — центральная станция (в райцентре); ГТС — городская телефонная сеть; СТС — сельская телефонная сеть.

Максимально допустимое количество коммутируемых участков при организации соединения между абонентами СТС России равно 11 (см. рис. 4.3): четыре участка на двух сельских сетях, два участка на внутризоновых, пять участков на междугородной сети. При этом следует отметить, что на СТС не применяются узловые станции, если связь ЦС с АМТС осуществляется не непосредственно, а через ЗТУ.

Структурно ГТС подразделяются на *районированные* и *нерайонированные* сети (рис. 4.7).

Нерайонированные ГТС применяются в небольших городах с единственной АТС.

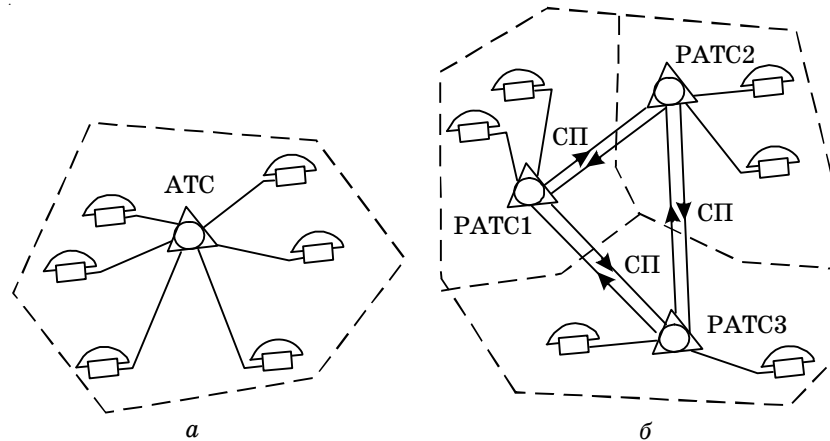


Рис. 4.7 — Нерайонированная (а) и районированная ГТС без узлообразования (б)

Районированные ГТС в каждом городском районе имеют отдельную районированную АТС (РАТС). Абоненты РАТС могут иметь пяти-, шести- или семизначные номера в зависимости от величины города и способа организации его сети:

- 5-значный номер — в сети без узлообразования, до 80 000 номеров (рис. 4.7,б);
- 6-значный номер — в сети на рис. 4.8, содержащей РАТС с узлами входящих сообщений (УВС), до 8 районов, в каждом до 100 000 номеров;
- 7-значный номер — в сети, содержащей РАТС с УВС и УИС (узлами входящих и исходящих сообщений); до 8 районов, в каждом до 1 млн. номеров (рис. 4.9).

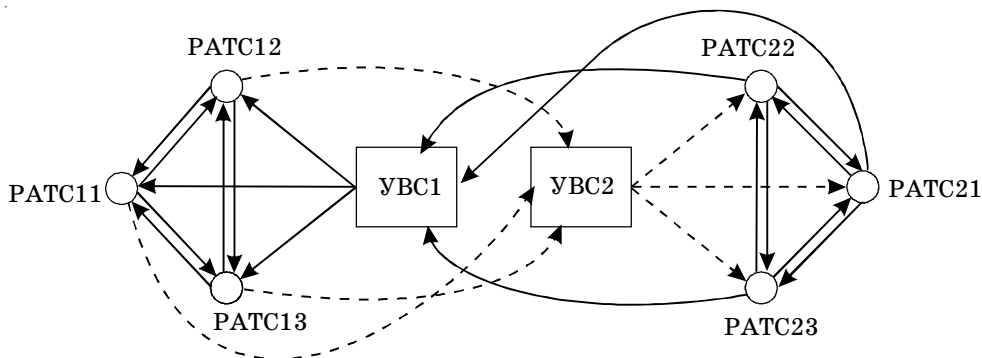


Рис. 4.8 — Районированная ГТС с УВС

Взаимодействие городских и сельских телефонных сетей показано на рис. 4.10 [4, с. 10]. Здесь УСП — узел исходящего и входящего сообщений сельско-пригородной связи. При построении комбинированной сети на ГТС организуется ЦС или транзитный УСП, через который осуществляется связь станций СТС между собой и со станциями ГТС.

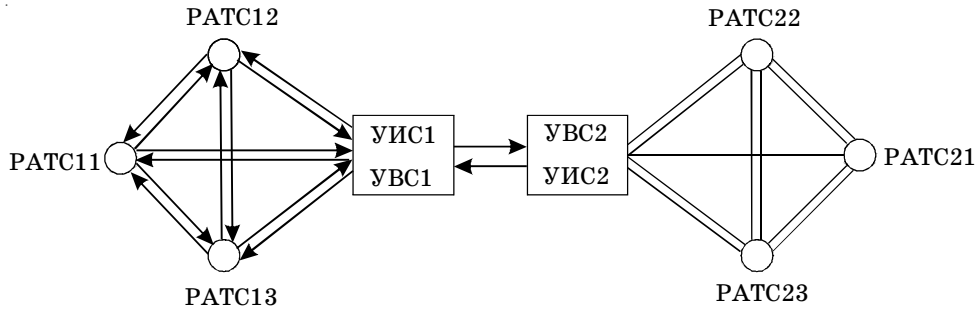
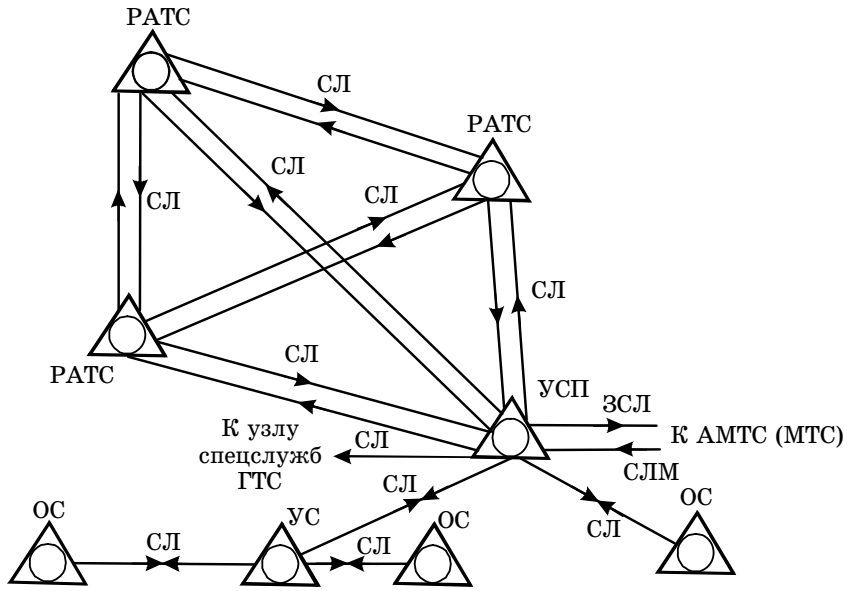
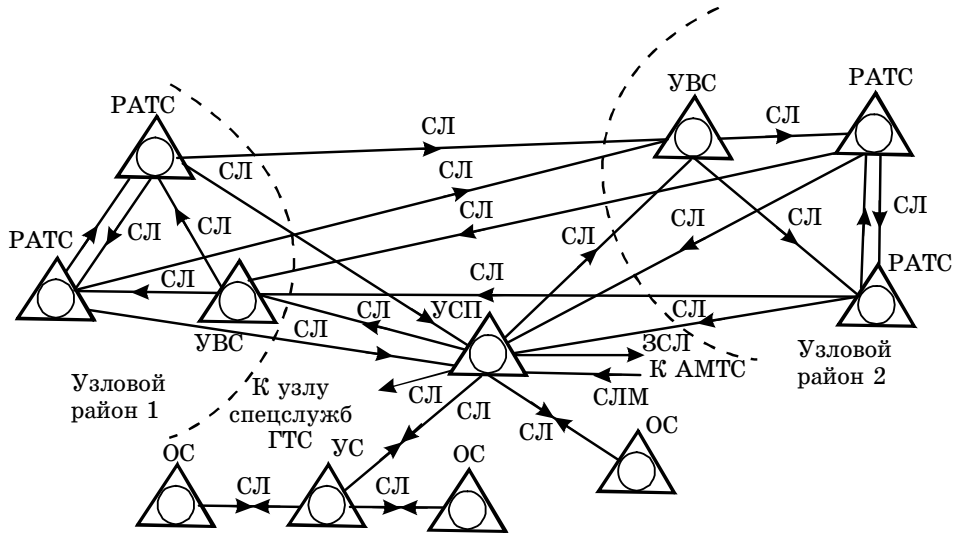


Рис. 4.9 — Районированная ГТС с УВС и УИС



а



б

Рис. 4.10 — Взаимодействие ГТС и СТС:
а — ГТС без узлообразования; б — ГТС с УВС

4.2.5. Системы нумерации в ТФОП РФ

Различают *закрытую* и *открытую* системы нумерации. В случае закрытой нумерации из любого пункта сети набирается номер, содержащий одно и то же количество знаков. На ГТС используется только закрытая 5-, 6- и 7-значная нумерация. Абонентский номер образуется из 4-значного номера в пределах 10000-й группы (0000–9999) с добавлением перед ним номера кода, т.е. цифры или комбинации цифр, определяющих данную десятичную группу.

Вызов абонентов ГТС абонентами учрежденческо-производственных станций (УПАТС) производится путем набора индекса выхода на ГТС (обычно цифры 9) с последующим набором номера абонента на ГТС. Каждому абоненту УПАТС, имеющему право на связь с городом, помимо сокращенного внутреннего номера присваивается также и полный абонентский номер ГТС со значностью, принятой на данной сети. Для входящей связи на УПАТС ручного обслуживания на АТС выделяется один или несколько серийных номеров.

Для вызова *экстренных* и *справочных служб* на ГТС применяются единые 2- и 3-значные номера с первой цифрой «0». Сокращенные номера присваиваются экстренным спецслужбам, а также ряду информационных, справочных и заказных служб, пользующихся наибольшим спросом. Вспомогательные службы, характеризующиеся ограниченным или местным использованием (справочные бюро больниц, поликлиник, отдельных предприятий, заказные службы ремонтных контор и т.п.), включаются в ГТС по полной нумерации.

Экстренным спецслужбам на всех ГТС присваиваются следующие единые двузначные номера:

- пожарная спецслужба — 01;
- милиция — 02;
- скорая медицинская помощь — 03;
- аварийная служба газовой сети — 04.

Номера, выделенные для спецслужб Министерства связи РФ, приведены в табл. 4.1.

При автоматической *междугородной* телефонной связи абонент должен набирать:

8 – ABC ab xxxxx,

где 8 — индекс выхода на АМТС, ABC — трехзначный код зоны; **ab xxxxx** — зональный абонентский номер; **ab** — код местной сети или сотысячной группы абонентов.

В качестве **A** могут быть использованы любые цифры, кроме 1 и 2, а в качестве **B** и **C** — любые цифры. В качестве первого знака абонентского номера на местных телефонных сетях с 7-, 6- и 5-значной нумерацией не могут использоваться цифры 8 и 0. В качестве **a** могут быть использованы любые цифры, кроме 8 и 0, а в качестве **b** — любые цифры.

При вызове абонентов ГТС областного центра с 5-значной или 6-значной нумерацией местный номер абонента должен дополняться до зонального (7-значного) цифрами 22 или 2 соответственно. При вызове абонентов ГТС областного центра, где не организована зона (нет АМТС), временно допускается дополнять нулями местный номер абонента до зонального. Например, при вызове абонента с 5-значной нумерацией набирается номер: **ABC – 00 xxxxx**.

Если абонент при местной связи для выхода на ГТС или ЦС набирает индекс выхода, то последний набирается дополнительно перед индексом выхода на АМТС.

Таблица 4.1

Номера спецслужб Министерства связи РФ

Наименование служб	Нумерация на ГТС со спецслужбами	
	2-значная	3-значная
Справочная служба о номерах телефонов абонентов ГТС	09	009
Заказные службы междугородной телефонной сети (МТС)	07	071, 073
Справочные службы МТС	07	070, 072, 074
Служба приема телеграмм по телефону	06	066
Централизованная служба ремонта телефонов ГТС	08	008
Централизованная служба ремонта таксофонов	00	064
Справочная служба об услугах Министерства связи	–	069
Служба времени	05	060

При автоматической зоновой телефонной связи абонент должен набирать **8-2 ab xxxxx**, где **2** — внутризональный индекс, **ab xxxxx** — 7-значный зонный абонентский номер.

При автоматической международной связи абонент должен набрать следующие цифры: **8-10-№мн**, где **10** — индекс выхода на международную сеть, **№мн** — **xxxxxxxxxxx(x)** — полный международный номер вызываемого абонента (до 11–12 знаков).

Выход абонентов при немедленной системе обслуживания к операторам междугородных служб АМТС должен осуществляться после набора абонентом следующих цифр: **(8-11)... (8-16)**, где **11...16** — двузначные номера междугородных служб. При этом выход абонентов к справочно-информационным службам АМТС осуществляется набором **8-18**.

Связь абонента с операторами международной станции при ручной и полуавтоматической связи должна осуществляться после набора абонентом **8-19x**, где **19** — индекс выхода на международную службу, **x** — индекс выхода на определенную языковую группу телефонисток службы или на другие службы.

Для вызова справочно-информационных служб иногородних ГТС и сетей райцентров СТС с местной сокращенной нумерацией по автоматической междугородной внутризональной сети должны использоваться полные междугородные и внутризональные номера, построенные по следующему принципу.

На ГТС городов и райцентров [33], имеющих 5- или 6-значную нумерацию, вызов справочно-информационных служб производится набором:

- с 2-значной нумерацией:
 - по междугородной сети **8 – ABC ab 0x111**;
 - по внутризональной сети **8 – 2 ab 0x111**.
- с 3-значной нумерацией:
 - по междугородной сети **8 – ABC ab 0xx11**;
 - по внутризональной сети **8 – 2ab 0xx11**;

где **0x (x)** — местный номер службы 11(1) — дополнительные знаки для выравнивания значности междугородного или зонного номера.

Для вызова по междугородной или внутризональной сети справочно-информационных служб ГТС областного центра с 5-, 6- или 7-значной нумерацией выделяется специальный код стотысячной группы **(ab)-99**. Набор производится следующим образом:

- вызов служб с двузначной нумерацией производится набором:
 - по междугородной сети **8 – ABC 99 0x111**;
 - по внутризоновой сети **8 – 2 99 0x111**;
- вызов служб с трехзначной нумерацией производится набором:
 - по междугородной сети **8 – ABC 99 0xx11**;
 - по внутризоновой сети **8 – 299 0xx11**.

Структурные изменения сетей связи России, внедрение на них новых видов услуг и технологий привели к созданию новой системы и плана нумерации. В 1995–1998 гг. система нумерации была переработана и создан документ «Система и план нумерации на сетях связи стран 7-й зоны всемирной нумерации», который был утвержден Государственной комиссией электросвязи Гостелекома России в сентябре 1998 г. В работе над документом приняли участие ведущие отраслевые институты (ЦНИИС, ЛОНИИС, ОАО «Гипросвязь») и другие организации [35].

В новом документе оставлен зонавый принцип построения сетей. При этом данная концепция была применена не только к географическим зонам нумерации (коды ABC), но и к нумерации интеллектуальных услуг (служб) и новых сетей связи (корпоративных), в том числе сетей подвижной радиотелефонной связи общего пользования (коды DEF). В результате удалось достичь преемственности по отношению к действующему плану нумерации, охвата новых технологий, создания резерва в нумерации для вновь вводимых сетей и служб, выполнения требований международных стандартов МСЭ-Т и СЕРТ.

Основными составными частями перевода сетей связи на новую нумерацию являются:

- введение новой нумерации услуг (служб) и сетей;
- замена междугородных кодов ABC, начинающихся на «0», резервными (коды 4-й и 9-й сотен);
- перевод специальных служб с нумерации OX(X) на нумерацию с использованием европейских стандартов 1UV, и организация службы спасения по номеру «112». Для создания условий введения новой нумерации спецслужб вида 1UV необходимо исключить возможность использования абонентских номеров, начинающихся на «1»;
- замена префиксов выхода на междугородную («8») и международную («8-10») сети в соответствии с Рекомендацией E.164 МСЭ-Т соответственно на «0» и «00»;
- введение префиксов выбора сети оператора связи при международной и междугородной связи.

Помимо этого будет разработан специальный график перевода на новую нумерацию местных сетей Москвы и Санкт-Петербурга, поскольку в них используется семизначная нумерация и практически полностью занята абонентская емкость первой миллионной зоны. Процесс перевода на перспективную нумерацию будет достаточно длительным, так как более 2/3 оборудования приходится на станции устаревших типов. Перевод сетей связи на новую нумерацию даст возможность обеспечить развитие нумерации на перспективу 20–30 лет. За шесть месяцев до начала замены кодов ABC Минсвязи России должно информировать МСЭ-Т и другие организации (ЕТО, СЕРТ, Администрации связи стран СНГ) об изменении этих кодов.

4.2.6. Распределение затухания на междугородной и зонавой телефонных сетях

Для обеспечения высокого качества передачи речи МККТТ установил (Рекомендация G. 121), что эквивалент затухания передающей части разговорного тракта от абонента до международного канала не должен превышать 21,5 дБ, а приемной — 12,5 дБ. Исходя из этого, в РФ остаточное затухание междугородного канала между двумя телефонными аппаратами на частоте 800 Гц не должно превышать 30 дБ; зонавого телефонного канала — 28 дБ; местного телефонного канала — 29 дБ (рис. 4.11).

Как видно, междугородный канал на участке от узловой станции (УИС, УВС) ГТС до центральной станции СТС должен быть четырехпроводным. Остаточное затухание четырехпроводной части зонавого канала равно 7 дБ, т.е. номинальному значению остаточного затухания канала ТЧ [5, с. 55]. В реальных условиях имеют место отклонения остаточного затухания от нормируемой номинальной величины, причем они могут быть на каждом коммутируемом участке.

Двухпроводные транзитные соединения не получили широкого распространения из-за следующих недостатков:

1) снижения устойчивости канала за счет появления токов обратной связи вследствие неточного подбора балансных контуров в дифсистемах (особенно при большом числе транзитов);

2) внесения коммутационными устройствами МТС дополнительного затухания (по нормам — 1 дБ).

Разговорный тракт современных АМТС и УАК — четырехпроводный, поэтому транзитные соединения осуществляются всегда по четырехпроводной схеме. Только при оконечных соединениях происходит переход на двухпроводный разговорный тракт (рис. 4.12). Для канала ручного обслуживания удлинитель на 3,5 дБ размещается в линейном комплекте канала, а дифсистема и смонтированный вместе с ней удлинитель на 6 дБ — в линейно-аппаратном цехе (ЛАЦ) телефонной станции. Дифсистемы ДС располагаются также в линейных комплектах ЗСЛ и СЛМ, установленных на АМТС, если ЗСЛ и СЛМ физические, либо на АТС (УВСМ, УИСМ), если ЗСЛ и СЛМ получены с помощью высокочастотных систем передачи.

Максимальное затухание между двумя телефонными аппаратами на ГТС должно быть 28 дБ. При этом затухание абонентских линий (АЛ) не должно превышать 3,5 дБ для кабеля с диаметром жил 0,32 мм и 4,5 дБ для кабелей с большим диаметром. Затухание станционного четырехполюсника не должно превышать 1 дБ на РАТС и 0,5 дБ на УИС или УВС при двухпроводной коммутации. При четырехпроводной коммутации затухание станционного четырехполюсника УИС и УВС принимается равным нулю. Затухание станционного четырехполюсника при пересчете с двухпроводного на четырехпроводный равно 1 дБ. Затухание от телефонного аппарата до станции, где осуществляется переход на четырехпроводный тракт (АМТС, УЗСЛ, УВСМ, УИСМ, УИС, УВС), не должно превышать 9,5 дБ.

На ГТС с ЦАТС для обеспечения устойчивости канала с ИКМ и достаточного затухания эха номинальное остаточное затухание участков сети между амплитудно-цифровыми преобразователями (АЦП и ЦАП) должно быть 7 дБ.

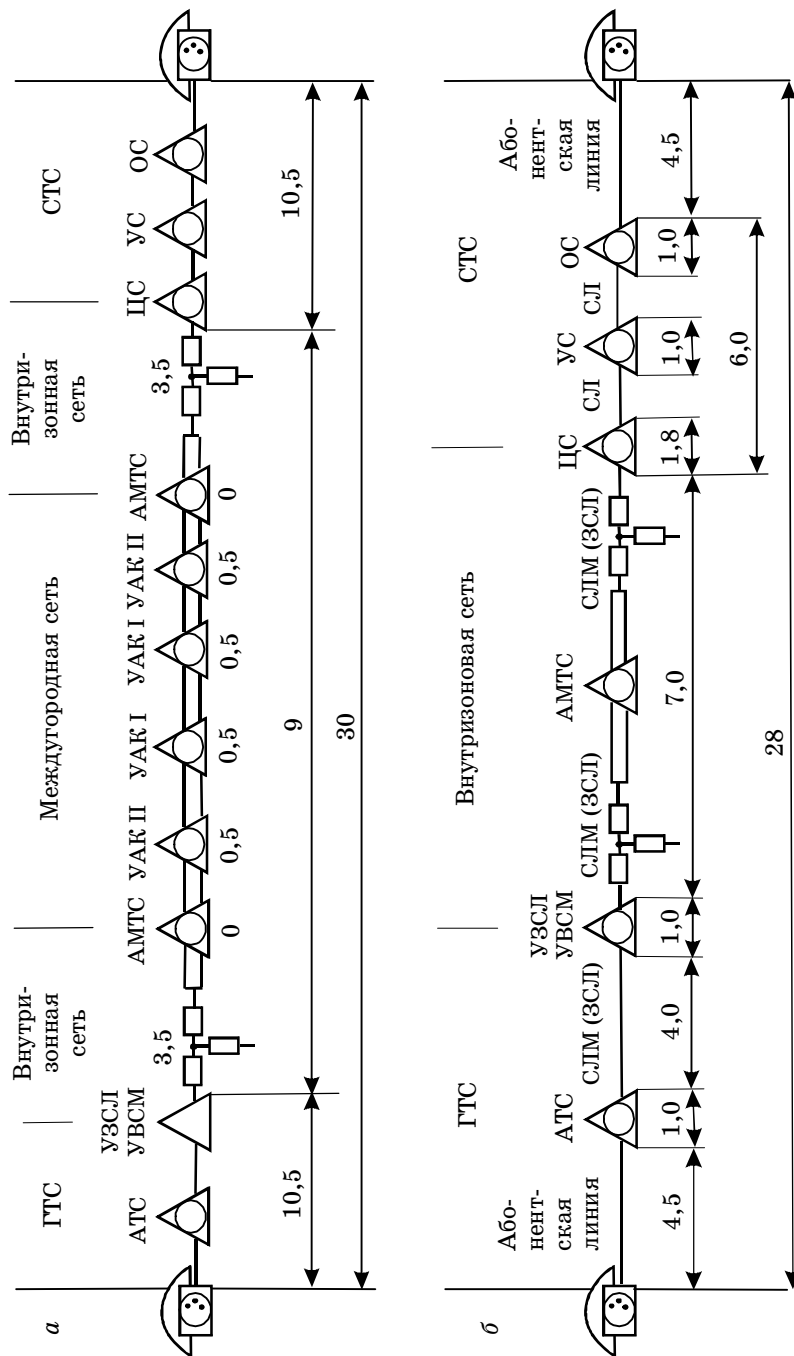


Рис. 4.11 — Распределение затухания (дБ) на автоматически коммутируемой телефонной сети:
а — при междугородной связи; *б* — при зональной связи

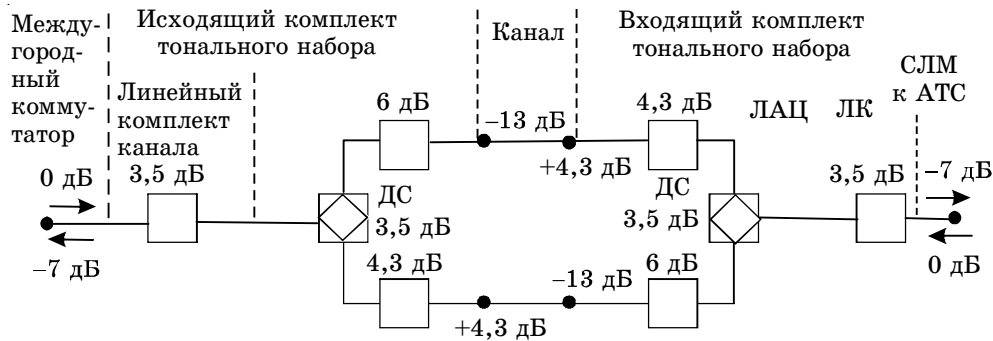


Рис. 4.12 — Упрощенная схема разговорного тракта для оконечного соединения при ручном или полуавтоматическом способе установления соединения

На районированных телефонных сетях выполнение требуемых норм затухания при связи СУ и УВСМ с АМТС по физическим линиям затруднительно, поэтому эти узлы, как правило, должны связываться с АМТС каналами систем передачи с обеспечением четырехпроводной коммутации.

4.2.7. Стратегия перехода от аналоговых телефонных сетей к цифровым

Внедрение цифровых систем коммутации и образование цифровых сетей в конечном счете приведут к существенному улучшению характеристик передачи, а следовательно, и качества связи. Однако переход от аналоговых сетей к цифровым будет происходить постепенно, займет значительное время (возможно, несколько десятилетий) и будет связан с целым рядом трудностей [15].

Опережающее развитие цифровой техники передачи по сравнению с цифровой техникой коммутации определило два пути развития сетей: *раздельное* — техника передачи продолжает развиваться опережающими темпами, и *совместное* — цифровые средства передачи и коммутации внедряются в совокупности и их развитие приводит к образованию отдельных цифровых сетей («островов»), которые постепенно будут расширяться и вытеснять аналоговые сети.

Среди различных способов построения аналого-цифровых сетей в настоящее время получили распространение два:

1) **способ замещения**, при котором, элементы аналоговых сетей (коммутационное оборудование и системы передачи) заменяются элементами цифровых сетей либо вводится в эксплуатацию новое оборудование для цифровых сетей;

2) **способ наложения**, когда цифровая сеть организуется на территории, на которой уже существует аналоговая сеть, причем цифровая сеть связывается с аналоговой в небольшом числе точек, как правило, с помощью цифровых трактов, и обе сети продолжают развиваться самостоятельно, хотя предпочтение отдается цифровой сети [15, с. 185].

Способ наложения обладает рядом существенных преимуществ перед способом замещения. Решающим из этих преимуществ является более простое обеспечение высокого качества передачи ввиду того, что электронная

станция находится, как правило, в цифровом окружении. При использовании способа замещения возникают трудности с обеспечением норм, установленных для аналоговых сетей, если электронная станция находится в аналоговом окружении. Другим недостатком способа замещения является необходимость при замене на электронное оборудование переносить и использовать в другом месте снятое и уже частично изношенное оборудование аналоговых сетей.

Выбор способа образования аналого-цифровой сети зависит от конкретных условий и может быть различным в разных ситуациях. К числу условий, влияющих на выбор способа внедрения, относятся: структура существующей сети и типы установленного оборудования; интенсивность выпуска и стоимость цифровой аппаратуры передачи ИКМ-30 и ИКМ-120; перспективы внедрения цифровых систем передачи высших уровней иерархии; телефонная плотность и запланированные темпы ее роста; уровень цен на микроэлементы; параметры телефонной нагрузки (величина, тяготение по направлениям и др.). На практике способы наложения и замещения могут сочетаться друг с другом, хотя в большинстве случаев должен преобладать способ наложения, который обеспечивает более легкое развитие сети и широкое введение новых услуг в оснащаемой новым оборудованием зоне (рис. 4.13).

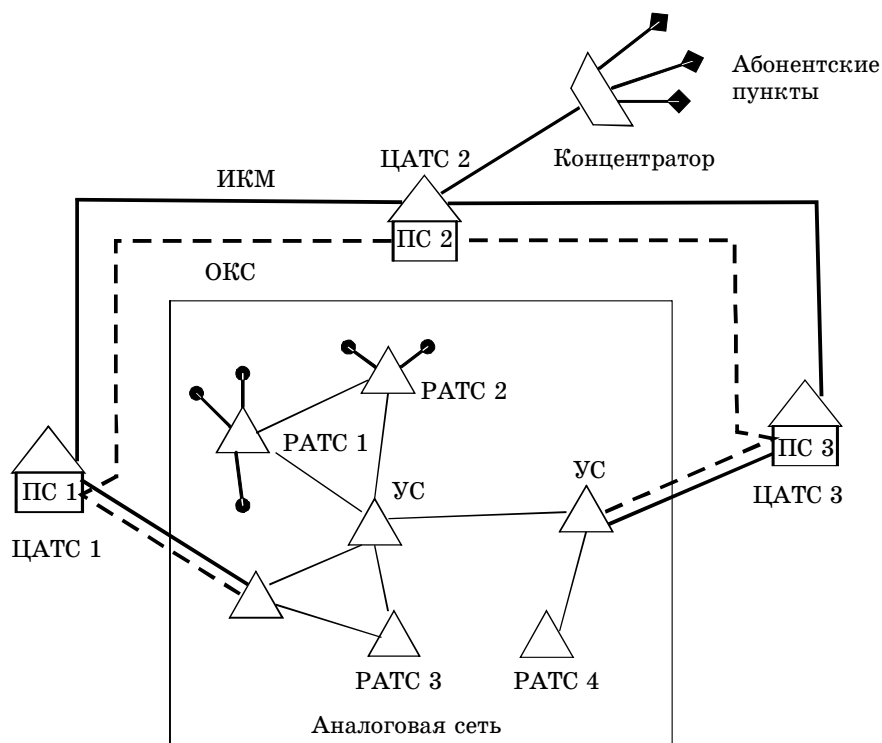


Рис. 4.13 — Структура наложенной цифровой сети

Стратегия внедрения цифровых сетей также может быть двух видов: внедрение таких сетей «сверху», т.е. начиная с верхних уровней иерархии, или «снизу». В большинстве случаев используется стратегия первого вида, т.е. сначала внедряют цифровые междугородные узлы, междугородные станции и транзитные узлы крупных городских сетей с одновременным внедрением цифровых систем передачи в зоне действия этих узлов и станций.

Примером, использования этой стратегии является внедрение системы ESS-4 в США. Вторая стратегия, предусматривающая первоочередное внедрение цифровых систем на нижних уровнях иерархии, используется в тех случаях, когда на этих уровнях ощущается дефицит кабельных линий связи и в достаточной степени налажен выпуск первичных цифровых систем.

Таким образом, пути решения проблемы «цифровизации» сетей связи могут находиться в следующих направлениях:

- замена всех аналоговых межстанционных СЛ цифровыми,
- замена ЭМ-узлов и станций цифровыми системами коммутации,
- построение ЦСИО,
- создание наложенной цифровой сети.

Полностью 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 цифровой системы коммутации (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 одним важным отличием цифровой сети от аналоговой является практическое отсутствие ограничений на расстояние между станциями и узлами благодаря использованию систем передачи с ИКМ. Эти особенности позволяют строить цифровую городскую или ведомственную вторичную сеть как одноуровневую, т.е. без узлов. Станции такой сети могут быть связаны друг с другом линиями с ИКМ по способу «каждая с каждой». 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 и связывающими их общими каналами сигнализации (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 также команды управления сетью и данные для администрирования. Сеть с описанными свойствами может поддерживать множество служб, интегрированных в ISDN (ЦСИО). Станции цифровой сети, реализуя функции оконечных и транзитных, могут иметь емкость до 60 тысяч и более портов. В цифровой сети широко используются выносы (концентраторы) части оборудования оконечных станций, т.к. это позволяет снизить затраты на абонентскую сеть, называемую сетью доступа (сетью доступа пользователей к ресурсам цифровой сети).

4.3. Цифровая сеть с интегрированным обслуживанием

4.3.1. Основные показатели ISKN

Цифровая сеть с интегрированным обслуживанием (ЦСИО) широко известна в мире под аббревиатурой ISDN (Integrated Services Digital Network). ISDN предполагает такой способ оцифровывания сигналов телефонной сети, чтобы голос, информация, текст, графические изображения, музыка, видео-

сигналы и другие материальные сообщения могли быть переданы конечному пользователю по имеющимся телефонным проводам и получены им из одного терминала конечного пользователя.

Термин ISDN появился впервые в списке терминов Оранжевой книги ССИТТ (МСЭ-Т). Разработка ISDN продолжалась так долго, что скептики стали расшифровывать аббревиатуру как «*I still do not need it*» — «Я до сих пор в этом не нуждаюсь», «*It still does nothing*» — «Это до сих пор ничто» [24, с. 158]. В 80-е гг. данная технология по целому ряду причин, в частности, из-за проблем совместимости и дороговизны оборудования, развивалась очень вяло. Но в начале 90-х гг. практический интерес к ней значительно вырос. В Германии, США, Японии, Франции, Англии было установлено значительное количество линий ISDN. Так, в США в 1995 г. количество линий ISDN увеличилось на 80 % и составило 450 тыс. Примерно такая же тенденция существует и в Европе, где на сегодняшний день установлено более 5 млн линий ISDN.

Основой ISDN является цифровая телефонная сеть, т.е. сеть на базе цифровых телефонных каналов 64 кбит/с, поэтому ISDN — сеть с коммутацией каналов, однако в ней также предусмотрен режим коммутации пакетов, т.е. коммутация — смешанная.

Используются два режима доступа к ISDN:

- 1) режим DSL (Digital Subscriber Line — цифровая абонентская линия);
- 2) режим xDSL (Extended DSL — расширенная цифровая линия).

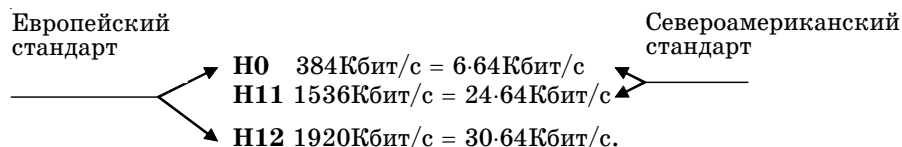
В режиме DSL используется основной (базовый) доступ **BRA** (Basic Rate Access), обеспечивающий интерфейс базового доступа **BRI** (Basic Rate Interface) в виде одной точки доступа к ISDN. Он обозначается как $(2B_{64}+D_{16})$, т.к. состоит из двух каналов информационного обмена (В-каналов — **Bearer**) и одного канала служебных данных (D-канала — **Delta**). В-канал работает со скоростью 64 Кбит/с и является открытым, то есть нет ограничений на форматы и типы передаваемой информации. D-канал работает со скоростью 16 Кбит/с и используется для передачи сигналов служебной информации.

В режиме xDSL используется **первичный доступ PRA** (Primary Rate Access), обеспечивающий интерфейс первичного доступа **PRI** (Primary Rate Interface), используемый для подключения к ISDN групп пользователей локальных сетей, учреждений АТС и других многопользовательских коммутационных систем.

Согласно североамериканскому стандарту (США, Канада, Мексика, Япония, Южная Корея), PRI формируется из 23 В-каналов и одного D-канала с равными скоростями 64 Кбит/с согласно формуле $(23B_{64}+D_{64})$, что соответствует суммарной пропускной способности 1,544 Мбит/с. Данная скорость соответствует скорости потока американской версии плезиохронной иерархии T1 (число 1,544 Мбит/с получается с учетом синхронизирующего бита в кадре: $(1+24 \cdot 8) \cdot 8 \cdot 10^3 = 1544$ Мбит/с).

По европейскому стандарту PRI состоит из 30В и 1D. Суммарная пропускная способность 2,048 Мбит/с $(30B_{64}+D_{64})$.

В связи с большой пропускной способностью в PRI определены и другие типы основных каналов — каналы типа Н (High-bit-rate Channels):



В качестве вспомогательных каналов определены:

Тип канала	Протокол сигнализации	Скорость цифрового потока
D	МККТТ I.440 и I.441	16 и 64 кбит/с
E	Q.710	64 кбит/с

Таким образом, стандарты ITU-T определяют для ISDN четыре типа каналов: B, D, E, H.

Абонентские каналы объединяются интерфейсными структурами. Различают следующие первичные интерфейсные структуры:

23B + D	23B + E	3H0 + D	H11 + D
30B + D	30B + E	5H0 + D	H12 + D

4.3.2. Службы ISKN

Виды сервиса, предоставляемые ISDN, подразделяются на опорный сервис и телесервис (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Виды сервиса ISDN

1. Опорный сервис (Bearer Service) или службы передачи данных (используются 1, 2, 3 уровни ЭМВОС)	
а) при коммутации каналов: – коммутируемые каналы; – выделенные каналы (постоянная передача) 64 кбит/с, 2 64 кбит/с; – широкополосные (речь 7кГц); – данные 64 кбит/с, 384 кбит/с;	б) при коммутации пакетов: – виртуальный вызов, виртуальный канал; – передача без установления соединений; – сигнализация; – маршрутизация;
2. Телесервис (Teleservice) или сетевые службы (используются все 7 уровней ЭМВОС)	
– телефония в реальном времени; – телетекст (простейшая разновидность электронной почты: текстовые документы, обмен между запоминающими устройствами абонентских систем); алфавит содержит до 225 различных символов); – телефакс (факсимильная связь групп 2, 3, 4); – текстфакс (смешанная передача (текст + факс)); – видеотекст [служба доступа терминалов к базам данных (электронная почта и поиск информации)]; – телекс (передача текстов).	

Сети ISDN могут предоставить дополнительные услуги (Value Added Service):

- конференцсвязь — многосторонняя связь;
- профессиональный сервис — организация закрытой группы абонентов определенной группы пользователей. В сетях ISDN существует специальный сервис под названием Centrex, с помощью которого компании, не располагающие офисной АТС, могут предоставлять пользователям широкий набор услуг, например создание групп абонентов, переадресацию звонков, идентификацию линий, конференции нескольких абонентов, внутреннюю сокращенную нумерацию и т.п.;

- оплата сервиса с помощью компьютерной или магнитной карточки;
- оплата в кредит;
- различные виды переадресации вызовов;
- перехват вызова;
- автодозвон после освобождения занятой линии;
- предоставление отдельного номера для каждого устройства, подключенного к линии ISDN;
- определение номера, с которого осуществляется входящий вызов — АОН;
- запрет как входящего, так и исходящего вызовов;
- наведение справки во время разговора — удержание вызова;
- будильник;
- идентификация следующего вызова во время разговора — ожидание вызова;
- прямой вызов абонента под добавочным номером, минуя оператора мини-АТС;
- голосовая почта;
- соединение с абонентом, звонившим во время разговора или при отсутствии вызываемого, т.е. после очередного поднятия трубки.
- прочий сервис (например, обмен сигналами между пользователями).

4.3.3. Функциональные блоки и интерфейсы ISKN

Существенным новшеством ISDN является переход к абонентским цифровым линиям. Важными вопросами являются вопросы построения **абонентской установки**, интерфейсы «пользователь — сеть» (UNI), а также **абонентская сигнализация**.

Оборудование ISDN в помещении абонента описывается в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т в терминах функциональных групп устройств (Functional Grouping) и стандартных опорных (эталонных) точек (Reference Point) (рис. 4.14).

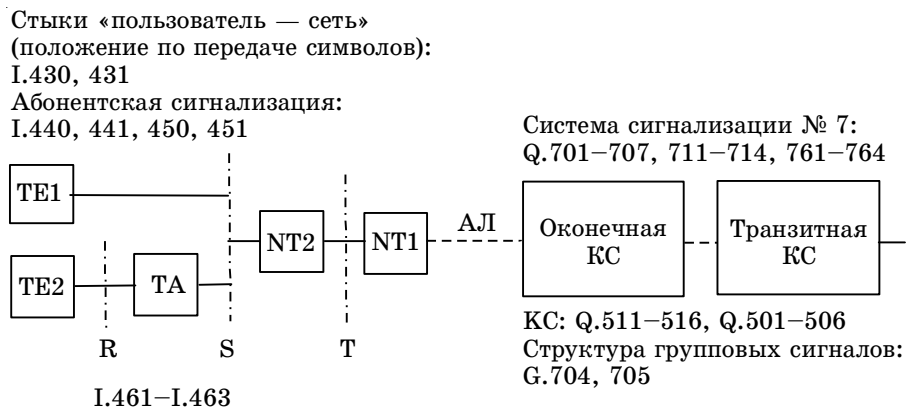


Рис. 4.14 — Абонентская установка и сеть ISDN:
КС — коммутационная станция ISDN (Exchange ISDN);
АЛ — абонентская линия (Subscriber Line)

Основными видами устройств в помещении абонента являются:

- **ТЕ (Terminal Equipment)** — *оконечное оборудование* (телексы, факсы, персональные компьютеры, суперкомпьютеры и т.д.);

- **ТЕ1** — ТЕ, специально разработанное для ISDN;

- **ТЕ2** — ТЕ с обычным традиционным стыком. Примерами ТЕ2 могут служить обычные аналоговые телефоны, ASCII-терминалы и компьютеры с последовательным портом RS-232;

- **ТА (Terminal Adapter)** — устройство сопряжения нестандартного терминального оборудования ТЕ2 с ISDN. *Терминальный адаптер* представляет собой автономное устройство или съемную плату внутри ТЕ2. Фактически терминальные адаптеры заменяют собой модем;

- **NT (Network Termination — сетевое окончание)** — устройство, обеспечивающее подключение ТЕ к ISDN.

NT1 (решает функции 1-го уровня ЭМВОС) — *сетевое окончание-1*, в случае базового доступа BRA, необходимое для преобразования 2-проводной линии, обычно используемой для аналогового оборудования, в 4-проводную линию, используемую для оборудования ISDN. Устройство NT1 обеспечивает передачу по линии, контроль рабочих характеристик физического уровня, синхронизацию и подачу электропитания, мультиплексирование каналов, управление доступом. NT1 устанавливается оператором связи в помещении заказчика (в отличие от США, в Европе NT1 является, как правило, собственностью оператора связи) и связывает его с коммутатором ISDN на центральной АТС по линии, по которой ранее подключался обычный телефон. NT1 имеет разъем для пассивной шины. К этой шине заказчик может подсоединять до восьми ISDN-телефонов, терминалов и других устройств аналогично тому, как подобные устройства подключаются к локальной сети. С точки зрения пользователя, сеть ISDN начинается с NT1.

NT2 (решает функции 2-го и 3-го уровней ЭМВОС) — обеспечивает **концентрацию** и **коммутацию**, техническое обслуживание, интерфейс для 1-го уровня. Фактически NT2 представляет собой УАТС (учрежденческую АТС), концентратор мультиплексор или LAN. Однако NT2 может выполнять лишь часть протокольных функций или вообще не выполнять их; в последнем случае оно является «прозрачным».

Комбинированное устройство **NT1/2** осуществляет функции и NT1, и NT2.

Опорные точки, или точки доступа, представляют собой интерфейсы между различными функциональными устройствами ISDN. Основными опорными точками являются точки R, S, T, U.

- **S, T (I.412)** — стандартные абонентские интерфейсы, опирающиеся на 4-проводный физический канал; физические характеристики канала в обеих точках приняты одинаковыми. Опорная **точка S** реализует интерфейс между терминалом ISDN (или терминальным адаптером в случае не ISDN-терминала) и оконечным оборудованием сети NT2. Терминальное оборудование со встроенным NT2 может подключаться к прозрачному NT2 или напрямую к NT1. Опорная **точка T** служит для интерфейса между оконечным оборудованием сети NT2 и NT1. Последнее реализует функции физического уровня.

- На комбинированных устройствах NT1/2, которые и применяются в большинстве случаев, обычно устанавливается S/T-интерфейс RJ-45. К этому разъему можно подсоединять четырехпроводные устройства ISDN, например маршрутизаторы со встроенными портами ISDN.

- На терминальных адаптерах имеется опорная **точка R**, через которую к NT1 (и далее к ISDN) можно подсоединять технику, рассчитанную на передачу аналогового сигнала или работу с последовательным обменом и не предусматривающую прямого подключения к ISDN: модемы, персональные компьютеры, факс-аппараты, обычные телефонные аппараты, маршрутизаторы. Стандарт на точку R отсутствует, и разрабатывать его не предполагается, так как, в принципе, терминальный адаптер должен быть частью терминала ISDN. На физическом уровне устройства TE2 подключаются к ТА через интерфейсы последовательного обмена RS-232 или V.35 либо через разъем RJ-11.

- U (I.430, I.431) — интерфейс, характеризующий конец коммутационной сети; требует использования 2-проводного физического канала. Опорная **точка U** обеспечивает интерфейс между NT1 в помещении абонента и LT (Line Termination — линейное окончание) на центральной АТС (узле коммутации) по абонентской линии. Выполняющий роль телефонной розетки интерфейс ISDN RJ-11/RJ-45, называемый также двухпроводным U-интерфейсом, подключается к сетевому оконечному устройству NT1. Через опорную точку U оконечного устройства NT1 к сети ISDN могут быть подключены самые разные устройства. Если необходима коммутация подключаемых устройств (как в учрежденческой АТС), следует подключить к опорной точке T оконечного устройства NT1 дополнительное оконечное устройство NT2, преобразующее интерфейс T в интерфейс S. Если в коммутации нет необходимости, то интерфейс S/T на NT1 может быть использован для многоточечного соединения различных ISDN-устройств.

Эталонная **точка V** (на рис. 4.14 не показана) находится между оконечным устройством линии LT и оконечным устройством коммутатора ET (Exchange Termination — станционным окончанием), расположенными на АТС ISDN.

В Европе и Канаде ISDN строят так, чтобы оборудование потребителя подключалось в интерфейсе T. В США это оборудование подключается в соответствии с интерфейсом U. В Европе NT1 принадлежит оператору связи, хотя и устанавливается на территории заказчика. Контрольная точка U имеет отношение только к Северной Америке, где функция NT1 не обеспечивается коммерческими сетями связи, являясь устройством оборудования помещения потребителя (CPE — Customer Premises Equipment).

В отличие от аналоговых телефонных цепей, линии ISDN не обеспечиваются питанием подключенные к ним устройства.

4.3.4. Доступ BRA

Схема оборудования, устанавливаемого у абонента, использующего поток (2B+D), показана на рис. 4.15.

NT1 имеет разъем для пассивной шины S_0 . К этой шине заказчик может подсоединить до восьми ISDN-телефонов, терминалов и других устройств аналогично тому, как подобные устройства подключаются к локальной сети. С точки зрения пользователя, сеть ISDN начинается с NT1, причем NT1 получает питание от общей сети переменного тока, однако некоторые из них имеют встроенные аккумуляторы, чтобы телефонная связь не прерывалась во время сбоев питания. Из четырех пар кабеля шины S_0 две предназначены для передачи данных, а две — для подачи питания на ISDN-телефоны и другие подключенные устройства.

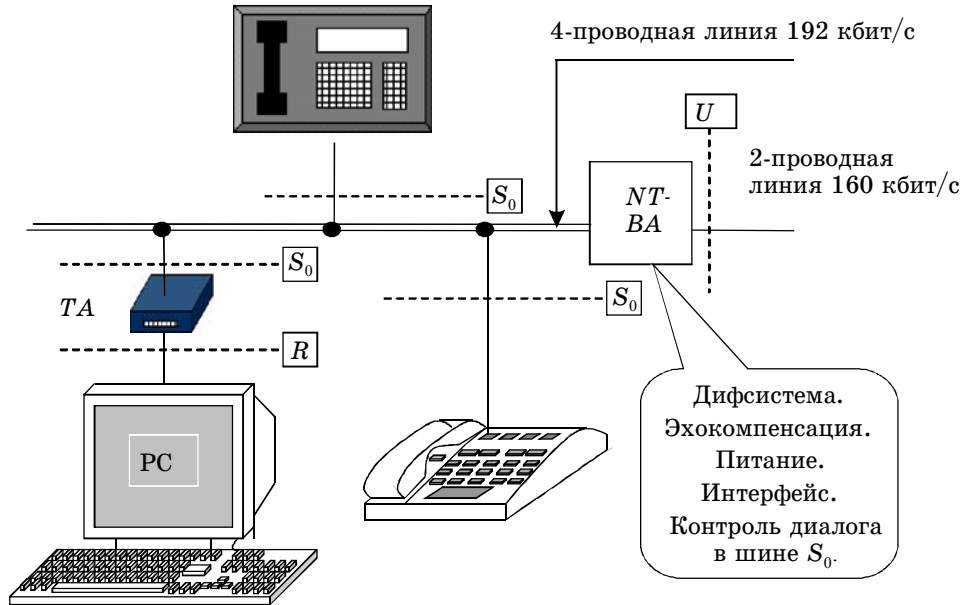


Рис. 4.15 — Опорные точки абонентского оборудования ISDN BRA

Внешние источники питания могут быть двух видов: на 10–12 В и на 2 В. Первые достаточны для питания NT1 и подключенного к нему терминального оборудования, вторые обеспечивают только питание самого NT1. В чрезвычайных обстоятельствах NT1 может получать питание до 1,2 В от АТС.

Физически NT1 представляет собой небольшое, крепящееся к стене устройство со световыми индикаторами. В случае использования нескольких BRI все NT1 можно установить в специальную стойку со встроенным источником питания. Иногда NT1 встраивается в терминальный адаптер. В этом случае полученное комбинированное устройство позволяет подключать стандартный COM-порт EIA-232 к ISDN-интерфейсу U с базовой скоростью BRI.

С помощью протокола объединения каналов типа BONDING (Bandwidth-on-Demand Interoperability Group) два канала В линии BRI могут быть объединены (технология BOND). Другим протоколом увеличения пропускной способности может служить многоканальный PPP. При этом базовый интерфейс обмена позволяет достичь скорости передачи несжатых данных в 128 кбит/с.

Доступ к Internet можно осуществлять через канал пропускной способностью 64 Кбит/с либо, применив BOND, получить канал пропускной способностью 128 Кбит/с и организовать по нему видеоконференцию среднего качества. При этом канал D можно также использовать, например, для проверки платежеспособности кредитной карточки.

Удаленный пользователь может подключаться к сети через маршрутизатор, обеспечивающий передачу данных на домашний офис по коммутируемой линии со скоростью 128 Кбит/с. При этом канал связи с удаленным рабочим местом устанавливается по требованию пользователя и отключается, когда передачи данных не происходит. Таким образом, удаленный пользователь получает высокоскоростной канал связи по цене, составляющей всего лишь небольшую долю стоимости линии.

Возможна также и следующая конфигурация: на удаленном рабочем месте аппарат факсимильной связи и обычный телефон подключаются к одному каналу В, другой же канал В служит для связи с сетевым адаптером ISDN и программным обеспечением NDIS и PPP.

Еще один вариант — подключение одного канала В к маршрутизатору и использование его для связи с Internet. При этом второй канал В может применяться для эмуляции линии DID (Direct Inward Dialing) или для подключения к входной/выходной обычной телефонной линии сервера удаленного доступа.

Получение услуг ISDN на дому возможно при следующих условиях:

- изъятии нагружающих индукционных катушек (как правило, они применяются на линиях протяженностью порядка 4–5 км и более);
- установке цифровых эхоподавителей на обоих концах линии;
- прокладке высококачественного телефонного кабеля;
- применении усилителей ISDN-сигнала.

4.3.5. Варианты доступа к сети ISKN

Кроме базового доступа BRA существует первичный доступ PRA (рис. 4.16). Здесь функция NT2 реализуется либо с помощью учрежденческой АТС (PABX), либо с помощью мультиплексора ISDN (IMUX).

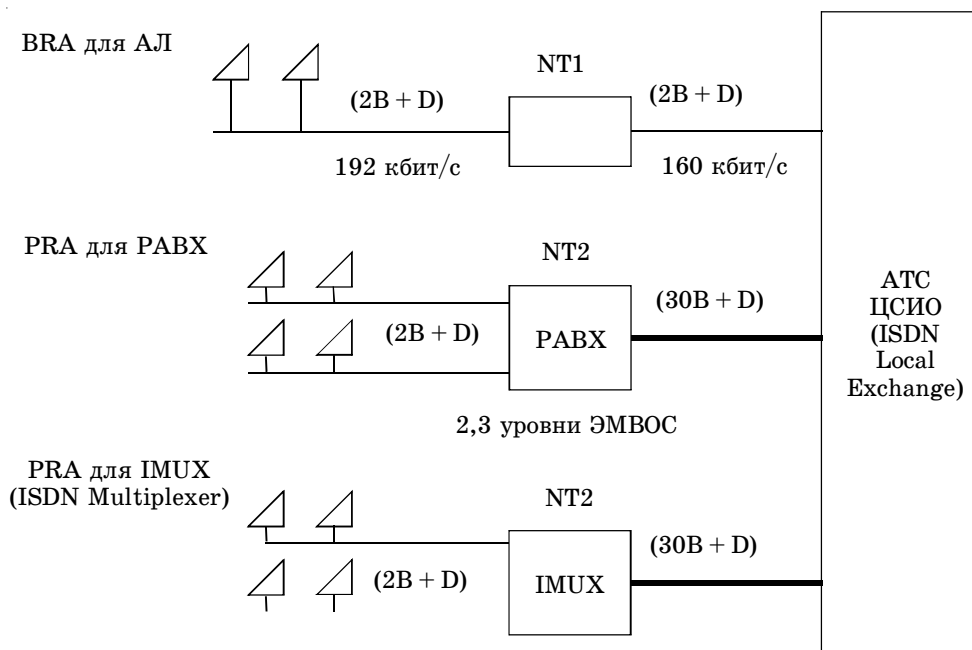


Рис. 4.16 — Основные варианты абонентского доступа к сети ISDN

Для объединения удаленных локальных сетей (ЛС) на основе ISDN можно использовать *постоянные каналы* и *каналы по требованию*. В первом случае имеется постоянное соединение между офисами, без учета объемов передаваемой информации. Во втором случае — физическое соединение при отсутствии пакетов разрывается, однако логическое соединение остается,

информация об удаленной ЛС сохраняется в устройстве. При появлении информации, которую нужно передать в удаленную ЛС, устройство автоматически набирает номер и в течение 1 с устанавливает физическое соединение.

Для объединения ЛС на основе сети ISDN в качестве устройств доступа обычно применяются *активные* или *пассивные адаптеры* ISDN, которые устанавливаются в файловый сервер, выделенный маршрутизатор или обычную рабочую станцию. Другим вариантом решения является применение аппаратных мостов или маршрутизаторов, выполненных в виде автономных устройств, подключенных к ЛС.

Если нет возможности увеличить количество BRI-каналов, проблема решается с помощью программных или аппаратных средств, реализующих технологию *дистанционного управления*. В этом случае в центральной ЛС устанавливается сервер *удаленного доступа* (RAS), например WinFrame фирмы Citrix. Две удаленные ЛС объединяются с помощью маршрутизаторов на выделенных компьютерах либо с использованием специальных автономных мостов/маршрутизаторов. При этом каждый удаленный компьютер подключается в режиме дистанционного управления к соответствующей виртуальной станции на RAS. По линии ISDN на удаленный компьютер передается только обновление экрана, а обратно — команды управления с клавиатуры или от мыши. Таким образом удастся более эффективно разделять линию ISDN между большим количеством пользователей. При организации связи между несколькими удаленными ЛС часто требуется обеспечить повышенную надежность соединения. Многие организации используют каналы ISDN в качестве резервных для линий связи, например *frame relay*, или выделенных физических линий.

4.3.6. Преимущества и недостатки сетей ISDN

Преимущества сетей ISDN по сравнению с ТФОП:

- полностью цифровая сеть, обеспечивающая высокую надежность передачи информации;
- высокая скорость передачи интегрированной информации различной природы;
- широкий набор функций для телефонии, высокое качество звука;
- быстрый набор номера (менее 1 с);
- широкая доступность и распространенность в мире;
- время от отправки вызова до установления связи для линий ISDN меньше в несколько раз;
- сигналы от нескольких источников можно комбинировать для передачи по одной линии;
- благодаря сигнализации по отдельному внешнему каналу установление связи происходит очень быстро. Сигнализация позволяет также определить кто звонит, а телефонное оборудование ISDN — автоматически принять решение, куда перенаправить звонок.

Недостатки сетей ISDN:

- проблемы совместимости ISDN-оборудования различных поставщиков;
- сложность модернизации центральных коммутаторов и построения новой цифровой инфраструктуры;
- сложность заказа сервиса;
- необходимость больших финансовых вложений.

4.3.7. Сигнализация в ISDN

Системы сигнализации в ISDN подразделяется на две группы (рис. 4.17):

- абонентская сигнализация DSS1 (Digital Subscriber Signaling System № 1);
- межстанционная общеканальная сигнализация OKC-7 (CCS 7 — Common Channel Signaling №7, или SS7 — Signaling System № 7).



Рис. 4.17 — Системы сигнализации в ISDN

Система DSS1 включает 3 уровня ЭМВОС (рис. 4.18).

Третий уровень отправляет и получает сообщения для установления соединения и разъединения. Инициализация уровня производится командой SETUP.

Второй уровень отвечает за безошибочную передачу сообщений с 3-го уровня от пользователя к сети по схеме «точка — точка».

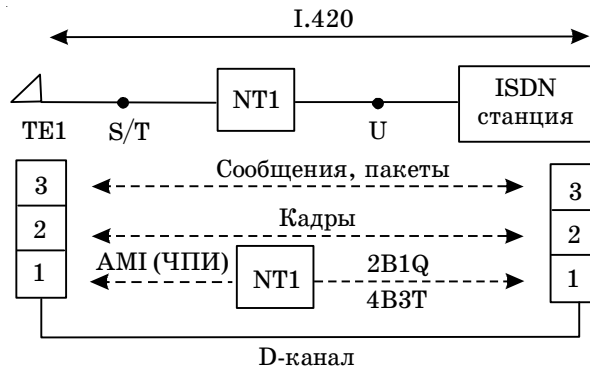


Рис. 4.18 — Уровни ЭМВОС системы DSS1

Первый уровень отправляет и получает биты. Протокол содержит две части: 1) для участка «абонент — NT1»; 2) для участка «NT1 — станция».

Первый уровень (серии I и Q). Функции, решаемые первым уровнем:

- 1) формирование линейного кода,
- 2) формирование структуры кадра,
- 3) синхронизация.

Рассмотрим функции уровней подробнее.

Форматы блока данных физического уровня ISDN различаются в зависимости от того, является ли блок данных отправляемым из терминала в сеть (от TE к NT) или входящим из сети в терминал (от NT к TE) (рис. 4.19). Длина блоков данных равна 48 битам, из которых 36 бит (биты B1, B2 и D) предназначены для данных пользователя.

Первыми битами кадра является пара F/L, нарушающая правила чередования полярностей импульсов в коде AMI. Это нарушение компенсируется битом F_A. Бит D, полученный из TE, заносится в соседнее поле E (эхо-сигнал). Если содержимое E отлично от D, то TE немедленно прекращает передачу. Этим предотвращаются конфликты в канале связи в случае, когда несколько терминалов на одной пассивной шине претендуют на один канал.

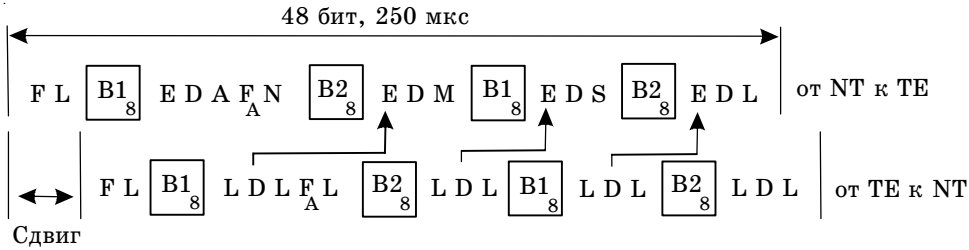


Рис. 4.19 — Форматы блоков данных в абонентской шине (интерфейс S):

- F — бит кадровой синхронизации; L — бит балансировки постоянной составляющей; E — бит-эхо D-канала; A — бит активации (по инициативе ТЕ или NT), деактивация производится сетью;
 F_A — бит компенсации нарушений кода АМІ;
 N — бит, значение которого противоположно значению бита F_A ;
 M — бит выделения сверхкадров; S — резервный бит

Терминалы не могут передавать сигналы в D-канал до тех пор, пока они не распознают специальный код (указывающий на отсутствие сигнала), соответствующий заранее установленному приоритету.

После успешной передачи D-сообщения приоритет этого терминала становится более низким. Приоритет у терминалов может не повыситься до тех пор, пока все другие устройства на этой линии не получают возможность отправить D-сообщение. Телефонные связи имеют более высокий приоритет, чем все другие службы, а информация обмена сигналами имеет более высокий приоритет, чем несигнализирующая информация.

Таким образом, в первой части протокола разрешаются конфликты доступа терминалов к D-каналу.

Все терминалы активируются одновременно. Активация и деактивация осуществляются сигналом info:

- info = 0 — отсутствие сигнала в линии;
 info = 1 — запрос активации от ТЕ к NT (синхронизация);
 info = 2 — запрос активации от NT к ТЕ в ответ на info = 1;
 info = 3(4) — оперативная информация из ТЕ(NT).

ITU-T определяет для физического уровня только *примитивы запроса и индикации*.

Формат кадра сигнала в абонентской линии (интерфейс U) имеет вид рис. 4.20.

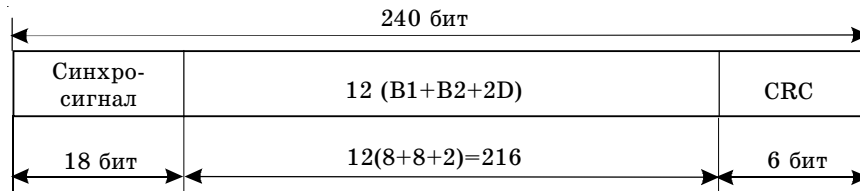


Рис. 4.20 — Формат кадра сигнала в линии (интерфейс U)

В США в качестве линейного кода используется код 2B1Q а в Европе — код 4B3T. Слово синхронизации, записанное в коде 2B1Q, имеет вид: +3+3-3-3-3+3-3+3-3. Данные передаются в сверхцикле, состоящем из 8 кадров: $8 \cdot 240 = 1924$ бит. В первом кадре слово синхронизации инвертировано: -3-3+3+3+3-3+3-3+3.

Второй уровень (Q.920–Q.923). Использует процедуру доступа к каналу D (LAP D — Link Access Procedure, D channel), базирующуюся на LAPB рекомендации X.25/2 (рис. 4.21). На рисунке: F — флаг (восьмибитовое слово 01111110), FCS (Frame Check Sequence) — процедура проверки ошибок в кадре, образованная по методике CRC-16 (Cyclic Redundancy Check 16 — проверка циклическим избыточным кодом с образующим полиномом 16 порядка). Поле «информация» присутствует только в информационных кадрах 3-го уровня (рис. 4.22).



Рис. 4.21 — Формат кадра процедуры LAPD

Адрес имеет лишь локальное значение и известен только участникам сеанса обмена.

Обозначения, принятые на рис. 4.22:

EA — бит расширения адресного поля. Если в первом байте задан бит расширенного адреса (EA=1), то адрес состоит из одного байта; если он не задан, то адрес состоит из двух байтов;

C/R (Command/Response) — команда/отклик (для пользователя C/R=0 — команда, C/R=1 — отклик; для сети значения обратны);

TEI (Terminal Endpoint Identifier) — идентификатор точки подключения терминала; TEI=0...63 — коды, присваиваемые пользователем, TEI=64...126 — коды, присваиваемые сетью автоматически, TEI=127 — глобальные TEI для широкоэвещательных целей (ко всем терминалам с одинаковым SAPI);

	1	2	3	4	5	6	7	8
EA0	C/R	SAPI						
EA1	TEI							

Рис. 4.22 — Адресное поле кадра LAPD

SAPI (Service Access Point Identifier) — идентификатор точки доступа (описывает класс сервиса) (табл. 4.3). Точки доступа представляют собой виртуальный интерфейс между уровнями 2 и 3 (рис. 4.23).

Таблица 4.3

Кодовая таблица SAPI

SAPI	Класс сервиса
0	Запрос соединения по схеме коммутации каналов
16	Переключение пакетов согласно X.25
63	Административные или управленческие функции

Как и процедура LAPB, LAPD предусматривает управление информационными кадрами I (рис. 4.24), супервизорными (управляющими) S (рис. 4.25) и нумерованными U (рис. 4.26). Форматы полей управления этими кадрами:

S — разряды кода управляющей функции (супервизора);
 x = 0 — резерв;
 N(S) — номер кадра, посылаемого отправителем;
 N(R) — номер кадра, получаемого отправителем;
 P — подтверждение приема команд, P = 1 — пакет принят;
 F — указатель передачи отклика;
 M — бит модификатора функции, имеет 15 значений.

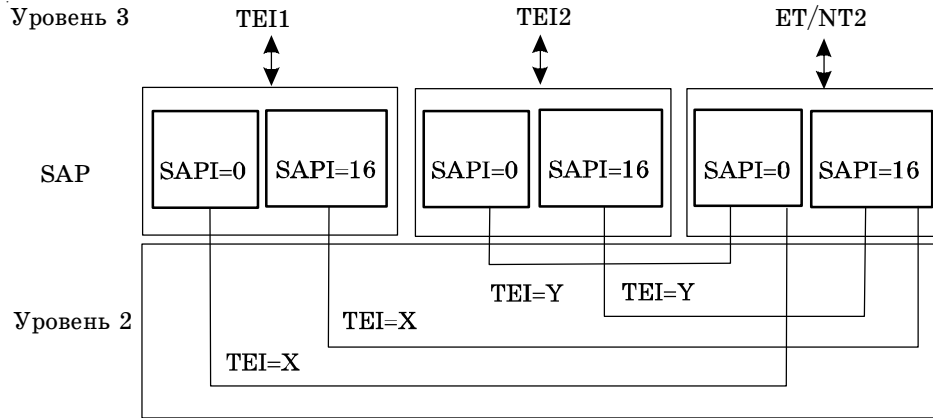


Рис. 4.23 — Виртуальный интерфейс между уровнями 2 и 3

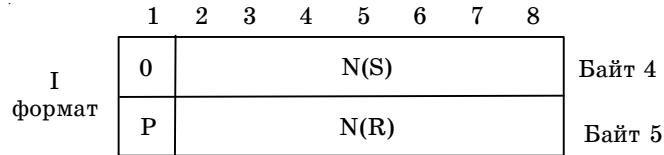


Рис. 4.24 — Формат поля управления информационных кадров

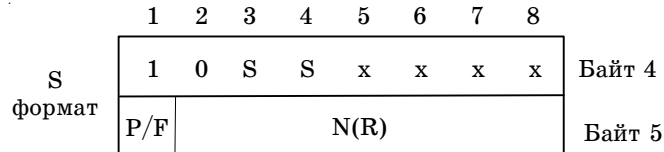


Рис. 4.25 — Формат поля управления управляющих кадров

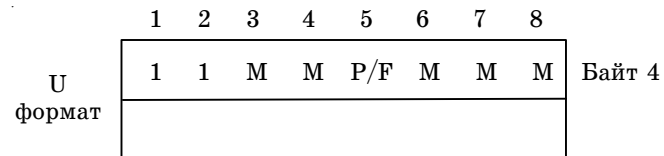


Рис. 4.26 — Формат поля управления нумерованных кадров

Формат I используется для передачи информации между третьими уровнями систем.

Формат S содержит функции управления канальным уровнем:

- готовность канала управления к приему пакета I-формата;
- подтверждение получения пакета I;

- запрос на повтор передачи пакета I, начиная с номера N(R);
- запрос на временное прекращение посылки пакетов I.

Формат U обеспечивает дополнительные функции контроля за 2-м уровнем и передачу информации, не требующей подтверждения.

Прежде чем предложить услуги уровню 3, уровень 2 должен запустить LAP. Это производится путем обмена пакетами между драйвером терминала уровня 2 и соответствующим сетевым драйвером. Предварительно должен быть активирован уровень 1. До установления LAP возможен обмен лишь нумерованными кадрами.

Третий уровень. Отвечает за установление и управление соединением, а также за доставку управляющих сообщений (даже при отказе сети). Сигнальный пакет 3-го уровня имеет формат рис. 4.27. Этими пакетами обмениваются терминал и коммутатор. Поле «дискриминатор протокола» дает D-каналу возможность поддержки нескольких протоколов. Поле «код запроса» содержит идентификатор запроса вне зависимости от типа коммуникационного канала, где этот запрос может быть реализован. Четвертый байт характеризует назначение пакета (26 различных типов сообщений, например Connect (Соединение) — код 11100000).

Приведем пример стандартного вызова (рис. 4.28). Для передачи сигналов ISDN используются две спецификации уровня 3: I.450 (Q.930) и I.451 (Q.931). Вместе эти протоколы обеспечивают соединения «пользователь — пользователь», с коммутацией каналов и с коммутацией пакетов. В них определены разнообразные сообщения по организации и завершению обращения, информационные и смешанные сообщения, в том числе SETUP (установка), CONNECT (подключение), RELEASE (отключение), USER INFORMATION (информация пользователя), CANCEL (отмена), STATUS (состояние) и DISCONNECT (разъединение). Эти сообщения функционально схожи с сообщениями, которые обеспечивает протокол X.25. Типичная последовательность сообщений при реализации вызова в режиме коммутации каналов согласно рекомендации I.451 показана на рис. 4.28.

При вызове могут оказаться несколько терминалов, отвечающих задаваемым требованиям, например несколько телефонных аппаратов. Вызывающая сторона может выбрать один из них. Существуют два механизма обращения к заданному терминалу:

1) используется вспомогательная служба DDI (Direct Dialing In), которая при реализации в ISDN называется MSN (Multiple Subscriber Number) — маршрутизация в пределах LAN пользователя. Каждому терминалу в сети должен быть присвоен уникальный MSN-номер, используемый в SETUP-процедуре;

2) субадресация SUB — дополнительная адресация, передается от источника запроса к адресату. Этот номер не является частью ISDN-номера. Каждый TE, подсоединенный к пассивной шине, имеет свой субадрес. Процедура SETUP содержит информацию о субадресе.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1 байт	Дискриминатор протокола							
2 байт	Длина кода запроса в байтах			0	0	0	0	
3 байт	Код запроса							
4 байт	Тип сообщения						0	
Прочие информационные элементы (если необходимо)								

Рис. 4.27 — Формат сигнального пакета уровня 3

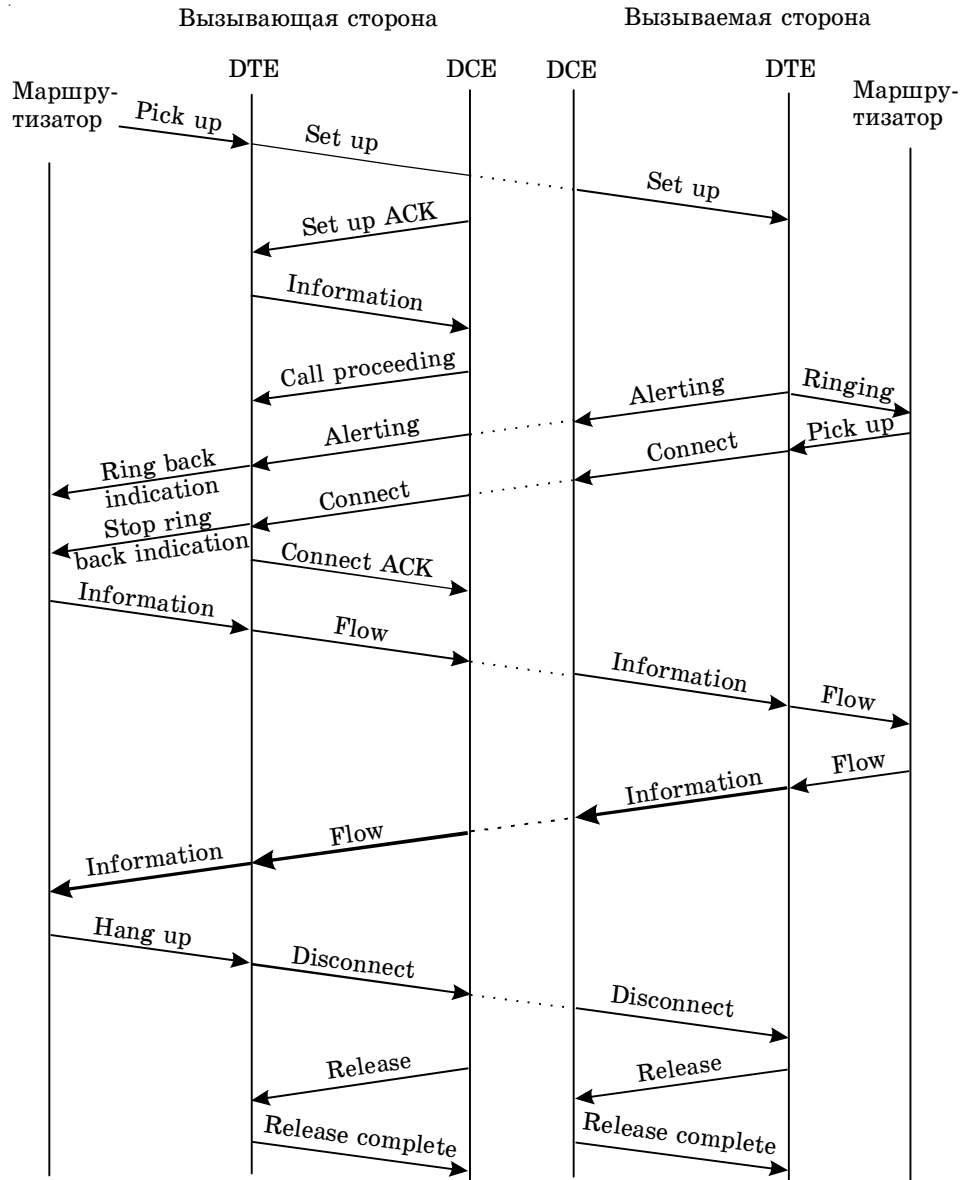


Рис. 4.28 — Последовательность сообщений при реализации вызова ISDN в режиме коммутации каналов

Система ОКС7 (SS7)

ОКС7 (SS7) — система общей канальной сигнализации № 7. Система была разработана и стандартизована комитетом ССИТТ (ITU) для увеличения возможностей по интеграции речи и данных, эффективного использования в телефонии компьютерных систем, быстрой установки соединений и качественной маршрутизации вызовов, использования единых информационных баз данных, интеграции и полной совместимости различных видов связи (телефонии, сотовой связи, передачи данных) вне зависимости от страны или региона и, в итоге, получения качественно нового уровня сервиса. ОКС7 охватывает три нижних уровня семиуровневой модели информационных

сетей ISO и состоит из двух подсистем: MTP (Message Transfer Part) и UP (User Part).

Message Transfer Part (блок передачи сообщений) отвечает за передачу сообщений сигнализации, осуществляет функции обнаружения и исправления ошибок и ряд дополнительных функций. User Part (пользовательский блок) — подсистема более высокого уровня, отвечает за поддержку пользователя и включает в себя часть ISUP (Integrated Services User Part), отвечающую за ISDN-сети, часть TUP (Telephone User Part), отвечающую за телефонию, и ряд других.

Более подробно система ОКС-7 рассмотрена в гл. 7.

4.3.8. Примеры использования протоколов ITU-T в ISKN

Наиболее востребованы при изучении принципов ISDN и в практической деятельности следующие рекомендации ITU-T.

- Эталонная конфигурация: TE / NT1 / NT2 (I.411).
- Абонентская сигнализация (I.440, I.441, I.450, I.451).
- Система сигнализации № 7 (Q.701–Q.707, Q.711–Q.714, Q.761–Q.764).
- Коммутационная станция (Q.511–Q.516, Q.501–Q.506).
- Структура групповых сигналов (G.704, G.705).
- Типы соединений в КС (например, прозрачный канал 64 кбит/с: I.340).
- Качество передачи (G.821, G.822).

1. Общее представление

- I.110 Общая структура рекомендаций серии
- I.111 Отношение к другим рекомендациям
- I.112 Словарь терминов
- I.120 Описание ISDN
- I.130 Методы описания служб и возможности сети

2. Возможности служб связи

- I.210 Принципы телекоммуникационных услуг ISDN
- I.211 Линии передачи
- I.212 Телесервис

3. Аспекты и функции мировой сети

- I.310 Функциональные принципы построения сети ISDN
- I.320 Модель протокола ISDN
- I.330 Принципы адресации
- I.331(E164) План нумерации абонентов ISDN
- I.340 Типы связи

4. Интерфейсы UNI (пользователь — сеть ISDN), рис. 4.29.

- I.410 }
 - I.411 }
 - I.412 } Общие положения
 - I.420 }
 - I.421 }
 - I.430 } Протоколы уровня 1
 - I.431 }
 - I.440 (Q.920) } Протоколы уровня 2 (LAP D)
 - I.441 (Q.921) }
 - I.450 (Q.930) } Протоколы уровня 3
 - I.451 (Q.931)

I.460	Мультиплексирование, согласование скоростей
I.461 (X.30)	Оборудование X.21, X21 бис
I.462 (X.31)	Пакетный режим
I.463	Связь с оборудованием согласно нормам серии V
I.464	Согласование скорости передачи, мультиплексирование и линии передачи интерфейсов до 64 кбит/с.

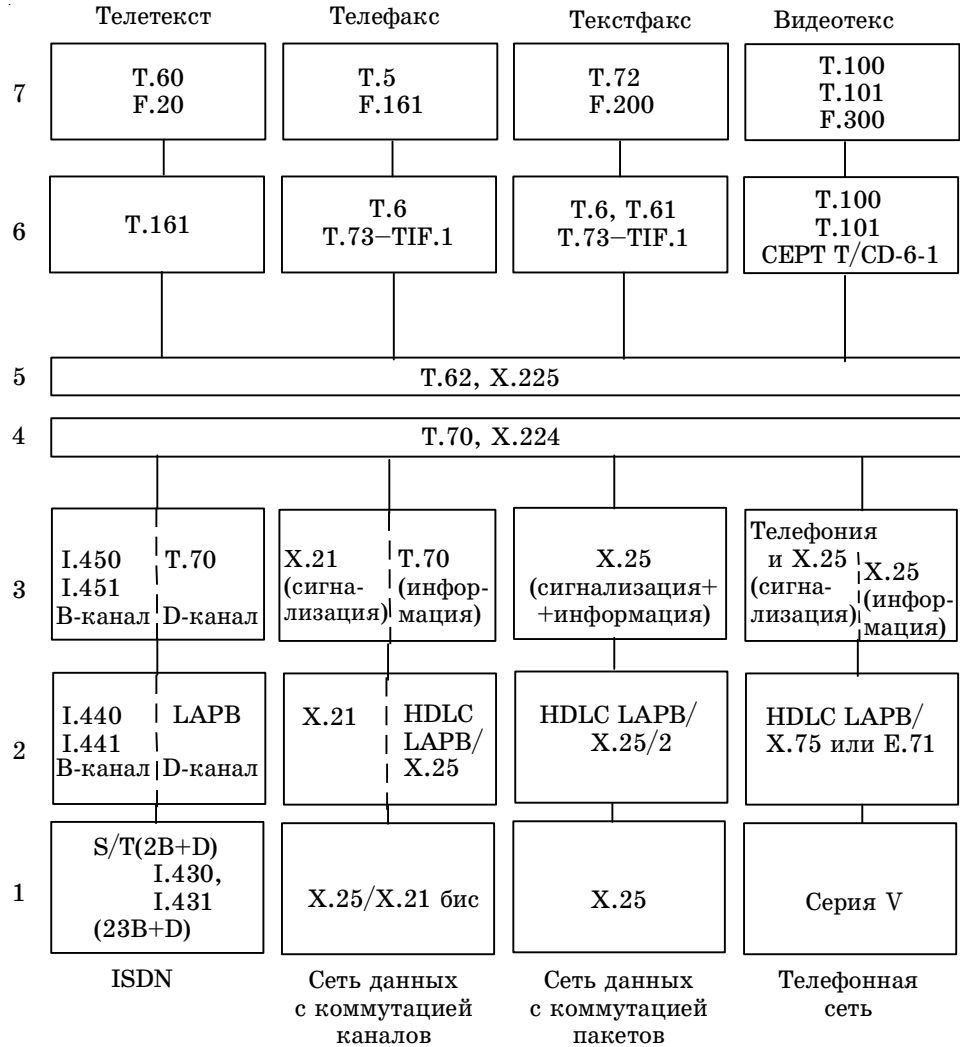


Рис. 4.29 — Протоколы ISDN (Красная книга ITU-T, 1985 г.)

4.4. Интеллектуальные сети

4.4.1. Общие положения

В соответствии с рекомендацией ITU-T I.312/Q.1201 **интеллектуальная сеть** (Intelligent Network) — это архитектурная концепция предоставления наряду с основными видами услуг, таких как установление соединения, учет междугородных переговоров и т.д., новых услуг связи, называемых ДВО

(дополнительными видами обслуживания — Value Added Service), например передача вызова на другой телефон, конференц-связь и т.д. [36, 37]. ДВО используются только при соответствующей заявке абонента, и они могут быть различными для различных групп абонентов.

Историю интеллектуальной сети принято отсчитывать с конца 1970-х годов, когда компания Bell System проводила работы по усовершенствованию услуги, называемой 800 INWATS, в отечественной технической литературе именуемой как «Услуга 800». Эта услуга в основном была предназначена для начисления оплаты за междугородные соединения вызываемому абоненту и нашла широкое распространение в сфере обслуживания и торговли. Согласившись на оплату входящих междугородных вызовов, торговые фирмы и предприятия сферы обслуживания в конечном счете расширили сбыт своей продукции. Аналогичные услуги были реализованы во многих странах под названием Green Number, «Услуга 130» и т.п.

Термин «интеллектуальная сеть» впервые введен в 1984 г. специалистами американской лаборатории Bell Communication Research Corporation (BellCore), предложившими концепцию Intelligent Network/1 (IN/1). Концепция предусматривала создание централизованной базы данных, доступ к которой осуществлялся посредством сети общих каналов сигнализации. Необходимость расширения спектра услуг, поддерживаемых IN/1, и распределения баз данных обусловила разработку в 1986 г. концепции IN/2. Однако серьезные трудности, связанные с существенным усложнением аппаратно-программных средств коммутационных станций и распределенных баз данных, заставили разработчиков отказаться от самой идеи IN/2. Выход из создавшегося положения был найден в модернизации IN/1. В результате была сформирована временная концепция IN/1+ для перехода к IN/2.

В 1991 г. лабораторией BellCore была разработана концепция усовершенствованной интеллектуальной сети (AIN — Advanced Intelligent Network). Отличительная особенность AIN по сравнению с предшествующими версиями концепции IN состоит в том, чтобы стандартным образом объединить службы, коммутаторы и интеллектуальное оборудование различных производителей. Однако соглашение между различными производителями оборудования ИС для обеспечения полной широты этой спецификации до сих пор отсутствует, что затрудняет практическую реализацию данной концепции.

В историческом развитии сетей и услуг связи можно выделить четыре основных этапа.

Первый этап — построение телефонной сети общего пользования PSTN (Public Switched Telephone Network). В течение длительного времени каждое государство создавало свою аналоговую телефонную сеть общего пользования (ТФОП). Телефонная связь отождествлялась с единственной услугой передачи речевых сообщений. В дальнейшем по телефонным сетям с помощью модемов стала осуществляться передача данных. Тем не менее, даже в настоящее время телефон остается основной услугой связи, принося предприятиям связи подавляющую часть доходов.

Второй этап — цифровизация телефонной сети. Для повышения качества услуг связи, увеличения их числа, повышения автоматизации управления и технологичности оборудования развитые страны в начале 1970-х гг. начали работы по цифровизации первичных и вторичных сетей связи. Были созданы интегрированные цифровые сети IDN (Integrated Digital Network), предоставляющие в основном услуги телефонной связи на базе цифровых систем коммутации и передачи. В настоящее время во многих странах цифровизация телефонных сетей практически закончилась.

Третий этап — интеграция услуг. Цифровизация сетей связи позволила не только повысить качество услуг, но и перейти к увеличению их числа на основе интеграции. Так появилась концепция цифровой сети с интеграцией служб ISDN (Integrated Service Digital Network). Концепция ISDN существует около 20 лет, но широкого распространения в мире не получила по нескольким причинам: во-первых, оборудование ISDN достаточно дорого, чтобы стать массовым; во-вторых, пользователь постоянно оплачивает три цифровых канала; в-третьих, перечень услуг ISDN превышает потребности массового пользователя. Именно поэтому интеграция услуг начинает заменяться концепцией интеллектуальной сети.

Четвертый этап — интеллектуальная сеть IN (Intelligent Network). Эта сеть предназначена для быстрого, эффективного и экономичного предоставления информационных услуг массовому пользователю, что возможно лишь при новой концепции построения сетей связи, которая заключается в разделении функций коммутации и предоставления услуг. В классических телефонных сетях функции предоставления услуг являются неотъемлемой частью функций коммутационных систем. Это приводит к тому, что с ростом числа услуг и увеличением их функциональных особенностей резко увеличиваются аппаратные средства и, особенно, программное обеспечение коммутационных систем. В результате растет сложность коммутационных систем и, соответственно, их стоимость. Более того, происходит непрерывная модернизация коммутационных систем, обусловленная ростом числа предоставляемых услуг. Естественно, возрастает и стоимость предоставления услуг, что значительно замедляет рост спроса на них. Именно такой процесс происходит в настоящее время с ISDN.

В состав упрощенной схемы физической архитектуры ИС (рис. 4.30, 4.31) входят следующие элементы:

SSP (Service Switching Point) — узел коммутации услуг, представляющий собой АТС с соответствующей версией программного обеспечения и выполняющий функции управления вызовом и коммутации услуги;

SCP (Service Control Point) — узел управления услугами (контроллер услуг), делает возможной работу с базой данных с транзакцией в реальном масштабе времени (PMB). SCP интерпретирует поступающие запросы, обрабатывает данные и формирует соответствующие ответы;

SDP (Service Data Point) — узел базы данных услуг, содержащий данные, используемые программами логики услуги для обеспечения ее индивидуальности;

IP (Intelligent Peripheral) — интеллектуальные периферийные устройства, представляющие собой независимые от используемых приложений устройства интеллектуальных ресурсов, обеспечивающие дополнительные к SSP возможности;

SMP (Service Management Point) — узел менеджмента услуг, реализующий функции административного управления пользователями и/или сетевой информацией, включающей данные об услугах и ее программную логику;

SCEP (Service Creation Environment Point) — узел создания услуг, выполняет функцию среды создания услуг и служит для разработки, формирования и внедрения услуг в узле SMP.

Узлы упрощенной схемы ИС размещены на трех уровнях иерархии:

- узел коммутации услуг SSP с интеллектуальной периферией IP;
- узел управления услугами SCP с узлом данных услуги SDP;
- узел менеджмента услуг SMP с узлом создания услуг SCEP.

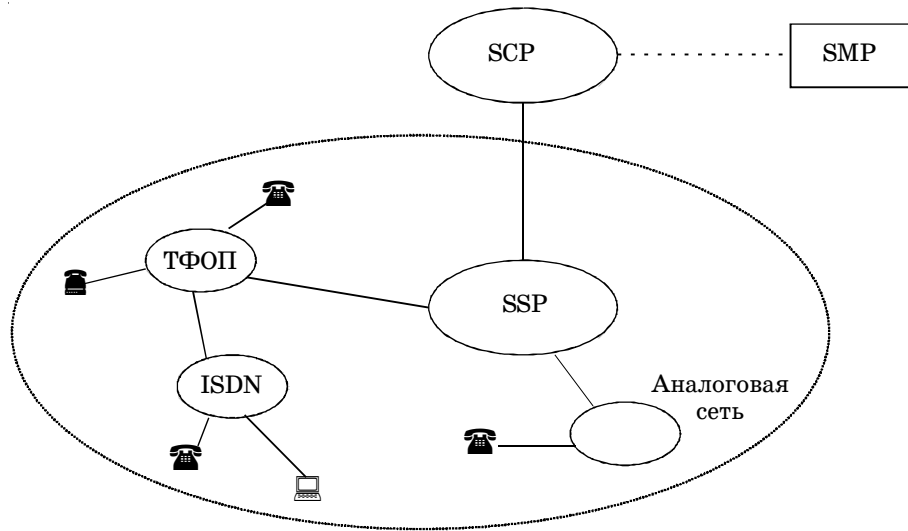


Рис. 4.30 — Имплантация ИС в существующую сеть

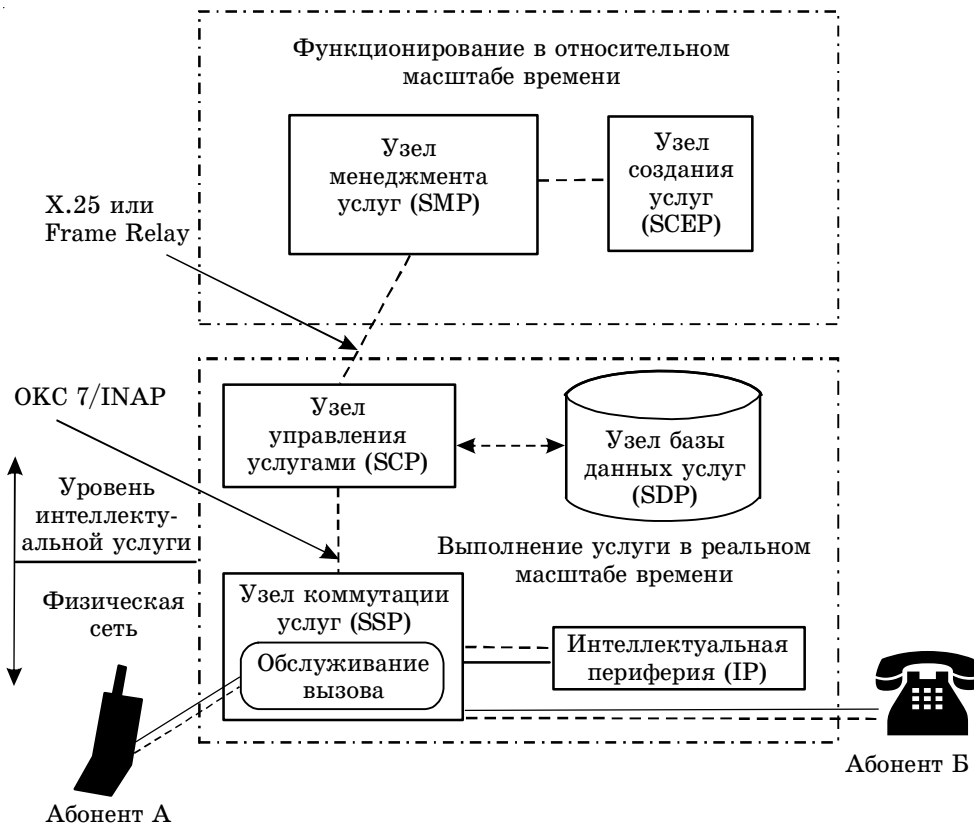


Рис. 4.31 — Упрощенная схема ИС:
 ————— разговорный тракт; - - - - - сигнализация

Для получения услуги ИС пользователь сети набирает номер АТС, обладающей функциями SSP, а также код и номер услуги. Пользуясь протоколом INAP, АТС с функциями SSP общается с узлом SCP и получает необходимую информацию для предоставления услуги и обслуживания вызова. В обслуживании вызова принимает участие IP для передачи голосовых команд пользователю, сбора дополнительной информации и т.д. Общение между SCP, SSP и IP происходит в режиме PMB с учетом жестких временных ограничений на обслуживание телефонного вызова.

Подготовка новых услуг происходит в узле SCEP, а за их введение отвечает узел SMP. Эти два центра действуют в условиях относительного масштаба времени. Для передачи информации о новых услугах в узел SCP используется, например, протокол X.25 или Frame Relay.

В соответствии с вышеизложенным, обобщенно структуру сети, представляющую интеллектуальные услуги, можно классифицировать по времени выполнения и функциональному назначению.

По времени выполнения выделяют узлы, работающие в режиме PMB и в режиме относительного масштаба времени. Узлы SCP, SDP, SSP и IP участвуют непосредственно в процессе обработки интеллектуального вызова и работают в режиме PMB. К узлам SMO и SCEP такие условия не предъявляются. Услуги создаются и изменяются независимо от базового процесса вызова абонента, поэтому такие работы могут производиться в любое время.

По функциональному назначению следует отделить уровень физической сети от уровня интеллектуальной услуги (см. рис. 4.31). К уровню физической сети следует отнести узел SSP и IP. Лишь эти два блока имеют жесткую связь с ТФОП посредством каналов связи. Взаимодействие других узлов осуществляется только через каналы сигнализации.

Согласно рекомендации ITU-T Q.1201, основополагающим требованием к архитектуре ИС является отделение функций предоставления услуг от функций коммутации и распределение их по различным функциональным подсистемам. Функции коммутации, как и для традиционных сетей, остаются в базовой сети связи, а функции управления, создания и внедрения услуг выносятся в создаваемую отдельно от базовой сети интеллектуальную надстройку, взаимодействующую с базовой сетью посредством стандартизованных интерфейсов.

Требование стандартизации протоколов обмена между базовой сетью и интеллектуальной надстройкой освобождает операторов сетей от существовавшей ранее зависимости от поставщиков коммутационного оборудования. Взаимодействие между функциями коммутации и управления услугами осуществляется посредством прикладного протокола интеллектуальной сети INAP, стандартизованного ITU-T в рекомендации Q.1205. Управление созданием и внедрением услуг осуществляется через прикладной программный интерфейс API (Application Program Interface). Таким образом, стандартизованные интерфейсы ИС делают сеть открытой для независимых изменений как в интеллектуальной надстройке, так и в базовой сети.

Процесс подключения телефонных соединений в концептуальной модели ИС (рис. 4.32) осуществляется на транспортном уровне, включающем сетевые узлы и коммутационные станции. Логика предоставления интеллектуальных услуг реализуется в соответствующих узлах интеллектуального уровня. Для взаимодействия интеллектуального и транспортного уровней используется сеть передачи данных, в качестве которой чаще всего выступает сеть общеканальной сигнализации ОКС № 7 со специальной прикладной подсистемой

темой пользователя интеллектуальной сети INAP (Intelligent Network Application Part).

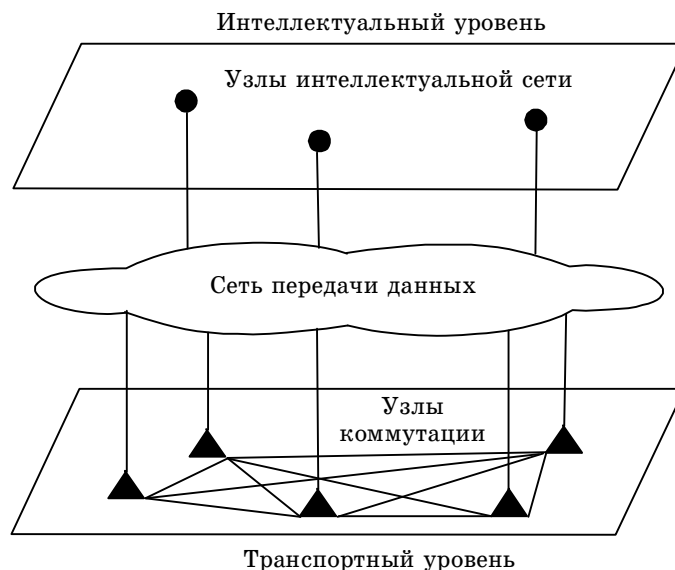


Рис. 4.32 — Концептуальная модель ИС

Обобщенная функциональная архитектура (рис. 4.33) отражает одну из основных идей реализации ИС по формуле

Интеллектуальная сеть = Коммутатор + Компьютер.

Согласно рекомендации ITU-T I.312/Q.1201, основой для стандартизации в области интеллектуальных сетей связи является абстрактная концептуальная модель INCM (Intelligent Network Conceptual Model). Модель состоит из четырех плоскостей и отражает абстрактный подход к описанию ИС. Модель разделяет аспекты, относящиеся к услугам, и аспекты, связанные с сетью, что позволяет описывать услуги и возможности ИС независимо от базовой сети, над которой создается интеллектуальная надстройка. Первые три плоскости имеют отношение к интеллектуальной надстройке.

Первый уровень — **плоскость (план) услуг (Service Plane)**, представляет взгляд на ИС исключительно с точки зрения услуг. Здесь отсутствует информация о том, как именно осуществляется предоставление услуг сетью.

Второй уровень — **глобальная функциональная плоскость GFP (Global Functional Plane)**, описывает возможности сети, которые необходимы разработчикам для внедрения услуг. Здесь сеть рассматривается как единое целое, даются *модели обработки вызова BCP (Basic Call Process) и независимых от услуг конструктивных блоков SIB (Service Independent building Block)*. Определенные на первом уровне услуги расчленяются на компоненты и на плоскости GFP объединяются в один или несколько SIB, которые при взаимодействии определяют глобальную логику услуги. Из SIB составляется программа выполнения дополнительного вида сервиса ДВО.

Третий уровень — **распределенная функциональная плоскость DFP (Distributed Functional Plane)**, описывает функции, реализуемые узлами сети. Здесь сеть рассматривается как совокупность функциональных элементов, порождающих информационные потоки.

Четвертый уровень — **физическая плоскость РР (Physical Plane)**, описывает узлы сети, содержащиеся в них физические объекты, в которые отображены функциональные элементы и протоколы взаимодействия между физическими объектами.

Модели обслуживания вызова в ТФОП и ИС имеют существенные отличия. При введении каждой новой дополнительной услуги в обычную телефонную сеть аппаратно-программные средства коммутационной станции соответствующим образом модифицируются. Для реализации общесетевой услуги необходимо провести аппаратно-программную модернизацию всех узлов сети. Соответствующие действия необходимы также во всех узлах при изменении алгоритма предоставления существующей общесетевой услуги. По мере роста числа предоставляемых услуг сложность и, следовательно, стоимость КС непрерывно растут. Эта причина и послужила стимулом разделения функций распределения информации и предоставления дополнительных услуг.

В соответствии с рекомендацией ITU-T 1.312/Q. 1201 модель обслуживания вызовов в ИС подразумевает введение в состав КС определителей вызова, именуемых в зарубежной литературе как «Hook». Слово «Hook» (крюк) в вычислительной технике обозначает дополнительные программные и/или аппаратные средства, облегчающие дальнейшее расширение функций и внесение изменений в какую-либо систему. Модель обслуживания вызовов в ИС включает в себя три основных компонента:

- технические средства обработки основных вызовов, выполняющих ряд стандартных процессов вне зависимости от предоставляемых и планируемых к введению дополнительных услуг;
- определители вызовов (Hook), опознающие заявки, направляемые в ИС, и временно приостанавливающие процесс обслуживания вызова на период обмена информацией с логической частью ИС;
- логическую часть ИС, содержащую аппаратные средства и программное обеспечение (ПО) для создания дополнительных услуг и передачи информации, управляющей стандартными процессами обработки вызовов.

Такое разделение функций обслуживания вызова в интеллектуальной сети имеет ряд достоинств. Во-первых, в ИС для обработки основного вызова используются обычные телефонные станции. Во-вторых, для выполнения функций определителей вызова необходима только небольшая коррекция существующих коммутационных систем, что чаще всего реализуется соответствующим ПО. И, самое главное, централизованная логика услуг ИС позволяет оператору ускорить и упростить процесс ввода новых и коррекции существующих услуг, что сказывается на экономичности всей сети.

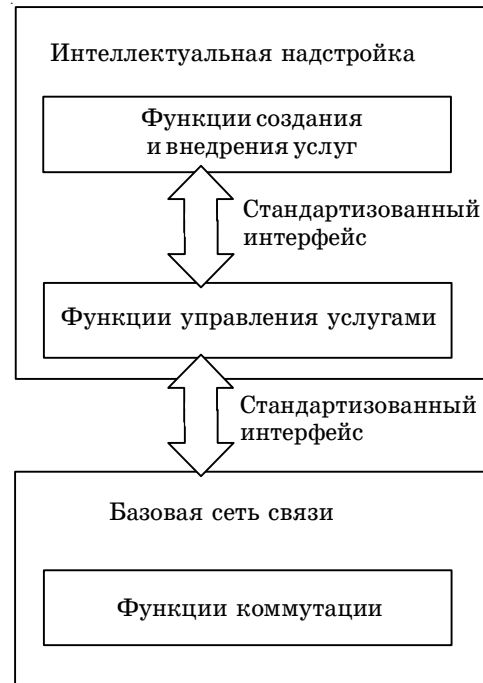


Рис. 4.33 — Схема обобщенной функциональной архитектуры ИС

4.4.2. Услуги ИС

Работа по стандартизации концепции ИС в рамках ITU и ETSI была разделена на несколько направлений. Эти направления реализуются в виде концепций «Набор возможностей 1» (CS1 — Capability Set 1), «Набор возможностей 2» (CS2), «Набор возможностей 3» (CS3) и т.д. Термин «набор возможностей» относится к набору и особенностям услуг, которые могут быть построены с использованием так называемых **независимых от услуг конструктивных блоков SIB** (Service Independent building Block), содержащихся в каждой концепции. Имеются, однако, различия между набором возможностей ITU-T и ETSI. Например, для набора CS1 ITU-T определил 13 блоков SIB и SIB для основного процесса вызова BCP (Basic Call Process). ETSI определил те же самые блоки **SIB**, добавив к ним еще семь для создания набора ETSI CS1. В целом стандарты ITU-T/ETSI во многом похожи на стандарт AIN 1 BellCore. Сегодня ITU-T разрабатывает долговременную архитектуру ИС, в основе которой лежит определение наборов возможностей CS. Данная архитектура описана в рекомендациях серии Q.1200 ITU-T. Номера рекомендаций распределены следующим образом. Предпоследняя цифра номера совпадает с номером набора возможностей CS-1, CS-2, ..., CS-8 (при этом цифра «0» резервируется для «основных положений», а цифра «9» — для «списка терминов»). Значения последней цифры номера соответствуют следующим обозначениям:

- 1 — общим принципам;
- 2 — плоскости (план) услуг;
- 3 — глобальной функциональной плоскости;
- 4 — распределенной функциональной плоскости;
- 5 — физической плоскости;
- 6 — для будущего применения;
- 7 — для будущего применения;
- 8 — рекомендациям на интерфейсы;
- 9 — руководству пользователя по ИС.

Например, Рекомендация Q.1214 описывает «Распределенную функциональную архитектуру для набора услуг CS-1».

Согласно Q.1211, набор CS-1 включает 25 видов услуг и 38 свойств (основных и вспомогательных), которые должны поддерживаться сетями PSTN, ISDN и PLMN. Некоторые из распространенных сегодня видов услуг представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Услуги набора CS-1

Название	Значение
ACC — Account Card Calling (вызов по предоплаченной карте)	Предоставляет возможность оплачивать разговор с любого ТА с помощью счета, указываемого набором дополнительного номера
CCC — Credit Card Calling (вызов по кредитной карте)	Позволяет выполнять любые вызовы с любого ТА, оплачивая их по кредитной карте
CD — Call Distribution (распределение вызовов)	Дает возможность направлять вызовы на другие номера в соответствии с программой переадресации и приоритетами
CON Conferencing (телефонная конференция)	Позволяет нескольким абонентам принять участие в одном разговоре

Окончание табл. 4.4

Название	Значение
FMD — Followme diversion (функция «следуй за мной»)	Позволяет сохранить доступ к абоненту при его перемещении
FRH — Freephone (бесплатный вызов)	Бесплатная телефонная служба, или «свободный телефон». Разговор при данном типе вызова состоится, если вызываемый абонент согласится его оплатить (в США эта услуга называется «Служба 800»)
MAS — Mass Calling (опрос населения)	Позволяет проводить опросы населения по телефону. Абонент после вызова слышит сообщение и просьбу набрать одну из нескольких цифр на телефоне, чтобы выразить свое предпочтение. Все ответы регистрируются
MCI — Malicious Call Identification (идентификация злоумышленников)	Позволяет выявить злоумышленников, записывает коды вызывающего и вызываемого абонентов и время вызова, удерживает вызов и сообщает эту информацию оператору
SPL — Split charging (перераспределение оплаты)	Позволяет распределять оплату за разговор между абонентами
PRM — Premium Rate (приплата, передача части оплаты вызываемому абоненту)	Позволяет пользоваться информационными услугами с дополнительной оплатой, т.е. часть стоимости вызова оплачивает вызывающая сторона, выступающая в роли поставщика дополнительной услуги. В США эта услуга называется «Служба 900»
VOT — Televoting (телефонное голосование)	Дает возможность посылать вызов на конкретный номер с последующим речевым сообщением или дополнительным набором определенного кода
VPN — Virtual Private Network (виртуальная частная сеть)	Часть имеющихся линий связи и коммутаторов объединяются в частную сеть, функционирование которой определяется пользователем, в том числе номера для пользователей этой сети, их права и приоритеты, маршрутизация вызовов и т.д.
UAN — Universal Access Number (универсальный номер)	Дает возможность пользователю, имеющему несколько географически распределенных терминальных устройств, быть доступным другим пользователям по единому универсальному номеру в соответствии с определенной им маршрутизацией входящих вызовов
UPT — Universal Personal Telecommunication (универсальная персональная связь)	Позволяет абоненту пользоваться входящей и исходящей связью по единому номеру при его перемещении вне зависимости от сетевой инфраструктуры и местоположения

В настоящее время в мире широкое применение нашли только некоторые услуги. На основе анализа мирового опыта в России 26.09.96 г. был принят Меморандум о взаимопонимании по вопросу внедрения оборудования, определяющий в качестве первой очереди внедрения ИС в России пять услуг CS-1 rus, которые представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Услуги CSI rus

Название	Значение
ACC — Account Card Calling	Вызов по предоплаченной карте
CCC — Credit Card Calling	Вызов по кредитной карте
FPH — Freephone	Бесплатный вызов
PRM — Premium Rate	Приплата (передача части оплаты вызываемому абоненту)
VOT — Televoting	Телефонное голосование

Ниже приведено описание наиболее часто используемых услуг ИС, вошедших в набор CS-1.

«Услуга 800»

История широкого внедрения дополнительных услуг в современном понимании интеллектуальных услуг началась с «Услуги 800» (FPH — Freephone). В 1967 г. компания Bell System, в то время практически монополично владевшая рынком услуг связи США, ввела в план нумерации Северной Америки код доступа 800 к услуге установления телефонного соединения с оплатой за счет вызываемого абонента. Первоначально возможности «Услуги 800» этим и ограничивались. Однако позднее в процессе эволюции алгоритм предоставления «Услуги 800» значительно изменился. Аналоги этой услуги сегодня известны во многих странах мира под различными коммерческими названиями: «Услуга 130», Green Number, Numero Vert, Linkline, 008, Freephone и т.п.

Сам абонентский номер «Услуги 800» в строгом смысле слова телефонным номером не является. Он представляет собой логический идентификатор всей совокупности оконечных установок, принадлежащих абоненту услуги. Логический номер по определенному алгоритму преобразуется в физический сетевой телефонный номер. Результат этого преобразования может зависеть от целого ряда атрибутов и параметров назначаемых самим абонентом услуги — местонахождения пользователя, числа и времени суток, поступающей нагрузки и т.д.

Рассмотрим алгоритм предоставления «Услуги 800».

1. Абонент А набирает код услуги — 800.
2. Код 800 служит для исходящей АТС признаком запроса на предоставление услуги ИС и передачу его в узел SSP.
3. SSP приостанавливает процесс обслуживания телефонного вызова и транслирует код услуги в узел SCP через сеть ОКС № 7.
4. SCP, проанализировав код, дает команду устройству IP на передачу голосового сообщения о наборе номера вызываемого абонента.
5. IP выдает голосовое сообщение абоненту А о необходимости набора номера вызываемого абонента в режиме тонального набора и транслирует его через SSP в SCP.
6. SCP анализирует введенный логический номер абонента Б (например, 3333333), делает запрос в узел SDP для того, чтобы определить физический номер вызываемого абонента Б.
7. SDP пересчитывает логический номер 3333333 в конкретный номер (например, в 5555555) и транслирует его в SCP.
8. SCP производит «замену» набранного номера на 5555555 в памяти устройства управления и передает этот номер в SSP через сеть ОКС № 7.

9. SSP возобновляет приостановленный ранее процесс обслуживания телефонного вызова, передает номер абонента Б во входящую АТС и проключается соединительный тракт между абонентом А и абонентом Б.

После окончания телефонного разговора SCP производит начисление оплаты за вызов в соответствии с правилами, принятыми для «Услуги 800». На рис. 4.34 показана схема реализации «Услуги 800».

Следует учесть, что при пересчете логического номера в конкретный, последний для абонентов ТФОП и абонентов подвижной связи может быть различным.



Рис. 4.34 — Схема предоставления «Услуги 800»

«Услуга 800» является эффективным инструментом рекламы и маркетинга. Ее коммерческий успех является следствием следующих факторов:

1) возможность абонирования номера 800 для проведения рекламных или маркетинговых акций, носящих временный или даже разовый характер;

2) скрытность от пользователя физического местонахождения вызываемого абонента 800;

3) использование в печатной, видео-, а также другой рекламной продукции одного телефонного номера, который к тому же в мнемоническом выражении может содержать элементы или даже полное название фирмы, вместо списка, достигающего в некоторых случаях десятка номеров;

4) абонирование номера 800 для фирм, которые в силу специфики своей деятельности (или по каким-либо причинам) вынуждены часто менять местоположение, а вместе с ним номера телефонов;

5) наличие у фирмы номера 800 свидетельствует о ее респектабельности и само по себе является элементом рекламы.

С момента введения расширенной услуги Freephone вызовы в сети компании AT&T растут со скоростью 500 млн вызовов в год. Так в Великобритании, типичным арендатором услуги у компании British Telecom (BT) является компания Rart Xerox, утверждающая, что персоналу удалось сократить время, затрачиваемое на продажу оборудования, с 37 до 4,5 часов.

Услуга «Вызов по предоплаченной карте»

Услуга АСС (Account Card Calling) подразумевает, что при взаиморасчетах с абонентами используется принцип предоплаты (отсюда и название услуги — Account, в отличие от традиционной Postpaid) с динамическим «списыванием расходов». Внося на счет оператора определенную сумму, абонент получает доступ к услуге по индивидуальному или групповому паролю. Специализированное аппаратное и программное обеспечение, устанавливаемое на узле оператора услуги АСС, автоматически контролирует баланс абонента, не позволяя ему превысить сумму предоплаты. При этом абонент способен получать услугу с любого номера городской телефонной сети, т.е. ему совершенно необязательно иметь прямое подключение к узлу оператора.

В качестве физического «носителя» услуги зарубежные операторы чаще всего применяют пластиковые телефонные карточки определенного номинала (Account Calling Card). Они содержат необходимую абоненту информацию: логотип оператора, уникальный номер карточки, являющийся паролем для доступа (иногда нужно вводить и так называемый PIN-код, также напечатанный на карточке), телефоны службы поддержки, номинал карточки в денежном выражении или в условных единицах (Units), инструкцию по использованию услуги. В инструкции обычно указываются телефонные номера, по которым можно получить услугу, последовательность действий, доступные сервисные возможности (например, ряд систем позволяет «прослушать» остаток денег на карточке, сделать несколько звонков, не разрывая соединения с системой Account Calling, или запросить голосовую справку). Используются карточки Account как с невозобновляемым балансом (одноразовые), так и с возобновляемым балансом (револьверные, или Debit Card).

Для реализации Account Calling оператор должен обеспечить выполнение ряда операций, не поддерживаемых стандартными АТС:

- голосового общения с абонентом (многоуровневое голосовое меню);
- авторизацию абонента по паролям различных категорий (индивидуальный, групповой, льготный, с возобновляемым балансом и т.д.);
- ведение специализированных баз данных.

По голосовым подсказкам системы абонент вводит пароль и заказывает услугу, например междугородний звонок. Система автоматически проверяет, есть ли такой пароль в базе данных, не исчерпан ли связанный с ним лимит денег, достаточно ли оставшейся суммы для вызова заказанного направления. Только после этого система Account Calling устанавливает соединение. В ходе разговора система динамически считывает деньги со счета абонента, а при достижении нулевого остатка после соответствующего голосового сообщения автоматически разрывает текущее соединение и прекращает доступ по этому паролю до пополнения счета.

Реализация данного сценария возможна при наличии у абонента ТА возможности переключения в режим тонального набора или так называемого «биппера» — компактного автономного генератора тональных посылок. При отсутствии у абонента обоих устройств ряд систем предусматривает переключение на оператора.

Услуга «Вызов по кредитной карте»

Услуга ССС (Credit Card Calling) чаще всего предоставляется корпоративным пользователям и связана с оказанием услуг телефонной связи в кредит. Алгоритм предоставления услуги ССС аналогичен алгоритму предоставления услуги АСС. База данных проверяет кредитоспособность карты

абонента. Расчет с абонентом производится периодически через его счет в банке. Одной из важнейших характеристик такой услуги является обеспечение высокой степени защиты по доступу к услуге с помощью паролей и PIN-кодов.

Услуга «Приплата»

Услуга «Приплата» **PRM** (Premium Rate) предполагает передачу части оплаты (обычно сверх минутной платы) другому лицу (например, вызываемому абоненту в случае медицинской или юридической консультации). Примерная схема предоставления услуги PRM (рис. 4.35) иллюстрирует следующую процедуру: абонент А набирает номер 8-xxx-809-1234, тем самым по коду «8» он выходит на междугородную сеть, а по коду «xxx» выходит на АМТС, которая выполняет функции SSP, «809» означает код услуги PRM, а 1234 — номер услуги PRM. Узел баз данных услуг пересчитывает логический номер услуги в конкретный номер вызываемого абонента Б, а также передает в узел SCP информацию о долях оплаты за вызов между абонентами. SCP сообщает в SSP кто сколько должен платить за предоставление услуги (т.е. как формировать запись об услуге) и номер абонента Б, который окажет требуемую услугу.

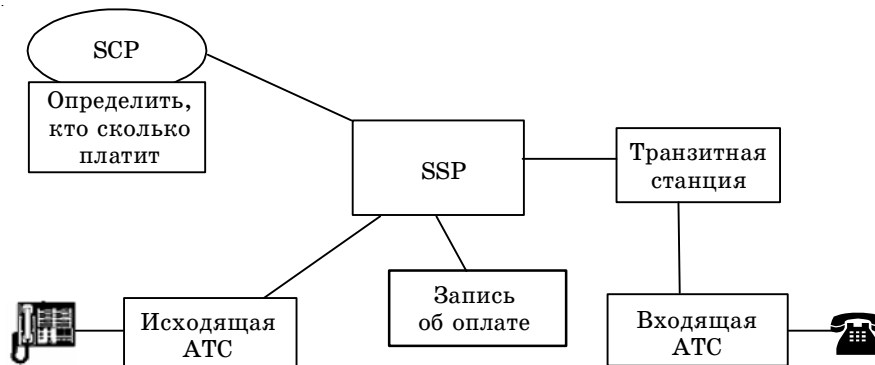


Рис. 4.35 — Предоставление услуги «Приплата»

Услуга «Виртуальная частная сеть»

В течение последних десятилетий большие корпорации вкладывали огромные средства в построение выделенных ведомственных сетей, чтобы опережать конкурентов (путем быстрой связи, лучшего контроля над акциями, ускорения передачи финансовых данных и т.п.) или уменьшать затраты на электросвязь. Услуга **VPN** (Virtual Private Network) составляет альтернативу прежнему подходу к созданию частных сетей.

Данная услуга предусматривает создание корпоративных, частных виртуальных сетей внутри уже существующих (например, сетей общего пользования). Абоненты виртуальной сети соединяются друг с другом путем набора определенных номеров (выделенный план нумерации) и пользуются всеми услугами локальной сети.

В действительности все соединения осуществляются с помощью оборудования существующей сети связи. Оператор может организовать внутри существующей ряд выделенных виртуальных сетей и предлагать их на рынке как отдельные, удовлетворяющие различным нуждам.

Внедрение этой услуги сопровождается наиболее шумной международной рекламой в мире, так как речь идет о создании виртуальных УПАТС для крупных международных компаний. При наличии услуги VPN все отделения какой-либо фирмы, разбросанные по миру, могут беспрепятственно общаться по сокращенному набору. Любой работник фирмы может к тому же менять свое географическое местоположение, следует только об этом извещать базу данных услуги VPN.

Услуга «Телеголосование»

Если за первыми услугами стоят реальные телефонные номера, по которым, в конечном счете, пользователь услуги попадает в нужную ему фирму, то услуга «Телеголосование» VOT с номерами доступа к ней — это всего лишь выход на логику ИС. Поясним суть данной услуги на конкретном примере.

Например, зрителям популярной телевизионной программы задается вопрос, в котором предлагаются несколько вариантов ответа. Зрителям предлагают выбрать ответ, который они считают правильным, и набрать номер телефона, стоящий против выбранного ими варианта ответа. Пользователь услуги набирает телефонный номер, который содержит код услуги и номер услуги. Принятый телефонный звонок, заносится в базу данных услуг. При необходимости узел управления услугами запрашивает через интеллектуальную периферию IP у пользователя дополнительные данные или извещает пользователя о присвоении ему индивидуального номера, пароля и т.п. В результате, например, первый правильно дозвонившейся зритель может выиграть приз, установленный ведущим телепрограммы.

Таким образом можно проводить различные опросы населения, викторины, выяснять мнение большого числа людей по тем или иным вопросам.

4.4.3. Недостатки первого набора услуг и будущее ИС

Текущие понятия набора услуг CS-1 имеют ряд недостатков:

- степень детализации низкого уровня CS-1 SIB недостаточна для моделирования сложных услуг. Процесс составления услуг и их свойств, основанный на CS-1 SIB, усложнен. CS-1 SIB разработан для последовательного выполнения, в то время как необходимо параллельное выполнение сервисов. CS-1 рассматривает ИС как одиночный объект. SIB в CS-1 не позволяет моделирование услуги, поддерживающие несколько сетей;

- в CS-1 SIB поддерживает только услуги, связанные с вызовом.

Указанные недостатки набора CS-1 планируется устранить в реализациях последующих наборов услуг CS-2, CS-3 и др. ITU-T активно ведет работы по спецификации наборов CS-2 и CS-3 для широкополосных сетей, где также рассматриваются способы интеграции концепций ИС с сетью управления телекоммуникациями TMN. При спецификации очередного CS предполагается обратная связь с предыдущими этапами для внесения изменений в процесс эволюции ИС.

Одно из возможных направлений развития ИС планируется в проекте TINA (Telecommunication Information Networking Architecture), реализуемом с 1993 г. в рамках Консорциума TINA (TINA-C). TINA — это новая архитектура телекоммуникационной информационной сети, основанная на объектно-ориентированном подходе к распределенной обработке информации и новейших технологиях предоставления услуг связи в ИС и сетях управления TMN

(Telecommunication Management Network). В рамках концепции TINA интеллектуальная сеть развивается для поддержки архитектуры клиент/сервер со сложными услугами, предлагаемыми поставщиками сети конечным пользователям и многочисленным третьим лицам. Фактически это является естественным шагом, основанным на использовании распределенных вычислений, действительно совместимых с первоначальным видением ИС как распределенной инфраструктуры, позволяющей взаимодействовать специализированным компьютерам и коммутационным станциям при реализации услуг.

4.5. Широкополосная цифровая сеть с интегрированным обслуживанием Ш-ЦСИО (B-ISDN)

4.5.1. Общие положения

B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) — скоростная цифровая сеть с интегрированными услугами, имеющая высокую пропускную способность [1, 13, 15, 26, 36, 38, 39]. B-ISDN является широкополосной сетью, обеспечивающей передачу данных со скоростью от 155 до 620 Мбит/с. В широкополосной сети обеспечиваются три вида интеграции. Первый вид охватывает доступ разнообразных данных (текстов, речи, изображений, в том числе телевидения) на единый интерфейс пользователя; второй — общий узел коммутации; третий — единую коммуникационную сеть. В результате достигаются высокая пропускная способность и гибкость введения новых сетевых служб и транспортных услуг, когда для обеспечения различных скоростей передачи для каждого вида информации применяются асинхронные методы передачи с временным разделением пропускной способности линии связи (асинхронное временное мультиплексирование) и асинхронной цифровой коммутацией в виде быстрой коммутации пакетов (БКП) (см. гл. 6).

Поддерживаемые Ш-ЦСИО службы в ближайшие годы, по-видимому, найдут спрос у всех категорий пользователей. Основанием для ожидающегося быстрого перехода к Ш-ЦСИО является наличие экономичного высокоскоростного волоконно-оптического кабеля с высокой помехозащищенностью и цифровых систем коммутации с высокой скоростью коммутации пакетов. В Европе с 1993 г. эксплуатируются экспериментальные и коммерческие Ш-ЦСИО. При этом в одной и той же сети могут использоваться службы асинхронной и синхронной передачи. Опорами B-ISDN являются ATM, SDH и интеллектуальные сети IN (Intelligent Network), определяемые МСЭ-Т как совокупность аппаратных и программных средств для предоставления пользователям многообразных услуг [38]. Новыми службами Ш-ЦСИО, отсутствовавшими в У-ЦСИО, являются, например такие, как кабельное телевидение, видеоконференцсвязь (до 15 % от общего объема услуг), высокоскоростная передача данных (до 17 %), видеотелефон (до 21 %), высокоскоростной цветной телефакс (до 3 %) [15].

Нормативными документами для разработки аппаратуры и Ш-ЦСИО стали Рекомендации МСЭ-Т I.100; I.200; I.300; I.400; I.500; I.600 и др. В рекомендациях фиксируется, что Ш-ЦСИО будет строиться на основе технологии ATM (Asynchronous Transfer Mode) и обеспечит [38]:

- передачу информации, требующей постоянной и переменной полосы пропускания;

- передачу видеoinформации (телевидение) и речи;
- объединение локальных и корпоративных сетей.

Началом работ по созданию Ш-ЦСИО можно считать конец 1983 г., когда Комиссия по европейскому содружеству поставила задачу по развитию в области связи и разработала предложения по проведению европейского проекта RACE (Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe) по созданию Ш-ЦСИО [36]. Начиная с середины 1980-х гг., рабочие группы МККТТ (ныне МСЭ-Т) подготовили ряд документов и рекомендаций, относящихся к Ш-ЦСИО. Первая концепция построения Ш-ЦСИО была представлена в Рекомендации I.121 (Красная книга, 1984 г.). В ноябре 1990 г. МККТТ принял 13 новых рекомендаций по Ш-ЦСИО, в которых первоначальная концепция Ш-ЦСИО, изложенная в Рекомендации I.121, была существенно развита. В новой редакции Рекомендация I.121 содержит лишь основные принципы Ш-ЦСИО. В последующие годы сектор МСЭ-Т более существенно развил рекомендации по Ш-ЦСИО.

В 1991 г. четыре производителя сетевых продуктов (StrataCom, Newbridge, Cisco Systems и NET) сформировали так называемый **Форум ATM**, основная цель которого состояла в том, чтобы способствовать развитию технологии ATM, разработке и внедрению новых стандартов [13].

В настоящее время усилия этой организации, объединяющей свыше 850 разработчиков и изготовителей аппаратного и программного обеспечения, сосредоточены на двух основных направлениях — выработке стандартов и разработке методик, позволяющих бороться с перегрузками. Перегрузки возникают, когда несколько пользователей одновременно обращаются к одной и той же информации. Перечислим некоторые наиболее важные стандарты, разработанные Форумом ATM: UNI (User-Network Interface), Private Network — Network Interface (PNNI), Integrated PNNI (I-PNNI), LAN Emulation (LANE), Multiprotocol Over ATM (MPOA).

4.5.2. Архитектура Ш-ЦСИО

Архитектура Ш-ЦСИО определяется принципами построения Ш-ЦСИО и протокольной модели системы взаимодействия ее удаленных объектов (Рекомендация I.327). Ш-ЦСИО включает в себя *широкополосные* (более 64 кбит/с) и *узкополосные* (64 кбит/с) информационные каналы и соответствующие коммутационные системы (Ш-КС и У-КС), а также систему сигнализации ОКС-7. Легко понять, что узкополосные информационные каналы и коммутационные системы в сочетании с системой сигнализации ОКС-7 представляют собой У-ЦСИО. В некоторых экспериментальных системах Ш-ЦСИО в качестве управляющей системы используется не только система сигнализации № 7, но и вся У-ЦСИО.

Эталонная конфигурация УЦСИО, описанная СС МСЭ в Рекомендации 1.411, была с небольшими изменениями и дополнениями признана пригодной и для ШЦСИО, что нашло свое отражение в Рекомендации СС МСЭ 1.413 (рис. 4.36). Она содержит два элемента: функциональные группы и эталонные точки. Терминал пользователя подключается к Ш-ЦСИО через интерфейсы (точки доступа) «пользователь — сеть». В Ш-ЦСИО выделяются по аналогии с У-ЦСИО две эталонные точки доступа: S_B и T_B (индекс В указывает на использование широкополосного доступа) и эталонная точка доступа U_B к широкополосной АЛ.

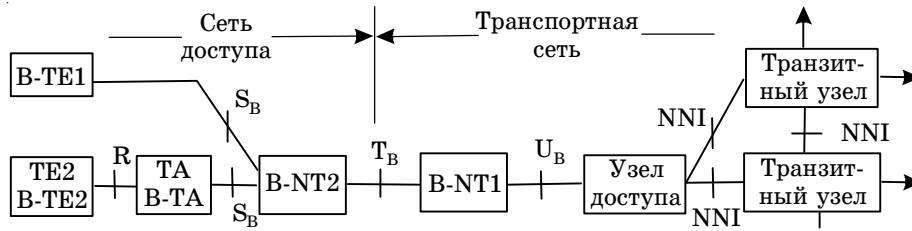


Рис. 4.36 — Эталонная конфигурация Ш-ЦСИО

Функциональная группа В-NT разделяется на две функциональные подгруппы [26]:

- подгруппу широкополосного сетевого окончания 1-го типа В-NT1, выполняющую функции линейного окончания;
- подгруппу широкополосного сетевого окончания 2-го типа В-NT2, выполняющую функции подключения одного или нескольких оконечных устройств к одной линии доступа.

Устройство сетевого окончания 1-го типа В-NT1 осуществляет прямое и обратное преобразование сигналов в эталонной точке T_B в сигналы, соответствующие передаче по линии доступа, т.е. выполняет функции, сходные с функциями физического уровня эталонной модели протоколов ВОС, а именно: функции образования линейного окончания, управления процессом передачи, эксплуатации и технического обслуживания ОАМ (Operation Administration and Maintenance).

С помощью широкополосного устройства сетевого окончания 1-го типа В-NT1 обеспечивается независимость всех остальных функциональных групп В-NT2 и В-TE1 или В-TA и В-TE2 от способа передачи сигналов по линии доступа.

Широкополосное устройство сетевого окончания 2-го типа В-NT2 выполняет функции как физического, так и более высоких уровней эталонной модели протоколов ВОС. Такими функциями широкополосного сетевого окончания 2-го типа В-NT2 могут быть:

- адаптация к различным интерфейсам физических сред и топологиям;
- мультиплексирование (демультиплексирование) или концентрация (деконцентрация) трафика источников;
- распределение ресурсов;
- контроль параметров пользователя;
- управление протоколами сигнализации;
- замыкание внутреннего трафика.

Важной задачей широкополосного устройства сетевого окончания 2-го типа В-NT2 является обеспечение совместного использования одного сетевого окончания несколькими оконечными терминалами. При этом количество оконечных устройств, их распределение в пространстве, а также физическая реализация сетевого окончания В-NT2 могут существенно различаться.

Сетевое окончание 2-го типа В-NT2 может отсутствовать («нуль В-NT2») при условии, если возможно прямое соединение оконечного устройства пользователя В-TE1 с широкополосным сетевым окончанием 1-го типа В-NT1. В этом случае эталонные точки S_B и T_B совпадают. Возможно также совмещение функций широкополосного устройства сетевого окончания 1-го типа В-NT1 и широкополосного устройства сетевого окончания 2-го типа В-NT2.

Обеспечение широкополосным устройством сетевого окончания В-NT2 (некоторое количество оконечного оборудования приведено на рис. 4.36) нельзя связывать с определенной топологией. Возможны физические конфигурации типа «звезда», «шина», «кольцо» и даже их комбинации, как, например, «звездная шина». На практике использование конфигурации типа «пассивная шина» не рекомендуется [26].

В В-NT2 Ш-ЦСИО имеется коммутационное поле, обеспечивающее подключение широкополосных терминалов к T_B . Точка доступа T_B является интерфейсом между В-NT1 и В-NT2. Терминалы, интерфейсы S и S_B , а также В-NT2 образуют пункт абонентской системы (ПАС). На станционной стороне (узле коммутации (УК)) АЛ подключается к коммутационному оборудованию через блок удаленных пользователей (БУП), выполняющий функцию абонентского комплекта Ш-ЦСИО. В коммутационной системе обеспечивается коммутация как широкополосных (для Ш-ЦСИО), так и узкополосных каналов (для У-ЦСИО).

В то время как широкополосное устройство сетевого окончания 1-го типа В-NT1 служит только для завершения линий передачи и выполнения соответствующих функций эксплуатации и технического обслуживания, широкополосные сетевые окончания 2-го типа В-NT2 могут быть, например, локальной или городской вычислительной сетью или устройством, выполняющим функции мультимплексирования и концентрации ячеек.

В настоящее время также принято делить современные сети связи на две части [40]: *транспортную* сеть, выполняющую функции транспортирования информации, и *сеть доступа*, обеспечивающую доступ пользователя к услугам по транспортированию информации. Транспортную сеть в технической литературе еще называют сетью коммутации, а сеть доступа — абонентской сетью (CN — Customer Network, CPN — Customer Premises Network, SPN — Subscriber Premises Network). Сеть доступа занимает область, через которую пользователь осуществляет доступ в сеть общего пользования. Она расположена на пользовательской стороне широкополосного устройства сетевого окончания 2-го типа В-NT2. Интерфейс между сетью доступа и транспортной сетью обычно расположен в точке T_B .

Сети Ш-ЦСИО могут подразделяться на сети **общего пользования** (Public Network) и **частные** (корпоративные) сети (Private Network) [26, с. 41]. Интерфейс «пользователь — сеть» UNI (Use-Network Interface) может быть стыком в частной сети, которая совпадает с эталонной точкой S_B , или стыком в сети общего пользования, которая совпадает с эталонными точками T_B или U_B . Сетевой интерфейс NNI (Network Node Interface) определяется как стандартный стык между сетями или стык между узлами сети.

4.5.3. Асинхронный режим передачи

Асинхронный режим передачи АТМ (Asynchronous Transfer Mode) — пакетноориентированный **метод скоростной передачи данных**. АТМ определяет технологию, которая дает возможность реализовать концепции быстрой коммутации каналов (FCS*) и быстрой коммутации пакетов (FPS) (см. гл. 6). Для этого асинхронный способ позволяет:

- передавать данные по одним и тем же физическим каналам, причем как при низких, так и при высоких скоростях;
- работать с постоянными и переменными потоками данных;

- интегрировать любые виды информации: тексты, речь, неподвижные и движущиеся изображения.

В физическом канале по запросу предоставляется полоса пропускания, необходимая для пары абонентов. В первую очередь полосы предоставляются тем парам, которые будут работать в режиме реального времени. Затем полосы выделяются абонентам, которые могут ожидать своей очереди на передачу. Реализуется асинхронное взаимодействие между тактовой частотой передатчика и приемника. Разница между этими частотами сглаживается за счет вставки пустых (неассоциированных) пакетов в информационный поток или их удаления, т.е. пакетов, не содержащих полезной информации. Главное достоинство режима в том, что он предоставляет возможность передачи любых видов служб независимо от скорости, требований качества и импульсивности трафика. Это преимущество было главным для МККТТ, чтобы определить АТМ как режим передачи будущих широкополосных сетей.

Таким образом, мы видим, что прямая связь между передатчиком и приемником в смысле синхронности отсутствует — приемник настраивается по входному полезному сигналу. Это значит, что не требуется передача специального синхросигнала от источника до получателя. Этим и объясняется термин «асинхронный» в названии режима передачи [39].

Виртуальные пути и виртуальные каналы

Виртуальное соединение — это логический канал между двумя конечными устройствами в сети АТМ, используемый для доставки ячеек. В стандартах, определенных Форумом АТМ, логическое соединение, устанавливаемое между двумя конечными станциями АТМ, называется *соединением по виртуальному каналу VCC (Virtual Channel Connection)*. VCC — это соединение, содержащее один или более виртуальных каналов. При этом понятие «виртуальное соединение» предполагает наличие соединения по запросу пользователя, т.е. в моменты обмена данными, и при этом создается иллюзия существования непрерывного канала, но на самом деле физического соединения нет.

Виртуальный канал VC (Virtual Channel) — это однонаправленное соединение для передачи ячеек, имеющих единый *идентификатор виртуального канала VCI (Virtual Channel Identifier)*, получаемый виртуальным каналом при своем создании. Этот идентификатор используется коммутаторами АТМ для перенаправления полученных ячеек на определенный порт. В сети АТМ могут одновременно работать множество виртуальных соединений. Соединение не определяется единственным виртуальным каналом с одним идентификатором, а проходит как бы через цепочку виртуальных каналов, имеющих разные идентификаторы. Идентификатор изменяется при передаче ячеек от коммутатора к коммутатору. То, как именно он изменяется, определяется по таблицам коммутации, создаваемым на коммутаторах. Данная схема позволяет коммутатору определить, куда направить ячейку после ее получения.

С помощью составляющих VCI могут быть организованы три типа виртуальных каналов:

PVC (Permanent Virtual Circuit) — постоянные виртуальные каналы. Это постоянное соединение между двумя оконечными станциями, которое устанавливается в процессе конфигурирования сетей;

SVC (Switched Virtual Circuit) — коммутируемые виртуальные каналы. Соединение устанавливается каждый раз, когда одна оконечная станция пытается адресовать данные другой оконечной станции. При этом, когда посы-

лающая станция запрашивает соединение, сеть ATM распространяет адресные таблицы и сообщает этой станции VCI и VPI, включаемые в заголовок ячейки. SVC устанавливается динамически;

SPVC — это гибрид PVC и SVC. SPVC обладает лучшими свойствами двух видов виртуальных каналов. Позволяет заранее задать конечные станции, т.е. сохранить время на установление соединения.

Виртуальный путь VP (Virtual Path) — это путь, объединяющий группу однонаправленных виртуальных каналов, которые имеют общий идентификатор виртуального пути. Виртуальные каналы, объединенные виртуальным путем, имеют схожие требования к сети, но могут работать с разными абонентами. Как и виртуальные каналы, виртуальные пути имеют свой идентификатор, называемый *идентификатором виртуального пути* VPI (Virtual Path Identifiers). По аналогии с идентификаторами виртуальных каналов этот идентификатор присваивается ячейкам и используется при коммутации ячеек с одного порта на другой.

Физический путь передачи содержит один или несколько виртуальных путей, каждый из которых состоит из одного или нескольких виртуальных каналов. VPI и VCI связаны с конкретным соединением на заданном пути передачи и имеют только локальное значение для каждого коммутатора. Коммутатор преобразует входные VPI и VCI в выходные VPI и VCI. При этом VCI определяет динамически создаваемые соединения, а VPI — статически создаваемые. Особенностью VC является то, что виртуальный канал работает со скоростью до 64 кбит/с, хотя линии передачи рассчитаны на работу со скоростью, исчисляемой сотнями Мбит/с. Это значит, что каждый канал должен поддерживать очень много виртуальных соединений. Типичным случаем является одновременная работа по каналу десятков тысяч VC. Такая низкая скорость виртуального канала сделана для того, чтобы можно было осуществлять стыковку с существующими сегодня узкополосными системами, в которых базовая пропускная способность канала составляет 64 кбит/с. Дополнительным преимуществом принципа VCI является то, что по разным каналам в рамках одного соединения могут передаваться различные компоненты информации. Например, для передачи телевизионного сигнала по одним VC может идти изображение, а по другим — звук или данные (телетекст), причем во время сеанса можно создавать новые VC или уничтожать старые, когда в них отпадает необходимость. Таким образом, в рамках абонентского соединения можно оперативно создавать и убирать виртуальные каналы, т.е. регулировать пропускную способность. Поэтому VC являются динамическими. Для соединения по виртуальному каналу используется понятие *звена виртуального канала* VCL (Virtual Channel Link). Тогда *соединением по виртуальному каналу* (VCC) называется последовательность звеньев виртуальных каналов.

Для статического определения абонентского тракта существует понятие виртуального пути. Виртуальный путь задает как бы полупостоянное соединение между оконечными точками. В его рамках как раз и организуются VC, которые могут создаваться и убираться динамически. Соответствующие ресурсы сети отводятся под соединение именно для виртуального пути, а не для виртуального канала. Соответственно для реализации этого в заголовке селла предусмотрено поле идентификатора виртуального пути — поле VPI.

Промежуток между точками, в которых происходит назначение и преобразование идентификаторов виртуальных путей, называется *звеном виртуального пути* VPL (Virtual Path Link). Соответственно последовательность

звеньев виртуальных путей называют соединением виртуальных путей VPC (Virtual Path Connection). VPC обладает примерно теми же характеристиками особенностями, что и VCC.

Механизм коммутации ячеек через сеть ATM базируется на *технологии обмена меток* (Label Swapping) [13, с. 335], которая используется и в других сетях с коммутацией пакетов, например, X.25 или Frame Relay. Технология эта проста: каждый пакет содержит логический идентификатор соединения LCID (Logical Connection Identifier). На каждом коммутаторе существует таблица коммутации, которая определяет соответствие между LCID входящего порта и новым LCID для выходящего порта. Данный процесс продолжается до тех пор, пока пакет не прибудет к получателю. Технология обмена меток является достаточно эффективной. Механизм, требуемый для извлечения и обработки LCID, не очень сложен, так как LCID обычно имеет длину в несколько бит. Не существует сетевых адресов или обобщенных идентификаторов соединений «из конца в конец», о которых нужно заботиться. Коммутация может выполняться коммутатором либо на аппаратном, либо на программном уровне и, по существу, является основной операцией, выполняемой коммутатором. Это приводит к уменьшению времени, затрачиваемого на коммутацию, что очень важно для критичного к задержкам графика.

В технологии ATM LCID является комбинацией полей VPI и VCI в заголовке ячейки. Например, комбинация $VCI = 5$, $VPI = 0$ идентифицирует запрос на установление соединения. Коммутаторы, расположенные между конечными станциями, используют таблицы коммутации, содержащие сведения о том, куда необходимо направлять ячейки. В таблицы занесена следующая информация: адрес порта, из которого приходят ячейки, и входящие значения VCI/VPI. Таблицы также определяют, какие исходящие значения VCI и VPI коммутатор должен записать в заголовки ячеек перед тем, как их передать далее.

Так как существуют две иерархические составляющие виртуального соединения — виртуальный путь и виртуальный канал со своими идентификаторами, то и коммутация выполняется на двух уровнях. Первый уровень — это коммутация виртуальных путей, при которой для них заводится соответствующая таблица. На втором этапе происходит коммутация виртуальных каналов (VC). В дополнение к таблице коммутации виртуальных путей для каждого порта существует также таблица коммутации виртуальных каналов для каждого виртуального пути. На рис. 4.37 [39] приведен пример установления между пользователем А и пользователями В и С виртуального пути, в рамках которого организуются два индивидуальных соединения, каждый со своим номером VC. Из рисунка видно, что номер пути меняется от участка к участку (как логические каналы в X.25). Номера VC в узле коммутации не меняются. Это значит, что узел является коммутатором виртуальных путей, а не виртуальных каналов. Итак, пользователи А и В соединены каналами 1, 2 и 3, а пользователи А и С — каналами 3 и 4. Заметим, что канал 3 присутствует в двух виртуальных путях, однако они не путаются т.к. они относятся к разным виртуальным путям.

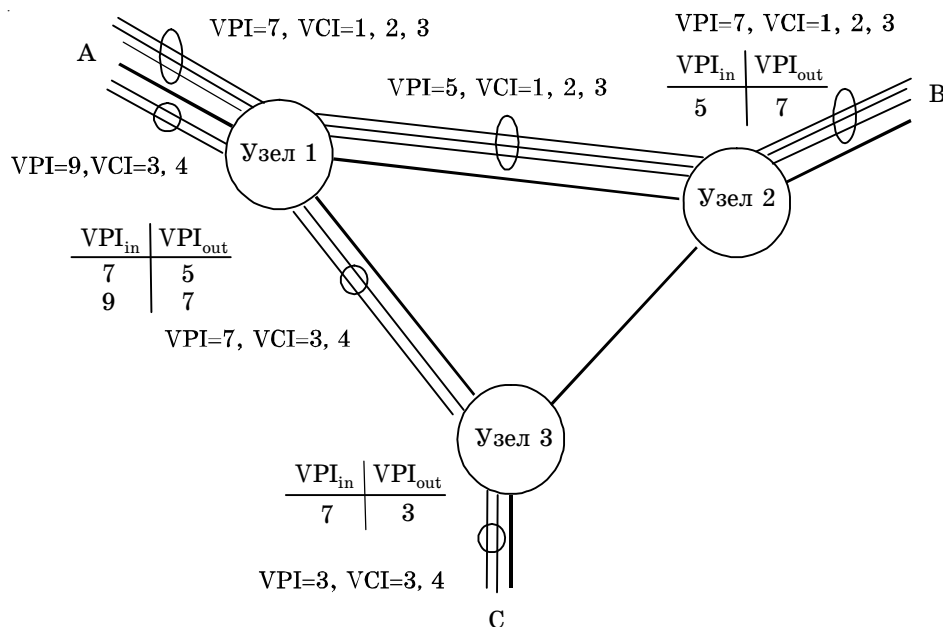


Рис. 4.37 — Сеть ATM, построенная на коммутаторах виртуальных путей

Заголовок селла

Детальное описание структуры ячеек (селлов) ATM приведено в рекомендации МСЭ-T I.361. Каждый селл состоит ровно из 53 байт, пять из которых отведено под заголовок, а 48 — под данные (Payload). Каждый селл содержит в заголовке идентификатор LCID, состоящий из двух частей: идентификатора виртуального пути и идентификатора виртуального канала, что дает уникальную идентификацию виртуального соединения ATM на физическом интерфейсе. Таким образом, основными функциями заголовка являются анализ идентификатора виртуального соединения и маршрутизация в соответствии с ним.

В отличие от У-ЦСИО, в Ш-ЦСИО, кроме интерфейса «пользователь — сеть», определен также интерфейс «сеть — сеть», который используется и между узлами коммутации одной и той же Ш-ЦСИО. Соответственно имеются два вида ячеек для этих двух интерфейсов. Формат ячейки на интерфейсе «пользователь — сеть» представлен на рис. 4.38,а, а формат ячейки на интерфейсе «сеть — сеть» — на рис. 4.38,б.

На рисунке приняты следующие обозначения:

GFC (Generic Flow Control) — общее управление потоком (ОУП);

PTI (Payload Type Identifier) — идентификатор типа полезной нагрузки ТПН. С его помощью выполняется разделение назначения данных, содержащихся в поле данных селла. Так, специальный идентификатор существует для «пустых» селлов. Специальный идентификатор отведен под селлы сигнализации как в рамках виртуального соединения, так и по отдельному каналу. Специальные селлы предусмотрены для функций управления и мониторинга;

CLP (Cell Loss Priority) — приоритет потери ячейки ППЯ (если CLP = 0, у ячейки высокий приоритет и она должна быть сохранена);

HEC (Header Error Control) — контроль ошибок в заголовке (КОЗ).

На интерфейсе «пользователь — сеть» для идентификатора виртуального пути ИВП (VPI) отведено 8 разрядов (8 бит). Поэтому в одной секции может быть выделено максимум 256 виртуальных путей. На интерфейсе «сеть — сеть» в заголовке ячейки отсутствует GFC, его поле в 4 бита добавлено к идентификатору VPI. Поэтому на интерфейсе «сеть — сеть» в секции может быть образовано до $2^{12} = 4096$ ВП. Для идентификации виртуальных каналов (VCI) отведены 16 бит, т.е. в каждом ВП может быть образовано до $2^{16} = 65536$ виртуальных каналов.

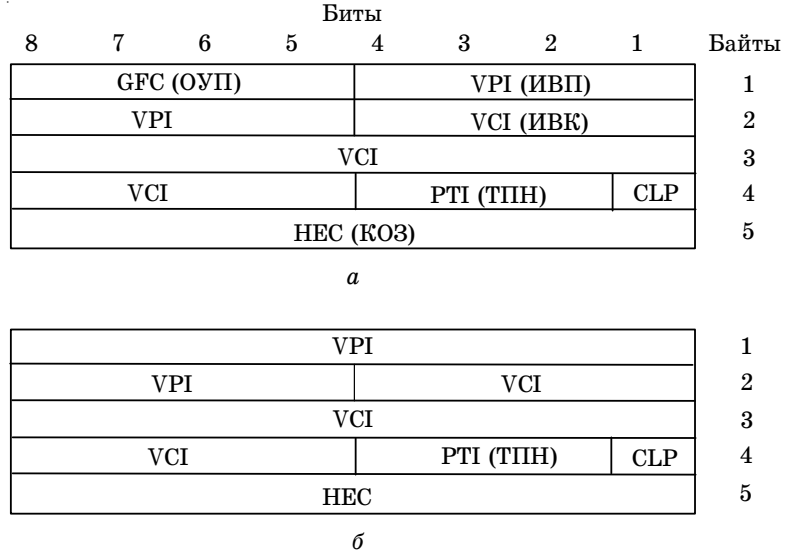


Рис. 4.38 — Структура заголовка ячейки ATM:
a — структура заголовка ячейки ATM в интерфейсе UNI (пользователь — сеть); *б* — структура заголовка ячейки ATM в интерфейсе NNI (внутрисетевой интерфейс «сеть — сеть»)

Таким образом, на интерфейсе «пользователь — сеть» в одной секции может быть образовано до $2^{8+16} = 2^{24} = 1677216$ виртуальных каналов, а на интерфейсе «сеть — сеть» — $2^{12+16} = 2^{28} = 268435456$ ВК.

Заметное увеличение допустимого числа виртуальных каналов на интерфейсе «сеть — сеть» объясняется также и тем, что на этом интерфейсе используются линии связи со значительно более высокой скоростью, чем абонентские линии на интерфейсе «пользователь — сеть» [36].

Протокольная модель ATM

Модель ATM, в соответствии с определением ANSI, ITU и ATM Forum, состоит из трех уровней [26]:

- физического;
- ATM;
- адаптации ATM (AAL — ATM Adaptation Layer).

Эти три уровня примерно соответствуют по функциям физическому, канальному и сетевому уровням модели OSI. В настоящее время модель ATM не включает в себя никаких дополнительных уровней, соответствующих более высоким уровням модели OSI.

Уровень адаптации ATM используется передающей станцией для сегментации и подготовки данных переменной длины, получаемых с верхних

уровней, для упаковки их в серию ячеек на уровне АТМ и последующей передачи на физическом уровне. На уровне ААЛ выделены два основных подуровня: **конвергенции** (схождения, согласования или совмещения потоков данных CS (Convergence Subfunction)) и **сегментации и разборки** сегментов данных SAR (Segmentation And Reassembly) [13, 36]. На подуровне конвергенции пользовательские данные разбиваются на кадры (блоки) переменной длины размером до 64 Кбайт. К кадру добавляются поля, описывающие его тип и размер. После этого кадр передается на нижний уровень SAR, где разбивается на блоки данных размером 44, 47 или 48 байт в зависимости от уровня адаптации, что в некоторых случаях позволяет использовать до четырех байт в служебных целях как разницу между 48 и 44 байтами. Приемная станция использует уровень ААЛ для разборки сегментов и восстановления пользовательских данных. Адаптационный уровень обеспечивает интерфейс с верхними уровнями и устраняет ошибки, возникающие при передаче с соседних подуровней.

Под уровнем адаптации размещается уровень АТМ, на котором осуществляются либо генерация, либо изъятие заголовка ячейки, модификация в заголовке ячейки VPI/VCI, мультиплексирование и демultipлексирование. В отличие от уровня адаптации он не зависит от задач, выполняемых на верхних уровнях, и имеет следующие особенности:

- мультиплексирование с помощью сегментации логических каналов;
- осуществление маршрутизации с установлением соединения либо без него;
- логическое (а не физическое) распределение ресурсов канала.

На уровне АТМ процесс установления виртуальных соединений похож на маршрутизацию, организованную на сетевом уровне ЭМВОС. В этом состоит основное отличие уровня АТМ от канального уровня ЭМВОС.

Снизу уровень АТМ стыкуется с физическим уровнем. На физическом уровне реализуются следующие основные функции:

- вставка и изъятие пустых ячеек для согласования скорости передачи;
- проверка наличия ошибок в заголовке;
- синхронизация битов при передаче в физической среде.

На этом уровне особенно перспективно использование оптических каналов. Рассматриваемый уровень определяет процедуру, при которой поток данных, передаваемый через физический канал, в соответствии с выбранной интерфейсной структурой делится на *виртуальные пути*, каждый из которых подразделяется на группу виртуальных каналов. Время работы последних представляется бесконечной последовательностью интервалов (1–5 и т.д.). Интервал содержит заголовок и основу. Основа состоит из ячеек, в каждую из которых помещается блок данных.

В сети с АТМ блоки данных при переходе могут теряться. Это происходит при перегрузке сети (переполнении буферов), если система-приемник не справляется с направляющимся к нему потоком блоков и в случае ошибок и отказов в сети. Различные способы коррекции позволяют восстанавливать потерянную при этом информацию.

Маршрутизация в сети АТМ

Маршрутизация в сети осуществляется двумя способами. В первом случае в коммутаторах АТМ, выполняющих ретрансляцию ячеек, располагаются **локальные адресные таблицы**. Во втором случае маршрут записывается в заголовках блоков данных. Это происходит на основе **глобальных адресных**

таблиц при вводе данных в коммуникационную сеть, благодаря чему осуществляется *самомаршрутизация*. При этом блоки могут двигаться по различным маршрутам, что имеет много общего с методом передачи дейтаграмм.

Маршрутизация в сетях АТМ имеет некоторое отличие от маршрутизации в пакетных сетях. Сети АТМ ориентированы на соединение. Это означает, что выбор маршрута осуществляется только при установлении соединения, а перенос ячеек в сети происходит по уже выбранному маршруту с помощью коммутаторов АТМ на уровне АТМ согласно уникальным для каждого звена значениям идентификаторов виртуального пути и виртуального канала.

В самом общем плане алгоритмы маршрутизации можно разбить на два класса: централизованные и децентрализованные (распределенные) алгоритмы. В **централизованных** алгоритмах решающие функции закреплены за одним узлом, который посылает соответствующие команды основным узлам. Согласно **децентрализованным** алгоритмам маршрутизации, каждый узел самостоятельно выбирает маршрут передачи на основе собственной информации.

При решении проблемы **многопротокольной** передачи данных через Ш-ЦСИО на основе технологии АТМ (МРОА — Multiprotocol over АТМ) должен быть определен стандартный подход к поддержке таких протоколов как IP, IPX и другие на магистралях АТМ. При подходе, определяемом МРОА, передачу пакетов предполагается осуществлять с помощью коммутаторов АТМ, а вычисление маршрута — на отдельном сервере [13]. Синхронизация функционирования коммутаторов и сервера маршрутизации обеспечивается с помощью специальных программ. МРОА обещает быть удобным способом интеграции интеллектуальных ЛВС в национальные и глобальные сети АТМ.

Интересно отметить, что такая фирма как Cisco поддерживает идеологию мультипротокольного режима, а ряд фирм игнорирует МРОА. Такие фирмы как 3Com, Bay Network, IBM объявили о создании альянса сетевого взаимодействия NIA (Network Interoperability Alliance). Они предлагают в качестве единого сетевого протокола, который бы подошел и для АТМ, и для существующих протоколов сетевого уровня типа IP, интегрированный частный сетевой интерфейс (Integrate PNNI). Аббревиатура PNNI имеет следующие значения: 1) Private Network-to-Network Interface — частный интерфейс «сеть — сеть»; 2) Private Network Node Interface — частный интерфейс «узел — сеть».

Компанией Ipsilon Networks предложен третий вариант подхода, при котором каждый коммутатор АТМ поддерживает маршрутизацию IP (интегрированное решение): сообщения электронной почты и другие потоки данных малой длительности проходят через маршрутизаторы, а потоки служб без установления соединения, но требующие переноса больших объемов данных, передаются по виртуальным соединениям.

Благодаря преимуществам, которые дает АТМ, в различных странах происходит все более широкое его использование. В Европе эти работы ведутся в рамках проекта Исследований и развития перспективных коммуникационных технологий в Европе (RACE). Кроме того, АТМ начинает применяться и в локальных сетях, обеспечивая их соединение с каналами синхронной дискретной иерархии (SDH).

Сети, построенные на основе технологии АТМ (рис. 4.39), являются ядром иерархии разнообразных территориальных и локальных сетей [1]. К базовой сети АТМ через маршрутизаторы М, ретрансляторы кадров РК и преобразователи интерфейса ПИ подключаются самые разнообразные абоненты.

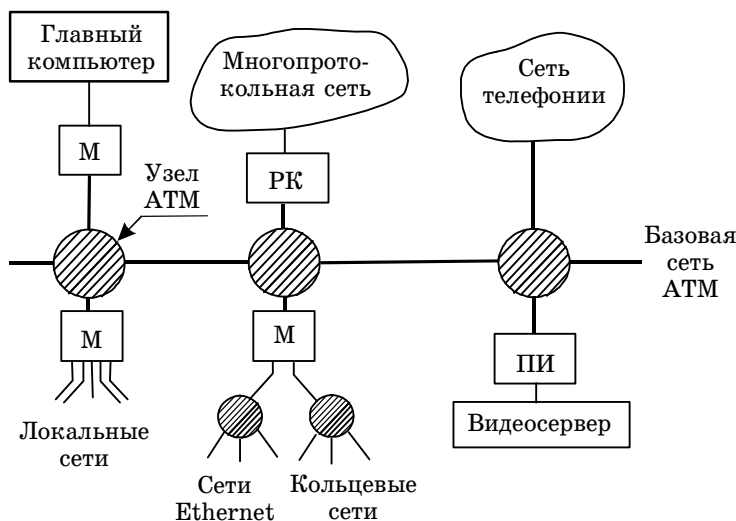


Рис. 4.39 — Сети на основе технологии ATM

Корпорация IBM предложила архитектуру широкополосной сети (BNA), которая дополнила возможности ATM. Для расширения области применения ATM предложена архитектура Nways — низкоскоростной вариант ATM, работающий со скоростью 25,6 Мбит/с. Благодаря этому ATM охватывает диапазон скоростей от 25 до 622 Мбит/с.

Сигнализации в Ш-ЦСИС на технологии ATM

Сигнализация в Ш-ЦСИС на технологии ATM должна обеспечивать передачу своих сообщений между пользователем и сетью, а также между коммутаторами (мультиплексорами доступа и транзитными коммутаторами).

Основным принципом сигнализации в Ш-ЦСИС на технологии ATM является **внеполосная** передача служебной информации аналогично принципу сигнализации в У-ЦСИО. Основное отличие состоит в том, что в У-ЦСИО для сигнализации используется сеть **отдельных физических каналов**, а в Ш-ЦСИС — сеть **отдельных виртуальных каналов**, в которых передача пользовательской информации не производится.

Спецификация Ш-ЦСИС на технологии ATM требует, чтобы система сигнализации могла выполнять установление, контроль и разъединение соединений виртуальных каналов с требуемым качеством обслуживания QoS (Quality of Service) для транспортирования всех видов информации, а также реализацию соглашения по трафику, а при необходимости и его перезаключение.

Некоторые заявки могут требовать создания не одного, а нескольких виртуальных каналов для передачи голоса, видеоизображения, данных и не с одним, а с несколькими пользователями (мультисервисных и многопользовательских соединений). При этом желательно, чтобы большинство функций сигнализации выполнялось на местных коммутаторах сети ATM, т.е. на коммутаторах и мультиплексорах доступа, а транзитные коммутаторы ATM должны быть максимально освобождены от этих функций.

При конфигурации доступа «точка — точка» на стороне пользователя имеется только одна оконечная точка сигнализации. Таким оконечным оборудованием пользователя, в зависимости от конфигурации сети доступа, могут быть односервисный терминал или интеллектуальное широкополосное

сетевое окончание второго типа В-NT2. Для этого типа доступа требуется организация одного **постоянного виртуального канала сигнализации**, который используется для установления соединения и разъединения.

При конфигурации доступа «точка — многоточка» на стороне пользователя имеются несколько оконечных точек сигнализации. В этом случае для организации и управления другими виртуальными каналами сигнализации необходим **постоянный виртуальный канал метасигнализации**.

Сообщения сигнализации в Ш-ЦСИС могут переноситься виртуальными каналами сигнализации ВКС четырех типов:

- виртуальным каналом метасигнализации (ВКМС);
- общим ширококвещательным виртуальным каналом сигнализации (ОШВКС);
- селективным ширококвещательным виртуальным каналом сигнализации (СШВКС);
- виртуальным каналом сигнализации «точка — точка».

Виртуальный канал метасигнализации может организовываться на каждом интерфейсе «пользователь — сеть». Он является постоянным и двунаправленным и используется для установления, поддержания и разъединения СШВКС и виртуальных каналов сигнализации типа «пользователь — пользователь» [38]. Протокол метасигнализации описан МСЭ-Т в проекте Рекомендации Q. 2120, используется в интерфейсе «пользователь — сеть» и работает только по виртуальному каналу метасигнализации. Идентификатор виртуального канала метасигнализации в каждом виртуальном пути равен единице ($VCI = 1$), а его пиковая скорость по умолчанию составляет 42 ячейки в секунду. Протокол метасигнализации предусматривает процедуры назначения, проверки и удаления виртуальных каналов сигнализации «точка — точка» и ширококвещательных (циркулярных) виртуальных каналов сигнализации. Данные процедуры позволяют ассоциировать оконечные точки сигнализации с типами каналов сигнализации (ОШВКС, СШВКС или ВКС «точка — точка»), назначать скорости для ВКС и разрешать возможные конфликтные ситуации.

В то время как виртуальный канал метасигнализации является постоянным, ВКС «точка — точка» организуется одной из оконечных точек сигнализации, являющейся активной. ВКС «точка — точка» является двунаправленным, т.е. один виртуальный канал сигнализации организуется в направлении «пользователь — сеть», а второй ВКС — в обратном направлении. Они используются для установления, контроля и разъединения виртуальных каналов, по которым передается пользовательская информация.

Ширококвещательные ВКС являются однонаправленными. Они организуются в направлении от сети к пользователю и предназначены для передачи сигнальных сообщений во все оконечные точки сигнализации сети доступа (абонентской сети) в случае ОШВКС или для выделенной группы оконечных точек сигнализации для СШВКС.

Вполне очевидно, что использование в ШЦСИО на технологии АТМ уже разработанной и внедренной в УЦСИО системы сигнализации № 7 дает возможность более быстрой реализации технологии АТМ. Однако для ШЦСИО может быть на основе СС № 7 разработана и своя система сигнализации, наиболее полно использующая достоинства технологии АТМ.

4.5.4. Протокольная модель Ш-ЦСИО

В протокольной модели Ш-ЦСИО (рис. 4.40), предложенной в Рекомендации I.321, имеются два специфических уровня, относящихся к АТМ:

- 1) уровень АТМ, который является общим для всех видов сервиса и обеспечивает возможность передачи отдельных ячеек;
- 2) адаптационный уровень ААЛ, зависящий от вида сервиса.

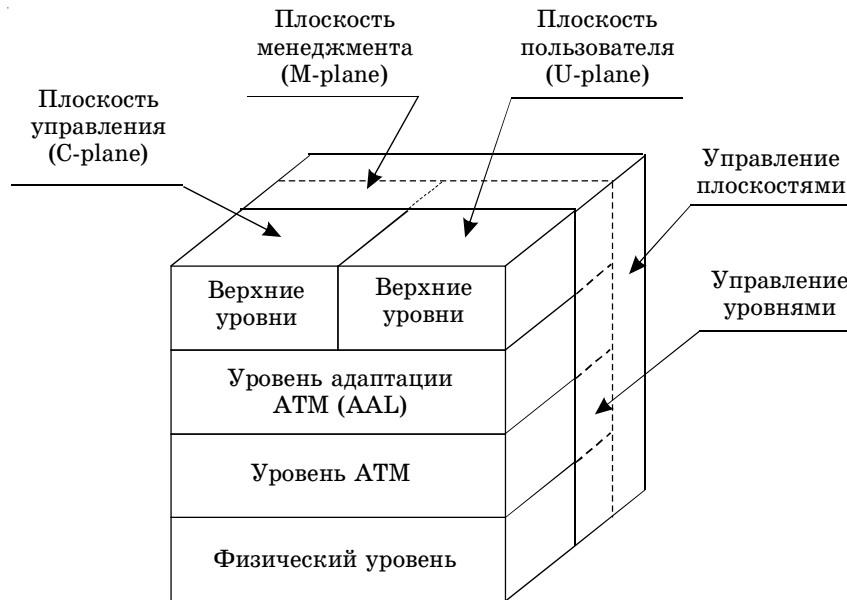


Рис. 4.40 — Эталонная модель протоколов в Ш-ЦСИС

Эталонная модель протоколов У-ЦСИО определена Рекомендацией МСЭ-Т I.320. Модель протоколов ШЦСИО является расширением модели, описанной в данной рекомендации, и полностью соответствует принципам, положенным в основу разработки эталонной модели протоколов ВОС. Модель включает в свой состав три плоскости: пользователя, управления и менеджмента.

Плоскость пользователя (U-plane) обеспечивает транспортировку всех видов информации в совокупности с соответствующими механизмами защиты от ошибок, контроля и управления потоком, ограничения нагрузки и т.п. Плоскость пользователя имеет уровневую структуру.

Плоскость управления (C-plane) определяет протоколы установления, контроля и разъединения соединений. Ей принадлежат все функции сигнализации, кроме протоколов метасигнализации. Плоскость управления также имеет уровневую структуру.

Плоскость менеджмента (M-plane) обеспечивает выполнение функций двух типов: менеджмент плоскостей и менеджмент уровней. Функции области управления плоскостями обеспечивают координацию между всеми «гранями» модели протоколов и относятся ко всей ШЦСИО, связывая ее в единое целое. Область управления плоскостями не имеет уровневой структуры. Функции области управления уровнями решают задачи распределения сетевых ресурсов, согласования их с параметрами трафика, обработки информации, эксплуатации и технического обслуживания и управления сетью. Процедуры

метасигнализации также относятся к функциям управления уровнями. Область управления уровнями имеет уровневую структуру.

Функции уровней эталонной модели протоколов ШЦСИО определены Рекомендациями СС МСЭ 1.321 и 1.413. В настоящее время детально определены функции только первых трех уровней модели.

Первые три уровня эталонной модели протоколов ШЦСИО — это физический уровень, уровень АТМ, где происходит структурирование ячеек, и уровень адаптации АТМ, который поддерживает услуги более высокого уровня, например, эмуляцию каналов, высокоскоростную передачу данных без установления соединения, ретрансляцию кадров и т.п.

Физический уровень соответствует первому уровню эталонной модели ВОС, уровень АТМ и часть уровня адаптации АТМ соответствуют второму (канальному) уровню, более высокие уровни соответствуют сетевому уровню ВОС и выше. Основные функции уровней и их деление на подуровни приведены в табл. 4.6 [26].

Таблица 4.6

Основные функции уровней

Уровень	Подуровень	Основные функции
Адаптации АТМ (AAL)	Конвергенции CS	Формирование блоков и восстановление потока данных
	Сегментации и разборки сегментов SAR	Сегментация и восстановление блоков данных
АТМ		Общее управление потоком. Генерация/удаление заголовка ячейки. Преобразование VPI и VCI. Мультиплексирование/демультиплексирование ячеек
Физический	Конвергенции с системой передачи ТС	На передаче: формирование поля контроля ошибок, адаптация потока ячеек к кадру системы передачи, генерация кадра системы передачи На приеме: обнаружение и исправление ошибок, выделение ячеек, восстановление кадра
	Зависящий от физической среды PMD	Синхронизация. Передача двоичного сигнала в данной среде

Функции физического уровня

Физический уровень является самым нижним уровнем протокольного стека АТМ, который определяет интерфейс между уровнем АТМ и физической средой. Физический уровень делится на два подуровня:

- *подуровень, зависящий от физической среды PMD (Physical Medium Dependent);*
- *подуровень конвергенции с системой передачи ТС (Transmission Convergence Sublayer).*

Подуровень, зависящий от физической среды, определяет скорость передачи битового потока через данную физическую среду, а также обеспечивает синхронизацию между передачей и приемом. На этом уровне осуществляется линейное кодирование и, если необходимо, электронно-оптическое и опто-

электронное преобразование сигналов. В качестве физической среды для распространения сигнала чаще всего используется одномодовое или многомодовое оптоволокно. Возможно использование коаксиального кабеля, экранированной или неэкранированной медной пары, радиоканала высокого качества.

В качестве цифровых систем передачи могут использоваться системы передачи синхронной или плезиохронной цифровой иерархии с собственной структурой кадра. Поэтому требуется специальный механизм упаковки ячеек в поле полезной нагрузки кадра систем передачи синхронной цифровой иерархии (СЦИ) или плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ). Кроме того, в интерфейсе «пользователь — сеть» МСЭ-Т предложена специальная структура, в которой кадр эквивалентен ячейке. Такая система передачи получила наименование **ячеечной**.

Выделение ячеек — это механизм, позволяющий на приемном конце восстановить границы ячейки. Этот механизм описан в Рекомендации МСЭ-Т I.432. Для защиты механизма выделения ячеек информационное поле ячейки перед передачей скремблируется.

На передающей стороне осуществляется формирование последовательности контроля ошибок в заголовке НЕС (Header Error Control). Эта последовательность помещается в соответствующее поле заголовка ячейки. На стороне приема значение последовательности контроля ошибок в заголовке пересчитывается и сравнивается с поступившим. В случае несовпадения ошибка, если это возможно, исправляется, в противном случае ячейка стирается.

Согласование скорости передачи ячеек заключается в том, что если со стороны уровня АТМ поток ячеек меньше пропускной способности системы передачи, то подуровень конвергенции физического уровня на передающей стороне добавляет ячейки, которые не содержат информацию, а на стороне приема отбрасывает их. Такие ячейки получили наименование **пустых**. МСЭ-Т своей Рекомендацией 1.321 возлагает выполнение этой функции на подуровень конвергенции физического уровня с помощью пустых ячеек (Idle Cells), а Форум АТМ решает задачу согласования скорости на уровне АТМ и использует для этого **неназначенные** ячейки (Unassigned Cells). Это говорит о потенциальной возможности несовместимости на физическом уровне двух систем, использующих различные типы ячеек для согласования скорости.

Функции уровня АТМ

За физическим уровнем следует уровень АТМ. Его характеристики не зависят ни от физической среды передачи, ни от вида передаваемой информации. Основные функции, реализуемые на уровне АТМ, перечислены в табл. 4.6.

На передающей стороне реализуется механизм мультиплексирования ячеек, поступающих от различных источников, в единый поток пакетов АТМ. На приемной стороне механизм демультиплексирования разбивает поступающий поток на потоки, соответствующие идентификаторам виртуальных путей и виртуальных каналов.

Функция генерации или удаления заголовка ячеек осуществляется только в конечных точках АТМ-уровня. На передающей стороне к 48-байтовому полю полезной нагрузки, поступающему с уровня адаптации АТМ, добавляются 5 байт заголовка, образуя ячейку с незаполненным полем контроля ошибок в заголовке. Заполнение поля контроля ошибок заголовка является функцией физического уровня. На противоположной стороне механизм выделения

заголовка удаляет его из ячейки, оставляя 48-байтовое поле полезной нагрузки, которое передается на уровень адаптации АТМ.

Общее управление потоком осуществляется только в интерфейсе «пользователь — сеть» с целью контроля нагрузки в сети доступа и защиты от перегрузок.

Функции уровня ААЛ

Уровень адаптации АТМ (ААЛ) находится между уровнем АТМ и более высокими уровнями. Функции уровня ААЛ определены МСЭ в Рекомендации 1. 362. Его основной функцией является адаптация уровня АТМ к потребностям высших уровней. Основной задачей подуровня SAR на передающей стороне является сегментация протокольных блоков данных на сегменты, подходящие для записи в информационное поле ячейки (48 байт), и восстановление на стороне приема принимаемых блоков данных из информационных полей ячеек уровня АТМ.

Подуровень конвергенции зависит от вида службы и предоставляет высшим уровням услуги уровня адаптации и сборки через точки доступа к услугам. Информационные блоки, поступающие от каждой службы, могут быть разными, иметь специфическую структуру и предъявлять различные требования к их переносу в сети АТМ.

На сегодня определены четыре типа протоколов ААЛ: ААЛ1, ААЛ2, ААЛ3/4 и ААЛ5. При этом ААЛ1 — это поддержка служб с постоянной скоростью (службы CBR — Constant Bit Rate), ААЛ2 — поддержка служб с переменной скоростью; ААЛ3/4 — поддержка служб типа Connectionless. Специально для поддержки передачи протокола Frame Relay введен протокол ААЛ5. На рис. 4.41 [13] показаны относительное положение подуровней адаптации АТМ, названия блоков информации, с которыми они оперируют, и механизмы формирования ячеек.

Подуровень конвергенции разделен на два подуровня: *служебно-ориентированный подуровень согласования* SSCS (Service-Specific Convergence Sublayer) и *общую часть подуровня согласования* CPCS (Common Part Convergence Sublayer). В зависимости от выполняемых задач служебно-ориентированного подуровня согласования SSCS может и не быть.

При формировании подуровнями SSCS, CPCS и SAR протокольных блоков данных PDU используется только поле полезной нагрузки будущей ячейки. При этом доступный объем поля полезной нагрузки вместо декларированного объема в 48 байт уменьшается до 47 байт, а в случае использования уровня ААЛ3/4 — до 44 байт. Только ААЛ5 использует один бит в заголовке ячейки — поле РТИ. Это делается для того, чтобы пользователи уровня адаптации могли отличать сервисные блоки данных друг от друга. Таким способом пользователь оповещает другого пользователя о начале или продолжении сервисного блока данных подуровня сегментации и сборки или о его окончании. Для уровня ААЛ1 пользовательские данные сегментируются по 48 байт, а для уровней ААЛ3/4 и ААЛ5, предназначенных для передачи данных, максимальный размер сегмента пользовательских данных может составлять 65 535 байт. При этом передача данных через уровень адаптации АТМ может происходить в режиме сообщения и потоковом режиме. Уровни ААЛ3/4 и ААЛ5 имеют четкое разделение на подуровни SSCS и CPCS.

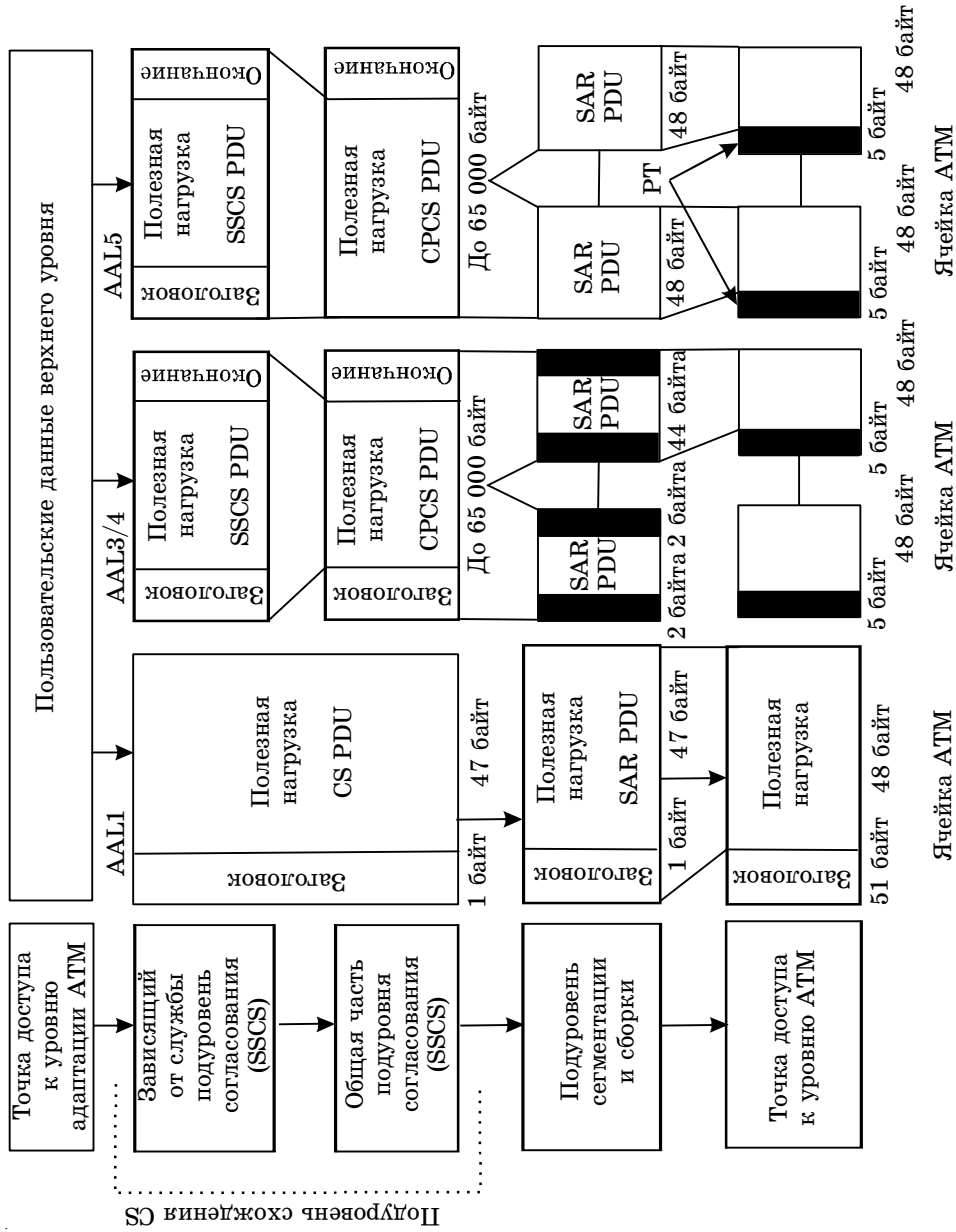


Рис. 4.41 — Схема формирования ячеек различными уровнями ААЛ

4.5.5. Категории и классы сервиса Ш-ЦСИО

Категории сервиса АТМ тесно связаны с функциями модели АТМ, а если точнее, то с функциями уровня адаптации, который может иметь пять разновидностей, а каждая разновидность имеет два подуровня обработки сигнала (подуровни конвергенции и сегментации). Различают следующие категории сервиса [38]:

- **UBR** (Unspecified Bit Rate) — неопределенная скорость в битах. Категория сервиса АТМ, используемая для трафика данных типа TCP/IP, допускающего задержки. UBR не резервирует полосы пропускания для соединений;
- **ABR** (Available Bit Rate) — доступная скорость в битах. Категория сервиса АТМ, используемая для трафика данных. Категория ABR устанавливает допустимый диапазон полосы пропускания и допустимый коэффициент потерь ячеек;
- **VBR** (Variable Bit Rate) — переменная скорость в битах. Категория сервиса АТМ, используемая для восприимчивого к задержкам трафика (трансляции кадров). Резервирует для соединения часть полосы пропускания, допускает задержки;
- **CBR** (Constant Bit Rate) — постоянная скорость в битах. Категория сервиса АТМ, используемая для восприимчивого к задержкам трафика, такого как аудио- и видеотрансляции. Резервируется часть полосы пропускания. Гарантируется минимальная задержка доставки ячеек, содержащих аудио- и видеоинформацию.

В связи с тем, что Ш-ЦСИО охватывает широкий диапазон видов связи, каждый из которых имеет специфические требования к скорости передачи, возможности организации сеанса связи, необходимости обеспечения диалога и т.д., рекомендациями МСЭ-Т (Рекомендация I.362) предусмотрены четыре класса видов сервиса (табл. 4.7, [36]). Вместо номеров классов 1–4 используются также буквы А, В, С, D (указаны в скобках).

Таблица 4.7

Характеристики видов и классов сервиса

Характеристика вида сервиса	Требование к характеристике класса сервиса			
	1(A) — AAL1 (ТФОП, ТВ)	2(B) — AAL2 (Видео-, аудио-сигналы с переменной скоростью)	3(C) — AAL3/4 и AAL5 (СПД)	4(D) — AAL3/4 и AAL5 (СПД)
Согласование времени между источником и потребителем информации (корреспондирующими пользователями)	Требуется согласованное (одновременное) взаимодействие между корреспондирующими пользователями по передаче и приему информации		Не требуется согласования времени передачи и приема информации	
Скорость передачи	Постоянная	Переменная		
Принцип связи	С установлением соединения			Без установления соединения

Как видно из табл. 4.7, наиболее жесткие требования по передаче информации предъявляются в **классе 1 (класс А)**. Этот класс позволяет эмулировать канал связи, то есть, несмотря на применение асинхронного метода передачи, обеспечивается как и при методе КК, постоянная скорость передачи, что требуется, например, при телефонной связи, телевидении и др. Пример службы класса А — это передача голоса, а также передача видеосигналов с фиксированной скоростью.

Если же при передаче видеoinформации или данных в интерактивном режиме можно допустить переменную скорость передачи без потери допустимого качества, то может быть применен **класс 2 (класс В)**. Пример класса В — передача видео- и аудиоинформации с переменной скоростью.

Классы 3 и 4 (классы С и D), в первую очередь, могут использоваться при передаче данных, например при передаче сообщений в режиме электронной почты. Пример службы класса С — передача данных и сигнализации. Пример службы класса D — передача данных в виде дейтаграмм, например телеметрия.

Класс 4 характерен для связи между собой локальных вычислительных сетей. Класс 4 определен Рекомендациями МСЭ-Т F.812, I.211, I.327, I.362–I.364.

В настоящее время классы 3 и 4 из-за их сходства объединены в один **класс 3/4** и введен **класс 5** с более простыми протоколами.

На уровне ААL от вида службы зависит только реализация подуровня конвергенции. Рекомендация МККТТ I.363 описывает некоторые варианты комбинаций подуровней в ААL для поддержки перечисленных классов служб, не отрицая, однако, что возможны и другие.

4.5.6. Виды услуг, предоставляемые пользователям Ш-ЦСИО

В связи с тем, что, согласно концепции Рекомендации МСЭ-Т I.121, Ш-ЦСИО является дальнейшим развитием У-ЦСИО и включает последнюю в качестве своей подсети, в Ш-ЦСИО в полном объеме могут быть предоставлены все услуги У-ЦСИО. Однако в некоторых случаях в Ш-ЦСИО может использоваться только асинхронный метод передачи без применения синхронных каналов У-ЦСИО. Тогда использование методов коммутации каналов и пакетов в сети не представляется возможным, вся взаимосвязь удаленных объектов (пользователей) будет осуществляться на основе АТМ и быстрой коммутации пакетов.

Одним из основных отличий Ш-ЦСИО от У-ЦСИО является предоставление пользователям различных видов широкополосного сервиса с высоким качеством обслуживания. По оценкам экспертов, для различных видов сервиса Ш-ЦСИО требуются следующие скорости передачи информации [36]: цветное ТВ — 4–6 Мбит/с; черно-белое факсимиле — 1–4 Мбит/с; полутоновое факсимиле — 9–16 Мбит/с; цветное факсимиле — 30–60 Мбит/с; машинная графика с высокой разрешающей способностью — 20–100 Мбит/с; пересылка файлов — до сотен мегабит в секунду.

Предложенные в рекомендациях серии I ориентировочные значения скорости передачи для некоторых видов сервиса приведены в табл. 4.8 [36], откуда следует, что если виды сервиса, относящиеся к низкоскоростному классу, можно реализовать в рамках У-ЦСИО, то для реализации двух остальных классов сервиса необходимо введение Ш-ЦСИО.

Таблица 4.8

Скорости передачи информации по видам сервиса

Вид сервиса	Скорость передачи, Мбит/с	Класс сервиса по скорости передачи
Телеметрия	0,0001	Низкоскоростные виды сервиса
Данные/текст	0,01	
Речь, данные/изображение	0,1	
HI-FI-звук	1	Среднескоростные виды сервиса
Видеотелефон	1–10	
Данные/изображение	1–101	
ТВ	50–100	Высокоскоростные виды сервиса
ТВ высокой четкости	150–1000	
Данные/изображение	10–1000	

Все широкополосные виды сервиса, предоставляемые пользователям Ш-ЦСИО, можно разделить на интерактивные и дистрибутивные (табл. 4.9) [36].

Таблица 4.9

Широкополосные виды сервиса

Виды сервиса	Область применения
Интерактивные	
Диалог	
Видеотелефония	Телеобучение, выбор и заказ товаров с помощью телевидения, телереклама
Видеоконференция	То же
Видеослежение	Охрана зданий, контроль за движением транспорта
Высокоскоростная передача цифровой информации	Высокоскоростная передача данных, связь между ЭВМ, связь между ЛВС; передача видеоинформации
Передача больших файлов	Передача файлов данных
Высокоскоростное телевоздействие	Управление в реальном масштабе времени; телеметрия; оповещение о тревоге
Высокоскоростной телефакс	Передача текстов, изображений и рисунков
Изображения с высокой разрешающей способностью	Медицинская диагностика; передача высококачественных изображений
Обмен документами	Передача документов смешанного типа
Передача с хранением	
Видеопочта	Электронная почта для передачи видеоизображений со звуковым сопровождением
Электронная почта	Электронная почта для передачи документов
Поиск	
Видеотекст	Удаленное обучение и тренинг, реклама, выбор и заказ товаров, поиск новостей
Поиск изображений с высокой разрешающей способностью	Удаленное обучение и тренинг, медицинская диагностика, поиск высококачественных изображений
Поиск документов	Поиск документов смешанного типа в информационных центрах и архивах
Поиск данных	Поиск программного обеспечения

Окончание табл. 4.9

Виды сервиса	Область применения
Дистрибутивные	
Телевидение	Трансляция ТВ-программ
Высококачественное телевидение	Трансляция ТВ-программ
Телевидение высокой четкости	Трансляция ТВ-программ
Платное телевидение	Трансляция документов
Трансляция ТВ-программ	Электронная газета, электронное издательство

4.6. Сети на основе технологии MPLS

Попытки обойтись без накладных расходов, связанных с маршрутизацией, и решить проблему масштабируемости в глобальных сетях привели к возникновению идеи *коммутации меток*, которая использует принципы, напоминающие подходы к коммутации в сетях ATM [13, с. 512]. Если двум устройствам требуется обменяться информацией, то вначале они должны построить через сеть некий связующий их *виртуальный путь*. Каждому звену — участку сети между двумя транзитными узлами — такого виртуального пути присваивается уникальная *метка*. Аналогия с коммутацией ячеек в технологии ATM очевидна. Метка в этой схеме играет роль идентификаторов VPI/VCI.

После назначения метки записываются в определенное поле передаваемого по сети пакета. Коммутатор получает пакет и, используя специальную таблицу коммутации меток, определяет порт, на который его необходимо передать. Такой способ передачи информации является более быстрым по сравнению с маршрутизацией, так как не тратится время на сегментацию и сборку поступающих пакетов и решение о передаче на определенный порт принимается по результатам анализа достаточно короткой метки, а не поиска сетевого адреса.

В феврале 1997 г. была создана специальная рабочая группа комитета IETF для разработки стандартов *многопротокольной коммутации с использованием меток MPLS (Multiprotocol Label Switching)*. Этот стандарт должен стать основным для интеграции коммутации и маршрутизации в глобальных сетях. Свои технологии в качестве варианта основы для стандарта представили компании Cisco, IBM и Toshiba. Всего существуют более 50 проектов стандартов MPLS.

Фирма Cisco предлагает эффективное решение данной проблемы на основе фирменного алгоритма обмена меток (Label Swapping). Каждый маршрутизатор с поддержкой технологии *тег-коммутации* TSR (Tag Switching Router) первоначально формирует внутренний образ сетевой топологии, используя стандартные протоколы маршрутизации (OSPF, BGP или EIGRP). После заполнения таблиц маршрутизации каждый TSR локально генерирует для каждого маршрута так называемую метку (Tag). Метка — это короткая, фиксированной длины строка. Небольшой размер строки позволяет ускорить и упростить поиск в таблице маршрутизации. Каждая метка может соответствовать одному маршруту или их совокупности. Эти локально генерируемые

метки распространяются между соседними TSR с помощью фирменного протокола TDP (Tag Distribution Protocol). Как только пакет поступает на граничный TSR, ему присваивается своя метка, и затем он передается следующему TSR на данном маршруте. Метка имеет смысл только в области действия маршрутизаторов с технологией Cisco Tag Switching. При выходе пакета из этой области метка изымается.

MPLS является наследником протокола коммутации тегов Cisco. Между этими двумя протоколами много общего, но есть и значительные различия, в особенности между протоколами распределения тегов и меток. Принцип функционирования MPLS основан на распознавании потоков пакетов, имеющих одинаковый маршрут, и присвоении им меток. Использование меток позволяет избежать процедуры анализа заголовка каждого пакета и, как следствие, повысить скорость передачи пакетов по определенному маршруту. Предполагается, что технология MPLS позволит значительно повысить производительность сетей.

В сетях MPLS используется новое адресное пространство, создаваемое метками MPLS. Механизм меток чем-то напоминает сопровождение данных тегами в виртуальных ЛВС Ethernet, но, в отличие от последнего, позволяет работать с разными протоколами. Метки MPLS формируют траекторию маркированного маршрута LSP (Label Switch Path). Они определяют направление пересылки на каждом узле сети MPLS. Кроме высокой скорости при обработке трафика в системах MPLS имеются и другие преимущества: прозрачность сетевых адресов третьего уровня, высокий уровень конфиденциальности связи, масштабируемость и четко определенные границы управления.

Технология MPLS стремится использовать все преимущества топологии сетей на базе маршрутизаторов. Это является основным отличием от технологии МРОА, которая призвана задействовать преимущества коммутируемых сетей.

MPLS разделяет *внутреннюю* и *внешнюю* маршрутизацию так, что только крайнему LSR (Label-Switching Router — маршрутизатору коммутации меток), расположенному на границе домена, приходится обрабатывать внешнюю маршрутную информацию. Остальные коммутаторы домена обрабатывают внутреннюю маршрутную информацию домена, объем которой обычно меньше, чем внешней. Это, в свою очередь, уменьшает нагрузку по обработке маршрутов на центральные коммутаторы и сокращает время вычисления маршрута.

Меткой (Label) называют заголовок, созданный крайним маршрутизатором коммутации меток LSR и используемый маршрутизаторами коммутации меток для передачи пакетов. Формат заголовка зависит от типа сети, например в сети ATM метка размещается в полях VPI/VCI заголовков ATM-ячеек. В локальной сети этот заголовок помещается между заголовками второго и третьего уровней.

В основе MPLS лежат два принципиальных компонента: компоненты передачи и управления [41].

Компонент передачи использует для передачи пакетов метки, переносимые пакетами, и информацию о передаче меток, поддерживаемую LSR.

Компонент управления отвечает за предоставление корректной информации о передаче меток в группе связанных коммутаторов меток, создавая связи меток и распределяя информацию об этих связях между LSR с помощью протокола LDP (Label Distribution Protocol). Различают два режима LDP. Один режим — *незапрашиваемое* распределение исходящего потока, когда

LSR выпускает связку без запроса от соседнего LSR. Второй режим — *запрашиваемый* поток, когда этот LSR запрашивает такую связку.

MPLS может использоваться в любых сетях (в том числе для соединений «точка — точка», множественного доступа и ATM). Компонент передачи зависит от протокола сетевого уровня. Применение компонента управления, соответствующего конкретному протоколу сетевого уровня, позволяет использовать коммутацию меток с разными протоколами сетевого уровня.

Алгоритм передачи основан на идее перестановки меток. Когда LSR принимает пакет с меткой, коммутатор использует метку как индекс в своей информационной базе LFIB (Label Forwarding Information Base). Таблицы FIB создаются по данным протоколов маршрутизации OSPF, BGP IS-IS и т.п. Маршрутизаторы коммутации меток обращаются к этим таблицам, когда им нужна связка метка/маршрут. Сами связки содержатся в LFIB, где в одной таблице указываются приемник сети, метки и интерфейсы.

Для того чтобы обеспечивать маршрутизацию по адресу приемника в системе MPLS, LSR принимает участие в протоколах маршрутизации и строит свою LFIB на основе информации, полученной из этих протоколов. В этом случае он действует по принципу маршрутизатора.

Каждая *запись* в LFIB состоит из *входной метки* и одной или нескольких *подзаписей* в виде выходной метки, выходного интерфейса, выходной информации канального уровня. Если коммутатор обнаруживает, что входная метка одной из записей совпадает с меткой, содержащейся в пакете, для каждой составляющей этой записи коммутатор заменяет метку пакета на соответствующую информацию подзаписи и передает пакет через выходной интерфейс.

Решение о передаче не зависит от количества помеченных пакетов и основано на алгоритме точного сопоставления, использующем в качестве индексов сравнительно короткие метки фиксированной длины. Благодаря этому, процедура передачи получается более простой, чем передача по максимальному совпадению меток, традиционно используемая на сетевом уровне. Алгоритм передачи подходит как для одиночной, так и для групповой адресации.

Однако LSR должен распределять и использовать выделенные метки для правильной передачи кадра соседним LSR. LSR распределяют метки, используя *протокол LDP*. Связанные метки сопоставляют подсеть-приемник *локальной* метке (метки являются локальными, так как изменяются в каждом узле). Все время, пока LSR обнаруживает соседний LSR, между устройствами устанавливается TCP-соединение для передачи связанных меток. LDP изменяет связанные метки подсети одним из двух методов: *незапрашиваемым* распределением исходящего потока или распределением исходящего потока *по запросу*. Выбранный режим должен быть согласован между обоими LSR.

При незапрашиваемом распределении исходящего потока происходит распространение меток, если выходному LSR нужно создать новую связку меток с соседним входным LSR, например из-за того, что на крайнем LSR появился новый интерфейс с другой подсетью. Затем выходной LSR объявляет входному маршрутизатору о появлении новой связки, соответствующей маршруту в эту сеть.

В распределении исходящего потока по запросу, напротив, выходной LSR посылает связку на вход только в том случае, если входной LSR ее запрашивал. Для каждого маршрута своей таблицы LSR определяет следующий узел маршрута. Затем он запрашивает через LDP у следующего узла

связку меток для этого маршрута. Когда следующий узел получает запрос, он назначает метку, создает запись в своей LFIB с входящей меткой, приравненной назначенной метке, а затем возвращает связку между входящей меткой и маршрутом LSR, пославшему первоначальный запрос. Когда LSR получает информацию о связке, он создает в своей LFIB запись и присваивает исходящей метке этой записи значение, полученное от ближайшего узла.

Важной особенностью, предлагаемой MPLS, является обеспечение качества обслуживания (QoS) [41]. Выбор QoS для пакетов, проходящих через маршрутизатор или коммутатор тегов, обеспечивается классификацией пакетов с последующей их обработкой в соответствии с характеристиками QoS (такими, как полоса пропускания и потери). MPLS обеспечивает легкий способ маркировки пакетов, принадлежащих определенному классу. При первоначальной классификации используется информация из заголовков сетевого и высших уровней. Затем к пакету прикрепляется метка, соответствующая его классу. Помеченные пакеты могут эффективно обрабатываться LSR на пути следования без повторной классификации.

Конструирование трафика позволяет сетевому администратору создавать собственный маршрут, не совпадающий с обычными маршрутами, вычисленными по алгоритмам последовательной маршрутизации. Администратор может определить путь между станциями, чтобы обеспечить заданное QoS, или сократить зазор в сети, направив кадр в обход перегруженных сегментов. Таким образом, конструирование трафика позволяет администратору определить политику передачи кадров, не зависящую от динамических протоколов маршрутизации. Конструирование трафика похоже на маршрутизацию по адресу источника тем, что позволяет определить однозначный маршрут прохождения кадра. Однако, в отличие от маршрутизации по адресу источника, последовательное определение не передается с каждым кадром. Вместо этого узлы с соответствующими значениями меток конфигурируются в LSR заранее.

Контрольные вопросы

1. Какие сети принято в настоящее время называть «персональными сетями связи»: компьютерные локальные сети; глобальные телефонные сети с модемами у пользователей; сотовые мобильные сети 450–900 МГц; сотовые мобильные сети диапазонов 1800 и 1900 МГц?

2. В чем состоят основные отличия автоматической международной телефонной сети, расположенной на территории России, от сети на территориях других стран: в наличии аналоговых участков с ЧРК; в отсутствии узла автоматической коммутации третьего класса СТ-3; в отсутствии волоконно-оптических линий связи; в наличии большого числа «скачков» спутниковой связи?

3. Какое максимальное количество коммутируемых участков используется на междугородной телефонной сети России при международном соединении?

4. Какое максимальное число узлов автоматической коммутации (УАК) допускается в соединительном телефонном тракте России?

5. На базе каких центров автоматической коммутации строится сельская телефонная сеть?

6. На базе каких центров автоматической коммутации строится междугородная телефонная сеть?

7. На базе каких центров автоматической коммутации строится внутризоновая телефонная сеть?

8. На базе каких центров автоматической коммутации строится городская телефонная сеть?

9. Какие из нижеупомянутых требований отвечают рекомендации Е.171 о количестве коммутационных участков при международном телефонном соединении: всегда 14 участков; не более 12 участков; 14 участков в исключительных случаях; всегда 12 участков?

10. Укажите состав пути последнего выбора для автоматической коммутируемой междугородной телефонной сети России.

11. Какие цифры не могут быть использованы в ныне действующей системе нумерации в качестве первого знака кода города при междугородной автоматической телефонной связи России: 1; 2; 1 и 2; 0; 8?

12. Какие цифры не могут быть использованы в ныне действующей системе нумерации в качестве первого знака кода местной сети (знака а) автоматической зоной телефонной связи 1; 2; 1 и 2; 0; 8?

13. Обязательно ли использование цифры 2 в качестве знака, дополняющего количество цифр номера до стандартной величины (например, до 11 цифр при международном вызове)?

14. Какие из нижеперечисленных местных абонентских номеров могут быть использованы при наборе внутризонального номера: 8177703; 7177703; 9377703; 8277703; 0377703?

15. Какие номера могут быть использованы в качестве междугородного номера: 81017770345; 82017770345; 80987770345; 803177703456; 86098777034?

16. Какие номера могут быть использованы в качестве местных в ГТС с РАТС и УВС: 71345; 012344; 111003; 801453; 711003?

17. Абонент набрал телефонный номер 8-АВС 9905111. Кому он звонит: на известный вызывающему абоненту квартирный номер в городе с кодом АВС; в службу времени города с кодом АВС; в службу времени города с кодом АВС; звонок послан наугад для проверки работоспособности сети?

18. Какие изменения в системе нумерации телефонных вызовов планируется провести в России: префикс выхода на международную сеть с «810» изменится на «00»; будет запрещено использование цифры 1 в качестве первого знака абонентского номера; будет отменен зонный признак построения сетей?

19. Какие изменения в системе нумерации телефонных вызовов планируется провести в России: сети подвижной радиотелефонной связи не включаются в новую нумерацию; префикс выхода на междугородную сеть с «8» изменится на «0»; телефоны специальных служб с нумерации 0X(X) переводятся на нумерацию по стандарту 1UV?

20. К каким сетям кроме ТФОП будет применена новая перспективная система телефонной нумерации: к новым сетям связи (корпоративным); к IP-адресам сетей Internet; к MAC-адресам локальных сетей; к сетям подвижной радиотелефонной связи общего пользования; к интеллектуальным сетям?

21. Являются ли потоки ISDN потоками плезиохронной иерархии?

22. Что представляет собой услуга Centrex: централизованное управление; организацию виртуальной частной сети с закрытым доступом; прямой вызов абонента под добавочным номером, минуя оператора линии АТС?

23. Что такое опорные (эталонные) точки абонентской установки ISDN: точки, в которых уровень сигнала принят за опорный (0 дБ₀); интерфейсы

между различными функциональными устройствами ISDN; точки, в которых параметры наиболее точно соответствуют расчетным значениям?

24. Оплачивает ли абонент стоимость NT-1 при установке ISDN?
25. С какого устройства, с точки зрения европейского пользователя, начинается сеть ISDN: с абонентской линии; с ближайшей коммутационной станции; с устройства ET коммутационной станции; с устройства NT-1?
26. Могут ли абоненты ISDN получить услуги из другой, не ISDN, сети?
27. Какие устройства ISDN могут быть использованы в качестве устройств TE2 для соединения двух локальных сетей?
28. Какими видами услуг ISDN можно воспользоваться, если необходимо соединить две локальные сети, находящиеся в разных городах при интенсивности межсетевого трафика до 240 Кбит/с?
29. Какой код применяется при взаимодействии терминала TE и сетевого окончания сети ISDN?
30. Какую долю цифрового потока обмена данными между TE и NT в абонентской шине ISDN составляют данные пользователя: 100; 75; 50; 25 %?
31. Для чего в блоке данных цифрового потока абонентской шины ISDN предусмотрен бит E («эхо»): для обеспечения работы эхо-компенсатора; для резервирования (повышения надежности канала D); для обнаружения конфликта в канале связи, вызванного одновременным занятием канала несколькими терминалами?
32. Какие значения следует присвоить идентификаторам SAPI и TEI в адресном поле кадра LAPD для обеспечения широковещательного сеанса в режиме коммутации каналов?
33. Какие устройства обмениваются данными в ходе процедур третьего уровня системы сигнализации DSS1?
34. Какое из приведенных ниже высказываний ложно: а) в сети ISDN на всех участках сети применяется сигнализация OKC-7; б) в сети ISDN в качестве абонентской сигнализации применяется сигнализация 2BCK, а в качестве межстанционной — OKC-7; в) в сети ISDN различают абонентскую сигнализацию DSS1 и межстанционную сигнализацию OKC-7; г) в сети ISDN применяется сигнализация OKC-7, которая на интерфейсе «пользователь — сеть» носит название DSS1.
35. Какие функции в сети ISDN выполняет функциональный блок NT2: эхо-компенсатора; кодека; учрежденческой АТС (PABX); мультиплексора; концентратора?
36. Какая опорная точка определена на интерфейсе «пользователь — сеть» (UNI) эталонной конфигурации ISDN?
37. Чему равна и чем определяется скорость цифрового потока в интерфейсной точке U_0 основного доступа ISDN?
38. Чему равна и чем определяется скорость цифрового потока в интерфейсной точке S/T основного доступа ISDN?
39. Расшифруйте по номеру рекомендации Q.1238 ее назначение в интеллектуальной сети.
40. Входит ли услуга VPN (виртуальная частная сеть) в состав услуг первой очереди (ИС CS-1rus) внедрения Российской интеллектуальной сети?
41. Известно ли пользователю местонахождение абонента «Услуги 800», поставляющего информацию?

42. На каком участке интеллектуальной сети используется сигнализация ОКС-7? Какое название носит соответствующий прикладной протокол?

43. Укажите варианты доступа к услугам интеллектуальных сетей в настоящее время.

44. Являются ли услуги узкополосной ISDN составной частью услуг В-ISDN?

45. Какая эталонная точка В-ISDN общего пользования является интерфейсом между сетью доступа и транспортной сетью?

46. В каком случае эталонные точки S_B и T_B эталонной конфигурации Ш-ЦСИС совпадают?

47. Какую функцию не выполняет устройство В-NT2 эталонной конфигурации В-ISDN: адаптацию информационных потоков к формату ячеек; мультиплексирование и коммутацию ячеек; управление абонентской сигнализацией; образование физического уровня (линейного окончания)?

48. Почему режим передачи АТМ называется асинхронным?

49. Какие виды соединения предусмотрены режимом АТМ?

50. Какова основная причина того, что при огромной пропускной способности сетей, использующих режим АТМ, скорость виртуального канала выбрана низкой (64 Кбит/с)?

51. Какое из нижеприведенных утверждений является верным: а) идентификаторы VCI и VPI в режиме АТМ определяют статически создаваемые соединения; б) идентификаторы VCI в режиме АТМ определяют динамически создаваемые соединения, а VPI — создаваемые статически; в) идентификаторы VCI в режиме АТМ определяют статически создаваемые соединения, а VPI — создаваемые динамически; г) идентификаторы VCI и VPI в режиме АТМ определяют динамически создаваемые соединения.

52. Заполните биты полей VPI, VCI и CLP заголовка селла АТМ с параметрами: ячейка с низким приоритетом и логическим идентификатором VPI /VCI, равном 9/32896, на интерфейсе NNI.

53. Одинаковы ли функции уровня АТМ протокольной модели АТМ и функции канального уровня ЭМВОС?

54. Какой уровень протокольной модели АТМ выполняет функцию проверки наличия ошибок в заголовке ячейки?

55. Как называется двунаправленный канал сигнализации с конфигурацией доступа «точка — точка», организуемый активной оконечной точкой сигнализации?

56. Как называется постоянный двунаправленный канал сигнализации с конфигурацией «точка — многоточка»?

57. К какой плоскости эталонной модели Ш-ЦСИС относятся процедуры метасигнализации?

58. Каково основное отличие эталонных моделей протоколов Ш-ЦСИС и АТМ?

59. Имеют ли плоскости протоколов Ш-ЦСИС уровневую структуру?

60. В пропущенные позиции фразы подставьте в правильной последовательности аббревиатуры из списка: «LFIB, LDP, LSR, LSP», чтобы получить правильное утверждение по процедуре сетей MPLS: «... формирует ... с помощью ..., построенную с использованием ...».

61. Почему протокол MPLS называется протоколом коммутации меток, несмотря на то, что технология MPLS строится на базе маршрутизаторов?

Глава 5. Синхронизация цифровых сетей

5.1. Общие положения

Любая процедура дискретизации, передачи и приема данных в виде двоичного сигнала требует согласованности частот передачи и приема, в противном случае передаваемая информация будет принята с искажениями. Проблемы синхронизации не ограничиваются только цифровой **первичной** сетью, но имеют важное значение и при эксплуатации **вторичных** сетей передачи данных (СПД, ISDN, цифровой телефонии, и других). Поскольку в системе электросвязи первичная сеть представляет собой ядро сети и создает каналы для вторичных сетей, то и сеть синхронизации (СС) наиболее корректно строится в следующем порядке: сначала создается СС первичной сети, а затем вторичная сеть синхронизируется от первичной сети.

В технологии современной связи существует три основных понятия синхронизации: частотная, фазовая и временная. Наиболее важным типом синхронизации для первичной сети является *частотная синхронизация* (ЧС), которая предполагает согласованность генераторов различных цифровых устройств в сети по частоте. В этом случае, в идеале, все генераторы сети работают с одинаковой частотой, скорость передачи цифровой информации с высокой степенью точности равна скорости приема, в результате в системе связи нет ошибок, связанных с нарушениями синхронизации. Именно ЧС представляет главный интерес операторов для связи.

Для достижения синхронизации в сети необходимо передать информацию о тактовой частоте всем устройствам в сети. Для этой цели часто используются *синхросигналы*. В процессе передачи синхросигналов по сети они подвергаются различным воздействиям, в результате качество сигнала ухудшается, что приводит к нарушениям параметров синхронизации в сети.

Выделим общие вопросы синхронизации, связанные с взаимодействием различного оборудования цифровой передачи и коммутации. В основном синхронизация сети представляет собой синхронизацию коммутационных станций. В этом случае линии передачи могут быть синхронизированы автоматически путем получения хронизирующих тактовых колебаний из узла коммутации. Проектируя синхронизацию сети в целом, следует, очевидно, тактовую частоту в исходящих из станции трактах передачи определять генератором данной станции, а тактовая частота в трактах приема должна зависеть от частоты генератора соседней передающей станции.

Прежде чем изучать вопросы влияния системы синхронизации на основные параметры качества услуг в современных телекоммуникациях, рассмотрим природу возникновения *нестабильности сигналов синхронизации*. Из самого понятия частотной синхронизации следует, что под нестабильностью сигналов синхронизации понимается различные нестабильности частоты сигнала.

В практике современных телекоммуникаций нестабильности сигналов синхронизации или хронизирующих сигналов возникают как по физическим причинам (из-за внешних электрических помех и изменения физических

параметров линии передачи в сигнале на приеме), так и по алгоритмическим причинам (например, джиттер стаффинга и смещения указателей (pointers) в формате кадра SDH). Результирующую нестабильность тактовой частоты называют фазовым дрожанием хронизирующего сигнала или **джиттером**. В зависимости от частоты фазового дрожания сигнала различают высокочастотное фазовое дрожание — собственно **джиттер** — с частотой выше 10 Гц и низкочастотное фазовое дрожание, иногда называемое дрейфом фазы, — **вандер** — с частотой ниже 10 Гц [42]. Параметры собственно джиттера наиболее сильно влияют на параметры фазовой синхронизации, в частности, на работу петель ФАПЧ. В отличие от джиттера, который преобразуется различными цепями и устройствами, вандер легко проходит без изменений через цепи фазовой синхронизации, может значительно накапливаться в сети и воздействует на систему синхронизации. Поэтому вандер представляется для систем синхронизации одним из наиболее важных параметров.

Основной алгоритмической причиной нестабильности частоты является режим выравнивания скоростей объединяемых потоков с использованием битового или байтового стаффинга, например, смещения указателей.

Основными физическими причинами нестабильности частоты являются электромагнитная интерференция; шум и помехи, воздействующие на цепь синхронизации в приемнике; изменения длины тракта; изменения скорости распространения; доплеровские сдвиги от подвижных оконечных устройств; нерегулярное поступление хронизирующей информации.

Помехи и шумы в первую очередь влияют на фазовую синхронизацию и обычно не приводят к появлению вандера.

Изменения длины тракта в результате температурного расширения (сжатия) среды передачи или изгиба радиотракта в атмосфере влияют на систему частотной синхронизации, поскольку изменение скорости передачи эквивалентно вандеру — основному параметру нестабильности систем частотной синхронизации. Наиболее значительны изменения длины тракта при связи через спутники. Для современных спутников на геостационарной орбите изменения длины тракта составляют примерно 300 км, что соответствует изменениям времени прохождения примерно на 1 мс.

Изменение скорости распространения сигналов также приводит к вандеру.

Значительным источником потенциальной нестабильности тактовой частоты на приеме являются **доплеровские сдвиги**, возникающие при движении самолетов, спутников и других подвижных объектов. Например, доплеровский сдвиг при движении самолета со скоростью 500 км/ч эквивалентен нестабильности тактовой частоты, равной $5 \cdot 10^{-7}$. По существу оказывается, что доплеровские сдвиги являются результатом изменения длины тракта.

Фазовые дрожания в восстановленных колебаниях тактовой частоты увеличиваются в течение периодов времени с относительно низкими плотностями «единиц» в цифровом потоке, вызывая **нерегулярное поступление хронизирующей информации**, что также приводит к нестабильности тактовой частоты. Именно требование повышения плотности хронизирующей информации привело к необходимости замены линейного кода АМІ на линейный код HDB3 в системах ИКМ.

Для того чтобы цифровая сеть с несколькими участками передачи и коммутационными станциями могла работать синхронно по битам и по циклам, необходимо обеспечить достаточное соответствие (синхронизм) между тактовыми частотами в трактах приема и передачи. Различия в тактовых частотах

приводят к появлению **проскальзываний** (Slip), вследствие чего в групповом сигнале теряются один или несколько бит либо появляются один или несколько лишних. Для минимизации нежелательных явлений, связанных с проскальзываниями, используют **эластичные буферы** размером в один или несколько циклов. В этом случае реализуется *механизм управляемых проскальзываний*: в момент переполнения буфера вся информация в нем полностью стирается, буфер опустошается, что приводит к потере одного цикла информации, однако не приводит к потере цикловой синхронизации. Управляемые проскальзывания в настоящее время являются единственно допустимыми в цифровых сетях связи. В дальнейшем под проскальзыванием будем понимать управляемое проскальзывание. Различают три случая соответствия тактовых частот станции и сигнала в линии.

Тактовая частота в линии больше тактовой частоты станции. Буферные запоминающие устройства в коммутационной станции заполняются с большей скоростью, чем освобождаются; переполнение памяти приводит время от времени к потере информационных бит — скольжения первого типа, или положительное проскальзывание. При передаче речи это приводит к появлению коротких щелчков.

Тактовая частота в линии совпадает с тактовой частотой станции. Скорости записи и считывания для буферного запоминающего устройства, одинаковы — имеет место *синхронная работа*.

Тактовая частота в линии меньше тактовой частоты станции. Буферные запоминающие устройства в коммутационной станции считываются с большей скоростью, чем заполняются; в результате этого время от времени за счет повторного считывания появляются лишние информационные биты — скольжения второго типа, или отрицательное проскальзывание. При передаче данных и сигнальной информации это приводит иногда к значительному ухудшению качества передачи.

В зависимости от среднего уровня рассинхронизации будут возникать битовые проскальзывания, т.е. ошибки в считывании бита. Битовые проскальзывания будут нарушать цикловую синхронизацию. В этой связи наиболее желательным являются цикловые проскальзывания, которые приводят к потере цикла информации, однако не приводят к нарушению цикловой синхронизации. Например, если битовое проскальзывание происходит внутри цикла, то для восстановления цикловой синхронизации требуется не менее трех циклов. Такие проскальзывания называются *неуправляемыми*.

В практике эксплуатации проскальзывания приводят к появлению параметра *секунд неготовности канала* UAS (Unavailability Seconds), отсчитываемого с момента потери цикловой синхронизации или после 10 последовательных *секунд, пораженных ошибками* SES (Severly Errored Seconds). Один SES — период времени длиной 1 с, в течение которого коэффициент ошибок по битам превышал 10^{-3} . Ошибки, возникающие в первичной сети из-за нарушений в СС, редко касаются одного узла. Обычно нарушения в СС распространяются ниже по иерархии синхронизации и приводят к каскаду узлов с ошибками.

Влияние часто встречающихся случаев проскальзываний на различные услуги связи и параметры каналов первичной сети перечислены в табл. 5.1 [43].

Таблица 5.1

Влияние проскальзываний

Первичная сеть	Влияние на параметры каналов
На основе PDH	Проскальзывания, потеря цикловой информации, увеличение параметра UAS, SES, пакетные ошибки.
На основе SDH	Смещение указателей, появление алгоритмического джиттера в полезной нагрузке.
Услуги (вторичные сети)	Влияние на качественные параметры
Телефонная связь	Появление импульсных помех в виде щелчков
Факсимильная связь	Искаженные строки
Передача данных в канале ТЧ (модемная, ADSL, HDSL- и т.д.)	Потеря данных, всплески значения коэффициента ошибок по битам BER (Bit Error Rate)
Видеоданные	Замирание кадра на экране
Кодированные данные (вокодер)	Потеря соединения

5.2. Современная концепция построения систем синхронизации

Современный подход к построению СС характеризуется полномасштабным внедрением концепции *интегрированных СС* (BITS — Building Integrated Timing Supply). Концепция BITS включает три основные подсистемы: межузловой синхронизации (Interoffice Timing), внутриузловой синхронизации (Intraoffice Timing) и подсистему контроля и управления качеством синхронизации (QoS) (рис. 5.1).

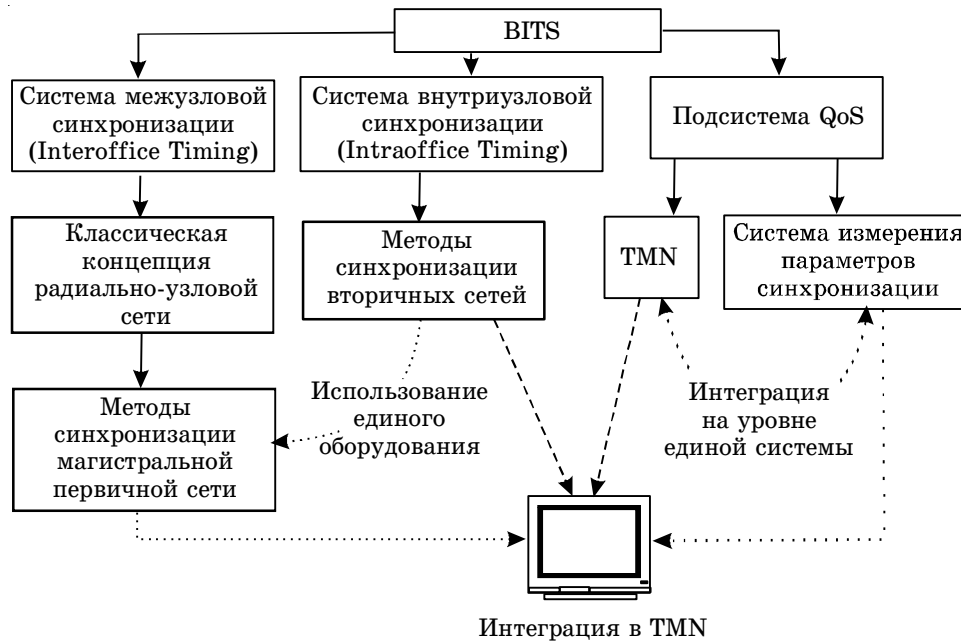


Рис. 5.1 — Концепция построения интегрированных систем синхронизации (BITS)

Система межузловой синхронизации (СМС) предусматривает размещение в ключевых узлах сети генераторов синхронизации и построение системы распределения синхрочастот по сети. СМС является основой любой СС и основной ее частью, поэтому именно эта подсистема наиболее важна при проектировании, эксплуатации и модернизации ВТТС. СМС имеет собственную топологию, часто отличную от топологии сети, и тесно связана со структурой телекоммуникационной сети, как первичной, так и вторичной. При расширении и реконфигурации СМС также должна изменяться и модернизироваться.

Система внутриузловой синхронизации (СВС) имеет более локальное значение по сравнению с СМС, поскольку определяет порядок синхронизации различных цифровых устройств в пределах одного узла сети. В СВС могут входить специальные генераторы СС, однако в большей степени эта система строится на основе объединения генераторов, входящих в состав цифровых устройств связи, размещенных на узле. В отличие от СМС, которая должна проектироваться, строиться и обслуживаться системно, с учетом топологии и процессов, проходящих во всей сети, СВС создается локально, привязываясь к конкретному узлу связи. Модернизация сети связи может требовать модификации СВС только в случае, если первая модернизирует конкретный узел или приводит к изменению параметров синхросигнала, от которого синхронизируется данный узел.

Учитывая, что в последнее время значительно повысились требования к надежности и качеству систем синхронизации, в состав современной СС включаются две дополнительные подсистемы, которые непосредственно связаны с ее обслуживанием — подсистемы *контроля* и *управления*, объединенные в QoS. Основным назначением этой системы является управление, диагностика и тестирование системы синхронизации. Высокие параметры качества и надежности системы синхронизации требуют от оператора постоянного контроля за ее состоянием. Для осуществления управления СС создается система управления, интегрированная в общую платформу TMN, так что оператор имеет возможность контролировать состояние СС и осуществлять ее реконфигурацию из единого центра в режиме реального времени (РВ).

Особенностью современной СС является также необходимость регулярных измерений параметров синхросигналов. Опыт показывает, что точный расчет параметров синхросигналов представляет собой очень сложную задачу даже на сети топологии средней сложности (например, более 20–30 узлов) с учетом резервирования каналов распределения синхросигналов. Поэтому развертывание и измерение параметров синхросигналов осуществляются параллельно методом итераций. Вначале создается СС как наложенная на существующую сеть система, топология такой системы выбирается из общих соображений, параметры синхросигналов рассчитываются оценочно. Затем производятся измерения параметров синхросигналов в наиболее ключевых точках. На основании данных о параметрах синхросигналов принимается решение о модернизации определенного участка СС. Затем выполняется модернизация, эффективность которой проверяется на основании измерений параметров синхросигналов в новой системе. И так далее. В результате измерительный компонент становится очень важным компонентом динамически развиваемой СС. Обычно измерения проводятся либо отдельными измерительными приборами, либо территориально распределенными измерительными комплексами (ИКС). В последнем случае измерительная подсистема и под-

система управления объединяются в рамках единого программного обеспечения на основе TMN (см. рис. 5.1). Важным следствием применения этого метода является то, что СС создается и модернизируется на основании данных о параметрах синхросигналов сети и требований к ним.

5.2.1. Структура системы межузловой синхронизации

СМС является основой системы синхронизации и представляет собой объединение задающих генераторов узлов СС по сети связи. Рассмотрим основные режимы работы генераторов межузловой синхронизации в системе связи.

В мировой практике существует несколько режимов работы генераторов, определяющих топологию СМС. Схемы синхронизации сети могут быть разделены на схемы **принудительной** (сервосинхронной, гомохронной, или системы «ведущий — ведомый» («master — slave»)), **независимой** (асинхронной, гетеросинхронной, плезиохронной) и **взаимной** (автосинхронной) синхронизаций. Рассмотрим каждую из них подробно.

1. Независимая синхронизация

(рис. 5.2) используется для плезиохронной работы телекоммуникационных узлов, например при взаимодействии национальных систем связи, каждая из которых имеет свою систему синхронизации. Сети, построенные по данному методу, называются **анархическими сетями**. Каждый узел сети имеет собственный локальный тактовый генератор PRS (Primary Reference Source). Независимо от остальных узлов сети он задает тактовую частоту и фазу — **асинхронный** режим. Для предотвращения достаточно больших потерь информации в результате проскальзываний необходимо обеспечить стабильность частоты и фазы тактовых генераторов в заданных допусках — **плезиохронный** режим. Согласно данной схеме цифровое оборудование в сети синхронизируется независимо и взаимодействует друг с другом только через каналы трафика. Различие тактовых частот, неизбежное для такой схемы, будет приводить к появлению проскальзываний и точек рассинхронизации.

Схема независимой синхронизации в сетях связи используется только для соединения региональных сетей, имеющих свои независимые СС, а также для синхронизации в спутниковом канале.

В рекомендации G.811 МККТТ установил нормы на стабильность задающих генераторов для всех международных связей цифровых коммутационных станций. Норма на стабильность, равная 10^{-11} , означает, что проскальзывания на линиях, соединяющих международные коммутационные центры, будут случаться один раз в 70 дней [25]. При этом предполагается, что частота одного задающего генератора отклоняется на 10^{-11} в положительную сторону, а частота другого генератора — на 10^{-11} в отрицательную сторону. Такой стабильностью обладают цезиевый или рубидиевый генераторы.

2. Другим вариантом построения СМС является использование принципа **принудительной синхронизации**, когда один узел сети синхронизируется

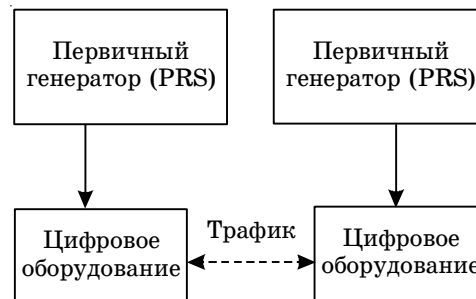


Рис. 5.2 — Схема независимой синхронизации

от другого. Такая схема принята в международной практике для построения СМС выделенных сетей или их участков, поскольку обеспечивает наибольшую стабильность работы системы. Принцип принудительной синхронизации предусматривает построение иерархической структуры сети синхронизации с одним или несколькими первичными генераторами синхросигнала. Сети данного типа носят название **деспотических сетей**. В деспотических сетях величины частот всех узлов сети определяются частотой центрального тактового генератора (ведущего или главного). При выходе из строя главного тактового генератора сеть переходит в плезиохронный режим. При наличии нескольких узлов сеть может строиться по иерархическому принципу, согласно которому узлы более высокого иерархического уровня являются ведущими по отношению к узлам более низкого уровня (рис. 5.3). Все генераторы станций и узлов должны при этом иметь возможность внешнего управления частотой, которое может осуществляться как в аналоговом (непрерывно), так и

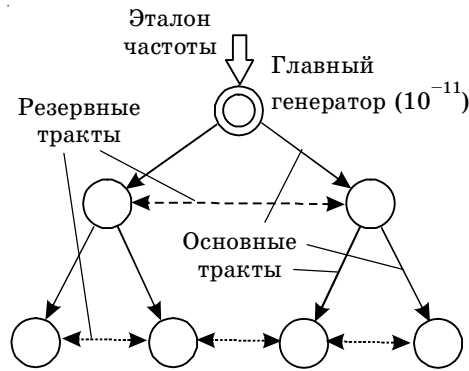


Рис. 5.3 — Иерархическая сеть

в дискретном (с периодической корректировкой) режимах. Генераторы высших уровней иерархии должны иметь более высокую стабильность, чем генераторы низших уровней. На высших уровнях иерархии в цифровых АТС обычно предполагается передавать эталонные сигналы частоты 2048 кГц, а на более низких уровнях — сигналы цикловой синхронизации частоты 8 кГц. Основная проблема построения такой сети с принудительной синхронизацией заключается в наличии надежных и стабильных во времени трактов передачи сигналов синхронизации.

Для обеспечения надежности системы эти тракты должны дублироваться одним или двумя резервными, а в случае аварийной ситуации каждая станция должна продолжать функционирование в плезиохронном режиме.

От PRS синхросигналы распределяются по каналам передачи ко всем генераторам СС, называемым *вторичными задающими генераторами* (ВЗГ). Все ВЗГ работают в режиме принудительной синхронизации и образуют многоуровневую иерархию источников синхронизации. Источники более низкого уровня иерархии берут синхросигнал от источников более высокого уровня, хотя допускаются связи между источниками на одном уровне. В результате каждый источник синхронизации в системе связи синхронизирован по цепи от первичного эталонного генератора. Чем длиннее цепочка, тем сильнее ухудшаются параметры синхросигнала. Поэтому при построении СС и ее модернизации одним из основных законов является проектирование СС таким образом, чтобы количество переприемов синхросигнала было минимальным для каждого направления. Чтобы добиться этого, иногда требуется разделить систему связи на несколько регионов и разместить в каждом регионе PRS. В этом случае для каждого региона строится своя иерархия под управлением PRS, а регионы взаимодействуют друг с другом по схеме независимой синхронизации (плезиохронной работы). При такой структуре сети носят название **олигархических сетей** [45]. Некоторые узлы сети, которые являются полностью равноправными между собой, задают тактовую частоту в сети и управляют остальными узлами. Таким образом можно создавать подсети, в пределах которых обеспечивается стабильность частоты.

Так, например, система межузловой синхронизации ВСС РФ состоит из 5 регионов плезиохронной работы [43]. Образование регионов плезиохронной работы может происходить как по причинам технического плана, так и по административно-политическим причинам.

3. Взаимная синхронизация, предусматривает синхронизацию равноправных устройств путем усреднения тактовых частот. Сети, использующие принцип взаимной синхронизации, носят название **демократических сетей**. Все генераторы узлов сети участвуют в установлении средней, общей для всей сети, тактовой частоты. В каждом узле входящие опорные частоты усредняются, и этот результат используется в качестве тактовой частоты для местного использования и для передачи. Как правило тактовая частота сети стремится к единственной стабильной величине и обеспечивает теоретически максимально точную синхронизацию цифровых устройств. Однако методу присущи следующие серьезные недостатки:

- неопределенность точного значения усредненной частоты;
- неопределенность поведения во время переходных процессов;
- зависимость конкретных значений тактовой частоты от времени распространения сигналов по линиям связи;
- территориально распределенные СС не могут обеспечить высокой надежности соединений по методу полносвязной сети, в этом случае само усреднение технически реализовать сложно;
- большое количество устройств в сети приводит к резкому увеличению количества соединений по синхронизации, что также нежелательно;
- сбой любого устройства в схеме приводит к значительному снижению качества всей СС;
- схема взаимной синхронизации предусматривает равноправность устройств, что находится в противоречии с иерархической структурой систем связи.

В практике построения СС современных сетей связи этот вариант организации синхронизации не нашел большого распространения. Обычно схема взаимной синхронизации используется не в распределенных, а в централизованных системах, например для конфигурации составного первичного эталонного генератора, в состав которого входят несколько резервированных цезиевых стандартов. Одной из схем резервирования может быть схема взаимной синхронизации.

Основные рекомендации по системе синхронизации цифровых телефонных сетей [44]:

- 1) на первом этапе внедрения цифровых систем коммутации все станции и узлы должны работать в плезиохронном режиме;
- 2) концентраторы, включаемые в опорные и оконечные станции трактов ИКМ, подключаемых к транзитным узлам, должны работать в режиме принудительной синхронизации со стороны опорной станции или транзитного узла;
- 3) долговременная нестабильность генераторов опорных станций и транзитных узлов должна быть не хуже 10^{-9} ;
- 4) на опорных станциях и транзитных узлах должна быть предусмотрена буферная память на 256 бит для компенсации блужданий и уменьшения эффекта скольжения;
- 5) все генераторы электронных станций должны иметь вход для внешнего управления частотой;

6) цифровые сети должны синхронизироваться по методу принудительной синхронизации с возможностью перехода в плезиохронный режим в аварийных ситуациях (при повреждении трактов синхронизации);

7) отдельные синхронные сети должны работать между собой в плезиохронном режиме с учетом дальнейшего перехода к режиму принудительной синхронизации;

8) параметры устройств синхронизации, тактовых генераторов и буферной памяти должны определяться в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т по мере появления таких рекомендаций.

Были сформулированы несколько довольно простых правил проектирования и расчета СС [43]. Первым приемом при проектировании СС стало использование графов, уже широко применявшихся при проектировании топологии систем связи. Граф синхронизации, в отличие от графа топологии сети, должен быть незамкнутым. Любое замыкание графа СС приводит к появлению так называемой «петли в СС», когда синхросигнал проходит по замкнутому пути. Как следствие, возникает положительная обратная связь, усиливающая отклонения в стабильности синхросигнала, что в конечном итоге приводит к деградации всего участка СС. Поэтому основным правилом при проектировании топологии современных СС является исключение «петель в СС». Это стало первой элементарной концепцией построения СС.

Таким образом, топологии трафиковой сети и СС принципиально различные, и поэтому СС должна проектироваться отдельно от системы связи. Например, первичная сеть на основе SDH, как правило, строится по кольцевой топологии, недопустимой в СС. В качестве концептуальной в построении СС была принята **радиально-узловая модель**.

Процесс развертывания СС итерационный:

1) создается СС как наложенная на существующую сеть система. Топология такой системы выбирается из общих соображений, параметры синхросигналов рассчитываются оценочно;

2) производятся измерения параметров синхросигналов в наиболее ключевых точках;

3) на основании данных о параметрах синхросигналов принимается решение о модернизации определенного участка СС;

4) выполняется модернизация, ее эффективность проверяется на основании измерений параметров синхросигналов в новой системе и т.д.

В результате *измерительный компонент* становится очень важным компонентом динамически развиваемой СС. Обычно измерения проводятся либо отдельными измерительными приборами, либо территориально распределенными ИКС. В последнем случае измерительная подсистема и подсистема управления объединяются в рамках единого программного обеспечения на основе TMN.

Современные стандарты различают две иерархии генераторов СС: американскую ANSI и общеевропейскую, основанную на стандартах ITU-T/ETSI. Отечественные стандарты основаны на европейской иерархии. Европейская иерархия включает в себя четыре уровня генераторов синхронизации: первичный источник — PRS; источник магистральной сети — Transit Node; источник местной сети — Local Node; терминальное (оконечное) оборудование — CPE.

Американская иерархия первоначально включала в состав четыре уровня Stratum, соответствующие общеевропейской иерархии, однако параметры реальных сетей и развитие генераторов синхронизации привели к необходи-

мости описать в стандартах дополнительные три уровня, которые получили обозначение с префиксом E (от Enhanced — усовершенствованный). Таким образом, в настоящее время иерархия ANSI включает всего 7 уровней: Stratum 1 — первичный эталонный генератор PRS; Stratum 2, Stratum 2E — источник магистральной сети; Stratum 3, Stratum 3E — источник местной сети; Stratum 4, Stratum 4E — терминальное (оконечное) оборудование.

5.2.2. Структура системы внутриузловой синхронизации

СВС имеет локальное значение в системе связи. Целью СВС является достижение синхронной работы цифровых устройств в составе узла сети.

На этапе, когда количество цифровых устройств, входящих в состав узла невелико, применима концепция СВС «по цепи». Синхросигнал от СМС приходит на оборудование системы, принимается аппаратурой передачи, затем от него по цепи синхронизируется все остальное оборудование узла. Для повышения стабильности синхросигналов и увеличения надежности СВС предусматриваются как прямые, так и резервные каналы передачи синхросигналов «по цепи». Такая концепция оказывается эффективной, когда на узле размещается небольшое количество цифровых устройств. В случае увеличения количества последних удлиняются, соответственно, цепочки распределения синхрочастот, в результате оконечное устройство в цепочке получает синхросигнал низкого качества.

Усиление требований к параметрам синхронизации (и, в первую очередь, к частоте проскальзываний) во вторичных сетях, привело к тому, что концепция синхронизации «по цепи» оказалась неприменимой для современных систем связи. Ей на смену пришла концепция BITS в СВС: изменение топологии от синхронизации «по цепи» к синхронизации радиальной топологии.

В этом случае в составе узла размещается специализированный источник BITS, от которого синхронизируется все остальное оборудование узла прямыми каналами передачи синхросигналов. В качестве источника BITS может использоваться как специализированный генератор TSG (Timing Signal Generator), так и встроенный генератор одного из цифровых устройств. В последнем случае рекомендовано выбирать в качестве генератора BITS наилучший по параметрам генератор, входящий в состав узла. Однако такое внедрение требует изменения топологии СВС. Некоторые устаревшие модели оборудования передачи и коммутации не были подготовлены к внедрению такой концепции, поскольку они синхронизируются от входящего цифрового потока. В случае концепции BITS принцип работы оборудования меняется: оно должно работать в режиме принудительной синхронизации от внешнего источника. В результате нашли применение различные комбинированные схемы СВС, когда часть оборудования синхронизируется старым методом по цепи, а часть — новым, через TSG. В этом случае TSG становится одним из элементов цепи.

5.2.3. Подсистемы QoS и TMN

Третьей составной частью современной интегрированной СС является подсистема контроля и анализа качества QoS. Эта подсистема включает в себя две основных части: систему управления СС и систему измерений параметров СС. Разветвленная топология современных СС не позволяет полностью прогнозировать их поведение в случае возникновения одного или нескольких сбоев. При реконфигурации СС могут образовываться «петли» в СС, в результате чего СС может деградировать на каком-либо участке или полностью. Для борьбы с такими нежелательными последствиями используется мониторинг параметров синхронизации в режиме реального времени, в результате чего QoS входит как неотъемлемая часть в концепцию современных интегрированных СС.

Измерения параметров СС включают в себя две группы: анализ параметров частоты передачи/приема на всех участках сети, а также ее девиации, в первую очередь вандера, и стрессовое тестирование узлов СС.

Первая группа измерений производится обычно параллельно с проведением мониторинга по параметрам ошибки. Цель организации измерений — обнаружение некорректностей в работе узлов СС, наличия «петель» в ней, а также поиск точек деградации качества. Стрессовое тестирование СС выполняется с целью оценки устойчивости ее работы в случае отказа или нарушения параметров работы того или иного узла. В практике эксплуатации стрессовое тестирование делается крайне редко.

Мониторинговые измерения параметров СС могут проводиться на всех ее участках (на выходе генераторов различных уровней, в каналах системы распределения синхросигналов). По своей сути измерения представляют собой частотные измерения. Выделяются два основных метода измерений: прямые и с использованием анализаторов систем передачи. Кроме того, существуют косвенные методы, позволяющие выявить точки нарушений в СС и оценить ее общее качество (например, анализ количества проскальзываний в системах PDH или анализ активности указателей в системах SDH), но не обеспечивают измерения ее параметров.

Последней подсистемой, входящей в состав современных СС, является подсистема управления TMN, которая осуществляет контроль состояния элементов СС и управление параметрами СС в режиме реального времени. Наиболее полно эти функции получили развитие с внедрением технологии SDH, поскольку SDH обеспечивает передачу специальных служебных сигналов о параметрах синхронизации линейного тракта. В составе байта S1 секционного заголовка SOH систем SDH передается информация о параметрах СС, получившая название сигналов SSM (System Synchronization Message). Современные системы управления позволяют контролировать параметры сигналов в режиме реального времени и устанавливать те или иные параметры SSM для каждого тракта. В результате система синхронизации SDH оказывается контролируемой в полной мере.

Контрольные вопросы

1. Какое название носит высокочастотное фазовое дрожание хронизирующего сигнала в СПД?
2. В чем заключается механизм управляемых проскальзываний при работе СПД?
3. Является ли режим выравнивания скоростей объединяемых цифровых потоков режимом, стабилизирующим процесс синхронизации сети?
4. Какой вид проскальзываний (битовый или цикловой) наиболее нежелателен с точки зрения нарушения цикловой синхронизации?
5. Каковы последствия появления кратковременных проскальзываний синхронизации при осуществлении телефонной связи?
6. Предусмотрено ли одновременное параллельное функционирование всех трех подсистем синхронизации (межузловой, внутриузловой и QoS)?
7. Отличается ли топология сети межузловой синхронизации (СМС) от топологии сети связи?
8. Какой вариант построения системы межузловой синхронизации обеспечивает наибольшую стабильность работы системы?
9. В какой режим переходят системы межузловой синхронизации независимо от структуры при повреждении их тактовых генераторов?
10. Допускается ли наличие замкнутых петель в топологии систем синхронизации?
11. Какая модель топологии межузловой синхронизации выбрана в качестве концептуальной: кольцевая, ячеечная или радиально-узловая?
12. Какая модель топологии внутриузловой синхронизации принята в настоящее время: кольцевая, радиальная, «по цепи» или радиально-узловая?
13. В каких случаях выполняется стрессовое тестирование системы синхронизации?
14. В каком режиме должна работать сеть внутриузловой синхронизации современной вторичной сети согласно концепции BITS: в режиме «по цепи»; в режиме принудительной синхронизации от внешнего источника; в режиме принудительной синхронизации от входящего цифрового потока?

Глава 6. Принципы коммутации в сетях связи

6.1. Основные понятия и определения.

Обзор методов коммутации

Под **коммутацией** (Switching) в сетях связи понимают метод выбора направления передачи данных [1]. Основой технологии сети с маршрутизацией данных является использование коммутации. В зависимости от задач, поставленных перед **коммуникационной** сетью, используют несколько методов коммутации (табл. 6.1) [26, с. 12].

Таблица 6.1

Методы коммутации в СПД

Коммутация каналов	Многоскоростная коммутация каналов	Быстрая коммутация каналов	Асинхронный режим передачи	Быстрая коммутация пакетов	Frame Relay	Коммутация пакетов
КК	МСКК	БКК	АТМ	БКП	FR	КП

Режимы коммутации каналов, указанные в левой части таблицы, отличаются простотой, лучше приспособлены для обеспечения источников с постоянной скоростью передачи. При движении по таблице вправо возрастает сложность обработки в узлах коммутации, но возрастает и возможность использования источников с изменяющейся скоростью передачи и большой пачечностью — отношением среднего времени сеанса связи к среднему времени передачи информации.

Рассмотрим основные особенности методов и их взаимные отличия.

Коммутация каналов

Коммутация каналов (Circuit Switching) — коммутация, обеспечивающая предоставление каждой паре абонентов последовательности каналов сети для монопольного использования. Происходит сквозная коммутация между взаимодействующими абонентскими системами либо административными системами. Созданная таким образом последовательность логических каналов используется монопольно взаимодействующей через нее парой абонентов.

Логические каналы коммуникационной сети в результате коммутации каналов чаще всего предоставляются только на время сеанса между системами и в этом случае называются *коммутируемыми*. Коммутация осуществляется только в начале сеанса взаимодействия. Для этого система-инициатор сеанса формирует и посылает ближайшему к ней узлу вызов-запрос на прокладку через коммуникационную сеть последовательности каналов, которая свяжет систему-инициатора с системой-адресатом. Преимуществами коммутируемых каналов являются гибкость и небольшая стоимость передачи при малом объеме трафика. Высокая гибкость означает предоставление прозрачного доступа

для пользователя через интерфейс «пользователь — сеть», т.е. отсутствие ограничений на структуру кадра или пакета и способ синхронизации.

В сети коммутации каналов могут быть предоставлены также постоянные *некоммутируемые каналы*, выделяемые в аренду на определенный срок, например на год. Выделенные каналы называются также *арендуемыми каналами*. Эти каналы характеризуются высоким качеством передачи и всегда готовы к передаче данных, однако слишком дорого стоят.

Достоинством коммутации каналов по сравнению с коммутацией пакетов является относительная дешевизна используемых для этой цели узлов. Кроме того, все передаваемые во время сеанса блоки данных доставляются адресату с одинаковой задержкой во времени, определяемой скоростными характеристиками узлов и каналов. Это упрощает передачу через коммуникационную сеть речи.

Однако коммутация каналов имеет и ряд существенных недостатков. Во время сеанса последовательность используемых каналов загружена потоками битов относительно небольшое время. Остальное время каналы простаивают, особенно во время диалога пользователей с прикладными процессами, когда первые анализируют полученные результаты, а вторые ищут необходимые сведения либо проводят математические расчеты. Другим недостатком метода коммутации каналов являются относительно большое время ожидания соединения, возможность блокировки («занято»).

Это связано с необходимостью дожидаться освобождения нужной последовательности каналов. При коротких сеансах время создания последовательности может превышать продолжительность сеанса.

Многоскоростная коммутация каналов

Системы передачи с многоскоростной коммутацией каналов MRCS (Multirate Circuit Switching) используют тот же метод временного разделения TDM (Time Division Multiplexing), что и системы с обычной коммутацией каналов. Однако в одном соединении могут использоваться n ($n > 1$) основных цифровых каналов. Таким образом, скорость канала в каждом соединении, как правило, кратна скорости основного канала. Примером может служить организация видеотелефонии в У-ЦСИО. Видеокодеки, разработанные согласно Рекомендации H.261, могут работать на скорости $n \cdot 64$ кбит/с при $n < 30$. Системы коммутации, обеспечивающие многоскоростную коммутацию каналов, становятся более сложными по сравнению с системами с обычной коммутацией каналов, т.к. все каналы отдельных звеньев, образующих соединение, должны быть синхронными.

Системы коммутации, разработанные для многоскоростной коммутации каналов, содержат набор отдельных коммутаторов, каждый из которых производит коммутацию каналов с определенной скоростью. Каждый коммутатор может быть разработан и изготовлен отдельно. Система контроля, управления и технического обслуживания может быть общей.

Быстрая коммутация каналов (БКК)

С целью повышения эффективности использования сетевых ресурсов для служб с изменяющейся скоростью передачи и высокой пачечностью трафика была предложена концепция быстрой коммутации каналов FCS (Fast Circuit Switching). Ресурсы в сети с быстрой коммутацией каналов используются только при передаче информации. Способ БКК позволяет лучше использовать сетевой ресурс (полосу частот канала) благодаря возможности предоставления

канала новому требованию в паузах речевого сигнала. Такая идея используется при асинхронном временном разделении каналов (АВРК). Применение АВРК позволяет не закреплять жестко временной интервал за каналом и источником. Идентификация информации обеспечивается благодаря ее адресации. При АВРК применяется статистическое мультиплексирование, т.е. обнаружение пауз в кадре системы передачи и заполнение их информацией из буферов, в которых источники ожидают начала передачи. При статистическом мультиплексировании легко учесть приоритеты источников информации.

Коммутация пакетов

Коммутация пакетов (Packet Switching) — коммутация, обеспечивающая передачу через сеть пакетов без монопольного использования каналов. Характерными особенностями, отличающими коммутацию пакетов от коммутации каналов, являются коммутация с запоминанием и коллективное использование каналов коммуникационной сети. Здесь ни один из каналов не занимается парой абонентских либо административных систем даже на время проведения сеанса. Пакеты по одному и тому же каналу идут по мере их поступления независимо от источников и адресатов. Канал занимается взаимодействующими абонентами только на время передачи каждого пакета. Возможны два основных режима работы:

- *виртуальная цепь* — для первого пакета сообщения выбирается оптимальный путь, остальные следуют строго по этому пути (протокол X.25). Цепь не имеет физической реальности и по окончании сеанса связи стирается из памяти. Требуется большая память для всех промежуточных узлов;
- режим *дейтаграмм* (Datagram) — каждый пакет посылается как телеграмма внутри сети и прибывает независимо от других (стек протоколов TCP/IP). Требуется малая емкость в промежуточных узлах и большая емкость в конечных.

Для повышения надежности работы коммуникационной сети топология размещения в ней узлов коммутации пакетов и соединяющих их каналов строится исходя из того, что между парами взаимодействующих систем создается несколько путей передачи пакетов. Пакеты узлами коммутации направляются по тем последовательностям каналов, которые в конце концов позволяют достичь абонентской системы-адресата (рис. 6.1). Здесь, в отличие

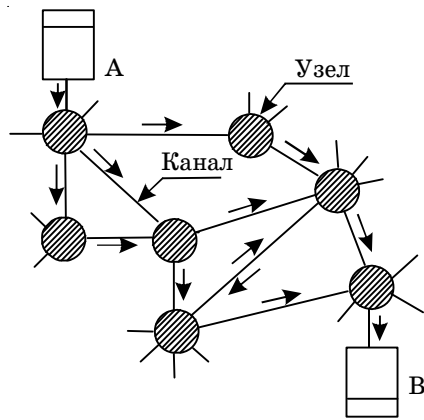


Рис. 6.1 — Коммутация пакетов от абонентской системы А к абонентской системе В

от коммутации каналов, коммутация происходит в течение всего сеанса взаимодействия систем, а не только в начале этого сеанса.

В результате того, что пакеты идут по различным направлениям (последовательностям каналов), они могут приходить в пункт назначения с разным запаздыванием. Кроме того, после прохождения через какие-нибудь каналы в пакетах могут возникнуть ошибки, из-за чего пакеты уничтожаются и передаются вновь. Это приводит к тому, что все пакеты, посланные системой, не могут быть доставлены с одинаковым временем прохождения через коммуникационную сеть.

Коммутация пакетов является более сложной технологией, чем коммутация каналов. Основные принципы пакетного режима описаны в протоколе X.25. Первый проект Рекомендаций X.25 был издан МККТТ в 1974 г. Он пересматривался в 1976, 1978, 1980 и 1984 гг., а в 1985 г. был издан в виде Рекомендаций, известных как «Красная книга». Стандарт X.25 определяет процедуры обмена данными для устройств передачи данных между пользователем и узлом коммутации пакетов. Таким образом, протокол X.25 является, практически, только спецификацией сопряжения. Он управляет взаимодействием между оконечным оборудованием данных DTE (Data Terminal Equipment) и оборудованием передачи данных DCE (Data Circuit Terminating Equipment).

Протокол X.25 организован по трехуровневой архитектуре, соответствующей трем нижним уровням модели ВОС. Стандарт X.25 ориентирован на предоставление пользователям для обмена данными виртуальных (логических) каналов. Одному физическому каналу может быть назначено до 4095 логических каналов.

Различают два вида соединений: *виртуальный* и *постоянный виртуальный* канал. Постоянный виртуальный канал аналогичен соединению, образуемому при кроссовой коммутации каналов. Он не требует отправки вызова, так как логический канал постоянно находится в состоянии передачи данных. Аналогом виртуального канала является соединение, устанавливаемое по заказу на время сеанса при ручной или автоматической коммутации каналов.

Пакеты X.25 имеют переменную длину, что требует достаточно сложного алгоритма управления буферным устройством коммутатора. Скорость в канале не превышает 64 кбит/с. Протокол X.25 является одним из самых сложных, так как узлы коммутации на уровне звена обязаны выполнять большое количество функций: разграничение кадров, вставку битов, обеспечение кодовой прозрачности, циклическое избыточное кодирование для обнаружения ошибок, повторную передачу для исправления ошибок с помощью протокола ARQ (Automatic Request for Data Correction — автоматический запрос исправления данных), управление потоком с помощью окна и мультиплексирование потоков пакетов различных виртуальных каналов в едином физическом канале. Все это значительно затрудняет применение метода коммутации пакетов для служб, осуществляемых в реальном масштабе времени. Однако коммутация пакетов является эффективным методом транспортирования данных для служб с относительно низкой скоростью передачи.

Коммутация пакетов, как и коммутация сообщений, осуществляется с помощью классической технологии, называемой **коммутацией с запоминанием** (Store-and-Forward) — способом коммутации, при котором блок данных передается ретрансляционной системой. Она заключается в том, что из принятого ретрансляционной системой пакета (сообщения) извлекаются заголовок, концевик и содержащаяся в нем передаваемая информация. Затем осуществляется проверка ошибок с помощью контроля циклической избыточности (CRC). Рассматриваемая коммутация проста, но характеризуется относительно большими задержками, происходящими в ретрансляционных системах. Поэтому в скоростных сетях она заменяется сквозной коммутацией.

Табл. 6.2 дает представление об особенностях указанных методов [14, с. 458].

Таблица 6.2

Особенности методов коммутации

Параметр сравнения	Коммутация каналов	Коммутация пакетов	Коммутация сообщений
Задержка	Постоянная, мс	Переменная, от 10 мс до секунд	Переменная, от секунд до минут
Степень использования линий	Слабая — средняя	Повышенная	Средняя
Защита от ошибок	Забота пользователя	Осуществляется сетью	Зависит от конкретной ситуации
Характер сеанса	Дуплекс	Дуплекс	Симплекс
Возможно ли изменение: — формата — скорости	Нет Нет	Да Да	Да Да
Память в промежуточных узлах	Нет	Малая емкость	Большая емкость
Применение	Телеинформатика	Телеинформатика	Современный телекс

Ретрансляция кадров

Ретрансляция кадров (Frame Relay) [1] — технология аппаратной скоростной коммутации данных. Ретрансляция кадров отличается от коммутации пакетов тем, что в рассматриваемом случае в коммуникационной сети отсутствуют пакеты. Фрагменты данных, передаваемые прикладным процессом, помещаются непосредственно в кадры, которые передаются не только между смежными системами, но и ретранслируются через всю коммуникационную сеть.

Передача больших потоков информации через коммуникационную сеть потребовала резкого увеличения скоростей передачи данных. В результате появились *сети ретрансляции кадров*. Технология ретрансляции заключается в сквозной коммутации, обеспечивающей аппаратное распределение в каждом узле интегральной коммутации проходящих кадров по адресам их назначения. При этом в промежуточных узлах коммутации ради получения высоких скоростей не осуществляется контроль достоверности и целостности данных, он возлагается на оконечные узлы коммутации. Последние создают на канальном уровне соединения и управляют потоками данных, выявляют и исправляют ошибки.

В узлах интегральной коммутации над канальным и физическим уровнем располагаются **канальные процессы**, связывающие каналы передачи данных. При возникающих ошибках и перегрузках узлы выбрасывают мешающие им кадры. Сетевого уровня здесь нет.

Ретрансляция кадров обеспечивает передачу данных в реальном времени. На физическом уровне ретрансляция поддерживается временным мультиплексированием (TDM). Контроль и устранение ошибок, возникающих при передаче данных через коммуникационную сеть, осуществляются на транспортном уровне. Кадры имеют специальный заголовок, определяемый *идентификатором соединения канала передачи данных (DLCI)*.

Быстрая коммутация пакетов – асинхронный режим передачи и АТМ

Быстрая коммутация пакетов (БКП) представляет собой концепцию, основной идеей которой является пакетная коммутация с минимумом функций, выполняемых узлами коммутации на канальном уровне с целью повышения уровня временной прозрачности сети.

Утвердилось понятие «быстрый пакет» (Fast Packet), связанное с необходимостью обеспечить высокую пропускную способность коммуникационных и, в первую очередь, базовых сетей. Для увеличения скорости передачи данных в этих сетях данные не упаковываются в обычные пакеты. Здесь кадры либо ячейки ретранслируются узлами интегральной коммутации и передаются через коммуникационную сеть. Эти кадры и ячейки стали именоваться быстрыми пакетами. В сетях скоростной коммутации данных узлы выполняют обработку блоков данных аппаратным, а не программным способом и осуществляют сквозную коммутацию. Технология функционирования этих узлов потребовала, чтобы передаваемые блоки данных удовлетворяли двум важным требованиям: они должны иметь небольшие размеры и обрабатываться на канальном уровне. Эти характеристики в значительной степени отличают быстрые пакеты от обычных, которые коммутируются на сетевом уровне при коммутации с запоминанием.

Ретрансляция быстрых пакетов в зависимости от размеров распадается на ретрансляцию кадров и ретрансляцию ячеек (рис. 6.2). Первая технология используется в создании постоянных виртуальных каналов (PVC) и в цифровых сетях с интегральным сервисом (ISDN). Вторая технология применяется в широкополосных цифровых сетях (B-ISDN) с использованием асинхронного способа передачи АТМ (Asynchronous Transfer Mode), а также в службах скоростной коммутации SMDS (Switched Multimegabit Data Service). В последнем случае часто используются стандарты IEEE и распределенная двойная шина с очередями (DQDB).

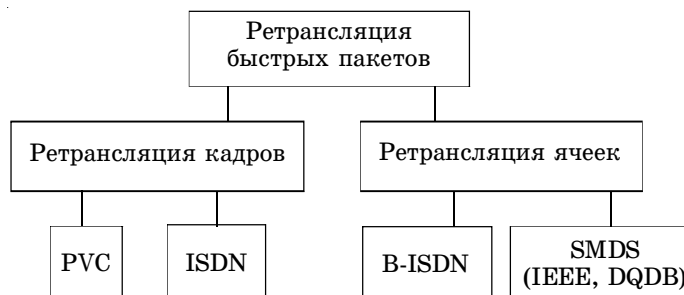


Рис. 6.2 — Ретрансляция быстрых пакетов

Наиболее четко ретрансляция ячеек определена стандартами ITU для асинхронного способа передачи. В общем случае эффективность использования пропускной способности цифровых трактов связи при применении пакетов переменной длины несколько выше, чем при применении пакетов постоянной длины. Однако этот выигрыш не является определяющим. В то же время вариант с пакетами постоянной длины более предпочтителен по сравнению с вариантом пакетов переменной длины как по скорости работы коммутационного оборудования, так и по объему буферного пространства.

Эксперты МСЭ-Т пришли к заключению об использовании пакетов фиксированной длины. Было также принято решение использовать другое

наименование, отличное от термина «пакет», чтобы подчеркнуть принятую фиксированную длину. Было одобрено название «ячейка» (Cell).

Здесь каждый быстрый пакет, помещаемый в ячейку бесконечной ленты данных, имеет размер 53 байта, в том числе заголовок величиной в 5 байт. Европейские ученые выступали за размер ячейки в 32 байта с целью устранения эхоподавителей при передаче речи, а ученые США и Японии предлагали ячейку размером в 64 байта для достижения большей эффективности использования цифровых трактов. Был достигнут компромисс, и длина ячейки была принята равной 53 байтам.

Технология ретрансляции ячеек легко осуществляется в распределенной двойной шине с очередями (DQDB) и использует оптические каналы. Основными положительными сторонами метода АТМ являются возможности транспортирования по сети информации любой службы независимо от скорости передачи, требований к семантической и временной прозрачности сети и пачечности трафика ячеек.

Однако фазе передачи информации в сетях АТМ предшествует фаза установления виртуального соединения, во время которой осуществляется проверка достаточности объема сетевых ресурсов, как для качественного обслуживания уже установленных виртуальных соединений, так и для создаваемого. Если сетевых ресурсов недостаточно, то окончательному устройству выдается отказ в установлении соединения.

В сетях АТМ вероятность потери пакета в коммутационном устройстве ограничивается значениями $10^{-8} \dots 10^{-12}$.

Ошибка в заголовке может привести к неправильной маршрутизации. Это обуславливает эффект размножения ошибок: один искаженный бит в заголовке может привести и к утрате пакета, и к его доставке не по адресу. С целью уменьшения эффекта размножения ошибок из-за неправильной маршрутизации в заголовке пакета АТМ обеспечиваются обнаружение ошибок и их исправление.

Рассмотрим вкратце структуру узла коммутации (УК) при БКП (рис. 6.3) [36, с. 100]. Кроме коммутационной системы КС, на узле коммутации содержится распределитель Р, в состав которого входят буферное запоминающее устройство БЗУ и управляющее устройство УУ. В функции входного распределителя (контроллера) входят прием из входящей соединительной линии ВСЛ ячеек, приписывание им некоторого заголовка, определяющего маршрут их движения в коммутационной системе, и распределение полученных после этой процедуры БП по входам КС. Выходной контроллер пересылает быстрый пакет БП с выходов коммутационной системы в выходные линии связи ИСЛ, осуществляя мультиплексирование. При этом в БП удаляется заголовок и он превращается в ячейку.

Управляющее устройство на этапе установления виртуального канала осуществляет функции выбора маршрута передачи БП по КС и формирования соответствующего маршрутного поля. На этапе разъединения виртуального канала УУ передает в распределитель сигнал о стирании этой информации.

Коммутация БП в КС осуществляется на основе анализа управляющей информации, содержащейся в заголовке БП. Существуют КС с самомаршрутизацией и без самомаршрутизации БП. В КС без самомаршрутизации необходимо осуществить предварительное занесение в таблицу маршрутизации информации о порядке коммутации БП, передаваемого в заданном виртуальном канале. При этом во входном контроллере не происходит приписывания

заголовка БП. В КС с самомаршрутизацией, которая находит наибольшее применение, на входе в заголовок БП добавляется заголовок, самостоятельно определяющий порядок перемещения БП в коммутационной системе.

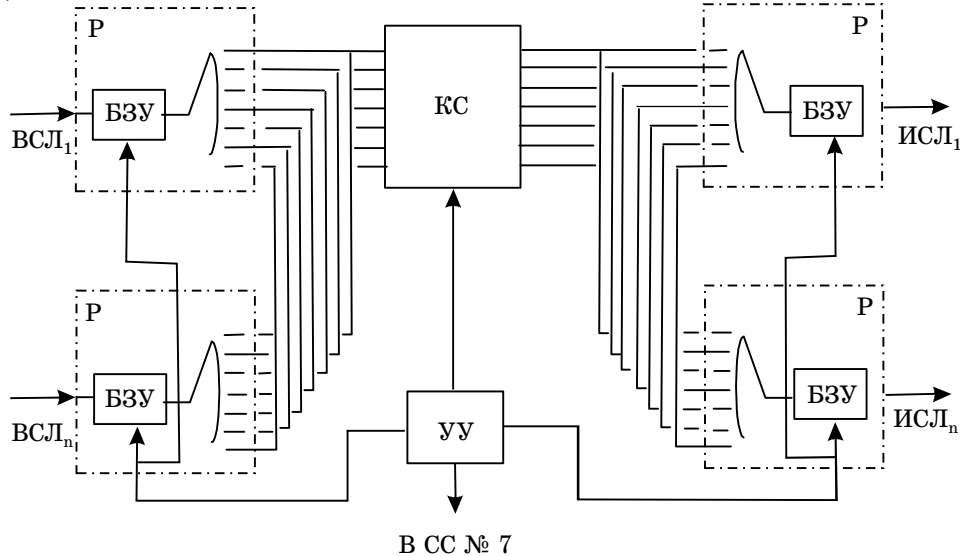


Рис. 6.3 — Общая схема УК с БКП

Все коммутационные системы БКП, применяемые в АТМ, делятся на три типа [26, с. 120; 36, с. 102]: с коллективной памятью, с общей средой (КС шинного и кольцевого типов) и с пространственным разделением (матричные, баньяновидные (древовидные) и с N^2 -раздельными соединениями). КС шинного типа для соединения входных и выходных контроллеров используют высокоскоростную шину (моноканал) с временным мультиплексированием. В КС кольцевого типа входные и выходные контроллеры подключаются к кольцевой шине. В КС с общей памятью входные и выходные контроллеры КС соединены между собой не через шину, а через общую память, запись в которую производится всеми входными контроллерами, а считывание — всеми выходными контроллерами. В основу КС матричного типа (рис. 6.4) положен массив из N^2 ключей, по одному на каждую пару «вход — выход». В настоящее время наиболее перспективной считается КС матричного типа. Однако такой матрице требуется N^2 ключей. Многокаскадные КС баньяновидного типа (баньян — название дерева, встречающегося в Индии) при одинаковой емкости имеют меньшее число ключей. Ключ в такой КС может находиться в одном из двух состояний (рис. 6.5): сквозном (транзит) и перекрестном (кресе).

Схема разветвителя, показанная на рис. 6.5, имеет единственный путь от входа до каждого выхода. Схема концентратора строится зеркально. Совокупность разветвителей и концентраторов позволяет построить многозвенную схему КС типа Баньян (КС-Б) (рис. 6.6). Процесс маршрутизации в КС такого типа состоит в следующем. В заголовке каждого БП находится маршрутное поле S , представляющее собой последовательность двоичных разрядов, число которых равно числу каскадов в КС. В каждом каскаде КС происходит декодирование соответствующего разряда маршрутного поля,

причем если разряд равен 1, то КЭ, на который поступил БП, реализует операцию «кросс»; в противном случае (разряд равен нулю) — операцию «транзит».

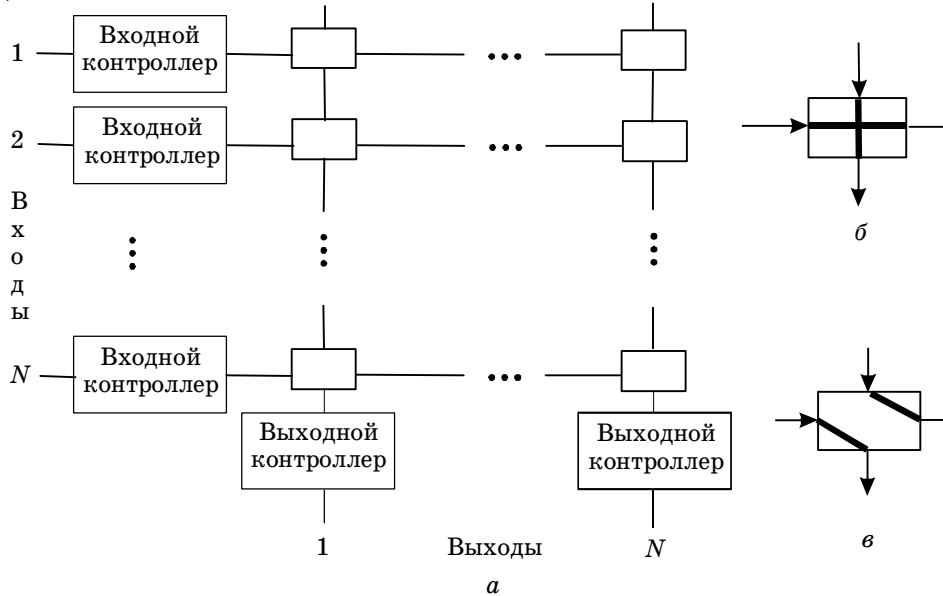


Рис. 6.4 — Коммутационная матрица матричного типа:
a — массив из N^2 ключей; *б* — сквозное состояние ключа;
в — перекрестное состояние ключа

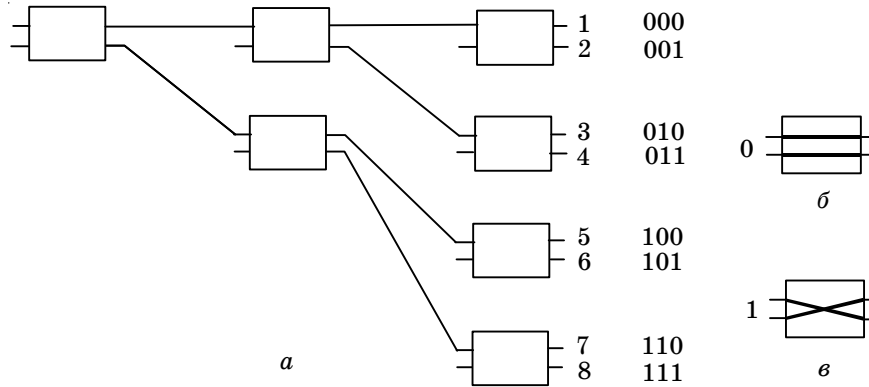


Рис. 6.5 — Разветвитель типа Баньян:
a — схема разветвителя емкостью $N = 23$; *б* — состояние «транзит»
 ключа разветвителя; *в* — состояние «кросс» ключа разветвителя

Могут быть и другие принципы выбора выхода в КЭ. В случае, когда на оба входа КЭ одновременно поступают два БП, которые должны быть переданы на один и тот же выход КЭ, возникает конфликт между БП с возможностью потери одного или обоих. Чтобы устранить такие конфликты, на входе или выходе КЭ ставят буферное запоминающее устройство, в котором один из двух находящихся в конфликтном состоянии БП задерживается на время передачи другого БП, которому присвоен приоритет по тем или иным причинам.

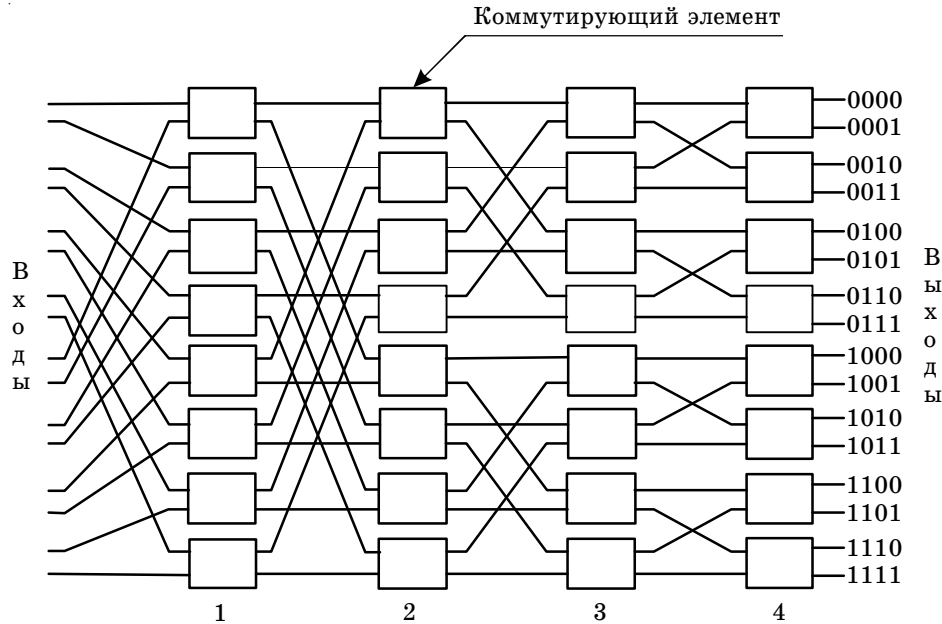


Рис. 6.6 — Коммутационная система типа Баньян

Можно значительно снизить вероятность конфликтного состояния и блокировки путем использования *КС со многими маршрутами*, позволяющего благодаря наличию множества альтернативных маршрутов между каждой парой «вход — выход» уменьшить вероятность внутренних блокировок. Кроме того, *КС со многими маршрутами* обладает более высокой отказоустойчивостью. Возможны два основных альтернативных варианта осуществления маршрутизации БП в *КС со многими маршрутами*. Одним из примеров *КС со многими маршрутами* может служить *КС*, получившая название *схемы Бенеша*, в которой имеются две ступени каскадов: каскады выбора маршрута и основные. Основные каскады схемы Бенеша представляют собой обычную схему типа Баньян, а следовательно, число основных каскадов в схеме Бенеша равно $n = \lg_2 N$, где N — число входов в *КС*. При $N = 8$ имеется 3 каскада. Каскады выбора маршрута обеспечивают организацию альтернативных маршрутов. При этом число каскадов в ступени выбора маршрута определяется необходимым числом альтернативных маршрутов. При k альтернативных маршрутах на ступени выбора маршрута необходимо иметь $m = \lg_2 k$ каскадов.

В *КС*, построенной по схеме Бенеша, также возможно возникновение конфликтных состояний, ведущих к состязаниям БП. Такие конфликты БП устраняются с помощью введения БЗУ и специального протокола обмена сигналами REQ и ACK, которые позволяют вместо конфликтов (состязаний) иметь дело с внутренними блокировками БП. Однако это снижает скорость передачи БП по *КС*.

Была разработана *КС*, не использующая БЗУ, в которой отсутствуют конфликты БП. В такой коммутационной системе перед схемой типа Баньян устанавливаются несколько каскадов, образующих сортирующую *схему Бетчера*. В схеме Бетчера используются двоичные коммутационные элементы, аналогичные КЭ *КС-Б*. Однако правила передачи БП с входа на выход КЭ в схеме Бетчера иные, чем в *КС-Б*. В схеме Бетчера каждый КЭ отмечен

стрелкой, указывающей на иное, чем в схеме типа Баньян, правило выбора направления передачи БП. Если на оба входа КЭ сортирующей схемы Бетчера поступают БП, то осуществляется сравнение разрядов маршрутных полей этих двух БП. При этом БП, у которого сравниваемый разряд имеет значение 1, в то время как у другого БП этот разряд равен 0, направляется на выход по направлению стрелки. Второй БП передается на второй выход КЭ. Если эти разряды равны, то сравнивают следующие разряды вплоть до нахождения различия в значениях соответствующих разрядов, после чего принимается решение.

Когда все разряды маршрутных полей у двух поступивших БП равны, сравнивают соответствующие разряды информационных полей. Если на один из входов не поступает БП, то считается, что на этот вход поступил пассивный БП, значения всех разрядов маршрутного и информационного полей которого равны 0.

Благодаря технологии АТМ все коммутационное оборудование становится однородным, решающим для всех видов информации одну задачу — быструю коммутацию фиксированных пакетов, получивших название ячеек, и асинхронного временного разделения ресурсов, при котором множество виртуальных соединений с различными скоростями асинхронно мультиплексируются в едином физическом канале связи — цифровом тракте.

Основные выводы проведенного обзора методов коммутации могут быть сведены в табл. 6.3 [15, с. 400].

Таблица 6.3

Достоинства и недостатки коммутационных методов

Способ коммутации	Достоинства	Недостатки
Коммутация каналов (КК)	1) не требуются ресурсы сети для обработки сообщений 2) задержка сообщений минимальна и равна времени установления соединения	1) невозможно изменение полосы пропускания канала 2) невозможна интеграция в одной сети видов служб с разными скоростями передачи 3) низкое использование полосы пропускания канала
Многоскоростная коммутация каналов (МКК)	1) возможность изменения полосы пропускания канала; 2) задержка сообщения минимальна	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)	1) невозможность изменения полосы пропускания канала благодаря передаче пакетов данных в паузах речевого сигнала	1) быстрый рост потерь при перегрузках 2) потеря части речевых отрезков при перегрузках

Продолжение табл. 6.3

Способ коммутации	Достоинства	Недостатки
	<p>2) улучшенное использование полосы канала при трафике пачечного типа</p> <p>3) задержка сообщения мала</p>	<p>3) для передачи каждого сообщения (в паузах речевого сигнала) необходимо установление соединения за время $t_{уст} < 140$ мс, чтобы межконцевые задержки не превышали 240 мс</p>
Коммутация пакетов (КП)	<p>1) динамическое изменение скорости передачи</p> <p>2) высокое использование ресурсов сети при пачечном трафике</p>	<p>1) задержка для речевого трафика может быть недопустимо велика</p> <p>2) высокая сложность протоколов канального и сетевого уровней</p> <p>3) большая зависимость задержки сообщений от поступающей нагрузки</p>
Коммутация пакетов (КП)	<p>1) динамическое изменение скорости передачи</p> <p>2) высокое использование ресурсов сети при пачечном трафике</p>	<p>1) задержка для речевого трафика может быть недопустимо велика</p> <p>2) высокая сложность протоколов канального и сетевого уровней</p> <p>3) большая зависимость задержки сообщений от поступающей нагрузки</p>
Быстрая коммутация пакетов (БКП)	<p>1) динамическое изменение скорости передачи (полосы пропускания канала)</p> <p>2) малая вероятность ошибки</p> <p>3) простота протоколов канального и сетевого уровней</p> <p>4) малая величина задержки</p> <p>5) хорошее использование ресурсов при пачечном трафике</p> <p>6) гибкость в условиях перегрузки</p>	<p>1) потери скорости передачи из-за необходимости включения адреса в каждый пакет</p> <p>2) усложнение коммутационных полей</p>

6.2. Коммутация в ТФОП

6.2.1. Общие положения

Коммутация речевых сообщений производится в ТФОП с помощью метода КК на основе двух главных принципов организации связи: непосредственной связи через соединительный шнур (СШ) или косвенной связи (Store-and-Forward) через запоминающее устройство. В общих чертах оборудование любой конкретной коммутационной станции можно разделить на ряд категорий в соответствии с тем, какую роль оно выполняет (рис. 6.7) [25, с. 17]: сигнализацию, управление или коммутацию. Основная функция, выполняемая оборудованием **сигнализации**, — наблюдение за активностью входящих ВСЛ и последующая трансляция этого состояния в устройство управления КС. Кроме того, оборудование сигнализации используется для выдачи управляющих сигналов на ИСЛ при поступлении указаний из блока управления КС. Устройство **управления** обрабатывает поступающую от цепи информацию и дает команду на соответствующие соединения. **Коммутационная схема** устанавливает соединения между ВСЛ и ИСЛ с помощью замыкания, размыкания контактов с управляемой выборкой.

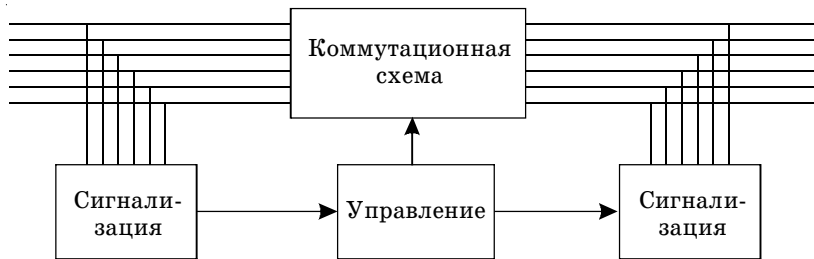


Рис. 6.7 — Составные части системы коммутации

Основными функциями устройств **коммутации** являются:

- 1) концентрация нагрузки, исходящей от источников со слабой активностью, в объединенных средствах передачи;
- 2) адресация, сопровождение и направление информации от источника к потребителю согласно фиксированному или переменному трафику от одного центра к другому.

Различают коммутацию **оперативную** (соединение на короткое время) и **кроссовую** (долговременное соединение).

Коммутационные узлы и станции классифицируются по следующим признакам:

- по способу обслуживания вызовов — ручные, автоматические, полуавтоматические;
- по назначению — городские, междугородные, сельские, учрежденческие;
- по емкости — АТС малой, средней и большой емкости;
- по способу разделения каналов — пространственные и временные;
- по типу оборудования — декадно-шаговые, координатные, квазиэлектронные, электронные.

Начало развитию телефонных сетей было положено в 1876 г., когда американский учитель школы глухонемых А.Г. Белл (1847–1922 гг.) запатентовал изобретенный телефон. Уже в течение первого десятилетия суще-

ствования телефона появились телефонные сети во многих городах мира (с коммутаторами ручного обслуживания), а также были изобретены автоматические телефонные станции (АТС). Здесь не обошлось без курьеза [46, с. 65]. Первую АТС изобрел грововщик А. Струуджер из Канзас-Сити (США). Когда его ритуальный бизнес неожиданно пошел на убыль, он узнал, что телефонистка на городской телефонной станции преднамеренно соединяет его клиентов с конкурентом, ее женихом. Стремясь восстановить справедливость, Струуджер забросил похоронное дело, занялся электромеханикой, разработал и запатентовал устройство декадно-шаговой АТС и организовал производство коммутационной аппаратуры.

Декадно-шаговая система коммутации основана на применении электромеханического прибора — **шагового искателя**, в котором щетки при срабатывании электромагнита перемещаются на один шаг по десятирядному контактному полю. Электромагнит же срабатывает от импульса, возникающего в цепи постоянного тока при ее кратковременном разрыве. Пользуясь номеронабирателем, который осуществляет серию кратковременных разрывов цепи в зависимости от набранной цифры, абонент телефонной сети сам управляет процессом установления своего соединения. Однако придуманное Струуджером прямое управление процессами установления соединения от номеронабирателя оказалось неэффективным потому, что абонент может делать большие паузы между набираемыми цифрами и занимать тем самым непродуктивно коммутационный прибор и даже канал связи (например, если он уже начал набирать номер абонента в другом городе). Поэтому вместо прямого управления были созданы системы косвенного или **регистрового** управления, при котором процесс установления соединения начинается лишь после того, как весь набранный номер зафиксирован в специально предназначенном для этого приборе-регистре. В этом случае процесс управления становится более гибким, поскольку он не связан с необходимостью реализации каждого элемента команды (каждой отдельной цифры), а может использовать целую группу элементов или даже весь их набор. Однако и косвенное управление с помощью импульсов постоянного тока (или, как говорят, батарейных импульсов), по современным меркам, действует слишком медленно, особенно когда нужно передать с десятков цифр при международной связи.

Более быстродействующий метод набора связан с созданием кнопочного номеронабирателя, или **тастатуры**. При нажатии кнопки такого номеронабирателя цифра передается двухчастотным сигналом продолжительностью 40 мс. Появление системы косвенного управления было первым шагом важного процесса разделения средств коммутации и управления, который получил дальнейшее развитие в электронных АТС.

Серьезный недостаток декадно-шаговой системы коммутации заключается в применении контактов скольжения, требующих значительных затрат на техническое обслуживание. Развитие коммутационных приборов пошло по пути перехода от контактов скольжения к более надежным контактам нажатия (реле, многократные координатные соединители (МКС)), в результате чего появились **КС координатного** типа. Дальнейшее же повышение надежности и технологичности коммутационного оборудования уже связано с применением электроники.

К сожалению, создать электронный коммутационный прибор для аналогового телефонного сигнала не удастся. Для этого требуется переключающее устройство с перепадом сопротивления во включенном и выключенном состоянии не менее 10^8 раз. Ввиду невозможности реализации такого прибора

электронными средствами, крупные аналоговые системы коммутации могут быть только так называемого **квазиэлектронного** типа. В таких станциях на электронных элементах построены все узлы, кроме коммутационного поля. В последнем применяются механические герметизированные контакты (герконы, гезакконы, ферриды) в стеклянных баллончиках с электрическим или магнитным удержанием соединений.

Из экспертных оценок специалистов европейских стран тенденций развития различных видов коммутации (рис. 6.8) следует, что в перспективе будут использоваться как электронные, так и оптические системы коммутации на основе БКП [36, с. 58].

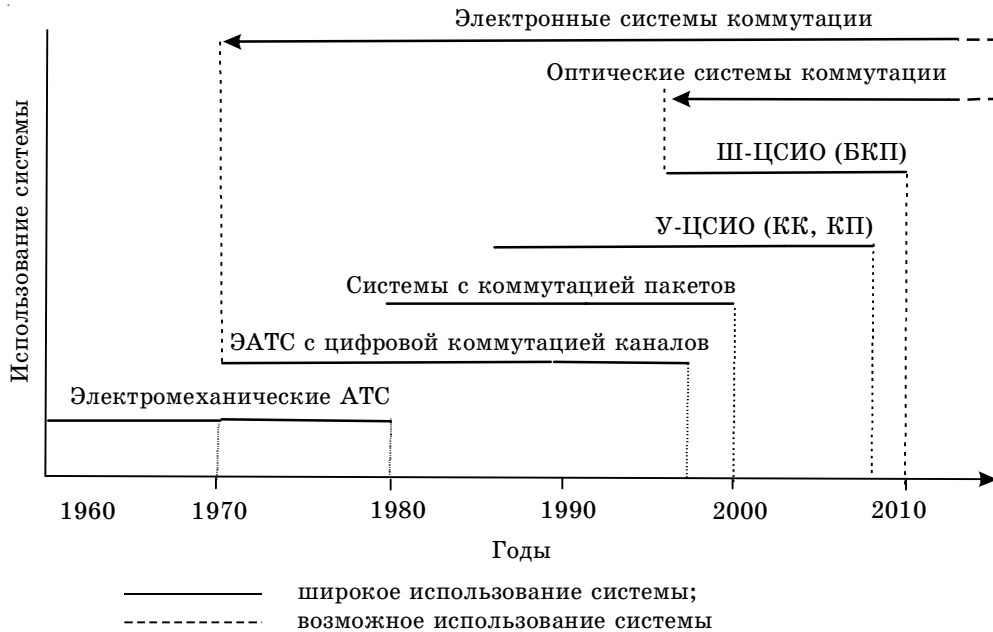


Рис. 6.8 — Оценка тенденций развития видов коммутации

В основу функционирования коммутационных систем всех перечисленных типов была положена идея гальванического контакта, осуществляемого между ВСЛ и ИСЛ тем или иным способом. Величина сопротивления этого контакта определяла качественные характеристики коммутатора. Современные электронные, и в особенности цифровые, коммутаторы позволяют полностью отказаться от указанной идеи, используя в качестве «электронного контакта» логическую схему «И», осуществляющую логическое умножение входного потока двоичных данных либо на «1» в состоянии «контакт включен», либо на «0» в состоянии «контакт разомкнут».

Современные станции коммутации содержат три основных функциональных группы приборов: **коммутационное поле, управляющие и периферийные** устройства. К последним относятся **абонентские комплекты** (станционные оконечные устройства каждой абонентской линии), **комплекты соединительных линий** (линий, связывающих данную телефонную станцию с другими станциями), **сигнально-вызывные** и другие устройства, которые могут связываться с коммутационным полем или устройствами управления в процессе работы станции.

6.2.2. Ступени искания

Понятие «**ступени коммутации**», которое предоставляет одну точку коммутации в соединительном пути, нужно отличать от понятия «**ступени искания**», которое относится к процессу управления выбором путей установления соединений. **Ступень искания** представляет собой каскад ступеней коммутации, выполняющий конкретную функцию искания соединительного пути [46]. Обычно коммутационные поля АТС содержат ступени абонентского (АИ), или линейного, и группового искания (ГИ).

В ступень **абонентского** искания включаются абонентские линии. При исходящем вызове (от абонента) задача этой ступени состоит в том, чтобы подключить линию вызывающего абонента к любому свободному выходу, ведущему к ступени группового искания. При входящем вызове (к абоненту) эта ступень должна найти линию конкретного абонента и подключить к ней тот конкретный выход ступени, на котором оказался вызов, поступивший из ступени группового искания.

В **групповую** ступень искания включаются промежуточные линии от ступени абонентского искания, и в соответствии с поступившими вызовами она должна коммутировать эти линии по нужным группам путей, ведущим к вызываемым линиям.

Таким образом, среди процессов управления коммутацией можно выделить три этапа искания:

- на первом этапе происходит **свободное** искание (или **предыскание**), при котором вызов коммутируется к любому свободному выходу, от которого и продолжится процесс искания;
- на втором этапе происходит **групповое** искание, на котором выбирается произвольная линия в нужной группе;
- на третьем этапе осуществляется **линейное** искание, задачей которого является выбор конкретной линии, являющейся адресатом вызова.

Структура коммутационных полей от декадно-шаговых до электронных АТС претерпела коренные изменения, однако изложенная последовательность этапов искания в той или иной форме сохранилась во многих системах.

Рассмотрим структуру коммутационных блоков и ступеней искания в координатных (АТСК) и квазиэлектронных системах АТС (АТСКЭ).

6.2.3. Коммутационные приборы и их условные обозначения

Приборы автоматической коммутации в соответствии с их структурными параметрами можно разделить на четыре вида [29, с. 26]: реле, искатели, многократные соединители и соединители (рис. 6.9). Схематические изображения перечисленных приборов показаны на рисунках 6.9, *а, г, ж, к*. Условные изображения в координатном начертании показаны на рис. 6.9, *б, д, з, л* в символическом начертании — на рис. 6.9, *в, е, и, м*. Коммутационный прибор, имеющий один вход и один выход, два устойчивых состояния и переходящий из одного состояния в другое под действием сигнала R , поступающего из устройства управления, называется **реле**. При однородной l -проводной коммутации в одном состоянии реле разрываются соединения между всеми l проводами входа и выхода, а в другом — между входом и выходом устанавливается l -проводное соединение. При неоднородной коммутации в одном состоянии реле отсутствует соединение между i проводами входа и выхода

(при наличии $(l-i)$ -проводного соединения между ними). В другом состоянии, наоборот, устанавливается i -проводное соединение ($0 < i < l$) и разрывается $(l-i)$ -проводная связь между входом и выходом реле.

Коммутационный прибор с одним входом и m выходами, обеспечивающий выбор одного из m выходов и подключение к нему входа, называется **искателем** (рис. 6.9,з). Искатели характеризуются числом выходов m при $m > 2$ и проводностью l при $l = 1$.

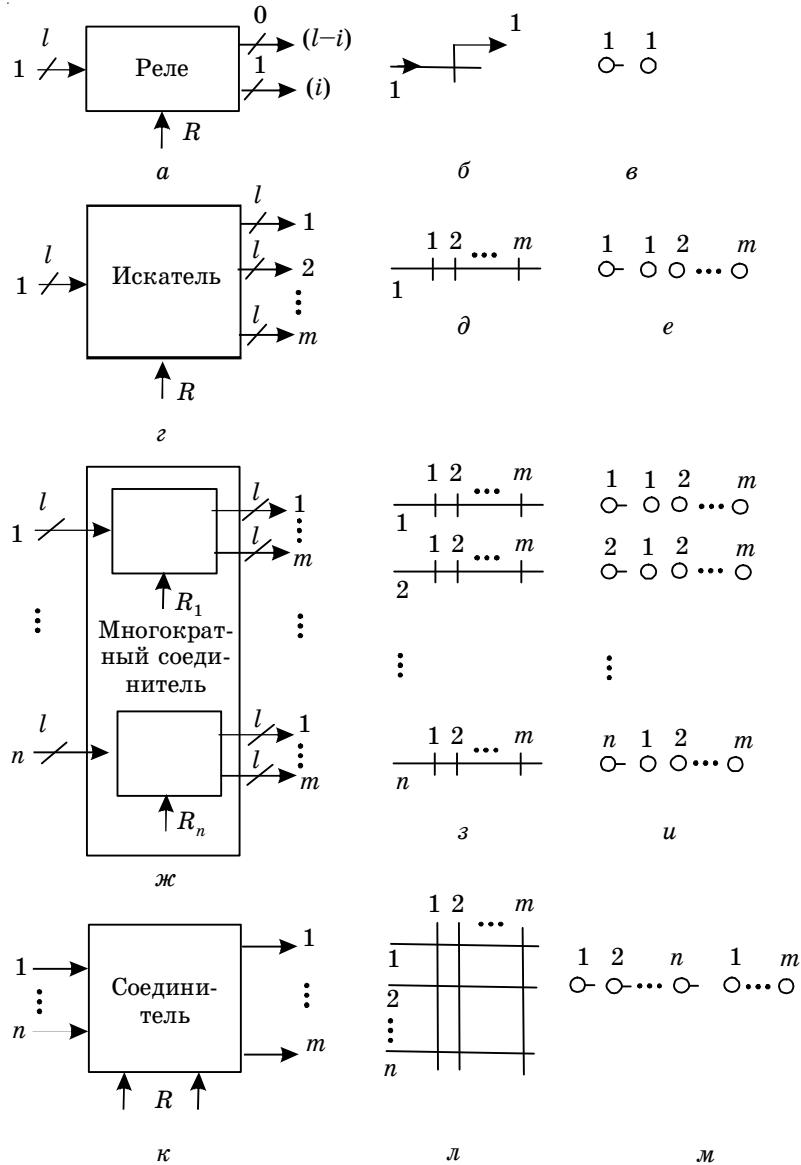


Рис. 6.9 — Коммутационные приборы и их условные обозначения

Многократным соединителем называется прибор, представляющий собой конструктивное объединение n устройств, каждое из которых имеет один вход и m выходов (рис. 6.9,ж).

Соединителем называется коммутационный прибор (рис. 6.9,к), имеющий n входов и m выходов, в котором может быть установлено соединение

любого из n входов с любым из m выходов, причем одновременно может быть установлено m соединений, если $n = m$, или n соединений, если $n < m$.

К приборам автоматической коммутации предъявляют ряд требований. Они должны обладать высоким коммутационным коэффициентом, большой проводностью, высокой чувствительностью и малым временем действия, стабильностью, надежностью и долговечностью работы, малой стоимостью. Под высоким коммутационным коэффициентом понимают отношение $K_k = R_{\text{раз}}/R_{\text{зам}}$, где $R_{\text{раз}}$ и $R_{\text{зам}}$ — сопротивление между входом и выходом КП в состоянии размыкания и замыкания соответственно.

6.2.3. Структуры коммутационного поля

Основная задача коммутационного поля — предоставление соединения между любой из линий, включенной на его входе, с любой линией на выходе. Простейшим и наиболее очевидным решением задачи такого соединения является структура в виде системы пересекающихся шин, в которой в каждой точке пересечения может быть замкнут электрический контакт. Такую структуру (соединитель, рис. 6.9) имеет коммутационное поле квазиэлектронных АТС. Число входов в таких соединителях кратно двум: 4×4 , 8×8 , 16×8 и т.д., что удобно при работе с управляющими устройствами, использующими двоичный код.

Существует два подхода к построению коммутационных систем (разделенного и неразделенного типа). В первом случае различаются входы и выходы коммутационного поля, причем разрешено соединять только входы с выходами, а соединения внутри групп входов или выходов запрещены. Во втором случае разделение полюсов коммутационного поля на группы входов и выходов отсутствует и разрешается соединение между любыми полюсами.

В коммутационном блоке включение выходов по отношению ко входам может быть полностью и неполнодоступным (рис. 6.10). *Полнодоступным* включением называется включение, при котором любой вход блока можно соединить с любым свободным выходом. Если вход можно соединить только с d из n выходов, такой блок носит название неполнодоступного с доступностью, равной d .

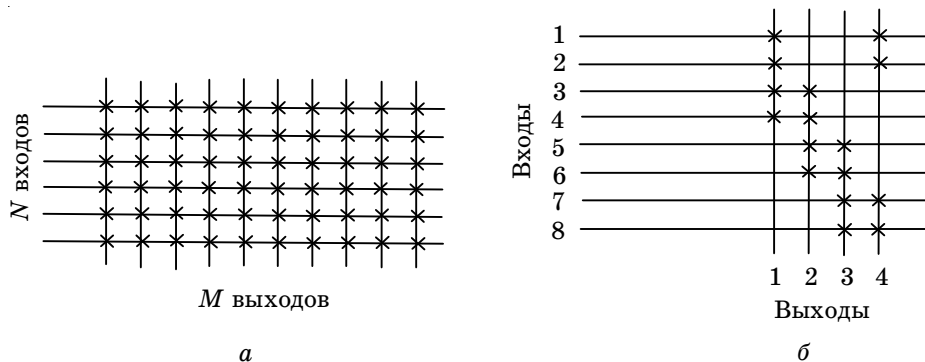


Рис. 6.10 — Прямоугольное коммутационное поле:
а — полностью доступное; б — неполнодоступное

Для соединения между входом и выходом требуется всего одна **точка коммутации**. Хотя здесь и дальше все рассматриваемые схемы даются

в однопроводном изображении, фактически под точкой коммутации обычно имеют в виду целую группу контактов, выполняющих одновременное переключение нескольких проводов сложных электрических цепей, например 2- или 4-проводных.

Для установления соединений внутри группы абонентов необходимо, чтобы каждая линия из группы могла быть соединена с любой другой из этой группы. На рис. 6.11,а [25, с. 243] приведена структура, которую можно использовать для взаимных соединений двухпроводных линий. Пунктирные линии здесь указывают на внешние соединения входов и выходов коммутационного поля. В коммутационном поле проключаются либо точка (i,j) , либо (j,i) . Коммутационные системы для 4-проводных цепей (рис. 6.11,б) требуют установления отдельных соединений для прямой и обратной ветви цепи передачи.

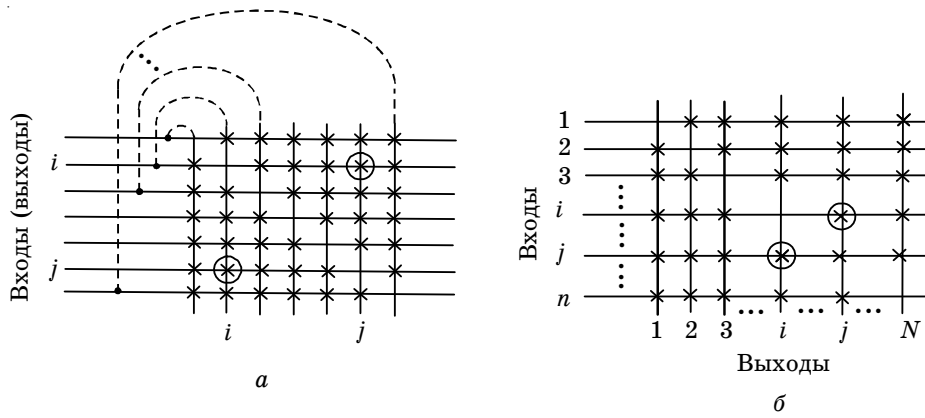


Рис. 6.11 — Квадратные коммутационные поля:
а — двухпроводное; б — четырехпроводное

Рассматриваемые схемы коммутатора носят название **однозвенных**. Наряду с достоинствами очевидны и их недостатки. Прежде всего, с ростом числа коммутируемых линий быстро увеличивается количество точек коммутации, хотя их использование остается довольно небольшим. При наличии N входов и N выходов общее число точек коммутации составит $N(N-1)$, тогда как максимальное число точек, одновременно используемых в соединениях при 100-процентной занятости коммутатора, составит всего N . Кроме того, конструкция коммутатора не очень хороша с точки зрения надежности: выход из строя какой-нибудь одной точки коммутации означает, что одна из конкретных пар «вход — выход» лишается возможности связи.

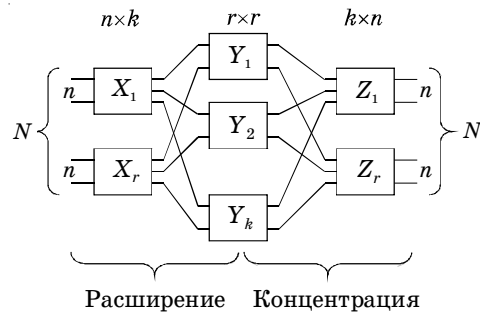


Рис. 6.12 — Трехзвенная коммутационная схема

Многозвенные коммутационные схемы позволяют использовать совокупность точек коммутации для образования нескольких соединительных путей через коммутационную схему. Структурная схема трехзвенного коммутатора показана на рис. 6.12 [46].

Входы и выходы коммутатора разбиты на r групп по n входов (выходов) в каждой ($N = r n$). В результате вместо одного коммутатора емкостью

$N \times N$ на входе схемы получатся r коммутаторов $n \times k$, а на выходе — r коммутаторов $k \times n$. На рис. 6.12 показан вариант с расширением нагрузки на первом звене и сжатием (концентрацией) на втором. Для упрощения рисунка эти коммутаторы показаны не в виде пересекающихся шин, а в виде прямоугольников.

Упомянутые две группы коммутаторов, называемые соответственно первой и третьей ступенью коммутации и обозначенные X и Z , связываются между собой через вторую ступень коммутации Y , содержащую k коммутаторов размерами $r \times r$. Число промежуточных линий, соединяющих каждый выход предыдущей ступени со входом последующей, называют **связностью** блока.

Нетрудно видеть, что в рассматриваемой трехзвенной схеме число возможных путей соединений равно количеству коммутаторов в центральном звене, что является несомненным достоинством схемы. Одновременно проясняется и недостаток многозвенной схемы, заключающийся в прохождении коммутируемых сигналов через ряд последовательно включенных точек коммутации (число таких точек равно числу звеньев в коммутаторе).

Однозвенная коммутационная схема является строго неблокирующейся, то есть соединение со свободным абонентом всегда может быть установлено путем выбора определенных точек коммутации. Однако, если допускается совместное использование точек коммутации как в многозвенной схеме, то возникает возможность блокировки. Анализ необходимого числа коммутаторов в центральном звене трехзвенной коммутационной схемы, которое обеспечивает строгую неблокируемость коммутатора, провел сотрудник фирмы Bell Laboratories Ч. Клоз в 1953 г. Воспроизведем ход его рассуждений.

Пусть из n входов коммутатора X_1 уже заняты какими-то соединениями $(n-1)$ входов, а из n выходов коммутатора Z_1 уже заняты какими-нибудь другими соединениями $(n-1)$ выходов. В самом неблагоприятном случае может оказаться, что все упомянутые $(2n-2)$ соединения проходят через разные коммутаторы второй ступени. В результате приходим к выводу, который можно рассматривать как строгое доказательство теоремы о том, что схема Клоза является полностью доступной и неблокирующей, если она содержит во второй ступени $k = 2n-1$ коммутаторов. Действительно, при наличии $(2n-2)$ рассмотренных соединений с самым неблагоприятным расположением выбранных путей (когда все эти соединения проходят через разные коммутаторы второй ступени) найдется еще один коммутатор во второй ступени, через который можно будет соединить оставшийся свободным вход коммутатора X_1 с единственным свободным выходом коммутатора Z_1 . Таким образом, в первой и третьей ступенях коммутации потребуются не квадратные, а прямоугольные коммутаторы $n \times (2n-1)$, которые расширяют коммутационную схему в ее средней части почти вдвое.

В этом случае говорят, что на первой ступени происходит процесс **расширения**, а на третьей — **концентрации** нагрузки. Минимальное число точек коммутации в рассмотренной схеме Клоза при $k = 2n-1$ может быть вычислено [25, с. 248] по формуле: $N_x = 4N(\sqrt{2N} - 1)$. Начиная приблизительно с N , равного трем десяткам, схема Клоза будет содержать меньше точек коммутации, чем схема однозвенного коммутатора той же емкости. При увеличении емкости коммутатора разница становится весьма ощутимой. Так, при $N = 512$ число точек коммутации в однозвенной схеме равно 261 632, в то время как в схеме Клоза оно равно 63 488.

Очевидно, что для установления соединения любого входа схемы с любым ее выходом при отсутствии других соединений может быть выбран любой из $k = 2n - 1$ возможных путей соединений, что существенно повышает надежность схемы. Число же используемых точек коммутации в схеме при полной нагрузке станет равным $3N$, так как в каждом соединении теперь участвуют по три точки.

Применение прямоугольных коммутаторов с использованием принципов расширения и концентрации ради исключения блокировок соединений и получения полнодоступности в практических схемах нередко признается излишним. Тогда используются квадратные коммутаторы емкостью $n \times n$, что позволяет существенно сэкономить число точек коммутации. Схема (см. рис. 6.12), построенная из квадратных коммутаторов $n \times n$ во всех трех ступенях коммутации, сохраняет свойство полнодоступности, но лишь в так называемом режиме **разовой** коммутации, когда список всех N требуемых соединений задан заранее, и пути для них выбираются одновременно с учетом возможностей установления других соединений заданного списка.

Такие схемы находят применение в узлах **кроссовой** коммутации, которые служат для сезонных переключений пучков каналов, когда все соединения устанавливаются и прекращаются одновременно. При дальнейшем уменьшении размера коммутатора n и увеличении числа ступеней коммутации можно добиться дальнейшего снижения числа точек коммутации в схеме и повышения эффективности их использования. В предельном случае $n = 2$ (т.е. при применении коммутаторов 2×2) число точек коммутации в схеме становится пропорциональным $N \log_2 N$, а коэффициент их использования при максимальной нагрузке приближается к 50 %. В самых современных системах коммутации на сетях с асинхронным методом передачи информации (АТМ) находят применение именно такие схемы, в которых число ступеней коммутации значительно увеличивается.

6.2.4. Коммутационное поле АТСК

Основным коммутационным прибором координатных систем АТС является многократный координатный соединитель (МКС) (рис. 6.9, ж, з, и). На рис. 6.13 показана схема двухзвенного коммутатора на 100 входов и 100 выходов, содержащего 20 МКС емкостью 10×10 . Входы блока включены в вертикали МКС звена А (первого звена). Горизонтالي у каждого из десяти МКС звена А соединены промежуточными линиями с вертикалями МКС звена В (второго звена). Выходы блока подключены к горизонталям звена В. Каждый МКС звеньев А и В образует коммутатор на десять входов и десять выходов. Возможны и другие виды двухзвенных схем, например схема с расширением, число выходов которой больше числа входов, или схема со сжатием, число выходов которой меньше числа входов. Расширение и сжатие могут осуществляться на каждом звене. Включение, показанное на рис. 6.13, называется схемой типа ВППВ (В — вертикаль, П — поле). Можно построить схемы типов ПВПВ, ПВВП, ВППВ. Схема на рис. 6.13 обеспечивает возможность подключения любого входа к любому выходу при отсутствии установленных ранее соединений. Если же в схеме произведено хотя бы одно соединение, например вход 1 соединен с выходом 1, то ни один из входов 2–10 не может соединиться ни с одним из выходов 2–10, так как между каждым коммутатором звеньев А и В имеется только одна промежуточная линия.

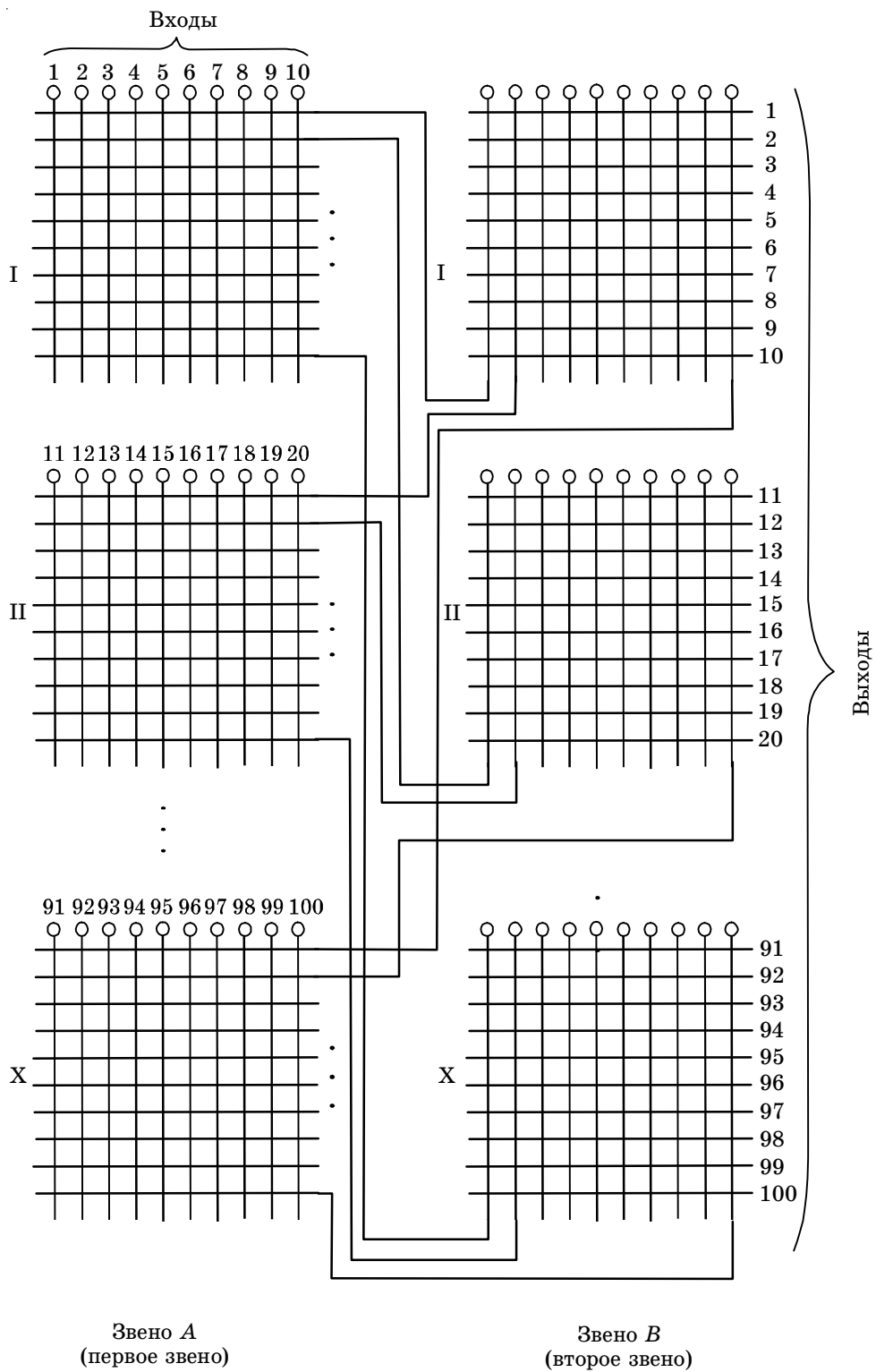


Рис. 6.13 — Коммутационный блок 100×100

Следовательно, выходы 2–10 оказались недоступными (заблокированными) для входов 2–10. Такое явление называют **внутренними блокировками**. Наиболее радикально внутренние блокировки уменьшаются применением трехзвенных и четырехзвенных схем, которые строятся аналогично двухзвенной с добавлением еще одного или двух звеньев. В таких схемах внутренние блокировки меньше, чем в двухзвенных, благодаря большому числу соединительных путей между каждым входом и выходом. Многообразие рассмотренных схем обеспечивает удовлетворение требований, которые предъявляются к той или иной ступени искания.

В координатных АТС при установлении соединения используются ступени абонентского (АИ), группового (ГИ) и регистравого (РИ) исканий. Ступень **абонентского искания** выполняет объединенные функции ступеней предварительного и линейного исканий декадно-шаговых АТС. На этой ступени производится как исходящее соединение от абонентов к свободным исходящим линиям, **шнуровым комплектам (ШК)**, так и входящее соединение к требуемой абонентской линии. При **исходящем** соединении на ступени АИ осуществляется подключение линии вызывающего станцию абонента к любому свободному в данный момент шнуровому комплекту. Так как нагрузка, поступающая от каждой абонентской линии, мала, то задачу свободного искания наиболее экономично может выполнить двухзвенная схема со сжатием. При **входящем** соединении на ступени АИ отыскивается линия вызываемого абонента, т.е. имеет место вынужденное искание, при котором должна быть обеспечена высокая доступность при малых блокировках. Эта задача может быть выполнена трех- или четырехзвенной схемой с расширением.

На рис. 6.14,а приведена функциональная схема трехзвенного блока АИ, применяемого в отечественных системах координатных АТС. Блок построен по типу ПВПВПВ, позволяет включать до 100 абонентских линий, имеет 20 исходящих и 20 входящих линий. В блоке используются МКС 20×10: звено А содержит три МКС, звено В — два МКС и звено С — один МКС.

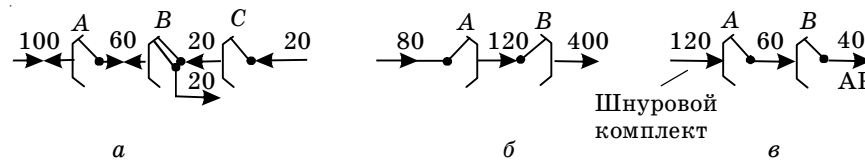


Рис. 6.14 — Функциональные схемы блоков:
а — абонентское искание; б — групповое искание;
в — регистравое искание

На ступени **группового искания** вход, на который поступил вызов с предыдущей ступени искания, подключается к любому свободному выходу заданного направления, т.е. производится *вынужденное* искание заданного направления и свободное искание в заданном направлении. Для *свободного* искания наиболее целесообразно использовать двухзвенную схему. Выбор же требуемого направления при вынужденном искании с минимальными блокировками может быть обеспечен применением схем расширения. Следовательно, для построения ступени ГИ наиболее экономичной является двухзвенная схема с расширением.

На рис. 6.14,б приведена функциональная схема двухзвенного блока ГИ, применяемого в отечественных системах АТС. Блок построен на МКС 20×20: звено А содержит четыре МКС, звено В — шесть. Блок, реализованный по

принципу ВПВП, имеет 80 входов, 120 промежуточных линий и 400 выходов, которые делятся по направлениям.

Ступень **регистрового искания** предназначена для соединения шнуровых комплектов с регистрами, предназначенными для приема адресной информации от номеронабирателя телефонного аппарата абонента. На этой ступени осуществляется *свободное* искание. Следовательно, блок РИ строится двухзвенным.

На рис. 6.14,в приведена функциональная схема двухзвенного блока РИ. Блок построен на МКС 20×10 : звено *A* содержит три МКС, звено *B* — два. Блок, реализованный по принципу ПВПВ, имеет 120 входов, 60 промежуточных линий и 40 выходов.

При построении ступени АИ образуются абонентские группы. Если группы мелкие (100 линий), то применяют единый блок АИ. Так, в АТС К-100/2000 используется 100-номерной блок типа ПВПВПВ (см. рис. 6.14,а). В АТСК и АТСК-У применяют 1000-линейные абонентские группы. В этом случае ступень строится четырехзвенной, типа ПВПВПВПВ, состоящей из двух двухзвенных блоков: абонентского *AB* (рис. 6.15,а) и входящего *CD* (рис. 6.15,б).

На 1000-ю абонентскую группу устанавливают десять блоков *AB* и от двух до пяти блоков *CD* в зависимости от величины входящей нагрузки. Поля звеньев *C* всех блоков *CD* одной группы соединяют друг с другом параллельно. Блок *AB* ступени АИ построен на МКС $20 \times 10 \times 6$: причем на звене *A* установлены три МКС, на звене *B* — два МКС. Один блок *CD* ступени АИ содержит два МКС $20 \times 10 \times 6$ на звене *C* и три МКС $10 \times 20 \times 6$ на звене *D*.

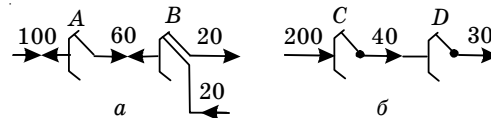


Рис. 6.15 — Функциональные схемы блоков ступени АИ АТСК

6.2.5. Коммутационное поле АТСКЭ

Коммутационное поле квазиэлектронных АТС [4, 29] построено по звеньевому принципу на основе матричных ферридовых, герконовых или гезаконовых соединителей. Число входов и выходов в таких соединителях кратно двум, например: 4×4 , 8×8 , 16×8 и т.д. Это обеспечивает наиболее эффективное использование управляющего устройства, работающего двоичным кодом. Коммутационное поле АТСКЭ большой емкости строится на основе двух блоков: концентрации и смешивания.

Блок концентрации на $N = 64$ входа и $V = 16$ выходов (рис. 6.16) содержит два звена: *A* и *B*. Звено *A* имеет четыре коммутатора емкостью 16×8 , а звено *B* — четыре коммутатора 8×4 . Связность между коммутаторами звеньев *A* и *B* равна двум. Блок имеет $V = 32$ промежуточные линии между звеньями *A* и *B*. Условное изображение блока показано на рис. 6.16,б.

Блок смешивания (рис. 6.17) имеет два звена по восемь коммутаторов емкостью 8×8 в каждом. На звеньях *A* и *B* используются коммутаторы 8×8 . Связность коммутаторов звеньев *A* и *B* равна единице. Условное изображение блока приведено на рис. 6.17,б.

На основе блоков концентрации и смешивания строятся основные коммутационные блоки АТС КЭ. Таковыми являются блок абонентских линий (БАЛ) и блок соединительных линий (БСЛ).

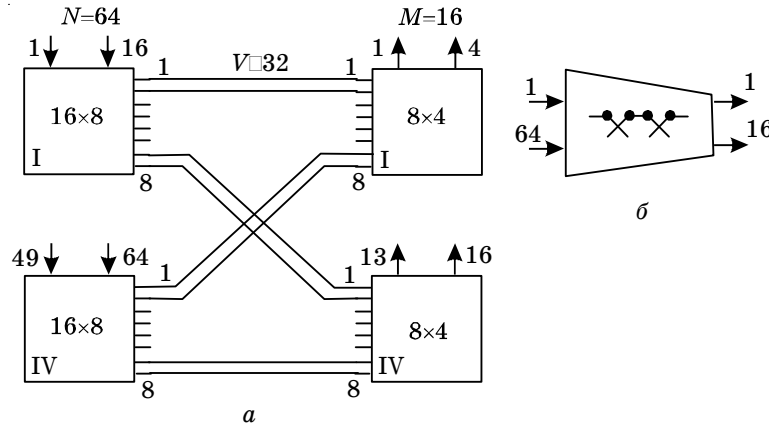


Рис. 6.16 — Двухзвенная схема концентрации 64×16: а — схема блока концентрации; б — условное обозначение блока концентрации

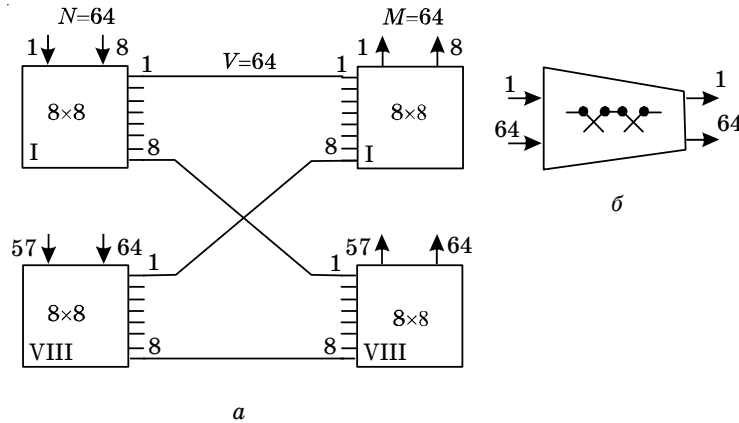


Рис. 6.17 — Двухзвенная схема смешивания 64×64: а — схема блока смешивания; б — условное обозначение блока смешивания

Блок абонентских линий предназначен для включения абонентских линий, имеющих малую нагрузку. Поэтому он содержит два звена концентрации (A, B) и два звена смешивания нагрузки (C, D) (рис. 6.18). Всего БАЛ содержит 64 блока концентрации и 16 блоков смешивания. Связность между блоками равна 1. Всего блок имеет 4096 входа, 1024 промежуточных линий между блоками и 1024 выхода. Условное изображение блока показано на рис. 6.18,б.

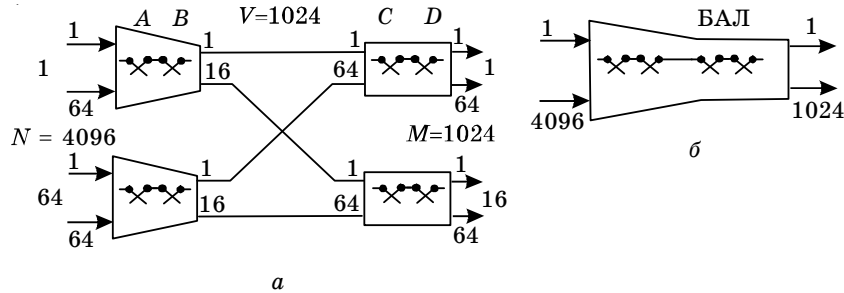


Рис. 6.18 — Блок абонентских линий 4096×1024: а — схема блока; б — условное обозначение блока

Блок соединительных линий используется для включения соединительных линий и линий от БАЛ. Блок имеет четырехзвенное построение и содержит восемь блоков смешивания (рис. 6.19). Связность между блоками смешивания равна 16. Всего БСЛ имеет 256 входов и выходов. Условное изображение блока показано на рис. 6.19,б.

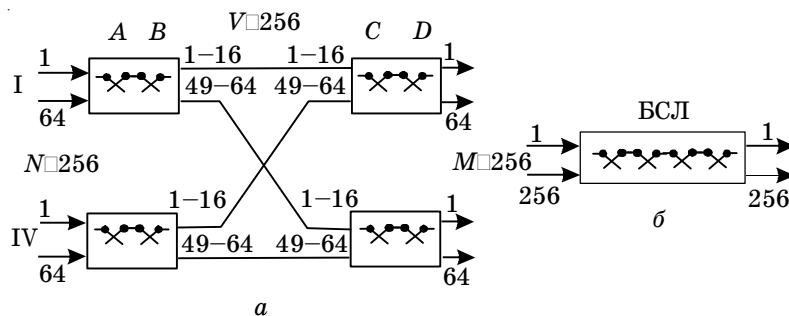


Рис. 6.19 — Блок соединительных линий (БСЛ) 256×256:
а — схема блока; б — условное обозначение блока

На рис. 6.20 в упрощенном виде показан вариант схемы коммутационной системы квазиэлектронной АТС. Коммутационная система содержит четырехзвенные БАЛ и БСЛ. Во входы БАЛ включены абонентские комплекты АК, а в выходы — шнуровые комплекты и межблочные линии для связи с БСЛ. В выходы БСЛ включаются исходящие и входящие комплекты ИКСЛ и ВКСЛ, которые участвуют в установлении исходящих и входящих соединений с другими станциями. Кроме указанных комплектов, в выходы БСЛ включаются также специальные служебные комплекты СК, предназначенные в основном для приема и передачи различных акустических сигналов и сигналов управления и взаимодействия СУВ в процессе установления соединения. Основными служебными комплектами являются: комплекты приема номера КПН; комплекты приема цифр номера КПР, поступающих по соединительным линиям; комплекты передачи цифр номера КПер, передаваемые по соединительным линиям; комплекты послышки вызова КПВ; комплекты контроля послышки вызова ККПВ; комплекты контроля послышки сигнала занятости КПЗ.

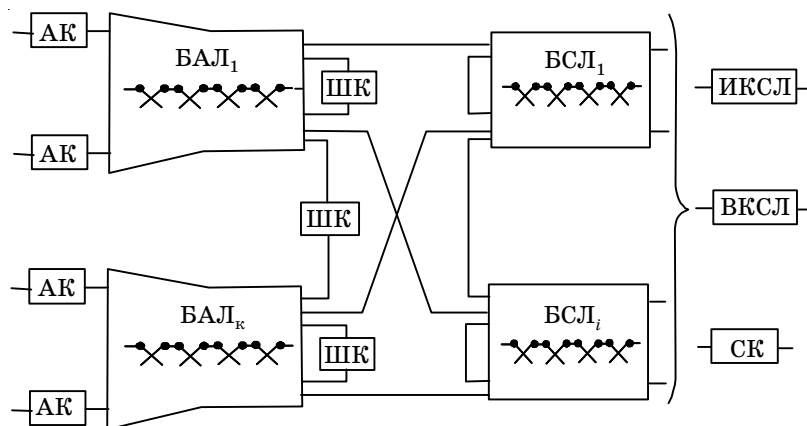


Рис. 6.20 — Коммутационная система АТСК

Количество БАЛ и БСЛ, с помощью которых образуется КС, определяет емкость станции и заданной величиной нагрузки. Представленная на рис. 6.20 схема КС позволяет осуществлять как внутростанционные, так и исходящие, входящие и транзитные соединения. При установлении внутростанционного соединения используются лишь блоки абонентских линий БАЛ. Связь между абонентами осуществляется через ШК, который подключается к вызывающему и вызываемому абонентам через четырехзвенную схему. Таким образом, связь между абонентами при внутростанционной связи производится через восемь звеньев КС. Шнуровой комплект ШК осуществляет питание микрофонов аппаратов абонентов, а также отмечает отбой со стороны любого абонента. Отбой характеризуется нарушением цепи питания микрофона при возвращении абонентом трубки в исходное состояние. Шнуровые комплекты могут включаться как в один БАЛ, так и в разные, чем обеспечивается возможность соединения абонентов, включенных в один и тот же БАЛ и в разные блоки. **Шнуровые комплекты** используются лишь при внутростанционных соединениях. **Абонентские комплекты** выполняют только одну функцию — отмечают момент снятия абонентом телефонной трубки, т.е. отмечают момент поступления вызова со стороны абонента. При исходящей связи соединительный путь прокладывается через точки коммутации БАЛ, БСЛ и ИКСЛ, откуда осуществляется питание микрофона вызвавшего абонента. Аналогично образуется соединительный путь при входящей связи. В этом случае питание микрофона аппарата вызванного абонента осуществляется через входящий комплект соединительной линии ВКСЛ. В построении соединительного пути при транзитном соединении участвуют коммутационные элементы БСЛ, а также ВКСЛ и ИКСЛ, обеспечивающие питание микрофона аппаратов вызвавшего и вызванного абонентов. Во всех рассмотренных случаях, т.е. при установлении внутростанционной, исходящей, входящей и транзитной связей, соединительный тракт образуется через одинаковое число звеньев. В нашем примере соединение происходит через восемь звеньев. Такое многозвенное включение характеризуется полным смешиванием нагрузки и позволяет значительно повысить использование соединительных путей, а также, что очень важно, соединительных линий и комплектов.

Одному состоянию ШК, АК и ИКСЛ, когда они заняты, присваивается значение «1», а второму состоянию, когда они свободны, — значение «0».

6.2.6. Принципы построения управляющих устройств

Соединение через коммутационную систему АТС, т.е. соединение между входом и выходом КС, производится УУ [4]. Управляющие устройства могут быть индивидуальными или общими.

Индивидуальные управляющие устройства применяются в АТС декадно-шаговой системы, на которых работой каждого коммутационного устройства (искателя) в процессе установления соединения управляет свое индивидуальное УУ. Если станции имеют несколько ступеней искания, то вход каждой ступени искания оборудуется коммутационным прибором и его управляющим устройством. Процесс установления соединения через коммутационную систему АТС с индивидуальным управлением, называемый *непосредственным*, происходит одновременно с поступлением от абонента номерной информации. Характерной особенностью систем с индивидуальным управлением является то, что УУ оказываются занятыми не только во время установления

соединения, но и во время разговора, т.е. до момента поступления сигнала «Отбой», хотя никаких действий может не происходить. Такое состояние просто является нерациональным и снижает эффективность использования индивидуальных УУ.

Общие управляющие устройства в зависимости от степени централизации управления делятся на групповые и общестанционные. Общие управляющие устройства могут иметь разную степень централизации и обслуживать один из коммутационных блоков ступени искания, целую ступень коммутации или даже всю коммутационную систему узла связи.

Групповое управление, в основном, используется в АТС с управлением по ступеням искания. Каждая ступень искания таких АТС комплектуется коммутационными блоками со своими управляющими устройствами. Групповое управление используется, например, в АТС координатной системы. Так, в отечественных координатных АТС блок ступени абонентского искания, во входы которого включаются 100 абонентских линий (100 входов), обслуживается одним общим групповым управляющим устройством, называемым *маркером*.

В системах с общими управляющими устройствами применяется **косвенное управление**, которое отличается от непосредственного управления тем, что информация о номере вызываемого абонента поступает не в УУ, а в специальные приборы — *регистры*. Поэтому такую систему управления называют также **регистровым управлением** (рис. 6.21) [4, с. 226]. Регистр осуществляет прием от вызывающего абонента цифр номера вызываемого абонента, его накопление (фиксацию), обработку этой информации и выдачу ее в виде управляющих сигналов в общее УУ (маркер) для установления соединения в пределах коммутационного блока, обслуживаемого данным УУ.

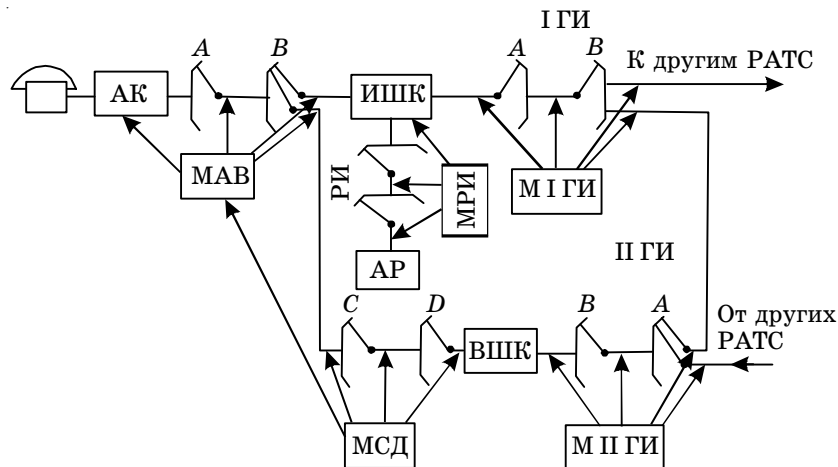


Рис. 6.21 — Упрощенная функциональная схема АТСК

Рассмотрим процесс установления соединения в системах с регистровым управлением на примере координатной АТС (АТСК-У) (см. рис. 6.21).

При вызове со стороны абонента занимается абонентский комплект. Маркер ступени АВ (МАВ) определяет номер АК и подсоединяет к нему свободный в данный момент исходящий шнуровой комплект (ИШК). После этого маркер ступени РИ (МРИ) подсоединяет к данному ИШК свободный

в данный момент АР (абонентский регистр). Выполнив свои функции, маркеры МАВ и МРИ отключаются, а в телефонный аппарат абонента из АР поступает тональный сигнал ответа станции. Импульсы набираемого абонентом номера поступают и фиксируются в регистре. По окончании набора номера регистр приступает к установлению соединения. Между маркером и регистром происходит обмен информацией. Вначале занимается вход в ступень ПГИ. Затем к данному входу подсоединяется МПГИ. После этого по запросу из МПГИ быстродействующим многочастотным кодом из регистра в последний поступает часть информации, которая содержится в набранном номере и определяет необходимую районную АТС. Установив соединение ступени ПГИ с ППГИ, обслуживающим эту абонентскую группу, МПГИ освобождается. Далее занимается вход ступени ППГИ, к которому присоединяется МППГИ. Следующую часть информации, необходимую для выбора тысячной абонентской группы, АР тем же способом передает в МППГИ, который устанавливает соединение в пределах ступени ППГИ. Установив соединение, МППГИ освобождается. Со стороны ППГИ занимаются ВШК и вход в ступень АИ. К этому входу подключается МСД, в который из АР быстродействующим многочастотным кодом поступает информация о заданном номере абонента, т.е. цифры сотен, десятков и единиц. В соответствии с цифрой сотен МСД определяет и занимает соответствующий МАВ и по выделенным проводам параллельным кодом передает в него две последние цифры абонентского номера. Маркеры МСД и МАВ устанавливают соединение в пределах ступени АИ, осуществляя подключение ВШК к линии требуемого абонента. После этого они, а также АР освобождаются. Сигналы «Вызов» вызываемому абоненту и «Контроль посылки вызова» вызывающему абоненту посылаются из ВШК. После ответа вызванного абонента питание микрофонов телефонных аппаратов и удержание коммутационных приборов в разговорном положении осуществляются из ИШК и ВШК.

Обмен между маркером и регистром в большинстве случаев осуществляется с использованием разговорных проводов по системе «челнок» многочастотным быстродействующим кодом. Принцип челночного обмена информацией состоит в том, что маркер производит запрос информации, по которому регистр выдает соответствующую часть информации в маркер. Затем маркер вновь производит запрос, и регистр выдает следующую часть информации и т.д. Для обеспечения быстродействия обмена информацией она кодируется. Кодирование и декодирование информации выполняют кодовые приемопередатчики (КПП).

Структурная схема АТСКЭ приведена на рис. 6.22 [4, с. 231]. Структурная схема электронной АТС аналогична и отличается только принципом построения коммутационного поля и схемами отдельных функциональных блоков ПУУ.

Рассмотрим назначение узлов АТСКЭ. Коммутационное поле КП предназначено для соединения АК, включенных на вход КП, с различными комплектами, находящимися на выходе КП, или для соединения АК между собой. Абонентские комплекты, комплекты исходящих ИКСЛ и входящих соединительных линий ВКСЛ используются для согласования КП с линией, а также приема и передачи в линию необходимых сигналов. Шнуровые комплекты ШК обеспечивают питание микрофонов телефонных аппаратов абонентов при внутрисканционном соединении. Служебные комплекты СК обеспечивают дополнительные виды обслуживания. Приемники Пр осуществляют прием импульсов набора номера и передачу их в УУ, а передатчики Пер

производят передачу номера из УУ по исходящей линии к другим АТС. Управляющее устройство УУ состоит из периферийных управляющих устройств ПУУ и электронной управляющей машины ЭУМ. ПУУ необходимы для согласования ЭУМ с КП по скорости работы, так как скорость работы ЭУМ на несколько порядков выше скорости работы элементов КП. Кроме того, использование ПУУ позволяет экономить кабель, поскольку число линий от КП и окончных комплектов к ПУУ во много раз больше, чем число кабелей от ПУУ к ЭУМ. Поэтому ПУУ устанавливается рядом с КП и окончными комплектами.

ЭУМ осуществляет управление установлением соединения. В АТСКЭ соединение устанавливается в следующем порядке [4, с. 231]. ЭУМ через ПУУ производит постоянный опрос (сканирование) состояния окончных комплектов. Если абонент вызывает, то ЭУМ через ПУУ находит АК данного абонента, запоминает его номер и дает команду в ПУУ для подключения АК к свободному Пр. Затем ПУУ включает элементы КП, подключая АК к Пр. Из Пр абоненту дается сигнал «Ответ станции». Абонент набирает номер, каждый импульс которого принимается приемником и через ПУУ передается в оперативную память ЭУМ. После окончания набора номера ЭУМ анализирует вид соединения и отключает в КП абонентский комплект от Пр.

При **внутристанционном** соединении абонентов, включенных в данную станцию, если вызванный абонент свободен, ЭУМ выдает команду ПУУ, которое подключает АК вызывающего абонента через КП, ШК и АК вызванного абонента. Из ШК одному абоненту подается сигнал «Посылка вызова», а другому — «Контроль посылки вызова». В некоторых системах вместо ШК подключаются специальные комплекты, от которых подаются соответствующие сигналы. При ответе абонента ШК проключает соединение между АК.

При **исходящем** соединении после анализа вида соединения, как и в предыдущем случае, ЭУМ через ПУУ находит свободный ИКСЛ и подключает к нему через КП передатчик Пер. Номер вызванного абонента транслируется из оперативной памяти ЭУМ через Пер, КП, ИКСЛ на соседнюю АТС. После ответа с соседней АТС о возможности установления соединения ЭУМ через ПУУ нарушает соединение с Пер и производит в КП соединение АК с ИКСЛ.

При **входящем** соединении ЭУМ через ПУУ находит ВКСЛ, на который поступил вызов, а через КП подключает свободный Пр к ВКСЛ. Импульсы набора номера, поступающие из ВКСЛ, транслируются через КП, Пр, ПУУ в оперативную память ЭУМ. По принятому номеру ЭУМ через ПУУ определяет состояние вызванного АК и, если он свободен, подключает к нему через КП ВКСЛ или специальный комплект, от которого подается сигнал «Посылка вызова». При ответе абонента ЭУМ через ПУУ устанавливает в КП соединение между АК и ВКСЛ.

Непрерывный контроль состояния окончных комплектов производится ЭУМ через ПУУ. При отбое машина разрывает соединение между абонентами.

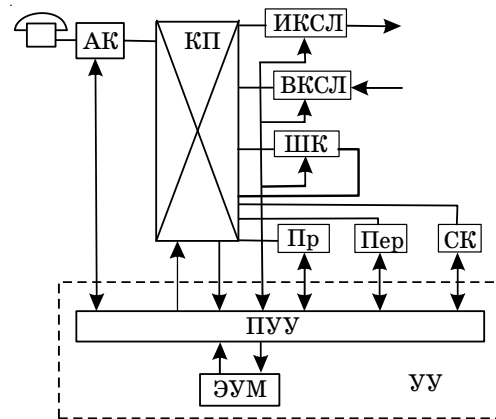


Рис. 6.22 — Структурная схема АТСКЭ

Абоненту, не повесившему трубку, из оконечного комплекта (АК, ИКСЛ или ВКСЛ) подается зуммер «Занято».

Управляющее устройство узла коммутации АТСКЭ состоит из отдельных блоков периферийного управляющего устройства (БПУУ₁–БПУУ_n), каждый из которых обслуживает свой блок коммутационного поля и ЭУМ. Связь между ЭУМ и БПУУ осуществляется через группы адресных, командных и ответных шин. По адресным шинам передается из ЭУМ адрес объекта, которому необходимо подготовиться для приема команды. По командным шинам в отмеченный объект поступает команда о содержании операции, а по ответным шинам из БПУУ передаются результаты выполнения операции.

Для увеличения надежности работы УУ блоки ПУУ и ЭУМ дублированы. Каждый БПУУ состоит из отдельных функциональных блоков, осуществляющих отдельные операции по установлению соединения или проверке состояния объекта или результатов операции.

Высокая степень централизации требует большой надежности УУ, что достигается введением *резервирования* и *контрольных программ*. Современный управляющий комплекс содержит две ЭУМ. Каждая из ЭУМ состоит из процессора, оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), канала ввода-вывода (КВВ), внешних устройств (ВУ) и комплекса шин связи с ВУ.

Процессор осуществляет сбор информации о состоянии блоков КП и функциональных блоков ПУУ и передает ее в ОЗУ. По данным о соединении, записанным в ОЗУ и ПЗУ, процессор формирует и передает необходимые команды в ПУУ для установления соединения в блоках КП, координирует работу всех блоков ЭУМ и ПУУ. ОЗУ хранит оперативную информацию о соединениях, в том числе номера вызванного и вызывающего абонентов, данные о состоянии АК и других оконечных комплектов. Информация в ОЗУ может записываться или считываться по требованию процессора. ПЗУ используется для хранения и выдачи редко изменяющейся информации. Такой информацией являются основные программы работы ЭУМ, категории абонентов, коды других АТС и т.д. Внешние устройства содержат внешние запоминающие устройства, предназначенные для хранения резервных программ телетайпов и дисплеев, используемых для связи операторов с ЭУМ. Канал ввода-вывода и система шин служат для связи ВУ с блоками ЭУМ.

Двухмашинный комплекс имеет межпроцессорные связи, обеспечивающие возможность обмена информацией между обеими ЭУМ об устанавливаемых соединениях. Такие двухмашинные комплексы могут работать в синхронном режиме или в режиме разделения нагрузки.

При **синхронном** режиме одна из ЭУМ является активной, а другая — пассивной. Обе машины принимают и обрабатывают данные о поступающих вызовах и сравнивают полученные результаты. Если сравниваемые данные одинаковы, то активная машина выдает необходимые данные в ПУУ. При несовпадении результатов сравнения ЭУМ поочередно отключаются для выявления неисправности. Если оказалась неисправной активная машина, то пассивная ЭУМ становится активной. После устранения неисправности восстанавливается прежний режим работы.

Режим **разделения нагрузки** характеризуется тем, что ЭУМ поочередно обслуживают поступающие вызовы или же каждая из ЭУМ принимает вызовы от определенной группы блоков КП, хотя имеет возможность обслуживать вызовы от всех. Информация о поступающих соединениях передается в другую ЭУМ и записывается в ОЗУ своей машины. При неисправности одной из

ЭУМ вторая машина будет обслуживать все поступающие вызовы. Достоинством данного режима в сравнении с синхронным режимом является высокое использование ЭУМ. Недостатком является меньшая надежность работы двух-машинного комплекса.

В последнее время появились многопроцессорные ЭУМ, которые характеризуются тем, что все этапы обслуживания распределены между отдельными специализированными периферийными процессорами, выполняющими строго определенные функции, такие как, например, поиск (сканирование) АК, контроль линейных комплектов, прием и анализ номера и т.д. Координация работы специализированных процессоров производится центральным. Достоинством данной системы является высокая технологичность производства за счет однородности и взаимозаменяемости процессоров.

6.2.7. Коммутационное поле АТСЭ

Общие положения

Структурная схема электронной АТС аналогична структурной схеме АТСКЭ и отличается от нее только принципом построения коммутационного поля и схемами отдельных функциональных блоков периферийных управляющих устройств.

Коммутационное поле АТСЭ может быть построено как с *пространственной*, так и с *временной* коммутацией каналов. При пространственной коммутации производится соединение между одноименными каналами *уплотненных соединительных линий (УСЛ)* посредством точек коммутации, занимающих определенное место в КП, а при временной коммутации осуществляется соединение между каналами с разными временными интервалами за счет изменения их временных позиций.

Коммутационная схема АТСЭ позволяет сократить объем оборудования по сравнению с декадно-шаговыми МКС в десятки и сотни раз.

Современные АТСЭ строятся с пространственной и временной коммутацией каналов с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). В настоящее время в России в качестве основной цифровой аппаратуры принята 32-канальная (порождающая поток E_1 плезиохронной цифровой иерархии), на основе которой строятся различные цифровые системы передачи. Производится пространственно-временная коммутация отдельных каналов (ПВКС) различных групповых трактов. В интервале между импульсами данного канала могут передаваться импульсы других, сдвинутые по времени относительно друг друга. Используется метод синхронного группообразования с временным разделением каналов (СГВР).

Для трактов ИКМ при 8-битовом кодировании и скорости 64 кбит/с в канале для 32 каналов требуется скорость 2048 кбит/с. При изменении тактовой частоты и способа группировки сигналов на входе-выходе могут быть использованы другие типы цифровой модуляции (β -модуляция и пр.).

Блок пространственной коммутации

Блок пространственной коммутации (ПК) представляет собой прямоугольную матрицу входов и выходов уплотненных трактов размером $N \times M$ (или квадратную $N \times N$). В точках пересечения вертикалей и горизонталей матрицы расположены схемы «И» (вентили).

Рассмотрим принцип действия коммутационного поля по простейшей схеме [4, с. 238], имеющей два входа и два выхода (рис. 6.23). К каждому из входов подключена своя входящая (1ВСЛ, 2ВСЛ), а к выходам — исходящая (1ИСЛ, 2ИСЛ) соединительные линии систем передачи. Электронные контакты КП, коммутирующие импульсы канала, выполнены в виде схемы «И». От импульсного генератора ИГ к УУ подаются каналные импульсы P_1, P_2, P_3 , сдвинутые по времени. Управляющее устройство может подключать любые из импульсных последовательностей на вход любого электронного контакта (ЭК). Входящие и исходящие каналы работают синхронно, т.е. если кодовая комбинация поступила, например, по первому каналу на входе КП, то она может быть принята на выходе КП только по первому каналу.

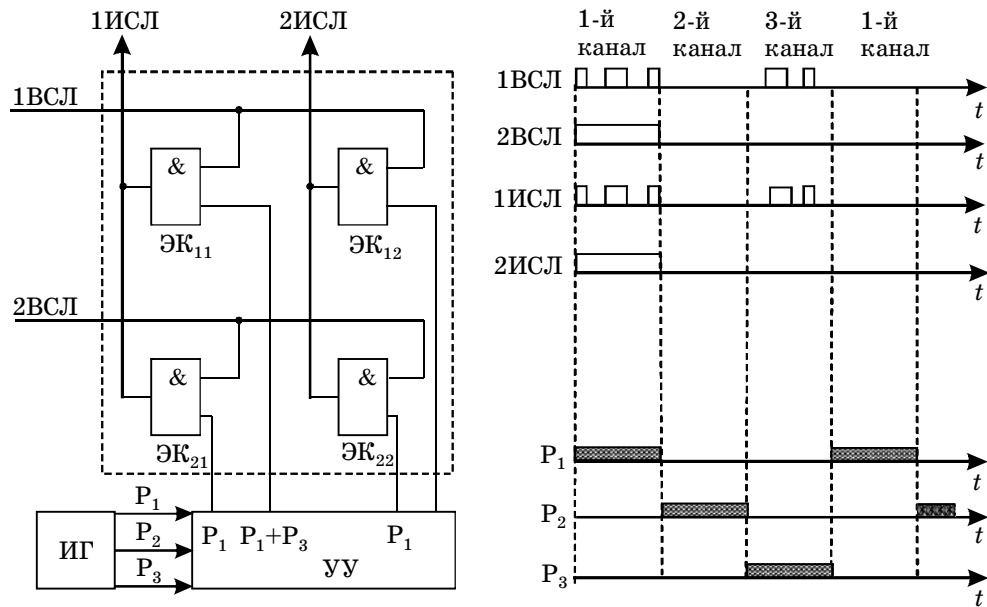


Рис. 6.23 — Структурная схема коммутационного поля пространственного типа

Приведенная упрощенная структурная схема коммутатора ПК, коммутирующего две УСЛ с временным разделением трех каналов, демонстрирует принцип действия пространственного коммутатора. В данном примере осуществляются следующие соединения: 1) 1-й канал 1ВСЛ к 1-му каналу 1ИСЛ; 2) 3-й канал 1ВСЛ к 3-му каналу 1ИСЛ; 3) 1-й канал 2ВСЛ к 1-му каналу 2ИСЛ.

Для включения контакта матрицы в i -м канале на один из входов вентиля «И» подается коммутируемый информационный сигнал в виде 8-битовой кодовой группы (если это сигнал ИКМ), а на второй — импульс временного канала от ОЗУ ПК, свободного от других соединений в данной матрице и выбираемого программой искания (рис. 6.24). Коммутация возможна только между одноименными каналами. Такое ограничение уменьшает пропускную способность всей системы. Количество временных интервалов, в которых могут работать контакты ПК, а следовательно, и число строк в ОЗУ, может быть различным, но обычно не превышает 512. Поскольку операции записи и считывания в ОЗУ выполняются для каждого временного канала, максимальное число каналов C , которые могут быть обслужены простой коммутационной

схемой на ЗУ, равно $C = 125 / (t_3 + t_{сч})$, где величины t_3 и $t_{сч}$ представляют собой соответственно длительности процедур записи и считывания в ОЗУ в микросекундах. Нетрудно рассчитать скорость коммутации 8-битовых информационных слов: $8000 \cdot 512 = 4,096 \cdot 10^6$ слов/с, что соответствует скорости передачи 32,768 мбит/с. На такой скорости достаточно устойчиво работают логические элементы типа ТТЛ. Количество ОЗУ соответствует числу выходных трактов.

Блок временной коммутации

Кроме коммутации цифровых каналов в пространстве, применяется еще коммутация цифровых каналов во времени, изобретенная японским специалистом Х. Иносэ [46]. Идея коммутации во времени состоит в задержке передачи сигнала на несколько канальных интервалов. На рис. 6.25 показана упрощенная схема временного коммутатора, содержащего ОЗУ информации и ОЗУ адреса. Пусть в строки ОЗУ информации последовательно записана информация, принадлежащая каналам с номерами 1, 2, 3, 4. Если считывать информацию следует в очередности 3, 2, 1, 4, то достаточно адреса каналов в указанной последовательности внести в строки ОЗУ адреса.

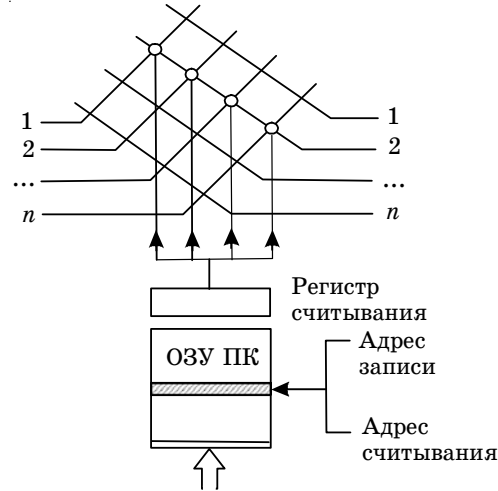


Рис. 6.24 — Управление звеном ПК

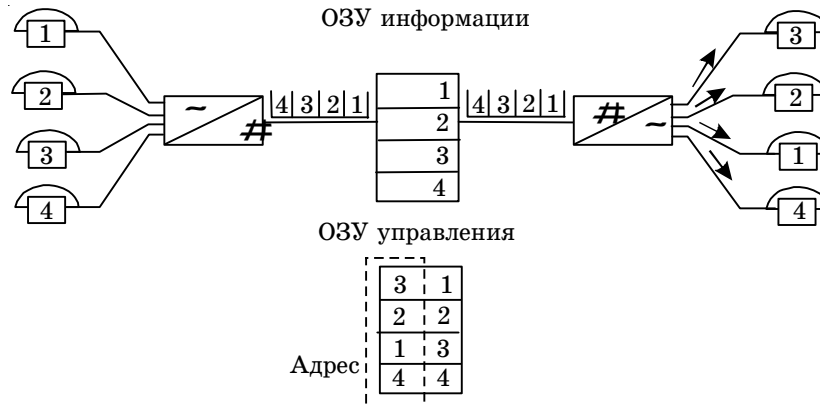


Рис. 6.25 — Принцип действия звена временной коммутации

На рис. 6.26 показана структурная схема простейшего временного коммутатора, состоящего из отдельных ячеек информационной памяти ИП, каждая из которых придается определенному временному каналу. ОЗУ информационной памяти имеет элементы памяти, число которых равно числу разрядов кодовой комбинации канала. Кроме того, ИП содержит две схемы «И». Одна из схем «И», стоящая на входе ЗУ, необходима для выделения канала. Поэтому за каждой из указанных схем постоянно закрепляется тактовая импульсная последовательность, характеризующая данный канал. Вторая схема «И», стоящая на выходе ЗУ, необходима для считывания кодовой комбинации с ЗУ на свободный канал. На вход этой схемы из УУ подается тактовая

импульсная последовательность канала, содержащая информацию с ЗУ. Каждой ВСЛ, уплотненной n каналами, придается блок временной коммутации ВК, содержащий n ячеек ИП. В рассматриваемом примере $n=3$. Первая ячейка ИП₁ придается 1-му каналу. Поэтому за схемой И₁ закрепляется импульсная последовательность Р₁. Ячейка ИП₂ и последовательность Р₂ предназначены для обслуживания 2-го канала, а ИП₃ и Р₃ придается 3-му каналу. Пусть поступил вызов по 3-му каналу ВСЛ, который необходимо скомутировать на ИСЛ. Кодовые комбинации 3-го канала через И₃ записываются в ЗУ₃. В связи с тем, что в ИСЛ свободен 2-й канал, из УУ на схему И₃ подается импульсная последовательность Р₂, и информация с ЗУ₃ через схему И₃ будет считываться в период, отведенный для 2-го канала. Одновременно в приведенном примере 1-й канал ВСЛ коммутируется в 1-й канал ИСЛ.

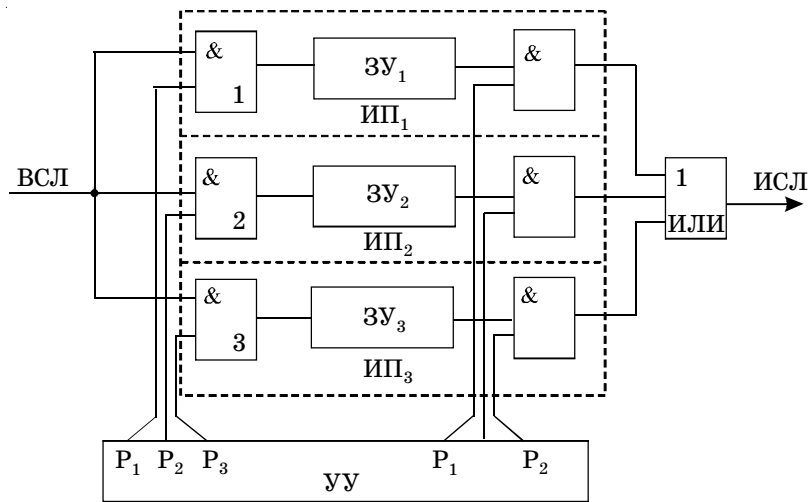


Рис. 6.26 — Структурная схема временного коммутатора

На рис. 6.27 показана схема временного коммутатора, предложенного Х. Иносэ, емкостью N входов и N выходов, пространственным эквивалентом которой является та же схема, которая изображена на рис. 6.10,а. Схема содержит секционированный регистр сдвига (либо линию задержки или прибор с зарядовой связью), управляемый генератором тактовой частоты ТГ и имеющий выходные отводы, сигналы в которых разнесены по времени задержки на один канальный интервал τ . Отводы связаны с управляемыми вентилями ЭК_{*i*} (двухходовыми схемами совпадения, или логическими схемами «И»). Если общее число канальных интервалов в линии передачи с временным разделением равно N , то полностью доступная схема временной коммутации должна содержать регистр сдвига с $N-1$ секциями. В зависимости от управляющих сигналов, открывающих вентили на время того или другого канального интервала, рассматриваемая схема может произвольно сдвигать канальные интервалы на входе устройства (в ВСЛ) в любую последовательность этих канальных интервалов на выходе (в ИСЛ).

Выше было отмечено, что блок временной коммутации состоит из двух блоков памяти: разговорной (информационной) и адресной (управляющей) с регистрами считывания (рис. 6.28).

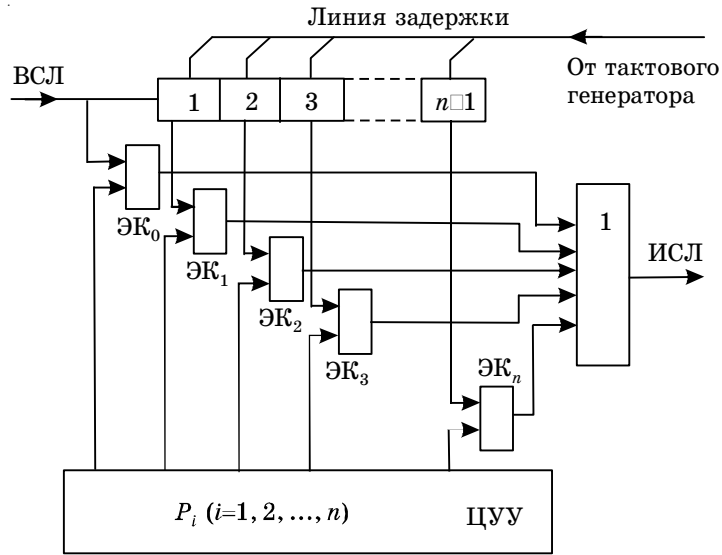


Рис. 6.27 — Схема звена временного коммутатора Х. Иносе

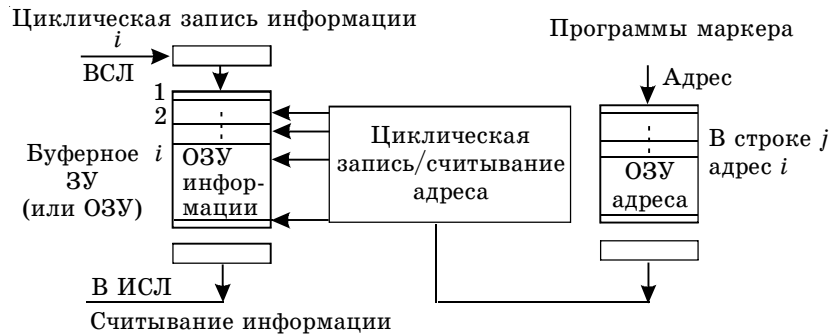


Рис. 6.28 — Циклическая запись информации в ОЗУ и считывание по выбору

Разговорная память содержит число строк, равное числу используемых канальных интервалов (например, 32 или 512), а количество бит в каждой строке определяется способом модуляции коммутируемой информации, что для системы ИКМ составляет 8 бит. Адресная память содержит такое же число строк, как и информационная, разрядность слов в этих строках определяется общим числом временных каналов (при $C = 512$ она составляет $\log_2 C = 9$ бит). Работа блока ВК заключается в циклической записи всех информационных слов в порядке их поступления (т.е. в порядке следования каналов) и считывании этих слов во временном канале, заданном управляющей программой с помощью адресной памяти. Поэтому время пребывания информации в блоке ВК может колебаться в пределах от одного канального интервала до одного полного цикла, т.е. от 3,9 до 125 мкс для системы ИКМ. Программами маркера определяются адреса временных каналов, в которых должны считываться информационные слова из разговорной памяти. Для передачи 8-битовых информационных слов часто используется параллельная передача разрядов по восьми проводам, что позволяет сохранить скорость

передачи слов и для передачи отдельных разрядов этих слов, но требует наличия преобразователей последовательных кодов в параллельные.

Если число временных интервалов, используемых в ВК, равно числу входов (выходов) системы, то можно приписать каждому каналному интервалу определенный выход и использовать такой ВК в качестве полнодоступной коммутационной системы без блокировок. Такие чисто временные КС находят применение в станциях малой и средней емкости (до нескольких тысяч входов и выходов). Например, используя элементы памяти типа МОП емкостью 4 или 16 К, можно построить временной коммутатор емкостью 4096×4096 или 8192×8192 соответственно. Факторами, лимитирующими емкость таких ВК, являются быстрдействие используемых элементов памяти и требования к надежности системы. Согласно этим требованиям, отказ одного любого блока (в частности, блока КС) не должен разрушать более 256 соединений, а в некоторых случаях принимаются и более жесткие требования.

Сравнение блоков ПК и ВК

Эффективным средством уменьшения стоимости коммутационной схемы с ВРК является **мультиплексирование** возможно большего числа каналов, поскольку цифровая память много дешевле, чем цифровые точки коммутации (логические схемы «И»). Этим обстоятельством определяется основное преимущество временных коммутаторов перед пространственными. Сами по себе точки коммутации не столь дороги. Основные затраты приходятся на реализацию схем доступа и выбор точек коммутации со стороны внешних выводов. Недостаток блока ВК заключается в задержке коммутируемых сообщений в среднем на половину длительности цикла.

Рассмотренные принципы построения коммутационных блоков для коммутации каналов ИКМ, т.е. коммутационные однокаскадные блоки ПК и ВК, имеют ограниченное применение. Так, коммутационные блоки ПК невозможно использовать, когда требуется коммутировать разные временные позиции, а коммутационные блоки ВК можно использовать лишь на станциях малой емкости.

Многокаскадные коммутационные блоки позволяют снять указанные ограничения.

Для удобства записи формул таких блоков принято вместо аббревиатур ПК и ВК использовать сокращения П и В соответственно.

Коммутационные схемы В-П-В и П-В-П

Для построения коммутационных систем большой емкости обычно используют чередование звеньев пространственной и временной коммутации, в результате чего получаются структуры типа В-П-В (время — пространство — время) или П-В-П (пространство — время — пространство). При этом общее число звеньев может быть и более трех, но, как правило, не превышает пяти (например, структура В-П-П-П-В).

Структура коммутационного поля В-П-В (рис. 6.29) предназначена для коммутации любого канала, принадлежащего одной из r входящих уплотненных линий, в любой канал любой из r исходящих уплотненных линий. Пространственный эквивалент коммутационного поля на рис. 6.29 может быть представлен в виде трехкаскадного коммутационного поля, изображенного на рис. 6.12, где число входов n в каждый коммутатор первой ступени (и число выходов n из каждого коммутатора третьей ступени) соответствует числу каналов в уплотненных линиях с временным разделением. Таким обра-

зом, временные звенья коммутаторов могут быть представлены виде эквивалентных пространственных коммутаторов емкостью $n \times k$ (см. рис. 6.12). В зависимости от числа r таких коммутаторов на входе и числа s таких коммутаторов на выходе (которое, в отличие от рис. 6.12, необязательно должно быть равно r) выбирается размер пространственного коммутатора второй ступени. В функциональном смысле звено пространственной коммутации во второй ступени как бы повторяется (копируется) по одному разу для каждого внутреннего временного интервала. Поэтому число коммутаторов емкостью $r \times r$ центрального звена равно k — числу каналов в уплотненной линии пространственного звена. Важной особенностью коммутационного поля В-П-В является то, что звено ПК работает с разделением времени независимо от внешних трактов ВРК ($k \neq n$).

Очевидно, что это общее пространственное коммутационное поле является полностью доступным, но с внутренними блокировками. Для устранения внутренних блокировок необходимо, чтобы число выходов k и число входов n коммутаторов первого каскада выбиралось из условия Клоза: $k \geq 2n - 1$.

Следовательно, для того чтобы коммутационные блоки, используемые для коммутации каналов ИКМ, не имели внутренних блокировок, необходимо и достаточно на втором каскаде использовать удвоенную тактовую частоту (либо дублировать коммутационное поле второго каскада). Тогда число выходов из каждого коммутатора первого каскада на пространственном эквиваленте и число коммутаторов на втором каскаде увеличивается в два раза.

Структурная схема коммутационного поля типа П-В-П представлена на рис. 6.30. Здесь входящие и исходящие уплотненные линии включаются в пространственные коммутаторы с временным разделением. Структура построена в предположении, что число каналов временного разделения в уплотненной линии постоянно и равно n , и это же число принято в промежуточных линиях пространственного звена. Тогда число коммутаторов в первой и третьей ступенях коммутации также должно быть равно n , а вот число выходов коммутаторов первой ступени, входов коммутаторов третьей ступени и число k временных коммутаторов во второй ступени может быть выбрано произвольно. В частности, оно может быть равно $k = 2n - 1$, что позволит реализовать неблокирующую схему Клоза. Общая емкость рассмотренного коммутатора составляет $N = nk$ каналов.

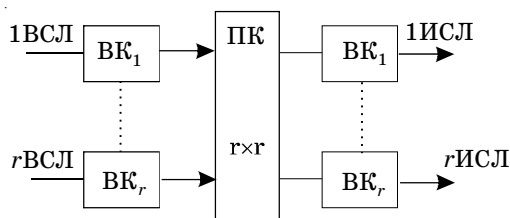


Рис. 6.29 — Коммутационное поле В-П-В

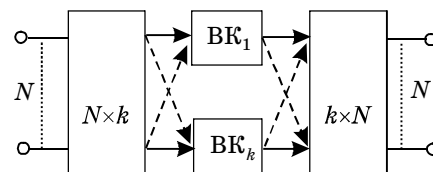


Рис. 6.30 — Коммутационная схема П-В-П

Структура В-П-В более сложна, чем структура П-В-П. Заметим, однако, что в коммутационной схеме В-П-В используется *временная концентрация*, а в схеме П-В-П — *пространственная*. По мере того, как будет расти использование входящих соединительных линий, будет уменьшаться степень возможной концентрации. Если окажется, что нагрузка входящих каналов достаточно высока, то для поддержания заданного значения вероятности

блокировки в коммутационной схеме В-П-В необходимо вводить временное и пространственное расширения в П-В-П. Поскольку реализация временного расширения значительно дешевле, чем пространственного, то при высоком использовании каналов коммутационная схема В-П-В окажется более экономичной, чем схема П-В-П. В этой связи в [25] приведена методика оценки сложности коммутационных схем в зависимости от числа точек коммутации на пространственном звене и суммарной емкости запоминающих устройств. Одна точка коммутации по стоимости принималась равной 100 битам памяти. Сравнение сложности реализации коммутационных схем П-В-П и В-П-В для случая равенства вероятности блокировки величине 0,2 % в зависимости от использования входящих каналов показало, что при малых величинах использования (до 25 %) целесообразно применение схемы П-В-П, а при повышенном использовании (от 25 % до 100 %) более оправдано применение схемы В-П-В. Выбор конкретной архитектуры в большей степени будет зависеть и от других факторов, таких как модульность, простота организации тестирования, легкость наращивания емкости. Одним из моментов, который обычно выделяют, отдавая предпочтение структуре П-В-П, являются относительно более простые требования к организации управления схемами П-В-П по сравнению со схемами В-П-В. Для станций большой емкости с большой нагрузкой необходимость преимущественного использования структуры В-П-В становится совершенно очевидной.

Широкое применение ЗУ в узлах цифровой коммутации стирает различие между техникой коммутации каналов и коммутации сообщений, которые раньше считались очень далекими друг от друга. Действительно, временная коммутация со сдвигом канального интервала как будто бы не является коммутацией каналов в строгом смысле этого слова. Тем не менее ее нужно считать коммутацией каналов, так как запоминание и передача кодированного сигнала происходят внутри цикла без нарушения требований теоремы Котельникова.

Известно много разновидностей структур ПВКС, но по пропускной способности, надежности и объему оборудования они мало отличаются друг от друга [44]. Тем не менее поиски в области дальнейшей организации ПВКС продолжаются и, прежде всего, в направлении создания коммутационных систем самых больших емкостей (на сотни тысяч входов). Дело в том, что объем оборудования в описанных здесь структурах ПВКС, несмотря на звеньевое включение, растет почти пропорционально квадрату увеличения емкости системы. Расширение емкости таких систем затрудняется наличием большого числа проводов, связывающих отдельные звенья пространственной ступени коммутации. Этих трудностей можно избежать, если использовать матрицу (БИС), выполняющую функции как пространственного, так и временного коммутаторов, т.е. осуществляющую **двухкоординатную коммутацию** без внутренних блокировок нескольких трактов ИКМ. Наличие такой матрицы позволяет строить коммутационные системы в широком диапазоне емкостей (до нескольких тысяч трактов ИКМ) с сохранением почти линейной зависимости между емкостью станции и объемом оборудования при ничтожно малой вероятности блокировок и сравнительно небольшом числе проводов межзвеньевых соединений. Существенным преимуществом таких коммутационных систем является возможность их построения с использованием лишь одного типа микросхем, т.е. возможность унификации элементной базы, существенно упрощающей серийное производство и позволяющей получить стандартные структуры с широким диапазоном использования. Подобные

структуры можно использовать как в станциях различных емкостей, так и в концентраторах. Современная технология МОП-структур и ТТЛШ позволяет создать матрицы с достаточно высоким быстродействием и малой удельной стоимостью.

Тем не менее создание новых специальных БИС встречает ряд технических и организационных трудностей, связанных, прежде всего, с объемами производства электронных систем коммутации и с перспективами дальнейшего совершенствования технологии изготовления интегральных микросхем. Поэтому в настоящее время в большинстве случаев используют структуры типа В-П-П-...-П-В, например, коммутационное поле цифровой АТС EWSD, разработанной фирмой Siemens, построено по схеме В-П-П-П-В и имеет емкость 250000 абонентских линий. Объемы этих систем различаются в основном из-за разных способов резервирования и степени интеграции элементов.

В целом пространственно-временные КС позволяют более чем на порядок (по сравнению с электромеханическими) сократить объем и стоимость КС (если не учитывать наличие аналого-цифровых преобразователей) и существенно расширить возможности систем по предельным значениям емкости и пропускной способности.

6.2.8. Коммутационный модуль станции АХЕ-10

Цифровая ступень ГИ предназначена для коммутации групповых трактов и соединения i -го временного канала одного группового тракта с j -м временным каналом другого. Цифровая ступень ГИ строится со стопроцентным резервированием всех блоков по схеме В-П-В. Блоки временной коммутации ВК служат для того, чтобы по командам из центрального управляющего устройства (ЦУУ) перенести информацию из i -го временного канала одного группового тракта в j -й канал другого, т.е. «сдвинуть» эту информацию во времени. Блоки пространственной коммутации ПК коммутируют групповые тракты. Синхронизация цифровых сигналов в блоках временной и пространственной коммутации осуществляется с помощью встроенного блока синхронизации.

Коммутационный модуль станции типа АХЕ-10 [5] состоит из 32 блоков ВК и одного блока ПК, представляющего собой электронный соединитель размером 32×32 внутростанционных линий (рис. 6.31). В каждый блок ВК включаются 16 групповых трактов по 32 канала каждый, т.е. $16 \cdot 32 = 512$ цифровых каналов, и одна внутростанционная СЛ к блоку ПК (рис. 6.32). В блоке временной коммутации имеются запоминающие устройства речевых (информационных) сигналов для прямого ОЗУИ \uparrow и обратного ОЗУИ \downarrow направлений передачи. Каждое ОЗУИ речевых сигналов содержит $16 \cdot 32 = 512$ ячеек памяти емкостью 10 бит каждая: 8 бит — речевые сигналы, 1 бит для проверки на четность и 1 бит для выбора ветви коммутации. До записи речевых сообщений в ОЗУИ 16 групповых трактов объединяются с помощью мультиплексора МП. Обратное преобразование сигналов осуществляется с помощью демультиплексора ДМП. Запоминающие устройства речевых сигналов управляются запоминающим устройством управления ОЗУА (адресным ОЗУ),

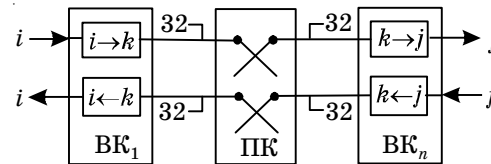


Рис. 6.31 — Структура КС цифровой ступени ГИ АХЕ-10

имеющим также 512 ячеек, что равно числу каналов внутрисканционной СЛ. В ОЗУА из центрального ЦУУ (ЦУУ) передается адрес внутрисканционного канала. Блок пространственной коммутации управляется запоминающим устройством пространственной коммутации ОЗУПК емкостью 512 ячеек.

Применительно к схеме рис. 6.32 в качестве поясняющего примера поставим задачу коммутации речевых сигналов канала $i = 2$ из ВК₁ в $j = 512$ в ВК₃₂. Допустим также, что первая и тридцать вторая внутрисканционные СЛ имеют в данный момент времени свободный временной канал $k = 17$. Для обеспечения дуплексной связи между абонентами коммутационное поле пространственного звена выполняется четырехпроводным. Для осуществления коммутации в прямой ветви передачи необходимо произвести следующие действия:

- 1) входная информация канала $i = 2$ записывается в ячейку 2 ОЗУИ↑ блока ВК₁;
- 2) в 17 ячейку ОЗУА↑ блока ВК₁ записывается адрес $i = 2$;
- 3) в 17 ячейку ОЗУПК блока ВК₁ записывается адрес исходящего блока временной коммутации (здесь — 32);
- 4) в 17 ячейку ОЗУА↓ блока ВК₃₂ записывается адрес $j = 512$.

Через каждые 125 мкс в течение всего сеанса связи активируется точка коммутации, соединяющая СЛ₁ с СЛ₃₂, на протяжении отрезка времени, отведенного 17-му каналу, и информация из ячейки № 2 ОЗУИ↑ блока ВК₁ в виде параллельного кода из 10 бит передается по внутрисканционному каналу $k = 17$ в ячейку 512 ОЗУИ↓ блока ВК₃₂.

Для организации обратной ветви передачи одновременно предусматриваются следующие действия:

- 1) в 17-ю ячейку ОЗУПК блока ВК₃₂ записывается адрес входящего блока временной коммутации (здесь — 1);
- 2) в 17-ю ячейку ОЗУА↑ блока ВК₃₂ записывается адрес $j = 512$;
- 3) в 17-ю ячейку ОЗУА↓ блока ВК₁ записывается адрес $i = 2$.

Для разъединения разговорного тракта соответствующие слова стираются из памяти управляющих устройств.

Емкость КС наращивается модулями по 512 каналов. Ступень ГИ максимально может содержать $32 \cdot 4 = 128$ спаренных блоков ВК и 16 блоков ПК, что дает максимальную емкость ступени ГИ $4 \cdot (32 \cdot 512) = 65536$ (рис. 6.33). При средней нагрузке на один канал, равной 0,8 Эрл, вероятность потерь на ступень ГИ $\leq 10^{-6}$.

Общие сведения о цифровой АМТС типа АХЕ-10

Как цифровая, так и квазиэлектронная междугородная АТС (АМТС) АХЕ-10 разработаны фирмой «Эрикссон» (Швеция) [5]. В нашу страну оборудование поставляется из Хорватии, где производится по лицензии фирмой «Никола Тесла». Станция АХЕ-10 управляется по записанной программе с помощью ЦУУ, которое содержит 1–8 спаренных центральных процессоров. Каждая пара центральных процессоров работает в параллельно-синхронном режиме. Кроме ЦУУ, для управления различными блоками используются периферийные спаренные процессоры, работающие в режиме распределения нагрузки. Каждый периферийный процессор управляется только одним спаренным центральным процессором. При расширении станции для обслуживания вновь подключенных каналов и оборудования дополнительно устанавливается спаренный центральный процессор с закрепленными за ним периферийными процессорами. Один спаренный центральный процессор

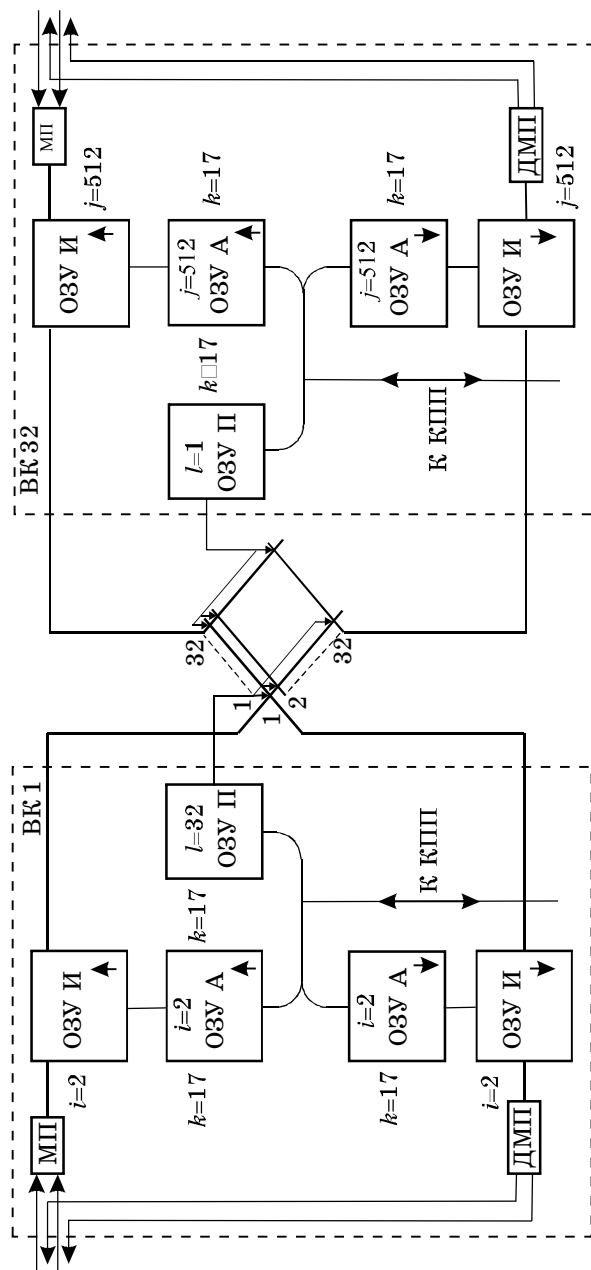


Рис. 6.32

Рис. 6.32 — Структура коммутационного модуля АХЕ-10

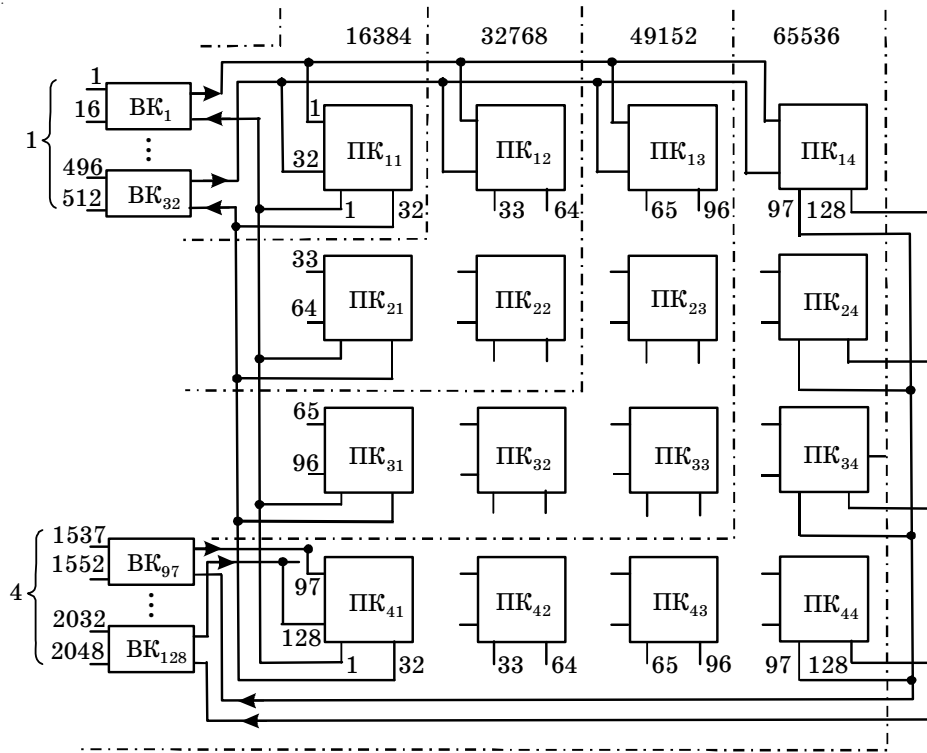


Рис. 6.33 — Схема ступени ГИ на 65 536 номеров

может управлять максимально 512 периферийными процессорами. Такое модульное двухуровневое построение системы управления позволяет осуществлять расширение станции без реконфигурации структуры, упрощает ее эксплуатацию.

Максимальная емкость АМТС, или узла автоматической коммутации (УАК), — 65 тысяч входящих и исходящих каналов.

Для установления соединений полуавтоматическим способом используются рабочие столы, снабженные микротелефонной гарнитурой и дисплеем с клавиатурой.

Оборудование станции АХЕ-10 обеспечивает совместную работу с АМТС всех систем. Для передачи функциональных сигналов между электронными станциями и узлами используется общеканальная система сигнализации № 7.

Основным питающим напряжением АХЕ-10 является напряжение 48 В постоянного тока. Допустимые колебания напряжения 44–60 В.

Станция АХЕ-10 имеет модульную структуру (рис. 6.34). Ее оборудование делится на функциональные подсистемы, которые состоят из функциональных блоков, а последние — из функциональных узлов (рис. 6.35). Модульное иерархическое построение упрощает управление станцией, создает большие возможности по наращиванию емкости, расширению функций, адаптации к различным условиям.

Станция содержит следующие основные функциональные подсистемы (см. рис. 6.34):

- линейных комплектов ЛК и сигнализации;
- цифровой ступени группового искания ГИ;
- центрального управляющего устройства ЦУУ;

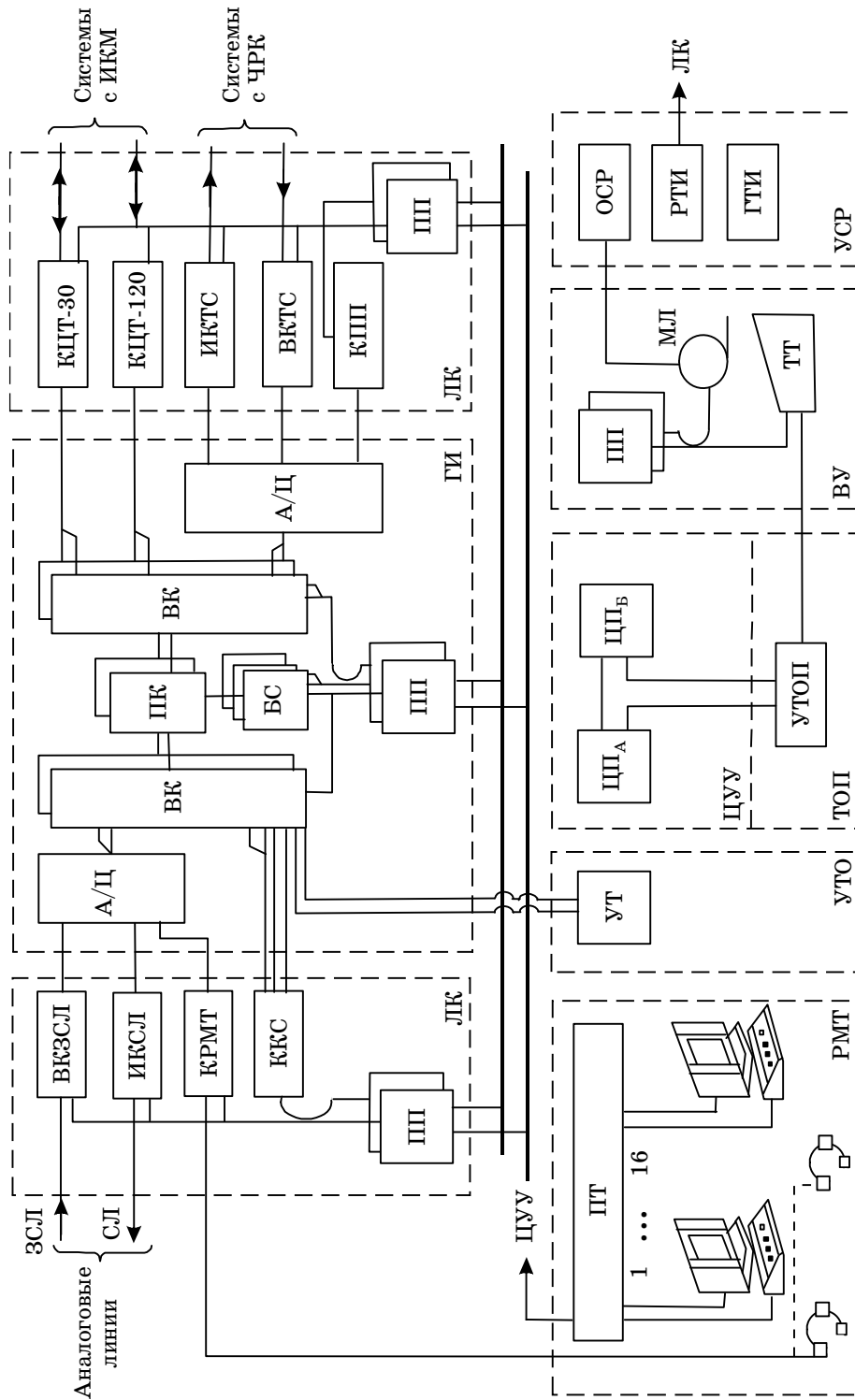


Рис. 6.34 — Схема цифровой АМТС типа АХЕ-10

- технического обслуживания процессоров ТОП;
- управления и технического обслуживания (УТО) оборудования коммутационных устройств линейных комплектов и сигнализации;
- внешних устройств ВУ;
- устройств учета стоимости разговоров УСР;
- рабочих мест операторов (телефонистов) РМТ;
- комплект РМТ;
- комплект конференц-связи ККС.

На схеме не показаны функциональная подсистема управления установлением соединений и служебная АТС. В состав АМТС структурно не входят следующие центры: управления и технического обслуживания; анализа и управления нагрузкой; начисления оплаты за услуги связи; приема заявок от абонентов и диспетчеризации неисправностей.



Рис. 6.35 — Структура системы АХЕ-10

Подсистема линейных комплектов и сигнализации предназначена для приема и передачи линейных сигналов управления. В состав подсистемы входят:

- исходящие (ОТ), входящие (ИТ) и двусторонние комплекты (ВТ) для подключения междугородных каналов, заказно-соединительных и соединительных линий;
- приемники и передатчики линейных сигналов и сигналов управления при использовании систем передачи с частотным разделением каналов;
- устройство «механического голоса».

Аналоговые *заказно-соединительные* и *соединительные* линии подключаются к входящим комплектам ЗСЛ ВКЗСЛ и *исходящим* комплектам СЛМ ИКСЛ соответственно. Аналоговые междугородные каналы подключаются

к исходящим и входящим комплектам тональных сигналов ИКТС и ВКТС, если линейные сигналы передаются на частоте 2600 Гц, или к исходящим и входящим комплектам тонального набора ИКТН и ВКТН, если функциональные сигналы передаются двухчастотным сигнальным кодом. К комплектам подключаются соответствующие приемники и передатчики функциональных сигналов (на схеме не показаны). Для приема и передачи сигналов управления многочастотным кодом к ступени ГИ подключаются кодовые приемопередатчики.

Для преобразования аналоговых сигналов в ИКМ-сигналы используются блоки *аналого-цифрового преобразования А/Ц*. Цифровые групповые тракты подключаются к комплектам цифровых трактов КЦТ: первичный цифровой групповой тракт — к КЦТ-30, вторичный — к КЦТ-120. Микротелефонная гарнитура рабочего места оператора подключается через комплект рабочего места оператора КРМТ. Этот комплект подключается к линиям или междугородным каналам с помощью комплекта конференц-связи ККС.

Функции по управлению линейными комплектами, приемниками и передатчиками сигналов распределены между центральными и периферийными процессорами. *Центральные процессоры (ЦП)* выполняют функции со сложной логикой (выбор устройства, программные связи с другими блоками) или функции, включающие использование большого числа данных. *Периферийные процессоры (ПП)* выполняют функции, требующие быстрой обработки (например, опознавание сигнала вызова) или использование значительных зон памяти (например, сканирование устройств).

Подсистема рабочих мест операторов (РМТ) предназначена для обслуживания вызовов, поступающих на направления связи, работающие по заказной и немедленной системам, а также вызовов, поступающих к операторам для справок. В состав подсистемы входят программируемый терминал на 16 рабочих мест и рабочие места операторов, каждое из которых конструктивно представляет универсальный стол, на котором расположены дисплей, клавиатура, микротелефонная гарнитура. В программируемом терминале ПТ размещен периферийный процессор, управляющий работой 16 рабочих мест и обеспечивающий связь рабочих мест с ЦУУ. Клавиатура имеет четыре группы клавиш. Первая предназначена для редактирования информации, изображенной на экране. Вторая группа представляет собой тастатурный (кнопочный) номеронабиратель. Третья — клавиатура пишущей машинки для записи команд на экране. Четвертая группа клавиш предназначена для управления процессами установления соединений. При удалении оборудования рабочих мест операторов более чем на 1 км от ЦУУ линия, связывающая программируемый терминал и ЦУУ, оборудуется модемами.

Рассмотрим для примера последовательность установления исходящего соединения. Пусть заказ на установление междугородного соединения поступает по ЗСЛ. Занимается ВКЗСЛ и через ступень ГИ происходит подключение к ККС. Отывается свободный КРМТ в группе, обслуживающей ЗСЛ. В группе занимается рабочее место, которое дольше всего было свободным. Если оператор не ответит на вызов в пределах заданного времени, например 10 секунд, то вызов переключается на другое свободное рабочее место. Если в момент поступления вызова все рабочие места в группе заняты, то вызов становится в очередь. Все входящие вызовы могут быть разделены на 32 вида. Для каждого вида можно организовать четыре очереди: для первичных вызовов при заказе без ожидания; то же для повторных вызовов; для первичных вызовов при заказе с ожиданием; то же для повторных вызовов. Всего на

станции можно организовать 128 очередей. Для всех очередей существуют восемь категорий срочности обслуживания. При занятии рабочего места на экране дисплея изображается ярлык с данными о виде соединения и номере вызывающего абонента при наличии аппаратуры определения номера (АОН). Оператор отвечает на поступающий вызов нажатием клавиши. В ярлык, изображенный на экране, оператор записывает: номер вызываемого абонента, систему обслуживания заявки, дополнительные услуги, заказанные абонентом, номер оплачивающего разговор абонента. После нажатия определенной кнопки эта информация передается в ЦУУ, выбирается исходящий комплект канала и подключается ККС. Далее устанавливается соединение до вызываемого абонента. На экране рабочего места оператора изображается состояние линии вызываемого абонента — свободна, занята, недоступна из-за отсутствия свободных каналов и т.д. При ответе вызываемого абонента оператор выдает команду на учет и запись продолжительности междугородного разговора и отключается от линии. Комплекты КРМТ и ККС освобождаются.

Все оборудование программируемого терминала на 16 рабочих мест размещается в двух шкафах размером 1800×600×300 мм каждый, установленных в коммутаторном зале. Разработаны специальные столы производственного контроля, рабочие места для обучения операторов, рабочее место инструктора.

В состав ЦУУ входят от одного до восьми однотипных управляющих модулей. Один модуль содержит два центральных процессора, работающие синхронно в системе межпроцессорной связи. Каждому центральному процессору придаются запоминающие устройства программ (ЗУП), данных (ЗУД) и адресов (ЗУА). Запоминающее устройство программ предназначено для хранения программ. Емкость ЗУП равна 1024 К слов, где $K = 1024$; длина слова — 16 бит. Запоминающее устройство данных используется для хранения данных. Емкость ЗУД и длина слова такие же, как и для ЗУП. В запоминающем устройстве адресов хранятся начальные адреса программ и данных. Емкость ЗУА равна 64 К; длина слова 32 бита. Запоминающие устройства управляются специальными блоками ЦП — управляющими устройствами ЗУ. Управление функциональными блоками ЦП осуществляется с помощью микроинструкций, вырабатываемых генератором микроинструкций (ГМИ). Микроинструкции от ГМИ поступают на шину управления, к которой подключены все функциональные блоки ЦП. Функциональный блок распознает свой адрес приема или передачи в микроинструкции и открывает свой вход или выход соответственно. ЦП содержит 14 функциональных блоков. Все они подключаются к шинам и управляются одинаково. Один управляющий модуль может обслужить в среднем за час 144 000 вызовов.

Основными функциями подсистемы технического обслуживания центральных и периферийных процессоров (ТОП) являются: обнаружение неисправностей; локализация возникающих неисправностей, ограничение воздействия на функционирование станции; оперативная информация обслуживающего персонала; устранение неисправностей, включая указания о выполнении ремонта с минимальными нарушениями функционирования станции; проверка результатов ремонта. Подсистема ТОП содержит устройство технического обслуживания процессоров (УТОП), которое контролирует параллельную синхронную работу каждой пары процессоров. Кроме УТОП, реализованного аппаратно, подсистема содержит 15 функциональных блоков, реализованных программно. Эти блоки выполняют функции диагностики устойчивых и временных самоустраниющихся отказов, диагностики ЗУ,

обнаружения и анализа отказов в центральных процессорах, реконфигурации ЦУУ, обнаружения и анализа отказов в периферийных процессорах и др.

Подсистема управления и технического обслуживания предназначена для управления данными и технического обслуживания оборудования ступени ГИ, линейных комплектов и сигнализации. Кратко рассмотрим основные функции подсистемы.

1. Контроль использования ресурсов. В процессе работы станции контролируются:

— число заблокированных устройств; при превышении допустимого числа включается сигнализация;

— число отказов; при превышении допустимого числа включается сигнализация;

— использование каналов и линий; отмечается, был ли занят канал (линия) хотя бы один раз в течение 1–3 дней, обнаруживаются заблокированные каналы и линии;

— нагрузка на ЦУУ; центральные процессоры защищаются от перегрузки;

— блокировки на ступени ГИ; при превышении допустимых блокировок включается сигнализация;

— параметры телефонной нагрузки.

2. Тестирование и локализация повреждений. Для проверки работы оборудования станции в соответствии с программой контроля или по инициативе оператора с помощью устройства тестирования (УТ) устанавливаются контрольные соединения. Тестовый программный контроль позволяет обнаружить неисправные устройства. Отказавшие устройства блокируются и заменяются резервными. Результаты тестирования выводятся на печать или на видеодисплей.

3. Управление данными. Подсистема УТО управляет данными о соединительных путях на ступени ГИ, о маршрутах установления соединений на станции, об оплате за разговоры, о тарифных импульсах и импульсах измерения нагрузки, о заблокированных каналах и устройствах на время проведения измерений, а также транслирует данные во внешние устройства.

4. Сбор и хранение статистической информации. В процессе работы станции фиксируются и выводятся на печать статистические данные о нагрузке, стоимости разговоров, качестве обслуживания и др.

Основными функциями **подсистемы учета стоимости разговоров (УСР)** являются генерирование, распределение и периодическое считывание тарифных импульсов, анализ данных по тарификации, определение стоимости разговоров, автоматическая запись данных о разговорах на магнитную ленту и выписка счетов за разговоры. На рис. 6.34 в подсистеме УСР показаны только три функциональных блока: генератор тарифных импульсов (ГТИ), распределитель тарифных импульсов (РТИ) и определить стоимости разговоров (ОСР).

В зависимости от выполняемых функций внешние устройства подразделяются на внешние запоминающие устройства (магнитные диски, магнитные ленты (МЛ)), устройства ввода-вывода (телетайпы (ТТ), дисплеи, устройства ввода информации с перфокарт, сигнальные панели, рабочие места операторов), устройства передачи данных (модемы, стандартные каналы передачи данных). Внешние устройства управляются с помощью периферийных процессоров.

6.2.9. Оптическая коммутация

Развитие высокоскоростных сетей, таких, например как ШЦСИО на основе технологии АТМ [26], ставит перед исследователями и разработчиками задачу создания полностью оптических сетей связи на основе широкого применения волоконно-оптических систем передачи со спектральным разделением (ВОСП-СР), оптических усилителей и оптических коммутаторов. На начальном этапе ВОСП-СР вводятся просто по принципу «точка — точка», чтобы увеличить пропускную способность сети между узлами связи.

На рис. 6.36 представлена обобщенная схема волоконно-оптической системы передачи, в которой отражены виды оборудования систем передачи [47].

Мультиплексор, MUX (Multiplexer) — аппаратная реализация мультиплексоров может быть электрической и оптической. В *электрической* реализации нашли широкое распространение мультиплексоры плезиохронной цифровой иерархии, синхронной цифровой иерархии, асинхронного режима передачи. В *оптической* реализации применяются мультиплексоры оптических несущих для отдельных окон прозрачности оптического волокна (например, 1528,77; 1529,55; ...; 1560,61 нм — всего 41 частота [48]). Частотный интервал между несущими определяет вид мультиплексирования: *волновое мультиплексирование* WDM (Wavelength Division Multiplexing) и *плотное волновое мультиплексирование* DWDM (Dense WDM). Плотное мультиплексирование предполагает расстояние между соседними длинами волн не более 2 нм.

Оптический конвертер ОС (Optical Converter) — устройство, состоящее из оптического передатчика с преобразователями кода передачи и оптического приемника с преобразователями кода приема. В качестве оптического передатчика чаще всего применяются полупроводниковые лазеры (одномодовые и многомодовые), однако возможно применение различных светодиодов (поверхностных и торцевых). В качестве оптического приемника применяются фотодиоды типа *p-i-n* и лавинные. Преобразование линейного кода необходимо для помехоустойчивой передачи цифровых сигналов по оптической линии.

Оптический усилитель ОА (Optical Amplifier) — устройство, обеспечивающее увеличение мощности оптического излучения в широком спектре (в окне прозрачности); может использоваться совместно с оборудованием WDM. В составе аппаратуры могут применяться полупроводниковые и волоконные усилители. Оптические усилители могут использоваться в качестве усилителей мощности передачи, предусилителей на приеме и промежуточных усилителей вместо электронных регенераторов.

Регенератор Reg (Regeneration) — устройство, восстанавливающее длительность и амплитуду электрических импульсов. Регенератор используется в приемной части мультиплексора, иногда он является составной частью оптического конвертера, а также на промежуточных станциях в виде отдельного устройства и совместно с мультиплексорами WDM.

Мультиплексоры ввода/вывода: оптический и электрический — ADM (Add / Drop Multiplexer), OADM (Optical ADM) — используются в качестве промежуточных станций для создания доступа к отдельным каналам передачи (электрическим и оптическим). Мультиплексоры ввода/вывода могут использоваться совместно с аппаратурой оперативного переключения (АОП) — кроссовыми коммутаторами.

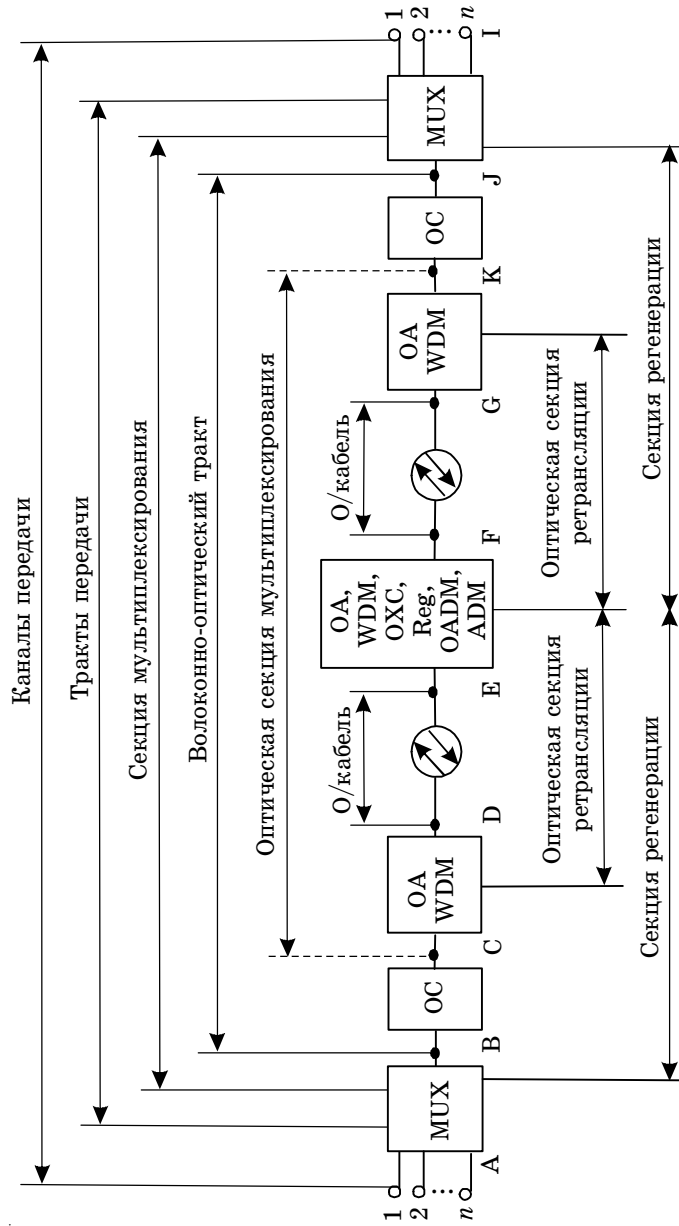


Рис. 6.36 — Обобщенная схема волоконно-оптической системы передачи

Оптический кроссовый коммутатор ОХС (Optical Cross Connect) — устройство, обеспечивающее выделение, ввод, переключение оптических несущих в узловых станциях. ОХС служит для установления постоянных и полупостоянных оптических соединений между отдельными оконечными станциями или группами оконечных и промежуточных станций при создании оптических сетей.

Точки А, В, С, D, Е, F, G, К, J и I, обозначенные на рис. 6.36, называются *точками сопряжения*. Если параметры этих точек определены стандартами международных организаций по стандартизации (например, Международным союзом электросвязи), то их называют *интерфейсами*.

Планируется за счет ВОСП-СР существенно увеличить пропускную способность региональных и городских сетей связи Европы. Существующая архитектура этих сетей основана на кольцевых структурах, что представляет возможность ввести маршрутизацию по длинам волн оптических несущих с мультиплексированием или со сдвигом длины волны.

В качестве первого шага *оптические коммутационные матрицы*, использующие системы мультиплексирования с пространственным или спектральным разделением, будут применяться в качестве *кросс-коннекторов*. Информация в этом случае не должна преобразовываться на каждом узле из оптического вида в электрический и обратно. Управление коммутационной матрицей в этом случае необходимо только при установлении соединения или разъединении и может быть электронным. Оптические кросс-коннекторы с успехом могут использоваться в универсальной транспортной сети, как это планируется делать в большинстве проектов.

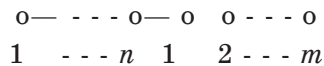
Однако в сетях АТМ для транспортирования всех видов информации используется ячейка, а в коммутаторах должна производиться обработка ее заголовка для того, чтобы ячейка достигла нужного выхода. Обработка заголовка ячейки требует вычислений, что в настоящее время может быть выполнено только на основе электроники. Может быть в будущем это станет возможным с помощью оптического компьютера и оптической памяти.

Таким образом, в ближайшем будущем нельзя рассчитывать на полномасштабное применение оптической коммутации. Скорее всего, в течение нескольких десятилетий оптическая коммутация будет соседствовать с электронной. Однако полностью оптические транспортные сети с пространственным или спектральным разделением могут найти свое место в ближайшие годы.

Контрольные вопросы

1. При каком методе коммутации задержка сообщений в сети минимальна?
2. В каких методах коммутации невозможно изменять полосу пропускания: КК; БКК; КП или БКП?
3. Сколько логических каналов может быть назначено одному физическому каналу согласно протоколу X.25?
4. Предусмотрен ли протоколом X.25 режим дейтаграмм?
5. Что такое быстрый пакет в сетях скоростной коммутации данных: ячейка АТМ; ячейка АТМ с заголовком, добавленным входным контроллером коммутатора; пакет, сформированный на уровне адаптации АТМ?

6. На каком уровне протокольной модели Ш-ЦСИС размещается функция коммутации ячеек?
7. Какие дополнительные меры приняты в баньяновидной схеме коммутатора АТМ для устранения конфликтов, заключающихся в попытке одновременной коммутации двух входов на один выход?
8. Какие задачи решаются использованием многозвенных схем коммутации?
9. Формула Ч. Клоза имеет вид: $k \geq 2n - 1$. Величины каких параметров коммутатора обозначены индексами k и n ?
10. Подставьте недостающее слово: «Автоматическая международная телефонная станция с временным разделением каналов ... типа».
11. Почему коммутационные станции квазиэлектронного типа в своем названии имеют приставку «квази-»?
12. Какое название носит окончное станционное устройство каждой абонентской линии?
13. Что называется связностью коммутационного многозвенного блока?
14. Чему равно число точек коммутации в полноступенчатом однозвенном коммутаторе емкостью $N \times N$?
15. Как называется абонентская линия, соединяющая абонента с АТС?
16. Каковы требования к величине сопротивления гальванического контакта в точке коммутации цифрового коммутационного поля?
17. Каково название коммутационного прибора, символическая схема которого имеет вид:



18. Позволяет ли схема Клоза уменьшить число точек коммутации в трехзвенном коммутаторе по сравнению с однозвенным?
19. Укажите каковы отличительные признаки узлов кроссовой коммутации: а) все соединения устанавливаются и прекращаются одновременно; б) коммутационное поле построено из квадратных коммутаторов $n \times n$; в) все соединения осуществляются вручную (скруткой или пайкой)?
20. Задачей какого вида ступени искания коммутационной системы является выбор конкретной линии, адресата вызова: свободного; группового; линейного?
21. Каковы структура и тип коммутационного поля с формулой звенности В-П-П-В?
22. На каких ступенях искания в коммутационных системах координатного типа применяется вынужденное искание?
23. Для каких связей (исходящих, входящих, транзитных, внутростанционных) используется шнуровой комплект АТСКЭ?
24. Какие запоминающие устройства предусмотрены во временном звене цифрового коммутатора?
25. Какое количество каналов можно обеспечить в уплотненной линии пространственного звена цифрового коммутатора?

26. Каков формат слова в ОЗУ адреса временного звена цифрового коммутатора?
27. В чем заключается основной недостаток временной ступени электронного коммутатора?
28. Какой структуре АТСЭ (В-П-В или П-В-П) отдают предпочтение при конструировании станций большой емкости?
29. Является ли коммутационное поле АМТСЭ АХЕ-10 полнодоступным?
30. Какой тип соединений (2-проводное или 4-проводное) обеспечивает коммутационное поле АМТСЭ АХЕ-10?
31. Какова структура коммутационного поля АМТСЭ АХЕ-10 (приведите формулу звенности: П-В-П, В-П-П-П-В, или В-П-В)?
32. С какой целью в АМТСЭ АХЕ-10 применены спаренные центральные процессоры?
33. Каков формат слова в ОЗУ адреса временного звена электронного коммутатора?
34. Каков формат слова в ОЗУ информации временного звена коммутатора АХЕ-10?

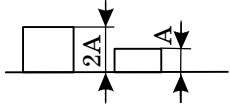
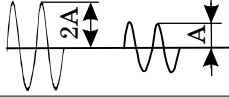
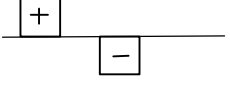
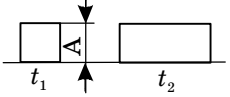

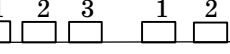
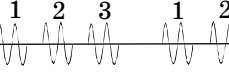
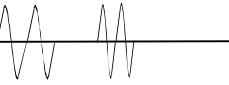
Глава 7. Принципы сигнализации в ТФОП

По образному выражению Р. Мантерфилда [50], сигнализация — это «кровеносная система сетей электросвязи, которая поддерживает совместное существование коммутационных узлов и станций в сети для обеспечения функций обслуживания абонентов». Задачами системы сигнализации являются выработка сигналов и реализация способов быстрого и надежного обмена служебной информацией между всеми видами коммутационного оборудования.

Основными требованиями, предъявляемыми к системам передачи сигналов, являются высокая скорость и верность передачи информации; простота устройств, осуществляющих формирование, передачу и прием сигналов, а также надежность функционирования системы. Для распознавания сигналов пользуются различными отличительными признаками: максимальное значение, длительность, полярность, количество импульсов и частота. В табл. 7.1 приведены отличительные признаки сигналов при передаче постоянным и переменным токами [29].

Таблица 7.1

Отличительные признаки сигналов

Отличительный признак сигнала	Графическое изображение сигнала	
	постоянного тока	переменного тока
Максимальное значение A		
Полярность		—
Длительность t		
Количество импульсов		
Частота f	—	

Выбор признака сигналов для образования системы передачи информации зависит от того, насколько отдельные признаки устойчивы при передаче по линиям и каналам связи, сколько значений этого признака может быть

передано, насколько удобно и экономично воспроизведение различных значений данного признака.

Максимальное значение характеризуется величиной тока, посылаемого передатчиком. Этот признак достаточно просто образуется, однако искажения сигнала из-за нестабильности параметров линии и действия внешних цепей ограничивают его использование при передаче сигналов по линиям. Применение полярного признака весьма удобно вследствие простоты образования и расшифровки сигнала.

Помехоустойчивость полярного признака достаточно высокая, однако наличие лишь двух значений является заметным ограничением.

Длительность является достаточно устойчивым признаком при передаче сигнала по каналам связи. Основным недостатком этого признака является трудность образования и, особенно, приема большого числа элементов сигнала при его использовании. В практике используются только три значения этого признака.

Числовой признак характеризуется количеством импульсов. Сигналы отличаются один от другого числом импульсов. Числовой признак легко воспроизводится, передается и различается, поэтому он находит широкое применение при передаче сигналов как постоянным, так и переменным током.

При использовании частотного признака сигналы передаются токами различных частот тонального спектра. На передающем конце смена признака осуществляется подключением к каналу соответствующих генераторов. На приемном конце расшифровка производится выделением частоты с помощью электрических фильтров. Частотный признак является одним из наиболее устойчивых и допускает работу по каналам тональной частоты любых видов. Это объясняется тем, что токи сигналов по своим параметрам не отличаются от разговорных токов. Одним из важных достоинств частотного признака является возможность практического использования довольно большого числа его различных значений, что облегчает условие построения системы передачи информации.

7.1. Классификация систем сигнализации

Примеры классификации систем сигнализации приводятся во многих библиографических источниках [5, 14, 29, 44, 45, 49, 50].

Системы сигнализации могут быть классифицированы по следующим признакам (рис. 7.1, 7.2).

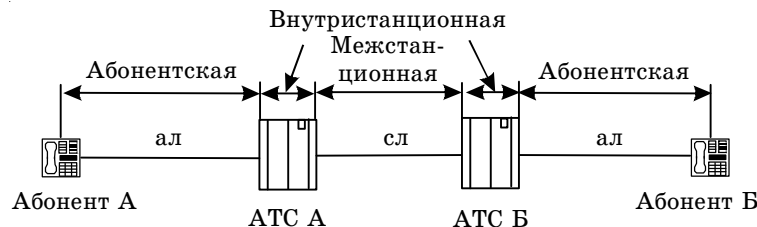


Рис. 7.1 — Сигнализация в сетях связи:

АЛ — абонентская линия; СЛ — соединительная линия

1. По отношению к потребителю

Абонентская сигнализация (Subscriber Loop Signaling) — 1) от пользователя к сети: требование обслуживания, набор номера, конец связи и т.д.; 2) от сети к пользователю: сигнал вызова, зуммер, ответ абонента, оплата и т.д.



Рис. 7.2 — Системы сигнализации в отечественных телефонных сетях

Межстанционная сигнализация (Inter-Exchange Signaling) — от одной станции к другой внутри сети: занятие линии, управление соединением, техническое обслуживание и т.д.

Внутристанционная сигнализация — между различными функциональными узлами и блоками внутри коммутационной станции.

2. По виду сигналов:

линейные сигналы;
 сигналы управления (регистрационные);
 информационные сигналы.

3. По отношению к каналу:

а) к аналоговому каналу:

внутриполосная сигнализация (Inband Signaling) — передача сигнализационной информации в полосе частот канала (например, МЧК — многочастотный код 2 из 6);

внеполосная (Out-of-Band Signaling) — передача сигнализационной информации вне полосы частот канала (например, на частоте 3825 Гц);

б) к цифровому каналу

сигнализация «заимствование бита»;

сигнализация поканальная CAS (Channel Associated Signaling);
 общеканальная сигнализация ОКС (CCS — Common Channel Signaling):
 ОКС-6, ОКС-7.

4. По конфигурации сети:

1) на междугородной телефонной сети:

а) токами тональной частоты (ТЧ) (по разговорному телеф. каналу);

б) по ОКС-6 или ОКС-7.

на внутризональных сетях:

а) токами ТЧ;

б) по ОКС;

в) по ВСК (ЧРК, $f = 3825$ Гц);

г) по ВСК CAS (ВРК).

5. По виду соединительных линий:

по СЛ (соединительным линиям);

по исходящим заказным СЛ (ЗСЛ);

по входящим междугородным СЛ (СЛМ).

6. По способу передачи:

I класс: батарейный; шлейфовый; гальванический; индуктивный;

II класс: по ВСК; частотные методы;

III класс: ОКС.

7.2. Классификация видов сигналов

1. **Линейные сигналы (ЛС)** — это сигналы взаимодействия, которыми обмениваются линейные комплекты каналов. Предназначены для передачи на любом этапе сеанса связи от занятия канала до его освобождения (установление соединения, разговор абонентов, разъединение). Используются линейные сигналы для фиксации в ЛК этапов установления соединения, состояния каналов и линий (свободна, занята) и для выполнения ряда технических функций (блокировка, проверка исправности канала и т.д.).

2. Сигналы **управления (регистровые)** переносят сигнализационную информацию только в процессе установления соединения. По этой информации выбираются путь для установления соединения и линия вызываемого абонента (от телефонного аппарата в прямом направлении; между управляющими устройствами узлов, станций и подстанций как в прямом, так и в обратном направлении). Кроме того, выполняется ряд функций, не связанных с выбором каналов и линий (включение эхозаградителей и т.д.).

3. **Информационные сигналы (акустические)**: зуммерные сигналы, механические голоса. Предназначены для оповещения абонента или оператора о начале соединения, свободности или занятости линий. Воспринимаются на слух, на работу оборудования станций и узлов не воздействуют («Занято», «Ждите» и т.д.).

Примеры сигналов

1. Линейные сигналы (рис. 7.3):

«Занятие», «Номер вызываемого абонента», «Отбой вызываемого абонента», «Вызов», «Разъединение», «Запрос АОН», «Снятие запроса АОН», «Абонент свободен», «Ответ», «Отбой вызываемого абонента», «Занято», «Сброс», «Освобождение», «Блокировка», «Контроль исходного состояния».

2. Сигналы управления по СЛ, прямое направление:

«Номер вызываемого абонента», «Подтверждение из маркеров о получении обратных сигналов», «Запрос о подтверждении сигнала, если сигнал принят с искажением».

Сигналы *управления* по СЛ, обратное направление:

«Передать первую цифру номера», «Передать следующую цифру номера», «Повторить ранее переданную цифру», «Окончить установление соединения», «Разъединение», «Запрос о повторе сигнала регистра, если в маркере сигнал принят с искажением», «Отсутствие свободного соединения путей», «Передать номер вызываемого абонента декадным кодом, начиная с первой цифры без нарушения устанавливаемого соединения», «Передать следующие, а затем все остальные цифры номера вызываемого абонента декадным способом», «Передать ранее переданную и затем все остальные цифры номера вызываемого абонента декадным способом», «Отсутствие приема частотной информации».

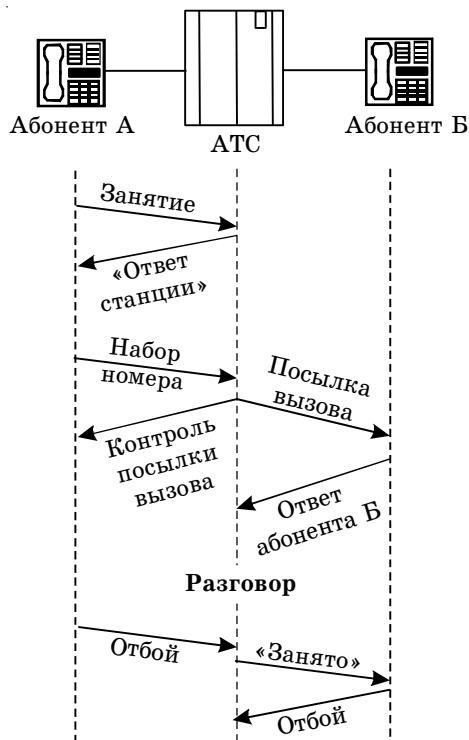


Рис. 7.3 — Пример абонентской сигнализации

3. Информационные (акустические) сигналы для местной связи:

«Ответ станции», «Занято», «Контроль посылки вызова (АЛ свободна)», «Недоступность (АЛ занята)», «Предупреждение», «Вмешательство (оператора)», «Уведомление (поступление нового вызова к абоненту, занятому разговором)».

Некоторые из информационных (акустических) сигналов, получаемых абонентом при междугородной связи, приведены в табл. 7.2 [34].

Таблица 7.2

Примеры информационных сигналов

Состояние соединения	Зуммерный сигнал
Абонент снимает микрофонную трубку: приборы свободны приборы заняты	«Ответ АТС» «Занято»
После набора индекса «8»: заняты все выходы на АМТС или заняты все регистры АМТС приборы АМТС свободны задержка абонентом набора знаков номера	«Занято» «Ответ АМТС» «Занято»
Отсутствуют свободные каналы на исходящей или транзитной станции: при соединении с линией ожидания при отсутствии свободных линий ожидания	«Ожидание» «Занято»

Окончание табл. 7.2

Состояние соединения	Зуммерный сигнал
Отсутствуют свободные приборы на станциях	«Занято»
Занятость АЛ, СЛ местным или междугородным соединением	«Занято»
АЛ свободна	«Контроль посылки вызова» обоим абонентам
Ответ	Прекращение сигнала «Контроль посылки вызова»
Отбой	«Занято»

7.3. Способы передачи линейных сигналов

На различных участках телефонной сети РФ могут использоваться различные виды линейных сигналов.

1. На междугородной телефонной сети:

- токами тональной частоты по разговорному каналу;
- двоичным кодом по ОКС.

2. На внутризоновых сетях:

- токами ТЧ по разговорному каналу (однополосная сигнализация на частоте 2600 Гц, двухполосная сигнализация на 1200 и 1600 Гц);
- двоичным кодом по ОКС;
- по индивидуально выделенному каналу на 3,825 Гц (ЧРК);
- по выделенному сигнальному каналу в цифровых системах с ИКМ (CAS).

3. Способы передачи линейных сигналов в СЛ, ЗСЛ и СЛМ:

• Батарейный — передача линейных сигналов по проводам *a*, *b* и *c* приборов АТС и межстанционных СЛ с помощью переполюсовки полярностей станционных батарей исходящей и входящей АТС с использованием земли в качестве вспомогательного провода.

• Шлейфный — передача ЛС по проводам *a* и *b* комплектов АТС по физическим двухпроводным СЛ и по проводам *a*, *b*, *e*, *f* комплектов АТС по физическим четырехпроводным ЗСЛ и СЛМ с помощью переполюсовки полярностей станционной батареи только входящей станции на проводах *a* и *b*, *e* и *f*.

• Частотный — передача ЛС по ВСК (выделенному сигнальному каналу) на частоте 3825 Гц в системах передачи с ЧРК.

- По ВСК в цифровых системах передачи ИКМ.

7.4. Способы передачи сигналов управления

К категории сигналов управления относятся электрические сигналы, передаваемые от телефонного аппарата (номеронабирателя или клавиатуры) в прямом направлении, а также между управляющими устройствами узлов, станций и подстанций, в процессе установления соединения как в прямом, так и в обратном направлении. В междугородной сети сигналы управления и, в частности, информация о междугородном номере вызываемого абонента (АВСабххххх) могут передаваться одним из трех способов (рис. 7.4): «из конца в конец»; «от узла к узлу»; комбинированным [5]. Первый способ исполь-

зается при международной связи. С исходящей АМТС из пункта в пункт передается междугородный код, присвоенный опорной международной станцией, а затем на эту станцию «из конца в конец» будет передан весь международный номер. Второй способ применяется на междугородной сети РФ между электронными АТС. Последний способ — передача междугородного кода из пункта в пункт и зонового номера «из конца в конец» — предназначен для связи между существующими станциями декадно-шагового типа и координатных.

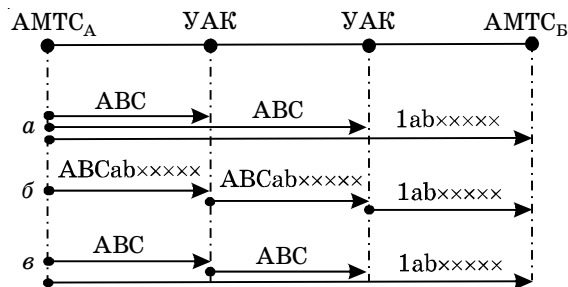


Рис. 7.4 — Способы передачи сигналов управления:
a — «из конца в конец»; *б* — «от узла к узлу»;
в — комбинированный

Способы передачи отдельных сигналов управления могут быть различными. До сих пор широко распространен декадный способ передачи цифровой информации в качестве сигналов управления. Число импульсов в данном случае совпадает с числом единиц в цифре. Однако этому способу предпочитается кодированная передача сигналов управления. При кодированной передаче каждая цифра сигнала управления передается в виде одного импульса или комбинации из нескольких импульсов, причем с возможностью проверки правильности переданной информации. Сигналы управления в кодированном виде могут передаваться по телефонным и по общим каналам сигнализации. При передаче по телефонным каналам применяются различные способы кодирования — по числу импульсов, амплитуде, частоте, фазе, а также последовательные и параллельные коды.

На телефонных сетях, в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т, получили распространение три способа кодирования сигналов управления: одночастотный, двухчастотный и многочастотный (табл. 7.3).

Одночастотный и двухчастотный коды являются последовательными кодами, так как цифры отличаются друг от друга комбинацией последовательно переданных признаков. Наличие или отсутствие признака характеризуется соответственно цифрой «1» или «0». Поскольку для каждого передаваемого признака имеются только два значения (бинарный код), то для передачи десяти значений цифр потребуется последовательная передача четырех импульсов.

В одночастотном коде информационными импульсами являются 2, 3, 4 и 5-й. Они образуют 16 комбинаций. Первый импульс является стартовым, а шестой — стоповым. При отсутствии стартового и стопового импульсов невозможно различить две одинаковые последовательно переданные цифры. Такой способ передачи принят, например, для системы сигнализации № 3 МСЭ-Т (подразд 7.6, табл. 7.4). Длительность передачи каждого импульса в этой системе составляет 50 мс, а каждой цифры — $50 \cdot 6 = 300$ мс.

Таблица 7.3

Структура кодированных сигналов

№ комбинации	Одночастотный код	Двухчастотный код	Многочастотный код «2 из 6»					
	Номер импульса		Частота, Гц					
	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4	700	900	1100	1300	1500	1700
1	1 0 0 0 1 0	у у у х	+	+				
2	1 0 0 1 0 0	у у х у	+		+			
3	1 0 0 1 1 0	у у х х		+	+			
4	1 0 1 0 0 0	у х у у	+			+		
5	1 0 1 0 1 0	у х у х		+		+		
6	1 0 1 1 0 0	у х х у			+	+		
7	1 0 1 1 1 0	у х х х	+				+	
8	1 1 0 0 0 0	х у у у		+			+	
9	1 1 0 0 1 0	х у у х			+		+	
10	1 1 0 1 0 0	х у х у				+	+	
11	1 1 0 1 1 0	х у х х	+					+
12	1 1 1 0 0 0	х х у у		+				+
13	1 1 1 0 1 0	х х у х			+			+
14	1 1 1 1 0 0	х х х у				+		+
15	1 1 1 1 1 0	х х х х					+	+
16	1 0 0 0 0 0	у у у у						

Примечание: 1 — токовый импульс; 0 — бестоковый импульс;
х — частота 2040 Гц; у — частота 2400 Гц; + — передаваемая частота.

В двухчастотном коде также имеется всего четыре информационных импульса. Они образуют 16 комбинаций из последовательно передаваемых четырех импульсов. В стартовом и стоповом импульсах здесь нет необходимости, так как импульсы передаются с интервалами. Такой код применен в системе сигнализации № 4 МСЭ-Т, обсуждение которого будет приведено ниже (подразд. 7.6. табл. 7.4). Длительность каждого импульса и интервала в этой системе равна 35 мс. Каждая цифра сигнала управления передается за $35 \cdot 4 + 35 \cdot 4 = 280$ мс.

Многочастотный код отличается от двух предыдущих тем, что каждая цифра кодируется в виде одного импульса, содержащего различные комбинации признаков, в данном случае различных частот. Если использовать для кодирования n частот, то можно комбинировать их различными способами. Если использовать пять или шесть частот для получения импульсов, содержащих одинаковое число частот, то, организовав сочетания из 5 частот по 2, можно получить $C_5^2 = 10$ комбинаций при пяти частотах и $C_6^2 = 15$ комбинаций при шести частотах, то есть достаточное число их для передачи сигналов управления.

Такие коды по числу n частот в каждом импульсе, выбранных из набора m частот, носят название кодов « n из m » (для рассмотренных выше примеров «2 из 5» или «2 из 6»). Код «2 из 6» применен, в частности, в системе сигнализации № 5 МСЭ-Т (подразд. 7.6, табл. 7.4). В этой системе используются частоты 700, 900, 1100, 1300, 1500 и 1700 Гц, которые комбинируются попарно в соответствии с табл. 7.3.

Многочастотный способ передачи сигналов управления используется на городских, внутризоновых и междугородной телефонных сетях. В качестве частот передачи сигналов выбраны шесть частот, а каждая цифра кодируется в виде импульса из двух частот (код «2 из 6»). В зависимости от участка сети могут быть использованы три разновидности многочастотного способа передачи (рис. 7.5): импульсный пакет; импульсный челнок и безынтервальный пакет. Передача сигналов управления начинается после приема сигнала запроса со следующей станции. При передаче *импульсным пакетом* цифры передаются друг за другом. После приема всего пакета цифр приемное оборудование проверяет правильность принятой информации, а затем передается один из сигналов: «Номер принят правильно» или «Номер принят неправильно» (рис. 7.5,а).

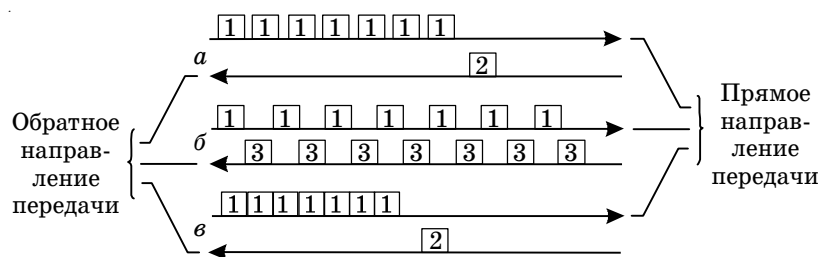


Рис. 7.5 — Многочастотные способы передачи сигналов управления:
 а — импульсный пакет; б — импульсный челнок;
 в — безынтервальный пакет

При передаче *импульсным челноком* каждая следующая цифра передается только после передачи в обратном направлении сигналов «Передать следующую цифру» или «Повторить предыдущую цифру» (рис. 7.5,б). Необходимость повторять предыдущую цифру возникает либо по требованию управляющих устройств, либо в связи с обнаруженной ошибкой при передаче сигнала.

Способ передачи *безынтервальным пакетом* (рис. 7.5,в), когда импульсы следуют друг за другом без интервалов, позволяет уменьшить время передачи информации. При передаче сигнала безынтервальным пакетом возникают трудности, если подряд одна за другой передаются одинаковые цифры. В данном случае передают служебный импульс повторения, не несущий никакой номерной информации. Этот импульс передается вместо четных импульсов, кодирующих одинаковые цифры, этим устанавливается граница между двумя соседними импульсами. Например необходимо передать номер 5555. Тогда первая и третья цифры передаются импульсом, соответствующим цифре 5, а вторая и четвертая цифры — импульсом повторения.

Импульсный пакет используется на междугородной сети на участках АМТС-УАК, УАК-АМТС, УАК-УАК, АМТС-АМТС, на внутризоновой сети по ЗСЛ от АТС к АМТС (при наличии промежуточных регистров на АТС) и на городских телефонных сетях между АТСКЭ.

Импульсным челноком сигналы управления передаются по соединительным линиям внутризоновой сети от АМТС к АТСК, городской и сельской сетей — между АТСК.

Безынтервальный пакет используется на ЗСЛ внутризоновой сети от АТС к АМТС (при отсутствии промежуточных регистров на АТС).

Выбор способа передачи сигналов определяется следующими соображениями. Передача пакетом всех цифр номера применяется тогда, когда для управления коммутационными устройствами не используется часть цифр номера (на АМТС, УАК, АТСКЭ). В тех случаях, когда информация о номере обрабатывается управляющим устройством по частям, например на АТСК с управлением по ступеням искания, она передается импульсным челноком. Безынтервальный пакет обеспечивает наименьшее время передачи информации, что необходимо при использовании АОН.

Время передачи имеет наибольшее значение при передаче импульсным челноком, а наименьшее — безынтервальным пакетом. Использовать безынтервальный пакет на междугородной телефонной сети мешают появляющиеся при передаче искажения сигналов из-за различного значения времени распространения сигнала по линии на разных частотах, что может вызвать «наползание» одного сигнала на другой.

7.5. Передача информационных сигналов

Информационные (акустические) сигналы передаются в обратном направлении в виде зуммерных сигналов и механических голосов [5].

На АМТС и УАК предусматриваются **зуммерные сигналы** со следующими параметрами:

- «Ответ АМТС» — непрерывная передача тока частотой (425 ± 25) Гц;
- «Занято» — периодические посылки тока частотой (425 ± 25) Гц с временными параметрами: импульс 0,3–0,4 с, интервал 0,3–0,4 с;
- «Контроль посылки вызова» — периодические посылки тока частотой (425 ± 25) Гц с временными параметрами: длительностью импульса в секундах 0,8 или 1,0 с отклонениями $\pm 0,1$ с; интервалом в секундах 3,2 или 4,0 с отклонениями $\pm 0,3$ с;
- «Ожидание» — последовательная передача трех частот: (950 ± 50) ; (1400 ± 50) ; (1800 ± 50) Гц. Длительность передачи каждой частоты (330 ± 70) мс. Длительность интервала между посылками — до 30 мс. Сигнал передается в паузах между словами механического голоса «Ждите». Если число посылок трехчастотных сигналов между словами механического голоса не менее двух, то интервал между трехчастотными посылками должен быть (1000 ± 250) мс;
- «Тиккер» (Ticker) — периодические посылки тока частотой 425 ± 25 Гц с временными параметрами: импульс 0,1 с, интервал 3,0 с, передаваемые на фоне разговора при местной занятости.

На АМТС и УАК предусматриваются следующие механические голоса:

- «Неправильно набран номер»;
- «Вызывайте телефонистку», если абонент относится к категории, не имеющей права пользования автоматической междугородной связью или если выбранное направление исключено из автоматического обслуживания;
- «Ждите».

На станциях *декадно-шаговой* и *координатной* систем могут передавать следующие акустические сигналы:

- Зуммер ответа входящей или транзитной станции — непрерывная посылка частоты 425 ± 25 Гц;
- «Набирайте номер» при подключении к входящей АМТС.

7.6. Международные системы сигнализации

Список международных систем сигнализации телефонных сетей общего пользования [50, 51] содержит наименований семь систем, рекомендованных ИТУ-Т и две региональных системы R1 и R2 (табл. 7.4).

Таблица 7.4

Международные системы сигнализации

Наименование	Описание
Системы сигнализации ИТУ-Т	
Система № 1	Принята на X Пленарной ассамблее ИТУ-Т (Будапешт 1934 г.) для международных каналов с ручным способом установки соединения. Применяются только линейные сигналы с частотой 500 Гц \pm 2 %, передаваемые импульсами с частотой 20 Гц \pm 2 %. На коротких линиях вместо сигнала 500/20 Гц может применяться НЧ-сигнал 16, 25, 50 Гц
Система № 2	Опубликована в Белой книге (Осло, 1938 г.) для полуавтоматической связи по 2-проводным линиям. Линейные сигналы с частотами 600 и 750 Гц. Набор номера одной частотой 750 Гц. Система никогда не использовалась для международной связи
Система № 3	Стандартизована в 1954 г. для однонаправленной полуавтоматической и автоматической связи. Опубликована в Красной книге (Нью-Дели, 1960 г.). Линейная сигнализация на частоте (2280 \pm 6) Гц. Регистровая сигнализация безынтервальным способом импульсами с частотой (2280 \pm 6) Гц
Система № 4	Стандартизована в 1954 г. для однонаправленной полуавтоматической и автоматической связи. Несовместима с линиями межконтинентальной связи (TASI). Опубликована в Зеленой книге (Женева, 1973 г.). Линейная сигнализация — комбинации трех частот: 2040 Гц, 2400 Гц, (2040 2400) Гц. Регистровая сигнализация безынтервальным способом импульсами с частотами 2040 Гц и 2400 Гц
Система № 5	Стандартизована в 1964 г. для обработки межконтинентальной нагрузки. Двухнаправленная работа для автоматики и полуавтоматики, возможность TASI-линии. Опубликована в Зеленой книге (Женева, 1973 г., протоколы Q.140–Q.164). Линейная сигнализация использует внутриполосные двухчастотные сигналы с 2400 и 2600 Гц. Сигнализация «от звена к звену» для всех линейных сигналов, кроме сигнала «Вмешательство телефонистки». В отличие от более ранних систем, использованы самопроверяющиеся коды. Сигнализация в прямом направлении соответствует сигнализации в обратном. При наличии сомнения в верности принятого запрашивается повторение ранее переданного сигнала, принятого с искажениями. На попытку двойного занятия автоматически указывает частота принимаемого сигнала, которая будет такой же, что и передаваемая частота, т.е. 2400 Гц, а не 2600. Регистровые сигналы — импульсы многочастотной сигнализации «2 из 6» (один импульс соответствует одной цифре). Частоты от 700 до 1700 Гц с шагом 200 Гц
Система №5 bis	Стандартизована в 1968 г. Дополнительно к характеристикам и параметрам системы № 5 обеспечивает дополнительные сигналы блокировки в прямом и обратном направлении. Вытеснена появлением ОКС-6 и ОКС-7

Окончание табл. 7.4

Наименование	Описание
Система № 6 ОКС-6	Принята в 1968 г. Применяется на международных сетях между Кореей и Японией, в США, на Тайване, в Австралии, Англии. Скорость передачи информации: 56 кбит/с (цифровая), 4 кбит/с (аналоговая). Метод исправления ошибок: ретрансляция кадра (единицы), фиксированная длина кадра 28 бит, общее количество сигнальных групп — около 40 типов
Система № 7 ОКС-7	Принята в 1980 г. Применяется в цифровых сетях коммутации повсюду в мире. Скорость передачи информации: 64 кбит/с (цифровая), 4,8 кбит/с (аналоговая). Система исправления ошибок: основная (задержка в одном направлении менее 15 мс), система превентивного циклического повторения РСР (задержка в одном направлении более 15 мс), возможная длина кадра до 60 байт на международных сетях и до 272 на национальных
Региональные стандарты ИТУ-Т	
R1	<p>В 1968 г. принят для Северной Америки. Обслуживает двунаправленную работу для автоматики и полуавтоматики.</p> <p>Линейная сигнализация: внутриполосная, «от звена к звену», скорость выше, информационные возможности ниже, чем у R2, по аналоговым линиям — непрерывный сигнал (2600 ± 5) Гц в обоих направлениях, для цифровых трактов T1 (рекомендация G.733): метод «заимствования битов» — передача сигналов по двум ВСК (а и б), для чего используются восьмые биты каждого канала один раз в 6 циклов, то есть в циклах № 6 и № 12 внутри сверхцикла из 12 каналов.</p> <p>Регистровая сигнализация (аналогична системе № 5): импульсы, содержащие комбинации согласно коду «2 из 6» частот 700, 900, 1100, 1300, 1500, 1700 Гц; между импульсами — паузы</p>
R2	<p>Первоначально (в 1962 г.) назван «система MFC Берн». Окончательно принят в 1968 г. Применяется в Европе, Юго-Восточной Азии, Пакистане, Латинской Америке, развивающихся странах.</p> <p>Представляет собой модернизированный тип многочастотной сигнализации MFC (Multifrequency Code) для автоматики и полуавтоматики, обеспечивает однонаправленную работу аналоговых каналов и двунаправленную цифровых.</p> <p>Линейная аналоговая сигнализация</p> <p>Аналоговая R2: тональные сигналы вне полосы для каналов с ЧРК, 3825 Гц, метод «от звена к звену», исходное состояние — наличие тонального сигнала.</p> <p>Линейная цифровая R2D — для цифровых трактов ИКМ E1, рекомендация G.732, подробно Q.421–Q.424; метод CAS в каждом шестнадцатом канале интервалом циклов сверхцикла, 4-битовыми словами, 1ВСК или 2ВСК.</p> <p>Регистровая сигнализация — сквозная «из конца в конец», самопроверяющаяся, сигналы двухчастотные в коде «2 из 6»: 1380, 1500, 1620, 1740, 1860 и 1980 Гц для сигналов в прямом направлении и 1140, 1020, 900, 780, 660, 540 Гц — в обратном</p>

7.7. Система сигнализации R2

Дополнительно к информации, содержащейся в табл. 7.4, рассмотрим некоторые аспекты линейной и регистровой сигнализации системы R2 более подробно [50]. Интерфейсы R2D в АМТС АХЕ-10 показаны на рис. 7.6. Согласно процедуре сигнализации CAS 8 бит шестнадцатого канального интервала в формате цикла потока E1 обслуживают два телефонных канала. Слово сигнализации содержит четыре бита a , b , c и d . Биты c и d имеют постоянные значения, 0 и 1 соответственно. Переменные значения имеют лишь биты a и b (табл. 7.5):

a_f — состояние вызывающего абонента (А) и рабочее состояние исходящей АТС;

b_f — свидетельствует о повреждении линии в прямом направлении;

a_b — состояние абонента В;

b_b — состояние коммутационного оборудования входящей АТС, то есть занято оно или свободно.

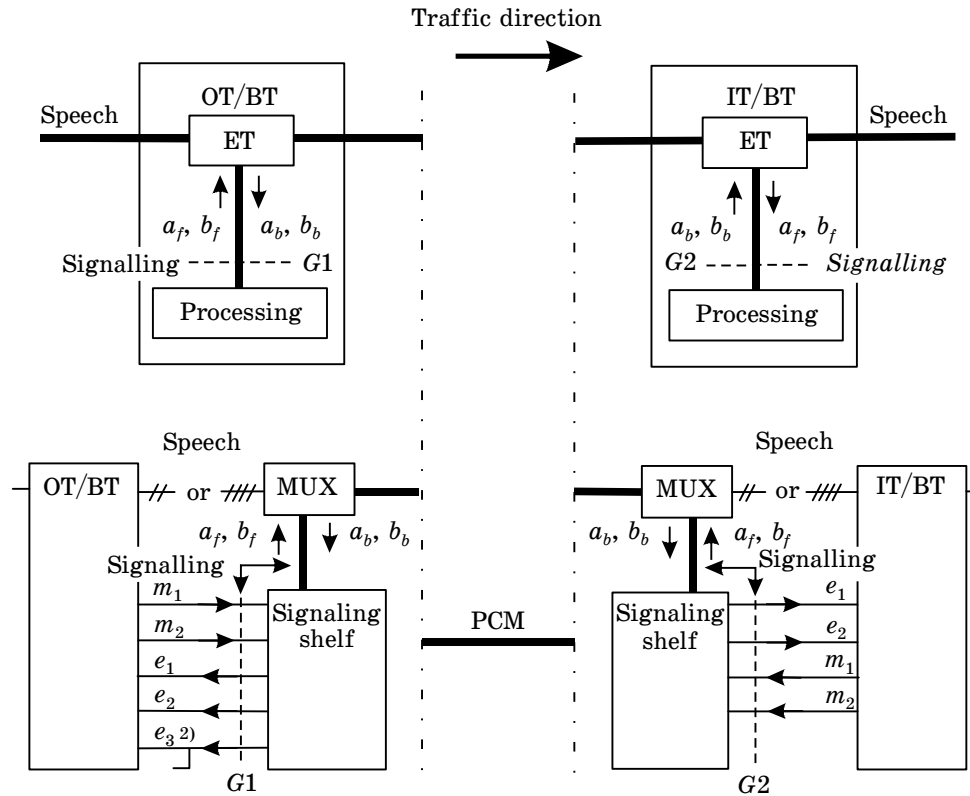


Рис. 7.6 — Интерфейсы R2D

В исходном состоянии в прямом и обратном направлениях посылаются сигналы «10». При вызове состояние a_f меняется с «1» на «0». Входящая АТС посылает в обратном направлении $a_b = 1, b_b = 1$ в качестве подтверждения. При ответе абонента В направляется сигнал $a_b = 0, b_b = 1$. Когда абонент В кладет трубку, со стороны входящей АТС передается сигнал «11». Далее следуют позиции «Разъединения» цепи связи (табл. 7.5). Затем обе станции переходят в исходное состояние.

Таблица 7.5

Коды линейных сигналов

Состояние линии	Сигнальный код			
	Прямое направление		Обратное направление	
	a_f	b_f	b_f	b_b
«КИС» (контроль исходного состояния)	1	0	1	0
«Занятие»	0	0	1	0
«Подтверждение занятия»	0	0	1	1
«Ответ»	0	0	0	1
«Отбой»	0	0	1	1
«Разъединение»	0	0	0/1	1
«Подтверждение разъединения»	1	0	1	0
«Блокировка»	1	0	1	1

Табл. 7.6 является кодовой для сигналов, передаваемых в прямом направлении. Сигналы в обратном направлении кодируются согласно табл. 7.7.

Частоты регистровых сигналов, используемые в R2, отличаются от частот в системах № 5 и R1. В дополнение к коду «2 из 6» частот используются системы LME (код «2 из 4» частот) и National R2, фирма Ericsson (код «2 из 5» частот того же списка), как показано в табл. 7.7. Сигналы в прямом направлении разделяются на две группы (I и II). Сигнал будет иметь категорию I или II в соответствии с посылаемыми в обратном направлении сигналами от входящей АТС или транзитного узла. Переход значений из группы I в группу II осуществляется по сигналу А3 или А5 в обратном направлении. Возвращение значений сигналов в группу I возможно, только если переход в группу II осуществлялся по обратному сигналу А5, а не А3.

Сигналы обратного направления группы А требуются для подтверждения сигналов прямого направления группы I и сигналов прямого направления группы II. Помимо этого сигналы группы А передают определенную специальную информацию.

Высокая достоверность, обеспечиваемая протоколом R2, связана и с использованием кода «2 из 6», который сам по себе позволяет проверить, правильный ли сигнал был принят (как это имеет место и в R1). Кроме того, почти во всех ситуациях сигнал в прямом направлении поступает до тех пор, пока не будет получен соответствующий сигнал подтверждения в обратном направлении. Приемный регистр может запросить информацию у передающего регистра в любой момент во время передачи независимо от хронологического порядка. Так, например, любой передаваемый двухчастотный сигнальный код может быть многократно повторен по запросу от принимающей стороны.

Исходящая АТС посылает различные сигналы в прямом направлении, включая адресную информацию, код страны и индикацию эхокомпенсации, категорию вызываемого абонента и окончание посылки. Входящая или транзитная станция возвращает сигналы перегрузки, подтверждения принятия полного адреса, состояния вызываемой линии, а также сетевые сигналы. Последующее действие системы определяется сигналами, посылаемыми в обоих направлениях, что образует гибкую интерактивную сигнализацию (рис. 7.7).

Таблица 7.6
Сигналы прямого направления

№ сигн.	Частоты, Гц								I группа	II группа
	1380	1500	1620	1740	1860	1980				
	1140	1020	900	780	660	540				
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							Цифры 1	Абонент без приоритета
2	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>						2	Абонент с приоритетом
3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						3	Оборудование с техобслуживанием
4	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				LME (2×4)	4	Резерв
5		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					5	Телефонистка
6			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					6	Передача данных
7	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			Nati- onal R2 (2×5)	7	Абонент (или оператор без возможности вмешательства)
8		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				8	Передача данных
9			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				9	Абонент с приоритетом
10				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				0	Оператор с возможностью вмешательства
11	<input type="checkbox"/>									
12		<input type="checkbox"/>								
13			<input type="checkbox"/>							
14				<input type="checkbox"/>						
15					<input type="checkbox"/>					

Резерв

Таблица 7.7

Сигналы обратного направления

№ сигн.	Обозна- чение	Частоты, Гц	Значение сигнала	Обозна- чение	Значение сигнала
1	A-1	1140+1020	Передать следующую цифру ($n+1$)	B-1	Резерв для национального использования
2	A-2	1140+900	Передать предпоследнюю цифру ($n-1$)	B-2	Передать специальный информационный тональный сигнал
3	A-3	1020+900	Адрес полный; переход к сигналам группы В	B-3	Абонентская линия занята
4	A-4	1140+780	Перегрузка на национальной сети	B-4	Перегрузка (после перехода от сигналов группы А к сигналам группы В)
5	A-5	1020+780	Передать категорию вызывающего абонента	B-5	Несуществующий номер
6	A-6	900+780	Адрес полный; оплата; переход в состояние разговора	B-6	Абонентская линия свободна; оплата
7	A-7	1140+660	Передать вторую цифру от конца ($n-2$)	B-7	Абонентская линия свободна; без оплаты
8	A-8	1020+660	Передать третью цифру от конца ($n-3$)	B-8	Абонентская линия неисправна
9	A-9	900+660	Резерв для национального использования	B-9	
10	A-10	780+660		B-10	
11	A-11	1140+540	Передать индикатор кода страны	B-11	
12	A-12	1020+540	Передать код языка	B-12	Резерв для национального использования
13	A-13	900+540	Передать тип канала	B-13	
14	A-14	780+540	Требуется ли входящий полуконтакт эхоградиента?	B-14	
15	A-15		Перегрузка на международной станции или на ее выходе	B-15	

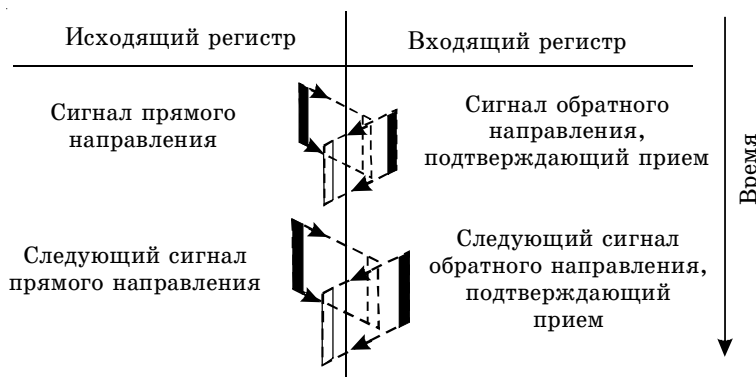


Рис. 7.7 — Пример обмена многочастотными сигналами в системе R2

Система сигнализации взаимодействует с системой управления процедурами обслуживания вызовов, включая функции маршрутизации, автоматическое определение номера, управление тарификацией и разъединение соединения.

Пример полной диаграммы последовательности сигналов в рамках сигнализации R2 для станции АХЕ-10 (стандарт ANS 434 01) показан на рис. 7.8 [52].

Покажем типовой обмен многочастотными сигналами.

1. На исходящей станции А передатчик посылает сигнал индикации первой передаваемой цифры. Регистр на входящей станции В декодирует сигнал и подтверждает его прием, давая команду передатчику послать в обратном направлении сигнал «Передать следующую цифру».

2. Этот обмен сигналами продолжается до тех пор, пока не будут переданы все цифры:

3. После принятия всех цифр входящая станция В сигнализирует станции А перейти к посылке второго набора сигналов В по сигналу А-3;

4. Получив сигнал, станция А передает категорию вызывающего абонента (II группа);

5. Если абонент — обычный пользователь, специальная обработка не требуется, и станция В определяет состояние вызываемой линии;

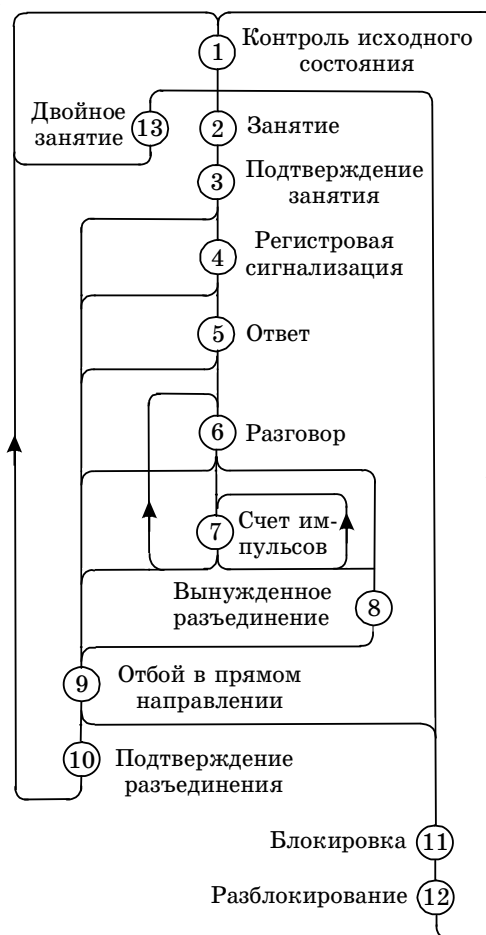


Рис. 7.8 — Пример диаграммы диалога с использованием R2

6. Если линия свободна, то в сторону станции А посылается соответствующий сигнал В, по которому вызывающий абонент подключается к ИСЛ, а регистр освобождается;

7. Если линия занята, то на станцию А передается соответствующий сигнал, а от станции А к вызывающему абоненту возвращается тональный сигнал «Занято».

7.8. Специфика российских систем сигнализации

Функционирование российских систем сигнализации основано на использовании международных систем (см. табл. 7.4). Однако российские имеют некоторую специфику.

1. Существующие специфические протоколы сигнализации российских телефонных сетей разработаны с учетом требований координатных и декадно-шаговых АТС и сводятся, в основном, к методу сигнализации «из конца в конец», более предпочтительному для аналоговых сетей. Для цифровых сетей более удобен метод сигнализации «от звена к звену». Хотя существующие протоколы часто не позволяют использовать все преимущества современной технологии, необходимость поддержки этих протоколов будет являться обязательным требованием к новым цифровым АТС.

2. На ГТС существуют местные СЛ и входящие междугородние СЛ, называемые СЛМ, для которых организуются различные протоколы сигнализации.

3. На СТС емкости пучков невелики, линии более дорогие, поэтому чаще всего используются общие пучки СЛ.

4. На всех местных сетях оплачиваются только междугородние вызовы, соблюдается приоритет в обслуживании междугородних вызовов.

5. Возможность АОН в любой фазе установления соединения фактически с любого абонентского оконечного устройства.

Некоторые интерфейсы систем сигнализации:

1) основной физический интерфейс для ГТС — цифровой стык потока Е1 (G.703, G.711). Основная система сигнализации — два выделенных сигнальных канала в 16-м временном канале с разделенными пучками исходящих и входящих СЛ;

2) на СТС предпочтителен стык ИКМ потока Е1, но этот стык используется для универсальных СЛ двухстороннего действия;

3) на СТС может быть использовано оборудование ИКМ-15 (1,024 Мбит/с) и ИКМ-12 (специфические протоколы; только в России);

4) на СТС применяется также интерфейс на 2-проводные индуктивные линии (специфический протокол);

5) всюду (на ГТС и СТС) применяются интерфейсы на трех- и четырехпроводные СЛ (специфический протокол), четырех- и шестипроводные СЛ (аналог Е&М: Ear — ухо (приемная сторона); Mouth — рот (передающая сторона), (рис. 7.6, 7.9).

Наиболее часто на различных участках телефонной сети РФ применяются системы линейной сигнализации (табл. 7.8).

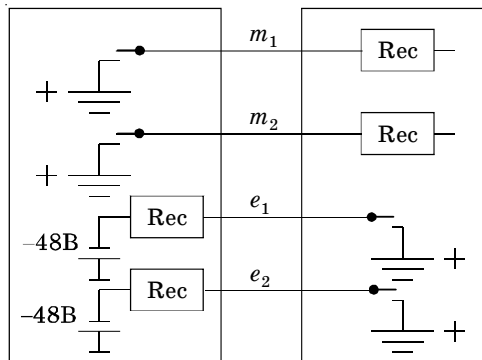


Рис. 7.9 — Сигнализация Е&М

Таблица 7.8

Некоторые протоколы систем линейной сигнализации

Тип сигнализации	Применение	Примечание
2ВСК	ГТС	Различные протоколы для ВСЛ, ИСЛ, ВСЛМ
2ВСК	СТС	Для двусторонних СЛ
1ВСК «Норка», $f = 3825$ Гц	СТС	Различные протоколы для ВСЛ, ИСЛ, ВСЛМ
1ВСК индуктивный код	СТС	Единый протокол для всех СЛ
Одночастотная	Внутризоновые сети Ведомственные сети	Различные протоколы для ВСЛ, ИСЛ
Двухчастотная	Междугородная сеть	
Батарейный	ГТС СТС	3/4-проводные аналоговые линии

Сигнализация «импульсный челнок»

При создании первой советской координатной АТС было решено использовать для передачи адресной информации тот же челночный принцип многочастотной сигнализации, что в системе R2. Но реализация протокола R2 в полном объеме показалась дорогой, и, чтобы не делать 12 различных частотных фильтров, советские конструкторы отклонили идею использования различных частот в прямом и обратном направлениях и, следовательно, отклонили процедуру «рукопожатия», обеспечивающую высокую надежность протокола R2. Вместо этого были выбраны одинаковые для прямого и обратного направлений частоты, используемые в протоколах сигнализации № 5 и R1. При этом логика обмена сигналами не соответствовала протоколу R1 и более тяготела к протоколу R2.

В появившемся таким образом гибридном протоколе сигнализации запрос и ответ должны быть разделены во времени, так как они используют одинаковые частоты. Протокол получил название «многочастотный импульсный челнок», хотя не менее распространено более остроумное фольклорное наименование этого протокола «R полтора», или «R1.5». Вскоре стало понятно, что довольно затруднительно создать устройства, обеспечивающие в существующих на реальных сетях условиях такое же надежное функционирование протокола R1.5, как это имеет место для протокола R2 [50].

Идея протокола R1.5 состоит в следующем. Каждый сигнал является комбинацией частот кода «2 из 6» с постоянным весом. Количество сигналов в каждом направлении определяется числом сочетаний из 6 различных частот по 2, всего 15 комбинаций. В состав каждого сигнала входят две из шести следующих частот: 700; 900; 1100; 1300, 1500, 1700 Гц. Длительность сигнала составляет (45 ± 5) мс.

Протокол относится к самопроверяющимся и предусматривает возможность повышения надежности передаваемой информации. Почти любому сигналу в обратном направлении отвечают сигналы в прямом направлении. Если имеется какое-либо сомнение в отношении принятого сигнала, запрашивается повторение ранее переданного сигнала, принятого с искажениями. Количество таких запросов ограничивается либо количеством возможных попыток, либо посредством таймера. Сигнальные коды протокола «импульсный

челнок» приведены в табл. 7.8. Первые десять комбинаций в прямом направлении используются для передачи информации о номере абонента, а комбинации 11–15 — для передачи других сигналов, необходимых при установлении соединения. Номера частот в таблице выбраны таким образом, чтобы сумма номеров частот соответствовала передаваемой цифре. Это справедливо для всех цифр, кроме нуля.

Таблица 7.8

Сигнальные коды протокола «импульсный челнок»

Номер сигнала	Частоты	Сигнал	
		Прямое направление	Обратное направление
1	f_0, f_1	Цифра 1	Запрос первой цифры номера вызываемого абонента частотным кодом
2	f_0, f_2	Цифра 2	Запрос следующей цифры частотным кодом
3	f_1, f_2	Цифра 3	Запрос ранее переданной цифры частотным кодом
4	f_0, f_4	Цифра 4	Вызываемый абонент свободен
5	f_1, f_4	Цифра 5	Вызываемый абонент занят
6	f_2, f_4	Цифра 6	Запрос ранее переданной цифры, принятой с искажением (запрос повтора)
7	f_0, f_7	Цифра 7	Сигнал перегрузки (отсутствие свободных путей)
8	f_1, f_7	Цифра 8	Запрос передачи всего номера (начиная с первой цифры) декадным кодом
9	f_2, f_7	Цифра 9	Запрос передачи следующей и остальных цифр номера вызываемого абонента декадным кодом
10	f_4, f_7	Цифра 0	Запрос повторения ранее переданной и остальных цифр номера вызываемого абонента декадным кодом
11	f_0, f_{11}	Резерв	Резерв
12	f_1, f_{11}	Подтверждение сигналов обратного направления № 4, 5, 8, 9, 10	Резерв
13	f_2, f_{11}	Запрос повторения ранее переданного сигнала, принятого с искажением	Резерв
14	f_4, f_{11}	Резерв	Резерв
15	f_7, f_{11}	Резерв	Отсутствие приема информации

Сигнализации «импульсный пакет»

Как уже отмечалось, для передачи сигналов управления применяются три разновидности многочастотного способа: импульсный пакет, импульсный челнок и безынтервальный пакет. Пакетные способы передачи, как интервальные (импульсные), так и безынтервальные, обеспечивают передачу заранее накопленной информации от АТС к АТС (АМТС) с повышенной скоростью. Принцип пакетной передачи сигналов ясен из рис. 7.5. Безынтервальный пакет используется при выдаче информации по запросу АОН.

Передача импульсным пакетом предусматривает передачу по единой команде в определенной последовательности заранее сформированных двухчастотных кодовых комбинаций, одну за другой, с соблюдением фиксированных временных интервалов между ними. Длительность передачи каждой комбинации 40–60 мс. Время распознавания этой комбинации 20–30 мс. Длительность интервала между комбинациями 40–60 мс.

Передача пакета должна осуществляться лишь после того, как получена последняя цифра номера вызываемого абонента Б (N_B) или номера службы междугородной телефонной станции. Номер вызывающего абонента А (N_A) должен всегда состоять из 7 цифр. Если реальный номер абонента А меньше (5 или 6 цифр), недостающие цифры дополняются значениями 0 или 2. Кроме этого, в пакет могут включаться значение категории вызывающего абонента А (K_A) в виде одной цифры от 1 до 10, номер вызываемого абонента или службы АМТС до 10 цифр для междугородного вызова и, с учетом решения ИТУ о переходе с 1997 г. на 15-значную нумерацию, — до 17 цифр при международном вызове.

Используются также следующие обозначения: $nl...ni$ — номер, набранный абонентом А; ABC — трехзначный код зоны (например, 812 для Санкт-Петербурга, 495 для Москвы и т.п.); L — номер языковой группы; $abcxxxx$ — внутризоновый номер вызываемого абонента Б; $defxxxx$ — внутризоновый номер вызывающего абонента А.

Метод сигнализации «импульсный пакет» рекомендуется применять на междугородной телефонной сети для передачи сигналов управления, а также на участке зоновой телефонной сети (ЗСЛ) от промежуточного регистра (ПР) или АТСЭ до АМТС для передачи информации о категории и номере вызывающего абонента, а также о номере вызываемого абонента.

Многочастотная сигнализация методом «импульсный пакет 2» используется на ЗСЛ к АМТС с программным управлением. Существенным отличием от протокола «импульсный пакет 1» является набор двухчастотных сигналов, передаваемых в обратном направлении («Запрос о передаче информации» — 700 + 1100 Гц, «Номер принят правильно» — 700 + 1700 Гц, «Номер принят неправильно» — 1100 + 1300 Гц) (табл. 7.9).

Таблица 7.9

Возможные варианты структуры пакетов метода «импульсный пакет 2»

Тип вызова	Коды
Междугородный вызов	ABC abcxxxx K_A defxxxx «11» (19 цифр)
Внутризоновый вызов	«2» abcxxxx K_A defxxxx «11» (17 цифр)
Международный вызов	«1» «0» $nl...ni$ K_A defxxxx «11» (19–26 цифр)
Вызов международного коммутатора	«1» «9» L K_A defxxxx «11» (12 цифр)
Вызов междугородного коммутатора с идентификацией номера вызывающего абонента	«1» S K_A defxxxx «11» (11 цифр)
Вызов междугородного коммутатора без идентификации номера вызывающего абонента	«1» S «11» (3 цифры)

7.9. Общий канал сигнализации

Под названием «общий канал сигнализации» (ОКС) понимается метод сигнализации, при котором для передачи сигнальной информации используется один общий канал, а передача осуществляется посредством сообщений, снабженных заголовками и содержащих также другую, отличную от сигнальной, информацию (например, информацию по управлению сетью).

В настоящее время [44] разработаны и приняты две системы ОКС: система № 6, предназначенная для работы как по аналоговым, так и цифровым цепям, и система № 7, предназначенная для работы по цифровым цепям (табл. 7.10).

Таблица 7.10

Параметры систем ОКС № 6 и ОКС № 7

Наименование параметра	ОКС № 6	ОКС № 7
Скорость передачи, бит/с	2400 по ТЧ; 8000 (64000) по ИКМ	4800 по ТЧ; 64000 по ИКМ
Достоверность на знак при передаче информации: аналоговой цифровой	10^{-5} 10^{-6}	— —
Эффективное число каналов (минимально) на сетях: местных междугородных международных	100–300 30–50 20–30	30–50 Любое Любое
Число бит в сигнальной единице (СЕ)	28	Переменное
Число контрольных бит	8	16
Способ модуляции	4-позиционная фазо-разностная на частоте 1800 Гц	Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)
Контроль ошибок	Циклический код с образующим полиномом 8-й степени x^8+x^2+x+1	Циклический код с образующим полиномом 16-й степени $x^{16}+x^{12}+x^5+1$
Длина сообщения (число СЕ или байтов)	От 1 до 11 СЕ	До 60 байтов на международных сетях и до 256 на национальных сетях (с учетом служебных байт до 272)
Длина заголовка (этикетки), бит	5	40 для TUP

В обоих случаях один дискретный канал сигнализации обслуживает группу соединений, устанавливаемых по нескольким разговорным каналам, и может использоваться для выполнения дополнительных функций (учета нагрузки, стоимости разговоров, динамического управления сетью и др.).

Международным аналогом названию ОКС-7 служат аббревиатуры **SS7** (Signaling System № 7) и **CC7** (Common Channel № 7).

Наиболее эффективно использование ОКС на международных и междугородных сетях, а быстрое удешевление оборудования ОКС делает его эффективным и на местных сетях, причем граница эффективности (число обслуживаемых ОКС телефонных каналов, при котором он эффективен) непрерывно снижается.

Использование ОКС позволяет:

- устранить разнотипные комплекты сигнализации, повысить экономичность;
- повысить скорость передачи сигналов, а вместе с этим и скорость установления соединений (время установления соединения в большинстве случаев меньше 1 с);
- улучшить надежность и достоверность передачи;
- устранить влияние разговорных токов на сигнальные каналы;
- получить ряд новых возможностей для введения дополнительных видов услуг;
- облегчить и унифицировать процедуру установления международных связей, на которых системы ОКС наиболее эффективны и необходимы.

Однако следует иметь в виду также и недостатки, присущие этим системам сигнализации. Это, во-первых, задержки сообщений, связанные с накоплением очередей и их рассасыванием в соответствии с принятой системой приоритетного обслуживания. Во-вторых, усложнение системы обеспечения надежности благодаря централизации функций и оборудования. Кроме этого, надо иметь в виду, что ОКС — весьма мощная глобальная система сигнализации, обеспечивающая возможность соединения двух любых абонентов земного шара, но содержащая значительные излишества при ее использовании на местных сетях, которые и определяют границу эффективного применения этих систем.

Сеть связи, обслуживаемая ОКС, состоит из узлов коммутации, называемых здесь пунктами сигнализации **SP** (Signalling Point), соединенных звеньями передачи (Signalling Links). Пункты сигнализации подразделяют на *оконечные* (SP), *транзитные* (STP), *интегральные* (SP/STP) и *пункты обработки сообщений* **SCCP** (SPR). Функционирование сети сигнализации может осуществляться в связанном и квазисвязанном (смешанном) режимах. В **связанном** режиме маршрут информационных каналов совпадает с маршрутом сигнализации (например при использовании для сигнализации 16-го временного канала в системе ИКМ-30), а в **квазисвязанном** режиме эти маршруты могут не совпадать.

Базовая сигнальная единица системы № 7 в целом не имеет фиксированной длины, но сигнальная информация должна содержать кратное число байт (октетов), а служебные поля (флажки начала сигнальной единицы, индикатор длины, проверочные биты и биты — индикаторы последовательности передачи) имеют всегда одинаковые фиксированные длины. Этикетка, сопровождающая любое сигнальное сообщение, имеет общую длину 40 бит: 12 бит кода адреса цепи и по 14 бит для кодов точек отправления и назначения. Наличие такой подробной этикетки позволяет передавать сообщения на любые расстояния с большим числом участков национальных и международных сетей, что является отличительной особенностью системы № 7.

Первая публикация по ОКС-7 появилась в Желтой книге ИТУ-Т в 1980 г. (когда в комиссии ISO была разработана ЭМВОС). Модель ЭМВОС описывает

обмен данными, ориентированными на соединение. Блок MTP (Message Transfer Part — подсистема передачи сообщений) системы ОКС-7, разработанной независимо от модели OSI, обеспечивает только процесс передачи данных без соединения. Поэтому в 1984 г. в Красной книге добавлена подсистема SCCP (Signaling Connection Control Part — подсистема управления соединениями сигнализации), обеспечивающая как сети, ориентированные на соединение, так и сети без соединений. В 1988 г. в Голубой книге описаны общие протоколы TCAP (Transaction Capabilities Application Part — подсистемы возможностей транзакций) и OMAP (Operation and Maintenance Application Part — подсистемы эксплуатации, технического обслуживания и административного управления). Изначально система ОКС-7 разрабатывалась применительно к телефонной сети.

Структурная схема системы ОКС-7 приведена на рис. 7.10 [50]. Стек ее протоколов построен по многоуровневому принципу, но уровни модели ОКС-7 не идентичны уровням ЭМВОС. Здесь отсутствуют сеансовый и транспортный уровни, а прикладной и представительный объединены в пользовательский.

На схеме приняты следующие сокращения: GSM — Global System for Mobile Communication; MAP — Mobile Application Part; BSSAP — Base Station System Application Part; INAP — Intelligent Network Application Part; AE — Application Entity; ASE — Application Service Element; OMASE — OMAP Application Service Element; MUP — Mobile User Part; ISUP — ISDN User Part; HUP — Handover User Part.

Возможности, которые содержатся на сетевом уровне модели OSI, распределены в ОКС-7 между третьим уровнем MTP и SCCP. Блок MTP обеспечивает сетевые услуги без соединения. Назначение уровней блока MTP пояснено в табл. 7.11.

Подсистема SCCP является потребителем функциональных возможностей MTP и обеспечивает как сетевые услуги в отсутствии соединения, так и услуги, ориентированные на соединение. Объединение блоков MTP и SCCP образует сервисный сетевой блок NSP (Network Service Part).

Таблица 7.11

Назначение уровней блока MTP

Уровень	Назначение
Уровень 1 Канал Данных Сигнализации Signaling Data Link	Определяет физические, электрические и функциональные характеристики канала передачи данных для звена сигнализации. Обычно используется канал 64 кбит/с тракта ИКМ
Уровень 2 Функции Канала Сигнализации Signaling Link Function	Определяет функции и процедуры, относящиеся к передаче сигнальных сообщений по каналу сигнализации между двумя напрямую связанными пунктами сигнализации (Signaling Points). Функции уровня определяют структуру передаваемой информации по каждому звену и процедуры обнаружения и исправления ошибок
Уровень 3 Функции Сети Сигнализации Signaling Network Function	Ориентирован на выполнение функций сети сигнализации. Обеспечивает управление линиями сигнализации и включает функции обработки сигнальных сообщений для их маршрутизации в сети сигнализации и функции управления сетью сигнализации

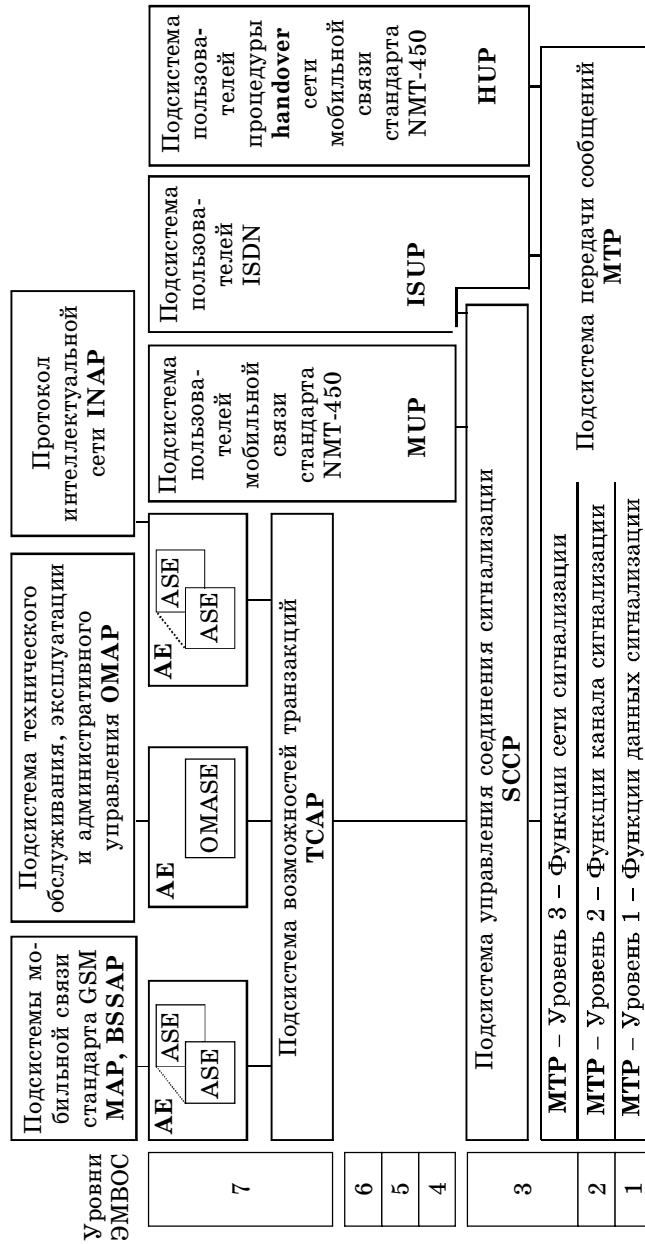


Рис. 7.10 — Сравнение архитектур протоколов OSI и OKC-7:
 ASE — сервисный прикладной элемент;
 OMASE — сервисный прикладной элемент OMAP

Основными подсистемами 4 уровня ОКС-7 (пользовательского) являются следующие: подсистемы пользователей мобильной связи стандартов GSM (MAP) и NMT-450 (MUP); подсистема пользователей процедуры передачи управления в процессе разговора сети мобильной связи NMT-450 (HUP); подсистемы OMAP, INAP, TCAP, SCCP, ISUP; подсистема пользователей телефонии (TUP — Telephone User Part); подсистема пользователей сети передачи данных (DUP — Data User Part). Подсистемы TUP и DUP на схеме рис. 7.10 не показаны. Поскольку сети электросвязи развиваются в направлении ISDN, ISUP устраняет необходимость в подсистемах TUP и DUP. ISUP содержит все функции TUP, но эти функции реализуются более гибко. Подсистема телефонного пользователя TUP была разработана для управления установлением и разъединением телефонных соединений и являлась европейской версией ОКС-7, в то время как на североамериканском континенте гораздо раньше начала внедряться другая подсистема — ISUP. В дополнение к управлению основными телефонными услугами TUP определяет процедуры и форматы для дополнительных услуг. Однако, в силу самой природы ISDN, дополнительные услуги, определенные в ISUP, являются более мощными и используют более современные решения, чем те, которые определены для TUP.

Подсистема пользователя данных DUP была определена на ранней стадии разработки ОКС-7 для управления установлением и разъединением соединений передачи данных с коммутацией каналов. Распространение DUP весьма незначительно, и только немногие операторы сети реализовали выделенные сети передачи данных с коммутацией каналов. Требования к передаче данных сегодня удовлетворяются за счет ISUP, в результате чего широкое использование DUP в сетях электросвязи мало вероятно.

Подсистема TCAP обеспечивает набор возможностей для обслуживания вызова без установления соединения. Эти возможности можно использовать в одном узле для того, чтобы вызвать выполнение процедуры в другом узле (например, в рамках «Услуги 800» интеллектуальной сети цифры номера после кода 800 преобразовываются централизованной базой данных в физический адрес). На базе TCAP организованы и поддерживаются элементами прикладного уровня ASE подсистемы MAP и INAP. Аналогичным образом обеспечиваются прикладные возможности подсистемы OMAP.

Табл. 7.12 содержит список Рекомендаций ИТУ-Т, регламентирующих работу системы на разных уровнях. Функции ER (Event Reporting — рапорт о событии) и DS (Disturbance Supervision — надзор за помехами), образующие блок ERDS, используются для надзора и измерений в сети сигнализации для получения сведений о надежности сети. Функция DS надзирает за событиями, о которых сообщает функция ER.

Таблица 7.12

Протоколы системы ОКС-7

Описание подсистем, функций, компонент	Рекомендации ИТУ-Т
Введение в ОКС-7	Q.700
MTP — Подсистема передачи сообщений	Q.701–Q.704, Q.706, Q.707
Структура сети сигнализации ОКС-7	Q.705
SCCP — Подсистема управления сигнальными соединениями	Q.711–Q.714, Q.716
TUP — Подсистема телефонных пользователей	Q.721–Q.725
OMAP, ERDS — Управление сетью ОКС-7	Q.750, Q.752–Q.755

Окончание табл. 7.12

Описание подсистем, функций, компонент	Рекомендации ITU-T
ISUP — Подсистема пользователей ISDN	Q.761–Q.764, Q.766, Q.767
TCAP — Подсистема возможных тракзакций	Q.771–Q.775
Тестирование MTP, TUP, ISUP, SCCP, TCAP	Q.780–Q.787
MAP — Подсистема мобильной сети	Q.1051
INAP — Подсистема интеллектуальной сети	Q.1205, Q.1208, Q.1211, Q.1218, Q.1213–Q.1215, Q.1219, Q.1290
Соответствие ОКС-7 и модели OSI	Q.1400

7.9.1. Структура сигнальных единиц в блоке MTP

Сигнальная информация передается в виде сообщений переменной длины, называемых *сигнальными единицами* CE (Signal Unit). Существуют три типа сигнальных единиц:

- MSU (Message Signal Unit) — значащая сигнальная единица, используется для передачи сигнальной информации, формируемой подсистемами пользователей или SCCP;
- LSSU (Link Status Signal Unit) — сигнальная единица состояния звена, используется для контроля состояния звена сигнализации (нормальная работа, авария, отказ, занятие и т.д.);
- FISU (Fill In Signal Unit) — заполняющая сигнальная единица, используется для обеспечения фазирования звена при отсутствии сигнального трафика (в случаях холостого хода в качестве заполнителя, например при исправлении ошибок).

Тип сигнальной единицы идентифицируется *индикатором длины* LI (Length Indicator): LI = 0 для FISU, LI = 1 или 2 для LSSU, $2 < LI < 64$ для MSU. Структура сигнальных единиц показана на рис. 7.11–7.12.

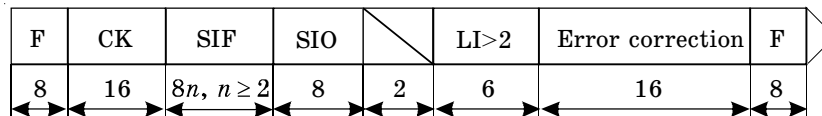


Рис. 7.11 — Формат сигнальной значащей единицы MSU

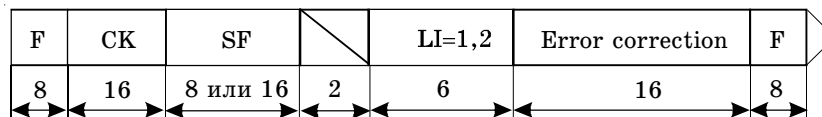


Рис. 7.12 — Формат сигнальной единицы состояния звена LSSU

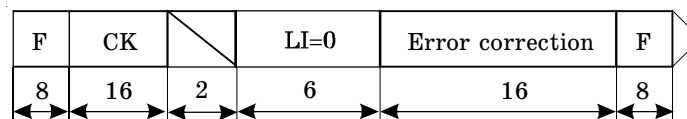


Рис. 7.13 — Формат заполняющей сигнальной единицы FISU

Поля форматов этих рисунков расшифровываются следующим образом:

- SIO (Service Information Octet) — байт служебной информации;
- SIF (Signaling Information Field) — поле сигнальной информации. Поле SIF может состоять максимум из 272 байтов, форматы и коды которых определяются подсистемой пользователя;

- CK (Check Bits) — проверочная комбинация;
- SF (Status Field) — поле состояния;
- Поле \square = резерв;
- LI (Length Indicator) — индикатор длины (принимает значения от 0 до 63);

- Error correction — исправление ошибок. Поле содержит семибитовые прямые и обратные порядковые номера сигнальных единиц: FSN (Forward Sequence Number) — прямой порядковый номер (порядковый номер передаваемой сигнальной единицы), BSN (Backward Sequence Number) — обратный порядковый номер (номер подтверждаемой сигнальной единицы). Прямые и обратные порядковые номера принимают циклически значения от 0 до 127. Кроме этого, формат содержит биты индикации направления передачи: FIB (Forward Indicator Bit) — бит индикации прямого направления и BIB (Backward Indicator Bit) — бит индикации обратного направления.

Все группы двоичных сигналов форматов CE выдаются в направлении передачи (показано стрелкой), начиная с самого младшего разряда. Исключение составляют 16 контрольных проверочных битов поля CK, передаваемых в последовательности их появления, а следовательно, начиная с самого старшего разряда.

Ниже разъясняются значения и функции некоторых групп двоичных сигналов в сигнальных единицах.

- Флаг (01111110). Граница цикла (флаг) обозначает начало сигнальной единицы. В нормальном эксплуатационном режиме с помощью флага обозначается одновременно и окончание выданной перед этим сигнальной единицы. Чтобы избежать имитации флага, передающая MSU после каждых 5 последовательных единиц, содержащихся в любой части MSU кроме флага, вставляет ноль (Bit Stuffing). Этот ноль изымается на приемном конце после обнаружения и определения флагов.

- С помощью битов поля CK осуществляется обнаружение ошибок (соответствующая процедура FCS-16 (Frame Check Sequence — проверочная последовательность кадра) описана в рекомендации V.42). Проверочные биты формируются АТС, которая передает сигнальную единицу. Проверочные биты получают путем применения образующего полинома CRC-16 вида $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ к информации в сигнальной единице. Полином выбран таким образом, чтобы оптимизировать процесс обнаружения пакетов ошибок при передаче. Для того чтобы минимизировать вероятность ошибки в работе оборудования принимающей станции, передаваемые проверочные биты инвертируются, т.е. «1» меняются на «0» и наоборот. Проверочные биты анализируются на принимающей станции в соответствии с определенным алгоритмом. Если соответствие не обнаружено, регистрируется ошибка, а сигнальная единица стирается. Это стирание MSU приводит, в свою очередь, в действие механизм исправления ошибок.

- Для ОКС-7 предусмотрены два метода исправления ошибок с использованием битов поля Error correction. Основной метод исправления ошибок — это метод с положительным или отрицательным подтверждением и повторной передачей сообщений, принятых с искажениями. Из трех типов сигналь-

ных единиц повторяется только сигнальная единица MSU. Метод исправления ошибок путем превентивного циклического повторения является методом с положительным подтверждением, циклическим повторением и упреждающим исправлением ошибок. Это означает, что отрицательное подтверждение не применяется, а для индикации искажения сообщения используется отсутствие позитивного подтверждения. Исправление ошибок достигается программируемым циклическим повторением неподтвержденных MSU.

Основной метод исправления ошибок применяется для звеньев сигнализации, в которых время распространения в одном направлении не превышает 15 мс. В противном случае используется метод превентивного циклического повторения. Примером использования метода превентивного циклического повторения может служить установление соединения через спутники. Сообщения, которые были искажены (например, из-за пакетов ошибок при передаче), передаются повторно в той же последовательности, в какой они передавались первый раз, и для уровня 3 не возникает никаких проблем с доставкой сообщений подсистемам пользователей без потерь и дублирования.

- Байт служебной информации SIO делится на *индикатор службы* SI (четыре старших бита SIO) и на *поле подвида службы* SSF (четыре младших бита SIO). Например, SIO может указывать, что сообщение относится к подсистеме ISUP (SI = 0101) или к SCCP (SI = 0011). В российских национальных спецификациях МТР индикатор сети в поле подвида службы кодируется следующим образом: SSF = 00xx для международной сети; 01xx — резерв для международной сети; 10xx — междугородная сеть; 11xx — местная сеть.

- Форматы и коды поля сигнальной информации S1F определяются подсистемой пользователей (например, для ТУР согласно протоколам Q.721–Q.725). Поле сигнальной информации S1F содержит информацию, которая должна передаваться между подсистемами пользователей двух пунктов сигнализации. МТР не распознает содержимое S1F, кроме этикетки маршрутизации, которая используется для маршрутизации сообщений в сети сигнализации. Не считая этой информации о маршруте, МТР просто передает содержащуюся в S1F информацию от уровня 4 одной АТС к уровню 4 другой АТС.

7.9.2. Подсистема ISUP

ISUP имеет более гибкую технологию форматирования, чем ТУР, причем эта гибкость обеспечивается введением полей переменной длины и необязательных полей.

Формат поля SIF блока MSU ISUP показан на рис 7.14 [50]. Технология форматирования для ISUP аналогична той, которая используется для SCCP. Поле сигнальной информации ISUP включает в себя *этикетку маршрутизации* (Routing Label), *код идентификации канала* (CIC), *тип и параметры сообщения*. Тип сообщения длиной в один байт однозначно определяет функции сообщения. Параметры могут быть обязательными фиксированной длины, обязательными переменной длины и необязательными.

Процедуры для установления базового соединения аналогичны тем, которые применяются для ТУР. Кроме того, ISUP позволяет использовать сигнализацию «из конца в конец» в фазе установления соединения. Сигнализация «из конца в конец» позволяет станциям передавать и принимать сигнальную информацию без ее анализа промежуточными АТС (например, междугородной АТС).

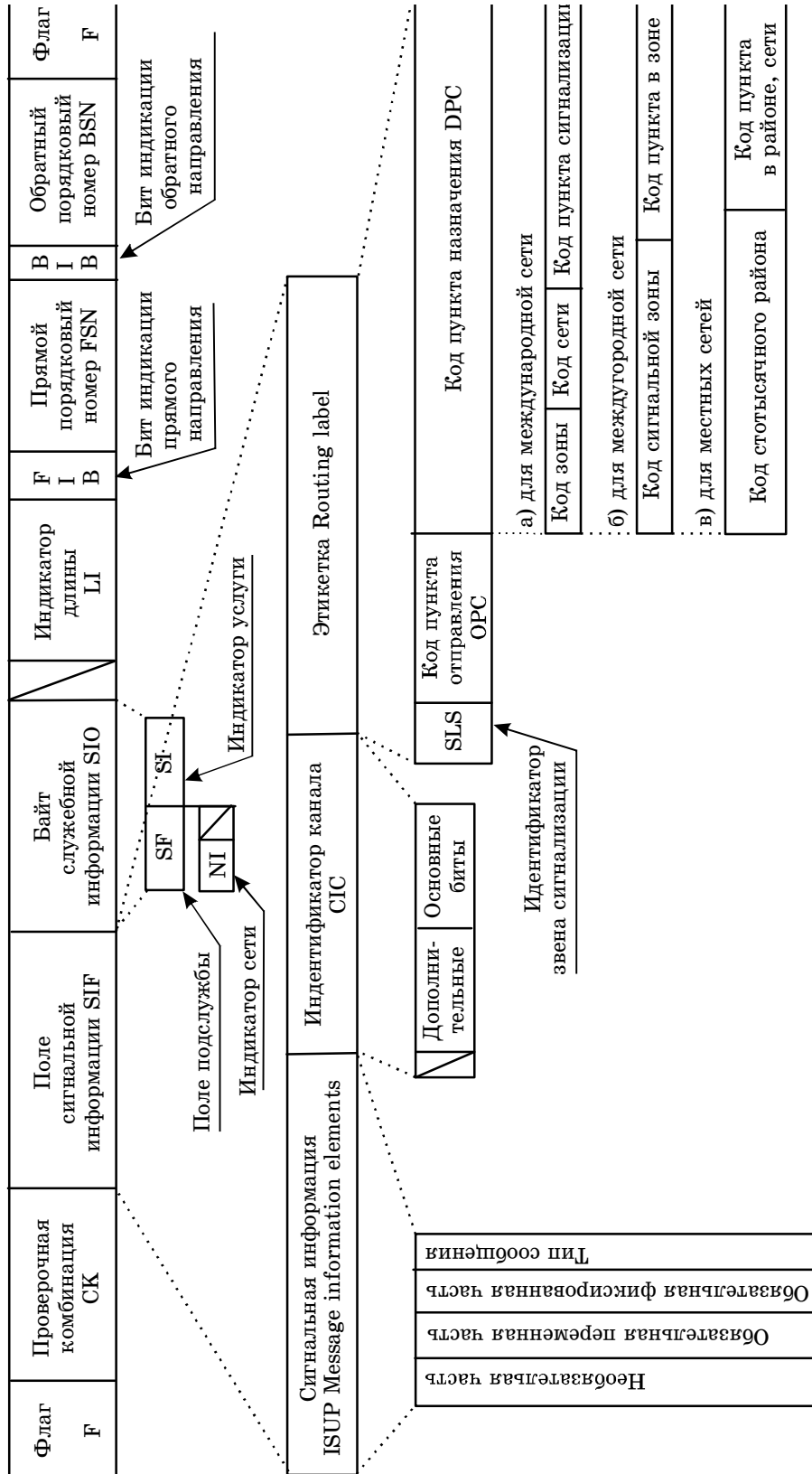


Рис. 7.14 — Формат сигнальной единицы MSU подсистемы ISUP

Сигнализация «из конца в конец» обычно используется между местными АТС для передачи специальной информации об услугах, запрошенных вызывающим или вызываемым абонентами. В этом случае сигнализация «из конца в конец» маршрутизируется через междугородные АТС, но междугородные АТС не анализируют содержимое передаваемых сообщений. В этом контексте местные АТС называются конечными пунктами. Определены две формы сигнализации «из конца в конец»: прохождение по сети и метод SCCP.

Метод *прохождения по сети* сигнализации «из конца в конец» использует информацию маршрутизации, ориентированную на соединение. Когда ISUP устанавливает телефонное соединение или соединение передачи данных, набираемый вызываемым абонентом номер преобразуется в информацию маршрутизации для использования в сети сигнализации. Эта информация маршрутизации представляет собой этикетку маршрутизации и код идентификации канала (СIC). Информация маршрутизации хранится в каждой участвующей в соединении АТС в течение всего соединения, а для ее передачи имеется специальный тип сообщения. Когда во время соединения транзитная АТС принимает сообщение этого типа, она использует уже имеющуюся информацию маршрутизации для передачи сообщения к следующей АТС, не выполняя анализ информации сигнализации «из конца в конец», содержащейся в самом сообщении. Только местным АТС (конечным пунктам), которые передают и принимают информацию «из конца в конец», требуется анализировать полное сообщение.

В *методе SCCP* сигнализации «из конца в конец» для передачи сигнальной информации используется подсистема SCCP. Также имеются два метода передачи информации: режим, не ориентированный на соединение, и режим, ориентированный на соединение.

При первом методе передаваемое от исходящей АТС к входящей АТС сообщение ISUP (обычно IAM) включает *метку соединения*. Эта метка означает указание для входящей оконечной АТС, что требуется не ориентированный на соединение обмен информацией по SCCP. После приема метки соединения на входящей оконечной АТС соответствующая метка соединения возвращается на исходящую оконечную АТС в сообщении о принятии полного адреса ACM. Этот обмен метками соединения позволяет передавать сообщения типа «данные без соединения», используя SCCP.

При ориентированном на соединение методе в сообщении ISUP вставляется *запрос соединения CR*. Прием на входящей АТС начального адресного сообщения IAM с запросом CR указывает, что исходящая АТС устанавливает соединение «из конца в конец». На входящей АТС запрос CR пересылается подсистемой ISUP в подсистему SCCP, которая затем уже непосредственно отвечает подсистеме SCCP исходящей АТС сообщением подтверждения соединения CC. Затем осуществляется передача данных с использованием стандартных процедур SCCP.

Процедуры разъединения для ISUP используют *сообщения освобождения (Release)* и *окончание освобождения (Release Complete)*. Процедуры разъединения для ISUP являются более быстрыми, чем для TUP, и могут инициироваться как вызывающим, так и вызываемым абонентами.

ISUP обеспечивает больший диапазон дополнительных услуг по сравнению с TUP — средства реализации дополнительных услуг являются более гибкими; обеспечивается более широкий спектр абонентских услуг. ISUP обеспечивает возможность сигнализации «пользователь — пользователь», в рамках которой абоненты могут обмениваться данными по каналу сигнализации без анализа этих данных сетью.

Контрольные вопросы

1. Как называется код, с помощью которого производится набор номера с абонентского телефонного аппарата при частотном способе набора?
2. Какое утверждение верно: а) сигналы управления применяются только на этапе установления соединения; б) сигналы управления применяются на любом этапе сеанса телефонной связи.
3. В какой системе сигнализации используется частота 3825 Гц; № 4; «Норка» по 1 ВСК для систем ЧРК; по 2ВСК для систем ВРК (для ИКМ-30)?
4. Воспринимаются ли информационные сигналы на слух абонентами и операторами или воздействуют на сетевые устройства АТС и узлов сети?
5. Применяется ли батарейный способ для передачи линейных сигналов во внутризонной телефонной сети России?
6. Какие блоки АТС обмениваются между собой линейными сигналами?
7. Какое утверждение верно: а) линейные сигналы применяются только на этапе установления соединения; б) линейные сигналы применяются на любом этапе сеанса телефонной связи?
8. Из какой системы (R1 или R2) позаимствован список частот регистровой сигнализации «импульсный челнок»?
9. Почему в странах Европы система сигнализация R2 применяется чаще, чем R1?
10. Как называется региональная система сигнализация, используемая при работе с потоком T1?
11. Поддерживает ли подсистема МТР общеканальной сигнализации ОКС-7 передачу данных сигнализации в режиме без соединения?
12. Эффективное число каналов, обслуживаемых ОКС-7 на междугородных линиях, может быть: а) от 30 до 50; б) любым числом.
13. Какой метод коммутации (каналов или пакетов) использует ОКС-7 для маршрутизации сигнальной информации?
14. Какая сигнальная единица используется для обеспечения фазирования звена в системе сигнализации ОКС-7 при отсутствии сигнального трафика?
15. Длина поля, называемого «Этикетка маршрутизации» (Routing Label) сигнальной единицы MSU системы сигнализации ОКС-7, равна 32 бита, из них 14 бит отводятся на поле «Код пункта назначения» (DPC). Возможно ли организовать 17 тысяч пунктов сигнализации в одной сигнальной сети?
16. Под поле индикатора (LI) длины сигнальной единицы МТР общеканальной сигнализации ОКС-7 отведено 6 бит. Какое максимальное число может быть присвоено параметру LI?
17. Каковы наименования полей сигнальных единиц блоков МТР системы сигнализации ОКС-7, являющихся общими для всех типов сигнальных единиц?
18. Какой метод исправления ошибок сигнализации ОКС-7 используется при установлении соединения через телекоммуникационные спутники: а) превентивного циклического повторения; б) «основной» метод с положительным подтверждением и повторной передачей искаженных MSU; в) «основной» метод с отрицательным подтверждением и повторной передачей искаженных MSU?

Заключение

Достаточно зрелый, но стремительно меняющийся мир сетевых технологий полон парадоксальных неожиданностей — то, что вчера было аксиомой, сегодня подвергается сомнению и даже отвергается. Однако при пристальном изучении этого процесса ясно видна логика эволюционного развития. Так, можно с уверенностью говорить, что идеи ныне неперспективных сетей X.25 лежат в основе целой серии более поздних версий сетей, перспективных ныне. Плодотворные идеи не умирают, а неуклонно развиваются, приводя к новым достижениям. Существуют базовые идеи, изучение которых на любом этапе развития конкретной проблематики методологически оправдано, позволяя обучающемуся в кратчайшее время овладевать новыми, «революционными» идеями. Изучение именно таких идей закладывается государственным общероссийским стандартом (ГОС) по изучаемым специальностям.

В последние годы уже сформировалась концепция сети следующего поколения NGN (Next Generation Network) — гетерогенной мультисервисной сети, обслуживающей все виды медиа-трафика с высоким качеством. Ожидается, что NGN в качестве технологии транспортной сети будет использовать либо технологию ATM, либо MPLS. Описанию указанных технологий в пособии отведено достаточно внимания.

Учебное пособие содержит большое количество ссылок на использованную литературу, что расширяет его рамки, позволяя избегать излишних подробностей. Следует отметить также, что большинство из использованных источников (39 наименований из общего числа 52) издано после 1990 года, а изданные ранее источники представляют собой золотой фонд отечественной и зарубежной литературы по изучаемой теме. Наряду с описанием устоявшихся, традиционных взглядов на структуру и функции сетей и устройств в пособии содержится описание самых современных сетевых решений, которые еще пребывают в стадии разработки (например, технология MPLS).

Использованные русскоязычные сокращения

А/Ц	— блок аналого-цифрового преобразования
АВРК	— асинхронное временное разделение каналов
АГВР	— асинхронное группообразование с временным разделением каналов
АИ	— абонентская, или линейная, ступень искажения в АТС
АК	— абонентский комплект
АЛ	— абонентская линия
АМТС	— автоматическая междугородная телефонная станция
АОН	— автоматический определитель номера, с которого осуществляется входящий вызов
АОП	— аппаратура оперативного переключения
АП	— абонентский пункт
АПД	— аппаратура передачи данных (Data Circuit terminating Equipment), «модем»
АР	— абонентский регистр
АРВ	— автоматический распределитель вызовов
АС	— абонентская система
АТ	— абонентский телеграф, телекс
АТС	— автоматическая телефонная станция
АТСК	— АТС координатной системы
АТСЭ	— АТС электронной системы
АТСКЭ	— АТС квазиэлектронной системы
БАЛ	— блок абонентских линий
БЗУ	— буферное запоминающее устройство
БИС	— большая интегральная схема
БКК	— быстрая коммутация каналов
БКП	— быстрая коммутация пакетов
БП	— быстрый пакет
БПУУ	— блоки периферийного управляющего устройства
БСЛ	— блок соединительных линий
БУП	— блок удаленных пользователей
ВЗГ	— вторичный задающий генератор
ВК	— временная коммутация
ВКЗСЛ	— входящий комплект ЗСЛ
ВКМС	— виртуальный канал метасигнализации
ВКС	— виртуальный канал сигнализации
ВКСЛ	— входящий комплект соединительных линий
ВКТН	— входящий комплект тонального набора
ВКТС	— входящий комплект тональных сигналов
ВОС	— взаимодействие открытых систем
ВОСП-СР	— волоконно-оптическая система передачи со спектральным разделением
В-П-В	— блок временной коммутации ВК — блок пространственной коммутации ПК — блок временной коммутации ВК (одна из возможных структур многозвенного коммутационного поля электронной АТС)

- ВПВП** — схема коммутационного поля АТС координатной системы (В — вертикаль, П — поле)
- ВРК** — временное разделение каналов
- ВСК** — выделенный сигнальный канал
- ВСЛ** — входящая соединительная линия
- ВСЛМ** — входящая соединительная линия междугородная
- ВСС РФ** — взаимоувязанная сеть связи РФ
- ВУ** — внешнее устройство
- ВШК** — входящий шнуровой комплект
- ГВМ** — главная вычислительная машина
- ГИ** — групповая ступень искания в АТС
- I ГИ, II ГИ** — первая и вторая ступени ГИ
- ГМИ** — генератор микроинструкций
- ГТИ** — генератор тарифных импульсов
- ГТС** — городская телефонная сеть
- ДВО** — дополнительные виды обслуживания (Value Added Service)
- ДМП** — демультимплексор
- ЕИП** — единое информационное пространство
- ЗВ** — звуковое вещание
- ЗСЛ** — заказная соединительная линия
- ЗТУ** — зональный телефонный узел
- ЗУ** — запоминающее устройство
- ЗУА** — запоминающее устройство адреса
- ЗУД** — запоминающее устройство данных
- ЗУП** — запоминающее устройство программ
- ИВП** — идентификатор виртуального пути
- ИК** — исследовательская комиссия МСЭ-Т
- ИКМ** — импульсно-кодовая модуляция
- ИКС** — измерительный комплекс
- ИКСЛ** — исходящий комплект соединительных линий
- ИКСЛ** — исходящий комплект СЛМ
- ИКТН** — исходящий комплект тонального набора
- ИКТС** — исходящий комплект тональных сигналов
- ИП** — информационная память
- ИС** — информационная сеть
- ИС АПО** — информационная сеть для автоматизации процессов обучения
- ИС АСНТИ** — информационная сеть для автоматизированных систем научно-технической информации
- ИС АСУ** — информационная сеть для автоматизированных систем управления
- ИС БН** — информационная сеть бытового назначения (справки, организация досуга, культурно-массовое обслуживание)
- ИС САПР** — информационная сеть для систем автоматизированного проектирования
- ИСЛ** — исходящая соединительная линия
- ИСР** — интеллектуальная сеть России
- ИШК** — исходящий шнуровой комплект
- КВВ** — канал ввода-вывода
- КК** — коммутация каналов
- ККПВ** — комплект контроля посылки вызова
- ККС** — комплект конференц-связи
- КП** — коммутация пакетов

- КПВ** — комплект посылки вызова
Кпер — комплект передачи цифр номера, передаваемые по соединительным линиям
КПЗ — контроль посылки сигнала занятости
КПН — комплект приема номера
КПП — кодовый приемопередатчик
КПр — комплект приема цифр номера, поступающих по соединительным линиям
КРМТ — комплект рабочего места оператора (телефонистки)
КС — коммутационная система
КС-Б — коммутационная схема типа Баньян
КСДОП — коммутируемая сеть передачи данных общего пользования
КТСОП — коммутируемая телефонная сеть общего пользования
КЦТ — комплект цифрового тракта
КЭ — коммутационный элемент
ЛАЦ — линейно-аппаратный цех телефонной станции
ЛВС — локальная вычислительная сеть
ЛК — линейный комплект
ЛС — линейный сигнал
М — маршрутизатор
МАВ — маркер ступени АВ
МИГИ, МИГИ — маркеры первой и второй ступеней ГИ
МККР — Международный консультативный комитет по радиосвязи CCIR (Consultative Committee for International Radiocommunications)
МККТТ — Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии CCITT (Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony)
МКРЧ — Международный комитет по распределению частот
МКС — многократный координатный соединитель
МЛ — магнитная лента
МОП — структура «металл — окисел — полупроводник»
МОС — Международная организация по стандартизации
МП — мультиплексор
МРИ — маркер регистровой ступени искания
МСКК — многоскоростная коммутация каналов
МСЭ-Т — Международный союз электросвязи, секция телекоммуникаций ITU (International Telecommunications Union)
МТС — междугородная телефонная станция
МЧК — многочастотный код
ОЗУ — оперативное запоминающее устройство
ОЗУИ — ОЗУ информации
ОЗУПК — ОЗУ пространственного коммутатора
ОКС — общеканальная сигнализация CCS (Common Channel Signaling): ОКС-6, ОКС-7
ООД — окончное оборудование данных DTE (Data Terminal Equipment), «терминал»
ОП — обслуживающий прибор
ОС — оконечная станция
ОСР — определитель стоимости разговоров
ОТА — основной телефонный аппарат
ОШВКС — общий широковещательный виртуальный канал сигнализации
ПАС — пункт абонентской системы

- ПВИ** — пучки каналов высокого использования
ПВК — пучки каналов высокого качества
ПВКС — пространственно-временная коммутационная система
ПЗУ — постоянное запоминающее устройство
ПИ — преобразователь интерфейса
ПК — пространственная коммутация
ПО — программное обеспечение
ПП — периферийные процессор
ППВ — пучки последнего выбора
ПР — промежуточный регистр
ПС (глава 1) — первичная сеть
ПС (глава 4) — пункт связи
ПТ — программируемый терминал
ПУУ — периферийное управляющее устройство
ПЦИ — плезиохронная цифровая иерархия
Р — распределитель
РАТС — районированная АТС
РИ — регистровая ступень искания в АТС
РК — ретранслятор кадров
РМВ — реальный масштаб времени
РМТ — рабочее место оператора (телефонистки)
РСЦД — российская сеть передачи данных
РТИ — распределитель тарифных импульсов
СВС — система внутриузловой синхронизации
СГВР — синхронное группообразование с временным разделением каналов
СК — служебный комплект
СЕ — сигнальная единица
СЛ — соединительная линия
СЛМ — соединительная линия междугородная
СМО — система массового обслуживания
СМПС — сотовые мобильные и персональные сети связи
СМС — система межузловой синхронизации
СОС — служба обработки сообщений
СПД — сети передачи данных
СПД-КК — сеть передачи данных с коммутацией каналов
СПД-КП — сеть передачи данных с коммутацией пакетов
СПД-РК — сеть передачи данных с ретрансляцией кадров (Frame Relay);
СС (глава 1) — сетевая станция
СС (глава 5) — сеть синхронизации
СТС — сельская телефонная сеть
СУ — сетевой узел
СУВ — сигналы управления и взаимодействия
СЦИ — синхронная цифровая иерархия
СШ — соединительный шнур
СПВКС — селективный широкополосный виртуальный канал сигнализации
ТА — телефонный аппарат
ТВ — телевизионное вещание
ТИСл — телеинформационные службы
ТЛГ — телеграфная сеть
ТЛФ — телефонный
ТМО — теория массового обслуживания

- ТМСл** — телематические службы
ТОП — техническое обслуживание процессоров
ТП — телефонная плотность
ТРС — телекоммуникационная российская сеть
ТТ — телетайп
ТТЛ — транзисторно-транзисторная логика
ТФОП — телефонная сеть общего пользования
ТЧ — тональная частота
УАК — узел автоматической коммутации
УВС — узел входящих сообщений
УВСМ — узел входящих сообщений междугородной связи
УЗСЛ — узел ЗСЛ
УИС — узел исходящих сообщений
УК — узел коммутации
УАТС — учрежденческая АТС
УПАТС — учрежденческо-производственная АТС
УС — узловая телефонная станция
УСЛ — уплотненная соединительная линия
УСП — узел сельско-пригородной связи
УСР — устройство учета стоимости разговоров
УСРП — устройство сборки/разборки пакетов (PAD — Packet Assembly and Disassembly)
УТ — устройство тестирования
УТС — учрежденческая телефонная станция
УТОП — устройство технического обслуживания процессоров
УУ — управляющее устройство
ФБ — функциональный блок
ФСС — физические средства соединения
ФП — функциональный профиль
ЦАТС — цифровая АТС
ЦКК — центр коммутации каналов
ЦКП — центр коммутации пакетов
ЦП — центральный процессор
ЦС — центральная телефонная станция
ЦСИ — центр сетевой информации
ЦСИО — цифровая сеть с интегрированным обслуживанием (ISDN). Варианты названия: ЦСИС — цифровая сеть с интеграцией служб, (ISDN); У-ЦСИО — узкополосная цифровая сеть с интегрированным обслуживанием (N-ISDN)
ЦСП — цифровая система передачи
ЦУУ — центральное управляющее устройство
ЧНН — час наибольшей нагрузки
ЧРК — частотное разделение каналов
ЧС — частотная синхронизация
ШК — шнуровой комплект
Ш-ЦСИС — широкополосная цифровая сеть с интегрированным обслуживанием (B-ISDN)
ЭК — электронный контакт
ЭМ-узел — электромеханический узел
ЭМВОС — эталонная модель взаимодействия открытых систем
ЭСЛ — эквивалентная соединительная линия
ЭУМ — электронная управляющая машина

Использованные англоязычные сокращения

- AAI** (ATM Adaptation Layer) — уровень адаптации ATM
- ABR** (Available Bit Rate) — доступная скорость в битах
- ACC** (Account Card Calling) — вызов по предоплаченной карте
- ACK** (Acknowledgement) — подтверждение
- ADM** (Add/Drop Multiplexer) — мультиплексор ввода/вывода
- ADSL** (Asymmetric DSL) — асимметричная цифровая абонентская линия
- AE** (Application Element) — прикладной элемент
- AES** (Advanced Encryption Standard) — усовершенствованный стандарт шифрования
- AFNOR** (Association Francaise de Normalisation) — Французская ассоциация по нормализации
- AIN** (Advanced Intelligent Network) — усовершенствованная интеллектуальная сеть
- AMI** (Alternate Mark Inverition) — код с чередующейся полярностью импульсов
- ANSI** (American National Standard Institute) — Американский национальный институт стандартизации
- API** (Application Program Interface) — прикладной программный интерфейс
- APT** — телефонная часть АТС АХЕ-10
- APZ** — управляющая часть АТС АХЕ-10
- ARP** (Address Resolution Protocol) — протокол разрешения адреса
- ARPANET** — сеть с коммутацией пакетов (США)
- ARQ** (Automatic Request for Data Correction) — автоматический запрос на исправление данных
- ASE** (Application Service Element) — сервисный прикладной элемент
- ATM** (Asynchronous Transfer Mode) — режим асинхронной передачи данных
- AT&T** (American Telephone and Telegraph Company) — Американская телефонно-телеграфная компания
- АХЕ-10** — АТС фирмы Эриксон
- BA** (Basic Access) — основной (базовый) доступ
- BBN** — компания Bolt, Beranek & Newman
- BBS** (Bulletin Board System) — электронная доска объявлений
- BCP** (Basic Call Process) — основной процесс вызова
- BER** (Bit Error Rate) — коэффициент ошибок по битам
- BGP** (Border Gateway Protocol) — протокол граничной маршрутизации
- BIB** (Backward Indicator Bit) — бит индикации обратного направления
- B-ISDN** (Broadband Integrated Services Digital Network) — широкополосная цифровая сеть с интегрированным сервисом
- BITS** (Building Integrated Timing Supply) — интегрированная система синхронизации

- BNA** (Broadband Network Architecture) — архитектура широкополосной сети
- BONDING** (Bandwidth-on-Demand Interoperability Group) — взаимодействие каналов с объединенной по требованию полосой
- BPO** (British Post Office) — британская почтовая служба
- BRA** (Basic Rate Access) — основной (базовый) доступ
- BRI** (Basic Rate Interface) — интерфейс основного (базового) доступа
- BSC** (Binary Synchronous Communication) — двоичная синхронная связь
- BSD UNIX** (Berkeley Software Distribution) — дистрибутив программного обеспечения UNIX, созданного в Калифорнийском университете
- BSI** (British Standards Institute) — Британский институт стандартов
- BSN** (Backward Sequence Number) — обратный порядковый номер
- BSSAP** (Base Station System Application Part) — прикладная подсистема системы базовой станции
- BT** (Bothway Trunk) — двусторонний комплект
- BTR** — периферийный блок BT
- BTU** — центральный блок BT
- C/R** (Command/Response) — команда/отклик
- CAS** (Channel Associated Signaling) — поканальная сигнализация
- CBR** (Constant Bit Rate) — постоянная скорость в битах
- CC7** (Common Channel № 7) — общеканальная сигнализация ОКС-7
- CCIR** (Consultative Committee for International Radio) — Международный консультативный комитет по радио
- CCITT** (Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony) — Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии
- CCC** (Credit Card Calling) — вызов по кредитной карте
- CCS** (Common Channel Signaling) — общеканальная сигнализация
- CD** (Call Distribution) — распределение вызовов
- CEPT** (Conference of European Posts and Telecommunications) — Конференция европейских организаций связи
- CGI** (Common Gateway Interface) — универсальный межсетевой интерфейс
- CIC** (Circuit Identification Code) — код идентификации канала в ОКС-7
- CK** (Check Bits) — проверочная комбинация
- CLNP** (Connection Less Network Protocol) — сетевой протокол без организации соединений
- CLP** (Cell Loss Priority) — приоритет потери ячейки
- CN** (Customer Network) — сеть доступа к абонентской сети
- CON** (Conferencing) — телефонная конференция
- COS** (Corporation for Open Systems) — корпорация открытых систем
- CPCS** (Common Part Convergence Sublayer) — общая часть подуровня согласования
- CPE** (Customer Promise Equipment) — оборудование в помещении пользователя

- CPN** (Customer Premises Network) — сеть на территории абонента
- CR** (Connection Request) — запрос соединения
- CPS** (Central Processor Subsystem) — подсистема центрального процессора
- CRC** (Cyclic Redundancy Check) — циклический избыточный контроль
- CRC-16** (Cyclic Redundancy Check-16) — проверка циклическим избыточным кодом с образующим полиномом 16-го порядка
- CS** — 1) набор возможностей в концептуальной модели интеллектуальной сети (Capability Set) (подразд. 4.4); 2) подуровень конвергенции (Convergence Subfunction) (подразд 4.5); 3) кодовый передатчик (Code Sender) (п. 6.2.8)
- CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) — множественный доступ с контролем передачи и обнаружением столкновений
- CSU** (Channel Service Unit) — устройство обслуживания канала
- CSU/DSU** (Channel Service Unit/Data Service Unit) — устройства обслуживания канала данных
- D** (Delta) — канал сигнализации ISDN
- DARPA** (Defense Advanced Research Projects Agency) — Агентство перспективных оборонных исследовательских проектов министерства обороны США
- DCE** (Data Circuit Terminating Equipment) — оконечное оборудование сети
- DDI** (Direct Dialing In) — прямой вызов абонента под добавочным номером
- DEC** (Digital Equipment Corporation) — корпорация дискретного оборудования
- DFP** (Distributed Functional Plane) — распределенная функциональная плоскость
- DID** (Direct Inward Dialing) — прямой внутренний набор номера
- DIN** (German Standards Institute) — Германский институт стандартов
- DIS** (Draft International Standard) — проект международного стандарта
- DLCI** (Data-Link Connection Identifier) — идентификатор соединения канала передачи данных
- DNA** (Digital Network Architecture) — цифровая сетевая архитектура
- DNS** (Domain Name System) — база данных имен доменов
- DP** (Draft Proposal) — проект предложения
- DQDB** (Distributed Queue Double Bus) — двойная распределенная шина с очередями
- DS** (Disturbance Supervision) — надзор за помехами
- DSL** (Digital Subscriber Line) — цифровая абонентская линия
- DSP** (Digital Signal Processor) — цифровой сигнальный процессор
- DSSS** (Direct Sequence Spread Spectrum) — расширение спектра методом прямой последовательности
- DSS1** (Digital Subscriber Signaling System №1) — система № 1 цифровой абонентской сигнализации
- DSU** (Data Service Unit) — устройство обслуживания данных

- DTE** (Data Terminal Equipment) — оконечное оборудование данных
- DUP** (Data User Part) — подсистема пользователей сети передачи данных
- DWDM** (Dense WDM) — плотное волновое мультиплексирование
- E&M** (Ear and Mouth) — система сигнализации
- ECMA** (European Computer Manufacturers Association) — Ассоциация европейских производителей компьютеров
- EDIFACT** (Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport) — электронный обмен данными для администрации, торговли и транспорта
- EEA** (Electrical Engineering Association) — Ассоциация инженеров электриков
- EGP** (Exterior Gateway Protocol) — протокол внешней маршрутизации
- EIA** (Electronic Industries Association) — Ассоциация электронной промышленности
- EIGRP** (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) — улучшенный внутренний шлюзовый протокол маршрутизации
- EMPB** (European Multiprotocol Backbone) — европейская многопротокольная магистраль
- ER** (Event Reporting) — рапорт о событии
- ERDS** (Event Reporting & Disturbance Supervision) — рапорт о событии и надзор за помехами
- ES** (End System) — конечная система
- ES-IS** (End System to Intermediate System) — конечная система — промежуточная система
- ET** (Exchange Termination) — станционное окончание
- ETSI** (European Telecommunication Standards Institute) — Европейский институт телекоммуникационных стандартов
- EWOS** (European Workshop on Open Systems) — Европейская секция по открытым системам
- EWSD** — цифровая АТС фирмы Siemens
- F.I.F.O.** (First In-First Out) — «первым пришел — первым обслужен»
- FCS** (Frame Check Sequence) — процедура проверки ошибок в кадре
- FCS*** (Fast Channel Switching) — быстрая коммутация каналов
- FDDI** (Fiber Distributed Data Interface) — оптоволоконный распределенный интерфейс данных
- FDM** (Frequency Division Multiplexing) — частотное мультиплексирование
- FHSS** (Frequency Hopping Spread Spectrum) — расширение спектра скачкообразной перестройкой частоты
- FIB** (Forward Indicator Bit) — бит индикации прямого направления
- FISU** (Fill-In Signal Unit) — заполняющая сигнальная единица
- FMD** (Followme Diversion) — команда «следуй за мной»
- FMS** (File Management Subsystem) — подсистема управления файлами
- FPH** (Freephone) — бесплатный вызов

- FPS** (Fast Packet Switching) — быстрая коммутация пакетов
- FR** (Frame Relay) — ретрансляция кадров
- FSN** (Forward Sequence Number) — прямой порядковый номер
- FTAM** (File Transfer Access and Management) — передача, доступ и управление файлами
- FTP** (File Transfer Protocol) — протокол передачи файлов
- GFC** (Generic Flow Control) — общее управление потоком
- GFP** (Global Functional Plane) — глобальная функциональная плоскость
- GGP** (Gateway Gateway Protocol) — межшлюзовый протокол маршрутизации
- GOSIP** (Government OSI Profile) — правительственный профиль ВОС
- GSM** (Global System for Mobile Communication) — глобальная система мобильной связи
- HDB3** (High Density Bipolar-3) — двоичный код с высокой плотностью единиц
- HDLC** (High Level Data Link Control Procedures) — высокоуровневая процедура управления каналом данных
- HDSL** (High Speed DSL) — высокоскоростная цифровая абонентская линия
- HEC** (Header Error Control) — поле контроля ошибок в заголовке
- HELLO** — протокол маршрутизации
- HSSI** (High Speed Serial Interface) — высокоскоростной последовательный интерфейс
- HTML** (HyperText Markup Language) — высокоуровневый язык гипертекстовой разметки документов
- HTTP** (HyperText Transfer Protocol) — протокол доставки гипертекстовых сообщений
- HUP** (Handover User Part) — подсистема пользователей процедуры передачи управления
- HW** (Hardware) — функциональный модуль аппаратных средств
- IAB** (Internet Activities Board) — комитет по архитектуре Internet
- IAM** (Initial Address Message) — начальное адресное сообщение
- IATA** (International Air Transport Association) — Международная ассоциация по воздушным перевозкам
- IBM** (International Business Machines) — международные бизнес-машины
- ICMP** (Internet Control Message Protocol) — протокол межсетевых управляющих сообщений
- IDN** (Integrated Digital Network) — интегрированная цифровая сеть
- IEC** (International Electrotechnical Commission) — Международная электротехническая комиссия (МЭК)
- IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers) — Институт инженеров электриков и электронщиков
- IETF** (Internet Engineering Task Force) — «Законодательный» подкомитет IAB
- IGMP** (Internet Group Management (Multicast) Protocol) — групповой межсетевой протокол управляющих сообщений

- IMUX** — мультиплексор ISDN
- IN (Intelligent Network)** — интеллектуальная сеть
- INAP (Intelligent Network Application Part)** — прикладная подсистема интеллектуальной сети
- INCM (Intelligent Network Conceptual Model)** — абстрактная концептуальная модель интеллектуальной сети
- IP** — 1) межсетевой протокол (Internet Protocol) (подразд. 2.9);
2) интеллектуальные периферийные устройства в интеллектуальной сети (Intelligent Peripheral) (подразд. 4.4)
- IPv6, IPng (IP new generation)** — IPv6, новая версия протокола IP
- I-PNNI (Integrated PNNI)** — интегрированный интерфейс «частная/корпоративная сеть — сеть»
- IPX (Internetwork Packet Exchange)** — межсетевой пакетный обмен
- IRTF (Internet Research Task Force)** — исследовательский подкомитет IAB
- IS (Intermediate System)** — промежуточная система
- ISH (IS Header)** — пакет, содержащий сведения о промежуточной системе IS
- ISDN (Integrated Services Digital Network)** — цифровая сеть с интегрированным обслуживанием (ЦЦИО)
- ISO (International Standards Organization)** — Международная организация по стандартам (МОС)
- ISUP (ISDN User Part)** — подсистема пользователей ISDN
- IT (Incoming Trunk)** — входящий комплект соединительных линий
- ITU (International Telecommunications Union)** — Международный союз электросвязи (МСЭ)
- ITU-D** — сектор развития электросвязи
- ITU-R** — сектор радиосвязи
- ITU-T** — сектор стандартизации электросвязи
- JTM (Job Transfer and Management)** — сетевая служба передачи заданий и управления их выполнением
- LAN (Local Area Network)** — локальная сеть
- LANE (LAN Emulation)** — эмуляция локальных сетей
- LAP-B (Link Access Procedure Balanced)** — сбалансированная процедура доступа к каналу передачи данных
- LAP-D** — процедура доступа к каналному уровню сетей ISDN
- LAP-F** — процедура доступа к каналному уровню сетей Frame Relay
- LAP-M** — процедура доступа к каналному уровню синхронно-асинхронных модемов
- LCID (Logical Connection Identifier)** — идентификатор логического соединения
- LDP (Label Distribution Protocol)** — протокол распределения меток
- LFIB (Label Forwarding Information Base)** — информационная база продвижения меток
- LI (Length Indicator)** — индикатор длины
- LLC (Logical Link Control)** — управление логическим каналом

- LSP** (Label Switch Path) — траектория маркированного маршрута
- LSR** (Label-Switching Router) — маршрутизатор коммутации меток
- LSSU** (Link Status Signal Unit) — сигнальная единица состояния звена
- LT** (Line Termination) — линейное окончание
- MAC** (Media Access Control) — управление доступом к физической среде
- MAN** (Metropolitan Area Network) — общегородская сеть
- MAP** — 1) протокол автоматизации производства (Manufacturing Automation Protocol) (подразд. 2.8); 2) подсистема пользователей мобильной связи (Mobile Application Part) (подразд. 7.9)
- MAS** (Mass Calling) — опрос населения
- MCI** (Malicious Call Identification) — идентификация злоумышленников
- MCS** (Man-Machine Communication Subsystem) — подсистема взаимодействия «человек — машина»
- MNP** (Microcom Networking Protocol) — сетевой протокол фирмы «Микроком»
- MPLS** (Multiprotocol Label Switching) — многопротокольная коммутация меток
- MPOA** (Multiprotocol Over ATM) — многопротокольная передача данных через Ш-ЦСИС на основе технологии ATM
- MRCs** (Multirate Circuit Switching) — многоскоростная коммутация каналов
- MSB** (More Significant Bit) — старший бит
- MSN** (Multiple Subscriber Number) — множественный абонентский номер
- MSU** (Message Signal Unit) — значащая сигнальная единица
- MTP** (Message Transfer Part) — подсистема передачи сообщений
- MUP** (Mobile User Part) — подсистема пользователей мобильной связи
- MUX** (Multiplexer) — мультиплексор
- NCE** (Comite Europeen de Normalisation) — Европейский комитет по стандартам
- NCP** (Net Ware Core) — основополагающий протокол ОС NetWare
- NetBIOS** (Network Basic Input /Output System) — базовая сетевая система ввода/вывода
- NetBEUI** (Net BIOS Extended User Interface) — расширенный пользовательский интерфейс Net BIOS
- NFS** (Network File System) — система сетевых файлов
- NIA** (Network Interoperability Alliance) — альянс сетевого взаимодействия
- NIC** (Network Information Center) — центр сетевой информации (ЦСИ)
- NLSP** (Netware Link Services Protocol) — протокол канального сервиса Netware
- NMS** (Network Management System) — система управления сетью
- NNA** (Nippon Network Architecture) — японская сетевая архитектура
- NNI** (Network Node Interface) — интерфейс «сеть — узел»
- NSFNET** (National Science Foundation Network) — сеть передачи данных национального научного фонда США
- NSP** (Network Service Part) — сервисный сетевой блок

- NT** (Network Termination) — сетевое окончание
- NVT** (Network Virtual Terminal) — виртуальный сетевой терминал
- OA** (Optical Amplifier) — оптический усилитель
- OAM** (Operation, Administration and Maintenance) — эксплуатация, управление и техническое обслуживание
- OADM** (Optical ADM) — оптический ADM
- OC** (Optical Converter) — оптический конвертор
- ODA** (Open Document Architecture) — архитектура учрежденческих документов
- OMAP** (Operation and Maintenance Application Part) — подсистема эксплуатации, технического обслуживания и административного управления
- OMASE** (Operation and Maintenance Application Service Element) — сервисный прикладной элемент эксплуатации и технического обслуживания
- OMM** (Organisation Mondiale de la Metrologie) — Международная организация по метрологии
- OMS** (Operation and Maintenance Subsystem) — подсистема эксплуатации и обслуживания
- ONA** (Open Network Architecture) — открытая сетевая архитектура
- OSI** (Open Systems Interconnection) — взаимодействие открытых систем (ВОС)
- OSPF** (Open SPF) — открытый кратчайший первый путь
- OT** (Outgoing Trunk) — исходящий комплект соединительных линий
- OXC** (Optical Cross-Connect) — оптический кроссовый коммутатор
- PBX** (Private Branch Exchange) — учрежденческая телефонная станция (УТС)
- PABX** (Private Automatic Branch Exchange) — учрежденческая АТС
- PCI** (Protocol Control Information) — управляющая информация протокола
- PDH** (Plesiochronous Digital Hierarchy) — плезиохронная цифровая иерархия
- PDU** (Protocol Data Unit) — блок данных протокола
- PLMN** (Public Land Mobile Network) — наземная мобильная сеть общего пользования
- PMD** (Physical Medium Dependent) — подуровень, зависящий от физической среды
- PN** (Private Network) — частная (корпоративная) сеть
- PNNI** — 1) частный интерфейс «сеть — сеть» (Private Network-to-Network Interface); 2) частный интерфейс «сеть — узел» (Private Network-to-Node Interface)
- POSIX** (Portable Operating System Interface) — интерфейс переносимой операционной системы
- PP** (Physical Plane) — физическая плоскость
- PPP** (Point-to-Point Protocol) — протокол «точка — точка»
- PRI** (Primary Rate Access) — первичный доступ
- PRM** (Premium Rate) — приплата, передача части оплаты вызываемому абоненту

- PRS** (Primary Reference Source) — локальный тактовый генератор (первичный источник)
- PSDN** (Public Switching Data Network) — коммутируемая сеть передачи данных общего пользования
- PSTN** (Public Switched Telephone Network) — телефонная сеть общего пользования
- PTI** (Payload Type Identifier) — идентификатор типа полезной нагрузки
- PTT** (Post, Telegraph, Telephone) — почта, телеграф, телефон
- PVC** (Permanent Virtual Circuit) — постоянный виртуальный канал
- QoS** (Quality of Service) — качество обслуживания
- RACE** (Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe) — проект исследований и развития перспективных коммуникационных технологий в Европе
- RAS** (Remote Access Server) — сервер удаленного доступа
- Reg** (Regeneration) — регенератор
- REQ** (Request) — запрос
- RFC** (Requests for Comments) — запросы для комментариев
- RIP** (Routing Internet Protocol) — протокол межсетевой маршрутизации
- RPC** (Remote Procedure Call) — вызов процедуры обращений к удаленной сети
- SAA** (System Application Architecture) — системная прикладная архитектура
- SAP** — 1) точки доступа служб (Service Access Point) (пп. 2.6.1, 4.3.7); 2) протокол объявления о сетевом сервисе (Service Advertising Protocol) (подразд. 2.10)
- SAPI** (Service Access Point Identifier) — идентификатор точки доступа
- SAR** (Segmentation and Reassembly) — подуровень сегментации и разборки сегментов данных
- SCCP** (Signaling Connection Control Part) — подсистема управления соединениями сигнализации системы
- SCEP** (Service Creation Environment Point) — узел создания услуг в интеллектуальной сети
- SCP** (Service Control Point) — узел управления услугами в интеллектуальной сети
- SDC** (Synchronous Data Compression) — протокол компрессии
- SDH** (Synchronous Digital Hierarchy) — синхронная цифровая иерархия
- SDLC** (Synchronous Data Link Control) — синхронное управление каналом передачи данных
- SDP** (Service Data Point) — узел базы данных услуг
- SDU** (Service Data Unit) — блок данных службы
- SES** (Severly Errored Seconds) — секунды, пораженные ошибками
- SF** (Status Field) — поле состояния
- SGML** (Standard Generalized Markup Language) — стандартный обобщенный язык представления

- SI** (Service Indicator) — индикатор службы
- SIB** (Service Independent Building Block) — независимый от услуг конструктивный блок
- SIF** (Signaling Information Field) — поле сигнальной информации
- SIO** (Service Information Octet) — байт служебной информации
- SL** (Signalling Link) — звено передачи
- SLIP** (Serial Link Interface Protocol) — протокол последовательного канального интерфейса
- SMB** (Server Message Block) — блок сообщений сервера
- SMDS** (Switched Multimegabit Data Service) — служба скоростной коммутации данных
- SMP** (Service Management Point) — узел менеджмента услуг в интеллектуальной сети
- SMTP** (Simple Mail Transfer Protocol) — простой протокол передачи почты
- SNA** (System Network Architecture) — системная сетевая архитектура
- SNMP** (Simple Network Management Protocol) — простой протокол управления сетью
- SONET** (Synchronous Optical Networks) — синхронные оптические сети
- SOH** (Section Overhead) — секционный заголовок в формате кадра SDH
- SP** (Signalling Point) — пункт сигнализации
- SPAG** (Standards Promotion and Application Group) — группа содействия реализации и применению стандартов
- SPF** (Shortest Path First) — кратчайший первый путь
- SPL** (Split Charging) — перераспределение оплаты
- SPN** (Subscriber Premises Network) — абонентская сеть «последней мили»
- SPR** (Signalling Point with SCCP Relay Function) — пункт сигнализации с функцией пере приема SCCP
- SPVC** (Switching Permanent Virtual Circuit) — постоянный/коммутируемый виртуальный канал
- SPX** (Sequenced Packet Exchange) — последовательный пакетный обмен
- SS7** (Signaling System № 7) — общеканальная сигнализация ОКС-7
- SSF** (Subservice Field) — поле подвида службы
- SSCS** (Service-Specific Convergence Sublayer) — служебно-ориентированный подуровень согласования
- SSM** (System Synchronization Message) — информация о параметрах системы сигнализации
- SSP** (Service Switching Point) — узел коммутации услуг в интеллектуальной сети
- STP** — 1) экранированный кабель на основе скрученной пары (Shielded Twisted Pair) (подразд. 2.11); 2) транзитный пункт сигнализации (Signalling Transfer Point) (подразд. 7.9)
- SUB** (Subaddress) — субадрес
- SUS** (Subscriber Services Subsystem) — подсистема абонентских услуг

- SVC** (Switched Virtual Circuit) — коммутируемые виртуальные каналы
- SWAP** (Shared Wireless Access Protocol) — распределенный протокол беспроводного доступа
- SWIFT** (Society for World-Wide Interbank Financial Telecommunications) — межбанковская электронная система для передачи информации и совершения платежей
- TA** (Terminal Adapter) — терминальный адаптер
- TASI** (Time Assignment Speech Interpolation) — интерполяция речевых сигналов с временным распределением
- TC** (Transmission Convergence Sublayer) — подуровень конвергенции с системой передачи
- TCAP** (Transaction Capabilities Application Part) — подсистема возможностей транзакций
- TCP/IP** (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) — протокол управления передачей/межсетевой протокол
- TDM** (Time Division Multiplexing) — метод временного разделения каналов
- TDMA** (Time Division Multiple Access) — множественный доступ с разделением каналов во времени
- TDP** (Tag Distribution Protocol) — протокол распределения тэгов
- TE** (Terminal Equipment) — оконечное оборудование
- TE1** — оконечное оборудование TE, специально разработанное для ISDN
- TE2** — оконечное оборудование TE с обычным традиционным стыком
- TEI** (Terminal Endpoint Identifier) — идентификатор точки подключения терминала
- Telnet** — протокол удаленного доступа
- TFTP** (Trivial File Transfer Protocol) — простейший протокол передачи файлов
- TINA** (Telecommunication Information Networking Architecture) — архитектура телекоммуникационной информационной сети
- TMN** (Telecommunications Management Network) — сеть управления электро-связью
- TOP** (Technical and Office Protocol) — технический и учрежденческий протокол
- TPMA** (Token Passing Multiple Access) — множественный доступ с передачей полномочий
- TSG** (Timing Signal Generator) — генератор сигнала тактовой частоты
- TSR** (Tag Switching Router) — маршрутизатор коммутации меток с поддержкой технологии тег-коммутации
- TSS** (Trunk and Signaling Subsystem) — подсистема межстанционных соединительных линий и сигнализации
- TUP** (Telephone User Part) — подсистема пользователей телефонии
- TWBNET** (Transcontinental WideBand Network) — трансконтинентальная широкополосная сеть
- UAN** (Universal Access Number) — универсальный номер

- UAS** (Unavailability Seconds) — секунды неготовности канала
- UBR** (Unspecified Bit Rate) — неопределенная скорость в битах
- UDP** (User Datagram Protocol) — пользовательский дейтаграммный протокол
- UIC** (Union Internationale des Chemins de Fer) — Международный союз работников железных дорог
- UNI** (User-to-Network Interface) — интерфейс «пользователь — сеть»
- UP** (User Part) — подсистема пользователя
- UPT** (Universal Personal Telecommunication) — универсальная персональная связь
- URL** (Universal Resource Locator) — универсальный способ адресации
- US** (Unassigned Cells) — неназначенные ячейки
- USENET** — система телеконференций Internet
- UTP** (Unshielded Twisted Pair) — неэкранированный кабель на основе витой пары
- UUCP** (Unix-to-Unix Copy Protocol) — протокол копирования в среде Unix
- VAS** (Value Added Service) — дополнительные услуги ISDN
- VBR** (Variable Bit Rate) — переменная скорость в битах
- VC** (Virtual Channel) — виртуальный канал
- VCC** (Virtual Channel Connection) — соединение по виртуальному каналу
- VCI** (Virtual Channel Identifier) — идентификатор виртуального канала
- VCL** (Virtual Channel Link) — звено виртуального канала
- VG** (Voice Grade) — класс передачи речи
- VOT** (Televoting) — телефонное голосование
- VP** (Virtual Path) — виртуальный путь
- VPC** (Virtual Path Connection) — соединение виртуальных путей
- VPI** (Virtual Path Identifier) — идентификатор виртуального пути
- VPL** (Virtual Path Link) — звено виртуального пути
- VPN** (Virtual Private Network) — виртуальная частная сеть
- VT** (Virtual Terminal) — виртуальный терминал
- WAIS** (Wide Area Information System) — информационная система широкого пользования
- WAN** (Wide Area Network) — территориальная сеть
- WATS** (Wide Area Telephone Service) — территориальная междугородная телефонная служба
- WDM** (Wavelength Division Multiplexing) — волновое мультиплексирование
- Wi - Fi** (Wireless Fidelity) — точность без проводов
- WiMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access) — мировая операционная совместимость для микроволнового доступа
- WLAN** (Wireless LAN) — беспроводная локальная сеть
- WMAN** (Wireless Metropolitan Area Network) — беспроводная широкополосная сеть
- WP** (Working Paper) — рабочий документ

WPAN (Wireless Personal Area Network) — беспроводная персональная сеть

WWW (WORLD WIDE WEB) или W^3 — служба глобального соединения

X.400 — протокол электронной почты

X.500 — протокол справочной службы

XDP (External Data Representation) — представление внешней информации

xDSL (Extended DSL) — расширенная цифровая абонентская линия

Литература

1. Якубайтис Э.А. Информационные сети и системы : справочная книга / Э.А. Якубайтис. – М. : Финансы и статистика, 1966. – 386 с.
2. Шварцман В.О. Проблемы и пути развития телематических служб передачи данных / В.О. Шварцман. – М. : Информсвязь, 1998. – 104 с.
3. МКТТ. Синяя книга. Т. II. В. II.5. Телематические службы, службы передачи данных и телеконференции — общая эксплуатация и качество обслуживания. – Мельбурн : [б.и.], 1998.
4. Системы электросвязи : учеб. для вузов / В.П. Шувалов [и др.] ; под ред. В.П. Шувалова. – М. : Радио и связь, 1987. – 512 с.
5. Зайончковский Е.А. Автоматическая междугородная телефонная связь / Е.А. Зайончковский, А.П. Пшеничников, В.М. Романцев. – М. : Радио и связь, 1984. – 296 с.
6. Бесслер Р. Проектирование сетей связи : справочник / Р. Бесслер, А. Дойч. ; пер. с нем. – М. : Радио и связь, 1988. – 272 с.
7. Сети связи. Каналообразующая и коммутационная телеграфная аппаратура : справочник / В.Г. Климов [и др.] ; под ред. В.И. Короля. – М. : Радио и связь, 1986. – 256 с.
8. Нормы на электрические параметры цифровых каналов и трактов магистральных внутризоновых первичных сетей / Министерство связи РФ. – М. : ЦНИИС, 1966. – 107 с.
9. Нормы на электрические параметры каналов ТЧ магистральной и внутризоновой первичных сетей / Министерство связи РФ. – М. : ЦНИИС, 1966. – 96 с.
10. Фокин В.Г. Аппаратура и сети доступа / В.Г. Фокин. – Новосибирск : СИБГУТИ, 1999. – 114 с.
11. Денисьева О.М. Средства связи для последней мили / О.М. Денисьева, Д.Г. Мирошников. – М. : ЭКО-ТРЕНДЗ ; НТЦ НАТЕКС, 1998. – 138 с.
12. Морозов В.К. Основы теории информационных сетей / В.К. Морозов, А.В. Долганов. – М. : Высшая школа, 1987. – 271 с.
13. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей : энциклопедия / М. Кульгин. – СПб. : Питер, 1999. – 714 с.
14. Fontolliet P.G. Traité d'électricité. Vol. XVIII. Systemes de télécommunications / P.G. Fontolliet. – [S.l.] : Presses polytechniques romandes, 1990. – 512 с.
15. Крук Б.И. Телекоммуникационные системы и сети : учеб. пособие / Б.И. Крук, В.И. Попантопуло, В.П. Шувалов ; под ред. В.П. Шувалова. – Новосибирск : СИБГУТИ, 1997. – 464 с.
16. Мельников Д.А. Информационные процессы в компьютерных сетях. Протоколы, стандарты, интерфейсы, модели / Д.А. Мельников. – М. : ОЦ Кудиц-образ, 1999. – 256 с.
17. Macchi C., Guilbert J.F. et 13 coauteurs. Teleinformatique. Transport et traitement de l'information dans les reseaux et systemes teleinformatiques et telematiques / C. Macchi, J.F. Guilbert et 13 coauteurs. – Paris: DUNOD, 1987. – 935 с.

18. Козлов В.А. Открытые информационные системы / В.А. Козлов. – М. : Финансы и статистика, 1999. – 224 с.
19. Халсалл Ф. Передача данных, сети компьютеров и взаимосвязь открытых систем / Ф. Халсалл ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1995. – 408 с.
20. Лагутенко О.И. Модемы : справ. пользователя / О.И. Лагутенко. – СПб. : Лань, 1997. – 386 с.
21. Семенов Ю.А. Сети Интернет. Архитектура и протоколы / Ю.А. Семенов. – М. : Блик плюс, 1998. – 423 с.
22. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб. : Питер, 1999. – 672 с.
23. Кулаков Ю.А. Компьютерные сети / Ю.А. Кулаков, Г.М. Луцкий. – К. : Юниор, 1998. – 384 с.
24. Стэн Шатт. Мир компьютерных сетей / Шатт Стэн ; пер. с англ. – К. : ВНУ, 1966. – 288 с.
25. Беллами Дж. Цифровая телефония / Дж. Беллами ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1986. – 544 с.
26. Назаров А.Н. АТМ: технология высокоскоростных сетей / А.Н. Назаров, М.В. Симонов. – М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999. – 252 с.
27. Венцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. – М. : Наука, 1964.
28. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М. : Наука, 1987.
29. Аваков Р.А. Основы автоматической коммутации : учеб. для вузов / Р.А. Аваков, О.С. Шилов, В.И. Исаев. – М. : Радио и связь, 1981.
30. Клейнрок Л. Коммуникационные сети (стохастические потоки и задержки сообщений) / Л. Клейнрок. – М. : Наука, 1970.
31. Шнепс М.А. Численные методы теории телетрафика / М.А. Шнепс. – М. : Связь, 1974.
32. Булгак В.Б. Теория и проектирование управляющих систем связи : учеб. для вузов / В.Б. Булгак, Э.В. Евреинов, И.А. Мамзелев. – М. : Радио и связь, 1995. – 384 с.
33. Состояние телефонных сетей общего пользования (1993–1998) // Информ Курьер Связь. – 1999. – № 6. – С. 50.
34. Городская телефонная связь : справочник / Б.З. Берлин [и др.] ; под ред. А.С. Брискера. – М. : Радио и связь, 1987. – 280 с.
35. Рокотян А.Ю. Порядок перевода сетей связи России на перспективную нумерацию / А.Ю. Рокотян, М.А. Жарков, Е.Б. Пекарский // Электро-связь. – 2000. – № 3. – С. 11.
36. Лазарев В.Г. Интеллектуальные цифровые сети : справочник / В.Г. Лазарев ; под ред. акад. Н.А. Кузнецова. – М. : Финансы и статистика, 1996. – 224 с.
37. Интеллектуальные сети связи / Б.Я. Лихтцендер [и др.]. – М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000.
38. Фокин В.Г. Основные принципы АТМ / В.Г. Фокин. – Новосибирск : СИБГУТИ, 1999. – 73 с.
39. Микуцкий А.Г. Территориальные сети передачи данных : курс лекций / А.Г. Микуцкий. – [б.м.] : Центр Информационных Технологий, 1966.
40. Булгак В.Б. Концепция развития связи Российской Федерации / В.Б. Булгак. – М. : Радио и связь, 1995. – 224 с.

41. Руководство по технологиям объединенных сетей. – 3-е изд. CISCO Incorporation. – М. ; СПб. ; Киев : [б.и.], 2002.
42. Бакланов И.Г. Методы измерений в системах связи / И.Г. Бакланов ; под ред. А.Б. Иванова. – М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999. – 195 с.
43. Бакланов И.Г. Технологии измерений первичной сети. Ч. 2. Системы синхронизации / И.Г. Бакланов. – М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000. – 149 с.
44. Штагер В.В. Электронные системы коммутации / В.В. Штагер. – М. : Радио и связь, 1983. – 232 с.
45. Безир Х. Цифровая коммутация / Х. Безир, П. Хойер, Г. Кеттлер ; пер. с нем. – М. : Радио и связь, 1984. – 264 с.
46. Нейман В.И. Коммутация цифровых каналов связи / В.И. Нейман // Цифровые системы. – 1997. – № 5, май. – С. 65–68.
47. Фокин В.Г. Волоконно-оптические системы передачи с подвесными кабелями на воздушных линиях электропередачи и контактной сети железных дорог : метод. указания / В.Г. Фокин. – Новосибирск : СИБГУТИ ; Межрегиональный учебный центр переподготовки специалистов, 2000. – 94 с.
48. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети / Р.Р. Убайдуллаев. – М. : Эко-Трендз, 1998.
49. Матлекович В. Система сигнализации по общему каналу ОКС-7: Применение в телефонной сети Хорватии / В. Матлекович // Эрикссон Никола Тесла Ревия. – 1996. – Т. 8. – № 2. – 26 с.
50. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи / Б.С. Гольдштейн. – М. : Радио и связь, 1997. – 423 с.
51. Росляков А.В. Общекабельная система сигнализации № 7 / А.В. Росляков. – М. : Эко-Трендз, 1999. – 176 с.
52. Signaling diagram 1/1914-ANS 434 01. AXE 10. – Zagreb : Nikola Tesla. – 8 с.

Приложение. Задачи для практических занятий по теме «Телетрафик»

Задачи с решениями

Задача 1. Предполагая, что каждая из 10000 абонентских линий посылает один вызов в час, определим как часто поступают два вызова с интервалом между ними меньшим, чем 0,01 с.

Решение

Средняя интенсивность поступления вызовов $\lambda = 10000 \cdot 1/3600 = 2,78$ вызова в секунду.

На основании уравнения $P_0(\lambda t) = e^{-\lambda t}$ определяем вероятность того, что в течение интервала длиной 0,01 с не поступит ни один вызов: $P_0(0,0287) = e^{-0,0287} = 0,973$. Таким образом, в течение 0,01 с от момента поступления предыдущего вызова поступает 2,7 % вызовов. Поскольку интенсивность поступления вызовов равна 2,78 вызова в секунду, то интенсивность появления промежутков между последовательными вызовами, длина которых меньше 0,01 секунды, равна $2,78 \cdot 0,027 = 0,075$ раз в секунду.

Задача 2. Для узла коммутации сообщений, на который поступают обычно 4 вызова в минуту, определим вероятность того, что в любом произвольно выбранном интервале времени длительностью 30 с поступят 8 или более вызовов.

Решение

Среднее число вызовов, которые поступают в интервале 30 с, равно $\lambda t = 4(30/60) = 2$. Вероятность того, что поступят 8 или более вызовов (при среднем их числе, равном 2)

$$P_{\geq 8}(2) = \sum_{i=8}^{\infty} P_i(2) = 1 - \sum_{i=0}^7 P_i(2) = 1 - e^{-2} \left(1 + \frac{2^1}{1!} + \frac{2^2}{2!} + \frac{2^3}{3!} + \dots + \frac{2^7}{7!} \right) = 0,0011.$$

Задача 3. Определить какова вероятность того, что в блоке данных длиной 1000 битов возникнут точно четыре ошибки при его передаче по линии с вероятностью ошибок по битам, равной 10^{-5} ?

Решение

Предполагая, что ошибки независимы (сомнительное предположение для многих линий передачи), можно получить вероятность возникновения точно четырех ошибок непосредственно из распределения Пуассона. Среднее число ошибок (вызовов) $\lambda t = 10^3 \cdot 10^{-5} = 0,01$. Таким образом, вероятность четырех ошибок $P_4(0,01) = \left[(0,04)^4 / 4! \right] e^{-0,01} = 4,125 \cdot 10^{-10}$. Другое решение может быть получено с использованием биномиального закона распределения вероятностей: вероятность четырех ошибок равна $C_{1000}^4 p^4 (1 - p)^{996} = 4,101 \cdot 10^{-10}$, где $p = 10^{-5}$.

Задача 4. Пучок соединительных линий содержит достаточно каналов, чтобы обслужить нагрузку, поступающую на него в соответствии с пуассоновским процессом со средней интенсивностью поступления вызовов, равной одному вызову в минуту. Предполагая, что средняя длительность занятия равна 2 мин., определить какой процент общей нагрузки обслуживается первыми пятью каналами и какой — всеми остальными каналами при допущении, что нагрузка распределяется, начиная всегда с каналов с наименьшими по порядку номерами.

Решение

Интенсивность поступающей нагрузки системы равна $A = 1 \cdot 2 = 2$ Эрл. Интенсивность нагрузки, обслуженной i активными каналами, равна точно i Эрл. Следовательно, нагрузка, обслуженная первыми пятью каналами, может быть определена следующим образом:

$$\begin{aligned} A &= 1 \cdot P_1(2) + 2 \cdot P_2(2) + 3 \cdot P_3(2) + 4 \cdot P_4(2) + 5 \cdot P_5(2) = \\ &= e^{-2} \left[2 + 2 \cdot 2^2/2! + 3 \cdot 2^3/3! + 4 \cdot 2^4/4! + 5 \cdot 2^5/5! \right] = 1,89 \text{ Эрл.} \end{aligned}$$

Все остальные каналы обслуживают нагрузку $2 - 1,89 = 0,11$ Эрл.

Задача 5. Четыре группы терминалов данных нужно связать с ЭВМ с помощью арендованных каналов (рис. 1). На рис. 1,а нагрузка от групп терминалов данных распределяется по отдельным пучкам разделенных каналов. На рис. 1,б нагрузка от всех групп терминалов данных концентрируется и обслуживается одним общим пучком каналов. Определить общее число каналов, требуемых в обоих случаях, если максимально желаемая вероятность блокировки равна 5%. Принять, что в каждой группе по 24 терминала и каждый терминал активен в течение 10% времени. Использовать метод расчета для системы с явными потерями.

Решение

Интенсивность нагрузки, поступающей от каждой группы терминалов, равна $24 \cdot 0,1 = 2,2$ Эрл. Так как среднее число активных каналов много меньше числа источников, то можно предполагать пуассоновский входной поток. Используя табл. 3.1, определяем, что число каналов, требуемых для обеспечения $B = 5\%$ при интенсивности нагрузки 2,2 Эрл, равно 5. Таким образом, конфигурация сети рис. 1,а требует всего 20 каналов.

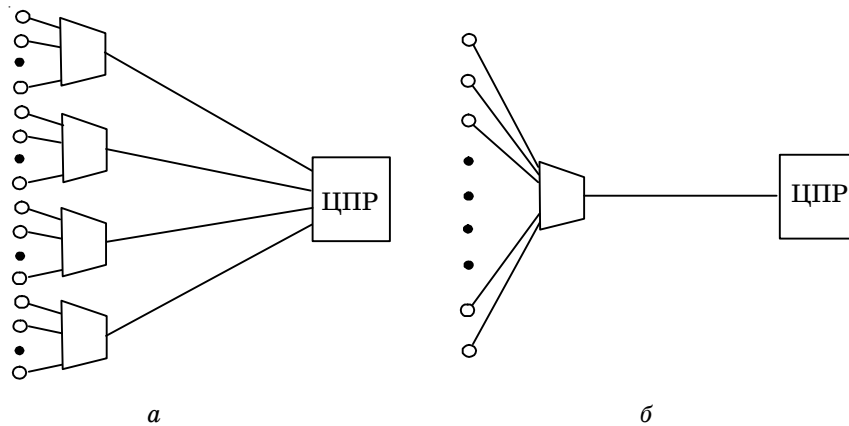


Рис. 1 — Сеть терминалов данных, рассматриваемая в задаче 5:
 а — четыре отдельные группы; б — вся нагрузка концентрируется в одной группе; ЦПР — центральный процессор

Суммарная интенсивность нагрузки, поступающей на концентратор при конфигурации сети такой, как на рис. 1,а, равна $4 \cdot 2,2 = 8,8$ Эрл. Из табл. 3.1 находим, что для обслуживания данной нагрузки требуется 13 каналов.

Обсуждение решения задачи 5

Задача 5 показывает, что объединение малых нагрузочных групп в одну большую группу может привести к существенной экономии числа требуемых каналов. Большие группы оказываются более эффективными, чем множество малых, поскольку маловероятно, что в малых группах одновременно возникают перегрузки (в предположении о независимости поступления вызовов). В действительности избыточная нагрузка одной группы может быть обслужена свободными каналами в другой. Таким образом, те каналы, которые введены для приспособления к пиковым нагрузкам, но обычно остаются свободными, используются более эффективно, если нагрузка собирается в одну группу. Эта особенность является одним из мотивов интеграции нагрузки речевой информации и данных в общей сети. Общая экономия затрат на передачу оказывается наиболее значительной, когда интенсивности нагрузок отдельных источников малы. Следовательно, именно периферийная область сети извлечет наибольшую выгоду при концентрации нагрузки.

Более высокая эффективность использования каналов, получаемая путем объединения нагрузки в большие группы, часто называется преимуществом групп большой емкости. Эта эффективность является основной причиной выбора иерархических коммутационных структур. Вместо того чтобы соединять друг с другом большое число узлов, связывая каждую пару пучками соединительных линий малой емкости, экономически более выгодно собирать всю нагрузку от отдельных узлов на один пучок линий большой емкости и направлять эту нагрузку через транзитный коммутационный узел.

Задача 6. Что произойдет с вероятностями блокировки в схемах, рассмотренных в задаче 5, если интенсивность нагрузки возрастает на 50 %?

Решение

Если интенсивность нагрузки каждой группы возрастает с 2,2 до 3,3 Эрл, то вероятность блокировки на сети, показанной на рис. 1,а, возрастает с 5 почти до 14 %. Увеличение интенсивности нагрузки на 50 % на сети, показанной на рис. 1,б, вызывает возрастание вероятности блокировки на 400 % (с 5 % до 20 %).

Обсуждение решения задачи 6

Задача 6 иллюстрирует два важных соображения, которые следует учитывать при проектировании сети. Во-первых, в пучках большой емкости каналы используются более эффективно, но они более чувствительны к возрастанию нагрузки, чем группа пучков меньшей емкости, рассчитанных так, чтобы обеспечить то же самое качество обслуживания. Во-вторых, результаты вычислений существенно зависят от точности данных об интенсивности нагрузки и уровне возможного ее прироста. Поэтому сеть с несколько большей начальной стоимостью может оказаться предпочтительнее, если она может быть легко сокращена или расширена для приспособления к непредвиденным объемам нагрузки.

Задача 7. Какова вероятность блокировки пучка соединительных линий, связывающих УТС с центральной станцией, при емкости пучка 10 каналов и интенсивности поступающей нагрузки 7 Эрл? Какова вероятность блокировки, если число каналов увеличивается до 13? Характер повторных попыток для всех заблокированных вызовов принять случайным.

Решение

Можно предположить, что интенсивность нагрузки, равную 7 Эрл, создает большое число абонентских установок УТС. Таким образом, подтверждается правомерность использования метода для бесконечно большого числа источников. Вероятность блокировки равна 8%. Таким образом, суммарная интенсивность поступающей нагрузки, включая повторные попытки, примерно равна 7,6 Эрл. При $N=10$ и $A=7$ Эрл вероятность блокировки системы с явными потерями равна 10% согласно табл. 3.1. Еще две итерации эффективно обеспечивают сходимость при $A=8$ Эрл и $B=12\%$. Если число линий в пучке увеличивается до 13, то вероятность блокировки системы с явными потерями равна 1,5%. Таким образом, первая аппроксимация интенсивности нагрузки с учетом повторных вызовов равна $7/0,985 = 7,1$ Эрл. Следовательно, вероятность блокировки с учетом повторных вызовов увеличивается лишь незначительно относительно ее величины при их отсутствии.

Задача 8. Какова вероятность клиппирования (частичной потери сигналов речи) речевого сигнала в системе TASI при 10 источниках и пяти каналах? Какова вероятность клиппирования в случае 100 источников и 50 каналов? Принять коэффициент активности каждого говорящего равным 0,4.

Решение

В первом случае вероятность клиппирования можно определить как вероятность того, что пять или более источников заняты при пуассоновском процессе с величиной поступающего телетрафика $A = 0,4 \cdot 10 = 4$ Эрл.

Вероятность клиппирования равна

$$\sum_{i=5}^{\infty} P_i(4) = 1 - \sum_{i=0}^4 P_i(4) = 1 - e^{-4} \left(1 + 4 + \frac{4^2}{2!} + \frac{4^3}{3!} + \dots + \frac{4^5}{5!} \right) = 0,37.$$

При наличии 100 источников поступающий телетрафик $A = 0,4 \cdot 100 = 40$ Эрл. Речевой сегмент клиппируется, когда в одно и то же время окажутся активными 50 или более каналов. Таким образом, вероятность клиппирования можно определить следующим образом:

$$1 - \sum_{i=0}^{50} P_i(40) = 0,04.$$

Задача 9. Группа абонентов посылает требования на установление соединения с интенсивностью пять вызовов в час с одного телефонного аппарата (включая входящие и исходящие вызовы). Принимая среднее время обслуживания вызова равным 4 мин., определим, какова средняя интенсивность поступления вызовов от одного свободного источника. Какое число абонентов можно подключить через 12-канальный концентратор (мультиплексор), если максимально допустимая вероятность блокировки равна 1%?

Решение

Так как каждый абонент активен в течение 20 мин каждого часа, то интенсивность поступления вызовов от свободных источников $\lambda = 5/40 = 0,125$ вызовов в минуту. Поступающая нагрузка от M источников в предположении, что вся нагрузка обслуживается, равна $0,33 \cdot M$. Таким образом, следует найти из табл. 3.2 самое большое M , такое, чтобы $0,33M$ было меньше или равно максимальному значению поступающей нагрузки при $B=1\%$ и $N=12$. Интерполируя, получаем для $M=21$, что 12 приборов могут обслужить 7,11 Эрл при $B=1\%$. Поскольку поступающая нагрузка равна $21 \cdot 0,33 = 6,93$, то 21 источник — приемлемое решение. Если подключаются

22 источника, то поступающая нагрузка 7,26 Эрл больше, чем значение 7,04 Эрл, получаемое путем интерполяции по табл. 3.2 в качестве максимального значения поступающей нагрузки при $B = 1\%$.

Задача 10. Определить вероятность клиппирования (частичной потери сигналов речи) системы TASI, описанной в задаче 8. В данном случае необходимо использовать формулу расчета для системы с сохранением заблокированных вызовов при конечном числе источников.

Решение

Вероятность того, что для системы с сохранением заблокированных вызовов при конечном числе n источников, требующих обслуживания, блокируются, равна вероятности того, что $n + N$ источников активны, если число обслуживающих приборов равно N , то есть вероятности того, что вызов застает в системе другие N или более вызовов. Учитывая далее, что в СМО с конечным числом источников вероятность блокировки равна величине «опасного времени» в системе с числом источников, уменьшенным на единицу, получим для вычисления вероятности блокировки при сохранении заблокированных вызовов соотношение вида

$$B_h = \sum_{n=N}^{M-1} C_{M-1}^n \rho^n (1-\rho)^{M-1-n}.$$

По заданию поступающая от одного источника нагрузка равна $\rho = 0,4$ Эрл. В первом случае при наличии 10 источников и пяти каналов

$$B_h = \sum_{n=5}^9 C_9^n (0,4)^n (0,6)^{9-n} = 0,27.$$

Во втором случае при 100 источниках и 50 обслуживающих приборах

$$B_h = \sum_{n=50}^{99} C_{99}^n (0,4)^n (0,6)^{99-n} = 0,023.$$

Задача 11. Определим среднюю длительность клиппа (вырезки) в двух системах TASI задачи 10 при средней длительности речевого сегмента, равной 300 мс.

Решение

Доля «вырезок» определяется как отношение интенсивности непереданной нагрузки к интенсивности поступающей нагрузки:

$$B_{cf} = \frac{1}{A} \sum_{n=N+1}^M (n-N)P_n,$$

где M — число источников; A — интенсивность поступающей нагрузки; N — число обслуживающих приборов; P_n — вероятность пребывания в системе n вызовов.

В первом случае

$$B_{cf} = 0,25 \sum_{n=6}^{10} (n-5)C_{10}^n (0,4)^n (0,6)^{10-n} = 0,059.$$

Таким образом, в среднем клиппируется 5,9% или 17,7 мс каждого речевого сегмента длительностью 300 мс. Поскольку 27% сегментов подвергается клиппированию (см. задачу 10), средняя длительность клиппов в клиппированном сегменте равна $0,059/0,27 = 0,22$ (22%) или 66 мс — явно недопустимый уровень.

Во втором случае при 100 источниках и 50 каналах

$$B_{cf} = \frac{1}{40} \sum_{n=51}^{100} (n-50) C_{100}^n (0,4)^n (0,6)^{100-n} = 0,001.$$

В этом случае лишь 0,1 % всей речи клипшируется. Это означает, что при возникновении клиппирования, теряется $300 \cdot 0,001 \cdot 0,023 = 13$ мс речевого сегмента.

Таким образом, укрупнение групп не только значительно снижает вероятность клиппирования в системе TASI, но, кроме того, сокращает длительность клипшов.

Задача 12. Два пучка соединительных линий должны использоваться в качестве путей прямого выбора между двумя коммутационными станциями. Емкость первого пучка — 12, второго — 6 каналов. Пусть на 12-канальный пучок поступает нагрузка 10,8 Эрл. Когда первый пучок занят, избыточная нагрузка поступает на 6-канальный пучок. Какова вероятность блокировки в первом пучке и избыточная нагрузка, поступающая на второй? Определить вероятность блокировки второго пучка, используя избыточную нагрузку в качестве поступающей. Какова вероятность того, что оба пучка соединительных линий заняты? Сравнить полученный результат с вероятностью блокировки одного 18-канального пучка.

Решение

Используя метод расчета системы с явными потерями, находим, что потери за счет блокировки первого пучка равны 15 % (для $A = 10,8$ Эрл; $N = 12$). Поэтому интенсивность избыточной нагрузки равна $10,8 \cdot 0,15 = 1,62$ Эрл. Вероятность блокировки (в предположении о случайном потоке вызовов) второго пучка равна 0,5 % (для $A = 1,62$, $N = 6$). Вероятность того, что оба пучка соединительных линий одновременно заняты, можно определить (предполагая независимость их блокировки) следующим образом: $B = 0,15 \cdot 0,005 = 0,00075$. Для сравнения: фактическая вероятность блокировки 18-канального пучка $B = 0,013$ при интенсивности поступающей нагрузки 10,8 Эрл.

Задача 13. Сеть коммутации сообщений должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить 95-процентное использование своих линий передачи. Предполагая, что длины сообщений подчиняются экспоненциальному распределению, а интенсивность их поступления составляет 10 сообщений в минуту, определить среднее время ожидания и вероятность ожидания свыше 5 мин.

Решение

Предположим, что в сети коммутации сообщений между каждой парой узлов имеется отдельный канал связи. Таким образом, имеются один обслуживающий прибор и отдельная очередь к каждой линии передачи. Так как по условию вероятность p должна быть равна 0,95, а λ составляет 10 вызовов в минуту, то среднюю длительность обслуживания можно определить как $t_{cp} = 0,95/10 = 0,095$ мин. Среднее время ожидания (не включая время обслуживания) легко определить по формуле

$$\bar{t}_w = p(> 0) t_{cp} / (1 - p) = 0,95 \cdot 0,095 / (1 - 0,95) = 1,805 \text{ мин.}$$

Используя уравнение (29), можно определить вероятность ожидания свыше 5 мин:

$$p(> 5) = 0,95 e^{-(1-0,95) 5/0,095} = 0,068.$$

Таким образом, 6,8 % сообщений задерживаются в очереди более, чем на 5 мин.

Задача 14. Определить число приемников набора номера, которые необходимо иметь, чтобы обслужить нагрузку 1000 телефонных аппаратов, средняя интенсивность поступления вызовов от которых соответствует двум вызовам в час в предположении, что время набора номера подчиняется экспоненциальному распределению со средней длительностью обслуживания 6 с. Норма качества обслуживания такова, что для 99 % попыток вызовов сигнал ответа станции должен быть передан в течение 1 с от момента поступления сигнала занятия. Сравнить ответ, получаемый при расчете системы с ожиданием, с ответом, получаемым при расчете системы с потерями, если $B = 1\%$. Если вероятность блокировки меньше, чем 1 %, то менее 1 % вызовов ожидают обслуживания.

Решение

Интенсивность поступления вызовов λ и интенсивность поступающей нагрузки A легко определяются соответственно как 0,555 вызовов в секунду и 3,33 Эрл. Поскольку число обслуживающих приборов N непосредственно из уравнений определить нельзя, то для получения числа обслуживающих приборов, равного 8, при $t/t_{cp} = 1/6$ используется рис. 3.7,б. Табл. 3.1 показывает, что 99 % попыток вызовов могут быть обслужены немедленно, если имеются девять приемников набора номера. Таким образом, в этом случае способность обслуживать с ожиданием позволяет сэкономить только один обслуживающий прибор.

Обсуждение решения задачи 14

Решение данной задачи показывает, что расчет вероятности блокировки в системе с потерями приводит примерно к таким же результатам, что и расчет системы с ожиданием, когда максимально допустимое ожидание составляет малый процент средней длительности обслуживания. Оба результата почти идентичны, поскольку, если приемник набора номера оказывается доступным не сразу, то существует лишь малая вероятность того, что он станет доступным в течение короткого периода времени.

Поскольку приемник набора должен быть доступен в течение относительно короткого периода времени после того, как поступит требование, то число приемников набора номера в группе часто определяется методом расчета систем с потерями. То, что доступ к приемникам набора номера фактически организуется так же, как в системе с ожиданием, означает, что качество обслуживания всегда выше расчетного.

Задача 15. Узел коммутации пакетов работает с пакетами фиксированной длины, равной 300 битам, поступающими по линиям с пропускной способностью 9600 бит/с. Какова средняя задержка на узле, если использование линии связи должно быть равно 90 %? Какой процент пакетов задерживается больше, чем на 0,35 с? Какова средняя задержка, если поступающая нагрузка возрастает на 10 %?

Среднее время ожидания при одном обслуживающем приборе и постоянной длительности обслуживания вычисляется по формуле $\bar{t}_w = qt_{cp}/2(1-q)$, где q — использование обслуживающего прибора. Приведенная формула дает среднее время ожидания, которое в точности равно половине среднего времени ожидания для системы с одним обслуживающим прибором и экспоненциально распределенной длительностью обслуживания.

Решение

Равенство длин сообщений 300 битам при скорости передачи данных 9600 бит/с означает, что длительность обслуживания пакета фиксированной

длины равна $300/9600 = 0,031$ с. Среднее время задержки

$$\bar{t}_w = 0,9 \cdot 0,031 / 2(1 - 0,9) = 0,140 \text{ с.}$$

Среднее время суммарной задержки пакетов на узле, включая обработку, получают сложением среднего времени ожидания с длительностью обслуживания. Среднее время задержки равно $0,140 + 0,031 = 0,171$ с. Поскольку длительность обслуживания равна $0,031$ с, задержка на $0,35$ с возникает тогда, когда время ожидания равно $0,35 - 0,031 = 0,319$ с. Это соответствует $0,319/0,031 = 10$ длительностям обслуживания. Из рис. 2, определяем, что вероятность задержки для случая, когда $t/t_{cp} = 10$, приблизительно равна $0,12$. Таким образом, 12% пакетов будут задержаны больше, чем на $0,35$ с.

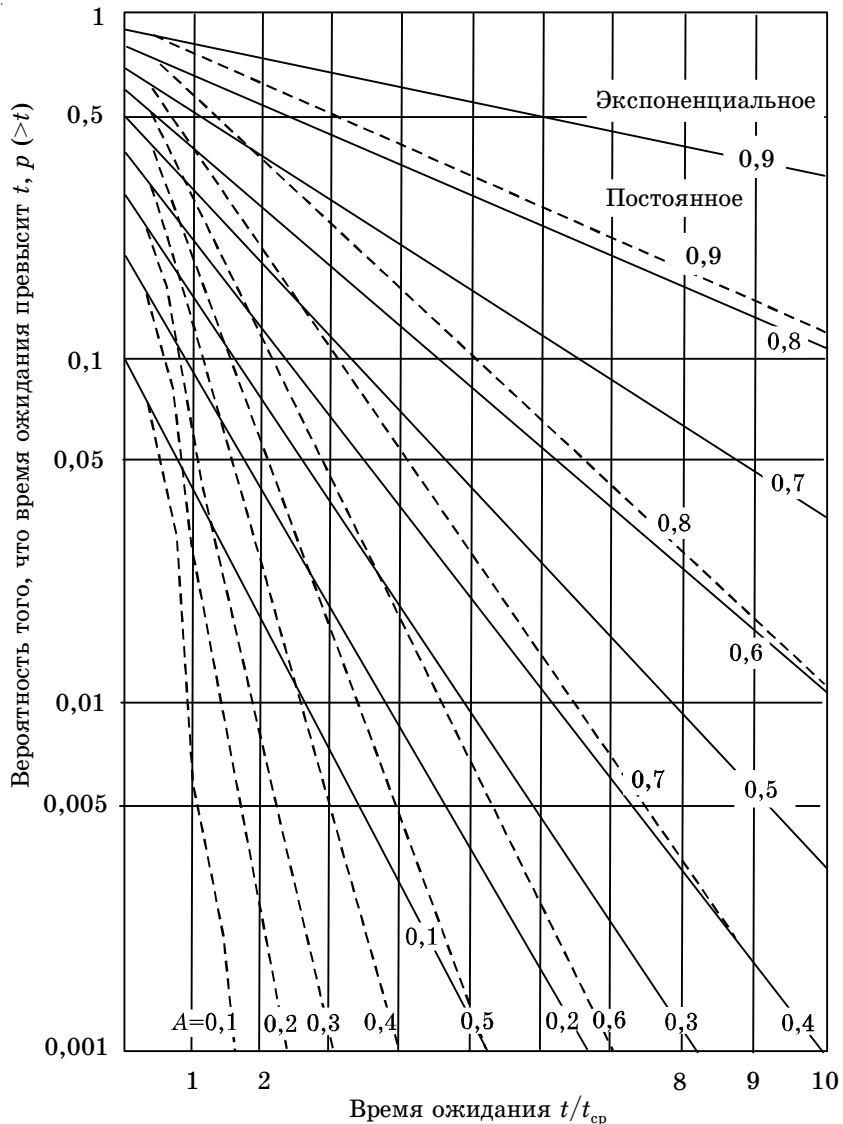


Рис. 2 — Вероятность ожидания в системах с одним обслуживающим прибором:
 — — — экспоненциальное распределение времени обслуживания;
 - - - - - постоянная длительность обслуживания

Увеличение интенсивности нагрузки на 10 % означает, что новая интенсивность поступающей нагрузки будет равна 0,99 Эрл. Определим среднее время ожидания: $\bar{t}_w = 0,9 \cdot 0,031 / 2(1 - 0,99) = 1,40$ с.

Таким образом, если поступающая нагрузка увеличивается лишь на 10 %, то средняя задержка пакета на узле увеличится больше, чем в 8 раз, и достигнет 1,4 с.

Обсуждение решения задачи 15

Данный пример демонстрирует точно такую же особенность систем с ожиданием при больших нагрузках, которая ранее была выявлена для систем с потерями. Их работа весьма чувствительна к увеличению интенсивности нагрузки. Таким образом, управление потоками является критическим аспектом работы при коммутации пакетов, особенно когда существуют нормы доставки в реальном масштабе времени.

Задачи для контроля

Задача 16. Пучок соединительных линий от центральной станции к УТС содержит четыре линии. Если средняя длительность разговора равна 3 мин., а интенсивность нагрузки, поступающей в ЧНН, равна 2 Эрл, определите:

- 1) интенсивность поступления вызовов в ЧНН;
- 2) вероятность того, что два вызова поступят в систему менее, чем за 1 с;
- 3) вероятность потерь в системе, предполагая, что она работает в режиме с явными потерями;
- 4) потерянную нагрузку;
- 5) долю времени, в течение которого используется четвертая линия (в случае использования упорядоченного искания).

Задача 17. Линия передачи Т1 используется для обслуживания нагрузки, поступающей от удаленного концентратора на центральную станцию. Сколько абонентов, создающих нагрузку каждый по 10 CCS, может обслужить концентратор при 0,5-процентной блокировке. Сравните результаты для случая конечного и бесконечного большого числа источников.

Примечание: CCS — альтернативная единица измерения телетрафика: 1 Эрл = 36 CCS (гектосекундозанятий в час).

Задача 18. Средняя нагрузка в ЧНН, создаваемая межстанционным обменом двух коммутационных станций, равна 20 Эрл. Пусть непосредственная связь между этими станциями осуществляется по 24 каналам одной линии передачи Т1. Какова избыточная нагрузка в ЧНН?

Задача 19. Учрежденческая телефонная станция, в которую включены 200 абонентских устройств, связана с сетью общего пользования пятью соединительными линиями.

Какова вероятность блокировки, если каждая абонентская установка в течение восьмичасового рабочего дня включается для приема трех внешних вызовов со средней длительностью занятия 2 мин. каждый? Примите, что заблокированные системой вызовы возвращаются в виде случайных повторных вызовов. Какова поступающая нагрузка? Какова немедленная нагрузка?

Задача 20. Сколько портов ввода (вывода), вызываемых путем набора номера, должен иметь вычислительный центр, чтобы обслуживать 40 пользователей при ограничении вероятности блокировки до 5 %? Примите, что каж-

дый пользователь создает в среднем четыре вызова в день со средней длительностью сеанса 30 мин. Если три пользователя остаются соединенными с центром целый день, то каково качество обслуживания остальных 37 пользователей?

Задача 21. 24-канальный пучок разделяется на два пучка по 12 односторонних соединительных линий в каждом направлении. Какова интенсивность нагрузки в Эрлангах, которую может обслужить эта система при 0,5-процентной блокировке? Какую интенсивность нагрузки в Эрлангах может обслужить система, если все 24 соединительные линии — двусторонние?

Примечание. Односторонняя соединительная линия — это такая линия, которая может быть занята только с одного конца. Двухсторонняя соединительная линия может быть занята с любого конца.

Задача 22. Следующие статистические данные в течение ЧНН от 10 до 11 ч утра получены в результате наблюдения над 32-канальным пучком межстанционных соединительных линий:

Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница
20 Эрл	19 Эрл	22 Эрл	19 Эрл	30 Эрл

Какова общая вероятность блокировки? Какова вероятность блокировки в течение того же ЧНН, если усреднить ежедневные колебания?

Задача 23. Измерения нагрузки на пучке соединительных линий от УТС к центральной станции показывают, что в течение часа, когда отмечается самая большая в течение дня нагрузка, линии используются на 80 %. Какова вероятность блокировки, если пучок содержит 8 соединительных линий и предполагается, что заблокированные вызовы не возвращаются? Сколько соединительных линий нужно добавить, чтобы достичь вероятности блокировки, не превышающей 5 %?

Задача 24. Повторите задачу 23, предполагая, что заблокированные вызовы возвращаются в форме случайных повторных вызовов.

Задача 25. Небольшой район, охватывающий 400 абонентов, должен обслуживаться внутрирайонной автоматической телефонной станцией. Примите, что средняя нагрузка от одного абонента равна 0,1 Эрл. Кроме того, 20 % вызовов являются местными (внутрирайонными), а 80 % — транзитными (к обслуживающей центральной станции). Какова интенсивность нагрузки в Эрлангах, поступающей на пучок соединительных линий от автоматической внутрирайонной станции к центральной? Сколько соединительных линий нужно иметь для обслуживания транзитной нагрузки при 0,5 %-процентной блокировке?

Задача 26. Для района, описанного в задаче 25, определите число каналов концентратора, требуемых в случае, когда коммутация местных вызовов осуществляется не локально, а производится просто их концентрация с помощью абонентских многоканальных систем передачи и коммутация на центральной станции.

Задача 27. Повторите задачи 25 и 26 для случая, когда 80 % возникающих вызовов — внутрирайонные, а 20 % — транзитные.

Задача 28. Группа из восьми удаленных фермерских домов обслуживается четырьмя линиями связи. Пусть каждая из восьми семей использует свои телефонные аппараты в течение 10 % ЧНН; сравните вероятности блокировки следующих конфигураций:

1) четыре линии коллективного пользования с двумя абонентскими установками на каждую;

2) система с концентрацией 8:4.

Задача 29. Учрежденческая телефонная станция обеспечивает формирование очереди и обратный автоматический вызов для доступа к исходящим линиям междугородной связи АМТС. Если в час поступают 20 требований на установление связи по линиям WATS и средняя продолжительность разговора равна 3 мин, сколько нужно иметь линий АМТС, чтобы обеспечить время ожидания для 90 % требований меньше одного часа?

Задача 30. Процессор располагает 50 % своего времени для обслуживания требований. Если каждое требование занимает 50 мс времени обработки, то какую интенсивность поступления вызовов можно допустить, когда только 1 % требований на обслуживание задерживается больше, чем на 1 с? Примите, что время процессора разбито на 500-миллисекундные временные интервалы (т.е. 500 мс отводятся на обработку вызовов, а следующие 500 мс — на вспомогательные операции и т.д.).

Учебное издание
Винокуров Владимир Михайлович
СЕТИ СВЯЗИ И СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ
Учебное пособие

Редактор Н.С. Голикова
Компьютерная верстка Е.Н. Ворониной

Подписано в печать 22.02.12. Формат 70x108/16. Гарнитура School.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 21,15.
Усл. печ. л. 26,51. Тираж 250. Заказ .

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники.
634050, Томск, пр. Ленина, 40. Тел. (3822) 533018.

Отпечатано в ОАО «Издательство Асиновское».
636840, г. Асино, ул. Проектная, 24.