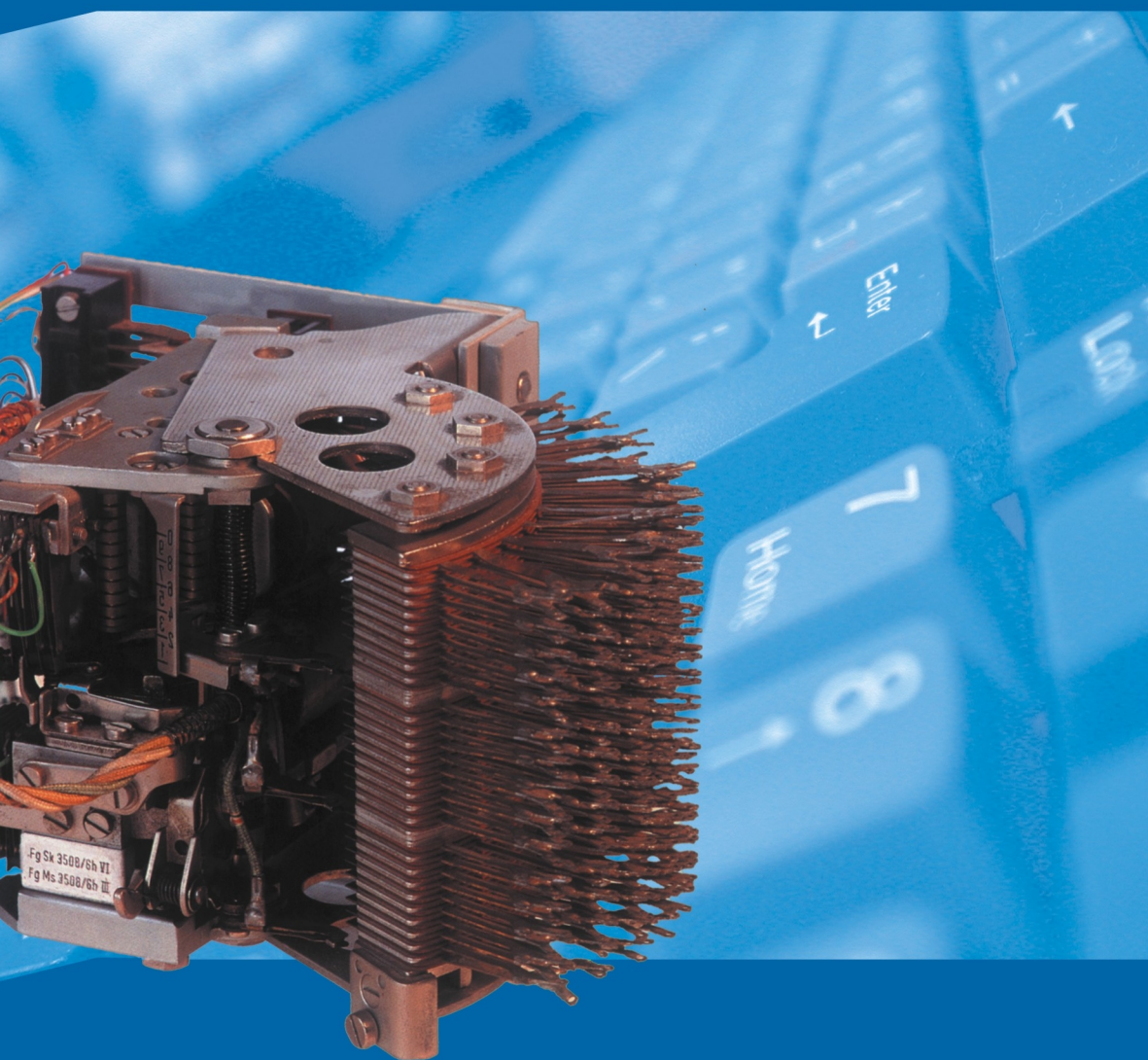


Б.С. ГОЛЬДШТЕЙН



СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

2-е издание

УЧЕБНИК ДЛЯ ВУЗОВ

Б. С. Гольдштейн

СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

2-е издание

*Учебник для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности
200900 – «Сети связи и системы коммутации»
и другим междисциплинарным специальностям
телекоммуникационных направлений
базового высшего образования*

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2014

УДК 621.395
У66
ББК 32.88

Гольдштейн Б. С.

Системы коммутации: Учебник для вузов. 2-е изд. —
СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 314 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-1587-0

2-ое переработанное и дополненное издание учебника соответствует программе, утвержденной Управлением руководящих кадров и учебных заведений Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации и охватывает широкий спектр вопросов автоматической коммутации. Предназначен для студентов телекоммуникационных университетов и других высших учебных заведений, обучающихся по специальности 200900 – «Сети связи и системы коммутации», а также по специальностям 201000 – «Многоканальные телекоммуникационные системы» и 550400 – «Телекоммуникации». Может быть полезен работникам научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных организаций, занимающимся коммутационными узлами и станциями, а также широкому кругу специалистов, интересующихся теорией автоматической коммутации каналов и практикой применения АТС разных поколений.

Учебник для вузов

Рецензенты: проф. В. Г. Дедоборщ, проф. О. Н. Иванова,
проф. А. П. Пшеничников, проф. С. Н. Степанов (Москва),
проф. В. В. Лебедев, проф. В. И. Мейкшан (Новосибирск),

ISBN 978-5-9775-1587-0

© Гольдштейн Б. С., 2004, 2014

Издательство «БХВ-Петербург», 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29

Содержание

Введение	7
Глава 1. Эволюция автоматической коммутации	13
1.1. Телекоммуникации	13
1.2. Телефонные сети общего пользования	14
1.3. Коммутация	15
1.4. Методы коммутации	17
1.5. Эволюция телефонных станций	18
1.5.1. Исторические предпосылки	18
1.5.2. Ручные коммутаторы	24
1.5.3. Автоматическая коммутация	33
1.5.4. Квазиэлектронные и электронные АТС	36
1.5.5. Цифровые АТС	39
1.6. Телефонные аппараты	40
1.7. Стандартизация в области коммутации	44
Глава 2. Декадно-шаговые АТС	48
2.1. Основные принципы ДШ АТС	48
2.2. Искатели	51
2.3. Вынужденное и свободное искание. Ступени искания	53
2.3.1. Предварительное искание	53
2.3.2. Линейное искание	55
2.3.3. Групповое искание	56
2.4. Импульсный набор номера	58
2.5. Межстанционные соединительные линии	59
Глава 3. Координатные АТС	62
3.1. Координатные соединители	62
3.2. Координатные АТС	67
3.3. Городские координатные станции АТСК и АТСК-У	72
3.4. Сельские координатные АТС К-50/200М	76

3.5. Координатные АТСК-100/2000.....	79
3.6. Координатные подстанции ПСК-1000.....	81

Глава 4. Принципы цифровой коммутации 82

4.1. Цифровая телефония	82
4.2. Цифровые АТС	88
4.3. Абонентские модули.....	90
4.4. Доступ к услугам ISDN	94
4.5. Коммутационное поле	100
4.5.1. Пространственная коммутация	100
4.5.2. Временная коммутация.....	101
4.5.3. Коммутация ПВП (пространство-время-пространство)...	101
4.5.4. Коммутация ВПВ (время-пространство-время).....	102
4.6. Модули соединительных линий, синхронизация и служебные функции	103
4.7. Управление по записанной программе.....	105

Глава 5. Импортные цифровые АТС..... 106

5.1. Выбор АТС.....	106
5.2. Станции 5ESS. Решения Lucent Technologies	110
5.3. Система 12.....	117
5.4. Система EWSD компании Siemens	121
5.5. Станция AXE-10 компании Ericsson.....	124
5.6. Итальянская платформа Linea UT и стратегия iMSS	126
5.7. Коммутационная платформа NEAX-61 компании NEC	129
5.8. Станции DMS 100	131

Глава 6. Отечественные АТС с программным управлением 133

6.1. Первые разработки АТС с программным управлением	133
6.2. Коммутационная платформа DX-200	138
6.3. Новые функции цифровых АТС	151

6.4. Система C-32	154
6.5. Бета, Сигма, Омега, Кразар и другие.....	156
6.6. Развитие отечественных коммутационных платформ	159
Глава 7. Абонентский доступ	162
7.1. Глобальная информационная инфраструктура	162
7.2. Цифровые абонентские концентраторы и мультиплексоры	164
7.3. Интерфейс V5.....	167
7.4. Беспроводный абонентский доступ WLL	171
7.5. Оптическое волокно в абонентской линии	174
7.6. Цифровые абонентские линии DSL	175
Глава 8. Межстанционная сигнализация	180
8.1. Элементы телефонной сигнализации	180
8.2. Сигнализация по выделенным сигнальным каналам.....	185
8.3. Многочастотная сигнализация	189
8.4. Общекабельная сигнализация № 7	194
8.4.1. Подсистема переноса сообщений МТР	201
8.4.2. Подсистема управления сигнальными соединениями SCCP	205
8.4.3. Подсистема средств транзакций.....	208
8.4.4. Подсистема ISUP	211
8.5. Сигнализация при переходе к NGN	214
Глава 9. Программное управление	219
9.1. Программное обеспечение коммутационных узлов и станций	219
9.2. Управляющие устройства	220
9.2.1. Централизованное управление	221
9.2.2. Иерархическое управление	222
9.2.3. Распределенная архитектура	222
9.3. Основы программирования обслуживания вызовов в реальном времени	223
9.4. Технологические аспекты разработки программного обеспечения АТС	230

9.5. Качество ПО	238
9.6. Программные системы современных АТС	240

Глава 10. Эксплуатационное управление243

10.1. Эволюция функций эксплуатационного управления системами коммутации	243
10.2. Сопровождение программного обеспечения.....	247
10.3. Задачи СОРМ и информационной безопасности	248
10.4. Расчеты за услуги связи	251
10.5. Взаимодействие «человек-машина».....	254
10.6. Концепция TMN	254
10.7. Системы эксплуатационной поддержки OSS	260

Глава 11. Услуги265

11.1. Дополнительные услуги АТС	265
11.2. Интеллектуальная сеть (IN).....	269
11.3. Компьютерная телефония (СТІ)	279
11.4. Конвергенция телефонных услуг и Интернет	282

Вместо заключения291

Литература293

Глоссарий.....304

Предметный указатель311

Именной указатель313

Введение

На камне у входа в центр подготовки кадров компании IBM в Эндикотте, штат Нью-Йорк, высечены следующие слова: **«Образование никогда не достигает точки насыщения»**. Именно этот девиз сопровождал автора в течение всей работы над настоящим учебником, совпавшей по времени с самым разгаром революционных преобразований в автоматической коммутации каналов. Этот же девиз был главным критерием при решении вопросов о том, включать (и в каком объеме) или вообще не включать в учебник материал, посвященный тем или иным технологиям коммутации: не преждевременно ли еще? не устарело ли уже?

Другим критерием пропорционального представления материала в учебнике послужило количественное соотношение автоматических телефонных станций разных типов в сетях телефонной связи страны, которое в начале 2004 года составляло: доля декадно-шаговых станций – до 15%, координатных – около 45%, а квазиэлектронных и электронных цифровых станций – уже порядка 40%.

В результате книга организована по принципу компромисса между современной коммутационной техникой и педагогикой, которая предполагает освещение некоторых исторических аспектов эволюции коммутационных технологий. Основное внимание в учебнике уделено принципам построения автоматических телефонных станций (АТС) и современным телекоммуникационным технологиям для телефонных сетей связи общего пользования (ССОП), а также перспективным технологиям, используемым в сетях связи следующего поколения NGN (Next Generation Networks).

Учебник содержит 11 глав, в которых рассматриваются способы построения коммутационных станций, описываются процессы установления соединения, основные функциональные узлы АТС, элементы их программного управления и т.п.

Первое поколение телефонных станций характеризуется аналоговой передачей, ручным способом управления и сигнализации,

кроссовой коммутацией. Начиная с 1890 г. и заканчивая 60-ми годами XX века, телефонная инфраструктура развивалась в «электро-механическом» направлении, характеризующимся телефонными аппаратами с дисковыми номеронабирателями, внутрисполосной сигнализацией, управлением с помощью релейных логических схем и автоматическим способом коммутации. С середины 60-х годов телефонные станции начинают развиваться в направлении цифровизации: вначале – цифровая передача, управление с помощью компьютера и внеполосная сигнализация; затем – цифровая коммутация и общеканальная сигнализация. Краткий исторический экскурс, вместе с некоторыми полезными сведениями общего характера, приводится в главе 1.

История автоматической коммутации началась еще в XIX веке с изобретения А.Строуджером *декадно-шаговой* АТС, но и сегодня многие АТС такого типа продолжают эксплуатироваться во всепланетной телефонной сети. Тезисному рассмотрению этих АТС посвящена глава 2, являющаяся самой краткой в учебнике. Немногим больше места уделено *координатным* АТС в главе 3. Декадно-шаговые и координатные АТС явили собой первые примеры *пространственных* коммутаторов, и только значительно позже эту технологию дополнила (и почти заменила) технология *временной* коммутации. Возможно возражение, что технические средства, рассматриваемые в главах 2 и 3 учебника, устарели, и потому их обсуждение ничем не оправдано. Однако это те самые средства, на основе которых существуют сегодняшние (см. приведенную выше статистику), и наличие которых должны принимать во внимание за-втрашние телекоммуникационные сети.

В 1970-годах началась вторая революция в сфере коммутации. Благодаря технологии цифровой передачи стало возможным передавать речь в цифровом формате. Как следствие, коммутационные станции тоже постепенно стали цифровыми. Принципы цифровой коммутации изложены в самой объемистой главе 4, а примеры реализации этих принципов – в главах 5 и 6. В них автор посчитал лучшим способом преподнесения материала обучение на примерах.

Основные задачи АТС всех типов связаны с обслуживанием сети абонентского доступа и с взаимодействием с другими системами коммутации. В главе 7 рассматривается первая группа этих функций, включая первичный и базовый доступ ISDN (протокол DSS1, европейская версия), поддержку оборудования абонентского доступа (концентраторов, мультимплексоров, беспроводного доступа WLL), интерфейсов V5.1 и V5.2 и др.

Межстанционная сигнализация внутри ССОП (протоколы 2ВСК, 1ВСК, частотные системы сигнализации, стек протоколов ОКС7) и при ее взаимодействии с ISDN (DSS1, подсистемы ISUP, SCCP, TCAP, прикладные протоколы ОКС7), с Интеллектуальной сетью (протокол INAP) и с IP-сетями (протоколы H.323, SIP, MGCP, H.248, MEGACO, а также SCTP, M2UA, M2PA, M3UA) рассмотрены в главе 8. Исключение составляет интерфейс с пультом управления системы оперативно-розыскных мероприятий (ПУ СОРМ) по протоколу X.25, описание которого приведено в главе 10, посвященной технической эксплуатации. Естественно, что все эти протоколы сигнализации реализуются средствами программного управления АТС, которые рассматриваются в главе 9.

В главе 11 обосновываются взгляды автора на Интеллектуальную сеть (ИС) как на высшее достижение в области телефонных сетей. Именно в концепции ИС впервые было внятно сформулировано отделение телекоммуникационных услуг от функций коммутации, введены новые принципы и средства создания услуг, которые наполнили содержанием телекоммуникационные протоколы, не связанные с соединением (connectionless), и др. Архитектура ИС играет в традиционной телефонии практически такую же роль, которую сыграла в вычислительной технике архитектура ЭВМ фон Неймана, причем значение концепции ИС в контексте происходящей сегодня конвергенции сетей и услуг связи еще до конца не осознано. Некоторые перспективные решения и технологии предоставления услуг непосредственно в АТС с помощью компьютерной телефонии и с использованием Интернет также рассмотрены в последней главе 11, хотя сегодняшние разработки инфокоммуникационных услуг трудно описать не то что в одной главе, но и в целой книге.

Да и другие описанные в учебнике технологии не рассматриваются во всех подробностях; задачей книги является представить принципы каждой из них и рассказать об основных функциях, которые они поддерживают. Если читателю потребуется более подробная информация, он сможет найти отдельную книгу, полностью посвященную интересующей его теме. Есть много книг, содержащих более подробные описания той или иной технологии, например систем сигнализации, ISDN, Интеллектуальной сети, IP-телефонии, протоколов сети доступа и др. Точно так же, не имея возможности включить в учебник подробные описания систем коммутации, автор все же попытался рассмотреть основные технические идеи и решения, сосредоточив их в главах 5 и 6, полезных, возможно, не только студентам и преподавателям, но

и инженерам, намеревающимся разрабатывать новые коммутационные станции на основе аналогичных решений и/или эксплуатировать и развивать существующее коммутационное оборудование сетей электросвязи.

Учебник предназначен для тех студентов телекоммуникационных университетов и других высших учебных заведений, которые обучаются по специальности 200900 – Сети связи и системы коммутации, а также по специальностям 201000 – Многоканальные телекоммуникационные системы и 550400 – Телекоммуникации, и соответствует программе, утвержденной управлением руководящих кадров и учебных заведений Министерства Российской Федерации по связи и информатизации. Он может также быть использован работниками научно-исследовательских, проектных организаций и эксплуатации, занимающимися коммутационными узлами и станциями.

Эта книга стала для автора одной из сложнейших его работ, потому что технологии, описываемые в ней, очень различны. Индустрия меняется быстро, и по этой причине весьма трудно связно изложить цепочку новаций во всех областях коммутационной техники. Работая над книгой, автор существенно повысил уровень собственного образования и надеется, что читатель тоже сможет узнать из нее много нового о таком удивительном изобретении как АТС.

Курсы лекций по тематике учебника автору посчастливилось в свое время прослушать у профессоров кафедры телефонии Р.А. Авакова, Б.С. Лившица и М.М. Подвидза, светлая память о которых определила в дальнейшем как его согласие на руководство этой кафедрой, так и решение написать этот учебник. Материалы учебника обсуждались с коллегами из ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича и из ЛОНИИС, которым автор приносит глубокую благодарность за ценные советы и замечания. Опыт чтения курсов лекций и учебной работы со студентами (многие из которых стали потом его сотрудниками и на практике продемонстрировали положительные и отрицательные стороны полученного образования) позволил автору систематизировать и структурировать материал учебника в контексте эволюционного развития систем коммутации, в связи с чем хотелось бы процитировать следующую фразу из одной великой книги: *«Многому я научился у своих наставников, еще более – у своих товарищей, но более всего – у своих учеников»*.

Изменения во втором издании

Относительно короткий срок в 1 год между первым и вторым изданиями при сегодняшнем обилии другой литературы по телекоммуникациям приятно удивил автора. Хотя и за этот год телекоммуникационный мир не стоял на месте, именно краткость периода не потребовала радикальной переработки структуры книги, по-прежнему содержащей 11 глав, каждая из которых, впрочем, претерпела определенные изменения.

Основанием для этих изменений послужили не только эволюция телекоммуникационных технологий, но и полученные автором отзывы ведущих ученых отрасли – профессоров О.Н. Ивановой, А.П. Пшеничникова, М.А. Шнепса-Шнеппе, Г.Г. Яновского, В.Г. Дедоборца, которых автор всегда воспринимал как своих учителей и которым он выражает искреннюю признательность.

Развернутая пятистраничная рецензия проф. О.Н. Ивановой и проф. А.П. Пшеничникова наиболее значительно повлияла на переработку большинства глав и на дополнение списка использованной литературы. В этой рецензии отмечен определенный субъективизм автора при описании наиболее важной для процесса цифровизации сегодняшней ТФОП финской станции DX-200 (вместо DX-200 автор весьма подробно описывал российскую версию этой системы АТСЦ-90, к разработке которой имел в свое время самое непосредственное отношение, создавая при этом авторский приоритет разработчиков компании NOKIA). Во втором издании эта несправедливость устранена, хотя, чтобы отдать должное усилиям российских инженеров, описание этой системы по-прежнему оставлено в главе 6, посвященной отечественным системам коммутации. В этой рецензии приведены также весьма важные замечания по терминологии, с которой автор изрядно поработал и в первом издании, но очевидно, поработал недостаточно прилежно, что и обусловило большое количество исправлений во втором издании. При этом учитывались и результаты многочисленных обсуждений во время занятий со студентами старших курсов и с молодыми инженерами на факультете повышения квалификации, значительная часть которых, изучив линейку оборудования CISCO, вместе с этими, безусловно полезными знаниями, переняла и соответствующий жаргон, на котором проходит общение в большинстве профессиональных Интернет-форумов. Учебник написан именно для них, и неудивительно, что автор хотел быть понятым, в первую очередь, этой талантливой технической молодежью, причем от-

нюдь не только питерской. Существенное влияние на изменение второго издания оказали прочитанные лекции и их обсуждения в различных учебных центрах страны, включая учебный центр ЮТК Ю. Н. Белова в Краснодаре, АДЭ А. С. Кремера в Москве, ФППК М. А. Сиверса в Петербурге, беседы с коллегами из университетов Москвы, Новосибирска, Нижнего Новгорода, Ижевска, Перми и с целым рядом других коллег.

Тем не менее, и во втором издании, по всей вероятности, остались ошибки и опечатки, не замеченные читателями и самим автором, который с благодарностью примет отзывы и пожелания по адресу nio1@loniis.ru. Информацию по системам коммутации читатели могут найти на сайте www.niits.ru, где помещены тексты статей на указанные в учебнике темы, программы читаемых автором и его коллегами курсов, обзоры новых технологий и много других полезных и интересных сведений, дополняющих данный учебник.

Глава 1

Эволюция автоматической коммутации

Изобретатель – человек, который создает оригинальное устройство из колес, рычагов и пружин, считая, что это и есть цивилизация.
Амброз Бирс

1.1. Телекоммуникации

Английский глагол *to communicate* (сообщать, передавать...) происходит от латинского слова *communico*, означающего «делать общим», «общаться», «связывать». Английское существительное *communication* переводится как «связь» (в самых разных значениях), а во множественном числе (с «s» на конце) означает систему средств сообщения или общения, не являясь, вообще говоря, техническим термином (сегодня часто встречаются такие выражения, как «политические коммуникации», «бизнес-коммуникации» и т. п.). Слово *телекоммуникации* (telecommunications) означает средства общения (то есть обмена информацией) на расстоянии и подразумевает совокупность технологий, реализующих разные способы такого общения.

Рассматриваемые в следующих главах, эти технологии охватывают механические и, по мере развития телекоммуникаций, все более и более сложные электрические и оптические системы связи. Такое объединение частично отражает и сложившаяся практически во всех странах мира структура национальных администраций связи, определяемая тремя словами: *почта, телеграф, телефон* (Post, Telegraph, Telephone – PTT).

Понятия, обозначаемые терминами *телефония* и *телекоммуникации*, иногда путают. Первый термин вначале употреблялся применительно к системам электросвязи, ориентированным на передачу речевой информации в реальном времени, а второй – применительно к прочим системам электросвязи (включая и те, которые базируются на телефонных системах), используемым для обмена дискретной информацией (данными) – в том числе между компьютерными системами.

Совокупность устройств и сооружений, обеспечивающих телефонную связь на некоторой территории, называют *телефонной сетью*. В состав такой сети входят: коммутационные устройства (автоматические телефонные станции, узловые станции, подстанции, концентраторы и мультиплексоры), линейные сооружения (абонентские и соединительные линии, каналы междугородной и международной связи), гражданские сооружения (здания телефонных станций, усилительных пунктов), телефонные аппараты и пульта операторов. В процессе эволюции телефонная сеть стала составной частью мощной инфраструктуры цифровых телекоммуникаций, в которой речь – лишь один из типов передаваемых данных. Это и внесло некоторую путаницу, так как телефонная сеть может рассматриваться как сеть телекоммуникаций, поддерживающая телефонию, а телекоммуникационная сеть – как телефонная сеть, снабженная средствами поддержки обмена мультимедийной информацией. Таким образом, телефония является одним из видов телекоммуникаций.

1.2. Телефонные сети общего пользования

Традиционно различают следующие виды телефонных сетей общего пользования: городские, сельские, зонавые и междугородные. *Городские телефонные сети (ГТС)* обеспечивают телефонную связь на территории более или менее крупного города и его ближайших пригородов. *Сельские телефонные сети (СТС)* обеспечивают телефонную связь в пределах сельских административных районов. Сети этих двух видов объединяет общее название *местные телефонные сети*.

Зонавые телефонные сети – это комплекс сооружений, которые предназначены для связи между абонентами нескольких разных местных телефонных сетей, расположенных на территории одной *телефонной зоны*. В такой зоне используется единая семизначная *зонавая нумерация*. Территории телефонных зон часто совпадают с территориями областей, краев и иных административных образований.

Междугородная телефонная сеть – это комплекс сооружений, которые предназначены для организации связи между абонентами

местных телефонных сетей, расположенных на территории разных телефонных зон.

Все названные сети вместе образуют телефонную сеть общего пользования (ТфОП), входящую во Взаимоувязанную сеть связи страны. В связи с вступлением в силу с 01.01.2004 г. нового «Закона о связи» постепенно начинают распространяться новые термины: сеть связи общего пользования (ССОП) и единая сеть электросвязи (ЕСЭ). Возможно, со временем ССОП заменит ТфОП, а ЕСЭ заменит ВСС, но пока эти новые термины не проникли ни в утвержденные программы учебных курсов, ни в инженерную лексику технических публикаций. Поэтому далее в учебнике используются устоявшиеся термины – ТфОП и ВСС.

Обязательное требование к ТфОП – полная связность между всеми местными, национальными и региональными телефонными сетями. Более того, связность между островками телефонии должна предусматриваться (и предусматривалась уже много лет назад) еще и с тем, чтобы любой абонент мог соединяться с любым другим абонентом, получая на национальном и региональном уровнях возможность передачи данных, их коммутации и защиты.

Помимо ТфОП существуют также *учрежденные, ведомственные, корпоративные* телефонные сети, которые обеспечивают внутреннюю телефонную связь предприятий, учреждений, корпораций, организаций. Такие сети могут быть и полностью автономными, но чаще всего они имеют доступ к телефонной сети общего пользования.

Более подробно классификация сетей и описание их структуры приводятся в курсе «Сети связи».

1.3. Коммутация

Слово *коммутация* (switching) означает «включение и отключение». Для инженера-электрика *коммутационный элемент* – это устройство, которое при работе может переходить в любое из двух состояний: ВКЛ и ВЫКЛ. Это справедливо и в отношении оптических коммутационных элементов, и в отношении транзисторов, с помощью которых строятся логические вентили и триггеры для булевых операций, бинарная память и т.п. Кстати, именно на этой базе, с помощью конечных автоматов, карт Карно и других средств, создаются коммутационные схемы.

Сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи (ITU-T), определил *коммутацию* как «соединение одного (определенного) из множества входов системы с одним (определенным) из множества ее выходов, организуемое по запросу и предоставляемое этой паре вход-выход на время, которое

требуется для обмена информацией между ними». Иными словами, соединение создается в соответствии с номером линии вызываемого пользователя, набранным вызывающим пользователем, и сохраняется до тех пор, пока один из них не положит трубку. Пока же это соединение существует, по нему могут передаваться речь, данные или видеоинформация.

Таким образом, получив запрос *коммутируемой связи*, сеть устанавливает между вызывающим и вызываемым пользователями (людьми, компьютерами или модемами) соединение, доступное им полностью и безраздельно, но только на время связи. В течение всего этого времени ни один из ресурсов соединения не используется для обслуживания других запросов, а естественные паузы в разговоре или в передаче данных не могут заполняться другими разговорами или другими данными. По окончании связи соединение разрушается, после чего сетевые ресурсы, из которых оно было составлено, могут использоваться для создания других соединений.

С учетом приведенных в предыдущем параграфе сведений о сетях связи и введенных в начале этого параграфа понятий, можно сказать, что *коммутация – это процесс последовательного соединения нескольких постоянно существующих независимо один от другого каналов в один составной канал, создаваемый только на время связи с тем, чтобы пользователи в конечных точках этого коммутируемого канала могли общаться между собой, т.е. обмениваться информацией*. Компоненты коммутируемого канала выбираются из числа свободных, доступных и находящихся в нужном направлении.

Заметим, что оба приведенных определения относятся только к *коммутации каналов*. Существует еще и понятие *коммутация пакетов*, которая лишь упоминается в этой книге, и то – несколько позже.

Коммутация каналов может быть аналоговой и цифровой.

Аналоговой коммутацией называется процесс, при котором соединение между конечными точками коммутируемого канала устанавливается посредством операций над аналоговым сигналом (с возможной его дискретизацией, но без преобразования в цифровую форму). Аналоговая коммутация рассматривается в двух следующих главах учебника.

Цифровой коммутацией называется процесс, при котором соединение между конечными точками коммутируемого канала устанавливается с помощью операций над цифровым сигналом без преобразования его в аналоговый сигнал. Различным аспектам цифровой коммутации каналов посвящены остальные восемь глав.

1.4. Методы коммутации

В курсе многоканальной электрической связи рассматриваются классические методы мультимплексирования каналов – пространственное разделение, временное разделение и частотное разделение. Если нужно соединить два канала, мультимплексированных одним и тем же методом, то, по очевидным причинам, предпочтительнее выполнить коммутацию этих каналов тем же методом, что и их мультимплексирование. Отсюда и три классических метода коммутации:

- *Пространственная коммутация* – соединение пространственно разделенных каналов по электромеханической, электронной, цифровой или оптической технологии с использованием коммутационных элементов, построенных на базе той же технологии.
- *Временная коммутация* предусматривает возможность коммутировать в пространстве, но когда пространственно коммутируемый физический тракт достигает своего приемника в коммутационном поле, приемник получает команду выбирать только те данные, которые соответствуют определенному временному каналу. Если приемнику и передатчику назначены разные временные каналы, требуется временная коммутация, о чем мы еще порассуждаем в главе 4.
- *Частотная коммутация* применяется, как правило, для коммутации телевизионных каналов и радиоканалов и в этом учебнике не рассматривается.

Коммутационные узлы и станции представляют собой совокупность технических средств, предназначенных для обработки вызовов, поступающих по абонентским и соединительным линиям сети, для предоставления инициаторам этих вызовов основных и дополнительных услуг связи, а также для учета и для начисления платы за услуги. Данное определение охватывает коммутационные узлы и станции всех типов, используемых во Взаимоувязанной сети связи РФ, а именно: городские автоматические телефонные станции (АТС), учрежденческие телефонные станции (УАТС), концентраторы (К), узлы входящего (УВС) и исходящего (УИС) сообщения городских телефонных сетей, узлы спецслужб (УСС), междугородные станции (АМТС), узлы автоматической коммутации (УАК), центральные (ЦС), узловые (УС) и оконечные (ОС) сельские телефонные станции и другие устройства распределения информации.

В общем случае, коммутационный узел (станция) содержит коммутационное поле, предназначенное для соединения входящих и исходящих каналов (линий) на время обмена информацией; управляющие устройства, обеспечивающие установление соединения через коммутационное поле, а также прием и передачу управляющей информации; комплекты (станционные окончания) входящих

и исходящих линий; кодовые приемники и передатчики; устройства контроля и диагностики абонентских линий и оборудования самого узла коммутации; источники электропитания; кроссовое оборудование и некоторые вспомогательные устройства.

Х. Безир в [15] упрощает вышеизложенное, определяя *коммутационную станцию* как совокупность станционных окончаний линий, устройств коммутации и устройств управления одного узла сети, задача которой состоит в установлении, поддержании и разрушении соединений между входящими и исходящими информационными каналами, задаваемыми соответствующими адресами.

Коммутационные узлы и станции классифицируются по способу обслуживания соединений (ручные, полуавтоматические, автоматические), по месту, занимаемому в сети связи (оконечные, промежуточные, транзитные, центральные, узловые), по принципу коммутации (аналоговые, цифровые), по типу оборудования (электромеханические, квазиэлектронные, электронные).

1.5. Эволюция телефонных станций

1.5.1. Исторические предпосылки

Развитие средств связи началось с сигнальных костров и деревянных барабанов и продолжилось изобретениями голубиной почты, фельдъегерской связи, оптического телеграфа Шаппа и других средств, оставшихся элементами «суммы технологий» своего времени и важными вехами в истории цивилизации в целом.

В южных регионах России до сих пор сохранились старинные курганы, с вершин которых подавались световые сигналы. Днем, когда огонь был виден хуже, сигналом служил столб дыма, для чего сторожевым казачьим постам, расположенным на южных границах, предписывалось подбрасывать в костер сырые ветки. Точно так же в 1658 г. сообщение о появлении у берегов Англии испанского флота было передано с юга Англии на север при помощи заранее подготовленных костров. Специальные вышки, на которых всегда лежала куча хвороста или соломы, строили и в Запорожской Сечи: цепь таких вышек позволяла передавать сигналы на значительные расстояния.

Кроме оптической сигнализации использовалась и звуковая. Ружья гремят громче барабанов, поэтому в 1796 году известие о начале коронации императора Павла I было передано ружейными выстрелами 3000 солдат, расставленных на всем пути от Москвы до Петербурга. Пушки стреляли еще громче, чем ружья, в связи с чем, в 1838 г., сообщение об отходе первого парохода по новому каналу Эри было послано из Буффало в Нью-Йорк посредством пушечных

выстрелов. Сигнал преодолел расстояние в 700 км и поступил в Нью-Йорк через 1 ч. 20 мин.

Уже в конце XVIII века, после опытов Гальвани и Вольты, положивших практическое начало науке об электричестве, начались работы, нацеленные на создание электрических средств связи. Первые такие работы касались передачи телеграфных сообщений. Наиболее примитивный способ телеграфии был основан на том, что две телеграфные станции соединяли между собой линиями связи, число которых было равно числу знаков алфавита, и каждый провод служил для передачи одного определенного знака. На этом принципе были построены электростатический телеграф Маршалла (Англия, 1753 г.) и электрохимический телеграф Земмеринга (Германия, 1809 г.).

Для уменьшения количества проводов между станциями потребовалось изыскать более совершенные способы передачи данных, одним из которых явился равномерный шестиэлементный код, созданный Павлом Львовичем Шиллингом, выпускником Первого кадетского корпуса в Петербурге, ветераном Отечественной войны 1812 года. Более совершенные системы телеграфирования обеспечивали получение сообщений в виде печатного текста. Первый буквопечатающий аппарат был изобретен Борисом Семеновичем Якоби, академиком Петербургской Академии наук. Буквопечатающие аппараты Якоби успешно работали на подземной кабельной линии между Зимним Дворцом и Главным Управлением путей сообщения, затем – на кабельной линии Петербург – Царское Село.

Однако, словно в насмешку над непростой судьбой Б. С. Якоби, контракт на закупку изобретенных ранее им же стрелочных синхронных аппаратов, российское правительство Николая I заключило с прусским бизнесменом Вернером фон Сименсом. Здесь, впрочем, нет ничего необычного для истории отечественных телекоммуникаций: у тогдашнего российского правительства всегда были последователи, с такой же легкостью из века в век, вплоть до наших дней, принимавшие аналогичные решения.

Успехи телеграфии стимулировали разработку идей передачи на расстояние живой человеческой речи. В фантастическом романе князя Владимира Одоевского «4338 год. Петербургские письма», написанном в 1840 году, люди будущего звонят друг другу по «магнетическому телеграфу». Еще раньше, в 1627 году, «передача звуков на большие расстояния с помощью труб различных форм» упоминалась в другом фантастическом романе – «Новая Атлантида» Френсиса Кона. Близкая к сегодняшней телефония выдвигалась на идейном уровне французским ученым Ш. Бурселем в 1854 году. Среди других участников процесса, приведшего к изобретению телефона, следует назвать англичанина Чарльза Уинстона, аме-

риканцев Мозеса Фармера, Антонио Меуччи, Эмиля Берлиннера и Элайша Грея. Первая попытка создать прибор для передачи звуков на расстояние была предпринята Иоганном Филиппом Рейсом в 1861 г. Именно он впервые ввел термин *телефон* и наглядно продемонстрировал возможность переносить тональные сигналы на расстояние с помощью электрического тока. Эта разработка, однако, не получила распространения в силу ее технического несовершенства. И лишь 15 лет спустя, 14 февраля 1876 г., Александр Грехем Белл зарегистрировал свой патент на изобретение, которое он назвал «Усовершенствование в телеграфии». Обо всем этом автор уже имел удовольствие подробно написать в [42, 43, 51]. Там же был отмечен значительный вклад, который внесли в разработку принципов действия и конструкций телефонных устройств российские изобретатели проф. П. Д. Войнаровский, инженеры Ф. И. Балюкевич, Е. И. Гвоздев, М. Дешевов, Г. Игнатьев, В. М. Нагорский, А. А. Новицкий, М. Махальский, К. А. Мосцицкий, Ю. Охорович, А. А. Столповский и др.

В этот список хотелось бы добавить еще несколько фамилий. Блестящий выпускник физико-математического факультета Петербургского университета Павел Михайлович Голубицкий создал в своем имении в селе Тарусса Калужской губернии отечественный прототип Bell Laboratories, где было сделано немало изобретений в телефонии и где по его рисункам изготавливали первые телефоны и другие электрические приборы, включая знаменитый многополюсный телефон. Он так писал в одном из своих всеподданнейших прошений: *«Стремясь развить дело русской кустарной постройки простых электрических приборов, я поселился для сего в имении покойного отца моего и на свои личные средства устроил мастерскую, которая дает заработок моим ученикам – местным крестьянам...»*.

Примечательно внедрение телефонии в российском военно-морском флоте. Огромные заслуги в этом, включая организацию отечественного производства телефонной аппаратуры и внедрение ее на боевых кораблях флота, принадлежат морскому офицеру Евгению Викторовичу Колбасьеву. Первая телефонная станция Колбасьева состояла из трех телефонов: два – у водолаза (из которых один использовался в качестве микрофона) и один – у старшины команды на корабле. Броненосец «Потемкин», в частности, и многие другие корабли имели телефонные установки Колбасьева, изготовленные и установленные кронштадтской мастерской.

Активно экспериментировал с первыми российскими телефонами действительный член Русского технического общества подполковник Владимир Борисович Якоби, сын академика Б. С. Якоби. Он сообщал в своих записках Инженерному корпусу: *«...в самое непродолжительное время можно обучить армейских солдат об-*

ращению с телефонными приборами, так что в случае внедрения таковых в войсках, это не встретит ни малейшего затруднения». В 1881 году В.Б. Якоби изобрел миниатюрный телефон, который назывался «телекаль» и представлял собой, по существу, вибрационный телефонный сигнальный прибор. Этот телефонный аппарат с успехом демонстрировался в 1882 году на Второй Петербургской электротехнической выставке, которую отделяло более 100 лет от выставок Норвеком, где демонстрировались миниатюрные мобильные телефоны с вибровывозами. Самому же В.Б. Якоби не было суждено увидеть практическое использование своих изобретений: материальные трудности, и без того слабое здоровье, а также наследственный трудоголизм привели его к преждевременной кончине в августе 1884 года.

Не все российские изобретения были удобны иностранным концессионерам, управлявшим тогда (да и только ли тогда?) электропромышленностью России, что иллюстрируется, например, историей микрофона Вредена. Международная телефонная компания Белла в 1881 году обязалась приобрести привилегию Р.Р. Вредена на микрофон и внедрить его на телефонных станциях, строившихся в Петербурге и Москве, но, как оказалось впоследствии, целью фирмы было не допустить своим «обязательством» распространения этого изобретения до окончания срока строительства телефонных станций, о чем Р.Р. Вреден писал в феврале 1882 года директору телеграфов: *«Так как Вашему превосходительству известно, что ... я по телефонному делу состою с Барановым в Международной Белевской компании, и что они обязались приобрести мою русскую привилегию на изобретенный мною микрофон, то я считаю долгом заявить, ... что до сих пор... не исполнено ни одного из обязательств в отношении ко мне, и поэтому покорнейше прошу Ваше превосходительство принять участие в охране интересов русского изобретателя по телефонии»*.

Другие, не связанные, как В.Б. Якоби и Е.В. Колбасьев, воинской присягой российские изобретатели, например, С.М. Бердичевский-Апостолов и М.Ф. Фрейденберг, после тщетных попыток заинтересовать своими работами отечественные государственные организации и коммерческие фирмы, были вынуждены патентовать свои изобретения за границей.

Впрочем, косность и недальновидность отнюдь не являются свойствами исключительно отечественных госструктур. Крупные телекоммуникационные компании во всем мире грешили (а подчас и теперь грешат) тем же. Иллюстрацией этому может служить продолжающееся с самого начала XXI века беспрецедентное падение индекса NASDAQ. Более наглядный пример – реакция телекоммуникационного гиганта XIX века компании Western Union на предложение Белла и его тестя Гардинера Хаббарда приобрести патент

на телефон за 100 000 долларов. Одним из наиболее поучительных документов в истории телефонии является письмо, написанное группой специалистов, которые были уполномочены Western Union составить заключение по поводу этого предложения:

15 ноября 1876 года

Чаунси М. Делью

Президенту компании Western Union Telegraph Co.

Нью Йорк Сити

Уважаемый мистер Делью:

Наш комитет был образован согласно Вашему указанию для решения вопроса о приобретении патента США 174.465 компанией Western Union Company. Мистер Гардинер Г. Хаббард и мистер А. Г. Белл, изобретатель, продемонстрировали нам свой прибор, который они называют «телефоном», и изложили свои планы его применения.

Указанный «телефон» предназначен для передачи человеческой речи по телеграфным проводам. Мы обнаружили, что голос звучит очень слабо и неразборчиво, а при использовании длинных проводов между передатчиком и приемником звук становится еще слабее. С технической точки зрения мы не считаем, что это устройство когда-либо сможет передавать понятную речь на расстояние в несколько миль.

Господа Хаббард и Белл хотят установить свои «телефоны» практически в каждом доме или деловом предприятии нашего города. Эта идея абсурдна сама по себе. Более того, с какой стати кто-то захочет использовать такое неуклюжее и непрактичное устройство, если он может отправить посыльного на местную телеграфную станцию и передать оттуда ясно написанное сообщение в любой большой город Соединенных Штатов?

Специалисты-электрики нашей компании на сегодня уже разработали все существенные улучшения в области телеграфии, и мы не видим причин, по которым следует поддерживать группу неспециалистов с нелепыми и непрактичными идеями, коль скоро у них нет ни малейшего представления о том, как решить затронутые проблемы. Финансовые прогнозы мистера Г. Г. Хаббарда, хотя и звучат очень заманчиво, основаны на необузданном воображении и на отсутствии понимания технических и экономических аспектов существующего положения; при этом игнорируются технические ограничения, присущие их устройству, которое едва ли может быть более чем игрушкой или лабораторной диковинкой. Мистер А. Г. Белл, изобретатель, служит учителем в школе для плохо слышащих, и для его работы «телефон», возможно, имеет какое-то значение, но при столь большом количестве недостатков не может всерьез считаться средством связи.

В свете изложенных фактов мы считаем, что предложение мистера Г. Г. Хаббарда о приобретении его патента за 100 000 долларов лишено здравого смысла, поскольку это устройство по своим возможностям не представляет для нас никакого интереса. Мы не рекомендуем его покупать.

Это легендарное письмо является, по-видимому, крупнейшей и грубейшей ошибкой во всей истории телекоммуникационного бизнеса.

В июле 1877 года образовалась компания Bell Telephone Company с Гардинером Хаббардом в качестве президента. Эта компания производила телефоны и продавала их, а также право на их использование. Первые коммерческие аппараты, предложенные Bell Telephone Company, состояли из цельного куска дерева (черный орех или красное дерево) с элементом, который служил и передат-

чиком, и приемником. Источником энергии служил, преимущественно, постоянный магнит, находившийся внутри устройства, а не батарея или внешний источник электропитания. Каждый телефонный аппарат имел прямое соединение с другим аппаратом через частную линию, которую обычно телеграфисты сдавали в аренду телефонной компании. В первых рекламных объявлениях пользование двумя телефонами и соединяющей их линией предлагалось за \$20 в год для общественных целей и за \$40 в год – для корпоративных; при этом обеспечивалось бесплатное техобслуживание.

Одним из клиентов Bell Telephone была компания New England Telephone Company, образованная в 1878 году. Первую коммерческую телефонную станцию, о которой речь пойдет ниже, она открыла в Нью-Хэвене. Тогда, к концу 1877 года, в пользовании находилось свыше 600 телефонов, а рост популярности изобретения ассоциировался с кабинетами, заполненными телефонами, и со столбами, увешанными проводами воздушных линий связи (рис. 1.1).

В 1880 году компании New England Telephone Company и Bell Telephone Company слились и образовали American Bell Telephone Company, впоследствии – знаменитую AT&T. Компания Western Electric была в то время производителем электрического оборудования для Western Union и находилась под ее корпоративным управлением. В 1882 году American Bell тайно купила контрольный пакет акций Western Electric. Этот маневр, который тогда некоторые считали грабительским, обеспечил American Bell необходимые дополнительные производственные мощности и нанес Western Union сокрушительный удар, от которого она фактически так никогда и не оправилась. AT&T выкупила Western Union в 1911 году. В 1908 году президентом AT&T стал Теодор Вейл, а к 1911 году AT&T превратилась в Bell System, корпоративная структура которой оставалась почти неизменной до распада компании в 1984 году. В 1923 году AT&T создала Bell Telephone Laboratories в качестве своей дочерней компании, на которую возлагались исследования и разработки.

Сегодня все воспринимают как самую собой разумеющуюся возможность связаться по телефону с людьми, являющимися пользо-

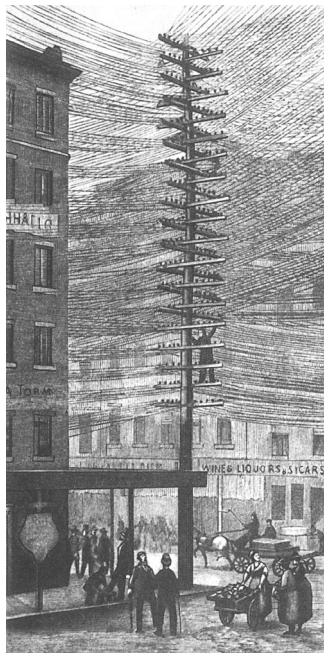


Рис. 1.1. Телефонная сеть до коммутации каналов

вателями самых разных местных и междугородных сетей. Так было не всегда. К 1885 году в США существовало уже более 300 лицензированных телефонных компаний, а телефону было всего лишь девять лет. Начиная с этого времени и по 1907 год, людям часто приходилось иметь два телефона: один для связи с абонентами Bell Telephone Company, а второй – для связи с людьми, жившими в городе, который обслуживала другая телефонная компания. Независимые телефонные компании и компания Bell не «разговаривали» друг с другом, между ними отсутствовало какое-либо взаимодействие. В 1910 году компания AT&T выдвинула стратегию взаимоувязанной телефонной связи, и из этой стратегии выросла телефонная сеть общего пользования. В обмен на предоставление компанией AT&T такого универсального обслуживания Федеральное правительство США предоставило ей монополию на телефонную связь, которую затем неоднократно отбирало. Большая часть других стран избежала этого неудобного периода и с самого начала создавала взаимоувязанные национальные сети, которые, в свою очередь, объединились в единую всепланетную сеть связи.

1.5.2. Ручные коммутаторы

Как это обычно бывало в истории техники, решение представленной на рис. 1.1 проблемы оказалось весьма простым и было найдено в городе Нью-Хэвен, Коннектикут, где в 1878 году была открыта первая телефонная станция. Этот ручной коммутатор стоил 28.5 долларов и обслуживал 21 абонента. Оператор коммутатора прослушивал все телефонные соединения, чтобы определить момент окончания разговора.

Экономическое обоснование применения телефонных коммутаторов связано с невозможностью соединить всех абонентов по принципу «каждый с каждым». В случае малого числа абонентов, скажем $N=5$, такое соединение вполне представимо и изображено на рис. 1.2.

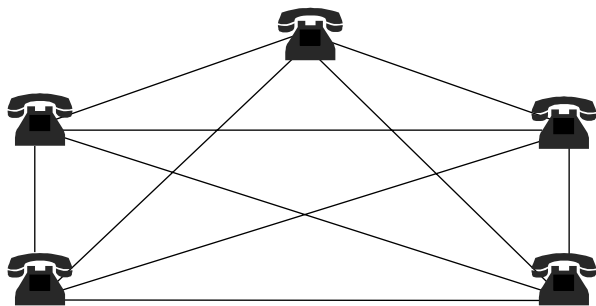


Рис. 1.2. Соединение «каждый с каждым» для 5 абонентов

Для того чтобы представить себе, сколько нужно иметь линий в сети с $N=10$ абонентами, достаточно взглянуть на рис. 1.3, который наглядно иллюстрирует для этого случая формулу $N(N-1)/2$.

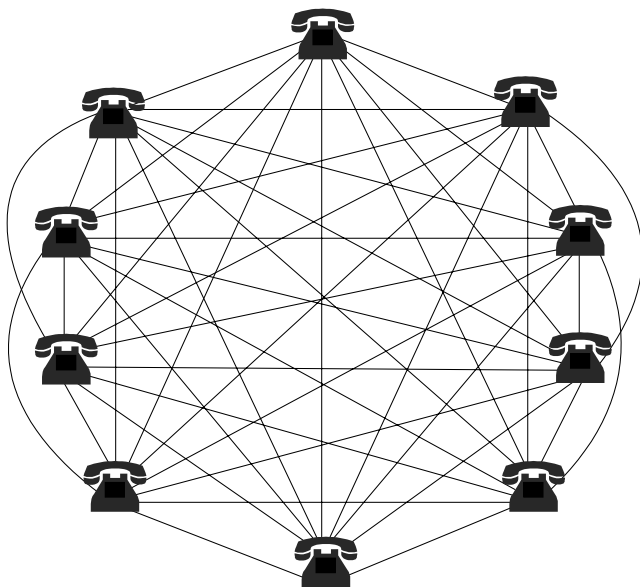


Рис. 1.3. Соединение «каждый с каждым» для 10 абонентов

Возможность связи любой пары абонентов при значительно меньшем числе соединительных линий в сети обеспечили ручные коммутаторы (рис. 1.4), количество которых быстро увеличивалось, и хотя компании Western Union, а не Bell принадлежало вначале большинство установленных телефонов, сеть Bell System быстро разрасталась за счет установки ручных телефонных станций и вскоре опередила сети Western.



Рис. 1.4. Первая Петербургская ручная телефонная станция

В те годы Россия, по-видимому, в гораздо меньшей степени, чем теперь, отставала от США, потому что спустя всего 4 года ручные городские телефонные станции начали действовать в Петербурге, Москве, Одессе и Риге. Согласно первому проекту Петербургской телефонной сети представленную на рис. 1.4 главную телефонную станцию «... предполагалось устроить в Петербурге в доме Гансена, по Невскому проспекту, против Казанского собора, № 26, откуда будут направлены семь магистральных линий, группами от 10 до 120 проводов; по Казанской улице; к Николаевскому мосту и на Васильевский остров; к Исаакиевской площади; к Троицкому мосту; к Александровскому мосту и на Выборгскую сторону; по Невскому проспекту к Знаменской площади и к Министерству Внутренних дел....». В Москве первая телефонная станция была построена в 1882 г. и помещалась на Кузнецком мосту. В нее было включено всего лишь 26 телефонных аппаратов. На станциях были установлены однопроводные коммутаторы Гилеланда (рис. 1.5), оборудованные сигнальными клапанами, индуктором для вызова абонентов, микрофоном и телефоном для переговоров оператора с абонентом или с другой телефонисткой. Вызов станции абонентом отмечался открытием дверцы вызывного клапана. При вставлении штепселя в одно из гнезд происходило соединение между соответствующими вертикальной и горизонтальной полосами, к которым были подключены линии абонентов. В каждый такой коммутатор, кроме 50 абонентских линий, могло быть включено до 90 соединительных линий для связи с другими коммутаторами данной станции. От каждого коммутатора, через сделанные в потолке квадратные отверстия, пучок из 50 изолированных проводов поднимался к башне, установленной на крыше здания телефонной станции. Вначале для проводов использовали стальную проволоку диаметром 2.2 мм. Позднее применяли бронзовую (!) проволоку диаметром 1.25 и 1.4 мм.

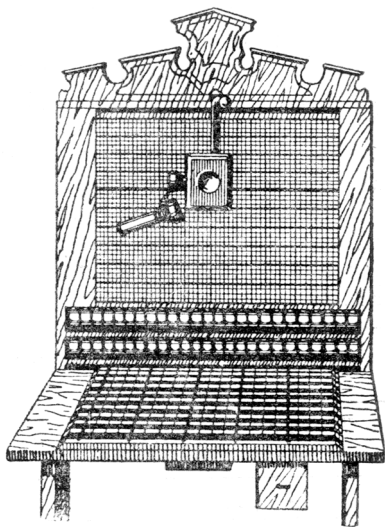


Рис. 1.5. Коммутаторная доска системы Гилеланда

Каждая линия оканчивалась абонентским пунктом, содержащим аппарат МБ системы Белла с микрофоном Блека, индуктор и звонок Гилеланда и гальваническую батарею. Весьма поучительна инструкция пользования первыми телефонными аппаратами:

Абонентам предоставляется возможность пользоваться услугами телефонной станции с 8 часов утра до 11 часов вечера.

При разговоре по телефону, чтобы собеседник лучше вас понимал, повышать голос не требуется, слова следует выговаривать отчетливо, не слишком замедляя темп речи.

В состоянии покоя (отсутствие связи) телефонная трубка должна висеть на крючке – только при этом условии может быть приведен в действие вызывной звонок.

В целях быстрого и надежного обслуживания телефонная станция рекомендует абоненту следовать приведенным ниже указаниям.

1. Абонент «А» желает разговаривать с абонентом «Б». Для этого «А», прежде всего, вызывает телефонную станцию, для чего в течение 2-3 с нажимает на кнопку, затем снимает трубку с крючка и прикладывает ее к уху. После ответа «Станция слушает, что вам угодно?» «А» просит соединить его с ... (называет имя абонента «Б»). Телефонная станция либо говорит «Вызываю» и предоставляет требуемое соединение, либо сообщает «Ваш абонент занят, а когда он освободится, вам позвонят». В последнем случае «А» отвечает, что он понял телефониста, и снова вешает трубку на крючок, где она висит до следующего звонка. Когда звонок зазвонит, трубка снимается, снова прикладывается к уху, и абонент уведомляет телефонную станцию о своей готовности словами «Вас слушает ...». Телефонная станция сообщает: «Абонент ... свободен, вызывайте». «А» вызывает «Б» при помощи повторного нажатия кнопки, не отнимая при этом трубки от уха. После того как «А» услышит: «Б» слушает, кто говорит?, он начинает разговор словами: «Говорит «А». Конец отдельных сообщений, фраз, вопросов и т.п. подчеркивается словами: «Пожалуйста, отвечайте» или «Я кончил». Об окончании разговора «А» уведомляет станцию, нажимая в последний раз на кнопку.

2. Вызывают абонента «Б». После того как зазвенел звонок, «Б» снимает телефонную трубку с крючка и, держа ее возле уха, говорит: «У телефона «Б», кто говорит?». После этого «А» называет себя (см. п. 1) и начинает разговор».

Со временем количество телефонов росло, и операторы испытывали трудности, выясняя, кто есть кто. Им необходимо было знать наизусть по фамилиям и именам до нескольких тысяч абонентов. В 1879 году одному врачу пришла мысль использовать в своем офисе систему нумерации для ведения картотеки пациентов, после чего и местная телефонная компания стала использовать номера вместо имен абонентов. Так родился телефонный номер, а что с этим номером случилось дальше, подробно рассматривается в разделе учебного курса по сетям связи, посвященном нумерации.

Таким образом, на ручных телефонных станциях (РТС) действия, необходимые для установления соединения, были распределены между абонентами и оператором. С переходом от системы МБ к системе ЦБ эти действия распределились следующим образом: абонент вызывает станцию, снимая микротелефонную трубку с рычага аппарата. После ответа оператора абонент устно передает ему информацию о нужном абоненте, т. е. называет его номер. В конце связи вызывавший абонент передает на станцию сигнал отбоя, вешая микротелефонную трубку на рычаг аппарата. Вызываемый абонент, отвечая на вызов, снимает микротелефонную трубку и этим дает на станцию сигнал ответа. Окончив разговор, он кладет или вешает микротелефон на рычаг аппарата, давая этим сигнал

отбоя. На станции оператор подключается к линии вызывающего абонента, принимает от него информацию о номере вызываемого абонента, отыскивает на коммутаторе гнездо, в которое включена линия этого абонента, проверяет, не занята ли она, подключается к линии, если она свободна, посылает вызов, соединяет между собой линии вызывающего и вызываемого абонентов, а после получения от абонентов сигнала отбоя производит разъединение.

Когда вызывающий абонент снимает трубку с рычага своего телефонного аппарата, возле гнезда, по крайней мере на одном коммутаторе загорается сигнальная лампа. Оператор вводит штепсельную вилку на одном конце коммутационного шнура в гнездо абонента А, подсоединяет головной телефон и говорит: «Номер, пожалуйста». Абонент А сообщает номер абонента Б оператору, тот вводит вилку штепселя на другом конце того же коммутационного шнура в гнездо абонента Б и, перекидывая переключатель, производит коммутацию, в результате чего телефон абонента Б звонит (в дальнейшем эта процедура усложнилась в тех случаях, когда гнездо абонента Б оказывалось не на том же коммутаторе, что и гнездо абонента А). Когда абонент Б отвечает, звонок прекращается, оператор отключается и может обслуживать другой вызов. Когда абонент А вешает трубку, оператор вынимает штепсельные вилки коммутационного шнура из обоих гнезд.

Конфигурация штепсельного электрического соединителя показана на рисунке 1.6. Штепсель показан в левой части рисунка, его сечение – в центре, а сечение гнезда – в правой части. На рис. 1.6 незаштрихованные участки представляют проводящий металл, а заштрихованные участки – изоляцию. Проводящие участки обозначены как *головка*, *шейка* и *корпус* (*tip*, *ring*, and *sleeve*). Эти элементы штепселя выполнены как коаксиальные цилиндры. Когда штепсель вставляется в гнездо, образуется электрический контакт каждого цилиндра штепселя с соответствующим коаксиальным цилиндром в гнезде. То, что этот контакт является пружинным, на рис. 1.6 не показано. Шнур содержит три провода, которые подключаются к головке, шейке и корпусу штепселя на том и другом конце шнура. Электрический сигнал, несущий абонентские данные, передается по двум проводам, подключенным на том и другом конце шнура к головке (*tip*) и шейке (*ring*) штепселя. Провод, подключенный на каждом конце шнура к корпусу штепселя (*sleeve*), несет сигнал постоянного тока для включения сигнальной лампы на коммутаторе. Названия «*tip*» и «*ring*» служат также для обозначения двух проводов линии между телефоном и телефонной станцией, а первые буквы этих названий – Т и R – для обозначения клемм внутри телефона, к которым подключаются провода линии.

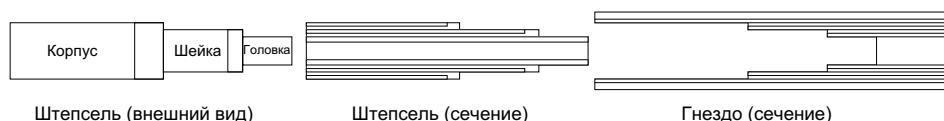


Рис. 1.6. Штепсельный электрический соединитель

Заметим, что термины «tip, ring и sleeve» пережили ручной коммутатор и продолжают использоваться в настоящее время как названия трех проводов **a**, **b**, и **c** в электромеханических АТС.

Далее в книге будет показано, что абонент АТС выполняет, по существу, те же функции, что и абонент РТС. Он вызывает станцию, снимая микротелефон с рычага, и дает сигнал отбоя, опуская микротелефон на рычаг. По-иному на станцию передается лишь информация, идентифицирующая вызываемого абонента: вызывающий абонент АТС использует для этой цели установленный на его телефонном аппарате номеронабиратель, который преобразует набираемый номер в серии импульсов тока. Количество серий соответствует числу цифр в номере вызываемого абонента, а число импульсов в каждой серии – очередной цифре этого номера. Что же касается функций оператора РТС, то они выполняются на АТС автоматическими приборами. При вызове со стороны абонента АТС к его линии подключаются устройства для приема информации о набираемом номере. При этом вызываемому абоненту передается зуммерный сигнал *Ответ станции*, означающий готовность станции к приему номера. В соответствии с принятым номером коммутационные устройства отыскивают линию вызываемого абонента. Затем проверяется состояние этой линии. Если она свободна, то со станции в аппарат вызываемого абонента посылается индукторный ток – сигнал вызова, и одновременно в аппарат вызывающего абонента передается зуммерный сигнал *Контроль посылки вызова*. После ответа вызываемого абонента в коммутационных приборах замыкается цепь разговорного тракта. При отбое абонентов разговорный тракт нарушается и коммутационные устройства возвращаются в исходное состояние. Если же линия вызываемого абонента оказалась занятой другим соединением, то со станции в аппарат вызывающего абонента передается зуммерный сигнал *Занято*.

Строительство и эксплуатация городских телефонных сетей в важнейших городах России с самого начала выполнялись телефонной компанией Белла. Однако в 1885 г. русское правительство приняло решение строить городские телефонные сети не только по договорам с компанией Белла, но также силами и средствами Главного управления почт и телеграфа. Первая станция на 60 номеров, смонтированная силами Главного управления, была введена в эксплуатацию 1 апреля 1886 г. в Киеве. В дальнейшем Главное управление почт и телеграфа строило собственные станции в Харькове, Казани, Астрахани, Курске и других городах.

Все эти станции были импортными, а точнее – разработанными иностранными компаниями, которые имели официальный статус «отечественного производителя». Для получения такого статуса требовалось иметь в составе акционерного капитала телефонной компании хотя бы ничтожную часть русского капитала и устав, зарегистрированный в установленном порядке. Это давало иностранным фирмам такие же права и преимущества в производстве и сбыте телефонной продукции, какие имели в стране чисто российские предприятия. В частности, они имели право получать казённые военные заказы, которые часто сопровождались правительственными дотациями. Наибольшую роль в развитии телефонного производства России имели заводы Русского акционерного общества «Л. М. Эрикссон и К°» и акционерного общества «Н. К. Гейслер и К°». Шведская фирма «Л. М. Эрикссон» стала основным поставщиком телефонного оборудования для русских правительственных телефонных сетей и для царской армии и флота ещё в начале 90-х годов позапрошлого века. Со временем, из-за изменений таможенной политики, фирма открыла в 1897 г. в Петербурге на Васильевском острове сборочную и монтажную мастерскую, а в 1900 – 1902 гг. построила в Петербурге на Выборгской стороне первый в стране телефонный завод, называемый сегодня «Красная заря» (рис. 1.7).

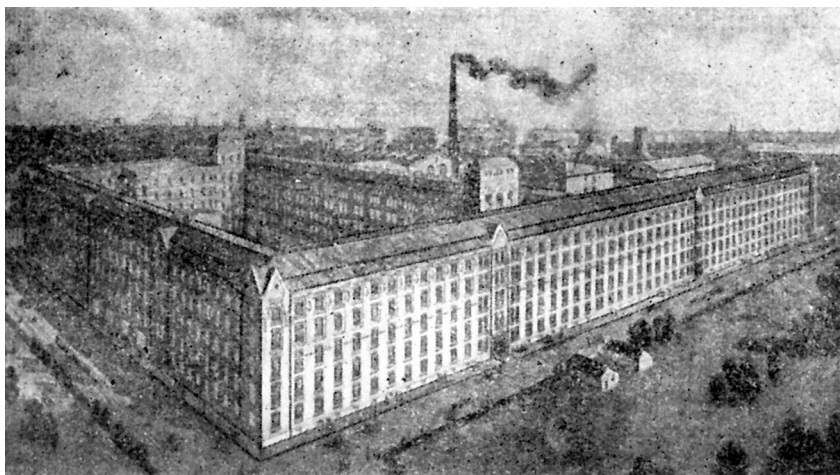


Рис. 1.7. Построенный РАО «Л. М. Эрикссон и К°» завод «Красная заря» (1914 г.)

В 1874 г. телеграфный механик Н. К. Гейслер открыл в Петербурге небольшую электромеханическую мастерскую по ремонту телеграфной аппаратуры, которая с 1884 г. стала выпускать телефонные коммутаторы, изобретённые Л. Х. Иозефом, а в 1895 г. совместно с американской фирмой «Вестерн Электрик К°» и на ее деньги построила в Петербурге телефонно-телеграфный завод, который стал производить телефонную аппаратуру Берлинского филиала

американской «Вестерн Электрик К°» – фирмы «Цвитуш и К°». Чрезвычайно интересна многолетняя борьба компании Гейслера с упоминавшимися в начале параграфа разработками Е.В. Колбасьева за право телефонизации боевых кораблей российского флота, во время которой проводились многократные сравнительные испытания телефонов Колбасьева и Гейслера на броненосце «Александр III» и судне «Европа», принимались взаимоисключающие решения Морского управления кораблестроения и снабжения и Морского технического комитета и т.п. По драматизму все это не уступало сегодняшним тендерам на поставку телекоммуникационной техники, однако выгодно отличалось от них вниманием к техническим аспектам и, что особенно удивительно, завершилось победой отечественной разработки.

И еще одна компания, тоже получившая статус отечественного производителя, – немецкая фирма «Акционерного общества русских электротехнических заводов Сименс и Гальске» – подключилась к телефонному производству. В 1853 г эта фирма построила в Петербурге первый в России электротехнический завод, который производил телеграфные аппараты Морзе, Юза и Бодо, динамо-машины, электродвигатели и приборы железнодорожной сигнализации, а затем стал заводом им. Козицкого. В 1912 г. в Петербурге был открыт другой электротехнический завод фирмы «Сименс-Шуккерт», названный позже заводом «Электросила» имени Кирова. Кроме того, фирма «Сименс и Гальске» построила в Петербурге кабельный завод, ставший затем заводом «Севкабель».

Все три эти компании и сегодня выпускают телефонное оборудование, все они снова, 100 лет спустя, получили в России статус отечественных производителей, причем во второй раз от них не потребовалось никакого вклада в градостроительство Петербурга (деньги, вероятно, были потрачены на что-то более важное). Но вернемся к тому, что было в первый раз.

В 1900 г. закончился срок концессии, предоставленной ранее компании Белл на эксплуатацию Московской, Петербургской, Одесской и Рижской телефонных сетей. В результате новых торгов контракт на эксплуатацию Московской городской телефонной сети был заключен со Шведско-Датско-Русским акционерным обществом. Дальнейшая реконструкция сети, имевшей к тому времени 2860 телефонов, выполнялась шведской фирмой «Л. М. Эрикссон». Этот контракт был заключен на 18 лет, начиная с 1 ноября 1901 г., и завершился относительно удачно: не дожидаясь национализации, Шведско-Датско-Русское акционерное общество в феврале 1917 года продало правительству России права на эксплуатацию МГТС, и до июля 1994 года сеть являлась собственностью государства. Впрочем, в 1901 году предугадать грядущую насильственную национализацию и ее вечных спутниц – разруху и техническую отста-

лость – не могли даже лидеры организовавшей их политической партии, и телефонные сети развивались практически теми же темпами, что и в других развитых странах. В январе 1905 г. в Москве была запущена новая телефонная станция емкостью 40 тысяч номеров. В этой станции был применен групповой принцип, согласно которому все коммутаторное оборудование станции делилось на коммутаторы группы А и коммутаторы группы Б. В многократное поле коммутаторов группы А включались линии абонентов с номерами от 1 до 20000, в многократное поле коммутаторов группы Б – линии абонентов с номерами от 20001 до 40000. Абонентские телефонные аппараты были снабжены двумя кнопками. Сняв микротелефонную трубку, абонент, чтобы вызвать оператора, обслуживавшего нужную группу, нажимал соответствующую кнопку.

Телефонные сети России продолжали интенсивно развиваться вплоть до 1917 г., достигнув емкости в 232 тыс. номеров. Влияние последовавших в российской истории событий на российскую же телефонию прекрасно иллюстрирует подписанный председателем Совета Народных Комиссаров В.И. Лениным 13 июля 1918 г. декрет «О пользовании московскими городскими телефонами». Согласно этому декрету была организована специальная комиссия, которая занималась распределением телефонов между потребителями. В первую очередь обеспечивались советские учреждения и предприятия. У частных лиц квартирные телефоны сохранялись в исключительных случаях и с обязательным предоставлением возможности пользоваться аппаратом всем, проживающим в том же доме. На окраинах, где телефоны имелись не во всех домах, жители «приписывались» к ближайшему телефону, получая через местные Советы особые карточки на право пользования им.

Нетрудно понять, как этот декрет повлиял, говоря сегодняшним языком, на инвестиционный климат в российских телефонных сетях. За 5 лет к 1922 году телефонная емкость сократилась почти втрое и составила 89 тыс. номеров.

Остальной мир в это время беспокоила совсем другая проблема – экономическая неэффективность расширения емкости телефонной сети путем увеличения количества и/или усовершенствования ручных коммутаторов, управляемых телефонистками-операторами. Кстати, первыми телефонными операторами РТС, вопреки расхожему мнению, которое отражает и более поздний рис. 1.4, были особы мужского пола. В США их даже называли весьма значаще: «switchmen» – «человек-переключатель». Этот подход, вероятно, заимствован из телеграфии, где в России, например, женщины могли занимать должности телеграфистов только в Петрограде и в Финляндии, а лишь с 1871 г. – повсеместно. В дальнейшем профессия телефонного оператора стала, в основном, женской профессией, причем отнюдь не простой. Из-за отсутс-

твия многократного поля, в тех случаях, когда один из абонентов, включенных, например, в первый коммутатор, требовал соединения с абонентом, включенным в пятый коммутатор, телефонистка первого коммутатора соединяла его по соединительной линии с телефонисткой пятого коммутатора и громко сообщала ей о номере, с которым требуется соединение. По мере роста емкости РТС становилось все больше таких соединений, в которых участвовали две телефонистки, что создавало большой шум, вело к увеличению количества ошибок в соединениях, ужесточало требования к отбору телефонисток: на эту должность стали принимать девушек высокого роста и незамужних, «дабы лишние думы и заботы не приводили к лишним ошибкам». Существует историческая версия, согласно которой именно нарушение одной телефонисткой обета безбрачия и послужило причиной изобретения А. Строуджером первой автоматической телефонной станции в 1891 году.

1.5.3. Автоматическая коммутация

Эта версия состоит в том, что А. Строуджер, являясь владельцем похоронного бюро в городе Канзас-Сити, терпел убытки при получении заказов по телефону, т. к. мужем одной из телефонисток РТС Канзас-Сити был владелец другой, конкурирующей похоронной компании, к которой эта телефонистка и направляла все звонки абонентов, вызывавших похоронное бюро. Раздосадованный такой коррупцией, Алман Строуджер поклялся навсегда избавить общество от телефонисток и изобрел автоматический телефонный коммутатор декадно-шагового типа, емкостью до 99 абонентов, а также запатентовал это изобретение на имя основанной им же в 1892 году компании Strowger Automatic Telephone Exchange Company. Теперь эта компания называется Automatic Electric Company и является производственным отделением корпорации General Telephone and Electronics Corporation (GTE).

Первый такой коммутатор А. Строуджер построил в своем гараже. Но это устройство так и не было установлено на телефонной станции до 1921 года. Возникло множество проблем с реализацией изобретения, и устройство было передано в Европу для дальнейшей доработки. После того как изобретение было усовершенствовано, компания Bell начала использовать этот автоматический коммутатор в своих станциях. В 1896 г. Строуджер изобрел телефонный аппарат с дисковым номеронабирателем, который позволял абонентам самим набирать номер и устанавливать связь быстрее, чем оператор. Пока не истек (в 1906 году) срок патента Строуджера, телефонные сети Bell Systems были на 100% ручными и не использовали автоматические станции. Выждав до 1906 года, AT&T избежала необходимости платить Строуджеру авторские гонорары за патент, но ее первые автоматические телефонные станции были установлены именно компанией Строуджера.

Эти декадно-шаговые станции оказались настолько надежными, что многие из них работают еще и сегодня, причем это имеет место не только во Взаимоувязанной сети связи России. В Лос-Анжелесе, например, некоторые фешенебельные отели до самого последнего времени сохраняли свои собственные декадно-шаговые коммутаторы.

Отечественная история АТС начинается в 1923 г. с весьма любопытного решения телефонной подсекции Госплана СССР: «За отсутствием опыта строительства и эксплуатации АТС построить несколько мелких станций». Во исполнение этого решения в 1924 г. в Московской телефонной сети для служебной связи была смонтирована опытная декадно-шаговая АТС на 1000 номеров фирмы «Сименс и Гальске» с задействованной емкостью всего 100 номеров.

Переход к автоматической коммутации потребовал выбора базовой АТС, в качестве которой рассматривались машинные станции фирмы «Л. М. Эриксон», декадно-шаговые станции фирмы «Сименс и Гальске» и станции системы «Ротари» фирмы «Вестерн Электрик». Основным аргументом в пользу машинных станций «Л. М. Эриксон» явилась готовность компании не только поставить несколько АТС, но и предоставить ранее экспроприированному у нее же заводу «Красная заря» техническую документацию для производства АТС, а также обучить советских специалистов на своих заводах, что со всей очевидностью иллюстрировало справедливость тезиса вождя мирового пролетариата о готовности капиталистов продать Советской России веревку, которой та найдет отнюдь не предусмотренное изготовителем и продавцом применение.

Результатом контракта, утвержденного Советом Народных Комиссаров 27 октября 1925 г., стало начало строительства в 1926 г. в Ростове-на-Дону первой в СССР автоматической телефонной станции машинной системы «Л.М. Эриксон». Эта АТС была сдана в эксплуатацию в 1929 г., а затем последовали станции в Москве, Новосибирске, Ташкенте, Смоленске, Ленинграде и других городах.

Споры о выборе типа АТС не прекращались и после пуска в действие первых машинных АТС. В январе 1931 г. вопрос о сравнении разных систем и о пригодности системы «Эриксон» для развития телефонных сетей СССР рассматривался комиссией, организованной Наркоматом Рабоче-крестьянской инспекции с привлечением отраслевой науки и целого ряда специалистов отрасли. Результаты научного анализа имевшегося материала с учетом действительно неплохих данных о первых результатах эксплуатации Ростовской АТС привели комиссию к выводу, что принятая для внедрения в СССР система «Эриксон» не обладает никакими «органическими» недостатками, которые могли бы препятствовать широкому ее внедрению в городских телефонных сетях СССР. Кстати, было бы весьма

интересно сравнить этот вывод с формулировками аналогичных решений в отношении АТС МТ-20, принятых более полувека спустя.

Тем не менее, в середине Второй мировой войны, при обсуждении вопроса о восстановлении производства АТС, со стороны промышленности связи стали открыто звучать категорические возражения против производства машинных АТС из-за его технологической сложности и трудоемкости. В результате мнение склонилось в пользу разработки и внедрения АТС декадно-шаговой системы. В 1947 году технический совет Министерства связи СССР официально одобрил генеральную схему развития телефонной связи на базе декадно-шаговых АТС. Производство такой АТС, названной впоследствии АТС-47, было налажено заводом «Красная заря». С внедрением в городских телефонных сетях Советского Союза декадно-шаговых АТС появилась необходимость в промежуточном оборудовании для связи между машинными и декадно-шаговыми станциями. Оборудование было разработано в 1947 г. специалистами Научно-исследовательского института телефонной связи (НИИТС, теперь – ЛОНИИС). Авторы этой разработки – П. П. Аверин, Б. Н. Вознесенский, М. Б. Гранат, Я. Г. Кобленц и Д. Ф. Логинов – в 1950 г. получили Государственную премию.

Вскоре появилась потребность в радикальном усовершенствовании ДШ АТС-47, которое было выполнено специалистами ЛОНИИС и завода «Красная заря» и привело к созданию новой станции – АТС-54. Эта станция имела ряд преимуществ перед АТС-47. Дальность действия по абонентским и соединительным линиям возросла, появилась возможность передавать сигналы набора номера по телефонным кабелям длиной до 40 км, а также возможность автоматической междугородной телефонной связи, улучшилось эксплуатационно-техническое обслуживание и уменьшились затраты на него, увеличилась надежность работы оборудования.

Однако и эта модернизация не могла устранить принципиальные недостатки, присущие декадно-шаговым станциям. Эффективное развитие растущих городских телефонных сетей сдерживалось, главным образом, малой емкостью контактного поля искателей, и проектировщики вынуждены были идти на заведомо неоптимальные решения. С автоматизацией междугородной телефонной связи стало существенно проявляться низкое качество разговорного тракта из-за нестабильности скользящих контактов искателей, приводившей к недопустимо высокому уровню шумов. Разнообразные попытки улучшить ситуацию, включая даже весьма дорогостоящее нанесение на щетки искателей тонкого слоя благородного металла и покрытие контактных ламелей искателей серебром, не давали требуемого эффекта.

Эти недостатки декадно-шаговых АТС были устранены в станциях следующего поколения – координатных. Емкость контактного

поля коммутационных приборов таких АТС значительно больше, чем емкость поля декадно-шаговых искателей, а контакты скольжения заменены в них контактами давления, имеющими стабильное сопротивление и гораздо больший срок службы. Приборы эти строятся в виде матриц, имеющих каждая n входов и m выходов. Матрица может либо формироваться из $n \times m$ электромагнитных реле, либо выполняться в виде единой конструкции (многократного координатного соединителя – МКС). Первый координатный коммутатор изобрели в Швеции, а в Bell Laboratories разработали сразу три основные разновидности координатных станций. Их называли «координатная станция типа k (ХВ k)», $k = 1, 4$ и 5 . Координатная станция типа 1 была впервые установлена в 1938 году и имела весьма скромный успех, а координатная станция типа 2 вообще никогда не производилась. Следующей была разработана координатная междугородная станция, названная в США станцией типа 4 и ставшая первой автоматической междугородной станцией, предназначенной для замены работавшего тогда ручного оборудования 4A Toll Switchboard. Координатная станция типа 5 была впервые установлена в 1948 году, она оказалась очень удачной и популярной в качестве местной АТС.

В СССР первая опытная координатная подстанция емкостью 100 номеров – ПС-МКС-100, – разработанная НИИТС (ЛОНИИС) и заводом «Красная заря», была установлена в Ленинградской городской телефонной сети в 1957 г.

В начале 60-х годов ЛОНИИС, совместно с заводом «Красная заря» и другими предприятиями промышленности связи, под руководством профессора Бориса Самойловича Лившица приступил к разработке координатной АТС для городских телефонных сетей, которая завершилась созданием АТСК. Этой станции и общим принципам работы координатных АТС посвящена глава 3.

1.5.4. Квэзиэлектронные и электронные АТС

По мере развития технологий стали появляться заменители традиционных электромеханических коммутационных элементов – электронные и магнитные устройства, в которых отсутствовали подвижные части, а следовательно, практически исчезали механические повреждения, повышалось быстродействие, снижались габариты и масса.

Преимуществами электронных коммутационных элементов были также более высокая технологичность изготовления, большая интеграция компонентов в одном корпусе, возможность использования печатного монтажа и других достижений электроники того времени: транзисторов, полупроводниковых диодов, магнитных элементов с прямоугольной петлей гистерезиса, твердых интег-

ральных схем и больших интегральных схем (БИС) с высокой степенью интеграции. Соответственно, электронные АТС, по сравнению с электромеханическими, имели меньшие габариты, требовали меньших площадей и кубатуры зданий, меньших затрат на электроэнергию и эксплуатационное обслуживание, обеспечивали более гибкие возможности построения телефонных сетей.

На первом этапе достижения электроники стали применяться только в управляющих устройствах АТС, что привело к появлению квазиэлектронных АТС, сочетавших в себе электронное управление и электромеханические коммутационные элементы.

Практически в тот же период, на рубеже 1960-х и 1970-х годов, делаются важнейшие шаги в развитии систем коммутации, связанные с компьютерной революцией. Компьютеры начинают использоваться для преобразования адресной информации, для линейного поиска в коммутационном поле и пр., а *управление по записанной программе* в квазиэлектронных и электронных АТС стало нормой. Именно программное управление коммутацией послужило важной предпосылкой зарождения современной теории программирования. Многие достижения в теории программирования явились результатом исследований и разработок ученых и инженеров телекоммуникационных компаний, в частности, Bell System. Первое программное обеспечение коммутации в АТС было реализовано до изобретения современной операционной системы. Программы управления коммутацией писались на языке ассемблера, а распределением программных сегментов управляли сами разработчики программ.

Первая телефонная станция с программным управлением родилась в 1950-х годах в исследовательском центре Bell Laboratories. Опытный образец системы, названный ESSEX, прошел эксплуатационные испытания в 1960 году в Моррисе, штат Иллинойс. Однако путь от опытного образца до промышленного производства оказался гораздо труднее, чем ожидалось. Разработка требовала прорыва в областях конструирования процессора, языков программирования, компиляции, распределения ресурсов в реальном времени и других усилий, которые впоследствии образовали целые отрасли научной дисциплины, известной теперь как компьютерные науки. Первая коммерческая коммутационная станция ESS1 была введена в эксплуатацию 30 мая 1965 года в Суккасунне, штат Нью-Джерси (кстати, по соседству с первой бруклинской координатной АТС) и обслуживала 200 абонентов. Позже в число подобных разработок вошли ESS2 и ESS3, а также аналогичные изделия других изготовителей. По мере развития компьютеров детали конструкции этих станций претерпевали изменения, и на протяжении 20 лет ESS1 переросла в более современную версию 1A ESS.

Название *квазиэлектронные АТС* предполагает сохранение пространственной аналоговой коммутации с применением механических контактов, но, одновременно, – использование электронных программируемых управляющих устройств. Для построения коммутационного поля в квазиэлектронных АТС применялись быстродействующие малогабаритные коммутационные элементы с электрическим, магнитным или механическим удержанием контактов в рабочем состоянии. К коммутационным элементам с электрическим удержанием относились герконовые реле и реле типа ESK. Герконы (герметизированные контакты) представляли собой маленькие стеклянные баллоны длиной 20–50 мм и диаметром 3–5 мм, заполненные инертным газом и содержащие контактные пружины из магнитного материала. Контактные поверхности были покрыты золотом или другим неокисляемым металлом. Применение герконов иллюстрирует рис. 1.8. Язычковое реле, изображенное на рис. 1.8 а, содержит электромагнитную катушку K , внутри которой помещается один или несколько герконов Γ , а для создания замкнутого магнитопровода в реле предусматривается ярмо $Я$ из магнитного материала. При прохождении через обмотку язычкового реле управляющего постоянного тока создается магнитное поле, силовые линии замыкаются через ярмо и контактные пружины, которые при этом притягиваются друг к другу и образуют контакт. При выключении тока происходит размыкание контактов, поскольку контактные пружины возвращаются в исходное положение благодаря своей упругости.

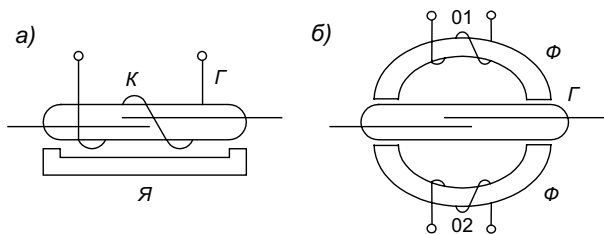


Рис. 1.8. Принцип действия геркона

Из отдельных герконовых реле создавались многократные герконовые соединители (МГС), представлявшие собой основные коммутационные блоки. Еще одной разновидностью многократного герконового соединителя с магнитным удержанием был соединитель на *гезаконах* – герметизированных запоминающих контактах (в американской литературе такие контакты назывались ремридами, а в японской – меморидами).

Точно так же из отдельных ферридов строились многократные ферридовые соединители (МФС): в каждой точке коммутации имелся феррид с определенным числом контактов. Схема комму-

тации разговорного тракта в МФС аналогична схеме коммутации в герконовом соединителе.

Отечественной разновидностью многократного соединителя с магнитным удержанием явился многократный интегральный соединитель (МИС), который отличался от МФС тем, что магнит (из полутвердого магнитного материала) в выбираемой точке коммутации работал по принципу безгистерезисного намагничивания. Впрочем, в связистских кругах того времени это обозначение воспринималось исключительно как начало фамилии Леонида Яковлевича Мисуловина, организатора и директора Рижского отделения ЦНИИС, создателя первой советской квазиэлектронной АТС с записанной программой ИСТОК для сельских телефонных сетей. К отечественным АТС с программным управлением мы еще вернемся в главе 6.

1.5.5. Цифровые АТС

Переход на цифровую передачу и коммутацию немедленно привел к резкому улучшению качества речи, особенно в тех случаях, когда участники соединения были разделены большим расстоянием (для предотвращения потерь передаваемой информации требуется множество регенераторов, кумулятивный побочный эффект которых – значительное искажение сигнала, но цифровой сигнал, в отличие от аналогового, очень легко восстанавливать).

Первой цифровой АТС оказалась не разработка Bell Laboratories, а европейская станция E10, установленная в 1970 году в Ланьоне, Франция. В американских источниках первой цифровой системой часто называют междугородную станцию 4ESS, созданную в Bell Laboratories и впервые установленную в 1972 году в качестве альтернативы координатным АМТС типа XB4, а первой городской цифровой АТС – станцию DMS-10 компании Nortel, тоже установленную в 1970-х годах. Что же касается городских станций Bell Laboratories, то первая цифровая АТС типа 5ESS была установлена в начале 1980-х годов.

Микропроцессорная революция оказала влияние на архитектуру систем коммутации не только благодаря снижению стоимости управляющих компьютеров. Произошел отказ от полностью централизованного управления и переход к модульной архитектуре, появились удаленные микропроцессорные модули, разгрузившие основные системы и обеспечившие экономическую эффективность и в станциях малой емкости, что будет рассмотрено в главе 9.

Удешевление микропроцессорных управляющих устройств никак не повлияло на стоимость разработки цифровых АТС. Разработка одной из наиболее известных станций – 5ESS – потребовала 4 тысячи человеколет и около 500 млн. долларов. Впрочем,

вряд ли это оказалось самой сложной и трудоемкой работой Bell Laboratories. Хотя лаборатории были созданы в 1925 г. для исследований в области телефонной связи, их изобретения продвинули вперед далеко не только телефонию: в Bell Laboratories были разработаны транзистор, многочисленные аудио-устройства, системы беспроводной радиосвязи, операционная система UNIX и многое, многое другое. Что же касается цифровых АТС, то им посвящены все главы этого учебника, начиная с главы 4, а конкретные системы рассматриваются в главах 5 и 6.

Однако сейчас настало время рассмотреть наиболее консервативный элемент телефонии, взаимодействующий со всеми упомянутыми в этом параграфе АТС, – аналоговый телефонный аппарат.

1.6. Телефонные аппараты

Читатели, уже знакомые с устройством телефонного аппарата из лекций по физическим основам телефонии, могут пропустить этот параграф. Для остальных общее знакомство с работой телефонного аппарата необходимо для того, чтобы уточнить, каким образом в АТС устанавливаются соединения. К вопросу о телефонных аппаратах мы, так или иначе, будем обращаться и в следующих главах при рассмотрении очередного поколения систем коммутации, а здесь проанализируем основные принципы устройства аналогового телефонного аппарата и сигнализацию по абонентскому шлейфу. Отметим, однако, что подробное описание физической конструкции и электрической схемы телефонного аппарата выходит за рамки учебника, а потому в этом параграфе можно ограничиться его схематическим описанием.

Классический телефонный аппарат состоит из двух конструктивных частей, собственно аппарата и телефонной трубки. Обычно в аппарате находится рычаг, на котором лежит трубка в то время, когда аппарат не используется, а при снятии трубки с рычага срабатывает механически связанный с ним переключатель, контакты которого замыкаются. Аппарат и трубку соединяет шнур с проводами, а в беспроводных телефонных аппаратах это соединение обеспечивает маломощный радиоканал. В ранних конструкциях телефонных аппаратов микрофонную часть располагали в базовом блоке, который оформляли в виде настольного или настенного ящика, а трубка состояла только из небольшого наушника, который абонент прижимал к уху. У большинства современных аппаратов в телефонной трубке помещаются и наушник, и микрофон, причем физическая конструкция трубки соответствует форме головы человека.

Самая простая схема телефонного аппарата содержит микрофон, телефон, батарею, магнето и звонок. *Микрофон* преобразует

энергию акустического поля в электрическую энергию. Первоначально в телефонных аппаратах использовались так называемые угольные микрофоны (carbon microphones), работа которых полностью соответствовала изобретению Эдисона. Зернышки угля были насыпаны между двумя параллельно расположенными пластинами, и общее электрическое сопротивление этой конструкции изменялось в зависимости от звукового давления, которое сближало пластины и прижимало зернышки угля друг к другу. Когда звуковая волна оказывала более сильное давление на угольные частицы, активное сопротивление микрофона уменьшалось, и сила тока увеличивалась. Таким способом микрофон превращал акустические колебания в колебания электрического тока. Эти основные принципы воздействия звуковых колебаний на ток в абонентском шлейфе сохраняются и теперь, хотя в современных телефонных аппаратах используются более сложные и более высококачественные микрофоны.

Переменный ток, генерируемый микрофоном, на другом конце соединения снова преобразуется в звук. Преобразование это выполняет *телефон*, который состоит из диафрагмы и электромагнитной катушки. Через обмотку катушки проходит переменный ток, получаемый от микрофона. Этот ток, в свою очередь, создает переменное магнитное поле, которое вызывает колебания диафрагмы, благодаря чему возникают звуковые волны, близкие к исходным звуковым колебаниям на передающей стороне.

Для работы микрофона необходим источник постоянного тока – *батарея*. Если батарея местная, т. е. вмонтирована в телефонный аппарат, то постоянный ток нужно изолировать от линии с переменным током, несущим аудиосигнал; делается это с помощью конденсатора или трансформатора. Применение местного источника питания имеет очевидные недостатки: использование преобразователя переменного тока бытовой электросети означает, что при повреждении этой сети телефон прекратит работу, а автономный источник питания в аппарате требует ухода и/или периодической замены. Кроме того, в аппаратах с местной батареей необходимо иметь специальное устройство для вызова станции и для передачи сигнала отбоя после окончания связи. Таким устройством является *магнето* – небольшая электрическая машина, приводимая в действие путем вращения рукоятки и генерирующая переменный ток небольшой частоты (десятки герц) с напряжением порядка сотни вольт.

В применяемом почти повсеместно режиме с централизованным источником питания батарея постоянного тока находится на телефонной станции и обеспечивает надежное питание всех включенных в нее телефонных аппаратов. Номинальное напряжение станционной батареи равно 60 или 48 вольтам.

И, наконец, в телефонном аппарате имеется приемник вызывного сигнала – *звонок* (вспомним, что речь пока идет о самом простом телефонном аппарате; все знают, что в современных аппаратах для этой цели, как правило, применяют другие электроакустические преобразователи). Если два аппарата связаны друг с другом прямой некоммутируемой линией, то сигналом вызова, поступающего к звонку одного из них, является переменный ток, создаваемый при вращении магнето второго. При коммутируемой связи звонок вызываемого аппарата получает вызывной сигнал, генерируемый на станции. Чтобы звонок был хорошо слышен, электрический сигнал вызова должен быть достаточно мощным. В станциях российской ТФОП напряжение этого сигнала составляет приблизительно 90 В при частоте 25 Гц.

Очевидно, что необходимость крутить ручку магнето для вызова станции и для того, чтобы оповестить ее об окончании связи, причиняет абоненту ощутимые неудобства. Замена магнето схемой, содержащей трансформатор и позволяющей использовать для формирования вызывного сигнала напряжение бытовой сети переменного тока, избавляет от названных неудобств, но ставит возможность связи в зависимость от того, насколько надежно работает эта сеть. Более совершенные телефонные аппараты, питающиеся от центральной батареи, содержат очень важный элемент, устраняющий этот недостаток и выполняющий ряд других функций, – *рычажный переключатель*. В зависимости от того, находится микрофонная трубка на рычаге или нет, переключатель пребывает в одном из двух возможных состояний, каждому из которых соответствует определенное положение его контактов, – если трубка на рычаге, цепь потребления тока от станционной батареи разомкнута, а при поднятой трубке эта цепь замкнута. Когда трубка положена, контакт рычажного переключателя разомкнут, и ток, потребляемый линией от батареи, равен току утечки. Когда абонент снимает трубку, контакт переключателя замыкается, и потреблять ток начинает микрофонная цепь телефонного аппарата. По изменению тока, потребляемого линией, станция может определить состояние рычажного переключателя в аппарате, подключенном к этой линии, благодаря чему обеспечивается вызов станции абонентом и сигнализация об отбое. Нужно заметить, однако, что чем длиннее линия, тем больше ток утечки и тем меньше ток при поднятой трубке. Это обстоятельство затрудняет определение станцией состояния рычажного переключателя в аппарате абонента, расположенного от нее на большом расстоянии.

Поскольку вызывной сигнал поступает к аппарату, когда трубка находится на рычаге, то есть при разомкнутых контактах рычажного переключателя, звонок подключен к линии независимо от положения этих контактов, а чтобы через его обмотку не создавалась цепь

постоянного тока, подключение производится через конденсатор. Обмотка звонка имеет настолько большую индуктивность, что ее шунтирующее влияние на аудиосигнал при снятой трубке практически неощутимо, а при положенной трубке сопротивление обмотки переменному току составляет большую часть сопротивления линии, измеренного со стороны станции. В те времена, когда использование «параллельных» телефонов нужно было регистрировать и дополнительно оплачивать, службы ГТС время от времени проверяли сопротивление каждой абонентской линии, чтобы выявить наличие параллельных телефонных аппаратов. Абоненты, впрочем, могли легко помешать этой проверке, отключая звонок в «нелегальном» дополнительном телефонном аппарате.

Говоря о телефонном аппарате, включаемом в АТС, нужно рассмотреть набор номера и некоторые другие сигналы, передаваемые по абонентской линии. Более подробно эти вопросы освещаются в книге о сигнализации в сети абонентского доступа [43]. Упрощенно же абонентская сигнализация – это передача информации, необходимой для создания и разрушения соединения двух абонентов телефонной сети. После передачи сигнала об изменении состояния абонентского шлейфа, которое происходит, когда абонент инициирует вызов, сняв телефонную трубку с рычага, он должен передать на станцию телефонный номер вызываемого абонента (того, кто инициирует вызов, обычно называют абонентом А, а того, кому этот вызов адресован, – абонентом Б). Когда шлейф замыкается, в линии появляется ток, приблизительно, 20 – 50 мА. Абонентский комплект АТС обнаруживает изменение тока в линии и активизирует аппаратные (сигнальные цепи) или программно-аппаратные средства, предназначенные для приема цифр, которые передаст абонент А, и в соответствии с которыми АТС должна будет установить соединение. Информация о номере абонента Б может передаваться одним из двух классических способов – шлейфными импульсами или многочастотными сигналами. Импульсный набор иллюстрирует рис. 1.9, а многочастотный набор, поддерживаемый всеми современными телефонными аппаратами, будет рассмотрен в главе 7.

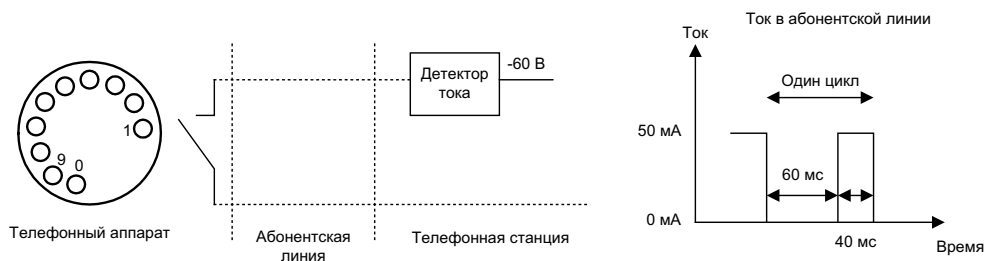


Рис. 1.9. Импульсный набор номера

Сигнализация по абонентской линии включает в себя не только рассмотренные выше сигналы, создаваемые и воспринимаемые схемой телефонного аппарата. Но поскольку именно телефонный аппарат является предметом данного параграфа, остальное мы отложим до главы 7. Здесь же приведем только рис. 1.10, на котором изображены фазы передачи сигналов по абонентской линии. Когда станция обнаруживает вызов со стороны абонента А (снята микрофонная трубка), она передает ему акустический сигнал «ответ станции», который абонент слышит в телефоне своего аппарата и воспринимает как приглашение набрать номер. После набора АТС информирует абонента А о том, что соединение успешно установлено, посылая ему сигналы КПВ (контроль посылки вызова) с одновременной передачей вызывного сигнала в телефонный аппарат абонента Б. Когда абонент Б отвечает, АТС отключает как вызывной сигнал, так и сигнал КПВ. В конце разговора АТС обнаруживает состояние «трубка положена» и разрушает соединение.

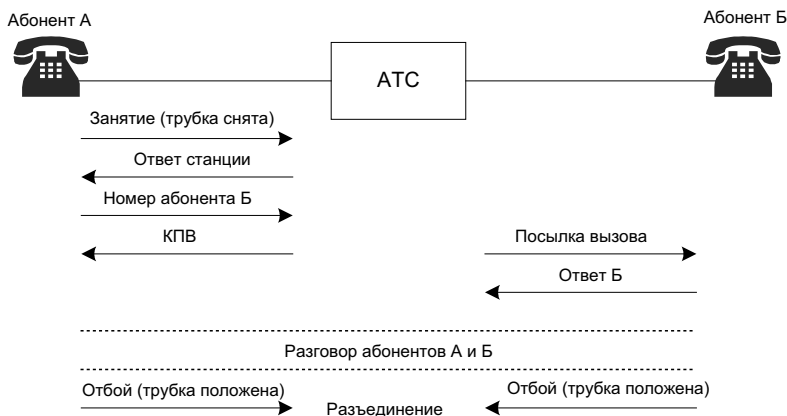


Рис. 1.10. Сигнализация по абонентским линиям

1.7. Стандартизация в области коммутации

Как и приведенные выше стандартизованные параметры, относящиеся к сигнализации по абонентским линиям, практически во всех разделах этого учебника будет упоминаться множество других стандартов: для характеристик качества обслуживания вызовов в АТС, для электрических и логических интерфейсов, для систем синхронизации, систем сигнализации и пр. Здесь же хотелось бы осветить общие подходы к стандартизации в коммутационной технике.

Прежде всего, следует отметить весьма досадное, но уже многократно проявившееся и оказавшее влияние на развитие коммутационной техники обстоятельство: стандартизация не является

только техническим вопросом. Иногда бывает невозможно принять глобальные стандарты из-за противоположных политических интересов, и часто для Европы, Америки и Японии принимаются разные стандарты. Европа не хочет принимать американскую технологию, а Америка не хочет принимать европейскую. Все это происходит либо из соображений защиты местной промышленности, либо по другим, далеким от техники причинам. Примером такого политического решения был выбор в семидесятые годы особого закона кодирования ИКМ для Европы, отличающегося от уже существовавшего американского закона кодирования, о чем известно из курса многоканальной электросвязи. Более свежими примерами могут служить американские и европейские решения относительно технологий GSM, DAMPS и CDMA для цифровой подвижной связи.

Есть и обратные примеры. Так, стандарт DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications), о котором будет сказано в главе 7, и спецификации которого были разработаны ETSI, получил развитие и в США под названием PWT (Personal Wireless Telecommunications). Неоднократно упоминающиеся далее в этой книге стандарты ISDN – еще один крупный проект ETSI и ITU-T, признанный в настоящее время во всем мире.

Регулирование всех рассматриваемых ниже коммутационных технологий ведется под управлением *Международного союза электросвязи (ITU)*, уполномоченного Организацией Объединенных Наций (ООН). Ранее известный как Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии (МККТТ), он был создан 17 мая 1865 года двадцатью европейскими государствами, включая Россию, которые подписали предложенную Францией первую международную Телеграфную конвенцию, обеспечившую согласование и взаимодействие национальных телеграфных сетей и положившую начало деятельности Международного телеграфного союза. В 1925 году в рамках Международного телеграфного союза были образованы два комитета – Международный консультативный комитет по дальней телефонной связи (в 1932 г. переименован в Международный консультативный комитет по телефонии, МККФ) и Международный консультативный комитет по телеграфии, МККТ. Тогда, в 1932 г. в Мадриде были проведены совместно конференции Международного телеграфного союза и Международного радиотелеграфного союза, принята единая конвенция, и два союза были объединены в один, который с 1934 г. называется Международным союзом электросвязи, МСЭ. Таким образом, не сейчас, а целых 70 лет назад был образован международный орган МСЭ, объединивший все три отрасли электросвязи – телеграф, телефон, радио. Штаб-квартира МСЭ размещалась в Берне (Швейцария). Основная деятельность Союза была направлена на поддержку и расширение международного сотрудничества, рациональное использование всех видов

электросвязи, содействие развитию технических средств и их эффективной эксплуатации.

После окончания второй мировой войны, в 1947 г. состоялась международная конференция в Атлантик-Сити, на которой была модернизирована структура МСЭ и было заключено соглашение с ООН, в результате которого МСЭ стал его специализированным учреждением, и его штаб-квартиру перенесли из Берна в Женеву. А в 1955 г. на базе МККТ и МККФ был образован Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии (МККТТ), в котором прорабатывались также вопросы, относящиеся к передаче данных, факсимильных сообщений и видеоинформации. Возврат исторического названия ITU (МСЭ) произошел совсем недавно в ходе мероприятий, направленных на борьбу с бюрократизмом и на повышение эффективности деятельности ООН. Обновлена структура исследовательских комитетов (ИК) этой организации, а разработанные этими ИК серии Рекомендаций по тематике данной книги приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Структура серий Рекомендаций ITU-T

D	Общие принципы начисления платы
E	Общая эксплуатация сети, функционирование служб и человеческие факторы
G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
H	Системы аудиовизуальной и мультимедийной связи
I	Цифровая сеть интегрального обслуживания
J	Передача мультимедийных сигналов
K	Защита от помех
M	Сеть эксплуатационного управления средствами электросвязи (TMN)
P	Качество телефонной передачи, телефонные установки и абонентские линии
Q	Коммутация и сигнализация
V	Передача данных по телефонной сети
X	Сети данных и взаимодействие открытых систем
Y	Глобальная информационная инфраструктура
Z	Языки программирования

Европейский институт стандартов для электросвязи (ETSI – European Telecommunications Standards Institute) создан в 1988 году и является независимой организацией, разрабатывающей паневропейские стандарты. Институт расположен на юге Франции в Sophia Antipolis и насчитывает сотни членов из десятков стран, которые представляют администрации связи, сетевых операторов, исследовательские организации и конечных пользователей Европейского содружества. Примером стандартов, созданных ETSI, является глобальный стандарт цифровой мобильной связи GSM, который принят не только в европейских странах, но и во всем мире.

Нельзя не упомянуть также *Международную организацию стандартизации (ISO)*, известную, в частности, как разработчик типовой модели взаимодействия открытых систем (OSI), которая рассматривается в главе 8, посвященной системам сигнализации. Одним из крупнейших в мире профессиональных обществ, создавшим много важных стандартов, является *Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE)*. Некоторые из стандартов IEEE, например, стандарты для локальных сетей (LAN), были приняты ISO в качестве международных. Таковым является, в частности, стандарт ISO 8002 для локальной сети Ethernet, эквивалентный стандарту IEEE 802.2.

Наряду с государственными стандартизирующими организациями, существует много других, общественных организаций, работающих со стандартами более эффективно. Среди них *IETF* (занимается стандартизацией стека протоколов TCP/IP и другими инженерными аспектами Интернет), *ATM-форум*, *IPCC* (консорциум, разработавший архитектуру Softswitch), *DSL-форум*, *MPLS-форум* и др.

Эти организации являются более гибкими и выпускают необходимые стандарты гораздо быстрее, чем официальные всемирные организации. Их стандарты часто используются как базис для официальных стандартов, одобряемых ITU, ETSI и ISO.

Глава 2

Декадно-шаговые АТС

*От знаний еще никто не умирал, но рисковать не стоит.
Из студенческого фольклора*

2.1. Основные принципы ДШ АТС

Те читатели, которые всерьез исповедуют приведенный в качестве эпиграфа принцип, могут пропустить эту и следующую главы и сразу перейти к цифровой коммутации. Остальным хотелось бы напомнить, что всякие знания рентабельны, что заложенные Строуджером технические идеи интересны и сегодня, и, наконец, что миллионы абонентов ВСС России все еще обслуживаются станциями этой системы.

Коммутация в декадно-шаговых АТС производится под непосредственным управлением сигналов набора номера вызывающим абонентом, без использования каких бы то ни было централизованных управляющих устройств. Мы вернемся к отсутствию централизованного управления далее, при рассмотрении полностью распределенного программного управления в цифровых АТС типов S12, DX-200 и др. Но это – уже следующий виток спирали развития систем коммутации. Ведь декадно-шаговые АТС, в отличие от электронных, квазиэлектронных и даже координатных, вообще не обладали никаким интеллектом (за исключением, разве лишь, схемы совместного монтажа индивидуальных электромеханических искателей, определявшей структуру той или иной АТС). Каждая набираемая вызывающим абонентом цифра управляла одним искателем, и каждый искатель мог обслуживать всякий раз только один вызов.

Например, если вызывающий абонент набирает цифру «3», то искатель выполняет шаги вверх на три уровня, затем ищет свободный искатель из тех, которые подключены к выходам этого третьего

уровня. Контакты останавливаются на выходе, соединенном с первым свободным искателем третьего уровня, и этот прибор принимает затем следующую набираемую цифру. Таким путем, абонент сам управляет выбором маршрута через всю станцию.

Электромеханический искатель состоит из трех основных частей:

- неподвижной части – контактного поля;
- подвижной части со щетками – для создания электрического контакта с нужными ламелями контактного поля;
- движущего механизма (привода) – для перемещения подвижной части в нужное положение и для возвращения ее в исходное положение.

Искатели, как вращательные, так и подъёмно-вращательные, с помощью которых производится искание всех видов, принято показывать на скелетных и принципиальных схемах в виде условных изображений, приведенных на рис. 2.1.

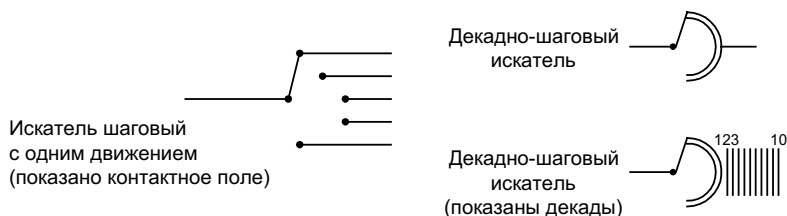


Рис. 2.1. Условные изображения шаговых искателей

Декадно-шаговые АТС относят к первому поколению автоматических систем телефонной коммутации. Первые АТС этой системы появились еще в позапрошлом столетии. Примерами таких АТС, выпускавшихся отечественной промышленностью, являются рассматриваемые далее в этой главе городские АТС-47, АТС-54 и сельские АТС-100/500, в которых используются подъемно-вращательный искатель, получивший название ДШИ (декадно-шаговый искатель), и вращательный искатель ШИ-17 (шаговый искатель на 17 положений). Наша промышленность выпускала шаговые искатели прямого действия с одним круговым движением щеток и с контактным полем емкостью 10, 15, 25 и 50 линий, предусматривавшие коммутацию от четырех до восьми проводов и обозначавшиеся ШИ11, ШИ17, ШИ25 и ШИ50, соответственно. На ступени предварительного искания применяются вращательные шаговые искатели типа ШИ-11 (АТС-47) или ШИ-17 (АТС-54), а на станциях малой емкости типа УАТС-50/100 принято обратное предыскание с применением искателей ШИ-50.

Кроме декадно-шаговых, к АТС первого поколения относятся так называемые «машинные» станции, которые производились в

Советском Союзе с 1927 г. на заводе «Красная Заря» в Ленинграде. В машинных АТС для группы искателей предусматривается общий машинный привод, состоящий из нескольких постоянно вращающихся валов. Подвижная часть искателя приводится в движение при ее временном сцеплении с вращающимся валом.

Помимо привода, характерными особенностями автоматических станций машинной системы являются отказ от декадного построения контактного поля и обусловленное этим наличие регистра, то есть использование не прямого, а обходного принципа управления исканием. Своеобразны также конструкция искателя и принцип его работы. Как и подъемно-вращательный, машинный искатель совершает движение двух видов, но в нем имеются две подвижные части – базовый блок и размещенная на нем рейка со щетками. Базовый блок вращается (вынужденное движение), поворачиваясь на такой угол, чтобы рейка оказалась против того ряда струн контактного поля, в который включены линии направления, выбранного при вынужденном движении базового блока. Затем рейка начинает свободное поступательное движение вдоль струн этого ряда и останавливается, когда ее щетки соприкоснутся с той группой струн, в которую включена свободная в этот момент линия. Интересно, что очень часто использовался такой вариант искания, когда рейка, не найдя свободного выхода, совершала обратное движение и могла двигаться взад-вперед до тех пор, пока какая-нибудь из линий не освободится. Этот вариант давал особенно упорным абонентам возможность получить соединение в сильно перегруженном направлении, не набирая многократно один и тот же номер, а лишь держа трубку возле уха и терпеливо дожидаясь момента, когда нужное соединение будет, в конце концов, установлено.

Наиболее сложная и дорогостоящая часть машинного искателя – механическая. Контактное же поле искателя составляет небольшую долю его стоимости. Очевидные экономические соображения продиктовали выбор конструкции искателя с большой емкостью контактного поля, что дало возможность уменьшить общее количество искателей на АТС.

Как уже отмечалось в главе 1, первая декадно-шаговая АТС типа АТС-47 начала производиться на заводе «Красная заря» в 1947 году.

Характерной особенностью АТС-47 является применение на ступенях группового и линейного искания декадно-шаговых подъемно-вращательных искателей. Телефонный вызов, поступивший на вход группового искателя, может быть направлен к 10 разным группам искателей следующей ступени группового искания или к 10 разным сотенным абонентским группам, т.е. к 10 группам линейных искателей. Выбор группы происходит при вынужденном движении искателя, которым непосредственно управляют импуль-

сы, передаваемые от телефонного аппарата при наборе номера абонентом. После того как группа выбрана (т. е. щетки искателя поднялись на нужную декаду), групповой искатель начинает свободное вращательное движение (т. е. свободное искание незанятой и доступной линии в группе), и доступность выходов при свободном искании тоже равна десяти. Отличие работы линейного искателя состоит в том, что импульсы набора, получаемые от аппарата абонента, управляют и подъемным, и вращательным движением щеток этого искателя, в результате чего происходит выбор той из ста абонентских линий, включенных в его контактное поле, номер которой набрал вызывающий абонент.

К сожалению, простота и ясность декадного принципа искания удивительно быстро и на многие десятилетия затуманили головы работников эксплуатационных, проектных и научно-исследовательских организаций, сформировав в этих головах то, что весьма метко названо *декадно-шаговым мышлением*. Такое мышление до сих пор часто мешает рационально строить станции и сети, жестко привязывая их структуру и емкость к системе нумерации [118].

2.2. Искатели

Как уже было отмечено, искатель, в общем случае, содержит три основные части: контактное поле, совокупность подвижных коммутирующих элементов и привод. В некоторых искателях, кроме того, имеются служебные контактные группы, выполняющие вспомогательные функции. Электромеханические искатели бывают щеточные и бесщеточные. Первые характеризуются наличием щеток, скользящих при своем движении по контактным ламелям. В таких искателях подвижные детали и контактные поверхности подвержены значительному износу. Чтобы обеспечить достаточную механическую прочность щеток и контактных ламелей, им придают большие размеры, что заставляет использовать относительно дорогие металлы, преимущественно бронзу, а потому их существенным недостатком является окисление контактных поверхностей. В бесщеточных искателях применяют точечные контакты давления, изготовленные из благородных металлов, что обеспечивает надежность и высокое качество коммутации. В этих искателях перемещение контактных пружин происходит либо непосредственно под действием магнитного потока, что имеет место в герметизированных контактах (язычковые реле, ферриды), либо под действием якоря электромагнита, как в электромагнитных реле, либо при помощи специальных приводных приспособлений, передающих к контактным пружинам усилие от электромагнитов, что находит применение в многократных координатных и кодовых соединителях.

Щеточные искатели различаются количеством щеток, видами их движения и системой привода. Щетки искателей могут иметь один или два вида движения (по прямой линии и по окружности). Привод щеточных искателей может быть электромагнитным, машинным или моторным. В шаговых электромагнитных искателях блок подвижных коммутирующих элементов передвигается шаг за шагом при каждом притяжении или отпуске якоря электромагнита. В машинных искателях аналогичный по назначению блок передвигается плавно при его сцеплении с общим для группы искателей валом, приводимым в движение постоянно действующим мотором. Тот же блок моторных искателей передвигается с помощью небольшого электрического мотора, входящего в конструкцию каждого искателя.

На рис. 2.2 приведены схемы построения щеточных искателей с круговым движением щеток, поясняющие принцип действия шагового электромагнитного искателя. На рис. 2.2, а показана схема шагового искателя прямого действия, а на рис. 2.2, б – обратного действия. Перемещение щеток шагового электромагнитного искателя происходит вследствие воздействия собачки С якоря движущего электромагнита Э на храповое колесо ХК, скрепленное с осью щеток Щ. Это воздействие может происходить либо при притяжении, либо при отпуске якоря; соответственно, различают шаговые электромагнитные искатели прямого и обратного действия. При одинаковой мощности электромагнита искатели обратного действия могут обеспечить несколько большую скорость работы, чем искатели прямого действия. Однако в производственном отношении более удобны искатели прямого действия, которые и нашли преимущественное распространение. Они обеспечивают скорость искания до 40 шагов в секунду.

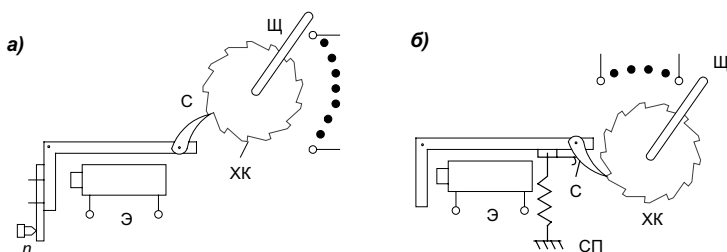


Рис. 2.2. Щеточные искатели

Щеточные искатели наиболее просты и наиболее распространены. Их основными характеристиками являются емкость поля, т. е. число линий, которые могут быть включены в контактное поле, и проводность, т.е. число проводов, составляющих каждую из коммутируемых линий. Искатели, применяемые в АТС, имеют емкость поля от 2 до 500 линий и, в большинстве случаев, коммутируют три

провода, из которых два (провода *a* и *b*) служат для передачи разговорных токов, управляющих и акустических сигналов, а третий (провод *c*) – для пробы занятости и блокировки занятых линий, о чем еще будет сказано в конце этой главы.

2.3. Вынужденное и свободное искание.

Ступени искания

От коммутаторов Строуджера пошли некоторые основные понятия систем коммутации. В первую очередь это понятие *искания*, под которым понимается процесс выбора требуемой линии или группы линий. Искание бывает вынужденное и свободное. Вынужденное искание представляет собой поиск определённой линии или определённого направления, т.е. пучка линий.

В структуре ДШ АТС имеются ступени искания трех видов: предварительного искания ПИ, группового искания ГИ и линейного искания ЛИ.

2.3.1. Предварительное искание

Предварительное искание (предыскание) производится только в режиме свободного искания и предназначается для подключения линии вызывающего абонента ко входу первой ступени ГИ. Каждая абонентская линия заканчивается на АТС абонентским комплектом (АК), состоящим из двух реле и предыскателя типа ШИ. Сто комплектов АК монтируются на одном стативе (статив ПИ), и, таким образом, число стативов ПИ, устанавливаемых на АТС, равно числу сотенных абонентских групп.

Принцип предварительного искания, применение которого позволяет в несколько раз уменьшить число искателей на АТС, был впервые предложен российским изобретателем М.Ф. Фрейденбергом, запатентовавшим в 1895 г. первую в мире конструкцию предыскателя. При использовании принципа предварительного искания линия вызывающего абонента подключается к шнуровой паре АТС приборами предыскания. Наличие предварительного искания повышает использование основного станционного оборудования и, следовательно, снижает его стоимость.

Для предыскания в декадно-шаговых АТС используются вращательные или подъёмно-вращательные искатели, с помощью которых может быть реализован любой из двух способов – *прямое предыскание* и *обратное предыскание*. Скелетные схемы обоих способов предыскания показаны на рис. 2.3.

Целесообразность применения прямого или обратного предыскания определяется путем технико-экономического сравнения.

Относительная экономичность того или иного способа зависит, в первую очередь, от затрат на оборудование (искатели и реле), суммарная стоимость которого зависит от нагрузки на одну абонентскую линию в ЧНН, от заданных норм качества обслуживания вызовов, от способа образования пучка приборов (ГИ или ЛИ) и от стоимости приборов.

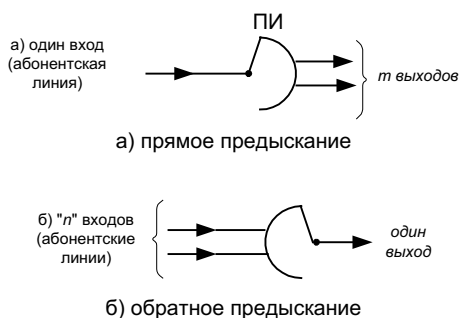


Рис. 2.3. Скелетные схемы способов предыскания

Линии, имеющие высокое использование, например, соединительные линии от учрежденческих АТС и подстанций, могут подключаться непосредственно к приборам ГИ и ЛИ. Линии с малым использованием подключаются к соединительным устройствам АТС только через ступень предыскания.

При прямом предыскании в каждом абонентском комплекте имеется искатель ПИ небольшой емкости (на 10–15 выходов), который подключает линию вызывающего абонента к одному из свободных соединительных устройств, например, к ИГИ. Количество предыскателей равно числу абонентов станции.

При полноступенном включении линий в выходы предыскателя каждому источнику нагрузки (входу коммутационной схемы) доступны все соединительные пути. В такой схеме потери вызовов возникают лишь при занятости всех выходов.

При неполноступенном включении линий каждому источнику нагрузки доступна лишь часть выходов ступени искания. Применять неполноступенное включение приходится потому, что доступность D на ступени предыскания или группового искания обычно бывает меньше числа V выходов ступени. Потери вызовов в неполноступенном пучке возникают при занятости всех выходов, доступных данному источнику нагрузки, хотя свободные выходы ступени в это время могут существовать. Поэтому для обеспечения заданных потерь при неполноступенном включении необходимо большее число выходов, приборов, линий.

Если известна интенсивность поступающей нагрузки и задана норма вероятности потери вызова, количество линий в полнодоступном пучке определяется по формуле Эрланга. Для расчета полнодоступного пучка можно также пользоваться таблицами Г.П. Башарина, в которых табулирована формула Эрланга и по которым удобно определять вероятность потерь, если известна поступающая нагрузка и число линий. В случае ступенчатого неполнодоступного включения линий в выходы (при $D=10$) число приборов можно определять по таблицам Б.С. Лившица.

Для увеличения доступности применяют звеньевое включение. Примером использования такого включения в шаговых АТС является двойное предыскание, которое обеспечивает значительно большую доступность, чем одинарное предыскание. В схемах одинарного предыскания доступность постоянна. Особенностью схем двойного предыскания является переменная доступность, т.е. количество ИГИ, доступных линии абонента из некоторой подгруппы, зависит от числа вызовов, ранее возникших в этой подгруппе.

2.3.2. Линейное искание

Линейное искание производится только в режиме вынужденного перемещения щеток искателя. В АТС ёмкостью до 10 номеров шаговый искатель выбирает линию вызываемого абонента, совершая вынужденное движение только одного вида – вращательное, а в АТС ёмкостью до 100 номеров декадно-шаговый искатель при выборе линии вызываемого абонента производит вынужденное движение двух видов – подъёмное движение для выбора той группы выходов, в которой находится нужная абонентская линия, и вращательное движение для отыскания самой этой линии.

Такое искание и называется линейным. Его цель – соединить определённый вход станции с определённым выходом, т.е. с определённой линией. Искатели, выполняющие линейное искание, называют линейными искателями (ЛИ).

Таким образом, ступень линейного искания (ступень ЛИ) выполняет индивидуальное искание и подключает свой вызывающий вход к вызываемой абонентской линии. Для каждой сотни абонентов предусматривается один статив ЛИ, на котором для обслуживания всех вызовов, поступающих к этой сотне, может быть установлено до 20 ЛИ. Все контактные поля этих ЛИ запараллеливаются и подключаются к абонентским комплектам статива ПИ, обслуживающего ту же сотенную группу.

При установлении соединения в ЛИ передаются две последние цифры номера вызываемого абонента. Подъёмное движение ЛИ определяется цифрой десятков, а вращательное движение – цифрой единиц, так что и то, и другое движение ЛИ является вынужденным.

2.3.3. Групповое искание

Только после введения принципа *группового искания* стало возможным неограниченное расширение емкости телефонных сетей. Сущность группового искания заключается в том, что на АТС, емкость которой превышает емкость контактного поля искателей, все абонентские линии разбиваются на группы, число линий в каждой из которых равно емкости контактного поля искателя. Увеличение же емкости контактного поля ограничено принципом конструкции искателя и обусловленными этим стоимостными характеристиками. Предоставлять чрезвычайно дорогие устройства всего двум абонентам на всё время соединения между ними экономически неэффективно. Поэтому практическое применение в АТС нашли искатели с емкостью поля не свыше 500 выходов, а для выбора группы, в которой находится нужная линия, стали устанавливать специальные приборы, называемые *групповыми искателями*. Принцип группового искания также был предложен М.Ф. Фрейденбергом, запатентовавшим свое изобретение через год после патента на предварительное искание, в 1896 г.

Степень группового искания (ступень ГИ) подключает свой вызывающий вход к одному из свободных выходов в направлении, определяемом поступившим на этот вход числом импульсов. Искание направления является вынужденным, искание выхода в направлении – свободным. В зависимости от емкости телефонной сети и нумерации абонентских линий в соединении двух абонентов участвует последовательно несколько ступеней ГИ.

Групповое искание производится с помощью групповых искателей, каждый из которых выполняет две функции: выбирает группу приборов следующей ступени искания (вынужденное искание) и отыскивает свободный прибор в выбранной группе (свободное искание). Объединяя с помощью ступеней ГИ нужное количество групп абонентских линий, можно обеспечить доступ любого ПИ к любой такой группе, т.е. строить станции большой емкости. Емкость каждой абонентской группы равна емкости поля ЛИ, а выбор нужной группы производится с помощью одной или нескольких ступеней ГИ, расположенных между ступенями ПИ и ЛИ. На каждой ступени ГИ ведется искание свободного коммутационного прибора, через который может быть установлено соединение с ЛИ, обслуживающим требуемую абонентскую группу.

Одна ступень ГИ, построенная на декадно-шаговых искателях, позволяет объединить десять абонентских групп емкостью по 100 номеров, т.е. образовать станцию емкостью 1000 номеров. Скелетная схема объединения абонентских групп с помощью одной ступени группового искания показана на рис. 2.4. На ступени ГИ устанавливается $k_{\text{ГИ}}$ групповых искателей. Это число определяется в зависимости от величины поступающей телефонной нагрузки. Кон-

тактные поля всех искателей запараллеливаются. Образуется 100 общих выходов – по 10 выходов в декаде. В каждую декаду поля ГИ включается десять линейных искателей: в первую декаду включается ЛИ первой сотенной абонентской группы, во вторую декаду – ЛИ второй сотенной абонентской группы и т. д.

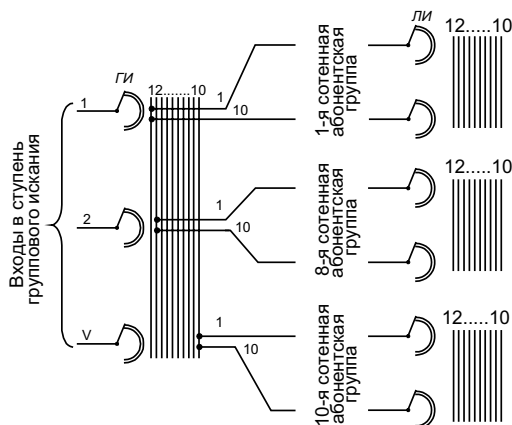


Рис. 2.4. Скелетная схема АТС с одной ступенью группового искания

Станция емкостью 1000 номеров имеет трёхзначную нумерацию – от 000 до 999. При наборе абонентом цифры сотен происходит вынужденное искание, при котором выбирается требуемая сотенная абонентская группа. Затем ГИ совершает свободное вращательное движение, при котором отыскивается свободный ЛИ. Свободное искание должно завершиться в межсерийное время – с момента окончания передачи цифры сотен до момента начала передачи в ЛИ цифры десятков.

Структура декадно-шаговой АТС емкостью 10000 номеров уже заметно отличается от представленной на рис. 2.4. Такая станция имеет четыре ступени искания – ступень ПИ, две ступени ГИ и ступень ЛИ. На ступени ПИ вся емкость станции разделяется на k абонентских групп, в каждую из которых включается n абонентских линий. Контактные поля предыскателей одной и той же абонентской группы запараллеливаются, и в них включаются входы группы приборов ИГИ. Количество приборов ИГИ, обслуживающих одну абонентскую группу, ограничивается емкостью контактного поля предыскателей. Емкость абонентской группы n зависит от величины телефонной нагрузки, поступающей на станцию от n абонентов, и от емкости контактного поля искателя, используемого в качестве ПИ. При других рассматриваемых в этой главе способах соединения между собой контактных полей искателей выбор емкости абонентской группы практически не зависит от емкости контактного поля применяемых искателей.

Коммутационные возможности ступени группового искания характеризуются двумя параметрами: делимостью поля H , т.е. числом направлений к отдельным группам коммутационных устройств следующей ступени искания, и доступностью D , т.е. числом выходов выбранного направления, к которым возможен доступ в процессе свободного искания. Величина H делимости поля ГИ определяет эффективность применения группового искания. Каждая ступень ГИ может увеличить емкость станции в H раз. Поэтому при большей делимости поля ГИ можно получить нужную емкость станции (или сети), применяя меньшее количество ступеней ГИ. Пусть N – емкость станции, M – емкость линейного искателя, s – число ступеней группового искания, а $H_1, H_2, \dots, H_s$ – делимость поля ГИ на разных ступенях ГИ. Тогда емкость станции

$$N = M \cdot H_1 \cdot H_2 \dots H_s$$

В декадно-шаговых АТС делимость поля ГИ невелика, как правило, $H=10$. Тогда, если делимость поля на всех ступенях ГИ одинакова, т.е. $H_1=H_2=\dots=H_s=H=10$, то емкость станции или сети равна $N=M \cdot 10^s$.

Доступность D оказывает большое влияние на использование соединительных путей. Увеличение доступности на ступени ГИ приводит к повышению использования и, следовательно, к уменьшению количества искателей на следующей ступени искания.

Декадное построение поля позволяет непосредственно управлять вынужденным исканием – серия импульсов набора направляется непосредственно в схему того искателя, в котором устанавливается соединение. Для повышения доступности на ступени ГИ в декадно-шаговых АТС иногда применяют двойное свободное искание, используя т.н. релейные смешивающие искатели типа РСИ-3 и РСИ-6. В этом случае, как уже упоминалось, доступность становится переменной величиной.

2.4. Импульсный набор номера

Выше уже отмечалось, что в декадно-шаговых АТС одни и те же устройства – искатели – принимают информацию о номере вызываемого абонента и устанавливают соединение, работая под непосредственным воздействием импульсов тока, получаемых от номеронабирателя. Для их надежной работы необходимо, чтобы как импульсы, так и паузы между ними имели фиксированную длительность.

В диске номеронабирателя имеется десять пронумерованных отверстий. Для набора определенной цифры, нужно вставить палец в отверстие с соответствующим номером и повернуть диск по ча-

совой стрелке до упора, а затем освободить его. После этого диск сам возвращается в первоначальное положение под воздействием пружинного возвратного механизма. При обратном движении диска связанный с ним импульсный контакт периодически прерывает ток в линии, причем количество прерываний всегда равняется набранной цифре (цифра 1 – одно прерывание, цифра 2 – два прерывания, цифра 0 – десять прерываний). Возвратный механизм поддерживает примерно постоянную скорость обратного движения диска, причем продолжительность каждого прерывания составляет около 60 мс, а паузы между прерываниями – около 40 мс. Так как номер телефонного абонента содержит несколько цифр, с помощью номеронабирателя создается несколько серий импульсов, разделенных межсерийными интервалами. Для надежной работы приборов АТС необходимо, чтобы продолжительность интервалов между сериями импульсов, то есть между набираемыми цифрами, не выходила за определенные границы.

Такой способ передачи цифр известен как «шлейфный способ». Сила тока в шлейфе линии зависит от ее длины, от электрических характеристик кабеля и от питающего напряжения. Обычно она составляет от 20 до 50 мА, чего вполне достаточно для прямого управления работой электромагнитного реле на АТС.

Итак, сигналы набора номера передаются от телефонного аппарата к приборам АТС в виде серий импульсов. Импульсы каждой серии разделяются паузами. Чтобы импульсы и паузы имели нужную длительность, номеронабиратель должен поддерживать в определенных пределах скорость обратного хода диска ν и импульсный коэффициент K , представляющий собой отношение продолжительности размыкания импульсного контакта номеронабирателя $t_{\text{раз}}$ к продолжительности его замыкания $t_{\text{зам}}$:

$$K = \frac{t_{\text{раз}}}{t_{\text{зам}}}.$$

Для этого коэффициента установлена величина 1.6 с допустимыми отклонениями ± 0.3 (т.е. $K=1.3 \div 1.9$), а для скорости обратного хода диска – 10 импульсов в секунду $\pm 10\%$ (т.е. $\nu=9 \div 11$ имп/с).

2.5. Межстанционные соединительные линии

Межстанционной сигнализации посвящена отдельная глава учебника, но эволюция рассматриваемых там протоколов сигнализации восходит к способам *передачи и приема сигналов управления и взаимодействия* в ДШ АТС. О самих системах сигнализации мы поговорим в главе 8, а здесь покажем лишь сигналы взаимодействия, которые передаются, в зависимости от их назначения, либо от ЛИ к ИГИ, либо в обратном направлении. Так, например,

сигналы ответа и отбоя вызванного абонента передаются от ЛИ к ИГИ, а сигнал отбоя вызывавшего абонента, передается в обратном направлении.

Схемы передачи и приема этих сигналов между ИГИ и ЛИ приведены на рис. 2.5. На этом рисунке указаны четыре состояния схемы: одно – до ответа вызываемого абонента и три – после получения разных сигналов взаимодействия. В передаче и приеме сигналов в схеме ИГИ участвуют сигнальные реле СА и СБ, а также серийное реле С, а в схеме ЛИ – сигнальное реле СВ и импульсное реле И.

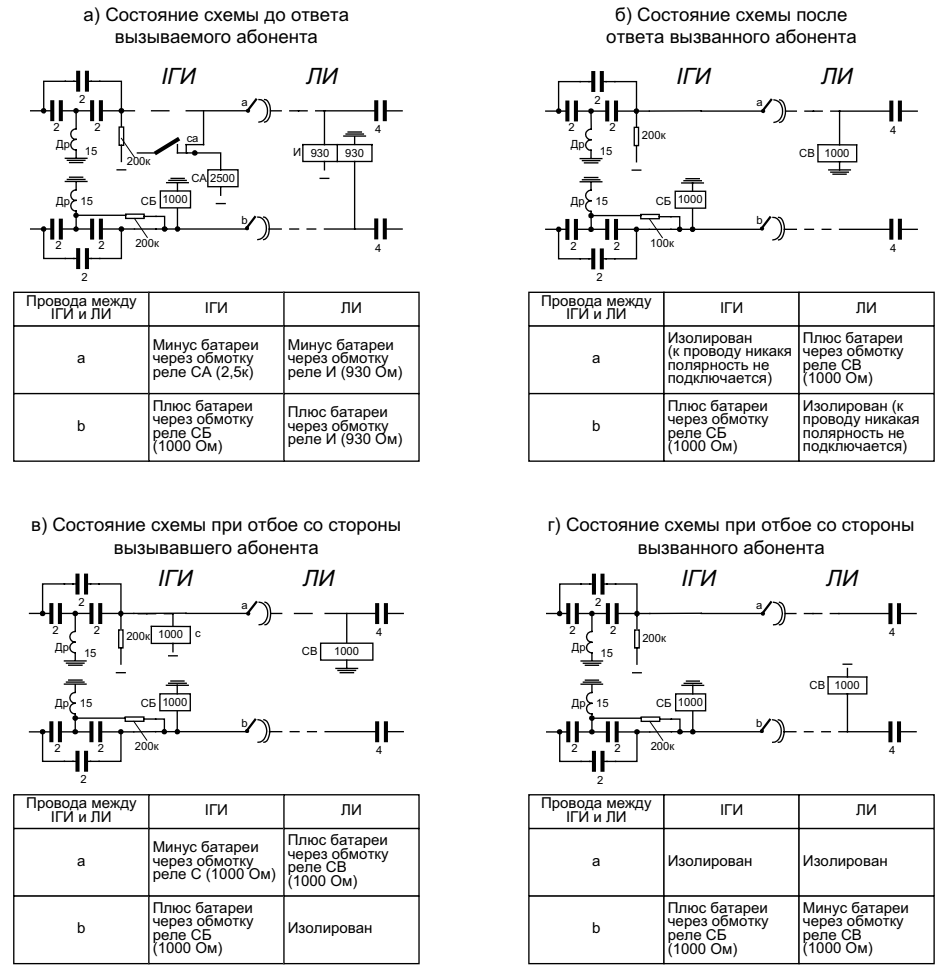


Рис. 2.5. Схемы передачи и приема сигналов взаимодействия в ДШАТС

В предответном состоянии схемы передачи и приёма сигналов взаимодействия (рис. 2.5, а) в ИГИ и в ЛИ к проводу а, соответственно, через обмотки реле СА и И, подключён минус батареи, а к

проводу *b* через обмотки реле *СБ* и *И* – плюс батареи. Так как в этом состоянии схемы полярности, подключаемые через обмотки реле *СА* и *И* к проводу *a* и через обмотки реле *СБ* и *И* к проводу *b*, совпадают, то указанные реле не работают.

После ответа вызываемого абонента (рис. 2.5, б) в *ЛИ* от разговорных проводов отключаются обмотки реле *И*, и к проводу *a* кратковременно подключается плюс батареи. При этом в *ИГИ* срабатывает и отключается от провода *a* реле *СА*. В *ЛИ* к проводу *a* подключается обмотка реле *СВ* с плюсом батареи. В разговорном состоянии схемы реле *СВ* в *ЛИ* не работает, так как в *ИГИ* на провод *a* полярность не подаётся. По такой же причине не работает в *ИГИ* реле *СБ*.

Если после разговора первым даёт отбой вызывавший абонент (рис. 2.5, в), в *ИГИ* к проводу *a* через обмотку реле *С* подключается минус батареи. Благодаря этому в *ЛИ* срабатывает реле *СВ*, фиксирующее отбой вызвавшего абонента.

При работе через соединительную линию в наиболее сложном режиме оказывается пробное реле в схеме *ИГИ*. Помимо того, что провод *c* может иметь сопротивление от нуля до нескольких сотен Ом, приходится учитывать то обстоятельство, что потенциалы заземления на разных районных АТС могут существенно различаться. Причина этого – наличие в земле токов, вызываемых, главным образом, трамвайными линиями и линиями электрифицированных железных дорог. Разность потенциалов заземления, которую следует учитывать при расчетах, принята равной ± 6 В. Поэтому когда сопротивление провода *c* трехпроводной соединительной линии превышает 700 Ом (что соответствует расстоянию примерно 7 км при использовании кабеля с жилами диаметром 0.5 мм), рассчитать пробное реле, хотя бы с минимальными запасами по токовым режимам, не представляется возможным. В таких случаях на исходящем конце соединительных линий устанавливают комплекты РСЛ-3/3 (так обозначается комплект реле соединительной линии с трехпроводным входом и трехпроводным выходом). При этом максимально допустимое сопротивление провода *c* может составлять 1500 Ом. Об этом мы еще обязательно поговорим в главе, посвященной сигнализации.

Другие аспекты архитектуры ДШ-АТС в данной главе не рассматриваются по причине, которую весьма точно сформулировал Э.Хемингуэй: «Устаивают не только ответы, но и сами вопросы».

Глава 3

Координатные АТС

*Как только вы научились делать что-то по-настоящему хорошо,
оказывается, что делать это уже не нужно.*
Закон Лоури

3.1. Координатные соединители

Еще в 1900 г. Бетуландер и Пальмгрен в Швеции начали работать над заменой искателя Строуджера. В 1905 г. соотечественник Бетуландера и Пальмгрена Эриксон предложил создать на основе релейных схем так называемые координатные поля – идея, далеко опередившая свое время. Хотя эти работы непосредственного практического выхода не имели, можно считать, что именно они легли в основу современных координатных АТС. Идею построения коммутационного прибора с релейными контактами, которые замыкаются с помощью координатных реек, предложил также Рейнольдс в США в 1914 г.

В 1919 г. фирма «Бетуландер компани» уже смогла построить несколько небольших экспериментальных координатных станций, хорошо зарекомендовавших себя в работе. А по случаю 300-летия города Гетеборга, которое праздновалось в 1923 г., там была открыта первая современная координатная АТС. Поэтому именно 1923 г. считается годом ввода в действие техники координатной коммутации.

С 1930 г. на основе этой техники в Швеции стали строиться центральные АТС. После того как в Мальме была построена АТС на 40000 номеров, началось триумфальное шествие координатных станций по всему миру. Успехи шведов побудили фирму «Белл телефон компани» начать собственные разработки, и в 1938 г. первая координатная АТС вступила в строй в США. В начале 40-х годов шведский «Эриксон» приступил к разработке и производству координатных АТС разных типов для городской, междугородной и сельской связи (ARF-50, ARM-20 и др.).

После второй мировой войны техника координатной коммутации получила повсеместное распространение. В 1950 г. она вводится в Финляндии, в 1952 г. – в Голландии, в 1955 г. – в Бразилии, с этого же года она распространяется в странах Азии и в Австралии. В 50-х г. координатные АТС были созданы во Франции (Пентаконта) и в Англии (5005). В 60-х годах были разработаны городские координатные АТС в Чехословакии (РК-20) и ГДР (АТС-65).

В Советском Союзе разработка координатных АТС разного назначения была начата в первой половине 50-х годов. В 1956 г. было организовано производство городских координатных подстанций на сто номеров ПС-МКС-100, а в последующие годы были разработаны сельские координатные АТС малой и средней емкости К-40/80, К-100/2000. Стала также выпускаться модификация АТС типа К-100/2000 для учрежденческой связи. В середине 60-х годов завершилось создание координатной станции типа АТСК для городских телефонных сетей. С целью уменьшения затрат на абонентские линейные сооружения ЛОНИИС совместно с заводом «Тесла-Карлин» (Чехословакия) была разработана городская координатная подстанция на 1000 номеров ПСК-1000, которая успешно использовалась и еще сегодня используется во многих ГТС. Для междугородной телефонной связи выпускались координатные АМТС-2 и АМТС-3.

Дальнейшее усовершенствование городских и сельских координатных АТС с целью повысить надежность коммутационной аппаратуры, увеличить пропускную способность АТС, уменьшить стоимость оборудования и снабдить его комплексом контрольно-проверочных устройств привело к созданию станций АТСК-У и АТСК-50/200М.

В этой главе будут рассмотрены применяемые сегодня в ВСС РФ координатные АТС, предназначенные для городской, сельской и учрежденческой связи. Но прежде посмотрим, что же представляют собой коммутационные приборы координатного типа и как они работают.

Так как координатные соединители рассматриваются здесь после декадно-шаговых искателей, воспользуемся следующим, часто приводимым примером. Пусть десять выходов десяти вращательных искателей многократно соединены между собой, как это показано на рис. 3.1 слева. Такая схема позволяет каждому из десяти входов получить соединение с каждым из десяти выходов, разумеется, если тот свободен. Аналогичная по возможностям схема координатного соединителя 10×10 показана на рис. 3.1 справа.

Самая простая техническая реализация такой модели – включить по одному реле в каждую точку пересечения «горизонталей» и «вертикалей». Но тогда соединитель 10×10 будет содержать сто реле, а значит – сто электромагнитов, сто якорей и сто комплектов контактных пружин.

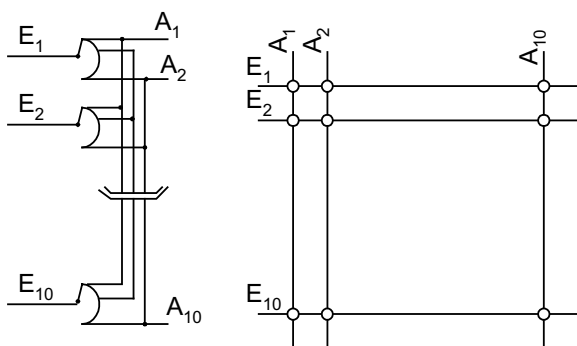


Рис. 3.1. Модель координатного соединителя 10×10

Нашлось, однако, более остроумное решение – заменить сто электромагнитов двадцатью (10 – для горизонтальных линеек координатного поля и 10 – для вертикальных) и применить такую конструкцию соединителя, в которой для выбора любого выхода используются два электромагнита (один – по горизонтали, второй – по вертикали), а для удержания полученного соединения служит только второй из них. В этой конструкции с десятью электромагнитами, называемыми *выбирающими*, связано 5 горизонтальных реек (по одной рейке на каждую пару магнитов). При срабатывании того или другого из пары выбирающих электромагнитов связанная с ними рейка поворачивается на небольшой угол в ту или в другую сторону (кстати, именно эти горизонтальные рейки привели к английскому названию координатного соединителя – *crossbar*). На каждой рейке имеется 10 упругих выбирающих пальцев, которые в состоянии покоя находятся между группами контактных пружин, расположенными в соседних горизонтальных рядах. Один палец обслуживает две контактные группы; так что каждая рейка обслуживает 20 контактных групп (соответственно, 5 реек обслуживают 100 контактных групп). Если срабатывает нижний выбирающий электромагнит, то связанная с ним горизонтальная рейка сдвигает 10 выбирающих пальцев к 10-ти контактным группам, находящимся выше рейки; если же срабатывает верхний выбирающий электромагнит, то рейка сдвигает пальцы к 10-ти нижним группам контактов.

С каждой из 10-ти вертикальных планок жестко связан один из 10-ти *удерживающих* электромагнитов. При срабатывании удерживающего электромагнита связанная с ним планка поворачивается вокруг своей вертикальной оси и сдвигает в горизонтальном направлении все пять выбирающих пальцев, обслуживающих контактные группы данной вертикали. Существенно, что только тот палец, который был перемещен выбирающим электромагнитом, пока еще продолжающим удерживать свой якорь, сдвигаясь при повороте вертикальной планки, воздействует на опору, производящую включение контактов выбранной таким образом контактной группы, и ос-

тается плотно прижатым к этой опоре. Воздействие вертикальной планки на другие пальцы не влияет на состояние контактных групп и на работу соединителя. Теперь горизонтальная рейка может быть возвращена в нейтральное положение – должен отпустить свой якорь связанный с ней выбирающий электромагнит. Удерживающий электромагнит остается в работе до окончания соединения. Все ли вам ясно? Повторим теперь это снова в сжатом виде:

- 1) срабатывает выбирающий электромагнит – выбирающие пальцы «выбирают» один из 10 горизонтальных рядов контактных групп;
- 2) срабатывает удерживающий электромагнит – замыкаются контакты в выбранной точке пересечения горизонталей и вертикалей, и планка, связанная с якорем удерживающего электромагнита, плотно зажимает выбирающий палец, благодаря чему замыкается соответствующая группа контактов;
- 3) отключается выбирающий электромагнит – горизонтальная рейка, возвратившись в нейтральное положение, готова для перемещения остальных пальцев;
- 4) только когда контакты в точке пересечения нужно разомкнуть, выключается цепь удерживающего электромагнита, и использовавшийся выбирающий палец освобождается.

Таким образом, в координатном соединителе одновременно может существовать множество соединений, но они должны устанавливаться по очереди и под контролем специального устройства – маркера, который управляет электромагнитами, создающими очередное соединение. Поэтому, в отличие от АТС, построенных на декадно-шаговых искателях с прямым установлением соединений, которые сами обрабатывают импульсы набора, поступающие от абонента, в координатных АТС используется обходное установление соединений, о чем еще будет сказано в следующем параграфе.

Применяемые в отечественных координатных АТС коммутационные устройства называются *многократными координатными соединителями* (МКС). Контактное поле МКС состоит из групп контактных пружин релейного типа с контактами на замыкание. В ряде конструкций МКС вместо неподвижных контактных пружин применяются общие струны, с которыми образуют контакт подвижные пружины. Известно несколько разновидностей МКС, различающихся конструкцией, количеством горизонталей и вертикалей, объединенных общей системой привода, и некоторыми другими признаками. Два наиболее распространенных типа МКС имеют следующие условные обозначения: МКС 20×10×6 и МКС 10×20×6. В таком обозначении первое число указывает количество вертикалей, входящих в состав одного МКС, второе – емкость контактного поля каждой вертикали и третье – проводность, т.е. число проводов, коммутируемых каждой группой контактов. Схема многократного координатного соединителя МКС 20×10×6 изображена на рис. 3.2.

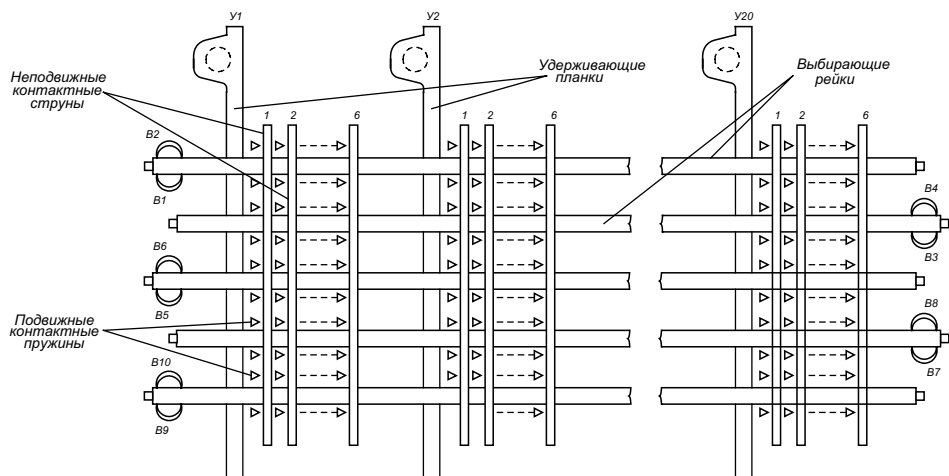


Рис. 3.2. Схема многократного координатного соединителя МКС 20×10×6

В соответствии со своим названием этот МКС имеет 20 вертикально расположенных контактных пакетов. В каждом пакете имеется 10 шестиконтактных групп. В этих группах подвижные пружины – индивидуальные, а роль неподвижных пружин исполняют контактные струны, общие для всех 10 групп. Каждому пакету придан удерживающий электромагнит, якорь которого представляет собой одно целое с расположенной вертикально *удерживающей планкой*. При работе удерживающего электромагнита якорь притягивается, планка поворачивается вокруг своей вертикальной оси и прижимает к опоре контактной группы выбирающий палец, сдвинутый работающим в данный момент выбирающим электромагнитом в сторону этой группы. Пакет контактных групп с удерживающей планкой (якорем) и удерживающим электромагнитом составляют отдельный конструктивный элемент, называемый *вертикальным блоком* или *вертикалью*. Внешний вид МКС 20×10×6 представлен на рис. 3.3. Применяются также и МКС других типов, имеющие проводность от 3 до 12.

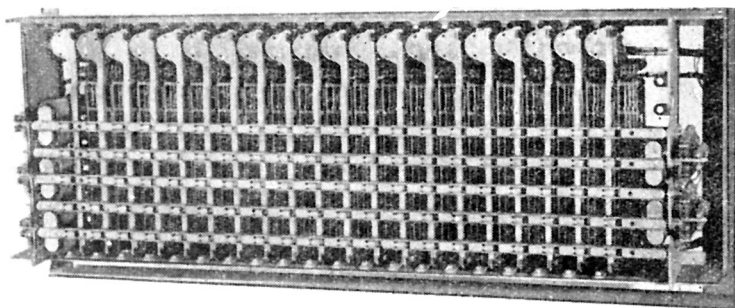


Рис. 3.3. Внешний вид МКС 20×10×6

Различают двухпозиционные и многопозиционные МКС. Число позиций определяется числом электромагнитов, которые должны сработать для выполнения соединения. Например, в двухпозиционном МКС всякий раз срабатывает два электромагнита (один выбирающий и один удерживающий), в трехпозиционном – три (два выбирающих и один удерживающий) и т.д. Чем больше позиционность МКС, тем эффективнее строится на его основе коммутационное поле (за счет уменьшения проводности увеличивается доступность), но тем сложнее конструкция. Наиболее широко распространены двухпозиционные и трехпозиционные соединители. МКС получили свое название в связи с многократным использованием каждой из выбирающих реек для организации соединений в разных вертикалях одного МКС.

3.2. Координатные АТС

Рассмотренные в предыдущей главе декадно-шаговые и машинные АТС обладают рядом существенных недостатков, присущих коммутационным станциям со щеточными искателями. Один из них связан с механическими свойствами искателей: для установления соединения с нужной быстротой требуется, чтобы щетки двигались со значительной скоростью, что, в свою очередь, ведёт к поломкам и к нарушениям их регулировки. Другой недостаток, присущий декадно-шаговым и машинным АТС, – низкое качество скользящего контакта *щётка – ламель*. Дело в том, что в качестве материала для скользящих контактов используются неблагородные металлы, имеющие благодаря своей жёсткости больший срок службы, чем, например, благородный металл серебро. Однако во время работы сопротивление такого контакта изменяется в широких пределах, вследствие чего ухудшается качество разговорного тракта. Все это приводит к невысокой надежности коммутационных приборов, большим затратам труда на обслуживание станционного оборудования, высокому энергопотреблению, низкому качеству разговорного тракта, образованного контактами скольжения, и т.п.

В координатных АТС основным коммутационным прибором является многократный координатный соединитель, который лишен перечисленных недостатков. Более того, устройство МКС, принцип его работы и коммутационные возможности совсем не такие, как у коммутационных механизмов других типов. По этой причине скелетное построение координатных АТС, структура ступеней искания и принципы управления коммутацией отличаются от тех, которые типичны для АТС, построенных на шаговых и декадно-шаговых искателях. В структуре ступеней искания используется т.н. *звеньевое включение*, позволяющее строить многозвенные коммутационные блоки.

Итак, в электромеханических АТС могут использоваться два разных принципа установления соединений – прямой и обходной.

Прямой принцип характеризуется тем, что приборы, выбирающие нужное направление связи и свободную линию в этом направлении, сами принимают цифры номера, устанавливая на их основе соединение и образуют разговорный тракт. Такой принцип установления соединений используется в большинстве тех АТС, где в качестве основных коммутационных приборов применяются щеточные искатели. В частности, рассмотренные в предыдущей главе декадно-шаговые АТС используют именно этот принцип.

Обходной принцип характеризуется тем, что выбор направления связи и поиска свободной линии в этом направлении отделён во времени от процесса соединения входа коммутационного прибора с выходом, в который включена выбранная линия. Сам коммутационный прибор не участвует в выборе направления и в поиске свободной линии. Эти процедуры выполняет некое устройство, как правило, общее для группы приборов (в координатных АТС это – маркер). Оно принимает цифры номера, обрабатывает их, и, в соответствии с результатом обработки, управляет работой коммутационного прибора, воздействуя на его элементы таким образом, чтобы вызывающий вход был соединен с одним из свободных выходов в нужном направлении. Иначе говоря, установление соединений производится в обход коммутационного прибора, в связи с чем такой принцип и назван *обходным*. Схематично его иллюстрирует рис. 3.4.

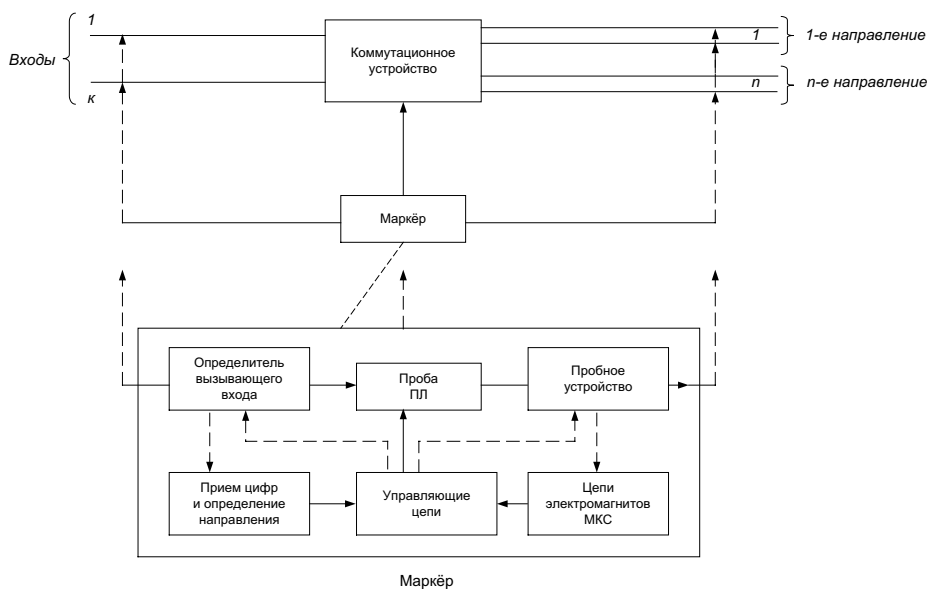


Рис. 3.4. Обходной принцип установления соединений

При установлении каждого соединения маркёр занимается кратковременно и поэтому способен обслужить несколько коммутационных приборов с большим числом входов и выходов. В соответствии с функциями, выполняемыми маркером, его блок-схема, представленная в нижней части рис. 3.4, содержит определитель вызывающего входа, определитель требуемого направления связи, устройство, отмечающее свободные промежуточные линии, через которые вызывающий вход коммутационного прибора может быть подключен к свободному выходу в нужном направлении, пробное устройство для поиска свободного выхода в этом направлении, устройство включения выбирающего и удерживающего электромагнитов МКС, обеспечивающих соединение входа с выходом, и цепи управления работой маркера.

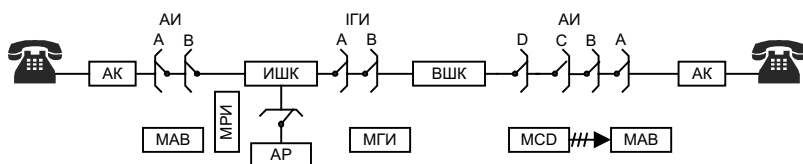
Координатные АТС разделяются на АТС с *управлением по ступеням искания* и на АТС с *централизованным управлением*.

В координатных АТС с управлением по ступеням искания функции этих ступеней те же, что и в большинстве АТС, построенных на щеточных искателях (декадно-шаговых и машинных). В таких координатных АТС предусматривается некоторое количество ступеней группового искания, зависящее от емкости станции и сети, и ступень абонентского искания. Последняя выполняет функции предыскания, обслуживая вызовы, исходящие от абонентов, и функции линейного искания, обслуживая вызовы, входящие к абонентам. Характерной особенностью координатных АТС с управлением по ступеням искания является то, что определение маркером свободного выхода ступени, с которым следует соединить ее вызывающий вход, происходит на каждой ступени без анализа состояния соединительных путей на следующих ступенях искания.

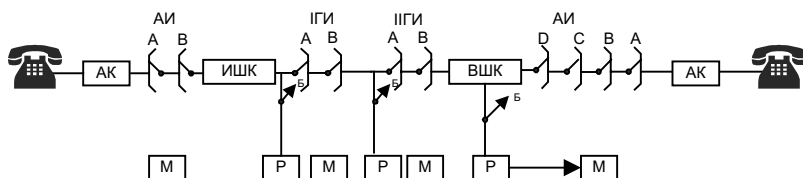
Рассмотрим этот вопрос подробнее. Итак, практически во всех координатных АТС применяется обходный способ управления коммутацией. Коммутационные блоки АТС построены на МКС, а в качестве управляющих устройств используются маркеры и, в большинстве случаев, регистры, избавляющие маркеры от функций приема передаваемых медленным способом цифр. Различают четыре вида координатных АТС:

- 1) с последовательным установлением соединения по ступеням искания и с регистрами для приема цифр, набираемых абонентами (с т.н. абонентскими регистрами);
- 2) с регистровыми устройствами и маркерами, распределенными по ступеням искания;
- 3) с абонентскими регистрами и с управлением сразу несколькими ступенями искания;
- 4) с централизованным управлением без разделения коммутационного оборудования станции на ступени искания.

Большинство координатных АТС относится к первому виду. Так, в отечественных станциях АТСК, АТСК-У, К-100/2000 соединения устанавливаются по ступеням искания с использованием абонентских регистров. При этом уменьшается объем регистрового оборудования, и используются сравнительно несложные маркеры. На рис. 3.5, а приведена схема соединительного тракта станции АТСК, которая рассматривается более подробно в следующем параграфе. При установлении соединения выбор линий производится на каждой ступени независимо от возможности их дальнейшего подключения к вызываемой линии.



а) с абонентскими регистрами



б) с регистрами на ступенях искания

Рис. 3.5. Соединительные тракты координатных АТС с управлением по ступеням искания

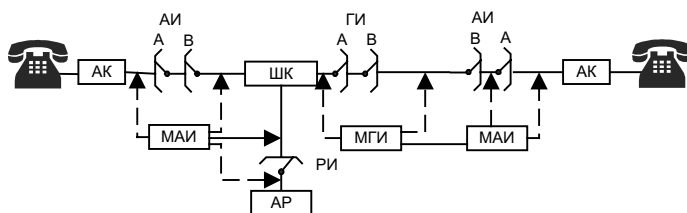
Существуют координатные АТС второго вида, где на ступенях группового и абонентского искания используются регистры, каждый из которых принимает адресную информацию, необходимую для установления соединения лишь через одну ступень искания. К АТС этого типа относятся шведская станция ARF-50, которая нашла применение в отечественных ГТС, и разработанная в ГДР координатная АТС-65. На рис. 3.5, б приведена схема соединительного тракта ARF-50. Соединение на каждой ступени ГИ должно завершиться до начала передачи абонентом цифры, предназначенной для следующей ступени искания. На приведенной схеме регистр ступени ГИ принимает одну цифру, и поэтому число направлений в блоке ГИ равно десяти. Можно предусмотреть прием регистром ГИ также и двух цифр, но с определенной первой цифрой. В системе ARF-50 используются тысячелинейные блоки АИ, и поэтому регистр ступени АИ принимает три последние цифры номера. Преимуществом АТС второго вида является простота связи с декадно-шаговыми АТС, поскольку при входящей связи импуль-

сы набора номера непосредственно принимаются регистрами на ступенях искания, а при исходящей связи серии импульсов, поступающих от абонента, транслируются через ИШК и направляются к искателям декадно-шаговой АТС. Координатные АТС с регистрами, распределенными по ступеням искания, близки по своим возможностям к АТС с прямым управлением коммутацией.

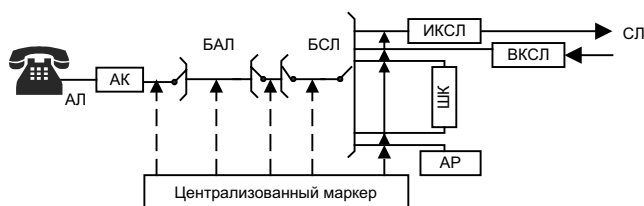
В координатных АТС третьего вида для внутривыделенных соединений предусматривается лишь одна ступень ГИ с двухкаскадными или трехкаскадными коммутационными блоками большой емкости (до 1000 исходящих линий). Управляют коммутацией абонентские регистры и маркеры, которые обеспечивают организацию соединения через одну или две ступени искания (рис. 3.6, а). На ступени АИ используются двухкаскадные блоки и для исходящей, и для входящей связи. Каждый коммутационный блок обслуживается, в зависимости от его емкости, одним или двумя маркерами. При исходящей связи маркер блока АИ выполняет функцию подключения линии вызывающего абонента к регистру. При этом маркер производит обусловленное искание через ступени АИ и регистра искания. После набора номера при внутривыделенной связи маркеры ступени ГИ (МГИ) и АИ (МАИ), получив из регистра необходимую адресную информацию, совместно выполняют функции подключения линии вызывающего абонента к вызываемой линии. При установлении соединения на ступени ГИ занимается такая свободная и доступная исходящая линия, которая в блоке АИ имеет доступ к вызываемой абонентской линии через свободную промежуточную линию. Поэтому отпадает необходимость иметь в ступени АИ третий каскад. Такой способ управления применяется в английской АТС типа 5005 А и во французской АТС Пентаконт 1000 В.

В координатных АТС четвертого вида коммутационное оборудование не делится на ступени искания, а образует общее коммутационное поле. Централизованные маркеры управляют соединением, производя сквозное обусловленное искание через всю АТС. При этом несколько сокращаются объем коммутационного оборудования и время установления соединения, потому что при обусловленном искании на каждом участке соединительного тракта выбираются только такие пути, по которым можно организовать соединение линий вызывающего и вызываемого абонентов.

На рис. 3.6, б показан соединительный тракт координатной АТС «Кроссбар №1» (США), в которой коммутация производится через двухкаскадные блоки абонентских линий (БАЛ) и двухкаскадные блоки соединительных линий (БСЛ) под управлением центрального маркера, взаимодействующего с абонентским регистром. Применение такого вида централизованного управления в координатных АТС создало предпосылки для его использования (уже в качестве основного способа) в первых квазиэлектронных и электронных АТС с программным управлением, которые будут рассматриваться далее.



а) с функциональными маркерами



б) с централизованными маркерами

Рис. 3.6. Соединительные тракты координатных АТС с централизацией управления

Существует много типов координатных АТС как отечественного, так и зарубежного производства. АТС разных типов отличаются друг от друга по многим признакам, главными из которых являются конструкция и коммутационные параметры МКС, скелетная схема станции, емкость и группообразование блоков ступеней искания и степень централизации управления коммутационными приборами. Известно несколько типов координатных АТС отечественного производства, из которых будут рассмотрены станции АТСК 100/2000 для учреждений и сельских сетей средней емкости, а также станции АТСК и АТСК-У, предназначенные для городских телефонных сетей.

Для построения названных АТС используются многократные координатные соединители МКС $20 \times 10 \times 6$, МКС $10 \times 20 \times 6$, МКС $10 \times 10 \times 12$, реле РЭС-14 и РПН, поляризованные реле РП-4 или РП-5, полупроводниковые диоды и триоды, и некоторые вспомогательные элементы. Для электропитания этих АТС служит источник постоянного тока с номинальным напряжением 60 В и с допустимыми колебаниями напряжения в пределах 54 – 72 В.

3.3. Городские координатные станции АТСК и АТСК-У

АТСК и АТСК-У до сих пор являются наиболее распространенными районными станциями городских телефонных сетей России. Управление коммутационными приборами производится в них с помощью общестанционных регистров и маркеров на ступенях

искания. Скелетная схема АТСК показана на рис. 3.7. Каждый коммутационный блок ступени АИ рассчитан на включение 1000 абонентских линий, и потому емкость станций целесообразно выбирать кратной тысяче. Однако можно строить и АТС емкостью меньше 1000 номеров. Для таких АТС предусмотрены специальные сотенные блоки АИ.

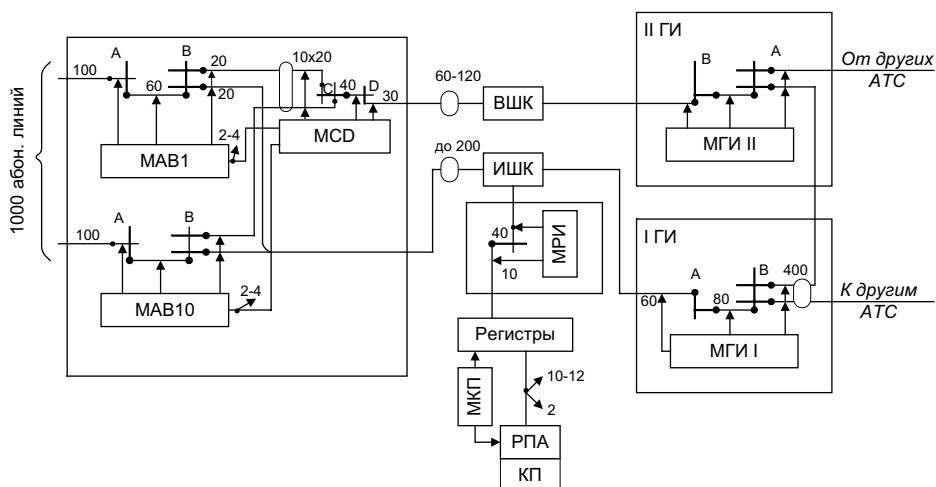


Рис. 3.7. Структурная схема АТСК

Набираемый абонентом номер принимается и запоминается абонентским регистром, который участвует в установлении всего соединения. Управление соединением производится по ступеням искания (АИ, РИ, ГИ) с помощью индивидуальных для каждого коммутационного блока маркеров. На ступенях искания (кроме РИ в АТСК) применяются двухкаскадные коммутационные блоки. Указанные особенности позволяют использовать сравнительно простые маркеры, что повышает надежность их действия и облегчает эксплуатацию.

Для повышения надежности городских координатных АТС, сокращения капитальных и эксплуатационных затрат на станционные сооружения, улучшения технологии производства аппаратуры и уменьшения площади автозала в 1975г. было завершено усовершенствование АТСК, и в 1978 г. началось серийное производство оборудования АТСК-У. При усовершенствовании сохранены схемы коммутационных блоков на ступенях абонентского и группового искания, принципы управления коммутацией и способы передачи сигналов. Разработаны двухкаскадные ступени регистрового искания для подключения абонентских и входящих регистров, что позволило улучшить использование дорогостоящего регистрового оборудования.

В качестве коммутационных приборов в АТСК и АТСК-У используются МКС, электромагнитные реле и электронные элементы. В коммутационных блоках на ступенях искания применяются унифицированные МКС четырех типов: двухпозиционный шестипроводный МКС $20 \times 10 \times 6$; трехпозиционный шестипроводный МКС $10 \times 20 \times 6$; трехпозиционный трехпроводный МКС $20 \times 20 \times 3$ и двухпозиционный двенадцатипроводный МКС $10 \times 12 \times 12$. В абонентских, шнуровых и линейных комплектах применяются реле типа РПН. В маркерах и регистрах используются реле типа РЭС-14. Транзисторы нашли применение в устройствах передачи и приема частотных сигналов, а также в отдельных функциональных узлах регистров и маркеров.

Электропитание оборудования осуществляется от источника постоянного тока 60 В с допустимыми отклонениями напряжения в пределах 58–66 В. Допустимая разность потенциалов между заземлениями станционных батарей разных АТС составляет ± 8 В.

При установлении соединений абоненты получают стандартные (согласно Рекомендациям МККТТ) акустические сигналы. Линейные сигналы при местных и междугородных соединениях по составу и способу передачи соответствуют сигналам, принятым в типовых декадно-шаговых АТС.

После отбоя любого из участников связи его абонентская линия освобождается. Соединительные устройства в АТСК освобождаются лишь после отбоя вызванного абонента, а вызвавшему абоненту, если он не дает отбоя, передается сигнал «Занято» из его абонентского комплекта. В АТСК-У после отбоя вызванного абонента освобождаются все соединительные устройства, кроме блока АВ ступени АИ и исходящего шнурового комплекта ИШК, из схемы которого посылается сигнал «Занято» не дающему отбоя вызвавшему абоненту. Если отбоя не дает вызванный абонент, то и в АТСК, и в АТСК-У сигнал «Занято» посылается ему из входящего шнурового комплекта ВШК.

В табл.3.1 приведены управляющие сигналы, передаваемые многочастотным кодом «2 из 6», которыми обмениваются маркеры и регистры в АТСК-У. Сигналы 1–3 используются для запроса передачи адресной информации многочастотным способом. Сигналы 8–10 запрашивают переход к передаче информации батарейным способом, сигналы 4 и 5 указывают состояние вызываемой абонентской линии, а сигналы 6 и 7 необходимы, соответственно, для повторения адресной информации при ее искажении (получение одной или трех частот) и для организации второй попытки установить соединение при отсутствии свободных соединительных устройств на ступени искания.

Таблица 3.1. Сигналы между регистрами и маркерами в АТСК

Номер сигнала	Комбинация частот	Сигналы из маркера в регистр		Сигналы из регистра в маркер	
		Значения сигналов	Условия передачи сигналов	Значения сигналов	Условия передачи сигналов
1	$f_0 f_1$	Передать частотным способом первую цифру или повторить передачу номера с начала	При запросе адресной информации из маркера ИГИ и других приборов	Цифра 1	После получения из маркера сигналов 1, 2, 3 или 6
2	$f_0 f_2$	Передать следующую цифру частотным способом	При запросе адресной информации маркерами ступеней искания	Цифра 2	То же
3	$f_1 f_2$	Повторить переданную цифру частотным способом	Если необходима цифра, использованная маркером предыдущей ступени искания	Цифра 3	- " -
4	$f_0 f_4$	Окончание соединения	Передается в случаях когда: – вызываемая линия свободна; – вызываемая линия занята местным соединением при ручной или полуавтоматической входящей междугородной связи	Цифра 4	- " -
5	$f_1 f_4$	Разъединение	Передается в случаях когда: – вызываемая линия занята или недоступна при местном соединении; – вызываемая линия занята междугородным соединением или недоступна при входящей междугородной связи; – вызываемая линия занята местным соединением при автоматической входящей междугородной связи	Цифра 5	- " -
6	$f_2 f_4$	Повторить цифру, принятую с искажением	При приеме маркером одной или более двух частот	Цифра 6	- " -
7	$f_0 f_7$	Отсутствие соединительных путей	Передается при отсутствии в коммутационных блоках доступных соединительных путей для установления соединения по новому тракту	Цифра 7	- " -
8	$f_1 f_7$	Передать номер батарейным способом, начиная с первой цифры	Передается маркером ГИ при установлении соединения с УИС декадно-шаговой системы	Цифра 8	- " -
9	$f_2 f_7$	Передать следующую и остальные цифры батарейным способом	При установлении соединения к декадно-шаговым АТС, координатным подстанциям и УАТС	Цифра 9	- " -
10	$f_4 f_7$	Повторить предыдущую и передать остальные цифры батарейным способом	При соединении с декадно-шаговой АТС, если требуется цифра, ранее использованная маркером	Цифра 0	- " -
11	$f_1 f_{11}$			Подтверждение получения сигнала	При получении из маркера сигналов 4, 8, 9 и 10
12	$f_2 f_{11}$			Повторить сигнал, принятый с искажением	Передается для повторения сигнала, принятого из маркера или ИРД с искажением
13	$f_7 f_{11}$	Отсутствие частотной информации	При потере информации для повторного соединения по новому тракту		

В АТСК-У применяется дополнительный сигнал 15 «Отсутствие частотной информации», который передается из маркера в регистр при потере информации в тракте. Получив этот сигнал, регистр нарушает частично установленное соединение и обеспечивает повторное соединение по новому тракту. Благодаря введению такого сигнала в АТСК-У повторная попытка соединения при сбоях информации происходит через 200 мс, вместо 4 с в АТСК, где это обеспечивается технической выдержкой времени.

3.4. Сельские координатные АТС К-50/200М

В сельских телефонных сетях (СТС) применяются координатные АТС малой емкости: К-50/200 и К-50/200М в качестве оконечных (ОС) и узловых (УС) станций, а также координатные АТС К-100/2000 средней емкости в качестве центральных станций (ЦС), УС и ОС.

АТС К-50/200М имеют блочное построение с емкостью абонентского блока 50 номеров. Каждый такой блок размещается на двустороннем стативе шкафного типа, где устанавливается 30 абонентских комплектов АК для включения индивидуальных линий и 10 абонентских комплектов САК для включения линий спаренных аппаратов. При спаренном включении телефонных аппаратов предусматривается двойное разделение цепей с установкой для каждого аппарата диодно-релейной приставки ДРП. Номера спаренных аппаратов различаются цифрой десятков. Устройства спаренного включения в сельских АТС сложнее, чем в городских, так как они предусматривают возможность связи между аппаратами, включенными в одну линию.

Для связи оконечной АТС К-50/200М с УС или с ЦС может использоваться, в зависимости от емкости ОС, от 7 до 17 соединительных линий (СЛ) двустороннего действия. Кроме того, возможна организация поперечной связи двух ОС по одной-двум СЛ.

В АТС К-50/200М используется обходное управление коммутацией с применением общестанционных маркеров ступеней АИ (МАИ) и РИ (МРИ) и пятизначных абонентских регистров, разработанных с учетом возможности введения в СТС закрытой 5-значной нумерации. В настоящее время чаще всего используется открытая нумерация без индекса внешней связи: при внутренней связи абонент К-50/200М набирает 3-значный номер, а при межстанционной связи – 5-значный номер. Первая цифра 5-значного номера должна отличаться от первой цифры 3-значных номеров. После приема адресной информации абонентский регистр подключается к маркеру, передает сигнал о требуемом направлении связи (внутренняя, внешняя или поперечная) и затем передает многопроводным способом адресную информацию.

Функциональная схема оконечной АТС К-50/200М на 50 номеров приведена на рис. 3.8. В этой АТС используются однокаскадные ступени абонентского и регистравого искания. Ступень АИ выполняет также функцию группового искания, выбирая по сигналу из регистра внешнее направление и в нем – свободную СЛ. Абонентские регистры АР подключаются через шестипроводную ступень РИ прямо к абонентским комплектам, что позволяет применить на ступени АИ трехпроводный коммутационный блок.

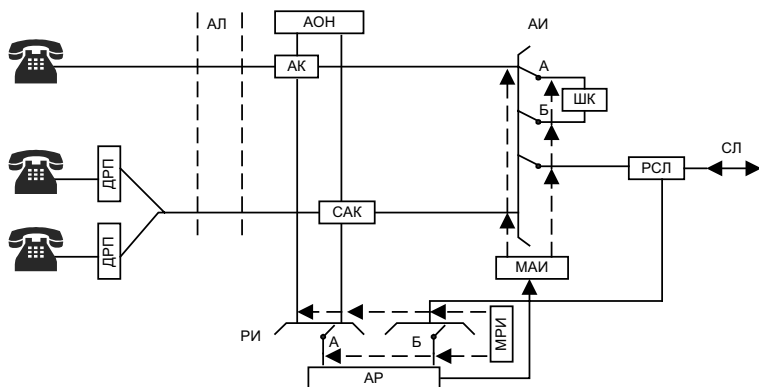


Рис. 3.8. Функциональная схема сельской оконечной АТС К-50/200М

Исходящее соединение (рис. 3.9, а). После набора абонентом одной, двух или трех цифр, определяющих направление связи с вышестоящей станцией (УС, ЦС) или направление поперечной связи с другой ОС, абонентский регистр занимает маркер блока АИ и передает к нему сигнал о требуемом направлении. Если это – направление к УС или ЦС, МАИ с помощью пробного устройства ПУ РСЛ находит свободный комплект РСЛ и соединяет его с вызывающей абонентской линией через блок АИ. Однако разговорные провода коммутируются в схеме РСЛ лишь после окончания работы АР. Одновременно МАИ создает цепь занятия маркера блока РИ для подключения к выбранному РСЛ регистра. После этого маркеры блоков АИ и РИ освобождаются. Через вертикаль А блока РИ абонентский регистр остается подключенным к абонентской линии для продолжения приема цифр номера, а через вертикаль Б блока РИ регистр подключен к РСЛ для передачи в этот комплект декадными импульсами всех принятых цифр. Способ дальнейшей передачи этой информации на встречную АТС зависит от типа РСЛ. Передав в РСЛ адресную информацию, абонентский регистр освобождается. Питание микрофона в аппарате вызывающего абонента и удержание соединения производится из РСЛ.

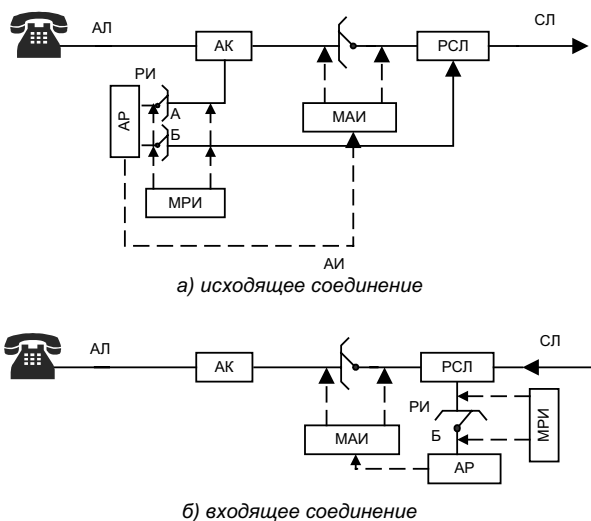


Рис. 3.9. Соединительные тракты сельской оконечной АТС К-50/200М

Соединение в направлении поперечной связи устанавливается аналогично, за исключением того, что выбор одного из двух РСЛ этого направления производится в МАИ отдельным пробным устройством ПУ ПС.

Входящее соединение (рис. 3.9, б). При занятии комплекта РСЛ входящим вызовом маркер блока РИ подключает этот РСЛ к свободному абонентскому регистру через одну из вертикалей Б блока РИ. Регистр, не передавая сигнал «Ответ станции», последовательно принимает три цифры абонентского номера. После этого АР занимает МАИ и передает к нему адресную информацию многопроводным способом. Затем маркер подключает РСЛ к вызываемой абонентской линии. Установив соединение, МАИ и АР освобождаются. Пробу вызываемой линии, посылку вызова и контрольного сигнала, питание микрофона в телефонном аппарате и удержание соединения выполняет линейный комплект РСЛ.

На оконечных станциях К-50/200М применяются РСЛ нескольких типов. Для связи по физическим или по уплотненным аппаратурой ВЧ соединительным линиям с сельскими АТС любого типа и с городскими АТС широко используются двусторонние индуктивные комплекты РСЛО. Могут применяться двусторонние комплекты РСЛОВЧ, предназначенные для связи с координатными станциями по СЛ с частотным уплотнением. Для связи по СЛ, уплотненным аппаратурой ИКМ, применяются подключающие комплекты ПКО.

Сельские узловые АТС К-50/200М имеют такую же емкость, как и оконечные станции. Отличаются они тем, что в них дополнительно устанавливается транзитное оборудование.

3.5. Координатные АТСК-100/2000

Оборудование АТСК-100/2000 предназначено для станций емкостью от 100 до 2000 номеров, но допускает увеличение емкости до 4000 номеров. Используется в сельских телефонных сетях и, в разных модификациях, в учрежденческих сетях некоторых ведомств. Так, для телефонных сетей железнодорожного транспорта оборудование типа К-100/2000 выпускалось с учетом особенностей этих сетей. В связи с использованием в них четырехзначной нумерации абонентских линий станции АТСК-100/2000 снабжались четырехзначными регистрами. Для связи между станциями применялись трехпроводные соединительные линии и универсальные шнуровые комплекты ШКУ, позволяющие транслировать сигналы на другие станции. Кроме того, предусматривалось транзитное оборудование, с помощью которого можно устанавливать соединения по обходным путям с четырехпроводной коммутацией разговорных цепей.

В сельских телефонных сетях общего пользования АТСК-100/2000 используются в качестве ЦС, УС и ОС. В станциях этого типа применяются ступени абонентского, группового и регистрационного искания. Основными коммутационными приборами АТСК-100/2000 являются унифицированные МКС $20 \times 10 \times 6$, МКС $10 \times 20 \times 6$ и МКС $10 \times 10 \times 12$, реле РЭС-14 и РПН. Функциональная схема ЦС АТСК-100/2000 с двумя ступенями ГИ изображена на рис. 3.10.

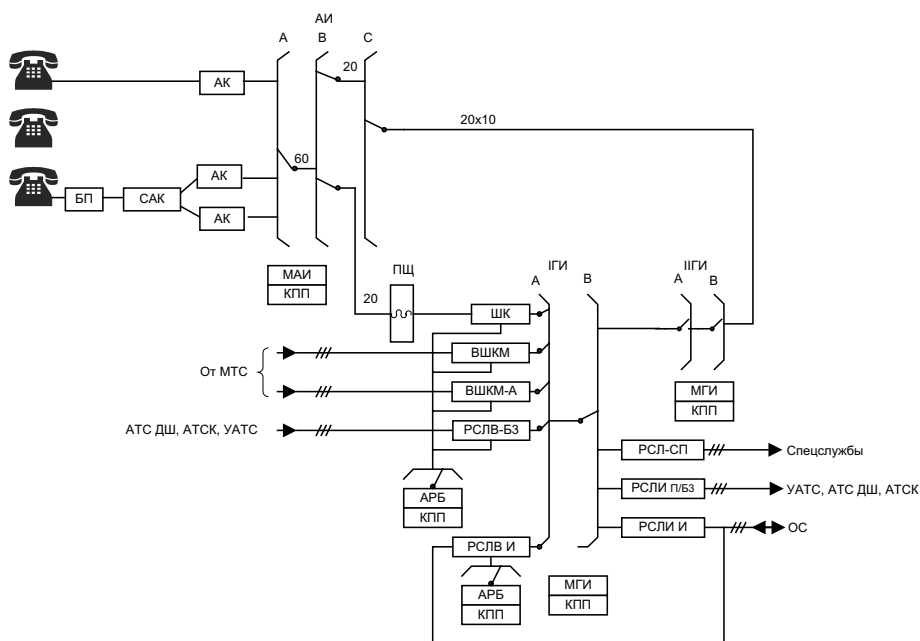


Рис. 3.10. Функциональная схема сельской ЦС АТСК-100/2000

На АТСК-100/2000 применяется обходное управление коммутацией по ступеням искания при помощи релейных маркеров, о котором говорилось выше в этой главе. Пятизначные абонентские регистры АРБ используются для установления внутренних, исходящих и входящих соединений. В последнем случае они выполняют функции входящих регистров. Передача информации о номере вызываемой абонентской линии из регистра в маркеры и управляющих сигналов в обратном направлении производится по разговорным проводам полярно-числовым кодом с применением способа «импульсный челнок». За каждым маркером и за каждым регистром закрепляются индивидуальные релейные кодовые приемопередатчики КПП. Передача информации из регистра к другим не однотипным станциям производится батарейным способом. Шнуровой комплект позволяет транслировать декадные импульсы к встречной станции любой системы.

Связь АТСК-100/2000 с другими сельскими АТС может быть организована по физическим двухпроводным цепям с применением индуктивного способа передачи сигналов и односторонних комплектов РСЛИ-И и РСЛВ-И, которые могут применяться и для связи по уплотненным цепям. Но в этом случае для согласования с аппаратурой уплотнения дополнительно устанавливаются комплекты низкочастотного окончания КНО. Если используются двусторонние физические СЛ, то односторонние комплекты РСЛИ-И и РСЛВ-И можно включить в одну линию с обеспечением преимущества для входящего сообщения. Разработаны и выпускаются и двусторонние индуктивные комплекты РСЛИ. Входящие индуктивные комплекты обслуживаются с ожиданием отдельной группой регистров, поскольку эти комплекты занимают без проверки свободности АРБ.

Для исходящей связи от АТСК-100/2000 к декадно-шаговым и координатным АТС большой емкости применяются трехпроводные СЛ одностороннего использования с комплектами РСЛИ-БЗ (батарейный способ передачи сигналов, линии трехпроводные). Для входящей связи по трехпроводным СЛ применяются комплекты РСЛВ-БЗ. Соединительные линии от МТС включаются в комплекты ВШКМ или ВШКМА (при автоматической междугородной связи).

Для организации исходящей автоматической междугородной связи в АТСК-100/2000 предусматривается дополнительное оборудование – аппаратура автоматического определения номера и категории абонента АОН, промежуточные регистры ПР, устройство запроса и приема информации УЗПИ и исходящие комплекты заказно-соединительных линий ИКЗСЛ (на рис. 3.10 не показаны).

Глава 4

Принципы цифровой коммутации

Разумеется, мы никогда не поступимся нашими принципами.

В. Ленин, 27.11.1918

Принципами, товарищи, мы не должны поступаться ни под какими предложениями.

М. Горбачев, 18.02.1988

Не могу поступиться принципами.

Н. Андреева, 13.03.1988

4.1. Цифровая телефония

Как видно из материалов предыдущих глав, первые сто лет, или около того, эволюция ТФОП происходила довольно медленно. По сути, за исключением декадно-шаговых АТС и телефонов с дисковым номеронабирателем, за первые 50 лет было мало что сделано в плане технологии. Внедрение координатных АТС в 1930-х годах, автоматической междугородной связи в 1950-х и тастатурных телефонных аппаратов с многочастотным набором номера в 1960-х годах считались революционными событиями.

Темпы эволюции заметно возросли с появлением АТС с программным управлением, передачи цифровых данных по коммутируемым каналам с помощью модемов и факсов и общеканальной сигнализации №7 в 1960-х, 1970-х и 1980-х годах, соответственно. К середине 1980-х годов темпы возросли значительно, а в начале 1990-х годов начало чувствоваться влияние сетей ISDN, концепции Интеллектуальной сети, идеи Информационной супермагистральной, а также других технологических и макроэкономических факторов, повлиявших на коммуникационные технологии. Одной из наиболее

существенных технологий среди перечисленных выше являются цифровые АТС с программным управлением.

В двух предыдущих главах были рассмотрены системы коммутации физических каналов, в которых каждому соединению предоставляется своя физическая линия (электрическая цепь). При цифровой коммутации носителем информации является не амплитуда передаваемого по линии электрического сигнала, а временная последовательность импульсов, т.е. временной канал, определяемый пространственной и временной координатами.

В данной главе рассматриваются основные принципы цифровой коммутации, на которых строятся изучаемые далее в книге цифровые АТС, концентраторы, мультиплексоры, шлюзы, конвертеры и другие устройства, обеспечивающие соединение и перенос информации в цифровом виде. К этому перечню следует добавить источники передачи информации, к которым, наряду с рассмотренными ранее обычными телефонными аппаратами, относятся устройства передачи данных, терминалы ISDN, компьютеры, факсы, видеокамеры, сканеры и т.п. В качестве приемников информации, в дополнение к упомянутым, могут выступать, например, видеомониторы или принтеры.

Эпоху цифровой реализации телекоммуникационной сети предопределило наличие двух недорогих, но чрезвычайно важных устройств: кодеков, преобразующих аналоговые сигналы в цифровые (рис. 4.1, а), и модемов, преобразующих цифровые сигналы в аналоговые при передаче данных по аналоговым телефонным сетям (рис. 4.1, б). Именно они, наряду с цифровизацией многоканальной электросвязи – систем передачи с ИКМ, обусловили появление цифровых систем коммутации.

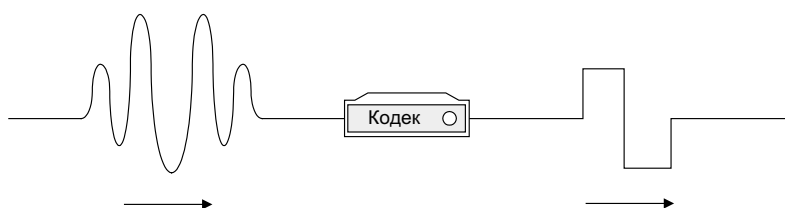


Рис. 4.1. а. Аналого-цифровое преобразование – кодек

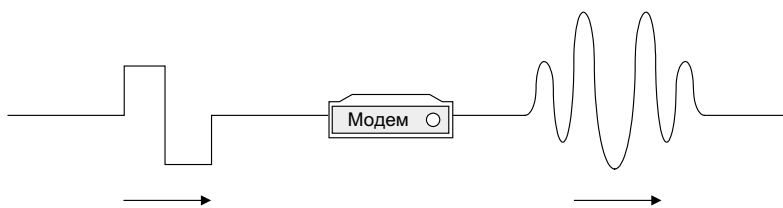


Рис. 4.1. б. Цифро-аналоговое преобразование – модем

Суть цифровизации заключается в том, что исходный аналоговый электрический сигнал может быть воспроизведен из соответствующей последовательности дискретных значений его амплитуды (отсчетов). Число отсчетов в секунду называется *частотой дискретизации* и зависит от самого высокочастотного компонента, присутствующего в аналоговом сигнале. Известная *теорема Котельникова* гласит, что аналоговый сигнал можно правильно восстановить, если частота дискретизации вдвое превышает частоту сигнала. Именно на ней и на *теореме Найквиста*, доказанной Гарри Найквистом в 1928 году, и устанавливающей тот факт, что, *если частота выборки f_s превышает не менее чем вдвое самую высокочастотную составляющую аналогового сигнала f_a , то первоначальный аналоговый сигнал полностью описывается только с помощью моментальных выборок, основывается импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)*. Эта минимальная частота выборки иногда называется *частотой Найквиста*.

Строже говоря, устройство дискретизации «вырезает» из первоначального аналогового сигнала $x(t)$ короткие выборочные импульсы (рис. 4.2), образуя последовательность мгновенных значений амплитуды – *дискретизированный во времени сигнал $y(t)$* с частотой следования импульсов f_s . Этот процесс известен как *амплитудно-импульсная модуляция (АИМ)*.

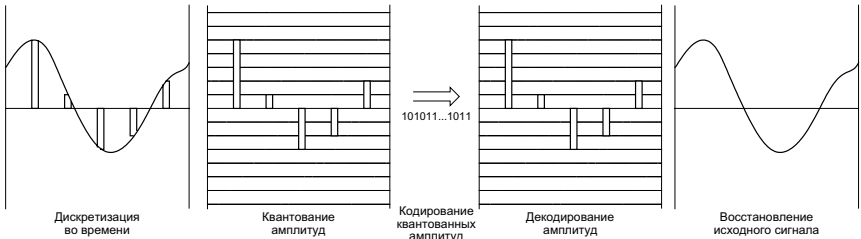


Рис. 4.2. ИКМ-кодирование аналогового сигнала речи и его восстановление

Полученный таким образом сигнал $y(t)$ представляет хотя и дискретные во времени, но, тем не менее, аналоговые значения амплитуды первоначального сигнала $x(t)$. Для того, чтобы передавать эти выборочные значения в цифровой форме, требуется их квантование: значение каждой амплитуды округляется до ближайшего числа из некоторого конечного набора заранее фиксированных чисел (уровней квантования), и в результате получается сигнал $z(t)$, *дискретизированный по амплитуде*. На рис. 4.2 представлены исходный сигнал, дискретный во времени сигнал, полученный из исходного, и сигнал, полученный после квантования и представляющий собой дискретную во времени последовательность дискретных амплитуд. Заметим, что при квантовании значения амплитуды исходного сиг-

нала утрачиваются вследствие округления, так что этот сигнал уже не может быть восстановлен точно (потеря точности выражается в т.н. шумах квантования, рассмотрение которых остается за пределами учебника).

И, наконец, последнее преобразование сигнала, также показанное на рис. 4.2. Поскольку количество уровней квантования является конечным, все их можно пронумеровать (например, в порядке возрастания) и представить каждый номер в виде двоичного кодового слова. В результате сигнал $z(t)$ превращается в последовательность n -битовых слов, т.е. становится *цифровым*. Все это вместе и есть *импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)*.

Очевидно, что чем больше уровней квантования, тем лучшую характеристику будет иметь восстановленный сигнал. Например, для речевых сигналов ИКМ достаточно иметь 256 уровней (8-битовые двоичные слова), но при кодировании музыки в CD-плеерах для получения удовлетворительной характеристики требуется 65536 уровней (16-битовые двоичные слова). Чем лучшее качество нам требуется, тем в большем количестве уровней квантования мы нуждаемся, и тем более длинными должны быть кодовые слова, что, естественно, приводит к необходимости передавать биты с более высокой скоростью. Скорость передачи битов должна быть настолько высока, чтобы цифровое слово, несущее предыдущее дискретное значение амплитуды сигнала, оказалось переданным до того, как появится следующее слово, готовое к передаче. Поэтому для каждой системы приходится искать определенный компромисс между качеством и скоростью передачи информации.

Аналоговый речевой сигнал в телефонии занимает диапазон частот шириной до 4000 Гц и требует производить отсчеты амплитуды 8000 раз в секунду, т.е. частота дискретизации составляет 8 кГц. При квантовании отсчетов используется 256 стандартных амплитуд, которые потом кодируются 8-разрядными двоичными словами. Затем эти слова передаются в соответствующих временных интервалах, а на приемной стороне выполняется обратный процесс приближенного восстановления исходного аналогового речевого сигнала. Частота отсчетов 8 кГц и 8-битовая схема кодирования (все это выбиралось в результате длительных дебатов в ITU-T) дают очень хорошее качество речи, правда, за счет довольно высоких требований к скорости передачи битов. Меньшая частота отсчетов и/или меньшая разрядность кодирования (7-битовая схема кодирования, например) дают менее гладкий и менее точно восстановленный речевой сигнал.

Итак, результат каждого отсчета представляется одним байтом. Имеем: 8000 байтов в секунду и 8 битов в каждом байте. Скорость потока данных, передающего человеческую речь, составляет:

4000Гц

x2

8000 отсчетов в секунду

x8 битов на отсчет

64Кбит/с

Поскольку ИКМ была первой стандартной технологией, получившей широкое применение в цифровых системах передачи, пропускная способность канала, равная 64 Кбит/с, стала всемирным стандартом для цифровых сетей всех видов. Все сегодняшние цифровые линии имеют пропускную способность, либо равную 64 Кбит/с, либо кратную этой величине. Например, пропускная способность цифрового тракта Е1 составляет 2.048 Мбит/с, что эквивалентно 32 каналам по 64 Кбит/с каждый (отметим сразу, что для передачи информации пользователей обычно используются 30 каналов, а остальные два служат для синхронизации, контроля и сигнализации). Обозначение Е1 стало общепринятым для европейского стандарта тракта 2.048 Мбит/с.

Технология ИКМ, базирующаяся на математических результатах Найквиста и Котельникова, представляет собой сегодня наиболее общий метод преобразования аналоговых речевых сигналов в цифровую форму.

Однако не забудем, что и ИКМ, и канал 64 Кбит/с стандартизировались в 1970-е годы. Современные технологии цифровой обработки сигналов предоставляют много более действенных способов кодирования. Имеется в виду, что можно добиться лучшего качества при той же скорости передачи битов, или равноценного качества при более низкой скорости передачи. Сегодня существуют и используются более сложные схемы кодирования. Например, телефоны ISDN могут передавать высококачественную речь в диапазоне 7 кГц с той же скоростью 64 Кбит/с. Другой пример – это широко распространенная технология мобильной связи GSM.

В ряде ведомственных сетей уже давно применяют более эффективные системы кодирования, такие как АДИКМ. Поясним, что АДИКМ поддерживает передачу речи с «телефонным» качеством на скорости 32 Кбит/с, обеспечивая тем самым более эффективное использование имеющейся полосы пропускания. *Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ)* эффективнее, чем ИКМ, поскольку она предусматривает кодирование только изменений уровня сигнала. Основываясь на предположении, что изменение амплитуды речевого сигнала происходит относительно медленно, для представления каждого отсчета можно использовать меньше

битов. В ДИКМ обычно используют 4 бита, что дает коэффициент сжатия 2:1. Такой уровень компрессии позволяет иметь в тракте Е1 64 канала по 32 Кбит/с вместо 32 каналов по 64 Кбит/с в стандарте ИКМ. ДИКМ обычно обеспечивает качество речи, сравнимое с ИКМ. Адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (АДИКМ) улучшает качество ДИКМ, причем без увеличения количества необходимых битов, а благодаря увеличению диапазона изменений сигнала, которые можно представить 4-битовой величиной. Но поскольку АДИКМ не согласуется с АТС на базе ИКМ, то, чтобы ввести два сжатых до 32 Кбит/с разговора в один канал ИКМ, необходимо специальное оборудование – *мультиплексор компрессии битов*. Впрочем, к вопросу о 32 Кбит/с мы еще вернемся в главе 6 при описании отечественной станции С-32.

Отметим, что АДИКМ – не единственная технология, появившаяся в результате непрекращающихся экспериментов производителей средств телефонии с теоремой Котельникова. Одно из предложенных ими направлений – уменьшить точность, с которой уровни квантования соответствуют амплитудам исходного сигнала в точках отсчета, в результате чего для кодирования вместо восьми требуется всего шесть или семь битов. Другое направление хорошо иллюстрирует дощатый забор, верх которого обрезан по кривой линии: даже убрав четыре из каждых пяти досок, изгиб восстановить все-таки можно. Еще одно направление основано на предположении, что в обычной человеческой речи существуют прогнозируемые паузы: в эти паузы с помощью техники, известной как *подавление молчания*, вводятся дополнительные разговорные сигналы. Применяются также разные варианты метода квантования, которые пока не являются общепринятыми или широко используемыми в коммутационных узлах и станциях, но о которых будет сказано в главе 7, посвященной сетям доступа. В числе этих вариантов: *варьируемый уровень квантования (VQL)* – коэффициент компрессии 2:1 (32 Кбит/с), *непрерывно варьируемое изменение крутизны (CVSD)* – коэффициент компрессии 4:1 (16 Кбит/с) или 6.667:1 (9.6 Кбит/с), *кодирование с векторным квантованием (VQC)*, – коэффициент компрессии 4:1 (16 Кбит/с), *речь с высокой пропускной способностью (HCV)* – коэффициент компрессии 8:1 (8 Кбит/с). При применении таких методов компрессии нельзя забывать об одном жестком правиле: высвобождение ресурса пропускной способности, достигаемое с их помощью, оплачивается качеством звука. Новейшие методы могут обеспечить даже коэффициент сжатия 16:1 (скорость 4 Кбит/с), однако качество речи при этом становится приемлемым только для исключительных случаев. Эти вопросы будут также затронуты в главе 7.

4.2. Цифровые АТС

Теперь, вооружившись знаниями о технологии цифровой передачи информации, продолжим рассмотрение АТС, начатое в предыдущих главах книги. Коммутационная станция называется *цифровой*, когда ее коммутационное поле может коммутировать только цифровые сигналы, несущие как речь, так и управляющие сообщения или команды. Аналоговые сигналы тоже могут коммутироваться цифровой станцией, но лишь с применением аналого-цифровых (АЦП) и цифро-аналоговых (ЦАП) преобразователей. Сказанное представляет собой весьма упрощенное определение цифровой коммутации, но в следующих главах книги мы создадим из него более аккуратно и тщательно разработанную модель.

Эволюцию от аналоговой коммутации к цифровой иллюстрирует рис. 4.3. На рис. 4.3, а показаны аналоговые АТС с аналоговыми абонентскими и соединительными линиями (кстати, такое разделение на абонентскую и сетевую стороны узла коммутации прослеживается по всей книге). На рис. 4.3, б показана следующая фаза эволюции коммутации. В этой фазе цифровые коммутаторы взаимодействуют с другими цифровыми коммутаторами через цифровые соединительные линии, хотя могут также использоваться аналоговые абонентские линии и аналоговые соединительные линии, но непременно с использованием аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей. Однако коммутационное поле является цифровым, что подразумевает коммутацию в станции исключительно цифровых сигналов.

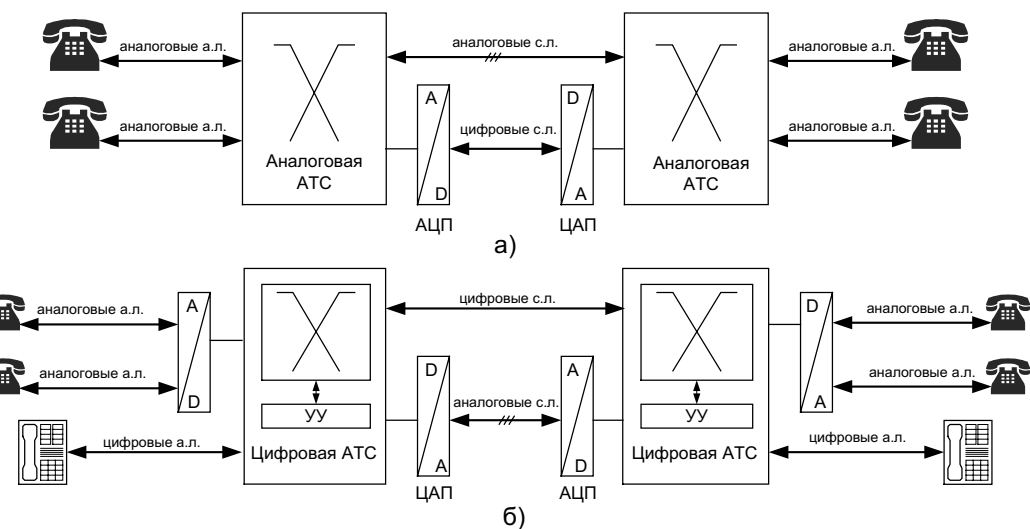


Рис. 4.3. Эволюция АТС

Ниже в этой главе будет использоваться поэтапный подход к изучению цифровой коммутации. Поскольку целью следующих глав является систематический анализ разных аспектов цифровых АТС, то здесь, во-первых, рассматривается базовая модель такой АТС, как она упрощенно представлена на рис. 4.3, б, а затем эта модель будет постепенно расширяться, охватывая большинство важных функций современной цифровой коммутационной станции. В параграфе 4.3 рассматриваются комплекты аналоговых и цифровых абонентских линий, а затем, в параграфе 4.4, – базовое ядро цифровой станции с переключающей матрицей, которая называется *коммутационным полем*. Коммутационное поле переключает каналы и тракты под управлением процессора и соответствующих контроллеров. Далее вводятся понятия линейных и служебных модулей, контроллеров интерфейсов и распределенного программного управления, которое рассматривается затем в соответствующей главе вместе с программным обеспечением цифровой АТС. Таким образом, данная глава предназначена исключительно для изложения некоторых базовых принципов организации и работы цифровых станций.

В представленной на рис. 4.3, б упрощенной блок-схеме гипотетической цифровой АТС можно выделить следующие функциональные подсистемы:

- Модули абонентских линий
- Коммутационное поле
- Модули соединительных линий
- Система управления.

В этот перечень не попало оборудование кросса (MDF, main distributing frame) – место, куда заводятся все входящие в станцию абонентские линии. Кросс имеет две стороны: вертикальную и горизонтальную. К вертикальной стороне подсоединяются абонентские кабели, а линии от абонентских модулей соединяются с горизонтальной стороной. Фактически соединение между вертикальной стороной (кабельная пара) и горизонтальной стороной (пара от станции) определяет номер абонента. Другим такого же рода устройством является распределительный магистральный щит (TDF, trunk distributing frame) – место подключения к АТС всех соединительных линий. TDF обычно меньше, чем кросс (MDF), и также имеет две стороны: вертикальную и горизонтальную. В состав оборудования АТС, как правило, входит электропитающая установка, представляющая собой совокупность силовых конвертеров, аккумуляторных батарей и аварийных источников питания станционного оборудования.

4.3. Абонентские модули

Прежде всего рассмотрим подробнее важнейший компонент любой цифровой АТС – комплекты аналоговых абонентских линий. Упрощенная схема абонентского комплекта показана на рис. 4.4. и включает в себя элементы, поддерживающие батарейное питание (*Battery feed*), защиту от перенапряжения (*Overvoltage protection*), посылку вызова (*Ringing current*), контроль шлейфа абонентской линии (*Supervision*), кодирование аналоговых сигналов (*Coding*), функции дифсистемы (*Hybrid*) и тестирования (*Testing*). Отсюда и возникла аббревиатура *BORSCHT*, весьма привычно звучащая на русском языке.

Первой функцией, которую должен обеспечить абонентский комплект, является дистанционное *батарейное питание* абонентского телефонного аппарата постоянным напряжением 60 В. Подавляющее большинство абонентских линий имеют длину менее 8 км и сопротивление шлейфа менее 1000 Ом, что исключает проблемы с питанием даже при напряжении питания 48 В, принятом в импортных АТС. Для удаленных абонентов и в других исключительных случаях напряжение питания может быть повышено путем включения дополнительного источника и/или использования специальных абонентских комплектов удаленных абонентов. Применяемое в телефонии питание от станционной батареи обеспечивает дополнительную надежность связи (она сохраняется при выходе из строя местной электросети), а также упрощение телефонного аппарата (он не нуждается в блоке сетевого питания). Впрочем, последнее обстоятельство сегодня не представляется существенным, так как местное электропитание все равно необходимо для бесшнуровых телефонных аппаратов, для факсимильных аппаратов и для обеспечения других дополнительных возможностей. Все это наводит на размышления о том, насколько необходимо сохранять централизованное питание телефонного аппарата в сети ISDN, при использовании оптических абонентских линий и при других перспективных технологиях сети доступа, которые будут обсуждаться в главе 7.

Другая функция абонентского комплекта – *защита от перенапряжений*, источниками которых могут быть бытовые нарушения в электропроводке, метеорологические условия (например, удар молнии), воздействия промышленной среды (например, связанные с повреждениями высоковольтных линий) и т.п. Для защиты могут использоваться газонаполненные предохранители, стабилитроны или другие средства.

Каждый абонентский комплект выполняет также коммутацию цепи *вызывного тока* при посылке вызова к телефонному аппарату. В аналоговых телефонных аппаратах звонок работает от довольно высокого переменного напряжения частотой 25 Гц с длительностью посылок, различающейся при местном вызове, при автоматическом междугородном вызове и при вызове со стороны телефонистки междугородной станции. Для современных бесшнуровых или цифровых телефонов дистанционное возбуждение звонка переменным током низкой частоты заменяется тональным вызывным сигналом.

Весьма важной функцией, выполняемой абонентским комплектом, является *контроль шлейфа абонентской линии* для распознавания абонентской сигнализации. Вопросы абонентской сигнализации рассматриваются ниже. Другими функциями, входящими в набор BORSCHT, являются аналого-цифровое (A/D) и цифро-аналоговое (D/A) преобразование – *кодирование речевого сигнала*, подробно рассмотренное в первом параграфе данной главы, и *функции дифсистемы*, обеспечивающие переход от двухпроводной схемы передачи речевых сигналов по абонентской линии к внутристанционной четырехпроводной схеме. Термин «Hybrid» описывает весь набор задач, связанных с разделением направлений передачи при двусторонней связи.

И, наконец, абонентские комплекты должны предусматривать *тестирование* абонентской линии и аппарата абонента, позволяющее при возникновении неисправности установить ее причину и место. Сюда входит контроль сопротивления изоляции провода *a* или *b* относительно земли, сопротивления изоляции между проводами *a* и *b*, рабочей емкости между проводами *a* и *b*, сопротивления шлейфа, параметров номеронабирателя. Эти проверки, проводимые, как правило, с помощью централизованных пультов, будут рассматриваться в посвященной технической эксплуатации главе 10 при описании систем централизованного технического обслуживания абонентов типа АРГУС.

Схемы абонентских комплектов, используемых в современных АТС, изменяются практически ежегодно, так что рис. 4.4 следует рассматривать только как пример. Сигналы от телефонного аппарата по проводам *a* и *b* абонентской линии поступают в абонентский комплект через схему защиты от перенапряжений. При входящем вызове в абонентском комплекте к проводам *a* и *b* подключается вызывное напряжение, и сигнал вызова передается по линии к телефонному аппарату абонента.

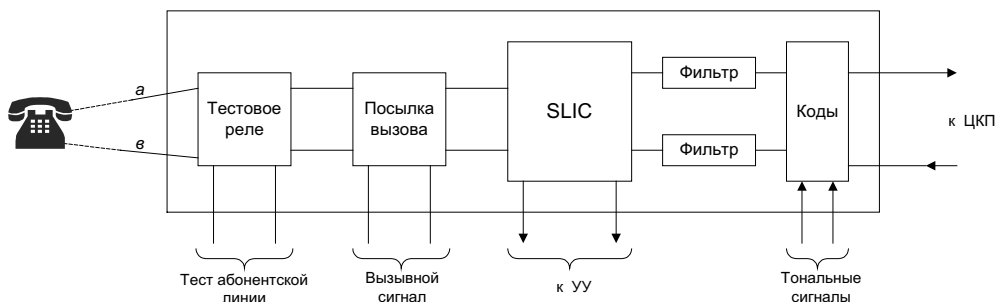


Рис. 4.4. Пример абонентского комплекта

Схема интерфейса абонентской линии *SLIC* (Subscriber Line Interface Circuit) содержит блок абонентской сигнализации и блок перехода от двухпроводной линии к четырехпроводной. На станционной стороне *SLIC* устанавливаются один приемный и один передающий фильтры, которые служат для ограничения полосы частот речевого сигнала. Сигналы, поступающие от абонентского аппарата, детектируются в *SLIC* и в двоичной форме передаются в управляющее устройство (*УУ*) абонентского модуля. Такие же двоичные сигналы, в свою очередь, использует *УУ* для передачи от станции к абоненту акустических сигналов, таких как сигнал занятости, ответ станции, и т.д. Еще раз подчеркнем, что функции *УУ* варьируются от системы к системе, но на самом низком уровне должно обеспечиваться сканирование каждого абонентского комплекта, чтобы детектировать изменение состояния соответствующей абонентской линии. О каждом изменении сообщается *УУ* с указанием адреса линии и, обычно, времени, прошедшего с момента последнего изменения ее состояния. И, наконец, *УУ* должно выполнять функции технической эксплуатации абонентского модуля. Число абонентских комплектов в одном модуле зависит от типа АТС.

В абонентский комплект не входят средства, поддерживающие многочастотный набор номера (DTMF). Впервые DTMF был введен АТ&Т в 1963 году с целью ускорить установление соединения на АТС. До этого применялся только импульсный набор номера, уже рассмотренный нами при изучении абонентских комплектов электромеханических АТС. Набор 7-значного номера импульсным способом занимает минимум 8.1 секунды. Набор того же 7-значного номера многочастотным способом можно выполнить гораздо быстрее, экономя время абонентов. Таким образом, многочастотный набор номера сокращает длительность непроизводительного занятия ресурсов АТС и сети. Сигналы DTMF используются также для ввода PIN-кода предоплатной карты, доступа к речевой почте и к другим услугам компьютерной телефонии и IP-телефонии, которые будут рассмотрены в главе 11. Как только телефонное соединение установлено, дополнительные сигналы DTMF, предусмотренные систе-

мами компьютерной телефонии, речевой почты или интерактивного речевого ответа IVR, проходят через АТС и через сеть прозрачно.

Телефон, оборудованный DTMF, вместо диска имеет многочастотную клавиатуру. Обычно такая клавиатура содержит 12 клавиш (10 – для цифр, а две – для символов * и #). Клавиатура некоторых телефонов имеет только 10 клавиш, но существуют и аппараты с 16-клавишной клавиатурой (еще 4 клавиши – для символов A, B, C и D).

Для кодирования цифр и символов используется две группы звуковых частот, одна – в нижней части речевого диапазона, вторая – в верхней его части. Каждой цифре или символу (т.е. каждой клавише клавиатуры) соответствует определенная двухчастотная комбинация (одна частота из нижней группы и одна – из верхней). Применительно к 16-клавишной клавиатуре это показано в табл. 4.1, где каждая строка соответствует определенной частоте нижней группы, а каждый столбец – определенной частоте верхней группы; на пересечениях строк и столбцов записаны цифры (символы), обозначаемые соответствующими парами частот. Очевидно, что для 12-клавишной и 10-клавишной клавиатуры крайний справа столбец табл. 4.1 не нужен, и частота 1633 Гц не используется.

Таблица 4.1. Код DTMF

697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D
	1209	1336	1477	1633

Схема генерирования сигналов DTMF устроена так, что при нажатии на клавиатуру одновременно двух клавиш одного и того же горизонтального или одного и того же вертикального ряда генерируется только одна частота, общая для этих двух клавиш. Например, нажав одновременно 1 и 4, мы получим только частоту 1209 Гц, а нажав сразу две клавиши в разных рядах, скажем, 1 и 5, мы вообще не получим никакой частоты.

Приемник сигналов DTMF бывает подключен к проводам абонентской линии тогда, когда предполагается набор абонентом цифр и/или символов. Для каждой из сигнальных частот в нем имеется детектор с узкополосным частотным фильтром. Цифра (или символ) считается принятой, когда сигнал достаточно высокого уровня обнаружен одновременно двумя детекторами.

Работа некоторых старых телефонных аппаратов с многочастотным набором номера зависела от полярности на проводах линии. Если в таком аппарате переполюсовать провода *a* и *b*, сам он будет работать, но клавиатура работать не сможет. Во многих АТС переполюсовка напряжения на проводах *a* и *b* служит сигналом того, что

абонент ответил и можно начать начисление платы за связь. Эта операция намеренно блокировала тастатуру DTMF. Однако многие новые услуги требуют, чтобы вызывающий абонент мог передавать сигналы DTMF, уже получив соединение с нужной ему службой. Такие службы могут функционировать потому, что сигналы DTMF передаются по тому же тракту, что и разговорный сигнал, и служба может их принять, хотя АТС уже отключила свои детекторы, считая, что абонент закончил набор. Организовать же работу подобных служб с применением импульсного набора намного сложнее, поскольку многие АТС не ретранслируют импульсы набора в условиях, когда набор номера не ожидается. Поэтому новые телефонные аппараты с многочастотным набором делают нечувствительными к полярности.

4.4. Доступ к услугам ISDN

Потребность в услугах передачи данных стала расти с 1970-х годов. За границей эти услуги вначале предоставлялись сетями передачи данных с коммутацией пакетов (PSDN) на базе протокола X.25. К началу 1980-х годов стало ясно, что имеются и потребность, и техническая возможность интеграции передачи данных и речи в одном цифровом тракте. Создавались такие приложения, как видеотелефония, онлайн-овые информационно-справочные службы, передача оперативной информации об абоненте на экран рабочего места оператора, который его обслуживает, передача телеметрической информации для управления производственными процессами или для мониторинга пожарных датчиков с автоматическим оповещением о связанных с ними событиях посредством телефонных вызовов, а также ряд чисто телефонных услуг. Естественным развитием этих приложений и стал *ISDN-терминал*, представляющий собой либо компьютер с функционирующим на нем специализированным приложением, либо специализированный телефонный аппарат, оснащенный дисплеем. Несколько ISDN-терминалов обслуживается *сетевым окончанием* (NT), которое помещается у пользователя дома или в офисе и подключается по абонентской линии к АТС с функциями ISDN. Обычные терминалы (телефоны, факсы и др.) могут подключаться к NT через соответствующие *терминальные адаптеры* (TA).

Таким образом, цифровая абонентская линия ISDN оканчивается в помещении абонента сетевым окончанием NT, к которому может быть подключено несколько разных терминалов, разделяющих ресурс абонентской линии – два В-канала (по 64 Кбит/с) и один D-канал (16 Кбит/с). Каждый терминал обеспечивается адресом, по которому с ним может связаться любой другой абонент сети ISDN. С другой стороны, любой терминал может передать на АТС запрос связи через сеть ISDN либо в *режиме коммутации каналов*, либо

в *пакетном режиме*. В первом случае станция должна организовать обычное соединение между двумя абонентами. Во втором случае абоненты передают к АТС в асинхронном режиме пакеты данных, которые та должна быть способна хранить и пересылать к адресатам. Речевая или факсимильная связь обеспечивается в режиме коммутации каналов. Обмен данными может производиться в любом из двух режимов коммутации.

Разработка стандартов для ISDN велась под руководством организации, которая тогда называлась Исследовательской комиссией XVIII МККТТ (в настоящее время – Исследовательская комиссия 13 ITU-T), а вопросы услуг, технической эксплуатации, учета и пр. разрабатывали другие Исследовательские комиссии, компетентные в соответствующих областях. К примеру, протоколы сигнализации в интерфейсе пользователь-сеть ISDN определены в Рекомендациях I.450/Q.930 – I.452/Q.931, которые были разработаны Исследовательской комиссией 11, публикующей Рекомендации серии Q (отсюда двойные номера Рекомендаций). К ISDN относится несколько сотен Рекомендаций ITU-T. Основные Рекомендации серии I приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Рекомендации серии I по ISDN

Рекомендации I.110 - I.199	Определяют общую структуру ISDN (терминология, описание, модели и т.д.)
Рекомендации I.200 - I.299	Определяют услуги ISDN
Рекомендации I.310 - I.399	Описывают общесетевые аспекты и функции (опорные точки; нумерация, адресация и маршрутизация; требования к рабочим характеристикам; требования к протоколам и сетевым функциям)
Рекомендации I.420 - I.699	Специфицируют интерфейсы «пользователь-сеть» (в частности I.441/I.511 – интерфейс первичного доступа PRI, I.515 – параметры взаимодействия сетей ISDN)
Рекомендации I.730 - I.799	Специфицируют режим переноса информации в широкополосной ISDN (B-ISDN), т.е. режим ATM

Впервые МККТТ исследовал ISDN как концепцию в период с 1968 по 1971 год, но более глубокое исследование было проведено в исследовательский период 1981-1984 годов. Первый комплект Рекомендаций по стандартам появился в 1984 году в виде *Красной книги* МККТТ, в которой описывались базовая структура, архитектура сети, протоколы UNI (интерфейса пользователь-сеть) и протоколы межстанционной сигнализации по общему каналу. В итоге исследовательского периода 1985-1988 годов была опубликована *Синяя книга*, которая содержала описания дополнительных услуг, адаптации скоростей, ретрансляции кадров ISDN и первичный набор Рекомендаций по B-ISDN (широкополосной ISDN). Уместно напомнить, что разные цвета книг представляют разные исследовательские периоды.

К приведенным в табл. 4.2 Рекомендациям серии I следует добавить Рекомендации: Q.700 – спецификации системы сигнализации № 7 (ОКС7), Q.921 – спецификации уровня 2 для канала D – протокола LAPD, Q.931 – спецификации уровня 3 интерфейса пользователь-сеть, V.110 – процедуры канала В (Европа) для терминальных адаптеров (ТА), а также касающиеся ISDN стандарты ANSI (Соединенные Штаты) и ETSI (Европа).

Для пользовательского доступа были стандартизованы следующие типы каналов, предназначенных для передачи информационных потоков пользователя (речи или данных) и сигнальной информации:

А. Аналоговый телефонный канал 4 кГц.

В. Цифровой канал 64 Кбит/с (для передачи речевой информации или данных).

С. Цифровой канал 8 или 16 Кбит/с (для передачи данных, используемый в сочетании с А-каналом).

Д. Цифровой канал 16 или 64 Кбит/с (для передачи сигнальной информации).

Н. Канал, функционально эквивалентный каналам В, но предоставляющий приложениям PRI агрегатную ширину полосы. Сигналы в канале H_0 имеют агрегатную скорость 384 Кбит/с, а каналы H_1 работают на агрегатной скорости 1536 Кбит/с в североамериканской версии (H_{11}) и 1920 Кбит/с в европейской версии (H_{12}).

Д-канал служит для обмена терминала пользователя с АТС сети ISDN сигнальной информацией, необходимой для организации, поддержки и завершения сеанса связи этого терминала с терминалом любого другого пользователя. Обычно пользователь ISDN имеет несколько терминалов (однотипных или разнотипных в любом сочетании), и один канал D является общим для всех этих терминалов. Помимо сигнализации, D-канал может использоваться для передачи в пакетном режиме (с относительно небольшой скоростью) пользовательской информации. В-канал предназначается исключительно для переноса пользовательской информации, причем ее перенос возможен как в режиме коммутации каналов, так и в пакетном режиме.

Доступ пользователь-сеть ISDN имеет структуру вида $nB+D$ (n В-каналов и один D-канал), при этом, в принципе, возможны самые разные структуры. В Европе в течение ряда лет предлагалась услуга со структурой доступа $0B+D$, которая предусматривала доступ только к D-каналу для пакетной передачи данных со скоростью до 9.6 Кбит/с. Ряд операторов в Соединенных Штатах предлагал модификации доступа $1B+D$ и $0B+D$ для приложений, в которых необходим только один канал В или только канал D. Но это, скорее, исключения. Как правило, используются две основные структуры:

- *Базовый интерфейс ISDN (BRI) или доступ на базовой скорости (BRA).* Содержит два В-канала, каждый из которых работает на скорости 64 Кбит/с, и один D-канал со скоростью 16 Кбит/с (структура **2B+D**). По каждому В-каналу можно передавать цифровые данные, ИКМ-кодированную речь (на скорости 64 Кбит/с или меньшей) или композицию низкоскоростных данных (на субскоростях), если все они предназначены одному и тому же адресату. D-канал доступен для передачи пакетов данных и низкоскоростной телеметрической информации, когда он не занят для сигнализации; в число эффективных его приложений входит проверка полномочий кредитных карт. BRI используется, в основном, для квартирного сектора, малого бизнеса, Центрекс и приложений дистанционного управления, которые не особенно требовательны к полосе пропускания. Каналы В могут быть объединены, чтобы организовать скорость до 128 Кбит/с для таких услуг, как видеоконференция. Одна линия BRI может обслуживать до 8 терминалов ISDN. В интерфейсе BRI применяются 8-штырьковый разъем и колодка RJ-45.
- *Первичный интерфейс ISDN (PRI) или доступ на первичной скорости (PRA)* содержит 30 В-каналов и 1 D-канал (структура **30B+D**). Этот же интерфейс в США и Японии имеет структуру 23B+D. И каналы В, и канал D работают на скорости 64 Кбит/с. Отдельные каналы В могут использоваться так же, как в случае BRI, но канал D служит исключительно для сигнализации. Поскольку стандарты предусматривают обслуживание каналом D PRI до 5 соединений одновременно, многочисленные операторские компании используют эту концепцию, получая таким образом дополнительные возможности, в частности, с помощью преобразователя MSM из серии конвертеров сигнализации xSM, упоминаемых в главе 8. Будучи разработанным для стандартного тракта E1, интерфейс PRI значительно лучше других вариантов организации цифровых соединительных линий, поскольку каналы можно назначать динамически. Иными словами, любой канал может использоваться, в зависимости от обстоятельств, как входящий, исходящий, комбинированный или как соединительная линия DID. Использование канала может определяться, смотря по необходимости, на основе задаваемых пользователем параметров. Кроме того, несколько каналов В могут быть объединены, чтобы обслуживать приложения с повышенными требованиями к полосе пропускания, например, такие приложения, как видеоконференцсвязь.

Абонентские линии базового доступа включаются на АТС в *линейные окончания (LE)*, которые, вместе со *станционными окончаниями (ET)*, образуют абонентские комплекты ISDN. Эти комплекты объединяются в цифровые абонентские модули ISDN, каждый из

которых содержит n таких комплектов (8, 16 или другое количество, зависящее от типа АТС), так что в один абонентский модуль включается n абонентских линий. На стороне коммутационного поля модуль имеет $2n$ четырехпроводных каналов, каждый из которых соответствует одному В-каналу. Управляющее устройство используется как для сигнализации, так и для работы с пакетами данных, передаваемых по D-каналам. Абонентский комплект ISDN выполняет определенный набор функций, который приведен ниже и который читателю предлагается сравнить с рассмотренным в предыдущем разделе набором BORSCHT:

- преобразование электрических уровней линейного сигнала в логические уровни, используемые на станции, и наоборот;
- переход от двухпроводной линии к четырехпроводной;
- демультиплексирование/мультиплексирование двух В-каналов и одного D-канала двунаправленного потока 144 Кбит/с, используемого в каждой линии ISDN.

Согласно Рекомендациям МСЭ ISDN предоставляет пользователям услуги трех видов:

- услуги доставки информации (*bearer services*); их сеть предоставляет сама, выполняя функции передачи и коммутации;
- услуги предоставления связи (*teleservices*), реализуемые совместно терминалами пользователей и сетью (она обеспечивает доставку информации, а в некоторых случаях выполняет и функции более высоких уровней);
- дополнительные услуги (*supplementary services*), которые не предоставляются самостоятельно, а дополняют услуги двух первых видов; дополнительные услуги определены в Рекомендациях ITU-T I.250 – I.299.

Протокол сетевого уровня DSS1, обеспечивающий обмен сигналами сообщениями между оборудованием пользователя и АТС, обычно называют протоколом Q.931 (по номеру Рекомендации ITU-T, в которой он специфицирован). Протокол Q.931 определяет модель базового процесса обслуживания вызова и набор сообщений, сгруппированных в соответствии с состояниями этого процесса:

- Сообщения на этапе установления соединения: *ALERTING* (Передается вызывной сигнал), *CALL PROCEEDING* (Связь организуется), *CONNECT* (Соединить), *CONNECT ACKNOWLEDGE* (Соединение готово), *PROGRESS* (Особенности маршрута), *SETUP* (Запрос связи) и *SETUP ACKNOWLEDGE* (Запрос принят).
- Сообщения в активной фазе соединения: *SUSPEND* (Прервать связь), *SUSPEND ACKNOWLEDGE* (Связь прервана), *SUSPEND REJECT* (Отказ прервать связь), *RESUME* (Возобновить связь), *RESUME ACKNOWLEDGE* (Связь возобновлена) и *RESUME REJECT* (Отказ возобновить связь).

- Сообщения на этапе разъединения: *DISCONNECT* (Разъединить), *RELEASE* (Освободить ресурсы) и *RELEASE COMPLETE* (Ресурсы освобождены).
- Другие сообщения (вообще говоря, они не зависят от состояния процесса обслуживания вызова): *CONGESTION CONTROL* (Управление при перегрузке), *FACILITY* (Дополнительная услуга), *NOTIFY* (Уведомление), *STATUS* (Статус) и *STATUS ENQUIRY* (Запрос данных о статусе).

Несмотря на некоторый всплеск спроса на услуги ISDN, наблюдавшийся в последнее десятилетие в Европе, внедрение этих сетей в других странах было и остается медленным. Отставание США объясняется так называемым «феноменом перескока»: технология ISDN появилась как раз тогда, когда в Европе развивали инфраструктуру телефонной сети с целью охватить телефонной связью всех квартирных абонентов, а в США практически каждая семья уже имела, по меньшей мере, одну телефонную линию задолго до того, как появилась концепция ISDN. Автор (высказывая здесь сугубо личную точку зрения) надеется, что и в БСС России развитие ISDN будет ограниченным. Это мнение обусловлено аналогичным «феноменом перескока», выраженным у нас в том, что интенсивное развитие спроса на цифровой доступ, в первую очередь, к Интернет, обнаружилось в нашей стране только сегодня, когда уже имеются гораздо более современные и эффективные, чем ISDN, технологии. Принципы технологий xDSL уже упоминались в начале этой главы, а их характеристики рассматриваются в главе 7. Добравшись до нее, читатель почувствует разницу между скоростями доступа xDSL и вышеупомнутой скоростью 144 Кбит/с, которой, перефразируя Атоса из «Трех мушкетеров», для передачи речи – слишком много, а для передачи данных – слишком мало.

Причина сложившегося положения (опять-таки, исключительно по мнению автора) состоит в том, что все 25 лет своей истории ISDN прогрессировала легендарно низкими темпами, обусловленными крайней медлительностью разработки стандартов в МККТТ, с обновлением их каждые четыре года и с застоем в промежутках между ними, несоблюдением стандартов рядом ведущих компаний, низкой доступностью стандартов основной массе компаний, нормативными барьерами, высокой стоимостью каналов и оборудования, а также бедным рынком. Сами стандарты, выпускавшиеся МККТТ, имеют вид Рекомендаций, и отдельные страны-участники могли создавать национальные версии ISDN. Наиболее значимое в международном масштабе различие версий состоит все в той же базовой иерархии ISDN: североамериканская версия следует иерархии T1 с доступом PRI, содержащим 24 канала В; а европейская версия основана на иерархии E1, дающей 30 каналов В. Понятно,

что это различие очень важно в контексте поддержки совместимости с существующими сетями, но, кроме того, оно порождает проблемы несовместимости основных протоколов. Другой пример – компания Pacific Bell еще до недавних пор предлагала ISDN с каналами В на скорости 56 Кбит/с (вместо стандартной скорости 64 Кбит/с). Это отличие обусловил тот факт, что в сети компании не была полностью развернута система сигнализации ОКС7; так что 8 Кбит/с полосы канала занимала внутрисполосная сигнализация.

Сейчас многое изменилось, даже стиль работы ИТУ-Т отличается от стиля МККТТ: стандарты выпускаются регулярно, вне связи с четырехлетними циклами. Но время уже упущено. К тому же, еще до того как завершилась стандартизация ISDN, ее пришлось переименовать в *узкополосную ISDN (N-ISDN)*, поскольку начались работы по *широкополосной ISDN (B-ISDN)*. B-ISDN обеспечивает сквозную скорость передачи 155 Мбит/с, базируется на технологии *асинхронного режима переноса информации (ATM)* и призвана поддерживать такие услуги, как, например, «видео по требованию», обещая также все те убедительные преимущества, которые ассоциировались с первоначальными идеями ISDN: увеличение полосы пропускания, гибкость, низкий коэффициент ошибок, высокие надежность и доступность, широкий спектр услуг, а также многое другое, предоставляемое сегодня модемами V.90 и технологиями xDSL, которые отняли у доступа ISDN значительную часть рынка.

4.5. Коммутационное поле

В коммутационных полях цифровых АТС могут использоваться:

- только пространственная коммутация,
- только временная коммутация,
- коммутация вида «пространство-время»,
- коммутация вида «время-пространство»,
- коммутация вида «пространство-время-пространство»,
- коммутация вида «время-пространство-время»,
- более сложные комбинации пространственной и временной коммутации.

Рассмотрим некоторые из них.

4.5.1. Пространственная коммутация

Устройства пространственной коммутации использовались еще в декадно-шаговых и координатных АТС, рассмотренных в двух предыдущих главах, т.е. задолго до появления цифровой коммутации. Пространственная коммутация была основой построения коммута-

ционных полей квазиэлектронных АТС и электронных АТС первого поколения. В частности, американские станции 1ESS, 2ESS и 3ESS, а также отечественные КВАРЦ, МТ-20, ИСТОК используют исключительно пространственную коммутацию.

Пространственные S-коммутаторы (от слова space – пространство) создают в коммутационном поле электрический соединительный путь, который поддерживается в течение всего времени существования соединения. При этом обеспечивается физическое (а в электромеханических и квазиэлектронных АТС – просто металлическое) соединение входа коммутационного поля с его выходом.

Цифровая пространственная коммутация дает возможность соединять входы с выходами только в тех случаях, когда номер временного интервала, отведенного входу, совпадает с номером временного интервала, отведенного выходу. В связи с этим коммутационные поля, построенные только из пространственных коммутаторов, в цифровых АТС практически не применяются.

4.5.2. Временная коммутация

Временные Т-коммутаторы (от слова time – время) поддерживают виртуальное соединение, существующее только в течение определенных временных интервалов. Концептуально временная коммутация может рассматриваться как система памяти, которая назначает для разных временных интервалов разные ячейки памяти, в связи с чем такая система называется памятью межинтервального обмена. Концепция программного назначения временных интервалов разрешает использовать одни и те же пространственные точки коммутации в разные интервалы для разных соединений.

4.5.3. Коммутация ПВП (пространство-время-пространство)

При рассмотрении декадно-шаговых АТС в главе 2 было показано, что использование единственной ступени коммутации экономически эффективно лишь до определенного размера этой ступени. То же самое справедливо и по отношению к однокаскадному коммутационному полю: начиная с какой-то емкости поля, его приходится делать многокаскадным. При построении многокаскадного цифрового коммутационного поля используются разные комбинации каскадов пространственной и временной коммутации. Например, первый каскад поля может строиться из пространственных коммутаторов П, второй каскад – из временных коммутаторов В, а третий, последний каскад – снова из коммутаторов П. Такое коммутационное поле, называемое ПВП (Пространство-Время-Пространство), показано на рис. 4.5. Оно содержит по N коммутаторов П в первом и в третьем каскадах и М коммутаторов В во втором каскаде.

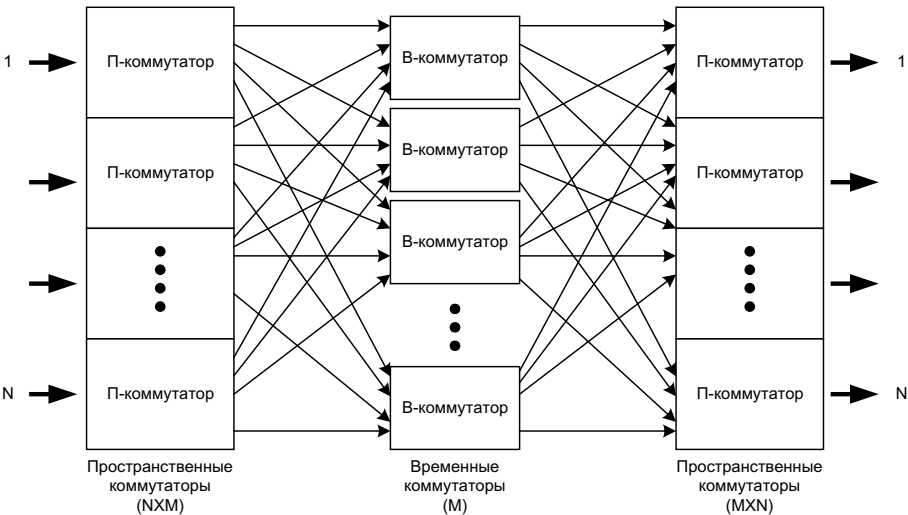


Рис. 4.5. Коммутационное поле ПВП

4.5.4. Коммутация ВПВ (время-пространство-время)

Одной из наиболее распространенных схем коммутационного поля в настоящее время является схема ВПВ (Время-Пространство-Время), показанная на рис. 4.6. Основное преимущество схемы ВПВ перед схемой ПВП состоит в том, что она более экономична, поскольку временные коммутаторы дешевле пространственных и при высокой нагрузке обеспечивают более эффективное использование временных интервалов с меньшей вероятностью блокировки.

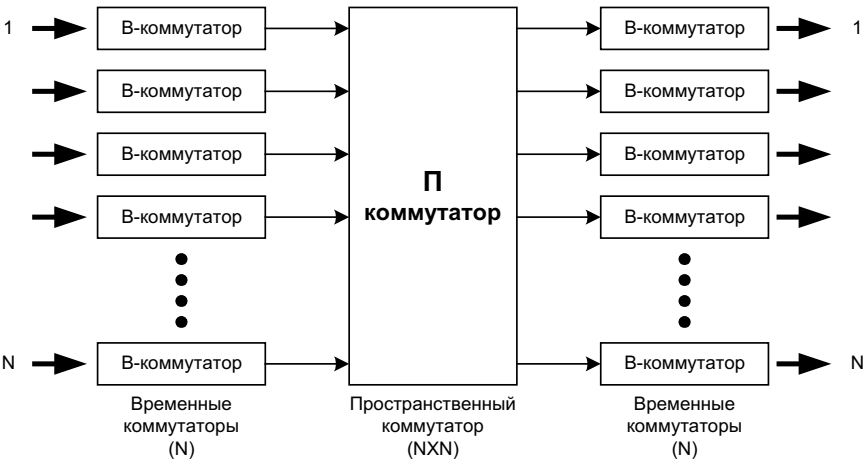


Рис. 4.6. Коммутационное поле ВПВ

В узлах коммутации большой емкости возможны другие схемы коммутационного поля: ВППВ, ВПВПВ и т.д.

Кроме того, современная коммутационная техника движется в направлении конвергенции, когда трафик видеослужб, аудиослужб, служб передачи данных и речи будет объединяться и коммутироваться через единые цифровые узлы коммутации, причем будущая телефонная коммутация, по всей вероятности, будет иметь оптическую основу. Средства оптической коммутации находятся в стадии разработки, в этой области есть достижения, в том числе и в создании электрооптических (Е/О) и оптоэлектрических (О/Е) преобразователей, однако получить достаточно полную информацию об оптических коммутационных полях можно будет лишь в следующих изданиях этого учебника.

4.6. Модули соединительных линий, синхронизация и служебные функции

Станционные комплекты соединительных линий ИКМ выполняют довольно сложные функции, которые, вкратце, сводятся к следующему:

Электрический интерфейс физически сопрягает линию со станцией и обеспечивает восстановление входящего сигнала после возможных его искажений при передаче.

Тактовая синхронизация обеспечивает условия, необходимые для того, чтобы станционные устройства работали синхронно с тактовыми импульсами линии, что позволяет считывать единицы и нули во входящем битовом потоке с минимальной вероятностью ошибки. Методы реализации этой функции различны в АТС разных типов.

Пороговое устройство и интерпретация – преобразование биполярного сигнала в однополярный: сигнал, поступающий по линии (то есть искаженный аналоговый сигнал с помехами), преобразуется, через пороговое устройство, в последовательность логических единиц и нулей. Эта регенерация битового потока и обеспечивает превосходство цифровой передачи и цифровой коммутации над их аналоговыми прототипами.

Детектирование тревожных сигналов производится после того, как биполярный сигнал, полученный по линии, преобразован. Сведения об обнаруженных аномальных ситуациях кодируются средствами тревожной сигнализации. Примеры тревожных сигналов: *потеря цикловой синхронизации*, в результате чего станция не может правильно принимать поток; *отсутствие импульсов на приеме*, т.е. во входящем потоке пропущен бит; *частота ошибок выше порого-*

го значения, т.е. частота возникновения ошибок превышает 0.001, тревожный сигнал станционного комплекта, создаваемый всякий раз, когда в станционном комплекте соединительной линии обнаружится неисправность и др.

Обработка сигналов управления коммутацией. Для передачи этих сигналов с использованием двух выделенных сигнальных каналов, закрепляемых за каждым из 30 телефонных каналов, в 32-канальном тракте ИКМ организуются *сверхциклы*. Каждый сверхцикл представляет собой упорядоченную последовательность 16-ти циклов (с 0-го по 15-й), повторяемых без перерыва каждые 2 мс ($125 \text{ мкс} \times 16$). В каждом сверхцикле 16-й канал первого цикла всегда содержит кодовую комбинацию 000001XS, в которой бит X равен 1, если отправитель цикла в данный момент не способен к приему сверхциклов. Бит S может использоваться для передачи данных со скоростью 500 бит/с. Кодовая комбинация 000001XS используется для синхронизации сверхциклов, позволяющей в каждый момент знать, который из циклов сверхцикла принимается.

Более подробно системы сигнализации в цифровых сетях и узлах коммутации рассматриваются в главе 8. Особое место среди них уделено там системе общеканальной сигнализации №7. В контексте данной главы отметим, что сигналы передаются по общему каналу в виде *кадров*, для приема которых станционный комплект должен быть способен к самосинхронизации со входящим потоком на *битовом уровне*, а всякий раз при безуспешном выполнении такой функции, комплект должен извещать об этом событии систему управления. После синхронизации на битовом уровне, станционный комплект должен получать *цикловую синхронизацию* для того, чтобы быть в состоянии правильно определять начало, содержание и конец каждого принимаемого им кадра. Все кадры нумеруются и содержат проверочные биты, которые используются станционным комплектом для обнаружения ошибок. Нумерация кадров служит для организации повторной передачи кадров, принятых с ошибкой.

Станционный комплект общего канала сигнализации может поддерживать функции цикловой и битовой синхронизации. При этом он транслирует из канала в систему управления только полезные сообщения, то есть те, которые действительно передаются по каналу сигнализации, и те, которыми обмениваются устройства управления станций при выполнении функций наблюдения, тестирования и диагностики, чтобы убедиться в правильности работы обеих взаимодействующих АТС. Вследствие сложности функций, которые он должен выполнять, этот комплект строится на базе одного или нескольких микропроцессоров. Кроме того, некоторые его функции, в частности, те, которые связаны с защитой от ошибок и с процедурами синхронизации, часто реализуются на специальных СБИС (например, HDLC-контроллер).

Как только был сделан шаг от аналоговых технологий к цифровым, одним из важнейших вопросов стала синхронизация. Роль модуля тактовой синхронизации в АТС легко понять, если провести аналогию между телефонным и городским трафиком: трудно представить себе движение транспорта в центре большого современного города без синхронизированных светофоров. Так же, как в городе рассинхронизация светофоров привела бы к нарушениям нормального уличного движения, рассинхронизированные узлы коммутации оказались бы неспособными буферизировать информацию, и это обернулось бы снижением качества сжатых видеосигналов и кодированных речевых данных, или потерей информации.

4.7. Управление по записанной программе

Вспомним об основном отличии электронной коммутации от электромеханической. Еще до цифровизации телефонных станций, появились технологии централизованного, а затем и распределенного программного управления АТС, т.е. обслуживание вызовов и другие функции узла коммутации стали выполняться управляющими процессорами. Ранние версии электронных станций были снабжены оперативной памятью для хранения информации об обслуживаемых вызовах и полупостоянными запоминающими устройствами, которые хранили программы управления узлом. Эти первые электронные АТС назывались *станциями с управлением по записанной программе (SPC)*.

Интеллект первых станций с SPC находился в одном процессоре, который управлял всеми внешними устройствами и для надежности дублировался. В современной цифровой АТС имеется несколько процессоров и применяется распределенная архитектура программного обеспечения и аппаратных средств. Более подробно эти вопросы рассмотрены в главе 9, посвященной программному управлению АТС.

Реализация функций техобслуживания современного цифрового узла коммутации также восходит к ранним станциям с SPC, которые были полностью зависимы от единственного процессора, ответственного за выполнение всех функций узла коммутации. Все вопросы эксплуатационного управления АТС, включая техобслуживание, будут рассмотрены в главе 10.

Глава 5

Импортные цифровые АТС

*Каждый выбирает для себя
Женщину, религию, дорогу.
Ю. Левитанский*

5.1. Выбор АТС

Возможно, некоторым читателям, особенно студенческого возраста, материал этой главы покажется чрезмерно приземленным по отношению к выбранному эпиграфу, но и они вскоре поймут, насколько непросто бывает Оператору выбрать для своей сети коммутационное оборудование того или иного типа. Прежде чем мы перейдем к рассмотрению разных типов АТС, представленных на обширном отечественном телекоммуникационном рынке, хотелось бы разделить их на два основных класса.

Разделение на классы, абсолютно недопустимое, по мнению автора, в человеческом обществе, применительно к неодушевленным предметам – цифровым АТС – в сегодняшних условиях представляется целесообразным. Речь идет о делении их на «наши» и «не наши», и, следуя такой классификации, эту главу мы посвятим импортным коммутационным платформам с программным управлением, а следующую – отечественным цифровым АТС.

Относя те или иные коммутационные платформы к «нашим» или «не нашим», автор руководствовался исключительно здравым смыслом, а не формальным наличием или отсутствием *статуса отечественного производителя*, что характеризует, скорее, успешность работы маркетинговых служб иностранных компаний и гибкость отечественных чиновников, а не реальное знание архитектуры и исходных текстов функционального программного обеспечения, составляющего суть той или иной коммутационной платформы.

В главе о программном обеспечении АТС мы еще вернемся к этому вопросу. Здесь заметим лишь, что таким *реальным знанием* платформы обладают, как правило, только ее разработчики.

Автору известны всего два исключения из этого правила – два примера, когда многолетние творческие усилия квалифицированных специалистов позволили им овладеть коммутационной платформой, первоначально разработанной в другом месте, переписав при этом практически все программное обеспечение и переделав практически всю аппаратную часть. Первый пример – разработанная американской компанией ИТТ система 1240, перешедшая затем в собственность французской компании Алкатель (при покупке ею всех зарубежных отделений ИТТ) и ставшая хорошо известной во всем мире и у нас в стране Системой 12, которая будет рассмотрена в этой главе далее. Вторым примером является рассматриваемая в следующей главе российская станция АТСЦ-90, разработанная на базе хорошо зарекомендовавшей себя у связистов бывшего СССР финской АТС DX-200 с использованием переданной компанией Ноккиа документации.

Но сначала поговорим об эволюции АТС. Сегодняшний лавинообразный рост количества пользователей услугами Интернет, изобретение множества новых телекоммуникационных услуг, новые технологии доступа и мобильности определили концептуальные аспекты технической политики в области развития коммутационных узлов и станций сети общего пользования.

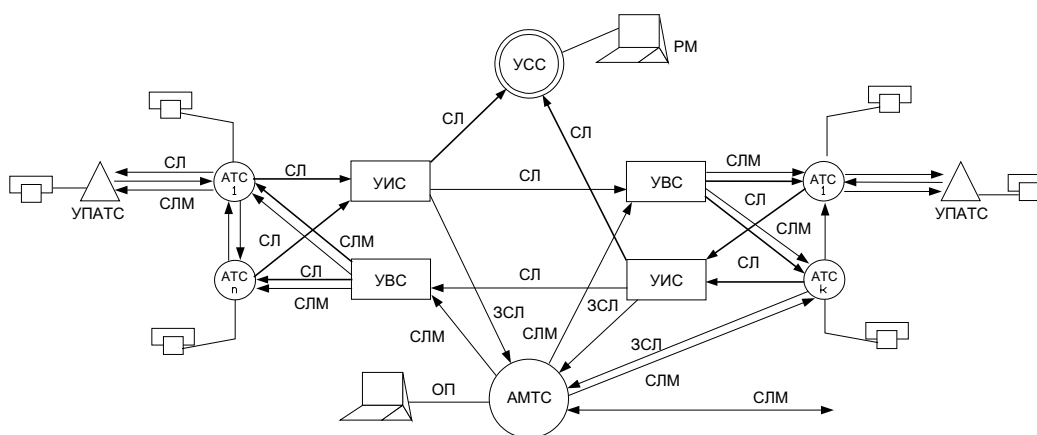


Рис. 5.1. Традиционная структура ГТС ВСС РФ конца XX века

На рис. 5.1 представлена упрощенная структура городской телефонной сети, рассматриваемая в курсе сетей связи. Существующие коммутируемые телефонные сети общего пользования (ТфОП) создавались для обслуживания речевого трафика, т.е. для предоставления традиционных услуг телефонной связи POTS (Plain Old

Telephone Service). Телеграфные сообщения передавались по отдельной, ранее существовавшей сети, а системы передачи данных и изображений появились гораздо позже. Поэтому представленная на рис. 5.1 сеть проектировалась по принципу «трех троек»:

3 – 3 – 3

Первая «тройка» связана с усредненной характеристикой случайного потока телефонных вызовов – 3 вызова в час наибольшей нагрузки (ЧНН) от одного абонента.

Телефонные соединения между абонентами относительно непродолжительны – три минуты в среднем, – что определяет вторую цифру «три». Эта величина весьма важна, т.к. концепция коммутации каналов требует, чтобы нужные для запрошенной связи элементы сети были доступны в момент создания соответствующего соединения и оставались занятыми все 100% времени его существования. Кстати сказать, произведение этих двух троек и составило 0.15 Эрланга на абонентскую линию, которые были заложены, как тогда казалось, с запасом, в основу проектирования отечественных ТфОП.

Наконец, речевой сигнал является по своей природе аналоговым и занимает полосу частот 0.3 – 3.4 КГц, т.е. шириной около 3 КГц, что и определяет третью «тройку» в формуле, условно отображающей рассмотренный принцип.

Современные ТфОП, конечно, гораздо более многофункциональны, чем ТфОП прошлого века, они поддерживают обмен огромными объемами речевой информации, данных и даже, до некоторой степени, видеоинформации. Место ручных коммутаторов заняли сначала декадно-шаговые, затем координатные коммутационные станции и, наконец, цифровые АТС с программным управлением. Аналоговая передача уступила место цифровой, на смену медным проводам приходит стекловолокно и беспроводная связь, но принцип «3 – 3 – 3» еще до недавнего времени продолжал действовать.

Сегодня на смену сетям, подчинявшимся этому принципу, приходят сети общего пользования нового поколения, упрощенная структура которых представлена на рис. 5.2. Это – мультисервисные сети, которые основаны, в большей степени, на принципах коммутации пакетов и на протоколах, разработанных для передачи данных, и обещают быть более дешевыми и иметь гораздо более широкие функциональные возможности. Приведенное на рис. 5.2 условное изображение мультисервисной сети XXI века подчеркивает уже очевидный сегодня факт, что именно IP является движущей силой конвергенции сетей связи, информационных технологий и мультимедийных продуктов, позволяет создать единую, управляемую приложениями интерактивную сеть, которая способна обеспечить

высокоскоростную пакетную связь с любыми беспроводными или проводными абонентскими устройствами проще и дешевле, чем традиционные сети XX века. К тому же, операторы, IP-телефонии, напиме, предлагают более низкие, чем традиционные поставщики телефонных услуг, тарифы, а характер IP-биллинга позволяет (пока, правда, скорее теоретически) операторам IP-сетей устанавливать единые тарифы на связь с любой точкой земного шара.

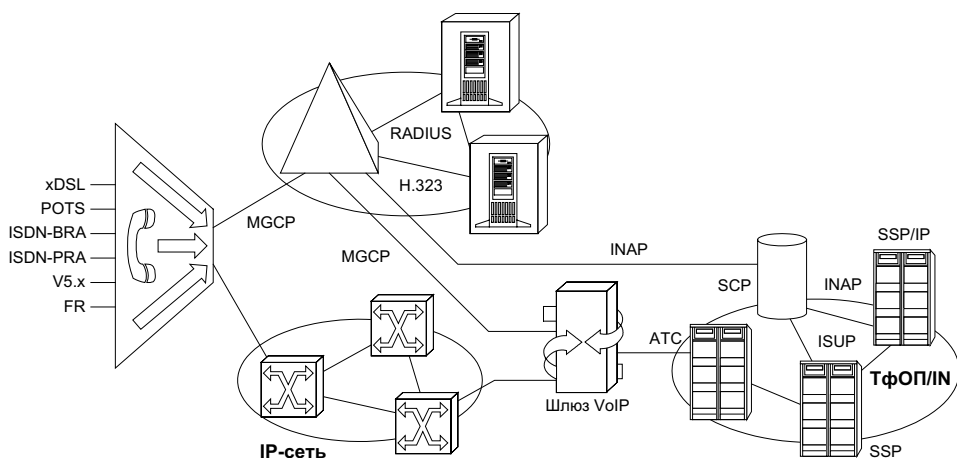


Рис. 5.2. Мультисервисная сеть связи XXI века

Очевидно, что операторы традиционных ТфОП не могут в одночасье переключиться на сети нового поколения, да и сети новых операторов вынуждены взаимодействовать с традиционными телефонными сетями и услугами. Именно поэтому переход к сети связи следующего поколения NGN (рис. 5.2) требует от новых систем коммутации унифицированного взаимодействия с транспортными сетями, TDM, с сетями общеканальной сигнализации №7 (глава 8), с IP-сетями, а также поддержки в новых условиях услуг, предоставляемых интеллектуальной сетью (IN), и новых услуг IN и IP (глава 10). Таким образом, речь идет об оборудовании, равноправно пропускающем трафик IP и трафик сети коммутации каналов.

Обычно операторы пытаются найти оборудование, позволяющее как можно скорей внедрить эти услуги, причем внедрить их наиболее экономичным и перспективным способом, однако технология и оборудование не всегда успевают за такими требованиями. И если сегодня российские операторы для передачи IP-трафика могут приобрести оборудование компании CISCO, то для передачи речи они, как правило, полагаются на традиционное коммутационное оборудование 5ESS, EWSD, S12 и др.

Эволюция этих коммутационных платформ представлена на рис. 5.3. Ниже все они кратко рассматриваются в контексте упомя-

нудой проблемы эволюции узлов коммутации каналов. При этом не затрагиваются более тонкие вопросы, связанные с эксплуатационным управлением сетью, с начислением платы за связь, с программными коммутаторами Softswitch, с услугами интеллектуальной сети и т.п., которым посвящены следующие главы. Тем не менее, именно эти аспекты эволюции узлов коммутации обусловили создание новых программ развития наиболее популярных коммутационных платформ: 7R/E для 5ESS компании Lucent Technologies, SURPASS для EWSD компании Siemens, 2iP для S12 компании Alcatel, ENGINE для AXE-10 компании Ericsson, iMSS для Linea UT компании Italtel, SUCCESSION для DMS компании Nortel.

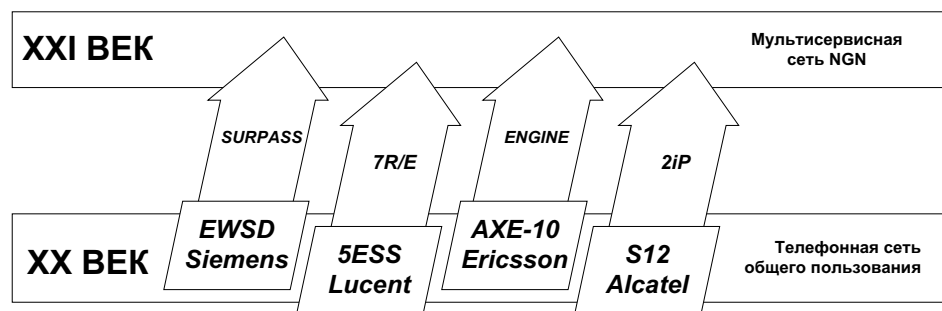


Рис. 5.3. Эволюция коммутационных платформ

5.2. Станции 5ESS. Решения Lucent Technologies

Первая станция №5 Electronic Switching System (5ESS) была введена в эксплуатацию в 1982 году. Наиболее распространенная сегодня версия этой станции 5ESS-2000 работает в городских телефонных сетях в качестве оконечной и опорно-транзитной АТС с функциями ОКС7, ISDN, V5 и др. Архитектура ее системы управления может классифицироваться как квазираспределенная, поскольку функции управления станцией в значительной степени выполняет административный модуль АМ (эта архитектура будет более подробно обсуждаться в главе 9, посвященной программному управлению). Управляющие процессоры построены на базе 32-разрядного микропроцессора 3820 и 16-разрядного процессора MC6800, что позволяет формировать как станции малой емкости, так и крупные опорно-транзитные коммутационные узлы. Коммутационное поле, согласно классификации, приведенной в предыдущей главе, строится по принципу ВПВ (Время-Пространство-Время). Для взаимодействия с телефонной сетью общего пользования станция 5ESS-2000 поддерживает сигнализацию следующих типов: линейная сигнализация – 2600 Гц, 2ВСК; регистровая – декадный код, импульсный челнок, импульсный пакет, безынтервальный пакет

(АОН). Поддерживается также система общеканальной сигнализации ОКС7 (MTP, ISUP) и сигнализация по интерфейсу V5.

Упрощенная структура станции 5ESS показана на рис. 5.4. Основными компонентами 5ESS являются модуль административного управления AM, модуль связи CM и коммутационный модуль SM.

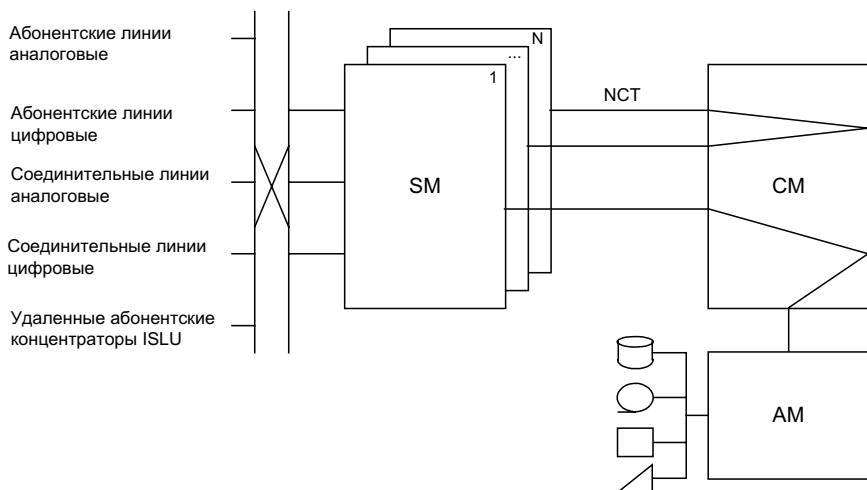


Рис. 5.4. Архитектура станции 5ESS

Коммутационные модули SM содержат все программы, необходимые для управления периферийными коммутационными устройствами, включая выбор маршрутов в коммутационном поле, назначение блоков обслуживания, сигнализацию, сканирование линий и т.п. Фактически производительность станции 5ESS определяется числом установленных модулей SM. Каждый такой модуль обслуживает нагрузку интенсивностью примерно 460 Эрлангов. Интенсивность нагрузки на всю станцию рассчитывается как $460 \times n / 2$, где n – число коммутационных модулей, и при максимально расширенной конфигурации (190 SM) составляет 43700 Эрлангов. Коммутационный модуль SM – это базовый блок наращивания емкости станции 5ESS-2000, который может выполнять функции коммутации каналов и пакетов, а также большую часть функций обработки вызовов.

Модуль управления AM основан на мейнфрейме 3B20D (потом – 3B21D и т.д.) собственной разработки Bell Laboratories и выполняет функции обслуживания вызовов, запуска и восстановления программного обеспечения, измерения трафика, начисления платы и хранения станционных данных, а также функции взаимодействия с процессорами ввода/вывода, видеотерминалами, накопителями на магнитных носителях, центром технической эксплуатации и множество функций, не связанных непосредственно с процессом обработки вызовов. С помощью модуля AM производится диагностика станции,

выявление, локализация и, при возможности, устранение неисправностей. Модуль AM принимает от управляющих элементов модулей SM цифры номера и интерпретирует их, а также взаимодействует с системой управления базой данных для получения дополнительной информации. Подсистема эксплуатационного управления решает задачи технического обслуживания с помощью рабочей станции TLWS, выполняя, например, тестирование абонентских и межстанционных линий, обеспечивает вывод линий из обслуживания и возвращение их в работу. Через AM обслуживающий персонал станции может получать с терминала как доступ к любым системам станции, так и связь с системами технической эксплуатации и с системой управления трафиком. Файлы передаются по стандартному протоколу доступа и управления передачей данных FTAM.

Модуль связи CM обеспечивает взаимодействие между AM и всеми SM, а также взаимодействие между разными SM через каналы управления и синхронизации NCT по протоколу X.25 с использованием волоконно-оптического кабеля. Основным компонентом CM является коммутатор сообщений, обеспечивающий коммутацию пакетов, которыми обмениваются между собой через NCT модули CM и SM.

Программное обеспечение станций 5ESS имеет иерархическую распределенную модульную структуру, схематично представленную на рис. 5.5. Операционная система, которая называется *операционной системой для распределенной коммутации (OSDS)*, обеспечивает управление процессами, межпроцессорную связь, синхронизацию и планирование заданий как в процессоре AM, так и в процессорах SM, причем в AM ядром OSDS является операционная система UNIX – одно из блестящих созданий Bell Laboratories, стоящих в одном ряду с транзистором, лазером и другими выдающимися вкладами в современную цивилизацию. Примечательно также, что UNIX в ядре AM станций 5ESS имеет название UNIX-RTR, где аббревиатура RTR означает работу в реальном времени (RT – Real Time) и надежность (R – Reliability). Об этих аспектах программного обеспечения узлов коммутации мы подробнее поговорим в главе 9.

Функциональное программное обеспечение станции 5ESS-2000, написано на языке Си и включает в себя примерно 30 подсистем. Большая их часть располагается в административных модулях AM и в коммутационных модулях SM в соответствии с архитектурой распределенной системы, показанной на рис. 5.5. Интерфейсы подсистем имеют определенные ограничения, например, программа одной подсистемы может вызвать программу другой подсистемы только в специальных глобальных точках, обмен данными происходит через стек, вызов примитива не вызывает прерывания реального времени, вызванная программа выполняется в стеке процесса вызвавшей программы и т.п. Более детально эти вопросы мы также

обсудим в главе 9, а здесь лишь приведем очень упрощенное описание обслуживания в 5ESS внутривызовного вызова.

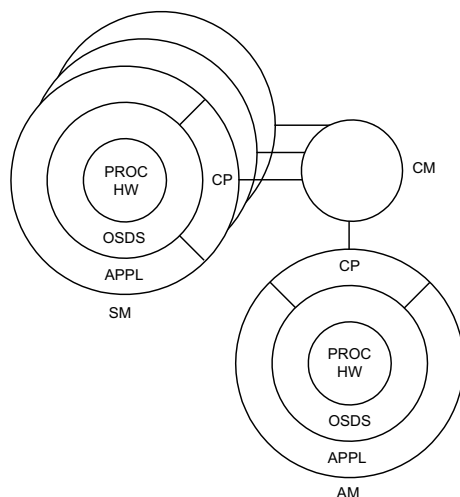


Рис. 5.5. Архитектура программного обеспечения 5ESS

Абонент А, включенный в SM1, вызывает абонента В, включенного в SM3 той же АТС. Когда абонент А снимает с рычага микрофонную трубку, устройство сканирования в абонентском блоке обнаруживает замыкание шлейфа линии. Процессор модуля SM периодически опрашивает устройства сканирования и детектирует изменения состояния линий, сравнивая результат очередного опроса с результатом предыдущего опроса; таким образом, состояние линии абонента А «трубка снята» фиксируется в SM1. На основании результатов сканирования процессор коммутационного модуля делает вывод о наличии запроса обслуживания и отмечает линию абонента А занятой. Идентифицируются данные об абоненте А, после чего к его линии подключается приемник цифр, а самому абоненту передается зуммерный сигнал «Ответ станции». Далее анализируются цифры, принимаемые от абонента А, определяется и тестируется линия абонента В, в AM передается запрос подключения к абоненту В. После приема первой цифры зуммерный сигнал «Ответ станции» отключается, и в процессор коммутационного модуля передается двоично-десятичное представление этой цифры. Следующие цифры обрабатываются таким же образом до тех пор, пока процессор модуля SM1 не определит, что все цифры получены. Когда этот процессор обнаружит, что полученных цифр достаточно для выбора маршрута, в процессор административного модуля через блок коммутации сообщений передается сообщение о необходимости выбрать маршрут в направлении к SM3. Для этого AM находит свободный временной интервал и свободные каналы для управления коммутационными модулями с целью выбора маршрута

и передает к процессору в SM3 инструкцию установить путь к вызываемой линии и опознать временной интервал и канал управления, присвоенные данному вызову, а к блоку коммутации – инструкцию установить двухстороннюю связь SM1-SM3 через каналы NCT.

Процессор модуля SM3 проверяет вызываемую линию, изменяет ее состояние на «занято» и инициирует выполнение необходимых тестов и посылку сигнала вызова в эту линию. Кроме того, процессор передает инструкцию генератору тональных сигналов и блоку обмена временных интервалов послать зуммерный сигнал «контроль посылки вызова» (КПВ) в линию вызывающего абонента А. После этого процессор модуля SM3 через блок коммутации сообщений передает к процессору модуля SM1 сообщение о том, что соединение установлено, и идентифицирует временной интервал в соединении NCT, который был присвоен данному вызову. В свою очередь, процессор модуля SM1 передает в блок обмена временных интервалов инструкцию подключить временной интервал вызывающей линии к временному интервалу соединения NCT.

Когда процессор модуля SM3 детектирует ответ абонента, он инициирует прекращение передачи сигнала посылки вызова, дает генератору тональных сигналов команду прекратить формирование сигнала КПВ, а блоку коммутации временных интервалов – команду подключить временной интервал канала к временному интервалу NCT. После этого процессор модуля SM3 передает сообщение процессору модуля SM1, информирующее последний, что ответ получен. Процессор модуля SM1 изменяет состояние линии, начинает отсчет времени для начисления платы и переводит процесс обслуживания вызова в стадию разговора.

Разъединение производится по-разному, в зависимости от того, какая сторона первой дает отбой – вызывающая или вызываемая. При прекращении разговора вызывающей стороной сигнальный процессор модуля SM1 детектирует сигнал отбоя, процессор модуля передает сообщение об этом процессору модуля SM3 и ликвидирует соединение между линией и NCT. В свою очередь, процессор модуля SM3 передает к SM1 сообщение, подтверждающее отбой, и освобождает временной интервал. Затем оба процессора коммутационных модулей передают сообщения о разъединении в процессор административного модуля для фиксации изменения состояния использовавшегося пути в коммутационном поле.

При прекращении разговора вызываемой стороной сигнальный процессор модуля SM3 детектирует сигнал отбоя, процессор модуля передает сообщение об этом к SM1. Процессор модуля SM1 инициирует отсчет времени, после которого разрешается разъединение. Если до истечения этого времени не будет получено сообщение о повторном ответе вызываемой стороны, процессор коммутационного модуля производит разъединение таким же образом, как это было описано выше.

В заключение краткого описания платформы 5ESS рассмотрим предлагаемую Lucent Technologies стратегию развития этой платформы при переходе к мультисервисным (речь/данные/видео) конвергентным сетям XXI века (рис. 5.6) с весьма удачным названием 7R/E (Revolutionary/Evolutionary). Согласно этой стратегии коммутатор 5ESS дооборудуется интерфейсом пакетной передачи, что позволит операторам создавать масштабируемые пакетные сети и постепенно преобразовать существующие сети с временным разделением каналов (TDM) в сети, основанные на протоколах IP.

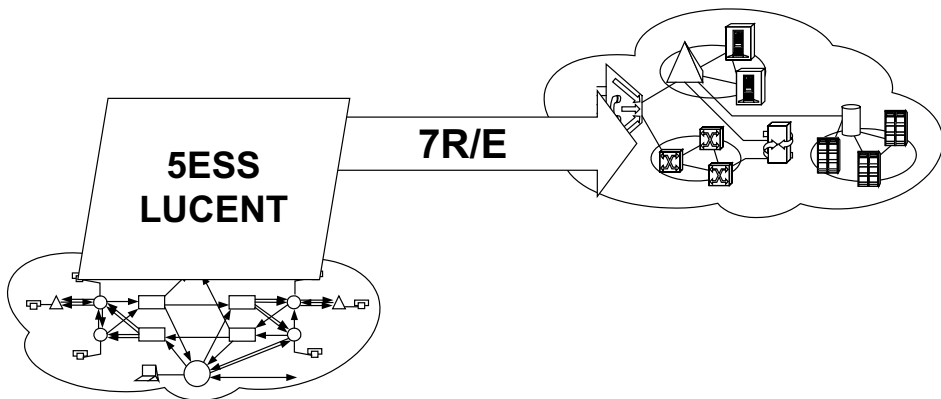


Рис. 5.6. Стратегия 7R/E

Элементами концепции 7R/E являются также:

- 7R/E Call Feature Server, отвечающий за обработку вызова, обеспечивающий преобразование номера и маршрутизацию для коммутации речевого трафика через пакетную сеть и поддерживающий все услуги, реализованные в классической платформе 5ESS, включая и рассматриваемые в главе 11 услуги интеллектуальной сети;
- серверы мультимедийных ресурсов (MultiMedia Resource Servers), которые поддерживают распознавание речи, сетевые оповещения, речевую почту, универсальную службу обмена сообщениями (unified messaging) и др.;
- модуль 7R/E Packet Driver, который позволит владельцам 5ESS плавно и безболезненно перейти от систем с коммутацией каналов к пакетным системам;
- 7R/E Programmable Feature Server, основанный на Softswitch;
- 7R/E Packet Gateway – шлюз доступа для объединения различных абонентских устройств, включая DSL, кабельные модемы и беспроводный доступ;
- 7R/E Trunk Access Gateway и др.

И еще одно, непосредственно не связанное с 5ESS, весьма остроумное решение Lucent Technologies – коммутационная платформа EXS (Expandable Switching System), первоначально созданная компанией Excel Switching, которая была приобретена впоследствии компанией Lucent Technologies и стала ее подразделением. Типовая система Excel построена по схеме клиент-сервер и функционально разделена на четыре структурные части, представленные на рис. 5.7.

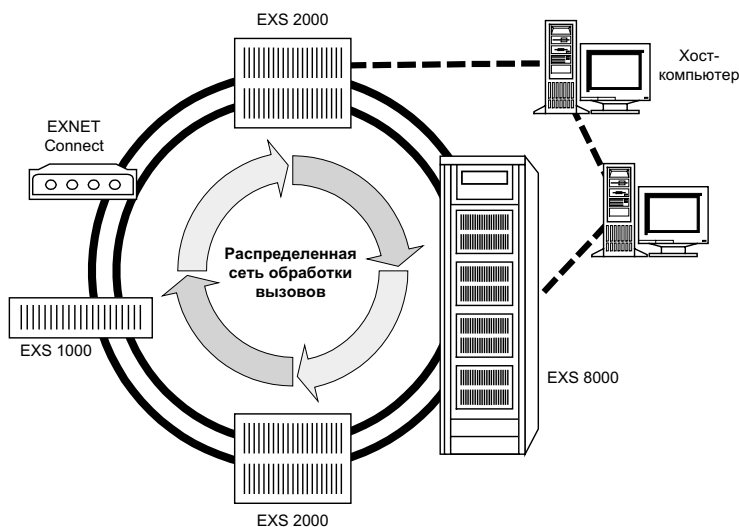


Рис. 5.7. Коммутационная платформа Excel

Коммутатор Excel представляет собой модульную, интегрированную, масштабируемую платформу с неблокирующим коммутационным полем, поддерживающую, в совокупности, до 30000 портов и строящуюся из более мелких модулей: EXS-1000 поддерживает до 1024 портов, EXS-2000 – до 2048 портов и т.д. Все элементы связаны между собой двойным оптическим кольцом EXNET со встречными потоками 1.2 Гбит/с. Excel использует архитектуру клиент-сервер, а обмен информацией между хост-компьютерами и процессорами коммутационных узлов ведется по протоколу TCP/IP на основе Ethernet. Один хост-компьютер может поддерживать все коммутационные узлы в кольце, но возможны и конфигурации с несколькими хост-компьютерами.

Этот коммутатор реализует функции Call-центра, ступени распределения вызовов, системы поддержки телефонных карт и т.п., аналогичные функциям отечественной платформы ПРОТЕЙ, обеспечивает прием и обработку вызовов абонентов, начисление платы за связь в режиме онлайн; реляционную базу данных, относящихся

к абонентскому учету, начисление платы за услуги и содержащую для этих целей информацию о клиентах, учетных делах, платежах и начислениях, балансах, картах, совершенных клиентом вызовах и оказанных ему услугах, о тарифах и многое другое.

Но кроме всего прочего, представленная на рис. 5.7 архитектура, как это когда-то было с Системой 12, оказала серьезное влияние на умы разработчиков коммутационной техники. Планы создания аналогичных коммутационных платформ всерьез обсуждались в нескольких российских компаниях, и лишь очень быстрая экспансия IP-технологий и решений, относящихся к конвергенции сетей связи, по мнению автора, ограничили использование приведенной на рис. 5.7 архитектуры.

5.3. Система 12

Эта, пожалуй, самая знаменитая, также разработанная в США цифровая АТС впервые была установлена в 1978 году под именем ИТТ-1240. И уже тогда она поражала воображение своей полностью распределенной архитектурой: система управления не имеет центрального управляющего процессора, а любой модуль станции взаимодействует с другими модулями, подключаясь к ним через цифровую коммутационную сеть (DSN), которая выполняет функции коммутационного поля и среды для обмена сообщениями между модулями системы. Сокращение количества цифр в названии АТС, как и изменение местоположения штаб-квартиры компании, мало повлияло на базовую архитектуру станции, показанную на рис. 5.8. Станция содержит цифровое коммутационное поле и терминальные модули разного назначения. В каждом таком модуле имеется управляющий элемент ТСЕ, содержащий логику управления и память, причем ТСЕ всех модулей идентичны. Кроме того, предусмотрена группа вспомогательных управляющих элементов АСТ, предоставляющих дополнительную вычислительную мощность.

Цифровое коммутационное поле DSN обеспечивает временную коммутацию каналов и строится из однотипных устройств – *цифровых коммутационных элементов*. Коммутационный элемент имеет 16 одинаковых двунаправленных коммутационных портов, в каждом из которых для передачи речи и данных доступны 30 временных каналов. Любой из 30 каналов любого из 16 портов может быть соединен с любым каналом этого же или любого другого порта. DSN содержит коммутаторы доступа, в которые включаются терминальные модули, и групповые коммутаторы, через которые устанавливаются соединения между коммутаторами доступа, обслуживающими разные группы терминальных модулей.

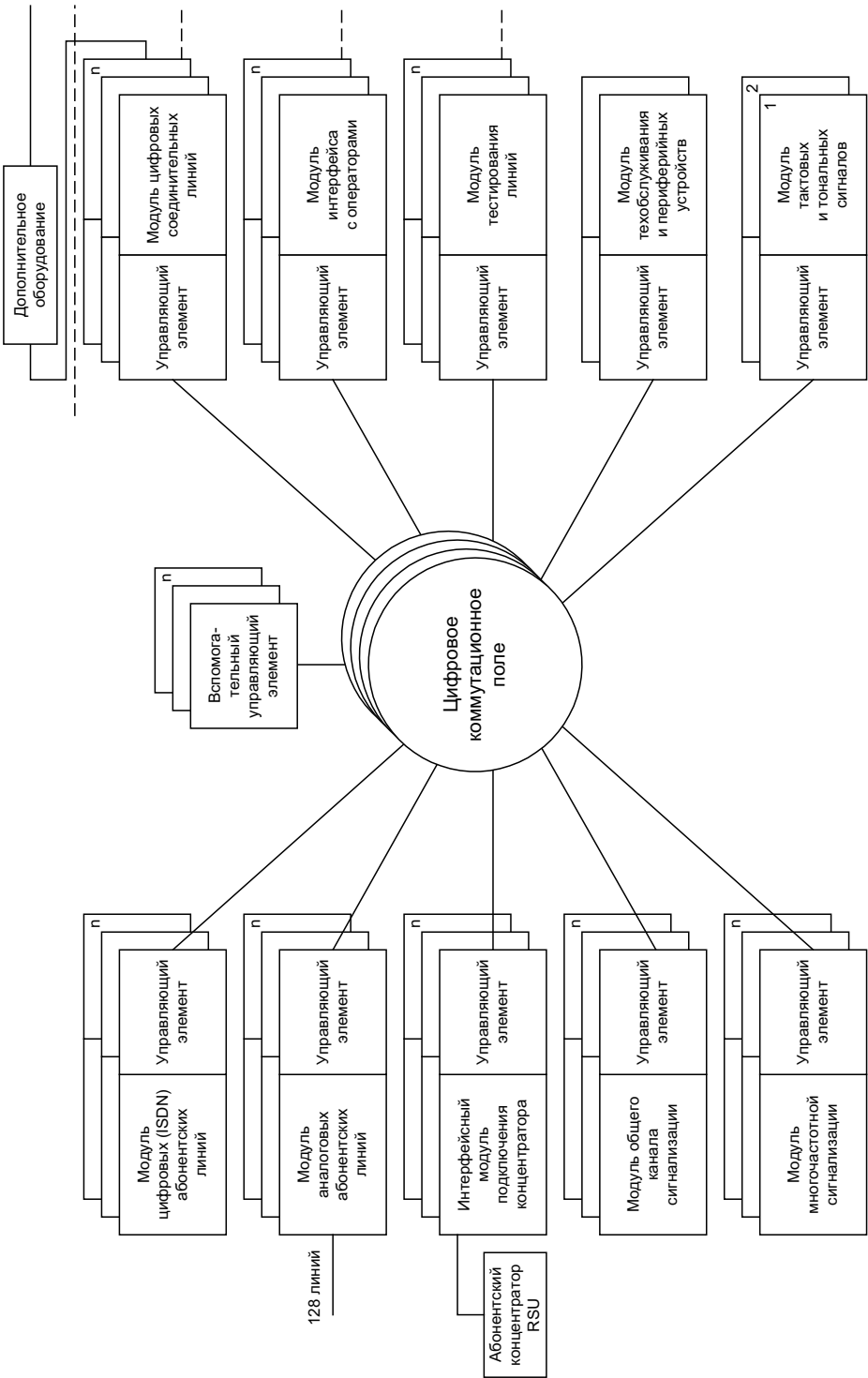


Рис. 5.8. Структура станции S12

Коммутатор доступа реализуется на одном цифровом коммутационном элементе. Первичную структуру доступа представляет *терминальный субблок*, в состав которого входят 8 терминальных модулей и 2 коммутатора доступа; каждый терминальный модуль соединен одним ИКМ-трактом с портом первого коммутатора доступа и вторым ИКМ-трактом – с портом второго коммутатора. Структуру следующего уровня представляет *терминальный блок*, содержащий четыре терминальных субблока и один групповой коммутатор; один порт каждого коммутатора доступа соединен ИКМ-трактом с одним портом группового коммутатора. Таким образом, терминальный блок обеспечивает возможность устанавливать соединения между линиями, включенными в 32 терминальных модуля, т.е., например, между 4096-ю аналоговыми абонентскими линиями.

Следующей структурной единицей DSN является *секция* – двухкаскадный блок групповой коммутации, первый каскад которого составляют групповые коммутаторы восьми терминальных блоков, причем каждый из коммутаторов этого каскада соединен ИКМ-трактом с одним портом каждого из коммутаторов второго каскада. И, наконец, последняя структурная единица DSN – 16 секций связаны с 8-ю группами по 8 групповых коммутаторов, образуя вместе с ними трехкаскадную *плоскость* групповой коммутации.

Количество коммутаторов доступа и плоскостей групповой коммутации зависит от количества терминальных модулей и от нагрузки станции. На рис. 5.9 показано коммутационное поле максимального размера, содержащее четыре плоскости групповой коммутации. Такое поле используется в станциях емкостью до 100 000 абонентских линий или 60 000 соединительных линий и линий с высокой интенсивностью нагрузки. Для станций меньшей емкости требуется меньше каскадов групповой коммутации, а для меньшей нагрузки – меньше плоскостей.

Цифровое коммутационное поле является основой Системы 12, так как оно используется не только для передачи речи и данных, но и для связи между распределенными программными и аппаратными средствами.

Программное обеспечение S12 размещено в управляющих элементах. Если управляющий элемент совмещен с терминальным модулем, он называется терминальным управляющим элементом TCE. Если управляющий элемент используется как отдельное устройство, он называется дополнительным управляющим элементом ACE. Терминальные модули и дополнительные управляющие элементы включаются в цифровое коммутационное поле через стандартный интерфейс.

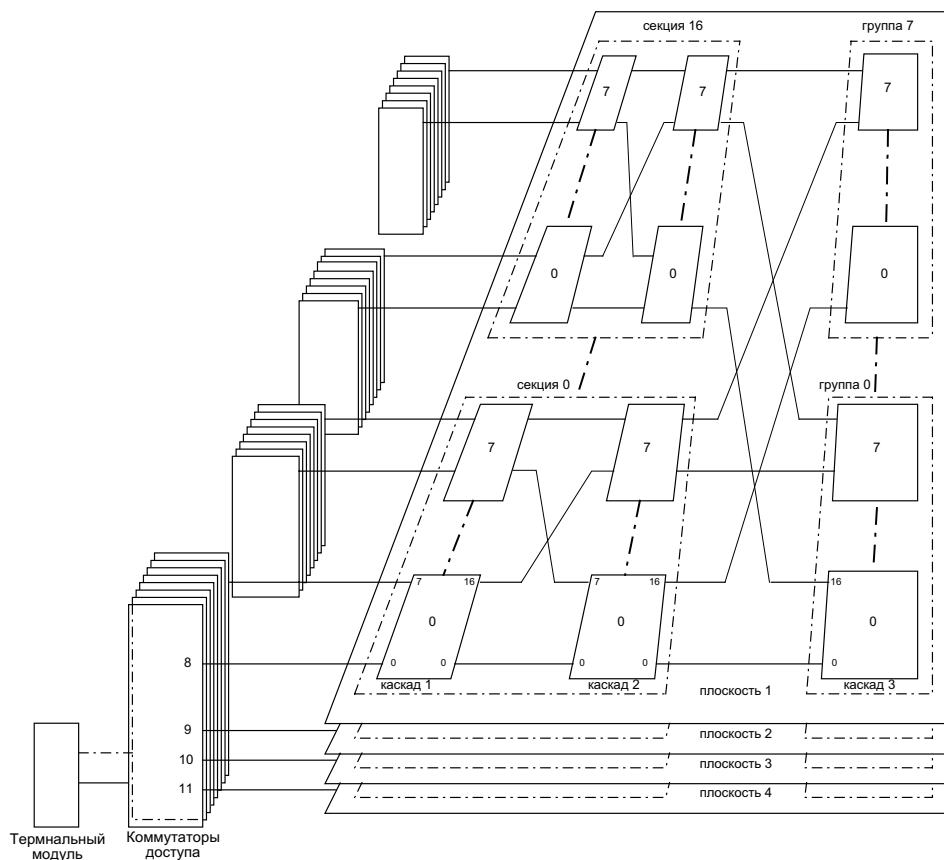


Рис. 5.9. Структура коммутационного поля DSN

Основными типами управляющих элементов TCE в S12 являются TCE модулей аналоговых и цифровых абонентских линий, модулей межстанционных соединительных линий, модулей сигнализации по общему каналу, модулей служебных комплектов, модулей интерфейса с оператором, модулей синхронизации и тональных сигналов. Основные функции перечисленных модулей ясны из их названий. Модуль синхронизации и тональных сигналов для надежности дублируется.

Рассмотрим работу станции S12 на примере обслуживания внутривызовного вызова. Абоненту А требуется получить связь с абонентом В той же станции. Когда абонент А снимает трубку, вызов им станции детектируется тем модулем аналоговых абонентских линий, в который включена линия абонента А, и управляющим элементом TCE этого модуля. TCE передает через коммутационное поле сообщение соответствующему дополнительному управляющему элементу ACE, который определяет состояние линии абонента А, после чего к линии подключается приемник цифр, и абонент А

получает через DSN от блока служебных комплектов акустический сигнал «Ответ станции», который прекращается после набора первой цифры. Принимаемый номер передается в ACE для анализа. Если этот номер не содержит ошибки, абонент В идентифицируется, и номер модуля, в который включена его линия, передается в ACE абонента А. Если набранный номер содержит ошибку, абонент А получает речевое извещение или акустический сигнал. TCE абонента А запрашивает соединение, TCE абонента В проверяет состояние линии абонента В, а затем определяется маршрут соединения через DSN. Передачу вызывного сигнала абоненту В обеспечивает его TCE, а абоненту А обеспечивается передача сигнала «контроль посылки вызова». Когда абонент В отвечает, через DSN устанавливается сквозной разговорный тракт. При отбое одного из абонентов соответствующий TCE детектирует состояние «трубка положена» и через ACE разрывает соединение.

Концепция перехода к мультисервисным сетям следующего поколения получила в Алкатель название 2iP (рис. 5.10), а ее обсуждение мы отложим до главы 11, посвященной инфокоммуникационным услугам при конвергенции сетей связи.

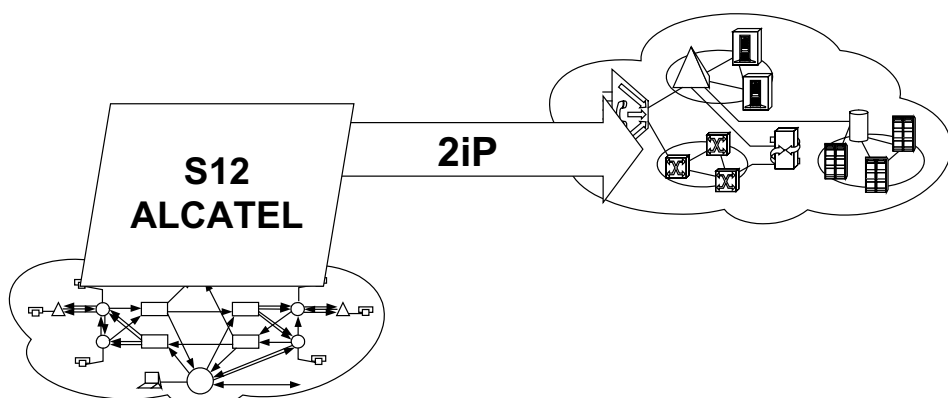


Рис. 5.10. Стратегия 2iP

5.4. Система EWSD компании Siemens

Первая цифровая АТС системы EWSD была установлена в 1981 году в ЮАР, а сегодня ежеминутно меняющееся световое табло, находящееся в штаб-квартире компании Siemens в Мюнхене и отображающее число установленных портов EWSD более чем в ста странах мира, показывает значения, приближающиеся к двумстам миллионам. Структурная схема станции приведена на рис. 5.11.

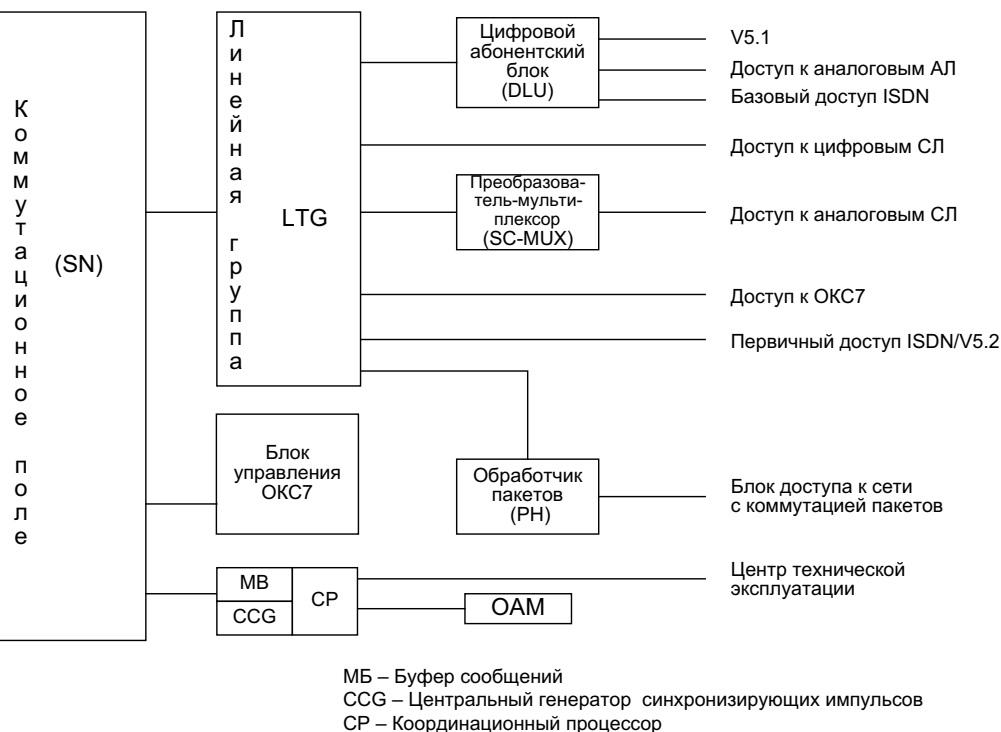


Рис. 5.11. Структурная схема EWSD

Основные функции взаимодействия с окружением станции выполняют цифровые абонентские блоки DLU и линейные группы LTG. Коммутационное поле SN имеет структуру «Время-Пространство-Время» (ВРВ) и строится из каскадов временной коммутации и каскадов пространственной коммутации. Устройства управления подсистемами решают независимо друг от друга практически все задачи, возникающие в контролируемой каждым из них зоне. Например, устройства управления линейными группами занимаются приемом цифр, регистрацией стоимости телефонных разговоров, наблюдением и другими функциями, а для системных функций, таких как выбор маршрута, им требуется помощь координационного процессора CP. Для межпроцессорной связи в коммутационном поле устанавливаются соединения 64 Кбит/с таким же образом, как и соединения между абонентами. Однако межпроцессорные соединения являются полупостоянными.

Цифровые абонентские блоки DLU обслуживают аналоговые абонентские линии, абонентские линии ISDN, стыки V5.1/V5.2 и учрежденческие телефонные станции, могут находиться непосредственно на телефонной станции или быть удаленными. При необходимости используется модуль Shelter DLU, предназначенный для установки вне помещений. DLU выполняется в двух модифика-

циях – компактная версия, рассчитанная на включение от 30 до 160 абонентских линий, и стандартная версия, обслуживающая от 160 до 944 абонентских линий. Для подключения DLU к EWSD используется четыре тракта 2048 Кбит/с.

Линейные группы LTG формируют интерфейс с коммутационным полем SN для абонентских линий, подключаемых к LTG через цифровые абонентские блоки DLU, для цифровых соединительных линий и линий первичного доступа ISDN, подключаемых к LTG непосредственно, и для аналоговых соединительных линий, подключаемых через преобразователь-мультиплексор SC-MUX. Хотя абонентские и соединительные линии используют различные системы сигнализации, линейные группы LTG предоставляют сигнально-независимый интерфейс с коммутационным полем, что способствует, в частности, гибкости введения дополнительных или модифицированных систем сигнализации и независимости программного обеспечения в координационном процессоре от системы сигнализации. Скорость передачи битов во всех многоканальных шинах (магистралях), соединяющих линейные группы и коммутационное поле, составляет 8192 Кбит/с или 128 каналов со скоростью 64 Кбит/с каждый. Каждая линейная группа подключается к обеим плоскостям дублированного коммутационного поля и содержит следующие функциональные единицы: групповой процессор, групповой переключатель GS или разговорный мультиплексор SPMX, интерфейс с коммутационным полем LIU, сигнальный комплект SU для акустических сигналов, многочастотной сигнализации, набора DTMF и тестового доступа.

Коммутационное поле SN состоит из каскадов временной и пространственной коммутации. Количественной характеристикой каскада временной и пространственной коммутации является число многоканальных шин 8 Мбит/с. Соединительные пути через временные и пространственные каскады создаются с помощью управляющих устройств коммутационной группы в соответствии с информацией, поступающей от координационного процессора CP. При максимальной конфигурации SN к нему подключается 504 линейные группы, и оно может обслужить нагрузку интенсивностью до 25 200 Эрл. Коммутационное поле всегда дублировано (плоскости 0 и 1), причем для каждого вызова соединение создается одновременно в обеих плоскостях, так что в случае отказа всегда имеется резервное соединение.

Координационный процессор CP управляет базой данных, а также конфигурацией и координационными функциями, такими как управление всеми программами, управление станционными и абонентскими данными, обработка информации для маршрутизации, выбора пути и учета стоимости, связь с центром технической эксплуатации, обработка тревожной сигнализации, прием сообщений об ошибках, анализ результатов контроля и сообщений об ошибках,

локализация ошибок и их нейтрализация, а также функции интерфейса человек-машина.

Блоки электропитания станции работают в двух режимах: 48 В или 60 В постоянного тока. Отметим, что именно компания Siemens косвенно ответственна за переход от некогда существовавшего в нашей стране стандарта 48 В к стандарту 60 В, сохраняющемуся в России и сегодня – но и сама эта компания вынесла на себе груз поддержки обоих стандартов электропитания.

Компанией Siemens создана специальная стратегия перехода к мультисервисным сетям связи следующего поколения, которая называется SURPASS. Ее ядром служит центральный сервер обработки речевых потоков и сигнализации SUPRASS hiQ, управляющий шлюзами на границах сети передачи данных. Платформа SURPASS поддерживает большинство протоколов сигнализации (ISUP, INAP, H.323/SIP, MGCP/H.248), обслуживает вызовы Интеллектуальных сетей и имеет API для взаимодействия с программными продуктами 3-й стороны (например, с приложениями электронной коммерции), реализует Gatekeeper и RADIUS, позволяющие выполнять функции привратника и производить идентификацию удаленных пользователей и др. Транспортные шлюзы SUPRASS hiG поддерживают IP-телефонию, VoDSL и функции сервера удаленного доступа RAS. Платформа SUPRASS hiA обрабатывает трафик ТфОП, обслуживает цифровые абонентские линии xDSL и выполняет функции сервера удаленного доступа.

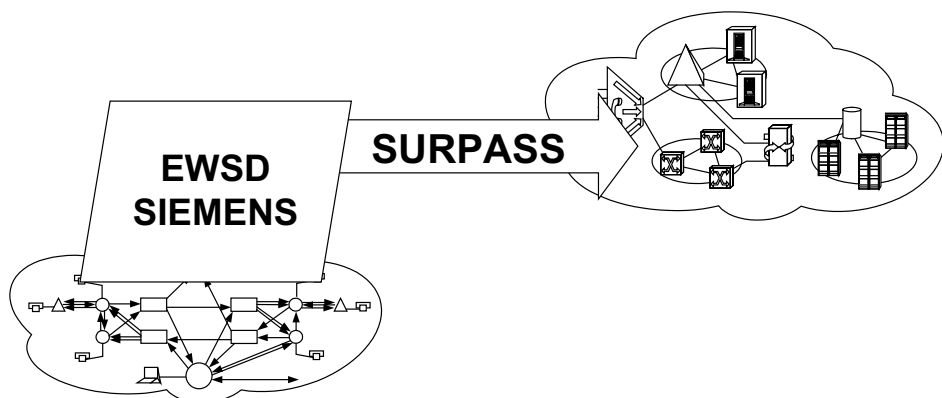


Рис. 5.12. Стратегия SURPASS

5.5. Станция AXE-10 компании Ericsson

Впервые станция AXE-10 была введена в эксплуатацию еще в 1972 году в квазиэлектронном варианте, а первая цифровая AXE-10 была установлена в Финляндии в 1978 году. Ее система управления

APZ является квазираспределенной с центральным процессором, а коммутационное оборудование АРТ основывается на коммутационном поле типа «Время-Пространство-Время» (ВПВ). Архитектура аппаратных средств станции AXE 10 показана на рис. 5.13. Она содержит следующие подсистемы: абонентскую коммутационную подсистему SSS, выполняющую также функции линейного концентратора, подсистему групповой коммутации GSS, обеспечивающую коммутацию «Время-Пространство-Время» для линий, входящих от SSS, и соединительных линий, подсистему соединительных линий и сигнализации TSS, региональные процессоры, центральный процессор, подсистему техобслуживания, подсистемы ввода/вывода.



Рис. 5.13. Архитектура аппаратных средств АРТ станции AXE 10

Подсистема региональных процессоров RPS выполняет стандартные задания, такие как сканирование абонентских комплектов, подключение к центральному процессору и коммутационному полю, а подсистема центрального процессора CPS занимается администрированием системы, управляет подсистемой техобслуживания и подсистемами ввода/вывода IOS.

Архитектура программного обеспечения коммутатора AXE 10 рассматривается в главе 9, а здесь опишем лишь, как обычно, кратко, процедуру обслуживания внутривызовного вызова. Когда абонент А снимает трубку, это детектируется абонентским модулем, который образует соединение с абонентской коммутационной подсистемой SSS. Она же сигнализирует региональному процессору RP о состоянии «трубка снята», что, в свою очередь, инициирует запрос временного интервала от SSS к CPS. Центральный процес-

сор СР определяет статус линии, дает указание подсистеме RPS подключить цифровой приемник, а затем анализирует цифры. Если номер набран верно, СР направляет к RP команду послать сигнал вызова абоненту В. Когда абонент В ответит, СР посылает нужные сигналы RP и указание соответствующей подсистеме групповой коммутации GSS создать тракт между абонентом А и абонентом В. При отбое любого абонента его абонентский модуль детектирует состояние «трубка положена» и разрушает соединение.

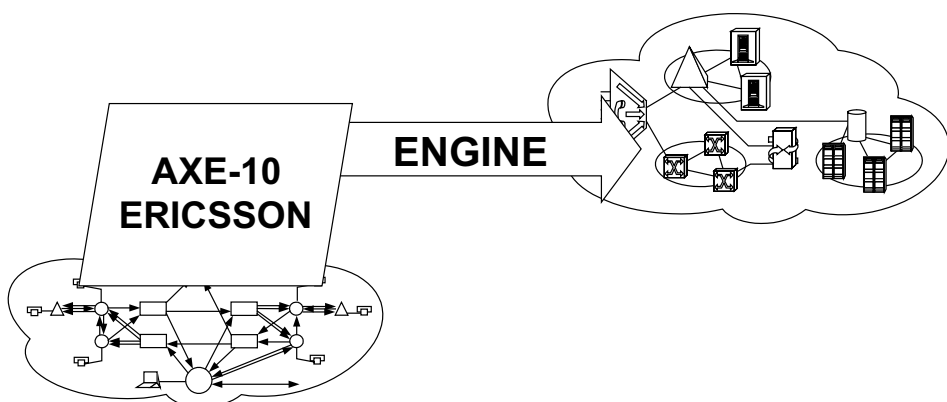


Рис. 5.14. Стратегия ENGINE

Весьма звучно названная концепция ENGINE и впрямь является двигателем процесса создания компанией Ericsson мультисервисных сетей следующего поколения, обогнавшей многих конкурентов по срокам реализации и сдачи в эксплуатацию своих продуктов.

5.6. Итальянская платформа Linea UT и стратегия iMSS

Лавинообразное внедрение станций семейства Linea UT в российские ТФОП, на первом этапе с большим отрывом обошедших по числу установленных портов все рассмотренные выше конкурирующие системы, останется уникальной страницей в истории отечественной телефонии. Почему ГТС сибирских городов в большинстве своем отвергли гораздо более распространенные во всем мире телефонные станции EWSD и S12, 5ESS и DMS-100 и так дружно отдали предпочтение первым Linea UT-4 – трудно объяснить только техническими причинами. Впрочем, кто сможет ответить, почему слово *белладонна* означает по-итальянски – прекрасная дама, а по-русски – смертельный яд? Так сложилось...

Первые станции Linea UT представляли собой вполне современные на тот момент цифровые АТС, обеспечивавшие все виды связи в городских телефонных сетях. Linea UT могла устанавливаться в качестве оконечной и опорно-транзитной АТС с функциями ОКС7 и ISDN. Максимальная емкость станции составляла 150 000 аба-

нентов при интенсивности обслуживаемой нагрузки до 43700 Эрл или до 1200000 вызовов в ЧНН. В ней использовалось распределенное управление на базе 32-разрядного дублированного RISC-процессора 3820 и 16-разрядного процессора MC6800. Архитектура станции Linea UT4 показана на рис. 5.15.



Рис. 5.15. Архитектура Linea UT4

Модули станции разделяются по функциям на четыре основных класса: модули подключения периферии и коммутации (PSM), модули общих функций, модули межмодульных соединений, модули контроля станции. К классу PSM относятся модули абонентских линий и модули соединительных линий. Класс модулей общих функций представляют модули общего канала сигнализации. Модули контроля выполняют функции эксплуатационного управления и включают в себя главный модуль и рабочее место оператора. Модуль распределения сообщений является полностью дублированным коммутатором сообщений, подключенным ко всем процессорам управления модулями станции Linea UT4. Сообщения передаются на скорости 256 Кбит/с в соответствии с протоколом, имеющим вполне подходящее звучащее название PROSSIM и использующим принцип скоростной коммутации пакетов без окон и без повторной передачи.

Абонентский модуль содержит один управляющий блок и от одного до четырех блоков подключения. Блок подключения состоит из четырех секций, каждая из которых обслуживает до 256 портов. Линейные платы ISDN установлены в тех же периферийных блоках, что и платы абонентских линий всех остальных типов. В т.н. группу МЗ входят модуль цифровых соединительных линий, модуль подключения вынесенных блоков, модуль общего канала сигнализации, реализующий функции уровней 2 и 3 (Q.701-Q.714) стека протоколов ОКС7.

Перед инженерами Italtel встала та же проблема плавной миграции к сетям нового поколения, и ее решение Ф. Серио, Р. Менара и их коллеги находят в многопротокольной и мультисервисной архитектуре своей новой платформы iMSS, ориентированной на «бесшовную» миграцию трафика между сетями с коммутацией каналов и пакетными сетями.

Эта платформа внешне наиболее близка к изображенной в верхней части рис. 5.16 структуре мультисервисной сети XXI, а ее необходимыми компонентами являются:

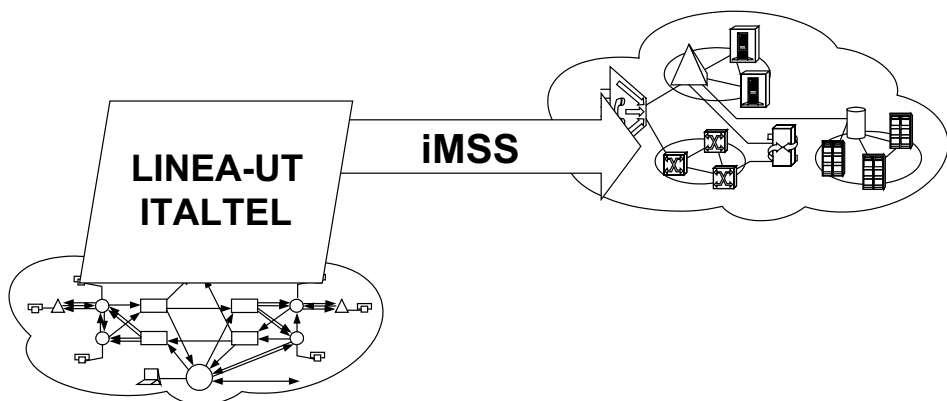


Рис. 5.16. Стратегия iMSS

Узел мультисервисного доступа, который собирает трафик, поступающий по линиям ТФОП/ISDN, а также по линиям xDSL, включая версию, когда этот узел действует как шлюз доступа, и версию для пользователей узкополосными и широкополосными услугами (iMSS-ANB), в которой узел может действовать как концентратор и подключаться к местной АТС через интерфейс V5.2. Пользователи xDSL могут быть сгруппированы – и тогда потоки данных сходятся к Интернет или к промежуточной сети пакетной передачи данных через STM-1 в формате E1.

Контроллер транспортного шлюза (MGC), который управляет всей сигнальной структурой и может поддерживать сигнализацию между несколькими сетевыми элементами и преобразовывать сигнальные сообщения в команды управления соединениями в пакетной сети по стандартам MGCP и MEGACO. MGC может также поддерживать физические соединительные линии с помощью ISUP; в этом случае он называется гибридным MGC.

Транспортный шлюз (MG), который может быть включен в состав узла мультисервисного доступа, интегрирован в коммутационный узел или установлен в качестве точки присутствия (PoP – Point of

Presence). Фактически это модуль взаимосвязи между базовой сетью и другими традиционными сетями, включающий в себя средства передачи речи по протоколу IP или через Frame Relay и ATM, поддерживающий множество алгоритмов компрессии и способный выбрать для каждой услуги необходимое качество и подходящую полосу пропускания.

5.7. Коммутационная платформа NEAX-61 компании NEC

Цифровая АТС типа NEAX 61 начала эксплуатироваться с 1979 года. Ее архитектура может классифицироваться как квазираспределенная, поскольку она организует эксплуатационное управление системой через хост-процессор технической эксплуатации. Коммутационное поле строится по принципу Время-Пространство-Пространство-Время (ВППВ).

Архитектура аппаратных средств станции показана на рис. 5.17. Линейные модули LM и модули соединительных линий ТМ находятся в прикладных подсистемах и на рис. 5.17 не показаны. Коммутационные модули управляются с помощью процессоров обработки вызовов CLP, которые обеспечивают выполнение практически всех функций обработки. Вся информация об обработке вызова хранится в локальной и в общей памяти и доступна всем процессорам CLP. Процессор технической эксплуатации OMP обеспечивает техобслуживание системы и поддерживает работу всех CLP.

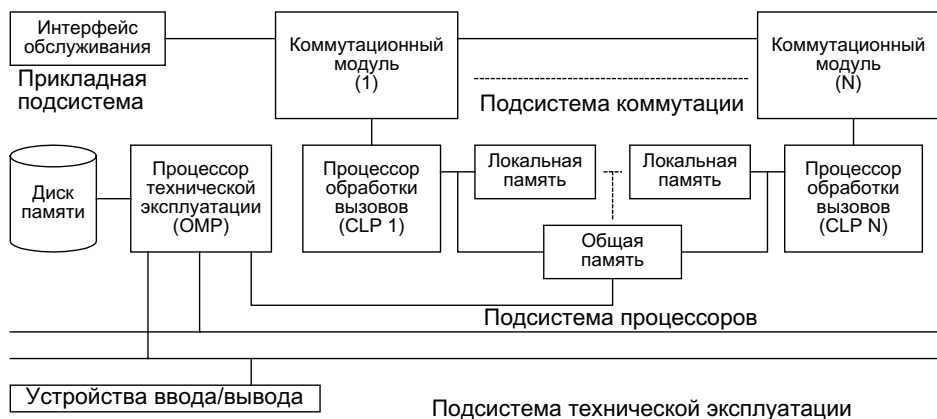


Рис. 5.17. Архитектура NEAX 61 компании NEC

Такое, более чем поверхностное, описание станции обусловлено ограниченным объемом учебника, но читатель, который захочет познакомиться с техническими решениями NEAX-61 более детально, вряд ли пожалеет о том, что взялся за это. Хочется отметить

мужество тогдашних руководителей Петербургской городской телефонной сети В. Н. Яшина и Л. Д. Реймана, благодаря которым эта, безусловно, талантливая разработка японских инженеров стала достоянием ВСС РФ. Весьма интересна и архитектура программного обеспечения NEAX 61, рассмотрение которой мы отложим до главы 9, а здесь приведем очень упрощенное описание обслуживания в NEAX 61 внутрисканционного вызова.

Когда абонент А поднимает трубку, модуль линейного интерфейса детектирует замыкание шлейфа линии и передает через коммутационный модуль сообщение о вызове абонентом станции соответствующему процессору CLP. Этот процессор подтверждает исправность линии абонента А, к ней подключается приемник цифр номера, и абонент А получает акустический сигнал «Ответ станции», который отключается при приеме модулем LM первой набранной абонентом А цифры номера абонента В. Набираемые цифры направляются к CLP для анализа. Если принятый номер не содержит ошибки, абоненту А и абоненту В назначаются временные интервалы, и информация о вызове регистрируется в локальной и общей памяти. Проверяется состояние линии абонента В, и если она свободна, абоненту В передается вызывной сигнал; одновременно абоненту А передается акустический сигнал «Контроль посылки вызова». Если номер содержит ошибку, абонент А получает речевое извещение или акустический сигнал. При ответе абонента В организуется его сквозное соединение с абонентом А через ранее назначенные временные интервалы. Когда один из абонентов дает отбой, модуль LM детектирует состояние «трубка положена» и разрушает соединение.

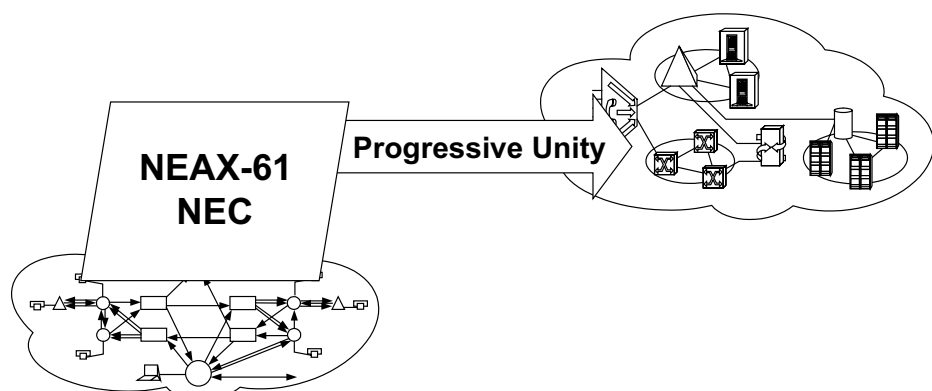


Рис. 5.18. Стратегия Progressive Unity компании NEC

Естественно, что ведущая японская телекоммуникационная корпорация NEC не оставила в стороне и проблемы перехода к сетям

следующего поколения, придумав стратегию с несколько длинным названием Progressive Unity, которую иллюстрирует рисунок 5.18. Громоздкость названия, впрочем, с лихвой компенсируется другой, сформулированной в восьмидесятых годах прошлого века профессором К.Кобаяши концепцией конвергенции связи и вычислительной техники под названием C&C (Computers and Communications), по сути дела обосновывающей принципы мультисервисной сети XXI, показанной в верхней части рис. 5.18.

5.8. Станции DMS 100

Цифровые АТС типа DMS-100 основаны на архитектуре SuperNode DMS и впервые были введены в эксплуатацию в 1979 году. Архитектура управления – квазираспределенная, структура коммутационного поля – Время-Пространство-Время (ВПВ).

Архитектура аппаратных средств DMS-100 включает в себя следующие основные компоненты: базовый процессор DMS, процессор файлов, процессор приложений, процессор межстанционной сигнализации, коммутационное поле и периферию.

Дублированный базовый процессор DMS действует как высокоуровневый обработчик вызовов и поддерживает другие периферийные контроллеры. Процессоры файлов обеспечивают доступ к станционным файлам, включая и такие приложения, как SCP (Service Control Point – пункт управления услугами интеллектуальной сети). Периферийный процессор межстанционной сигнализации поддерживает ОКС7 и может конфигурироваться для поддержки разных приложений, например, SSP (пункт коммутации услуг интеллектуальной сети), STP (транзитный пункт сигнализации ОКС7) и др.

Периферийные интерфейсы обеспечивают внутренние соединения внешних линий и трактов с коммутационными элементами и процессорами. Основными периферийными интерфейсами DMS-100 являются:

- *Групповой контроллер линий LGS*, выполняющий среднеуровневую обработку интерфейсов абонентских линий и сопряжение линейных модулей с коммутационным полем.
- *Модуль концентрации LCM*, обеспечивающий интерфейс между абонентскими линиями и групповым контроллером и соответствующую концентрацию.
- *Контроллер цифрового тракта DTC*, обслуживающий цифровые межстанционные связи DMS-100 с другими станциями.

Эксплуатационное управление системой DMS-100 обеспечивается через средства MAP, поддерживающие такие функции как

доступ к системе, заказы услуг, запись данных, тестирование линий и трактов, тревожная сигнализация, начисление платы.

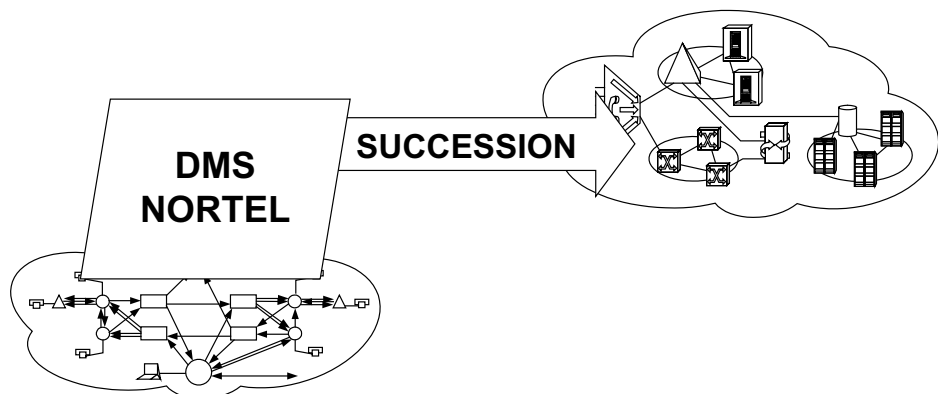


Рис. 5.19. Стратегия SUCCESSION

Компания Nortel разработала свою концепцию перехода к мультисервисным сетям, показанную на рис. 5.19, дав ей оптимистическое название SUCCESSION. В этом вопросе Nortel фактически была первой среди ведущих телекоммуникационных компаний мира, подтвердив тем самым лидирующие позиции Bell Northern Research, но не изменив радикально свое положение в период резкого падения NASDAQ.

Глава 6

Отечественные АТС

с программным управлением

Нет в мире совершенства: у Нефертити были оттопыренные уши
Л.И.Лагин

6.1. Первые разработки АТС с программным управлением

Справедливость приведенного в качестве эпиграфа тезиса подтверждает не только несовершенство проектов старика Хоттабыча, придуманного тем же автором, но и критический анализ различных проектов отечественных цифровых АТС. Тем не менее, миллионы школьников продолжают увлекаться приключениями литературных героев Лагина, а миллионы абонентов обслуживаются современными АТС отечественной разработки, причем обслуживаются отнюдь не хуже, чем рассмотренными в предыдущей главе импортными станциями.

К первому поколению отечественных АТС с программным управлением относятся четыре системы, которые и сегодня функционируют в составе ВСС РФ. Это городские станции МТ-20, учрежденческие и сельские АТС КВАНТ, междугородные станции КВАРЦ и сельские – ИСТОК. О каждой из них в свое время, все же, что-то было написано, поэтому, прежде всего, хотелось бы сказать несколько слов о менее известном, но чрезвычайно интересном проекте импульсно-временного транзитного узла (ИВТУ) – первого цифрового коммутационного узла с программным управлением, включенного в отечественную ТфОП. Его разработка выполнялась

с середины 60-х годов, почти в то же время, что и разработка прототипов основных импортных платформ, рассмотренных в предыдущей главе. В 1966 г. в Берлине (ГДР) была сдана в опытную эксплуатацию первая экспериментальная отечественная АТС, в 1972 г., также в содружестве со странами СЭВ, были завершены работы по экспериментальному комплексу ИЦСС (интегральной цифровой системы связи). Логическим продолжением этих работ и стал импульсно-временной транзитный узел ИВТУ для городских сетей с узлообразованием, управляемый вычислительным комплексом типа «Нева».

Экспериментальный *импульсно-временной транзитный узел ИВТУ* был первой полностью электронной цифровой станцией с программным управлением, включенной в нашей стране в действующую телефонную сеть. ИВТУ обеспечил взаимодействие координатных и декадно-шаговых АТС с электронным узлом с устранением помех, приходящих по сигнальным каналам от электро-механических станций, программную поддержку заданных показателей качества обслуживания, обработку статистики и ряд других, принципиально новых для того времени функций. Узел состоит из двух частей: коммутационного оборудования и управляющего комплекса «Нева», разработанного под руководством В.И. Шляпоберского в двух вариантах. Компактный вариант комплекса, «Нева-2» с микропрограммным управлением, разрабатывался в Москве под руководством Б.А. Лопусова, а высокопроизводительная ЭУМ типа «Нева-1» с аппаратной реализацией управления центральным процессором – в Институте кибернетики АН УССР им. В. М. Глушкова. Машины «Нева» производились в Германии (ГДР) и имели характеристики, приведенные в таблице 6.1.

Таблица 6.1. Характеристики управляющих машин «Нева»

Характеристика	«Нева-1»	«Нева-2»
Быстродействие в формате «регистр-память», 10^3 операций/с	800	500
Максимальная емкость ОЗУ, Кбайт	1024	1024
Разрядность ячейки ОЗУ, бит	32+4	32+4
Цикл обращения к ОЗУ, мкс	1.2	1.2
Емкость ОЗУ микропрограмм, бит	-	4_36
Быстродействие мультимплексорного канала, Кбайт/с	35	1.5
Быстродействие селекторного канала, Кбайт/с	800	156

Как видно из этой таблицы, машины того времени были, по сегодняшним меркам, примитивными, а технология программирования и само программное обеспечение были вообще «неандертальскими». Именно поэтому разработка ИВТУ заняла гораздо больше времени, чем ожидалось. Это произошло, отчасти, из-за проблем, связанных с новыми технологиями, но главным образом потому, что трудоемкость программирования сильно недооценили. Такая же

недооценка имела место и во всех других больших программных проектах телефонных станций того времени – первая система 1ESS, например, была установлена в Суссanne, штат Нью Джерси, в 1965 году, а приемлемо работающая версия программного обеспечения для нее реально появилась только через год. Спустя тридцать лет мы все еще не вполне оцениваем огромные усилия, которые придется затратить на составление программ, – можете себе представить, как слабо их оценивали тогда, когда составлялись первые программы. Об этом мы еще поговорим в главе 9, посвященной программному управлению.

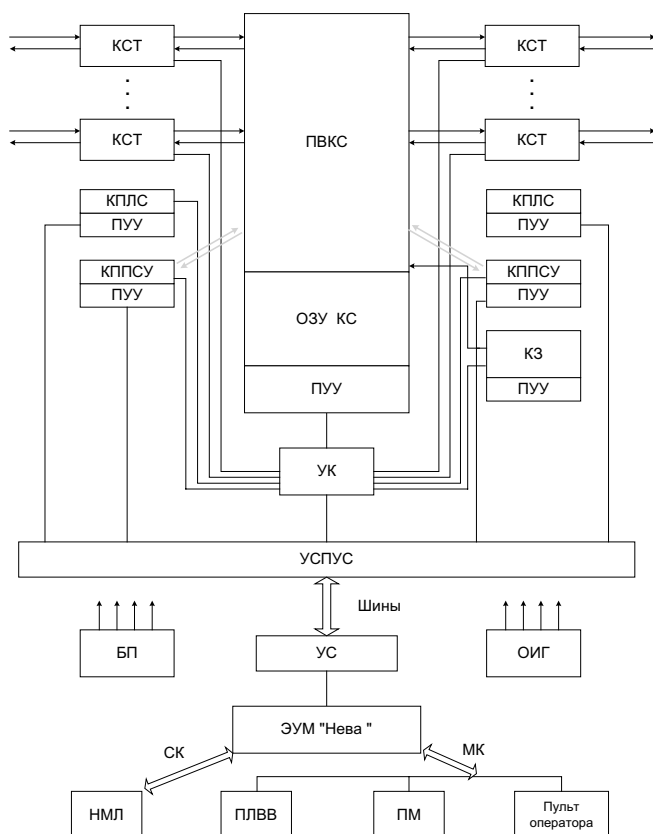


Рис. 6.1. Структурная схема ИВТУ

В состав коммутационного оборудования (рис. 6.1) входили: коммутационное поле пространственно-временного типа ПВКС, имевшее небольшую, по сегодняшним меркам, емкость до 200 трактов Е1, оперативные запоминающие устройства пространственной и временной частей коммутационного поля ОЗУКС, комплекты КСТ сопряжения с цифровыми трактами, комплекты КПЛС приема и передачи линейных сигналов для взаимодействия узла

с декадно-шаговыми и координатными станциями, комплекты КППСУ приема и передачи многочастотных сигналов управления кодом «2 из 6», устройства УСПУС сопряжения коммутационного оборудования с управляющим комплексом, периферийные устройства управления ПУУ, входящие в состав перечисленных выше блоков, а также устройства УК контроля всех блоков коммутационного оборудования; общестанционный импульсный генератор ОИГ, блоки вторичного электропитания БП и пульт оператора для выполнения эксплуатационных процедур.

Пространственно-временное коммутационное поле включало в себя блоки пространственной коммутации БПК емкостью 15×15 трактов Е1, соединенные в трехкаскадную схему (рис. 6.2). В блоках пространственной коммутации предусматривалось дополнительное временное уплотнение, позволявшее использовать один и тот же физический блок во всех трех (I, II и III) каскадах БПК. Блок (блоки) временной коммутации подключались к блокам пространственной коммутации по «петлевому» принципу. Количество временных коммутаторов ВК, включаемых в блок, зависело от интенсивности и характера нагрузки и определялось расчетным путем по заданной вероятности потерь.

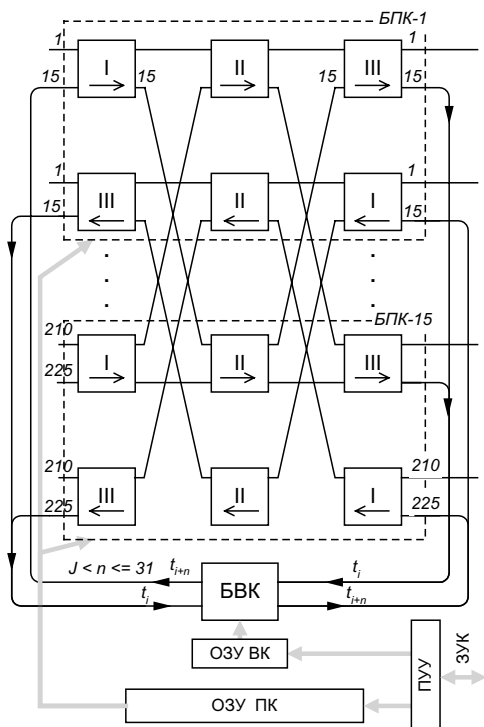


Рис. 6.2. Пространственно-временное коммутационное поле ИВТУ

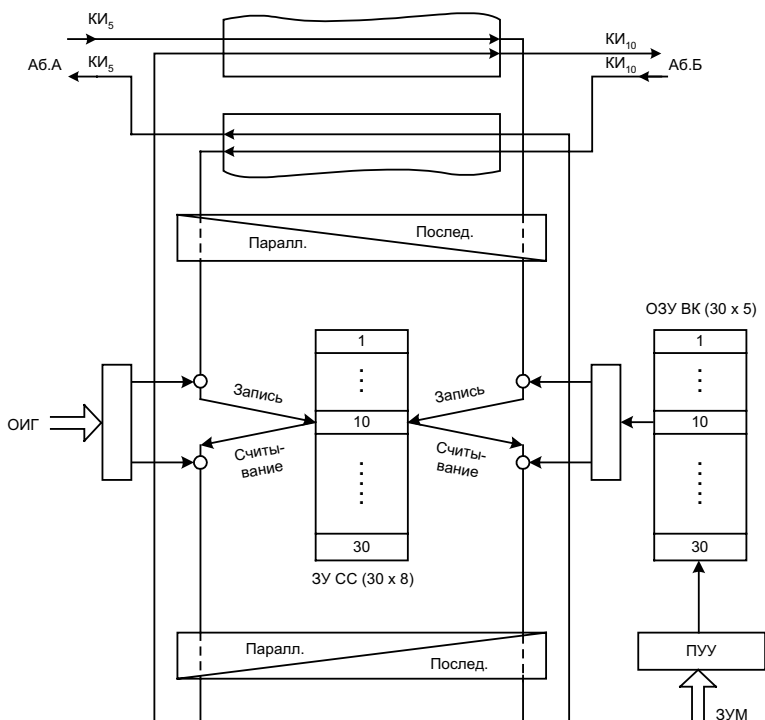


Рис. 6.3. Временная коммутация в ИВТУ

Принцип работы блока временной коммутации поясняет рис. 6.3. Для соединения абонента А, передающего и принимающего информацию по каналу с номером i (на рисунке принято $i=5$), с абонентом Б, которому предоставлен другой канал с номером j (на рисунке принято $j=10$), информация, передаваемая от абонента А к абоненту Б, переводится с помощью ВК из канала i в канал j (т.е. из KI_5 в KI_{10}), а информация, передаваемая в обратном направлении, переводится из канала j в канал i (т.е. из KI_{10} в KI_5). Общестанционный импульсный генератор ОИГ обращается в ЗУ СС циклически в порядке следования канальных интервалов, т.е. считывает и записывает информацию в десятую строку ЗУ СС только в интервалах KI_{10} . К этой строке ОЗУ ВК обращается в произвольном временном интервале, который указан в управляющем слове, поступившем от ЭУМ. В рассматриваемом на рисунке примере обращение к десятой строке ЗУ СС производится в интервалах KI_5 . Смена информации должна происходить достаточно быстро, без потери канального интервала, для чего сначала производится считывание информации из строки ЗУ СС, а потом, в этом же интервале, – запись новой информации. Таким образом, в рассматриваемом примере информация абонента А хранится в ЗУ СС в каждом цикле в интервалах с 5 по 10, а информация абонента Б – в интервалах с 10 по 5. Фактически запись

и считывание проводятся со сдвигом на один канальный интервал для компенсации задержки в преобразователях кода. Описанный способ организации временного коммутатора позволяет управлять соединением, занимая одну строку в ОЗУ ВК и одну строку ЗУ СС.

6.2. Коммутационная платформа DX-200

Размещение этого параграфа в главе, посвященной отечественным системам коммутации, обусловлено наличием российского аналога финских станций DX-200, разработанных под руководством Кея Олколлы. Появившийся в 90-х годах прошлого века, этот аналог получил название АТСЦ-90.

Началом программы АТСЦ-90, выполнявшейся под руководством тогдашнего директора ЛОНИИС А.Н. Голубева, был совместный советско-финский проект L1+R4, представлявший собой интеграцию отечественных абонентских концентраторов АЦК-1000 и финских станций DX-200 версии R4.32. Полученное в качестве первого результата этого проекта абонентское оборудование АЦК-1000 давно и успешно функционирует в составе Петербургской и Новосибирской ГТС. Несколько позже появились первые полностью отечественные коммутационные станции АТСЦ-90 уровня L4, которые были чрезвычайно близки к АТС DX-200 уровня R4, взятой в качестве прототипа на основании межгосударственного лицензионного соглашения. Однако по мере развития уровня L4 стали намечаться некоторые расхождения АТСЦ-90 с DX-200. Эволюция аппаратных средств АТСЦ-90 уровней L4 и L5, осуществлявшаяся под руководством Г.Г. Морозова, полностью подчинялась закону Мура, сформулированному в 1965 году: «число транзисторов в микросхемах удваивается каждые 18 месяцев». Вместе с этим, соответствующим образом эволюционировало и программное обеспечение станций, разработанное под руководством Н.А. Апостоловой, составившее основу поставляемого и сегодня уровня L5.

Структурная схема серийно поставляемых станций DX-200 приведена на рис. 6.4. Базовая емкость станции составляет до 37 000 абонентских линий и 256 трактов Е1 при пропускной способности 250 000 вызовов в ЧНН. В случае превышения предельного уровня нагрузки срабатывает система защиты, сглаживающая пики нагрузки путем временного ограничения потока вызовов от абонентов.

Оборудование абонентской ступени коммутации DX-200 может устанавливаться как непосредственно на станции, так и на значительном от нее расстоянии (в районах высокой абонентской плотности) в виде абонентских концентраторов разной емкости. Применение концентраторов позволяет оптимально построить сеть абонентского доступа и существенно сократить затраты на

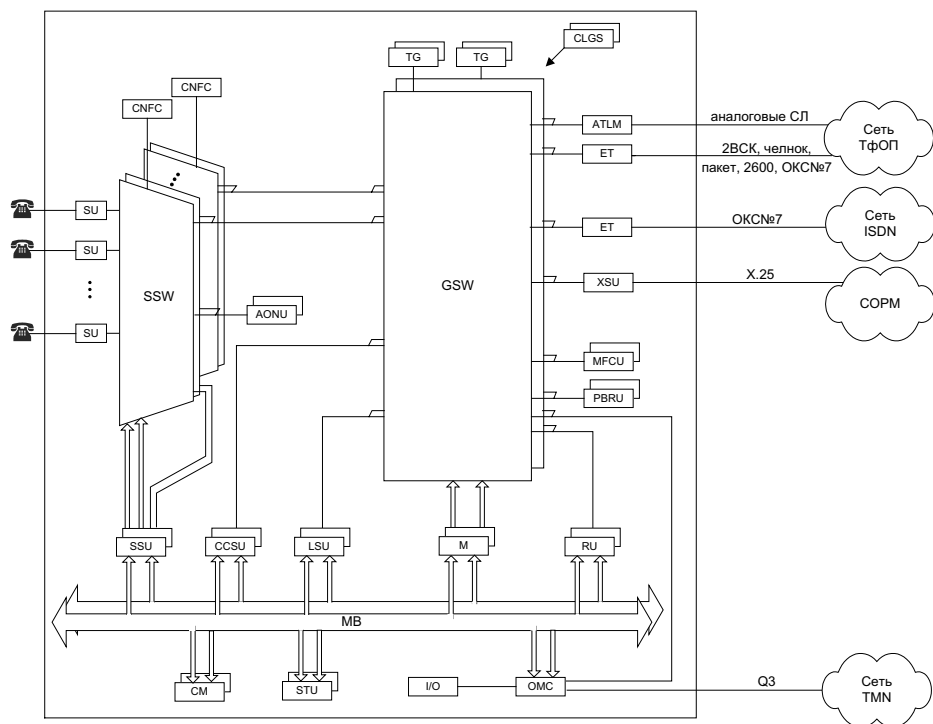
абонентскую кабельную сеть, о чем мы еще поговорим в главе 7. Станция обеспечивает передачу, прием и обработку информации о категории и номере вызывающего абонента. Кроме внешних категорий (категорий АОН, рассматриваемых в главе 8), в DX-200 предусмотрена система внутривызовных категорий, определяющих право абонента пользоваться отдельными видами связи, дополнительными услугами, льготными тарифами, абонентскими установками того или иного типа и т.п.

Разнообразие *способов сигнализации*, реализованных в DX-200, обусловлено необходимостью ее взаимодействия с разными сетями связи, входящими в состав ВСС РФ. Для взаимодействия с телефонной сетью общего пользования основным является протокол ISUP системы ОКС7. Наряду с этим, существует необходимость взаимодействия с ГАТС и САТС посредством сигнализации по двум выделенным сигнальным каналам (2ВСК), организуемым в 16-м канале цифрового тракта Е1, с передачей номера вызываемого абонента декадным или многочастотным кодом «2 из 6» методом «импульсный челнок» с поддержкой функций АОН при входящих и исходящих (местных и междугородных) соединениях, а также методом «импульсный пакет» при соединениях с междугородными телефонными станциями типа АМТС-2 и АМТС-3. Для включения в сельскую телефонную сеть могут использоваться стандартные линейные тракты ИКМ-30, линейные тракты 1.024 Кбит/с (ИКМ-15) или аналоговые системы передачи. При этом поддерживаются системы сигнализации 1ВСК – «норка» и индуктивный код. Для взаимодействия с цифровыми УПАТС может использоваться сигнализация DSS1 (PRI) или QSIG. К перечню типов сигнализации, поддерживаемых отечественными АТС, мы еще вернемся в главе 8.

Для структурной схемы, приведенной на рис. 6.4, характерна полностью распределенная модульная *структура управления*. Это повышает надежность станции, обеспечивает возможность постепенного расширения ее емкости и упрощает введение новых технологий и услуг связи. Все управляющие модули представляют собой самостоятельные и идентичные по структуре компьютеры, построенные из стандартных блоков и оснащенные одним и тем же базовым программным обеспечением. Эти компьютеры связаны друг с другом через высокоскоростную стандартизированную шину DMC86, а их количество зависит от емкости АТС и других условий конкретного проекта. Компьютеры подключаются к общей шине через специальные платы сопряжения MBIF. К управляющим компьютерам DX-200 относятся:

- модуль SSU, обрабатывающий абонентскую сигнализацию и управляющий абонентской ступенью коммутации;
- маркер М, управляющий коммутационной ступенью группового искания;

- модуль регистров RU, занимающийся обработкой сигналов управления;
- модуль линейной сигнализации LSU, обрабатывающий межстанционную сигнализацию;
- центральное ЗУ, которое служит для хранения полупостоянных данных об абонентах, о соединительных линиях, о построении сети, а также данных, необходимых для анализа номеров;
- модуль общего канала сигнализации CCSU, обрабатывающий сигнализацию ОКС7;
- модуль STU, предназначенный для сбора и хранения информации о стоимости разговоров и других статистических данных.



RU – регистр
 STU – процессор статистики
 OMC – компьютер технической эксплуатации
 ISDN – цифровая сеть интегрального обслуживания
 TMN – сеть эксплуатационного управления средствами электросвязи
 АЦК – абонентский цифровой концентратор
 COPM – средства оперативно-розыскных мероприятий
 CM – центральная память
 M – маркер

Рис. 6.4. Структурная схема DX-200

Таким образом, каждый управляющий модуль DX-200 специализируется на выполнении определенной задачи, для чего к нему добавляются соответствующие интерфейсные платы и функциональ-

ное программное обеспечение. Интерфейсными платами в разных управляющих компьютерах являются: MPTL – блок формирования синхроимпульсов, ASS – блок интерфейса управления абонентской сигнализацией, LSA4 – блок интерфейса линейной сигнализации, AS7 – блок предварительной обработки сигнализации ОКС7, DMA-DI – блок управления накопителями на жестких и гибких магнитных дисках, BEXT – блок расширения. Блок MPTL-L вырабатывает тактовые синхросигналы с частотой 500 Гц и 16 МГц. Интерфейс LSA4 рассчитан на подключение 16 линий ИКМ. Блок AS7 обеспечивает работу одного канала сигнализации №7. Блок BEXT используется при необходимости расширения функций шины DMC.

Модуль управления абонентской ступенью коммутации SSU управляет абонентской нагрузкой и коммутацией на ступени SSW; согласует абонентскую сигнализацию с внутривысочной; ведет учет стоимости разговоров; управляет устройством конференц-связи CNFC и блоком АОИ. На каждую дублированную абонентскую ступень приходится дублированный модуль управления, т.е. надежность достигается за счет того, что один из пары модулей управления постоянно связан с одной абонентской ступенью коммутации, а второй – с дублирующей ее ступенью. Структурная схема модуля SSU представлена на рис. 6.5, а схема соединения SSU с блоками АТС – на рис. 6.6. Компьютер SSU выполняет также функции накопления тарифных импульсов при исходящей связи, а после окончания связи передает накопленные импульсы в STU. Максимальное число вызовов, обслуживаемых SSU в ЧИИ, составляет 18 000.

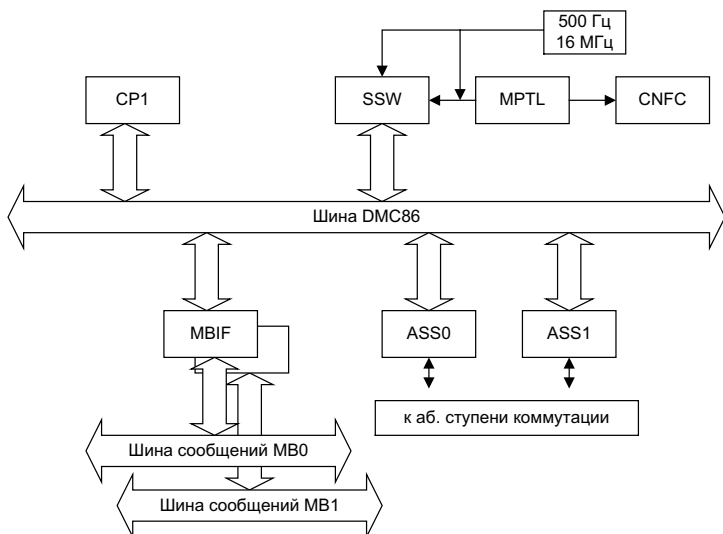


Рис. 6.5. Структурная схема модуля SSU

Модуль регистра RU представляет собой устройство, управляющее обработкой вызова на этапе установления соединения (рис. 6.8). В RU поступает информация о сигналах управления, приходящих по абонентским и соединительным линиям, в том числе, от устройств передачи цифр номера импульсным и много-частотным способом. Одновременно RU способен обрабатывать сигналы управления 16-ю соединениями. Количество модулей RU рассчитывается, исходя из интенсивности потока вызовов на АТС, и используется схема резервирования « $n+1$ ». В нормальных условиях в работе находятся все RU, включая резервный.

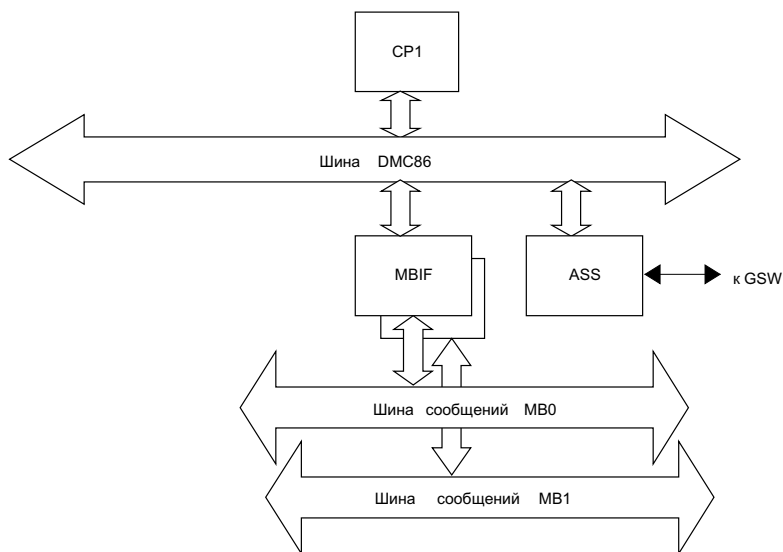


Рис. 6.8. Структурная схема модуля RU

Центральное запоминающее устройство CM представляет собой модуль, в полупостоянные файлы которого записаны абонентские данные, данные, необходимые для начисления платы, сигнализации, маршрутизации, и данные о конфигурации АТС. На основании этих данных остальные управляющие компьютеры принимают решения при установлении соединений. Оборудование CM содержит центральный процессор и устройства сопряжения с шинами сообщений, обеспечивающие как запись данных в CM, так и их считывание (рис. 6.9). Запись производится и при обновлении файлов, когда компьютер технической эксплуатации передает в CM сообщение, содержащее изменившиеся данные. При перезапуске компьютер технической эксплуатации загружает в CM файлы из накопителя на магнитных дисках.

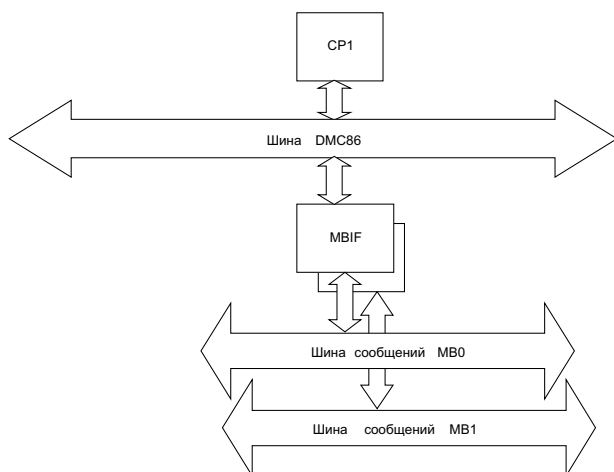


Рис. 6.9. Структурная схема CM

Модуль линейной сигнализации *LSU* ведет прием, обработку и передачу сигналов, транспортируемых в 16-м временном интервале каждого тракта E1. Компьютер *LSU* обрабатывает линейную сигнализацию по СЛ, ЗСЛ и СЛМ (кроме ОКС7), причем для разных каналов одного и того же тракта ИКМ можно использовать разные способы сигнализации. В зависимости от способа по сигнальному каналу могут передаваться, наряду с линейными сигналами, также и сигналы управления, например, сигналы набора номера. *LSU* контролирует вызов с момента занятия соединительной линии до момента получения сигнала «Б свободен» или «Б занят», а по окончании разговора обеспечивает освобождение этой линии. Структурная схема модуля линейной сигнализации представлена на рис. 6.10.

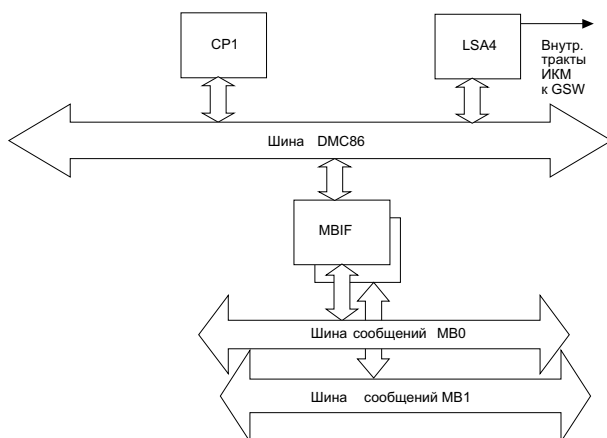


Рис. 6.10. Структурная схема LSU

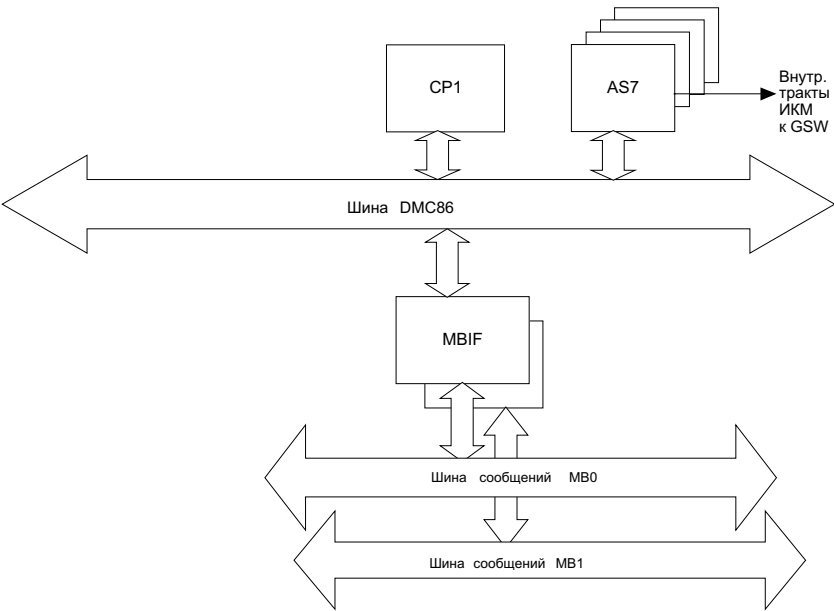


Рис. 6.12. Структурная схема CCSU

Модуль статистики STU предназначен для сбора учетной информации и результатов измерения трафика, для контроля нагрузки АТС, а также для управления различными эксплуатационными счетчиками и счетчиками ошибок. По своей структуре модуль STU подобен модулям CM и RM; его структурная схема представлена на рис. 6.13.

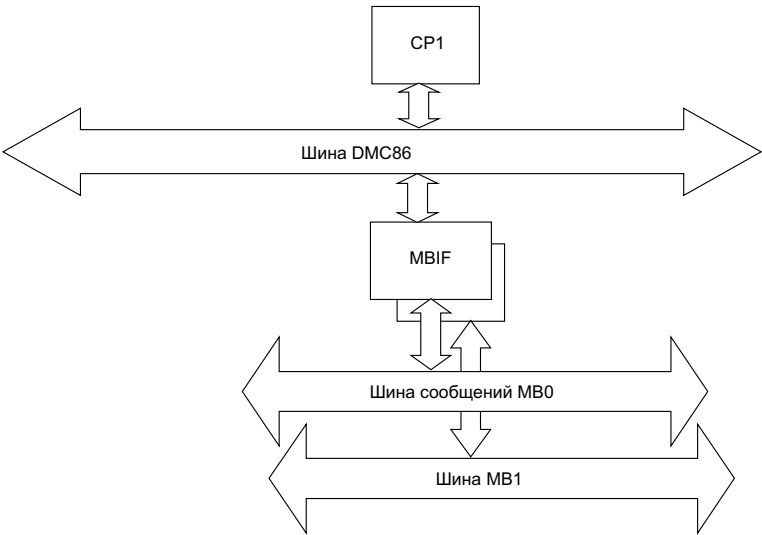


Рис. 6.13. Структурная схема STU

Модуль дублируется по принципу «1+1», причем основной и резервный STU функционируют независимо друг от друга. В оба STU записывается одинаковая информация, благодаря чему возможные ошибки легко выявить, сравнивая содержимое их памяти.

Коммутационное поле соединяет входящий канал с исходящим в соответствии с инструкциями, поступающими от управляющего процессора, названного (по аналогии с рассмотренными в главе 3 координатными АТС) маркером М. Как отмечалось в главе 4, в цифровом коммутационном поле коммутация является четырехпроводной, причем каналы противоположных направлений передачи коммутируются раздельно.

Для взаимодействия с местной сетью в DX-200 может быть создано до 128 внешних направлений при количестве линий в направлении до 200. Маршрутизация выполняется на основе анализа цифр номера, сведений о категории входящей линии и дополнительных данных. Каждый исходящий маршрут включает в себя от 1 до 8 пучков линий одностороннего или двустороннего использования. При поиске свободной исходящей линии пучки проверяются либо в циклическом, либо в фиксированном порядке. При этом обеспечивается равномерное распределение нагрузки по всем пучкам. Каждый пучок содержит от 1 до 255 линий, причем временные интервалы трактов ИКМ могут быть свободно распределены между пучками.

Рис. 6.14 иллюстрирует последовательность поиска свободной исходящей линии.

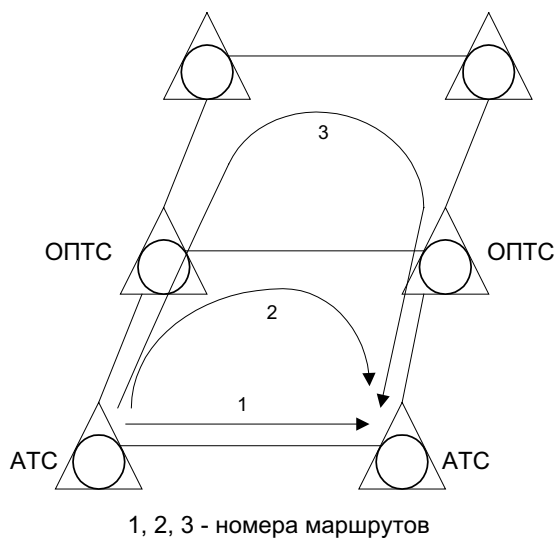


Рис. 6.14. Использование альтернативной маршрутизации

Наличие в DX-200 возможности альтернативной маршрутизации позволяет строить сеть так, чтобы она как можно лучше соответствовала действительному распределению трафика. Если все линии основного исходящего маршрута заняты, вызов направляется к альтернативным маршрутам, которых может быть не более 4. Поиск ведется до тех пор, пока не будет найдена свободная линия или пока не обнаружится отсутствие таковой во всех альтернативных маршрутах.

Блок многочастотной сигнализации MFCU предназначен для преобразования получаемых по соединительной линии многочастотных сигналов в цифровую форму для передачи их в управляющие устройства АТС и для преобразования цифровых сигналов, получаемых от этих устройств, в многочастотные сигналы для передачи их в линию. Блок не принимает логических решений в части сигнализации, а лишь преобразует сигналы из одной формы в другую и отфильтровывает кратковременные помехи. Блок MFCU может одновременно обрабатывать сигналы, относящиеся к 16 соединениям. Схема сопряжения MFCU с оборудованием АТС представлена на рис. 6.15.

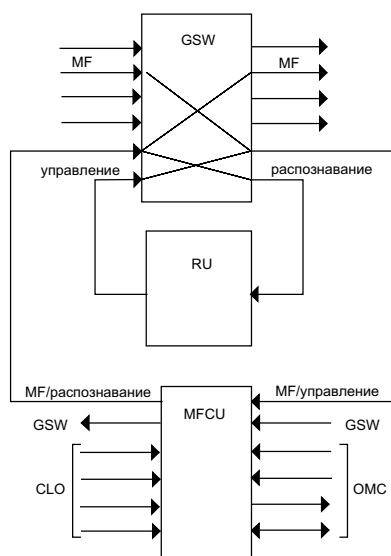


Рис. 6.15. Схема соединения MFCU с другими компонентами станции

Модуль приемников тастатурного набора PBRU предназначен для преобразования сигналов, поступающих от телефонных аппаратов с многочастотной тастатурой, в двоичный код с обеспечением защиты от кратковременных помех и речевых сигналов. Сопряжение модуля PBRU с групповой ступенью коммутации GSW, системой тактовой синхронизации и компьютером технической эксплуатации OMC иллюстрирует рис. 6.16.

Станционные окончания ЕТ предназначены для согласования АТС с ИКМ-трактом. ЕТ выполняет следующие функции: преобразование линейного сигнала, передаваемого кодом HDB3, в двоичный сигнал станции и наоборот; синхронизацию входящего сигнала с сигналом цикловой синхронизации и с частотной синхронизацией АТС; формирование структуры цикла и синхронизацию циклов; контроль качества передачи по ИКМ-тракту, а также передачу тревожных сигналов в ЭВМ технической эксплуатации. Во временном интервале T_0 четных циклов передаются синхросигналы, а в T_0 нечетных циклов – биты тревожной сигнализации и биты данных.

Информация телефонных канальных интервалов T1 – T15 и канального интервала T16 при формировании цикла остается без изменения. Сформированный таким образом ИКМ-сигнал 2 Мбит/с, преобразуется в форму, предусмотренную линейным кодом HDB3.

Поступающий по линии сигнал, ослабленный и содержащий помехи, усиливается и восстанавливается в регенераторе. На основе этого сигнала с помощью резонансного контура формируется тактовый сигнал 2 МГц. Линейный код расшифровывается в декодере и преобразуется в двоичный код. В

таком виде сигнал подается к схеме цикловой синхронизации, где распознается цикловый синхросигнал, используемый для синхронизации входного сигнала с внутренним сигналом установки цикла АТС. Затем сигнал передается к групповой ступени коммутации.

Модуль аналоговых соединительных линий АТЛМ производит аналого-цифровое преобразование, а также прием и передачу линейных сигналов.

Генератор тональных сигналов ТГВ формирует акустические сигналы «ответ станции», «занято», «контроль посылки вызова», «вмешательство», «предупреждение об окончании оплаченного периода» (таксофоны), «уведомление», «перегрузка», «тональный вызов». Кроме того, ТГВ формирует тестовые сигналы для проверки PBRU, постоянную комбинацию разрядов, передаваемую в свободный исходящий канал АТС, а также комбинации разрядов, используемые внутри АТС. Для работы блока требуются сигналы частоты синхронизации битов (2.048 Мбит/с) и цикловой синхронизации (8 кГц), образуемые блоком формирования синхроимпульсов (MPTL) в маркере. Распределение акустических сигналов основывается на способности средств коммутации «разветвлять» содержимое одного входящего временного интервала на произвольное число исходящих временных интервалов с помощью полупостоянной коммутации.

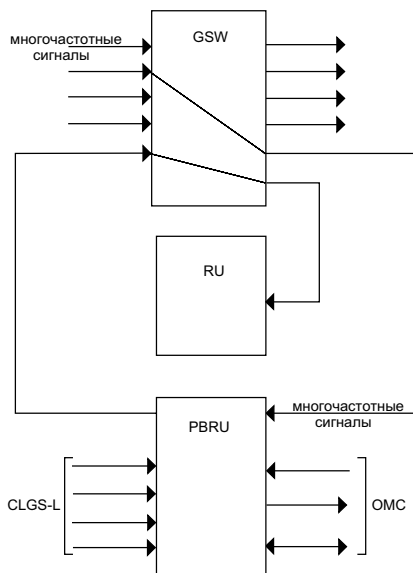


Рис. 6.16. Сопряжение модуля приемников тастатурного набора с блоками станции

Блок автоматического определения номера AONU предназначен для распознавания частотных сигналов 500 Гц («запрос АОН») и 425 Гц («ответ станции»), поступающих от SSW, а также для передачи информации АОН многочастотным кодом «2 из 6». Блок AONU состоит из плат AONCON и AONRT. Блок может одновременно принимать и передавать тональные сигналы по 32 разным каналам. AONU связан (рис. 6.17) с системой тактовой синхронизации, с абонентской ступенью коммутации SSW и с компьютером технической эксплуатации ОМС. Для обеспечения синхронной работы блока AONU с другими блоками DX-200 предусмотрено его подключение к системе CLO, которая дает основные тактовые сигналы 8.192 МГц и 8 кГц.

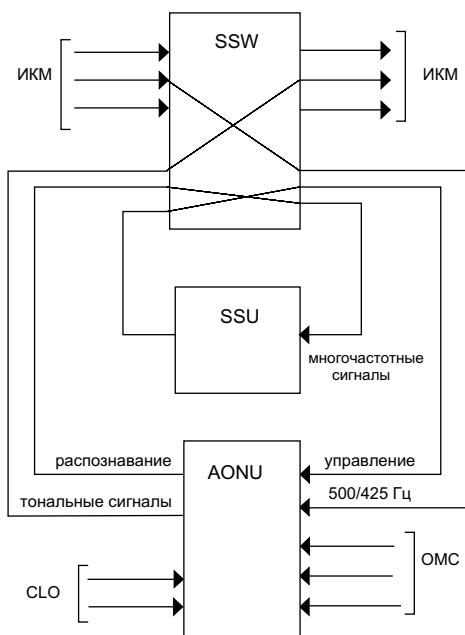


Рис. 6.17. Схема соединения блока AONU с другими блоками станции

В состав оборудования системы тактовой синхронизации (CLG) входят генераторы следующих типов: CLSU, CLG-S, CLG-L. Генератор CLSU содержит блоки VCO, PHD и вторичных источников питания и может работать в качестве ведущего основного и в качестве ведущего резервного. Генератор CLGS подключается к остальным блокам АТС через усилители тактовых сигналов (CLB) системы тактовой синхронизации. В CLB формируются и усиливаются сигналы 8.192 МГц, 8 кГц и 500 Гц. Блок CLB абонентской ступени использует сигналы, даваемые блоком CLB групповой ступени. В станционных окончаниях ЕТ, подключенных к групповой ступени, из полученных сигналов формируется групповой ИКМ-сигнал.

С помощью блока конференцсвязи CNFC может быть организовано 8 конференций, по три участника в каждой. При помощи этого устройства производится также подключение телефонистки МТС к абоненту, занятому местным разговором.

6.3. Новые функции цифровых АТС

Рассмотренные в этой и предыдущей главах системы коммутации постоянно модернизируются и развиваются, что иллюстрирует рис. 6.18. Внутри прямоугольника в центре рисунка можно поместить любую цифровую АТС, поскольку все уже знакомые нам станции 5ESS, S12, DMS-100, AXE-10, NEAX-61 эволюционируют аналогичным образом, обусловленным внедрением IP-телефонии, xDSL, Softswitch и других современных телекоммуникационных технологий. Поэтому позволим себе занять еще немного места описанием представленных на рис. 6.21 новых модулей, обеспечивающих эти АТС и, в частности, станции DX-200 новыми функциями.

Первым таким модулем является *VSU*, который обеспечивает подключение к АТС (например, к DX200) оборудования сети абонентского доступа, в том числе, беспроводного доступа WLL, через интерфейс V5. В соответствии с Рекомендациями ETSI и с Российскими национальными спецификациями интерфейса V5 модуль предоставляет следующие функциональные возможности: обработка уровней 1, 2, 3 интерфейса V5 со стороны оборудования доступа; преобразование протоколов сигнализации PSTN_V5 <-> DSS-1 при исходящем и при входящем вызове; контроль состояния трактов ИКМ со стороны сети доступа и со стороны АТС; прозрачная передача по разговорному каналу цифр номера кодом DTMF; создание и поддержание звена данных LAPV5; управление соединением; выбор несущего канала; управление конфигурацией. Более подробно эти функции будут рассмотрены в следующей главе.

Другой модуль, *ISU*, позволяет подключать к станции оборудование с системой сигнализации E-DSS1. Модуль поддерживает функции уровней 1, 2 и 3 интерфейса первичного доступа «пользователь-сеть» ISDN (поддержка тракта ИКМ-30, создание и поддержание звена данных LAPD, процедуры управления соединением) и их преобразование в протоколы ISUP и MTP.

Несколько более подробно рассмотрим целесообразность включения блока обслуживания IP-трафика *IPU*. Интернет-трафик бросает вызов самой основе сети ТфОП – принципам расчета и проектирования АТС, принципам узлообразования в сети. Телефонные абоненты настолько привыкли к существовавшему в течение многих десятилетий относительно высокому качеству телефонной связи, что подняв с рычага телефонную трубку, воспринимают отсутствие зуммера «Ответ станции» как аварийную ситуацию, хотя отсутствие трамвая при подходе к остановке воспринимают гораздо спокойнее. Такую привычку, впрочем, можно было бы даже приветствовать, если бы ей не сопутствовала общая иллюзия, что ТфОП может обслуживать сеансы связи любой продолжительности. На самом деле все АТС проектируются на основе стандартных параметров телефонного трафика.

В начале главы 5 говорилось о принципе трех троек, одна из которых соответствует 3 минутам средней длительности телефонного разговора. Средняя продолжительность соединения с Интернет составляет 18 – 20 минут. Вероятность того, что длительность телефонного разговора превысит 1 час, составляет 1 процент, тогда как при связи с Интернет вероятность такого события составляет 10 процентов. В результате вызовы с доступом к Интернет перегружают ресурсы АТС и межстанционных линий, что, в свою очередь, увеличивает вероятность потерь, являющуюся главным индикатором качества обслуживания вызовов телефонной сетью.

В этой связи можно выделить в ТфОП три проблемные области:

- исходящая местная АТС, абонент которой совершает вызов для доступа к Интернет;
- транзитный узел и межстанционные соединительные линии;
- входящая местная АТС, на которой вызовы поступают в модемный пул Интернет-провайдера.

Третья проблемная область наиболее серьезна, поскольку здесь может возникать концентрированная перегрузка, хотя и с первой дело обстоит совсем не просто, да и вторая требует значительных инвестиций при неочевидном и опосредованном увеличении доходов. Острота этих проблем вынуждает операторов сетей разделять объединенный трафик и отводить IP-трафик в пакетную сеть как можно скорее. Имеется два варианта такого отвода нагрузки:

- а) позволить IP-трафику проходить через исходящую АТС;
- б) перехватывать IP-трафик на абонентской стороне исходящей АТС.

В обоих случаях, однако, IP-трафик должен быть, прежде всего, идентифицирован, что можно весьма эффективно выполнять средствами интеллектуальной сети. Об этом мы обязательно поговорим в главе 11. Есть, впрочем, и другое решение – присваивать специальный префикс номеру модемного пула, что позволит исходящей АТС знать еще в начале набора цифр номера, что она имеет дело с вызовом, требующим доступа к Интернет.

Так или иначе, затем встает задача отвода IP-трафика из АТС. Одно из наиболее простых и эффективных решений заключается в том, что все вызовы Интернет поступают на специальный модуль IPU, который, как показано на рис. 6.18, фактически является частью АТС и передает этот трафик (по сети ATM, Frame Relay или IP) на сервер доступа Интернет-провайдера или корпоративной сети. Другое решение будет рассмотрено в главе 7, посвященной сети доступа.

Последний из показанных на рис. 6.18 модулей, XSU, ориентирован на систему технических средств для обеспечения

оперативно-розыскных мероприятий СОПМ. Подключение XSU к пульту управления СОПМ иллюстрирует схема на рис. 6.19, а общие аспекты СОПМ будут обсуждаться в главе 10.

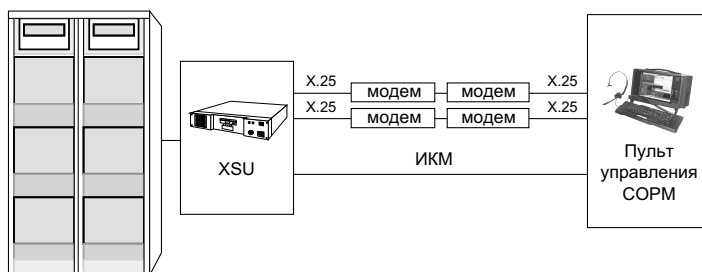


Рис. 6.19. Подключение пульта управления СОПМ к АТС

6.4. Система С-32

Разработка для цифровых сетей связи другой отечественной коммутационной платформы С-32 с базовой скоростью передачи и коммутации 32 Кбит/с была начата в ЦНИИС (Москва) практически одновременно с уже упоминавшейся в данной главе АТСЦ-90. Система С-32 обеспечивает доведение до каждого абонента цифрового потока с битовой скоростью 32 Кбит/с. У всех пользователей С-32 устанавливаются специально разработанные для этой платформы цифровые телефонные аппараты (ЦТА) со встроенным кодеком, кнопочным номеронабирателем и тональным вызывным устройством, что коренным образом отличает ее от других коммутационных станций, обслуживающих, в основном, аналоговые телефонные аппараты. Доведение цифрового потока до каждого абонента с применением внутриканальной абонентской сигнализации позволяет, в принципе, сократить объем станционного оборудования за счет почти полной ликвидации абонентских комплектов и введения групповой обработки абонентской сигнализации. Обратим внимание читателя на то, что в начале разработки С-32 это сокращение объема представлялось вполне ощутимым, хотя оно достигалось и без принципиальных новшеств типа ЦТА с помощью уже упоминавшегося закона Мура.

Но это ясно теперь. А в 70-х годах XX века, когда под руководством Марка Уриевича Поляка проводились исследования проблемы доведения цифрового потока до абонента (НИР «Цифра»), объем оборудования АТС составлял сотни стативов. Затем, в 1983 г., цифровое абонентское оборудование С-32 под названием АТСК-ЦА разрабатывалось для замены ступени абонентского искания в координатных станциях, и вместо 200 стативов АТСК достаточно было всего пяти стативов. В 1988 г. по приказу Министра связи СССР, на

МТК и ОСО) и выносные (могут располагаться на расстоянии до 80 км от помещения, в котором расположено ОСО). Они взаимодействуют с другими модулями по промежуточным линиям, оснащенным цифровыми системами передачи.

Подробное описание платформы С-32 здесь просто невозможно, а ее концепция была и остается оригинальной, но и до сего времени принимается операторами связи неоднозначно. Применение для передачи речевых сигналов в сетях абонентского доступа скоростей, меньших 64 Кбит/с, сегодня становится вполне привычным, что снимает накал былых споров, но и уменьшает актуальность возможных преимуществ С-32 (отчасти, под влиянием все того же закона Мура), сосредоточивая инженерные таланты на новых проблемных направлениях инфокоммуникаций.

6.5. Бета, Сигма, Омега, Кразар и другие

Если разработка цифровых АТС, уже описанных в этой главе, начиналась еще под эгидой Минсвязи СССР, то рассматриваемые в этом параграфе отечественные станции создавались в другое время и в другой стране, с гораздо меньшими сроками разработки и численностью разработчиков, с начальной ориентацией на меньшие диапазоны емкостей и на более скромные функциональные возможности. Для многих из них, по неизвестной автору причине, в качестве названий выбирались буквы греческого алфавита.

О каких-либо отечественных АТС с именем *АЛЬФА* автору ничего неизвестно, а вот на станции *БЕТА* разным производителям в России и в Беларуси выдано более десяти сертификатов. Эта цифровая коммутационная станция была разработана в бывшем НПО «Красная заря» и появилась на российском рынке во второй половине 90-х годов. Архитектура БЕТА, как, впрочем, и всех других рассматриваемых здесь станций, представляет собой комплекс аппаратных и программных средств, обеспечивающих автоматическую коммутацию абонентских и соединительных линий, а также функции технической эксплуатации. В конфигурации БЕТА имеются следующие функциональные блоки: модуль группового оборудования МГО, модуль коммутационного поля МКП, модуль технического обслуживания МТО, модуль абонентских линий МАЛ, модуль цифровых абонентских линий МЦАЛ, модуль цифровых соединительных линий МЦСЛ, модуль аналоговых соединительных линий МАСЛ, модуль радиоканалов МРК. Перечень модулей и их количество зависят от назначения и емкости АТС. В модификациях АТС малой емкости используется однокаскадное не дублированное коммутационное поле. В станциях большой емкости поле является двухкаскадным, с дублирующими плоскостями для обеспечения заданных требований к надежности.

Цифровая АТС *СИГМА-СПб* появилась в тех же стенах (бывшее НПО «Красная заря») и в то же время (первая половина 90-х годов), что и БЕТА. Функциональные возможности и области применения этих станций весьма близки. Обе они поддерживают протоколы сигнализации ВСС РФ, которые рассматриваются в следующей главе, включая 2ВСК, 1ВСК («норка» и индуктивный код), ОКС7, DSS1 и др. Модули станции образуют сетевую архитектуру типа «звезда», роль ядра которой выполняет модуль цифровой коммутации МЦК. Основные функции МЦК – коммутация служебных сообщений между периферийными модулями и коммутация каналов при предоставлении услуг связи. Периферийные модули образуют порты для подключения абонентских и соединительных линий разных типов. Связь периферийных модулей с МЦК обеспечивается через унифицированный межмодульный интерфейс, основанный на стандартных ИКМ-каналах. В зависимости от требуемой пропускной способности тракта связи с МЦК, периферийным модулям может быть выделено необходимое количество каналов 64 Кбит/с. Взаимодействие модуля с МЦК происходит с помощью сетевой операционной системы через специально выделяемые для этой цели временные интервалы ИКМ-трактов с использованием стандартного протокола HDLC на скорости 64 Кбит/с. Таким образом, для внутрисистемной сигнализации служат те же каналы, по которым передается информация пользователей.

Цифровая коммутационная станция *ОМЕГА* была разработана в то же время, но, в отличие от двух рассмотренных выше платформ, не в Санкт-Петербурге, а в Москве. Она имеет вложенную трехуровневую архитектуру, представленную на рис. 6.21. Нижний уровень предназначен для коммутации абонентской нагрузки, а также для обеспечения межстанционных и межсетевых соединений всех типов. Средний уровень предназначен для создания коммутационных полей большой емкости, а верхний уровень – для предоставления новых телекоммуникационных услуг.

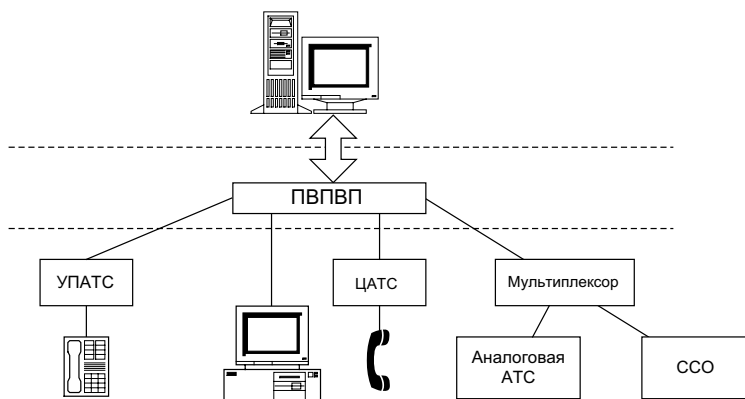


Рис. 6.21. Архитектура системы *ОМЕГА*

Разработанная все в том же петербургском центре «Красная Заря», цифровая станция *КРАЗАР* пришла в 1998 году на смену производившимся там станциям БЕТА. Эта городская АТС имеет в своем составе устройства пяти типов: устройство коммутации УК; устройство соединительных линий СЛ-1200; устройство доступа к аналоговой сети УДАС; административный модуль АМ и пульт оператора ПО. Упрощенная структура АТС КРАЗАР и взаимодействие входящих в нее устройств представлены на рис. 6.22.

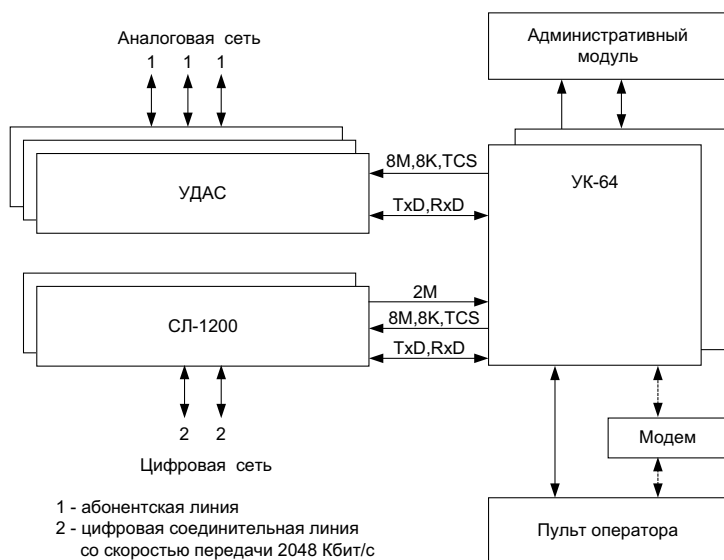


Рис. 6.22. Структура станции КРАЗАР

Что же касается станций БЕТА, то они продолжают выпускаться в Минске, а разработавший их опытный коллектив под руководством Ю.Б.Шура успел за это время создать еще и учрежденческие станции *ЛАЗУРИТ* и *ОНИКС*, которые вписались в семейство телефонных станций *МУЛЬТИКОМ*, *МТА*, *КОНТУР*, *ЭЛКОМ*, *СЕЛЕНА*, разработанных другими инженерными коллективами Санкт-Петербурга. Номенклатуру АТС отечественной разработки дополняют: электронный вариант упоминавшейся в начале главы станции КВАНТ, который, благодаря усилиям В.О. Жогло и его коллег, энергично внедряют центры в Риге, Москве, Санкт-Петербурге и Белгороде; учрежденческая станция *DX-500*, разработанная под руководством А.Н. Колесникова московской компанией «Информтехника» и успешно теснящая импортные системы в ведомственных телефонных сетях; создаваемая рядом со станциями *ОМЕГА* новая коммутационная платформа *АТМАН*, а также станции *АСТРА* из Москвы, *АЛСиТЕК* из Саратова, *КАЛИНКА* из Уфы, *ТОС-120* из Борисоглебска, *ПРОТОН* из Таганрога и др.

Объем учебника не позволяет рассмотреть технические характеристики всех этих станций, но творческие инженерные находки имеются в каждой из них, а география разработок не может не впечатлять.

6.6. Развитие отечественных коммутационных платформ

Все рассмотренные в этой главе цифровые АТС, благодаря программному управлению и многопротокольной архитектуре, могут эволюционно развиваться в направлении к мультисервисным сетям следующего поколения, которые позволяют предоставлять с должным качеством разнообразные инфокоммуникационные услуги на основе стандартов традиционной (ITU-T и ETSI), компьютерной (ECTF) и IP-телефонии (IETF). Именно такие коммутационные платформы понадобятся операторам ТфОП в ближайшее время для того, чтобы не только выжить самим и удержать абонентов, но и повысить свою конкурентоспособность за счет оборудования, сочетающего высокую производительность с экономичностью и гибкостью предоставления услуг. Разумеется, в силу ограниченности ресурсов, специфики тех или иных, уже занятых ниш телекоммуникационного рынка и других экономических причин, далеко не все упомянутые выше станции смогут эволюционировать столь широким фронтом. Потребуется и инвестиции, и слияние компаний-производителей, столь часто наблюдаемое за рубежом, но пока отсутствующее на российском телекоммуникационном рынке, и многое другое из того, что рассматривается в учебных курсах, посвященных экономическим аспектам телекоммуникации.

Мы же отметим здесь четыре стратегических направления дальнейшей эволюции современных коммутационных платформ (рис. 6.23).

С позиций сети с коммутацией каналов, представленная на рис. 6.23 структура переходного периода обеспечивает возможность интегрироваться в пакетные сети путем оснащения телефонных узлов и станций интерфейсными модулями, поддерживающими пакетные интерфейсы с протоколом IP или режим асинхронного переноса информации ATM, сохранив при этом все интерфейсы современной ТфОП: интерфейс V5 для взаимодействия с оборудованием проводного и беспроводного доступа, цифровую систему абонентской сигнализации №1 (DSS1) для подключения учрежденческих АТС, сигнализацию QSIG для непосредственного взаимодействия с корпоративными сетями, стек протоколов ОКС7 (включая INAP для связи с SCP интеллектуальной сети, о чем речь пойдет в главе 11), протокол X.25 для поддержки функций СОРМ и,

наконец, модуль IPU (ISP PoP Unit) для взаимодействия с пакетными сетями. Преимущества такого подхода, дающего возможность использовать уже установленное коммутационное оборудование и интегрировать его в пакетные сети, очевидны.

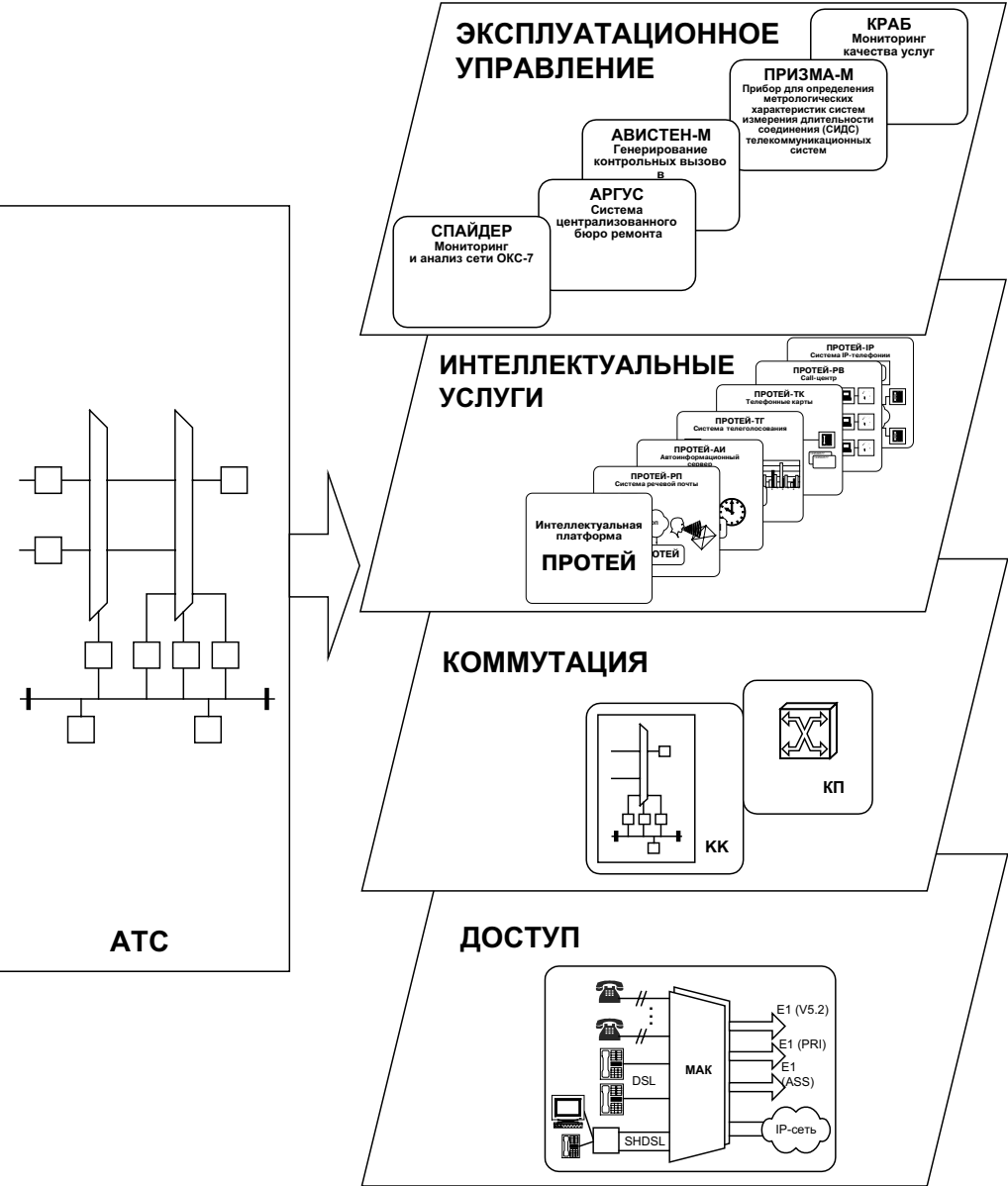


Рис. 6.23. Четыре направления развития коммутационных платформ

Проектная прагматика показывает, что именно подход, представленный на рис. 6.23, лучше всего подходит операторам ТФОП для строительства моста между традиционной телефонией и мультисервисными сетями NGN. Но он же подойдет и новым альтернативным операторам, которые не отягощены грузом прошлого и имеют возможность разворачивать сеть пакетной передачи речи и данных в отсутствии электромеханического наследия и других исторически сложившихся ограничивающих факторов. Они смогут непосредственно использовать изображенную в правой части коммутационной плоскости пакетную сетевую платформу и мультисервисные абонентские концентраторы МАК, минимизировать тем самым начальные инвестиции и сразу же получить хорошее соотношение рабочих характеристик и пропускной способности с ценой.

Глава 7

Абонентский доступ

*Начинают всегда с малого.
В первый день Бог сотворил только небо и землю.
Эмиль Кроткий*

7.1. Глобальная информационная инфраструктура

О том, что новые электронные средства коммуникации превращают мир в подобие глобальной деревни (The Global Village), было сказано знаменитым автором «Галактики Гутенберга» Маршалом Маклюэном еще в 1968 году. По всей видимости, именно отсюда произошел ключевой термин современного телекоммуникационного мира *глобальная информационная инфраструктура* (GII – Global Information Infrastructure). Действительно, слово «инфраструктура» (от латинских *infra* – ниже, под и *structura* – строение, расположение, порядок) означает упорядоченную совокупность средств, составляющих базу для обслуживания общества (дороги, аэродромы, водопровод, линии электропередачи, транспорт, связь, образование, здравоохранение и т.п.). Словосочетание «информационная инфраструктура» означает комплекс средств, обеспечивающих общество возможностями информационного обмена. Ну, а слово «глобальная» понятно и так: ясно, что речь идет об информационной инфраструктуре, охватывающей (или способной охватить) весь земной шар.

Основной задачей глобальной информационной инфраструктуры (рис. 7.1) является передача любой информации от любого пользователя к любому другому пользователю, независимо от того, в каких географических точках они находятся. Информация эта может иметь разные формы (речь, данные, видео), а для обращения пользователей к транспортной сети могут применяться разные

средства доступа, включая кабель с медными проводниками, оптоволоконный кабель, радиоканал. Как раз так – от медных проводов к беспроводным и оптическим средствам – изменяется в настоящее время технологическая база сети абонентского доступа. Изменяются и потребности пользователей: у них растет интерес к новым телекоммуникационным услугам (заметим попутно, что термин «пользователь», более соответствующий понятиям современного телекоммуникационного рынка, постепенно вытесняет термин «абонент» – пережиток времен телефонной монополии).

В почти столетней истории постепенного эволюционного развития сети абонентского доступа, удовлетворявшей полосой 3.1 кГц и базировавшейся на медной проволоке, наступила пора революционных преобразований, связанных с появлением новых технологий, новых концепций и новых методов доступа. Именно эти революционные преобразования породили ассоциативную цепочку определения *трех источников и трех составных частей* услуг сети доступа, запрашиваемых пользователем. Тремя источниками услуг сети доступа являются:

- *передача речи* (телефонная связь, речевая почта, IVR,...);
- *передача данных* (e-mail, Web, ...);
- *передача видеoinформации* (видеоконференции, VoD,...).

Для предоставления услуг каждого вида сегодня существует своя сеть и используются свои средства связи: пара медных проводов для абонентов с аналоговыми телефонными аппаратами, коаксиальная сеть для кабельного телевидения, волоконно-оптические средства связи, оборудование беспроводного доступа. Таким образом, в сети доступа можно выделить три составные части:

- *металлический кабель*;
- *волоконно-оптический кабель*;
- *беспроводный абонентский доступ (WLL)*.

С точки зрения интенсивного внедрения в российские ТфОП современных средств и технологий абонентского доступа существенным фактором является уменьшение общего количества АТС и укрупнение коммутационных узлов, в связи с чем увеличиваются области обслуживания пользователей и дальность действия оборудования сети доступа. Еще один важный фактор – использование для подключения оборудования доступа открытого интерфейса V5, рассматриваемого ниже в этой главе.

Но сначала восполним пробел на рис. 7.1, где в области сети доступа (AN – Access Network) практически ничего не показано. Обусловлено это, в частности, многообразием вариантов топологии сети доступа, которое трудно уместить на одном рисунке. Наиболее простой (и наименее часто применяемой) является топология *точ-*

ка – точка, используемая, например, при организации связи между двумя сегментами корпоративной ЛВС. Топология *точка – группа точек* является логическим продолжением предыдущего варианта, но предполагает наличие центрального узла и нескольких периферийных модулей концентрации абонентской нагрузки. Топология *звезда* вполне приемлема в условиях городской сети и позволяет решить задачу полноценного эксплуатационного управления сетью, включая регулирование потоков трафика, обеспечение безопасности и защиту от несанкционированного доступа. Топология *группа точек – группа точек* предполагает, что сеть доступа содержит совокупность близких по рангу устройств, каждое из которых функционирует и как источник трафика, и как ретранслятор «чужого» трафика. Наиболее популярным ее вариантом является *кольцевая топология*.

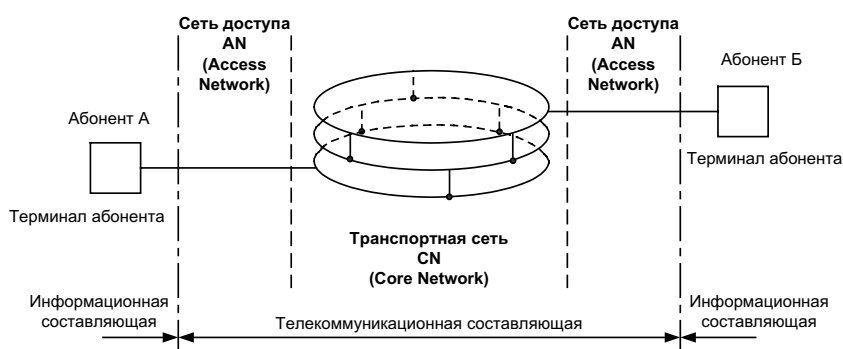


Рис. 7.1. Глобальная информационная инфраструктура GII

7.2. Цифровые абонентские концентраторы и мультиплексоры

Абонентские мультиплексоры и концентраторы входят в номенклатуру оборудования практически каждой из цифровых АТС, рассмотренных в главах 5 и 6, а индивидуальные особенности этих АТС не противоречат упрощенной структуре, приведенной на рис. 7.2, которая в одинаковой степени соответствует как концентратору, так и мультиплексору.

Различие определяется тем, как соотносятся числа M и N . Когда $N=30 \cdot M$, то речь идет о мультиплексоре, т.е. концентрация нагрузки отсутствует,

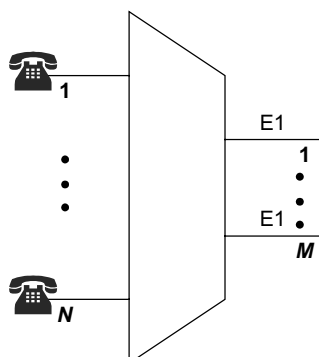


Рис. 7.2. Цифровой абонентский концентратор/мультиплексор

потери из-за отсутствия свободных каналов исключены, поскольку число абонентских терминалов равно числу используемых временных каналов, а экономический эффект достигается за счет уменьшения затрат на линейно-кабельные сооружения. Когда же $N > 30M$, речь идет о концентрации нагрузки. Концентратор дает еще большую экономию на линейно-кабельных сооружениях, к этому добавляется и экономия коммутационного оборудования, но на участке сети абонентского доступа допускаются потери вызовов. Отношение $30M$ к N называется коэффициентом концентрации, который может иметь, например, значения 4:1 или 8:1.

В качестве примера упомянем абонентские цифровые концентраторы АЦК-1000, почти 10 лет выпускавшиеся заводом «Красная Заря» для станций DX-200 и АТСЦ-90, а затем рассмотрим последнюю отечественную разработку следующего поколения - мультисервисные абонентские концентраторы МАК.

Абонентские концентраторы устанавливаются в помещении опорной АТС, а также в жилых домах, в помещениях других АТС, в специальных помещениях или в перевозимых контейнерах. Максимальная емкость АЦК-1000, в частности, составляет до 1024 абонентских линии, а МАК – до 4320 абонентских линий на один статив. Эти мультисервисные концентраторы МАК следующего поколения выполняют все функции АЦК-1000, позволяя также работать с современными цифровыми АТС любых типов, имеющими интерфейсы V5.2 или PRI, взаимодействовать с IP-сетями и поддерживать проводной, беспроводной и оптический доступ в любых сочетаниях.

Применение МАК в сельских и городских телефонных сетях традиционных операторов ТФОП с подключением его к опорным цифровым АТС через стандартный интерфейс V5.2 позволяет снизить затраты на абонентскую кабельную сеть за счет концентрации абонентской нагрузки. В мультисервисных сетях следующего поколения подключение МАК к Softswitch выполняется по протоколам MGCP, MEGACO/H.248, а также SIP, о чем будет сказано в следующей главе.

Оборудование МАК работает с терминалами следующих типов:

- аналоговые телефонные аппараты, а также аппараты факсимильной связи и модемы;
- терминалы ISDN;
- интегрированные устройства доступа IAD на основе технологии SHDSL, предусматривающие предоставление услуг как симметричной высокоскоростной передачи данных (до 2 Мбит/с), так и телефонии (VoDSL); электропитание таких устройств может быть как местным так и дистанционным, что обеспечивает более высокую надежность.

Общей проблемой любых концентраторов является их техническое обслуживание, осуществляемое по очевидным технико-экономическим причинам из единого центра эксплуатационного управления. Интерфейс оператора технической эксплуатации современной сети доступа выполнен на основе Web-технологий, что позволяет использовать для доступа к функциям технической эксплуатации любой компьютер с установленным на нем Web-браузером, расположенный в любой точке земного шара. С помощью этого компьютера возможны: обнаружение отказов; обработка сообщений о несанкционированном доступе, пожаре и других чрезвычайных ситуациях; измерение параметров абонентских линий и параметров импульсного номеронабирателя в телефонном аппарате пользователя; испытание таксофонных линий и таксофонов; тестирование оборудования самого концентратора и т.п. Важно, что каждый абонентский интерфейс имеет встроенные функции измерителя, что дает, например, возможность одновременно измерять электрические характеристики любого количества абонентских линий, экономя рабочее время обслуживающего персонала.

Рассмотрим возможные варианты организации связи при использовании МАК в качестве примера.

Первый (простейший) вариант включения МАК представлен на рис. 7.3, а. Через интерфейс V5.2 концентратор подключается к опорной АТС, а с абонентской стороны в каждую кассету включается до 570 аналоговых абонентских линий.

Второй вариант организации связи с помощью МАК иллюстрирует рис. 7.3, б. Как и в первом варианте, через интерфейс V5.2 концентратор подключается к опорной АТС, а с другой его стороны, через интерфейс SHDSL, подключаются интегрированные абонентские устройства IAD, в которые, в свою очередь, могут включаться до 8 аналоговых телефонных аппаратов, а также и персональные компьютеры по Ethernet.

Последний вариант на рис. 7.3, в, демонстрирует полный спектр возможностей МАК. Кроме названных ранее, показана возможность подключения концентратора к Softswitch по протоколу MGCP. При этом услуги телефонии для абонентских терминалов всех типов предоставляются, независимо от технологии доступа, с использованием единого плана нумерации.

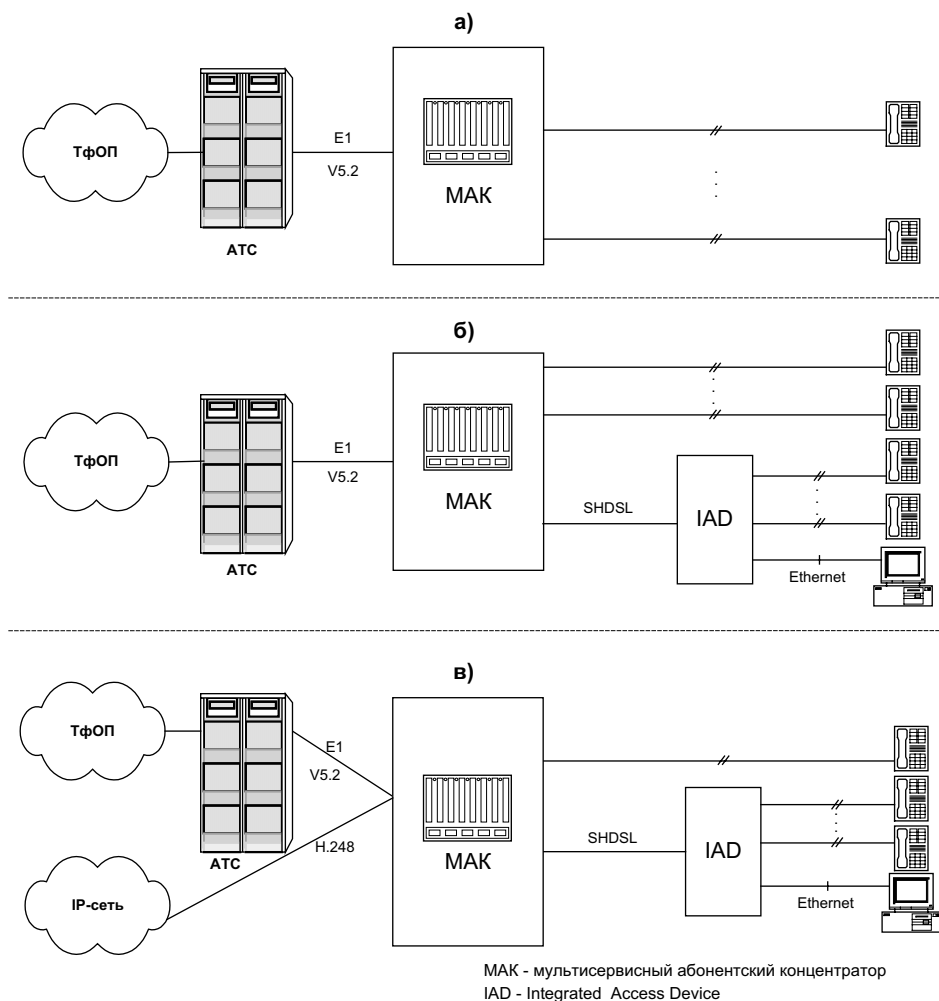


Рис. 7.3. Варианты включения мультисервисного абонентского концентратора MAK

7.3. Интерфейс V5

В недавнем прошлом интерфейсы между выносными абонентскими концентраторами и модулями цифровых линий в коммутационном узле не подлежали международной стандартизации. Практически во всех ATC, установленных до сего времени, для этих интерфейсов используются стандартные цифровые тракты 2 Мбит/с и «внутрифирменные» протоколы компании-производителя. Очевидный недостаток такого решения – отсутствие у оператора свободы выбора при расширении емкости опорной ATC с установкой выносного коммутационного оборудования. В последние годы,

в связи с расширением номенклатуры средств доступа, в т.ч., с распространением оборудования беспроводного абонентского доступа WLL, стало ясно, что необходимо иметь универсальный интерфейс, позволяющий совмещать в одной сети доступа оборудование разных производителей.

Разработка такого универсального интерфейса, получившего название V5, была начата в 1991 году Европейским институтом стандартизации ETSI. Первые спецификации V5 были изданы в 1993 году, а в 1995 году ITU-T утвердил Рекомендации для V5.1 (без концентрации) и V5.2 (с концентрацией). Национальная часть протокола определяется каждой страной с учетом специфики ее сети, связанной, в первую очередь, с управлением соединениями ТФОП. Необходимость создания национальных спецификаций протокола ТФОП обусловлена тем, что в каждой стране исторически сложился свой подход к обработке вызовов ТФОП.

Интерфейс V5.1 определен в Рекомендации G.964 ITU-T и в стандарте ETS 300-324-1, а интерфейс V5.2 – в Рекомендации G.965 ITU-T и в стандарте ETS 300-347-1. Интерфейс V5.1 позволяет подключить к АТС по цифровому тракту 2.048 Мбит/с до 30 аналоговых абонентских линий или В-каналов ISDN без концентрации. Интерфейс V5.2 ориентирован на группу трактов 2 Мбит/с (до 16 трактов) и поддерживает концентрацию, например, с коэффициентом 8:1. Для каждого тракта предусмотрено несколько каналов для сигнализации и пакетный режим в D-канале. В таблице 7.1 приведены некоторые сведения об интерфейсе V5.2.

Таблица 7.1. Интерфейс V5.2

Технические характеристики интерфейса V5.2		
1	Стандарты	ETSI, ETS 300 347 (09/94), ITU-T G.965
2	Применение	Оборудование WLL и проводного доступа по оптическим и металлическим линиям
3	Поддерживаемые типы доступа	Двухпроводные аналоговые линии (a/b) с подключением: - абонентских терминалов - офисных АТС без DID Базовые доступы ISDN BRA с переводом информации каналов D в один C-канал интерфейса V5.2 Арендованные линии Полупостоянные соединения 64 Кбит/с Интерфейсы V5.1 Центрекс Первичный доступ ISDN PRA
4	Услуги для абонентов	Те же, что для абонентов, включенных прямо в АТС
5	Тракты ИКМ	До 16 трактов ИКМ-30
6	Каналы передачи данных	До 4 активных + 4 резервных
7	Максимальная абонентская емкость	2000 аналоговых + 0 ISDN (2B+D), или 0 аналоговых + 1000 ISDN (2B+D), или их комбинация в соответствующих пределах

Наличие интерфейса V5 дает оператору возможность:

- предоставлять услуги пользователям как с аналоговыми (ТфОП), так и с цифровыми (ISDN) терминалами;
- использовать стандартные протоколы сигнализации;
- свободно выбирать при развитии сети оборудование разных производителей;
- улучшать эксплуатационные характеристики при сокращении номенклатуры используемых интерфейсов;
- управлять характеристиками интерфейса, что обеспечивает гармонизацию с идеологией TMN.

Функциональная модель доступа через интерфейс V5 представлена в обобщенном виде на рис. 7.4.

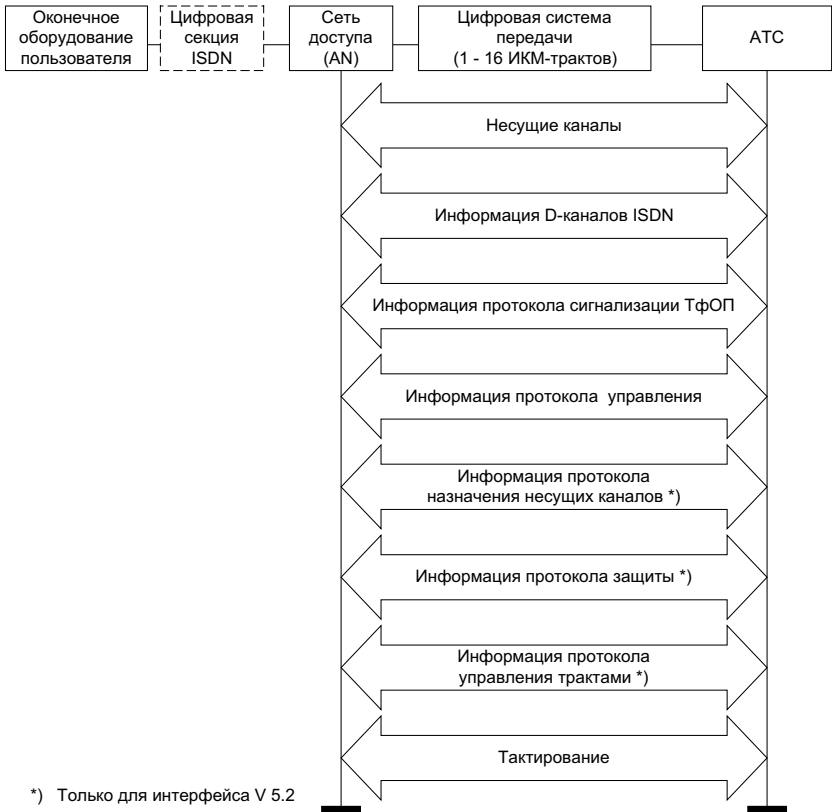
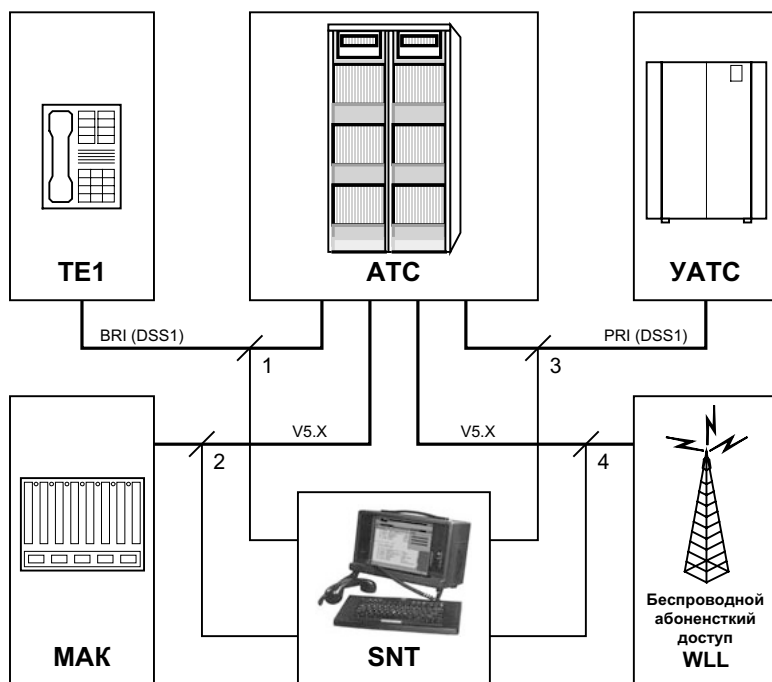


Рис. 7.4. Функциональная модель доступа через интерфейс V5

О вариантах применения V5 для беспроводного радиодоступа WLL мы поговорим в следующем параграфе, а здесь затронем вопрос о тестировании интерфейса V5, которое, кроме проверки *соответствия* стандарту собственно протокола, предполагает

ет и проверку *взаимодействия* разнообразного оборудования с использованием протокола V5. *Тесты соответствия* включают в себя проверку корректности работы протокольных объектов, т.е. соблюдения очередности следования сообщений, правильности перехода объектов из одного состояния в другое под воздействием внешних событий, кодировки обязательных информационных элементов. Тесты соответствия проводятся путем подключения тестируемого оборудования к протокол-тестеру, работающему в режиме эмуляции протокола по определенным заранее тестовым сценариям. *Тесты взаимодействия* охватывают весь процесс обслуживания вызова и предоставления дополнительных услуг, то есть обеспечивают проверку функционирования системы в целом. Тесты взаимодействия проводятся при подключении тестируемого оборудования доступа к опорной АТС или к протокол-тестеру, работающему в режиме имитации соответствующего объекта, а также при параллельном мониторинге интерфейса и верификации алгоритмов взаимодействия (рис. 7.5).



- 1 - мониторинг, симуляция терминального оборудования и проведение тестов взаимодействия и соответствия абонентского интерфейса ISDN;
- 3 - мониторинг, симуляция функций АТС и проведение тестов взаимодействия и соответствия интерфейса с опорной АТС ISDN;
- 2, 4 - мониторинг, симуляция как стороны сети доступа, так и стороны АТС, проведение тестов взаимодействия и соответствия интерфейсов V5.1 и V5.2.

Рис. 7.5. Варианты включения протокол-тестера

В отечественных протокол-тестерах SNT, показанных на рис. 7.5, реализованы режимы *мониторинга* и *симулятора*, позволяющие имитировать функции оборудования сети абонентского доступа в уровнях 1, 2, 3 протокола V5; имитировать таким же образом интерфейс V5 опорной АТС; вести мониторинг сигнальных каналов; проводить анализ протоколов сигнализации; управлять процессом тестирования; сохранять и распечатывать результаты тестирования.

7.4. Беспроводный абонентский доступ WLL

Беспроводные технологии применяются, в первую очередь, для того, чтобы пользователь мог свободно передвигаться, и при этом доступ к его терминалу не был никак ограничен. Но этот аспект беспроводной связи остается за пределами учебника. Здесь же рассматривается использование беспроводной технологии для создания стационарных абонентских радиолиний *WLL (Wireless Local Loop)* в тех случаях, когда другие технологии оказываются неэффективными по экономическим причинам или вследствие особенностей местности. К аргументам в пользу беспроводного доступа А.В. Голышко [53], добавляет подстерегающие телефонного оператора аварии теплотрасс и линий электропередачи, наводнения и пожары, рытье котлованов и траншей вблизи кабельных коммуникаций, результаты пребывания около телефонных коллекторов бомжей и хулиганов, убытки от обрывов и затоплений кабелей, а также связанные со всем этим претензии абонентов. Другая группа доводов в пользу WLL, не носящих негативного характера, связана с предоставлением пользователю тех же услуг, что и при проводном доступе, но при гораздо более независимой топологии сети доступа. Многое здесь, впрочем, зависит от используемого радиостандарта.

Мы не будем рассматривать несколько устаревшие сегодня системы WLL, использующие радиointерфейс CT2/CAI (примером может служить неизвестная система Tangara), а также следующий за ним интерфейс CT3, который оказался не очень успешным из-за затмившего его стандарта DECT (аббревиатура расшифровывается как *Digital Enhanced Cordless Telecommunication*), спецификация которого была завершена ETSI в 1991 году. В 1992 году вышла директива ЕС, обязывающая страны, входящие в сообщество, выделить для приложений DECT диапазон частот 1880-1900 МГц. В этом же году был принят Европейский стандарт для радиointерфейса DECT (ETS 300 175). С этого момента DECT стал во всем мире основным стандартом для беспроводных телефонов и учрежденческих АТС, а потом и для WLL. При этом максимальная разрешенная пиковая мощность передатчика составляет 250 мВт, что соответствует средней мощности 10 мВт, поэтому в DECT размер сота ограничен со-

тнями метров, и система может обслуживать только пользователей, перемещающихся с небольшой скоростью, например, пешеходов. Максимальная дальность связи, при наличии прямой видимости и с применением стационарных направленных антенн, может достигать 5 км. Иногда для увеличения дальности связи предусматривается установка ретрансляторов, что позволяет несколько приблизить возможности микросотовых систем DECT к системам других стандартов с радиусом сота до 15 – 20 км, которые способны охватить зону обслуживания любой АТС.

К этому классу WLL относится известное (в частности, благодаря много печатавшейся рекламе «Сиди, имей CDMA») оборудование стандарта, разработанного в компании Qualcomm. Расширением CDMA, в определенном смысле, является система MultiGain Wireless (MGW), выполненная на базе изобретенной в компании Tadiran технологии CDMA с дискретным изменением несущей – FH-CDMA (FH – Frequency Hopping, т. е. скачкообразное изменение частоты). При работе системы MGW все радиопорты синхронно переходят с одной частоты на другую, причем в каждый момент времени на определенной несущей частоте работают только один радиопорт и взаимодействующие с ним абонентские радиотерминалы, а другим радиопортам присваиваются разные порядковые номера, чтобы исключить использование ими одной и той же частоты в одно и то же время.

Все эти системы, как правило, используют топологию *звезда*, упоминавшуюся в начале главы. Там же упоминалась и топология *точка – группа точек* (point-to-multipoint), на которую ориентировано, например, оборудование IRT2000 производства Lucent Technologies, а также система A9800 производства компании Alcatel.

В развитие этого можно выделить три топологических подхода к применению технологии WLL. Эти подходы различаются тем, как соотносятся длина радиолинии и длина проводной линии на участке между АТС и пользователем. Если радиолиния не доводится прямо до пользователя, то, как правило, она организуется на участке между АТС и распределительным шкафом. Эта конфигурация, особенно актуальная для районов, куда дорого прокладывать кабель, показана на рис. 7.6, а. Такая система может работать либо в режиме «точка – точка», если радиолиния обслуживает один мультиплексор, либо в режиме «точка – группа точек», если обслуживается несколько мультиплексоров.

Системы, предусматривающие использование радиолинии на всем участке от АТС до пользователя, требуют наличия у каждого пользователя индивидуального радиотерминала, но зато уменьшают задержку при передаче сигналов и не требуют затрат, связанных с установкой мультиплексора и прокладкой кабельных пар до

терминалов. Кроме того, снижаются и эксплуатационные расходы. Эффективным является режим «точка – группа точек», так как это позволяет иметь на АТС только один радиокomплект линейного окончания (РЛО) для всех обслуживаемых пользователей. Такая конфигурация показана на рис. 7.6, б. Такие системы наиболее эффективны в сельских сетях.

Системы с использованием радиоканала на участке от пользователя до удаленного мультиплексора (рис. 7.6, в), в отличие от систем, использующих радиоканал на участке от АТС до удаленного мультиплексора, применяют, преимущественно, в городских сетях, где уже существует инфраструктура проводной сети доступа, но требуется ее расширение. Эти системы полезны также и тогда, когда существующая инфраструктура принадлежит одному оператору, а предоставление необходимых услуг может обеспечить другой оператор.

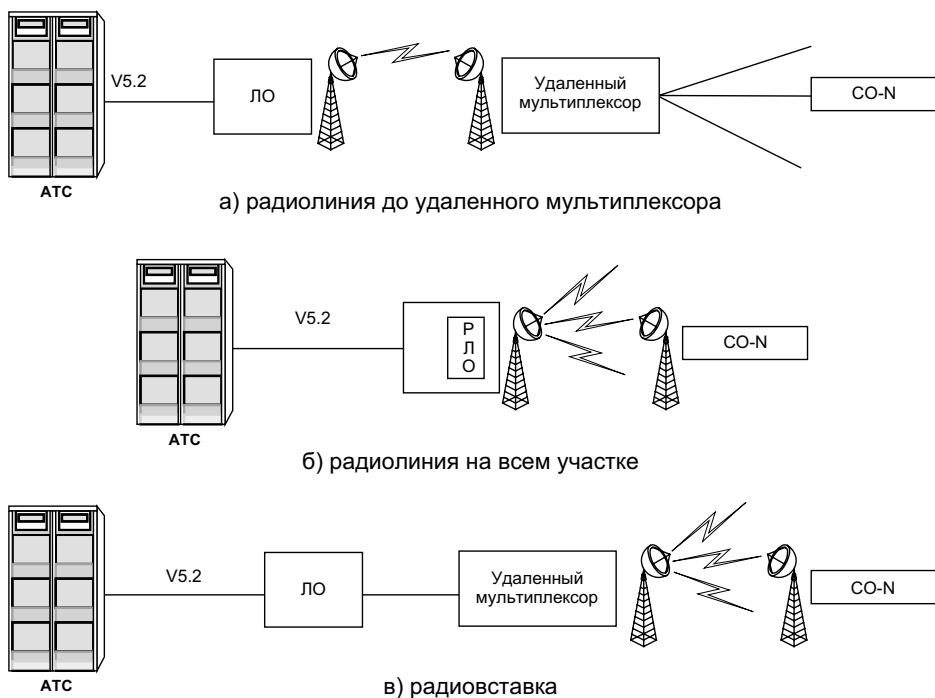


Рис. 7.6. Использование интерфейса V5.2 при разных вариантах топологии радиодоступа

Это отнюдь не полный перечень систем WLL. Да и общее количество систем беспроводного доступа, развернутых к настоящему времени в России, пока невелико. Однако не подлежит сомнению, что в силу географических и демографических особенностей нашей страны беспроводной доступ ожидает будущее.

7.5. Оптическое волокно в абонентской линии

В начале главы было предложено разделить все технологии доступа по используемой среде передачи – оптический кабель, беспроводные доступ и металлические линии. Суть первой из перечисленных технологий заключается в том, что между центральным узлом и удаленными абонентскими узлами создается пассивная оптическая сеть PON (Passive Optical Network), имеющая топологию «дерево». В промежуточных узлах дерева размещаются пассивные оптические разветвители (сплиттеры) – компактные устройства, не требующие электропитания и обслуживания. Эта технология, безусловно, отвечает всем современным и перспективным требованиям к сети абонентского доступа, кроме, разве что, экономических. Именно в силу экономических причин доля оптоволоконных абонентских линий, по данным Gartner Group Inc., к 2005 году не составит и одного процента. В большинстве случаев оптоволоконный абонентский кабель, проложенный к строящимся многоэтажным зданиям или к крупным бизнес-центрам, используется как экономичный способ подвести к распределительному шкафу большее число обычных абонентских линий ТфОП, а не как способ предоставить конечному пользователю более широкую полосу пропускания. Замену же оптическим волокном домовой проводки пока еще очень трудно оправдать.

И все же, доведение оптического волокна до помещения пользователя FTTH (Fiber To The Home) становится все более разумным капиталовложением применительно к домам того уровня, где живут или работают люди, способные оплачивать доступ к широкополосным услугам.

Разумным сочетанием использования оптических и металлических абонентских линий отличается оборудование абонентского доступа BroadAccess компании ADC, являющееся сегодня наиболее распространенным оборудованием доступа в ВСС РФ, подключаемым через интерфейс V5. Впрочем, успех этого оборудования (рис. 7.7) обусловлен не только этим, но и комбинированными ATM/TDM решениями для самых разнообразных телекоммуникационных услуг от традиционной телефонии до возможностей сетей Ethernet и ATM/IP, мощной системой эксплуатационного управления через любую сеть передачи данных, включая TCP/IP, X.25 и SNMP, о чем мы поговорим в главе 10, и различными xDSL-технологиями, которым посвящен следующий параграф.

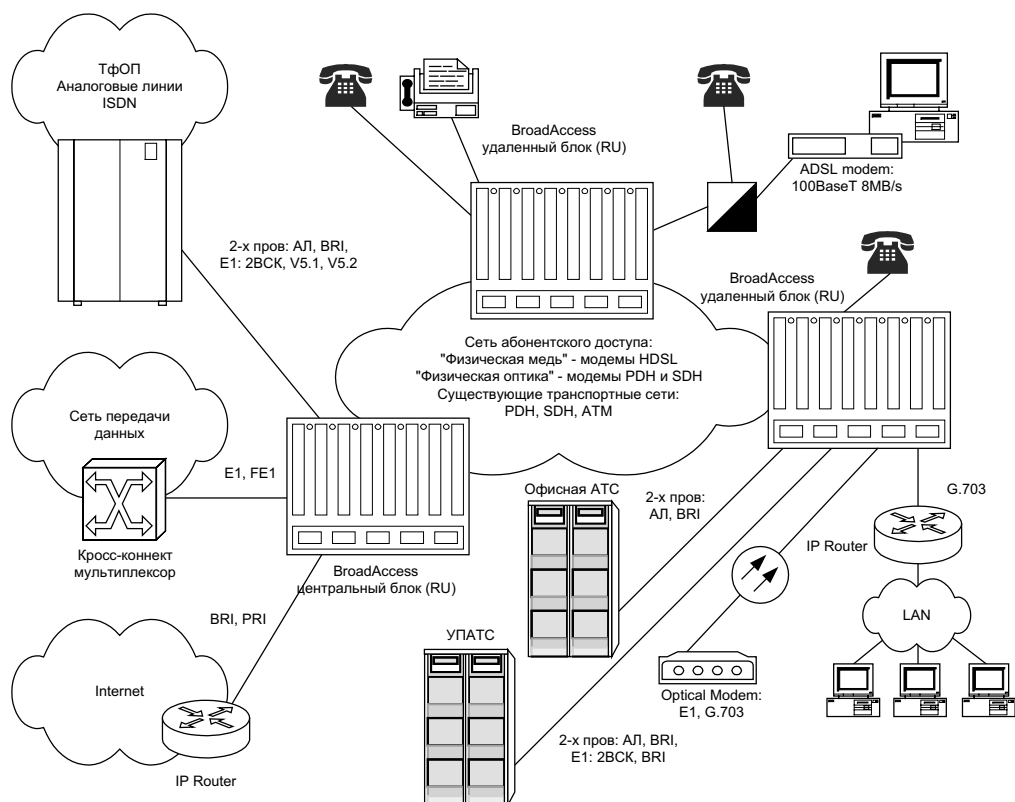


Рис. 7.7. Варианты организации доступа на базе BroadAccess

7.6. Цифровые абонентские линии DSL

Термин *цифровая абонентская линия DSL* впервые появился в контексте сети ISDN, о чем говорилось в главе 4. Позднее он трансформировался в общий термин для технологий, реализующих передовые методы формирования и обработки сигналов с целью эффективно использовать полосу пропускания абонентских линий и получить скорости передачи, значительно превышающие те, которые достижимы при использовании модемов. Здесь ISDN мы упомянем только в контексте технологии IDSL, обеспечивающей передачу информации со скоростью 160 Кбит/с одновременно в обоих направлениях по одной паре медных проводов. В базовом же доступе ISDN эта скорость составляется из скоростей двух В-каналов по 64 Кбит/с каждый, одного D-канала 16 Кбит/с и 16 Кбит/с информации цикловой синхронизации и управления. В свое время ISDN казалась настоящим чудом, однако в сравнении с рассматриваемыми здесь современными вариантами DSL она выглядит довольно скромно.

Впервые технологию цифровой абонентской линии DSL предложила компания Bellcore в 1989 году в качестве способа передачи «видео по требованию» по стандартному абонентскому кабелю. Позже основная область применения DSL сместилась к обеспечению скоростного доступа к Интернет. Самым первым распространенным практически вариантом технологии DSL стала асимметричная цифровая абонентская линия ADSL. Слово «асимметричная» в ее названии означает, что скорости передачи данных по направлению к абоненту и в направлении от абонента разные. Существуют полноскоростная ADSL (full-rate ADSL) и ADSL lite – более дешевая и простая в реализации технология. Имеется еще ряд технологий DSL, поэтому все они часто обозначаются как xDSL, где x – прилагательное, характеризующее конкретный тип DSL. Со временем было предложено столько вариантов DSL, и с таким разнообразием значений x, что во всем этом легко заблудиться. Чтобы так не случилось, мы рассмотрим только те технологии, которые имеют наибольшее практическое применение сейчас или будут иметь таковое в ближайшей перспективе. Это – технологии HDSL, HDSL2, IDSL, ADSL, G.lite, RADSL, SDSL, SHDSL и VDSL. Некоторые из них являются собственностью компаний, их придумавших, некоторые стандартизованы на международном уровне или находятся в процессе стандартизации. Все эти технологии – цифровые, и в них применяются сложные методы компрессии и мультиплексирования, направленные на то, чтобы «выжать» из двухпроводной абонентской линии наилучшие (насколько это возможно) характеристики.

Каждая технология имеет свою специфику и требует специального оборудования на обоих концах линии. Большинство технологий xDSL поддерживает передачу как речи, так и данных, причем речи отдается предпочтение, но и данные передаются с относительно высокой скоростью. Некоторые из этих технологий связаны с применением централизованных разветвителей, называемых также модемами или фильтрами, в которые включается линия на стороне пользователя. Речевые сигналы в диапазоне частот 0.3 – 3.4 кГц в случае отказа питания от электросети проходят через получающие местное питание разветвители насквозь, благодаря чему и в этой ситуации обеспечивается телефонная связь. При включенном питании все технологии xDSL поддерживают постоянный доступ к Интернет, поскольку всегда существует соединение PC пользователя через разветвитель в его помещении с центральным разветвителем и с *мультиплексором доступа DSLAM*, сопрягающим линию xDSL с сетью передачи данных, в частности, с Интернет. В отличие от ISDN или аналоговых модемов, xDSL при связи с Интернет не вносит никакой задержки.

Но вернемся к нашему перечню технологий и дадим краткую характеристику каждой из них.

Высокоскоростная цифровая абонентская линия *HDSL*. Потребность в технологии *HDSL* возникла тогда, когда сильно возрос спрос на прямое подключение трактов Е1 к офисам корпоративных пользователей. Технология ИКМ-передачи была разработана довольно давно (еще в 1960-х годах) и первоначально предназначалась для применения на межстанционных участках городских телефонных сетей. Основная трудность применения этой технологии на абонентских парах заключалась в том, что системы ИКМ требовали установки регенераторов через каждые 1000 – 1500 метров. Это требование явно не подходило для сети абонентского доступа, которая проектировалась в предположении, что каждая абонентская установка подключается к АТС по простой паре проводов, не содержащей в себе каких-либо электронных устройств, по крайней мере, при длине линии до 5.5 км. Главным же требованием к системе *HDSL* было обеспечение доступа к пользователям по линиям без регенераторов. Версия *HDSL*, стандартизованная ИТУ-Т в Рекомендации G.991.1 в 1998 году, обеспечивает передачу информации со скоростью 2.048 Мбит/с по двухпроводным абонентским линиям длиной до 3.7 км без применения регенераторов.

Системы *HDSL* используют либо три, либо, как и ИКМ, две пары проводов. Однако вместо того, чтобы использовать каждую пару для передачи со скоростью 2.048 Мбит/с в одном направлении (одну пару – в прямом, а вторую – в обратном), в технологии *HDSL* каждая пара служит для передачи информации в обе стороны, но с меньшей скоростью (784 Кбит/с при использовании трех пар), что снижает мощность сигнала на высоких частотах. Благодаря этому и затухание гораздо меньше, и напряженность излучаемого электромагнитного поля намного ниже. А в результате увеличивается дальность передачи без применения регенераторов, и уменьшаются искажения.

В настоящее время органы стандартизации работают над системой второго поколения, называемой *SDSL* – симметричной *DSL* (или, иногда, *HDSL2*), которая обеспечивает ту же скорость передачи с использованием всего одной пары проводов. Для этого требуются гораздо более тонкие методы формирования сигналов, т.е. более продвинутая модемная технология, которая, в свою очередь, требует установки на обоих концах линии процессоров с гораздо более высоким быстродействием.

Асимметричная цифровая абонентская линия *ADSL* – это технология, продвигаемая упоминавшимся в главе 1 Форумом *ADSL*. По сравнению с *HDSL*, *ADSL* поддерживает значительно более высокие скорости передачи – до 10 Мбит/с в направлении от АТС к пользователю – и делает это, используя одну пару проводов. Скорость передачи в направлении от пользователя к АТС ниже и составляет максимум 1 Мбит/с. Технология *ADSL* одновременно поддержива-

ет также передачу аналоговых речевых сигналов для организации телефонного разговора в основной полосе частот 0.3 – 3.4 кГц. Первое приложение ADSL – *видео-по-требованию VoD* – требует скорости передачи в направлении от станции, достаточной для видеоканалов, а в направлении к станции – достаточной для управления выбором видеопрограмм.

Однако практика применения ADSL показывает, что пропускная способность канала в направлении от пользователя к станции в реальных условиях не превышает 200–300 Кбит/с, а в направлении от станции к пользователю составляет максимум 1–2 Мбит/с. Все это далеко от идеальных 1 Мбит/с и 10 Мбит/с, соответственно. Кроме того, при массовом внедрении ADSL существуют проблемы электромагнитной совместимости, а асимметрия оказывается основным недостатком ADSL при предоставлении ряда услуг индивидуальным пользователям и, особенно, бизнес-клиентам.

Еще одним вариантом технологии ADSL является цифровая абонентская линия с адаптивной скоростью *RADSL*. Как и обычный модем, модемы RADSL адаптируют скорость передачи потока от станции к возможностям абонентской линии. Эти модемы, как правило, используют усовершенствованную квадратурную амплитудную модуляцию 64 QAM и адаптивное выравнивание.

Технология *ADSL lite*, известная также под названием ADSL без разветвителя, *G.lite*, представляет собой упрощенную версию обычной ADSL, предусматривающую установку у пользователя фильтра нижних частот, который отделяет аналоговый речевой сигнал в основной полосе частот от сигналов высокоскоростной передачи данных. Обычно это требует дополнительных затрат на внутреннюю проводку в помещении пользователя. В *G.lite* такого фильтра нет, и это может, вообще говоря, вызвать отрицательные последствия, например, появление пачек ошибок при передаче данных в тот момент, когда звонит телефон или снимается трубка, что, однако, окупается значительным упрощением установки и монтажа системы. Технология *G.lite* была стандартизована ITU-T в Рекомендации G.992.2 как расширение спецификации ADSL.

Существует вариант технологии DSL, который называется цифровой абонентской линией с очень высокой скоростью передачи *VDSL*. Эта технология обеспечивает передачу информации со скоростью до 51.84 Мбит/с и находит применение в сценарии гибридной абонентской линии с FTTN.

Уже упоминавшаяся в начале параграфа цифровая абонентская линия ISDN, *IDSL*, – это xDSL-технология, которая использует принципы базового доступа BRA ISDN для симметричной передачи информации по медной кабельной паре со скоростью 128 или 144 Кбит/с. Как и линия BRA ISDN, IDSL подводится в помещении

абонента к стандартному ТА (терминальному адаптеру) ISDN. В остальном же концепции расходятся. ISDN поддерживает услуги передачи речи, данных и видео, предоставляя их по запросу в доступе, который имеет строго определенную структуру (в данном случае – 2B+D) и активизируется только при наличии запроса. IDSL – это линия постоянно активизированного доступа ISDN.

Новый стандарт симметричной высокоскоростной цифровой линии *SHDSL* (Symmetric High-bit rate DSL) имеет теоретический предел скорости 2.3 Мбит/с при использовании одной телефонной пары и до 4.6 Мбит/с при использовании двух пар. Эта технология допускает применение регенераторов, что позволяет операторам обслуживать пользователей, находящихся на расстоянии до 18.5 километров от узла. Технология предусматривает симметричную дуплексную передачу информации и опирается на стандарт 16-уровневого линейного кодирования TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation – амплитудно-импульсная модуляция с применением корректирующего кода). Для передачи речи в SHDSL-системе, в отличие от ADSL, нет необходимости иметь POTS/ISDN-сплиттер, разделяющий информацию аналоговых телефонов и терминалов ISDN, поскольку речевой сигнал сегментируется таким же образом, как и сигнал данных, передается как ATM-пакет и вновь собирается на другом конце линии. Новый стандарт соответствует Рекомендации G.991.2 ITU-T и является итогом длительного пути от ИКМ-30 (коды HDB-3, AMI) к HDSL (код 2B1Q, CAP) и, наконец, к SHDSL (кодирование TC-PAM). Технология SHDSL выбрана ITU-T в качестве единого стандарта для высокоскоростной симметричной передачи информации по одной паре.

Глава 8

Межстанционная сигнализация

Получаю письма: «Помогите стать актером». Отвечаю: «Бог поможет!»
Фаина Раневская

8.1. Элементы телефонной сигнализации

За более чем столетнюю историю телекоммуникационных сетей было создано множество все более и более сложных и разнообразных протоколов сигнализации (но вряд ли более лаконичных и исчерпывающих, чем диалог, приведенный в качестве эпиграфа). Из предыдущих глав уже известно, что *сигнализация* – это обмен между двумя элементами сети информацией, необходимой для управления созданием, поддержанием и разрушением соединения между пользователями этой сети. Например, если абонент телефонной сети снял трубку своего аппарата, в сторону АТС передается сигнал, говорящий: «Я хочу получить связь». В ответ АТС посылает абоненту акустический сигнал, который информирует его о том, что сеть готова принять и обслужить запрос требуемой связи. Впрочем, об абонентской сигнализации мы уже говорили в предыдущих главах, где упоминались, в частности, простейшие процедуры, согласно которым абонент набирает номер и слышит акустические сигналы «Ответ станции», КПВ, «Занято». В дополнение к акустическим сигналам, абонент может услышать объявление, информирующее его о том, что номер, который он набрал, не обслуживается или изменился. Дополнительные возможности абонентской сигнализации ISDN обсуждались в главе 4.

Системам телефонной сигнализации автор посвятил две книги [42] и [43], в которых рассмотрены две большие группы телекоммуникационных протоколов: межстанционная сигнализация, т.е. сигнализация в интерфейсе Network-to-Network Interface (NNI), и

сигнализация сети абонентского доступа, т.е. в интерфейсе User-Network Interface (UNI).

Из наиболее распространенных форм сигнализации в интерфейсе UNI можно назвать сигнализацию с импульсным набором номера и сигнализацию DTMF. Другой, более поздний пример интерфейса UNI – это базовый доступ ISDN, где для сигнализации служит общий для двух информационных В-каналов сигнальный D-канал.

В качестве примеров межстанционной сигнализации в интерфейсе NNI можно назвать сигнализацию по двум выделенным сигнальным каналам 2 ВСК, многочастотную сигнализацию кодом «2 из 6», систему сигнализации ОКС7 и др. Пример установления соединения в сети с коммутацией каналов упрощенно представлен на рис. 8.1.

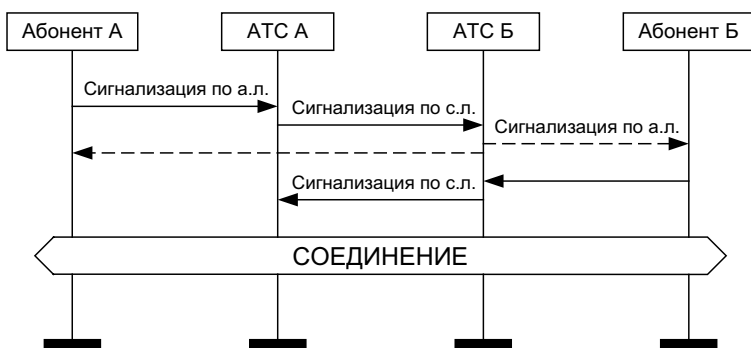


Рис. 8.1. Упрощенный сценарий установления соединения

В этой главе мы сосредоточимся, преимущественно, на межстанционной сигнализации, которая необходима, в первую очередь, потому, что большинство соединений в сети проходит через несколько узлов и станций. При этом для организации одного соединения часто используется несколько разных систем сигнализации. В качестве примера можно представить себе петербургского абонента сети GSM, включающего свой мобильный телефон, скажем, в Майами и через несколько секунд принимающего вызов из своего дома в Санкт-Петербурге, поступивший от принадлежащего ему же стационарного телефона, включенного в одну из координатных станций Петербургской телефонной сети. Сигнальная информация, необходимая для обслуживания такого вызова, переносится в сотнях сигнальных сообщений между самыми разными узлами и станциями в международной и в национальных сетях.

Первоначально процедура межстанционной сигнализации была намного ближе, чем теперь, к исходному значению слова «сигнализация» – линейные комплекты электромеханических АТС, участвующих в процедуре организации нужного соединения, обменивались

электрическими сигналами. Именно о таком обмене сигналами по трехпроводным соединительным линиям уже говорилось в главе 2. В несколько более общем случае межстанционная сигнализация связана со следующими аспектами предоставления соединения: во-первых, станция должна принять телефонный номер или, по крайней мере, необходимую его часть, чтобы либо направить вызов в абонентскую линию адресата, либо переправить адресную информацию на следующую АТС в цепочке коммутационных узлов и станций, через которые должно пройти соединение; во-вторых, станция должна выбрать надлежащий канал связи и сообщить на следующую станцию в цепочке о том, какой именно канал она выбрала; в-третьих, станции должны периодически проверять этот используемый для связи канал и, наконец, в-четвертых, освободить канал по окончании соединения. Для поддержки работы станций (узлов) на всех этих этапах требуется обмен между ними соответствующей информацией, который и называется *межстанционной сигнализацией*.

Современные межстанционные протоколы начинались с простых систем сигнализации, некоторые из которых до сих пор эффективно функционируют в отечественных ТФОП. В процессе эволюции межстанционная сигнализация, представляющая собой последовательность электрических сигналов, превратилась в протоколы передачи по специальному каналу данных, относящихся к большому количеству телефонных каналов. Отсюда, собственно говоря, и появилось название «общеканальная сигнализация». Как будет показано в параграфе 8.4 этой главы, система общеканальной сигнализации № 7 вполне соответствовала тем революционным преобразованиям телекоммуникационных систем, которые происходили в течение двух последних десятилетий XX века. К ним относятся появление сети ISDN, введение услуг интеллектуальной сети, услуг мобильной связи и т.д.

С учетом вышеизложенного можно сформулировать следующее определение. *Сигнализация* – это обмен между сетевыми элементами служебной информацией, на основе которой сеть обеспечивает создание, сопровождение и разрушение соединений, используемых ею для предоставления своим абонентам услуг связи. Напомним попутно, что в сети с коммутацией каналов (каковой является, в частности, телефонная сеть) сетевые ресурсы, из которых составляется соединение, закрепляются за ним на все время пользования услугой связи и не могут быть использованы в других соединениях.

Системы сигнализации, рассматриваемые в первых четырех параграфах этой главы, как раз и были созданы для сетей с коммутацией каналов. Передача данных появилась в начале 1970-х годов и обусловила создание сетей, в которых информация пользователей передается в виде коротких пакетов, перемежающихся периодами

«молчания». Поскольку паузы между пакетами одного информационного потока можно использовать для передачи пакетов других информационных потоков, нет необходимости отводить одни и те же сетевые ресурсы в безраздельное пользование какому-то одному потоку на все время его существования. Следовательно, для предоставления услуги связи сеть не должна создавать т.н. «физическое» соединение. Примером такой сети является сеть Интернет. Ее возможности используются в технологии IP-телефонии, которая будет рассматриваться в параграфе 8.5, где автор попытается осветить проблемы взаимодействия систем сигнализации ОКС7 и IP-телефонии.

Принципы используемых в сетях связи систем сигнализации связаны с принципами коммутации и управления обслуживанием вызовов в коммутационных узлах и станциях этих сетей, а также с техническими средствами организации межстанционных соединительных линий. Возможные принципы сигнализации иллюстрируют варианты, представленные на рис. 8.2:

- а) сигнализация непосредственно по телефонному каналу;
- б) сигнализация по выделенным сигнальным каналам (ВСК);
- в) общеканальная сигнализация №7;
- г) сигнализация IP-телефонии типа H.323, MGCP или SIP.

До появления цифровых АТС с программным управлением, рассмотренных в предыдущих главах данного учебника, все сигналы передавались по тому же тракту, что и речь. Этот способ называется внутриполосной сигнализацией (in-band). По мере эволюции межстанционных соединительных линий распространился способ сигнализации по выделенным сигнальным каналам (ВСК), ассоциированным с разговорными каналами, что хорошо отражается английским названием этого способа – Channel Associated Signaling (CAS). Выделенными сигнальными каналами могут являться определенные биты в 16-м временном канале ИКМ-тракта или, например, частотные каналы 2600 Гц и 3825 Гц, но в любом варианте применение такой, непосредственно связанной с разговорным каналом сигнализации приводит к недостаточно эффективному использованию межстанционных соединительных линий. При вызове, например, из Владивостока в Калининград нужные каналы занимают по всей сети заранее, до начала разговора, для передачи цифр номера и на время посылки вызова вызываемому абоненту. К тому же, по разным оценкам, от 20 до 35% вызовов не завершаются разговором вследствие занятости абонента, перегрузки в сети или из-за того, что вызываемый абонент не отвечает на вызов. Таким образом, каналы, которые могли бы использоваться для передачи полезной информации, занимают для сигнализации, в том числе, и при незавершённых соединениях.

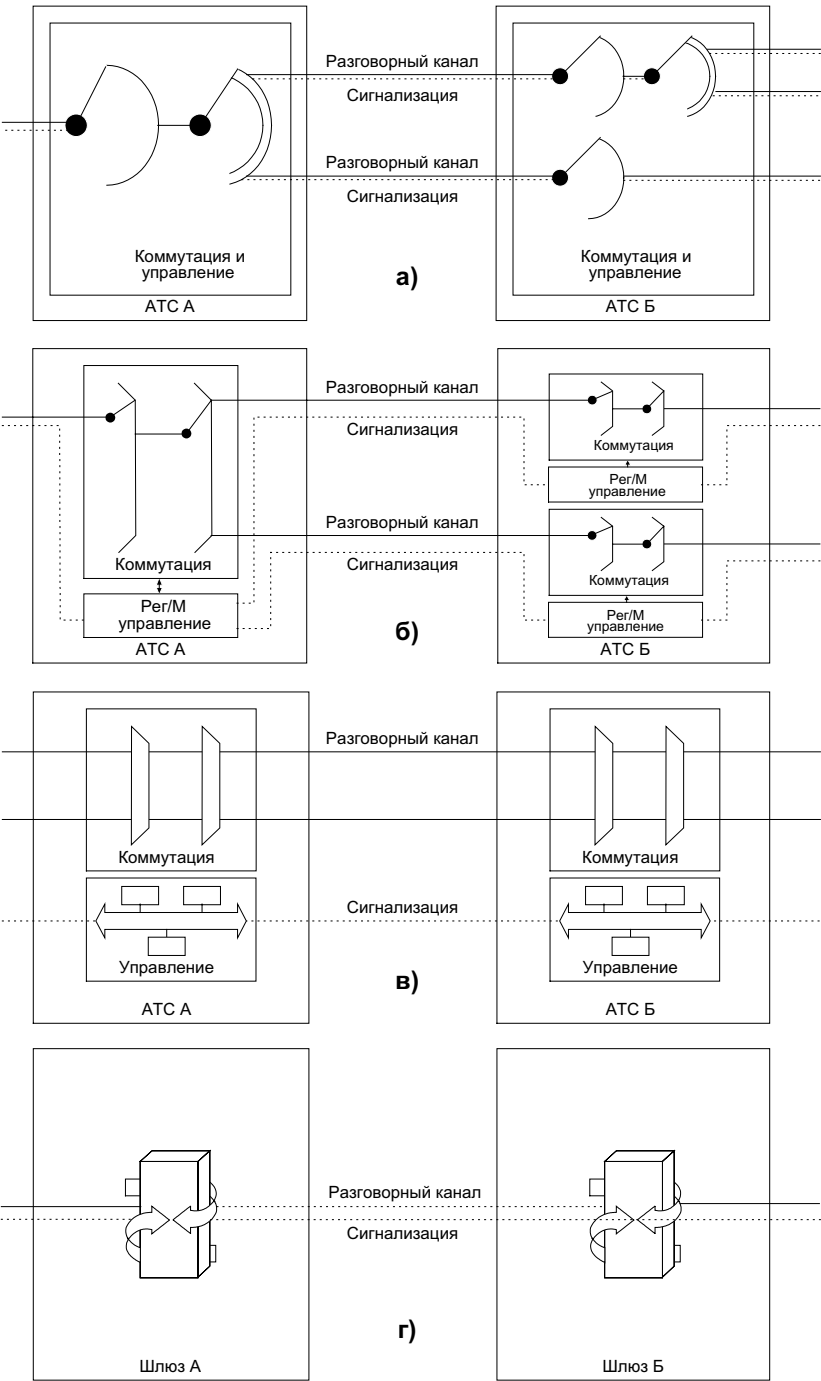


Рис. 8.2. Сигнализация – (а) непосредственно по телефонному каналу, (б) по выделенному сигнальному каналу (ВСК), (в) общеканальная, (г) IP-телефонии

Общеканальная межстанционная сигнализация (рис. 8.2, в) реализуется на базе сети общих каналов сигнализации (сети ОКС), как бы «наложенной» на телефонную сеть. Использование для сигнализации сети ОКС, отдельной от сети телефонных каналов, практически устраняет их непроизводительное занятие и, как мы увидим далее, открывает возможности предоставления абонентам новых, более развитых услуг. Именно общеканальной сигнализации уделяется основное место в этой главе, однако прежде рассмотрим наиболее широко применяемые сегодня системы сигнализации по ВСК.

8.2. Сигнализация по выделенным сигнальным каналам

Телефонная сигнализация появилась в 1890 году как составная часть изобретенной Алмандом Строуджером из Канзас-Сити автоматической телефонной станции, которая была в состоянии принимать телефонный номер в виде импульсного набора. В течение следующих ста лет развитие систем сигнализации происходило вместе с эволюцией коммутационного оборудования. Существовал довольно длительный период, с 1890 до 1976 года, когда все системы сигнализации характеризовались следующими общими свойствами:

1. Они были ориентированы на обычные телефонные услуги (POTS-Plain Old Telephone Service).
2. Они обеспечивали создание и разрушение соединения только между двумя терминалами.
3. Они предусматривали передачу сигналов либо по тем же каналам (или физическим линиям), по которым передавалась речь, либо по выделенным сигнальным каналам, каждый из которых был закреплен за определенным разговорным каналом, так что между разговорным и сигнальным каналом имелось взаимно-однозначное соответствие.

Более строго, выделенный сигнальный канал, ВСК, представляет собой ресурс межстанционного тракта передачи (частоту в аналоговой системе передачи или временной интервал в системе ИКМ), ассоциированный с определенным разговорным каналом этого тракта передачи.

В цифровых ИКМ-системах передачи теоретически имеется возможность организовать для каждого речевого канала от одного до четырех ВСК. Реально же используется сигнализация по одному (1ВСК) или по двум (2ВСК) выделенным сигнальным каналам. В системе ИКМ-15 (1024 Кбит/с) для организации ВСК могут использоваться биты 1, 2 нулевого канального интервала (0КИ). В системе ИКМ-30 (2048 Кбит/с) биты 0, 1 шестнадцатого канального интервала (16КИ) могут переносить сигнальную информацию

для разговорных каналов с 1 по 15, а биты 4, 5 16КИ – сигнальную информацию для разговорных каналов с 16 по 30.

В аналоговых системах передачи с частотным разделением каналов имеется возможность организовать один ВСК на частоте вне разговорного спектра, например, на частоте 3825 Гц или 4000 Гц. Возможна организация второго ВСК в разговорном спектре частот, например, на частоте 2600 Гц.

К системам сигнализации по ВСК относятся следующие протоколы: сигнализация 1ВСК для универсальных СЛ двустороннего использования (индуктивный код), сигнализация 1ВСК для односторонних СЛ с отдельными пучками СЛ и СЛМ (код «Норка»), сигнализация 2ВСК для односторонних СЛ с отдельными пучками СЛ и СЛМ, сигнализация 2ВСК для универсальных СЛ двустороннего использования.

Сигнализация 1ВСК (индуктивный код) используется в сельских сетях, где вследствие высокой стоимости линейных сооружений на участках ОС-УС и ОС-ЦС рекомендуется использовать общие пучки местных и междугородных СЛ (универсальных СЛ) в двустороннем режиме, то есть когда одна и та же линия может использоваться как входящая и как исходящая.

Сигнализация 1ВСК для односторонних СЛ с отдельными пучками СЛ и СЛМ (код «норка») используется при установлении соединений как в городской сети, так и на участках сельских сетей ОС-УС, ОС-ЦС, УС-ЦС, ЦС-АМТС.

Сигнализация 2ВСК для универсальных СЛ двустороннего использования применяется в сельских телефонных сетях на участках ОС-УС, УС-ЦС. В зависимости от типа станционных комплектов соединительных линий этот протокол может быть реализован двумя способами:

Первый способ. Первый ВСК организуется либо в аналоговой системе передачи на частоте вне разговорного спектра, либо в нулевом или 16-м канальном интервале цифровой системы передачи, а второй ВСК – на частоте 2600 Гц в разговорном канале.

Второй способ. Оба сигнальных канала организуются в нулевом или 16-м канальном интервале цифровой системы передачи.

Сигнализация 2ВСК для односторонних СЛ с отдельными пучками СЛ и СЛМ используется в городских телефонных сетях при организации связи между декадно-шаговыми и координатными АТС, а также между цифровыми и электромеханическими АТС.

Логика сигнализации 2ВСК лучше всего иллюстрируется сценариями, приведенными на рис. 8.3, где в скобках указаны значения битов в обоих сигнальных каналах для каждого сигнала и состояния.

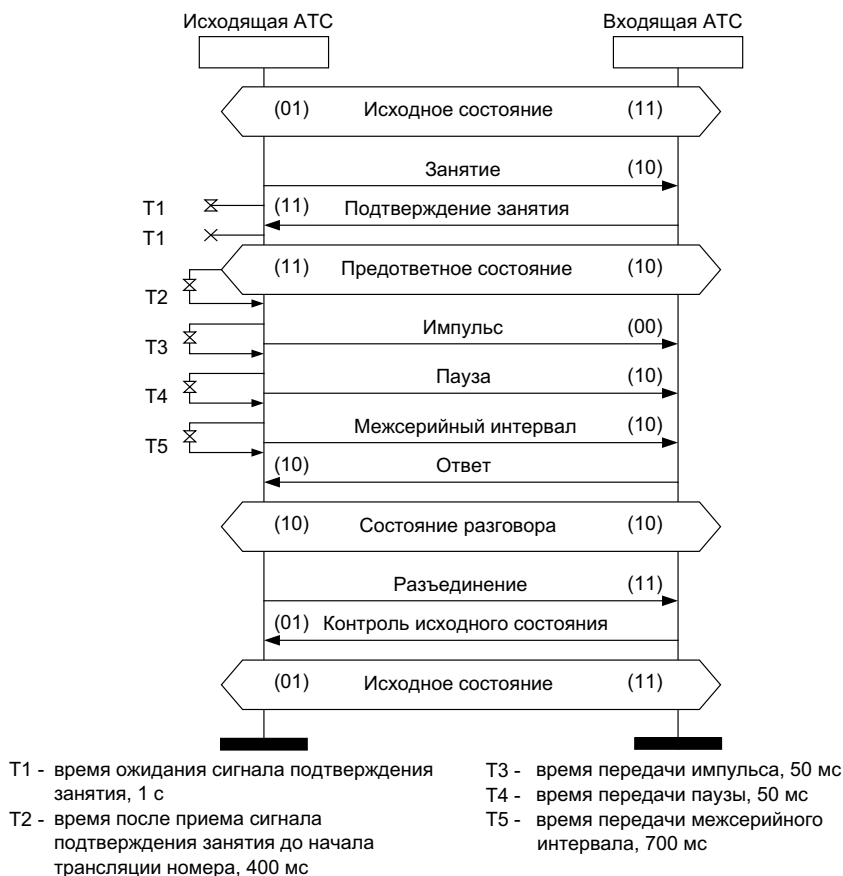
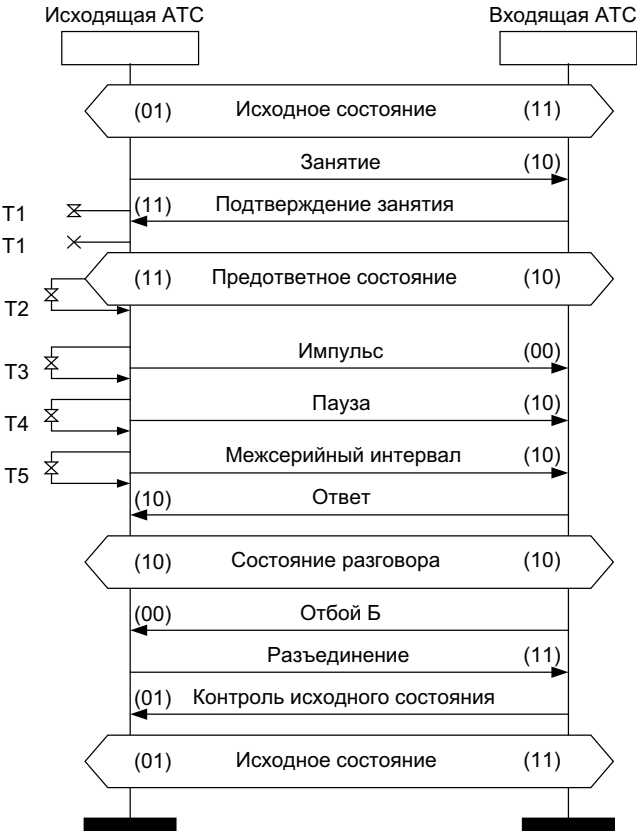


Рис. 8.3 а. Сценарии обмена сигналами (местный вызов). Абонент свободен, отбой вызывающего абонента

В сценарии на рис. 8.3а показано, что в исходном состоянии со стороны исходящей АТС в соединительную линию передается сигнал «Исходное состояние» (11), а со стороны входящей АТС на исходящую – сигнал «Контроль исходного состояния» (01). Когда исходящая АТС инициирует установление соединения, сигнал «Исходное состояние» (11) сменяется сигналом «Занятие» (10), в ответ на который от входящей АТС поступает сигнал «Подтверждение занятия» (11), после чего система переходит в предответное состояние, в котором оба сигнала продолжают присутствовать. Если номер вызываемого абонента передается декадным способом, то сигнал «Занятие» (10) сменяется поочередно сигналами «Импульс» (00) и «Пауза» (10) или «Межсерийный интервал» (10). Различие между паузой и межсерийным интервалом заключается только в их длительности. При местном вызове максимальная длительность паузы составляет 150 мс, а если пауза оказывается длиннее, сигнал (10) идентифицируется как «Межсерийный интервал». В рас-

смаатриваемом сценарии «а» (абонент Б свободен, первым дает отбой абонент А), когда абонент Б снимает трубку, от входящей АТС поступает сигнал «Ответ» (10), после чего система переходит в разговорное состояние. При отбое абонента А исходящая АТС передает сигнал «Разъединение» (11), ответом на который служит сигнал «Контроль исходного состояния» (01), и система переходит в исходное состояние.

Сценарий «б» отличается от предыдущего тем, что в состоянии разговора первым дает отбой вызываемый абонент Б. Это приводит к передаче сигнала «Отбой Б» (00) в сторону исходящей АТС. В ответ на этот сигнал исходящая АТС передает сигнал «Разъединение» (11), получает сигнал «Контроль исходного состояния» (01) и переходит в исходное состояние.



**Рис. 8.3 б. Сценарии обмена сигналами (местный вызов).
Абонент Б свободен, отбой вызываемого абонента**

Сценарий «в» (рис. 8.3) – случай занятости вызываемого абонента. В этом случае, обработав номер абонента Б, входящая АТС передает сигнал «Занятость» (00), в ответ на который получает

сигнал «Разъединение» (11), передает сигнал «Контроль исходного состояния» и переходит в исходное состояние.

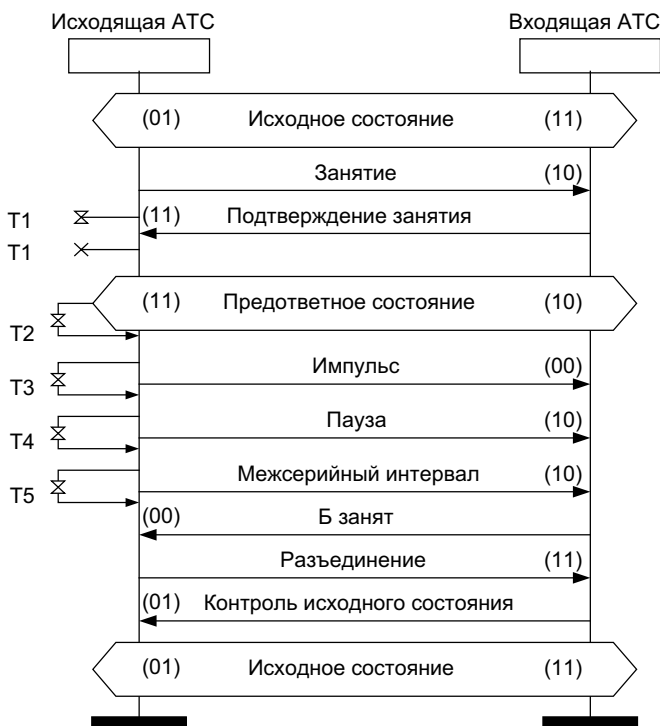


Рис. 8.3 в. Сценарии обмена сигналами (местный вызов). Абонент Б занят, разъединение

Несколько более сложны сценарии, которые имеют место при входящем междугородном вызове, когда предусматривается возможность вмешательства телефонистки в разговор вызываемого абонента Б, если он занят местным соединением. Эти сценарии рассмотрены в [41].

8.3. Многочастотная сигнализация

Рассмотренная в предыдущем параграфе сигнализация 2 ВСК с декадным набором номера, в дополнение к неэффективному занятию станционных устройств, замедляет и сам процесс установления соединения, включающий в себя трансляцию номера с одной АТС на другую и ожидание момента, когда абонент А получит связь с абонентом Б. За всё это время, вплоть до начала разговора между абонентами, плата за услуги сети не начисляется, что, к сожалению, приводит к тому, что операторы не получают никаких доходов от использования абонентом дорогих сетевых ресурсов. К тому же, такая

«медлительность» сигнализации отчетливо ощущается абонентами и вызывает у них раздражение.

Значительно ускорить этот процесс позволяет многочастотная сигнализация. Используемые в ней сигнальные коды оценивают по следующим показателям: возможное количество кодовых комбинаций; время передачи кодовой комбинации; возможности передачи сигналов по линиям разного типа (физическим и уплотненным аналоговыми или цифровыми системами передачи); сложность передающих и приемных устройств; дальность передачи; помехоустойчивость; надежность и способность к обнаружению и исправлению ошибок.

Каждая комбинация многочастотного кода состоит из двух или более элементарных сигналов, имеющих разные частоты; чаще всего используются многочастотные коды вида « n из m » (в АТСК, например, применяются коды «2 из 5» и «2 из 6»), в которых для формирования элементарных сигналов используются m определенных частот, а для формирования каждой кодовой комбинации используются n из них. Возможное количество кодовых комбинаций в многочастотных кодах такого типа определяется количеством сочетаний

$$C_m^n = \frac{m!}{n!(m-n)!}.$$

В частности:

$$\text{для кода "2 из 5"} \quad C_5^2 = \frac{5!}{2!(5-2)!} = 10$$

$$\text{для кода "2 из 6"} \quad C_6^2 = \frac{6!}{2!(6-2)!} = 15$$

Тот факт, что любая кодовая комбинация содержит одно и то же количество частот, улучшает помехоустойчивость кода. Многочастотные коды «2 из 5» и «2 из 6» относятся к самопроверяющимся, поскольку они позволяют с помощью несложной схемы выявить на приемной стороне ошибки, возникшие при передаче (отсутствие одной из частот, присутствие более двух частот). При необходимости можно запросить повторную передачу комбинации, принятой с ошибкой. Это позволяет повысить достоверность передачи. В многочастотном коде используются частоты разговорного спектра, и потому этот код пригоден для передачи сигналов по уплотненным линиям. В качестве сигнальных используются частоты $f_0=700$, $f_1=900$, $f_2=1100$, $f_4=1300$, $f_7=1500$, $f_{11}=1700$ Гц (индексы 0, 1, 2, 4, 7 и 11 подобраны так, чтобы их сумма в каждой комбинации давала ту цифру, которую эта комбинация обозначает; исключение составляет только цифра 0).

Показанная на рис. 8.4 передача кодовых комбинаций методом «импульсный челнок» напоминает прямые и обратные движения ткацкого челнока и происходит следующим образом. Вызывающее устройство (например, регистр) подключается к вызываемому устройству (например, к маркеру) и сигнализирует о своей готовности передать информацию. Маркер посылает сигнал запроса, и в ответ на него регистр передает некоторую часть информации. Затем от маркера вновь поступает сигнал запроса (или сигнал подтверждения приема), регистр передает следующую порцию информации и т. д. Передав всю информацию, регистр освобождается. При таком способе повышается достоверность передачи информации, но возрастает и время ее передачи. Метод «импульсный челнок» применяется в сетях сложной структуры. Он позволяет по-разному передавать информацию, накопленную в регистре. В зависимости от вида запроса, регистр может передать первую или следующую цифру номера, повторно передать цифру, а также перейти от одного способа передачи сигналов к другому.

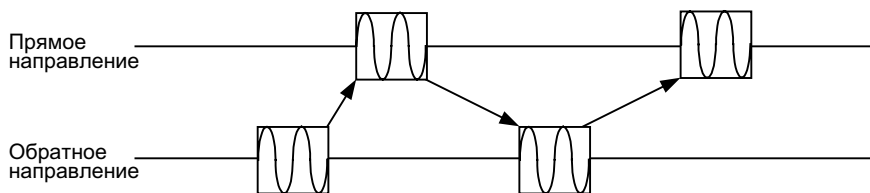


Рис. 8.4. Регистровая сигнализация методом «импульсный челнок»

Как видно на рис. 8.4, обмен сигналами начинается с сигнала обратного направления. Почти на каждый сигнал обратного направления следует ответный сигнал прямого направления. Длительность сигнала составляет 45 ± 5 мс. Интервал между приемом и передачей – не менее 60 мс. Время ожидания очередного сигнала на входящей АТС составляет 200–250 мс, на исходящей – 3.5–4 с.

Кроме метода «импульсный челнок» для передачи регистровых сигналов используются также методы «импульсный пакет» и «безынтервальный импульсный пакет». Они применяются тогда, когда необходимо передавать накопленную информацию с более высокой скоростью, что обычно требуется при взаимодействии местной АТС с АМТС.

При передаче сигналов методом «импульсный пакет» накопленные кодовые комбинации передаются по одной команде подряд одна за другой с интервалами, необходимыми для того, чтобы приемное устройство успевало перестроиться на прием очередной комбинации. В процессе обмена сигналами используются следующие выдержки времени: $T_1 = 50 \pm 5$ мс – длительность передаваемых в пакете импульсов и пауз между ними; $T_2 = 10$ с – время ожидания

на АТС запроса от АМТС после получения сигнала «Подтверждение занятия»; $T_3=3$ с – время ожидания обратного сигнала после передачи пакета.

Таблица 8.1. Метод «импульсный пакет».
Сигналы, передаваемые от АМТС

№	Частотный сигнал, Гц	Значение	Примечание
1	700+1100	Запрос передачи информации	Длительность 70-100 мс. Время распознавания 30 мс
2	700+1700	Номер принят правильно	
3	1100+1300	Номер принят неправильно	

Состав пакета при вызовах разных типов приведен в таблице 8.2.

Таблица 8.2. Типы вызовов и состав импульсных пакетов

Междугородный вызов:	ABC abc xxxx Ka def xxxx "11" (19 цифр)
Внутризоновый вызов:	"2" abc xxxx Ka def xxxx "11" (17 цифр)
Международный вызов:	"1" "0" n1...ni Ka def xxxx "11" (19-26 цифр)
Вызов международного коммутатора:	"1" "9" L Ka def xxxx "11" (12 цифр)
Вызов междугородного коммутатора с идентификацией номера вызывающего абонента:	"1" S Ka def xxxx "11" (11 цифр)
Вызов междугородного коммутатора без идентификации номера вызывающего абонента:	"1" S "11" (3 цифры)

Метод «безынтервальный импульсный пакет» используется в процедуре автоматического определения номера вызывающего абонента (АОН) и предусматривает передачу кодовых комбинаций без интервалов между ними, что значительно уменьшает время передачи. Разделение кодовых комбинаций на приемной стороне основано на обнаружении изменения составляющих их частот. Если в передаваемой последовательности цифр две или несколько цифр подряд одинаковы, то все четные из одинаковых цифр заменяются сигналом «Повторение». Например, если требуется передать номер 55433336, то вместо второй из двух идущих подряд «пятерок», как и вместо второй и четвертой из четырех идущих подряд «троек», будет передан сигнал «Повторение». Если обозначить этот сигнал символом x , то номер 55433336 будет передан как $5x43x3x6$.

Любая АТС телефонной сети общего пользования, во-первых, должна «уметь» определять категорию и номер включенного в нее телефона вызывающего абонента, чтобы иметь возможность передать эту информацию по запросу вызванной стороны, и, во-вторых, должна «уметь» запрашивать и принимать такую информацию от встречной станции. АМТС или другая станция (узел), например, узел спецслужб (УСС) или ступень распределения вызовов (СРВ),

запрашивает данные о категории и номере абонента с целью начисления платы за услугу, а также для определения права абонента пользоваться этой услугой. АТС может запрашивать информацию АОН и в случае, если абонентом, к которому поступил злонамеренный вызов, заказана услуга определения источника такого вызова.

На АТС предусматривается возможность приема запроса и передачи информации АОН на разных этапах установления соединения, а именно:

- после занятия соединительной линии (в случае вызовов к АМТС);
- при ожидании ответа;
- при ответе вызываемого абонента;
- во время разговора.

Передача информации АОН должна производиться при приеме запроса – сигнала «Ответ», сопровождаемого частотным сигналом 500 Гц. Запрос может поступать многократно в любой фазе соединения. Каждый запрос, начиная со второго, предваряется сигналом «Снятие ответа», по которому соединение переводится в предответное состояние.

Сигнал 500 Гц может поступить на АТС через 10-400 мс после сигнала «Ответ». Минимальное время между двумя запросами составляет 0.3 ± 0.05 с; максимальное время фактически не ограничено, однако при связи с АМТС оно не превышает 1.2 ± 0.1 с. Максимальное количество запросов при вызове АМТС – не более трех (АМТС повторяет запрос после неудачной попытки определения номера), при вызове местной АТС – не более двух, при вызовах справочно-информационных, заказных и экстренных служб – не ограничено.

Цикл передаваемой информации должен содержать одну цифру категории и семь цифр номера вызывающего абонента, а также один знак, отмечающий начало (конец) информации. В одном «безынтервальном пакете» (т.н. «кодограмме АОН»), должно содержаться не менее 13 знаков.

Порядок следования цифр в «безынтервальном пакете» должен быть следующим:

- начало передачи (комбинация 13);
- цифра категории абонента;
- цифра единиц номера;
- цифра десятков номера;
- цифра сотен номера;
- цифра тысяч номера;
- цифра десятков тысяч (третья цифра индекса станции);

- цифра сотен тысяч (вторая цифра индекса станции);
- цифра миллионов (первая цифра индекса станции);
- начало передачи (комбинация 13).

Независимо от нумерации в местной телефонной сети (5-ти, 6-тизначная) АТС должна всегда передавать информацию АОН в виде семизначного зонового номера. Цифрами, дополняющими номер станции до семизначного, могут быть 2 или 0 или индекс системной сети «ab». Таким образом, информация АОН, передаваемая способом «безынтервальный пакет», представляет собой последовательность двухчастотных комбинаций кода «2 из 6», без пауз между ними. Длительность передачи каждой комбинации равна 40 ± 1 мс. Соответствие передаваемых частот и информации АОН представлено в табл. 8.3.

Таблица 8.3. Сигнализация «безынтервальный пакет»

№ сигнала	Комбинации частот (Гц)	Информация
1	700 и 900	Цифра «1»
2	700 и 1100	Цифра «2»
3	900 и 1100	Цифра «3»
4	700 и 1300	Цифра «4»
5	900 и 1300	Цифра «5»
6	1100 и 1300	Цифра «6»
7	700 и 1500	Цифра «7»
8	900 и 1500	Цифра «8»
9	1100 и 1500	Цифра «9»
10	1300 и 1500	Цифра «0»
13	1100 и 1700	Начало
14	1300 и 1700	Повторение

В начале параграфа отмечались недостатки декадного набора и преимущества многочастотной сигнализации, однако и она не лишена целого ряда недостатков. Помимо присущих любой внутриволновой сигнализации ограничений информационного содержания сигналов, быстродействия и помехоустойчивости, она не исключает возможность имитации пользователем частотных сигналов, что может обмануть оператора или нарушить работу сети. Это же справедливо и в отношении АОН.

8.4. Общекабельная сигнализация № 7

Итак, существует два принципа организации межстанционной сигнализации в коммутируемых сетях связи. Один из них, принцип CAS, основан на том, что для обмена между станциями сигналами, нужными для создания, поддержания и разрушения соединения, в котором участвует определенный межстанционный канал, используется ресурс, закрепляемый именно за этим каналом. Другой принцип основан на том, что для обмена между станциями служебными сигналами используется сигнальный канал, *общий* для

некоторой группы межстанционных соединительных линий. Этот принцип по-английски называется CCS (Common Channel Signaling), а по-русски – *общеканальной сигнализацией*.

В разные годы МККТТ разработал стандарты для нескольких разных систем межстанционной сигнализации, присвоив каждой из них свой порядковый номер. Системы с номерами от 1 до 5 устроены по принципу CAS, а системы № 6 и № 7 – по принципу CCS. В системах МККТТ 1-5 существует разделение сигналов на *линейные* и *регистровые*, а для их передачи используются выделенные сигнальные каналы в ИКМ-трактах или частоты из диапазона 300-4000 Гц (разные в разных системах). В системах №№ 6 и 7 такое разделение сигналов, если и существует, то разве лишь по традиции, поскольку *все без исключения сигналы* передаются одинаково – в виде *сигнальных сообщений* – и воспринимаются одними и теми же устройствами. Обе эти системы реализуются только на станциях с программным управлением, а система сигнализации ОКС7 стала за последнее время универсальной в том смысле, что она применяется в телефонных сетях, в сетях передачи данных, на стыках тех и других сетей с ISDN и в самой ISDN, а также в сетях мобильной связи, в интеллектуальной сети и др.

Функциональная архитектура ОКС7 является многоуровневой, причем функции трех нижних уровней, которые вместе обеспечивают перенос сигнальных сообщений от станции-отправителя до станции-получателя, образуют платформу MTP (Message Transfer Part – подсистема переноса сообщений), необходимую во всех вариантах использования системы, а функции более высоких уровней, в каждом варианте специфические, выполняются соответствующими *подсистемами-пользователями* этой платформы. В частности, при использовании в ТФОП и в ISDN платформа MTP дополняется «сверху» подсистемой-пользователем ISUP, а также подсистемой управления сигнальными соединениями SCCP, которая предусматривает создание в сети ОКС виртуальных соединений для переноса через эту сеть информации, вообще говоря, не только сигнальной. Разные прикладные подсистемы, встраиваемые в систему ОКС7 (TCAP, OMAP, INAP и другие), обеспечивают техническую эксплуатацию сети ОКС, обмен информацией между узлами управления услугами и узлами коммутации услуг в Интеллектуальной сети и т. п. Очень ценное свойство системы № 7 – она является открытой в том смысле, что разрешает, по мере необходимости, вводить в нее новые (в том числе, вновь создаваемые) подсистемы.

Сеть связи, использующая систему ОКС7, состоит из множества узлов коммутации, связанных между собой цифровыми ИКМ-трактами. Чтобы имелась возможность при управлении соединениями пользоваться услугами ОКС7, каждый из этих узлов должен содержать средства, благодаря которым он мог бы выполнять функции *пункта сигнализации* (SP – Signaling Point), способ-

ного формировать, передавать, принимать и интерпретировать сигнальные сообщения. Пункты сигнализации SP должны быть связаны между собой цифровыми каналами, обеспечивающими двухстороннюю передачу сигнальной информации, т.е. выполняющими функции *сигнальных звеньев*. Совокупность пунктов сигнализации и сигнальных звеньев образует *сеть общекаанальной сигнализации* – сеть ОКС7.

Кроме коммутационных станций и узлов, функции пункта сигнализации SP могут выполнять:

- центры эксплуатационного управления сетью связи (OA&MC – Operation, Administration and Maintenance Centres),
- узлы управления услугами Интеллектуальной сети,
- транзитные пункты сигнализации (STP – Signaling Transfer Points).

Каждому SP присваивается свой уникальный код.

Любые два SP, между которыми возможен обмен сигнальной информацией, являются *сигнально связанными*. *Сигнальная связь* двух SP может обеспечиваться либо прямым пучком сигнальных звеньев, либо средствами сети ОКС с организацией транзита. В первом случае пункты сигнализации (с точки зрения структуры сети ОКС) являются *смежными*, во втором – *несмежными*.

Наличие в сети ОКС и смежных, и несмежных SP обусловлено тем, что в такой сети возможно, в принципе, использование трех режимов сигнализации: *связанного, несвязанного и квазисвязанного*. В связанном режиме сигнальная информация, относящаяся к сигнальной связи определенных SP, передается по сигнальному звену, которое соединяет эти SP непосредственно. В несвязанном режиме для передачи аналогичной информации используется последовательно несколько сигнальных звеньев, а к организации сигнальной связи привлекаются пункты сигнализации, выполняющие функции транзитных (STP). Квазисвязанный режим представляет собой частный случай несвязанного режима, а именно случай, когда путь, по которому сигнальная информация проходит через сеть, назначается заранее и является на данный период времени фиксированным. Система ОКС7 поддерживает связанный и квазисвязанный режим сигнализации.

Возможны разные варианты структуры сети ОКС. На выбор того или иного варианта могут влиять как структура сети связи, обслуживаемой сетью ОКС, так и другие факторы. Если сеть ОКС призвана формировать сигнальные связи, нужные исключительно для управления коммутацией, наиболее подходящей структурой, скорее всего, будет структура, ориентированная преимущественно на поддержку связанного режима сигнализации и лишь в небольшой степени – квазисвязанного режима (для малонагруженных сиг-

нальных связей). Если же сеть ОКС создается как общий ресурс для удовлетворения всех потребностей в ее возможностях, то высокая производительность сигнальных звеньев в сочетании с необходимостью их резервирования для обеспечения высокой надежности приводит к структуре, ориентированной, главным образом, на квазисвязанный режим, и дополненной при этом относительно небольшим количеством прямых (и сильно загруженных) пучков сигнальных звеньев, используемых в связанном режиме сигнализации.

При использовании только связанного режима сигнализации структура сети ОКС совпадает со структурой обслуживаемой ею сети связи. При использовании же только квазисвязанного режима наиболее рациональной оказывается структура сети ОКС, в упрощенном виде показанная на рис. 8.5.

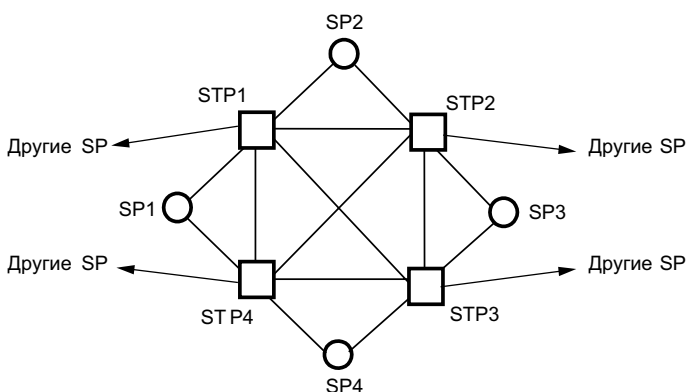


Рис. 8.5. Структура сети ОКС, ориентированной на квазисвязанный режим

В такой структуре любой пучок сигнальных звеньев поддерживает несколько сигнальных связей (а не одну, как в структуре, которая ориентирована только на связанный режим). Следовательно, в этой структуре пучки сигнальных звеньев более нагружены, т.е. лучше используются. Кроме того, начиная с некоторого количества SP, структура рис. 8.5 обеспечивает уменьшение общего количества сигнальных звеньев в сети ОКС по сравнению со структурой, оптимальной для связанного режима, и сеть ОКС оказывается дешевле.

Можно заметить также, что при такой структуре сеть ОКС более устойчива к локальным перегрузкам, имеет лучшие характеристики надежности и оказывается более «живучей» благодаря тому, что для каждой сигнальной связи имеется несколько возможных путей ее организации, т.е. существует несколько разных *сигнальных маршрутов*. Если, например, в нормальных условиях для обмена сигнальной информацией между SP1 и SP3 используется маршрут SP1-STP1-STP3-SP3, то при перегрузке (или даже при выходе из строя) одного из его элементов (предположим, пучка

звеньев SP1-STP1, или, скажем, транзитного пункта STP1) для той же сигнальной связи может быть использован другой маршрут (SP1-STP4-STP3-SP3 или SP1-STP4-STP2-SP3).

Выше упоминалось о том, что возможности сети ОКС не ограничены лишь функциями сигнализации, связанной с управлением коммутацией. Для поддержки сигнализации этого рода наиболее естественным является связанный режим, что обусловлено спецификой организации коммутируемых связей в сетях коммутации каналов, в частности, в телефонных сетях, где соединение всегда устанавливается последовательными «шагами». Исходящая станция, выбрав направление к станции назначения, обменивается сигнальной информацией с ближайшей (в этом направлении) транзитной станцией, например, с узлом исходящих сообщений (УИС); затем УИС обменивается сигнальной информацией с другой транзитной станцией – узлом входящих сообщений (УВС), а та, в свою очередь, – со станцией назначения. То же самое происходит и при разрушении соединения: на каждом «шаге» разъединения обмен сигнальной информацией происходит только между смежными станциями. Ясно, что при таком алгоритме наиболее естественна такая структура сети ОКС, при которой SP, размещенные в смежных станциях телефонной сети, тоже являются смежными.

Другое дело, если через сеть ОКС станут обмениваться информацией несмежные SP. Поскольку, как мы увидим ниже, функции транзита могут быть предусмотрены в любом SP (а не только в STP), структура сети ОКС, ориентированная на связанный режим сигнализации, обеспечит и такой обмен. Однако по мере роста его доли в общем объеме информации, проходящей через сеть ОКС, эта структура будет становиться все менее и менее экономичной, и все более целесообразной будет структура, предполагающая несвязанный (квазисвязанный) режим.

Назовем примеры ситуаций, когда сеть ОКС должна обеспечивать обмен сигнальной информацией между несмежными SP. Одна группа таких примеров связана с введением в цифровую телефонную сеть функций ISDN и с вытекающей из этого необходимостью поддержки ряда дополнительных услуг. Так, в частности, дополнительная услуга CUG (Closed User Group, то есть *замкнутая группа пользователей*) предполагает, что члены этой группы могут оказаться абонентами разных АТС, причем не обязательно смежных. Процедуры предоставления услуги CUG предусматривают ряд действий (проверку принадлежности одной и той же CUG, прав связи и т.п.), для выполнения которых требуется обмен сигнальной информацией между SP, встроенными в те АТС, абонентами которых являются разные члены группы, в том числе, между несмежными SP. Аналогичное положение имеет место при предоставлении абонентам услуг *конференцсвязи*. И, наконец, обмен сигнальной информацией между несмежными SP прямо связан с предоставле-

нием такой дополнительной услуги как UUS (User-to-User Signaling, то есть *сигнализация пользователь-пользователь*).

Другая группа примеров связана с организацией интеллектуальной сети IN. Для предоставления услуг IN необходим обмен сигнальной информацией между узлами коммутации услуг (SSP – Service Switching Points) и узлом управления услугами (SCP – Service Control Point). Поскольку IN устроена так, что один SCP обслуживает большое число SSP, то пункты сигнализации сети ОКС, встроенные в эти элементы IN, во многих случаях могут оказаться несмежными.

Из всего сказанного следует, что в больших сетях структура сети ОКС должна быть ориентирована на то, что в ней, с течением времени, все более широко будет использоваться квазисвязанный режим сигнализации.

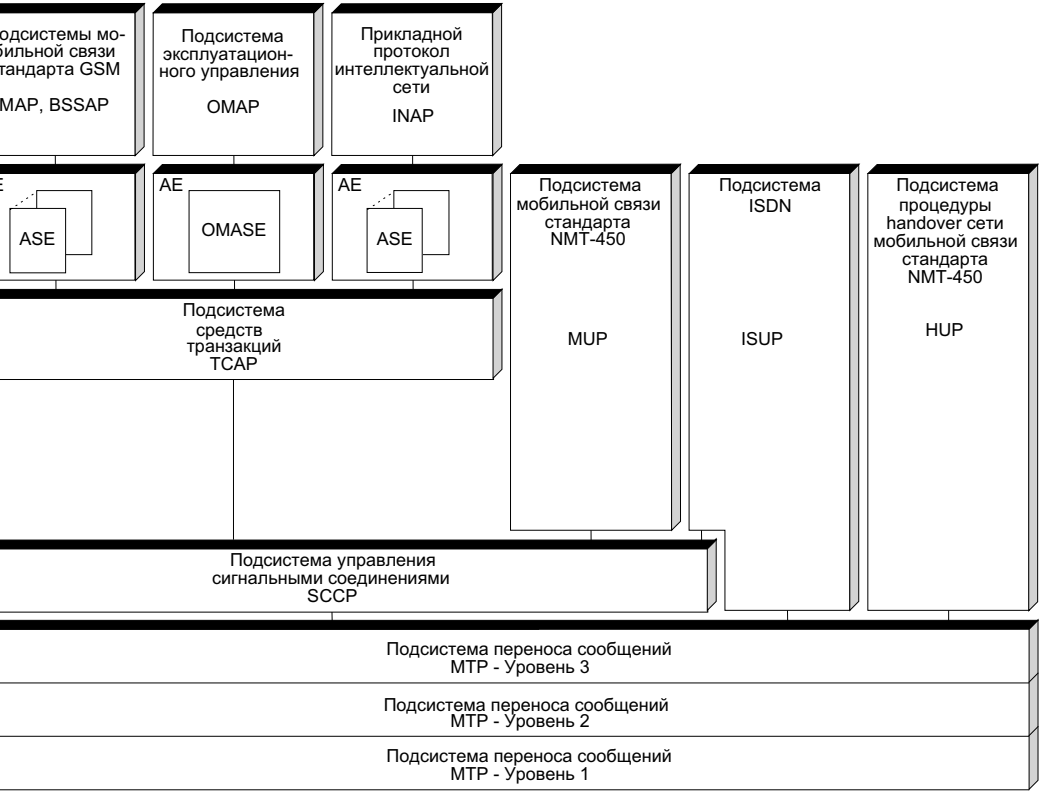
Все эти идеи общеканальной сигнализации внедрялись постепенно. В конце 1970-х годов американская AT&T внедрила во всей своей сети систему сигнализации ОКС6. Более совершенная система ОКС7 была специфицирована AT&T в 1980 году, и в том же году она была утверждена МККТТ (теперь – ITU-T) в качестве международного стандарта. Перечень Рекомендаций МККТТ для ОКС7 приведен в таблице 8.4. Необходимо, однако, отметить, что в разных странах внедряются разные версии ОКС7. Например, США, Канада, Япония и, частично, Китай внедрили у себя версию Американского национального института стандартов ANSI. В Европе реализована версия Европейского института стандартизации электросвязи ETSI. Российские спецификации ОКС7, хотя и следуют стандартам ETSI, имеют свои национальные особенности.

Таблица 8.4. Перечень Рекомендаций ITU-T серии Q по вопросам ОКС №7

Описание подсистем, функций, компонентов	Рекомендации ITU-T
Введение в ОКС7	Q.700
Подсистема переноса сообщений - MTP	Q.701-Q.704, Q.706, Q.707
Структура сети сигнализации ОКС7	Q.705
Подсистема управления сигнальными соединениями - SCCP	Q.711-Q.714, Q.716
Подсистема TUP	Q.721 - Q.725
Дополнительные услуги	Q.730-Q.737
Управление сетью ОКС7 - OMAP, ERDS	Q.750, Q.752-Q.755
Подсистема ISDN - ISUP	Q.761-Q.764, Q.766, Q.767
Подсистема TCAP	Q.771-Q.775
Тестирование MTP, TUP, ISUP, SCCP, TCAP	Q.780-Q.787
Подсистема мобильной сети - MAP	Q.1051
Подсистема интеллектуальной сети - INAP	Q.1205, Q.1208, Q.1211, Q.1213-Q.1215, Q.1218, Q.1219, Q.1290
Соответствие ОКС7 и модели взаимодействия открытых систем OSI	Q.1400

Рекомендации ITU-T, приведенные в таблице 8.4, специфицируют все аспекты стека протоколов ОКС7 (см. рис. 8.6), а также определяют требования к рабочим характеристикам ОКС7 и методы их тестирования, для чего используются уже упоминавшиеся в предыдущей главе в связи с интерфейсом V5 протокол-тестеры, внешний вид которых представлен на рис. 8.7.

Модель протокола ОКС7



ASE – Сервисный прикладной элемент
OMASE – Сервисный прикладной элемент OMAP

Рис. 8.6. Стек протоколов ОКС7



Рис. 8.7. Протокол-тестеры платформы SNT

8.4.1. Подсистема переноса сообщений МТП

Как показано на рис. 8.6, подсистема МТП содержит три функциональных уровня. Два нижних уровня МТП соответствуют уровням 1 и 2 семиуровневой модели взаимодействия открытых систем (OSI). Уровень 3 МТП соответствует уровню 3 модели OSI лишь частично, т.к. не предоставляет услуг, которые предусматривают создание в сети ОКС виртуальных соединений. Он обеспечивает транспортировку сигнальных сообщений подсистем-пользователей услугами МТП через сеть ОКС в дейтаграммном режиме от подсистемы-отправителя, размещенной в одном SP, к подсистеме-получателю, размещенной в другом (не обязательно смежном с первым) SP.

Информация переносится от одного SP к другому в информационных блоках, имеющих переменную длину и называемых *сигнальными единицами*. Существует три типа сигнальных единиц:

- значащая сигнальная единица (MSU), которая предназначена для переноса сигнальных сообщений, формируемых подсистемами-пользователями МТП,
- сигнальная единица статуса звена (LSSU), предназначенная для переноса информации о статусе сигнального звена, по которому она передается,
- заполняющая сигнальная единица (FISU), обеспечивающая фазирование звена и передаваемая при отсутствии сигнальных единиц MSU и LSSU.

Для идентификации типа сигнальной единицы используется один из ее элементов – индикатор длины LI, разным значениям которого соответствуют:

- LI=0 – заполняющая сигнальная единица,
- LI=1 или 2 – сигнальная единица статуса звена,
- LI>2 – значащая сигнальная единица.

Наиболее сложной по своей структуре является значащая сигнальная единица MSU. Ее формат представлен на рис. 8.8. MSU содержит ряд полей, в которых размещается фиксированное количество битов. Уровень 2 МТП обеспечивает присвоение значения каждому биту внутри каждого поля при передаче и анализ этих значений при приеме (исключение составляет поле сигнальной информации, которое имеет переменную длину, и содержание которого определяется функциями более высоких уровней).

Флаг F	Проверочная комбинация СК	Поле сигнальной информации SIF	SIO		LI	FIB	FSN	BIB	BSN	Флаг F
8	16	8n, n ≥ 2	8	2	6	1	7	1	7	8

FSN - порядковый номер передаваемой сигнальной единицы;
FIB - бит индикации прямого направления (передача сигнала);
BSN - порядковый номер подтверждаемой сигнальной единицы;
BIB - бит индикации обратного направления (передача подтверждения);
LI - индикатор длины; \ - резерв; SIO - байт служебной информации.

Рис. 8.8. Формат значащей сигнальной единицы MSU

Приведем краткие сведения о каждом поле.

Флаг выполняет функцию разделителя сигнальных единиц. Как правило, закрывающий флаг одной сигнальной единицы является открывающим флагом следующей сигнальной единицы. Последовательность значений битов в поле флага следующая: 01111110.

Чтобы избежать имитации флага другой частью сигнальной единицы, МТР, передающая MSU, вставляет ноль после каждой последовательности из пяти следующих друг за другом единиц, содержащихся в любом поле MSU, кроме флага. Этот ноль изымается на приемном конце сигнального звена после обнаружения и отделения флагов.

Биты индикации направления FIB и BIB говорят о содержании MSU в том смысле, несет ли она собственно сигнал (FIB – прямое направление) или выполняет функции подтверждения (BIB – обратное направление). Вместе с полями FSN и BSN (см. ниже) биты индикации направления служат для контроля того, совпадает ли последовательность сигнальных единиц на приеме с последовательностью их на передаче, и используются в одном из двух предусмотренных в системе ОКС7 методов исправления ошибок.

Поля порядковых номеров FSN и BSN используются таким образом. FSN передается в прямом направлении (то есть в направлении передачи сигнала) и несет информацию о порядковом номере той MSU, в состав которой оно входит. BSN передается в обратном направлении в составе подтверждающей сигнальной единицы (ею может быть MSU или FISU) и несет информацию о порядковом номере той MSU, к которой это подтверждение относится.

Индикатор длины LI указывает, сколько байтов содержит сигнальная единица в полях, расположенных между резервными битами и проверочной комбинацией СК. Заметим, что формат заполняющей сигнальной единицы в промежутке между LI и СК не содержит никаких полей (0 байтов), формат сигнальной единицы статуса звена содержит в этом промежутке только поле статуса (либо 1 байт, либо 2 байта), а формат значащей сигнальной едини-

цы предусматривает, как это видно на рис. 10.2, наличие между LI и СК двух полей – имеющего длину 1 байт поля SIO и имеющего переменную длину поля сигнальной информации SIF. Из сказанного сам собой вытекает способ идентификации типа сигнальной единицы, о котором говорилось выше.

Байт служебной информации SIO содержит два элемента – сервисный индикатор, указывающий, к какой из подсистем-пользователей МТР относится содержащаяся в сигнальной единице информация, и индикатор вида сети (международная, междугородная, местная).

Поле сигнальной информации SIF содержит целое число байтов (от 2 до 272). Форматы этого поля определены отдельно для каждой подсистемы-пользователя.

Поле проверочной комбинации СК содержит 16 битов. Значения битов вычисляются путем применения образующего полинома к информации, которая содержится в подготавливаемой к передаче сигнальной единице. Полином имеет вид $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. Он выбран таким образом, чтобы оптимизировать процесс обнаружения пакетов ошибок при передаче.

Проверочные биты образуются из остатка от деления (по модулю 2) величины $x^k (x^{15} + x^{14} + x^{13} + x^{12} + \dots + x^2 + x + 1)$, (где k – число битов в сигнальной единице между последним битом открывающего флага и первым проверочным битом, кроме битов, введенных, чтобы исключить имитацию флага) на образующий полином $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ и остатка от деления на тот же полином умноженного на x^{16} содержимого сигнальной единицы между последним битом открывающего флага и первым проверочным битом (не считая битов, введенных с целью исключить имитацию флага).

Передаваемые проверочные биты являются дополнением до «1» образовавшего остатка 16-битового поля, то есть «1» меняются на «0» и наоборот. Это изменение производится для того, чтобы минимизировать вероятность ошибки в работе оборудования принимающей стороны.

Принимаемые биты анализируются на предмет соответствия между ними и остальной частью принятой сигнальной единицы. Если соответствия не обнаружено, регистрируется ошибка, а сигнальная единица стирается. Стирание MSU приводит в действие механизм исправления ошибок.

В ОКС7 предусмотрены два метода исправления ошибок.

Основной метод исправления ошибок применяется для сигнальных звеньев со временем распространения сигнала в одном направлении, не превышающем 15 мс. В противном случае исполь-

зуется метод превентивного циклического повторения. Примером использования метода превентивного циклического повторения может служить случай, когда связь организуется по спутниковым каналам. Сообщения, которые были приняты с искажениями (например, из-за пакетов ошибок при передаче), передаются повторно в той же последовательности, в какой они передавались первый раз, так что для функций уровня 3 не возникает никаких проблем с доставкой сообщений подсистемам-пользователям без потерь и дублирования.

Если имеют место постоянные ошибки, уровень 3 уведомляется об этом для того, чтобы он мог принять соответствующее решение, например, решение изменить маршрут с использованием в нем другого сигнального звена.

Основной метод исправления ошибок – это метод с положительным и отрицательным подтверждением и повторной передачей сигнальных единиц, принятых с искажениями.

Метод исправления ошибок посредством превентивного циклического повторения предусматривает положительное подтверждение, циклическое повторение и упреждающее исправление ошибок. При этом отрицательное подтверждение не применяется, а индикацией искажения сообщения служит отсутствие позитивного подтверждения. Исправление ошибок достигается программируемым циклическим повторением неподтвержденных MSU. Каждая сигнальная единица содержит FSN и BSN (как и в основном методе), но FIB и BIB не используются, и им присваивается значение «1».

Функции обработки сигнальных сообщений представлены в уровне 3 MTP тремя функциональными блоками:

- блоком *сортировки* сообщений, приходящих в информационном поле сигнальных единиц уровня 2, то есть разделения их на сообщения, адресованные в «свой» SP, и на сообщения, адресованные в другой SP,
- блоком *распределения* сообщений, адресованных в «свой» SP, по подсистемам-пользователям услугами MTP,
- блоком *маршрутизации* сообщений, адресованных другому SP (как тех, которые пришли от подсистем уровня 4 или от функций эксплуатационного управления сетью ОКС, размещенных в своем SP, так и тех, которые поступили от уровня 2).

Работа всех этих блоков базируется на следующем. Обязательной частью сообщения, которое MTP получает от своего пользователя, является *маршрутная этикетка*, содержащая два поля с данными об SP-отправителе (OPC – Originating Point Code) и об SP-получателе (DPC – Destination Point Code). Анализируя этикетку сообщения,

принятого от уровня 2, блок сортировки определяет, куда его нужно направить – к блоку распределения (если DPC совпадает с кодом «своего» SP) или к блоку маршрутизации (если совпадения нет). Блок распределения, приняв от блока сортировки сообщение с этикеткой, содержащей в поле DPC код «своего» SP, направляет сообщение к подсистеме-адресату. Блок маршрутизации, приняв сообщение от блока сортировки (или от подсистемы-отправителя, размещенной в «своем» SP), использует DPC для выбора маршрута, по которому нужно направить это сообщение к SP-получателю. Третьим элементом маршрутной этикетки является поле селектора сигнального звена (SLS – Signaling Link Selection), которое служит для выбора звена, по которому должно пересылаться данное сообщение. Это звено MTP либо выбирает сама, либо делает выбор, следуя указанию «сверху», т.е. от подсистемы-пользователя.

Функции эксплуатационного управления сетью ОКС тоже представлены в уровне 3 MTP тремя функциональными блоками: блоком управления *сигнальным трафиком*, блоком управления *сигнальными звеньями*, блоком управления *сигнальными маршрутами*, о чем еще будет упомянуто в главе 10.

8.4.2. Подсистема управления сигнальными соединениями SCCP

Подсистема SCCP дополняет уровень 3 MTP функциями, которых тому не хватает для того, чтобы соответствовать уровню 3 модели OSI. Подсистемы MTP и SCCP образуют т.н. *подсистему сетевых услуг NSP (Network Service Part)*. NSP поддерживает создание между SP как сигнальных связей, нужных для управления соединениями в сети коммутации каналов, которую обслуживает сеть ОКС7, так и связей, не относящихся к таким соединениям – в том числе сигнальных связей между несмежными SP. Важную роль здесь играет наличие в SCCP собственной системы адресации, не привязанной, как в MTP, к номерам телефонных каналов.

SCCP предоставляет своим пользователям как услуги, не предусматривающие создания в сети ОКС виртуального соединения, так и услуги, ориентированные на соединение. Имеется четыре класса услуг SCCP:

- 0 – базовый класс услуг без соединения; доставка сигнальных сообщений в заданной последовательности не гарантируется.
- 1 – класс услуг без соединения; доставка сигнальных сообщений в заданной последовательности гарантируется.
- 2 – базовый класс услуг, ориентированных на соединение, без управления потоком сообщений.
- 3 – класс услуг, ориентированных на соединение, с управлением потоком сообщений.

Заметим, что класс 1 сохраняет порядок следования сообщений, используя упомянутый в п.8.4.1 механизм присвоения «сверху» значения SLS в маршрутной этикетке. Благодаря этому на каждом участке маршрута от SCCP-отправителя к SCCP-получателю все сообщения SCCP, принадлежащие одному потоку, проходят через одно и то же сигнальное звено, что гарантирует сохранение очередности их следования по всему маршруту.

Сообщение SCCP содержит *маршрутную этикетку, код типа сообщения и параметры*. Параметры дополняют данные, определяемые кодом типа сообщения. В общем случае параметр состоит из названия, индикатора длины и поля данных. Название кодируется одним байтом и однозначно определяет параметр. Индикатор длины указывает количество байтов в параметре, а поле данных содержит информацию (заметим, что не в каждом параметре имеются все эти поля).

Существуют параметры трех видов – обязательные с фиксированной длиной, обязательные с переменной длиной и необязательные. Обязательные параметры с фиксированной длиной содержатся в сообщениях любого типа. Положение и длина каждого из этих параметров определяются типом сообщения, а поэтому их названия и индикаторы длины в сообщения не включаются. Обязательные параметры переменной длины также содержатся в сообщениях всех типов. Название любого такого параметра тоже определяется типом сообщения. Необязательные параметры могут включаться или не включаться в сообщение того или иного типа. Каждый необязательный параметр содержит название (один байт) и индикатор длины (один байт) перед полем данных, передающим содержание параметра.

Формат сообщения SCCP в общем виде показан на рис. 8.9. Всего на сегодня специфицировано 19 сообщений (пять из них – для нужд эксплуатационного управления). Из экономии места сообщения здесь не описываются и перечень их не приводится; сведения об этом можно почерпнуть, например, из [41]. Автор считает более важным обратить внимание читателя на то обстоятельство, что принцип свободного использования в формате сообщения полей необязательных параметров позволяет гибко модифицировать как перечень сообщений SCCP, так и содержание любого из них, когда и если в будущем возникнет потребность в такой модификации.

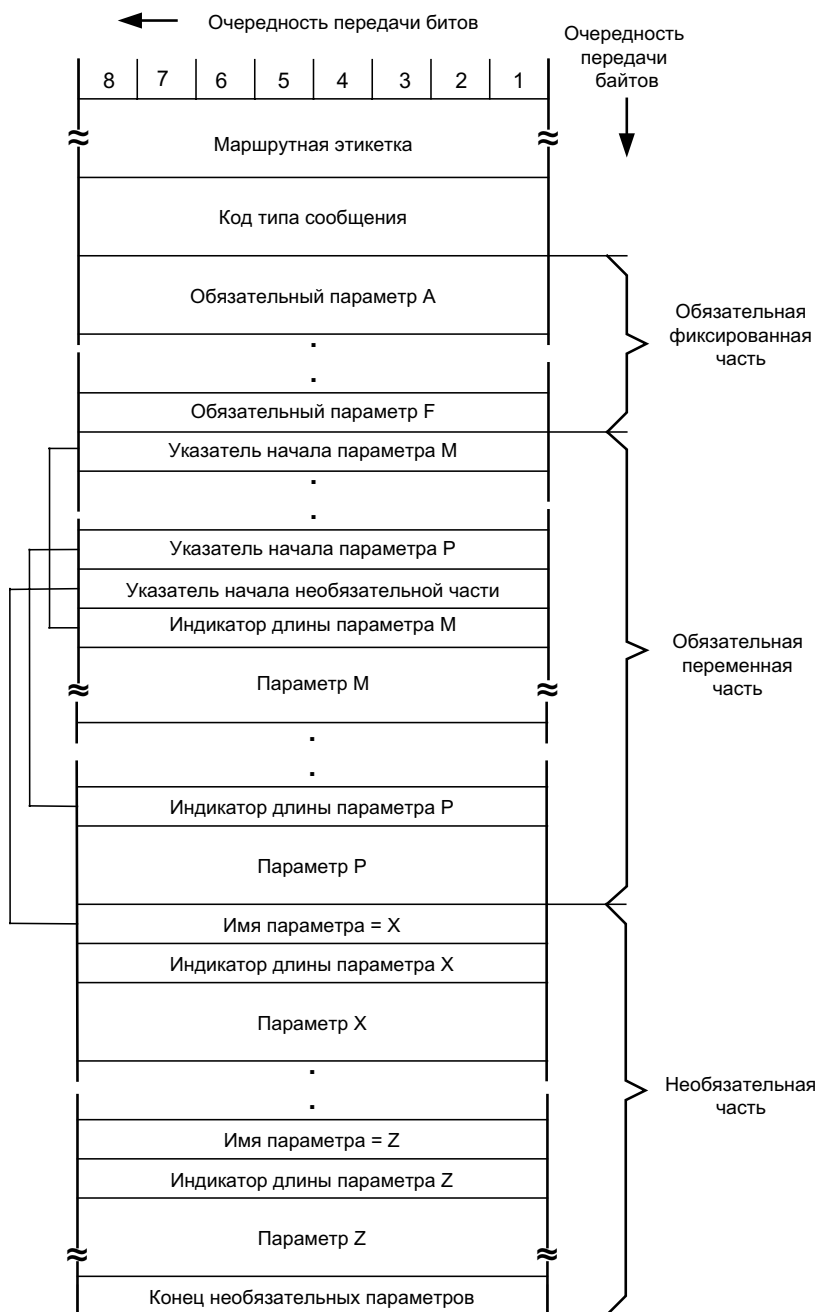


Рис. 8.9. Формат сообщений SCCP

8.4.3. Подсистема средств транзакций

Средства транзакций ТС – Transaction Capabilities – предназначены для поддержки взаимодействия между прикладными процессами (или между разными элементами одного процесса), размещенными в территориально разнесенных узлах сети связи. Любой такой процесс (или элемент процесса) внутри одного узла сети связи является *пользователем услугами ТС*, размещенных на этом узле. С другой стороны, сами ТС того или иного узла являются *пользователем сетевыми услугами*, предоставляемыми размещенной на нем подсистемой NSP.

ТС могут поддерживать обмен информацией между:

- коммутационными станциями и/или узлами сети связи,
- станцией (узлом) и базой данных, узлом управления услугами сети IN, центром технической эксплуатации ЦТЭ и т. п.,
- специализированными сетевыми центрами.

Пользователями ТС могут быть разные приложения, в частности:

- приложения услуг мобильной связи,
- приложения услуг Интеллектуальной сети IN,
- приложения эксплуатационного управления.

Все такого рода приложения можно разделить на две категории:

- требующие обмена данными в реальном времени (т.е. без ощутимых задержек); объем данных в этом случае относительно невелик,
- не предъявляющие жестких требований в отношении задержек; при этом объем данных может быть очень большим.

Как видно из рис. 8.10, функции ТС образуют два подуровня – *подуровень компонентов (CSL)* и *подуровень транзакций (TSL)*. Чтобы стало ясно, в чем тут дело, нужно определить ряд понятий, связанных с тем, как разделены функции между этими подуровнями и какие услуги каждый из них предоставляет подуровню, расположенному выше.

Взаимодействие между пользователями услугами средств транзакции (для краткости назовем их *ТС-пользователями*) может быть представлено в виде обмена командами и ответами, составляющего диалог ТС-пользователя, находящегося в одном пункте сети ОКС и иницилирующего взаимодействие, с ТС-пользователем, находящимся в другом пункте этой сети и являющимся партнером инициатора. Инициатор передает *запрос* выполнения партнером определенной *операции*, а *отклик* партнера на этот запрос содержит сведения о *результате* выполнения (невыполнения) операции. По отношению ко всем этим действиям принято говорить, что они связаны с *обращением* к одной и той же операции.

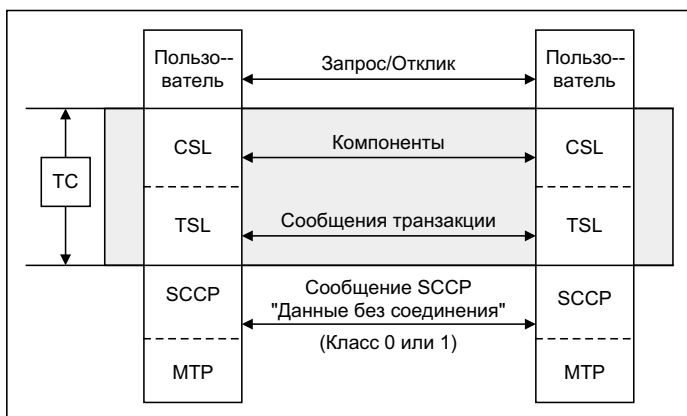


Рис. 8.10. Подсистема средств транзакций TC

Запрос (и отклик) представляет собой блок, называемый *компонентом*. Компонент, связанный с обращением к определенной операции, снабжается идентификатором (*ID обращения*), благодаря чему одновременно могут быть активными несколько обращений, причем обращения эти могут относиться как к одной и той же, так и к нескольким разным операциям.

Множество функций, связанных с обработкой компонентов, образует верхний подуровень TC – *подуровень CSL*. Через границу между этим подуровнем и TC-пользователем компоненты проходят индивидуально. Пользователь (инициатор) может передать к подуровню CSL один за другим несколько компонентов до того, как они будут переданы (в одном сообщении) второму TC-пользователю (партнеру). Несколько компонентов, принятых в одном сообщении, всегда передаются пользователю-адресату по одному и в той последовательности, в какой они были переданы пользователем-отправителем.

Последовательность компонентов, которыми обмениваются два TC-пользователя при выполнении одного приложения, образует диалог. Компоненты содержат параметр, идентифицирующий диалог (так называемый *ID диалога*); у всех компонентов одного диалога этот ID имеет одно и то же значение.

Диалоги могут быть неструктурированными и структурированными. При *неструктурированном диалоге* TC-пользователь передает компоненты, на которые не ожидается откликов, так что связь между двумя TC-пользователями в явном виде не определена. Компоненты передаются в *однаправленных сообщениях*, и сам факт передачи одностороннего сообщения говорит о неструктурированном диалоге. Пользователь может иметь дело сразу с несколькими операциями; максимальное число операций зависит от количества доступных в данное время уникальных значений

идентификатора *ID обращения*. Если при приеме однонаправленного сообщения обнаружена ошибка протокола, для уведомления об этом факте отправителя также используется однонаправленное сообщение.

При *структурированном диалоге* связь между двумя ТС-пользователями определяется в явном виде – ТС-пользователь указывает *начало*, *продолжение* и *окончание* этой связи. Два ТС-пользователя могут вести одновременно несколько структурированных диалогов, идентифицируя каждый из них с помощью уникального ID диалога. Поскольку для каждого ID диалога существует свое пространство имен ID обращений, один и тот же ID обращения может повторяться в разных диалогах. Структурированный диалог предполагается двусторонним – на фазе его *продолжения* возможен дуплексный обмен компонентами.

Подуровень CSL предусматривает организацию соответствия между запросами и откликами. Связанное с запросом операции значение ID обращения вводится в отклик на этот запрос. Возможны 4 класса операций:

- класс 1 – предусматривается отклик и при удаче, и при неудаче,
- класс 2 – предусматривается отклик только в случае неудачи,
- класс 3 – предусматривается отклик только в случае удаи,
- класс 4 – отклик не нужен ни в том, ни в другом случае.

Смысл и содержание каждого компонента определяется его типом. Существуют компоненты следующих пяти типов.

- INVOKE – обращение. Этот компонент запрашивает выполнение встречной стороной определенной операции. Он может быть связан с другой операцией, к которой обращалась встречная сторона.
- RETURN RESULT (NOT LAST) – часть данных с информацией о результате выполнения операции. Имеется в виду, что все данные с информацией о результате не могут быть целиком размещены в одном компоненте, так что ТС-пользователю пришлось разделить их на несколько сегментов. Данный компонент содержит один из этих сегментов, за которым последуют другие.
- RETURN RESULT (LAST) – последняя (или единственная) часть данных с информацией о результате выполнения операции. Этот компонент свидетельствует о том, что операция успешно завершена.
- RETURN ERROR – успешно завершить операцию не удалось. Этот компонент содержит информацию о причине того, что операция не была завершена.
- REJECT – отказ в приеме к обработке компонента, поступившего от встречной стороны. Компонент содержит информацию о при-

чине отказа – либо отсутствие ресурсов, нужных для выполнения операции, либо наличие в поступившем компоненте той или иной ошибки (компонент неизвестного типа, с нестандартной или не соответствующей случаю структурой, с недопустимым или используемым для другой операции идентификатором обращения, с неизвестным кодом операции, и т. п.)

Рассмотрим теперь функции и услуги *подуровня транзакций (TSL)*. Очевидно, что расположенный выше подуровень CSL является пользователем подуровня TSL (или, для краткости, TSL-пользователем); другие TSL-пользователи в настоящее время не определены, однако подуровень TSL устроен так, что они, в принципе, могут существовать.

TSL предусматривает средства, поддерживающие обмен компонентами между TSL-пользователями и обеспечивающие использование услуг нижележащих уровней (подсистем SCCP и MTP) для двустороннего переноса через сеть ОКС сообщений между двумя взаимодействующими подсистемами TC, размещенными в разных пунктах этой сети.

Поддержка неструктурированного диалога TSL-пользователей заключается в том, что TSL обеспечивает передачу сообщения, содержащего один или несколько компонентов (связанных с операциями класса 4), от «своего» TSL-пользователя, являющегося отправителем, к TSL-пользователю, являющемуся адресатом. Если для поддержки такого диалога требуется передать несколько TSL-сообщений, логическая связь между ними (то есть их принадлежность одной и той же *транзакции*) в явном виде не определяется.

Поддержка структурированного диалога базируется на том, что каждый TSL-пользователь идентифицирует транзакцию уникальным *ID транзакции*, который присутствует во всех TSL-сообщениях, относящихся к этой транзакции. Для каждой транзакции TSL-пользователь указывает ее *начало*, *продолжение* и *окончание*; на фазе *продолжения* возможен дуплексный обмен между TSL-пользователями сообщениями «внутри» этой транзакции.

Отметим, что в настоящее время специфицированы средства транзакций, использующие только такие услуги SCCP, которые не предусматривают создание в сети ОКС сигнальных соединений. Использование услуг, ориентированных на сигнальные соединения, изучается ITU-T.

8.4.4. Подсистема ISUP

Подсистема ISUP – это подсистема-пользователь MTP, поддерживающая межстанционную сигнализацию в ТфОП и в ISDN. При поддержке сигнализации в ISDN ISUP пользуется также услугами SCCP, как это показано на рис. 8.6.

Средства адресации MTP дополнены в ISUP *идентификатором канала*, поскольку для того, чтобы указать, к какому телефонному соединению относится сообщение, ISUP указывает номер того канала, который занят в этом соединении. Дело в том, что ISUP реализует два метода сигнализации – *эстафетный*, когда сообщение передается от одной станции к другой и на промежуточных станциях может изменяться, и *сквозной*, когда обмен сообщениями происходит между конечными точками соединения. Сквозной метод обычно использует услуги SCCP – либо без создания сигнального соединения, либо ориентированные на соединение; в последнем случае процедуры значительно упрощаются.

Сообщений ISUP слишком много, чтобы рассмотреть их все в этой, и так самой длинной главе учебника. Назовем лишь основные категории сообщений:

- Сообщения управления базовым соединением
- Сообщения управления дополнительными услугами
- Сообщения модификации соединения во время связи
- Сообщения эксплуатационного контроля и управления
- Сквозные сообщения.

Принципы форматирования сообщений в ISUP подобны принципам, принятым в SCCP и описанным в п. 8.4.2 (в этом легко убедиться, сравнив приводимый ниже рис. 8.11 с рис. 8.9). Однако SCCP устроено так, что маршрут, по которому проходит «сквозное» сигнальное сообщение, никак не связан с маршрутом, по которому проходит соединение телефонных каналов, а ISUP опирается на «канальный» подход идентификации транзакции.

Теперь рассмотрим пример установления базового соединения в ISDN. В этом примере (рис. 8.12) терминал вызывающего пользователя А передает по каналу D в интерфейсе UNI сообщение Q.931 SETUP в сторону своей АТС (исходящей), которая анализирует его, удостоверяется в его правильности и передает начальное адресное сообщение IAM протокола ISUP к той транзитной АТС, через которую, согласно таблице маршрутизации исходящей АТС, должно пройти устанавливаемое соединение. Одновременно исходящая АТС передает вызывающему абоненту сообщение Q.931 CALL PROCEEDING.

МАРШРУТНАЯ ЭТИКЕТКА
ИДЕНТИФИКАТОР КАНАЛА
ТИП СООБЩЕНИЯ
ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ ФИКСИРОВАННОЙ ДЛИНЫ
ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНЫ
НЕОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Рис. 8.11. Структура сообщения ISUP

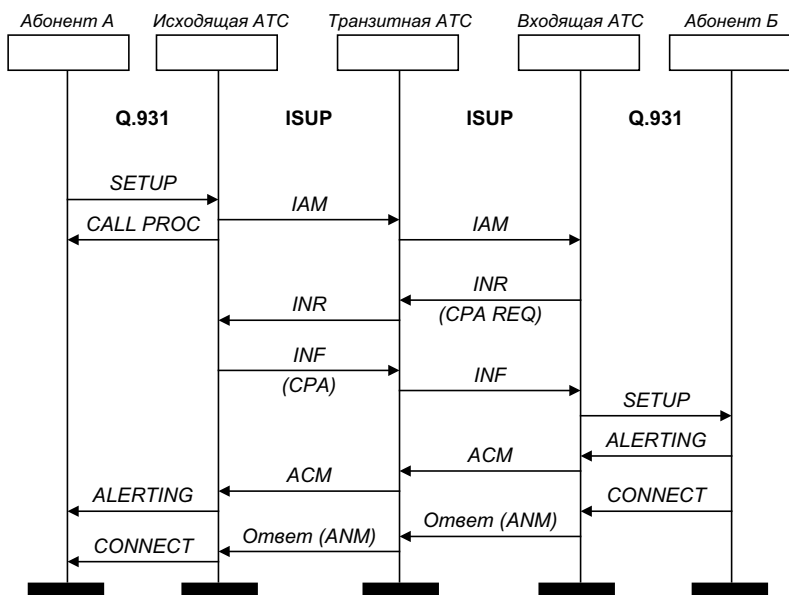


Рис. 8.12. Пример установления базового соединения ISDN

Транзитная ATC находит в своей таблице маршрутизации входящую ATC и переправляет ей сообщение IAM. Предположим, что в сообщении IAM не был включен *адрес вызываемого пользователя* (CPA), а входящей ATC этот CPA необходим для завершения установления соединения. Тогда входящая ATC направляет к транзитной ATC сообщение протокола ISUP «Запрос информации» (INR), содержащее параметр (*индикатор запроса*), который говорит о том, что требуется CPA. Транзитная ATC переправляет это сообщение к исходящей ATC.

Исходящая ATC формирует сообщение протокола ISUP «Информация» (INF) с недостающим CPA и направляет его к входящей ATC. Входящая ATC передает сообщение Q.931 SETUP к оборудованию вызываемого пользователя Б, которое отвечает на это сообщением Q.931 ALERTING. Входящая ATC передает в обратном направлении сообщение протокола ISUP о приеме всего адреса (ACM). Когда исходящая ATC получает это сообщение, она передает к оборудованию вызывающего пользователя сообщение Q.931 ALERTING.

Когда вызываемый абонент отвечает на вызов, его оборудование передает сообщение Q.931 CONNECT к входящей ATC, которая, в свою очередь, передает на транзитную ATC сообщение протокола ISUP «Ответ» (ANM). Транзитная ATC пересылает сообщение ANM к исходящей ATC, а та передает к оборудованию вызывающего пользователя сообщение Q.931 CONNECT. В результате между вызывающим и вызываемым пользователями устанавливается соединение.

8.5. Сигнализация при переходе к NGN

В последнее время система ОКС7 стала универсальным ключом, своего рода *Bluetooth* сигнализации для более тесного объединения различных сетевых инфраструктур мобильной связи, проводной связи и IP, составляющих в процессе их конвергенции сеть связи следующего поколения NGN, которая была рассмотрена в главе 5. Именно этим объединяющим свойством ОКС7 вызвана ассоциация с прозвищем «Голубой зуб» (*Bluetooth*), которое носил король Дании Гарольд II, собиратель датских земель в X веке н.э., и которое, к сожалению, уже получил другой интерфейс с такими же объединяющими свойствами.

Эффективное и повсеместное развёртывание мультимедийных и других услуг зависит от успешной реализации всего стека протоколов ОКС7 (а также ОКС7-по-IP, о чем речь пойдет чуть ниже), протоколов IP-телефонии H.323, SIP, MGCP, MEGACO/H.248, MPLS, RSVP и др., рассмотренных в книге [50]. Эти протоколы, в первую очередь MGCP и ОКС7-по-IP, не только решают задачи собственно IP-телефонии, но и обеспечивают взаимодействие между IP-сетью и телефонной сетью общего пользования в составе NGN.

Что же касается переноса сообщений ОКС7 через IP-сеть, то это является одним из направлений деятельности рабочей группы *Sigtran*, входящей в IETF. Протоколы *Sigtran* (рис. 8.13) обеспечивают надежную транспортировку сообщений ОКС7 по IP-сетям. Во-первых, это *протокол передачи информации для управления потоками SCTP (Stream Control Transmission Protocol)*, который поддерживает перенос сигнальных сообщений между конечными пунктами сигнализации SP в IP-сети. Для организации сигнальной связи один конечный пункт предоставляет другому перечень своих транспортных адресов (IP-адреса в сочетании с портом SCTP). Протокол SCTP позволяет независимо упорядочивать сигнальные сообщения в разных потоках и обеспечивает перенос сигнальной информации с подтверждением приема, без ошибок и дублирования, доставку сообщений каждого потока в заданной последовательности, возможность объединения нескольких сообщений в один пакет SCTP, фрагментацию данных по мере необходимости, устойчивость к перегрузкам и т.п.

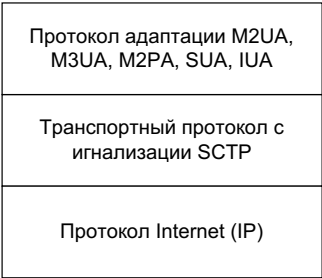


Рис. 8.13. Стек протоколов *Sigtran*

Во-вторых, для выполнения функциональных и качественных требований к МТР рабочая группа *Sigtran* рекомендовала три новых протокола: M2UA, M2PA и M3UA. Каждый из них будет кратко

рассмотрен ниже, но прежде приведем установленные ITU-T требования к переносу сообщений МТР как по сетям с временным разделением каналов, так и по IP-сетям:

- Для одноранговых процедур уровня 3 МТР требуется время отклика в пределах от 500 мс до 1200 мс.
- Допускается потеря из-за транспортных сбоев не более одного из 10 миллионов сообщений.
- Вследствие транспортных сбоев допускается несвоевременная доставка (включая дублированные сообщения) не более одного из 10 миллиардов сообщений.
- Не более одного из 10 миллиардов сообщений может содержать ошибку, не выявленную транспортным протоколом (согласно спецификациям ANSI – не более одного из миллиарда сообщений).
- Доступность любого пучка сигнальных маршрутов (полная совокупность разрешенных сигнальных путей от любого пункта сигнализации в направлении любого пункта назначения) должна быть не ниже 0.999998 (что соответствует времени простоя приблизительно до 10 минут в течение года).
- Длина сообщения (принимаемая к обслуживанию полезная нагрузка) должна составлять 272 байта для узкополосной ОКС7 и 4091 байтов для широкополосной ОКС7.

Протокол *M2UA уровня адаптации для пользователей уровня 2 МТР (MTP Level-2 User Adaptation Layer)* предусматривает набор услуг, эквивалентный тому, который предоставляет уровень 2 МТР уровню 3 МТР в обычной сети ОКС7. Протокол используется между шлюзом сигнализации и контроллером транспортного шлюза в VoIP-сетях. Шлюз сигнализации принимает сообщения ОКС7 через интерфейс уровня 1 и уровня 2 МТР от конечного или транзитного пункта сигнализации. Он служит окончанием для звена ОКС7 на уровне 2 МТР и транспортирует информацию уровня 3 МТР и вышележащих уровней к контроллеру транспортного шлюза или к другому конечному пункту сети IP, используя протокол M2UA поверх SCTP/IP.

Протокол *M2PA уровня адаптации для одноранговых пользователей МТР2 (MTP2 User Peer-to-Peer Adaptation Layer)*, в отличие от протокола M2UA, используется для полномасштабной обработки сообщений уровня 3 МТР, которыми обмениваются любые два узла сети ОКС7, взаимодействующие через IP-сеть. Пункты сигнализации IP-сети функционируют как обычные узлы ОКС7, используя IP-сеть вместо сети ОКС7. Каждый пункт сигнализации сети с коммутацией каналов или IP-сети имеет код пункта сигнализации ОКС7. Протокол M2PA предусматривает тот же набор услуг, который предоставляет уровень 2 МТР уровню 3 МТР. Протокол

может использоваться между шлюзом сигнализации и контроллером транспортного шлюза, между шлюзом сигнализации и пунктом сигнализации IP-сети, а также между двумя пунктами сигнализации IP-сети. Пункты сигнализации могут использовать протокол M2PA для передачи и приёма сообщений уровня 3 MTP по IP или уровень 2 MTP для обмена этими сообщениями по стандартным звеньям ОКС7. M2PA облегчает интеграцию сетей ОКС7 и IP благодаря тому, что он позволяет узлам сети с коммутацией каналов иметь доступ к базам данных IP-телефонии и к другим узлам IP-сетей, используя сигнализацию ОКС7. И, наоборот, протокол M2PA позволяет приложениям IP-телефонии получать доступ к базам данных сети ОКС7.

Итак, протоколы M2PA и M2UA имеют следующие различия:

- M2PA – шлюз сигнализации является узлом ОКС7 с кодом пункта сигнализации;
- M2UA – шлюз сигнализации не является узлом ОКС7 и не имеет кода пункта сигнализации.
- M2PA – соединение между шлюзом сигнализации и пунктами сигнализации IP-сети представляет собой звено ОКС7;
- M2UA – соединение между шлюзом сигнализации и контроллером транспортного шлюза не является звеном ОКС7. Оно представляет собой расширение MTP от шлюза сигнализации к контроллеру транспортного шлюза.
- M2PA – шлюз сигнализации может содержать функции верхних уровней ОКС7, например SCCP.
- M2UA – шлюз сигнализации не содержит функций верхних уровней ОКС7, поскольку он не содержит функций уровня 3 MTP;
- M2PA – для выполнения функций эксплуатационного управления опирается на соответствующие процедуры уровня 3 MTP;
- M2UA – использует собственные процедуры эксплуатационного управления;
- M2PA: пункты сигнализации IP-сети обрабатывают примитивы уровня 3 MTP и уровня 2 MTP;
- M2UA: контроллер транспортного шлюза переносит примитивы уровня 3 MTP и уровня 2 MTP к уровню 2 MTP шлюза сигнализации для их последующей обработки.

Протокол *M3UA уровня адаптации для пользователей уровня 3 MTP (MTP Level-3 User-Adaptation Layer)* связан с переносом по IP-сети средствами протокола SCTP сигнальных сообщений подсистем-пользователей уровня 3 MTP (например, ISUP, SCCP). Подсистема SCCP может переносить сообщения своих пользователей TCAP или INAP, с помощью либо протокола M3UA, либо другого продукта группы Sigtran – протокола SUA, который рассматривается ниже. Протокол M3UA используется между шлюзом

сигнализации и контроллером транспортного шлюза или базой данных IP-телефонии. С концептуальной точки зрения, он расширяет доступ к услугам уровня 3 МТР шлюза сигнализации, охватывая удаленные конечные пункты IP-сети.

К тому же, протокол M3UA не ограничивает длину сообщения 272-мя октетами, как это установлено уровнем 2 МТР ОКС7. По этой причине M3UA/SCTP позволяет переносить крупные блоки информации, не прибегая к процедурам сегментации/сборки в верхнем уровне. Шлюз сигнализации будет устанавливать 272-октетное ограничение только тогда, когда он подключен к обычной сети ОКС7.

Протокол *SUA уровня адаптации для пользователей SCCP* поддерживает перенос по IP-сети средствами протокола SCTP сигнальных сообщений пользователей SCCP ОКС7 (например, TCAP или INAP). Протокол SUA используется между шлюзом сигнализации и конечным пунктом сигнализации IP-сети и между конечными пунктами сигнализации IP-сети. Пример применения SUA приведен на рис. 8.14.

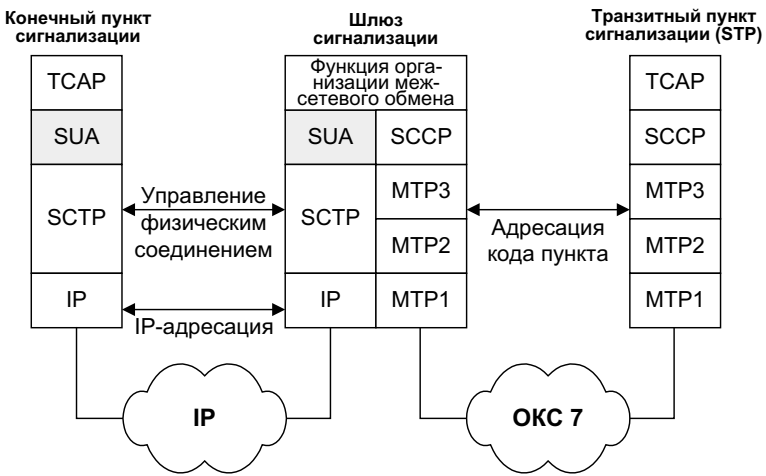


Рис. 8.14. Уровень адаптации SUA для пользователя SCCP

SUA поддерживает как услуги SCCP без соединения с неупорядоченной и упорядоченной доставкой, так и услуги, ориентированные на соединение, с управлением или без управления потоком данных и с обнаружением потерь сообщений и ошибок вследствие несвоевременной доставки сообщений (т.е. классы услуг SCCP с 0 по 3). В случае услуг без соединения SCCP и SUA стыкуются в шлюзе сигнализации. С точки зрения пункта сигнализации ОКС7, пользователь SCCP находится в шлюзе сигнализации. Сообщения ОКС7 направляются к этому шлюзу на основании кода пункта сигнализации и номера подсистемы SCCP, а тот направляет сообщения SCCP к удаленному конечному пункту IP-сети.

Протокол уровня адаптации для ISDN-пользователя (IUA) поддерживает перенос через IP-сеть сообщений Q.931. Протокол IUA исключает использование в системе сигнализации части протокола MTP. Протокол IUA позволяет приложениям верхнего уровня непосредственно взаимодействовать с транспортным протоколом SCTP.

Sigtran является не единственной рабочей группой IETF, участвующей в определении новых протоколов для обеспечения интеграции сетей ТфОП и IP. Следует еще упомянуть *PINT (PSTN and Internet Interworking – взаимодействие ТфОП и Интернет)* и *SPIRITS (Service in the PSTN/IN Requesting Internet Service – запросы услуг Интернет в ТфОП/ИН)*. В PINT услуги ТфОП активизируются путем запросов из IP-сети. Java-клиент SIP, встроенный в сервисное Java-приложение на Web-сервере, создает запросы инициировать телефонные вызовы в ТфОП. Цель состоит в том, чтобы обеспечить Web-доступ к речевому контенту и осуществлять телефонную/факсимильную связь из Интернет. В SPIRITS услуги IP-сети активизируются путем запросов из ТфОП. SPIRITS, в первую очередь, касается таких услуг, как уведомление о поступлении нового вызова в сети Интернет, предоставление идентификатора вызывающего абонента из сети Интернет и переадресация Интернет-вызовов.

Желательно также упомянуть рабочую группу *ENUM* в составе IETF, которая разрабатывает схему преобразования телефонных номеров E.164 в IP-адреса, используя сервер доменных имён DNS сети Интернет таким образом, что любое приложение, включая SIP, может найти ресурсы, связанные с уникальным телефонным номером [118].

Рабочая группа *IPTEL* разрабатывает протокол *TRIP маршрутизации телефонных вызовов по IP-сети (telephony routing over IP)*, который представляет собой управляемый стратегией межадминистративный доменный протокол, информирующий серверы адресов о доступности телефонных адресатов и объявляющий атрибуты маршрутов к этим адресатам. TRIP позволяет поставщикам, во избежание избыточного назначения ресурсов или дублирования шлюзов, обмениваться информацией маршрутизации, используя стандартные Интернет-протоколы. Не без участия таких рабочих групп протоколы сигнализации и передачи данных для управления соединениями и потоками данных, проходящими через сеть, продолжают развиваться прямо на глазах.

Глава 9

Программное управление

*Египетский царь Птоломей I спросил Евклида:
– Как побыстрее познать геометрию?
– Царских путей в геометрию нет.
– ответил Евклид.*

9.1. Программное обеспечение коммутационных узлов и станций

Приведенный в эпиграфе ответ Евклида справедлив по отношению не только к геометрии, но и к программному обеспечению (ПО) узлов коммутации, изучение которого требует сложных и глубоких курсов гораздо большего объема, чем может вместить одна глава учебника. К тому же, на ПО приходится более 80% стоимости разработки современной АТС, и оно практически полностью определяет ее функциональные возможности. Вот почему эта глава оказалась для автора самой сложной с точки зрения того, как ее построить. В результате получилась такая структура: следующий параграф посвящен аппаратной поддержке ПО узла коммутации и анализу разных вариантов ее архитектуры; далее рассмотрены основы программирования задач обслуживания вызовов в реальном времени, элементы алгоритмического обеспечения на языках SDL и MSC и качественные характеристики ПО.

Вместе с тем, в этом подходе к структуре главы учитывается то обстоятельство, что современные средства программного управления коммутацией подразделяются даже не на два, а на три уровня.

Самый нижний уровень ПО обычно встраивается в абонентские и линейные комплекты и другие модули станции. Программные средства на этом уровне, как правило, зависимы от аппаратных средств и в англоязычной литературе называются *middleware*, что

подчеркивает их промежуточное положение между аппаратными средствами *hardware* и основным программным обеспечением *software*. Реализуемые здесь функции связаны, в основном, с контроллерами линейных и станционных интерфейсов и с поддержкой нижнего уровня обработки вызова. Например, когда абонент поднимает трубку, первый уровень управления абонентским модулем детектирует состояние снятия трубки (off hook) и запрашивает у контроллера второго уровня информацию о данной абонентской линии, классе ее обслуживания, возможностях абонентского терминала, каких-либо ограничениях. Затем первый уровень обеспечивает посылку абоненту сигнала ответа станции. После набора номера накопленные первым уровнем цифры передаются выше.

Второй уровень управления обычно реализуют процессоры управления коммутацией с распределенными функциями, взаимодействующие друг с другом через коммутационное поле или через общую шину. Для межпроцессорных связей используют разнообразные протоколы, причем в большинстве цифровых АТС применяются модификации стандартных протоколов ОКС7 или X.25. Основные процессоры управления коммутационным полем для надежности дублируются. На этом уровне анализируются набранные абонентом цифры и выбирается путь через коммутационное поле. После того как соединение установлено, второй уровень управления поддерживает его и разрушает, как только обслуживание вызова переходит в фазу разъединения.

Третий уровень управления обычно бывает связан с центральным процессором цифровой АТС, выполняющим функции технического обслуживания, конфигурации, администрирования, статистики и начисления платы. Раньше на этом уровне применяли мэйнфреймы, в которые встраивались базовые управляющие функции цифровой системы коммутации, но программное обеспечение АТС более поздних типов тяготеет к полностью распределенной архитектуре и предоставляет больше автономии двум первым уровням управления. Рассмотрим эти варианты архитектуры несколько подробнее.

9.2. Управляющие устройства

Описанию различных вариантов организации устройств программного управления коммутацией в недавнем прошлом было посвящено немало публикаций, объем которых постепенно уменьшался по мере качественного изменения самих этих устройств в полном соответствии с законом Мура. Описываемое этим законом снижение стоимости микропроцессорных управляющих устройств одновременно с радикальным увеличением их производительности погасило былые споры между сторонниками централизованной и распределенной архитектур программного управления и привело к

тому, что в большинстве современных цифровых АТС используется архитектура, представляющая собой что-то среднее между двумя названными подходами. Сегодняшние варианты архитектуры управления цифровой коммутацией можно разделить на три типа: централизованное управление, иерархическое управление и распределенное управление.

9.2.1. Централизованное управление

Архитектура централизованного управления условно изображена на рис. 9.1. Эта архитектура восходит к началу сорокалетней истории развития электронных узлов коммутации, управляемых ЭВМ, которая началась в ноябре 1960 года в г. Морис (штат Иллинойс, США) испытаниями прототипа электронной АТС. В 1965 году в г. Саккасана (Нью-Джерси, США) была сдана в эксплуатацию серийная электронная система коммутации ESS-1 с управлением по записанной программе, базирующаяся исключительно на центральном процессоре, который управляет всеми функциями системы. Отечественный ИВТУ, рассмотренный в главе 6, полностью соответствует структуре, показанной на рис. 9.1.

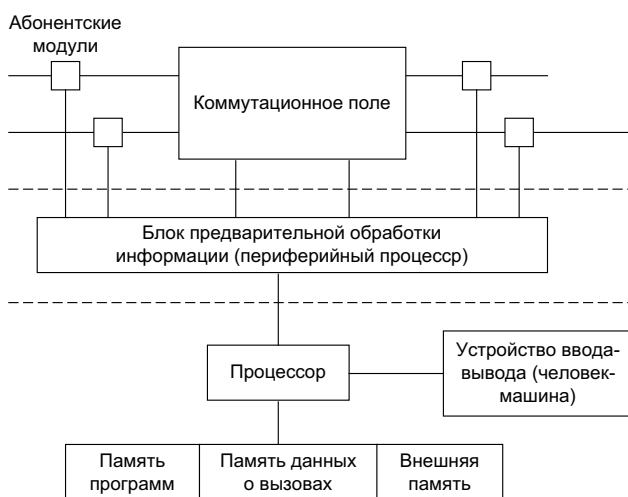


Рис. 9.1. Структура АТС с централизованным программным управлением

Централизованное программное управление этих АТС предусматривает выполнение следующих трех групп функций:

- *управление обслуживанием вызова*, включая анализ имеющейся в базе данных информации, относящейся к вызываемому абоненту, прием набираемого номера, контроль процесса обслуживания вызова во всех фазах этого процесса, включая фазы отбоя и разъединения;

- *управление коммутацией*, для чего в зависимости от структуры АТС используются разные методы, но в любом случае центральный процессор хранит отображение всех путей (и свободных, и используемых), находит и резервирует путь для запрашиваемого абонентским или линейным модулем соединения;
- *контроль, диагностика* неисправностей и восстановление рабочей конфигурации системы, что обсуждается в следующей главе. Здесь отметим лишь, что при централизованном управлении центральный процессор управляет, наряду с коммутацией, и функциями технического обслуживания, административного управления, контроля, диагностики и восстановления системы, для чего он должен обладать достаточной вычислительной мощностью.

9.2.2. Иерархическое управление

Архитектура иерархического управления отличается от архитектуры, приведенной на рис. 9.1, тем, что она предусматривает не один, а несколько периферийных процессоров, которые оказывают помощь центральному процессору, беря на себя функции управления отдельными периферийными подсистемами станции (абонентскими модулями, модулями соединительных линий и др.). Периферийные процессоры обычно представляют собой микропроцессорные устройства, управляющие каждой своей подсистемой. Они сканируют линии, запрашивают информацию от центрального процессора и передают ему данные, нужные для обновления абонентской базы данных и для управления соединениями, тогда как центральный процессор выполняет основные функции обработки вызовов и управления коммутационным узлом в целом и несет при этом меньшую нагрузку, чем тот же процессор в архитектуре централизованного управления. В результате, как правило, пропускная способность управляющей системы увеличивается.

Определенный недостаток этой архитектуры – ограниченная масштабируемость управляющего комплекса по мере роста емкости АТС: ведь, как и в архитектуре централизованного управления, вся обработка вызовов централизована. Кроме того, восстановление системы в случае сбоя полностью зависит от центрального процессора. Он же обрабатывает и всю информацию, связанную с начислением платы за услуги связи.

9.2.3. Распределенная архитектура

Концепция распределенного программного управления появилась еще в 60-х годах прошлого века и была воплощена в цифровой системе коммутации Е10 (Франция). Она предусматривала разбиение множества задач управления на несколько составных частей по принципу разделения функций (function sharing) и/или разделения

нагрузки (load sharing). Концептуально полностью распределенная архитектура соответствует архитектуре управления в Системе 12 или в DX-200, которые были рассмотрены, соответственно, в главах 6 и 5. Ее можно также определить как архитектуру без центрального процессора (central-processor-less).

Все функции управления разделяются на специализированные наборы задач, содержащиеся в независимых процессорах и обеспечивающие в совокупности выполнение всех связанных с управлением операций. К примеру, процессор абонентской ступени периодически (с интервалом порядка 10 мсек) сканирует абонентские линии, включенные в эту ступень, отслеживает все возникающие в ней вызовы, поддерживает базу данных абонентов, ведет наблюдение за каждым вызовом и даже проводит локальное восстановление и локальную диагностику своей схемы. Все процессоры общаются друг с другом путем обмена сообщениями через коммутационное поле, общую шину или иным способом – и это является основой конструкции системы программного управления узлом коммутации. Что же касается задачи обеспечить работу всех этих процессов в реальном времени, то даже с приходом гораздо более быстродействующих процессоров, усовершенствованных протоколов обмена сообщениями и улучшенных архитектурных средств актуальность этой проблематики не становится меньшей, о чем будет идти речь в следующем параграфе – да и не только в нем.

9.3. Основы программирования обслуживания вызовов в реальном времени

В наше время нельзя описывать станции автоматической коммутации, не уделяя основного внимания их программному обеспечению – самой сложной (и самой трудоемкой при разработке) части цифровой АТС. Эта сложность обусловлена двумя рассматриваемыми в данной главе составляющими: *функциональное наполнение ПО и выполнение задач в реальном времени*. Кроме того, в следующей главе 10 мы поговорим о ПО технического обслуживания и административного управления, а в главе 11 – о ПО телекоммуникационных услуг.

Для лучшего восприятия излагаемого в этом параграфе материала полезно с самого начала привести следующие цифры. Станционному ПО АТС, обслуживающей 10 000 абонентов, необходимо одновременно держать под контролем приблизительно *1000 соединений в фазе разговора* плюс *200 соединений в фазе установления/разрушения* плюс *20 транзакций эксплуатационного управления*, причем требования реального времени ограничивают время отклика программного обеспечения для обработки сигнали-

зации интервалом 10–100 мс, для функций обработки вызова – интервалом 100–1000 мс, для диалога человек-машина – 1–3 с, для транзакций технической эксплуатации – 1–10 с.

В новых цифровых АТС, например, 5ESS компании Lucent, DMS-100 компании Nortel, EWSD компании Siemens и др. функционирование ПО в реальном времени отчасти скрыто за их операционными системами, что хотя и упрощает разработку программ для этих систем, но и затемняет реальное понимание работы систем. В ранних системах коммутации с монолитной программной архитектурой, подобной архитектуре 1ESS или ИБТУ, поведение программного управления в реальном времени более очевидно. И хотя среда, в которой специалисты должны были разрабатывать ПО первых АТС с управлением по записанной программе, была весьма сложной и не очень комфортной, педагогические возможности объяснить поведение ПО этих АТС в реальном времени намного лучше.

Например, уже рассматривавшийся в главе 6 проект программного управления коммутационной станцией с помощью специализированной электронной управляющей машины «Нева» предусматривал разработку программ для этого компьютера на языке Ассемблера, используя косвенную адресацию, макрокоманды и подпрограммы. Язык высокого уровня не применялся, т.к. хотя Алгол, Кобол и Фортран уже были изобретены, их использование для задач реального времени в системе управления узлом коммутации, да еще на таких «тихоходных» компьютерах, было попросту невозможно. Система команд «Невы» содержала, кроме универсальных команд (сложение, вычитание, логические операции, сдвиги и т.п.), большое количество специализированных команд, обеспечивавших выигрыш времени в процессе обработки вызовов или экономию памяти машины. Так, в группе команд *арифметических операций* к четырем обычным командам были добавлены часто использовавшиеся команды сложения кода с единицей и вычитание из кода единицы. *Логические операции* включали в себя логический сдвиг влево и вправо (ЛСД); циклический сдвиг (ЦСЖ); разное умножение операционного регистра (РМ). Была введена специальная группа *операций побитовой обработки информации*, содержавшая восемь (а с учетом модификаций – 18) разных по смыслу команд: единица в разряде (РЕ); ноль в разряде (РН); инверсия разряда (РИ); проверка разряда (РП); номер левой единицы (НЕ); номер левой единицы с инверсией (НЕИ); номер несовпадений в массиве (ННМ) и номер несовпадений с инверсией в массиве (ННИМ).

Можно представить себе, как непривычно это выглядит сейчас, но для тогдашних программистов, к которым принадлежал и автор этих строк, латинский алфавит ограничивался практически шестью буквами *A, B, C, D, E, F*, необходимыми для шестнадцатеричной системы счисления, а мнемоника ассемблерных команд вполне привычно сочеталась с кириллицей.

К этим ассемблерным командам относились также *операции ассоциативного поиска*, содержавшие две команды поиска в упорядоченном и в неупорядоченном массивах. *Операции с циклическими массивами и команды системы прерывания* («возбудить сигнал прерывания», «гасить сигнал», «маскировать сигнал», «демаскировать сигнал», «есть прерывание», «нет прерывания» и «конец программы») как раз и обеспечивали специфику обслуживания вызовов в реальном времени.

Для управляемого ЭУМ «Нева» импульсно-временного транзитного узла ИВТУ, также рассмотренного в главе 6, был выбран единый цикл сканирования всех комплектов, равный 10 мс. Результаты сканирования использовались для формирования очередей к программам обработки вызовов. При этом смысловое содержание вводимой из периферийных управляющих устройств (ПУУ) информации определялось по таблицам решений, которые составлялись для всех типов АТС, связанных с ИВТУ, и в которых учитывались способ передачи сигналов, скорость этой передачи и ряд других факторов. Проблемы реального времени обусловили разработку специализированной телефонной операционной системы (ТОС), основной частью которой являлась подсистема приоритетного обслуживания, определявшая последовательность вызова программ, к которым в данный момент имеются запросы. Все программы были распределены по абсолютным и относительным уровням приоритета. При этом программы сканирования и ввода вызывались на нулевом (высшем) уровне приоритета по расписанию, т.е. через заданные интервалы времени. Система приоритетного обслуживания проектировалась таким образом, чтобы, с одной стороны, обеспечить необходимую последовательность выполнения отдельных программ и, с другой, – сократить до минимума затраты времени на переключение программ, а вместе с тем и минимизировать объем памяти, необходимой для хранения отложенных программ.

Система прерывания содержала поле для запоминания сигналов прерывания, делившихся на 17 абсолютных приоритетных уровней, из которых наивысшим приоритетным уровнем обладал единственный аппаратный уровень; остальные 16 были программными. На каждом из абсолютных приоритетных уровней было предусмотрено до 256 относительных приоритетов, которые не вызывали прерывания текущих программ, но определяли порядок обслуживания программ данного уровня. Для определения оптимального числа уровней прерывания, распределения всех программ по абсолютным и относительным приоритетным уровням, определения размеров циклических массивов очередей заявок и решения других задач телефонной операционной системы последняя должна была быть тщательно рассчитана и оптимизирована, так как от этого зависела правильность распределения ресурсов управляющего компьютера

и, в первую очередь, использование ресурса времени центрального процессора. Оптимизация телефонной операционной системы производилась с помощью разработанных автором математического аппарата и инженерных методов расчета и оптимизации приоритетного обслуживания программ [47].

Концептуально иные подходы к решению тех же задач программирования в реальном времени были разработаны для архитектуры программного обеспечения 1ESS. Время выполнения программ в процессоре 1ESS распределяется между классами программ, которые отвечают за ввод/вывод с запуском от таймера, обработку вызовов и техническое обслуживание системы. Распределение времени процессора между этими тремя классами программ весьма подробно рассмотрено в книге Р.Томпсона [200]. Там указано, что сканирование свободных абонентских линий в 1ESS производится каждые 100 мс, и что такая частота вызовов соответствует, в среднем, одному новому вызову во временном интервале опроса при интенсивности потока вызовов, составляющей 36 000 вызовов в ЧНН. Если бы эти вызовы были распределены во времени строго равномерно (что невероятно), распределение рабочего времени процессора между тремя классами программ в интервале, равном 1 минуте, было бы гладким, равномерным и неизменным. В реальных условиях поток вызовов имеет случайный характер, а распределение рабочего времени процессора определяет усредненная величина – интенсивность нагрузки.

На рис. 9.2 показано, как распределяется между тремя классами программ рабочее время процессора в зависимости от интенсивности телефонной нагрузки в системе. На оси *y* показано рабочее время процессора, а на оси *x* – интенсивность телефонной нагрузки в системе. В левой стороне рис. 9.2 состояние системы соответствует 3 часам ночи, когда телефонная нагрузка практически равна 0. В правой стороне рисунка состояние системы соответствует часам наибольшей нагрузки, когда процессор с ней едва справляется. Цифры на рис. 9.2 условны, для простоты предполагается, что распределение рабочего времени процессора является линейной функцией интенсивности нагрузки.

Программы опроса спланированы на выполнение с постоянной частотой. Но исполнение программы, которая ищет и находит заявку, занимает больше рабочего времени процессора, чем исполнение той же программы, когда она ищет заявку и не находит ее. Предположим, что программы опроса расходуют 40% рабочего времени процессора именно на вспомогательные действия, связанные с поиском заявок – сканирование датчиков состояния снятия трубки, изменений во внутренних буферах контроля, сигналов от таймера и пр. В левой части рис. 9.2, которая соответствует

нулевой телефонной нагрузке и отсутствию заявок, общее рабочее время процессора складывается только из времени опроса. Предположим, что программы опроса расходуют на каждое исполнение, в среднем, на 50% больше рабочего времени процессора при телефонной нагрузке $T_{\max}$, чем на их же исполнение при телефонной нагрузке 0. В таком случае рабочее время процессора, выделяемое программам опроса, в правой части рис. 9.2 возрастает до 60%.

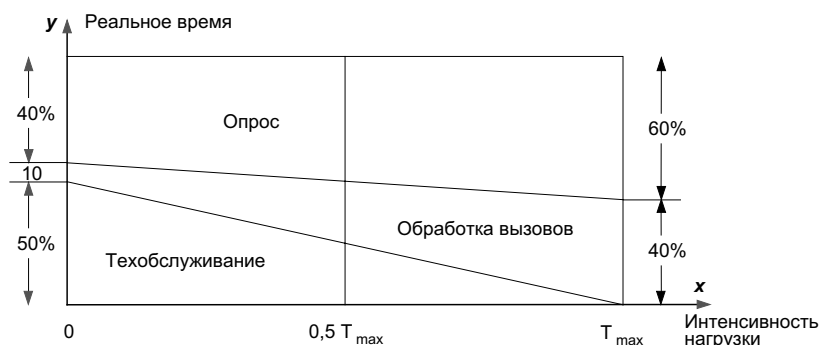


Рис. 9.2. Распределение рабочего времени управляющего процессора при разной интенсивности телефонной нагрузки на примере 1ESS

Расходование 40-60% рабочего времени только на поиск заявок может показаться неэффективным. Но лучшим показателем эффективности служит рабочее время процессора, затрачиваемое на обслуживание найденной заявки. Пусть n – среднее число заявок, найденных программами опроса в типовом 5-миллисекундном интервале времени. Если нагрузка мала, программы опроса расходуют 2 миллисекунды (40%) из 5 миллисекунд интервала и, возможно, находят только $n=1$ заявку. На одну найденную заявку расходуется 2 мс. Если нагрузка большая, программы опроса расходуют 3 мс (60%) из 5 миллисекунд интервала, но могут найти и $n=60$ заявок. На одну найденную заявку, в среднем, израсходуется 0.05 мс. В том случае, когда ввод/вывод запускается прерыванием, и на каждое прерывание расходуется дополнительно 0.1 мс рабочего времени, одна задача расходует 0.1 мс, а 60 задач расходуют 6 мс. Таким образом, ввод/вывод с запуском от прерывания может быть в 20 раз эффективней ввода/вывода с запуском от таймера при малой телефонной нагрузке, но при высокой телефонной нагрузке он вдвое менее эффективен. Поскольку архитектуру определяет ситуация с высокой интенсивностью телефонной нагрузки – эффективность важна только для загруженной системы программного управления, а когда интенсивность телефонной нагрузки невысока – рабочее время управляющего процессора экономить незачем, потому что у процессора все равно немного работы.

Предположим, что программы обработки вызовов, регулярно выполняемые вне зависимости от наличия или отсутствия телефонной нагрузки, расходуют 10% рабочего времени процессора, а сама обработка вызовов занимает дополнительно 30% рабочего времени процессора, что соответствует точке $T_{\max}$. В левой части рис. 9.2, где интенсивность телефонной нагрузки равна 0, и обрабатываемых вызовов нет, общее рабочее время процессора, выделяемое для обработки вызовов, составляет только 10% рабочего времени, занимаемого регулярными программами. В правой части рис. 9.2, где интенсивность телефонной нагрузки равна $T_{\max}$, обработка вызовов занимает 40% рабочего времени процессора.

Заметим, что при интенсивности телефонной нагрузки $T_{\max}$ опрос и обработка вызовов вместе занимают 100% рабочего времени процессора. Поскольку свободного рабочего времени не остается, интенсивность телефонной нагрузки $T_{\max}$ определяют как предельную. Если интенсивность нагрузки превысит $T_{\max}$, процессор не сможет выполнить необходимый объем работы и перейдет в режим кратковременной перегрузки.

Существуют различные программные средства сглаживания кратковременных всплесков нагрузки. Например, во время таких всплесков могут приостанавливаться те программы периодического техобслуживания, которым обычно присваивают низкий приоритет, а их выполнение производится тогда, когда время процессора не занято опросом или обработкой вызовов. В левой части рис. 9.2, где интенсивность нагрузки нулевая, для техобслуживания доступно 50% рабочего времени, а в правой его части для задач техобслуживания рабочего времени не остается. Однако очень длительный период повышенной нагрузки может привести к переполнению очереди и к аварийному отказу всей программной системы.

Рассмотрим интенсивность нагрузки, равную половине максимальной величины. В результате интерполяции между двумя крайними точками на рис. 9.2 получим, что опрос занимает 50% рабочего времени процессора, обработка вызовов – 25% этого времени, а 25% остается для техобслуживания. Хотя рис. 9.2 хорошо иллюстрирует зависимость распределения рабочего времени процессора от интенсивности телефонной нагрузки, он не показывает поведение программ в реальном времени. В 1ESS и в машинах «Нева» оно определяется приоритетами.

В 1ESS имеются приоритеты базового уровня, обозначаемые буквами от А до Е и I. Для предотвращения перегрузки периодическому сканированию абонентских линий назначается низкий приоритет D. В условиях обычной нагрузки сканирование абонентских линий выполняется каждые 100 мс. Когда процессор очень занят, время между двумя запусками программ приоритета D может до-

стигать 700 мс, и при этом экономятся шесть циклов сканирования. Единственная расплата за такую экономию – малозаметная задержка сигнала ответа станции при перегрузке системы.

Практически такое же решение было реализовано в конце 80-х годов в АТС DX-200, после того как лавиной телефонных поздравлений по случаю 8 Марта была остановлена одна из первых цифровых АТС в стране. Эффект, который дает это решение, иллюстрирует рис. 9.3.

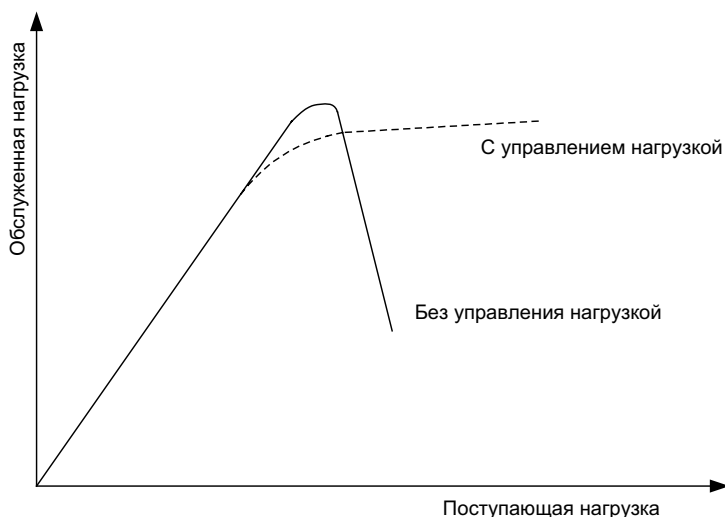


Рис. 9.3. Эффект программного управления нагрузкой АТС

И все же разработчики 1ESS не только сильно недооценили трудности разработки программного обеспечения, но и сильно переоценили производительность своего процессора 1Е. Эти два важнейших вопроса, конечно, тесно связаны – если программа оказывается длиннее, чем ожидалось, время ее выполнения, по-видимому, становится больше, и требуется больше рабочего времени процессора, чем ожидалось. Хотя было обещано, что процессор 1Е будет управлять коммутационной станцией емкостью несколько сотен тысяч абонентских линий, первоначально процессор 1Е с трудом обслуживал несколько тысяч абонентских линий и вскоре был заменен более быстродействующим процессором 1А. В отличие от этого, все процессоры «Нева» в до сих пор успешно работающих междугородных АМТС «Кварц», как и в выпущенном всего в единственном экземпляре транзитном узле ИВТУ, не достигли предельных значений производительности. Разные судьбы машин 1ESS и машин «Нева» были обусловлены отнюдь не техническими решениями.

9.4. Технологические аспекты разработки программного обеспечения АТС

1ESS и IBTU были новаторскими работами, обобщенный опыт которых дал начало современной теории проектирования программного обеспечения реального времени.

Независимо от используемой теоретической модели, жизненный цикл программного обеспечения системы коммутации разделяется на четыре фазы:

- разработка,
- тестирование,
- внедрение,
- сопровождение,

из которых в этом параграфе основное внимание уделяется первой.

Одной из ранних моделей разработки программного обеспечения является *модель водопада* (waterfall model), или, иначе, – *каскадная модель*, представленная на рис. 9.4. Дальнейшая эволюция этой модели, обусловленная, в частности, рассматриваемыми в следующей главе требованиями надежности и эффективности эксплуатационного управления системами коммутации, а также необходимостью оперативного ввода новых телекоммуникационных услуг на основе их быстрого макетирования, привел к *V-модели*, являющейся развитием каскадной модели и представленной на рис. 9.5.

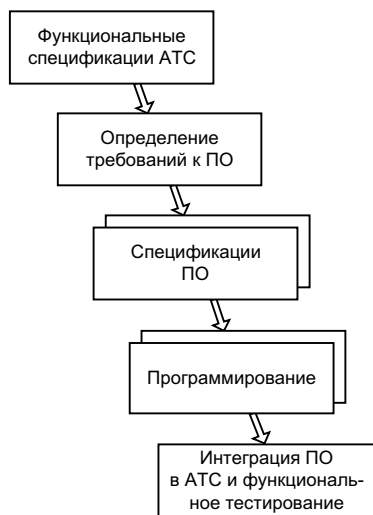


Рис. 9.4. Каскадная модель разработки ПО

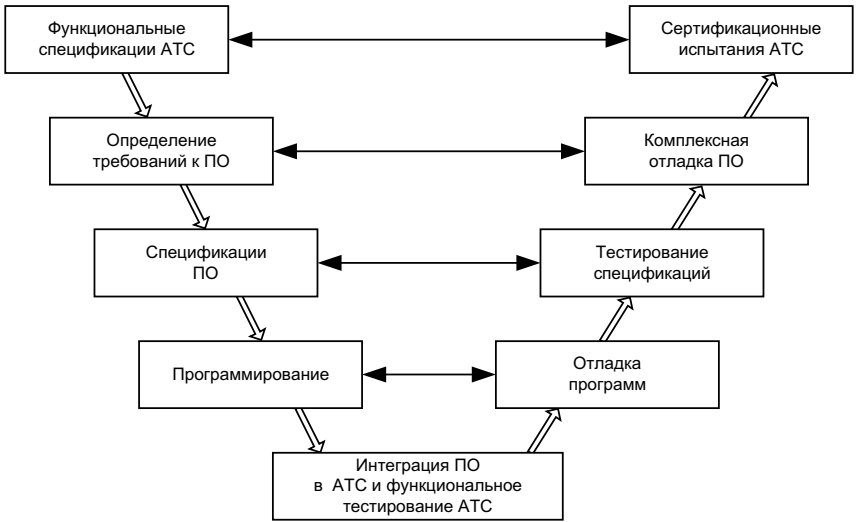


Рис. 9.5. V-модель

Обе эти модели предполагают, что любая фаза работы завершается до того, как начнется работа следующей фазы. Однако сегодня при разработке ПО используется методология объектно-ориентированного программирования, для которой больше подходит предложенная Б.Бозом [21] *спиральная модель*, приведенная на рис. 9.6 и соответствующая итерационному процессу создания ПО путем последовательных приращений.

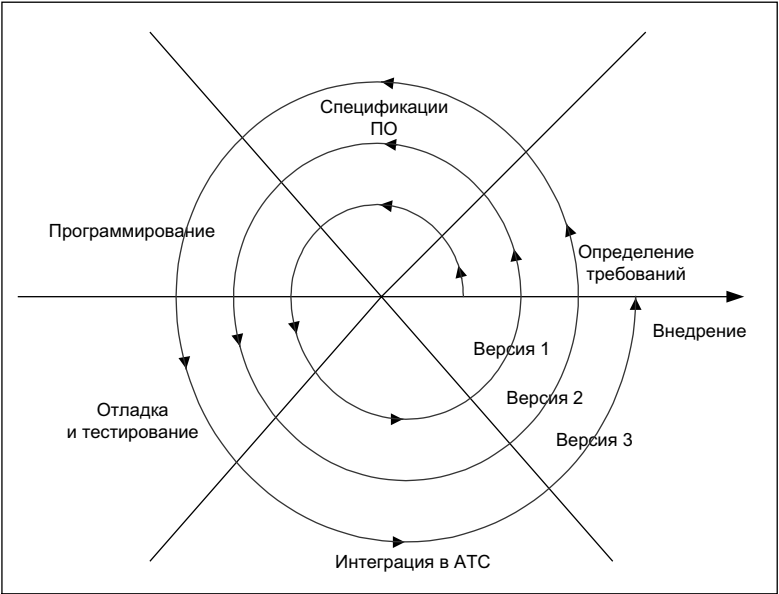


Рис. 9.6. Спиральная модель

Не вдаваясь в детали других фаз жизненного цикла ПО, сосредоточимся на процессе *разработки телекоммуникационного программного обеспечения*. В схеме этого процесса, приведенной на рис. 9.7, предусмотрена иерархическая декомпозиция процесса разработки на последовательность шагов, уточняющих проект. Такими укрупненными шагами (уровнями проектирования) являются анализ и формализация требований и интерфейсов коммутационного оборудования (**Р-уровень**), определение архитектуры (системной и функциональной) и модульной структуры ПО (**А-уровень**), разработка SDL-спецификаций модулей (блоков, процессоров, процедур, макросов, структур данных) и межмодульных интерфейсов (**С-уровень**) и собственно программирование и отладка программ (**Р-уровень**).

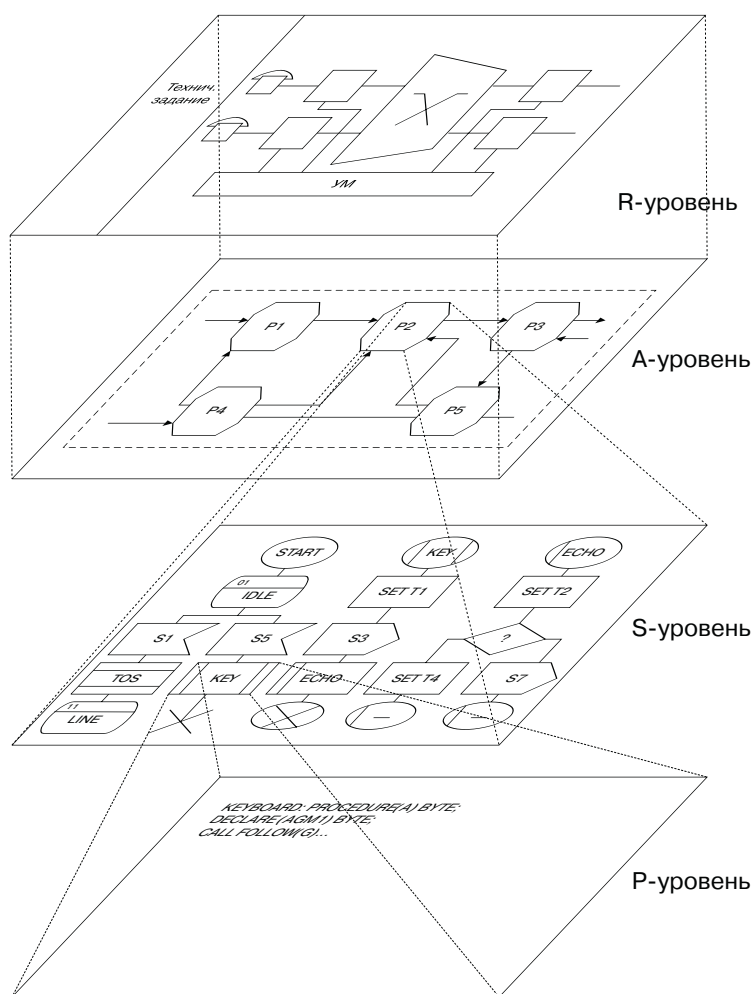


Рис. 9.7. Обобщенная структура проектирования программного обеспечения АТС

Уровни проектирования различаются как степенью конкретизации (возрастающей сверху вниз), так и языковыми средствами описания. Представление системы ПО на вышестоящем уровне является в известном смысле «общим прародителем» семейства ее представлений на нижестоящих уровнях. На всех уровнях проектирования (а не только на S-уровне) производится последовательная спецификация задач, которые решает ПО. Под спецификацией здесь понимается описание в терминах, характерных для самой задачи, а не для ее реализации, служащее основой для дальнейшей детализации и разработки телекоммуникационного ПО. Можно считать, что каждый уровень проектирования получает спецификации от вышестоящего уровня и, в свою очередь, вырабатывает данные, необходимые для спецификации одного (или более) из нижестоящих уровней. Отличительные свойства спецификаций – однозначность, точность, формальность, понятность и читаемость. Как отмечено в [44], язык программирования более высокого уровня может считаться языком спецификаций по отношению к языку более низкого уровня. При этом спецификация программного модуля не обязана быть короче самого модуля, ибо от нее требуется не краткость, а точность и понятность.

Определение и спецификация требований к ПО узла коммутации являются основными задачами **R-уровня** проектирования. На этом уровне разрабатываются технические требования, структурная схема станции, интерфейсы ПО с коммутационным оборудованием и т.д. Языком описания, как правило, служит естественный язык со всеми присущими ему недостатками – неоднозначностью, связанной с тем, что естественный язык недостаточно точен для описания программных систем, и разные разработчики могут по-разному понять одну и ту же фразу технического задания, и неполнотой описания ПО, которая усугубляется тем, что при разработке большой и сложной системы телекоммуникационных программ проходит много времени, прежде чем становится ясно, какой информации R-уровня недостает.

Еще одна трудность, возникающая на R-уровне проектирования, – невозможность удержать семантику описания требований на одинаковом уровне детализации. В результате одни описания R-уровня оказываются несколько туманными, другие – излишне детализированными, предоставляя элементы реализации, причем, возможно, не самой удачной, выбранной без рассмотрения остальных частей системы и не позволяющей разработчикам следующих уровней проектирования использовать эффективные структуры данных или приемы программирования.

После завершения R-уровня проектирования, т.е. когда точная внешняя спецификация системы программного управления коммутационного узла заменит ее неформальное описание, начинается разработка архитектуры ПО (A- уровень).

А-уровень проектирования можно условно разделить на два подуровня – разработка функциональной архитектуры и разработка системной архитектуры. Принципы проектирования этих подуровней претерпели за последние годы принципиальные изменения. Вычурные системные решения, хаотические управляющие структуры и тысячестрочные подпрограммы сменились тщательно определенными и хорошо документированными функциональными модулями. Произошло заметное смещение критериев проектирования – алгоритмам управления ресурсами управляющих процессов отводится значительно меньшая роль, чем проблемам структуризации системы и взаимодействия процессов. На том же А-уровне проектирования разрабатывается структурная модель программной системы, состоящая из иерархии содержательных функций, эффект выполнения которых влияет на функционирование коммутационного узла и обслуживание вызовов. Такая структурная модель в рекомендованном ITU-T языке спецификаций и описаний SDL называется диаграммой дерева блоков. Блок представляет собой наиболее крупный объект в SDL, который, в свою очередь, содержит один или несколько процессов. Разбиение системы ПО на составные части делается таким образом, чтобы каждая из частей была небольшой, удобной для восприятия и соответствующей естественному функциональному разбиению, и чтобы связи между частями, возникающие в результате разбиения, были как можно более слабыми. На каждом этапе разбиения специфицируются также каналы, входные сигналы, выходные сигналы и данные.

Программная документация А-уровня служит исходными данными для проектирования SDL-спецификаций программных процессов, процедур и макросов, что в отечественной литературе иногда именуется *алгоритмическим обеспечением АТС*. Неформально *алгоритм* можно определить как совокупность правил, определяющих эффективную процедуру решения любой задачи из некоторого заданного класса задач. Сам термин произошел от арабского имени великого узбекского математика IX века Мухаммеда аль Хорезма и, следовательно, известен достаточно давно, но как математические объекты алгоритмы исследуются с 30-х годов прошлого столетия. Уточнения понятия алгоритма основываются, в частности, на понятиях частично-рекурсивной функции или машины Тьюринга. Строго говоря, составление алгоритма программного управления АТС является в математическом смысле алгоритмически неразрешенной проблемой, т.к. область аргументов такого алгоритма обязательно должна включать в себя состояния и текущие значения реального времени функционирования узла коммутации. С другой стороны, известен так называемый тезис Черча, состоящий в том, что любая вычислимая арифметическая функция является частично-рекурсивной. Следовательно, алгоритмическая неразрешимость проблемы составления алгоритма программного управления АТС вытекает из простых мощностных сооб-

ражений: всех арифметических (числовых) функций – континуум, а частично-рекурсивных – счетное множество. Тем не менее, термин *алгоритмическое обеспечение* прочно укоренился в лексиконе специалистов по программному обеспечению систем коммутации. Интуитивно под этим термином понимаются спецификации телекоммуникационного программного обеспечения. Именно в таком смысле этот термин используется и в настоящей книге.

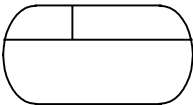
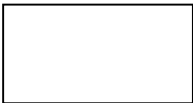
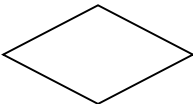
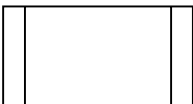
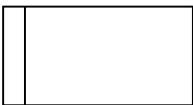
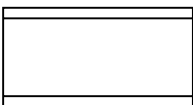
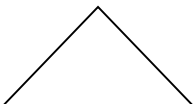
Детальное проектирование **S-уровня** включает в себя уточнение спецификаций интерфейсов программных модулей и структур данных и проектирование SDL-диаграмм модулей. При уточнении интерфейсов окончательно определяются порядок и структура параметров, глобалов и сообщений, составляющих интерфейс. Проектирование SDL-диаграмм на S-уровне тоже выполняется сверху вниз методом пошаговых уточнений каналов, сигналов, процессов, процедур, макроопределений. Точно так же, как конструкторские чертежи, например, в машиностроении, SDL-диаграммы – это не просто картинки, а законченный и богатый язык.

Механизмы SDL просты и обладают большой выразительной силой, что делает SDL естественным и удобным для применения. Требуется совсем небольшая практика, что бы научиться читать на SDL и точно воспринимать информационное содержание, передаваемое графическими обозначениями и словами языка. Однако, будучи языком с точно определенной семантикой, SDL налагает жесткие ограничения на правила толкования смысла спецификаций и на правила написания SDL-диаграмм.

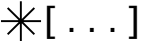
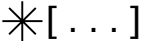
Можно напомнить, что разработка языка SDL проводится ITU-T с начала 70-х годов. Первая версия SDL была опубликована в 1977 г., вторая – в 1982 г., а третья, расширенная и модернизированная, – в 1985 г. Этим версиям присвоены наименования, соответственно, SDL-76, SDL-80, SDL-84. Первые версии представляли собой средства полуформального описания систем с помощью графического псевдокода, но постепенно возможности формального структурированного описания систем развились существенно глубже, вплоть до создания полностью формализованных и выполнимых спецификаций ПО узлов коммутации. В таблице 9.1 приведены основные операторы графической версии SDL.

Завершающим шагом разработки ПО является кодирование и отладка программ (**P-уровень** проектирования). Именно P-уровень многие называют *программированием*. В течение этого этапа программная разработка конвертируется в коды, которые могут исполняться в управляющих процессорах. Первые системы программного управления коммутацией создавались на языке Ассемблер, но значительное улучшение характеристик процессоров, в полном соответствии с законом Мура, привело к возможности эффективного использования языков высокого уровня, в число которых входит популярный для телекоммуникационных приложений язык Си++.

Таблица 9.1. Символы SDL

Графический SDL	Программоподобный SDL	Значение символов
	STATE NEXTSTATE	Состояние, Следующее состояние
	TASK	Задача
	INPUT	Ввод
	OUTPUT	Вывод
	SAVE	Сохранение
	DECISION	Решение
	CALL	Вызов процедуры
	MACRO	Вызов макро
	CREATE	Запрос создания процесса
	ALTERNATIVE	Опция

Окончание табл. 9.1

Графический SDL	Программоподобный SDL	Значение символов
	STOP	Останов
	RETURN	Возврат из процедуры
	ENDMACRO	Выход из макро
	START	Старт процесса
	PROCEDURE	Начало процедуры
	MACRO EXPANSION	Вход в макро
		Расширение текста
	COMMENT	Комментарии
	X:	Входной соединитель
	JOIN X	Выходной соединитель
		Все
		Все, кроме
	PROVIDED	Непрерывный сигнал

9.5. Качество ПО

Наибольшую популярность приобрели некоторое время назад численные оценки качества программ, предложенные Холстедом. Согласно предложенной им метрике, длина программы $N = \eta_1 \log_2 \eta_1 + \eta_2 \log_2 \eta_2$, где η_1 – число простых операторов, а η_2 – число простых операндов в программе. Развитию этой программометрики были посвящены сотни публикаций, а применительно к программному управлению узлами коммутации интересные результаты получены в [10].

В практической же области в настоящее время используются иные модели оценки качества ПО, из которых мы упомянем две – одну, предложенную Институтом разработки программного обеспечения (SEI) университета Карнеги Меллона и называемую моделью мандатной зрелости (CMM), и другую, разработанную ISO (TC-176). Обе модели поддерживают процесс сертификации организаций-разработчиков программного обеспечения. Полезная с педагогической точки зрения, *модель мандатной зрелости CMM* оперирует пятью уровнями зрелости процесса разработки ПО.

Первый уровень называют *начальным* (initial level). Он соответствует ситуации, когда процесс разработки ПО не организован, и разработка основана только на индивидуальных качествах, грамотности и опыте программистов.

Второй уровень называется уровнем *повторяемости* (repeatable level). На этом уровне зрелости существуют правила и процедуры разработки ПО, обеспечивается дисциплинированный подход к разработке, предусматривающий планирование и отслеживание проектов и позволяющий, когда это возможно, успешно повторять решения и подходы одного проекта в других проектах.

Третий уровень называется уровнем *определенности* (defined level). Это означает, что процесс проектирования ПО хорошо определен и документируется. Он включает в себя стандарты и процедуры выполнения работы, устойчивые и повторяемые элементы, общее понимание целевой функции ПО, сквозной контроль и критерии завершения.

Четвертый уровень называется уровнем *управляемости* (managed level) и предполагает, что качество процесса проектирования ПО, как и качество продукта, в определенной степени предсказуемо. Процесс этого уровня является устойчивым, измеряемым и корректируемым, что дает возможность влиять на качество продукта.

Последний, пятый уровень называется уровнем *оптимизации* (optimizing level). На этом уровне реализуется программа непрерывной модернизации, используются профилактические методики, которые сокращают время разработки и повышают качество ПО, применяются новые приемы и методики, направленные на постоянное улучшение процесса разработки и, следовательно, качества продукта.

Характеристика организации-разработчика ПО может уточняться в зависимости от достигнутого ею уровня проектирования, и командой сертифицированных специалистов ее программному продукту может быть присвоен соответствующий мандатный уровень зрелости.

Аналогична задача международного стандарта управления качеством ISO 9000-3, обеспечивающего гарантии качества разработки, поставки и сопровождения ПО. Он определяет систему оценки качества, включая его управляемость, а также функции жизненного цикла (разработку, тестирование и установку) и функции сопровождения (управление конфигурацией, документация, измерение и обучение). Соответствие организации-разработчика ПО этим требованиям проверяется организацией, которая имеет подтвержденные ISO право и полномочия выдавать сертификат согласия ISO, причем организация-разработчик должна сертифицироваться регулярно с определенной периодичностью.

На рис. 9.8 показана технология проектирования телекоммуникационного ПО, соответствующая приведенным в этом параграфе принципам обеспечения качества ПО.

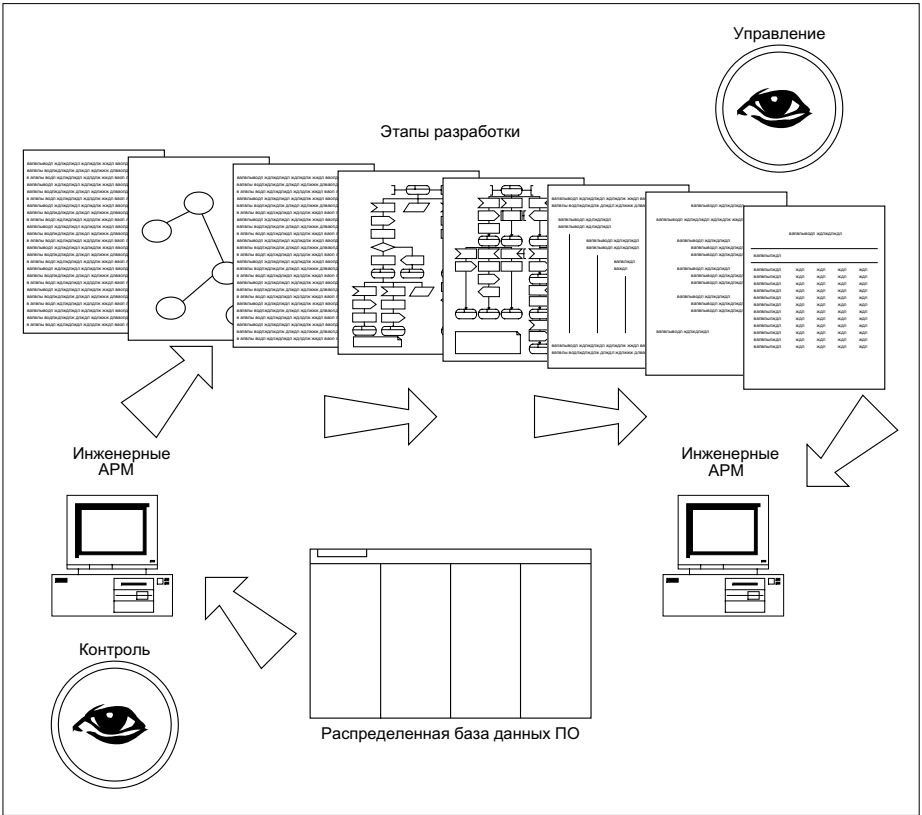


Рис. 9.8. Технология разработки телекоммуникационного ПО

9.6. Программные системы современных АТС

При рассмотрении коммутационных узлов и станций в предыдущих главах программное обеспечение подробно не обсуждалось, за исключением, пожалуй, 5ESS в главе 5. Это было сделано сознательно, чтобы в этой главе рассмотреть более раннее, но более поучительное программное обеспечение 1ESS.

Архитектура ПО станций AXE-10 компании Ericsson показана на рис. 9.9. Программное обеспечение AXE-10 подразделяется на ПО, общее для всей системы, ПО, общее для подсистем, центральное ПО, общее для CPS, и региональное ПО, общее для RPS.

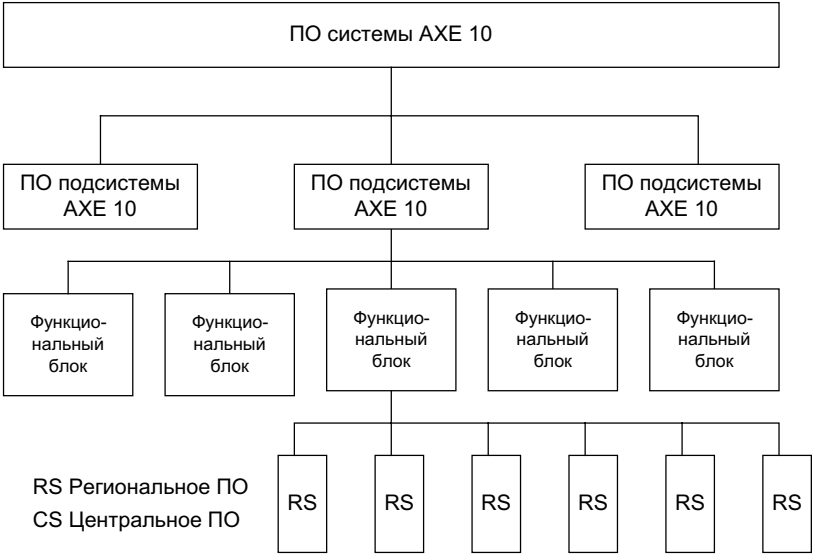


Рис. 9.9. Архитектура программного обеспечения станции AXE 10 Ericsson

ПО станций EWSD написано на языках высокого уровня SDL, CHILL, Ассемблер, C++ и формирует систему прикладных программ APS (рис. 9.10). Аппаратные средства технологически очень быстро изменяются, поэтому ПО спроектировано так, что только небольшая часть его зависит от аппаратных средств. Поскольку управление в системе EWSD распределенное, каждый процессор имеет собственное ПО. Для каждого процессора действительно следующее общее правило: его ПО содержит не связанную с конкретным применением часть и специализированную, связанную с применением часть. Не связанная с применением часть всегда содержит операционную систему, ориентированную на определенные аппаратные средства.

ПО станций NEAX 61 разделяется на две части: операционную систему (OS) и прикладную систему (APL). Операционная система

включает в себя программу управления выполнением (EP), программу диагностики (DP) и программу обработки ошибки (FP). Прикладная система включает в себя программы обработки вызова (CP) и административные программы (AP), которые поддерживают и все станционные данные, и ввод/вывод, как это показано на рис. 9.11.



Рис. 9.10. Структура программного обеспечения EWSD

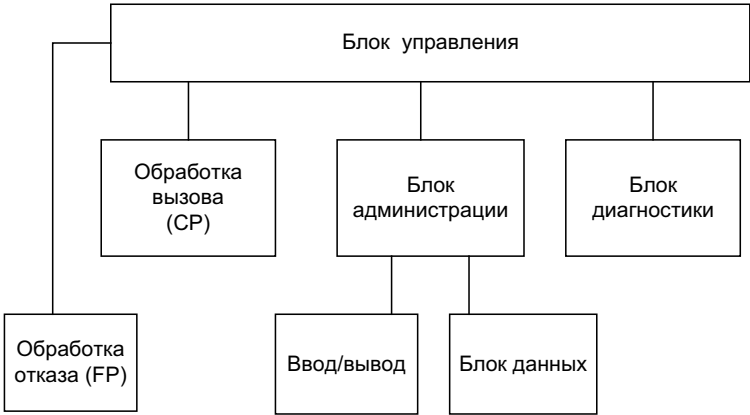


Рис. 9.11. Архитектура программного обеспечения NEAX 61 NEC

Архитектура программного обеспечения Supper Node DMS показана на рис. 9.12 и содержит четыре уровня: базовый уровень операционной системы SuperNode DMS, уровень телекоммуникаций, поддерживающий базовые функции телефонии, уровень продукта, который поддерживает тот или иной конкретный продукт, работающий под архитектурой SuperNode DMS, например, рассмотренную

ранее систему DMS-100, и *уровень абонента*, который содержит ПО, обеспечивающее взаимодействие с абонентской линией и предоставление абоненту дополнительных услуг.



Рис. 9.12. Архитектура программного обеспечения DMS-100

Более подробное описание ПО рассмотренных систем вряд ли целесообразно, ибо так много изменений происходит сегодня в программном обеспечении АТС, что к изложенному в этой главе материалу можно лишь добавить совет читателям-студентам приходить на экзамен со свежей головой, т.к. во многом придется разбираться впервые.

Глава 10

Эксплуатационное управление

*Кто способен – делает.
Кто не способен делать – учит других.
Кто не способен учить – управляет.
Закон Менкена*

10.1. Эволюция функций эксплуатационного управления системами коммутации

Понятию *эксплуатационное управление* (по крайней мере, применительно к системам связи) соответствует то, что в англоязычной литературе принято называть словом *Management*. Общая задача эксплуатационного управления состоит в том, чтобы обеспечить нормальную работу системы связи, ее адаптацию к изменениям как внешних, так и внутренних условий, ее развитие в количественном и в качественном отношении, а также расчеты с пользователями за предоставляемые им услуги. Все это предполагает наличие нескольких частных задач, в числе которых *управление ресурсами* (Operations), *административное управление* (Administration), *техническое обслуживание* (Maintenance) и *ввод новых ресурсов* (Provisioning). Первые буквы английских слов, приведенных в скобках, образуют аббревиатуру OAM&P, обозначающую то же, что и Management, а первые три из этих букв в сочетании с буквой C (от слова Center) – аббревиатуру OAMC, которая по-русски расшифровывается как *центр технической эксплуатации*.

Эксплуатационное управление охватывает, помимо узлов коммутации, баз данных и пунктов сигнализации ОКС7, также и другие компоненты сети связи, но их рассмотрение выходит за пределы этой книги.

Развитие средств эксплуатационного управления в коммутационных станциях и узлах все время шло эволюционным путем. По мере введения в АТС новых функций и новых программно-аппаратных средств, возникали новые эксплуатационно-технические задачи, для решения которых создавалось новое программное обеспечение.

Первоначально эксплуатационное управление выполнялось вручную, но постепенно оно автоматизировалось. В 1970-х годах каждая группа действий, связанных с технической эксплуатацией коммутационного оборудования, выполнялась приложением, предназначенным исключительно для этой цели, и все такого рода приложения разрабатывались независимо друг от друга. Они имели простой текстовый пользовательский интерфейс – в распоряжении эксплуатационного персонала были телетайпные терминалы, подключаемые прямо к контролируемым объектам АТС. Постепенно на смену телетайпам пришли компьютеры, появилось программное обеспечение «человек-машина» и специальные приложения технической эксплуатации. Определились основные функции каждой из названных выше составных частей эксплуатационного управления.

Функции управления ресурсами АТС включают в себя назначение и модификацию станционных параметров, характеризующих все логические и физические ресурсы в станции (под физическим ресурсом подразумевается любое станционное устройство, а логическим ресурсом считается любой объект – такой как пучок соединительных линий или направления маршрутизации, – который является значащим с точки зрения технической эксплуатации станции); сбор данных для начисления платы; сбор и анализ статистических данных о нагрузке, обслуживаемой станцией. Как уже упоминалось, станционное ПО имеет сведения о физических и функциональных реалиях своей станции через *параметры конфигурации*, которые являются переменными величинами, определяемыми специально для этой цели.

Функции административного управления АТС включают в себя ведение абонентских данных (номера и категории абонентских линий, начисление платы) и аналогичных по смыслу данных, относящихся к взаимодействию с УПАТС и с другими сетями, а также принятие решений, связанных с развитием сети связи, и передачу соответствующих указаний функциям управления ресурсами.

Функции технического обслуживания включают в себя контроль работоспособности станции; обнаружение неисправностей с как можно более точным определением их местоположения; блокировку последствий неисправностей (*диагностика первого уровня*); удаление неисправных элементов и их восстановление (*диагностика второго уровня*). Это делается без прерывания работы станции,

а для того чтобы обеспечивалась возможность глубокой диагностики станционного устройства, неисправность которого может являться причиной серьезных нарушений функционирования, устройства такого типа, как правило, резервируются. Когда диагностика первого уровня определяет, что неисправно одно из резервированных устройств, процедуры техобслуживания обеспечивают автоматическую реконфигурацию станции, выводя из обслуживания устройство, которое оказалось неисправным, и переключая его функции на резервирующее устройство.

Статистический контроль ведется на основе наблюдения за обслуживанием реального потока вызовов, для чего используется комплект счетчиков, с помощью которых наблюдаемые последовательности фаз обслуживания вызовов и обработки сигнализации сравниваются с типовыми последовательностями. Когда текущие показания счетчиков выходят за статистически установленные пределы, генерируются коды аномальных ситуаций для диагностики первого уровня.

Наряду со статистическим, ведется и периодический контроль оборудования АТС с помощью программ, запускаемых по таймеру. Эти же программы могут быть запущены с помощью команд оператора станции в соответствии с плановыми проверками, периодичность которых определяется соответствующими инструкциями. Тестовые программы имеют низкий приоритет и выполняются в периоды низкой нагрузки АТС

Кроме этого, с системой эксплуатационного управления АТС взаимодействуют следующие службы операторской компании:

- *служба технической поддержки*, которая создает спецификации для развития и модернизации АТС, взаимодействует с техническим отделением поставщика коммутационного оборудования и с группой трафика с целью выработки технических решений;
- *биллинговый центр*, который ведет обработку учетной информации станции для составления абонентских счетов;
- *служба безопасности*, занимающаяся предотвращением несанкционированного доступа и злоупотреблениями при пользовании услугами телефонной связи;
- *абонентская группа*, главная функция которой состоит в назначении линий и ведении станционных баз данных;
- *группа трафика*, которая изучает и моделирует телефонный трафик АТС; по ее Рекомендациям, базирующимся на динамике межстанционного трафика, добавляются и/или удаляются соединительные линии в станции.

Для каждой из рассмотренных групп функций эксплуатационного управления разрабатывались соответствующие программные сис-

темы, которые назывались *системами эксплуатационной поддержки OSS (Operations Support Systems)*, причем, как правило, в каждой из этих первых OSS использовались собственные протоколы.

В контексте этой главы термин OSS относится к системам, выполняющим функции эксплуатационного управления, включая инженерную поддержку, планирование и техническое обслуживание коммутационных узлов и станций. И если первоначально OSS представляли собой автономные системы, предназначенные для поддержки технического персонала АТС в его повседневной эксплуатационной работе, то в настоящее время для поддержки эксплуатационного управления используются OSS нового поколения, базирующиеся на передовых информационных технологиях.

Усилия, направленные на создание механизма, пригодного для использования всеми приложениями технической эксплуатации, привели к появлению стандарта *сети эксплуатационного управления телекоммуникациями TMN (Telecommunications Management Network)*, который был разработан совместно ISO и ITU-T, и входящего в этот стандарт *протокола передачи общей управляющей информации CMIP (Common Management Information Protocol)*. О концепции TMN и о CMIP мы еще поговорим в параграфе 10.6.

Следует подчеркнуть, что здесь речь идет только об уровне эксплуатационного управления системами коммутации в рамках модели TMN, хотя современные концепции OSS гораздо шире и смыкаются с системами поддержки бизнеса оператора связи (BSS). Последнее время такой подход обозначается BSS/OSS.

Точно так же, из-за недостатка места здесь не рассматриваются и разработанные IETF стандарты обмена сообщениями для эксплуатационного управления сетью связи. Но два стандарта следует назвать: *протокол облегченного доступа к сетевому каталогу LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)* и *простой протокол эксплуатационного управления сетью SNMP (Simple Network Management Protocol)*, которые используются практически во всех новых разработках АТС и оборудования абонентского доступа.

Параллельно с развитием OSS и концепции TMN возрастало значение другой проблемы – *качества обслуживания (QoS)*, – что, в частности, привело к включению в TMN подсистемы *управления сетевым трафиком NTM (network traffic management)*. Традиционно качество обслуживания в ТФОП определялось такими факторами, как время ожидания после набора номера и вероятность потери вызова. В главе 1 говорилось о том, что было бы непозволительно дорого проектировать АТС и всю телефонную сеть таким образом, чтобы одновременно могли быть связаны попарно все телефонные абоненты. Да в этом и нет необходимости, поскольку абоненты не все сразу и не все время пользуются телефоном. Исследованиями установлены и среднее число вызовов одного абонента в час на-

ибольшей нагрузки (ЧНН), и средняя длительность разговора, и вероятности того, что абонент занят или не может ответить на вызов. Производительность АТС проектировалась на основе этих данных с некоторым запасом, учитывающим возможные колебания трафика. И все же, проблема QoS существует именно по этой причине, а одна из задач эксплуатационного управления как раз и состоит в поддержании заданного качества обслуживания. В цифровых АТС решение проблем эксплуатационного управления и QoS в значительной степени обеспечивается программными средствами.

10.2. Сопровождение программного обеспечения

В этом параграфе будет затронута важная тема сопровождения программного обеспечения АТС, по мнению автора, оставленная специалистами без должного внимания. В предыдущей главе отмечалось, что на программное обеспечение приходится почти 80% стоимости разработки станции, но достаточно глубокие исследования методов его технического обслуживания не проводились. А ведь нужно, кроме прочего, иметь в виду, что сопровождение ПО цифровой АТС выполняет как ее производитель (действия, связанные с коррекцией или модернизацией текущей версии ПО, включая «заплаты» и корректировки для исправления ошибок в текущей версии), так и оператор станции (регламентное обслуживание, диагностика, корректировка таблиц станционных файлов, добавление линий и трактов в базу данных АТС).

Нормальная работа системы программного управления АТС может нарушаться по следующим причинам:

- *ошибки программного обеспечения*, включая «жучки» (bugs), вызывающие ошибки доступа к оперативной памяти, или программные сбои, которые могут быть исправлены только с помощью перезагрузки системы;
- *аппаратные сбои*, связанные с неисправностями аппаратных средств управляющих компьютеров;
- *некорректное восстановление*, когда из-за ошибки в программном обеспечении и/или в документации невозможно правильно детектировать неисправность и изолировать неисправный блок;
- *процедурные ошибки*, связанные, например, с вводом неправильных данных оператором или с неправильным действием во время процедур восстановления, расширения и корректировки.

Смена версий ПО большой цифровой АТС обычно происходит один-два раза в год; между этими сменами корректировки ПО производятся с помощью «заплат» (patches), которые представляют собой модификации программы без перекомпиляции всей версии.

Сложность любой версии станционного ПО настолько высока, что избежать ошибок при ее проектировании и реализации практически невозможно. Опыт прошедших десятилетий показал, что не существует универсальной методики производства абсолютно безошибочного ПО АТС при допустимых ценах и при разумных затратах времени на разработку. Вероятно, такой методики не появится и в ближайшее десятилетие, тем более, что сложность станционного ПО обусловлена, прежде всего, его объемом, который может выражаться более чем миллионом строк исходного текста программы. 25– 30% этого объема занимают программы обработки телефонного трафика, порядка 20% – операционная система, а рассматриваемое в этой главе ПО эксплуатационного управления – порядка 50%.

В отличие от разработки аппаратных средств, где те или иные решения часто бывают обусловлены технологическими ограничениями, программное обеспечение проектируют специалисты, чей подход к работе в большей степени обусловлен доброй волей и свободой выбора, нежели необходимостью, которую диктуют возможности технологии. В то же время, затраты на программирование превышают затраты на аппаратные средства. И то, и другое вместе часто побуждает руководителей проектов сокращать объем проектирования ПО, откладывая на завтра реализацию в нем тех или иных функций, в частности, функций его обслуживания. Следствием такой ориентации руководства иногда оказывается значительное ухудшение качества ПО. А куда разумнее было бы не экономить хотя бы на разработке простых и ясных программных средств сопровождения ПО в течение всего жизненного цикла АТС.

Ограниченный объем книги не позволяет рассмотреть эту проблематику более детально, но весьма полезно сопоставить кратко изложенные здесь соображения с материалом о качестве программного обеспечения, приведенном в предыдущей главе.

10.3. Задачи СОРМ и информационной безопасности

Отдельная группа функций эксплуатационного управления связана с двумя, на первый взгляд, противоположными задачами цифровой АТС. Первая задача состоит в поддержке функций оперативно-розыскных мероприятий (СОРМ), а вторая – в том, чтобы обеспечить информационную безопасность.

Функции СОРМ включают в себя:

- контроль всех входящих/исходящих вызовов определенных абонентов станции, находящихся под наблюдением,
- контроль вызовов, направленных к заранее заданным номерам телефонной сети от абонентов данной станции,
- получение (по запросу) информации о категории абонента и о предоставляемых ему дополнительных услугах.

Такие функции в АТС существуют довольно давно. Сведения о первых реализациях, согласно [141], касаются установки импортного оборудования СОРМ в помещении IV Государственной думы в 1913 году.

Сегодня специфические функции СОРМ выполняют так называемые пункты управления (ПУ), рассмотрение которых выходят за рамки этой книги, а обязательным требованием к цифровой АТС является организация речевого канала для передачи в ПУ информации, проходящей по контролируемому разговорному тракту, и канала для передачи с использованием сетевого протокола X.25 команд управления от ПУ к станции и информации о фазах контролируемых соединений – от станции к ПУ. Оператору ПУ предоставлена возможность взаимодействия со станционным ПО с помощью специальных команд и сообщений. По этому же каналу станция транслирует к ПУ аварийные сообщения о тех событиях, которые могут влиять на работу СОРМ.

Подробное описание форматов команд и сообщений, передаваемых по каналам передачи команд и данных, приводится в специальных документах, с которыми можно познакомиться в сети Интернет. Суть этих команд и сообщений заключается в том, что к ПУ передается информация о следующих состоявшихся фазах обслуживания каждого контролируемого вызова: прием запроса соединения (с момента вызова станции абонентом до окончания приема ею номера вызываемого абонента и/или кода дополнительной услуги); установление соединения (с момента окончания приема номера до ответа вызываемого абонента); завершение соединения. Передаваемая информация содержит телефонные номера абонентов, участвующих в разговоре, время, номер соединительной линии и ряд служебных параметров. Контролируемому абоненту может быть назначен один из двух режимов контроля: полный или статистический.

При полном контроле в ПУ передаются в реальном времени данные о контролируемых вызовах, а также информация, проходящая по разговорному тракту. При статистическом контроле разговорный тракт к ПУ не подключается, а передаются в реальном времени только данные о контролируемых вызовах.

Упрощенная структурная схема реализации СОРМ в АТС приведена на рис. 10.1, где представлен также протокол-тестер TOP-2, выполненный на той же платформе SNT, что и упомянутые в главе 8 тестеры систем сигнализации.

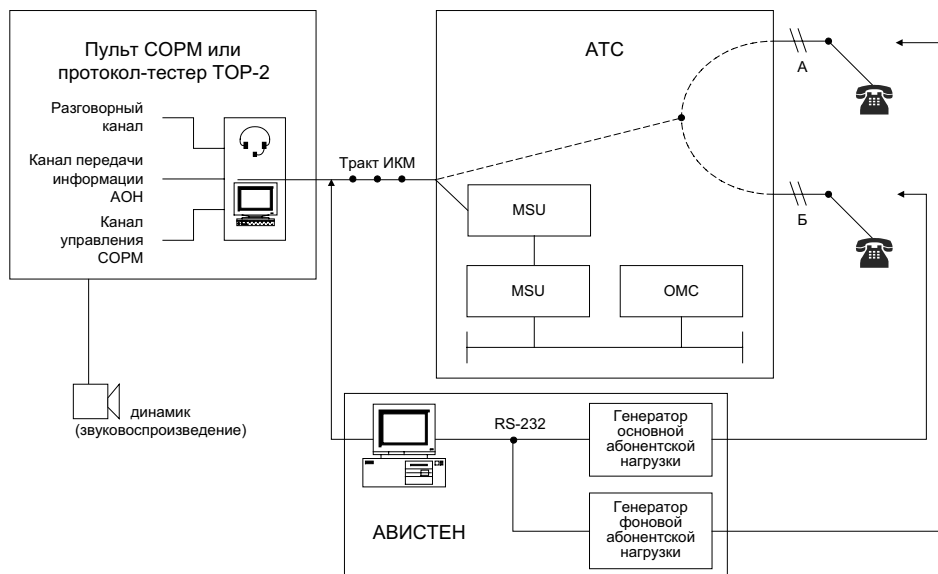


Рис. 10.1. Реализация и тестирование СОПМ

Существует много аргументов против реализации этой функции, начиная со сформулированного царем Соломоном тезиса «*Не стремись слышать все, ибо услышишь, как твой раб злословит тебя*». В техническом же смысле противоположные, в какой-то степени, требования к АТС предъявляют задачи информационной безопасности. Термины, в которых описываются эти требования – *угроза, атака, нарушитель, риск, уязвимые места* – не очень соответствуют стилю этой книги. Тем не менее, при проектировании современной АТС необходимо учитывать угрозу несанкционированного доступа, являющуюся следствием неадекватности контроля доступа, или угрозу потери важных функций системы, для чего необходимо планирование нештатных ситуаций, и т. п.

Разработка рассмотренных в главе 6 отечественных коммутационных узлов и станций снимает часть проблем, связанных с информационной безопасностью, которые возникают при покупке и вводе в эксплуатацию цифровых станций зарубежного производства, особенно, для объектов специального назначения. Отчасти это связано с большей уверенностью в том, что в отечественном ПО отсутствуют преднамеренно внесенные «закладки» и, следовательно, нет необходимости в разработке специальной стратегии контроля, как при установке АТС, так и при смене версий программного обеспечения.

Другим способом обеспечить информационную безопасность и защиту от несанкционированного доступа является установка внешних технических средств, которые, по аналогии с компьютерными сетями, можно назвать «телефонным брандмауэром». На рис. 10.2 показан такой вариант защиты.

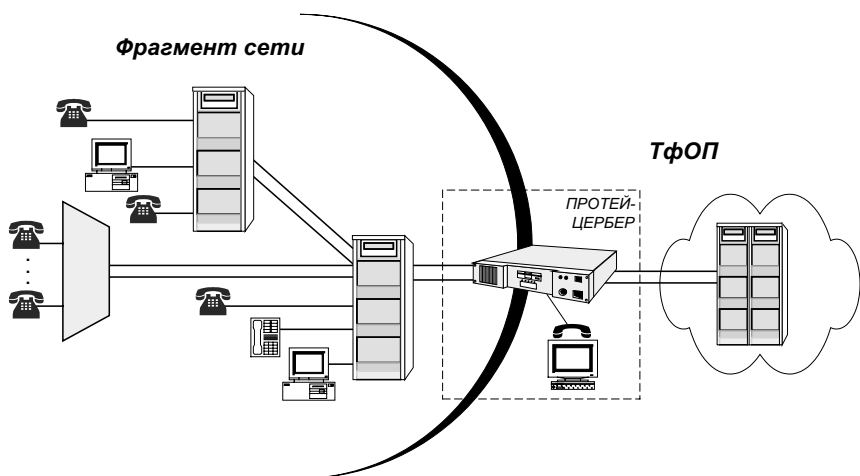


Рис. 10.2. Вариант обеспечения информационной безопасности

10.4. Расчеты за услуги связи

Оплата услуг связи может быть фиксированной (ежемесячная абонентская плата), поразговорной (с ограничением продолжительности разговора, как при пользовании таксофоном), повременной (например, с использованием тарифных импульсов), с помощью prepaid телефонных карт и др. Вводимая операторами ВСС РФ повременная оплата предусматривает запись необходимой информации (даты, часа, минут и секунд начала разговора, длительности разговора и индикаторов услуг) с последующей ее обработкой для выписки счетов абонентам.

Рассмотрим структурные подразделения некой типовой автоматизированной системы расчетов с абонентами (АСР), представленной на рис. 10.3:

- *абонентский отдел (АО)* производит всю работу с клиентами и операторами-партнерами, вводит информацию о новых клиентах, информирует клиентов о новых услугах, ведет историю клиентов и их договоров; производит прием платежей, ведет учет оказанных клиенту услуг;
- *отдел расчетов (ОР)* производит расчет с клиентами, формирует счета и квитанции, составляет списки должников и списки для включения/отключения услуг отделом эксплуатации, контролирует счета операторов-партнеров;
- *информационно-технический отдел (ИТО)* занимается сопровождением системы. В задачи отдела входят: регистрация новых устройств и услуг, определение скидок и субсчетов, разработка

новых тарифов и тарифных планов, ведение статистических и аналитических данных об использовании услуг и доходах предприятия;

- *отдел эксплуатации (ОЭ)* занимается поддержкой работоспособности системы в части сбора и обработки первичной учетной информации и взаимодействием с системами техобслуживания станций и оповещения абонентов;
- *администратор системы (АС)* решает все вопросы сопровождения и работы системы, определяет и изменяет уровень доступа пользователей к ресурсам системы, отслеживает изменения, производимые пользователями в базе данных, производит резервное копирование базы данных и архивирование.

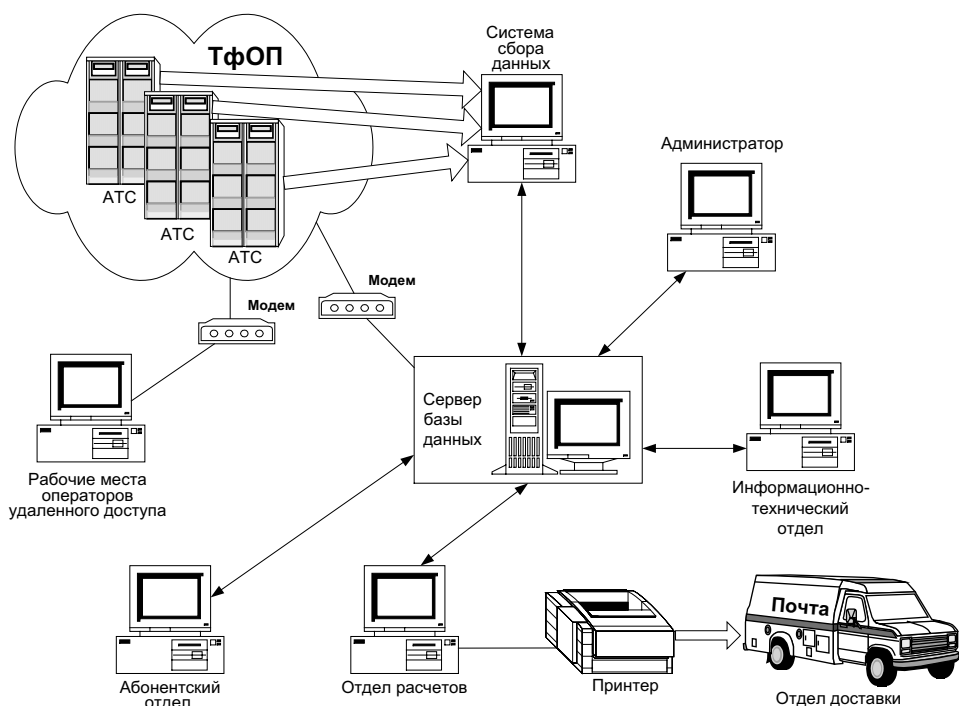


Рис. 10.3. Подразделения автоматизированной системы расчетов с абонентами

Практически все АСР предназначены для расчета за услуги телефонной связи, но наиболее «продвинутые» системы помимо этого имеют возможность ведения расчетов и за другие услуги связи применительно к разным типам устройств (телефонный аппарат, входящий пучок, исходящий пучок, без устройства). Каждому устройству присваивается определенная категория оплаты. С помощью параметра «категория оплаты» для разных устройств можно устанавливать разные тарифы. Например, для устройства *телефон-*

ный аппарат можно ввести категории индивидуальный, спаренный, учрежденческий и т.д.

Другим основополагающим понятием, на котором строится система начисления платы, является понятие «услуга». Предусмотрены три типа услуг: *основная*, определяемая функциональным назначением устройства; *дополнительная постоянная*, предоставляющая на определенный период времени владельцу этого же устройства дополнительные возможности, которые для устройства данного типа не являются обязательными; *дополнительная разовая*, аналогичная предыдущей, но предоставляемая клиенту всякий раз по его запросу. Отключение основной услуги автоматически приводит к отключению всех дополнительных услуг. Например, отключение основной услуги *телефонная связь*, закрепленной за устройством *телефонный аппарат*, приведет к отключению всех дополнительных услуг, связанных с этим устройством (например, услуги *переадресация*).

Цена тарифной единицы услуги определяется в зависимости от следующих параметров: категория клиента; тип устройства; категория оплаты; категория дня (с учетом особых дней); суточный график распределения тарифов; срок действия этого графика; тарифная зона и тип услуги. Все параметры, влияющие на тарификацию, носят исторический характер, т.е. имеют срок действия. При изменении этих параметров в таблицах изменяются только сроки действия параметров. Это позволяет производить перерасчет за прошлый период.

Для организации оплаты предлагаемых услуг все они разбиваются на группы. Каждой группе соответствует часть лицевого счета клиента (клиентский субсчет). Можно создать несколько разных комбинаций такого разбиения, называемых клиентскими группами субсчетов. Возможность деления общего счета клиента на отдельные субсчета позволяет контролировать оплату каждой группы услуг и оперативно принимать решение относительно отключения и включения одной группы услуг, не затрагивая другие услуги. Таким образом, при превышении порога оповещения и отключения будут блокироваться не все услуги, предоставленные клиенту, а только те, которые входят в субсчет с превышенным порогом.

За клиентом закрепляются параметры, влияющие и не влияющие на начисление платы. К параметрам, от которых плата не зависит, относятся фамилия, имя, отчество; паспортные данные; адрес; адрес рассылки и др. Параметрами, от которых плата зависит, являются: категория клиента; клиентская группа субсчетов; список имеющихся у клиента устройств; список предоставляемых клиенту услуг, закрепленных за определенными устройствами.

10.5. Взаимодействие «человек-машина»

Для доступа технического персонала к функциям эксплуатационного управления коммутационными станциями и узлами используются специализированные рабочие места операторов. Разрабатываются специальные программные средства диалога *человек-машина*, которые должны сочетать психологический комфорт работы оператора с предоставлением ему возможности решать практические задачи технической эксплуатации современной АТС. Когда оператору требуется запустить со своего рабочего места некоторую функцию, он запрашивает интерактивный сеанс работы со станцией. При этом оператор обычно сообщает свой пароль и вводит некоторые параметры, определяющие вид функции, которую он хочет выполнить. Если станционное ПО устанавливает, что сообщенные оператором данные являются разрешенными, запрашиваемый сеанс открывается. В противном случае оператор получает отказ.

Диалог оператора с системой представляет собой последовательность запросов/ответов. Каждый запрос содержит соответствующие параметры, и станционное ПО проверяет, находится ли ответ на этот запрос среди тех, на которые оператор имеет разрешение.

Правильность запросов и надлежащая их последовательность поддерживается формализованным языком «человек-машина», специфицированным ITU-T. Язык этот называется MML и описывается в Рекомендациях серии Z.300.

Рабочие места операторов могут подключаться к станции либо непосредственно, либо дистанционно, через линии передачи данных, как выделенные, так и коммутируемые. В программном обеспечении АТС существует набор переменных (обычно несколько сотен), с помощью которых кодируются операционные состояния физических и логических устройств станции. Эти переменные, формирующие таблицу предупреждений и состояний, автоматически корректируются в процессе работы программного обеспечения АТС. Во время сеанса оператор имеет возможность со своего рабочего места точно определить ситуацию в АТС на основе совокупности переменных состояния, а также и корректировать некоторые из этих переменных.

10.6. Концепция TMN

Суть этой концепции состоит в том, что для эксплуатационного управления телекоммуникационной системой любого назначения создается специальная сеть TMN (Telecommunications Management Network), использующая технологию многоуровневого иерархи-

ческого управления. Серию стандартов для TMN разрабатывают совместно несколько международных организаций – ITU-T, ISO, ANSI и ETSI. Цель разработки – объединить с помощью TMN разрозненные подсистемы эксплуатационного управления в единую интегрированную систему. Основная идея состоит в том, что интеллектуальные средства TMN связываются с разными элементами телекоммуникационной системы выделенными каналами управления через стандартизованные Q-интерфейсы, для чего каждый элемент, независимо от того, какая фирма его изготовила, должен содержать либо встроенные средства формирования такого интерфейса, либо так называемый Q-адаптер.

Базовый стандарт М.3010 представляет архитектуру TMN в виде четырех «слоев» – *функционального, информационного, физического и логического*, которые, по сути дела, описывают TMN с разных точек зрения. В целом же, все предложения по TMN сводятся к определению:

- логической структуры взаимодействия TMN с подконтрольными объектами,
- средств поддержки этого взаимодействия (протоколов),
- средств структурного, объектно-ориентированного описания данных и операций,
- принципа работы с распределенными объектами (информационная база данных).

Эту исходную систему можно рассматривать как набор базовых аксиом, на основе которых строится здание управления распределенными объектами сетевой среды в идеологии TMN.

Развитие информационных технологий показало, что для решения провозглашенной TMN задачи есть и другие средства (другой набор аксиом). Эти новые средства (CORBA, JAVA, DCOM), в отличие от теоретических построений ITU-T, были быстро поняты и приняты многими потребителями [92].

Рассмотрим существо названных базовых аксиом и обратим внимание на альтернативные пути построения системы управления распределенными объектами.

Первая аксиома связана с подключением сетевого элемента к TMN, для чего используется принцип *Агент/Менеджер*. *Агент* (в сетевых элементах) и *Менеджер* (в центре управления) являются активными взаимодействующими компонентами TMN, которые распределены по сети и общаются путем обмена сообщениями. Сообщения со стороны Менеджера переносят запросы выполнения операций, которые предусмотрены в информационных структурах обслуживаемых Агентом объектов. Агент может передавать уведомления, генерируемые либо в ответ на запрос Менеджера,

либо автономно. В теле уведомления могут передаваться атрибуты, характеризующие состояние объекта. Структура такого взаимодействия приведена на рис. 10.4. Процесс Агент является ключевым звеном любого сетевого элемента, совместимого с TMN, – телефонной станции, маршрутизатора, центра эксплуатационного управления и т.д.

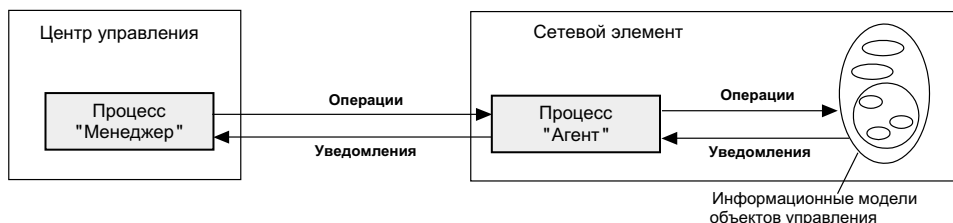


Рис. 10.4. Структура взаимодействия Агента и Менеджера

Вторая аксиома предполагает наличие иерархического стека протоколов. Протокол на каждом уровне стека отвечает за обмен блоками данных этого уровня. Стек протоколов обеспечивает последовательное преобразование информации, начиная от абстрактного описания объектов и операций на некотором языке высокого уровня. Далее, по специальным правилам преобразования в бинарную форму, формируются наборы данных сетевого уровня, которые с помощью протоколов транспортного (и, далее, пакетного и физического) уровней передаются в сеть для отправки адресату. При получении адресатом предназначенного ему пакета происходит обратное восстановление данных/операций.

Основные проблемы с реализацией стека протоколов TMN возникают на верхнем уровне при переходе от абстрактного структурного описания объектов на языке высокого уровня к бинарному набору данных. На момент формирования основных принципов TMN за основу был принят стандарт X.711 – CMIP (протокол передачи общей управляющей информации). Другим кандидатом на использование в среде TMN был упоминавшийся ранее протокол SNMP. В концепциях этих двух протоколов много общего (принцип Менеджер/Агент, объектно-ориентированный подход, иерархические уровни, структура операций-примитивов, описание наборов данных на языке ASN.1). Протокол SNMP проще, требует меньше памяти и выполняется быстрее. Зато SNMP не поддерживает процедуры наследования классов, и для получения доступа ко всем экземплярам объекта требуются последовательные запросы, а с помощью CMIP в одном сообщении можно получить все экземпляры объекта. SNMP поддерживает лишь статические объекты, CMIP позволяет динамически создавать и удалять объекты.

Протокол SNMP, в связи со своей простотой, был быстро реализован и получил широкое распространение в Интернет. Но в ка-

честве стандарта для TMN был принят протокол CMIP, хотя с точки зрения реализации CMIP очень сложен, использует многократно вложенные структуры данных, имеет множество опций, трактовка которых не всегда однозначна. Отрицательное отношение к этому протоколу утвердилось в последние 3-4 года, когда на сцену вышли новые, более простые и прошедшие проверку на практике средства доступа к распределенным сетевым объектам – CORBA, JAVA, DCOM. И, что самое важное, средства разработки на базе новых технологий оказались в 3 – 5 раз дешевле из-за их повсеместного применения и признания пользователями.

Третья аксиома TMN – средства структурного описания наборов данных и операций информационных объектов. Каждый элемент в сети заменяется некоторой абстрактной информационной моделью, которая рассматривает его как сетевой ресурс. Параметры этого ресурса – объекта информационной модели – и передаются средствами используемого протокола (например, CMIP). Информационная модель определяет основные параметры объекта, абстрагируясь от его физической сущности и используя наборы атрибутов, уведомлений и действий.

Для создания информационной модели объекта, который описывается как некоторый класс в терминах объектно-ориентированного подхода, необходимы специальные структуры и язык описания данных. В стандартах TMN для этого используются шаблоны GDMO (X.722) и язык ASN.1 (X.680, X.681). Запутанная структура подачи материала в стандартах, сложность практического освоения GDMO и ASN.1, необходимость привлекать к работе с этими инструментами специалистов высокой квалификации, высокая стоимость средств работы с GDMO/ASN.1 – всё это заставило искать другие языки. Как серьезная альтернатива ASN.1 рассматривается язык IDL, используемый для описания данных в системах CORBA и JAVA, однако для описания информационного объекта, по-видимому, придется придерживаться шаблонов GDMO.

Четвертая аксиома TMN касается информационной базы данных MIB, которая является ресурсом, разделяемым всеми объектами сети, и откуда Менеджер или Агент могут получить информацию о структуре и особенностях любого зарегистрированного в сети объекта. Необходимость иметь такой ресурс сомнения не вызывает.

Агент взаимодействует с Менеджером через сеть. Носителем информации является протокол. Совокупность правил представления информации и ее передачи образует интерфейс. Для связи любого сетевого элемента с TMN служит специальный интерфейс Q. Схема подключения сетевого элемента к среде TMN показана на рис. 10.5.

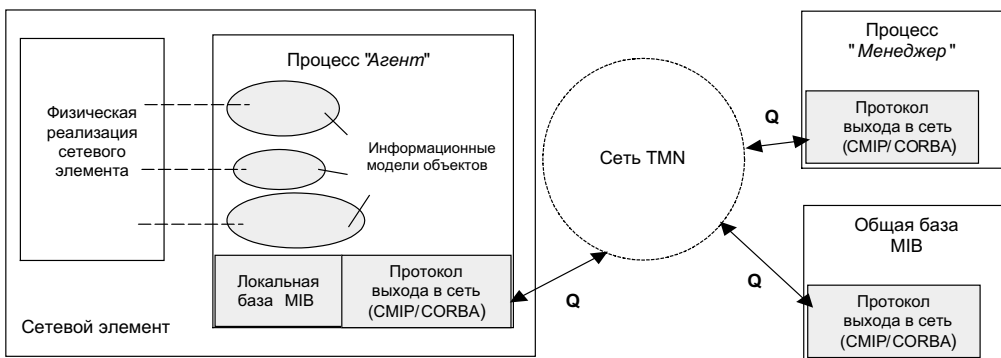


Рис. 10.5. Подключение к сети TMN

Под *интерфейсом Q* понимается стек протоколов, в верхней части которого находится CMIP, плюс передаваемая с его помощью информационная структура данных, описанная по правилам GDMO/ASN.1. Набор программно-аппаратных средств сетевого элемента, обеспечивающий взаимодействие этого элемента с TMN через интерфейс Q, называется *Q-адаптером*.

Согласно концепции TMN, интерфейс Q построен на следующих принципах:

- использование в качестве транспортного средства для передачи сообщений между Агентом и Менеджером полного семиуровневого стека протоколов, соответствующего модели OSI, в качестве которого могут применяться стеки ISO/OSI или TCP/IP;
- использование для передачи сообщений на прикладном уровне протокола CMIP, а для передачи больших объемов данных – протокола FTAM;
- применение поверх CMIP более содержательных протоколов взаимодействия Агент–Менеджер, конкретизирующих отдельные функции эксплуатационного управления, например контроль ошибок, измерение производительности и т.п.

Так как Менеджер связывается с Агентом при помощи полного транспортного стека, то при сборе данных от встроенных Агентов можно использовать промежуточную сеть передачи данных произвольной сложности. Это обстоятельство является одним из важных компонентов открытости архитектуры TMN. Оно дает возможность объединять любые сети, в том числе и такие, которые не могут переносить в своих основных информационных потоках данные, используемые системой эксплуатационного управления. Многим телекоммуникационным сетям предыдущих поколений для организации эксплуатационного управления требуется вспомогательная сеть, в качестве таковой операторы ТфОП, например, чаще всего используют сеть X.25 или выделенные каналы, хотя некоторые операторы не боятся использовать для этой цели Интернет.

Поддержка стандартов TMN и интерфейса Q декларируется практически всеми ведущими разработчиками платформ эксплуатационного управления: Hewlett-Packard, Digital, Sun, Cabletron, IBM, TTI. К тому же, оборудование новых технологий SDH, ATM, ADSL, WLL и др. сегодня выпускается со встроенной поддержкой интерфейса Q.

Стандарты TMN дают более или менее детальное описание интерфейса Q для трех верхних уровней OSI. Для нижних уровней рекомендуются распространенные протоколы X25, X31, MTP и SCCP OKC7, TCP/IP и др.

В качестве сетевого средства передачи информации в распределенной среде всё чаще применяют программную шину ORB, предусмотренную архитектурой CORBA. В ITU-T серьезно рассматривается вопрос о введении архитектуры CORBA как альтернативного средства поддержки интерфейса Q. CORBA дает возможность обеспечивать связь между распределенными по сети объектами с использованием объектно-ориентированного подхода. Именно это было заложено в протокол CMIP, не принятый компаниями-производителями в качестве магистральной компьютерной технологии. Что касается CORBA, задачей которой является обеспечение работы и взаимодействия разнородных (написанных на разных языках) приложений в распределенной среде, то доступность и дешевизна этого альтернативного средства делают его предпочтительным для использования в TMN. В среде разработчиков TMN уже имеется шутивное, но не лишнее оснований мнение: нужно просмотреть все стандарты для TMN и везде вычеркнуть упоминание о протоколе CMIP, поменяв его на CORBA.

В заключение отметим еще одно направление в среде программирования для TMN: создание преобразований информационных структур и протоколов друг в друга (рис. 10.6). Наличие подобных преобразований делает бессмысленным спор о том, какому языку реализации отдать предпочтение: нужно пользоваться тем, что дешевле, более знакомо и есть под рукой.

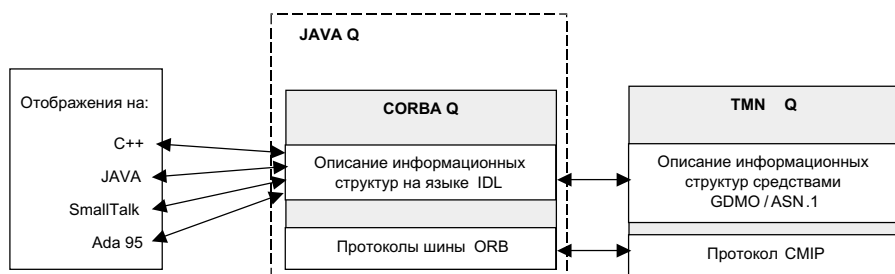


Рис. 10.6. Отображение информационных структур и протоколов друг на друга

10.7. Системы эксплуатационной поддержки OSS

Рассмотренные в предыдущих параграфах технологии внедрены в новейших разработках OSS, одну из которых иллюстрирует рис. 10.7. Система реализует полный набор функций эксплуатационного управления, включая контроль рабочих характеристик, работу с неисправностями, управление конфигурацией, подготовку и ввод новых ресурсов, анализ результатов учета и контроль уровня предоставления услуг.

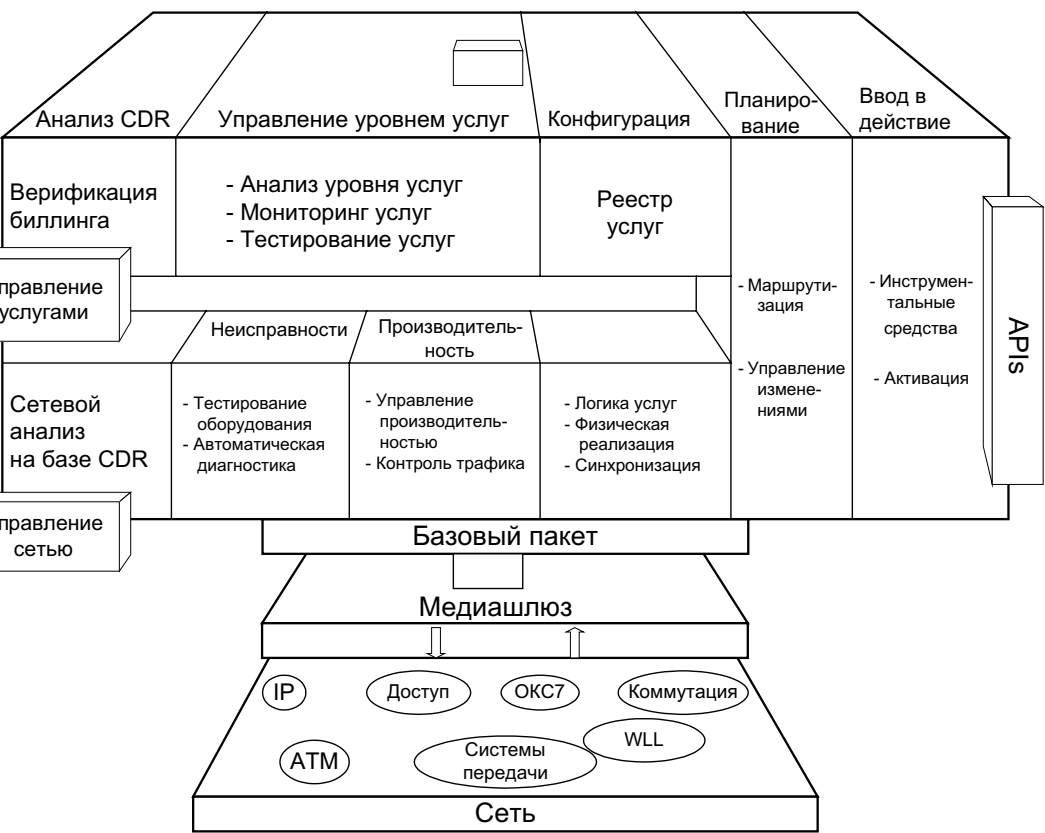


Рис. 10.7. Система OSS типа Netrac

В контексте этой книги обратим внимание лишь на два элемента OSS такого рода: мониторинг функционирования рассмотренной в главе 8 сети сигнализации ОКС7 и задачи технического обслуживания сети абонентского доступа, рассмотренной в главе 7.

Система мониторинга сети сигнализации ОКС7, стандартом де-факто для которой в ВСС РФ является комплекс СПАЙДЕР, содержащий специализированные зонды сигнализации ISUP, TCAP, MAP, INAP, а также DSS1/PRA, V5.x, A-bis и др., которые отслеживают

трафик в разных пунктах сигнализации сети ОКС, и центр наблюдения и контроля, в котором собираются данные со всех пунктов сигнализации этой сети. Рекомендации ITU-T серии Q.750 детализируют общие объектно-ориентированные принципы наблюдения за открытыми системами применительно к технической эксплуатации сетей ОКС7 и выделяют три основные группы функций: а) функции, относящиеся к многоуровневой архитектуре TMN; б) функции, являющиеся частью протокола самой системы сигнализации ОКС7, например, переключение на резервное сигнальное звено или принудительная ремаршрутизация; в) функции, необходимые для проверки правильности таблиц маршрутизации, кодов идентификации каналов и т.п., поддержка которых требует отдельного прикладного протокола. С учетом тематики главы рассмотрим только группу функций а), классификация которых приведена на рис. 10.8.



Рис. 10.8. Функции эксплуатационного управления ОКС7

Для реализации этих функций Рекомендациями Q.750-Q.754 определена специальная прикладная подсистема OMAP (Operation, Maintenance and Administration Part) и связанные с ней группы функций эксплуатационного управления.

Группа функций *работа с неисправностями* (Fault Management) обеспечивает обнаружение и исправление ситуаций нештатного функционирования сети ОКС7 и включает в себя:

- обработку аварийных ситуаций, например, отказа пучка сигнальных звеньев, ведущего к недоступности пункта сигнализации;
- активизацию проведения тестов или необходимых измерений;
- сбор статистики о состоянии сети сигнализации для проведения превентивных мер технического обслуживания;
- сбор статистики о состоянии элементов сети с целью обнаружить возможность возникновения критического режима работы.

Неисправности отдельных элементов могут привести к тому, что вся сеть ОКС7 окажется неспособной работать с необходимым качеством. Явно «видимые» неисправности ведут к неспособности обслужить в требуемом объеме сигнальный (а как следствие, и разговорный) трафик, а «скрытые» неисправности снижают надежность работы сети.

Группа функций *управление конфигурацией* (Configuration Management) поддерживает управление ресурсами, сбор данных о сети сигнализации и ее компонентах, позволяет задавать статическую конфигурацию сети ОКС, включая активизацию элементов, и изменять конфигурацию сети во время работы, а также предусматривает индикацию изменений статической конфигурации во время работы. Среди основных функций этой группы – формирование маршрутных таблиц в соответствии с заданным оператором сети планом маршрутизации; формирование и активизация пучков сигнальных звеньев и отдельных звеньев внутри пучков, проверка правильности имен сетевых ресурсов между смежными пунктами сигнализации (например, SLC и CIC).

Группа функций *контроль рабочих характеристик* (Performance Management) обеспечивает сбор статистических данных с целью оценить динамику изменений состояния сетевых элементов и эффективность работы сети в нормальных условиях и в условиях перегрузки и включает в себя активизацию измерений и сбор результатов измерений за короткие (5 мин) и длительные (30 мин) периоды. Сюда же входит наблюдение за авариями, за использованием пучков звеньев и сигнальных маршрутов, а также управление сигнальным трафиком в реальном времени (например, модификация маршрутных таблиц и активизация дополнительных сигнальных звеньев и пучков звеньев).

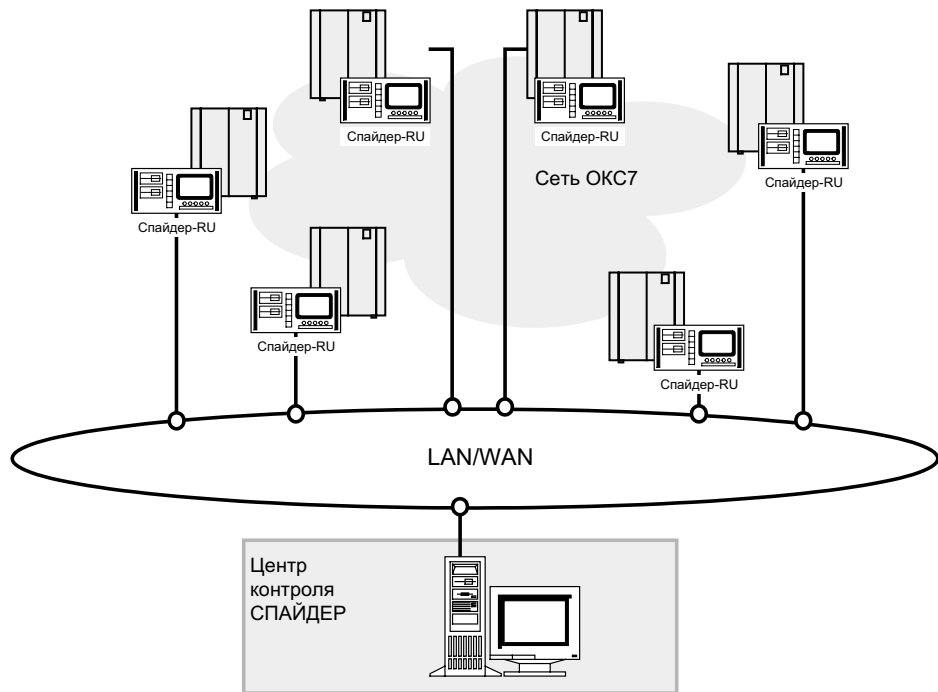


Рис. 10.9. Система СПАЙДЕР для мониторинга сети ОКС7

Представленная на рис. 10.9 базовая конфигурация системы мониторинга и анализа сети ОКС7 содержит центральный модуль, где находится упоминавшаяся выше централизованная база данных МІВ с информацией об объектах наблюдения, на основе которой создается графическое отображение структуры сети с разными уровнями детализации, и удаленные модули, которые ведут сбор информации, получаемой от отдельных элементов сети ОКС.

Вторым из упоминавшихся в этом параграфе элементов OSS является программно-аппаратная платформа централизованного бюро ремонта (ЦБР), для которого аналогичным стандартом *де-факто* является система АРГУС. Структура ЦБР АРГУС представлена на рис. 10.10 и состоит из трех систем: а) система программного управления, включающая в себя базу данных сети абонентского доступа, б) измерительные программно-аппаратные комплексы ДИПАЛ и в) центр распределения вызовов ПРОТЕЙ.

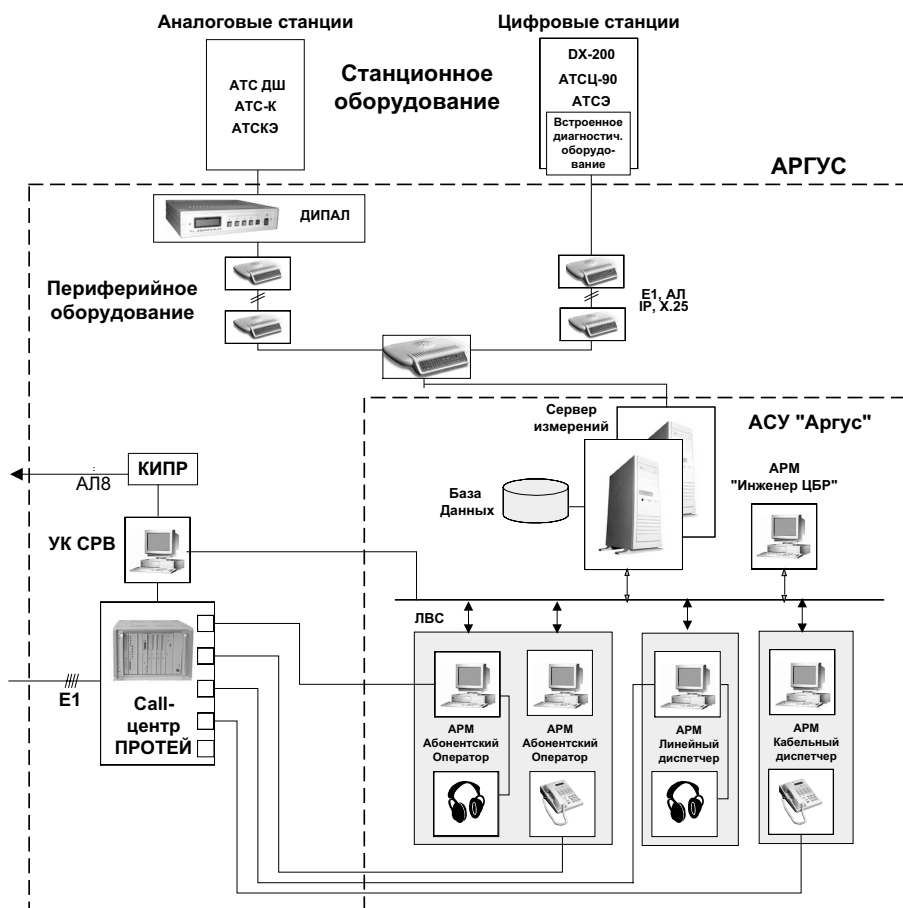


Рис. 10.10. Структурная схема взаимодействия ЦБР АРГУС с АТС разных типов

К основным функциям ЦБР относятся:

- прием, регистрация и оперативное обслуживание заявок, поступающих от абонентов или от линейных монтеров кабельной сети связи, и выдача справок о результатах выполненных работ;
- диспетчеризация заявок на текущий ремонт, регистрация неисправностей и формирование нарядов;
- тестирование абонентских линий и абонентских установок;
- информационная и техническая поддержка деятельности цеха технического обслуживания абонентов, деятельности линейно-кабельного цеха, деятельности станционного цеха (красса), а также процессов индивидуального и/или массового включения/выключения телефонных номеров по техническим и административным причинам;
- автоматическое формирование и печать необходимых статистических документов, данных для оценки качества предоставляемых услуг и других отчетных документов;
- учет, планирование и контроль выполнения профилактических, ремонтных и аварийных работ подразделениями административного узла, обеспечивающими техническую эксплуатацию устройств и сооружений телефонной сети.

Функциональные возможности этих двух элементов современных OSS шире функциональных задач эксплуатационного управления в любой отдельно взятой АТС и заслуживают более подробного рассмотрения в отдельной книге.

Глава 11

Услуги

Будущее нельзя предвидеть, но можно изобрести.
Денис Гарбор

11.1. Дополнительные услуги АТС

Материал этой главы превосходит по сложности другие рассмотренные в книге вопросы, что обусловлено бурным развитием телекоммуникационных услуг, их долей в доходах операторов связи, конвергенцией услуг в новой индустрии инфокоммуникаций. Наряду с рассматриваемыми в следующем параграфе услугами интеллектуальной сети, появляются персонифицированные услуги, т.е. услуги, базирующиеся на постоянно обновляемой информации о местоположении пользователя, о его записях в органайзере, личных предпочтениях и т.п., подсказывающие этому пользователю наиболее целесообразное направление передвижения, напоминающие ему о покупке подарка ко дню рождения, организующие поездки, бронирование билетов, получение информации о погоде в пункте назначения, предоставляющие развлечения и банковскую информацию, проводящие финансовые операции и многое другое.

В связи с этим уместно вспомнить одну давнюю историю. Гуляя в тенистой роще, греческий философ Анаксимен беседовал со своим учеником. «Скажи мне, – спросил юноша, – почему тебя часто одолевают сомнения? Ты прожил долгую жизнь, умудрен опытом и учился у великих эллинов. Как же так вышло, что и для тебя осталось столь много неясных вопросов?» В ответ философ очертил посохом перед собой два круга: маленький и большой. «Твои знания – это маленький круг, а мои – большой. Но все, что осталось вне этих кругов, – неведомое. Маленький круг с неведомым соприкасается мало. Чем шире круг знаний, тем протяженнее его граница с неизвестностью. И впредь, чем больше ты станешь узнавать нового, тем больше будет возникать у тебя неясных вопросов».

Классическая телефония с ее традиционными телефонными услугами POTS (Plain Old Telephone Service), различные аспекты которой рассмотрены в предыдущих десяти главах книги, соответствует малому кругу из этой поучительной притчи. Большой круг содержит в себе дополнительные услуги, услуги интеллектуальной сети, услуги компьютерной и IP-телефонии, Web-контакт-центры, другие новые услуги, являющиеся результатом взаимопроникновения (конвергенции) телекоммуникационных и информационных технологий и действительно порождающие сегодня больше вопросов, чем ответов. Один из результатов этого – длящийся с начала текущего столетия экономический кризис в инфокоммуникациях.

А начиналось все с дополнительных услуг АТС. Как мы уже не раз делали в этой книге, познакомимся с ними на примерах. Начнем с рассмотренной в главе 6 станции DX-200, которая предоставляет абонентам следующие дополнительные услуги:

- *сокращенный набор номера* – абонент, пользующийся этой услугой, может установить нужное соединение, набрав вместо полного номера вызываемого абонента заранее присвоенный ему сокращенный номер;
- *соединение без набора номера (прямая связь)* – услуга позволяет абоненту установить соединение с заранее зарегистрированным номером, не набирая этот номер (с выдержкой времени или без выдержки времени);
- *повторный вызов абонента без набора номера* – услуга позволяет абоненту повторно соединиться с номером, который был набран последним, не набирая этот номер снова;
- *безусловная переадресация* – услуга дает абоненту возможность заказать, на время своего отсутствия, переадресацию входящих к нему вызовов к другому абоненту;
- *переадресация при занятости* – услуга предоставляет абоненту возможность заказать переадресацию к другому абоненту вызовов, поступающих, когда сам он занят другим разговором;
- *уведомление о новом вызове* – услуга уведомляет абонента, занятого разговором с другим абонентом, о том, что его вызывает третий абонент;
- *побудка* – услуга позволяет абоненту задать время, когда станция должна передать ему автоматически сигнал вызова; возможен заказ либо однократной побудки, либо многократной (т.е. ежесуточно, вплоть до отмены услуги);
- *наведение справки и конференцсвязь трех абонентов* – услуга позволяет абоненту перевести связь с другим абонентом в режим удержания и соединиться с третьим абонентом, чтобы навести у него справку. После ответа третьего абонента, абонент, пользующийся услугой, может организовать конференцсвязь

трех абонентов, вернуться к первоначальному соединению, переведя связь с третьим абонентом в режим удержания, или вернуться к первоначальному соединению окончательно, отключив третьего абонента;

- *запрет исходящей связи* – услуга позволяет абоненту временно запретить для своего аппарата исходящую междугородную связь и связь с платными службами, или исходящую связь всех видов, кроме связи с экстренными спецслужбами;
- *временный запрет входящей связи* – услуга заключается в том, что абонент запрещает направлять к нему либо все входящие вызовы, либо только местные;
- *исходящая связь по коду-паролю* – абонент, который пользуется услугой, запрещающей для его аппарата какой-либо вид исходящей связи, может получать связь этого вида, используя всякий раз код-пароль, набираемый перед набором нужного ему номера;
- *определение номера вызывающего абонента* – услуга позволяет абоненту при злонамеренном входящем вызове определить с помощью администрации номер вызывающего абонента, если тот включен в ту же местную сеть;
- *ввод, замена и отмена личного кода-пароля* – услуга предоставляет абоненту право назначать, изменять или отменять личный код-пароль, необходимый для пользования некоторыми дополнительными услугами;
- *отмена всех услуг* – абонент может отменить ранее заказанные услуги: сокращенный набор номера, прямую связь (с выдержкой времени), переадресацию.

Обеспечивается также возможность организации выделенных групп абонентов Центрекс (так называемых групп деловой связи), если это абоненты одной и той же АТС. Услуга Центрекс позволяет организовать для предприятия или учреждения виртуальную учрежденческую АТС без затрат на приобретение оборудования и на его техническую эксплуатацию, которую ведет оператор ТФОП. Группа Центрекс может быть организована с использованием цифровых концентраторов МАК, вынесенных за пределы станции и установленных, например, непосредственно в учреждении пользователей. Организацию групп деловой связи в АТС иллюстрирует рис. 11.1. Для связи между абонентами одной группы Центрекс используется сокращенная нумерация. Для выхода в город (при наличии у абонента права внешней связи) набирается специальный индекс. Абонентам, не имеющим права внешней связи, разрешены вызовы экстренных спецслужб местной сети. Для исходящей междугородной связи абонент набирает индекс выхода в местную сеть, затем индекс выхода на АМТС («8») и междугородный номер.

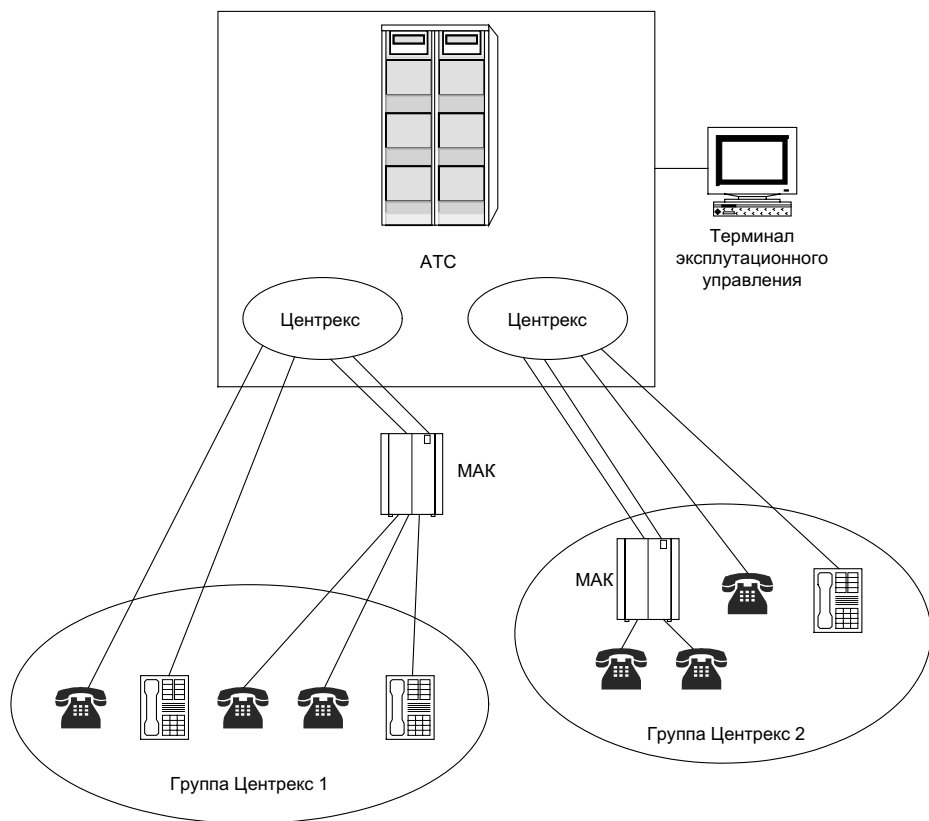


Рис. 11.1. Организация групп Центрекс в АТС

Станция 5ESS, также рассмотренная выше в главе 5, предоставляет своим абонентам следующие дополнительные услуги: перевод входящего вызова к другому аппарату (переключение связи), переадресация при занятости абонента (к другому абоненту, к оператору или к автоинформатору), назначение, изменение или отмена личного кода-пароля, запрет исходящей связи некоторых видов, запрет входящей и исходящей связи (кроме связи с экстренными спецслужбами), временный запрет входящей связи, конференц-связь трех абонентов, сокращенный набор, соединение без набора номера (прямой вызов), автоматическая побудка, определение номера вызывающего абонента (при злонамеренном вызове), уведомление о новом вызове во время разговора, поисковая сигнализация, исходящая связь по паролю, Центрекс, интегрированная речевая почта.

Абонентам *станции EWSD*, пользующимся как цифровыми, так и аналоговыми аппаратами, могут предоставляться следующие дополнительные услуги: сокращенный набор; соединение без набора (как с выдержкой времени, так и без выдержки времени); запрет

исходящей связи некоторых видов, управляемый кодом-паролем; переадресация входящего вызова к службе отсутствующих абонентов, к автоинформатору или к любому другому номеру; временный запрет входящей связи; постановка вызова на ожидание; переадресация при занятости абонента; наведение справки во время разговора и конференцсвязь; распечатка записей длительности и стоимости разговора (подробный учет стоимости для отдельных абонентов); автоматическая побудка; полупостоянное соединение; информация о стоимости разговора (импульсами 16кГц); перехват исходящих и входящих вызовов оператором станции; экстренные вызовы с использованием сокращенных номеров; отслеживание злонамеренных вызовов; запрет вмешательства телефонистки; вызовы без начисления платы; контроль учета стоимости и др.

Перечни дополнительных услуг, предоставляемых другими упомянутыми в книге АТС, очень похожи на вышеприведенные. Общим является и то, что услуги эти практически не востребованы подавляющим большинством абонентов. Иная ситуация складывалась с теми же услугами, но перенесенными со станционного уровня на сетевой, чему посвящен следующий параграф.

11.2. Интеллектуальная сеть (IN)

Первая дополнительная услуга телефонной сети общего пользования, вышедшая за пределы одной АТС и опирающаяся на использование сетевой базы данных – связь по сервисной телефонной карте – была введена в США в 1980 году. Вскоре после этого там же появилась целая серия дополнительных услуг для абонентов делового сектора под общим названием «служба входящей междугородной телефонной связи» INWATS (Inward Wide Area Telecommunications Service) со многими новыми функциональными возможностями.

Например, абонент, который набрал начинающийся с '800' номер какой-либо службы или компании, мог быть соединен с тем или иным офисом, выбор которого зависел от времени суток, дня недели, географического положения вызывающего абонента. Сетевая база данных перестала быть просто средством хранения данных. Ее функции стали заключаться не только в ответах на запросы, принимаемые от АТС, но и в передаче к АТС команд, указывающих, каким образом обслуживать вызов. Так возникло название *узла управления услугами SCP (Service Control Point)*, а взаимодействующие с SCP через сеть ОКС7 коммутационные узлы и станции стали называться *узлами коммутации услуг SSP (Service Switching Point)*. В Рекомендациях ITU-T определены также *вспомогательный узел управления (adjunct, AD)*, функционально эквивалентный SCP, но подключаемый к SSP не через сеть ОКС7, а непосредственно, и *узел услуг (service node, SN)*, аналогичный AD, но выполняющий, помимо функций SCP, также и функции интеллектуальной периферии,

к которым мы еще вернемся в конце параграфа. Так или иначе, в компьютерах SCP, наряду с базой данных, была запрограммирована и так называемая *логика услуг*, состоящая из сценариев, описывающих ту или иную услугу. Именно с этого исторического момента логика услуг переместилась за пределы АТС, что и составило суть концепции интеллектуальной сети (IN).

Общая архитектура IN включает в себя еще две важные системы – *узел среды создания услуг SCEP* и *узел эксплуатационного управления услугами SMP*, – которые служат для программирования услуг и для рассылки программ и данных, необходимых для их выполнения, по логическим объектам, участвующим в процессе предоставления услуг. Детально концепция IN изложена в [48], а основные структурные элементы интеллектуальной сети представлены на рис. 11.2.

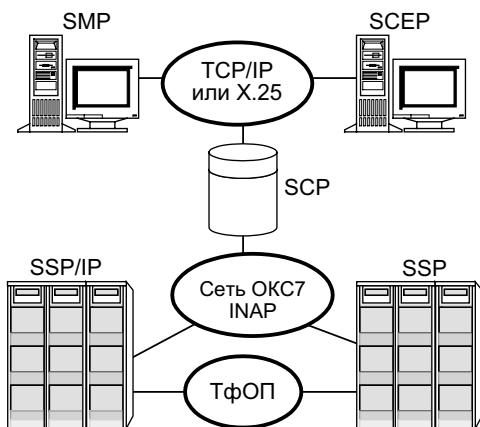


Рис. 11.2. Платформа интеллектуальной сети

Для поддержки информационных потоков между узлами сети IN специфицирован *прикладной протокол интеллектуальной сети INAP* (Intelligent Network Application Protocol), который определяет синтаксис и семантику вызываемых операций, назначение и порядок их обработки. Протокол INAP (русская версия INAP-R) вырос из транзакций, поддерживающих взаимодействие между АТС и базой данных через сеть ОКС; в настоящее время он базируется на *прикладном протоколе поддержки транзакций (TCAP)* из стека протоколов системы сигнализации ОКС7.

Сегодня концепция интеллектуальной сети представляет собой способ быстро создавать новые телекоммуникационные услуги в соответствии со специфическими для каждой из них требованиями, обеспечивая одновременную и повсеместную доступность этих услуг абонентам базовой телефонной сети общего пользования. Введенная ITU-T, концепция IN определяет архитектуру аппаратных

и программных средств, реализующих специальные процедуры. Исполнение этих процедур обеспечивает управление коммутацией и иными действиями сети с целью «интеллектуальной» маршрутизации, начисления платы, взаимодействия с пользователем.

Первые стандарты IN, известные как CS-1, предусматривают довольно широкие (с точки зрения ТФОП) возможности. Выпущенные в развитие концепции IN стандарты CS-2, а также перманентно находящиеся в стадии подготовки стандарты CS-3 и CS-4 потенциально могут дать гораздо более широкие возможности. И все же, главное значение IN для современных телекоммуникаций – не в списках услуг CS, а в основной идее, состоящей в том, чтобы *отделить логику услуг от функций коммутации*, построив соответствующую платформу. Эту платформу составляют определенным образом взаимодействующие функциональные блоки, реализуемые, в общем случае, *в разных физических объектах – узлах IN*. Функции коммутации выполняют узлы SSP, логика услуг размещается в узлах SCP, создается эта логика в узле SSCP и распределяется по всем SCP узлом SMP. При создании логики любой услуги используется набор стандартизованных независимых от услуг *конструкционных блоков*, что значительно упрощает работу программистов. Это особенно важно в связи с тем, что в условиях жесткой конкурентной борьбы оператор сети связи должен уметь предоставлять услуги, ориентированные на группы пользователей с сильно различающимися потребностями, и иметь возможность быстро создавать и развертывать эти новые услуги.

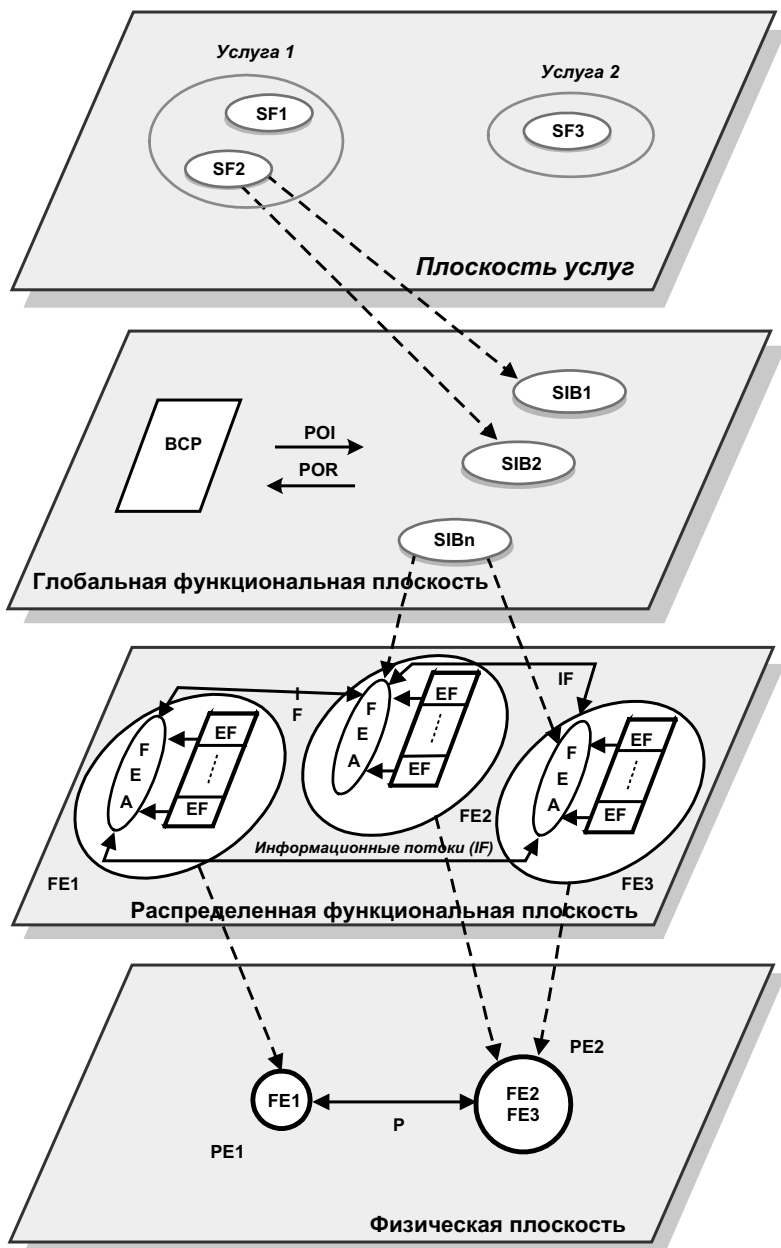
Для описания процессов, происходящих в SSP при предоставлении услуг, установлении соединения и обслуживании вызова вплоть до разъединения, в концепции IN используется *модель базового процесса обслуживания вызова* (BCP – Basic Call Process). Модель содержит последовательность отображающих состояния этого процесса точек (PIC – Point in call), между которыми могут присутствовать точки обнаружения (DP – Detection point) обращений к услугам IN или событий, которые представляют интерес с точки зрения логики услуг IN. *Триггерные точки обнаружения* обращений к услугам – TDP (trigger detection points) – отмечают приостановку базового процесса BCP для обращения к логике услуг IN, происходящую в соответствии с заранее назначенным критерием. Таким критерием может быть определенное сочетание цифр в набранном абонентом номере, префикс, категория вызывающей абонентской линии и т.д. Важно отметить, что эксплуатационный персонал SSP может сам определять триггерные точки (т.е. делать их обнаруживаемыми) и назначать критерии для обращения к IN.

Концептуальная модель IN отражает эту архитектуру в терминах *плоскостей* (planes). *Плоскость услуг* касается только описания

услуг в плане их свойств. *Глобальная функциональная плоскость* (global functional plane) описывает программные блоки, не зависящие от услуг (service-independent building blocks, SIB). *Распределенная функциональная плоскость* (distributed functional plane) отображает элементы архитектуры, участвующие в обмене сообщениями IN, в виде функциональных объектов (functional entities, FE) и информационных потоков (information flows, IF), которые моделируют обмен сообщениями между FE. *Физическая плоскость* (physical plane) описывает аппаратно-программные блоки, называемые физическими объектами (physical entities, PE). Модель, показанная на рис. 11.3, содержит эти четыре расположенные одна над другой плоскости, дающие (каждая – со своей степенью детализации) абстрактное представление тех возможностей, которыми обладает сеть, построенная в соответствии с концепцией IN.

Верхняя плоскость модели – *плоскость услуг* – представляет услуги так, как они «видны» конечному пользователю. Такое представление не содержит информации о способе и деталях реализации услуги в сети. Зато на этой плоскости видно, что *услуги* (services) komponуются из одной или из нескольких разных стандартизованных составляющих, каждую из которых пользователь воспринимает как одно из характерных свойств или, что то же самое, как один из *атрибутов услуги* (service features. SF).

На *глобальной функциональной плоскости* «появляется» сеть IN в виде единого функционального объекта. На этой плоскости представлены независимые от услуг *конструкционные блоки* (SIB – Service independent building blocks), одним из которых является SIB, реализующий базовый процесс BCP, а также точка обращения BCP к другим SIB, *называемая иницилирующей точкой* (POI – Point Of Initiation), и *точки возврата* в BCP (POR – Points Of Return). BCP выполняет традиционные для коммутационной станции функции (установление соединения, разъединение, хранение оперативных данных, необходимых для дальнейшей обработки) и имеет возможность обращаться к другим процессам при обнаружении запроса услуги IN. POI представляет собой функциональный интерфейс между логикой BCP и логикой другого процесса, который обеспечивает предоставление услуги (или одной из составляющих услуги) IN. После завершения этого другого процесса происходит возврат через другой функциональный интерфейс (POR) в процесс BCP, который продолжает работу, используя данные, полученные при возврате. Необходимость в спецификации точек POI и POR вызвана тем, что одна и та же «цепочка» SIB может представлять совершенно разные услуги (или составляющие услуг), смотря по тому, в каких точках процесса BCP она начинает и/или заканчивает свои действия.



BCP
EF
FE
FEA
IF
P

Базовый процесс обслуживания вызова
Элементарная функция
Функциональный объект
Действие функционального объекта
Информационный поток
Протокол

PE
POI
POR
SF
SIB

Физический элемент
Иницилирующая точка
Точка возврата
Атрибут услуги
Независимый конструктивный блок

Рис. 11.3. Концептуальная модель IN

Здесь уместно напомнить, что все изложенное в данном параграфе базируется на Рекомендациях серии Q.12ху ITU-T, где индекс x указывает, является ли данная Рекомендация общей (т.е. применимой ко всем версиям IN), или она относится к определенному набору функциональных возможностей (CS). Значение 0 указывает, что данная Рекомендация серии носит общий характер; другие значения обозначают номер CS. К настоящему моменту опубликованы Рекомендации для CS-1 и CS-2, CS-3, а CS-4 находится на стадии разработки. Индекс y обозначает тему Рекомендации: 0 означает, что Рекомендация является вводной к серии, а 1 обозначает принципы архитектуры IN. Таким образом, Рекомендация Q.1201 посвящена общим принципам, Рекомендация Q.1211 – принципам архитектуры IN, относящимся к CS-1, и т.д. Значение 9 зарезервировано для руководства пользователя IN. Представленные на рис. 11.3 функциональные плоскости отражены в остальных значениях индекса y : 2 – Рекомендации, относящиеся к плоскости услуг, 3 – к глобальной функциональной плоскости, 4 – к распределенной функциональной плоскости и 5 – к физической плоскости. Значение $y=8$ – это Рекомендации для прикладного протокола INAP. Как и для большинства других стандартов ITU-T, региональные органы стандартизации разрабатывают национальные спецификации IN.

Несмотря на то, что как в CS-1, так и в CS-2 стандарты для IN обеспечили формализованную модель создания услуг спецификациями блоков SIB – Рекомендации Q.1203 (общие аспекты), Q.1213 (CS-1) и Q.1223 (CS-2), – после CS-2 стандартизация SIB прекратилась.

Функциональная архитектура IN CS-1 и механизм активизации взаимодействия между ее элементами представлены на рис. 11.4, являющемся, в определенном смысле, развитием рис. 11.2 (более детально отражены подмножество стандартизованных к настоящему моменту FE и их взаимосвязь). FE интеллектуальной сети группируются в соответствии с их ролью в поддержке IN: FE, участвующие в выполнении услуг, и FE, участвующие в создании услуг и управлении услугами.

К представленным на рис. 11.4 функциональным объектам относятся:

- *Функциональный объект поддержки доступа (call control agent function, CCAF)* содержит функции, обеспечивающие доступ пользователя к услугам IN; может рассматриваться как посредник телефонного аппарата или ISDN-терминала, с помощью которого пользователь взаимодействует с сетью.
- *Функциональный объект управления связью пользователя (call control function, CCF)* содержит базовые функции обработки запроса связи и управления коммутацией, включая функции установления, поддержки и разрушения соединений. Именно CCF реализует триггерные возможности, которые обсуждались выше, однако для полной их поддержки, а также для взаимодействия CCF с функциональным объектом управления услугами, требу-

На рис. 11.5 представлена модель состояний базового процесса обслуживания вызова (BCSM) для CS-2, которая специфицирована в последнем из опубликованных стандартов. BCSM – это модель действий CCF, необходимых для организации и поддержания связи между пользователями. BCSM моделирует состояния базового процесса обслуживания и исходящих, и входящих вызовов, но мы ограничимся только рисунком, относящимся к исходящему вызову. Основные состояния процесса в модели O_BCSM (O – outgoing, т.е. исходящая часть), как их видит ATC, показаны внутри прямоугольников; их называют PIC (*points in call*). Кроме того, имеются и другие состояния, которые называются *точками обнаружения (detection points, DP)*; на рис. 11.5 они показаны квадратами. Именно в точках DP ATC может прервать обработку вызова путем передачи сообщения к SCF. Каждая DP может быть либо *задействованной (armed)*, либо *не задействованной (unarmed)*. Внешняя логика услуг (внутри SCF) обнаруживает DP только тогда, когда та задействована. DP может быть задействована либо *статически* (со стороны SMF, как результат ввода в действие атрибута услуги), либо *динамически* (со стороны SCF). Если DP была задействована статически, она остается задействованной до тех пор, пока SMF не выведет её из этого состояния, т.е. пока предоставляется та услуга, для которой она нужна; такая DP называется *триггерной точкой обнаружения (trigger detection point, TDP)*. Если же DP была задействована динамически, она остается в этом состоянии не дольше, чем длится обусловленное ее обнаружением взаимодействие между SCF и SSF; такая DP называется *точкой обнаружения события (event detection point, EDP)*.

В условиях уже упоминавшейся конвергенции сетей и услуг связи сохраняется ключевой принцип отделения организации новых телефонных услуг от транспортировки, составляющий основу интеллектуальной сети (см. рис. 11.6). Точно так же, как было только что описано, узлы коммутации услуг распознают вызовы, требующие услуг IN, и обслуживают эти вызовы, взаимодействуя с централизованным узлом SCP. Наличие на рис. 11.6 элементов мобильной IN подразумевает взаимодействие протоколов INAP и TCAP с другими протоколами OKC7 – MAP (Mobile Applications Part), IS41 и CAMEL (Customized Applications for Mobile Network Enhanced Logic).

У читателя, который не удовлетворится этим более чем кратким описанием IN, есть возможность обратиться к книге [48]. Там отмечены основные преимущества концепции IN в свете проблем конвергенции сетей: гарантированное сквозное (end-to-end) качество обслуживания (QoS), экономичное введение новых услуг через INAP или с помощью SN (Service Node) и др. Благодаря этому, по всей вероятности, именно интеллектуальная сеть окажется тем мостом, который позволит традиционным телефонным сетям (как стационарным, так и мобильным) взаимодействовать с IP-сетями. Такая тенденция эволюции интеллектуальной сети проявляется в созда-

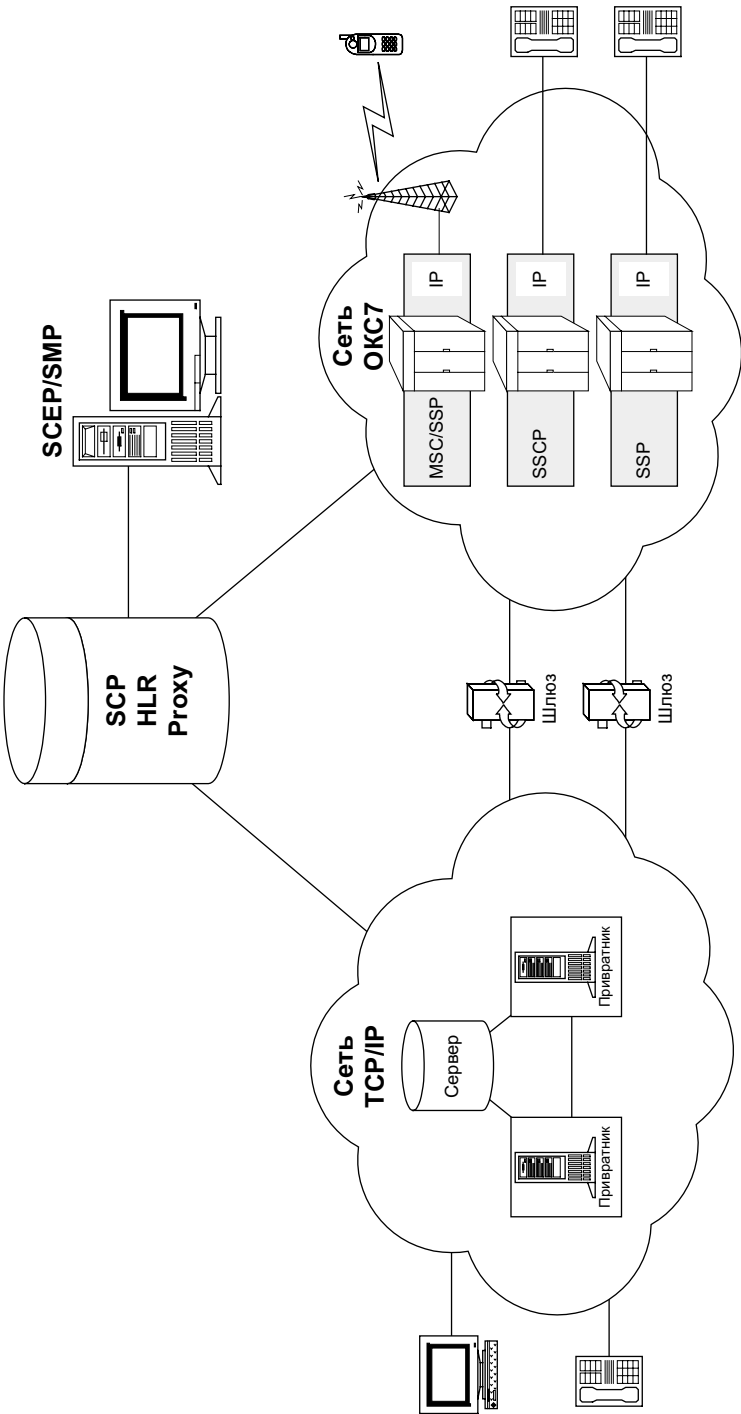


Рис. 11.6. Эволюция концепции IN

Имеются варианты эволюции интеллектуальной сети, появившиеся после того как была написана книга [48]. Весьма интересны разработки рабочих групп PINT/SPIRITS (SIP-скрипты и взаимодействие IPSSF с SIP) и Eurescom (взаимодействие IPSSF с H.323). Эти решения обеспечивают доступ к услугам IN пользователей IP-телефонии, что особенно актуально для западноевропейских стран, где были сделаны значительные вложения в оборудование интеллектуальных сетей. PINT и SPIRITS ориентированы на поддержку равноправного доступа компьютерного терминала с пакетной передачей речи (PC) и обычных телефонов ТФОП или GSM ко всем услугам; оба подхода, так или иначе, ориентируются на протокол SIP. Обо всем этом мы поговорим в параграфе 11.4 этой главы.

Нельзя умолчать и о недостатках подхода IN. К ним относятся: необходимость существенных начальных инвестиций при создании интеллектуальной сети, относительная сложность протоколов INAP и TCAP, невостребованность целого ряда услуг из списка CS-1 (Follow me, например), централизация биллинга и управления услугами, ограничивающая возможности выполнения этих функций конечными пользователями, и некоторые другие. Разрабатываемые сегодня интеллектуальные коммутационные платформы на базе технологий компьютерной телефонии третьего поколения сами являются интегрированными коммутаторами и процессорами поддержки услуг с начислением платы за них. Это объективно вызывает смещение интеллекта из традиционных узлов IN к краям сети, чему посвящен следующий параграф.

11.3. Компьютерная телефония (СТИ)

Решения, представленные в этом параграфе, основаны на технологии компьютерной телефонии (СТИ) и направлены на реализацию того, что иногда называют *одностанционной интеллектуальной сетью* (oneswitch IN), а официально, согласно Рекомендациям ITU-T, – SN (Service Node). Оборудование SN обычно гораздо компактнее и дешевле SCP, размещается в одной стойке (рис. 11.7), использует один или несколько быстродействующих процессоров, жесткие диски большой емкости, речевые порты, порты трактов E1 с ОКЧ7 или ISDN PRI, входы RS-232 и 10/100-MB LAN, а также программно-аппаратные средства, обеспечивающие мониторинг оборудования и индикацию аварийных состояний. В среднем, SN может обслуживать примерно 300 телефонных линий, и для них может одновременно предоставляться то же число поддерживающих ресурсов. Эти ресурсы могут воспроизводить и записывать речь, распознавать сигналы DTMF и межстанционные сигналы, генерировать стандартные акустические сигналы (Занято, Ответ станции

и др.), а также синтезировать речь из текста. Для факсимильной связи ресурсы обеспечивают поддержку факсимильных аппаратов группы 3, преобразование ASCII–факс, а также буферизацию факсимильных сообщений.



Рис. 11.7. Внешний вид SN на базе платформы ПРОТЕЙ

Программные платформы поддерживают базы данных в реальном времени, эффективные средства создания и эксплуатации услуг: чем проще создать или изменить услугу, тем быстрее эту услугу можно будет предоставлять. Более того, ряд параметров (так называемые *данные последних изменений*) должны иметь возможность изменять сами пользователи услугами. Заказная настройка (т.е. модификация программ логики услуг) может, в некоторых случаях, производиться и непосредственно на SN, когда она программируется через графический интерфейс с использованием аналогичных рассмотренным в предыдущем параграфе независимых программных блоков SIB, каждый из которых реализует элементарную функцию (воспроизведение сообщения, установку вызова в очередь, объединение участков соединения и т.д.), и которые объединены в графы, описывающие логику программы. Следует пояснить, что блоки SIB были стандартизованы ITU-T только для цели моделирования; однако идея была подхвачена, и многие производители обеспечили SIB-подобные интерфейсы, с помощью которых можно быстро разрабатывать услуги путем построения графов решений из соответствующих SIB – таких как *очередь*, *воспроизведение объявлений*, *накопление цифр* и т.д. Используя блоки SIB, разработчик услуг получает возможность конструировать и тестировать услугу практически мгновенно без особой помощи со стороны опытного программиста.

Технологии компьютерной телефонии регламентируются также стандартами ECTF, среди которых важную роль играет набор стандартов, первоначально разработанных Европейской ассоциацией производителей компьютеров (ECMA) и называющихся *CSTA* (*Computer-Supported Telephony Applications*). Последняя версия CSTA (фаза III) была утверждена в июле 1999 г. как международный стандарт ISO. Существуют и другие стандарты, применимые в сфере CTI, например, прикладной интерфейс АТС-компьютер *SCAI* (*Switch-Computer Application Interface*).

В книге [51] определены, применительно к решениям компьютерной телефонии, общие принципы и основные функциональные объекты для интеллектуальных услуг. Можно обратить внимание на сходство методов и терминологии IN и CSTA, SCAI и т.п. Это и не удивительно, поскольку как концепции, так и цели CTI очень схожи с концепциями и целями IN. Базовой концепцией CSTA, например, является *соединение*, которое определяется как логический объект, абстрактно отображающий ассоциацию между определенным устройством CSTA и *сеансом связи*, в котором участвует это устройство (*устройство CSTA* – это объект, отображающий физический или логический компонент сети, например, терминал пользователя, сетевой интерфейс и др.; *сеанс связи*, или просто *сеанс*, – это логический объект, отображающий процесс обслуживания вызова, т.е. процесс предоставления пользователю нужной ему связи или услуги, сопровождения этой связи/услуги и ее прекращения/отмены). Переход объекта *соединение* от одного состояния к другому вызывается либо действием пользователя, либо операцией CSTA. Рис. 11.8 демонстрирует модель состояний «соединения» CSTA.

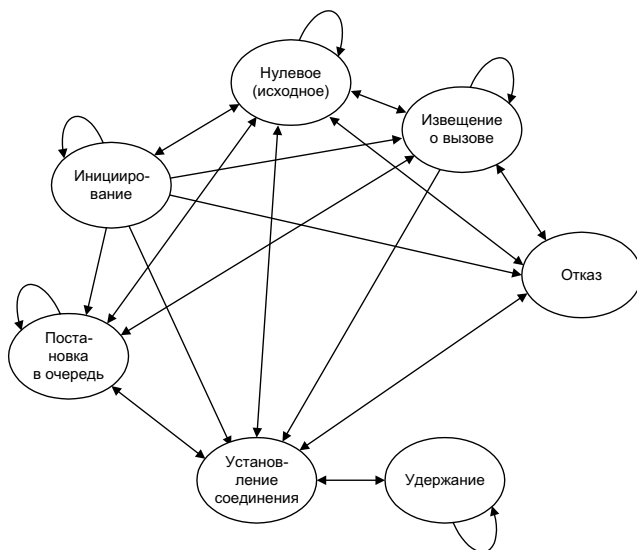


Рис. 11.8. Модель состояний объекта «соединение» CSTA

11.4. Конвергенция телефонных услуг и Интернет

Упомянутая в этой главе альтернатива IN, согласно которой будущее принадлежит неинтеллектуальным IP-сетям с интеллектуальными средствами, устанавливаемыми на краях сети (вплоть до персональных компьютеров конечных пользователей), имеет весьма активных сторонников. И это – несмотря на то, что проблемы глобальной децентрализации, послужившие поводом к распространению шуточной расшифровки аббревиатуры WWW как Wild Wild West, усугубляются невиданной ранее быстротой и легкостью создания новых приложений: интерактивных игр, электронной коммерции, чатов и пр. Проблемы связаны и с тем, что практически все элементы архитектуры IP-сетей – шлюзы, маршрутизаторы, привратники, программные коммутаторы, терминалы (PC, WAP), клиентские приложения (браузеры, FTP, e-mail, чат), сетевые серверы (RADIUS, LDAP, DNS), серверы приложений (HTTP, FTP, Java, SIP, POP3) – управляются совершенно разными сетевыми структурами, а весьма многие из этих элементов вообще никак не управляются.

С другой стороны, практически все поставщики телекоммуникационного оборудования – и прежние, и новые – предусматривают интерфейсы OKC7 в различных IP-серверах, так что эти серверы могут на основе IP-протокола устанавливать связь с узлами управления услугами и с базами данных интеллектуальной сети, а также устанавливать соединения пользователей. Однако перекося в эту сторону порождает проблему перегрузки в сетях OKC7. Телефонные операторы, которые строят свои интеллектуальные сети, рассчитывают, что они будут единственными пользователями сети OKC7. Однако при наличии многих операторов все они вместе могут одновременно передавать в эту сеть такую нагрузку, которая захлестнет узлы IN. Это может стать стихийным бедствием не только для пользователей услугами IN, но и для остальных абонентов сетей общего пользования, поскольку сеть OKC7 обслуживает все вызовы. Причиной такого бедствия могут стать, например, заявки на пересчет номера в случаях, когда соответствующая IN-услуга не активизирована, и информация о номере по сети не передается. В результате возникнет бесполезная нагрузка, поскольку коммутационные узлы будут пытаться определить, куда им следует маршрутизировать вызовы. Развитие IP-телефонии придаст этой тенденции еще большее ускорение, поскольку выбор маршрутизаторов для пересылки пакетов IP-телефонии тоже основывается на запросе данных, необходимых для маршрутизации.

Поиск консенсуса для этих двух тенденций, а также весьма слабо удовлетворяемая потребность в удобном биллинге и в гарантированном сквозном качестве обслуживания (QoS), стимулируют все более активные исследования в направлении IN + IP. Более того, новые IP-сети, будь то Интернет, Интранет, Экстранет, корпоратив-

ная или частная сеть передачи данных, будут отражать разделение функций, присущее интеллектуальной сети, распространяя это разделение и на такие функции как маршрутизация и ремаршрутизация, управление полосой пропускания и конфиденциальность, административное управление сетью и выбор услуг, ориентированных на конкретного заказчика.

Первый наблюдаемый сегодня этап конвергенции сетей IN и IP – проектирование в контексте Интернет наиболее перспективных и доходных IN-услуг, которые в подавляющем большинстве случаев достаточно быстро окупаются. При этом проводится интеграция новых и существующих услуг с современной инфраструктурой услуг Интернет, а также планируется, что IN будет функционировать как центральная интеллектуальная платформа для интегрированной сети передачи речи и данных.

Совместными усилиями ТФОП и Интернет реализуется услуга *Internet call waiting (ICW)*, обеспечивающая телефонный вызов пользователя, занятого сеансом с Интернет. Получив извещение о телефонном вызове, пользователь имеет возможность приостановить сеанс с Интернет и либо ответить на этот вызов, либо переадресовать его на другую линию или к почтовому ящику и т.п. Еще одним примером услуг того же класса является услуга *click-to-dial (C2D)*, дающая пользователю возможность во время сеанса с Интернет произвести исходящий телефонный вызов путем активизации пиктограммы на экране компьютера. Особенно эффективное использование этой услуги связано с возможностью вызвать телефонного оператора той компании, которая интересует пользователя, просто нажав на указатель на Web-странице этой компании.

Ее модификация известна как услуга *запроса из Интернет обратного телефонного вызова (click-to-dial-back)* и позволяет пользователю, находящемуся в Интернет, запрашивать телефонное соединение с другим абонентом, устанавливаемое через ТФОП. Как и в некоторых других приведенных выше примерах гибридных (ТФОП/Интернет) услуг, важным предварительным условием является то, что пользователь услугой должен иметь как телефонный доступ к ТФОП (через телефонный аппарат), так и доступ к Интернет (через PC). Типичное применение такой услуги – т.н. онлайн-шоппинг (*online shopping*), или Интернет-магазин: пользователь, просматривающий онлайн-каталог товаров, щелкает мышью на кнопке, инициируя при этом запрос телефонного вызова к нему от представителя службы сбыта данного Интернет-магазина. Следует отметить, что, как и в случае с рассмотренными выше услугами Freephone из списка CS-1, здесь могут быть реализованы гибкие опции оплаты услуги, а также маршрутизация вызова в зависимости от времени суток, дня недели, наличия незанятых операторов на разных объектах и т.д.

Рассмотрим работу услуги click-to-call-back подробнее (рис. 11.9). Пользователь А хочет, чтобы с ним связался по телефону оператор службы сбыта того Интернет-магазина, Web-страницу которого он в настоящее время просматривает, и щелкает мышью на соответствующей кнопке. Предполагается, что А зарегистрирован у поставщика услуги и, таким образом, может быть должным образом аутентифицирован. Сеть Интернет передает полученный от А запрос на Web-сервер (В), который формирует соответствующий запрос к SCP (или SN) интеллектуальной сети (С). В результате выполнения логики услуги в SCP и под воздействием его команды соответствующему SSP последний сначала создает соединение с оператором службы сбыта F (участок 1), затем – соединение с пользователем А (участок 2) и, наконец, объединяет эти два участка в двустороннюю связь между А и F. При этом узел SMP отвечает за передачу в SCP логики услуги, созданной в среде SCE, и на Web-сервер – параметров, относящихся к этой услуге. Услугу click-to-call-back можно затем дополнить до полноценной функции Call-центра. Узел SN может, например, выбирать оператора F в зависимости от времени суток, дня недели, доступности оператора, его нагрузки по сравнению с нагрузкой других не занятых в данный момент операторов службы и т.д. Информация об опыте реализации этой услуги приведена в RFC 2458.

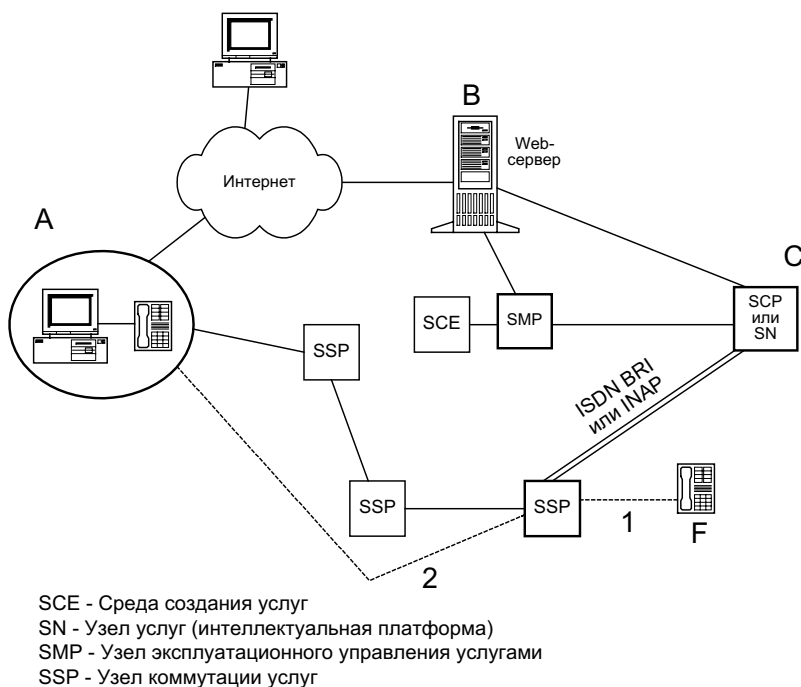


Рис. 11.9. Услуга click-to-call-back

Когда услуга click-to-call-back реализована, ее можно творчески развивать практически безгранично. Начнем с того, что пользователи могут, регистрируясь на Web-узле, указывать, какие группы товаров их интересуют. Таким образом, могут создаваться файлы параметров, описывающие профили пользователей, а с помощью SMP эти файлы-профили могут рассылаться на все SN и SCP сети. Далее, услуга может предусматривать предоставление Web-сервером ее интерактивной видео-презентации, которая может быть синхронизирована с аудио-презентацией, предоставляемой специализированным ресурсом интеллектуальной платформы. По окончании презентации интеллектуальная платформа будет создавать вызов обычным для услуги click-to-call-back путем.

Услуга *Internet customer profile management ICPM* позволяет управлять профилем услуги интеллектуальной сети с персонального компьютера прямо из Web-страницы. В настоящее время пользователь услуги IN может управлять ее профилем при помощи сигналов DTMF или с помощью оператора, что гораздо менее удобно.

Услуга *второй виртуальной линии VSL (virtual second line)* позволяет пользователю ответить на входящий телефонный вызов, не прерывая сеанса связи с Интернет. Для этого может быть использован специальный шлюз, преобразующий речевой сигнал в поток передачи речи к терминалу пользователя по протоколу VoIP (Voice over IP). Реализация этой услуги представлена на рис. 11.10.

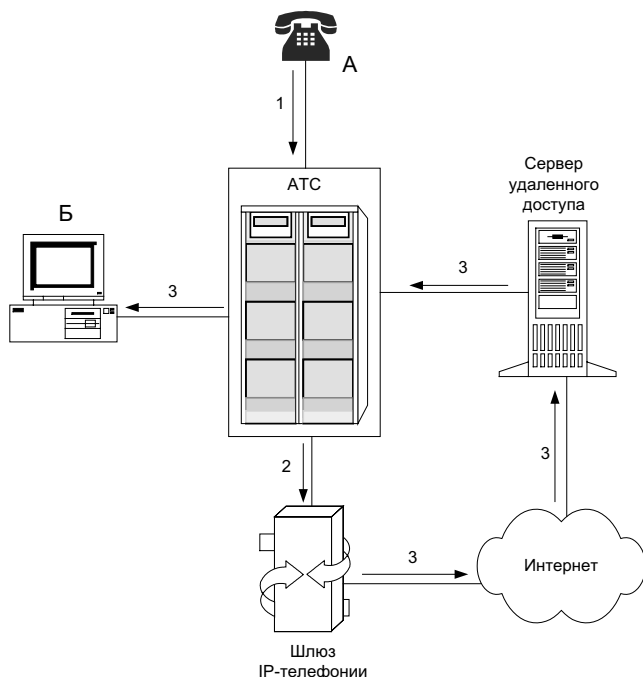


Рис. 11.10. Услуга virtual second line

Пусть пользователь Б заказал себе услугу второй виртуальной линии. С точки зрения АТС она представляет собой услугу переадресации вызова к шлюзу IP-телефонии, когда вызываемый абонент занят. Если абонент А звонит занятому абоненту Б (маршрут 1), то АТС, согласно логике услуги, переадресует вызов к шлюзу (маршрут 2), который определяет Интернет-адрес пользователя Б, а затем переправляет вызов средствами IP-телефонии к РС пользователя Б (маршрут 3). На экране этого РС появляется уведомление о входящем телефонном вызове, и затем происходит телефонный разговор.

Услуга *запрос факсимильной связи из Интернет (click-to-fax)* позволяет пользователю запрашивать из сети Интернет (через IP-хост) передачу факсимильного сообщения по указанному номеру. Эта услуга особенно привлекательна в тех случаях, когда сообщение нужно послать лицу, у которого есть факсимильный аппарат, но нет доступа к Интернет. Рассмотрим в качестве примера сценарий, когда пользователь Интернет бронирует место в одной из гостиниц на пляжах Флориды, пользуясь Web-страницей московского турагентства, содержащей информацию о гостиницах в основных крупных городах мира. Предположим, что та гостиница в Майами, которую выбрал пользователь, не имеет доступа к Интернет, но имеет факсимильный аппарат. Пользователь заполняет бланк заказа места в гостинице и затем щелкает мышью на кнопке для отправления заполненного бланка поставщику услуги. Оборудование этого поставщика формирует запрос факсимильной связи и пересылает его вместе с бланком заказа на узел ТфОП. При получении запроса и приложенной к нему информации, ТфОП преобразует информацию в формат факсимильной связи и пересылает её в гостиницу во Флориде.

Еще одна услуга – *запрос из Интернет ответа по факсу (click-to-fax-back)* – позволяет пользователю, находящемуся в сети Интернет, запрашивать через IP-хост передачу ему факсимильного сообщения. Теперь клиент из предыдущего примера может запросить от гостиницы подтверждение, которое та передаст по факсу. Другое полезное применение этой услуги – случай, когда объем графической информации, который пользователь должен получить, настолько велик, что передача её к РС пользователя по Интернет заняла бы много времени и потребовала бы слишком большого объема дисковой памяти.

Услуга *получение Интернет-контента в речевой форме (voice-access-to-content)* дает возможность пользователю, находящемуся в Интернет, запросить определенную информацию из Интернет с передачей ее в речевой форме через ТфОП, используя в качестве устройства получения информации свой телефонный аппарат. Вариантом этой услуги является использование телефонного аппарата как для запроса информации из Интернет, так и для получения

этой информации. Другими словами, пользователь просит с телефонного аппарата, используя речевые команды, чтобы на его телефонный аппарат через ТфОП поступила в речевой форме определенная информация из Интернет. Наиболее перспективна эта услуга для абонентов сетей мобильной связи, т.к. они смогут совмещать управление автомобилем с *прослушиванием* Web-информации, что сопряжено с гораздо меньшим риском для жизни, чем получение информации *в цифровой форме* из Интернет.

Заметим, что слово *click* (щелчок мышью) в названиях этих услуг не следует понимать буквально и рассматривать как предписанный способ активизации услуг. Это слово используется для того, чтобы подчеркнуть тот факт, что инициирование рассматриваемых услуг происходит в сети Интернет, где наиболее распространенным действием пользователя является наведение стрелки мышью на объект с последующим щелчком кнопкой мыши.

Во встречном направлении, ТфОП с помощью IN может немало сделать для IP. Сегодня роль оператора местной телефонной сети сводится, в большинстве случаев, к организации коммутируемой связи между пользователем и Интернет-поставщиком (ISP). Услуги IN могут помочь оператору местной телефонной сети оптимизировать доступ к Интернет-поставщику, организовать для таких соединений альтернативный биллинг, предоставить универсальный номер для всех ISP Point of Presence (IPoP), организовать бесплатные вызовы Freephone, предоплаченные вызовы Prepaid calling и т.п. В полном соответствии с правилом «помогая другим, поможешь и себе» местная телефонная сеть может не только повысить свои доходы за счет предоставления IN-услуг для доступа пользователей к Интернет, но и уменьшить расходы путем наискорейшего отвода IP-трафика из своей сети к Интернет-поставщику.

Внедрение услуг на основе IP-протокола означает, что потребуются сведенные вместе IN-услуги передачи речи и передачи данных. Один аспект этого состоит в том, что IN-услуги перестанут быть такими, что запрос к IN-серверу создается только при вызове, обслуживание которого требует обращения к IN. Приложения передачи данных, функционирующие в системах типа клиент/сервер, часто требуют выполнения тех же действий для каждого вызова или сеанса связи и предъявляют высокие требования к существующим системам ОКС7/IN, а генерирующее эти запросы программное обеспечение часто имеет более высокий уровень взаимодействия, чем сигнализация, связанная с телефонным вызовом. Со временем разница между этими двумя типами IN-приложений будет исчезать, но сегодняшние платформы IN, ориентированные на речевой трафик с коммутацией каналов, могут встретить весьма серьезные трудности при обслуживании трафика передачи данных и пакетов, а также объединенного трафика.

Примерная сетевая структура, иллюстрирующая конвергенцию IN/ТфОП и IP-сети, представлена на рис. 11.11. Из сказанного выше вытекает целесообразность организации доступа к услугам IN из коммутационных узлов мобильных сетей и/или из конечных точек IP-сетей, аналогичного доступу из узлов коммутации услуг (SSP) обычных ТфОП. В первую очередь, это относится к организации триггерных точек в процессе обработки вызова с передачей/приемом в этих точках сигналов, нужных для последующей маршрутизации, а также к организации доступа к IN-услугам, предоставляемым сетевыми компонентами типа SCP.

Отметим некоторые другие аспекты представленной на рис. 11.11 конвергенции ТфОП/IN и IP. Подключение ТфОП/ISDN к IP с использованием первичного доступа PRI ISDN зачастую обходится гораздо дороже, чем подключение с применением широко используемого сегодня операторами связи протокола сигнализации ОКС7. Для снижения расходов лучше всего подключать сеть IP к сети PSTN/ISDN через сервер удаленного доступа RAS, управляемый по протоколу MGCP. При этом целесообразно иметь не показанный на рис. 11.11 шлюз сигнализации.

И еще один аспект. При взаимодействии абонентов сети ТфОП/IN с абонентами IP-сетей, использующих протокол H.323/SIP, трудно воспользоваться всеми возможностями современных речевых услуг из-за того, что совсем не просто решаются задачи взаимодействия систем сигнализации и адресации. Проблема преобразования адресов из стандарта E.164 в IP и обратно сформулирована в книге Н.С.Мардера [118]. Одно из возможных ее решений – использование на границе сети ТфОП транспортных шлюзов для преобразования сигнализации ОКС7 в H.323/SIP и наоборот. Поддержка протоколов H.323/SIP, ОКС7 и IN, предусмотренная в контроллере транспортных шлюзов, открывает доступ к большинству речевых услуг, включая Premium Rate, виртуальные выделенные сети, Центрекс, завершение телефонного вызова в случае занятости или отсутствия вызываемого абонента, идентификацию вызывающего абонента и многие другие.

Возможности IP-телефонии расширяют концепцию IN, изначально созданную для ТфОП, и позволяют реализовать, одинаково легко для телефонного аппарата, мобильного терминала и РС, доступ к услугам, которые могут разворачиваться одинаково просто в телефонных сетях и в сетях данных, предлагая пользователю одинаковые возможности вне зависимости от того, какой из этих сетей он принадлежит, и сочетая передачу речи и данных, т.е. объединяя преимущества обоих миров.

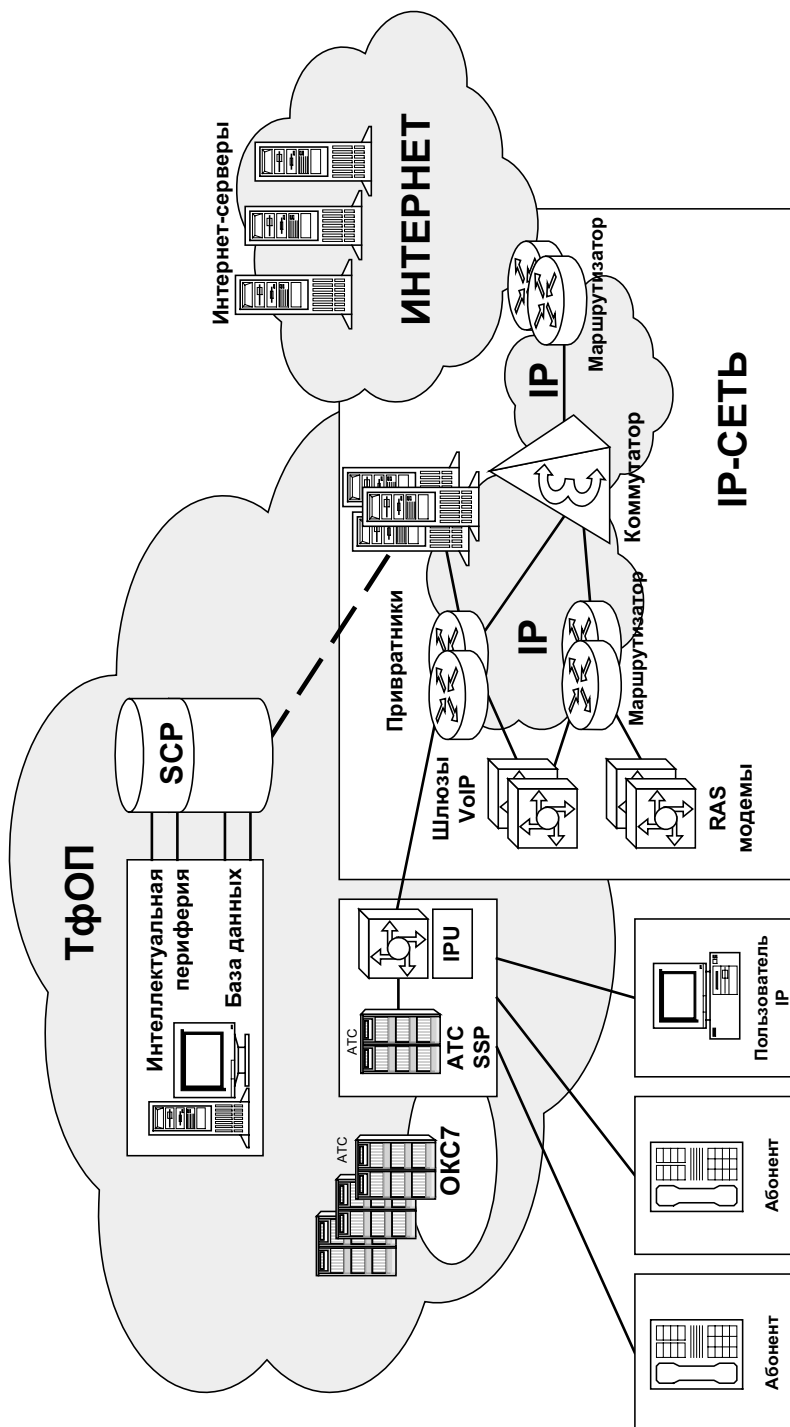


Рис. 11.11. Конвергенция IN и IP

Уже сегодня становится все менее и менее принципиальной разница между услугами интеллектуальной сети, управляемыми пользователем с помощью телефонного аппарата и сигнализации DTMF, и услугами IP-сетей, доставляющих пользователю от соответствующих Web-серверов с помощью протоколов TCP/IP информацию в форме HTML (HyperText Markup Language) или Java-апплеты. И независимо от того, где расположен интеллект – в центре сети или на ее краях, – объединенные в процессе конвергенции функциональные возможности сетей IN и IP позволят наиболее эффективно организовать управление как услугами, уже внедренными или готовыми к внедрению, так и совсем новыми услугами, которые еще только будут придуманы в результате общих усилий специалистов новой индустрии инфокоммуникаций.

Вместо заключения

Для иллюстрации дальнейшего развития автоматической коммутации полезно привести одну притчу, которую любил рассказывать Николай Константинович Рерих. Однажды индийский падишах Акбар провел на земле линию (рис. 1, а) и задал своему мудрому советнику Бирбалу неразрешимую, на первый взгляд, задачу: укоротить линию, не прикасаясь к ней. Не говоря ни слова, Бирбал провел рядом гораздо более длинную линию (рис. 1, б) – и начертанная Акбаром линия оказалась короче.

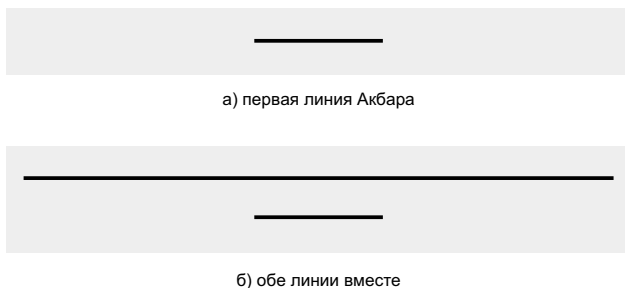


Рис. 1. Линии Акбара и Бирбала

Точно в такой же ситуации спустя пять веков оказалась и составляющая предмет этой книги автоматическая коммутация каналов. Представленная в верхней части рис. 2 кривая показывает, что сегодня количество абонентов ТфОП уже достигло 1 миллиарда. Но впечатление от этого числа сильно уменьшают продемонстрированным Бирбалом способом кривые роста количества пользователей мобильными сетями связи и сетью Интернет.

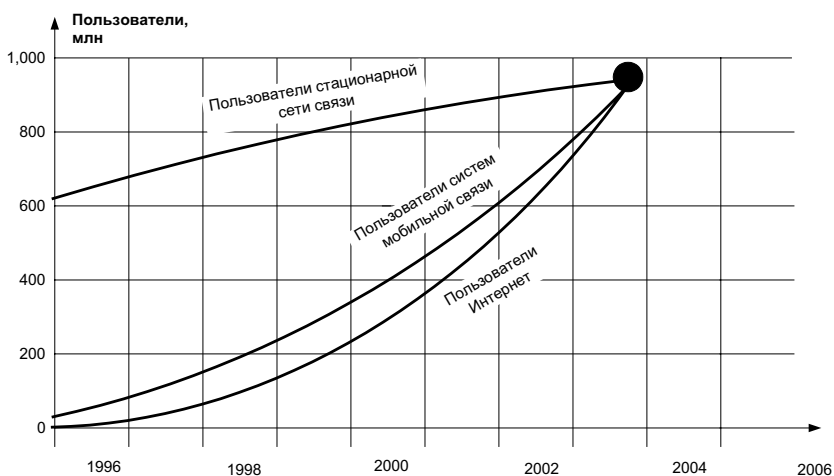


Рис. 2. Рост общемировой численности пользователей услугами связи

Именно в этих кривых и заключается причина конвергенции сетей и услуг связи. Узлы коммутации речевой информации (АТС) используются для доступа к услугам передачи данных, а узлы передачи данных (Интернет) используются для телефонной связи. Конвергенция речи и данных обусловила радикальное изменение инфраструктуры современных инфокоммуникаций от сетей с коммутацией каналов к сетям с коммутацией пакетов, повлекла за собой стремительное увеличение ее пропускной способности, превратила привычную и инерционную транспортную сеть в некий конвейер, базирующийся на спектральном оптическом мультиплексировании и на других технологиях-посредниках. Привычная электронная коммутация и маршрутизация, выполняемая расположенными в центре сети коммутационными узлами и станциями, постепенно устаревает, и ей на смену приходит прозрачная оптическая лямбда-коммутация и маршрутизация.

В этих условиях эффективность современных АТС будет напрямую зависеть от разработки новых систем сигнализации, алгоритмов и протоколов, обсуждавшихся в главе 8, от контроля качества обслуживания QoS и координации телекоммуникационных ресурсов для поддержки этого QoS, от новых приложений и услуг инфо-телекоммуникаций, кратко перечисленных в главе 11, а также от ряда других рассмотренных в книге факторов. Когда всё это будет широко применяться, коммутационные узлы и станции выйдут за представимые сегодня рамки сложности и будут развиваться в четырех направлениях, представленных на рис. 6.26 главы 6, новыми удивительными способами, которые, хочется верить, станут предметом следующих учебников по системам коммутации.

Приведенные в этой книге соображения напоминают известный со школьной скамьи принцип спирального развития и позволяют по-новому взглянуть на автоматическую коммутацию на очередном витке спирали развития инфокоммуникаций. Именно новый подход к АТС, вместе с оборудованием доступа, интеллектуальной сетью и другими рассмотренными выше вопросами, позволяет, по мнению автора, компенсировать грядущее уменьшение роли телефонной сети общего пользования, сети, остающейся и сегодня самой сложной из созданных Человечеством технических систем, и послужить своего рода мостом, соединяющим все три отображенные на рис. 2 сети, инструментом конвергенции различных сетевых технологий и их объединения в новую триединую сеть следующего поколения. Впрочем, в истории уже был другой пример подобного рода, гораздо более значительный...

Литература

1. Аваков Р.А., Гольденберг Л.М., Игнатъев В.О. Электронные управляющие машины. — М.: Связь, 1979.
2. Аваков Р.А., Кооп М.Ф., Лившиц Б.С., Подвидз М.М. Городские координатные автоматические телефонные станции и подстанции. — М.: Связь, 1971.
3. Аваков Р.А., Шилов О.С., Исаев В.И. Основы автоматической коммутации. Учебник для вузов. — М.: Радио и связь, 1981.
4. Автоматическая коммутация и телефония. Ч.1 и Ч.2. Под ред. Г.Б. Метельского. — М.: Связь, 1968, 1969.
5. Автоматическая коммутация. Учебник для вузов. Под ред. О.Н. Ивановой. — М.: Радио и связь, 1988.
6. Автоматическая междугородная и сельская телефонная связь. Под ред. Е.А. Зайончковского. — М.: Связь, 1976.
7. Автоматические системы коммутации. Учебник для вузов. Иванова О.Н., Копп М.Ф., Коханова З.С., Метельский Г.Б. Под ред. О.Н. Ивановой. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Связь, 1978.
8. Аджемов С.А., Мисуловин Л.Я., Париков В.П. Интегральная квазиэлектронная аналого-цифровая система связи ИКЭ АЦСС. Ч.1. Принципы построения ИКЭ АЦСС // Электросвязь. — 1975. — №10.
9. Апостолова Н.А., Воробьева В.А. Программное обеспечение АТСЦ-90: перспективы развития // Электросвязь. — 1995. — №4.
10. Апостолова Н.А., Гольдштейн Б.С., Зайдман Р.А. О программметрическом подходе к оценкам качества программного обеспечения // Программирование. — 1998. — №9.
11. Бабицкий И.А. К расчету ступенчатого включения на АТС. — М.: Связьиздат, 1956.
12. Бакланов И.Г. ISDN и FRAME RELAY: технология и практика измерений. — М.: Эко-Трендз, 1999.
13. Баркун М.А., Ходасевич О.Р. Цифровые системы синхронной коммутации. — М.: Эко-Трендз, 2001.
14. Башарин Г.П., Харкевич А.Д., Шнепс М.А. Массовое обслуживание в телефонии. — М.: Наука, 1968.
15. Безир Х. Цифровая коммутация. — М.: Радио и связь, 1984.
16. Берглунд С. Новые системы АТС. — М.: Связьиздат, 1956.
17. Берлин Б.З., Брискер А.С., Васильева Л.С. и др. Городская телефонная связь. Справочник. — М.: Радио и связь, 1987.
18. Бернштейн С.С. К анализу алгоритма АТС // Сб. Трудов НИИТС. — 1963. — №12.
19. Блох Э.Л., Зяблов В.В. Линейные каскадные коды. — М.: Наука, 1982.

20. Блэк Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы. — М.: Мир, 1990.
21. Боккер П. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятия, методы, системы. Пер. с нем. — М.: Радио и связь, 1991.
22. Булгак В.Б., Варакин Л.Е., Ивашкевич Ю.К., Москвитин В.Д., Осипов В.Г. Концепция развития связи Российской Федерации. — М.: Радио и связь, 1995.
23. Бухгейм Л.Э., Максимов Г.З., Пшеничников А.П. Автоматическая сельская телефонная связь. — М.: Связь, 1976.
24. Вемян Г.В. Качество телефонной передачи и его оценка. — М.: Связь, 1970.
25. Витенберг М.И. Расчет телефонных и кодовых реле. — Госэнергоиздат, 1947.
26. Вознесенский Б.Н. и др. Аппаратура полуавтоматической междугородной телефонной связи. — Связьиздат, 1958.
27. Войнаровский П.Д. Теоретическое и практическое руководство по телефонии. — С-Петербург, 1898.
28. Волков В.М., Дюфур С.Л., Корогодская Р.Л., Новиков В.А. Телефония. — М.: Транспорт, 1967.
29. Волков В.М., Лебединский А.К., Павловский А.А., Юркин Ю.В. Автоматическая телефонная связь на железнодорожном транспорте. Под ред. В.М. Волкова. — М.: Транспорт, 1996.
30. Володин А. Записывайте разговоры // Мир связи Connect. — 1997. — №9.
31. Гантер Р. Методы управления проектированием программного обеспечения. Пер. с англ. Под ред. Е.К. Масловского. — М.: Мир, 1981.
32. Гейтс Билл. Дорога в будущее. Пер. с англ. — М.: Издательский отдел «Русская Редакция». ТОО «Channel Trading Ltd.», 1996.
33. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов. — М.: Физматгиз, 1962.
34. Говорков В.А. Основы техники автоматической телефонии. Ч. I и II. — Связьтехиздат, 1947.
35. Голубев А.Н. Создание АТСЦ-90 – главное направление развития отечественной коммутационной техники. Стратегия развития комплекса // Вестник связи. — 1993. — №9.
36. Голубицкий П.М. Служба телефонов на фабриках и заводах. — Москва, 1884.
37. Голубцов И.Е., Сасонко С.М. Нормы затухания на местных телефонных сетях. — М.: Связь, 1965.
38. Гольденберг Л.М., Бутыльский Ю.Т., Поляк М.Н. Цифровые устройства на интегральных схемах в технике связи. — М.: Связь, 1979.
39. Гольдин Я.М. Статистический метод оценки качества работы ГТС средней емкости // Электросвязь. — 1976. — №8.

40. Гольдштейн А.Б. Устройства управления мультисервисными сетями Softswitch. // Вестник связи. — 2002. — №4.
41. Гольдштейн Б.С. Э(Ре)волюция коммутационной техники // Вестник связи. — 2002. — №11.
42. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи. Том 1. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 2001.
43. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети абонентского доступа. Том 2. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 2002.
44. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Стек протоколов ОКС7. Подсистема МТР. Справочник. — М.: Радио и связь, 2003.
45. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Стек протоколов ОКС7. Подсистема ISUP. Справочник. — СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2003.
46. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети. — М.: Радио и связь, 2000.
47. Гольдштейн Б.С. Об оптимальном приоритетном обслуживании в программном обеспечении ЭАТС. — в сб. «Системы управления сетями». — М.: Наука, 1980.
48. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Кадыков В.Б., Рерле Р.Д. Интерфейсы V5.1 и V5.2. Справочник. — СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2003.
49. Гольдштейн Б.С., Панкратов Ю.В., Кисленко Л.С. О сертификатах и лицензиях информирует СОТСБИ // Вестник связи. — 1996. — №5.
50. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. — М.: Радио и связь, 2001.
51. Гольдштейн Б.С., Фрейнкман В.А. Call-центры и компьютерная телефония. — СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2002.
52. Гольдштейн Б.С., Голышко А.В., Шнепс-Шнеппе М.А., Яновский Г.Г. Коммутационное E1 – гелие. // Вестник связи. — 2001. — №12.
53. Гольштейн Л.М., Сасонко С.М. Организация междугородной связи на местных телефонных сетях. — М.: Связь, 1976.
54. ГОСТ 28704-90. Единая система средств коммутационной техники. Термины и определения.
55. ГОСТ 28449-90. Станции автоматические телефонные. Общие требования по взаимодействию электронных автоматических телефонных станций с координатными.
56. ГОСТ 7153-85. Аппараты телефонные общего применения.
57. Григорьев Г.Л. Вопросы совместной работы городских АТС разных систем. — Связьтехиздат, 1961
58. Гюнтер И., Сиверс М. Цифровая связь. Техника и организация. — СПб.: Издательство Электротехнического института связи им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 1993.
59. Давыдов Г.Б., Рогинский В.Н., Толчан А.Я. Сети электросвязи. — М.: Связь, 1977.

60. Делтон Хорн. Усовершенствуй свой телефон. Пер. с англ. А. Ковеля. Под ред. А. Молодяну. — М.: Бином, 1995.
61. Денисьева О.М., Мирошников Д.Г. Средства связи для последней мили. — М.: Наука, 1992.
62. Дженнингс Ф. Практическая передача данных: модемы, сети и протоколы. — М.: Мир, 1989.
63. Дмошинский Г.М., Серегин А.В. Телекоммуникационные сети в России. — М.: Архитектура и строительство в России, 1993.
64. Добрушин Р.Л. Общая формулировка основных теорем Шеннона. Успехи математических наук., т.14, вып. 6, 1959.
65. Долотов Д.В., Фрейнкман В.А. Развитие услуг ISDN на БСР России. // Вестник связи. -1999. — №1.
66. Дубровский Е.П. Абонентские устройства ГТС. — М.: Радио и связь, 1986.
67. Дэвис Д., Барбер Д., Прайс У., Соломонидес С. Вычислительные сети и сетевые протоколы. Пер. с англ. Под ред. С.И. Самойленко. — М.: Мир, 1982.
68. Дюфур С.Л., Лутов М.Ф., Скребов Д.Д. Координатные АТС железнодорожного транспорта. — М.: Транспорт, 1971.
69. Ерохин А.В. Дистанционное техническое обслуживание коммутационного оборудования АТСЦ-90 // Электросвязь. — 1997. — №4.
70. Ершов А. Коммутация на интегральной цифровой сети связи. — М.: Связь, 1978.
71. Жданов И.М. Способы построения межстанционных связей городских АТС. — Л.: ЛЭИС, 1972.
72. Жданов И.М., Кучерявый Е.И. Построение городских телефонных сетей. — М.: Связь, 1972.
73. Захаров Г.П. Методы исследования сетей передачи данных. — М.: Радио и связь, 1982.
74. Захаров Г.П., Симонов М.В., Яновский Г.Г. Службы и архитектура широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания. Электронные знания, ТЭК. т.42. — М.: Эко-Трендз, 1993.
75. Зелях Э.В. К теории рабочего затухания // Электросвязь. — 1941. — №1.
76. Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Коржик В.И., Назаров М.В. Теория электрической связи: Учебник для вузов. Под ред. Д.Д. Кловского. — М.: Радио и связь, 1998.
77. Иванова О.Н. Электронная коммутация и элементы программирования в автоматической телефонии. — Связьиздат, 1963.
78. Иванова О.Н. Электронная коммутация. — М.: Связь, 1971.
79. Иванова О.Н., Лазарев В.Г., Пийль Е.И. Синтез электронных схем дискретного действия. — М.: Связь, 1963.
80. Иванова О.Н., Попова А.Г., Соловой Ю.В. Управляющие устройства квазиэлектронных коммутационных систем. — М.: Связь, 1975.

81. Игнатьев В.О., Алексеев Б.Е., Росников Б.В. Программное обеспечение АТС. — М.: Радио и связь, 1981.
82. Иносэ Х. Интегральные цифровые сети связи: Введение в теорию и практику. Пер. с англ. Под ред. В.И. Неймана. — М.: Мир, 1982.
83. Кармазов М.Г. Автоматическая телефония. — М.: Связьиздат, 1947.
84. Кармазов М.Г. Автоматические телефонные станции машинной системы завода «Красная Заря». — М.: Связьтехиздат, 1936.
85. Китаев Е.В. Телефония. Основы телефонии и телефонные станции ручного обслуживания. — М.: Связьиздат, 1958.
86. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. Пер. с англ. Под ред. Б.С. Цыбакова. — М.: Мир, 1979.
87. Кобленц Я.Г. Бесконтактные способы телефонной коммутации (Лекция по технике связи). — М.: Связьиздат, 1957.
88. Колмогоров А.Н. Теория передачи информации. Сборник. Сессия АН СССР по научным проблемам автоматизации производства. 1956. — М.: Изд-во АН СССР, 1957.
89. Копп М.Ф. Автоматические телефонные станции декадно-шаговой системы завода «Красная Заря»(ГАТС-47). — Одесса, 1949.
90. Копп М.Ф., Харкевич А.Д. Задачник по автоматической телефонии. — М.: Связьиздат, 1952.
91. Коржик В.И., Финк Л.М. Помехоустойчивое кодирование дискретных сообщений в каналах со случайной структурой. — М.: Связь, 1975.
92. Корнев Н.А. TMN: надежда и реальность альтернативных подходов // Вестник связи. — 2000. — №4.
93. Корнышев Ю.Н., Романцов В.М., Стовбун Г.В. Сигнализация на телефонных сетях. Под общей редакцией Ю.Н.Корнышева. — Одесса, 1996.
94. Корнышев Ю.Н., Фань Г.Л. Теория распределения информации. — М.: Радио и связь, 1985.
95. Котельников В.А. О пропускной способности «эфира» и проволоки в электросвязи. Всесоюзный энергетический комитет. Материалы к I-му Всесоюзному съезду по вопросам реконструирования дела связи и развития слаботочной промышленности. — М.: Изд. ред. Упр. связи РККА, 1933.
96. Кох Р., Яновский Г.Г. Эволюция и конвергенция в электросвязи. — М.: Радио и связь, 2001.
97. Критский М. Телефонное дело. — С-Петербург, 1909.
98. Крупнов А.Е. Современные телекоммуникационные технологии и услуги в России на рубеже XXI века // Мир связи Connect. — 1997. — №3.

99. Крупнов А.Е., Соколов Н.А. Новые телекоммуникационные технологии в отрасли связи // Электросвязь. — 1995. — №11.
100. Крютгоф Я. И, Горторг М. Механо-электронная система АТС. — М.: Связьиздат, 1956.
101. Кухарчук А.Г., Струтинский Л.А. Особенности структуры управляющего комплекса для системы коммутации. В кн.: Операционные системы комплексов ЭЦВМ. — Киев, Изд. АН УССР, 1972.
102. Кучерявый А.Е. Функциональная архитектура систем коммутации 90-х годов // Электросвязь. — 1996. — №9.
103. Лагутин В.С., Степанов С.Н. Телетрафик мультисервисных сетей связи. — М.: Радио и связь, 2000.
104. Лазарев В.Г. Интеллектуальные цифровые сети. — М.: Радио и связь, 1996.
105. Лазарев В.Г., Пийль Е.И., Турута Е.Н. Программное управление на узлах коммутации. — М.: Связь, 1978.
106. Лазарев В.Г., Саввин Г.Г. Сети связи. Управление и коммутация. — М.: Связь, 1973.
107. Левин Б.Р. Теория случайных процессов и ее применение в радиотехнике. — М.: Советское радио, 1957.
108. Левин Л.С., Плоткин М.А. Цифровые системы передачи информации. — М.: Радио и связь, 1982.
109. Лезерсон В.К. Связь АТС-47 с междугородной и учрежденческими ТС. — М.: Связьтехиздат, 1953.
110. Лившиц Б.С., Мамонтова Н.П., Иванова О.Н. Классификация систем коммутации телефонных каналов. — М.: Связь, 1976.
111. Лившиц Б.С., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. — М.: Связь, 1979.
112. Лившиц Б.С., Фидлин Я.В. Системы массового обслуживания с конечным числом источников. — М.: Связь, 1968.
113. Лившиц Б.С., Ханин Г.Б., Семенов И.И. Сельские автоматические телефонные станции. — М.: Связь, 1975.
114. Лийк Р.Б., Ройтенбург Е.М. Автоматическая телефонная станция декадно-шаговой системы АТС-54. — М.: Связьиздат, 1959.
115. Лутов М.Ф. Дополнительные виды услуг для абонентов современных АТС. — М.: Связь, 1979.
116. Лутов М.Ф., Жарков М.А., Юнаков П.А. Квазиэлектронные и электронные АТС. — М.: Радио и связь, 1982.
117. Максимов Г.З., Пшеничников А.П. Телефонная нагрузка местных сетей связи. — М.: Связь, 1976.
118. Мардер Н.С. Нумерация телефонной сети общего пользования Российской Федерации. — М.: ИРИАС, 2002.

119. Мартьянов Б.К. Телефонная коммутация. — М.: Связь, 1972.
120. Мархай Е.В., Рогинский В.Н., Харкевич А.Д. Автоматическая телефония. — М.: Связьиздат, 1950.
121. Матяшов А.Н. Совместная работа АТС Квант-Е и ПСЦ 1000/3000 // Вестник связи. — 1996. — №8.
122. Машбиц Г.Я. Структуры комплекса управляющих программ УК «Нева-1М». Сб. Института кибернетики АН УССР. Техническое и программное обеспечение систем реального времени. — Киев, АН УССР, 1980.
123. Мельников В.С. Частотное радиотелеграфирование. — М.: Связьиздат, 1951.
124. Метельский Г.Б. Координатные АТС. — М.: Связьиздат, 1961.
125. Морев В.Л., Булкин В.С., Мороз А.Л. Справочные и заказные службы с телефонным доступом. — М.: Радио и связь, 1987.
126. Нанс Бэрри. Компьютерные сети. Пер. с англ. — М.: Восточная книжная компания, 1996.
127. Нейман В.И. Техника автоматической коммутации для узлов распределения информации. В кн.: Итоги науки и техники. т5. Серия — Электросвязь. — М.: ВИНТИ, 1972.
128. Писаревский Н. Телефоны и практическое их применение. — С-Петербург, 1882.
129. Подбельский В.Н. Почта, телеграф и телефон в связи с социалистическим строительством. — М.: Госиздат, 1919.
130. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. — М.: Связьиздат, 1962.
131. Пономаренко А.А. Телефоны, АОНЫ, радиотелефоны. — М.: Наука и техника-Солон, 1995.
132. Прагер Э., Трайка Я. Электронные телефонные станции. — М.: Связь, 1976.
133. Принципы построения квазиэлектронных АТС малой емкости. Под ред. Л.Я. Мисуловина. — М.: Связь, 1970.
134. Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. — М.: Финансы и статистика, 1998.
135. Рабкин Л.И., Эпштейн Б.О., Васильев А.М. Матричный соединитель на запоминающих герконах (гезаконах). Сборник научных трудов ЦНИИС. Вып. 4. — Л.: Энергия, 1975.
136. Разроев Э. Инфокоммуникационный бизнес: управление, технологии, маркетинг, СПб., изд-во «Профессия», 2003.
137. Репин В.Г., Тартаковский Г.П. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация коммутационных систем. — М.: Советское радио, 1977.

138. Рогинский В.Н. Дальняя автоматическая телефонная связь. — Трансжелдориздат, 1951.
139. Рогинский В.Н. Михаил Филиппович Фрейденберг-изобретатель АТС // Известия Академии наук СССР. Отделение технических наук. — 1950. — №8.
140. Рубин М. и Холлер К. Коммутационные системы сетей связи. — М.: Связь, 1972.
141. Рудд Ч.А., Степанов С.А. Фонтанка 16 — Политический сыск при царях. — М.: Мысль, 1983.
142. Руководящий документ по общегосударственной системе автоматизированной телефонной связи (ОГСТФС). — М.: Прейскурантиздат, 1988.
143. Саммерс Ч., Дюнц Б. Высокоскоростное цифровое соединение с сетью Интернет. Пер. с англ. Б.В.Блохина. — М.: Радио и связь, 1998.
144. Система телефонной сигнализации по общему каналу. Под ред. М.Н. Стоянова. — М.: Связь, 1980.
145. Сифоров В.И. Наука об информации и ее проблемы. — М.: Радио и Связь, 1983.
146. Соболев О.А., Фань Гэн Линь. Электронная коммутация. — Л.: ЛЭИС, 1975.
147. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Построение сетей интегрального обслуживания. — Л.: Машиностроение, 1990.
148. Соколов Н.А. Телекоммуникационные сети. Монография в 4-х главах. Главы 1 и 2. — М: Альварес Пабблишинг, 2003.
149. Соколов Н.А. Эволюция местных телефонных сетей. — Пермь: ТОО «Типография «Книга», 1994.
150. Степанов С.Н. Численные методы расчета системы с повторными вызовами. — М.: Наука, 1983.
151. Суторихин Н.Б., Голомшток Л.В., Зарецкий К.А. Надежность электронных коммутационных узлов и станций. — М.: Радио и связь, 1981.
152. Телефонная система Е.И. Гвоздева. Издание Бунге и Ко. — С-Петербург, 1891.
153. Термины и определения по системам и услугам связи. Толковый словарь. М.: Радио и связь, 2000.
154. Титтель Э., Джеймс С., Пискителло Д., Пфайфер Л. ISDN просто и доступно. - М.: ЛОРИ, 1999.
155. Уэйн С. Берд. Анализаторы протоколов для территориальных сетей. // Сети и системы связи. — 1997. — №5.

156. Фаергеманд О. (Дания), Сарма А. (Германия), Гольдштейн Б.С. (Россия). SDL-92. Анализ современного состояния // Электросвязь. — 1995. — №9.
157. Фарафонов Л.С., Волкова К.И., Кобленц Я.Г., Ройтенберг Е.М. Автоматические телефонные станции декадно-шаговой системы (АТС-47). — М.: Связьиздат, 1951.
158. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. — М.: Советское радио, 1963; 2-е изд. — 1970.
159. Финклер И.Е. Телефонные аппараты и таксофоны. — М.: Связьиздат, 1950.
160. Флоренский П.А. У водоразделов мысли. т.2.- М.: 1990.
161. Харкевич А.А. Борьба с помехами. — М.: Физматгиз, 1964.
162. Харкевич А.А. Очерки общей теории связи. — М.: Гостехиздат, 1955.
163. Хвольсон О.Д. III Петербургская электротехническая выставка. — С-Петербург, 1909.
164. Хиллс М.Т. Принципы коммутации в электросвязи. — М.: Радио и связь, 1984.
165. Хиллс М.Т., Кано С. Программирование для электронных систем коммутации. Пер. с англ. Под ред. В.Г. Лазарева. — М.: Связь, 1980.
166. Хинчин А.Я. Об основных теоремах информации. Успехи математических наук. Т.11 — Вып.1, 1956.
167. Хохлов В.И. Возможности российской промышленности в создании оборудования связи // Электросвязь. — 1996. — №5.
168. Шарипов Ю.К., Кобляков В.К. Отечественные электронные АТС. — М.: Логос, 2002.
169. Шварц М. Сети связи. Протоколы. Моделирование и анализ. Ч.1, Ч.2. Пер. с англ. В.И. Неймана. — М.: Наука, 1992.
170. Шварцман В.О. Телематика. — М.: Радио и связь, 1993.
171. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. Пер. с англ. под ред. Н. А. Железнова. — М.: ИЛ, 1963.
172. Шнепс М.А. Системы распределения информации. Методы расчета (справочное пособие). — М.: Связь, 1979.
173. Шраер Ф.И. Аппаратура производственной и учрежденческой связи. — М.: Связь, 1978.
174. Штагер В.В. Электронные системы коммутации. — М.: Радио и связь, 1983.
175. Щербо В.К., Козлов В.А. Функциональные стандарты в открытых системах. Справочное пособие. — М.: Международный центр научной и технической информации, 1997.

176. Эллдин А., Линд Г. Основы теории телетрафика. — М.: Связь, 1972.
177. Яффе В.А. Некоторые вопросы разработки языка Ассемблер для специализированного управляющего комплекса. Сб. Института кибернетики АН УССР. Техническое и программное обеспечение систем реального времени. — Киев: АН УССР, 1980.
178. Bellamy J. Digital Telephony: 2nd Ed. John Wiley & Sons, 1991.
179. Black Uyless D. ISDN & SS7: Architecture for Digital Signaling Networks. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1997.
180. Black Uyless D. Physical layer and related protocols. IEEE Computer Society Press, 1996.
181. Bosse van John G. Signaling in Telecommunication Network. John Wiley & Sons, 1998.
182. Brooks John. Telephone: The First Hundred Years. New York: Harper and Row, 1976.
183. Burd Nick. The ISDN Subscriber Loop. London: Chapman & Hall, 1997.
184. Engineering and Operations in the Bell System. Prepared by Member of the Technical Staff and the Technical Publication Department AT&T Bell Laboratories; R.F. Rey, Technical Editor. New Jersey: AT&T Bell Laboratories, 1983.
185. ETS 300 011. Integrated Services Digital Network (ISDN), Primary Rate User-Network Interface – Layer 1 Specification and Test Principles. ETSI, 1991.
186. ETS 300 012. Integrated Services Digital Network (ISDN); Basic User-Network Interface Layer 1 Specification and Test Principles. ETSI, 1991.
187. ETS 300 102-1. Integrated Services Digital Network (ISDN); Basic User-Network interface layer 3. Specification for basic call control. ETSI, 1990.
188. ETS 300 324-1. Signaling Protocol and Switching (SPS); V Interfaces at the digital Local Exchange (LE), V5.1 Interface for the Support of Access Network (AN), Part 1: V5.1 Interface Specification. ETSI, 1994.
189. ETS 300 347-1. Signaling Protocol and Switching (SPS); V Interfaces at the digital Local Exchange (LE), V5.2 Interface for the Support of Access Network (AN), Part 1: V5.2 Interface Specification. ETSI, 1994.
190. Freeman R.L. Telecommunication System Engineering: 2nd Ed. New York: Wiley-Interscience, 1989.
191. Gillespie A. Access networks: technology and V5 interfacing. Artech House, Inc., 1997.
192. Goldstein B. Evolution of Telecommunication Protocols. BHV Press. 2002.

193. ITU-T Recommendation Q.512, Digital Exchange interfaces for subscriber access. Geneva, 1995.
194. ITU-T Recommendation Q.920 (I.440), ISDN User-Network Interface Data Link Layer. General Aspects. ITU-T Recommendation Q.921 (I.441), ISDN User-Network Interface. Data Link Layer Specification. Geneva, 1993.
195. ITU-T Recommendation Q.930 (I.450), ISDN User-Network Interface Layer 3 – General Aspects. ITU-T Recommendation Q.931 (I.451) ISDN User-Network Interface Layer 3 Specifications for Basic Call Control. ITU-T Recommendation Q.932, Generic Procedures for the Control of ISDN Supplementary Services. Geneva, 1993.
196. Kessler Garry C., Southwick Peter V. ISDN concepts, facilities and services: 3rd Ed. McCaw Hill, 1996.
197. Manterfield R.J. Common-Channel Signaling. London: Peter Peregrinus Ltd., 1991.
198. Pearce J. Gordon. Telecommunications Switching. New York and London: Plenum Press, 1994.
199. Reeve W.D. Subscriber Loop Signaling and Transmission Handbook: Analog. New York: IEEE Press, IEEE, 1992.
200. Thompson R. Telephone Switching Systems. Artech House. Boston. — 2000.

Глоссарий

АЛ	Абонентская линия
АМТС	Автоматическая междугородная телефонная станция
АОН	Автоматическое определение номера
АТС	Автоматическая телефонная станция
АТС-ДШ	Автоматическая телефонная станция декадно-шаговая
АТСК	Автоматическая телефонная станция координатная
АТСК-У	Автоматическая телефонная станция координатная усовершенствованная

Внутриполосная сигнализация

Сигнализация в полосе частот индивидуального канала системы передачи

ВШК	Входящий шнуровой комплект
ВШКМ	Входящий шнуровой комплект междугородной связи
ГИ	Групповой искатель; ступень группового искания

Глобальный адрес

Последовательность символов и/или цифр, содержащая в себе информацию, которая идентифицирует географический пункт, сеть связи, узел сети и собственно адресата. Используется подсистемой SCCP (ОКС7) для вычисления кода пункта сигнализации в сети ОКС7 и идентификатора подсистемы в этом пункте

ГТС	Городская телефонная сеть
ДШИ	Декадно-шаговый искатель
ЗСЛ	Заказно-соединительная линия
ИКМ	Импульсно-кодовая модуляция

Интерфейс Общая граница двух устройств или сред, определяемая физическими и логическими характеристиками

ИШК	Исходящий шнуровой комплект
ИШКТ	Исходящий шнуровой комплект таксофонный
КЭАТС	Квазиэлектронная АТС

ЛИ Линейный искатель; ступень линейного искания

ЛОНИИС Ленинградский отраслевой научно-исследовательский институт связи

Маршрут Последовательность узлов сети, через которые проходит соединение или передаются блоки данных от отправителя к получателю

Маршрутная этикетка

Часть поля сигнальной информации (SIF) в MSU (MTP ОКС7), содержащая код пункта назначения (DPC), код исходящего пункта (OPC) и селектор сигнального звена (SLS)

МГС Многократный герконовый соединитель

Межсетевой экран

Программно-аппаратный комплекс, предотвращающий несанкционированный доступ к защищаемой им сети, например, ЦЕРБЕР

МИС Многократный интегральный соединитель

МККТТ Comité Consultatif International Telegraphique et Telephonie (CCITT).
Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии

МКС	Многократный координатный соединитель
МОДЕМ	Устройство, которое преобразует цифровые сигналы, несущие данные, в аналоговые сигналы, пригодные для передачи по телефонным сетям
МОС	Международная организация по стандартизации
МСЭ	Международный союз электросвязи
МСЭ-Т	Сектор МСЭ по стандартизации телекоммуникаций
МТС	Междугородная телефонная станция
МФС	Многократный ферридовый соединитель
ОКС	Общий канал сигнализации
ПИ	Предыскатель, ступень предыскания
Примитив	Абстрактное описание элемента взаимодействия между смежными функциональными уровнями открытой системы
Прокси-сервер	Промежуточный сервер доступа в сети Интернет
Протокол	Соглашение о способах связи между двумя одноранговыми объектами
ПСК-1000	Подстанция координатная на 1000 номеров
Роуминг	В контексте мобильной связи – способность абонента к перемещению, в частности, и во время связи
Сайт	Совокупность Web-страниц, тематически связанных между собой и расположенных на одном сервере
Сервер	Программа, предоставляющая свои ресурсы другой программе – клиенту. Компьютер, предоставляющий услуги другому компьютеру – клиенту
СЛ	Соединительная линия
СЛМ	Соединительная линия, входящая к местной АТС от междугородной станции
ТА	Телефонный аппарат
ТФОП	Телефонная сеть общего пользования
УАК	Узел автоматической коммутации
УАТС	Учрежденческая автоматическая телефонная станция
УВС	Узел входящего сообщения
УИС	Узел исходящего сообщения
УПАТС	Учрежденческо-производственная автоматическая телефонная станция
Хостинг	Размещение Web-страницы (или сайта) на сервере (хосте), предоставляющем такую услугу
ЦСИО	Цифровая сеть интегрального обслуживания, ISDN
Чипсет	Набор микросхем окружения процессора, установленных на системной (материнской) плате
ЧНН	Час наибольшей нагрузки
Шлюз	Преобразователь протоколов – узел, соединяющий сети, не совместимые иным способом
Ш-ЦСИО	Широкополосная цифровая сеть интегрального обслуживания, В-ISDN

ЭВМ	Электронная вычислительная машина
ЭУМ	Электронная управляющая машина
ACD	Automatic Call Distributing. Ступень автоматического распределения вызовов (СРВ)
ACM	Address Complete Message. Сообщение о приеме всего адреса в ОКС7
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line. Асимметричная цифровая абонентская линия
AMI	Alternate Mark Inversion. Линейный код передачи цифрового сигнала, представляющий нули как 01, а единицы – поочередно, то как 11, то как 00.
ANI	Automatic Number Identification. Автоматическое определение номера (АОН)
ANM	Answer Message. Сообщение об ответе в ОКС7
ANSI	American National Standards Institute. Американский национальный институт стандартов
API	Application Programming Interface. Прикладной программный интерфейс.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange. Американский стандартный код для информационного обмена (1 символ = 1 байту).
ASR	Automatic Speech Recognition. Автоматическое распознавание речи
AT&T	American Telephone and Telegraph Company. Компания AT&T
ATM	Asynchronous Transfer Mode. Асинхронный режим переноса информации
BESA	British Engineering Standards Association. Британская ассоциация технических стандартов
B-ISDN	Broadband ISDN. Широкополосная цифровая сеть интегрального обслуживания
BIB	Backward Indication Bit. Бит индикации обратного направления (передача подтверждения) в МТР ОКС7
BRI	Basic Rate Interface. Интерфейс базового доступа ISDN (2B+D)
BSC	Base Station Controller. Контроллер базовой станции (в сетях подвижной связи)
BSI	British Standards Institution. Британский институт стандартов
BSN	Backward Sequence Number. Порядковый номер подтверждаемой MSU в МТР ОКС7
Call Server	Сервер обработки вызовов в SoftSwitch
CAS	Channel Associated Signaling. Сигнализация по отдельному каналу, закрепленному за речевым каналом
CDMA	Code Division Multiple Access. Мультиплексированный доступ с кодовым разделением каналов
CDR	Call Detail Record. Запись подробной учетной информации о вызове
CENELEC	European Committee for Electromechanical Standardization. Европейский комитет стандартизации в области электромеханики
CEPT	European Conference of Posts and Telecommunications Administrations. Европейская конференция администраций связи
CLI	Calling Line Identification. Идентификация вызывающей (абонентской) линии

CMIP	Common Management Information Protocol. Общий протокол передачи информации эксплуатационного управления
CNET	Centre National d'Etudes Telecommunications. Национальный исследовательский центр электросвязи (Франция)
CO	Central Office. Местная АТС
CRC	Cyclic Redundancy Check. Циклический контроль с помощью избыточных битов
CS-n	Capability Set-n. Набор возможностей № <i>n</i> (для интеллектуальной сети)
CTI	Computer Telephone Integration. Компьютерная телефония
DDI	Direct Dialing In. Автоматическая входящая связь (от ТФОП к абонентам УАТС)
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunication. Стандарт для цифровой системы беспроводной связи с высокой абонентской плотностью
DID	Direct Inward Dialing. Автоматическая входящая связь (с доступом от ТФОП к абонентам и к некоторым функциям эксплуатационного управления УАТС)
DiffServ	Differentiated Services. Дифференцированное обслуживание (в IP-телефонии)
DNS	Domain Name System. Система, предназначенная для преобразования доменного (символьного, буквенного) имени в физическое (числовое) имя.
DSL	Digital Subscriber Line. Цифровая абонентская линия
DSP	Digital Signal Processor. Процессор цифровой обработки сигналов
DTE	Data Terminal Equipment. Оконечное оборудование данных
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing. Компактное спектральное уплотнение (оптоволоконной линии)
E1	Цифровой тракт передачи со скоростью 2.048 Мбит/с (европейский стандарт)
ECMA	European Computer Manufacturer's Association. Европейская Ассоциация производителей компьютеров
ETSI	European Telecommunication Standards Institute. Европейский институт телекоммуникационных стандартов
FIB	Forward Indication Bit. Бит индикации прямого направления (передачи сигнала) в МТР ОКС7
FISU	Fill-In Signaling Unit. Заполняющая сигнальная единица в МТР ОКС7
FSN	Forward Sequence Number. Порядковый номер передаваемой MSU в МТР ОКС7
GSM	Global System for Mobile Communication. Глобальная система мобильной связи.
HDLC	High Level Data Link Control. Высокоуровневое управление звеном данных (уровень 2 модели OSI).
HLR	Home Location Register. Опорный регистр местонахождения пользователя
IAM	Initial Address Message. Начальное адресное сообщение в ОКС7
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers. Институт инженеров электротехнической и электронной отраслей
IETF	Internet Engineering Task Force. Группа разработки инженерных задач Интернет

IN	Intelligent Network. Интеллектуальная сеть
INAP	IN Application Part. Прикладная подсистема интеллектуальной сети в ОКС7
INF	Intelligent Network Forum. Форум по вопросам интеллектуальной сети
IP	Internet Protocol. Протокол Интернет
IPng	IP next generation. Протокол IP, следующее поколение
ISDN	Integrated Services Digital Network. Цифровая сеть интегрального обслуживания
ISO	International Standard Organization. Международная организация стандартов
ISUP	ISDN User Part. Подсистема-пользователь услугами MTP и SCCP, поддерживающая сигнализацию ISDN в ОКС7
ITU	International Telecommunications Union. Международный союз электросвязи (МСЭ)
ITU-T	International Telecommunications Union Standardization Sector. Сектор МСЭ по стандартизации телекоммуникаций
IVR	Interactive Voice Response. Интерактивная система речевых ответов и указаний
LAPB	Link Access Procedures, Balanced. Сбалансированные процедуры доступа к звену данных в протоколе X.25
MAP	Mobile Application Part. Прикладная подсистема мобильной связи в ОКС7
MGCP	Media Gateway Control Protocol. Протокол управления медиа-шлюзами
MPLS	Multi-Protocol Label Switching. Многопротокольная коммутация по меткам
MSC	Mobile (Service) Switching Center. Коммутационный центр сети мобильной связи
MSU	Message Signaling Unit. Значащая сигнальная единица в MTP ОКС7
MTP	Message Transfer Part. Подсистема переноса сообщений в ОКС7
OMAP	Operation and Maintenance Application Part. Прикладная подсистема эксплуатационного управления в ОКС7
O(A)MC	Operations (Administration) and Maintenance Center. Центр технической эксплуатации
OS	Operating System. Операционная система (в программном обеспечении) Operations System. Система управления сетевыми ресурсами (в TMN)
OSI	Open System Interconnection. Взаимодействие открытых систем
P(A)BX	Private (Automatic) Branch Exchange. Учрежденческая АТС (УАТС)
PCM	Pulse-Code Modulation. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ)
POP	Point of Presence. Точка присутствия, точка входа в сеть
POTS	Plain Old Telephone Service. Услуги традиционной телефонии
PPP	Point-to-Point Protocol. Протокол «точка-точка»
PRI	Primary Rate Interface. ISDN-интерфейс доступа на первичной скорости (30B+D или 23B+D)

Proxy Server

Промежуточный сервер доступа в сети Интернет.

PSTN	Public Switched Telephone Network. Телефонная сеть общего пользования, ТФОП
QoS	Quality of Service. Качество обслуживания
QSIG	Q Interface Signaling. Стандарт для общеканальной межстанционной сигнализации в частных сетях
ROSE	Remote Operation Service Element. Сервисный элемент дистанционного управления операциями
RSVP	Resource Reservation Protocol. Протокол резервирования ресурсов
RTP	Real Time Protocol. Протокол транспортировки в реальном времени (IP-телефония)
SCCP	Signaling Connection Control Part. Подсистема управления сигнальными соединениями в ОКС7
SCE	Service Creation Environment. Среда создания услуг (интеллектуальная сеть)
SCF	Service Control Function. Функции управления услугами (интеллектуальная сеть)
SCP	Service Control Point. Узел управления услугами (интеллектуальная сеть)
SDH	Synchronous Digital Hierarchy. Синхронная цифровая иерархия
SIB	Service Independent Building Block. Не зависящий от услуг конструкционный блок (интеллектуальная сеть)
SIF	Signaling Information Field. Поле сигнальной информации в MSU (MTP ОКС7)
SIO	Service Information Octet. Байт служебной информации в MSU (MTP ОКС7)
SIP	Session Initiation Protocol. Протокол инициирования сессии (IP-телефония)
SLS	Signaling Link Selection. Селектор сигнального звена в MTP ОКС7
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol. Простой протокол пересылки почты в сети Интернет
SN	Service Node. Узел услуг (интеллектуальная сеть)
SNMP	Simple Network Management Protocol. Простой протокол эксплуатационного управления сетью
SP	Signaling Point. Пункт сигнализации ОКС7
SS7	Signaling System No 7. Система общеканальной сигнализации №7, ОКС7
SSP	Service Switching Point. Узел коммутации услуг (интеллектуальная сеть)
STP	Signaling Transfer Point. Транзитный пункт сигнализации ОКС7
TCAP	Transaction Capabilities Application Part. Прикладная подсистема поддержки транзакций в ОКС7
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Протокол управления передачей/протокол Интернет
TDM	Time Division Multiplexing. Мультиплексирование с временным разделением каналов
TMN	Telecommunications Management Network. Сеть эксплуатационного управления телекоммуникациями

TUP	Telephone User Part. Телефонная подсистема-пользователь услуги-ми МТР в ОКС7
UDP	User Datagram Protocol. Протокол доставки дейтаграмм пользователя
UNI	User-Network Interface. Интерфейс «пользователь–сеть»
VLR	Visitor Location Register. Гостевой регистр местонахождения пользователя
VoIP	Voice over Internet Protocol. Речь «поверх» IP – совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих использование IP-сети в качестве транспортной среды для телефонной связи
VPN	Virtual Private Network. Виртуальная частная сеть.
WLL	Wireless Local Loop. Средства беспроводного доступа
WWW	World Wide Web. Гипертекстовая информационно-поисковая система в Интернет
X.25	Протокол коммутации пакетов (сетевой уровень модели OSI)

Предметный указатель

1

1BCK, 9, 139, 157, 185, 186

2

23B+D, 97, 308

2B+D, 97, 168, 179, 306

2BCK, 9, 110, 139, 157, 185, 186

3

30B+D, 97, 308

5

5ESS, 4, 39, 109, 110, 111, 112, 113, 116, 126, 151, 240, 268

7

7R/E, 110, 115

A

ADSL, 176, 177, 178, 179, 259, 306

AN – Access Network, 169

ANSI, 36, 215, 255

ASN.1, 256, 257, 258

AXE-10, 4, 110, 124, 125, 240, 151

B

Bell Laboratories, 20, 36, 37, 39, 40, 111, 112, 302

BORSCHT, 90, 91, 98

BroadAccess, 174, 175

B-канал, 94, 96, 97, 98, 168, 175, 181

C

C2D, 283

CAMEL, 276

CDMA, 46, 172, 306

CISCO, 109

CORBA, 255, 257, 259

CS, 271, 274, 276, 279, 283

CTI, 281

D

DECT, 45, 171, 172

DMS, 4, 39, 110, 126, 131, 151, 224, 241, 242

DSL, 7, 115, 175, 176, 177, 178, 179

DSLAM, 176

DSS1 (PRI), 139

DTMF, 92, 93, 94, 123, 151, 181, 275, 279, 285, 290

DX-200, 4, 11, 48, 107, 138, 139, 140, 147, 148, 150, 151, 165, 223, 229, 266

D-канал, 94, 96, 97, 98, 168, 175, 181

E

E.164, 219

ECTF, 159, 281

ENGINE, 110, 126

Ericsson, 4, 110, 124, 126, 240

ESS1, 37

ETSI, 45, 46, 47, 96, 151, 159, 168, 171, 199, 255, 302, 307

EWSD, 4, 109, 110, 121, 122, 123, 126, 224, 240, 241, 268

Excel, 116

G

G.lite, 176, 178

GII, 162, 164

H

Hardware, 220

HDSL, 176, 177, 179

HDSL2, 176, 177

I

IAD, 165, 166

IAM, 212, 213, 307

ICW, 283

IDSL, 175, 176, 178, 179

IN, 6, 109, 199, 270, 271, 272, 274, 276, 279, 281, 282, 283, 285, 287, 288, 289, 290

INAP, 159, 195, 270, 276, 279

IP-трафик, 153

ISUP, 5, 9, 109, 111, 124, 128, 139, 151, 195, 199, 200, 211, 212, 213, 216, 260, 295, 308

ITU-T, 15, 45, 46, 47, 85, 95, 98, 100, 159, 168, 177, 178, 179, 199, 200, 211, 215, 234, 235, 246, 254, 255, 259, 261, 269, 270, 274, 275, 279, 280, 303, 308

L

Linea UT, 4, 110, 126, 127

Lucent, 4, 110, 115, 116, 172, 224

M

M2PA, 9, 214, 215, 216

M2UA, 9, 214, 215, 216

M3UA, 9, 214, 216, 217, 220

MAP, 131, 200, 276, 308

MEGACO, 9, 128, 165, 214

MGCP, 9, 109, 124, 128, 165, 166, 183, 214, 288, 308

Middleware, 219

MML, 241, 254

MSC, 219, 278, 308

MTP, 5, 111, 195, 199, 201, 202, 204, 205, 209, 211, 212, 214, 215, 259, 306, 307, 308, 309, 310

N

NEAX 7, 129, 130, 151, 240, 241

NGN, 5, 7, 109, 110, 161, 214

NNI, 180, 181

Nortel, 39, 110, 132, 224

NT, 94

O

OMAP, 195, 199, 261, 308

OSS, 4, 246, 260, 263, 264

P

PINT/SPIRITS, 279

PON, 174

POTS, 107, 109, 179, 185, 266

Q

Q.931, 95, 96, 98, 212, 213, 218, 303

QoS, 246, 247, 276, 282

QSIG, 139, 159, 292, 309

R

RADIUS, 109, 124, 277, 282

RADSL, 176, 178

S

S12, 48, 109, 110, 118, 119, 120, 121, 126, 151

SCCP, 5, 9, 195, 199, 200, 205, 206, 207, 209, 211, 212, 216, 217, 259, 304, 308, 309

SCP, 109, 131, 159, 199, 269, 270, 271, 275, 276, 278, 279, 284, 285, 288, 309

SCTP, 9, 214, 215, 216, 217, 218

SDL, 219, 232, 234, 235, 236, 237, 240, 301

SDSL, 176, 177

SHDSL, 160, 165, 166, 167, 176, 179

SIB, 3, 4, 272, 280, 309

Siemens, 4, 110, 121, 124, 224

SIP, 9, 124, 165, 183, 214, 218, 279, 282, 288, 309

SLIC (Subscriber Line Interface Circuit), 92

SN, 122, 123, 269, 275, 276, 279, 280, 284, 285, 309

SNMP, 174, 246, 256, 309

Softswitch, 47, 110, 115, 151, 165, 166, 295, 306

Software, 220

SP, 195, 196, 197, 198, 201,
204, 205, 214, 309
SSP, 109, 131, 199, 269, 270,
271, 275, 278, 284, 288,
289, 309
STP, 131, 196, 197, 198, 217,
309
SUCCESSION, 110, 132
SURPASS, 110, 124

Т

TC, 179, 208, 209, 210, 211,
238
TDM, 109, 115, 174, 309
TMN, 4, 46, 140, 169, 246,
254, 255, 256, 257, 258,
259, 261, 297, 308

У

UNI, 95, 181, 212, 310
UNIX, 40, 112, 310

В

V5, 8, 122, 128, 152, 160,
165, 166, 167, 168, 170,
173, 175, 295, 302
VDSL, 176, 178
V-модель, 231

W

WAP, 277, 282
WLL, 5, 8, 151, 163, 168, 169,
170, 171, 172, 173, 259,
260, 310

Х

X.25, 94, 140, 152, 154, 174,
220, 270, 308, 310
xDSL, 99, 100, 109, 124, 128,
151, 174, 176, 178

А

АДИКМ, 90
АИ, 70, 71, 73, 74, 76, 77, 81
АМТС, 17, 39, 63, 107, 139,
152, 186, 191, 192, 193,
229, 267, 304
АОН, 77, 80, 111, 139, 150,
192, 193, 194, 299, 304,
306
АРГУС, 91, 160, 263
АСР, 251, 252
АТС-47, 35, 49, 50, 297, 298
АТС-54, 35, 49, 298
АТСК, 3, 36, 63, 70, 72, 73,
74, 75, 76, 79, 1545, 190,
263, 304
АТСК-100/2000, 4, 70, 72,
76, 79, 80
АТСК-50/200М, 3, 63, 76, 78
АТСЦ-90, 11, 107, 138, 154,
165, 155, 263, 293, 294,
296

Б

БЕТА, 5, 156, 157, 158

В

ВПВ, 4, 102, 110, 122, 124,
131
ВСС РФ, 31, 63, 107, 130,
133, 139, 157, 174, 251,
260

Г

ГИ, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59,
60, 61, 70, 71, 72, 73, 75,
79, 81, 304
ГТС, 14, 43, 63, 70, 107, 126,
138, 295, 296, 304

Д

ДШ АТС, 3, 35, 48, 53, 59,
61, 79, 263
ДШИ, 49, 304

И

ИБТУ, 133, 134, 135, 136,
137, 221, 224, 225, 229,
230
ИКМ, 45, 78, 83, 84, 85, 86,
87, 97, 103, 104, 119,
139, 141, 144, 145, 146,
147, 148, 149, 150, 151,
151, 154, 157, 169, 177,
179, 183, 185, 195, 250,
304, 308
Интернет, 6, 9, 11, 47, 99,
107, 128, 151, 152, 153,
176, 183, 218, 249, 256,
258, 282, 283, 284, 285,
286, 287, 289, 291, 292,
300, 305, 307, 308, 309,
310
Искатель, 3, 49, 51, 52, 54,
55
ИСТОК, 39, 101, 133

К

Качество ПО, 6, 238
КЭ АТС, 366 376 385
Код, 74, 80, 93, 136, 139,
148, 149, 150, 151, 181,
205
Коммутация, 3, 4, 8, 15, 16,
17, 33, 71, 100, 101, 103,
137, 147, 157, 291, 293,
296, 297, 308, 302, 303,
304
КРАЗАР, 5, 158

Л

ЛИ, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60,
61, 304
ЛОНИИС, 10, 35, 36, 63, 138,
304

М

МАК, 160, 161, 165, 166,
167, 170, 267
МККТТ, 45, 46, 74, 95, 99,
100, 195, 199, 304

МКС, 36, 65, 66, 67, 69, 72,
74, 79, 305
Модель водопада, 230

Н

НИИТС, 35, 36, 293

О

ОКС7, 9, 51, 96, 100, 110,
111, 122, 126, 127, 131,
139, 140, 141, 144, 145,
157, 159, 181, 183, 195,
196, 199, 200, 202, 203,
205, 214, 215, 216, 217,
220, 259, 260, 261, 262,
263, 269, 270, 275, 276,
278, 279, 282, 287, 288,
289, 304, 306, 307, 308,
309, 310
ОМЕГА, 5, 157, 158

П

ПВП, 4, 101
Предыскание, 49, 53, 54, 55
ПРОТЕЙ, 116, 160, 251, 263,
280
Протокол-тестер, 170, 250
ПСК-1000, 4, 63, 81, 305

С

С-32, 5, 87, 90, 154, 155, 156
СИГМА-СП6, 5, 157, 156
Система 4, 107, 117
СОРМ, 6, 9, 140, 152, 154,
159, 248, 249, 250
СПАЙДЕР, 160, 260, 262
СТС, 14, 76

Т

Теорема Котельникова, 86
ТОР-2, 250
ТФОП, 11, 15, 42, 82, 107,
108, 109, 124, 126, 128,
133, 140, 151, 152, 153,
159, 160, 161, 163, 165,
167, 168, 169, 174, 175,
182, 195, 211, 218, 246,
251, 252, 258, 267, 270,
271, 279, 283, 286, 287,
288, 289, 291, 305, 307,
309

У

УСС, 17, 107, 152, 192
УУ, 88

Ц

Центрекс, 97, 168, 241, 267,
268
ЦНИИС, 39, 154, 155, 299

Ч

ЧНН, 54, 108, 127, 138, 141,
226, 247, 305

Именной указатель

А

Аваков Р.А., 10, 23
Аверин П.П., 35
Акбар, 291
Анаксимен, 265
Андреева Н., 82
Апостола Н.А., 138
Атос, 102

Б

Балюкевич Ф.И., 20
Баранов, 21
Башарин Г.П., 55, 293
Безир Х., 18, 293
Белл А., 20, 21, 22, 26, 29, 31
Бердичевский-Апостолов, 21
Берлиннер Э., 20
Бетуландер, 62
Бирбал, 291
Бирс А., 13
Блек, 26
Бодо, 31
Бозм Б., 231
Бурсель Ш., 19

В

Варакин Л.Е., 155, 294
Вейл Теодор, 23
Вознесенский Б.Н., 35, 294
Войнаровский П.Д., 20, 294
Вольт, 19
Вреден Р.Р., 21

Г

Гальвани, 19
Гальске, 31, 34
Гарбор Д., 265
Гарольд II, 214
Гвоздев Е.И., 20, 300
Гейслер Н.К., 30, 31
Глушков В.М., 134, 294
Голубев А.Н., 138, 294
Голубицкий П.М., 20, 294
Гольшко А.В., 171, 295
Горбачев М.С., 82
Гранат М.Б., 35
Грей Э., 20
Гутенберг, 162

Д

Депью Чаунси, 22
Дедоборщ В.Г., 11
Дешевов М., 20

Е

Евклид, 219

Ж

Жогло В.О., 158

З

Земмеринг, 19

И

Иванова О.Н., 11, 293
Игнатьев Г., 20
Иозеф Л.Х., 30

К

Кобаяши К., 131
Кобленц Я.Г., 35, 297, 301
Колбасьев Е.В., 20, 21, 31
Колесников А.Н., 158
Кон Френсис, 19
Котельников, 86, 87, 297
Кроткий Эмиль, 162

Л

Лагин Л.И., 133
Левитанский Ю., 106
Ленин В.И., 32, 82
Лившиц Б.С., 10, 36, 55, 293,
298
Логинов Д.Ф., 35
Лопусов Б.А., 134
Лоури, 62

М

Маклюэн Маршал, 162
Мардер Н.С., 288, 299
Маршалл, 19
Махальский М., 20
Менара Роберто, 128
Меуччи А., 20
Мисуловин Л.Я., 39, 293,
299
Морзе, 31
Морозов Г.Г., 138
Мосцицкий К.А., 20
Мур, 138, 154, 156, 220, 235

Н

Нагорский В.М., 20
Найквист Г., 84
Николай I, 19
Новицкий А.А., 20

О

Одоевский В., 19
Охорович Ю., 20

П

Павел I, 18
Пальмгрен, 62
Подвидз М.М., 10
Поляк М.У., 154
Птоломей I, 219
Пшеничников А.П., 11, 294,
298, 299

Р

Раневская Ф., 180
Рейман Л.Д., 130
Рейс Иоганн Филипп, 20
Рерих Н.К., 291

С

Серио Франко, 128
фон Сименс Вернер, 19
Столповский А.А., 20
Строуджер А., 8, 33

Т

Томпсон Р., 226

У

Уинстон Ч., 19

Ф

Фармер М., 20
Фрейденберг М.Ф., 21, 56,
300

Х

Хаббард Г., 21
Холстед, 238
аль Хорезм Мухаммед, 234
Хоттабыч, 133

Ш

Шапп, 18
Шиллинг П.Л., 19
Шляпоберский В.И., 134
Шуккерт, 31
Шур Ю.Б., 158

Э

Эдисон, 41
Эрикссон Л.М., 30
Эрланг, 55

Ю

Юз, 31

Я

Якоби Б.С., 19, 20
Якоби В.Б., 20, 21
Яшин В.Н., 130