

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра сетей и устройств телекоммуникаций

М.Ю. Хоменок, В.Ю. Цветков

***ЦИФРОВАЯ АБОНЕНТСКАЯ
СИГНАЛИЗАЦИЯ DSS-1***

Учебно-методическое пособие
по курсу «Сетевые технологии и сигнализация в телекоммуникациях»
для студентов специальности «Сети телекоммуникаций»
всех форм обучения

Минск 2005

УДК 621.395.3 (075.8)
ББК 32.882 я 73

Рецензент:
начальник информационно-аналитического центра УП «Гипросвязь»
С.И. Каракулько

Хоменок М.Ю.
X 76 Цифровая абонентская сигнализация DSS-1: Учеб.-метод. пособие по курсу «Сетевые технологии и сигнализация в телекоммуникациях» для студ. спец. «Сети телекоммуникаций» всех форм обуч. / М.Ю. Хоменок, В.Ю. Цветков. – Мн.: БГУИР, 2005. – 92 с.: ил.
ISBN 985-444-698-0

В учебно-методическом пособии рассмотрены принципы абонентского доступа в цифровых сетях с интеграцией служб ISDN.

Пособие предназначено для студентов специальности «Сети телекоммуникаций». Может быть использовано при курсовом и дипломном проектировании.

УДК 621.395.3 (075.8)
ББК 32.882 я 73

ISBN 985-444-698-0

© Хоменок М.Ю., Цветков В.Ю., 2005
© БГУИР, 2005

ВВЕДЕНИЕ

Изучение вопросов системной интеграции и сетевого взаимодействия элементов сети и сетей в целом занимает важное место в специальной подготовке инженера в области телекоммуникаций.

Современный этап в развитии телекоммуникационных технологий характеризуется созданием «комфортности» информационного общения через границы «пространства и времени» и доведения его условий до уровня «лично-контактного» общения.

Это становится достижимым благодаря не только обеспечению технических возможностей современных сетей для передачи сигналов одного вида: речи, данных, текста или изображений, - но и разработке интегрированных методов передачи информационных сообщений разного вида в реальном времени.

Первый этап такой интеграции – это создание цифровой сети с интеграцией служб (ISDN). Сеть ISDN стала сначала объединяющим центром различных сетевых технологий, появляющихся по мере их развития и в связи с этим одновременно участвующих в процессе коммуникаций, а затем экспериментальным полем информационных технологий в области предоставления услуг, отработки принципов взаимодействия и структуры сетевого оборудования.

Это позволило определить очередные задачи конвергенции и дальнейшего развития сетевых технологий и информационных приложений в области коммуникаций через транспортную систему сети электрической связи.

Техническим вопросам в области стандартизации базового доступа терминального оборудования пользователя посвящен материал, рассматриваемый в данном учебном пособии по курсу «Сетевые технологии и сигнализация в телекоммуникациях» для студентов специальности «Сети телекоммуникаций».

1. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ СЕТЬ СВЯЗИ. ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ

1.1. Структурная иерархия и принципы сетевого взаимодействия

Сетевые услуги, предоставляемые пользователям операторами сети, реализуются сетевыми службами. Служба электросвязи – это организационно-техническая структура на базе сети (или совокупности сетей) электросвязи, обеспечивающая обслуживание пользователей с целью удовлетворения их потребностей в определенном наборе услуг электросвязи.

Сетевые службы согласно рекомендациям сектора телекоммуникаций международного союза электросвязи МСЭ-Т делятся на два класса: основные и дополнительные. В классе основных служб выделяют службы переноса и телеслужбы (рис.1.1).

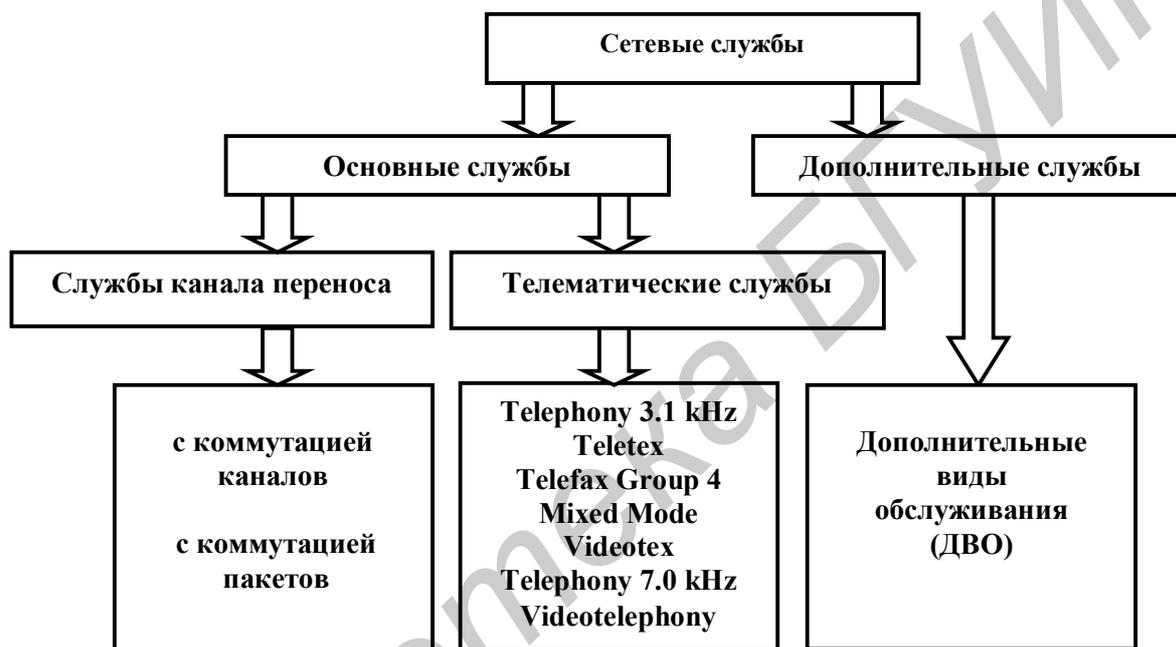


Рис. 1.1. Структура служб сетей телекоммуникаций

Служба переноса – это служба электросвязи, обеспечивающая только возможность передачи сигналов между интерфейсами сети с абонентскими оконечными устройствами. Примером службы переноса является, например, служба передачи данных.

Телеслужба, или служба предоставления связи, – это служба электросвязи, обеспечивающая реализацию всех возможностей, включая функции терминалов, определенного вида связи между пользователями. Телеслужба организуется на базе службы переноса и терминалов. Примерами телеслужбы являются служба телефонной связи, служба телекса и др.

С учетом определения основных служб связь между оконечными установками осуществляется взаимодействием удаленных терминалов, т.е. путем осуществления телекоммуникации - "связи на расстоянии". Примерами связи на расстоянии, кроме электрической, являются, например, акустическая и оптическая.

Система телекоммуникаций, или система "дальней связи", реализуемая посредством устройств электросвязи независимо от среды и средств передачи электрических сигналов, определяет систему электросвязи, обеспечивающую передачу или прием знаков, сигналов, текстов, изображений, звуков по проводной, радио-, оптической или другим электромагнитным системам. Поэтому аналогами терминов система/сети электрической связи (система/сети электросвязи), широко используемыми в настоящее время, являются термины "система/сети телекоммуникаций".

Исторически сети телекоммуникаций разрабатывались с учетом особенностей передаваемой информации: голоса, текста, данных или изображений, возможностей технических средств и по способу реализации службы канала переноса информации пользователя классифицируются следующим образом:

сети передачи данных с коммутацией каналов (СПДКК);

сети передачи данных с коммутацией пакетов (СПДКП);

телефонные сети общего пользования с коммутацией каналов (ТфОП)

(рис.1.2).

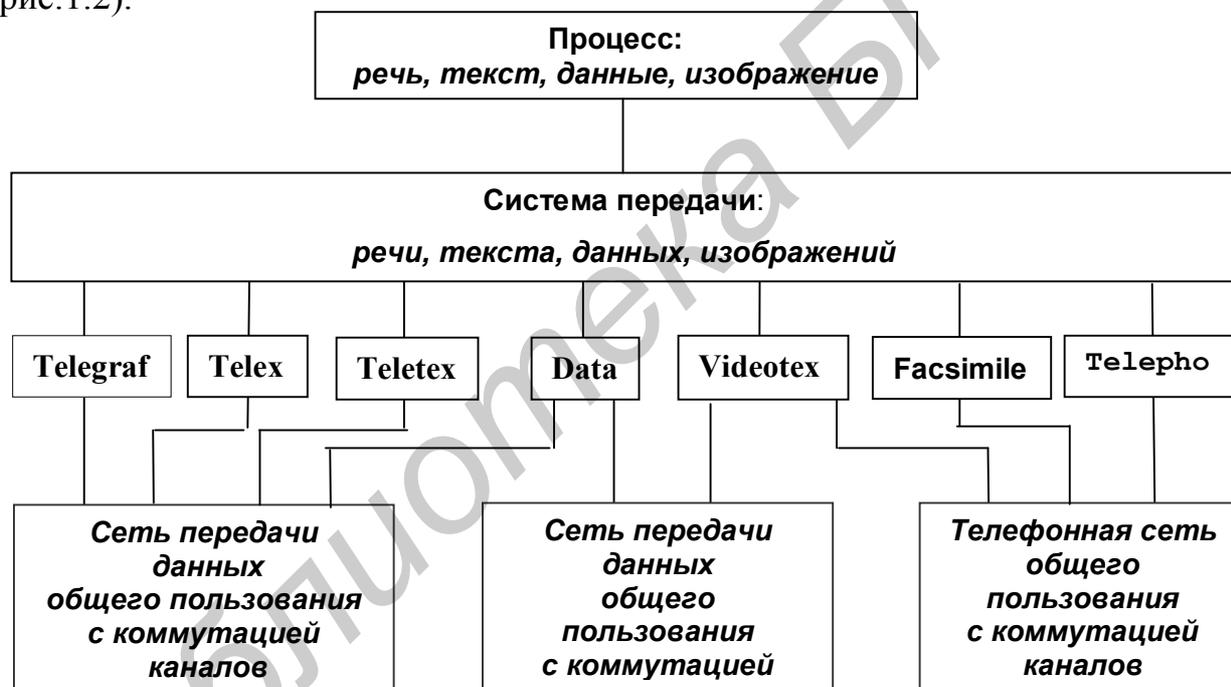


Рис.1.2. Эволюция сетей телекоммуникаций

Интеграция цифровых методов передачи и распределения информации выдвинула концепцию разработки цифровой сети, поддерживающей все базовые службы существующих сетей для различных видов информации пользователя путем сопряжения различного терминального оборудования через интерфейс «пользователь – сеть» и обеспечивающей выход на существующие сети (рис. 1.3).

Термин ISDN (*Integrated Services Digital Network*) возник в 70-х годах и впервые был упомянут в списке терминов Международного комитета по

телефонии и телеграфии (МККТТ). В следующих книгах МККТТ, а затем в книгах сектора телекоммуникаций Международного союза электросвязи (МСЭ-Т) опубликованы рекомендации серии I, структура которых представлена на рис.1.4. Рекомендации описывают концепцию, сетевые и пользовательские аспекты, интерфейсы и услуги ISDN.

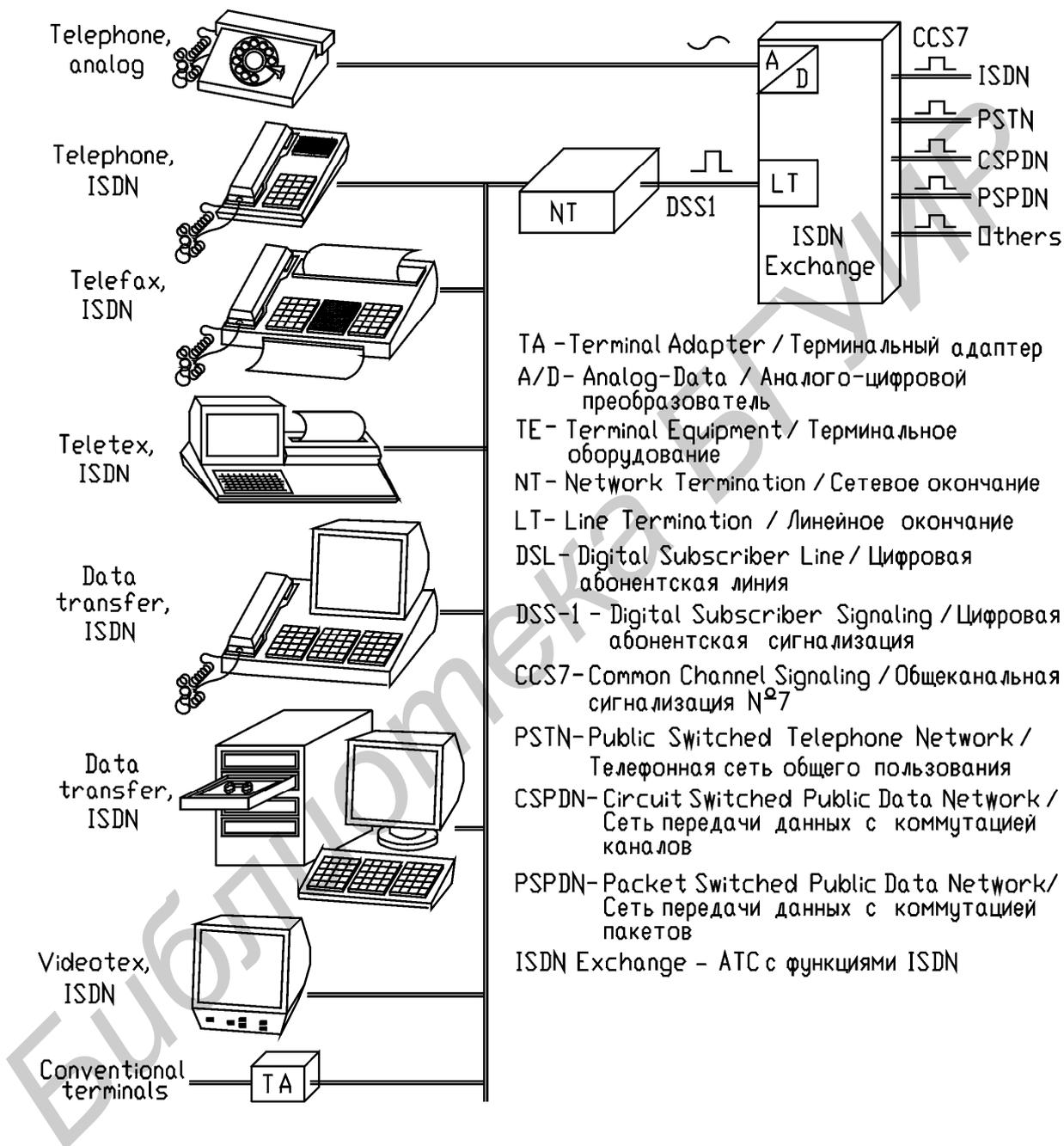


Рис.1.3. Концепция сети с интеграцией служб

На русском языке эквивалентом термина ISDN являются аббревиатуры ЦСИО (цифровая сеть интегрального обслуживания), ЦСИУ (цифровая сеть с интеграцией услуг), ЦСИС (цифровая сеть с интеграцией служб) и др.

Основным отличием сети ISDN от обычной аналоговой телефонной сети является то, что ISDN-станции обеспечивают коммутацию цифровых, а не аналоговых потоков.

Преобразование аналоговых сигналов в цифровые происходит на уровне ISDN-терминалов, в связи с чем ISDN-станция имеет возможность коммутировать однородные цифровые потоки, "не зная", что же именно в данный момент передается по каналу. При этом архитектура сети ISDN предусматривает несколько видов служб:

- некоммутируемые средства (выделенные цифровые каналы);
- коммутируемая телефонная сеть общего пользования;
- сеть передачи данных с коммутацией каналов;
- сеть передачи данных с коммутацией пакетов;
- сеть передачи данных с трансляцией кадров;
- средства контроля и управления работой сети,

а своим названием определяет набор цифровых услуг, которые становятся доступными для конечных пользователей.

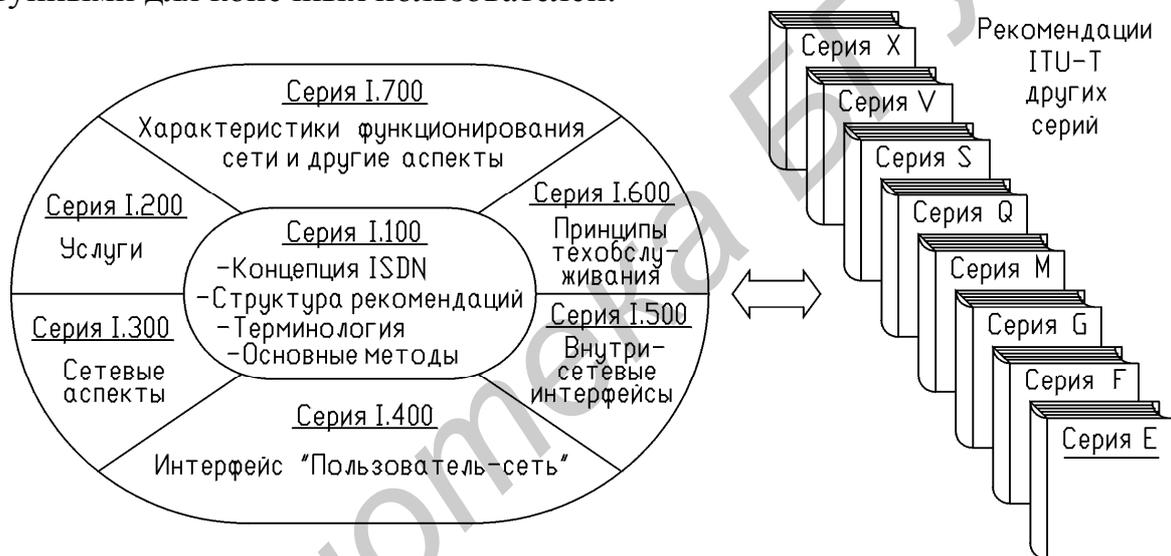


Рис. 1.4. Структура рекомендаций МСЭ серии

Другой особенностью ISDN является реализация принципа единой распределенной телефонной станции. Согласно данному принципу все станции в рамках одной ISDN-сети логически объединены в единую большую станцию и могут рассматриваться абонентами в качестве цельного ISDN-комплекса.

Использование указанного принципа позволяет оптимизировать нагрузку на каналы связи, например, минимизируя маршруты соединения между абонентами, а также предоставляет ряд услуг, не принятых в аналоговой телефонии, например, введение единого плана номеров. При этом в отличие от аналоговых сетей достигается практически мгновенное установление соединения. Максимальная задержка в ISDN-сети не превышает 30 мс на каждый узел связи с возможностью автоматической маршрутизации соединения, что особенно важно в случаях, когда между станциями имеется

несколько альтернативных путей соединения и необходимо выбрать наиболее оптимальный.

В технологии ISDN реализуются более высокие скорости передачи информации по отношению к аналогичным показателям, характерным для аналоговой телефонии и достигаемым с помощью модемной технологии. Два вида интерфейса: интерфейс базовой скорости (*Basic Rate Interface* –BRI) и интерфейс первичной скорости (*Primary Rate Interface* - PRI) - определяют два вида сетевого доступа:

базовый (2B+D) - *Basic Rate Access* (BRA), обеспечивающий два основных цифровых В-канала по 64 Кбит/с для передачи данных и один D-канал с пропускной способностью 16 Кбит/с для передачи управляющей информации. Все каналы работают в полудуплексном режиме. Суммарная скорость интерфейса BRI для пользовательских данных составляет 144 Кбит/с по каждому направлению, а с учетом служебной информации – 192 Кбит/с; первичный (30B+D) - *Primary Rate Access* (PRA), обеспечивающий 30 В-каналов и один D-канал с пропускной способностью 64 Кбит/с для передачи управляющей информации и предназначенный для пользователей с повышенными требованиями к пропускной способности сети. Общая пропускная способность интерфейса PRI составляет 2048 Кбит/с.

В результате передача данных при базовом доступе обеспечивается со скоростью 64 Кбит/с при одном или 128 Кбит/с при использовании двух цифровых В-каналов в значительно более широком диапазоне типов передаваемых сообщений.

В аналоговой телефонии используемый диапазон ограничивался передачей речевых сигналов. ISDN-технология предоставляет пользователям помимо традиционного обмена звуковой информацией возможность обмениваться цифровыми данными, текстом и движущимся видеоизображением. При этом и скорость, и надежность, и качество передаваемых сообщений удовлетворяют высоким требованиям с сохранением возможности адаптации средств ISDN с существующими аналоговыми телефонными сетями. Абоненты ISDN-станций смогут наряду с ISDN-терминалами по-прежнему использовать обычные аналоговые телефоны, факсы и модемы.

Использование ISDN в качестве средства традиционной телефонной связи исторически явилось первой областью применения новой телекоммуникационной технологии. При этом достигается простота использования, удобный интерфейс, эффективные средства управления, большое количество сервисных функций (до 230), высокое качество передачи информации и высокая гарантия ее сохранности при прохождении по каналам связи.

Разработанная как альтернатива обычным аналоговым сетям, она содержит ряд принципиальных особенностей и предоставляет пользователю ISDN-терминала следующие преимущества:

наличие жидкокристаллического дисплея и расширенной телефонной клавиатуры для интерактивного управления вызовами и обмена сообщениями;

практически мгновенное установление связи;

возможность одновременного установления и удержания линии связи с тремя абонентами;

возможность обмена текстовыми и речевыми сообщениями;

возможность регулирования громкости принимаемой речи, повышенное качество звучания.

Быстрое развитие телекоммуникационных технологий является одним из признаков достижения уровня информационного общества. Они затрагивают все направления деятельности человека и особенно проявляются в сфере бизнеса.

Сегодня работа любой средней или крупной компании, имеющей географические рассредоточенные офисы, вряд ли будет эффективной без организации удаленного доступа к локальным вычислительным сетям (ЛВС) своих филиалов. И здесь, помимо применения ISDN в качестве привычного средства телефонной связи, цифровая технология передачи сигналов является идеальной системой для многих предприятий и фирм в плане работы с удаленными пользователями, а также для организации в реальном времени видеоконференций, эффективного доступа в Internet и т.д.

Решение этой проблемы путем использования выделенных линий обходится порой слишком дорого, а аналоговые модемы не способны обеспечить требуемого уровня производительности. Что же касается волоконно-оптических, радиорелейных и спутниковых каналов связи, то для основной массы компаний их стоимость является значительной. В этом случае технология ISDN является хорошим решением, способным обеспечить и приемлемый уровень производительности, и необходимое качество передачи информации, и максимально полный перечень услуг.

Применение таких служб, как WWW (*World Wide Web*), обеспечивает доступ абонента практически к любой интересующей его информации, предоставляет возможность "поделиться" ею с широким кругом абонентов, а также позволяет создавать постоянно действующие каналы для технической поддержки пользователей. Подобный набор услуг предполагает обмен по сети Internet самого широкого спектра сообщений, включая графику, звук, текст и цифровые данные, что, в свою очередь, предъявляет весьма жесткие требования к пропускной способности сетей.

Интеграция разнородных сетей в единую телекоммуникационную сеть на основе технологии ISDN выявила и ряд ее существенных ограничений по эффективному использованию сетевого ресурса, а дальнейшая цифровизация телекоммуникационного оборудования привела к новой модели

информационных сетей – модели взаимосвязанных систем представления, хранения, обработки, передачи и распределения информации на основе интегральной цифровой сети связи ИЦСС.

Структурная иерархия интегральной цифровой сети IDN (*Integrated Digital Network*) определяется трехуровневой моделью в функциональной плоскости, включающей транспортную сеть TN (*Transport Network*), распределительную сеть DN (*Distribution Network*) и сеть доступа AN (*Access Network*) и трехуровневой моделью в плоскости территориально–административного управления, включающей соответственно междугородные, внутрizonовые и местные (городские и сельские) сети. Третья, прикладная плоскость кубической структуры сетевой иерархии учитывает особенности передаваемого по сети пользовательского трафика (рис.1.5).

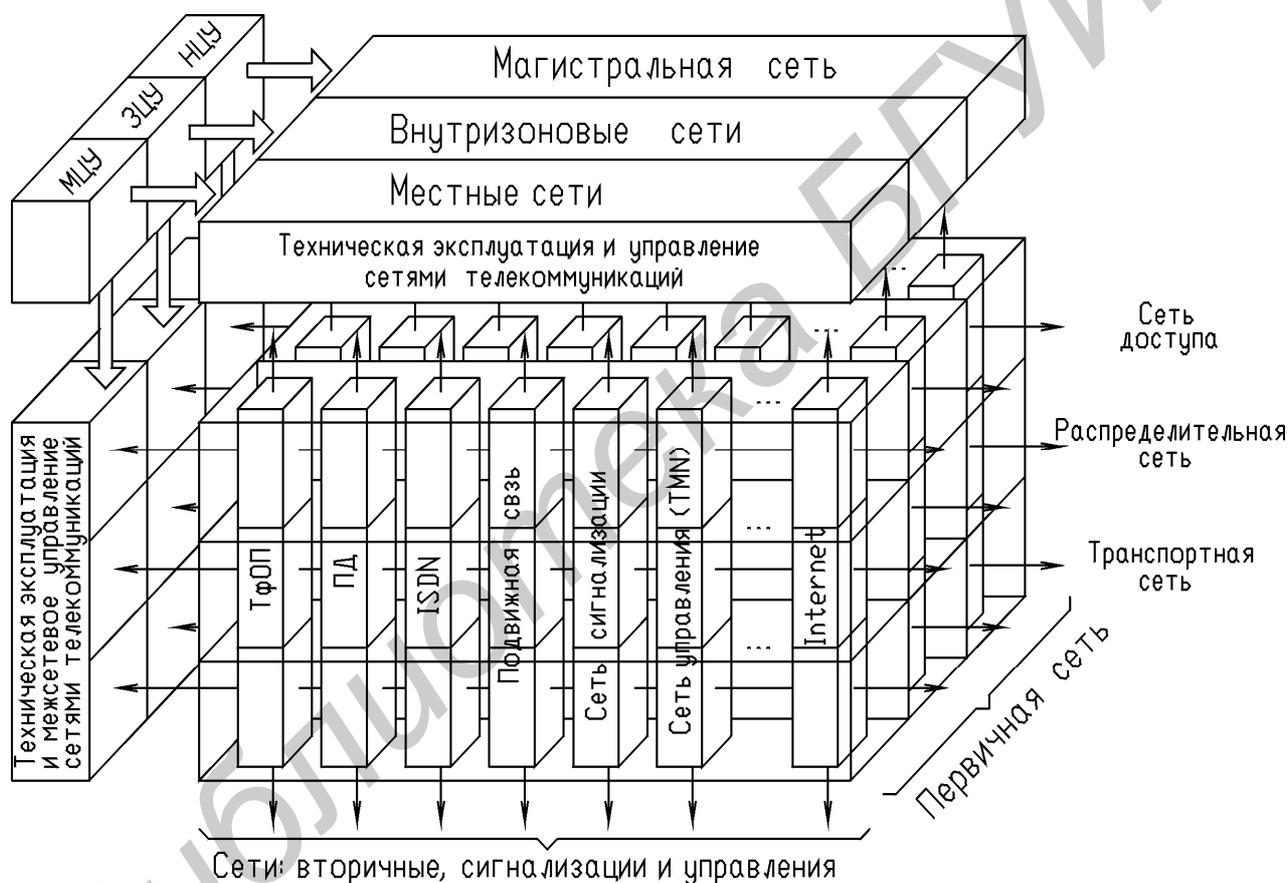


Рис. 1.5. Иерархическая структура сетей электросвязи и вертикали управления: НЦУ, ЗЦУ и МЦУ – центры управления, соответствующие национальному, зоному и местному уровням управления

Особенностью современного этапа развития информационных технологий в области телекоммуникаций является использование многофункционального терминального оборудования и высокоскоростных цифровых абонентских линий с динамическим управлением каналным ресурсом сетевого доступа. На смену

концепции узкополосной ISDN предложена концепция широкополосной Broadband (*B-ISDN*).

Широкополосная цифровая сеть с интеграцией служб Ш-ЦСИС обеспечивает организацию различных служб электросвязи по высокоскоростным цифровым каналам связи (со скоростью 32 Мбит/с и выше) через интерфейс «пользователь–сеть».

Уже сегодня на сетях доступа широко используются несколько типовых технологий xDSL (*Digital Subscriber Line*), которые определяют структуру высокоскоростных цифровых абонентских линий. Одна из них - технология ADSL (*Asymmetrical DSL*) - возникла для поддержки высокоскоростных интерактивных приложений, и в первую очередь - для обеспечения доступа в Internet, а также для циркулярной рассылки информации в ведомственных сетях, включая доступ к централизованным базам данных, предоставление в различном виде информации по требованию, интерактивные игры и другие услуги мультимедиа.

Модемная технология ADSL сетевого доступа использует три типа структуры цифровой абонентской линии, основанные на различных подходах к использованию канального ресурса и многопозиционных методов передачи.

Первое решение связано с использованием сигналов амплитудно–фазовой модуляции (АФМ), иначе называемых сигналами квадратурной амплитудной модуляции (КАМ), от английского *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM).

Второе, известное под аббревиатурой CAP от английского *Carrierless Amplitude/Phase*, определяется применением фильтрационных алгоритмов формирования и обработки сигнала КАМ вместо когерентной демодуляции, требующей восстановления на приемной стороне несущего колебания.

Третье решение связано с технологией DMT (от английского *Discrete MultiTone*), основанной на организации системы абонентского доступа с использованием технологии передачи пользовательской информации в полосе канала на нескольких несущих, т.е. с частотным разделением канального ресурса.

Для обеспечения взаимодействия сетевого и терминального оборудования на сети телекоммуникаций используются три вида систем сигнализации: абонентская, внутростанционная и межстанционная.

Если внутростанционная сигнализация определяется производителем оборудования, то абонентская и межстанционная системы сигнализации должны быть стандартизованные для всех участников сетевого взаимодействия.

На сетях стандарта ISDN такими системами сигнализации являются соответственно цифровая абонентская сигнализация ЦАС – *Digital Subscriber*

Signaling (DSS-1) и общекабельная система сигнализации ОКС №7 – Common Channel Signaling (CCS №7).

Формализованная структура алгоритма сетевой сигнализации с ограниченным ансамблем сигналов взаимодействия представлена на рис.1.6.

Системы сигнализации могут отличаться друг от друга не только объемом и назначением сигналов взаимодействия, но и способом их передачи по сети сигнализации.

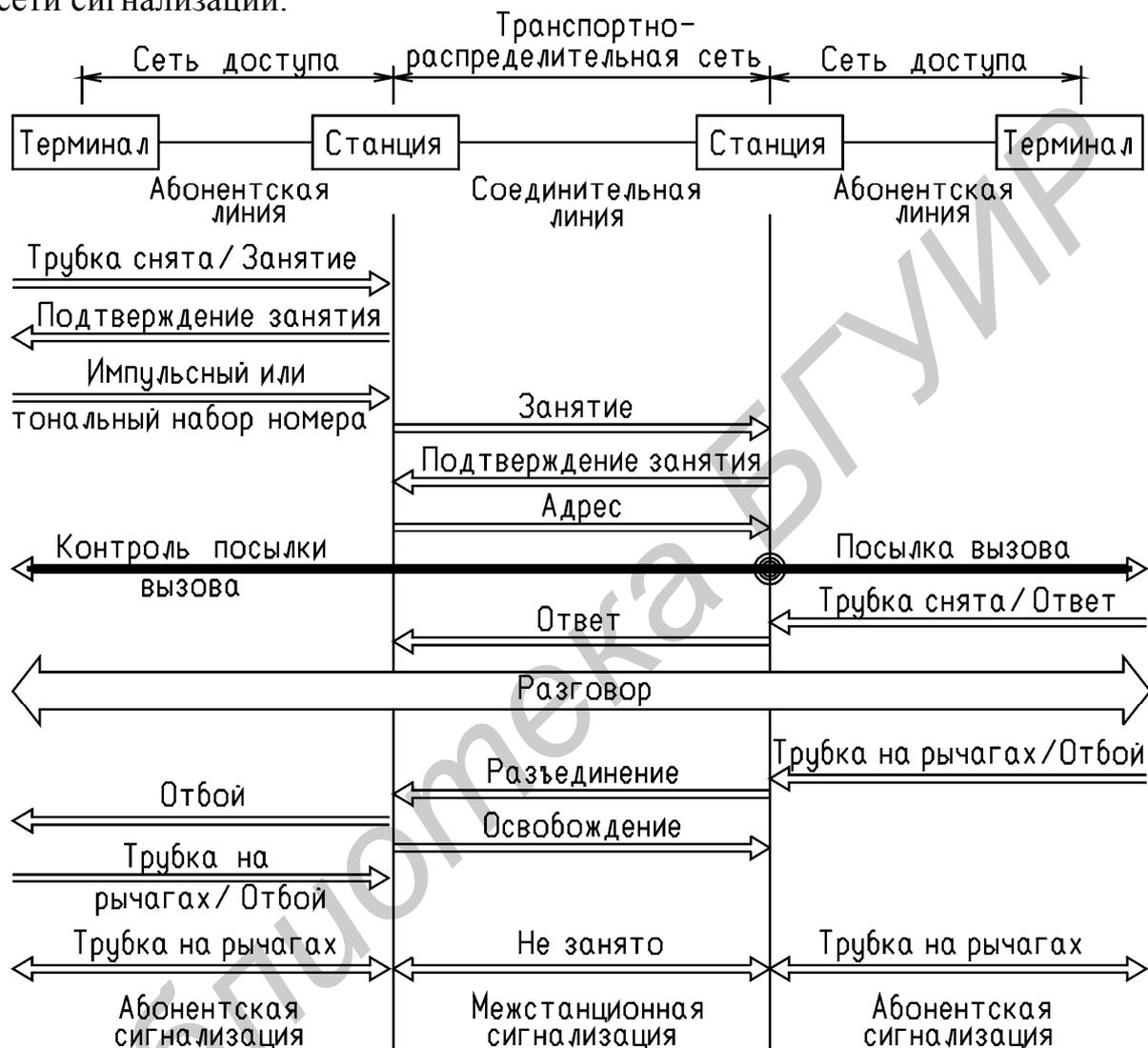


Рис. 1.6. Взаимодействие абонентской и межстанционной сигнализации

В общем случае следует выделить аналоговую и цифровую абонентскую сигнализацию. В цифровых системах коммутации аналоговая абонентская сигнализация реализуется в системе, известной под аббревиатурой БОРЩ, составленной из английских заглавных букв от слов, определяющих функции, которые обеспечивают сопряжение аналоговых абонентских линий с цифровой сетью - BORSCHT:

Battery – питание оконечного устройства и станционных выносов;
Overvoltage – защита технических средств от электрических перегрузок;
*Ringin*g – вызов оконечного устройства;
Signaling – сигнализация абонентская;
Coding – кодирование аналоговых сигналов;
Hybrid – дифсистема для перехода от четырехпроводной к двухпроводной линии;
Testing – контроль подключения оконечного устройства со стороны коммутационной системы.

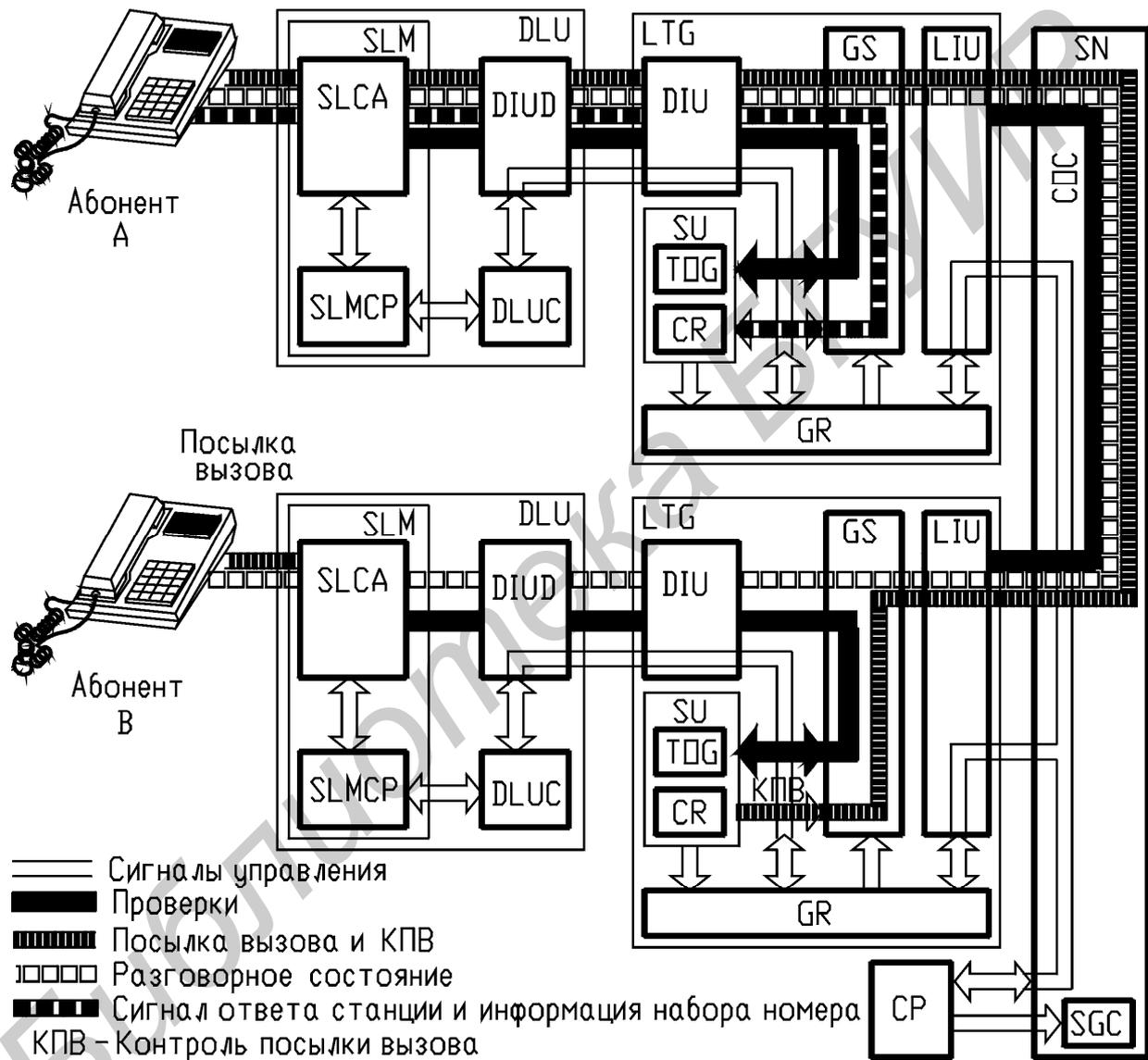


Рис.1.7. Процедура внутрисканционной сигнализации цифровой системы коммутации EWSD

Рис.1.7 поясняет алгоритм взаимодействия абонентов телефонной сети по аналоговой абонентской линии с цифровой системой коммутации типа EWSD, которая включает следующие функциональные узлы:

1. Цифровой абонентский блок DLU (*Digital Line Unit*), состоящий из: модуля абонентских линий SLM (*Subscriber Line Module*), включающего аналоговый абонентский комплект SLCA (*Subscriber Line Circuit Analog*) и процессор абонентских линий цифрового абонентского блока SLMCP (*Processor for Subscriber Line Module for Digital Line Unit*);

управляющего устройства для цифрового абонентского блока DLUC (*Control for Digital Linr Unit*);

цифрового интерфейса для цифрового абонентского блока DIUD (*Digital Interface Unit for Digital Line*).

2. Линейную группу LTG (*Line Trunk Grou*), состоящую из: сигнального комплекта SU (*Signaling Unit*), включающего генератор тональных импульсов TOG (*Tone Generator*) и кодовый приемник CR (*Code Receiver*);

блока цифрового интерфейса DIU (*Digital Interface Unit*);

группового переключателя GS (*Group Switch*);

группового процессора GP (*Group Processor*);

интерфейса между линейной группой и коммутационным полем LIU (*Link Interfase Unit*).

3. Коммутационное поле SN (*Switching Network*), включающее блок внутрисканционной проверки COC (*cross-office-check*) и блок управления коммутационной группой SGC (*switch group control*).

4. Координационный процессор CP (*Coordination Processor*).

Процедура внутрисканционной сигнализации при установлении соединения между двумя абонентами А и В осуществляется соответствующими комплектами станционного оборудования, относящимися к вызываемому и вызываемому абонентам. Установление соединения начинается, когда вызывающий абонент А поднимает трубку или нажимает на кнопку. А-SLCA обнаруживает замыкание шлейфа. После этого последовательность взаимодействия внутрисканционного оборудования заключается в следующем.

Линия сигналов управления

А-SLMCP устанавливает, что имеется запрос на соединение, когда он сканирует SLCA. А-SLMCP при замыкании шлейфа пропускает сообщение к А-DLUC. А-DLUC направляет сообщение через А-DIUD и А-DIU к А-GP. А-GP ищет категорию линии и категории услуг вызываемого абонента в списках, назначает временной интервал и сообщает об этом А-SLMCP. А-SLMCP загружает временной интервал в А-SLCA. Затем А-GP проключает соединение до А-GS и инициирует проверку пути передачи от А-LTG до А-SLCA и обратно к А-LTG.

Линия сигналов проверки

TOG в А-SU передает испытательный тон. Один CR в А-SU принимает этот испытательный тон.

Линия сигналов управления

После успешного завершения проверки А-GP даёт команду А-SLMCP на проключение разговорного тракта через А-SLCA. Затем А-GP проключает соединение через А-GS для процедуры набора номера.

Линия сигнала ответа станции и информации набора номера

ТОG в А-SU передаёт сигнал ответа станции к А-SLCA. CR готов принять набранные цифры.

Линия сигналов управления

А-SLMCP проключает сигнал ответа станции (ТОG в А-SU) через телефонный аппарат.

Линия сигнала ответа станции и информации набора номера

Абонент А начинает передавать цифры с помощью тастатурного набора. CR в А-SU готово к принятию набранных цифр.

Линия сигналов управления

CR пропускает преобразованную в цифровую форму информацию набора к А-GP. После принятия первой цифры А-GP отключает сигнал ответа станции. А-GP добавляет исходную информацию к информации набора номера и передаёт обе информации координационному процессору.

Координационный процессор проверяет в своём запоминающем устройстве, свободен ли запрашиваемый абонент В, и идентифицирует DLU, SLCA и линию, назначенные этому абоненту. Он устанавливает, какая из двух LTG подключена к какому DLU и которая должна быть использована.

Если вызываемый абонент свободен, он промаркирует в своём запоминающем устройстве вызываемую линию как занятую.

Линия сигналов управления

Координационный процессор выдаёт команды для проключения соединительного пути через коммутационное поле между А-LTG и В-LTG и для внутростанционной проверки (СОС) между А-LTG и В-LTG.

Линия сигналов проверки

СОС проверяет качество передачи на соединительных путях.

Линия сигналов управления

Если внутростанционная проверка была успешной, А-GP даёт команду А-GS на проключение соединения через коммутационное поле и передачу отчёта о результатах к В-GP. В-GP назначает временной интервал для соединения и сообщает об этом В-SLMCP.

В-SLMCP загружает временной интервал в В-SLCA, а В-GP проключает соединение через В-GS и при этом инициирует проверку на тракте передачи от В-LTG к В-SLCA и обратно к В-LTG.

Линия сигналов проверки

Затем TOG в В-SU передаёт испытательный тон. CR в В-SU принимает этот испытательный тон.

Линия сигналов управления

Если проверка была успешной, В-GP передаёт вызывную команду к В-DLUC. В-GP проключает соединение через В-GS для контроля посылки вызова к абоненту А. В-DLUC обеспечивает приём абонентом В посылки вызова.

Линия сигнала посылки вызова и контроля посылки вызова

Абонент А принимает контроль посылки вызова от генератора тональных сигналов в сигнальном комплексе В.

Затем В-SLCA применяет посылку вызова для линии абонента В. Сняв трубку или нажав на кнопку, абонент В показывает, что он готов принять вызов. В-SLCA распознаёт замыкание шлейфа.

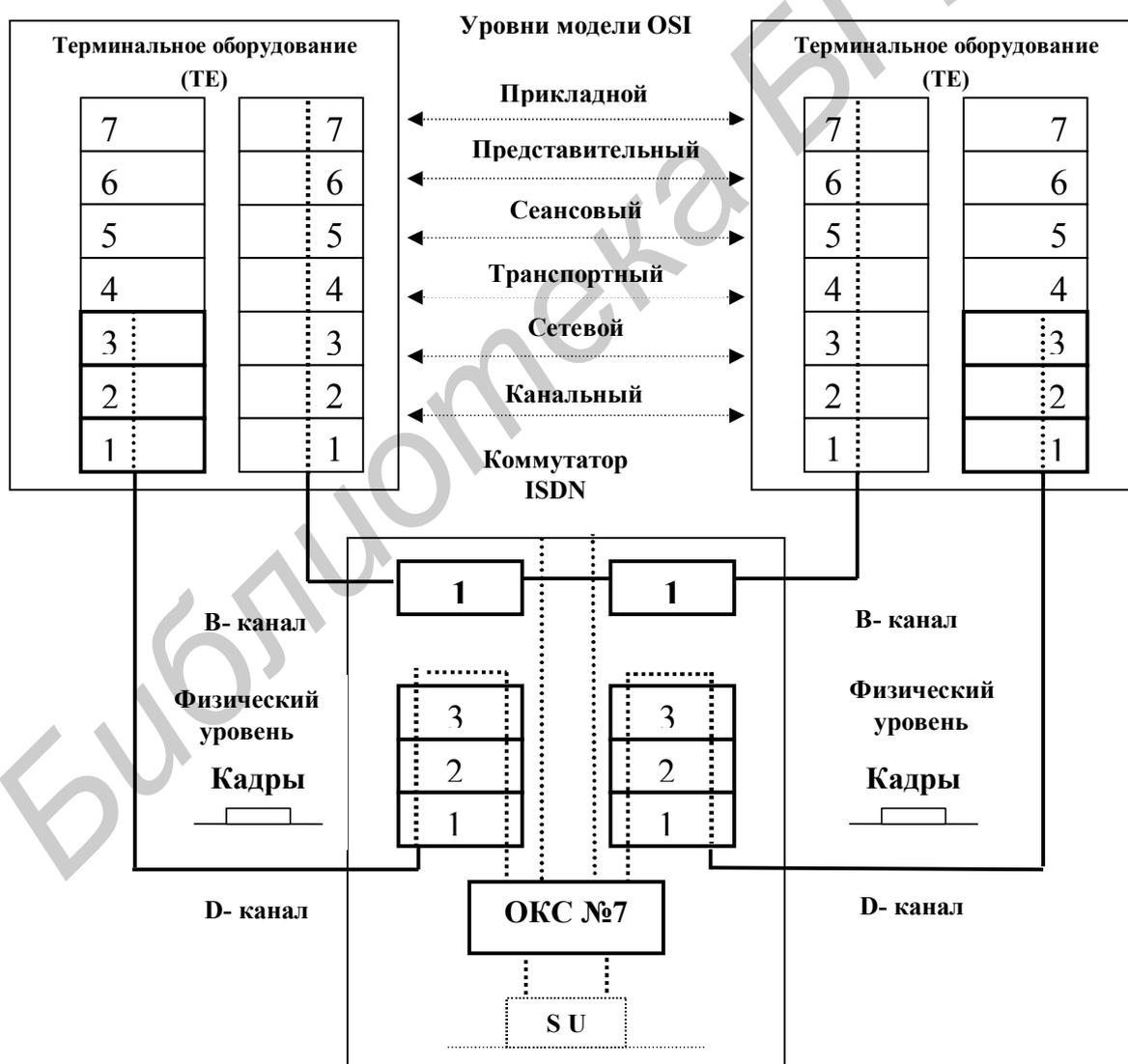


Рис. 1.8. Процедура обслуживания вызова сети ISDN

Линия сигналов управления

В-SLMCP при сканировании В-SLCA устанавливает, что абонент В принял вызов и передает сообщение о замыкании шлейфа к В-DLUC. В-DLUC отключает посылку вызова и передает сообщение к В-GP. В-GP отключает контроль посылки вызова от абонента А и проключает соединительный путь через групповой переключатель.

В-GP передает сигнал ответа к групповому процессору А.

Линия разговорного соединения

Таким образом, соединение установлено. Групповой процессор А регистрирует данные учёта стоимости телефонного разговора, запоминает их в одном из своих регистров и затем передает их координационному процессору в конце вызова.

Процедура обслуживания вызова ISDN с учетом цифровой абонентской и межстанционной систем сигнализации иллюстрируется рис. 1.8, на котором сеть ISDN представлена сетевыми узлами – коммутаторами ISDN.

В цифровой абонентской линии информация от терминального оборудования по В- и D-каналам передается по одной физической линии путем временного мультиплексирования в структуре цикла с групповой скоростью 192 Кбит/с согласно протоколу цифровой абонентской сигнализации DSS-1, а

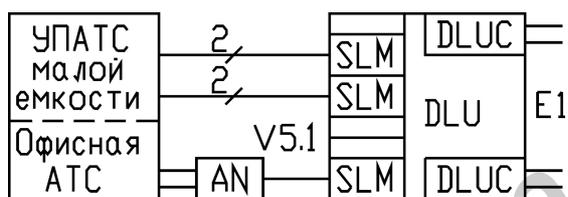


Рис. 1.9. Схема подключения ЦАЛ при базовом доступе

информация межстанционной системы сигнализации по сигнальной сети передается сигнальными единицами SU (*Signaling Unit*) со скоростью 64 Кбит/с.

Подключение цифровых абонентских терминалов при базовом и первичном доступе к станционному

оборудованию EWSD поясняется соответственно рис. 1.9 и 1.10. Офисные АТС используют схему подключения «точка–многоточка», а УПАТС малой емкости – «точка–точка».

Как следует из схем, при базовом доступе возможны два варианта подключения терминального оборудования стандарта ISDN к блоку DLU: через цифровой модуль абонентских линий – SLM или через блок сетевого доступа AN (*Access Network*) на основании протокола V5.

Цифровые потоки первичного доступа непосредственно включаются в линейную группу LTG.

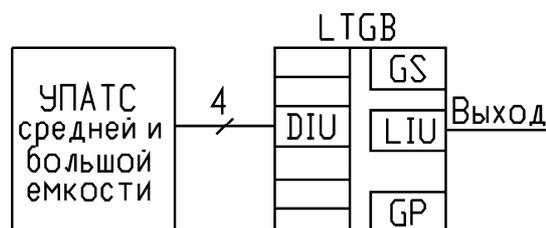


Рис. 1.10. Схема подключения ЦАЛ при первичном доступе

В цифровом модуле абонентских линий SLMD блока DLU выполняется демультиплексирование информационных потоков В- и D-каналов (рис.1.11). Принятая сигнальная информация по D-каналу используется для выполнения

внутристанционной сигнализации при установлении соединения согласно алгоритму, рассмотренному выше.

Процедура обслуживания вызова при цифровой абонентской сигнализации заключается в следующем:

1. После снятия трубки S- и U-интерфейсы активизируются: запрашивается блок NT, а на канальном уровне осуществляется синхронизация S- и U-интерфейсов.

2. На втором шаге устанавливается процедура активизации уровня 2 между терминалом TE и SLMD в DLU. Терминал запрашивает уровень 2,

посылая сообщения SAMBE.

Для идентификации оборудования в поле управления этого сообщения прописывается значение терминального индикатора TEI. Станция отвечает, посылая терминалу сообщение UA с таким же значением TEI.

3. После этого может устанавливаться соединение процедурой уровня 3 между LTG и терминалом TE. Первое передаваемое сообщение из терминала к станции

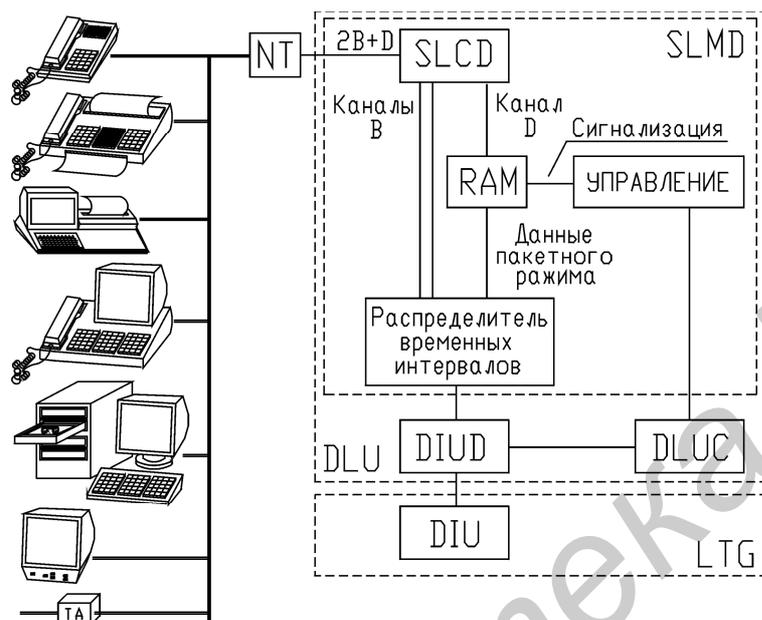


Рис.1.11. Организация структуры базового доступа абонентов ISDN в СК EWSD

есть сообщение SETUP. Оно посылается в режиме передачи с подтверждением, выполняемым процедурой уровня 2, и соответственно посылается в структуре I- кадра.

Кроме селектируемой метки соединения, являющейся идентификатором процедуры уровня 3, это сообщение включает информацию о заказываемых службах с помощью информационных элементов ИЭ: «средства доставки информации» (*bearer capability* – BC), «совместимость в верхних уровнях» (*high layer compatibility* – HLC), «совместимость в нижних уровнях» (*low layer compatibility* – LLC) и, возможно, ИЭ «вызывающий номер» (*calling party number* – calling PN) в случае многопользовательского номера этого терминала.

4. Сообщением SETUP ACKNOWLEDGE станция информирует терминал о предоставляемом В-канале путем включения в структуру сообщения ИЭ «идентификатора канала» – *Channel Identification*. Если запрашиваемая служба есть голосовая, то станция посылает тональный сигнал – ответ станции.

5. Затем может быть передан сигнал о номере вызываемого абонента. Он может быть послан одним сообщением или отдельными сообщениями INFORMATION путем включения в его структуру ИЭ «вызываемый номер» *called party number – called PN*. Сигнал ответа станции прекращается после получения первого сообщения о номере вызываемого абонента.

6. Сообщение CALL PROCEEDING, посланное в сторону вызывающего абонента, информирует его о состоянии станции по обработке вызова и о достаточности для этого полученной информации.

7. Если станция определила вызываемого абонента как абонента ISDN, то в его сторону также посылается сообщение SETUP. Поскольку станция не знает, какие терминалы в момент соединения подключены к S-шине вызываемого абонента, то сообщение SETUP посылается в структуре UI-кадра без подтверждения уровнем 2 ко всем подключенным терминалам с вещательным значением идентификатора терминала TEI=127.

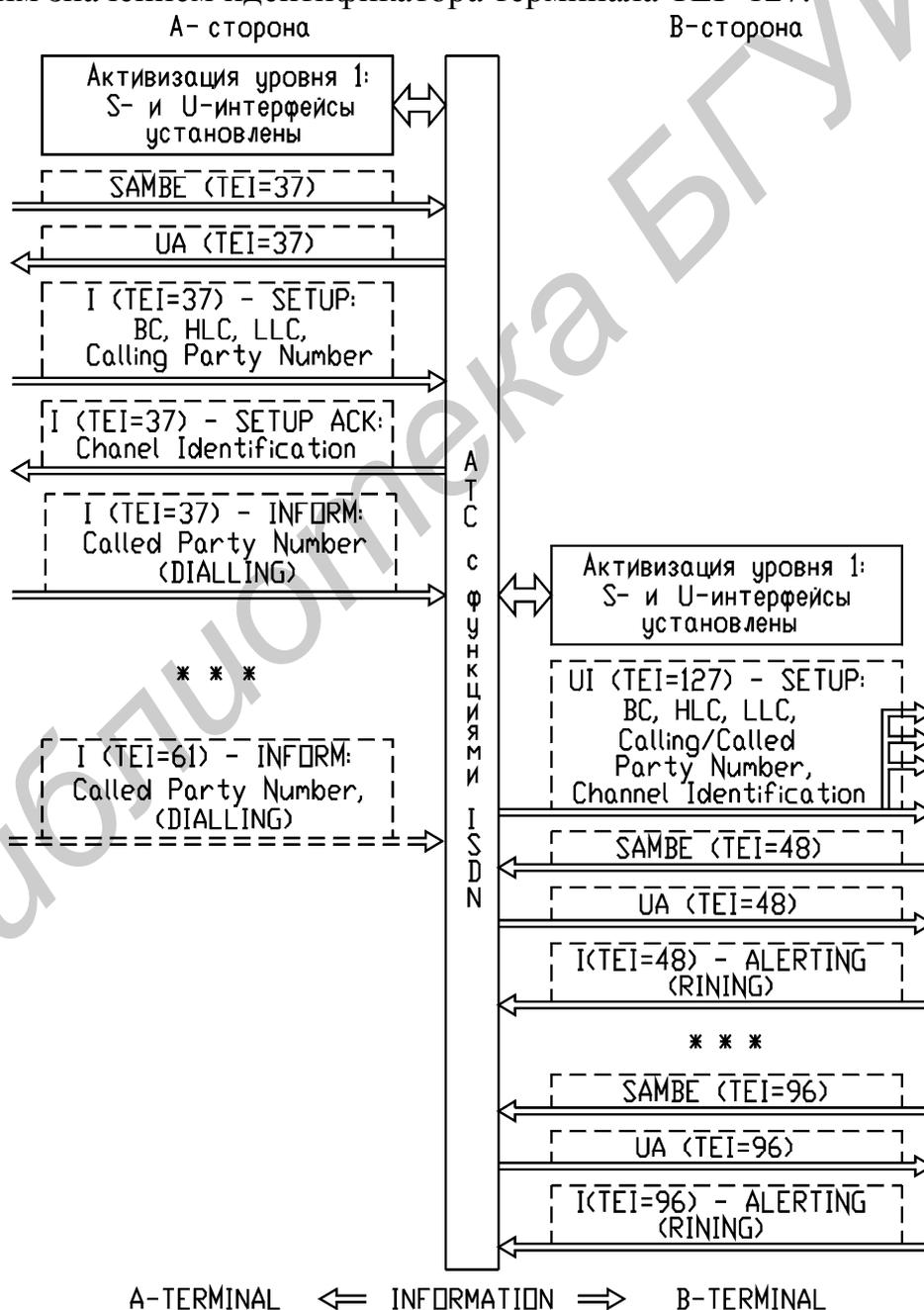


Рис. 1.12. DSS-1. Фаза установления соединения процедуры обслуживания вызова

Так же как ИЭ *BC*, *HLC* и *LLC* идентифицируют требуемые службы, сообщение *SETUP* включает ИЭ *Called PN*, которое позволяет в случае мультипользовательского номера осуществить правильную адресацию вызываемого терминала. Если идентификация вызывающей линии допускается, то в сообщении также включается ИЭ *Calling PN*. Кроме этого, терминалы также оповещаются о занимаемом В-канале.

8. Каждый терминал, используя систему сигнализации, устанавливает соединение, передавая в сторону сети сообщение *SABME*, включающее собственное значение идентификатора терминала *TEI*, а затем отвечает сообщению *SETUP* сообщением *ALERT*.

9. Получая первое сообщение *ALERT* с вызываемой стороны, станция уведомляет вызывающую сторону, также посылая сообщение *ALERT*. И если выполняемая служба есть телефонная служба, то станция посылает вызывной тон в В-канал терминала.

10. Если вызываемая сторона отвечает снятием трубки, то со стороны этого терминала по D-каналу посылается сообщение *CONNECT*.

11. Вызывающая сторона также информируется сообщением *CONNECT* о снятии трубки на стороне вызываемого абонента.

12. Каждое из двух сообщений *CONNECT* подтверждается сообщениями *CONNECT ACKNOWLEDGE*. Начиная с этого момента запрашиваемое соединение является установленным. Поскольку более чем один терминал отреагировал на входящий вызов, посылая сообщение *ALERT*, то остальные терминалы станцией отключаются от сети процедурой уровня 2.

13. Разрушение установленного соединения возможно абонентами как с вызывающей, так и с вызываемой стороны путем передачи соответствующим терминалом сообщения *DISCONNECT* в сторону сети, на которое станция отвечает сообщением *RELEASE*.

14. Получая сообщение *RELEASE*, терминал отключает В-канал, сбрасывает метку соединения и отвечает сообщением *RELEASE COMPLETE*. После этого станция освобождает В-канал, а метка соединения, выделенная для данного соединения, ликвидируется.

15. Затем станция информирует сторону, не освободившую свои ресурсы для данного вызова, о том, что противоположная сторона ликвидировала соединение со своей стороны, передавая сообщения *DISCONNECT* по каналу сигнализации и информируя пользователя В-канала. Терминал отвечает на это сообщением *RELEASE* и освобождает В-канал. Получив сообщение *RELEASE*, станция освобождает В-канал, сбрасывает метку соединения и возвращает сообщение *RELEASE COMPLETE* в терминал, который после этого ликвидирует метку соединения.

Описанная процедура установления соединения между двумя абонентами ISDN на основе цифровой абонентской сигнализации DSS-1

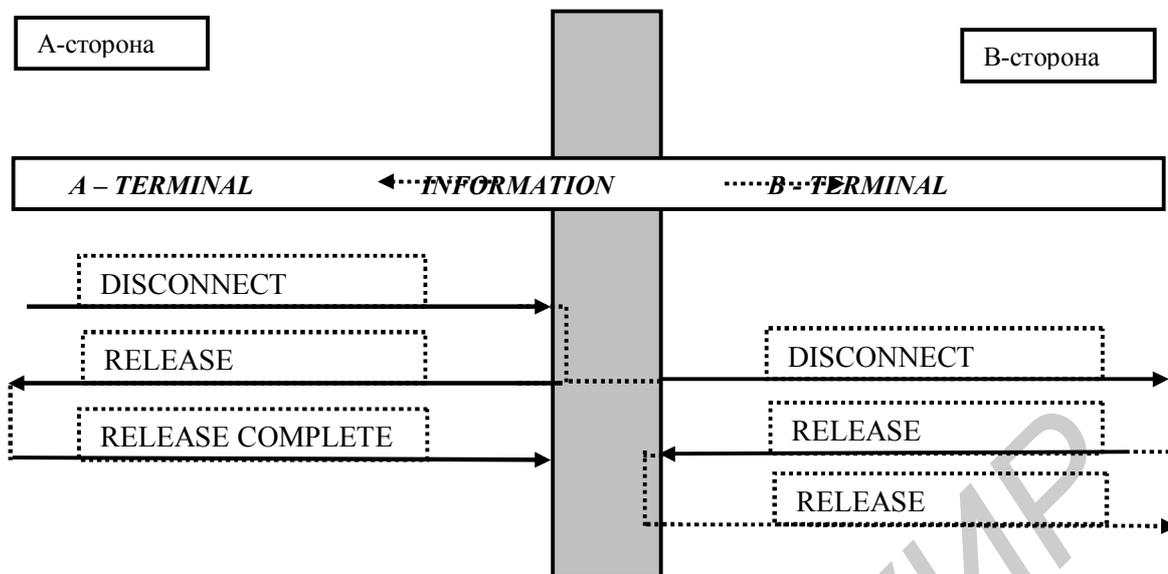


Рис. 1.13. DSS-1. Фаза разрушения соединения процедуры обслуживания вызова

отображается диаграммой последовательности обмена сигнальными сообщениями между абонентским и станционным окончаниями как со стороны вызывающего, так и со стороны вызываемого терминала (рис.1.12, 1.13). Содержательная часть сообщений представлена необходимым перечнем информационных элементов, передаваемых в соответствующих направлениях.

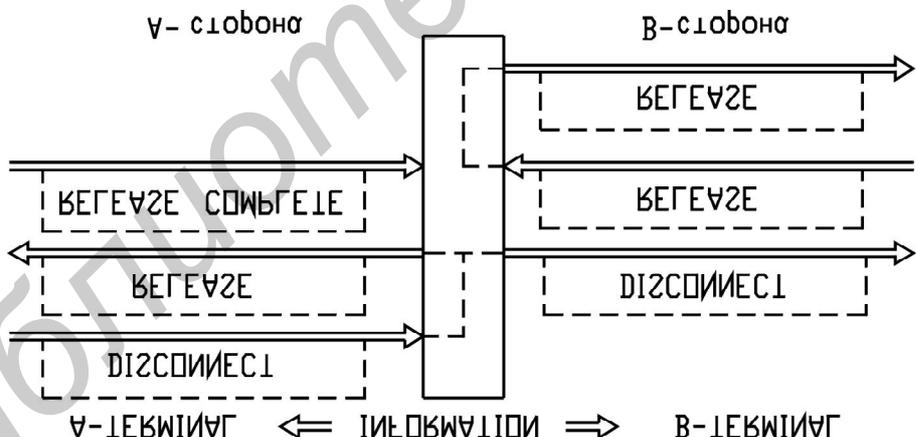


Рис. 1.13. DSS-1. Фаза разрушения соединения процедуры обслуживания вызова

1.2. Абонентские линии ISDN

Доведение цифрового потока до пользователя в ISDN реализуется посредством существующего абонентского, обычно электрического двухпроводного, кабеля. Подключение к этому кабелю осуществляется в так называемой стандартной точке или U-интерфейсе, определяемом линейным окончанием LT (*Line Terminal*) станционного оборудования АТС. Точка U не

определена в рекомендациях МСЭ-Т, поскольку форма сигналов в U-интерфейсе должна быть согласована с физическими характеристиками линий, которые в разных странах отличаются друг от друга.

В случае, если затухание сигнала в интерфейсе U превышает нормы, отвечающие требованиям использования этого канала в ISDN, для усиления сигнала вводятся специальные устройства – регенераторы. Сетевое окончание NT (*Network Terminal*) через S-интерфейс «пользователь–сеть» соединяет канал U с аппаратурой пользователя TE (*Terminal Equipment*).

В рекомендациях МСЭ-Т стандартизация S-интерфейса выполнена только по трем уровням:

- уровень 1 (рекомендация I.430);
- уровень 2 (рекомендация Q.921);
- уровень 3 (рекомендация Q.931).

Стандартизация S-интерфейса имеет первостепенное значение, так как именно здесь требуется совместимость терминалов и определенная независимость от изготовителя.

Для уровня 1 стандартизируются следующие атрибуты интерфейса: электрические, функциональные, механические и процедурные. Электрические атрибуты описывают уровни, напряжения, емкость, временные параметры электрических сигналов и др. Функциональные атрибуты описывают функции, выполнение которых должен обеспечивать физический интерфейс, такие, как управление, синхронизация, передача данных. Механические атрибуты описывают размеры разъемов, количество и типы проводов для интерфейса. Процедурные атрибуты описывают, что должен выполнять интерфейс, и последовательность событий, связанную с передачей сигналов через интерфейс.

В рамках уровня 1, в частности, специфицирован разъем на базе стандарта ISO 8877. В основном этот разъем совпадает с телефонным разъемом, принятым в Северной Америке, где более популярным является обозначение RJ45 (рис. 1.14). В Европе эти разъемы были распространены несколько меньше; например, в Германии использовался собственный, нестандартный разъем.

В табл. 1.1 приведены назначения контактов для разъемов S-интерфейса.

Существует две реализации S-интерфейса, связанные с различным подходом к принадлежности сетевого окончания NT. В европейской практике NT принадлежит оператору связи, поэтому было сформулировано решение с обеспечением передачи питания NT по линии U. Питание в U-интерфейсе

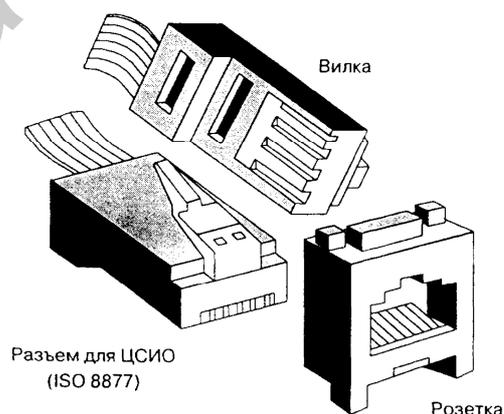


Рис. 1.14. Разъем для S-интерфейса по ISO 8877

может использоваться для диагностики наличия подключенного NT со стороны линейного окончания LT АТС по току питания.

В американской практике NT принадлежит абоненту и получило распространение техническое решение без обеспечения питания в интерфейсе U. В этом случае питание NT обеспечивается автономно, а для диагностики используются служебные пакеты, посылаемые через заданные промежутки времени.

Европейская версия U-интерфейсов поставляется такими производителями, как Alcatel, Siemens, Italtel, Ericsson, а американская версия - главным образом Lucent Technology.

Хотя U-интерфейс не стандартизирован, однако в последнее время производителями канального оборудования поставляется несколько типов таких интерфейсов, различающихся протоколами линейного кодирования, например 2В1Q и 4В3Т. Из этих интерфейсов наибольшее распространение получил код 2В1Q.

В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т определены также два типа абонентских установок ISDN: TE1 - терминал ISDN и TE2 - несовместимый с ISDN терминал.

Терминалы TE-1 полностью совместимы со стандартами ISDN и подключаются к этой сети через четырехпроводный интерфейс, в котором по принципу временного разделения организованы 3 канала, обозначаемые как В, В, D или (2В+D).

В-каналы имеют пропускную способность 64 Кбит/с, а пропускная способность D-канала составляет 16 Кбит/с. Такой интерфейс называется базовым (BRI — *basic rate interface*). ISDN предусматривает подключение к одному интерфейсу 2В+D до 8 терминалов TE-1.

Терминалы TE-2 несовместимы с ISDN и требуют наличия устройств сопряжения - терминальных адаптеров ТА (*terminal adapter*). ТА подключается к S-интерфейсу, преобразует сигналы других стандартов в стандарт ISDN и обеспечивает взаимодействие с аппаратурой пользователя по интерфейсу R, который совпадает с различными интерфейсами каналов передачи данных, например, V.24, X.21, V.35, RS449 и т.д.

Поэтому интерфейс R не стандартизирован и через него подключаются цифровые

Таблица 1.1
Назначение контактов S-интерфейса

№ контакта	Сторона пользователя TE	Сторона сети NT	Полярность
1	Резерв		
2	Резерв		
3	Передача	Прием	+
4	Прием	Передача	+
5	Прием	Передача	-
6	Передача	Прием	-
7	Резерв		
8	Резерв		

устройства и терминалы передачи данных, стандартизация которых частично охвачена другими рекомендациями. В частности, в этой точке могут функционировать синхронные и асинхронные интерфейсы, определенные рекомендациями МСЭ серий V и X.

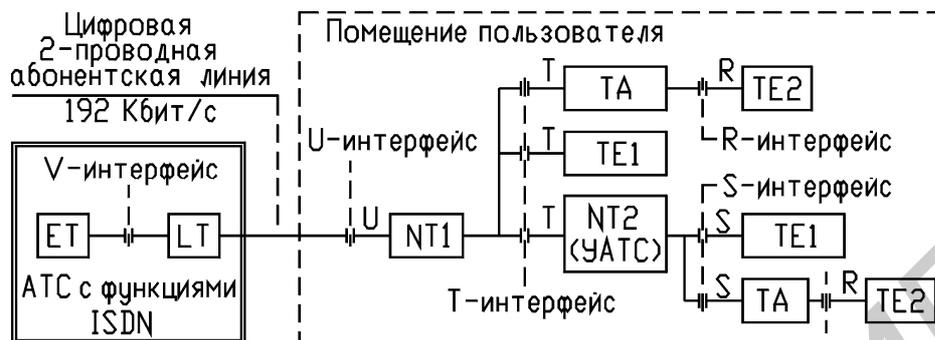


Рис. 1.15. Абонентское оборудование и интерфейсы ISDN

Поскольку устройство сетевого окончания NT обеспечивает подключение абонентской установки к абонентской линии и возможность совместного использования одной абонентской линии несколькими оконечными устройствами, то NT с учетом необходимости выполнения обеих этих задач разделяется на два функциональных блока: NT1 - сетевое окончание уровня 1- и NT2 - сетевое окончание уровней 2 и 3. В этом случае интерфейсная точка T определяет стык между блоками NT1 и NT2.

Функциональный блок NT1 включает в себя основные функции сетевого окончания и обычно представляет собой настенную коробку, устанавливаемую оператором сети общего пользования.

В функции NT1 входят подача питания к абонентской установке, обеспечение технического обслуживания линии и контроля рабочих характеристик, синхронизация, мультиплексирование на первом физическом уровне модели взаимодействия открытых систем и разрешение конфликтов доступа.

Функциональный блок NT2 выполняет функции обработки протоколов уровней 2 и 3, мультиплексирования, коммутации и концентрации, а также функции технического обслуживания и некоторые функции уровня 1. В качестве функционального блока NT2 могут выступать УАТС, локальная сеть или терминальный адаптер. Функции NT1 и NT2 могут объединяться в едином физическом оборудовании, обозначаемом просто NT.

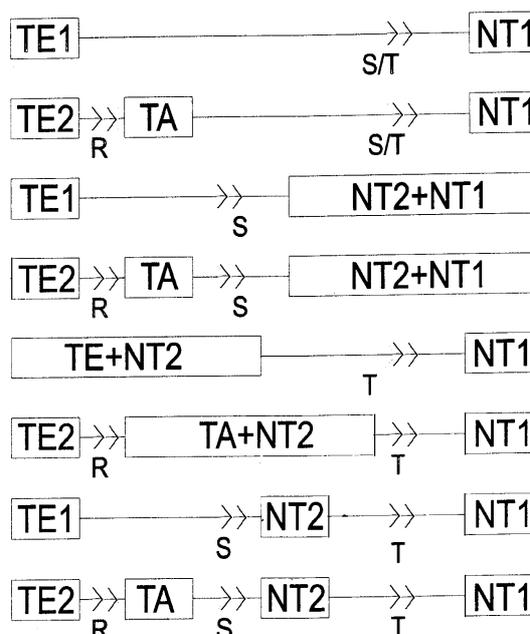


Рис. 1.16. Эталонные конфигурации стыков R, S, T

Функциональная модель цифровой абонентской линии ISDN, содержащая 4 опорные точки: R, S, T, U - представлена на рис. 1.15, а эталонные конфигурации стыков точек приведены на рис. 1.16.

Интерфейс в точке T связывает оборудование пользователя с находящимся в помещении пользователя сетевым окончанием NT1.

Интерфейсы в точках T и S являются источником некоторой путаницы. Строго говоря, S и T обозначают не интерфейсы, а опорные точки. Точка S является точкой подключения терминалов и адаптеров к NT2, а точка T - точкой подключения NT2 к NT1. Если функции NT2 отсутствуют, эти точки совпадают. Если функции NT2 присутствуют, интерфейсы в обеих точках могут быть идентичны на уровнях 1 и 2. Тем не менее на уровне 3 они могут различаться в связи с тем, что протоколы сигнализации для S-интерфейса являются, как правило, протоколами ведомственной сети, в то время как в T-интерфейсе действуют протоколы сети общего пользования.

Шинная конфигурация базового S-интерфейса согласно стандарту I.430 имеет одно сетевое окончание, позволяет подключить до восьми TE и предусматривает три варианта построения S-шины (рис. 1.17).

На рис. 1.17, а приведена схема короткой пассивной шины S (*short passive S bus*), к которой могут подключаться до восьми различных терминалов на произвольном расстоянии друг от друга. При этом максимальная длина кабеля пассивной шины составляет не более 200 м.

В случае необходимости выноса группы терминалов (рис. 1.17, б) используется схема расширенной пассивной шины S (*extended passive S bus*), длина которой может достигать 500 м при подключении всех терминалов к шине в пределах 50 м.

Отдельный терминал может подключаться к NT по схеме S-шины типа "точка-точка" (*point-to-point*) на расстоянии не более 10000 м (рис. 1.17, в). Фактором ограничения здесь выступает затухание в кабеле, которое не должно превышать 6 дБ.

Конструктивно шина S представляет собой четырехпроводную кабельную линию с подключением терминалов к S-интерфейсу через разъем вида, показанный на рис.1.14.

Через интерфейс в точке S, когда он полностью активизирован, происходит непрерывная передача бит в обоих направлениях между NT и TE. Скорость передачи составляет 192

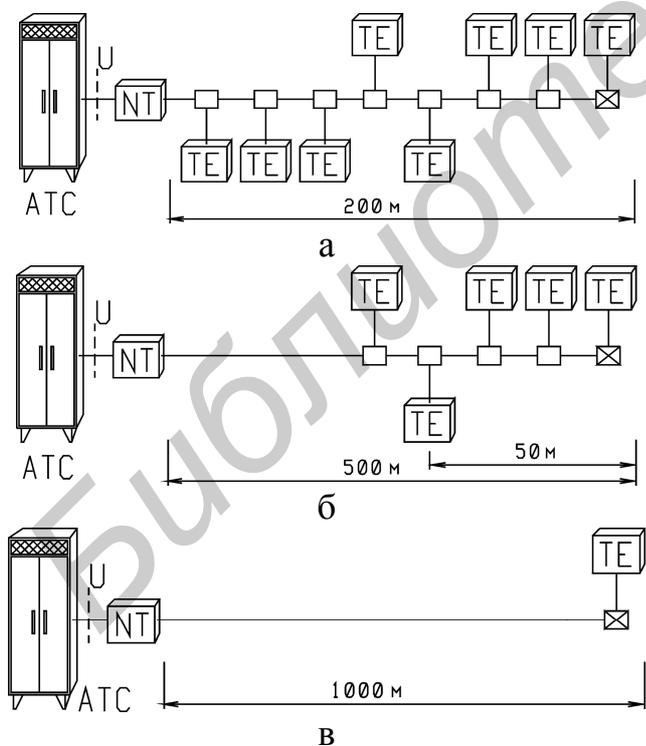


Рис. 1.17. Варианты построения шины S

бит в обоих направлениях между NT и TE. Скорость передачи составляет 192

Кбит/с и включает два В-канала по 64 Кбит/с, один D-канал 16 Кбит/с и ресурс 48 Кбит/с для синхронизации циклов и техобслуживания в пределах уровня 1. Структура цикла в точках S и T приведена на рис. 1.18.

Структура меняется в зависимости от направления передачи между NT и TE, но идентична для конфигурации «точка–точка» и для многоточечной конфигурации. Циклы имеют длину 48 бит и передаются из TE и NT с периодом 250 мкс. Первый бит каждого цикла, передаваемого от TE к NT, смещен на 2 бита по отношению к первому биту цикла, принимаемого от NT.

Цикл длительностью 250 мкс обеспечивает скорость передачи данных 192 Кбит/с. Однако в каждом цикле имеются 12 служебных бит, поэтому скорость передачи данных пользователя составляет 144 Кбит/с.

Соблюдая байтовую структуру при кодировании речи с помощью импульсно-кодовой модуляции, сигналы обоих В-каналов (B1 и B2) распределяются в цикле побайтно. За каждый цикл передается по два байта каждого В-канала, четыре бита D-канала и биты для передачи управляющей информации:

- F - бит цикловой синхронизации;
- L - бит балансировки по постоянному току;
- E - бит эхо-канала D;
- F_a - вспомогательный бит цикловой синхронизации;
- N - бит с двоичным значением, инверсным по отношению к F_a;
- A - бит, используемый для активизации канала;
- S - резервный бит;
- M - бит сверхцикловой синхронизации.

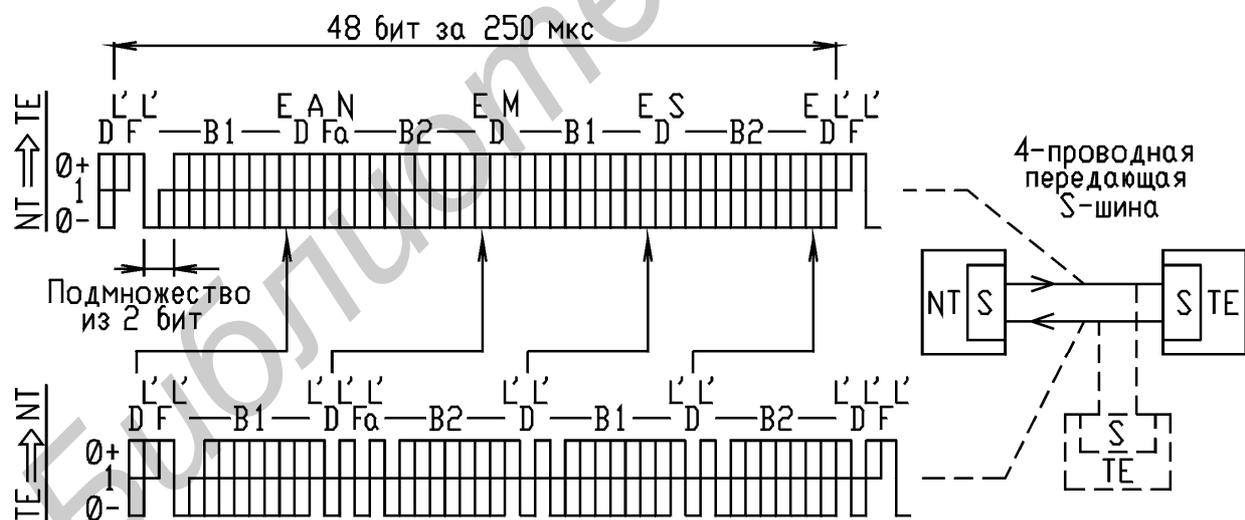


Рис. 1.18. Структура цикла I.430

Первые два бита цикла: бит цикловой синхронизации F и бит балансировки по постоянному току L - используются в цикле NT для электрического симметрирования цикла, а в цикле TE бит L предназначен для электрического симметрирования каждого байта В-канала и каждого полубайта

D-канала. Балансирующий бит L является "двоичной единицей", если число "нулей", следующих за предыдущим балансирующим битом, является четным.

Дополнительный бит цикловой синхронизации F_a и бит N (только в цикле NT) также используются в процедурах цикловой синхронизации. Циклы, передаваемые от NT, содержат биты эхо-канала (биты E), используемого для обратной передачи бит D-канала, принимаемых от TE. То есть бит, принятый NT в D-канале, передается обратно в сторону TE в бите E-канала. Эхо-канал D используется для управления доступом к каналу D. Бит A в цикле NT используется для активизации и деактивизации TE. Последний бит цикла (бит L) используется для балансировки всего цикла.

Первый бит каждого цикла, передаваемого от TE к NT, смещен на 2 бита относительно первого бита, передаваемого в противоположном направлении. Синхронизация TE осуществляется цифровым потоком, поступающим от NT.

В качестве кода передачи используется линейный код: код AMI (*Alternate Mark Inversion*) - псевдотроичный код с чередованием полярностей и со 100%-й шириной импульса. Кодирование осуществляется таким образом, что с помощью положительного или отрицательного импульса передается "двоичный нуль", а отсутствием линейного сигнала - "двоичная единица". Следующие "двоичные нули" должны иметь чередующуюся полярность, как это показано на рис. 1.19.

Процедура цикловой синхронизации. Первый бит каждого цикла является битом цикловой синхронизации F. Этот бит имеет значение "двоичный нуль".

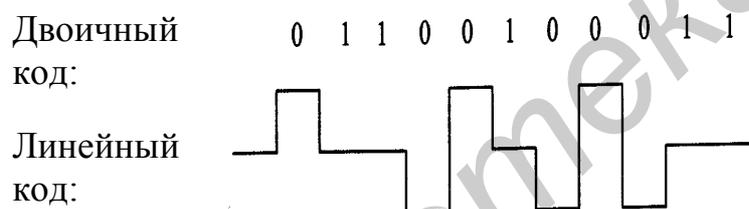


Рис.1.19. Псевдотроичный код AMI со 100 %-й длительностью импульсов

Цикловая синхронизация достигается очень быстро за счет двойного нарушения линейного кода. Бит цикловой синхронизации представлен токовой посылкой, имеющей ту же

полярность, что и токовая посылка, непосредственно ей предшествующая. Это первое нарушение линейного кода, где значения двоичных "нулей" представлены чередующимися импульсами.

Второе нарушение заключается в том, что: первый "нуль", следующий за парой "балансирующий бит - бит цикловой синхронизации", имеет ту же полярность, что и балансирующий бит. Чтобы синхронизация была гарантирована, введены вспомогательные синхронизирующие биты - F_a и N в направлении NT-TE и бит F_a с балансирующим битом L в направлении TE-NT. Благодаря тому, что имеется возможность присвоить значение "нуль" биту F_a или N в направлении NT-TE, а также биту F_a в направлении TE-NT (если его позиция не использована в качестве бита сверхцикла Q), нарушение линейного кода гарантируется на "расстоянии" не более 14 бит от бита цикловой синхронизации F.

Процедура цикловой синхронизации не зависит от того, какую полярность имеет бит F и, следовательно, от полярности проводки. Однако важно соблюдение полярности при подключении нескольких терминалов в случае шинной конфигурации, для того чтобы биты D-канала, передаваемые от разных терминалов, имели одинаковую полярность.

Возможны несколько вариантов выполнения процедуры цикловой синхронизации в зависимости от информационной структуры цикла (рис.1.20).

Например, если бит цикловой синхронизации имеет положительную полярность, а бит A имеет значение "единица" (активирован), бит M - значение "нуль", а бит S, не регламентируемый МСЭ-Т, всегда имеет значение двоичного "нуля", то при передаче во всех В-, D- и E-каналах единицы первое нарушение линейного кода будет в бите F_a на "расстоянии" 13 бит от бита цикловой синхронизации F. В этом случае балансирующий бит L в поле F_a в соответствии с правилом кодирования будет иметь значение "нуля".

В конце цикла комбинация бит L и F будет вторым нарушением правила линейного кода. Оно произойдет на "минимальном" расстоянии, если количество "нулей" в цикле, предшествующих балансирующему биту L, нечетное. Тогда бит L имеет значение "нуля". "Максимальное" расстояние будет в случае, если последний байт канала В₂, биты E- и D- каналов равны "единице", а количество "нулей", предшествующих балансирующему биту L, – четное.

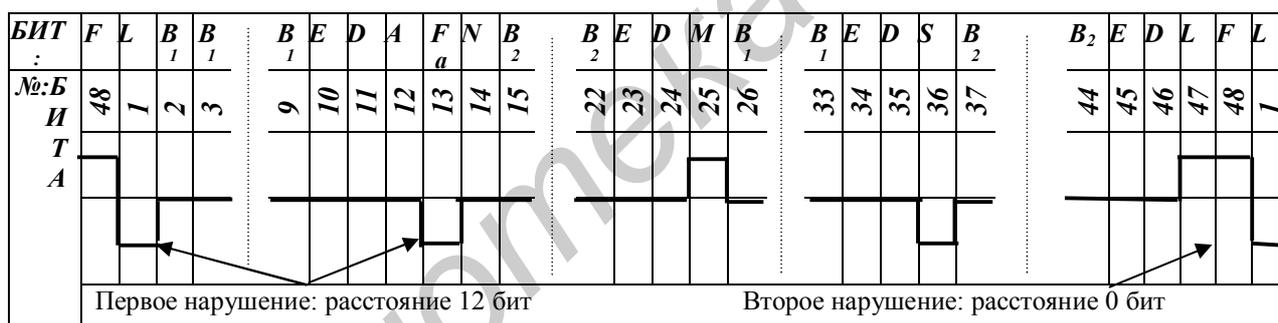


Рис.1.20. Процедура цикловой синхронизации

В этом случае бит L равен "единице", а расстояние S – F, на котором нарушено правило кода, составляет 12 бит.

Если в канале В₁, E- или D-канале имеются "нули", то нарушение линейного кода будет иметь место на расстоянии меньше 13 бит, что соответствует критерию, описанному выше.

Процедура доступа к D-каналу. Обычно в каждый момент времени в В-канал передает сигнал только одно оконечное устройство. Для этого служит коммутационное устройство, которое с помощью сигнализации предоставляет в каждый момент времени один из В-каналов только одному оконечному устройству.

ISDN позволяет передавать пакетную информацию кроме основных В-каналов еще и по вспомогательному D-каналу. При этом, чтобы в случае шинной конфигурации оконечные устройства не мешали друг другу при

одновременной передаче сигналов в D-канал, они должны выполнять определенную процедуру доступа.

Процедура доступа оконечных устройств к D-каналу требует, чтобы сетевое окончание NT в тех случаях, когда хотя бы одно оконечное устройство передает в D-канал "нуль", принимало всегда "нуль", а когда все оконечные устройства передают "единицу", принимало "единицу". Это достигается благодаря использованию в конце каждой группы бит в цикле от TE к NT балансирующего бита L, обеспечивающего "нулю" в канале D всегда одну и ту же полярность.

Когда в TE нет кадров уровня 2, подлежащих передаче, в канал D передаются двоичные "единицы". Получив информацию от TE, NT вводит двоичное значение этого бита в очередную свободную позицию бита эхо-сигнала (бит E-канала) в направлении к TE.

Находясь в активном состоянии, TE просматривает эхо-канал D и ведет счет "единицам", приходящим подряд по E-каналу. Если обнаруживается двоичный "нуль", то счет начинается сначала. В соответствии с протоколом защиты D-канала (рекомендация МСЭ-Т 1.440 и 1.441) гарантируется, что эти "сигналы паузы" не появятся внутри передаваемого блока, а также что каждый информационный блок начинается с "нуля".

Кадры уровня 2 передаются таким образом, что сигнальная информация имеет приоритет (класс приоритета 1) над всеми другими видами информации - класс приоритета 2. Кроме этого, для обеспечения равноправного доступа к D-каналу среди конкурирующих между собой терминалов в пределах каждого класса приоритета TE, успешно завершивший передачу кадра, получает более низкий уровень приоритета в данном классе. Этот TE вновь получает свой обычный уровень приоритета после того, как все TE получили возможность передачи информации с обычным для данного класса уровнем приоритета. Количество единиц для класса приоритета 1 (сигнальной информации) равно 8 для обычного уровня и 9 для низкого. Для класса приоритета 2 количество единиц составляет 10 для обычного уровня и 11 для низкого уровня приоритета.

Получив право передачи информации в D-канал, TE контролирует информацию, принимаемую по эхо-каналу D, и сравнивает последний переданный бит с последним принятым сразу после этого битом эхо-канала D. Если переданный бит идентичен принятому биту эхо-канала, TE продолжает передачу. Если же принятый эхо-бит отличается от переданного, TE немедленно прекращает передачу и возвращается в состояние контроля канала.

Исходя из электрических характеристик, оконечное устройство, передающее "нули", получает преимущество перед оконечными устройствами, передающими "единицы". Следовательно, только одно оконечное устройство может до конца успешно передавать свой блок, в то время как все остальные оконечные устройства доступа к каналу не получают. Как только D-канал вновь станет свободным по критерию, рассмотренному выше, оставшиеся оконечные устройства снова повторяют попытку передачи своего информационного блока.

Организация сверхциклов. Оконечное устройство, идентифицирующее сверхцикл, имеет возможность организовать Q-канал - дополнительный канал между ТЕ и NT, предназначенный для обеспечения в уровне 1 дополнительного ресурса передачи.

Общий механизм использования Q-канала заключается в следующем: в каждом пятом цикле в битовой позиции F_a передается бит Q-канала. Соответственно всего четыре бита Q1-Q4 организуются в сверхцикл из 20 циклов.

Начало сверхцикла обозначается путем присвоения "единицы" биту М в направлении NT-ТЕ. После обнаружения "единицы" в бите М ТЕ передает вместо бита F_a бит Q1, затем четыре цикла, затем бит Q2, четыре цикла и т.д.

Таким образом, циклы группируются по пять циклов, где в первом цикле группы передается один из бит канала Q. В другом случае кроме "единицы" в бите М NT присваивает "единицы" в каждом пятом цикле биту F_a . Тогда передача ТЕ бит канала Q будет как эхо принимаемых бит F_a : получив в бите F_a "единицу", ТЕ может передавать бит Q.

Если ТЕ не предусматривает организацию канала Q, то значения бит сверхцикла Q1-Q4 должны соответствовать уровню логической "единицы", а идентификация сверхцикла необязательна. Структура сверхцикла представлена в табл. 1.2.

Таблица 1.2
Структура сверхцикла

Номер цикла	От NT к ТЕ	От NT к ТЕ	От ТЕ к NT
	Бит М	Бит F_a	Бит F_a
1	Единица	Единица	Q1
2	Ноль	Ноль	Ноль
3	Ноль	Ноль	Ноль
4	Ноль	Ноль	Ноль
5	Ноль	Ноль	Ноль
6	Ноль	Единица	Q2
7	Ноль	Ноль	Ноль
8	Ноль	Ноль	Ноль
9	Ноль	Ноль	Ноль
10	Ноль	Ноль	Ноль
11	Ноль	Единица	Q3
12	Ноль	Ноль	Ноль
13	Ноль	Ноль	Ноль
14	Ноль	Ноль	Ноль
15	Ноль	Ноль	Ноль
16	Ноль	Единица	Q4
17	Ноль	Ноль	Ноль
18	Ноль	Ноль	Ноль
19	Ноль	Ноль	Ноль
20	Ноль	Ноль	Ноль
1	Единица	Единица	Q1
2 и т.д.	Ноль	Ноль	Ноль

1.3. Структура протокола DSS-1

Разработанный МСЭ протокол цифровой абонентской сигнализации между пользователем ISDN и сетью ориентирован на передачу сигнальных сообщений через интерфейс «пользователь – сеть» по D-каналу этого интерфейса. МСЭ определяет канал D в двух вариантах:

канал 16 Кбит/с, используемый для управления соединениями при базовом доступе по двум B-каналам;

канал 64 Кбит/с, используемый для управления соединениями при первичном доступе по нескольким (до 30) B-каналам.

Концепции протоколов DSS-1 и ОКС-7 весьма близки, но эти две системы были специфицированы в разное время и разными исследовательскими комиссиями МСЭ, а потому используют различную терминологию.

На рис. 1.21 показаны АТС ISDN, звено данных сигнализации ОКС-7, оборудование пользователя ISDN и D-канал в интерфейсе «пользователь – сеть». Функции D-канала сходны с функциями звена сигнализации ОКС-7. Информационные блоки в D-канале, называемые кадрами, аналогичны сигнальным единицам (SU) в системе ОКС-7.

Архитектура протокола DSS-1 разработана на основе семиуровневой модели взаимодействия открытых систем ВОО (модель OSI) и соответствует ее первым трем уровням. В контексте этой модели пользователь и сеть именуется системами, а протокол определяется спецификациями:

процедур взаимодействия между одними и теми же уровнями в разных системах, определяющих логическую последовательность событий и потоков сообщений;

форматов сообщений, используемых для процедур организации логических соединений между уровнем в одной системе и соответствующим ему уровнем в другой системе. Форматы определяют общую структуру сообщений и кодирование полей в составе сообщений;

примитивов, описывающих обмен информацией между смежными уровнями одной системы. Благодаря спецификациям примитивов интерфейс между смежными уровнями может поддерживаться стабильно, даже если функции, выполняемые одним из уровней, изменяются.

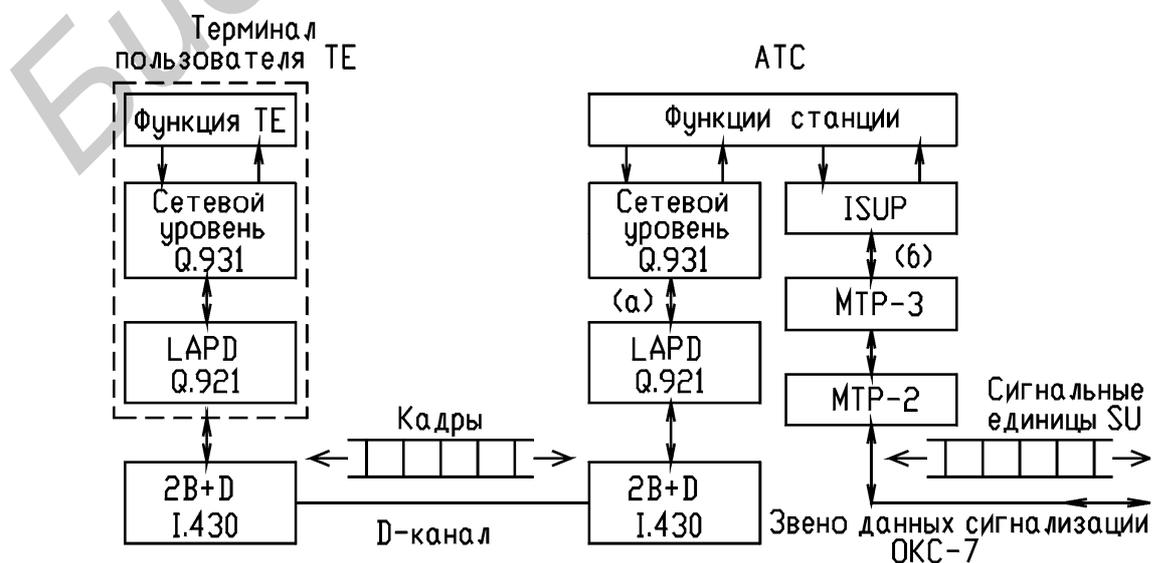


Рис. 1.21. Функциональные объекты протоколов DSS-1 и ISUP:
а – примитивы DSS-1; б – примитивы ОКС-7

Уровень 1 протокола DSS-1 содержит функции формирования каналов В и D, определяет электрические, функциональные, механические и процедурные характеристики доступа и предоставляет физическое соединение для передачи сообщений, создаваемых уровнями 2 и 3 канала D. К функциям уровня 1 относятся:

подключение пользовательских терминалов ТЕ к шине S-интерфейса с доступом к каналам В и D;

подача электропитания от АТС для обеспечения телефонной связи в случае отказа местного питания;

обеспечение работы в режиме «точка – точка» и в многоточечном вещательном режиме «точка – многоточка».

Имеется два вида доступа: базовый доступ с двумя В-каналами (64 Кбит/с каждый) и сигнальным D-каналом (16 Кбит/с) и первичный доступ - тридцать В-каналов и один D-канал 64 Кбит/с.

Уровень 2, известный также под названием LAPD (*link access protocol for D-channels*), обеспечивает использование D-канала для двустороннего обмена данными при взаимодействии процессов в терминальном оборудовании ТЕ с процессами в сетевом окончании NT.

Протоколы уровня 2 предусматривают мультиплексирование и цикловую синхронизацию для каждого логического звена связи, поскольку уровень 2 обеспечивает управление сразу несколькими соединениями звена данных в канале D. Кроме того, функции уровня 2 включают в себя управление последовательностью передачи для сохранения очередности следования сообщений через соединение, а также обнаружение и исправление ошибок в этих сообщениях.

Формат сигналов уровня 2 - это кадр. Кадр начинается и заканчивается стандартным флагом и содержит в адресном поле два важнейших идентификатора — идентификатор точки доступа к услугам SAPI и идентификатор терминала ТЕI.

SAPI используется для идентификации типов услуг, предоставляемых уровню 3, и может иметь значения от 0 до 63. Значение SAPI=0, например, используется для идентификации кадра, который применяется для сигнализации.

ТЕI используется для идентификации процесса, обеспечивающего предоставление услуги связи определенному терминалу. ТЕI может иметь любое значение от 0 до 126, позволяя идентифицировать до 127 различных процессов в терминалах ТЕ. В базовом доступе эти процессы могут распределяться между 8 терминалами, подключенными к общей пассивной шине. Значение ТЕI=127 используется для идентификации вещательного режима, при котором информация передается для всех терминалов.

Для уровня звена данных определены две формы передачи информации: с подтверждением и без подтверждения. При неподтверждаемой передаче информация уровня 3 переносится в нумерованных кадрах, причем уровень 2 не обеспечивает подтверждение получения этих кадров и сохранение очередности их следования.

При подтверждаемой передаче информации передаваемые уровнем 2 кадры нумеруются. Это позволяет подтверждать (квитировать) получение каждого кадра. Если обнаруживается ошибка или отсутствие кадра, осуществляется его повторная передача. Кроме того, при работе с подтверждением вводятся специальные процедуры управления потоками, предохраняющие от перегрузки оборудование сети или пользователя. Передача с подтверждением применима только к режиму «точка – точка».

Уровень 3 предполагает использование следующих протоколов:

протокол сигнализации, определенный в рекомендации I.451 или Q.931. В этом случае SAPI=0, а протокол сигнализации используется для установления и разрушения базовых соединений, а также для предоставления дополнительных услуг;

протокол передачи данных в пакетном режиме, определенный в рекомендации X.25. В этом случае SAPI=16;

другие протоколы, для которых будет устанавливаться соответствующее данному протоколу значение SAPI.

Протокол сигнализации Q,931 определяет смысл и содержание сигнальных сообщений уровня 3 и логическую последовательность событий, происходящих при создании, в процессе существования и при разрушении соединений. Функции уровня 3 обеспечивают управление базовым соединением и дополнительными услугами, а также некоторые дополнительные к уровню 2 транспортные возможности. Примером таких дополнительных транспортных возможностей является опция перенаправления сигнальных сообщений на альтернативный D-канал, если это предусмотрено, в случае отказа основного D-канала.

2. ПРОТОКОЛ DSS-1: ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

Уровень 1 интерфейса базового доступа определяется в рекомендации МСЭ-Т I.430. В базовом доступе скорость передачи данных на уровне I равна 192 Кбит/с и обеспечивает формирование двух В-каналов со скоростью передачи данных 64 Кбит/с и одного D-канала со скоростью передачи данных 16 Кбит/с. Оставшийся ресурс скорости - 48 Кбит/с - используется для цикловой синхронизации, байтовой синхронизации, активации и деактивации связи между терминалами и сетевым окончанием NT. Длина цикла составляет 48 бит, а продолжительность цикла – 250 мкс. Интерфейс в точке S перед передачей кадров должен проходить фазу активации.

Цель фазы активации состоит в том, чтобы гарантировать синхронизацию приемников на одной стороне интерфейса и передатчиков на другой его стороне, что достигается обменом сигналами, называемыми INFO. Используется пять различных сигналов INFO (табл.2.1).

Таблица 2.1

Определение сигналов INFO

Сигналы от NT к TE		Сигналы от TE к NT	
INFO 0	Отсутствие сигнала		Отсутствие сигнала
		INFO 1	Непрерывный сигнал: положительный "нуль", отрицательный "нуль", шесть "единиц", положительный "нуль" и т.д.
INFO 2	Цикл, в котором все биты В- и D-каналов, эхо-канала D, бит А имеют значение "нуль", биты N и L кодируются в соответствии с обычными правилами		
		INFO 3	Циклы, содержащие рабочие данные в В- и D-
INFO 4	Циклы, содержащие рабочие данные в В- и D-каналах и эхо-канале D. Бит А имеет значение "единицы"		

На рис. 2.1 показаны сигналы INFO в порядке их появления в процессе активации.

Сигнал INFO 0 свидетельствует об отсутствии какого-либо активного сигнала, поступающего от приемопередатчиков S-интерфейса, и передается в том случае, если все приемопередатчики деактивированы. Когда терминалу TE необходимо установить соединение с сетью, он инициирует активацию S-

интерфейса путем передачи сигнала INFO 1 в направлении от ТЕ к NT. В ответ на сигнал INFO 1 сетевое окончание NT передает в направлении к ТЕ сигнал INFO 2.

Циклы INFO 2 могут предусматривать передачу информации в сверхцикловых каналах, что приводит к нескольким разным формам сигнала INFO 2.

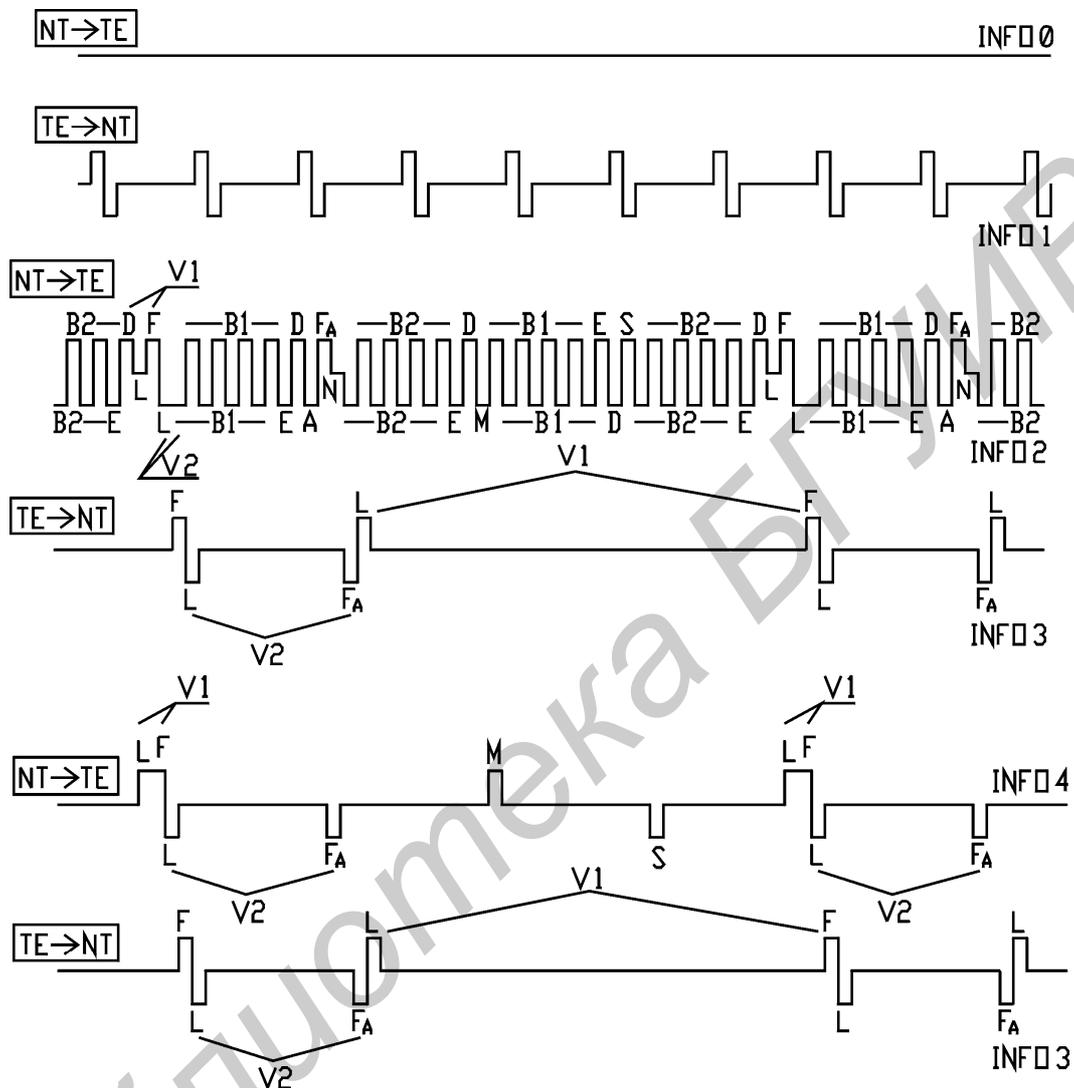


Рис.2.1. Структура сигналов активации/деактивации

Для указания незавершенной активации интерфейса битом A, называемому битом активации, также присваивается значение 0, а затем, когда активация достигнута, — значение 1. Каждый цикл INFO 2 содержит изменения полярности импульсов, создаваемые последним битом D-канала предыдущего цикла и битом цикловой синхронизации F текущего цикла, а также изменения полярности, вызываемые битом L.

Когда в ТЕ достигается цикловая синхронизация, к NT передается сигнал INFO 3. В ответ на информацию о достижении синхронизации из NT передается сигнал INFO 4, который содержит данные В- и D-каналов и данные

сверхциклового канала. Теперь интерфейс полностью активирован циклами INFO 3 в направлении от ТЕ к NT и циклами INFO 4 в направлении от NT к ТЕ.

В том случае, когда сеть инициирует соединение с ТЕ, т.е. активация осуществляется в направлении от NT к ТЕ, последовательность обмена сигналами почти такая же, кроме одного момента: NT выходит из исходного состояния, в котором посылался сигнал INFO 0, передавая сигнал INFO 2. Сигнал INFO 1 в этом случае не используется.

На рис. 2.2 представлены эти две последовательности сигналов, описанные выше, с указанием соответствующих состояний ТЕ и NT. Два таймера - T1 и T3 используются для выхода из тупиковой ситуации, когда, например, одна сторона вынуждена ожидать сигнал от другой стороны неопределенно долго из-за возникновения какой-либо неисправности. Значения таймеров T1 и T3 назначаются оператором сети, хотя обычно для обоих таймеров выбирается значение 30 с.

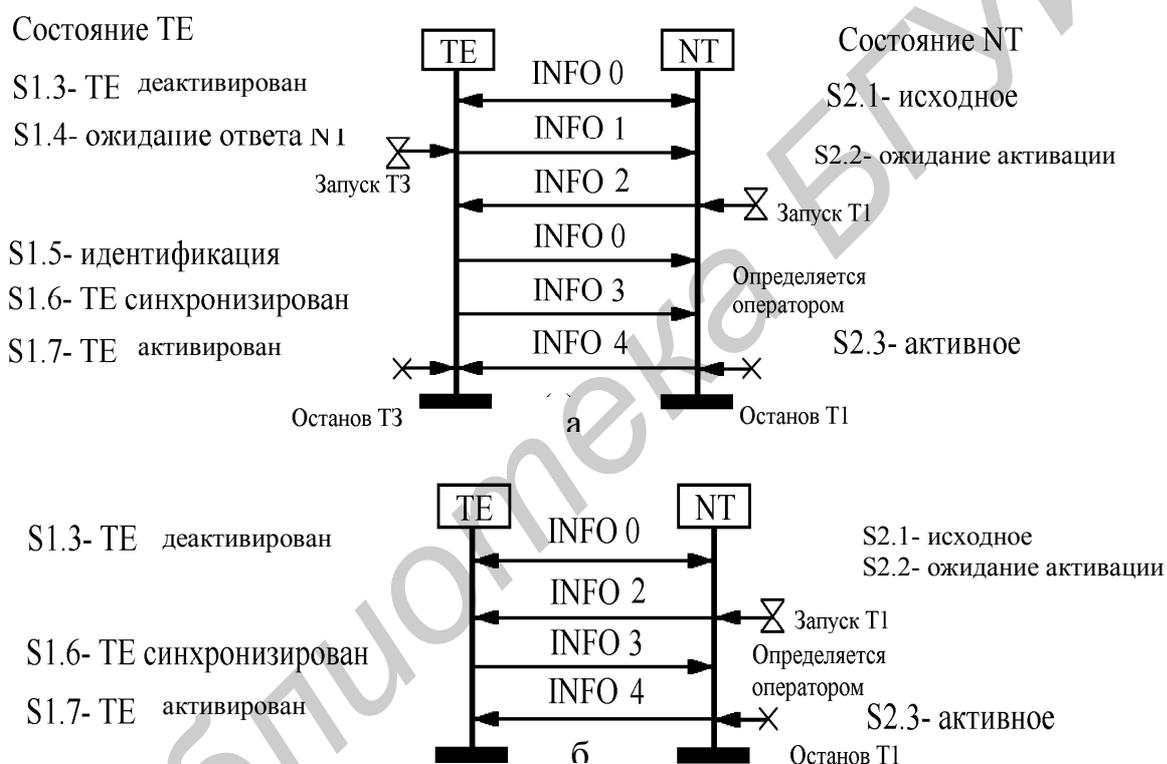


Рис. 2.2. Последовательность сигналов при активации S-интерфейса:
а — активация от ТЕ; б — активация от NT

Последовательность сигналов при деактивации, которая во всех случаях инициируется со стороны сети, представлена на рис.2.3. Таймер T2 используется внутри NT для того, чтобы убедиться в полностью деактивированном состоянии интерфейса до того, как ТЕ произведет следующую попытку перевести S-интерфейс в активное состояние. Кроме того, таймер T2 ограничивает время распознавания приемопередатчиком ТЕ сигнала INFO 0 и ответа на этот сигнал.

Деактивация может произойти, когда ТЕ временно утрачивает кадровую синхронизацию в активном состоянии, т.е. когда ТЕ получает подряд три кадра без правильного изменения порядка чередования импульсов с битом FA, равным 1, и два кадра подряд, когда бит FA имеет значение 0.

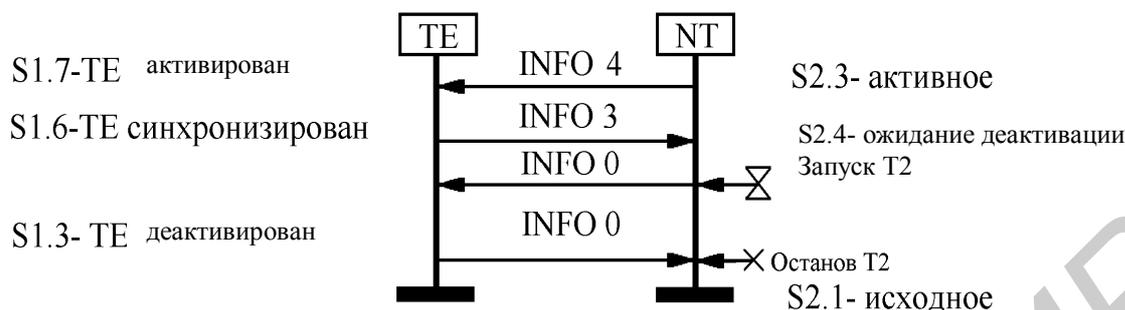


Рис. 2.3. Последовательность сигналов при деактивации S-интерфейса

На рис. 2.2 и 2.3 указаны некоторые из состояний, в которых может находиться физический уровень во время фаз активации и деактивации.

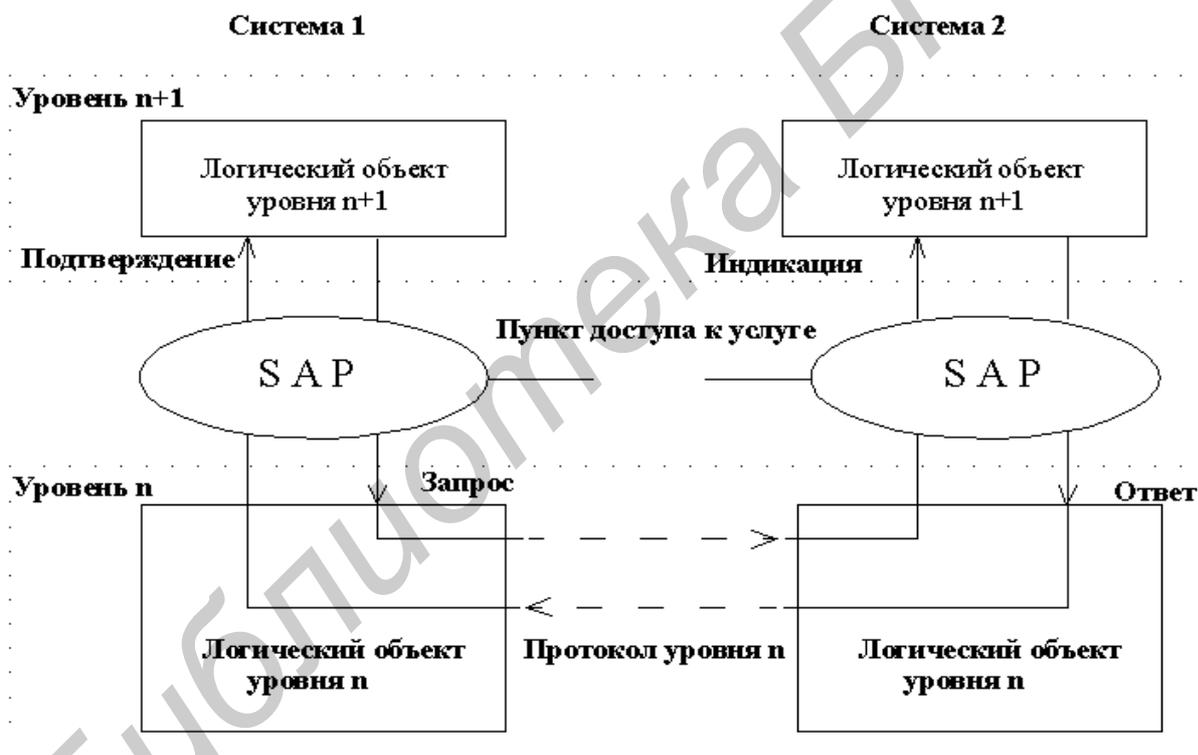


Рис. 2.4. Доступ к услугам в смежных уровнях: примитивы

Концепция конечных автоматов, находящихся в определенных состояниях и выполняющих переходы из одного состояния в другое под воздействием сигналов, является основой языка спецификаций и описаний SDL.

Сигналы, переводящие процессы SDL из одного состояния в другое, представляют собой программные или аппаратные сообщения, абстрактные представления которых определены как примитивы. В результате изменения

состояния SDL-процесс может в свою очередь передавать примитивы в другие уровни. Между логическими объектами смежных уровней примитивы передаются через пункт доступа к услуге (SAP). Эти положения применимы к примитивам, передаваемым между любыми смежными уровнями, что иллюстрирует рис. 2.4.

Обмен информацией между логическими объектами смежных уровней осуществляется с помощью примитивов четырех типов: ЗАПРОС (*REQUEST*), ИНДИКАЦИЯ (*INDICATION*), ОТВЕТ (*RESPONSE*) и ПОДТВЕРЖДЕНИЕ (*CONFIRM*).

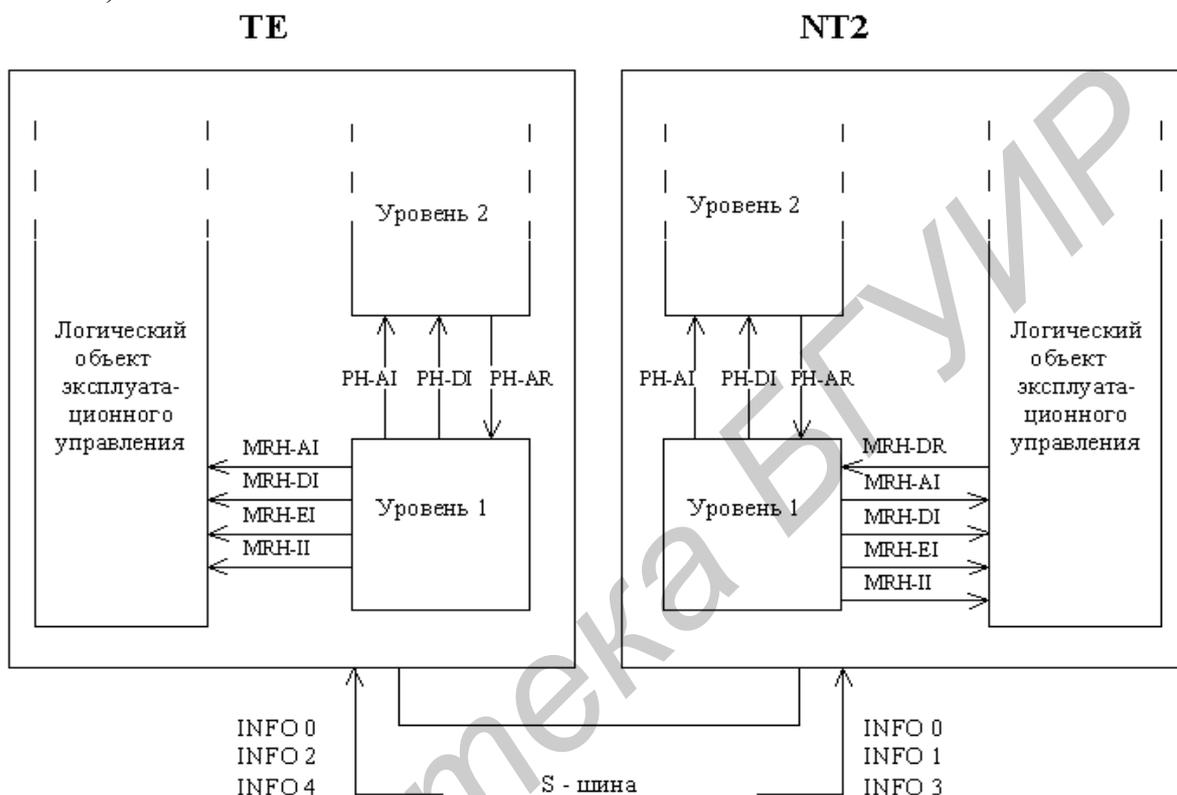


Рис. 2.5 Примитивы уровня 1 протокола DSS-1

Примитив типа *REQUEST* используется, когда логический объект уровня $n+1$ в одной из двух взаимодействующих систем запрашивает услугу уровня n для передачи команды в уровень $n+1$ второй системы. Логический объект уровня n во второй системе информирует уровень $n+1$ о содержании команды с помощью примитива типа *INDICATION*. Примитив *RESPONSE* используется уровнем $n+1$ второй системы для подтверждения приема примитива *INDICATION* и, если нужно, для сообщения об исполнении команды. Прием примитива типа *CONFIRM* уровнем $n+1$ первой системы указывает, что операция завершена.

Для идентификации примитива используются три поля, расположенных в следующем порядке: [интерфейс уровня] — [тип услуги] — [тип примитива].

Интерфейс уровня обозначается префиксом, идентифицирующим границу между двумя логическими объектами, через которую происходит обмен примитивами. Например, примитивы, с помощью которых осуществляется связь через интерфейс между физическим уровнем и уровнем звена данных, имеют префикс PH, а примитивы для связи через

внутриуровневый интерфейс между логическим объектом эксплуатационного управления и физическим уровнем имеют префикс MPH. Тип услуги указывает услугу или действия, которые подлежат выполнению (или выполнены) логическим объектом.

Пример использования межуровневых и внутриуровневых примитивов, соответствующих физическому уровню протокола DSS-1, для случая приема от уровня 2 примитива PH-AR - запроса активации PH (*PH-ACTIVATION REQUEST*) на стороне TE - показан на рис. 2.5, где приведены следующие обозначения:

PH-AR - запрос уровнем 2 активации физического уровня;

PH-AI - индикация активации физического уровня уровню 2;

PH-DI - индикация деактивации физического уровня уровню 2;

MPH-AI - индикация активации физического уровня логическому объекту системы эксплуатационного управления;

MPH-DI - индикация деактивации физического уровня логическому объекту системы эксплуатационного управления;

MPH-EI - индикация ошибки физическим уровнем логическому объекту системы эксплуатационного управления;

MPH-II - индикация информации физическим уровнем логическому объекту системы эксплуатационного управления;

MPH-DR - запрос деактивации физического уровня логическим объектом системы эксплуатационного управления.

Примитив PH-AR уровня 2 инициирует последовательность сигналов, показанную ранее на рис. 2.2,а. При этом изменяются состояния S-интерфейса и могут передаваться шесть примитивов типа INDICATION: два к уровню 2 и четыре к логическому объекту системы эксплуатационного управления. Например, примитив PH-AI - индикация активации PH (*PH-ACTIVATION INDICATION*) - передается к уровню 2 после достижения S-интерфейсом активированного состояния и информирует уровень 2 о том, что он может начать передачу сообщений через S-интерфейс в сеть.

Логический объект системы эксплуатационного управления с помощью примитива MPH-AI - индикации активации MPH (*MPH-ACTIVATION INDICATION*) - тоже получает информацию о том, что уровень 1 находится в активированном состоянии.

Примитив PH-DI - индикация деактивации PH (*PH-DEACTIVATION INDICATION*) - используется, чтобы информировать уровень 2 о деактивации физического уровня, и приостанавливает использование S-интерфейса для передачи информации NT.

Примитив MPH-II - индикация информации MPH (*MPH-INFORMATION INDICATION*) - используется, чтобы информировать логический объект системы эксплуатационного управления о состоянии источника питания (подсоединен или отсоединен), в то время как примитив MPH-EI - индикация ошибок MPH (*MPH-ERROR INDICATION*) - информирует этот объект о появлении и устранении таких ошибок, как потеря кадровой синхронизации.

Деактивация физического уровня в нормальных рабочих условиях может быть достигнута только с сетевой стороны интерфейса S с помощью примитива MPH-DR - запрос деактивации MPH (*MPH-DEACTIVATION REQUEST*).

На рис. 2.6 – 2.8 представлена упрощенная SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне TE. В состоянии S1.1 терминал не получает питания. Если он подсоединен к шине S, то на ней присутствует сигнал, передаваемый от NT. Кроме того, если TE получает питание от внешнего

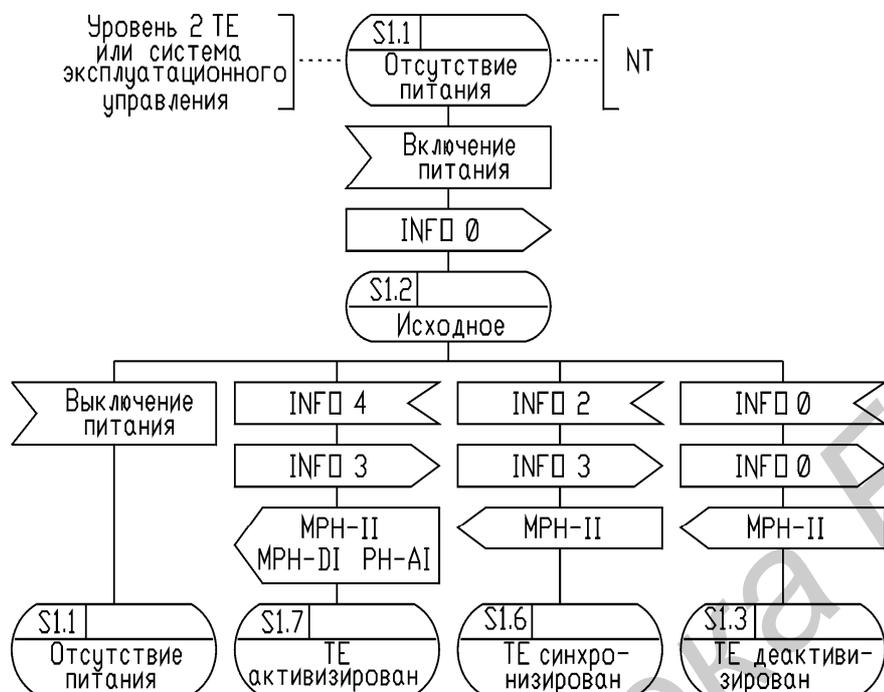


Рис. 2.6. SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне TE. Часть 1

время включения питания NT активен и TE обнаруживает сигнал INFO 2 или INFO 4, то процесс переходит в состояние S1.6 или в состояние S1.7 соответственно. Если NT неактивен, что связано с присутствием INFO 0, то процесс переходит в состояние S1.3.

Состояние S1.3 - это состояние, в котором TE получает питание, а в направлениях передачи и приема посылаются сигналы INFO 0. В этом состоянии интерфейс может быть активирован либо локально - в результате приема примитива PH-AR от уровня звена, либо дистанционно — при обнаружении сигнала INFO 2.

источника, то в состоянии S1.1 терминал обнаруживает включение питания. Для тех TE, которые имеют собственный источник питания, считается, что уровень 1 находится в состоянии S1.1, когда местное питание пропадает.

При включении питания TE переходит в исходное состояние S1.2, когда он готов принимать сигналы. Если питание выключается, TE возвращается в состояние S1.1. Если во

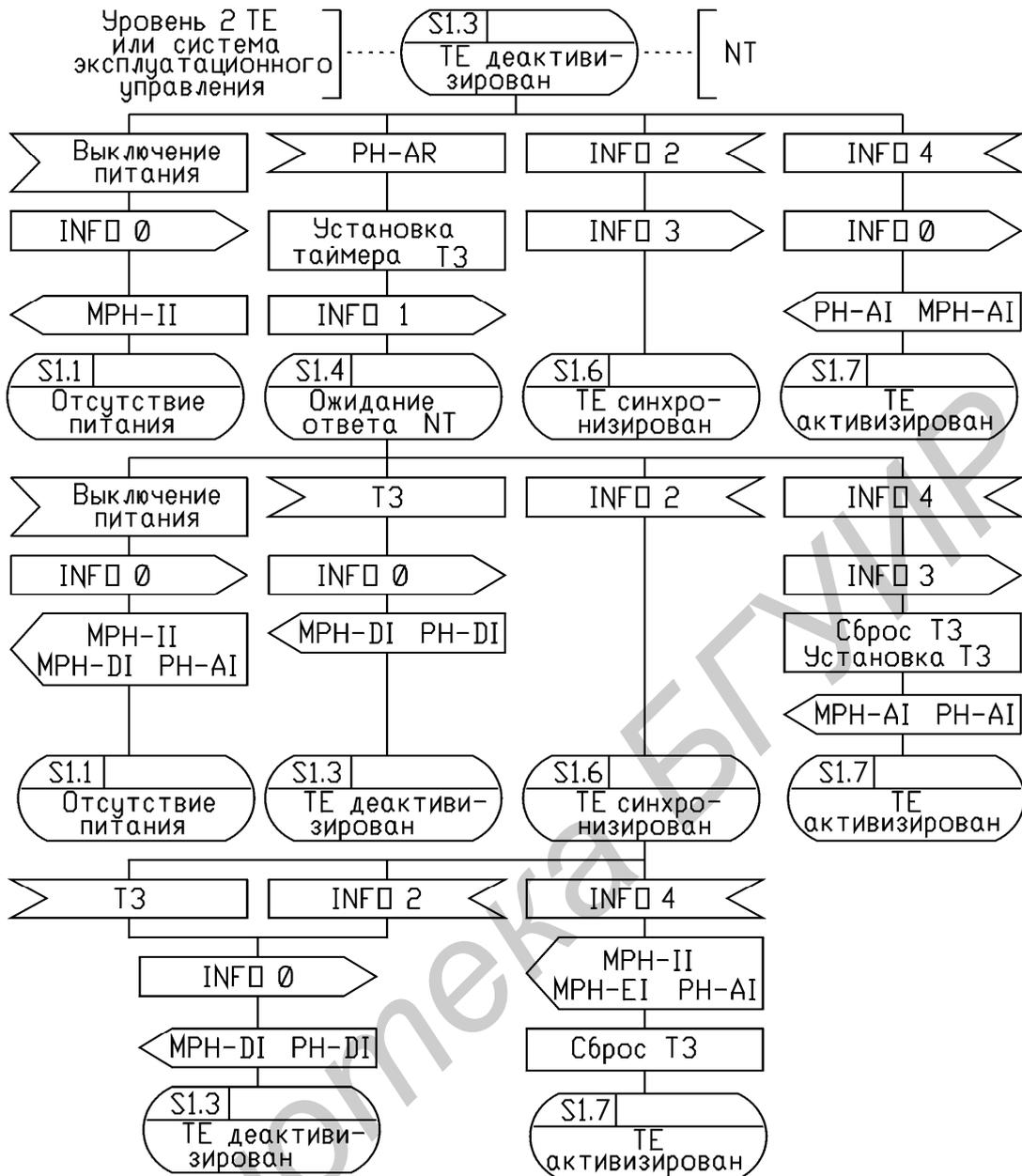


Рис. 2.7. SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне ТЕ. Часть 2

В первом случае физический уровень запускает таймер T3, посылает сигнал INFO 1 и переходит в состояние S1.4 ожидания ответа от NT. Значение таймера T3 — до 30 с, и если данный период истекает до того, как уровень 1 достигнет состояния активации, то это деактивирует интерфейс. При поступлении сигналов INFO 2 или INFO 4 от NT процесс прекращает передачу INFO 1 и посылается INFO 3. Если принятый сигнал - это INFO 2, уровень 1 переходит в состояние S1.6, а если принят сигнал INFO 4, то осуществляется переход в состояние S1.7.

В состоянии S1.6 терминальное оборудование ТЕ посылает INFO 3 для указания NT, что оно стало синхронизироваться со своим сигналом INFO 2 и полностью готово для перехода в активное состояние. Прием INFO 4 от NT приводит физический уровень в состояние активации S1.7 с посылкой PH-AI

уровню звена данных, а примитивов MPH-AI и MPH-E1 - логическому объекту системы эксплуатационного управления.

В состоянии S1.7 терминальное оборудование ТЕ продолжает посылать INFO 3 в направлении NT, получая от NT, в свою очередь, сигнал INFO 4.

Если таймер T3 еще не сработал, то он сбрасывается при переходе в S1.7. Теперь возможна передача данных по D-каналу через интерфейс S. Деактивация ТЕ производится со стороны NT, когда оно прекращает передачу INFO 4, после чего ТЕ принимает INFO 0, а затем переходит в неактивное состояние и посылает примитивы PH-DI и MPH-DL.

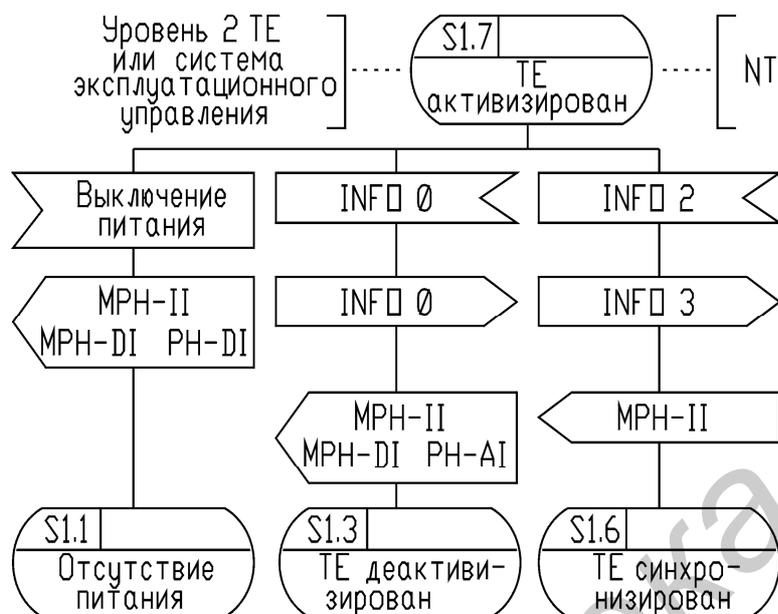


Рис. 2.8. SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне ТЕ. Часть 3

Появление сигнала INFO 2 в состоянии S1.7 приводит к посылке примитива MPH-E11 и к переходу в состояние S1.6 синхронизации ТЕ для ожидания повторной активации или деактивации. Из состояния S1.7 можно выйти и при потере кадровой синхронизации, что не показано на SDL-диаграмме.

Процесс на стороне сетевого окончания NT показан на рис. 2.9.

Исходное состояние S2.1 подразумевает, что в интерфейсе присутствует INFO 0. Активация может запрашиваться передачей примитива PH-AR к физическому уровню. Интерфейс может активироваться и со стороны ТЕ сигналом INFO 1, как это было показано на рис. 2.2.

В обоих случаях NT запускает таймер T1, передает сигнал INFO 2 к ТЕ для его синхронизации и переходит в состояние ожидания S2.2. При нормальной последовательности сигналов ТЕ отвечает при помощи INFO 3, который принимается уровнем 1 на стороне NT, что приводит к сбросу таймера T1 и переходу в состояние S2.3.

Состояние S2.3 - обычное активное состояние, в котором NT посылает INFO 4 к ТЕ до тех пор, пока ТЕ посылает INFO 3 к NT. Деактивация инициируется при приеме примитива MPH-DR или если сработает таймер T2, приводящий к передаче INFO 0, посылке примитива PH-DI и переходу в состояние S2.4.

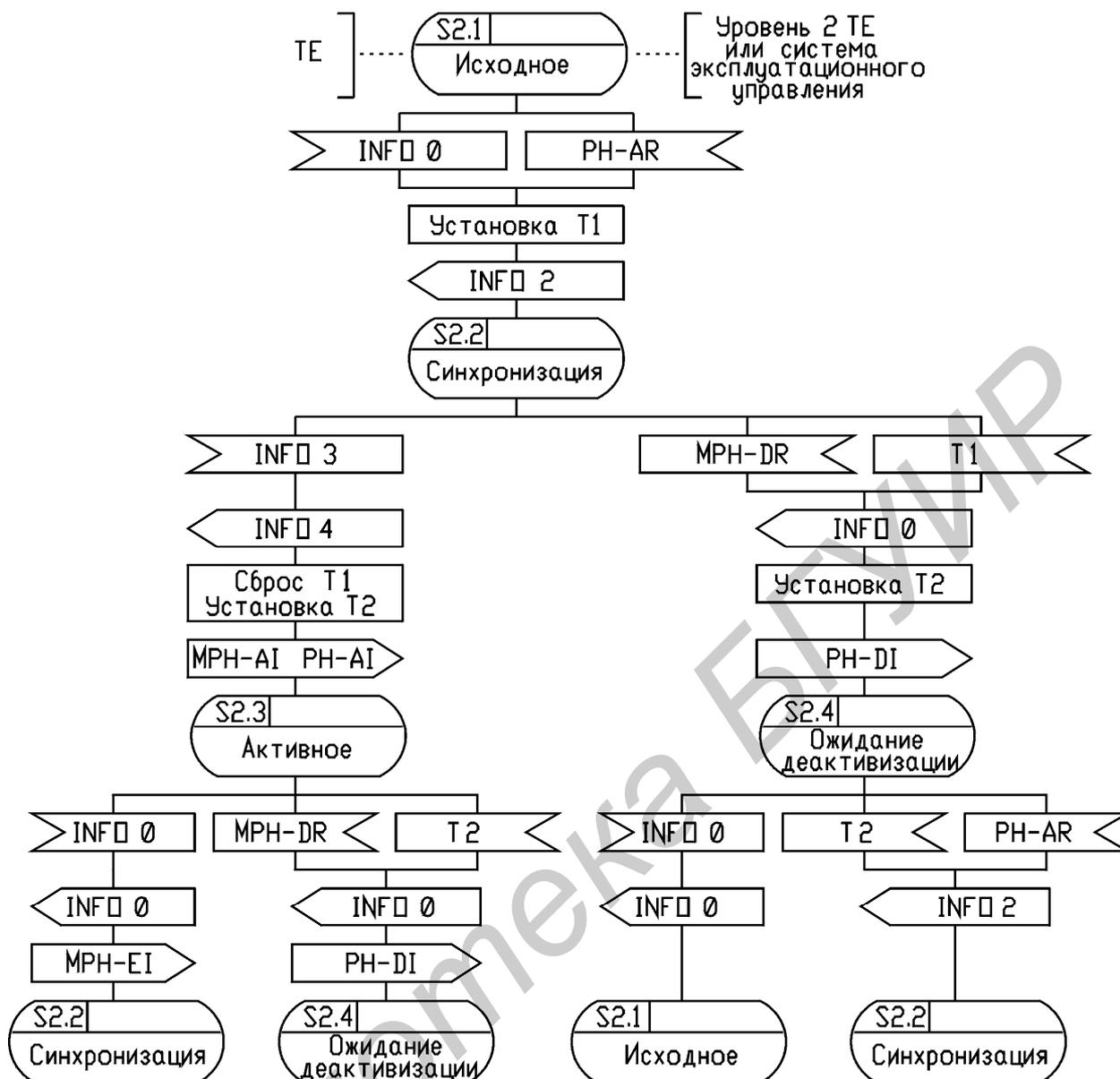


Рис. 2.9. SDL-диаграмма уровня 1 протокола DSS-1 на стороне NT

TE может деактивироваться в аварийных условиях, например, при потере кадровой синхронизации. На стороне NT также возможна потеря кадровой синхронизации из-за помех или прием сигнала INFO 0 от TE. В обоих случаях процесс возвращается в состояние S2.2 ожидания повторной активации.

Состояние ожидания деактивации S2.4 соответствует ситуации, когда уровень 1 на стороне NT сигнализировал TE о своем намерении деактивироваться путем передачи INFO 0. В обычном случае деактивации TE отвечает таким же сигналом INFO 0, что переводит NT в исходное состояние S2.1. Однако NT может принять в этом состоянии следующий запрос PH-AR, что приведет его к началу активизации таймера и повторному переходу в состояние S2.2.

3. ПРОТОКОЛ DSS-1: КАНАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

3.1. Форматы сообщений звена данных протокола LAPD

Протокол уровня 2 процедуры доступа к D-каналу (LAPD - *Link Access Procedure on the D-channel*) как базового, так и первичного доступа определены в рекомендациях МСЭ I.440 - основные аспекты - и I.441 - подробные спецификации. Эти же рекомендации в серии Q имеют номера Q.920 и Q.921. Обмен информацией на уровне LAPD осуществляется посредством информационных блоков, называемых кадрами и схожих с сигнальными единицами ОКС-7.

Сформированные на уровне 3 сообщения помещаются в информационные поля кадров, не анализируемые уровнем 2. Задачи уровня 2 заключаются в переносе сообщений между пользователем и сетью с минимальными потерями и искажениями. Форматы и процедуры уровня 2 основываются на протоколе управления звеном передачи данных высокого уровня HDLC (*High-level Data-Link Control procedures*), первоначально определенном Международной организацией по стандартизации ISO и образующем подмножество других распространенных протоколов: LAPB, LAPV5 и др. Протокол LAPD, также входящий в подмножество HDLC, управляет потоком кадров, передаваемых по D-каналу, и предоставляет информацию, необходимую для управления потоком и исправления ошибок.

Кадры могут содержать либо команды на выполнение действий, либо ответы, сообщающие о результатах выполнения команд, что определяется специальным битом идентификации команда/ответ C/R. Общий формат кадров LAPD показан на рис. 3.1.

Каждый кадр начинается и заканчивается однобайтовым флагом. Комбинация флага (01111110). Имитация флага любым другим полем кадра исключается благодаря запрещению передачи последовательности бит, состоящей из более чем пяти следующих друг за другом единиц. Это достигается с помощью специальной процедуры, называемой «бит-стаффингом» (*bit-stuffing*), которая перед передачей кадра вставляет ноль после любой последовательности из пяти единиц, за исключением флага. При приеме кадра любой ноль, обнаруженный следом за последовательностью из пяти единиц, изымается.

Формат адресного поля (байты 2 и 3) кадра, показанного на рис.3.1, содержит идентификатор точки доступа к услуге SAPI (*Service Access Point Identifier*) и идентификатор терминала TEI (*Terminal Equipment Identifier*) и используется для маршрутизации кадра к месту его назначения. Эти идентификаторы определяют соединение и терминал, к которым относится кадр.

Идентификатор пункта доступа к услуге SAPI занимает 6 бит в адресном поле и фактически указывает, какой логический объект сетевого уровня должен анализировать содержимое информационного поля. Например, SAPI может указывать, что содержимое информационного поля относится к процедурам управления соединениями в режиме коммутации каналов или к процедурам

пакетной коммутации. Рекомендацией Q.921 определены значения SAPI, приведенные в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Значения SAPI	
SAPI	Функция
0	Управление соединением ISDN (коммутация каналов)
1	Пакетная коммутация по Q.931
16	Пакетная коммутация X.25
63	Управление уровнем 2

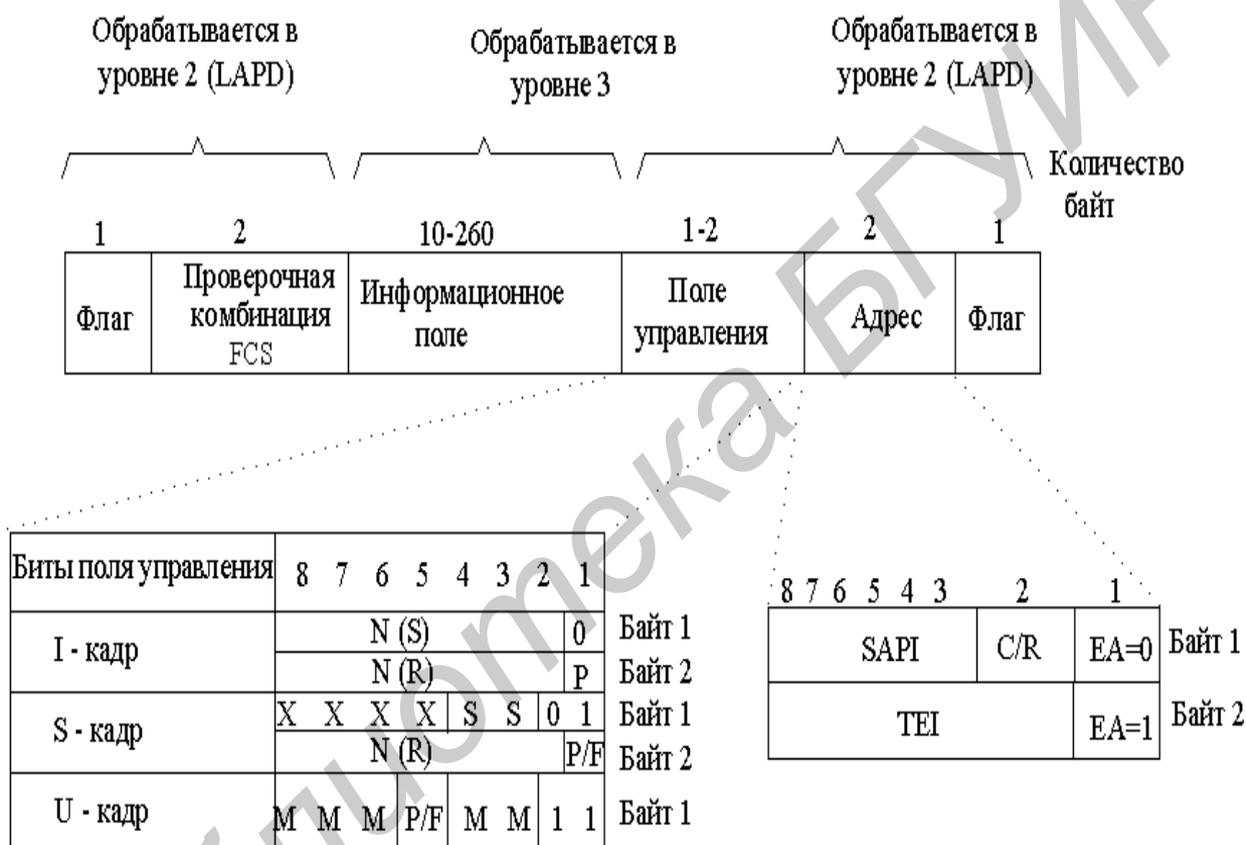


Рис. 3.1. Формат кадра

Идентификатор TEI указывает терминальное оборудование, к которому относится сообщение. Код TEI=127 (1111111) указывает на вещательную (циркулярную) передачу информации всем терминалам, связанным с данной точкой доступа. Остальные значения (0-126) используются для идентификации терминалов. Диапазон значений TEI (табл. 3.2) разделяется между теми терминалами, для которых TEI назначает сеть (автоматическое назначение TEI), и теми, для которых TEI назначает пользователь (неавтоматическое назначение TEI).

Бит идентификации команды/ответа C/R - *Command/ Response bit*. Этот бит устанавливается LAPD на одном конце и обрабатывается на противоположном конце звена. Значение C/R классифицирует каждый кадр как командный или как кадр ответа (табл. 3.3). Если кадр сформирован как команда, адресное поле идентифицирует получателя, а если кадр является ответом, адресное поле идентифицирует отправителя. Отправителем или получателем могут быть как сеть, так и терминальное оборудование пользователя.

Таблица 3.2
Значения TEI

TEI	Назначение
0-63	Неавтоматическое назначение TEI
64-126	Автоматическое назначение TEI
127	Вещательный режим

Бит расширения адресного поля EA - *Extended address bit* - служит для гибкого увеличения длины адресного поля. Бит расширения в первом байте адреса, имеющий значение 0, указывает на то, что за этим байтом следует другой байт. Бит расширения во втором байте, имеющий значение 1, указывает, что этот второй байт в адресном поле является последним (см. рис. 3.1).

Если впоследствии возникнет необходимость увеличить размер адресного поля, значение бита расширения во втором байте может быть изменено на 0, что будет указывать на существование третьего байта. Третий байт в этом случае будет содержать бит расширения со значением 1, указывающим, что этот байт является последним. Увеличение размера адресного поля, таким образом, не влияет на остальную часть кадра.

Два последних байта в структуре кадра содержат 16-битное поле проверочной комбинации кадра FCS (*Frame check sequence*), генерируются уровнем звена данных в оборудовании, передающем кадр, и позволяют LAPD обнаруживать ошибки в полученном кадре.

Таблица 3.3
Биты C/R в поле адреса

Тип кадра	Направление передачи кадра	
	От сети	От терминала
Командный кадр	C/R=1	C/R=0
Кадр ответа	C/R=0	C/R=1

В поле FSC передается 16-битная последовательность, биты которой формируются как дополнение для суммы по модулю 2, в которой:

а) первым слагаемым является остаток от деления по модулю 2 произведения $x^k(x^{15}+x^{14}+\dots+x+1)$ на образующий полином $(x^{16}+x^{12}+x^5+1)$, где k – число бит кадра между последним битом открывающего флага и первым битом проверочной комбинации, исключая биты, введенные для обеспечения прозрачности;

б) вторым слагаемым является остаток от деления по модулю 2 на этот образующий полином произведения x^{16} на полином, коэффициентами которого являются биты кадра, расположенные между последним битом открывающего

флага и первым битом проверочной комбинации, исключая биты, введенные для обеспечения прозрачности.

Обратное преобразование выполняется уровнем звена данных в оборудовании, принимающем кадр, с тем же образующим полиномом для адресного поля, полей управления, информационного и FCS.

Протокол LAPD использует соглашение, по которому остаток от деления по модулю 2 произведения x^{16} на полином, коэффициентами которого являются биты перечисленных полей и FCS, всегда составляет 0001110100001111 или в десятичном алфавите 7439, если на пути от передатчика к приемнику никакие биты не были искажены. Если результаты обратного преобразования соответствуют проверочным битам, кадр считается переданным без ошибок. Если же обнаружено несоответствие результатов, это означает, что при передаче кадра произошла ошибка.

Поле управления указывает тип передаваемого кадра и занимает в различных кадрах один или два байта. Существует три категории форматов кадра, определяемых полем управления: передача информации с подтверждением (I-формат), передача команд, реализующих управляющие функции (S-формат), и передача информации без подтверждения (U-формат). Табл. 3.4 содержит сведения об основных типах кадров протокола DSS-1.

Информационный кадр I применяется для передачи информации сетевого уровня между терминалом и сетью. Этот кадр содержит информационное поле, в котором помещается сообщение сетевого уровня. Поле управления I-формата содержит порядковый номер передачи, который увеличивается на 1 по модулю 128 каждый раз, когда передается кадр. При подтверждении приема I-кадров в поле управления вводится порядковый номер приема.

Управляющий кадр S используется для поддержки функций управления потоком и запроса повторной передачи. S-кадры не имеют информационного поля. Например, если сеть временно не в состоянии принимать I-кадры, пользователю посылается S-кадр «к приему не готов» - RNR.

Когда сеть снова сможет принимать I-кадры, она передает в направлении к ТЕ другой S-кадр — «к приему готов» — RR. S-кадр также может использоваться для подтверждения и содержит в этом случае порядковый номер приема, а не передачи.

Управляющие кадры можно передавать или как командные, или как кадры ответа.

Ненумерованный кадр U - единственный из группы, содержащий информационное поле и несущий сообщение сетевого уровня. U-кадры используются для передачи информации в режиме без подтверждения и для передачи некоторых административных директив. Чтобы транслировать сообщение ко всем ТЕ, подключенным к шине S-интерфейса, станция передает кадр UI с TEI, равном 127. Поле управления U-кадров не содержит порядковых номеров.

Основные типы кадров LAPD

Формат	Команды	Ответы	Описание
Информационные кадры (I)	Информация		Используется в режиме с подтверждением для передачи нумерованных кадров, содержащих информационные поля с сообщениями уровня 3
Управляющие кадры (S)	К приему готов (<i>RR - receive ready</i>)	К приему готов (<i>RR - receive ready</i>)	Используется для указания готовности встречной стороны к приему I-кадра или для подтверждения ранее полученных I-кадров
	К приему не готов (<i>RNR - RNotR</i>)	К приему не готов (<i>RNR - RNotR</i>)	Используется для указания неготовности встречной стороны к приему I-кадра
	Отказ/переспрос (<i>REJ - reject</i>)	Отказ/переспрос (<i>REJ - reject</i>)	Используется для запроса повторной передачи I-кадра
Ненумерованные кадры (U)	Ненумерованная информация (<i>UI - unnumbered information</i>)		Используется в режиме передачи без подтверждения
		Отключено (<i>DM - disconnected mode</i>)	
	Установка расширенного асинхронного балансного режима (<i>SABME - set asynchronous balanced mode extended</i>)		Используется для начальной установки режима с подтверждением
		Отказ кадра (<i>FR - frame reject</i>)	
	Разъединение (<i>DISC - disconnect</i>)		Используется для прекращения режима с подтверждением
	Ненумерованное подтверждение (<i>UA - unnumbered ack</i>)		Используется для подтверждения приема команд установки режима, например, SABME, DISC

Как следует из вышеизложенного, информационное поле имеется в кадрах только некоторых типов и содержит информацию уровня 3, сформированную одной системой, например терминалом пользователя, которую требуется передать другой системе, например сети. Информационное поле может быть пропущено, если кадр не имеет отношения к конкретной

коммутируемой связи, например, в управляющих S-кадрах. Если кадр относится к функционированию уровня 2 и уровень 3 не участвует в его формировании, соответствующая информация включается в поле управления.

Биты P/F (*poll/final*) поля управления идентифицируют группу кадров. Путем установки в 1 бита P в командном кадре функции LAPD на одном конце звена данных указывают функциям LAPD на противоположном конце звена на необходимость ответа управляющим или ненумерованным кадром. Кадр ответа с F=1 указывает, что он передается в ответ на принятый командный кадр со значением P=1. Оставшиеся биты байта 4 идентифицируют конкретный тип кадра в пределах группы (см. табл. 3.4).

Режим передачи с подтверждением используется только в соединениях звена данных, которые имеют конфигурацию «точка – точка», для передачи информационных кадров. Он обеспечивает исправление ошибок путем повторной передачи и доставку не содержащих ошибок сообщений в порядке очередности.

В этом случае поле управления информационного кадра имеет подполя «номер передачи» [N(S)] и «номер приема» [N(R)]. Протокол LAPD присваивает возрастающие порядковые номера передачи N(S) последовательно передаваемым информационным кадрам, а именно: N(S)=0, 1,2,... 127,0, 1,... и т.д. Он также записывает передаваемые кадры в буфер повторной передачи и хранит эти кадры в буфере вплоть до получения положительного подтверждения их приема.

Передача информационных кадров от терминала к сети иллюстрируется рис. 3.2. Все поступающие к сети кадры проверяются на наличие ошибок, а затем в свободных от ошибок информационных кадрах проверяется порядковый номер. Если величина N(S) выше по модулю 128 на единицу, чем N(S) последнего принятого информационного кадра, новый кадр считается следующим по порядку и потому принимается, а его информационное поле пересылается конкретной функции сетевого уровня. После этого сеть подтверждает прием информационного кадра своим исходящим кадром с номером приема [N(R)], значение которого по модулю 128 на единицу больше, чем значение N(S) в последнем принятом информационном кадре.

Если последний принятый информационный кадр имел номер N(S)=11 и информационный кадр с номером N(S)=12 передан с ошибкой и отброшен функциями LAPD на стороне сети, а следующий информационный кадр с N(S)=13 успешно проходит проверку на ошибки, но поступает к сети с нарушением очередности, то он отбрасывается ею при проверке порядка следования.

Тогда сеть передает кадр отказа (REJ) с номером N(R)=12, который запрашивает повторную передачу информационных кадров из буфера повторной передачи терминала, начиная с кадра с N(S)=12. Сетевая сторона продолжает отбрасывать информационные кадры при проверке их на порядок следования, пока не примет повторно переданный кадр с номером M(S)=12.

Два потока сообщений от терминала к сети и в обратном направлении для этого соединения «точка – точка» независимы друг от друга и от потоков сообщений в других соединениях «точка – точка» в том же D-канале. В D-канале с n соединениями типа «точка – точка» могут присутствовать $2n$ независимых последовательностей $N(S)/N(R)$.



Рис. 3.2. Исправление ошибок в информационном кадре

При передаче информации неподтверждаемыми сообщениями управляющие кадры S и нумерованные кадры U не содержат подполя N(S). Они принимаются, если получены без ошибок, и не подтверждаются. Управляющие кадры содержат поле N(R) для подтверждения принятых информационных кадров.

Нумерованные информационные кадры UI не содержат ни поля N(S), ни поля N(R), поскольку они передаются в вещательном режиме с TEI=127, а возможность координировать порядковые номера передачи и приема для групповых функций во всех терминалах, подключенных к одному S-интерфейсу, отсутствует.

3.2. Процедуры протокола канального уровня

Одна из важнейших функций LAPD - нумерация кадров при передаче с подтверждением. Вследствие асинхронности передачи кадров в терминале может не быть кадра для обратной передачи к сети до того, как им будет получено несколько кадров. Когда такой кадр появляется, терминал вводит в него значение N(R), равное последнему принятому значению N(S), подтверждая тем самым прием всех ранее полученных кадров.

Для того чтобы ограничить число неподтвержденных квитируемых кадров, передатчик должен прекратить работу, когда разница между его

собственным значением $N(S)$ (числом переданных кадров I) и значением $N(R)$ (числом подтвержденных кадров I) превысит параметр, обозначаемый k . Значение k устанавливается в соответствии со спецификой использования звена и скоростью передачи в нем: $k=1$ для сигнализации базового доступа BRA при скорости D-канала 16 Кбит/с, $k=3$ для пакетной передачи при скорости 16 Кбит/с, $k=7$ для сигнализации первичного доступа PRA при скорости D-канала 64 Кбит/с.

В случае, если кадр получен терминалом с ошибкой кадровой синхронизации и удален, сеть должна получить кадр со значением $N(R)$, меньшим, чем текущее значение $N(S)$. Кадр отказа (REJ), содержащий $N(R)$, используется для запроса повторной передачи кадров I , начиная с номера, содержащегося в $N(R)$, и, таким образом, подтверждает прием переданных кадров с номерами, меньшими этого номера. Такой процесс подтверждения приема нумерованных кадров применяется как на стороне сети, так и на стороне терминала.

Процедура подтверждаемой передачи иллюстрируется рис. 3.3.

Для случая, когда необходимо начать передачу информации уровня 3 от терминала пользователя к сети, инициатором процедуры является уровень 3 на стороне пользователя, который выдает примитив запроса соединения DL_ESTABLISH. По этому запросу уровень 2 на стороне пользователя формирует управляющий кадр установки расширенного асинхронного балансного режима SABME (*set asynchronous balanced mode extended*).

Кадр SABME пересылается к сети через уровень 1. При получении кадра SABME уровнем 2 на стороне сети проверяются условия, необходимые для установки режима подтверждаемой передачи информации, например, чтобы убедиться, что соответствующее оборудование доступно. Если все условия удовлетворены, уровень 2 на стороне сети посылает уровню 3 примитив индикации запроса соединения, чтобы указать, что устанавливается режим подтверждаемой передачи информации.

Средствами уровня 2 сеть возвращает пользователю ненумерованное подтверждение. При получении этого подтверждения терминалом пользователя в уровень 3 на стороне пользователя передается примитив подтверждения установления соединения, указывающий, что можно начинать подтверждаемую передачу информации. Теперь между пользователем и сетью может происходить передача информации с помощью I-кадров.

Эта информация направляется уровнем 3 к уровню 2 в примитиве запроса передачи данных DL_DATA. Данные включаются в информационное поле I-кадра и передаются от пользователя к сети через уровень 1. При получении уровнем 2 на стороне сети I-кадра данные извлекаются из информационного поля и передаются к уровню 3 в примитиве индикации приема данных. В зависимости от содержимого полученного I-кадра сеть посылает в ответ пользователю либо I-кадр, либо управляющий кадр готовности к приему. Оба кадра содержат подтверждение, что I-кадр от пользователя был успешно принят.

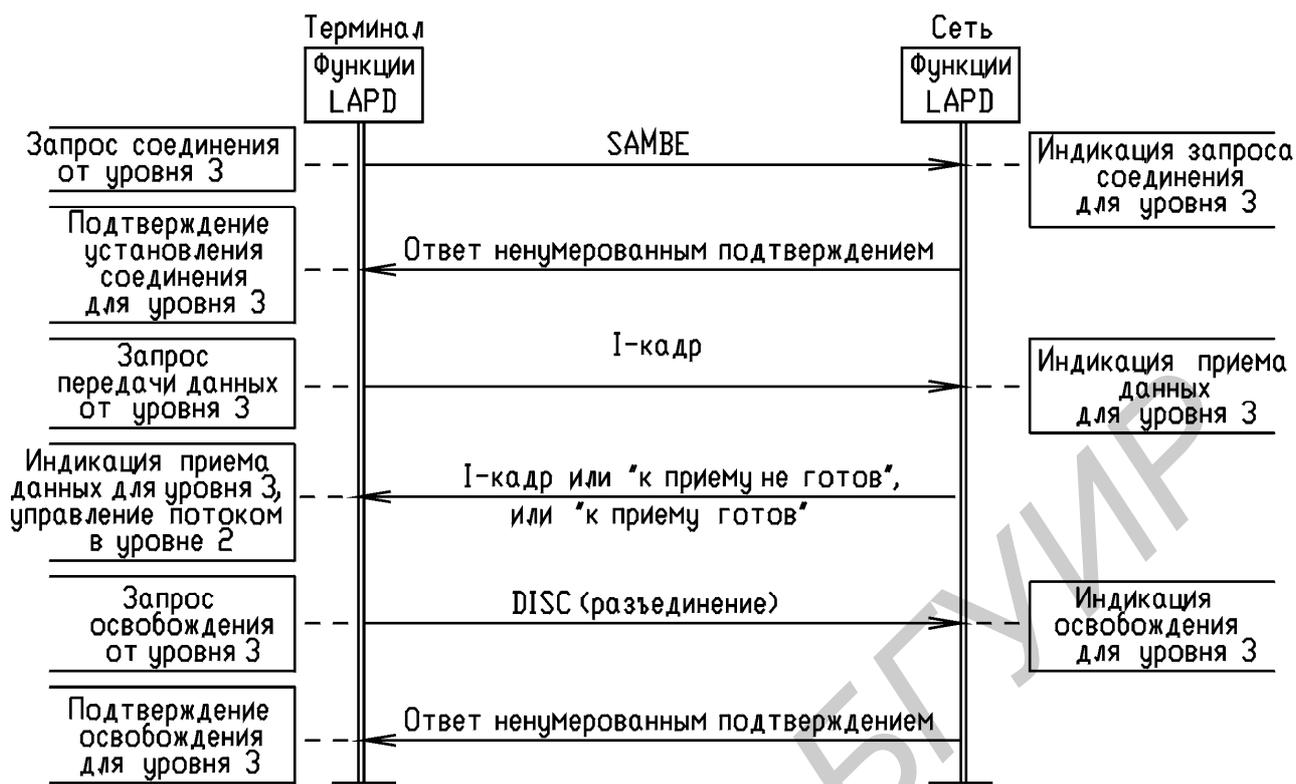


Рис. 3.3. Процедуры подтверждаемой передачи информации

Каждый I-кадр содержит в поле управления порядковые номера передачи и приема. Процедура обнаружения потерь работает в обоих направлениях. Когда обмен I-кадрами, показанный на рис. 3.3, заканчивается, осуществляется посылка команды разъединения DISC, за которой следует ответ DM, подтверждающий разъединение. В этом случае, как показано на рис. 3.3, уровень 3 на стороне пользователя отправляет уровню 2 примитив запроса освобождения DL_RELEASE, а уровень 2 формирует кадр разъединения, который передается через уровень 1 уровню 2 на стороне сети. При получении кадра разъединения уровнем 2 на стороне сети уровню 3 выдается примитив индикации освобождения, а пользователю возвращается кадр нумерованного подтверждения. При получении кадра нумерованного подтверждения уровнем 2 на стороне пользователя уровню 3 выдается примитив подтверждения освобождения для завершения процедуры освобождения.

При процедуре неподтверждаемой передачи информации для случая, когда необходима передача информации от функций уровня 3 на стороне сети к функциям уровня 3 в терминале пользователя, функции уровня 3 на стороне сети передают к уровню 2 примитив запроса передачи данных без подтверждения DL_UNIT DATA.

Уровень 2 формирует кадр нумерованной информации UI (*unnumbered information*), содержащий в информационном поле информацию, которую надо передать. Этот кадр и передается через уровень 1 к функциям уровня 2 в терминале пользователя. Если требуется вещательная (циркулярная)

передача кадра всем терминалам, ТЕИ в адресном поле присваивается значение 127. Если же обращение происходит к одному определенному терминалу, т.е. необходим режим «точка–точка», тогда ТЕИ присваивается значение в пределах 0–126, совпадающее с ТЕИ, назначенным для этого терминала, например ТЕИ=7.

При получении кадра UI терминалом пользователя информация, содержащаяся в информационном поле, доставляется из уровня 2 в уровень 3 с помощью примитива индикации приема данных без подтверждения. При такой неподтверждаемой передаче информации в уровне 2 отсутствует процедура защиты от ошибок. Следовательно, решение о логическом восстановлении кадра в случае его потери или искажения возлагается на функции уровня 3.

Примеры использования управляющих кадров:

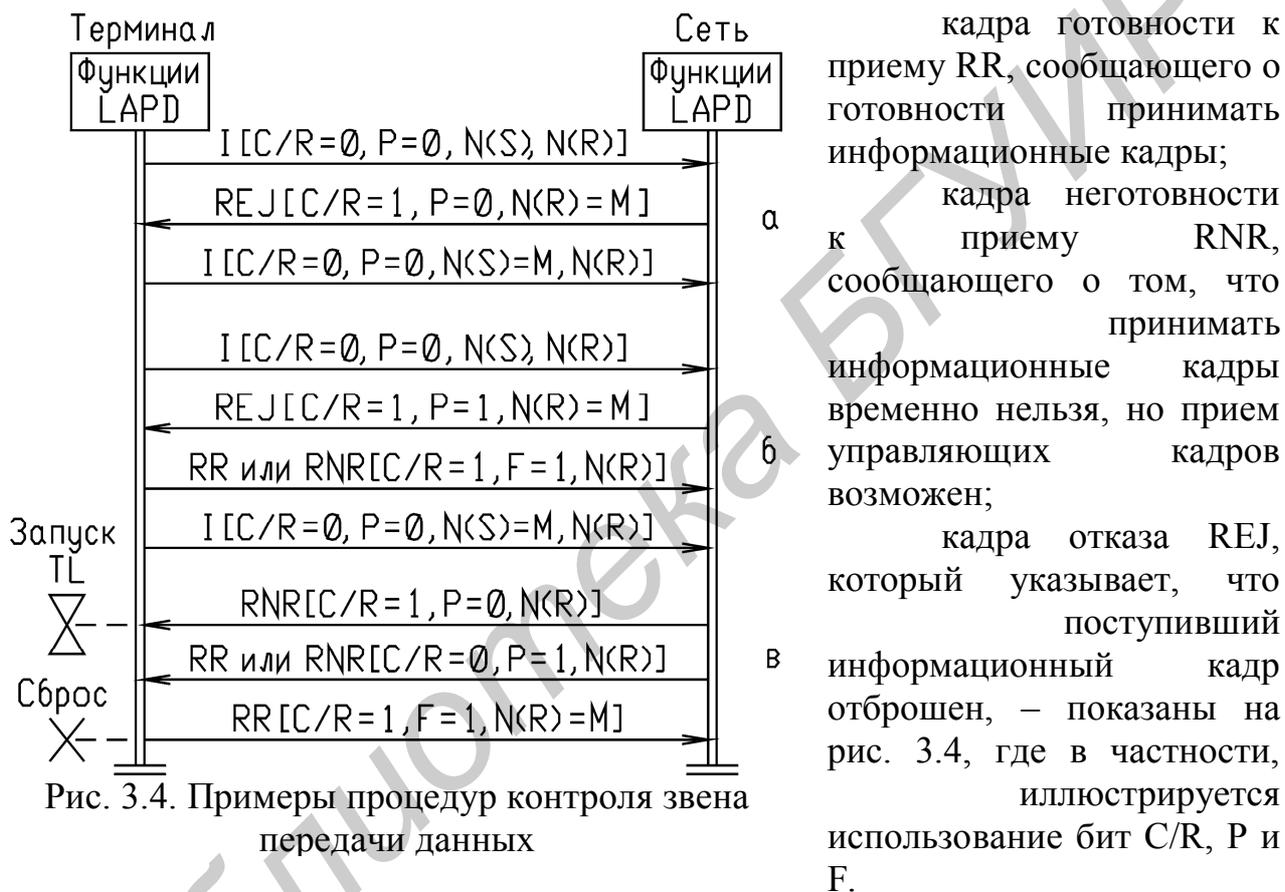


Рис. 3.4. Примеры процедур контроля звена передачи данных

В примере "а" уровень 2 на стороне сети получил информационный кадр с нарушением порядка очередности и отбрасывает его с помощью команды REJ, в которой бит P имеет значение 0 - подтверждение не требуется. $N(R) = M$ указывает, что последний принятый информационный кадр имел $N(S) = M-1$. Терминал повторяет передачу информационных кадров из своего буфера повторной передачи, начиная с кадра, для которого $N(S)$ равен M.

Пример "б" относится к той же ситуации, за исключением того, что в командном кадре REJ бит $P=1$. Этим передается указание терминалу пользователя подтвердить кадр. Терминал пользователя сначала передает кадр ответа RR или RNR: $C/R=1, F=1$, а затем начинает повторную передачу информационных кадров.

В примере "в" сетевая сторона указывает с помощью командного кадра RNR, что она не может принимать информационные кадры. Сторона пользователя приостанавливает передачу информационных кадров и запускает таймер.

Если терминал получает кадр RR до срабатывания таймера, то он возобновляет передачу или повторную передачу информационных кадров. Если таймер сработал, а кадр RR не получен, терминал пользователя передает кадр команды (C/R= 1) с P = 1. Этим дается указание сетевой стороне передать, в свою очередь, командный кадр.

В данном примере сетевая сторона отвечает кадром RR, указывая, что она готова снова принимать информационные кадры и что номер последнего принятого кадра $N(S) = M-1$. Затем сторона терминала возобновляет передачу информационных кадров, начиная ее кадром с номером $N(S) = M$. Если ответом сетевой стороны будет кадр RNR, то сторона пользователя перезапустит свой таймер и снова будет ожидать кадр RR. Если сетевая сторона остается неготовой к приему после нескольких срабатываний таймера, то сторона пользователя передает решение к соответствующей функции сетевого уровня.

Для LAPD определены процедуры управления TEI, т.е. процедуры его назначения, контроля и отмены. Для соединений «точка–точка» в терминале запоминается «свой» TEI и проверяется TEI в поле адреса принимаемых кадров, чтобы определить, не предназначен ли кадр этому терминалу. Терминал также вводит свой TEI в адресные поля передаваемых им кадров.

Терминалы (TE) подразделяются на терминалы с неавтоматическим и автоматическим механизмом назначения TEI. TE первого типа ориентированы на длительное подключение к одной цифровой абонентской линии, с постоянно активным физическим уровнем. Эти терминалы имеют ряд переключателей, положение которых определяет значение TEI. Переключатели устанавливаются техническим персоналом при инсталляции TE, и их положение не меняется, пока TE подключен к этой цифровой абонентской линии. TE такого типа могут иметь значения TEI в диапазоне 0-63.

Автоматическое присвоение TEI применяется в тех случаях, когда используются процедуры активации/деактивации уровня 1 интерфейса «пользователь – сеть, или когда терминальное оборудование работает непостоянно, например, РС со встроенной платой BRI, периодически включаемой владельцем, или если оборудование часто переключается с одной АЛ на другую.

При деактивации физического уровня автоматически присвоенное значение TEI сбрасывается. Менять величину TEI вручную при каждом перемещении неудобно, поэтому для "мобильных" TE применяется автоматическое назначение TEI в диапазоне 64–126, а также его проверка и отмена, для чего и используются упомянутые выше процедуры управления TEI. Этими процедурами предусмотрены сообщения следующих типов.

Запрос-ID. Сообщение передается "мобильным" TE, когда требуется, чтобы сеть назначила для него TEI.

ID-назначен. Это ответ сети на запрос-ID. Он содержит назначенный ТЕI.

Отказ-в-назначении-ID. Это ответ сети, отвергающий запрос-ID.

Запрос-проверки-ID. Это команда от сети для проверки назначенной величины ТЕI.

Ответ-проверки-ID. Это ответ "мобильного" ТЕ на запрос-проверки-ID.

Отмена-ID. Эта команда передается от сети к ТЕ, чтобы отменить назначенный ранее ТЕI.

Все сообщения передаются в кадрах UI с SAPI = 63. Информационное поле кадров UI показано на рис. 3.5. Код в байте 1 указывает, что это сообщение управления ТЕI. Код типа сообщения находится в байте 4 (табл. 3.5). Сообщение содержит параметры: ссылочный номер R_i и индикатор действия A_i .

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0	0	1	1	1	1
Идентификатор управления							
Ссылочный номер (R_i)							
Тип сообщения							
Индикатор действия (A_i)							1

Рис. 3.5. Сообщение управления ТЕI

дающая возможность оборудованию пользователя, имеющему категорию "мобильный", получить от сети номер ТЕI, который сможет быть использован при последующих соединениях, показана на рис. 3.6, а.

Когда "мобильный" ТЕ подсоединяется к S-интерфейсу, он автоматически посылает запрос-ID. Поскольку терминальное оборудование не имеет ТЕI, то, чтобы идентифицировать себя, оно генерирует произвольный ссылочный номер R_i . ТЕ может запросить сеть назначить для него конкретный ТЕI, указав этот ТЕI в поле A_i , или может оставить право выбора ТЕI за сетью, поместив в это поле $A_i=127$.

Для каждой абонентской линии сеть поддерживает список "мобильных" ТЕI в диапазоне 64-126. При получении от некоторого S-интерфейса сообщения «запрос-ID» сеть обращается к соответствующему списку. Если она может назначить ТЕI, то по данной шине S-интерфейса в вещательном режиме передается сообщение «ID-назначен», в котором величина R_i копируется из сообщения «запрос-ID», а назначенный ТЕI помещается в поле A_i .

Все ТЕ, подключенные к этой S-шине, проверяют сообщение, но только ТЕ, который послал запрос, опознает свое R_i и воспринимает назначенный ТЕI. Такая процедура позволяет двум или более ТЕ, подключенным к одной и той же S-шине, посылать запросы-ID одновременно.

Если сеть не может удовлетворить запрос-ID из-за того, что запрошенный ТЕI уже есть в списке назначенных для данного интерфейса, или из-за того, что все ТЕI в диапазоне 64 – 126 уже назначены, она передает по S-шине этого интерфейса в вещательном режиме сообщение «отказ-в-назначении-ID», снова копируя R_i из принятого запроса. После этого ТЕ

информирует своего пользователя о том, что его запрос на назначение ТЕІ был отвергнут.

Таблица 3.5

Коды типа сообщения				
Тип сообщения	Направление ТЕ – сеть	Код типа сообщения	Значение R_i	Значение A_i
Запрос-ID	→	0000 0001	0-65535	127
ID-назначен	←	0000 0010	0-65535	64-126
Отказ в назначении-ID	←	0000 0011	0-65535	64-127
Запрос проверки-ID	←	0000 0100	-	0-127
Ответ-проверки-ID	→	0000 0101	0-65535	0-126
Отмена-ID	←	0000 0110	-	0-127
Верификация-ID	→	0000 0111	-	0-126

Процедура проверки ТЕІ позволяет сети проконтролировать список "мобильных" ТЕІ, назначенных для конкретного интерфейса, и иллюстрируется рис. 3.6, б.

Сеть передает к этому интерфейсу в вещательном режиме сообщение «запрос-проверки-ID», поместив в поле A_i проверяемый ТЕІ, а в поле R_i — нулевое значение. При этом сеть запускает на 200 мс таймер. Если среди подключенных к данному интерфейсу найдется ТЕ, имеющий ТЕІ, который совпадает с A_i , он отвечает сообщением «ответ-проверки-ID», содержащим произвольно выбранное R_i и принятое A_i .

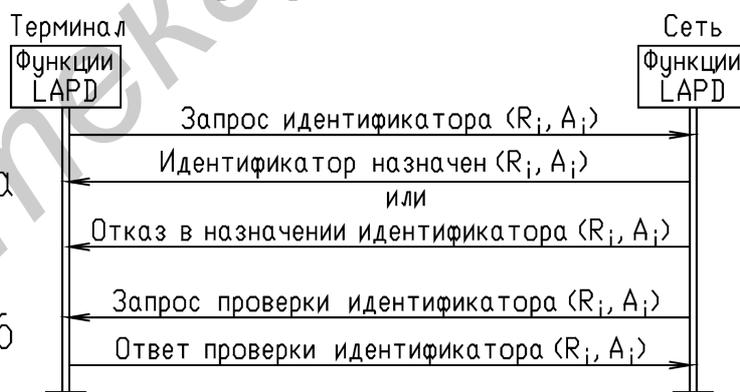


Рис. 3.6. Процедуры управления ТЕІ:
а – назначение ТЕІ; б – проверка ТЕІ

В нормальных условиях сеть принимает до срабатывания таймера одно сообщение «ответ-проверки-ID», что указывает на наличие единственного ТЕ с данным ТЕІ. Если таймер сработал, а ответ не получен, сеть повторяет запрос проверки ID и перезапускает таймер. Если таймер снова срабатывает до получения ответа, сеть считает, что данный ТЕІ больше не используется, удаляет его из списка ТЕІ, назначенных для данного интерфейса, и составляет отчет для обслуживающего персонала.

Если сеть получает более одного ответа на сообщение «запрос-проверки-ID», это означает, что один и тот же ТЕІ ошибочно присвоен более

чем одному ТЕ. В этом случае сеть передает в вещательном режиме команду «отмена-ID» с указанием в поле A_i значение отменяемого ТЕI.

Те терминалы, ТЕI которых согласуются с A_i , прекращают передачу и прием кадров и уведомляют своего пользователя об отмене ТЕI. Если сеть решает, что присвоенное значение ТЕI должно быть отменено, вызывается процедура отмены. Сеть формирует кадр, содержащий тип сообщения и поле индикатора действия, где помещается значение ТЕI, которое должно быть отменено. Кадр посылается дважды для уменьшения риска потери.

3.3. Протольно-программный метод защиты сетевого доступа

3.3.1. Процедура защиты от несанкционированного доступа

Протольно-программный метод защиты от несанкционированного доступа в ISDN (ППМЗ) основан на протоколе защиты в D-канале LAPD, а точнее, на процедурах присвоения/отмены идентификатора конечной точки терминала ТЕI. На основе только этих процедур обеспечить полную защиту от злоумышленного подключения к абонентским линиям и использования услуг официально зарегистрированных пользователей не удастся. Поэтому для обеспечения полной защиты согласно этому методу необходимо совместно с вышеназванными процедурами предусмотреть внесение в программное обеспечение АТС нового программного модуля, который обеспечивал бы аутентификацию конечных устройств официальных пользователей по их значениям ТЕI.

Основой данного программного модуля должен стать массив значений ТЕI размером $n \times k$, где n – номер абонентского комплекта (АК) абонента сети, k – максимальное количество абонентских устройств, подключаемое к абонентскому окончанию (при основном доступе $k = 8$).

Метод ППМЗ может быть реализован в качестве дополнительной услуги, предоставляемой абонентам ISDN. Это становится возможным с учетом того, что цифровая коммутационная система обладает распределенным программным обеспечением (ПО) по отдельным функциональным блокам системы, которое может модифицироваться, не прерывая при этом эксплуатацию сети.

Такая структура обеспечивает возможность согласования системы с изменяющимися условиями функционирования сети и с уже существующими или перспективными видами услуг. ПО состоит из операционной системы и прикладных программ, реализующих функции коммутации, административного управления, техобслуживания, включая необходимую базу данных.

Прикладное ПО, так же как и операционная система, имеет модульное построение и может быть сконфигурировано в рамках системы программ установки для выполнения различных задач связи. Концепция управления цифровой системой коммутации базируется на процессоре с "распределенным интеллектом". Функции, которые должны выполняться многократно и параллельно, как, например, функции сигнализации, распределяются между несколькими процессорами.

Главный координационный процессор отвечает за те функции, которые выполняются не так часто либо требуют доступа ко всей системе в целом. Такой подход обеспечивает оптимальную динамику системы и простое понимание ПО. Благодаря этому модификация ПО, например внесение новых программных модулей для реализации новых услуг, может быть реализована позже и не составляет при этом никаких проблем. Появление же новой дополнительной услуги, основанной на ППМЗ, имеет также и экономический характер. Это связано с тем, что абоненты сети не будут нести материальных убытков из-за злоумышленников, которые хотят воспользоваться их услугами, а для эксплуатационных компаний новые услуги являются дополнительным источником доходов, и, следовательно, фактором, повышающим выгодность собственной сети.

3.3.2. Процедура предоставления услуги

Если абонент ISDN желает воспользоваться дополнительной услугой, связанной с ППМЗ, то ему необходимо сообщить администрации сети о количестве окончных устройств, подключенных к абонентскому окончанию, и о количестве окончных устройств, в которых значение ТЕІ было предварительно установлено (не автоматически присвоено).

Согласно этой информации эксплуатационным персоналом станции с помощью программы внесения изменений, которая запускается по директивам оператора станции, осуществляется смена информации в массиве значений ТЕІ согласно алгоритму на рис. 3.7.

После этого абоненту сети будет выделено $(i+j)$ значений ТЕІ (i — количество устройств с процедурой автоматического присвоения ТЕІ; j — количество устройств с присвоенными пользователем или производителем значениями ТЕІ), количество которых соответствует количеству подключенных

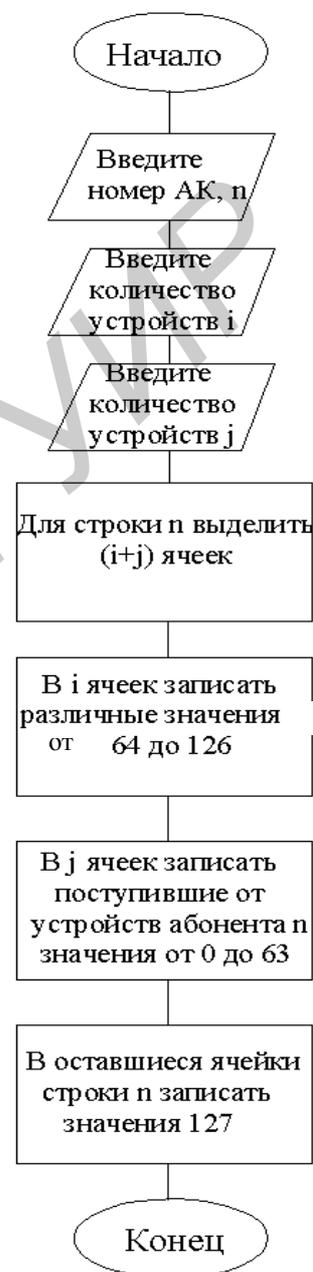


Рис. 3.7. Блок-схема алгоритма смены данных в массиве значений ТЕІ

абонентом окончных устройств. Если же абонент хочет установить новые окончные устройства, то ему необходимо сообщить об этом администрации сети, которая по алгоритму на рис. 3.7 произведет соответствующие изменения в данных абонента. Наличие в ячейках массива значений ТЕІ чисел 127 свидетельствует о том, что свободных ТЕІ нет. Использование дополнительной услуги, основанной на ППМЗ, может быть как централизованным, так и децентрализованным.

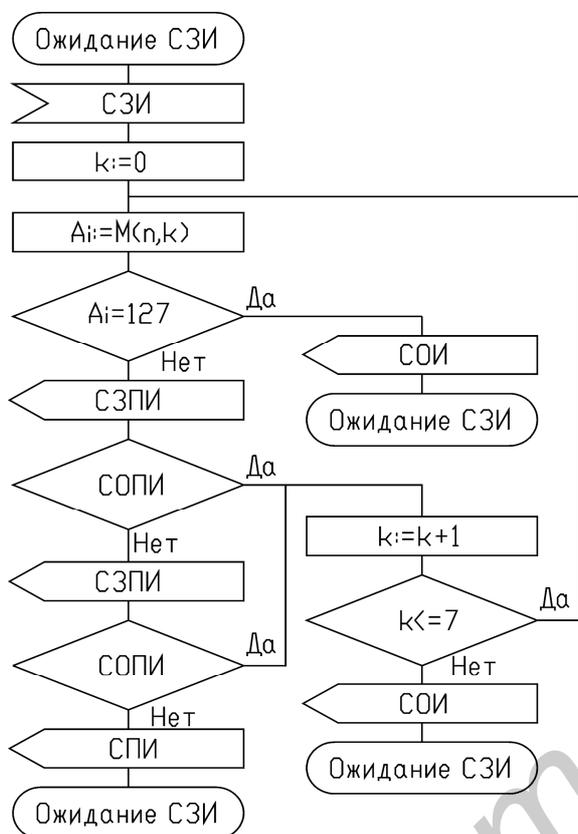


Рис. 3.8. SDL-диаграмма алгоритма предоставления сетью ТЕІ с учетом ППМЗ

алгоритмического обеспечения (АО), приведена на рис. 3.8.

Здесь использованы следующие сокращения: СЗИ — сообщение "Запрос идентификации"; СЗПИ — сообщение "Запрос проверки идентификации"; СОПИ — сообщение "Ответ проверки идентификации"; СПИ — сообщение "Присвоение идентификации"; СОИ — сообщение "Отклонение идентификации". Все описанные здесь сообщения полностью соответствуют сообщениям процедуры присвоения ТЕІ протокола защиты в D-канале LAPD.

Отличие данной процедуры от стандартной процедуры присвоения ТЕІ заключается лишь в том, что значение A_i выбирается из ячеек массива значений ТЕІ в соответствии с номером запрашивающего АК, которому соответствует номер строки n в данном массиве. Если же значение $A_i=127$, то это означает, что свободных идентификаторов ТЕІ нет в наличии и передается сообщение "Отклонение идентификации".

Первый вариант наиболее предпочтителен для различного рода организаций и учреждений, в которых предъявляются высокие требования к данному классу защиты. Поэтому введение данной услуги в офисные и учрежденческие АТС ISDN может быть реализовано в качестве основной услуги связи.

На АТС общего пользования наиболее предпочтителен второй вариант. Это объясняется тем, что абоненты сети должны иметь выбор в вариантах организации связи и использования, необходимых для этого услуг.

3.3.3. Процедура назначения ТЕІ

Процедура предоставления сетью ТЕІ с учетом ППМЗ, описанная на языке спецификаций и описаний SDL, рекомендованного МСЭ-Т для применения на этапах проектирования

Это происходит также и при переборе всех значений ячеек строки n соответствующего АК и получении во всех случаях на сообщения "Запрос проверки идентификации" соответствующих сообщений "Ответ проверки идентификации".

Данная процедура обеспечивает также возможность изменения конфигурации и при шинной структуре построения абонентского окончания. Поскольку фактическое состояние подключенных абонентских устройств в фазе "неактивности" сеть обычно не знает, пользователь может изменять конфигурацию, т.е., например, отключить, подключить, отсоединить или подсоединить какое-либо устройство. Однако для пользователей услугой, основанной на ППМЗ, необходимо, чтобы было подключено к абонентскому окончанию число оконечных устройств, не превышающее заявленное.

При желании подключить большее число оконечных устройств или использовать в течение длительного периода времени меньшее число оконечных устройств, чем было заявлено, необходимо об этом сообщить администрации сети с целью проведения корректировки соответствующих данных о пользователе.

На короткий промежуток времени абонент может отключить некоторые устройства (например, при необходимости замены или ремонта) и тем самым использовать количество оконечных устройств меньшее, чем было заявлено. Однако следует помнить, что злоумышленник, хоть и с весьма малой вероятностью, все же может воспользоваться этим промежутком времени и, подсоединившись к абонентской линии (АЛ), получить доступ к услугам ISDN за счет абонента сети.

Если такое подключение имело единовременный характер, то абонент впоследствии, подключив все оконечные устройства, не будет иметь каких-либо проблем с установлением связи, а злоумышленник, попытавшись вновь воспользоваться услугами этого абонента, получит отказ.

Если же такое подключение имеет длительный характер, то абонент впоследствии, подключив все оконечные устройства, не получит возможности осуществлять связь всеми собственными терминалами. Тогда абоненту необходимо сообщить о такой ситуации администрации сети, которая выявит причину отказов и осуществит соответствующие мероприятия по их устранению.

На рис. 3.8 приведена SDL-диаграмма алгоритма предоставления сетью идентификатора ТЕІ с учетом ППМЗ, которая, хотя и соответствует рекомендациям МСЭ Q.921, однако требует при каждом новом обращении абонентских устройств к сети за присвоением ТЕІ осуществлять перебор ячеек строки абонента n массива M сначала. В связи с этим время предоставления сетью идентификатора ТЕІ может колебаться от 2 до 9 секунд в зависимости от очередности обращения к данной процедуре абонентских устройств. Поэтому для уменьшения времени присвоения ТЕІ до минимума при первоначальном обращении абонентских устройств к этой процедуре необходимо в начале алгоритма, представленного на рис. 3.8, предусмотреть счетчик, который бы

осуществлял для каждого нового обращения переход к новой ячейке строки абонента n массива M .

С учетом этого на рис. 3.9 приведена SDL-диаграмма адаптированного алгоритма предоставления сетью идентификатора ТЕІ с учетом ППМЗ.

Дополнительно к первоначальной блок-схеме алгоритма на рис. 3.8 введены для организации счетчика переменные M_n и S_n , где индекс n соответствует номеру абонентского комплекта.

Переменная S_n в данном алгоритме определяется числом конечных устройств, подключенных абонентом n к абонентскому окончанию, и вводится оператором станции. Пока выполняются неравенства $K_n < S_n$ и $M_n < S_n$, функционирует программный счетчик, что дает возможность присваивать ТЕІ абонентским устройствам при первичном обращении с минимально возможным для этого временем. При невыполнении вышеуказанных неравенств (это происходит тогда, когда всем абонентским устройствам абонента n присвоены ТЕІ) осуществляется отключение программного счетчика и переход к базовому алгоритму согласно рис. 3.8.

Следует отметить, что введение такого счетчика в алгоритм позволяет, в сравнении со стандартной процедурой присвоения ТЕІ, снизить нагрузку на АТС, так как в этом случае для присвоения ТЕІ затрачивается минимально возможное время, а следовательно, и на меньшее время задействуется оборудование АТС.

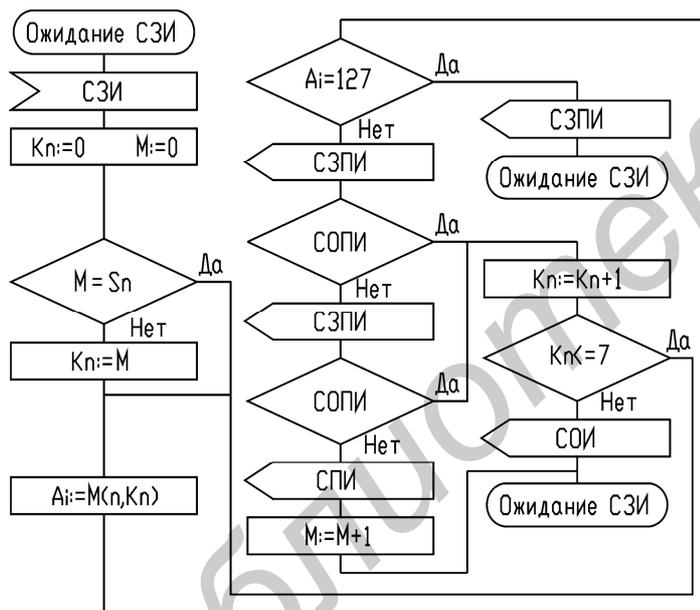


Рис. 3.9. SDL-диаграмма адаптированного алгоритма предоставления сетью ТЕІ

на некоторое время абонентское устройство, абоненту необходимо сообщить об этом оператору станции для внесения корректировки в его данные с целью исключения несанкционированного подключения.

Если же абонент игнорирует это требование, то он, во-первых, может быть подвержен несанкционированному подключению и, во-вторых, для нового присвоения этому устройству ТЕІ, как по алгоритму рис. 3.8, так и по адаптированному алгоритму рис. 3.9, может потребоваться время от 2 до 9 секунд.

Обеспечение же в любых случаях присвоения ТЕІ с минимально возможным временем, независимо от того, первичное это или последующие обращения абонентского устройства, становится возможным тогда, когда сеть, кроме индивидуальной проверки значений ТЕІ, имеет также возможность сразу проверять все значения ТЕІ; при этом сеть посылает на все оконечные устройства по циркулярной связи сообщение "Проверить ТЕІ".

Код ТЕІ = 127 указывает на вещательную (циркулярную) передачу информации всем терминалам, связанным с данной точкой доступа. С учетом этого SDL-диаграмма алгоритма предоставления сетью ТЕІ с ППМЗ и групповой проверки всех значений ТЕІ устройств абонента приведена на рис. 3.10.

В данном случае при поступлении от оконечного устройства абонента п сообщения "Запрос идентификации" сеть с помощью сообщения "Запрос проверки идентификации" ($A_i = 127$) запрашивает у оконечных устройств этого абонента имеющиеся у них ТЕІ.

Если на двукратный запрос не поступили сообщения "Ответ проверки идентификации", то выбирается первый ТЕІ из строки п массива М и с помощью сообщения "Присвоение идентификации" присваивается запрашивающему ТЕІ устройству. Если же поступили сообщения "Ответ проверки идентификации", то их количество С сравнивается с количеством подключенных к абонентскому окончанию абонентом п устройств S_n . При $C < S_n$ осуществляется сравнение ТЕІ S_n первых ячеек строки п массива М с поступившими в сообщениях "Ответ проверки идентификации" значениями ТЕІ.

А затем, после этого сравнения, выбирается свободное значение ТЕІ, которое проверяется с помощью сообщения "Запрос проверки идентификации" и в случае отсутствия сообщений "Ответ проверки идентификации" присваивается абонентскому устройству.

Процедура же сравнения поступивших ТЕІ с записанными в массиве М может быть организована следующим образом. В массив данных М оператор станции вносит значения ТЕІ по возрастанию их величин. Затем берется наибольший по величине поступивший от оконечных устройств абонента п ТЕІ, а из строки п массива М выбирается, в случае совпадения этого

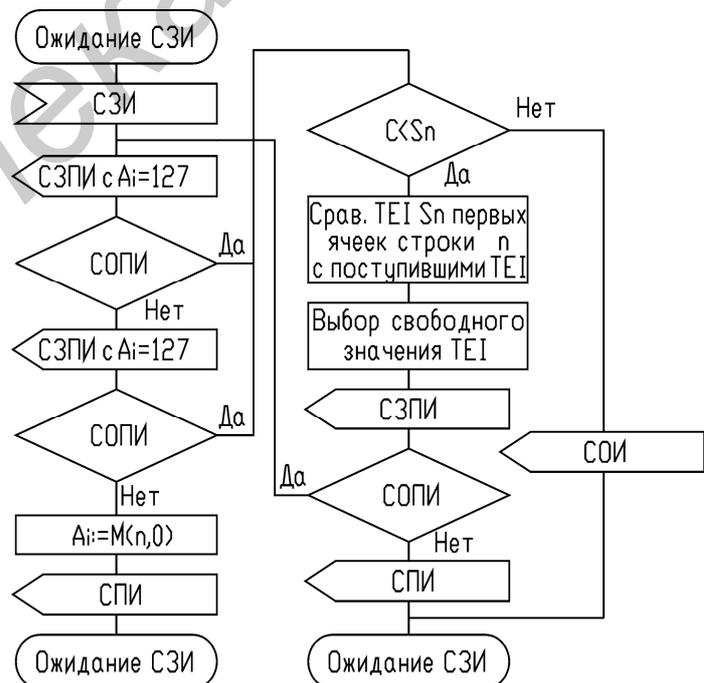


Рис. 3.10. SDL-диаграмма алгоритма предоставления сетью ТЕІ с учетом ППМЗ и групповой проверки всех значений ТЕІ

оператор станции вносит значения ТЕІ по возрастанию их величин. Затем берется наибольший по величине поступивший от оконечных устройств абонента п ТЕІ, а из строки п массива М выбирается, в случае совпадения этого

TEI с записанным, следующий за ним по наибольшей величине TEI. Если выбранный $TEI \neq 127$, то он проверяется и при отсутствии сообщений "Ответ проверки идентификации" с помощью сообщения "Присвоение идентификации" присваивается запрашивающему его абонентскому устройству. Если же выбранный свободный $TEI = 127$ или $C \geq S_n$, то выдается сообщение "Отклонение идентификации" и исходящая связь невозможна. Отсюда видно, что данный алгоритм наиболее приемлем, так как является простым и обеспечивает в любой ситуации минимальное время присвоения TEI.

3.3.4. Процедура предоставления исходящего соединения

Процедура предоставления абоненту ISDN исходящего соединения с учетом ППМЗ основана на проведении аутентификации оконечных устройств этого абонента путем сравнения поступающих при исходящем вызове

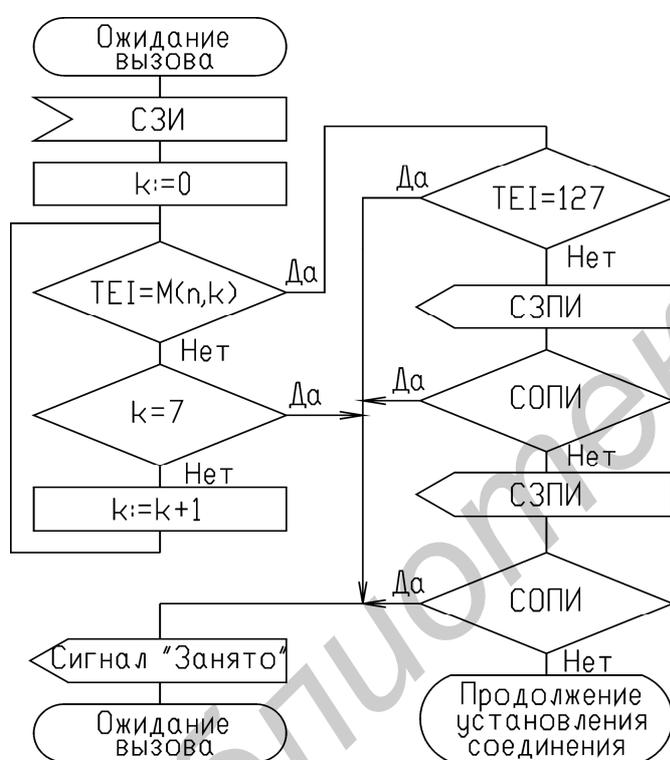


Рис. 3.11. SDL-диаграмма алгоритма предоставления исходящего соединения на стороне сети с учетом ППМЗ

соответствующих этим устройствам значений TEI со значениями массива $M[n,k]$ в зависимости от номера n вызывающего абонента. Блок-схема алгоритма данной процедуры приведена на рис. 3.11.

Согласно этой процедуре при исходящем вызове сеть получает идентификатор оконечного устройства TEI, относящейся к оконечному устройству вызывающего абонента, как только оконечное устройство начинает передавать заявку на соединение. Согласно же номеру АК (n) вызывающего абонента, сеть в массиве значений TEI выбирает соответствующую строку под номером n и производит сравнение ее значений с

поступившим значением TEI.

Если поступившее значение TEI совпало с одним из значений строки n массива M и не равно 127, то устройствам пользователя посылается сообщение "Запрос проверки идентификации" и если на двукратный запрос не приходит сообщение "Ответ проверки идентификации", то осуществляется продолжение установления соединения. Все остальные случаи нарушения этой процедуры свидетельствуют о том, что произошло несанкционированное подключение. В

таких случаях осуществляется запрет на исходящую связь и передача акустического сигнала "Занято".

3.3.5. Сигнальная нагрузка процедуры защиты сетевого доступа

Увеличение информационных потоков, внедрение новых телекоммуникационных технологий и общее ускорение ритма жизни требуют от администрации сетей связи введения все новых и новых дополнительных видов услуг связи.

Это объясняется тем, что введение дополнительных услуг связи не только улучшает качественные показатели сети, но и имеет экономические преимущества как для администрации сети связи – за счет большей привлекательности их сети, так и для абонентов – за счет возможности организации быстрой, надежной и удобной связи.

Поэтому усовершенствование технологии, уменьшение стоимости запоминающих устройств, перевод устройств управления на современную микропроцессорную базу приводят в настоящее время к массовому введению новых видов дополнительных услуг. Так, в новых системах АТС с программным управлением большинство дополнительных услуг вводится путем приспособления и добавления соответствующих программ и незначительного увеличения оборудования. Это позволяет вводить новые услуги на действующих станциях с программным управлением без перемонтажа оборудования и в некоторых случаях даже без их остановки.

Однако введение одних дополнительных услуг (например установка вызова на ожидание при занятости вызываемого абонента) позволяет на АТС выравнять нагрузку и уменьшать число повторных вызовов, введение же других дополнительных услуг (например побудка) создает на АТС дополнительную нагрузку. В связи с этим перед введением дополнительных услуг весьма важным является определение их влияния на нагрузку АТС, что прямо сказывается на производительности сети.

В случае введения дополнительной услуги, основанной на ППМЗ, время установления исходящего соединения в среднем увеличится на 2 секунды. Такое увеличение времени установления исходящего соединения для абонентов, пользующихся данной услугой, происходит из-за введения при установлении исходящего соединения дополнительной стандартной процедуры проверки идентификатора ТЕІ устройства, запрашивающего это соединение. В связи с этим важно определить, как скажется увеличение этого времени на нагрузке АТС и, следовательно, на производительности сети.

"Телефонная" нагрузка Y , поступающая от абонентов АТС, определяется по формуле

$$Y = \sum_i N_i C_i t_i / 3600,$$

где N_i - количество абонентских окончаний i -й категории;

C_i - среднее число вызовов в ЧНН от абонентов i -й категории;

t_i - среднее время занятия коммутационного оборудования в ЧНН при поступлении вызова от абонентов i -й категории.

Разделение абонентов на категории производится в соответствии со значениями удельных нагрузок, поступающих от абонентских устройств. Традиционным является выделение абонентских устройств:

квартирного сектора;

народнохозяйственного сектора;

абонентов учреждений станций, имеющих право внешней связи, для которых данная АТС является опорной;

таксофонов.

Среднее время занятия входов коммутационного оборудования при поступлении вызова от абонентов i -й категории определяется по формуле

$$t_i = ak (t_{o.c} + nt_H + t_{y.c} + t_B + t_o + T_i),$$

где a - коэффициент, учитывающий продолжительность занятия входов коммутационного оборудования вызовами, не закончившимися разговорами;

k - доля вызовов, закончившихся разговором, $k = 0,5$;

$t_{o.c}$ - среднее время сигнала "ответ станции", $t_{o.c} = 3,0$ с;

n , t_H - число цифр и среднее время набора одной цифры для телефонного аппарата с дисковым ($t_H = 1,5$ с) и тастатурным ($t_H = 0,8$ с) номеронабирателями;

$t_{y.c}$ - среднее время установления соединения после набора номера вызываемого абонента, $t_{y.c} = 2,0$ с;

t_B - среднее время ожидания ответа вызываемого абонента, $t_B = 7,0$ с;

t_o - среднее время занятия приборов АТС при отбое, $t_o = 0,0 - 0,5$ с;

T_i - средняя продолжительность разговора абонентов 1-й категории: с телефонного аппарата квартирного - 120 с, учрежденческого - 90 с, таксофона - 110 с.

С учетом метода защиты в среднее время занятия входов коммутационного оборудования должно также входить время задержки $t_3 = 2,0$ с.

Тогда суммарное время занятия определится суммой $T_c = t_i + t_3$.

Для "наихудшего" случая, когда t_3 в процентном отношении к T_c принимает наибольшее значение, а это имеет место при наличии всех абонентских аппаратов, подключенных к АТС, с тастатурным номеронабирателем и соответственно при $t_H = 0,8$ с, $t_o = 0$ и $T_i = 90$ с, $T_c = 3 + 7 \cdot 0,8 + 2 + 7 + 90 + 2 = 109,6$ с.

Тогда t_3 от T_c будет составлять $[(2/109,6) \cdot 100] = 1,82\%$.

Для "наилучшего" случая, когда t_3 в процентном отношении к T_c принимает наименьшее значение, а это имеет место при наличии всех абонентских аппаратов, подключенных к АТС через терминальный адаптер, с

дисковым номеронабирателем и соответственно при $t_n = 1,5$ с, $t_o = 0,5$ с и $T_i = 120$ с, суммарное время занятия равно: $T_c = 3+7 \cdot 1,5+2+7+120+0,5+2 = 145$ с.

Тогда t_3 от T_c будет составлять $[(2/145) \cdot 100] = 1,38\%$.

Следовательно, нагрузка, оказываемая на АТС, при условии, что все ее абоненты пользуются дополнительной услугой, основанной на ППМЗ, с учетом линейной зависимости T_c от Y возрастет на 1,38 ... 1,82%.

Необходимо было бы также учесть и интенсивность нагрузок, поступающих от абонентов АТС на узел спецслужб и междугородные соединительные линии (СЛМ), но из-за противоположности их значений T_c относительно рассчитанных выше они в суммарной нагрузке, оказываемой абонентами на АТС, будут компенсировать друг друга, из-за чего и сохранится рассчитанный диапазон возрастания нагрузки за счет введения метода защиты. Тогда, например, с учетом, что станция обслуживает нагрузку 25000 Эрл при емкости до 240000 номеров, введение услуги обеспечит ту же производительность станции при емкости до 235632 ... 236688 номеров за счет уменьшения соответственно на 1,82 и 1,38%.

4. ПРОТОКОЛ DSS-1: СЕТЕВОЙ УРОВЕНЬ

4.1. Функции протокола Q.931

Сетевой уровень системы абонентской сигнализации DSS-1 содержит функции, обеспечивающие создание, сопровождение и завершение соединений, предоставляемых сетью пользователям ISDN в режиме коммутации каналов, а также доступ пользователей к средствам пакетной коммутации, т.е. набор функций, связанных с обслуживанием вызовов от пользователей ISDN.

Обмен необходимой для этого сигнальной информацией между функциями уровня 3, размещенными в оборудовании пользователя и в оборудовании сети, осуществляется через интерфейс «пользователь – сеть» с помощью сообщений сетевого уровня с привлечением услуг уровня 2. Взаимодействие между смежными уровнями (как на стороне пользователя, так и на стороне сети) в этом случае описывается примитивами с префиксом DL.

Сообщение уровня 3, подлежащее передаче через интерфейс, поступает к уровню 2 в примитиве *DL-DATA-REQUEST* (или *DL-UNIT-DATA-REQUEST*) и помещается в информационное поле кадра, который передается через интерфейс с привлечением услуг уровня 1. Функции уровня 2 на противоположной стороне интерфейса доставляют содержимое информационного поля принятого кадра (т.е. сообщение) в уровень 3 в примитиве *DL-DATA-INDICATION* (или *DL-UNIT-DATA-INDICATION*).

Функции уровня 3 включают в себя:

маршрутизацию сигнальных сообщений;

передачу (в виде относительно небольших блоков данных) информации «пользователь – пользователь», как при наличии, так и при отсутствии соединения, установленного путем коммутации каналов;

мультиплексирование в одном звене данных сообщений, относящихся к разным коммутируемым связям;

сегментацию и сборку сообщений для их транспортировки уровнем звена данных;

обнаружение ошибок в сообщениях уровня 3, интерпретацию ошибок, обнаруженных уровнем 2, и реакцию на эти ошибки;

доставку сообщений в том же порядке, в каком они были переданы.

Уровень 3 системы DSS-1 описывается в терминах сообщений и процедур, определяющих логическую последовательность событий при предоставлении услуг пользователям.

4.2. Форматы сообщений сетевого уровня

Сообщение уровня 3 протокола DSS-1 содержит в себе некоторое количество информационных элементов (ИЭ), среди которых есть обязательные для всех сообщений, обязательные для некоторых сообщений и необязательные. Если в сообщении отсутствует хотя бы один обязательный для него информационный элемент, оно считается не соответствующим спецификациям DSS-1.

Для всех сообщений используется общий формат, изображенный на рис. 4.1. Биты нумеруются справа налево, первым передается бит и байт с номером 1.

Любое сообщение уровня 3 обязательно должно содержать три следующих информационных элемента: дискриминатор протокола, метку соединения и тип сообщения. Количество, содержание и обязательность/необязательность других информационных элементов зависит от типа сообщения.

Первым элементом каждого сообщения является однобайтовый дискриминатор протокола PD (*protocol discriminator*). Назначение этого элемента – отделить сообщения DSS-1, связанные с процедурами управления соединениями (процедурами обслуживания вызовов), от любых других сообщений, которые могут быть переданы по сигнальному каналу. Например, в разделах 2 и 3 уже отмечалось, что существует возможность передачи по сигнальному каналу пакетных данных. Дискриминатор протокола также позволяет различать сообщения управления соединениями ISDN и сообщения, используемые в других системах, применяющих Q.931, таких как АТМ и Frame



Рис. 4.1. Общий формат сообщений уровня 3 протокола DSS-1

relay. Для каждого случая дискриминатор кодируется уникальной последовательностью бит. В частности, для сообщений, связанных с управлением соединениями ISDN в режиме коммутации каналов, дискриминатор протокола кодируется последовательностью 00001000.

Следующий элемент – метка соединения CR (*call reference*) является целым числом, используемым для идентификации коммутируемой связи, к которой относится сообщение. Значение метки уникально на той стороне интерфейса, которая явилась инициатором этой связи, и только внутри одного логического соединения уровня 2. Метка присваивается на время жизни обслуживаемого вызова, имеет смысл только в данном интерфейсе и остается неизменной до окончания обслуживания вызова, после чего она может использоваться для идентификации других соединений.

Формат элемента «метка соединения» показан на рис. 4.2. Первые четыре бита первого байта указывают длину метки, а остальные биты первого байта – запасные. Для базового доступа метка соединения может иметь значение от 1 до 127, а располагается метка в битах 7–1 байта 2. Для первичного доступа возможные значения метки соединения – от 0 до $2^{15}-1$, а занимает метка два байта.



Рис. 4.2. Формат информационного элемента «метка соединения»

Если инициатором вызова является пользователь, то он назначает метку соединения из своего пула номеров. Если вызов поступает от сети, то метку соединения назначает входящая АТС. Возможна ситуация, когда и пользователь, и АТС выбирают одно и то же значение метки соединения для разных коммутируемых связей. Чтобы

можно было различить эти две связи, в качестве последнего бита байта 2 формата метки соединения используется флажок. Флажок указывает, какой стороной звена данных назначена данная метка: исходящей (0) или удаленной (1).

Третий информационный элемент – тип сообщения M (*message type*) служит для идентификации имени и, следовательно, функции отправляемого сообщения, например, SETUP, DISCONNECT и т.п. Поле типа сообщения состоит из одного байта, последний бит которого зарезервирован для применения в будущем при увеличении длины поля. Коды типов сообщений приведены в табл. 4.1, а функции сообщений разных типов будут рассмотрены в конце параграфа.

Коды типов сообщений Q.931

Сообщение	Сокращение	Биты							
		8	7	6	5	4	3	2	1
Передается вызывной сигнал	ALERT	0	0	0	0	0	0	0	1
Связь устанавливается	CALPRC	0	0	0	0	0	0	1	0
Соединить (ответ)	CONN	0	0	0	0	0	1	1	1
Соединение готово	CONACK	0	0	0	0	1	1	1	1
Особенности маршрута	PROG	0	0	0	0	0	0	1	1
Запрос связи	SETUP	0	0	0	0	0	1	0	1
Запрос принят	SETACK	0	0	0	0	1	1	0	1
Разъединить	DISC	0	1	0	0	0	1	0	1
Дополнительная информация	INFO	0	1	1	1	1	0	1	1
Освободить ресурсы	RLSE	0	1	0	0	1	1	0	1
Ресурсы освобождены	RLCOM	0	1	0	1	1	0	1	0

Все эти типы образуют пять категорий сообщений:

а) сообщения фазы, используемые в процедурах создания соединения. Таково, например, сообщение SETUP, которое посылается пользователем к АТС (или АТС к пользователю) в качестве запроса соединения;

б) сообщения, передаваемые в фазе установленного соединения. Таково, например, сообщение USER INFORMATION, которое может быть отправлено во время разговора/передачи данных для пересылки информации «пользователь – пользователь»;

в) сообщения фазы разъединения (разрушения соединения). Таково, например, сообщение DISCONNECT, которое посылается пользователем к АТС (или АТС к пользователю), чтобы инициировать процедуру освобождения ресурсов, занятых в соединении;

г) прочие сообщения, например, сообщение INFORMATION, которое может быть отправлено пользователем или АТС для передачи дополнительной к уже предоставленной другими сообщениями информации;

д) национальные сообщения с кодом типа сообщения 00000000, обозначающим, что следующее поле является полем типа сообщения, который определен оператором сети.

Другие информационные элементы делятся на две категории: однобайтовые и переменной длины более одного байта.

Существует два типа однобайтовых информационных элементов. Тип 1 изображен на рис. 4.3. Значение 1 бита 8 указывает на то, что элемент относится к категории однобайтовых, а биты 5 – 7 используются в качестве идентификатора элемента. В битах 1 – 4 кодируется содержимое информационного элемента.



Рис. 4.3. Однобайтовый

информационный элемент: тип 1



Рис. 4.4. Однобайтовый

информационный элемент: тип 2



Рис. 4.5. Информационный элемент переменной длины

Тип 2 показан на рис. 4.4. Здесь также значение 1 бита 8 указывает на то, что информационный элемент относится к категории однобайтовых. Оставшаяся часть байт, используется исключительно в качестве идентификатора информационного элемента.

На рис. 4.5 показана структура информационного элемента переменной длины. Бит 8 первого байта имеет значение 0, отличая эту категорию информационных элементов от однобайтовых информационных элементов. Оставшаяся часть первого байта служит для идентификации информационного элемента. Второй байт определяет длину содержимого информационного элемента, а третий и последующие байты представляют содержимое, которое может размещаться в нескольких полях.

Ниже рассматриваются основные информационные элементы протокола DSS-1.

Информационный элемент «средства доставки информации» BC (*bearer capability*) описывает характеристики средств доставки, запрашиваемые у сети вызывающим пользователем. Этот информационный элемент посылается также и вызываемой стороне с целью обеспечить согласованную работу терминалов. Например, если на исходящей стороне соединения речевой сигнал преобразуется в цифровую форму с помощью определенного алгоритма кодирования, то, чтобы принимающая сторона была в состоянии декодировать цифровой сигнал правильно и произвести его обратное преобразование в аналоговый сигнал, ей должно быть известно, как сигнал кодировался на передающем конце.

В информационном элементе «средства доставки» содержатся сведения о требованиях к этим средствам:

вид информации, например, речь, 3,1 кГц аудио или 7,0 кГц аудио;

режим переноса информации: коммутация каналов или пакетов;
 пропускная способность канала (64 Кбит/с, 384 Кбит/с);
 стандарт кодирования;
 протокол обработки информации пользователя, уровень 1 (стандарт адаптации скоростей, алгоритм сжатия и т.п.);
 скорость передачи данных терминалом пользователя.



Рис. 4.6. Информационный элемент «средства доставки информации»

Структура информационного элемента «средства доставки информации» приведена на рис. 4.6.

Параметр стандарт кодирования (*coding standard*) присутствует в поле содержимого не только информационного элемента «средства доставки информации», но и некоторых других информационных элементов.

Этот параметр принимает следующие значения: 00 – стандарт ITU-T, 01 – стандарт IOS/IEC, 10 –

национальный стандарт, 11 – специальный сетевой стандарт.

Параметр вид информации (*information transfer capability*) кодируется одним из следующих значений: 00000 – речь, 01000 – неограниченная цифровая информация, 01001 – ограниченная цифровая информация, 10000 – аудио в полосе 3,1 кГц.

Параметр режим передачи (*transfer mode*) кодируется следующим образом: 10 – пакетный режим, 00 – канальный режим.

Параметр скорость передачи информации (*information transfer rate*) может иметь, в частности, такие значения: 00000 – пакетный режим, 10000 – канальный режим - скорость передачи 64 Кбит/с, 10011 – канальный режим - скорость передачи 384 Кбит/с.

Параметр протокол обработки информации пользователя, уровень 1 (*user information layer 1 protocol*) может принимать, например, значения: 00001 – адаптация скоростей согласно рекомендациям V110 и X.30, 00010 – кодирование по μ -закону, 00011 – кодирование по А-закону.

Параметр скорость передачи информации терминалом пользователя (*user rate*) присутствует только тогда, когда предыдущий параметр имеет значение 00001. В этом случае, например скорости 56 Кбит/с соответствует код 01111.

Параметр синхр/асинхр может принимать значения: 0 – синхронные данные и 1 – асинхронные данные.

Параметр соглашение о передаче звуковых сигналов может принимать значения: 0 – передача не возможна и 1 – передача возможна.

Информационные

элементы «номера вызываемого и вызывающего абонентов» (*called and calling party numbers*) содержат сведения о типе номера: международный,

междугородный, местный - и о плане нумерации. Наиболее часто используется национальный план нумерации, обычно соответствующий рекомендациям ITU-T E.164 и E.163. Могут использоваться и другие планы нумерации, такие как X.121 - план, используемый в сетях передачи данных, F.69 - план нумерации телексной сети, или частный план нумерации ведомственной сети.

Параметр тип номера может иметь значения: 001 – международный номер, 010 – национальный номер, 100 – абонентский (списочный) номер, 011 – номер сетевой службы (оператора).

Возможное значение кода параметра идентификация плана нумерации: 0001 – план нумерации ISDN/телефонная сеть общего пользования.

Каждая цифра номера кодируется как символ семибитного международного алфавита № 5 и занимает один байт.

Информационный элемент «номер вызывающего абонента» (рис. 4.7) содержит, кроме того, параметры: индикатор предоставления (00 – предоставление [номера вызывающего пользователя] разрешается; 01 – предоставление ограничено) и индикатор верификации [номера вызывающего пользователя] (00 – дан пользователем, сетью не проверялся, 01 – дан пользователем, проверен сетью, 10 – дан пользователем, проверить не удалось, 11 – дан сетью).

Отметим, что верификация номера имеет большое значение в соединениях с терминальным оборудованием пользователя, которое не обслуживается персоналом (компьютеры, устройства факсимильной связи) и используется только для приема вызовов.



Рис. 4.7. Формат номера вызывающего абонента

Информационный элемент «идентификация канала» (*channel identification*) указывает тот канал в интерфейсе, который должен использоваться для связи (рис. 4.8). В данном элементе содержится следующая информация: а) интерфейс BRI или PRI; б) идентифицированный канал является или не является D-каналом; в) идентифицированный канал является В1-каналом или В2-каналом; г) идентифицированный канал является блоком каналов N0, N10, N11 и т.д.

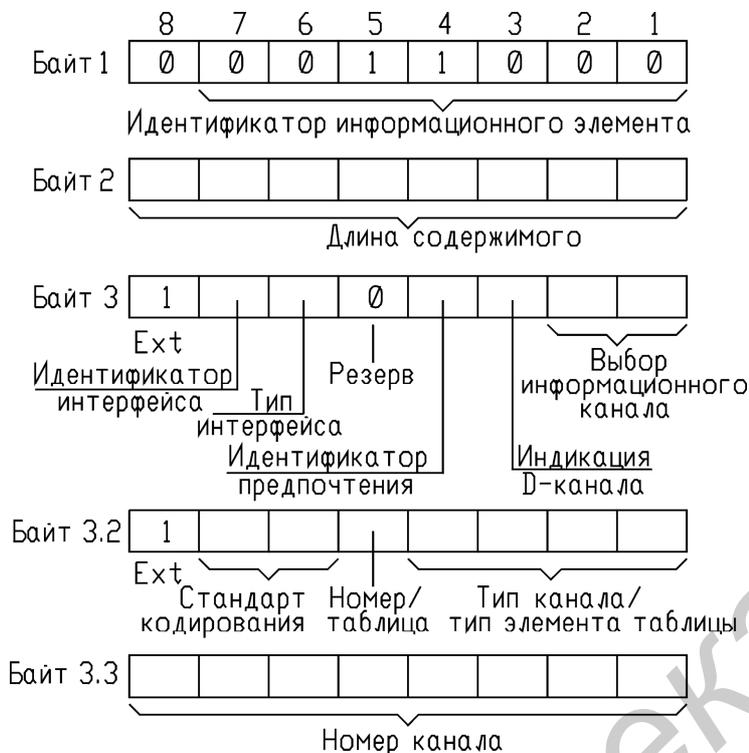


Рис. 4.8. Информационный элемент «идентификация канала»

Параметр идентификация интерфейса определяет способ идентификации интерфейса и имеет следующие значения: 0 – базовый доступ и 1 – первичный доступ.

Параметр индикатор предпочтения имеет значения: 0 – предпочтение указанному каналу, 1 – приемлем только указанный канал.

Параметр выбор информационного канала идентифицирует В-канал в базовом доступе: 01 – В1-канал, 10 – В2-канал, 11 – любой канал.

Параметр стандарт кодирования имеет значения:

00 – кодирование МККТТ, 01 – стандарт ISO, 10 – национальный стандарт.

Параметр номер канала идентифицирует В-канал в первичном доступе.

Параметр номер/таблица определяет идентификацию В-канала и имеет значения: 0 – идентифицируется номером в следующем байте; 1 – идентифицируется таблицей в следующих байтах.

Информационный элемент «отображение» (*display*) содержит символы ASCII/IA5, которые посылаются пользователю для отображения на экране терминала.

Информационный элемент «совместимость в верхних уровнях» (*NLC - high layer compatibility*) используется для проверки совместимости терминалов пользователей в верхних уровнях модели взаимодействия открытых систем (модели OSI). Проверка совместимости выполняется на стороне вызывающего пользователя и/или на стороне вызываемого пользователя. Код в этом информационном элементе идентифицирует услугу предоставления связи (*teleservice*), примерами которой являются телефонная и факсимильная связь, услуги обработки сообщений X.400 или видеотекст. Формат информационного элемента приведен на рис. 4.9. Идентификация характеристик верхних уровней

кодируется следующим образом: 0000001 – телефония, 0000100 – 2/3 группа устройств факсимильной связи, 0110001 – телетекс, 0110101 – телекс.

Информационный элемент «услуга клавиатуры» (*keypad facility*) несет в себе символы ASCII/IA5, которые вводятся через клавиатуру терминала. Он может поддерживать операцию, при которой пользователь запрашивает услугу сети путем введения этого информационного элемента в сообщении INFORMATION. Сеть отвечает сообщением INFORMATION с информационным элементом «*display*» или «*signal*». Пользователь может затем вводить дальнейшую информацию. Такого рода услуга может быть использована, например, для запроса второго соединения во время удержания первого соединения.



Рис. 4.9. Формат информационного элемента «совместимость в верхних уровнях»

Информационный элемент «совместимость в нижних уровнях» (*LLC - low layer compatibility*) используется с той же целью, что и информационный элемент совместимости в верхних уровнях, однако его содержимое анализируется не только вызываемой и вызывающей сторонами, но также и сетью для проверки соответствия предоставляемым средствам доставки информации.

«Состояние соединения» (*call stale*) – данный информационный элемент содержит сведения о текущем состоянии процесса управления соединением, как на стороне пользователя, так и на сетевой стороне, а информационный элемент причина (*cause*) используется для передачи информации о причинах и источниках некоторых сообщений и для передачи диагностической информации.

«Прогресс-индикатор» (*progress indicator*) – данный информационный элемент используется для уведомления об изменениях характеристик соединения, происходящих по мере его продвижения по выбранному маршруту, и о местах, где происходят эти изменения, например, транзит через другие сети, изменение системы сигнализации. Формат «прогресс-индикатора» представлен на рис. 4.10.

Параметр описание изменения может принимать одно из следующих значений: 0000001 – соединение проходит не только через ISDN, 0000010 – вызываемое оборудование не относится к ISDN, 0000011 – вызывающее оборудование не относится к ISDN, 0001000 – возможна передача по В-каналу акустических сигналов.

Информационный элемент «дополнительные данные» (*more data*) передается в сообщении USER INFORMATION и указывает на то, что за этим сообщением последует еще одно сообщение USER INFORMATION. Этот информационный элемент сетью не анализируется.

Формат информационного элемента предусматривает для его идентификации 3 бита в однобайтовом и 7 бит в информационном элементе переменной длины. Таким образом, в первом типе может быть



Рис. 4.10. Формат «прогресс-индикатора»

идентифицировано 8 различных информационных элементов и до 128 различных информационных элементов во втором типе. Комбинируя две категории, возможно идентифицировать до 136 информационных элементов, хотя на практике это число

сокращается до 133, так как некоторые значения резервируются. Группа из 133 идентификаторов информационных элементов и именуется подмножеством кодов.

Количество информационных элементов, идентифицируемых в пределах сообщения, может быть увеличено за счет образования нескольких подмножеств кодов. Тогда один и тот же код может определять один информационный элемент в одном подмножестве кодов и другой информационный элемент в другом подмножестве. Этот принцип иллюстрируется примером на рис.4.11.

Идентификатор информационного элемента в подмножестве кодов 0, кодируемый 1101100, обозначает элемент «номер вызывающего абонента». Такой же код, 1101100, может быть использован в другом подмножестве кодов – подмножестве 5 на рис. 4.11 - для идентификации совершенно другого информационного элемента. В данном примере код 1101100 используется для идентификации информационного элемента «время», указывающего время отправки сообщения. Такой же код может быть использован снова в других подмножествах кодов для идентификации других информационных элементов.

Для того чтобы такой метод многократного использования кодов работал, необходимо, чтобы каждая сторона, отправляющая или принимающая сообщение, абсолютно точно знала, какое именно подмножество кодов применяется. Это относится и к оборудованию пользователя, и к оборудованию сети.

Подмножество кодов 0	
Идентификатор информационного элемента	
Код	Имя
•	•
•	•
•	•
1101100	Номер вызывающего абонента
•	•
•	•
•	•

Подмножество кодов 5	
Идентификатор информационного элемента	
Код	Имя
•	•
•	•
•	•
1101100	Время
•	•
•	•
•	•

В протоколе DSS-1 принят следующий метод. Подмножество кодов 0 определяется в качестве начального подмножества. Если какое-либо оборудование нуждается в использовании информационного элемента, идентифицируемого кодом из другого подмножества, например из подмножества 5, это достигается путем передачи однобайтового информационного элемента типа 1, именуемого «сдвиг» (*shift*), формат которого показан на рис. 4.12. Бит 8 кодируется логической единицей для индикации однобайтового информационного элемента, а биты 5 – 7 являются идентификатором информационного элемента «сдвиг» и кодируются 001 для указания на переход от текущего подмножества кодов к новому подмножеству, номер которого указывается в битах 1–3.



Рис. 4.12. Информационный элемент сдвига

Бит 4 указывает, распространяется ли запрошенный сдвиг на всю оставшуюся часть сообщения (процедура заблокированного сдвига) или на один информационный элемент (процедура неблокированного сдвига). В процедуре заблокированного сдвига новый номер подмножества кодов применяется ко всей оставшейся части сообщения или пока не поступит запрос на дальнейший сдвиг. В процедуре неблокированного сдвига новый номер подмножества кодов применяется только для идентификации следующего за элементом «сдвиг» информационного элемента, после чего автоматически происходит возврат к подмножеству кодов 0.

Рекомендациями ITU-T в дополнение к подмножеству кодов 0 идентифицированы еще три подмножества кодов. Подмножество 5 резервируется для национального использования, что дает операторам сети возможность применять системы кодирования, которые не являются частью международной спецификации. Подмножество 6 резервируется для местных сетей, а седьмое – для пользовательской информации, т.е. для идентификации информационных элементов, специфицируемых пользователем.

Переход от одного подмножества кодов к другому подразумевает использование одной из двух процедур, которые аналогичны процедурам переключения регистра на клавиатуре для перехода от прописных букв к строчным. Первая процедура, аналогичная процедуре фиксирующегося переключения регистра, предусматривает включение в состав информационного элемента сдвига однобитового индикатора, который указывает, что все следующие информационные элементы данного сообщения закодированы в соответствии с новым подмножеством кодов, заданным в этом информационном элементе сдвига.

Протокол управления соединениями интерпретирует информационные элементы сообщения в соответствии с новым подмножеством кодов до тех пор, пока не будет обнаружен другой информационный элемент сдвига, определяющий переход к другому подмножеству кодов. Действие первой

процедуры состоит в том, чтобы использование кодов из нового подмножества было долговременным, вплоть до назначения другого подмножества или до конца сообщения.

Альтернативная процедура, аналогичная процедуре переключения регистра без фиксации, тоже использует однобайтовый информационный элемент сдвига, но с другим значением индикатора. Это значение индикатора предписывает использование нового подмножества кодов для интерпретации только информационного элемента, следующего сразу за элементом «сдвиг», после чего остальные элементы сообщения интерпретируются в соответствии с исходным подмножеством кодов до конца сообщения или пока в нем не будет обнаружен другой информационный элемент «сдвиг».

Сообщения сетевого уровня различаются по фазе их использования в процессе обслуживания вызова, по направлению их, а также по области действия при сетевом взаимодействии.

Сообщения в направлении сеть–пользователь передаются от оконечной АТС к терминальному оборудованию ТЕ, а сообщения в направлении пользователь–сеть передаются в противоположном направлении.

По критерию области действия сообщения подразделяются на локальные и глобальные. Локальное сообщение имеет значение только для ТЕ, который передает или принимает это сообщение, и для его оконечной АТС. Глобальное сообщение – это сообщение, которое передается от ТЕ через сеть и имеет значение для АТС и удаленного терминального оборудования.

Классификация сообщений уровня 3 протокола DSS-1 в алфавитном порядке по их месту в процессе установления соединения приведена в табл.4.2.

Таблица 4.2

Сообщения сетевого уровня

Сообщения установления соединения	ALERTING	Передается вызывной сигнал
	CALL PROCEEDING	Соединение устанавливается
	CONNECT	Соединить (ответ)
	CONNECT ACKNOWLEDGE	Подтверждение ответа
	PROGRESS	Особенности маршрута
	SETUP	Запрос соединения
	SETUP ACKNOWLEDGE	Запрос принят
Сообщения разрушения соединения	DISCONNECT	Разъединить
	RELEASE	Освободить ресурсы
	RELEASE COMPLETE	Ресурсы освобождены
	RESTART	Рестарт
	RESTART ACKNOWLEDGE	Подтверждение рестарта
Сообщения	RESUME	Возобновление соединения

сопровождения соединения	RESUME ACKNOWLEDGE	Подтверждение возобновления соединения
	RESUME REJECT	Отказ возобновления соединения
	SUSPEND	Прерывание соединения
	SUSPEND ACKNOWLEDGE	Подтверждение прерывания соединения
	SUSPEND REJECT	Отказ прерывания соединения
	USER INFORMATION	Информация пользователя
Прочие сообщения	CONGESTION CONTROL	Управление при перегрузке
	FACILITY	Дополнительная услуга
	INFORMATION	Информация
	STATUS	Статус
	STATUS ENQUIRY	Запрос статуса
	NOTIFY	Уведомление

ALERTING. Это глобальное сообщение говорит о том, что вызываемый терминал свободен и его владельцу передается вызывной сигнал. Сообщение посылается от вызываемого ТЕ.

CALL PROCEEDING. Это локальное сообщение, передаваемое от сети к вызывающему пользователю или от вызываемого пользователя к сети. Оно подтверждает прием сообщения SETUP и указывает, что вся информация, необходимая для установления соединения, получена, соединение устанавливается и любая другая информация о соединении не будет приниматься.

CONNECT. Это глобальное сообщение, передаваемое от вызываемого пользователя к сети и от сети к вызывающему пользователю. Оно указывает, что вызываемый пользователь ответил на вызов и необходимо активизировать соединение, подготовленное для связи с вызывающим пользователем. Сообщение эквивалентно сообщению ANSWER в подсистеме ISUP системы ОКС-7.

В табл. 4.3 приводится пример формата сообщения CONNECT – соединение установлено: М – обязательный, О – необязательный ИЭ.

Таблица 4.3

Пример сообщения CONNECT

Информационный элемент	Обязателен	Длина, байт	Описание
Дискриминатор протокола	М	1	
Метка соединения	М	≥2	
Тип сообщения	М	1	

Идентификатор канала	О	≥2	Идентифицирует тот канал в интерфейсе, к которому относится сообщение. Обязателен, если сообщение CONNECT является первой реакцией на сообщение SETUP
Прогресс-индикатор	О	2-4	Как для сообщения SETUP
Отображение	О	2-82	Как для сообщения SETUP
Пользователь–пользователь	О	2-131	Используется для передачи информации "пользователь–пользователь", но только для соединений в режиме коммутации каналов

CONNECT ACKNOWLEDGE. Это локальное сообщение посылается в ответ на сообщение CONNECT.

CONGESTION CONTROL. Это сообщение используется для управления потоком сообщений USER INFORMATION.

DISCONNECT. Это глобальное сообщение посылается, когда какой-либо пользователь, вызывавший или вызванный, кладет трубку. Оно указывает на то, что соединение должно быть разрушено, а соответствующие ресурсы освобождены. Пример формата сообщения приводится в табл. 4.4.

FACILITY. Это сообщение используется для обращения к дополнительным услугам.

INFORMATION. Это глобальное сообщение посылается либо пользователем, либо сетью для передачи информации о соединении.

Например, сообщение может быть передано станцией, если ей требуется передать дополнительную информацию о соединении другой станции или дать указание пользователю ТЕ генерировать тональный сигнал («Занято», КПВ и т.д.). Оно может быть передано вызывающим пользователем, когда он вводит номер с клавиатуры своего терминала и эта информация поступает к сети в режиме с перекрытием (*overlap*).

Таблица 4.4

Пример сообщения DISCONNECT

Информационный элемент	Обязательный	Длина, байт	Описание
Дискриминатор протокола	М	1	
Метка соединения	М	≥2	
Тип сообщения	М	1	
Причина	М	4-32	Содержит сведения о причине разъединения и об инициаторе сообщения (пользователь или сеть)
Отображение	О	2-82	Как для сообщения SETUP

Пользователь– пользователь	О	2-131	Служит для передачи информации "пользователь – пользователь" для соединения в режиме с коммутацией каналов, а в некоторых случаях – в режиме с передачей пакетных данных
-------------------------------	---	-------	--

NOTIFY. Это сообщение передается сетью или пользователем для доставки информации относительно соединения, связанной с использованием дополнительных услуг.

RELEASE. Это локальное сообщение, подтверждающее получение сообщения DISCONNECT. Посылается сетью или пользователем для уведомления о том, что оборудование, посылающее сообщение, освободило канал, использовавшийся в соединении. Сообщение информирует принимающее его оборудование о том, что оно тоже должно освободить канал. Сообщение RELEASE также предназначено для того, чтобы освободить и сделать доступными номера меток соединения и другие ресурсы, использовавшиеся в соединении.

RELEASE COMPLETE. Это локальное сообщение, подтверждающее прием сообщения RELEASE, указывает на то, что оборудование, посылающее сообщение, освободило ресурсы, связанные с соединением, и уничтожило метку соединения. Комбинация сообщений RELEASE и RELEASE COMPLETE означает, что все ресурсы, использовавшиеся в соединении, освобождены и что метка этого соединения более не действительна.

RESTART. Это сообщение посылается пользователем или сетью, чтобы вернуть в исходное состояние канал (каналы) или интерфейс (интерфейсы), указанные в соответствующем информационном элементе.

RESTART ACKNOWLEDGE. Это сообщение подтверждает прием сообщения RESTART.

RESUME. Это сообщение используется как запрос возобновить соединение, прерванное с помощью сообщения SUSPEND.

RESUME ACKNOWLEDGE. Это сообщение посылается сетью в ответ на сообщение RESUME и подтверждает прием запроса возобновления прерванного соединения.

RESUME REJECT. Это сообщение посылается сетью, если она не может выполнить запрос возобновления прерванного соединения.

SETUP. Глобальное сообщение SETUP используется для запроса установления соединения. Оно инициирует процедуры установления соединения и содержит в себе больше информационных элементов, чем любое другое сообщение Q.931. Сообщение аналогично начальному адресному сообщению IAM в подсистеме ISUP системы ОКС-7. При управлении соединением в режиме коммутации каналов сообщение SETUP содержит информационные элементы совместимости, которые используются для обеспечения возможности связи между терминалами вызывающего и вызываемого пользователей. Так, вызывающий пользователь, запрашивающий

услугу телефонной связи, не должен быть соединен с оконечным оборудованием вызываемого пользователя, предназначенным для передачи данных.

SETUP ACKNOWLEDGE. Это локальное сообщение от сети к вызываемому пользователю. Оно указывает, что запрос соединения принят и обрабатывается, но для установления соединения может понадобиться дополнительная информация. Получатель сообщения SETUP ACKNOWLEDGE должен послать дополнительную информацию в сообщении INFORMATION.

STATUS. Это сообщение посылается в ответ на сообщение STATUS ENQUIRY. Оно также может быть послано при обнаружении некоторых ошибок, например, при приеме непредвиденного или нераспознаваемого сообщения.

STATUS ENQUIRY. Это сообщение посылается как пользователем, так и сетью для запроса сведений о статусе процесса управления коммутируемой связью. Чтобы предоставить разработчикам возможность расширить область применения сообщений, связанных со статусом процесса, предусмотрено, что сообщения STATUS ENQUIRY и STATUS могут быть достаточно гибкими.

SUSPEND, SUSPEND ACKNOWLEDGE и SUSPEND REJECT. Эти сообщения управляют прерыванием соединения. Сообщение SUSPEND посылается пользователем в сторону сети, чтобы сделать запрос прерывания соединения. Сообщение SUSPEND ACKNOWLEDGE подтверждает прием сетью сообщения SUSPEND; оно также указывает на исполнение запроса прерывания соединения. Сообщение SUSPEND REJECT подтверждает прием сетью сообщения SUSPEND, но указывает на то, что сеть не прерывает соединения.

USER INFORMATION. Это сообщение отличается от сообщения INFORMATION, описанного ранее, содержащимися в нем параметрами. Существенным является наличие поля «пользователь–пользователь», которое отсутствует в сообщении INFORMATION.

Таблица 4.5

Пример сообщения SETUP

Информационный элемент	Обязателен	Длина, байт	Описание
Дискриминатор протокола	М	1	
Метка соединения	М	≥2	
Тип сообщения	М	1	
Средства доставки информации	М	4-13	Определяет требования к услугам доставки информации, поддерживающим запрашиваемый тип соединения

Идентификатор канала	0	≥ 2	Идентифицирует тот канал в интерфейсе, к которому относится сообщение. Обязателен в направлении "сеть–пользователь"
Прогресс-индикатор	0	2-4	Используется для указания на изменения характеристик соединения вдоль маршрута
Отображение	0	2-82	Предоставляет информацию, которая может быть отображена на терминале пользователя
Номер вызывающего абонента	0	≥ 2	Дает адрес вызывающего пользователя
Номер вызываемого абонента	0	≥ 2	Дает адрес вызываемого пользователя
Пользователь–пользователь	0	2-131	Используется для передачи информации "пользователь–пользователь"
Совместимость на нижних уровнях	0	2-16	Используется для контроля совместимости терминального оборудования вызывающего и вызываемого пользователей
Совместимость на верхних уровнях	0	2-4	

4.3. Процедура обработки базового вызова

Процедуры управления базовыми соединениями с коммутацией каналов предполагают, что между вызывающим пользователем и исходящей АТС или между входящей АТС и вызываемым пользователем уже имеется соединение уровня 2. Сообщения Q.931 передаются между уровнями 3 и 2 в примитивах DL-DATA-REQUEST и DL-DATA-INDICATION, которые предусматривают перенос сообщений в нумеруемых кадрах I.

Процедуры различаются в зависимости от того, имеет ли вызываемый пользователь несколько однотипных терминалов или единственный терминал. Если терминалов несколько и неважно, какой из них ответит на вызов, используется вещательный режим работы уровня звена данных.

Если входящая АТС определяет, что существует всего один терминал или из нескольких однотипных нужен один определенный терминал и известен его идентификатор, используется режим «точка – точка». Процедуры также различаются в зависимости от того, какой способ передачи адресной информации – блочный (*en-bloc*) или с перекрытием (*overlap*) – принят вызывающим пользователем.

На рис. 4.13 показан пример управления базовым соединением по протоколу Q.931. В этом соединении участвуют два пользователя – вызывающий с терминалом ТЕ-А и вызываемый с терминалом ТЕ-Б.

Пользователь, инициирующий вызов, снимает трубку, что побуждает ТЕ-А послать сообщение SETUP с назначенной этим ТЕ меткой соединения.

Сообщение SETUP включает в себя также информационные элементы, которые информируют сеть о требуемых характеристиках средств доставки информации, что подробно обсуждалось в предыдущем параграфе.

Для рассматриваемого примера параметр «вид информации» имеет значение 00000 (речь), параметр «режим переноса» кодируется как 00 (канальный режим), а параметр «скорость передачи» имеет значение 10000 (канальный режим 64 Кбит/с). В некоторых случаях ТЕ-А может указывать в сообщении SETUP, какой В-канал он предпочитает использовать. Определив, что сеть может поддержать запрашиваемое соединение, исходящая АТС возвращает ТЕ-А сообщение SETUP ACKNOWLEDGE, содержащее идентификацию В-канала, который будет использоваться в соединении.

Сообщение SETUP ACKNOWLEDGE указывает также на необходимость дальнейшей информации для установления соединения в сети, в первую очередь – информации о номере вызываемого пользователя ТЕ-Б. Прием SETUP ACKNOWLEDGE инициирует посылку вызывающему пользователю акустического сигнала «Ответ станции», который может генерироваться либо в терминале, либо в исходящей АТС, передающей этот сигнал пользователю по выбранному В-каналу.

При передаче адреса в режиме с перекрытием серия сообщений INFORMATION, несущих набираемые вызывающим пользователем цифры, составляет телефонный номер вызываемого пользователя. После приема последней цифры исходящая АТС отвечает вызывающему пользователю сообщением

CALL PROCEEDING и начинает устанавливать соединение через сеть к АТС

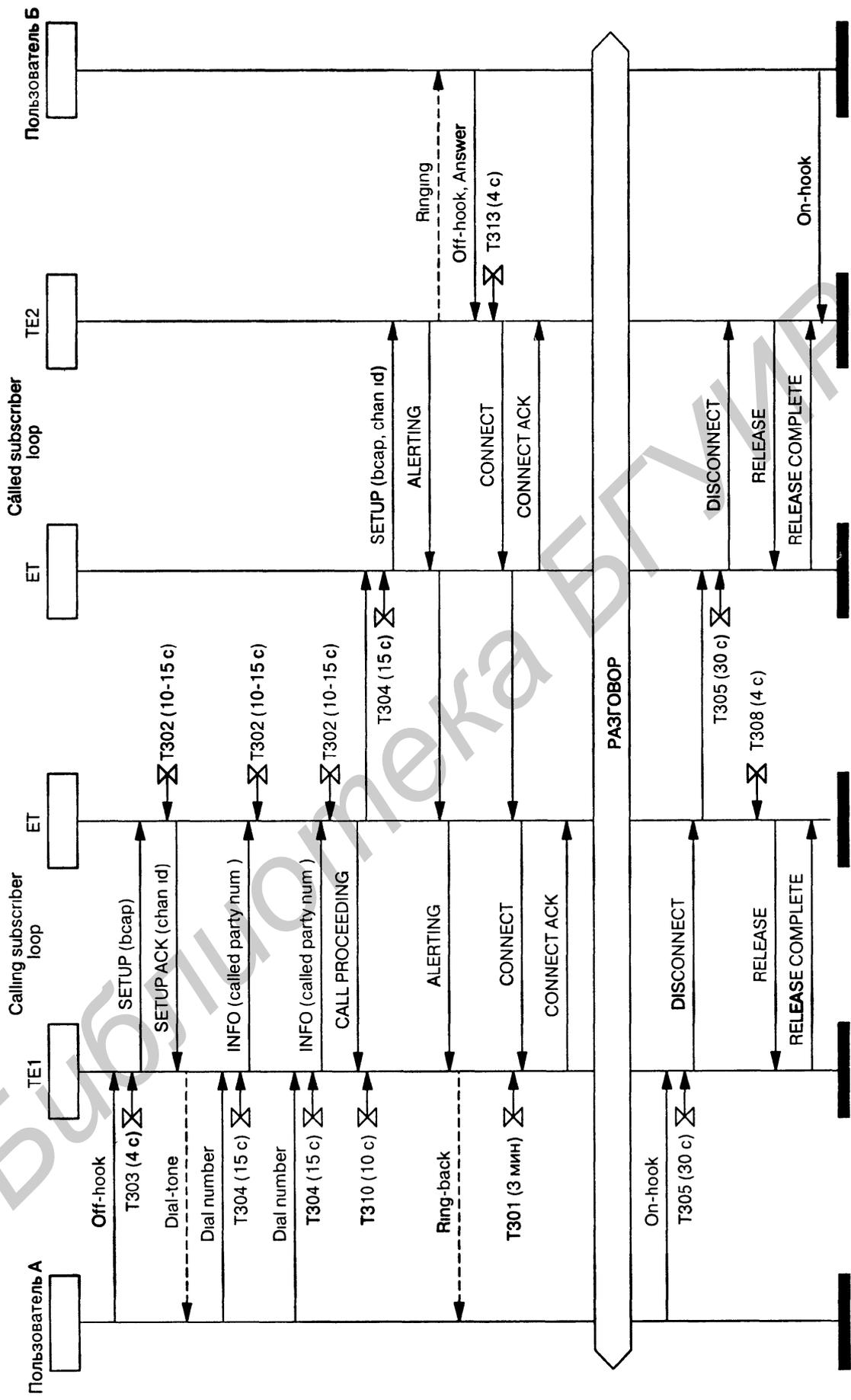


Рис 4.13. Процедуры управления базовым соединением с коммутацией каналов

вызываемого абонента. Такой способ передачи цифр номера называется передачей с перекрытием.

Возможен и другой вариант, связанный с наличием в ТЕ-А средств накопления набираемых цифр и/или средств хранения заранее запрограммированного номера, когда все цифры номера передаются в одном блоке в сообщении SETUP. В этом случае исходящая АТС сразу подтверждает сообщение SETUP сообщением CALL PROCEEDING. Такая передача цифр номера называется блочной передачей (*en-bloc*).

При получении информации о вызываемом номере входящая АТС анализирует эту информацию, чтобы определить, кого вызывают и какие услуги запрашиваются. Если линия вызываемого пользователя свободна, по D-каналу посылается сообщение SETUP. В рассматриваемом примере уровень звена работает в режиме «точка–точка». Сообщение SETUP содержит метку соединения, назначенную входящей АТС, и информацию проверки совместимости, предоставленную вызывающим пользователем и анализируемую в ТЕ-Б. Если совместимость отсутствует, соединение не создается, а ТЕ-Б передает сообщение RELEASE COMPLETE с информационным элементом «причина», имеющим значение «несовместимые терминалы». Если совместимость достигнута, процесс управления соединением продолжается.

Сообщение SETUP, направляемое вызываемому пользователю, также включает в себя идентификатор канала В, который предлагается для использования в соединении. Если возможно, пользовательский терминал выбирает для связи идентифицированный канал. Если это невозможно, пользовательский терминал выбирает другой канал В и информирует об этом входящую АТС в первом же ответе на сообщение SETUP, например в сообщении CALL PROCEEDING, CONNECT или ALERTING.

Следующий этап установления соединения зависит от типа вызываемого терминала. Некоторые терминалы автоматически отвечают на входящий вызов без ручного вмешательства, например, некоторые терминалы данных. Другие терминалы требуют ручного вмешательства, например, ожидают, когда пользователь поднимет телефонную трубку. Именно терминал с неавтоматическим ответом и рассматривается в данном примере.

Вызываемый терминал отвечает на сообщение SETUP сообщением ALERTING, указывающим на то, что вызываемый пользователь извещается о входящем вызове. Это сообщение эквивалентно сигналу «Контроль посылки вызова» в телефонии, который уведомляет вызывающего абонента о передаче сигнала вызова вызываемому абоненту. Входящая АТС передает соответствующую информацию к исходящей АТС, а та отправляет сообщение ALERTING вызывающему пользователю. Когда вызываемый пользователь отвечает на вызов, например, снимает телефонную трубку, от его терминала к входящей АТС посылается сообщение CONNECT. После приема сообщения CONNECT исходящей АТС прекращается передача сигнала контроля посылки вызова (КПВ) вызывающему пользователю и устанавливается его связь с

вызываемым пользователем. Для завершения процедуры установления соединения сообщения CONNECT подтверждаются сообщениями CONNECT ACKNOWLEDGE.

У терминала с автоматическим ответом скорость реакции на входящий вызов обычно намного больше, чем у терминала с неавтоматическим ответом. В связи с этим при вызове терминала с автоматическим ответом сообщение ALERTING может не передаваться. Реакцией терминала с автоматическим ответом на сообщение SETUP является сообщение CONNECT или необязательное сообщение CALL PROCEEDING.

Когда разговор закончился, положить трубку первым может любой из пользователей. В данном примере первым кладет трубку вызывавший пользователь. Разъединение инициируется сообщением DISCONNECT от ТЕ-А, которое при приеме на исходящей АТС указывает на необходимость отключения В-канала от сетевого канала и освобождения сетевого канала.

Исходящая АТС посылает сообщение RELEASE терминалу, в результате чего В-канал и метка соединения освобождаются и тем самым становятся доступными для будущих соединений. Завершение данного этапа на исходящей стороне подтверждается передачей от терминала вызывавшего пользователя к исходящей АТС сообщения RELEASE COMPLETE.

Сообщение о разъединении одновременно передается через сеть к входящей АТС и к терминальному оборудованию вызванного пользователя. Терминал отвечает сообщением RELEASE, которое затем подтверждается сообщением RELEASE COMPLETE от входящей АТС. В результате ресурсы, которые были задействованы в соединении, освобождаются и становятся доступными для использования в других соединениях.

В спецификациях процедур управления базовым соединением используются следующие таймеры сетевого уровня, показанные на рис. 4.13:

таймер T302 – используется только при передаче адресной информации в режиме с перекрытием. Таймер запускается при приеме сообщения SETUP ACKNOWLEDGE, перезапускается при передаче каждого сообщения INFORMATION; останавливается при индикации достаточной адресной информации для маршрутизации вызова (при приеме сообщений CALL PROCEEDING, ALERTING или CONNECT); T302=15 с;

таймер T303 – интервал между посылкой SETUP и приемом ALERT, CONNECT, CALL PROCEEDING, SETUP ACKNOWLEDGE или RELEASE COMPLETE; T303=4 с;

таймер T304 – интервал между приемом SETUP ACKNOWLEDGE или посылкой сообщения INFORMATION (при передаче адресной информации в режиме с перекрытием) и приемом сообщения ALERT, CONNECT или CALL PROCEEDING; T304=15 с;

таймер T305 – интервал между посылкой сообщения DISCONNECT и приемом сообщения RELEASE или DISCONNECT; T305=30 с;

таймер T308 – интервал между посылкой сообщения RELEASE и приемом сообщения RELEASE COMPLETE или RELEASE; T308=4 с;

таймер T310 – интервал между приемом сообщения CALL PROCEEDING и приемом одного из сообщений ALERT, CONNECT, PROGRESS или DISCONNECT; $T310 > 40$ с;

таймер T313 – выдержка времени между посылкой сообщения CONNECT и приемом сообщения CONNECT ACKNOWLEDGE; $T313=4$ с.

Процедуры, применяемые при использовании на вызываемой стороне вещательного режима, аналогичны процедурам для режима «точка – точка» на рис. 4.13. Различия, описываемые ниже, обусловлены тем, что на входящее сообщение SETUP реагируют сразу несколько терминалов. Каждый терминал проверяет информацию о совместимости, доставленную в сообщении SETUP.

Если обнаруживается несовместимость, терминал может или игнорировать сообщение SETUP и не предпринимать дальнейших действий, или отправить сообщение RELEASE COMPLETE с информационным элементом «причина», указывающим на несовместимость с терминалом вызывающего пользователя. Если же терминал определяет совместимость с терминалом вызывающего пользователя, он передает к входящей АТС сообщение CALL PROCEEDING, сообщение ALERTING и/или сообщение CONNECT. Входящая АТС вынуждена в этом случае отслеживать каждый терминал.

Терминал вызываемого пользователя, который первым ответит сообщением CONNECT, считается получателем вызова. От входящей АТС к терминалу-получателю передается сообщение CONNECT ACKNOWLEDGE, подтверждающее, что именно с ним устанавливается связь. Всем остальным терминалам, отреагировавшим на сообщение SETUP, входящая АТС посылает сообщение RELEASE. Наконец, если существуют несколько терминалов, из которых не удастся выделить один, используя вышеприведенный способ, то каждый из них посылает сообщение ALERTING к входящей АТС. Для связи выбирается первый терминал, пославший сообщение CONNECT, путем посылки к этому терминалу сообщения CONNECT ACKNOWLEDGE от входящей АТС, а остальные терминалы возвращаются в исходное состояние путем посылки им от входящей АТС сообщения RELEASE.

В число процедур сетевого уровня системы DSS-1 для базовых вызовов с коммутацией каналов входят также процедуры, связанные с особыми ситуациями. Такова, в частности, процедура рестарта.

Если в звене данных возникает неисправность, пользователь или АТС могут потерять информацию о состоянии каналов в этом звене. Процедура рестарта используется для возврата каналов в исходное состояние. Она также может быть вызвана, если, например, терминал пользователя не реагирует на сообщения разъединения.

Процедура активизируется либо пользователем, либо АТС передачей сообщения RESTART. Получатель сообщения RESTART освобождает соответствующий канал (каналы) и метки соединений и передает в ответ сообщение RESTART ACKNOWLEDGE.

Получатель сообщения RESTART ACKNOWLEDGE, в свою очередь, тоже освобождает канал (каналы) и метки соединений.

К процедурам обработки особых ситуаций относится также процедура прерывания соединения. Данная процедура позволяет пользователю прервать (приостановить) связь, внести изменения в используемое оконечное оборудование, а затем возобновить соединение. Изменения могут включать в себя физическую замену одного терминала другим, физическое перемещение от одного терминала к другому, отключение и повторное подключение терминала. Процедура вызывается пользователем путем передачи к АТС сообщения SUSPEND.

Сообщение содержит идентификатор, заменяющий метку соединения, что позволяет АТС освободить назначенную ранее метку. АТС резервирует В-канал для возобновления связи и подтверждает прерывание соединения, передавая пользователю сообщение SUSPEND ACKNOWLEDGE. Когда пользователь решает возобновить связь, он передает к АТС сообщение RESUME, содержащее тот же идентификатор соединения и новую метку соединения. АТС восстанавливает соединение с полученной новой меткой и передает пользователю сообщение RESUME ACKNOWLEDGE, одновременно уведомляя о возобновлении связи второго ее участника сообщением NOTIFY.

Определен также ряд процедур для обработки сбойных ситуаций. Эти процедуры обеспечивают исправление ошибок и разрешение ситуаций, возникающих при нарушении порядка следования сообщений. Например, если пользователь получает непредвиденное сообщение, он передает сообщение STATUS с информационным элементом, указывающим на то, что полученное сообщение несовместимо с состоянием соединения.

4.4. Особенности интерфейса первичного доступа

Главной задачей PRI является передача цифрового трафика в виде 30 стандартных В- и одного сигнального D-канала со скоростью основного цифрового канала (ОЦК) 64 Кбит/с. При этом основа интерфейса и структура первичного доступа во многом аналогичны базовому доступу.

Структура интерфейса S_{PRI} описана в рекомендации ITU-T I.431 и стандарта ETSI ETS 300 011. Структура интерфейса U_{PRI} не стандартизирована, так как обычно данный интерфейс соответствует физическим и канальным характеристикам стандартного канала E1, которые описаны в рекомендациях ITU-T G.703 и G.704.

Цикловая структура первичного доступа ISDN (30B+D) по интерфейсам S/T и U соответствует структуре потока канала E1 в форме ИКМ 30.

Основные различия интерфейсов PRI и BRI заключаются в следующем:
соединение для PRI возможно только в режиме “точка–точка”;
соединение в режиме “точка–многоточка”, возможное для BRI, не обеспечивается;

физический уровень постоянно активен, в связи с чем процедуры активации/деактивации интерфейса PRI отсутствуют;

питание интерфейса PRI не может быть фантомным, а должно обеспечиваться либо отдельным каналом, либо независимыми источниками;

для организации сигнального обмена в PRI и BRI используется выделенный канал сигнализации 64 Кбит/с (канал D), который обычно соответствует 16-канальному интервалу ИКМ;

структура протокола второго и третьего уровней для PRI полностью аналогична структуре протокола для BRI за исключением того, что процедура управления соединением через TEI заменена автоматически установленными значениями TEI для соединения “точка–точка” (обычно TEI=0).

Для PRI существует несколько протоколов, определяемых производителями сетевого оборудования. Однако с расширением интегрированной цифровой сети осуществляется переход к протоколам сигнализации по выделенному сигнальному каналу.

Библиотека БГУИР

Заключение

Эволюция протоколов сетевого взаимодействия происходит по различным направлениям и определяется многими факторами.

Например, операторы сетей общего пользования в силу сложности последних были заинтересованы в расширении функций сетевого управления. Так появились протоколы, ориентированные на услуги сетевого управления и контроля за состоянием сети. Эволюция этих протоколов привела к появлению протокола общеканальной сигнализации ОКС№7, который сейчас является стандартом межстанционной сигнализации цифровой сети общего пользования.

С другой стороны, операторы ведомственных сетей были заинтересованы в первую очередь в развитии номенклатуры услуг ДВО. Так как каждая фирма-производитель учрежденческих производственных автоматических телефонных станций (УПАТС) шла своим путем наращивания дополнительных сетевых услуг, то появилось большое количество протоколов ведомственных сетей.

Для осуществления взаимодействия ведомственных сетей с сетью общего пользования было решено использовать протокол абонентского доступа EDSS1 (как стандарт ETSI для DSS1), который является несимметричным и в то же время обеспечивает все необходимые параметры работы ведомственной и сети общего пользования. В этом случае ведомственная сеть ISDN, включенная в сеть общего пользования по протоколу EDSS1, выступает как абонент ISDN с PRI, т.е. имеет подчиненный статус, что решает задачу взаимодействия корпоративных сетей с сетью общего пользования. В то же время несимметричность протокола EDSS1 делает его неэффективным при создании ведомственных сетей, где требуется равноправные соединения УПАТС друг с другом. В результате стандартизации протоколов ведомственных сетей появился протокол Qsig, который рекомендован в качестве протокола межстанционной сигнализации ведомственных сетей ISDN.

ЛИТЕРАТУРА

1. ITU-T Recommendation I.430 – Basic user-network interface Layer 1 specification. Geneva, 1995.
2. ITU-T Recommendation Q.921 (I.451) ISDN User-Network Interface – Data Link Layer Specification. Geneva, 1997.
3. ITU-T Recommendation Q.931 (I.451) ISDN User-Network Interface Layer 3 – Specifications for Basic Call Control. Geneva, 1997.
4. Гольдштейн Б.С. Протоколы сети доступа. – М.: Радио и связь, 1999.
5. Бакланов И.Г. ISDN и FRAME RELAY: технология и практика измерений. – М.:ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999.
6. Боккер П. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятия, методы, системы: Пер. с нем. - М.: Радио и связь, 1991.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Хоменок Михаил Юлианович,

Цветков Виктор Юрьевич

ЦИФРОВАЯ АБОНЕНТСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ DSS-1

Учебно-методическое пособие по курсу
«Сетевые технологии и сигнализация в телекоммуникациях»
для студентов специальности «Сети телекоммуникаций»
всех форм обучения

Редактор Т.А. Лейко

Корректор Е.Н. Батурчик

Подписано в печать 12.03.2005.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 5,2.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 70 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,58.
Заказ 226.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0133108 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6