

# Коммутируемый доступ через сеть ISDN

## Назначение и структура ISDN

Целью создания технологии ISDN (Integrated Services Digital Network — цифровая сеть с интегрированным обслуживанием) было построение всемирной сети, которая должна была прийти на смену телефонной сети, и будучи такой же доступной и распространенной, предоставлять миллионам своих пользователей разнообразные услуги, как телефонные, так и передачи данных. Передача телевизионных программ по ISDN не предполагалась, поэтому было решено ограничиться пропускной способностью абонентского окончания для массовых пользователей в 128 Кбит/с.

Если бы цель разработчиков ISDN была достигнута в полной мере, то проблемы доступа домашних пользователей к Интернету и корпоративным сетям была бы окончательно решена. Однако по многим причинам внедрение ISDN происходило очень медленно — процесс, который начался в 80-е годы, растянулся больше чем на десять лет, так что к моменту появления в домах пользователей некоторые услуги ISDN просто морально устарели. Так, скорость доступа 128 Кбит/с сегодня уже достаточна не для всех пользователей. Существует, правда, такой интерфейс ISDN, который обеспечивает скорость доступа до 2 Мбит/с, но он достаточно дорог для массового пользователя и его обычно применяют только предприятия для подключения своих сетей.

Хотя сеть ISDN и не стала той новой публичной сетью, на роль которой она претендовала, ее услуги сегодня достаточно доступны. Далее мы рассмотрим структуру этой сети и ее возможности в отношении организации удаленного доступа.

Архитектура сети ISDN предусматривает несколько видов услуг (рис. 1):

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 (режим сети Frame Relay);

средства контроля и управления работой сети.

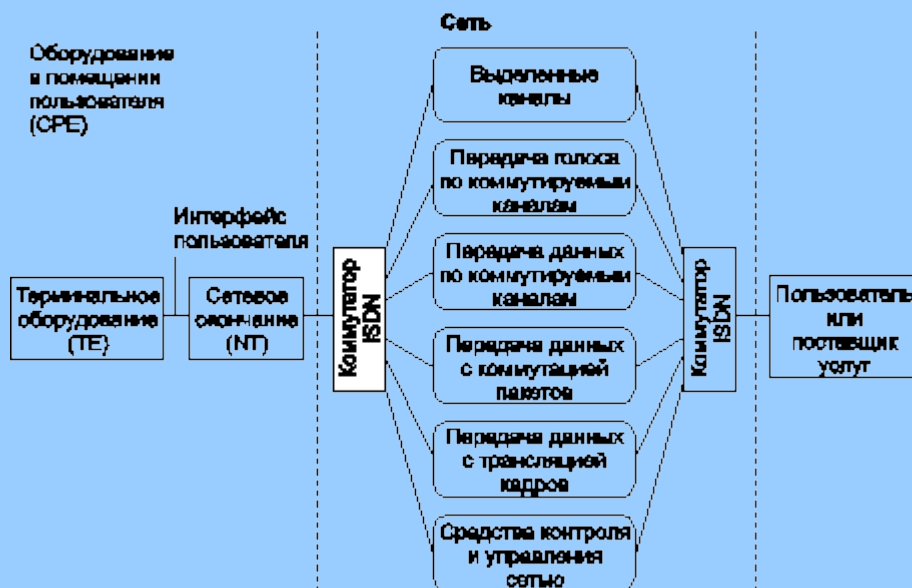


Рис. 1. Услуги сети ISDN

Как видно из приведенного списка, транспортные службы сетей ISDN действительно покрывают очень широкий спектр услуг, включая популярные услуги сети Frame Relay. Стандарты ISDN описывают также ряд услуг прикладного уровня: факсимильную связь на скорости 64 Кбит/с, телексную связь на скорости 9600 бит/с, видеотекс на скорости 9600 бит/с и некоторые другие.

Все услуги основаны на передаче информации в цифровой форме. Пользовательский интерфейс также является цифровым, то есть все его абонентские устройства (телефон, компьютер, факс) должны передавать в сеть цифровые данные. Организация цифрового абонентского окончания ( Digital Subscriber Line, DSL) стала одним из серьезных препятствий на пути распространения ISDN, так как требовала модернизации миллионов абонентских окончаний.

Базовой скоростью сети ISDN является скорость канала DS-0, то есть 64 Кбит/с. Эта скорость ориентируется на самый простой метод кодирования голоса — PCM, хотя дифференциальное кодирование и позволяет передавать голос с тем же качеством на скорости 32 или 16 Кбит/с.

Одной из оригинальных идей, положенных в основу ISDN, является совместное использование принципов коммутации каналов и пакетов. Однако сеть с коммутацией пакетов, работающая в составе ISDN, выполняет только служебные функции — с ее помощью передаются сообщения сигнального протокола. А вот основная информация, то есть сам голос, по-прежнему передается через сеть с коммутацией каналов. В таком разделении функций есть вполне понятная логика — сообщения о вызове абонентов образуют пульсирующий трафик, поэтому его эффективнее передавать по сети с коммутацией пакетов.

## Интерфейсы BRI и PRI

Одним из основных принципов ISDN является предоставление пользователю стандартного интерфейса, с помощью которого пользователь может запрашивать у

сети разнообразные услуги. Этот интерфейс образуется между двумя типами оборудования, устанавливаемого в помещении пользователя (Customer Premises Equipment, CPE). К этому оборудованию относятся:

терминальное оборудование ( Terminal Equipment, TE) пользователя (компьютер с соответствующим адаптером, маршрутизатор, телефонный аппарат);

сетевое окончание ( Network Termination, NT), которое представляет собой устройство, завершающее линию связи с ближайшим коммутатором ISDN.

Пользовательский интерфейс основан на каналах трех типов: В, D и Н.

Каналы типа В обеспечивают передачу пользовательских данных (оцифрованного голоса, компьютерных данных или смеси голоса и данных) с более низкими скоростями, чем 64 Кбит/с. Разделение данных выполняется с помощью техники TDM. Разделением канала В на подканалы в этом случае должно заниматься пользовательское оборудование, сеть ISDN всегда коммутирует целые каналы типа В. Каналы типа В могут соединять пользователей с помощью техники коммутации каналов друг с другом, а также образовывать так называемые полупостоянные соединения, которые эквиваленты соединениям выделенных каналов обычной телефонной сети. Канал типа В может также подключать пользователя к коммутатору сети X.25.

Канал типа D является каналом доступа к служебной сети с коммутацией пакетов, передающей сигнальную информацию со скоростью 16 или 64 Кбит/с. Передача адресной информации, на основе которой осуществляется коммутация каналов типа В в коммутаторах сети, является основной функцией канала D. Другой его функцией является поддержание сервиса низкоскоростной сети с коммутацией пакетов для пользовательских данных. Обычно этот сервис выполняется сетью в то время, когда каналы типа D свободны от выполнения основной функции.

Каналы типа Н предоставляют пользователям возможности высокоскоростной передачи данных со скоростью 384 Кбит/с (Н0), 1536 Кбит/с (Н11) или 1920 Кбит/с (Н12). На них могут работать службы высокоскоростной передачи факсов, видеоинформации, качественного воспроизведения звука.

Пользовательский интерфейс ISDN представляет собой набор каналов определенного типа и с определенными скоростями. Сеть ISDN поддерживает два вида пользовательского интерфейса с начальной (Basic Rate Interface, BRI) и основной (Primary Rate Interface, PRI) скоростями передачи данных.

Начальный интерфейс ISDN предоставляет пользователю два канала по 64 Кбит/с для передачи данных (каналы типа В) и один канал с пропускной способностью 16 Кбит/с для передачи управляющей информации (канал типа D). Все каналы работают в дуплексном режиме. В результате суммарная скорость интерфейса BRI для пользовательских данных составляет 144 Кбит/с по каждому направлению, а с учетом служебной информации — 192 Кбит/с. Различные каналы пользовательского интерфейса разделяют один и тот же физический двухпроводный кабель по технологии TDM, то есть являются логическими, а не физическими каналами. Данные по интерфейсу BRI передаются кадрами, состоящими из 48 бит. Каждый кадр содержит

по 2 байта каждого из двух каналов В, а также 4 бита канала D. Передача кадра длится 250 мс, что обеспечивает скорость передачи данных 64 Кбит/с для каналов В и 16 Кбит/с — для канала D. Помимо битов данных кадр содержит служебные биты для синхронизации кадров, а также обеспечения нулевой постоянной составляющей электрического сигнала. Интерфейс BRI может поддерживать не только схему 2В + D, но и В + D и просто D.

Начальный интерфейс стандартизован в рекомендации I.430.

Основной интерфейс ISDN предназначен для пользователей с повышенными требованиями к пропускной способности сети. Интерфейс PRI поддерживает либо схему 30В + D, либо схему 23В + D. В обеих схемах канал D обеспечивает скорость 64 Кбит/с. Первый вариант предназначен для Европы, второй — для Северной Америки и Японии. Ввиду большой популярности скорости цифровых каналов 2,048 Мбит/с в Европе и скорости 1,544 Мбит/с в остальных регионах привести стандарт на интерфейс PRI к общему варианту не удалось.

Возможны варианты интерфейса PRI с меньшим количеством каналов типа В, например 20В + D. Каналы типа В могут объединяться в один логический высокоскоростной канал с общей скоростью до 1920 Кбит/с. При установке у пользователя нескольких интерфейсов PRI все они могут иметь один канал типа D, при этом количество каналов В в том интерфейсе, который не имеет канала D, может увеличиваться до 24 или 31.

Основной интерфейс может быть также основан на каналах типа Н. При этом общая пропускная способность интерфейса все равно не должна превышать 2,048 или 1,544 Мбит/с. Для каналов Н0 возможны интерфейсы 3Н0 + D для американского варианта и 5Н0 + D для европейского. Для каналов Н1 возможен интерфейс, состоящий только из одного канала Н11 (1,536 Мбит/с) для американского варианта или одного канала Н12 (1,920 Мбит/с) и одного канала D для европейского варианта. Кадры интерфейса PRI имеют структуру кадров DS-1 для каналов Т1 или Е1.

Основной интерфейс PRI стандартизован в рекомендации I.431.

## ВНИМАНИЕ

Как каналы В, так и каналы D являются логическими каналами абонентского окончания, которое физически представляет собой одну витую пару. Каналы D и В образуются путем применения техники TDM к физической среде, образуемой этой витой парой.

## Стек протоколов ISDN

В сети ISDN существуют два стека протоколов: стек каналов типа D и стек каналов типа В (рис. 2).

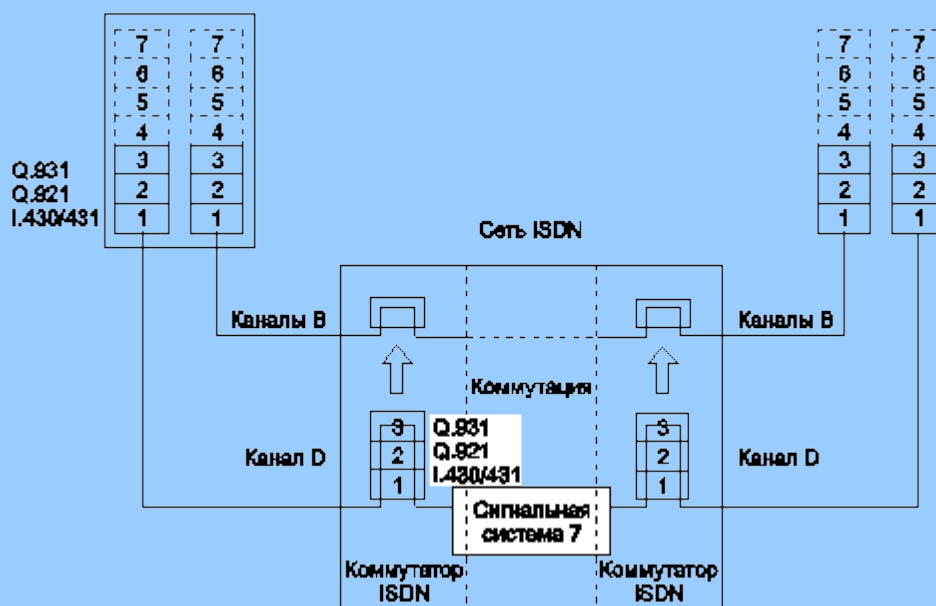


Рис. 2. Структура сети ISDN

Сеть каналов типа D внутри сети ISDN служит транспортной системой с коммутацией пакетов, применяемой для передачи сообщений сигнализации. Пробразом этой сети послужила технология сетей X.25. Для сети каналов D определены три уровня протоколов:

физический протокол определяется стандартом I.430/431;

канальный протокол LAP-D определяется стандартом Q.921;

на сетевом уровне может использоваться протокол сигнализации Q.931, с помощью которого выполняется маршрутизация вызова абонента службы с коммутацией каналов

Каналы типа B образуют сеть с коммутацией каналов, которая передает данные абонентов, то есть оцифрованный голос. В терминах модели OSI на каналах типа B в коммутаторах сети ISDN определен только протокол физического уровня — протокол I.430/431. Коммутация каналов типа B происходит по указаниям, полученным по каналу D. Когда кадры протокола Q.931 маршрутизируются коммутатором, происходит одновременная коммутация очередной части составного канала от исходного абонента к конечному.

Протокол LAP-D принадлежит к семейству HDLC. Протокол LAP-D обладает всеми «родовыми чертами» этого семейства, но имеет и некоторые особенности. Адрес кадра LAP-D состоит из двух байтов — один байт определяет код службы, которой пересылаются вложенные в кадр пакеты, а второй требуется для адресации одного из терминалов, если у пользователя к абонентскому окончанию подключено несколько терминалов. Терминальное устройство ISDN может поддерживать разные услуги: установление соединения по протоколу Q.931, коммутация пакетов X.25, мониторинг сети и т. п. Протокол LAP-D обеспечивает два режима работы: с установлением соединения и без установления соединения. Последний режим используется, например, для мониторинга сети.

Протокол Q.931 является сигнальным протоколом ISDN для участка пользователь-сеть, то есть протоколом типа UNI. Он переносит в своих пакетах ISDN-адрес вызываемого абонента, на основании которого и происходит настройка коммутаторов на поддержку составного канала В. Процедуру установления соединения по протоколу Q.931 иллюстрирует рис. 3.

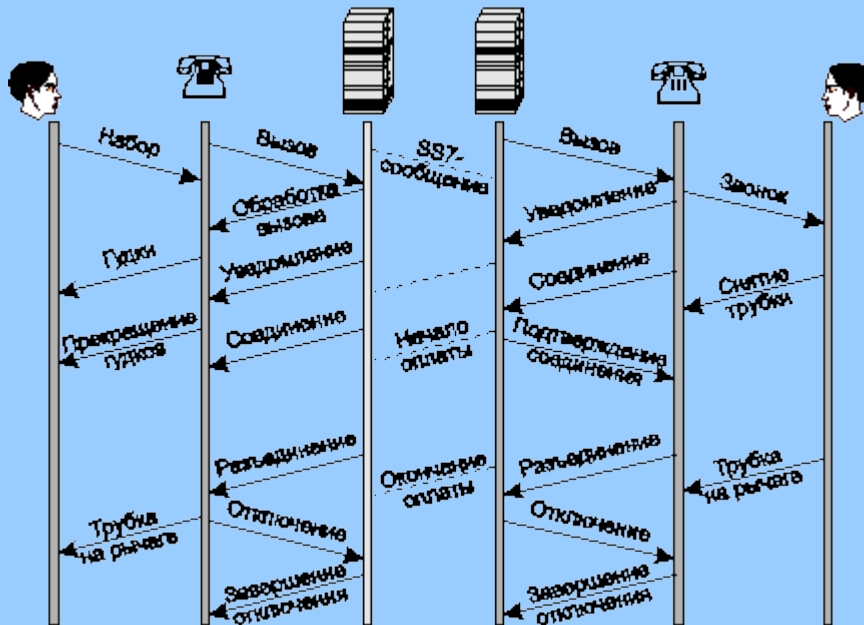


Рис. 3. Базовая процедура установления соединения в ISDN по протоколу Q.931

После того как пользователь снял трубку и набрал номер вызываемого абонента, телефонный аппарат ISDN формирует пакет вызова ( set up) и отправляет его по каналу D коммутатору ISDN, к которому он подключен. Этот коммутатор отвечает аппарату абонента пакетом обработки вызова, с приходом которого аппарат начинает генерировать длинные гудки. Одновременно коммутатор запоминает факт запроса на установление соединения и передает принятое сообщение следующему коммутатору, адрес которого он находит по таблице, аналогичной таблице маршрутизации маршрутизаторов пакетных сетей. При этом сообщение протокола Q.931 транслируется в сообщение начального адреса ( Initial Address Message, IAM) протокола SS7 аналогичного назначения (на рисунке сообщения SS7 не детализированы). Проходя через сеть, сообщения SS7 переводят промежуточные коммутаторы в состояние готовности к установлению соединения. Выходной коммутатор сети, к которому подключен аппарат вызываемого абонента, преобразует сообщение начального адреса протокола SS7 в сообщение вызова протокола Q.931, на основании которого телефонный аппарат начинает звонить. Если абонент снимает трубку, то его аппарат генерирует сообщение соединения ( connect), которое в обратном порядке проходит через все промежуточные коммутаторы (преобразованное, естественно, в соответствующее сообщение SS7). При этом обратном проходе коммутаторы устанавливают состояние соединения, коммутируя соответствующим образом каналы типа В.

Любое абонентское устройство ISDN должно поддерживать протокол Q.931, так что телефон ISDN намного сложнее своего аналогового коллеги. Как видно из рисунка, внутри сети сообщения Q.931 транслируются в сообщения протокола SS7, который

является протоколом взаимодействия коммутатор-коммутатор ( NNI), а затем снова преобразуются в сообщения Q.931 на абонентском окончании.

## Использование сети ISDN для передачи данных

Несмотря на значительные отличия от аналоговых телефонных сетей, сети ISDN сегодня используются в основном так же, как аналоговые телефонные сети, то есть как сети с коммутацией каналов, но только более скоростные: интерфейс BRI дает возможность установить дуплексный режим обмена со скоростью 128 Кбит/с (логическое объединение двух каналов типа В), а интерфейс PRI — 2,048 Мбит/с. Кроме того, качество цифровых каналов гораздо выше, чем аналоговых. Это значит, что процент искаженных кадров оказывается гораздо ниже, а полезная скорость обмена данными существенно выше.

Обычно интерфейс BRI служит в коммуникационном оборудовании для подключения отдельных компьютеров или небольших локальных сетей домашних пользователей, а интерфейс PRI — для подключения сети средних размеров с помощью маршрутизатора.

Схема удаленного доступа через ISDN показана на рис. 4.

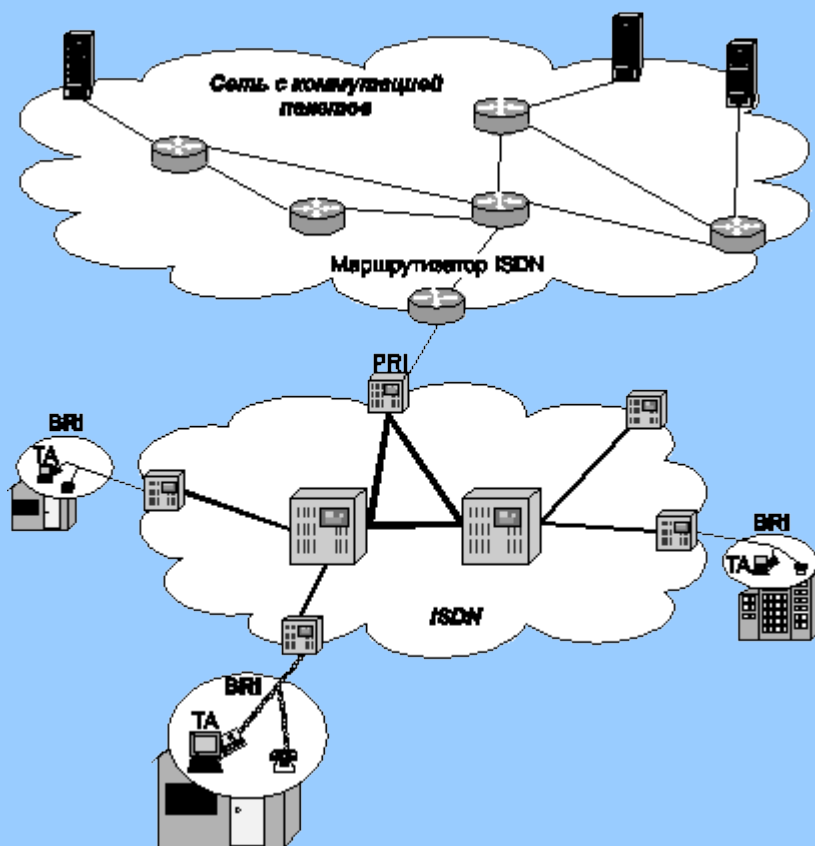


Рис. 4. Удаленный доступ с использованием ISDN

Подключение пользовательского оборудования к сети ISDN осуществляется в соответствии со схемой, разработанной ITU- T (рис. 5). Оборудование делится на

функциональные группы, и в зависимости от группы различают несколько контрольных точек соединения разных групп оборудования между собой.

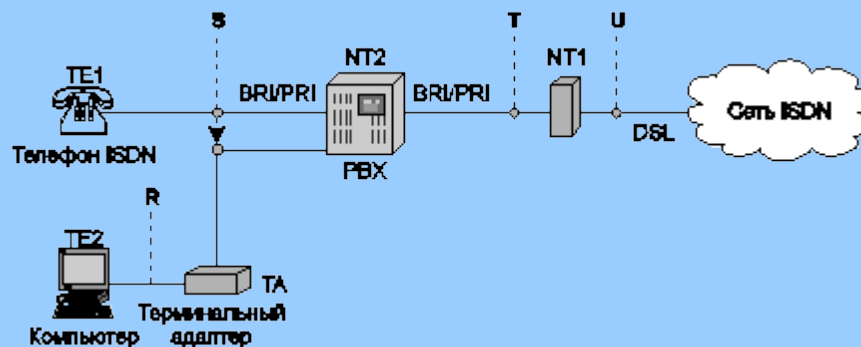


Рис. 5. Подключение пользовательского оборудования ISDN

Терминальным оборудованием 1 (TE1) может быть цифровой телефон или факс-аппарат. Контрольная точка S соответствует точке подключения отдельного терминального устройства к устройству сетевого окончания (устройство типа NT1) или концентратору пользовательских интерфейсов (устройству типа NT2). TE1 по определению поддерживает один из пользовательских интерфейсов ISDN: BRI или PRI.

Если пользовательское терминальное оборудование TE1 подключено через интерфейс BRI, то цифровое абонентское окончание выполняется по 2-проводной схеме (как и обычное окончание аналоговой телефонной сети). Для кодирования данных на участке DSL до точки подключения к сети ISDN ( контрольная точка U) в этом случае используется потенциальный код 2B1Q. Дуплексный режим DSL образован путем одновременной передачи сигналов по одной витой паре в обоих направлениях с эхо-подавлением и вычитанием своего сигнала из суммарного. Максимальная длина абонентского окончания для этого варианта составляет 5,5 км.

При использовании терминальным оборудованием TE1 интерфейса PRI цифровое абонентское окончание должно представлять собой канал T1 или E1, то есть 4-проводную линию с максимальной длиной около 1800 м. Соответственно на участке DSL до точки U применяется код HDB3 (Европа) или B8 ZS (Америка).

Терминальное оборудование 2 (TE2) в отличие от TE1 не поддерживает интерфейсы BRI и PRI. Таким оборудованием может быть компьютер или маршрутизатор с последовательными интерфейсами, не относящимися к ISDN, например RS-232C, X.21 или V.35. Для подключения подобного оборудования к сети ISDN необходимо использовать терминальный адаптер. Терминальный адаптер (Terminal Adaptor, TA) согласует интерфейс TE2 с интерфейсом PRI или BRI. Для компьютеров терминальные адаптеры выпускаются в формате сетевых адаптеров. Контрольная точка R соответствует точке подключения терминального оборудования TE2 к ТА. Тип абонентского окончания не зависит от того, работает терминальное оборудование через ТА или непосредственно.

Устройства сетевого окончания 2 (NT2) представляют собой устройства канального или сетевого уровня, которые выполняют функции концентрации пользовательских интерфейсов и их мультиплексирования. Например, к этому типу оборудования

относятся: офисная АТС, коммутирующая несколько интерфейсов BRI, маршрутизатор, работающий в режиме коммутации пакетов (например, по каналу D), простой мультиплексор TDM, который мультиплексирует несколько низкоскоростных каналов в один канал типа В. Точка подключения оборудования типа NT2 к абонентскому сетевому окончанию (устройству NT1) называется контрольной точкой Т. Поскольку наличие данного типа оборудования не является обязательным (в отличие от NT1), то контрольные точки S и Т объединяются и обозначаются как контрольная точка S/Т. Физически интерфейс в точке S/Т представляет собой 4-проводную линию. Для интерфейса BRI в качестве метода кодирования выбран биполярный метод AMI, причем логическая единица кодируется нулевым потенциалом, а логический ноль — чередованием потенциалов противоположной полярности. Для интерфейса PRI используются другие коды — те же, что и для интерфейсов T1 и E1, то есть соответственно B8ZS и HDB3.

Устройства сетевого окончания 1 (NT1) — это устройство физического уровня, которое согласует интерфейс BRI или PRI с цифровым абонентским окончанием (DSL), соединяющим пользовательское оборудование с сетью ISDN. Фактически NT1 представляет собой устройство типа CSU, которое согласует методы кодирования, количество используемых линий и параметры электрических сигналов. Контрольная точка U соответствует точке подключения устройства NT1 к сети.

#### Примечание

Устройство NT1 может принадлежать оператору сети или пользователю (хотя всегда устанавливается в помещении пользователя). В Европе принято считать устройство NT1 частью сетевого оборудования, поэтому пользовательское оборудование (например, маршрутизатор с интерфейсом ISDN) выпускается без встроенного устройства NT1. В Северной Америке принято считать устройство NT1 принадлежностью пользовательского оборудования, поэтому пользовательское оборудование часто выпускается со встроенным устройством NT1.

Таким образом, для удаленного доступа необходимо оснастить компьютеры пользователей терминальными адаптерами, а в POP установить маршрутизатор, имеющий один или несколько интерфейсов PRI. В этом случае максимальная скорость доступа для отдельного пользователя будет равна скорости передачи двух каналов типа В, то есть 128 Кбит/с. Драйверы терминальных адаптеров ISDN умеют объединять два отдельных физических канала типа В в один логический канал. Для этого служит расширение протокола PPP — многоканальный протокол PPP (RFC 1990).

Если пользователь удаленного доступа согласен ограничиться скоростью 64 Кбит/с, он может задействовать второй канал типа В своего интерфейса BRI для параллельной работы телефона ISDN, что невозможно сделать при применении аналогового коммутируемого модема.