

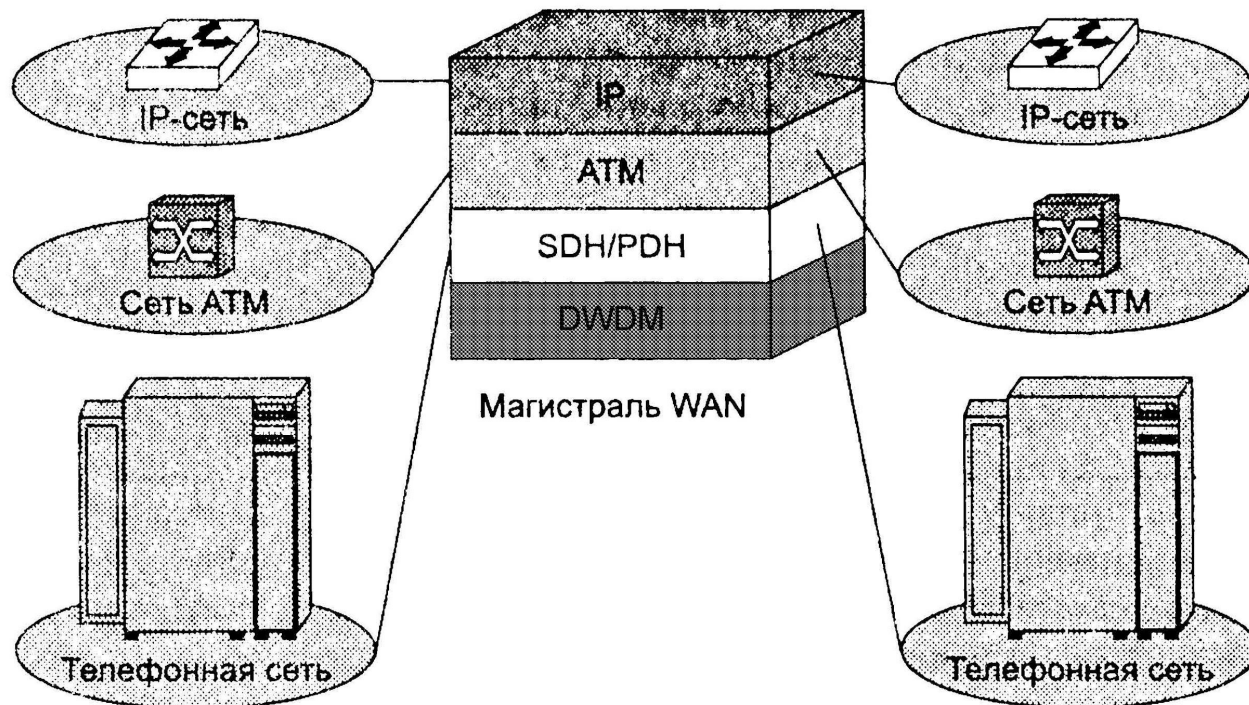
Информационные сети

Лекция 6.

Протоколы глобальных сетей

Интеграция протоколов в глобальных IP-сетях

- Для предоставления качественных и разнообразных услуг большинство крупных глобальных сетей строится по четырехуровневой схеме



Уровни глобальной сети

- Два нижних уровня — это уровни *первичной сети*.
- На самом нижнем уровне первичной сети может работать наиболее скоростная на сегодняшний день технология DWDM, образующая спектральные каналы со скоростями 10 Гбит/с и выше.
- На следующем уровне, поверх DWDM, может применяться технология SDH (с сетью доступа PDH), с помощью которой пропускная способность спектральных каналов делится на более мелкие TDM-подканалы, связывающие интерфейсы коммутаторов пакетной сети (или телефонных коммутаторов).
- На основе первичной сети оператор сети может достаточно быстро организовать постоянный цифровой канал между точками подключения оборудования следующего уровня - *наложенной сети* — пакетной или телефонной.

Техника виртуальных каналов

- Технология IP позволяет строить составные сети различного типа, как локальные, так и глобальные.
- Технологии, разработанные для глобальных сетей, основанные на технике виртуальных каналов – сети X.25, Frame Relay и АТМ
- Техника виртуальных каналов является альтернативой дейтаграммному способу продвижения пакетов, на котором основаны сети Ethernet и IP.

Сравнение коммутации каналов и коммутации пакетов

Коммутация каналов

Гарантированная пропускная способность (полоса) для взаимодействующих абонентов

Сеть может отказать абоненту в установлении соединения

Трафик реального времени передается без задержек

Адрес используется только на этапе установления соединения

Коммутация пакетов

Пропускная способность сети для абонентов неизвестна, задержки передачи носят случайный характер

Сеть всегда готова принять данные от абонента

Ресурсы сети используются эффективно при передаче пульсирующего трафика

Адрес передается с каждым пакетом

Протоколы глобальных сетей - подход на основе передачи датаграмм

- Метод взаимодействия узлов сети на основе датаграмм отличается простотой связи любого узла сети с любым другим узлом и дает оператору возможность ограниченного контроля над распределением ресурсов между пользователями.
- В составной глобальной сети значительная часть образующих ее сетей работает на основе техники виртуальных каналов, то есть является сетями Frame Relay или АТМ.
- Объединение этих сетей происходит на основе использования протокола IP.
 - Такое многослойное построение WAN дает необходимый результат, но приводит к достаточно сложной организации сети и частичному дублированию функций каждым из слоев.
- Более тесная интеграция дейтаграммного метода с методом виртуальных каналов привели к созданию технологии MPLS.
 - В этой технологии протоколы маршрутизации стека TCP/IP используются для исследования топологии сети и нахождения рациональных маршрутов, а продвигаются пакеты на основе техники виртуальных каналов.

Применение технологии виртуальных каналов

- Коммерческие глобальные сети достаточно долго, вплоть до распространения Интернета в середине 90-х, отдавали предпочтение технике виртуальных каналов.
- Данный подход обеспечивает более **высокую степень контроля над соединениями** между пользователями сети и путями прохождения потоков информацией через узлы сети.
- Проблема обеспечения параметров QoS также проще решается при применении виртуальных каналов.
- У этого подхода есть и **недостатки**, основной из которых — большие затраты времени и нагрузка на коммутирующие устройства при установлении каждого виртуального соединения.

Обеспечение высокоскоростного доступа к сетевой магистрали

- Эффективными являются технологии, в которых задействуется существующая кабельная инфраструктура (например, линии ADSL, работающие на абонентских окончаниях телефонной сети), или кабельные модемы, использующие системы кабельного телевидения.
- Альтернативным решением является беспроводной доступ, как мобильный, так и фиксированный.

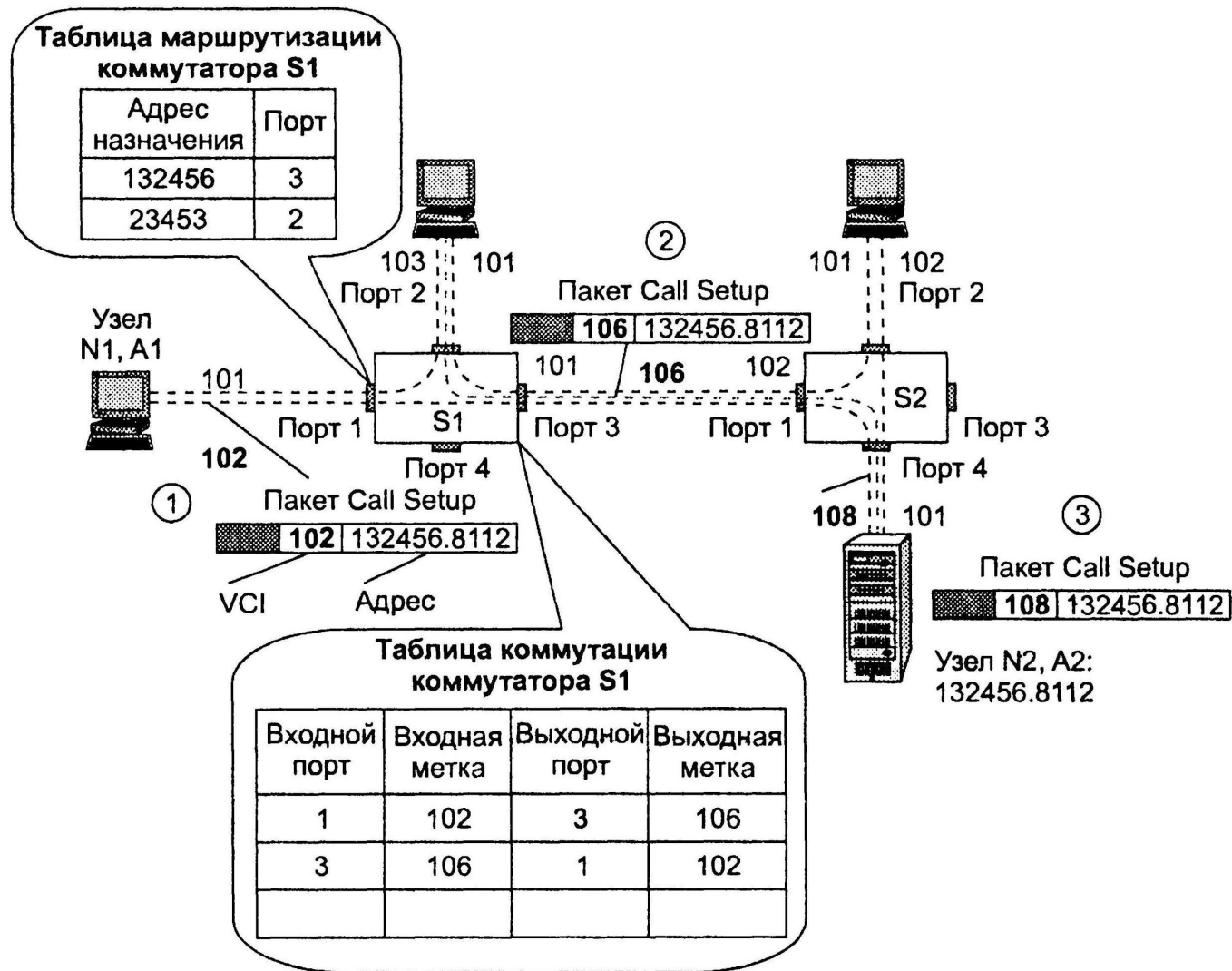
Техника виртуальных каналов

- Определяют два типа виртуальных каналов.
 - **Коммутируемый виртуальный канал** (Switched Virtual Circuit, SVC), создание которого происходит по инициативе конечного узла сети с помощью автоматической процедуры.
 - **Постоянный виртуальный канал** (Permanent Virtual Circuit, PVC), его создание происходит заранее, причем коммутаторы настраиваются вручную администратором сети, возможно, с привлечением централизованной системы сетевого администрирования и некоторого служебного протокола.

Коммутируемые виртуальные каналы

- Процедура создания коммутируемого виртуального канала подобна процедуре установления соединения в телефонных сетях.
- В телефонных сетях протокол, реализующий такую процедуру, называется **сигнальным протоколом**, поэтому и протоколы установления виртуального соединения в сетях с коммутацией пакетов также часто называют сигнальными.
- Создание коммутируемого виртуального канала требует наличия в коммутаторах **таблиц маршрутизации**, аналогичных таблицам маршрутизации дейтаграммных сетей, например IP-сетей.

Установка виртуального канала



Таблицы коммутации

- Одновременно с продвижением пакета коммутатор создает **таблицу коммутации**.
- Таблица коммутации необходима, когда виртуальный канал будет установлен и по нему начнут передаваться пользовательские данные, причем уже без адресов узлов назначения.
- Каждая запись таблицы коммутации состоит из четырех основных полей:
 - номера входного порта;
 - входной метки (SVC) в поступающих на входной порт пакетах;
 - номера выходного порта;
 - выходной метки (SVC) в передаваемых через выходной порт пакетах.

Режимы работы коммутируемых виртуальных каналов

- В сетях на основе коммутируемых виртуальных каналов используются два режима работы сети.
 - При прокладке канала SVC запрос на установление соединения передается по сети в стандартном режиме маршрутизации с глобальными (для всей сети) адресами назначения и информацией о полной топологии сети.
 - **Протоколы установления виртуальных каналов** (сигнальные протоколы) работают на **сетевом** уровне модели OSI.
 - После установления соединения сеть начинает работать на основе локальных меток и локальных таблиц коммутации, что позволяет отнести такой режим к **канальному** уровню модели OSI, а коммуникационные устройства — к классу коммутаторов (стандартное название для устройств этого уровня).

Постоянные виртуальные каналы

- Постоянный виртуальный канал (PVC) не прокладывается динамически узлами сети.
 - Администратор сети заранее создает таблицы коммутации вручную. Администратор может делать это локально, подключаясь к коммутатору, например, с помощью интерфейса RS-232 и используя свой ноутбук как виртуальный терминал.
- Обычно администратор использует ту или иную **систему управления сетью**.
 - Администратор вводит в систему данные о том, через какие узлы должен проходить виртуальный канал, система взаимодействует с коммутаторами сети, автоматически выбирая нужные значения меток и создавая записи в таблицах коммутации.

Технологии канального уровня

- Если технология виртуальных каналов поддерживает только каналы PVC, то это дает основание считать ее исключительно технологией канального уровня.
- Примером такого рода является технология Frame Relay, в которой долгое время существовали только каналы PVC, так что ее по праву считали канальной технологией.
- Технология АТМ с самого начала своего существования поддерживала обе разновидности виртуальных каналов, тем не менее ее по той же причине чаще всего относят к технологии второго уровня.

Сети X.25

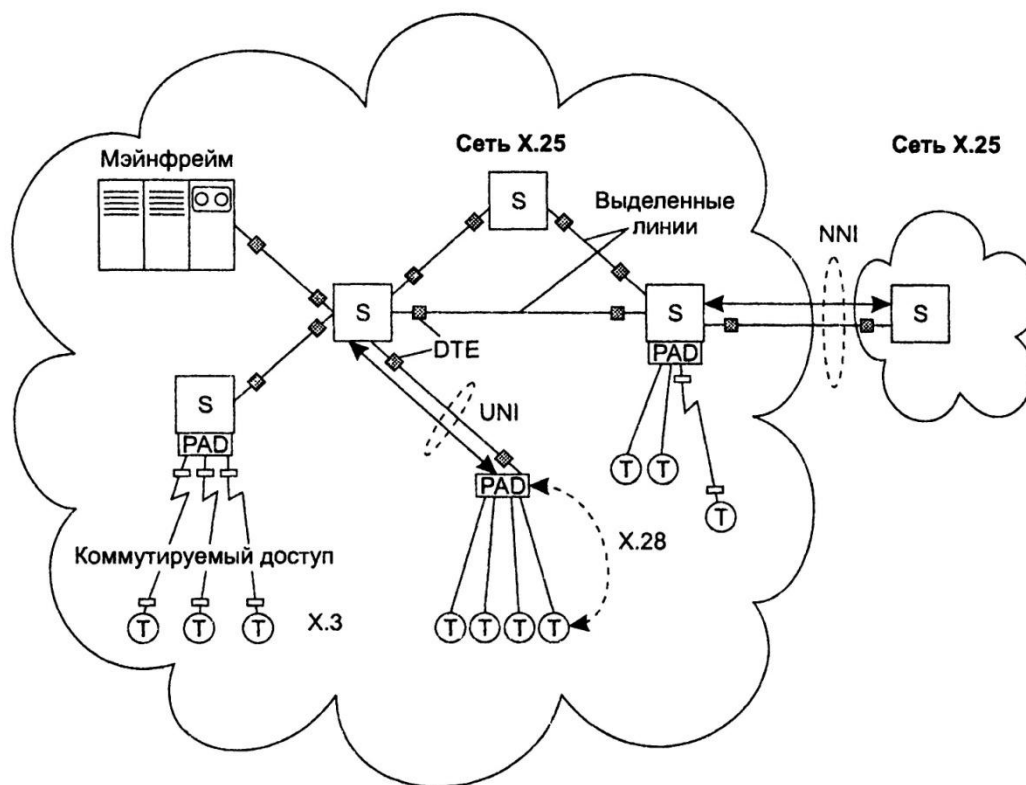
- Стандарт X.25 был разработан комитетом CCITT в 1974 году и пересматривался несколько раз. Стандарт описывает не внутреннее устройство сети X.25, а пользовательский интерфейс с сетью.
- Интерфейс этого типа называют **интерфейсом между пользователем и сетью** (User-to-Network Interface, UNI).
- Внутреннее же устройство сети может быть произвольным, эта часть оставлена на усмотрение оператора сети.
- Для взаимодействия между собой сетей различных операторов связи обычно разрабатывается **интерфейс между сетями** (Network-to-Network Interface, NNI), который часто является модифицированной версией интерфейса UNI.

Особенности X.25

- X.25 наилучшим образом подходит для передачи трафика низкой интенсивности, характерного для алфавитно-цифровых терминалов 70-80 годов, и в меньшей степени соответствует более высоким требованиям трафика локальных сетей.
- В структуре сети имеется специальное устройство **PAD** (Packet Assembler Disassembler), предназначенное для сборки нескольких низкоскоростных старт-стопных потоков байтов от алфавитно-цифровых терминалов в пакеты, передаваемые по сети и направляемые компьютерам для обработки. Операции по выполнению функций протоколов канального и сетевого уровней выполняются устройствами PAD.
- Протоколы трехуровневого стека протоколов X.25 на канальном и сетевом уровнях работают с установлением соединения, управляют потоками данных и исправляют ошибки. Такая избыточность функций, обеспечивающих надежную передачу данных, объясняется ориентацией технологии на ненадежные линии связи с интенсивностью битовых ошибок в диапазоне 10^{-3} — 10^{-4} .

Структура X.25

- Сеть X.25 состоит из коммутаторов, расположенных в различных географических точках и соединенных высокоскоростными выделенными линиями. Выделенные линии могут быть как цифровыми, так и аналоговыми.



ISDN -цифровая сеть интегрированных служб

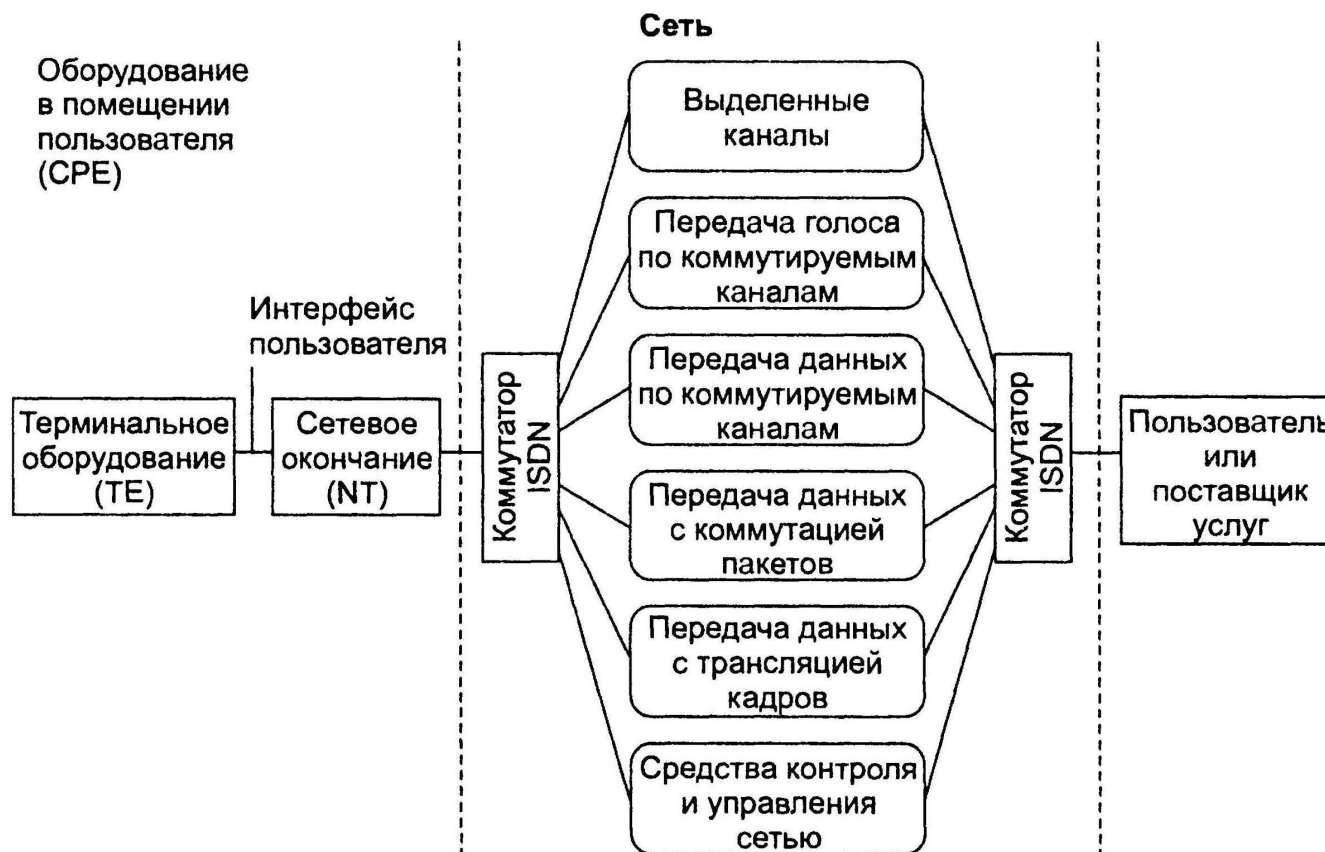
- Сервис ISDN разрабатывался для решения проблем подключения небольших офисов или отдельных пользователей, нуждавшихся в большей полосе пропускания, чем предоставляемые обычными телефонными службами.
- Сети ISDN была разработана для использования существующих телефонных кабельных систем.

Общая характеристика ISDN

- **Преимущества ISDN:**
 - Сеть ISDN может передавать данные различного типа – видео, пакетно-коммутируемые данные, телефония;
 - ISDN обеспечивает более быстрый, по сравнению с модемными соединениями, метод установки связи, используя внешнюю сигнализацию (D-канал);
 - ISDN обеспечивает более быструю передачу данных по сравнению с модемной, за счет использования несущего канала (B-канала).

Услуги сети ISDN

- Все услуги основаны на передаче информации в цифровой форме.
- Интерфейс пользователя 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



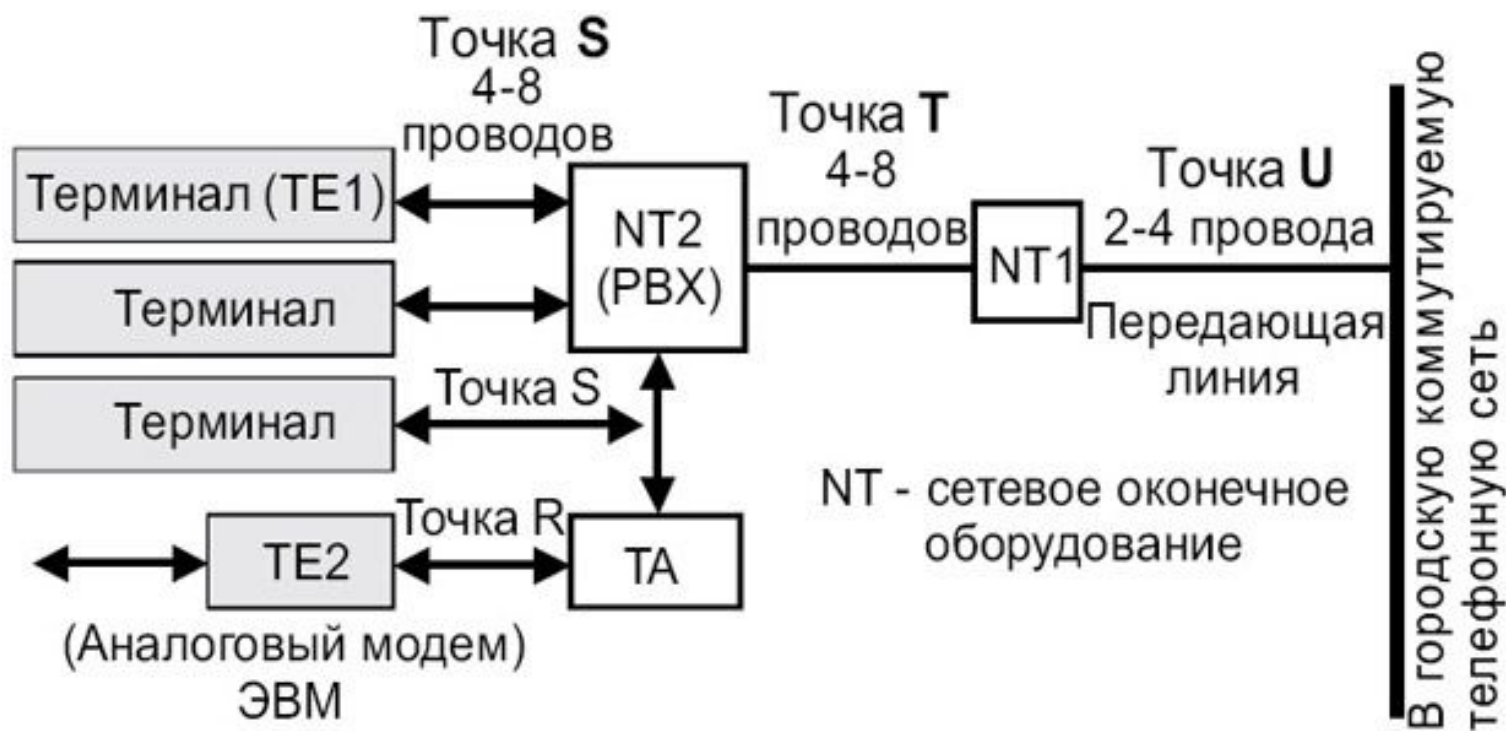
Особенности сети ISDN

- Базовой скоростью сети ISDN является скорость канала DS-0 – 64 Кбит/с. Эта скорость ориентируется на самый простой метод кодирования голоса — РСМ, 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.
- Сеть с коммутацией пакетов, работающая в составе ISDN, выполняет только служебные функции — с помощью этой сети передаются сообщения сигнального протокола.
- Основная информация передается с помощью сети с коммутацией каналов.

Терминальное оборудование

- Стандартный интерфейс, с помощью которого пользователь может запрашивать у сети разнообразные услуги, образуется между двумя типами оборудования:
 - **терминальным оборудованием** (Terminal Equipment, TE) пользователя (компьютер с соответствующим адаптером, маршрутизатор, телефонный аппарат);
 - **сетевым окончанием** (Network Termination, NT), которое представляет собой устройство, завершающее линию связи с ближайшим коммутатором ISDN.

Традиционная схема сети ISDN



Пользовательский интерфейс

- 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) и 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 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 функцией является поддержание услуг низкоскоростной сети с коммутацией пакетов для пользовательских данных. Обычно эта услуга 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.

Интерфейсы BRI и PRI

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

Начальный интерфейс BRI

- **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. Кроме 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 PRI

- **Основной интерфейс ISDN** предназначен для пользователей с повышенными требованиями к пропускной способности сети. Интерфейс PRI поддерживает либо схему $30B + D$, либо схему $23B + D$. 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.
- Каналы типа B могут объединяться в один логический высокоскоростной канал с общей скоростью до 1920 Кбит/с.
- Основной интерфейс может быть также основан на каналах типа N. При этом общая пропускная способность интерфейса все равно не должна превышать 2,048 или 1,544 Мбит/с.
- Для каналов N0 возможны интерфейсы $3N0 + D$ для американского варианта и $5N0 + D$ для европейского.
- Для каналов N1 возможен интерфейс, состоящий только из одного канала N11 (1,536 Мбит/с) для американского варианта или одного канала N12 (1,920 Мбит/с) и одного канала D для европейского варианта. Кадры интерфейса PRI имеют структуру кадров DS-1 для каналов T1 или E1.
- Основной интерфейс PRI стандартизован в рекомендации I.431.

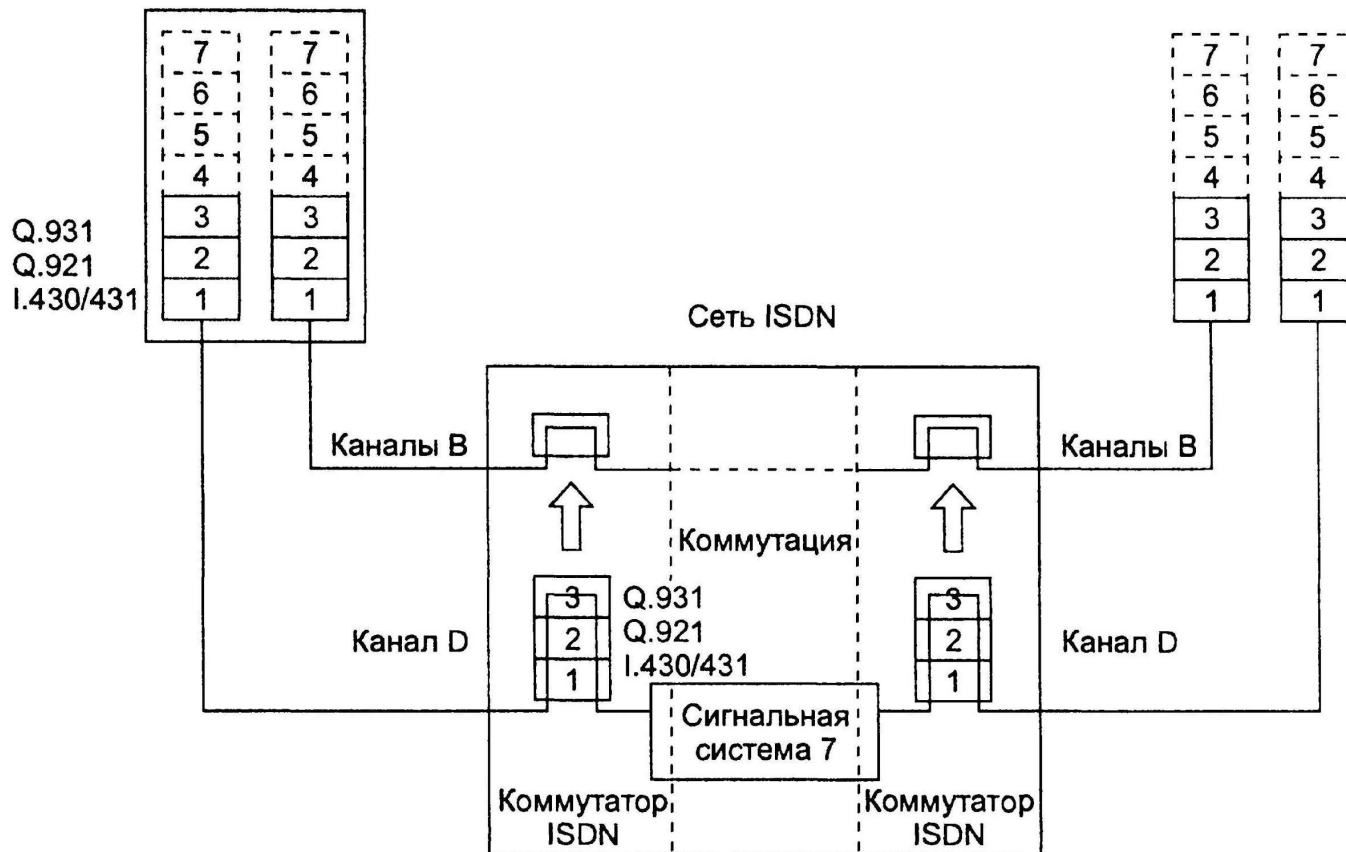
Стек протоколов ISDN

- *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.

Стек протоколов ISDN

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

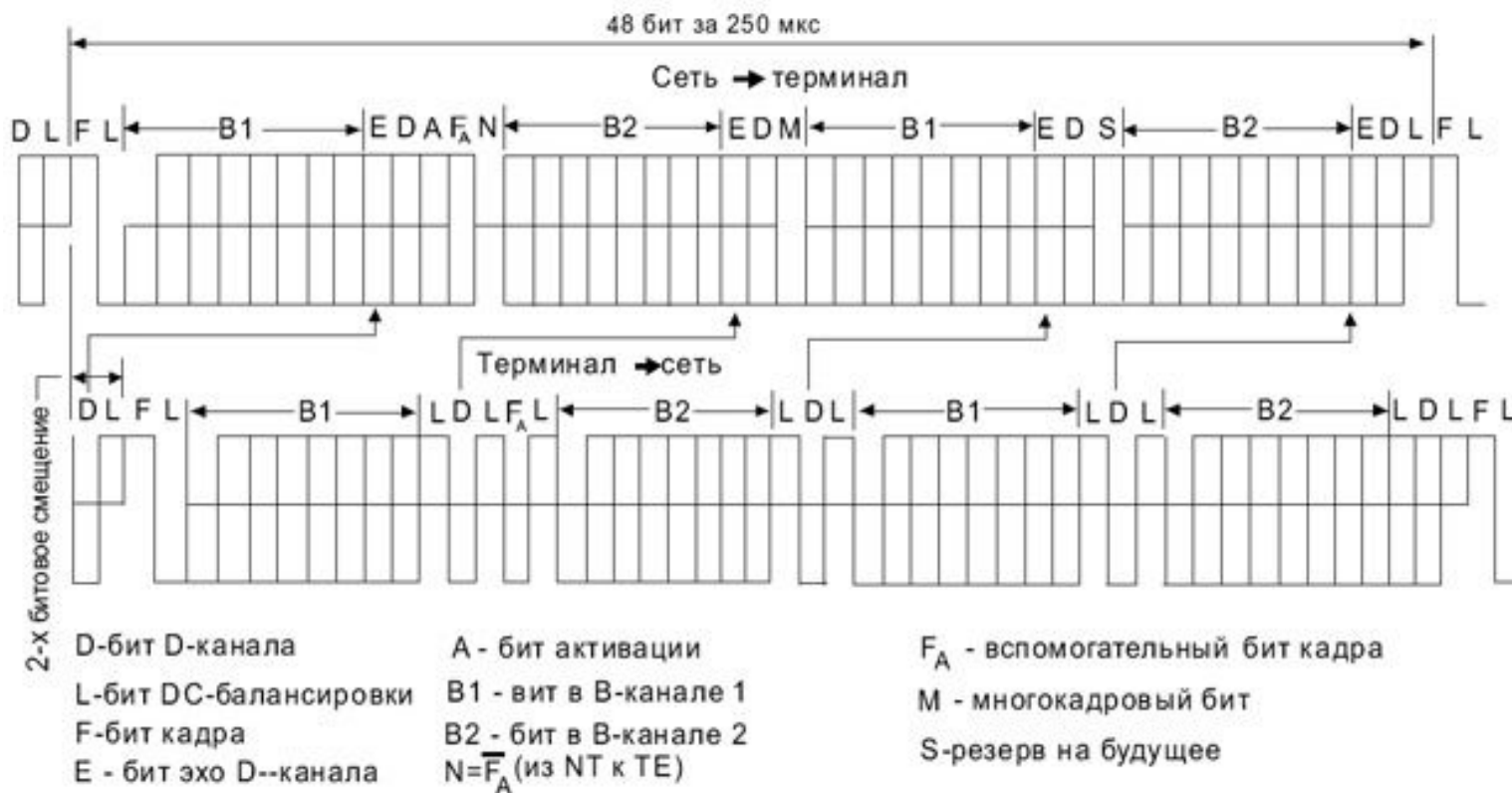
Структура сети ISDN



Физический уровень ISDN

- Форматы ISDN-фреймов различаются в зависимости от того, является ли он входным (от терминала в сеть – формат NT) или выходным (формат TE).
- Биты фреймов имеют следующие значения:
 - Бит синхронизации (F)
 - Бит балансирования нагрузки (L)
 - Эхо предыдущего бита D-канала (E) – используется для разрешения конфликтов
 - Бит активации (A)
 - Вакантный бит (S)
 - Биты канала $B_1, B_2 < D$ используются для данных пользователя

Формат кадра первого (физического) уровня



Канальный уровень ISDN

- В качестве канального уровня сигнального протокола ISDN выступает протокол LAPD (Link Access Procedure on the D channel).
- Задача протокола LAPD обеспечение прохождения информации по D-каналу.
- Формат протокола:
 - Поле *флаг и управление* идентичны полям HDLC, поле *адрес* может иметь длину 1 или 2 байта.
 - Если в первом байте установлен бит расширения EA, то поле имеет длину 1 байт, в противном случае 2 байта.
 - Первый байт адресного поля содержит *идентификатор точки доступа к услуге (SAPI)* который указывает на портал, на котором 3-му уровню предоставляются услуги LAPD, бит *запроса/ответа (C/RIP)* показывает наличие запроса/ответа, *идентификатор конечной терминальной точки (TEI)* указывает на один или несколько терминалов .
 - Если все биты поля TEI равны 1, то это широковещательное сообщение

Структура кадра канального уровня

N октета	1 2 3 4 5 6 7 8	
1	0 1 1 1 1 1 1 0	Стартовый флаг
2	Адресный октет 1	
3	Адресный октет 2	
4	Октет управления 1	Формат управляющего поля зависит от типа кадра
5	Октет управления 2	
6 N-3	Информация уровня 3	Присутствует только в информационных кадрах слоя 3
N-2	FCS-октет 1	Контрольная сумма (CRC)
N-1	FCS-октет 2	
N	0 1 1 1 1 1 1 0	Завершающий флаг

Сети Frame Relay

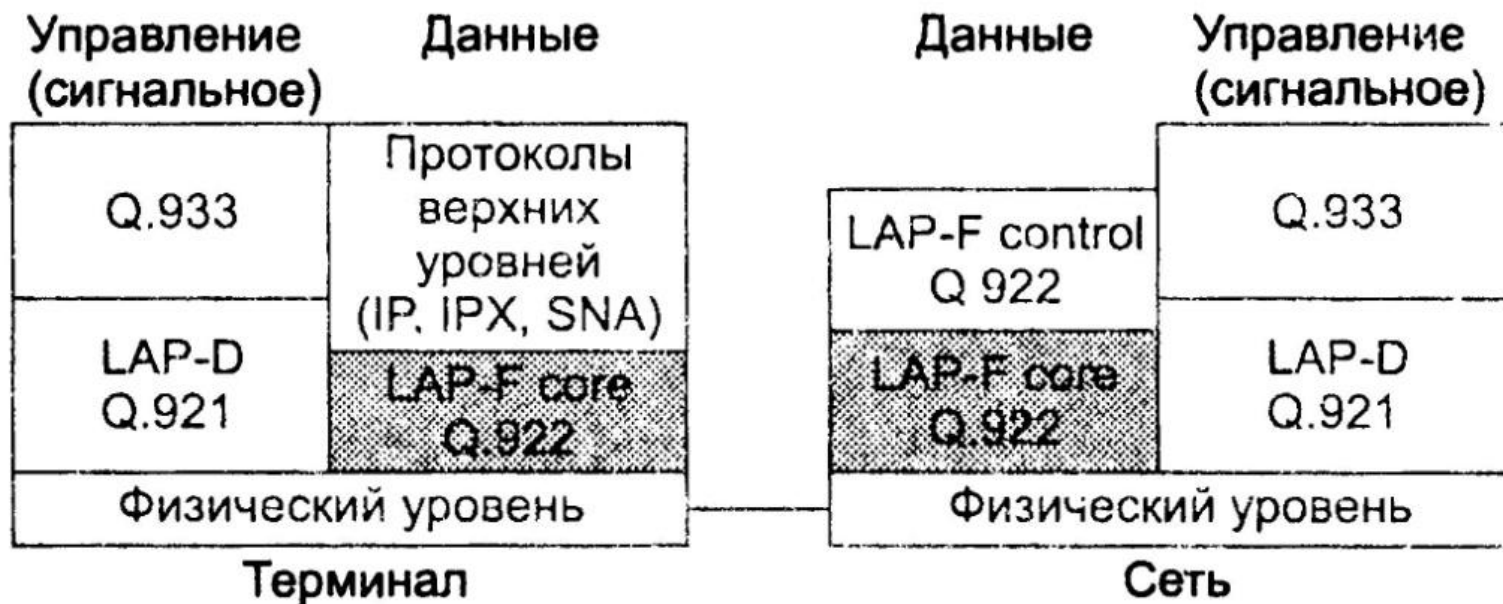
- Сети **Frame Relay** ориентированы на передачу пульсирующего трафика компьютерных сетей (и обеспечивают такую передачу лучше) по сравнению с сетями X.25.
- Технология Frame Relay была сначала стандартизована комитетом CCITT (ITU-T) как одна из служб сетей ISDN.
- Технология **ISDN** является первым широкомасштабным проектом по созданию всемирной универсальной сети, предоставляющей все основные виды услуг телефонных сетей и сетей передачи данных.
- В настоящее время технология Frame Relay независима от ISDN.

Особенности протокола Frame Relay

- Протокол Frame Relay (I.122 ITU-t; ANSI T1S1.2; RFC-1490, -1315, -1604) является одним из относительно новых телекоммуникационных протоколов (1993 г.), он обеспечивает:
 - скорость передачи данных ~1,5 Мбит/с,
 - меньшие задержки,
 - но и меньшую надежность доставки информации.
- Frame Relay предназначен для межсетевого общения, ориентирован на соединение и использует два протокольных уровня модели OSI.
 - Остальные уровни должны реализовываться программно.
- Протокол вводит понятие **CIR** (Committed Information Rates — оговоренные скорости передачи), обеспечивая каждому приложению гарантированную полосу пропускания.
- Если приложение не использует полностью выделенную полосу, другие приложения могут поделить между собой свободный ресурс.

Стек протокола Frame Relay

- Протоколы **слоя управления** выполняют работу по установлению виртуального соединения,
- Протоколы **слоя данных** передают кадры по уже установленному виртуальному соединению.



Канальный и физический уровни

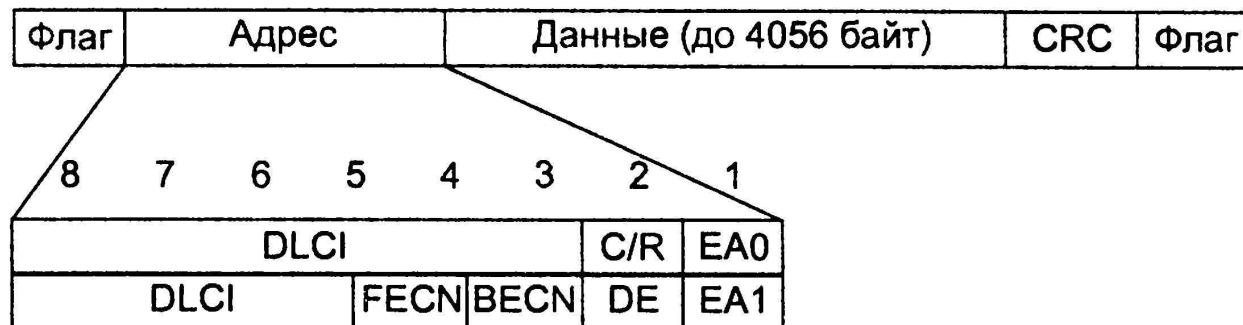
- *На канальном уровне* сетей Frame Relay работает протокол **LAP-F** (Link Access Procedure for Frame mode bearer services), называемый в рекомендациях ITU-T аббревиатурой **Q.922**. Существует две версии этого протокола.
 - Протокол **LAP-F core** является основным протоколом, который используется во всех сетях Frame Relay. Этот протокол обеспечивает минимум средств, позволяющих построить сеть Frame Relay.
 - Протокол **LAP-F control**, обеспечивающий восстановление кадров по алгоритму скользящего окна, необходим для того, чтобы сеть оказывала услуги Frame Switching (коммутации кадров).
- *На физическом уровне* сеть Frame Relay может использовать линии связи технологии PDH/SDH или ISDN.

Слой управления в сетях Frame Relay

- Коммутаторы сети должны поддерживать два протокола слоя управления — на канальном уровне LAR-D (который называется также **Q.921**) и **Q.933** на сетевом.
- Протокол LAR-D в сетях Frame Relay обеспечивает надежную передачу сигнальных кадров между соседними коммутаторами.
- Протокол Q.933 использует адреса конечных узлов, между которыми устанавливается виртуальный канал.
- Данные адреса обычно задаются в формате телефонных адресов, соответствующих стандарту E.164. Адрес состоит из 15 десятичных цифр, которые делятся, как и обычные телефонные номера, на поля кода страны (от 1 до 3 цифр), кода города и номера абонента. К адресу добавляется до 40 цифр *подадреса*, которые требуются для нумерации терминальных устройств, если у одного абонента их несколько.

Структура кадра LAR-F

- Спецификация RFC 1490 определяет методы инкапсуляции в кадры Frame Relay пакетов сетевых протоколов, таких как IP и IPX, протоколов локальных сетей, например Ethernet, а также протокола SNA.



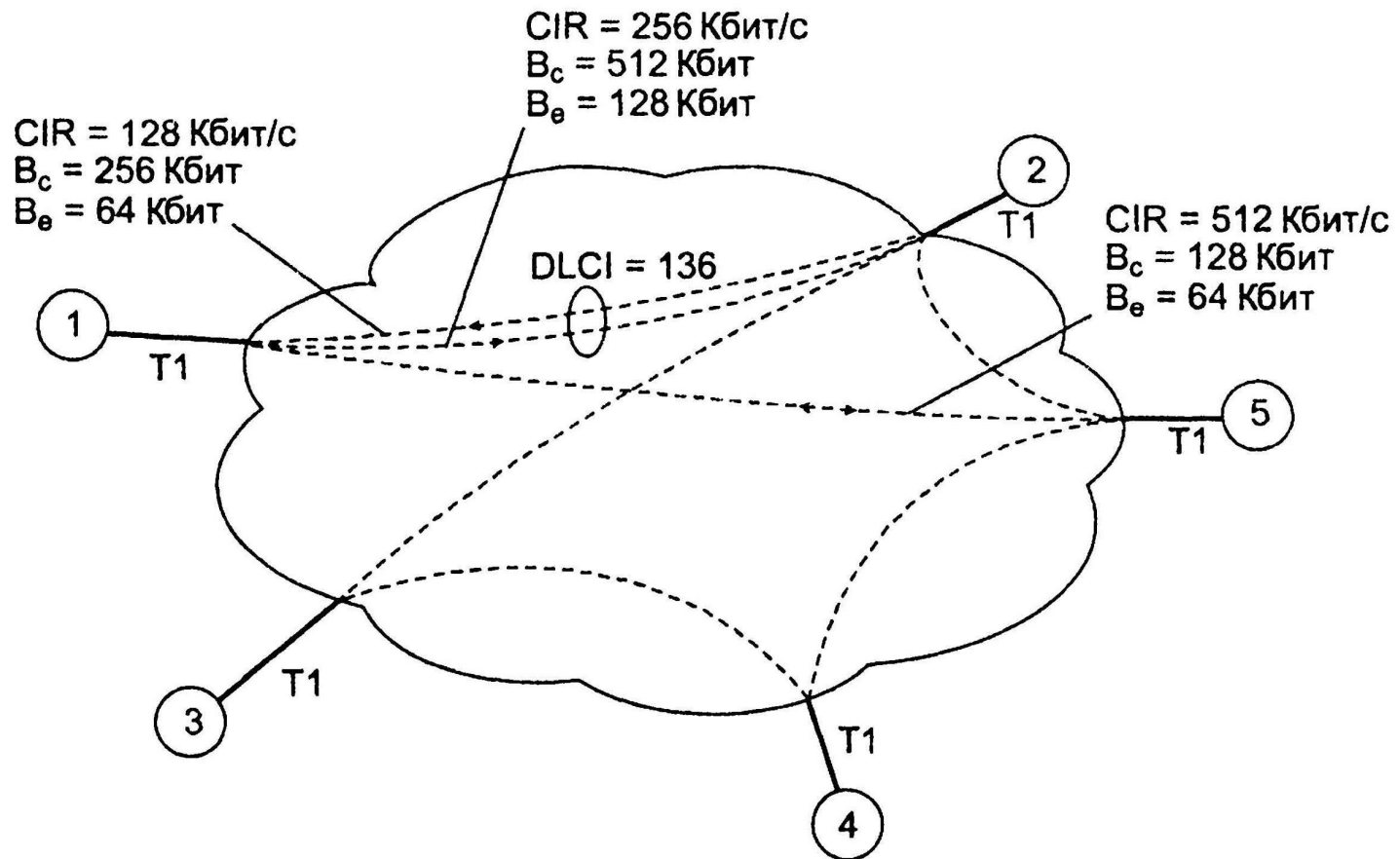
Адресация в сетях Frame Relay

- Поле **DLCI** (Data Link Connection Identifier — идентификатор соединения уровня канала данных) состоит из 10 бит, что позволяет задействовать до 1024 виртуальных соединений.
- Поле DLCI может занимать и большее число разрядов — этим управляют признаки расширения адреса EA0 и EA1 (аббревиатура EA означает Extended Address).
 - Если бит расширения адреса установлен в ноль, то признак называется EA0 и означает, что в следующем байте имеется продолжение поля адреса, а если бит расширения адреса равен 1, то поле называется EA1 и означает окончание поля адреса.
- Десятиразрядный формат DLCI является основным, но при использовании трех байтов для адресации поле DLCI имеет длину 16 бит, а при использовании четырех байтов — 23 бита.
- Стандарты Frame Relay распределяют DLCI-адреса между пользователями и сетью следующим образом:
 - 0 — используется для виртуального канала локального интерфейса администрирования (LMI);
 - 1-15 — зарезервированы;
 - 16-991 — используются абонентами для нумерации каналов PVC и SVC;
 - 992-1007 — используются сетевой транспортной службой;
 - 1008-1022 — зарезервированы;
 - 1023 — используется для управления канальным уровнем.

Поддержка параметров QoS

- Для каждого виртуального соединения определяется несколько параметров, связанных со скоростью передачи данных и влияющих на качество обслуживания.
 - **Согласованная скорость передачи данных** (Committed Information Rate, CIR) — скорость, с которой сеть будет передавать данные пользователя.
 - **Согласованная величина пульсации** (Committed Burst Size, B_c) — максимальное количество байтов, которое сеть будет передавать от данного пользователя за интервал времени T , называемый временем пульсации, соблюдая согласованную скорость CIR.
 - **Дополнительная величина пульсации** (Excess Burst Size, B_e) — максимальное количество байтов, которое сеть будет пытаться передать сверх установленного значения B_c за интервал времени T .

Обслуживание в сети Frame Relay



Технология АТМ

- Технология АТМ (Asynchronous Transfer Mode — асинхронный режим передачи) была разработана как единый универсальный транспорт для нового поколения сетей с интегрированным обслуживанием, которые называются также широкополосными сетями ISDN (Broadband ISDN, B-ISDN).
- Технология АТМ должна обеспечить:
 - Передачу трафика любого типа, компьютерного, так и мультимедийного;
 - Иерархию скоростей в широком диапазоне;
 - Возможность использования имеющихся структуры сетей и физических протоколов;
 - Взаимодействие с унаследованными протоколами сетей (IP, SNA, Ethernet, ISDN).

Основные принципы технологии АТМ

- Сеть АТМ имеет иерархическую структуру крупной территориальной сети — конечные станции соединяются индивидуальными линиями связи с коммутаторами нижнего уровня, которые, в свою очередь, соединяются с коммутаторами более высоких уровней.
- Коммутаторы АТМ поддерживают как каналы PVC, так и каналы SVC.
- Для сетей АТМ определен протокол маршрутизации **PNNI** (Private NNI — частный интерфейс NNI), с помощью которого коммутаторы могут строить таблицы маршрутизации автоматически, причем с учетом требований инжиниринга трафика.
- В публичных сетях АТМ обычно используются адреса в стандарте E.164, что делает простым взаимодействие этих сетей с телефонными сетями.
- Адреса АТМ имеют иерархическую структуру, подобно телефонным номерам или IP-адресам, которая обеспечивает масштабируемость сетей АТМ до любого уровня.

Спецификации физического уровня

- Стандарт АТМ не вводит свои спецификации на реализацию физического уровня.
- Стандарт основывается на технологии SDH/SONET, принимая ее иерархию скоростей.
- В соответствии с иерархией начальная скорость доступа пользователя сети — это скорость STM-1/OC-3 - 155Мбит/с.
- Магистральное оборудование АТМ работает и на более высоких скоростях STM-4 - 622 Мбит/с и STM-16 - 2,5Гбит/с.
- Существует также оборудование АТМ, которое поддерживает скорости PDH, такие как 2 или 34/45 Мбит/с.

Обслуживание передачи данных

- Чувствительный к задержкам трафик обслуживается лучше при использовании кадров небольшого размера в несколько десятков байтов.
- При применении больших кадров начинают проявляться два нежелательных эффекта:
 - ожидание низкоприоритетных кадров в очередях;
 - задержка пакетизации.

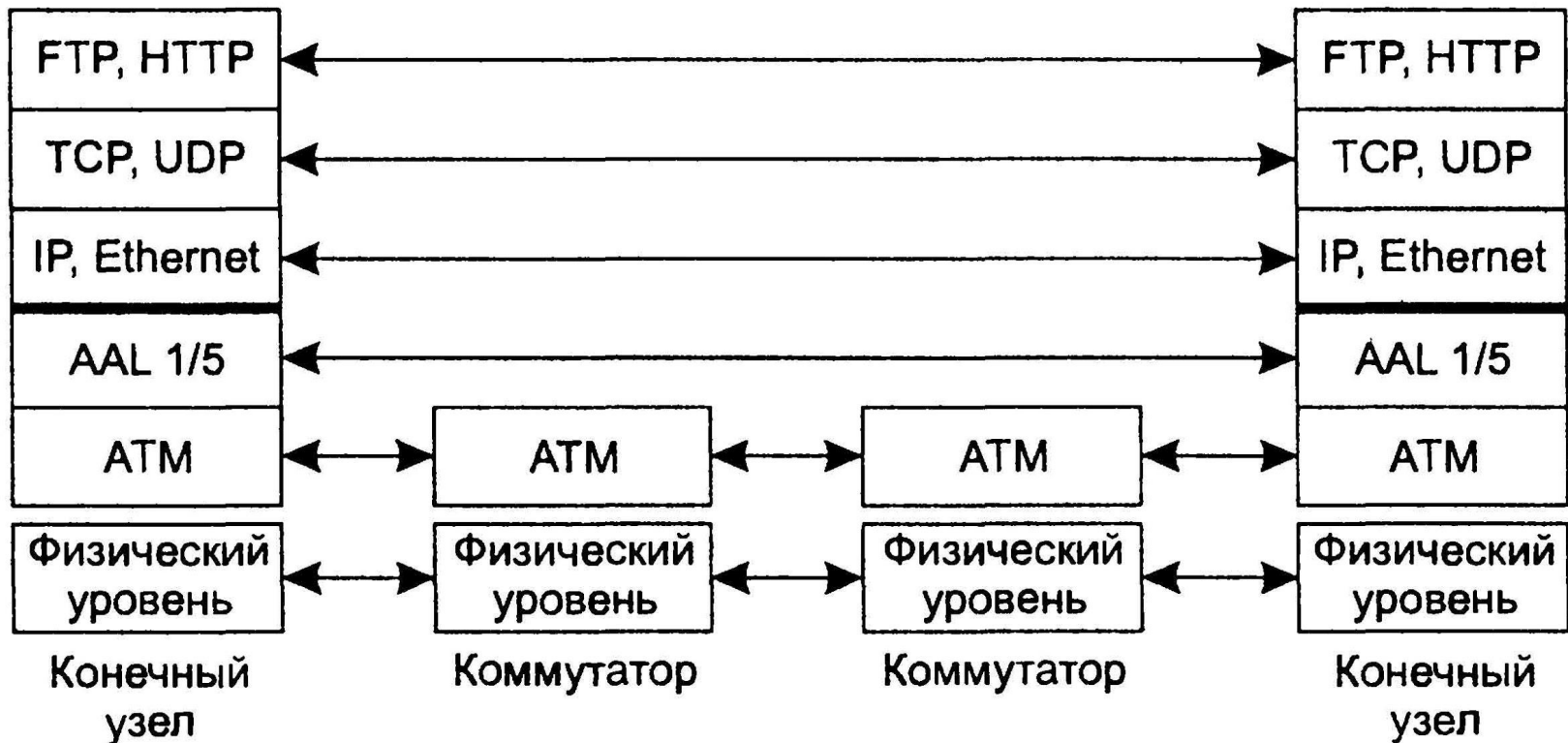
Кадр АТМ

- *Кадр АТМ* в 53 байта с полем данных 48 байт - результат компромисса между требований эластичного и чувствительного к задержкам трафиков.
- Для обозначения небольшого и фиксированного по размеру кадра АТМ используется специальное название — *ячейка*.
- При размере поля данных в 48 байт одна ячейка АТМ обычно переносит 48 замеров голоса, которые делаются с интервалом в 125 мкс. Первый замер должен ждать примерно 6 мс, прежде чем ячейка будет отправлена по сети. Именно по этой причине телефонисты боролись за уменьшение размера ячейки, так как 6 мс — это задержка, близкая к пределу, за которым начинаются нарушения качества передачи голоса.
- При выборе размера ячейки в 32 байта задержка пакетизации составила бы 4 мс, что гарантировало бы более качественную передачу голоса.

Количественные параметры в технологии ATM

- В технологии ATM для каждого класса трафика определен набор количественных параметров, которые приложение должно задать.
- Поддерживается следующий набор основных количественных параметров для трафика виртуального соединения:
 - *пиковая скорость передачи ячеек (Peak Cell Rate, PCR);*
 - *средняя скорость передачи ячеек (Sustained Cell Rate, SCR);*
 - *минимальная скорость передачи ячеек (Minimum Cell Rate, MCR);*
 - *максимальная величина пульсаций (Maximum Burst Size, MBS);*
 - *доля потерянных ячеек (Cell Loss Ratio, CLR);*
 - *задержка передачи ячеек (Cell Transfer Delay, CTD);*
 - *вариация задержек ячеек (Cell Delay Variation, CDV).*

Взаимодействие с протоколами в сети ATM



Стек протоколов АТМ

Верхние уровни сети

Уровни адаптации АТМ (AAL1-5)	Подуровень конвергенции (CS)	Общая часть подуровня конвергенции
		Специфическая для сервиса часть
	Подуровень сегментации и реассемблирования (SAR)	
Уровень АТМ (маршрутизация пакетов, мультиплексирование, управление потоком, обработка приоритетов)		
Физический уровень	Подуровень согласования передачи	
	Подуровень, зависящий от физической среды	

Уровень адаптации АТМ

- **Уровень адаптации АТМ** (ATM Adaptation Layer, AAL) представляет собой набор протоколов AAL1-AAL5, которые преобразуют сообщения протоколов верхних уровней сети АТМ в ячейки АТМ нужного формата.
- Уровень адаптации состоит из двух подуровней.
 - **Подуровень сегментации и реассемблирования** (Segmentation And Reassembly, SAR) является нижним подуровнем ААL Эта часть не зависит от типа протокола ААL (и, соответственно, от класса передаваемого трафика) и занимается разбиением (сегментацией) сообщения, принимаемого ААL от протокола верхнего уровня, на ячейки АТМ, снабжением их соответствующим заголовком и передачей уровню АТМ для отправки в сеть.
 - **Подуровень конвергенции** (Convergence Sublayer, CS) — это верхний подуровень ААL. Этот подуровень зависит от класса передаваемого трафика. Протокол подуровня конвергенции решает такие задачи, как обеспечение временной синхронизации между передающим и принимающим узлами (для трафика, требующего такой синхронизации), контролем и возможным восстановлением битовых ошибок в пользовательской информации, контролем целостности передаваемого пакета компьютерного протокола (X.25, Frame Relay).
- Протоколы ААL для выполнения своей работы используют служебную информацию, размещаемую в заголовках уровня ААL.

Формат кадра протокола АТМ



Функции протокола АТМ

- Протокол АТМ выполняет коммутацию по **номеру виртуального соединения**, который в технологии АТМ разбит на две части:
 - **идентификатор виртуального пути** (Virtual Path Identifier, VPI);
 - **идентификатор виртуального канала** (Virtual Channel Identifier, VCI).
- Протокол АТМ выполняет ряд функций:
 - по контролю за соблюдением трафик-контракта со стороны пользователя сети,
 - маркировке ячеек-нарушителей,
 - отбрасыванию ячеек-нарушителей при перегрузке сети,
 - управлению потоком ячеек для повышения производительности сети.

Адресация в сетях АТМ

- Адрес конечного узла в коммутаторах АТМ 20-байтный.
 - При работе в публичных сетях используется адрес стандарта E.164. Адрес имеет гибкий формат и может делиться на части для обеспечения иерархической маршрутизации между сетями и подсетями. Он поддерживает больше уровней иерархии, чем IPv4-адрес, и похож в этом отношении на IPv6-адрес.
 - Последние 6 байт адреса занимает поле идентификатора конечной системы (End System Identifier, ESI), которое имеет смысл MAC-адреса узла АТМ, причем формат его также соответствует формату MAC-адреса.

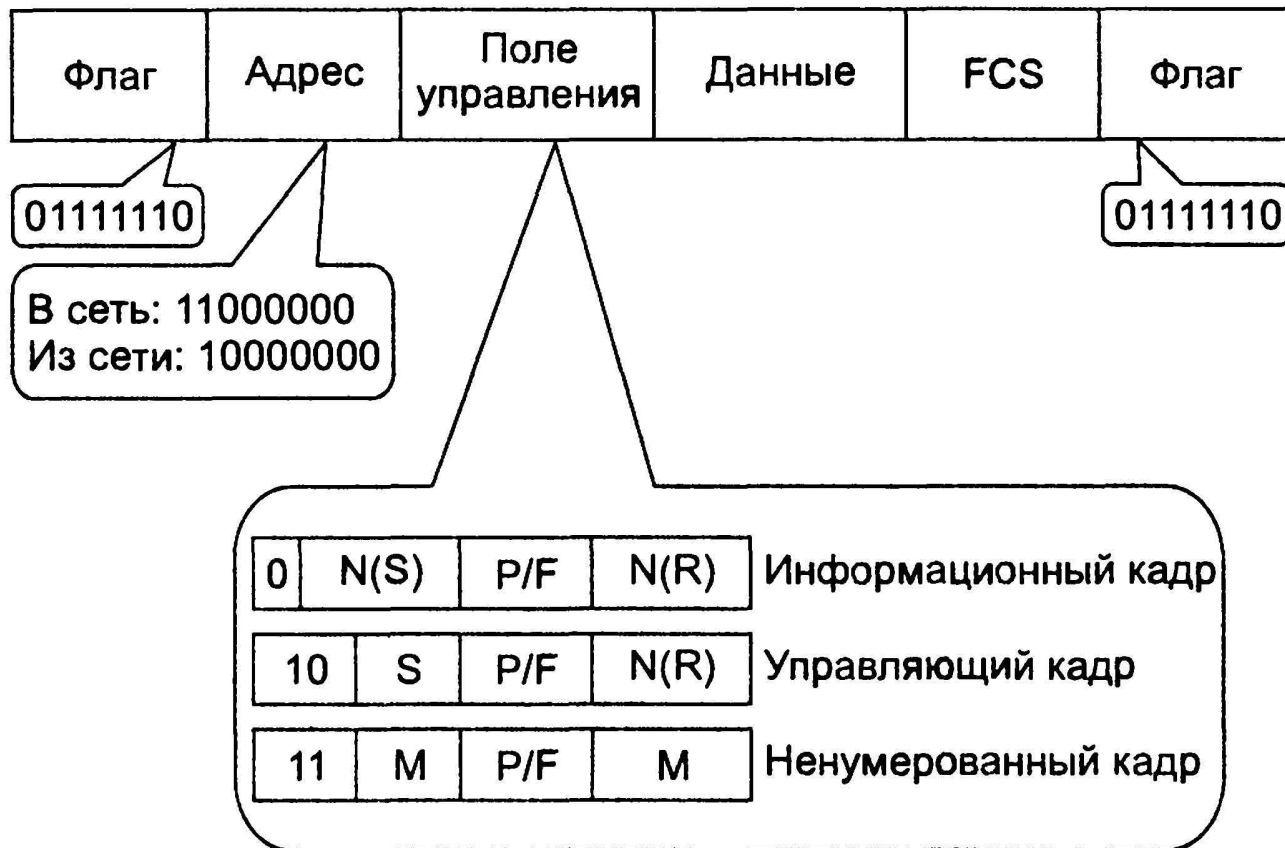
Протоколы канального уровня в глобальных сетях. Двухточечные протоколы

- Из набора существующих двухточечных протоколов протокол IP сегодня использует два: HDLC и PPP.
- Существует устаревший протокол SLIP (Serial Line Internet Protocol — межсетевой протокол для последовательного канала), который долгое время был основным протоколом удаленного доступа индивидуальных клиентов к IP-сети через телефонную сеть.
- В настоящее время он полностью вытеснен протоколом PPP.

Протоколы семейства HDLC

- Протокол HDLC (High-level Data Link Control) – семейство протоколов, образующих канальный уровень для ряда сетей и технологий:
 - LAR-B – сети X.25
 - LAR-D – сети ISDN
 - LAR-M – модемы
 - LAR-F –сети Frame Relay

Структура HDLC-фрейма



Структура HDLC-фрейма

- Формат HDLC-кадра содержит следующие поля:
 - *Открывающий и закрывающий флаги*, представляющие собой коды 01111110;
 - *Поле данных* предназначено для передачи по сети пакетов протоколов вышележащих уровней — сетевых протоколов IP, IPX, AppleTalk, DECnet;
 - *Поле управления* занимает 1 или 2 байта. Его структура зависит от *типа* передаваемого кадра;

Протокол PPP

- Протокол PPP (Point-to-Point Protocol) был создан в конце 80-х годов для решения проблем установки удаленной связи с Интернет.
- Протокол PPP обеспечивает следующие возможности:
 - Управление каналом данных;
 - Назначение ip-адресов и управление ими;
 - Мультиплексирование сетевого протокола;
 - Установку параметров канала и тестирование качества его работы;
 - Обнаружение ошибок;
 - Выбор дополнительных возможностей (согласование адресов сетевого уровня, сжатие данных и т.д.).

Протокол PPP

- **Протокол PPP** (Point-to-Point Protocol) является стандартным протоколом Интернета.
- Протокол PPP представляет собой целое семейство протоколов, в которое, входят:
 - **протокол управления линией связи** (Link Control Protocol, LCP);
 - **протокол управления сетью** (Network Control Protocol, NCP);
 - **многоканальный протокол PPP** (Multi Link PPP, MLPPP);
 - **протокол аутентификации по паролю** (Password Authentication Protocol, PAP);
 - **протокол аутентификации по квитированию вызова** (Challenge Handshake Authentication Protocol, CHAP).

Протокол управления линией связи

- Протокол, в соответствии с которым принимаются параметры соединения, называется *протоколом управления линией связи LSP*.
- В протоколе RPP имеется набор стандартных установок, действующих по умолчанию и учитывающих все стандартные конфигурации.
- При установлении соединения два взаимодействующих устройства для нахождения взаимопонимания пытаются сначала использовать эти установки.
- Каждый конечный узел описывает свои возможности и требования.
- На основании этой информации принимаются параметры соединения, устраивающие обе стороны. Переговорная процедура протоколов может и не завершиться соглашением о каком-нибудь параметре.

Типы LSP-фреймов

- Используются три типа LSP-фреймов:
 - Фреймы установки канала связи;
 - Фреймы закрытия канала;
 - Фреймы поддержки работы канала.

Мультипротокольная поддержка

- *Многопротокольная поддержка* — способность протокола PPP поддерживать несколько протоколов сетевого уровня — обусловила распространение PPP как стандарта де-факто.
- Внутри одного PPP-соединения могут передаваться потоки данных различных сетевых протоколов, включая IP, Novell IPX, AppleTalk, DECnet, XNS, Banyan VINES и OSI, а также данные протоколов канального уровня локальной сети.

Протокол управления сетью

- Каждый протокол сетевого уровня конфигурируется отдельно с помощью соответствующего *протокола управления сетью* (NCP).
- При установлении соединения согласуются параметры протоколов. Например при установлении соединения с инкапсуляцией протокола IP согласуются:
 - IP-адреса взаимодействующих узлов, IP-адреса DNS-серверов, признак компрессии заголовка IP-пакета и т. д.
- Для каждого протокола конфигурирования протокола верхнего уровня, помимо общего названия NCP, используется особое название, построенное путем добавления аббревиатуры CP (Control Protocol) к имени конфигурируемого протокола, например, для IP — это протокол IPCP, для IPX — IPXCP и т. п.

Аутентификация сеанса PPP

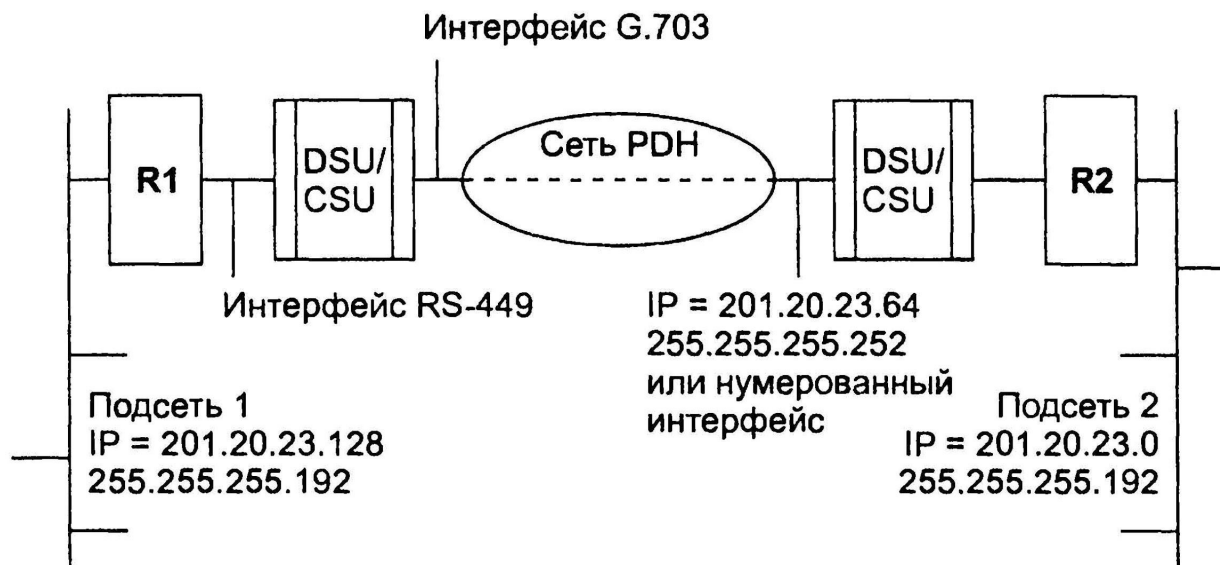
- После установки связи по протоколу PPP возможно выполнить проверку подлинности сторон на основе протокола аутентификации. Можно выбрать протоколы PAP и CHAP для выполнения процедуры аутентификации:
 - Протокол PAP предоставляет удаленному узлу способ подтверждения подлинности путем использования двухэтапного квитирования (handshake). После создания PPP-канала, удаленный узел регулярно посылает имя пользователя и его пароль.
 - Протокол PAP не является строгим протоколом аутентификации, пароли передаются по каналу открытым текстом и отсутствует защита от повторного использования или повторных атак.

Аутентификация сеанса PPP

- Протокол CHAP используется для периодической проверки удаленного доступа с использованием метода трехэтапного квитирования. Такая проверка осуществляется после создания канала и может быть проведена в любой момент.
- После создания канала PPP хост посылает сообщение о вызове на удаленных узел. Удаленный узел посылает в ответ соответствующее значение. Хост сравнивает его с имеющимся значением и, если они совпадают, подлинность подтверждается. В противном случае связь прекращается.

Использование выделенных линий IP-маршрутизаторами

- Для соединения порта маршрутизатора с выделенной линией необходимо использовать устройство DCE соответствующего типа.
- Это устройство требуется для согласования физического интерфейса маршрутизатора с интерфейсом физического уровня, используемого выделенной линией, например V.35 с T1



Литература

- В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер.