

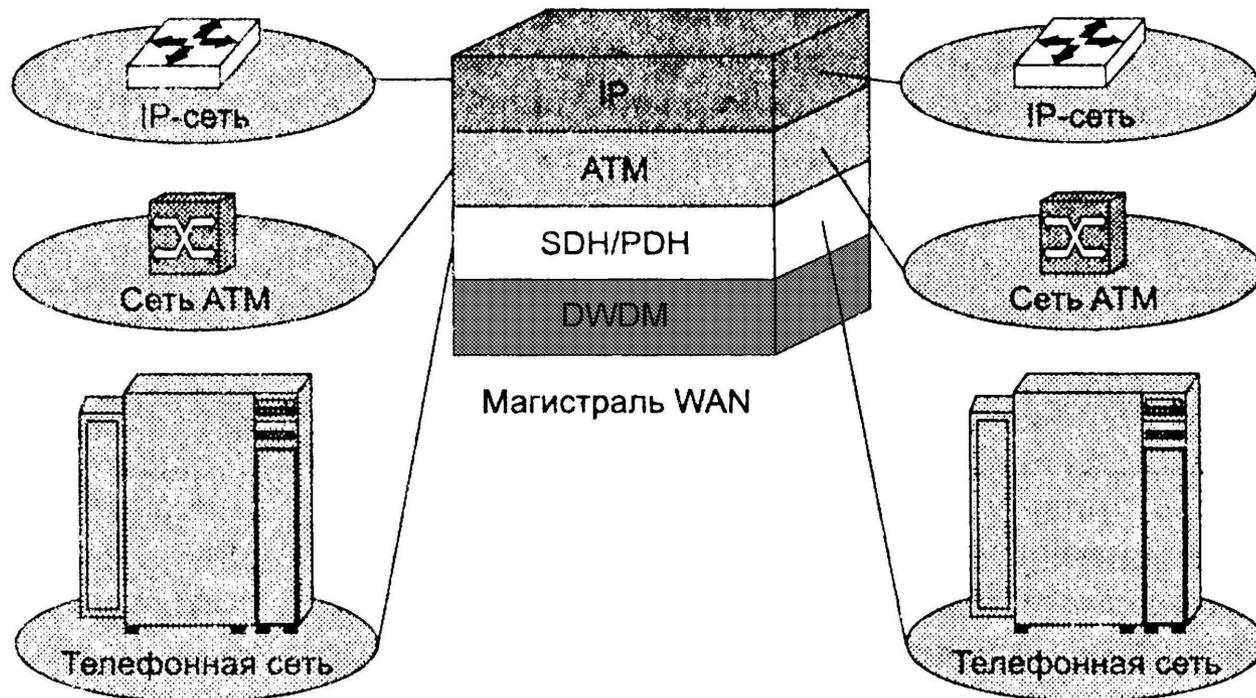
# Информационные сети

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.

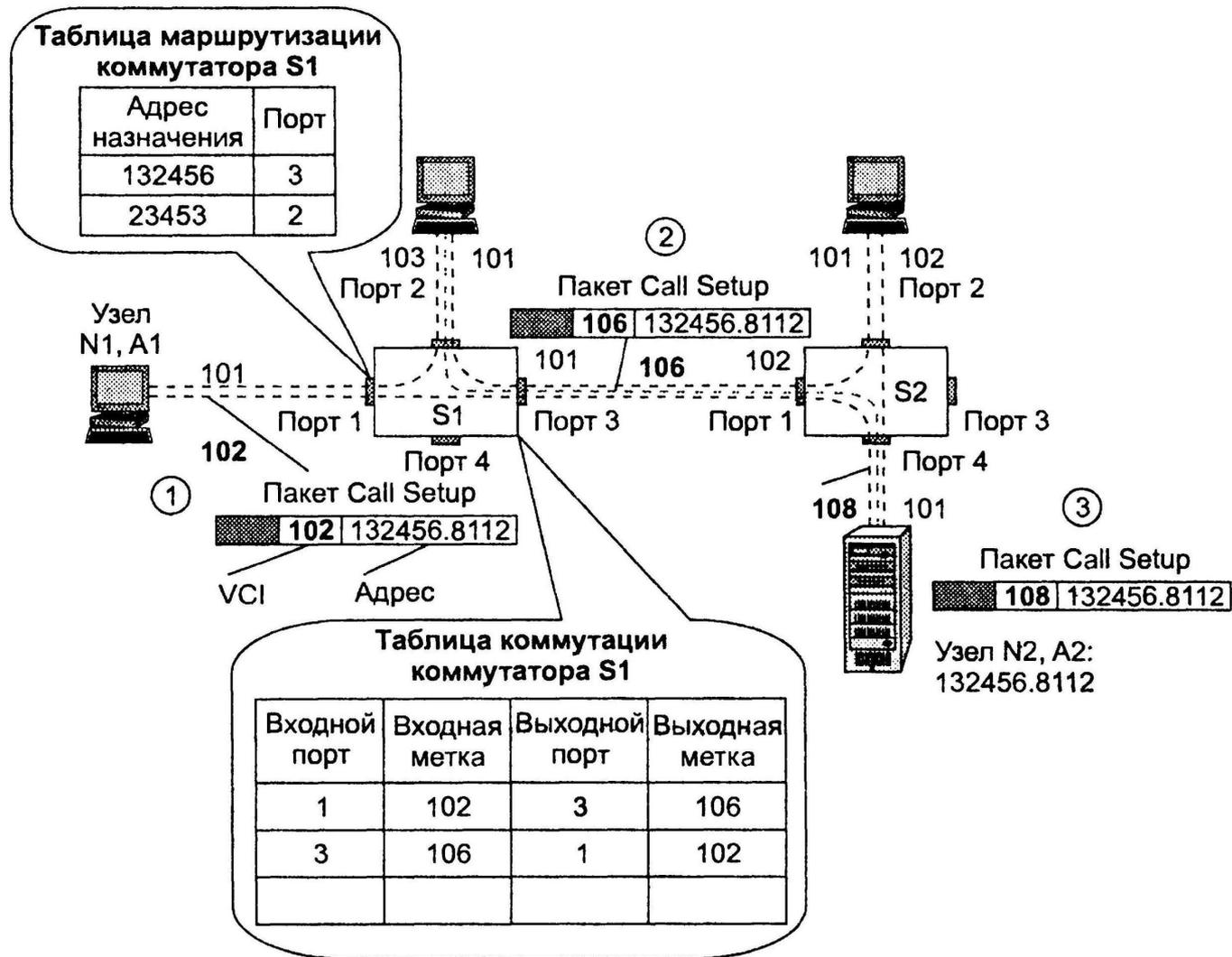
# Техника виртуальных каналов

- 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

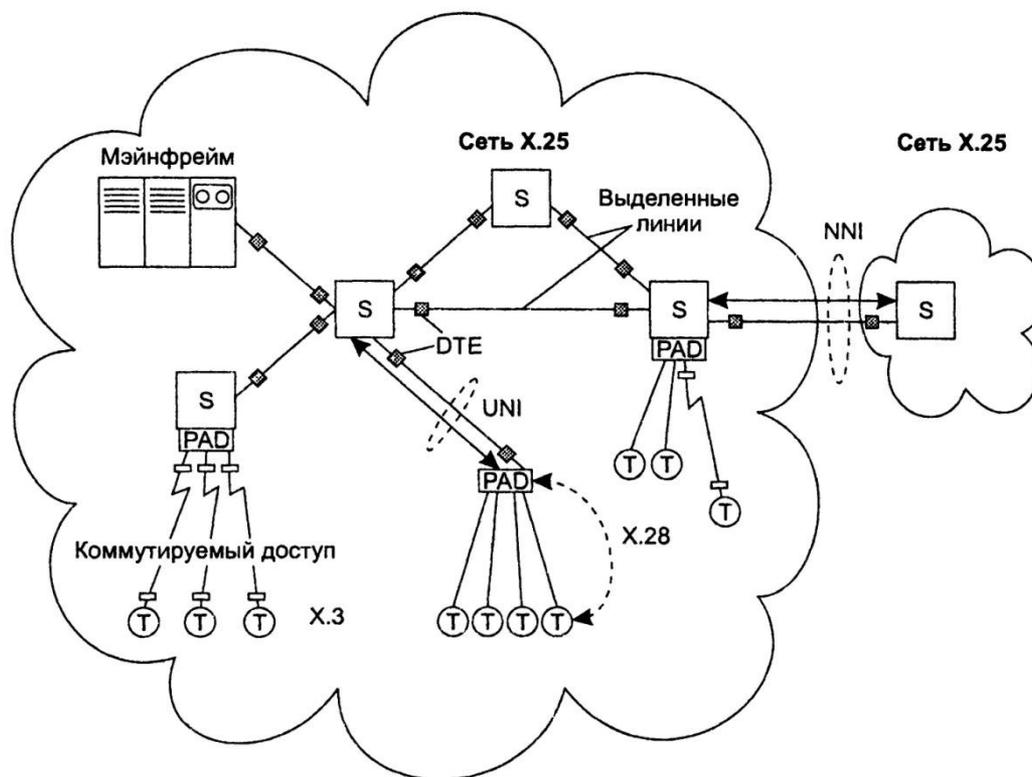
- Стандарт X.25 был разработан комитетом CCITT в 1974 году и пересматривался несколько раз. Стандарт описывает не внутреннее устройство сети X.25, а пользовательский интерфейс с сетью.
- Интерфейс этого типа называют **интерфейсом между пользователем и сетью** (User-to-Network Interface, UNI).
- Внутреннее 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

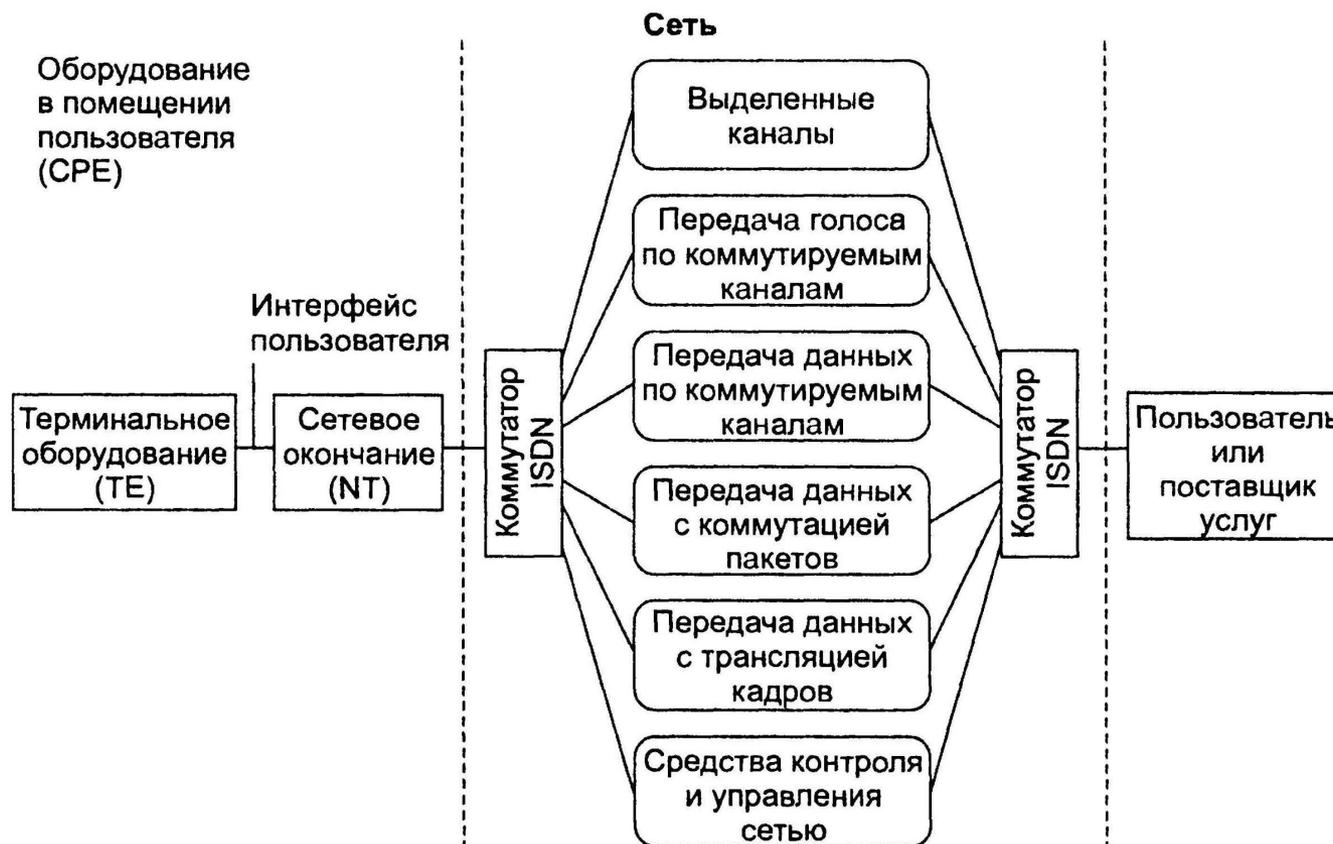
- Сервис ISDN разрабатывался для решения проблем подключения небольших офисов или отдельных пользователей, нуждавшихся в большей полосе пропускания, чем предоставляемые обычными телефонными службами.
- Сети ISDN была разработана для использования существующих телефонных кабельных систем.

# 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



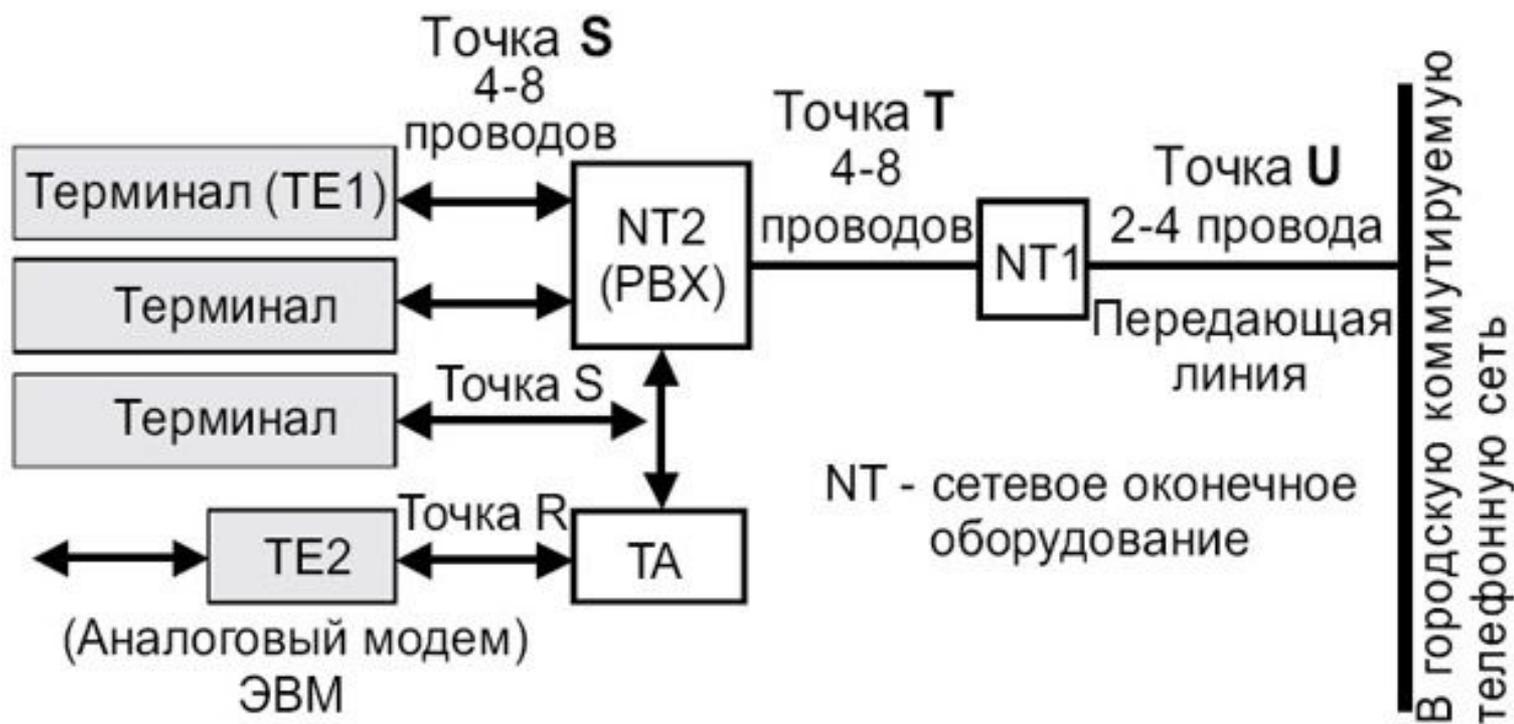
# Особенности сети ISDN

- 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.

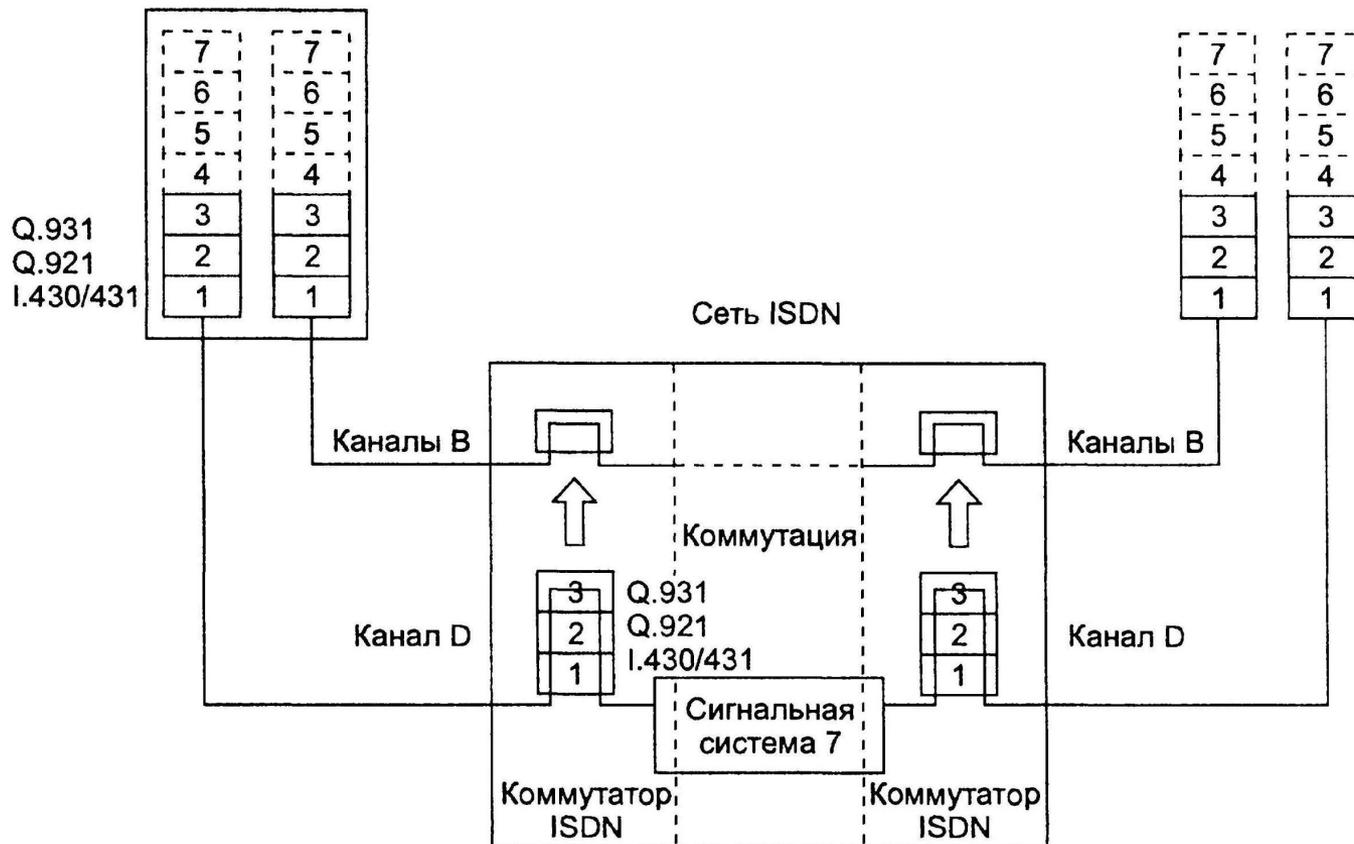
# Стек протоколов ISDN

- *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.

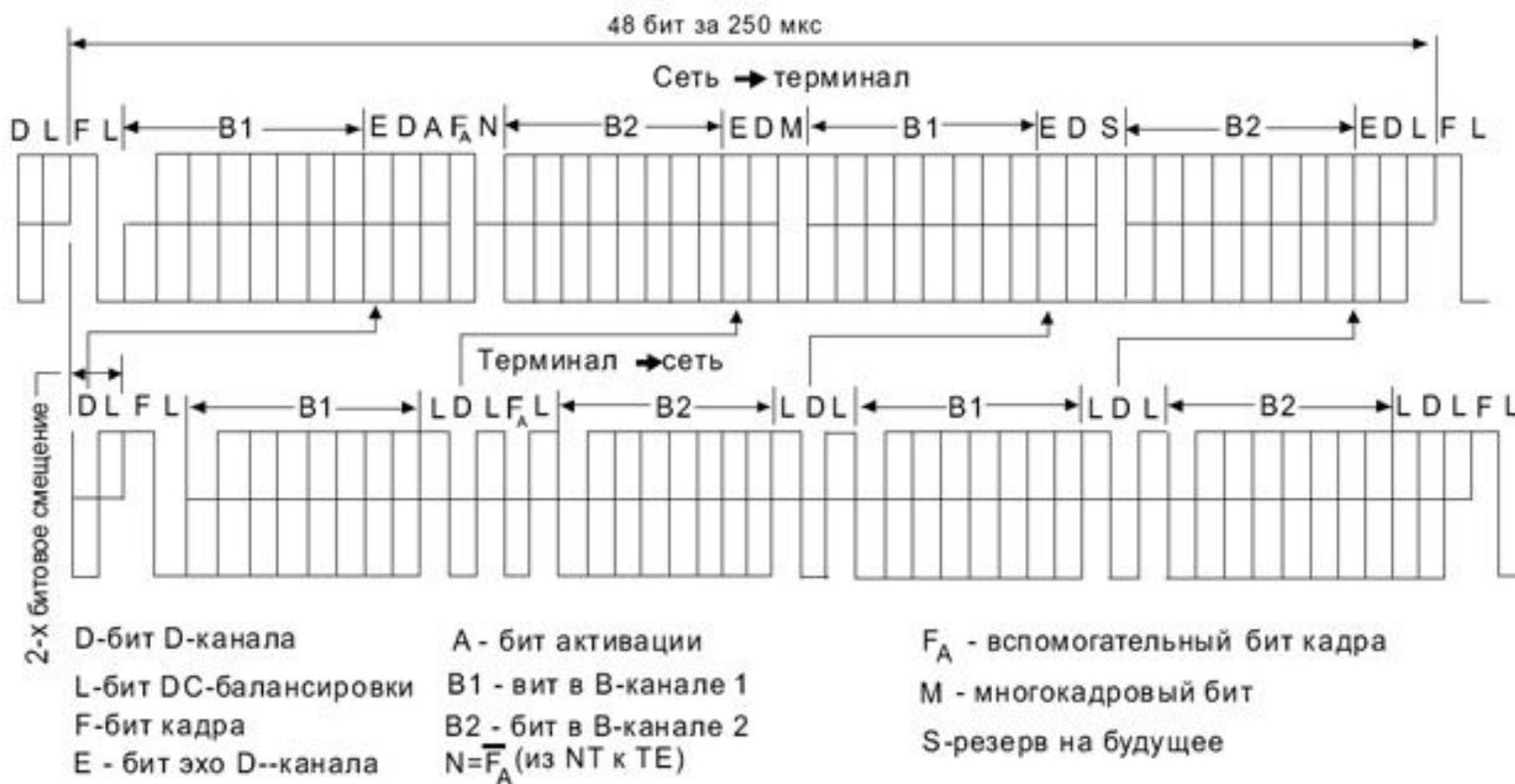
# Структура сети ISDN



# 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

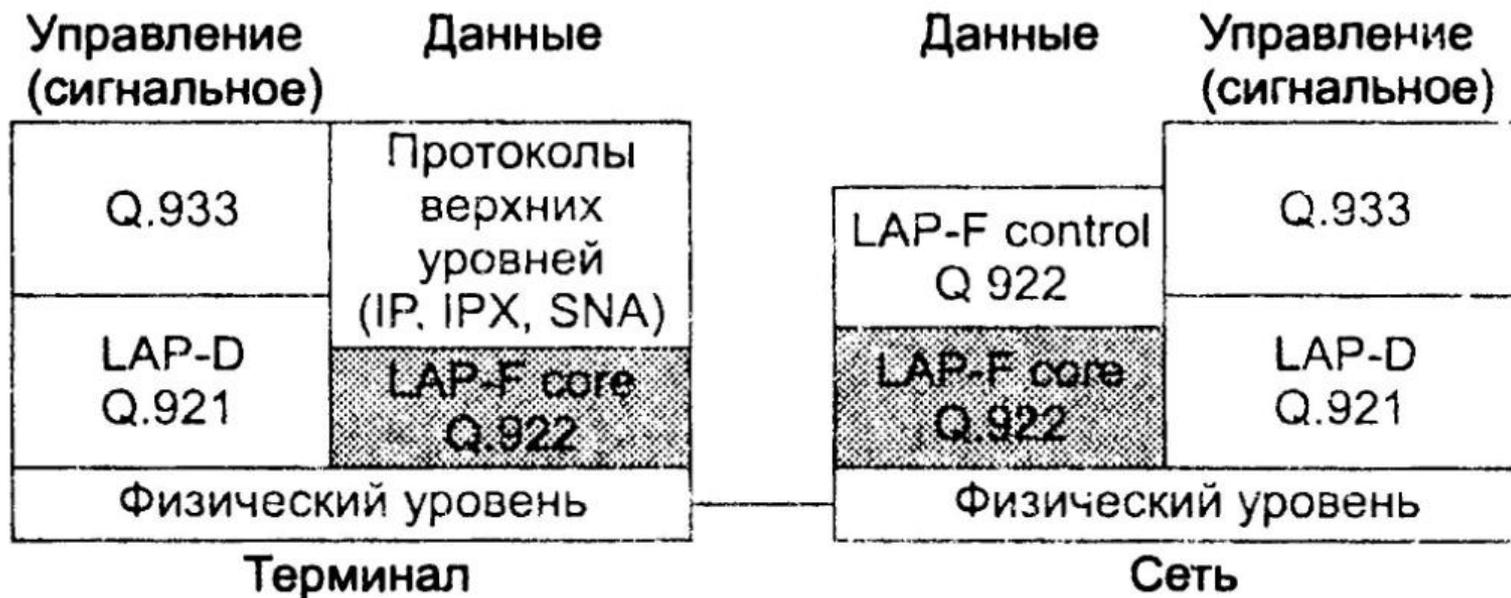
- Сети **Frame Relay** ориентированы на передачу пульсирующего трафика компьютерных сетей (и обеспечивают такую передачу лучше) по сравнению с сетями X.25.
- Технология Frame Relay была сначала стандартизована комитетом CCITT (ITU-T) как одна из служб сетей ISDN.
- Технология **ISDN** является первым 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.



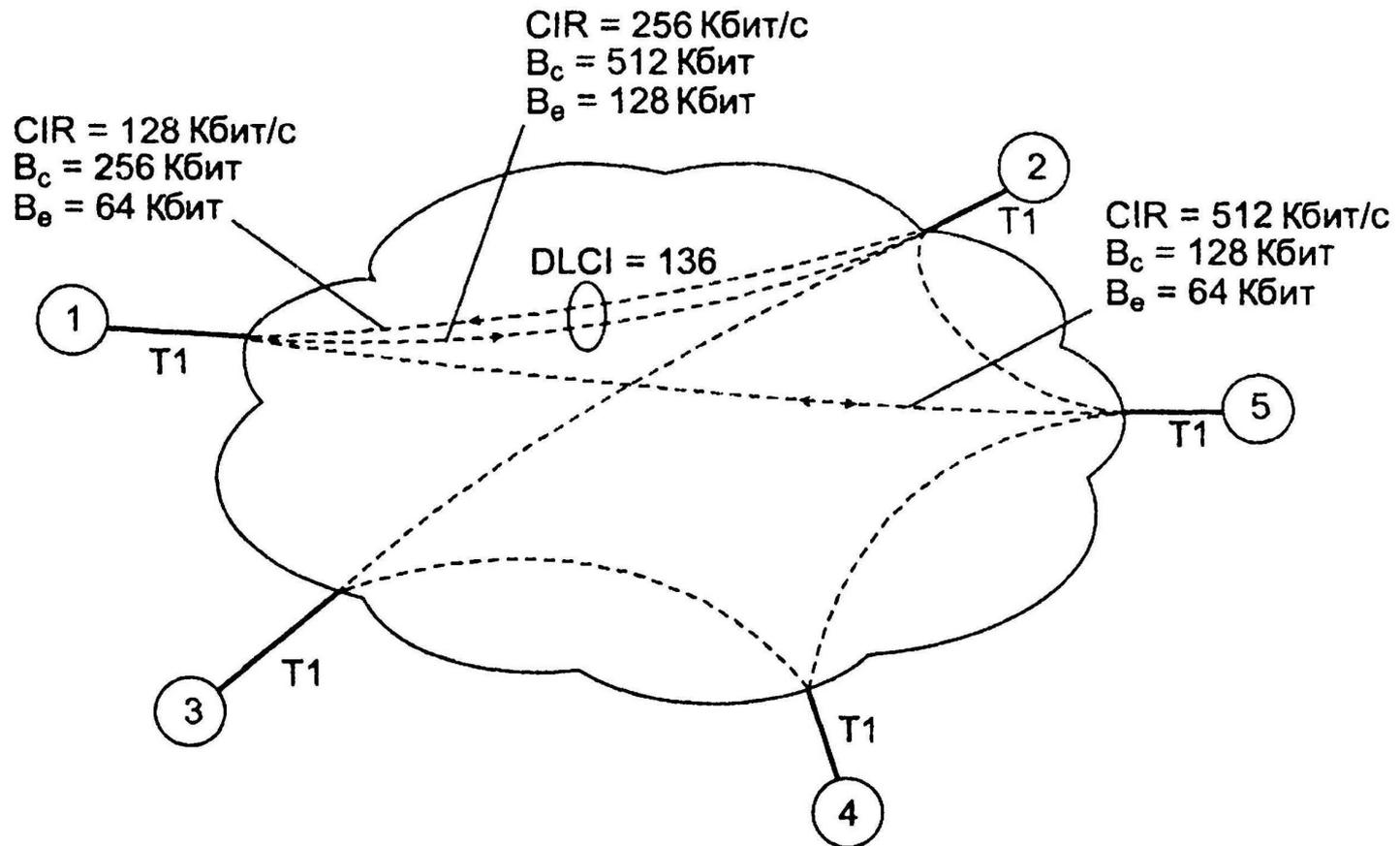
# Адресация в сетях Frame Relay

- 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.

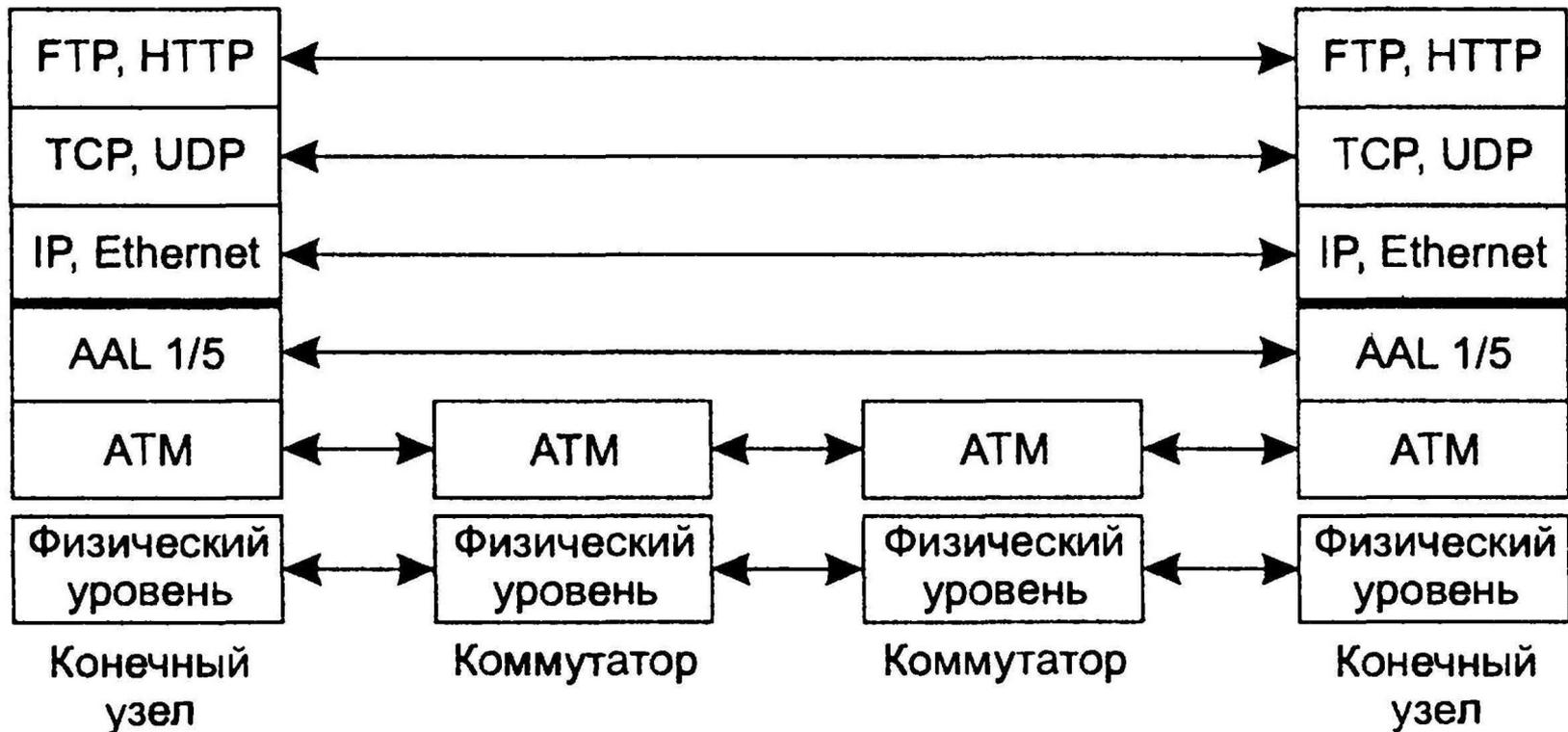
# Кадр АТМ

- *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

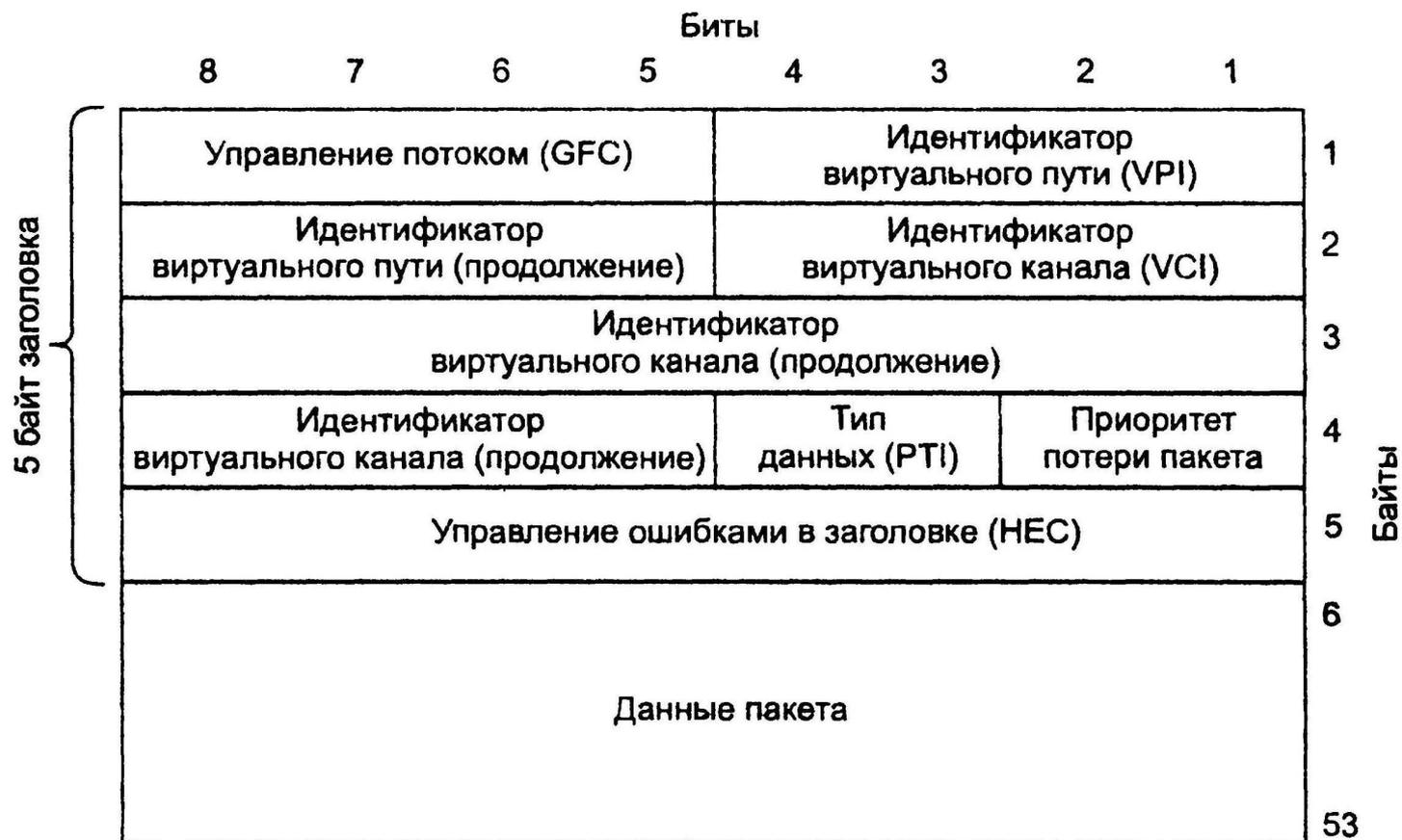
*Верхние уровни сети*

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 AAL. Эта часть не зависит от типа протокола AAL (и, соответственно, от класса передаваемого трафика) и занимается разбиением (сегментацией) сообщения, принимаемого AAL 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 AAL. 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 AAL для выполнения своей работы используют служебную информацию, размещаемую в заголовках уровня AAL.

# 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.

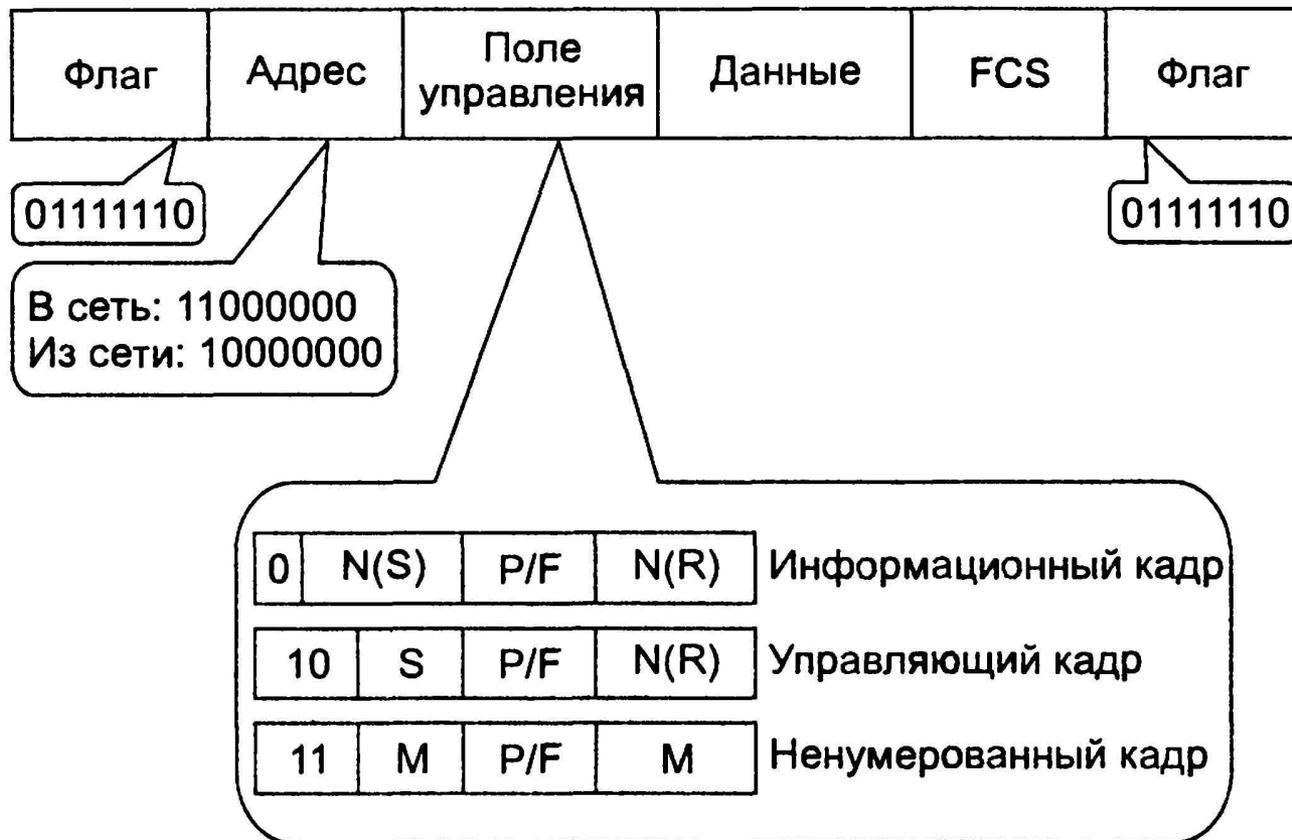
## Протоколы канального уровня в глобальных сетях. Двухточечные протоколы

- 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

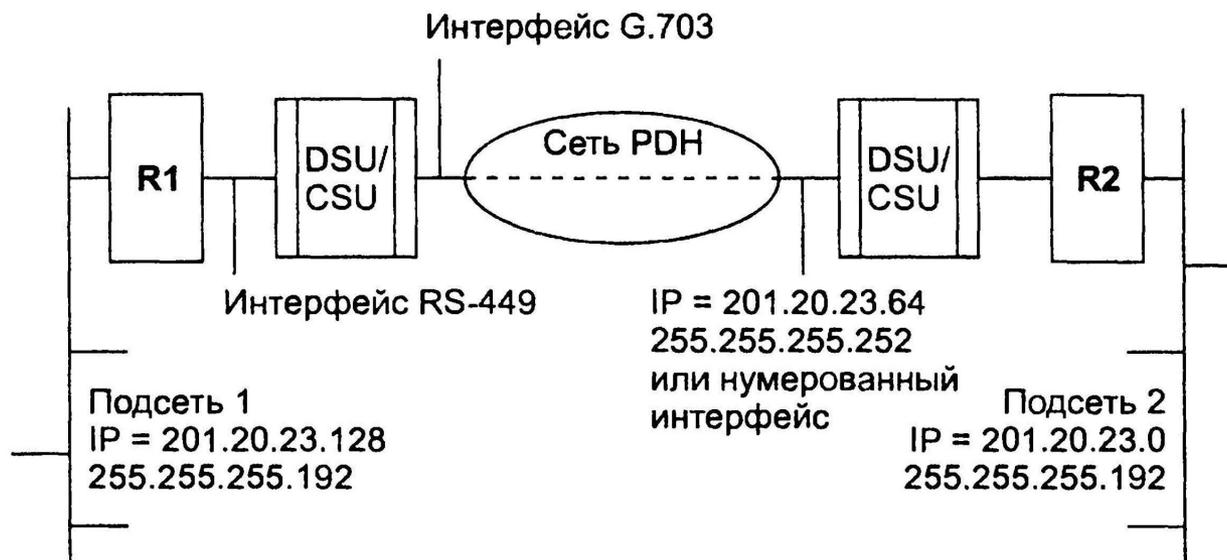
- После установки связи по протоколу PPP возможно выполнить проверку подлинности сторон на основе протокола аутентификации. Можно выбрать протоколы PAP и CHAP для выполнения процедуры аутентификации:
  - Протокол PAP предоставляет удаленному узлу способ подтверждения подлинности путем использования двухэтапного 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.