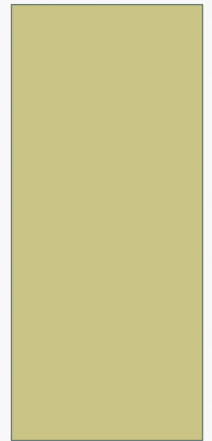


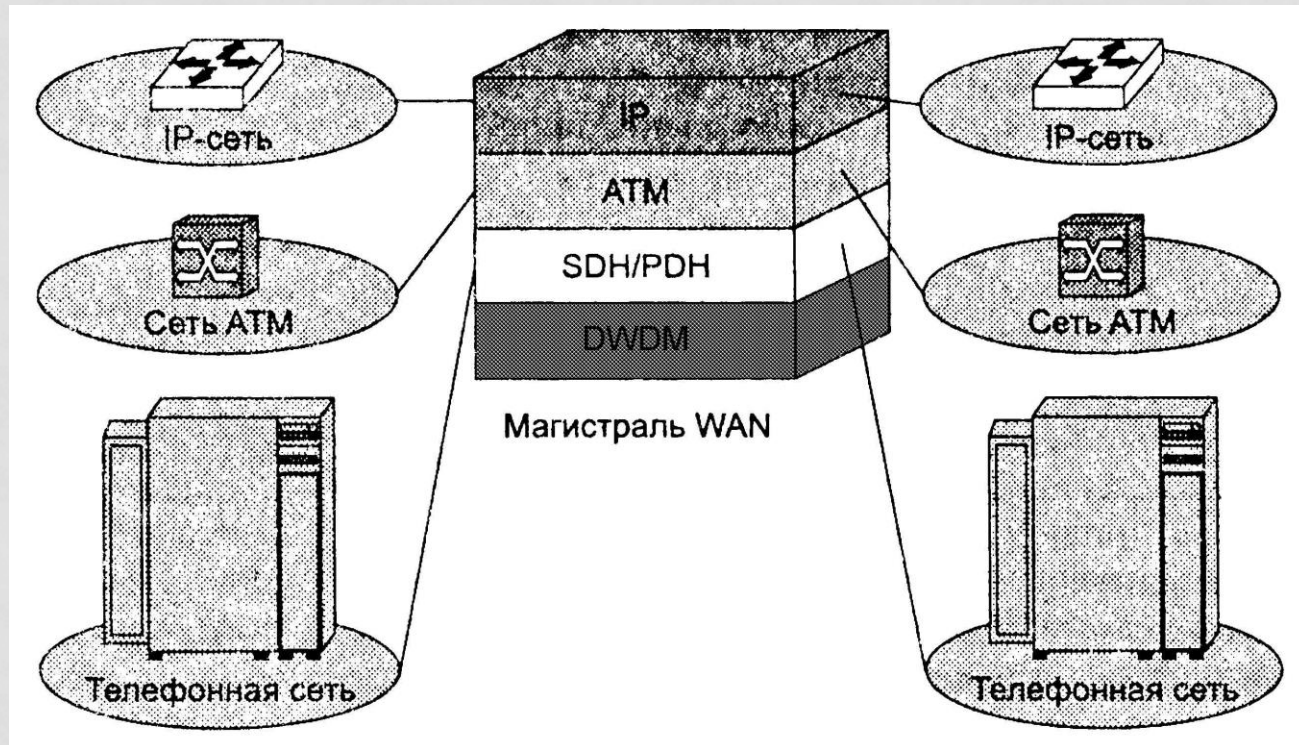
# ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ

ЛЕКЦИЯ 9.  
ПРОТОКОЛЫ ГЛОБАЛЬНЫХ СЕТЕЙ



# СТЕК 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 первичная сеть использует технологию DWDM, образуя 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 организует постоянные цифровые каналы между точками подключения оборудования следующего уровня - *наложенной сети* — пакетной или телефонной.

# ТЕХНИКА ВИРТУАЛЬНЫХ КАНАЛОВ

- Технология сетевого уровня – 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 ATM
- Техника виртуальных каналов является альтернативой датаграммному способу продвижения пакетов, на котором основаны сети Ethernet и IP.

# СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ 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 пакетов реализует простотой алгоритм 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 (например, Frame Relay или ATM).
- 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 пакетного 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

- Телекоммуникационные 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 технологии доступа к сетевой магистрали:
  - существующая кабельная инфраструктура (например, линии ADSL, работающие на абонентских окончаниях телефонной сети);
  - оптические сети (PON);
  - кабельные модемы, использующие системы кабельного телевидения;
  - 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.

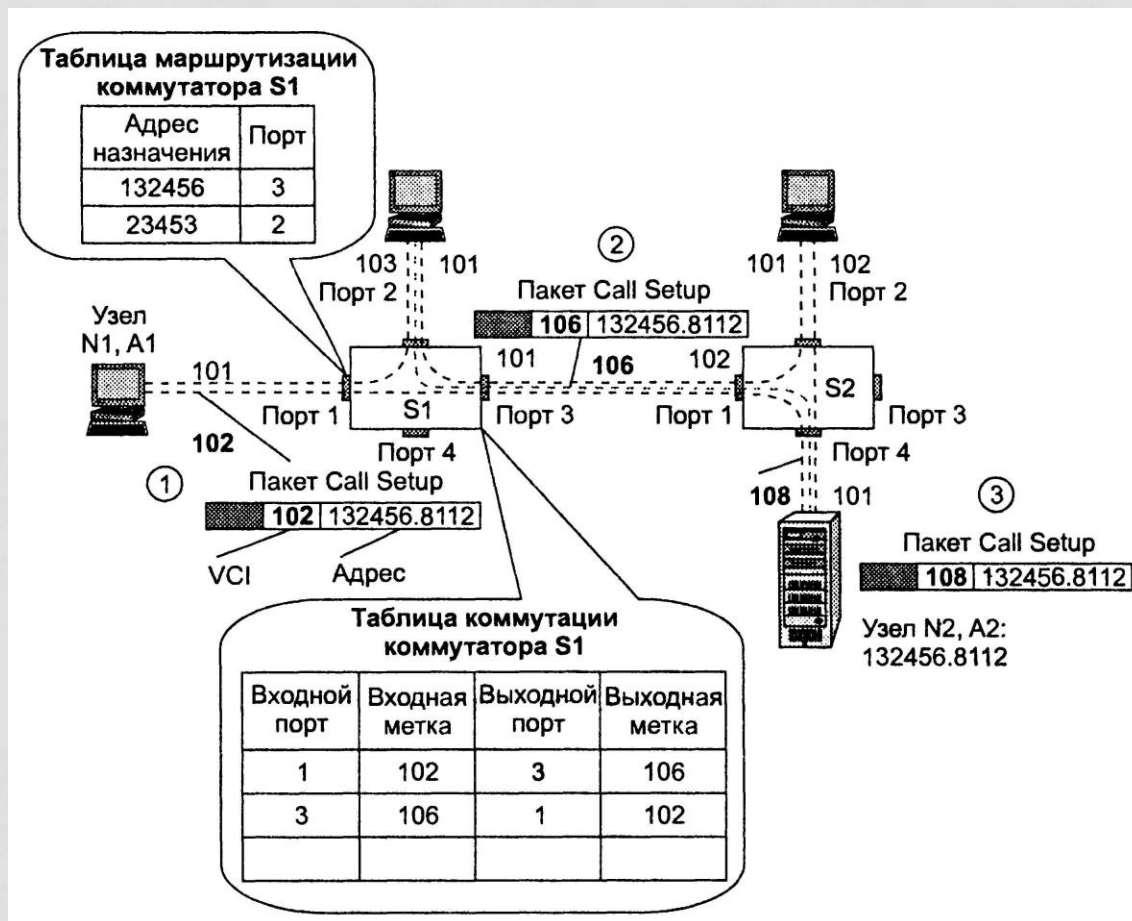
# КОММУТИРУЕМЫЕ ВИРТУАЛЬНЫЕ КАНАЛЫ

- Процедура создания коммутируемого виртуального канала аналогична 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 пакетных сетей, например IP-сетей.

# 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.

# УСТАНОВЛЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО КАНАЛА



# 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).
- 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.
  - Пример – технология **Frame Relay**, в которой долгое время существовали только каналы PVC.
- Технология **ATM** поддерживает 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.

# НАДЕЖНОСТЬ ДОСТАВКИ ДАННЫХ

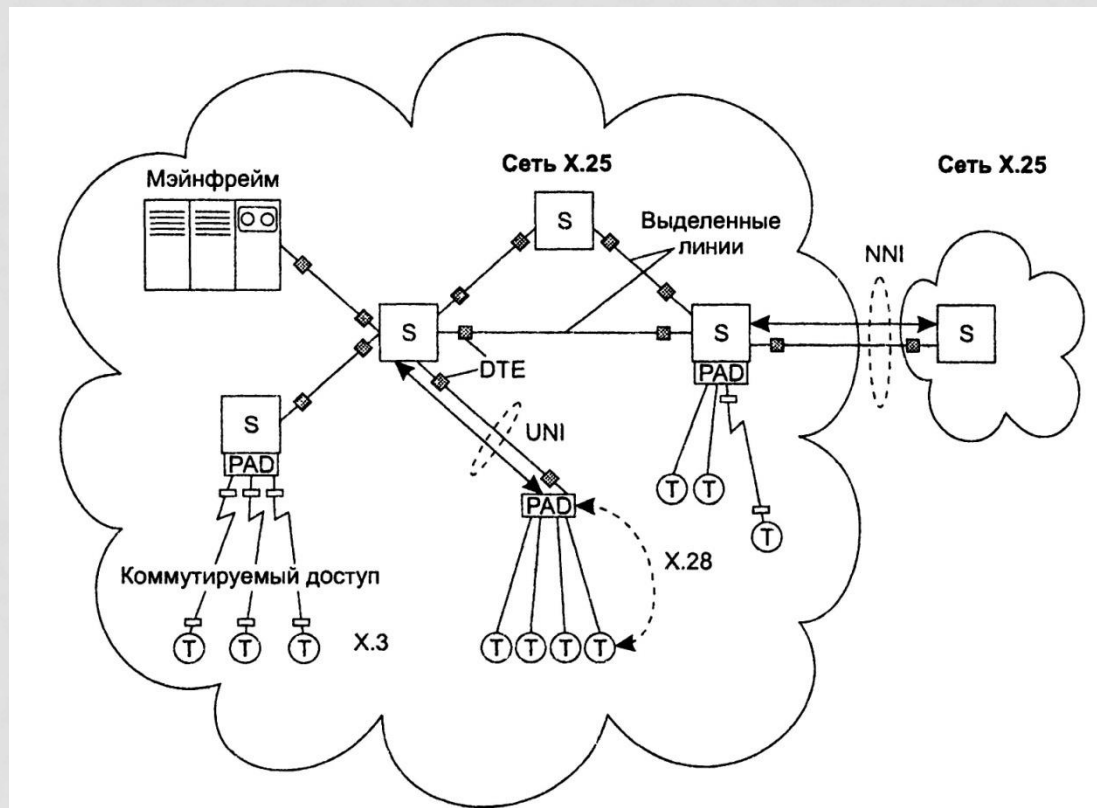
Протоколы трехуровневого стека протоколов X.25 на канальном и сетевом уровнях работают с установлением соединения, управляют потоками данных и исправляют ошибки.

Такая избыточность функций, обеспечивающих надежную передачу данных, связана с 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.

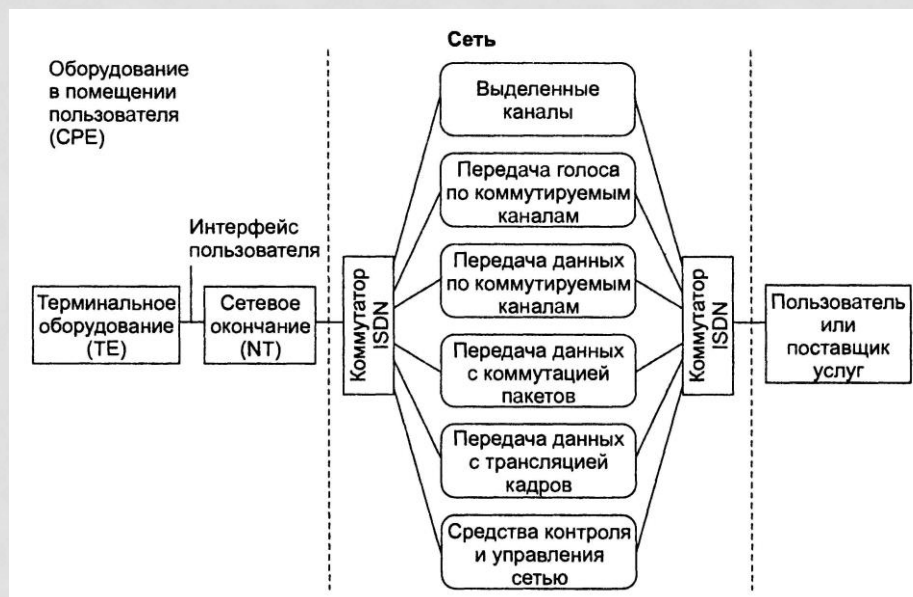
# ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ISDN

## 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

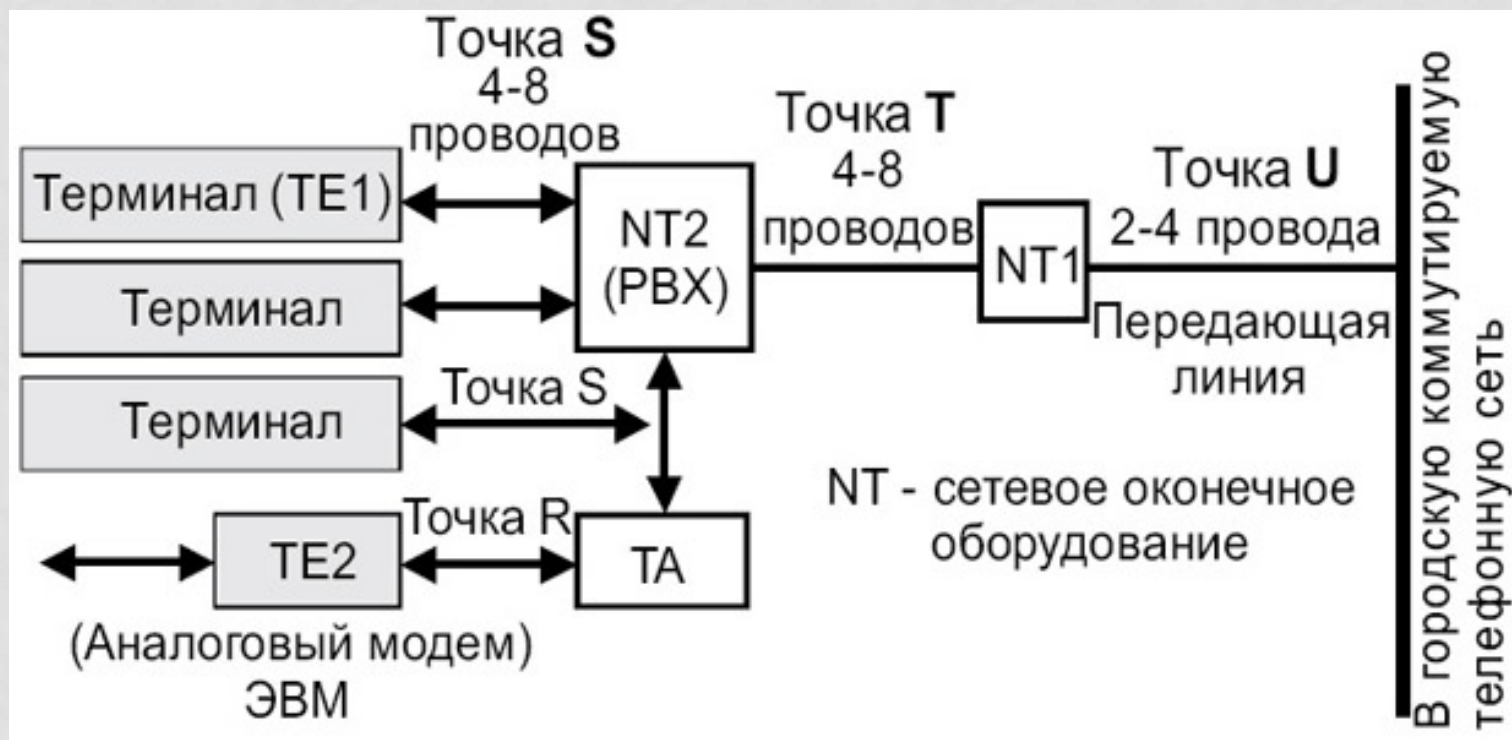
- Базовой скоростью сети ISDN является скорость канала DS-0 – 64 Кбит/с.
  - Выбор скорости ориентируется на самый простой метод кодирования голоса — PCM, хотя дифференциальное кодирование и позволяет передавать голос с тем же качеством на скорости 32 или 16 Кбит/с.
- Одной из оригинальных идей, положенных в основу ISDN, является совместное использование принципов коммутации каналов и пакетов.
- 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



# ТИПЫ КАНАЛОВ В СЕТЯХ 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) 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.

# ТИПЫ КАНАЛОВ В СЕТЯХ ISDN

- **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 B 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 H** предоставляют пользователям возможности высокоскоростной передачи данных со скоростью 384 Кбит/с (H0), 1536 Кбит/с (H11) или 1920 Кбит/с (H12).
  - Используется для работы 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 H. При этом общая пропускная способность интерфейса все равно не должна превышать 2,048 или 1,544 Мбит/с.
- Для каналов H0 возможны интерфейсы  $3H0 + D$  для американского варианта и  $5H0 + D$  для европейского.
- Для каналов H1 возможен интерфейс, состоящий только из одного канала H11 (1,536 Мбит/с) для американского варианта или одного канала H12 (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.<sup>30</sup>

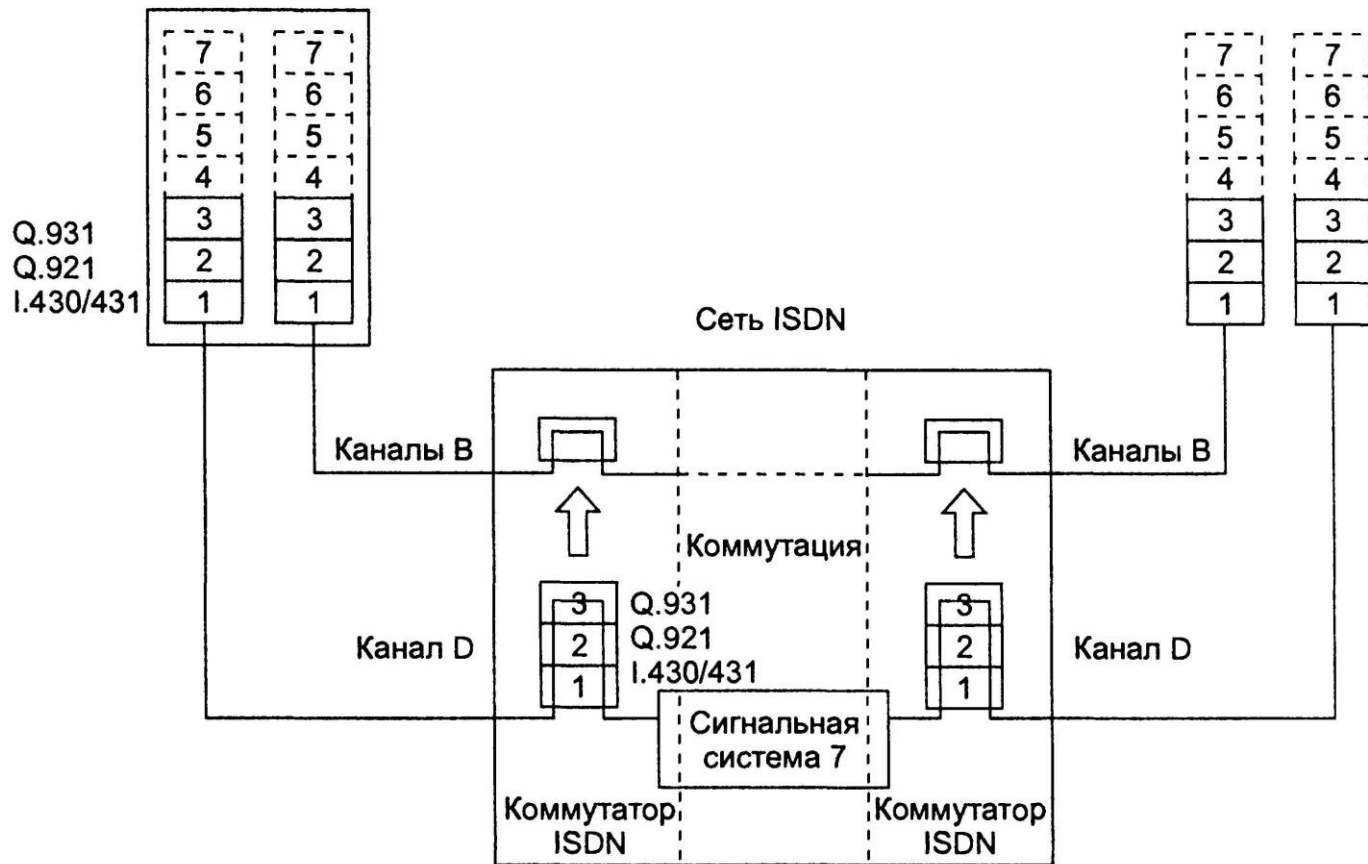
# СТЕК ПРОТОКОЛОВ ISDN

- 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.

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УСТРОЙСТВ В СЕТИ ISDN

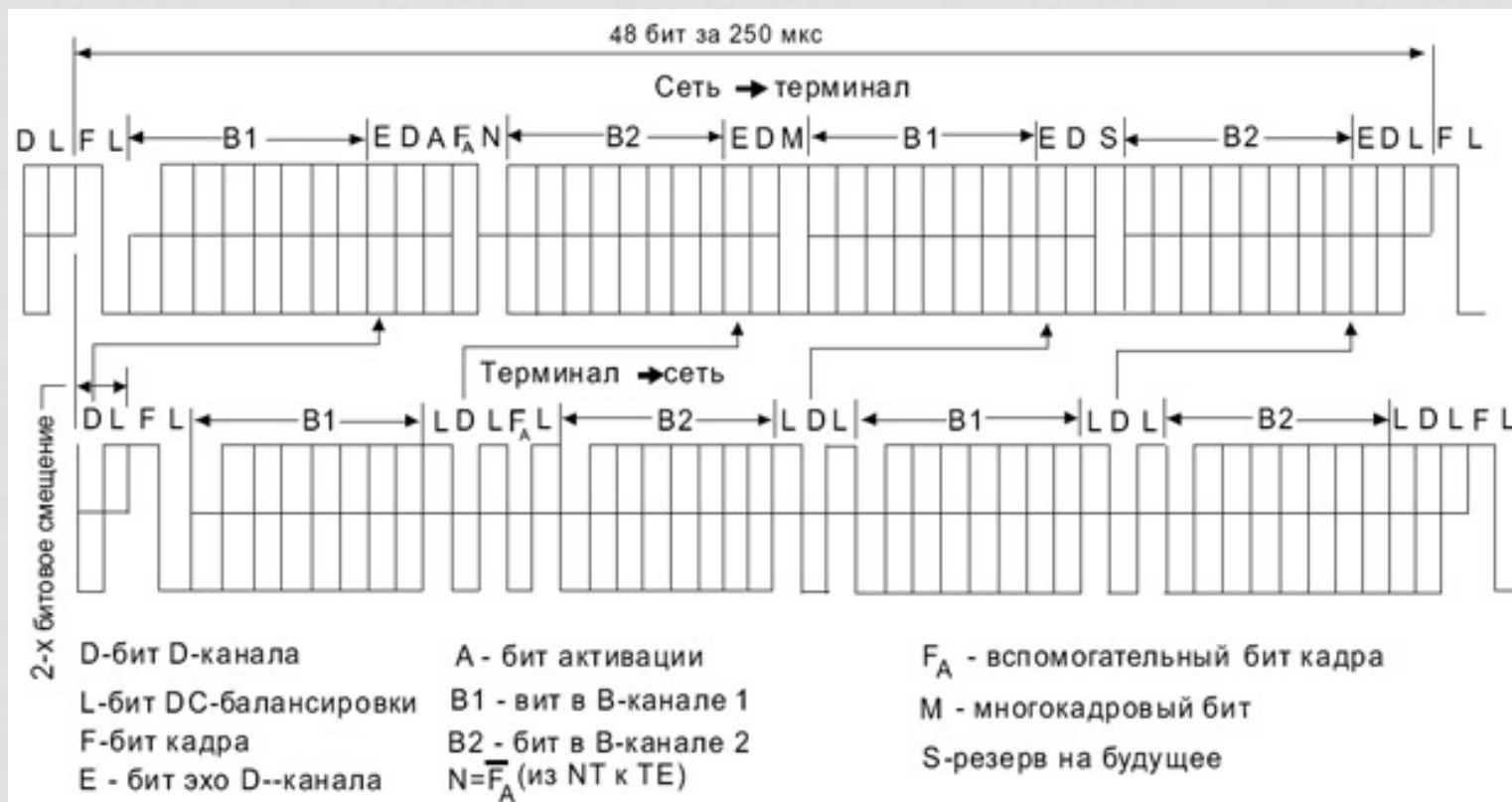




# ФИЗИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ISDN

- 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 B1, B2 < D используются для данных пользователя

# ФОРМАТ КАДРА 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.
  - В настоящее время технология Frame Relay независима от ISDN.

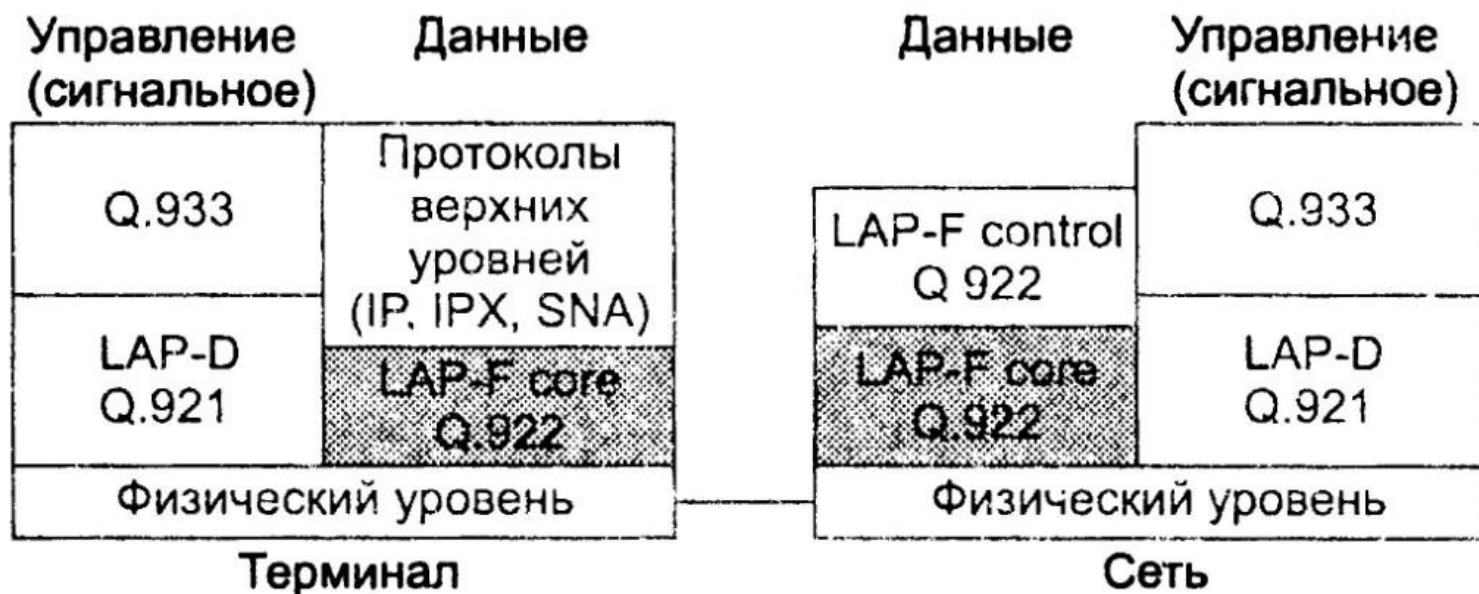


# ОСОБЕННОСТИ ПРОТОКОЛА FRAME RELAY

- Протокол Frame Relay (I.122 ITU-t; ANSI T1S1.2; RFC-1490, -1315, -1604) обеспечивает:
  - скорость передачи данных ~1,5 Мбит/с,
  - меньшие задержки,
  - меньшую надежность доставки информации.
- Frame Relay предназначен для межсетевого общения, ориентирован на соединение и использует два протокольных уровня модели OSI.
  - Остальные уровни должны реализоваться 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 LAP-D (который называется также **Q.921**) и **Q.933** на сетевом.
  - Протокол LAP-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.

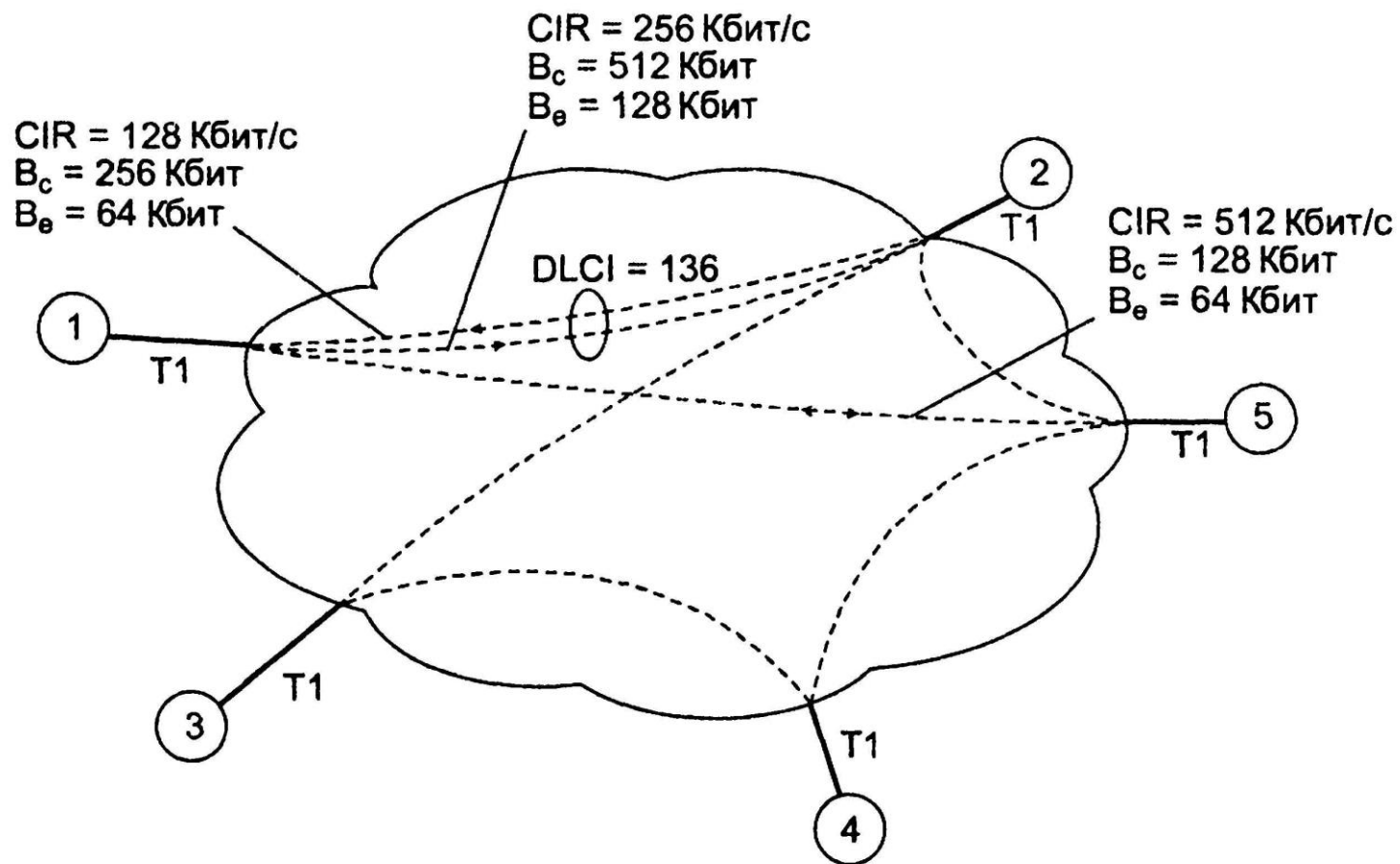
# ФОРМАТ АДРЕСА

- 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

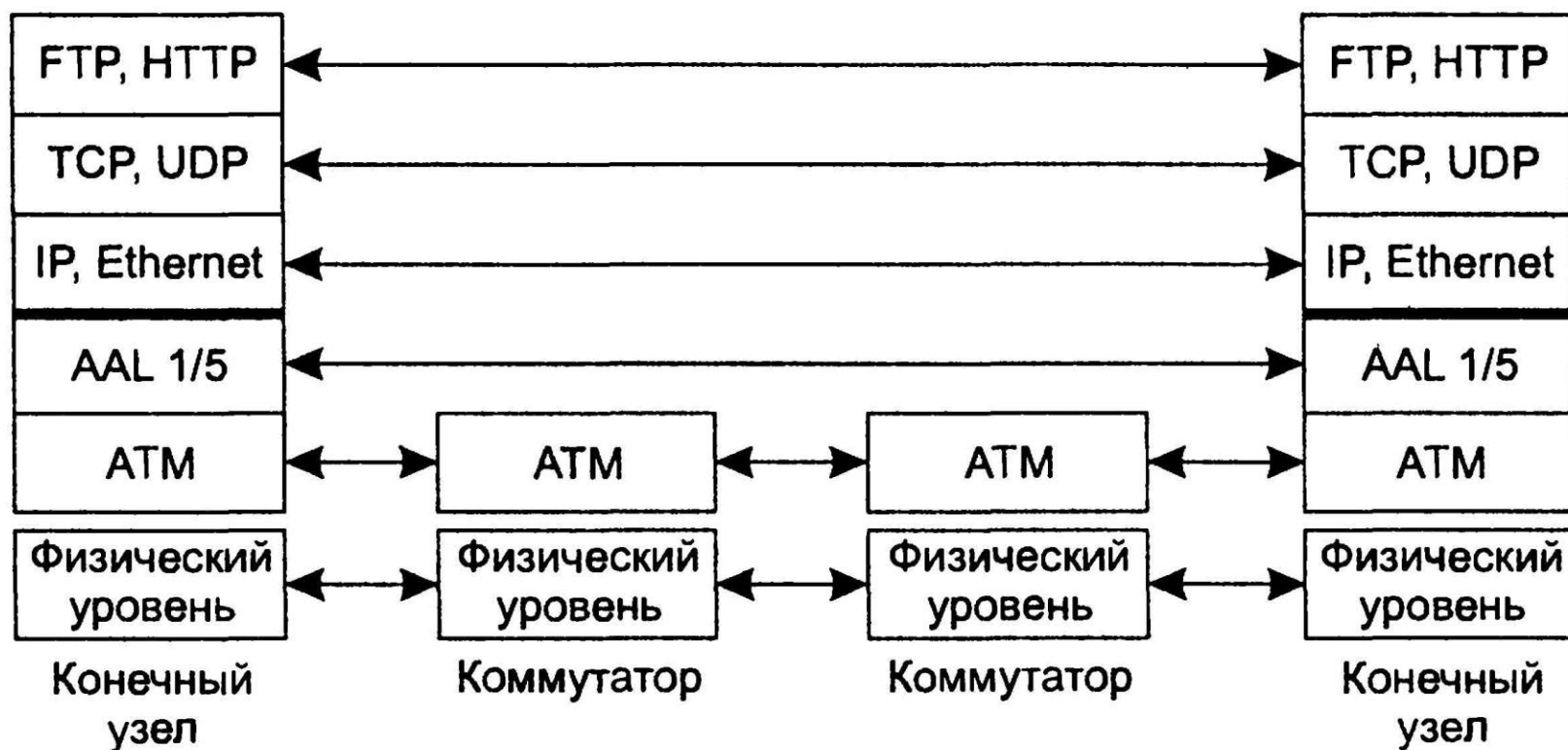
- Кадр АТМ имеет размер 53 байта (поле данных 48 байта).
- Для обозначения небольшого и фиксированного по размеру кадра АТМ используется специальное название — ячейка.
  - Выбор такого размера кадра - результат компромисса между требованиями эластичного и чувствительного к задержкам трафиков.
  - При 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.

# КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ В ТЕХНОЛОГИИ АТМ

- В технологии АТМ 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 ПРОТОКОЛОВ В СЕТЯХ АТМ



# СТЕК ПРОТОКОЛОВ АТМ

## *Верхние уровни сети*

Уровни адаптации ATM (AAL1-5)	Подуровень конвергенции (CS)	Общая часть подуровня конвергенции
		Специфическая для сервиса часть
	Подуровень сегментации и реассемблирования (SAR)	
Уровень ATM (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 IPv-4 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.

# ЛИТЕРАТУРА

- В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер.
- Семенов Ю.А. Алгоритмы и протоколы сетей передачи данных.