

# Телекоммуникационные системы

## Лекция 3

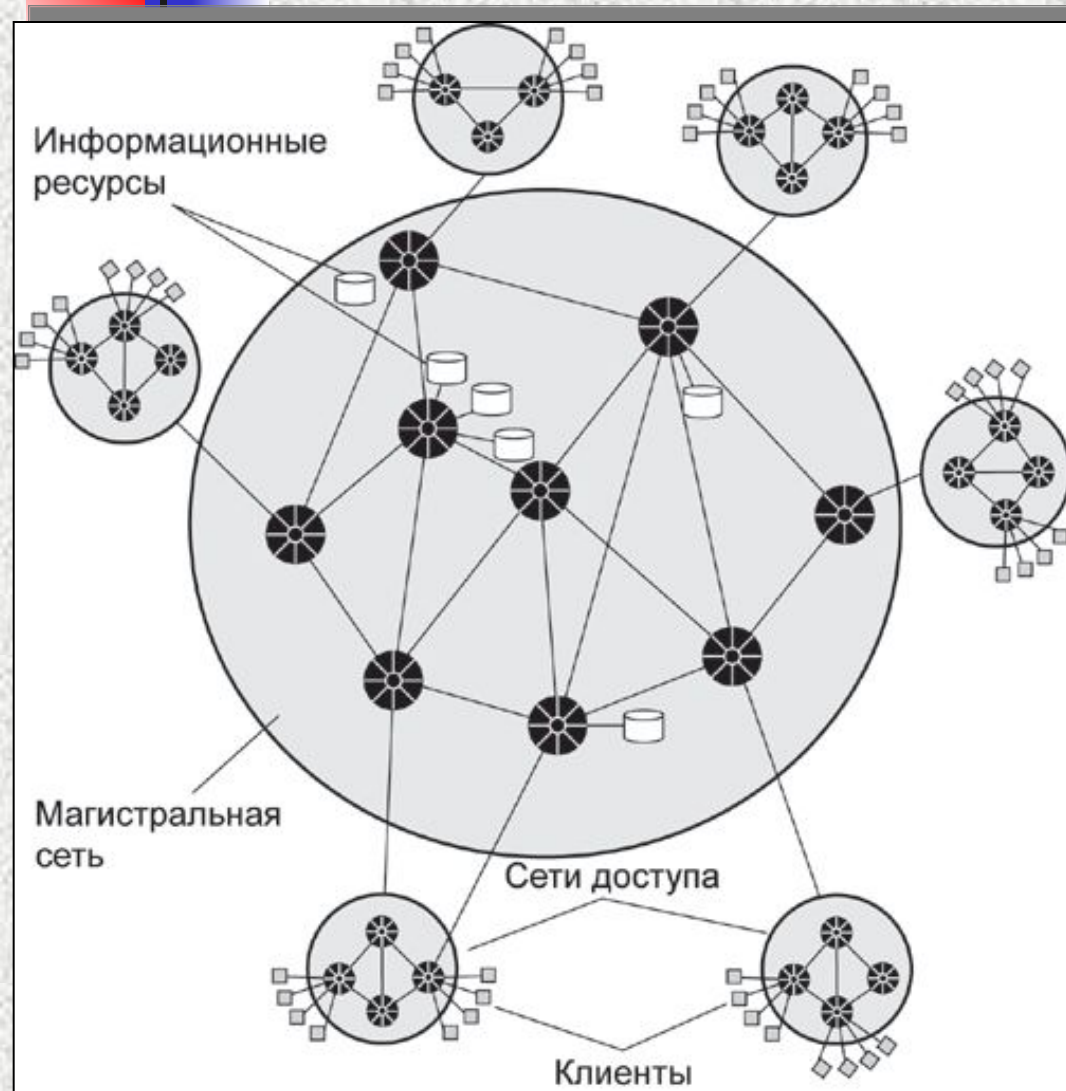
### Глобальные сети

---

Общие положения по ТКС

1. Первичные сети PDH, SDH/SONET, DWDM
2. Сети и технологии X.25 и Frame Relay
3. Сети и технологии ATM

# Структура телекоммуникационной сети (ТКС)



ТКС включает:

- **сеть доступа** (*access network*) - предназначена для концентрации информационных потоков, поступающих по многочисленным **каналам связи** от оборудования пользователей, в сравнительно небольшом количестве узлов **магистральной сети** (магистралей);
- **магистраль** (*backbone* или *core network*) - объединяет отдельные **сети доступа**, обеспечивая транзит трафика между ними по высокоскоростным **каналам**;
- **информационные центры** или центры управления сервисами (*data centers* или *services control point*) - это собственные информационные ресурсы сети, на основе которых осуществляется обслуживание пользователей. <sup>2</sup>



# Телекоммуникационные системы

## 1. Первичные сети PDH, SDH/SONET, DWDM

Первичные сети предназначены для создания коммутируемой инфраструктуры, с помощью которой можно быстро и гибко организовать постоянный канал с двухточечной топологией между двумя устройствами, подключенными к такой сети. Используется техника коммутации каналов. На основе каналов, образованных первичными сетями, работают наложенные компьютерные и телефонные сети. Каналы, предоставляемые первичными сетями, отличаются пропускной способностью - **от 2 Мбит/с до 10 Гбит/с**.

Существует три поколения технологий первичных сетей:

- **плезиосинхронная цифровая иерархия** (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH);
- **синхронная цифровая иерархия** (Synchronous Digital Hierarchy, SDH), в США - SONET,
- **уплотненное волновое мультиплексирование** (DWDM).

Первые две технологии (**PDH** и **SDH**) для разделения высокоскоростного канала используют *временное мультиплексирование* (TDM) и передают данные в цифровой форме. Каждая из них поддерживает иерархию скоростей, так что пользователь может выбрать подходящую ему скорость для каналов, с помощью которых он будет строить наложенную сеть.

Технология SDH обеспечивает более высокие скорости, так что при построении крупной первичной сети ее магистраль строится на технологии SDH, а сеть доступа — на PDH.

Сети **DWDM** представляют собой **последнее достижение** в области создания высокоскоростных каналов. Они уже не являются цифровыми, так как предоставляют своим пользователям *выделенную волну* для передачи информации, которую можно задействовать по усмотрению — модулировать или кодировать. Технология DWDM вытесняет SDH из протяженных магистралей на периферию сети, превращая ее в технологию сетей доступа.

Эти три различные технологии позволяют создать гибкую и масштабируемую первичную сеть, способную обслуживать большое количество компьютерных и телефонных сетей. 3



# Телекоммуникационные системы

## 1.1 PDH

---

Начало технологии **PDH** было положено разработкой мультиплексора **T-1**, который позволял в цифровом виде мультиплексировать, передавать и коммутировать (на постоянной основе) голосовой трафик **24** абонентов. Так как абоненты по-прежнему пользовались обычными телефонными аппаратами, то есть передача голоса шла в аналоговой форме, то T-1 сами осуществляли оцифровывание голоса с частотой 8000 Гц и кодировали голос методом импульсно-кодовой модуляции. В результате каждый абонентский канал образовывал цифровой поток данных 64 Кбит/с, а мультиплексор T-1 обеспечивал передачу **1,544 Мбит/с**.

Для соединения крупных телефонных станций каналы T-1 представляли собой слабые и негибкие средства мультиплексирования, поэтому была реализована идея образования каналов с *иерархией скоростей*.

**4** канала типа T-1 объединили в канал следующего уровня цифровой иерархии — **T-2**, передающий данные со скоростью **6,312 Мбит/с**.

Канал **T-3**, образованный путем объединения **7** каналов T-2, имеет скорость **44,736 Мбит/с**.

Канал **T-4** объединяет **6** каналов T-3, в результате его скорость равна **274 Мбит/с**. Эта технология получила название **системы T-каналов**.



# Телекоммуникационные системы

## Первичные сети PDH, SDH/SONET, DWDM

---

С середины 70-х годов выделенные каналы, построенные на основе систем Т-каналов, стали сдаваться телефонными компаниями в аренду на коммерческих условиях. Они позволяют передавать не только голос, но и любые данные, представленные в цифровой форме, — компьютерные данные, телевизионное изображение, факсы и т. п.

Технология систем Т-каналов была стандартизована Американским национальным институтом стандартов (ANSI), а позже — международным комитетом CCITT. При стандартизации она получила название Plesiochrortous Digital Hierarchy (PDH). В результате внесенных комитетом CCITT изменений возникла **несовместимость американской и международной версий стандарта PDH**. Аналогом систем Т-каналов в международном стандарте являются каналы **E-1, E-2 и E-3** со скоростями - **2,048, 8,488 и 34,368 Мбит/с**.

Несмотря на различия, в американской и международной версиях технологии цифровой иерархии принято использовать одни и те же обозначения для иерархии скоростей — **DSn** (Digital Signal n). Далее в таблице приводятся значения для всех введенных стандартами уровней скоростей обеих технологий.

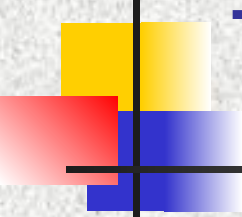
# Телекоммуникационные системы

сети PDH

Таблица

Иерархия цифровых  
скоростей

Обозначение скорости	Америка			ССИТТ (Европа)		
	Количество голосовых каналов	Количество каналов предыдущего уровня	Скорость, Мбит/с	Количество голосовых каналов	Количество каналов предыдущего уровня	Скорость, Мбит/с
<b>DS-0</b>	1	1	<b>64 Кбит/с</b>	1	1	<b>64 Кбит/с</b>
<b>DS-1</b>	24 <b>T1</b>	24	<b>1,544</b>	30 <b>E1</b>	30	<b>2,048</b>
<b>DS-2</b>	96 <b>T2</b>	4	<b>6,312</b>	120 <b>E2</b>	4	<b>8,488</b>
<b>DS-3</b>	672 <b>T3</b>	7	<b>44,736</b>	480 <b>E3</b>	4	<b>34,368</b>
<b>DS-4</b>	4032 <b>T4</b>	6	<b>274,176</b>	1920 <b>E4</b>	4	<b>139,264</b>



# Телекоммуникационные системы

## 1.2 SDH/SONET

---

**Первичные сети SDH/SONET** (Synchronous Digital Hierarchy — синхронная цифровая иерархия) реализуют технологию синхронных волоконно-оптических сетей. Это высокоскоростные сети цифровой связи, которые строятся на базе оптоволоконных кабельных линий или цифровых радиорелейных линий.

**При построении сетей SDH** используются следующие модули:

- мультиплексоры SDH — это основные функциональные модули сетей SDH, предназначенные для сборки высокоскоростного потока информации из низкоскоростных потоков и разборки высокоскоростного потока на низкоскоростные;
- коммутаторы обеспечивают связь каналов, закрепленных за пользователями, путем полупостоянного перекрестного соединения между ними;
- концентраторы служат для объединения однотипных потоков нескольких удаленных узлов сети в одном распределенном узле;
- регенераторы — это устройства мультиплексирования с одним оптическим каналом доступа и 1-2 выходами, используемыми для увеличения расстояния между узлами сети SDH.

# Телекоммуникационные системы SDH/SONET

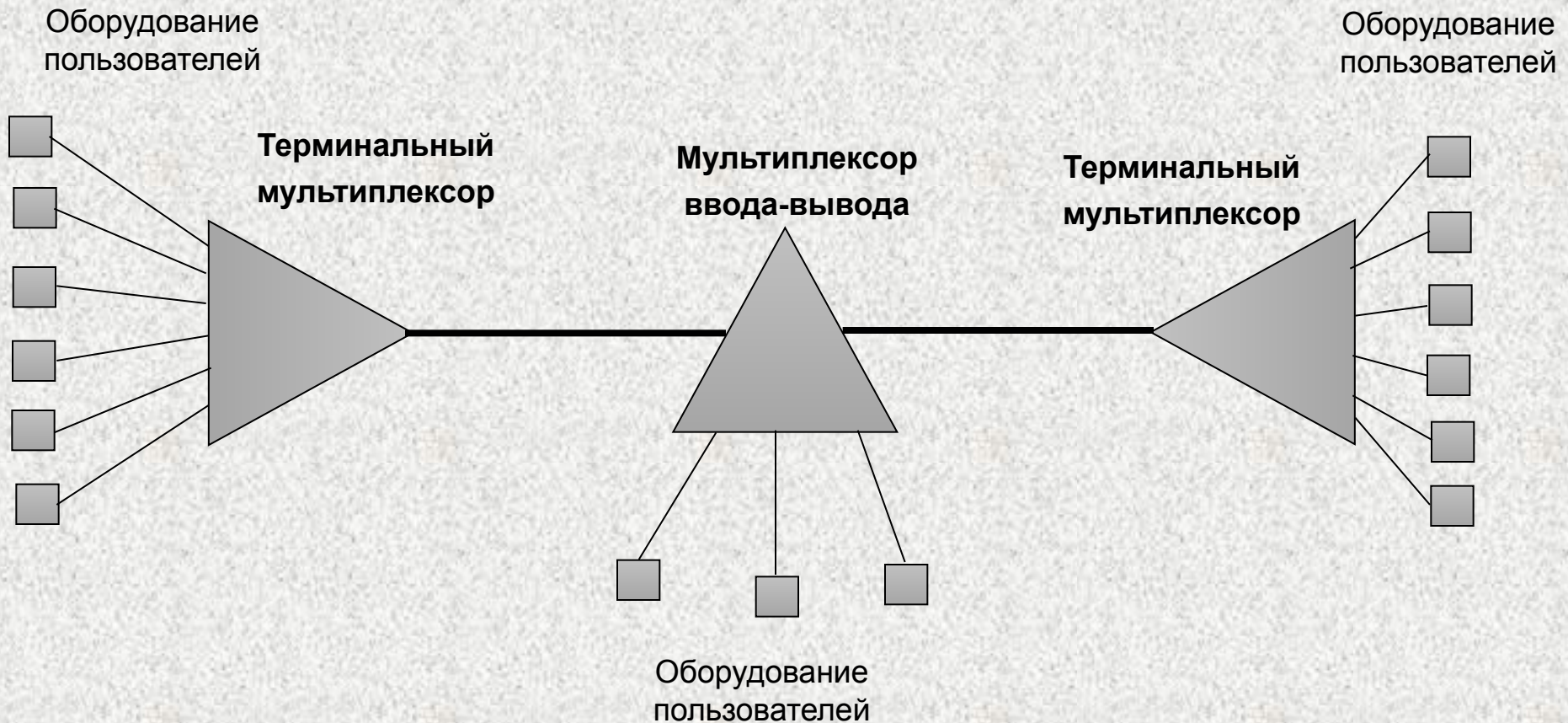


Рис. Типы мультиплексоров SDH.





# Телекоммуникационные системы

## SDH/SONET

---

Сети и технологии SDH отличаются высоким уровнем стандартизации, высокой надежностью (централизованное управление сетью обеспечивает полный мониторинг состояния узлов), наличием полного программного контроля (отслеживание и регистрация аварийных ситуаций, управление конфигурацией сети осуществляется программными средствами с единой консоли управления), возможностью оперативного предоставления услуг по требованию, сравнительно простой схемой развития сети. Благодаря этим преимуществам технология SDH стала **основной** при построении цифровых транспортных сетей самого различного масштаба.

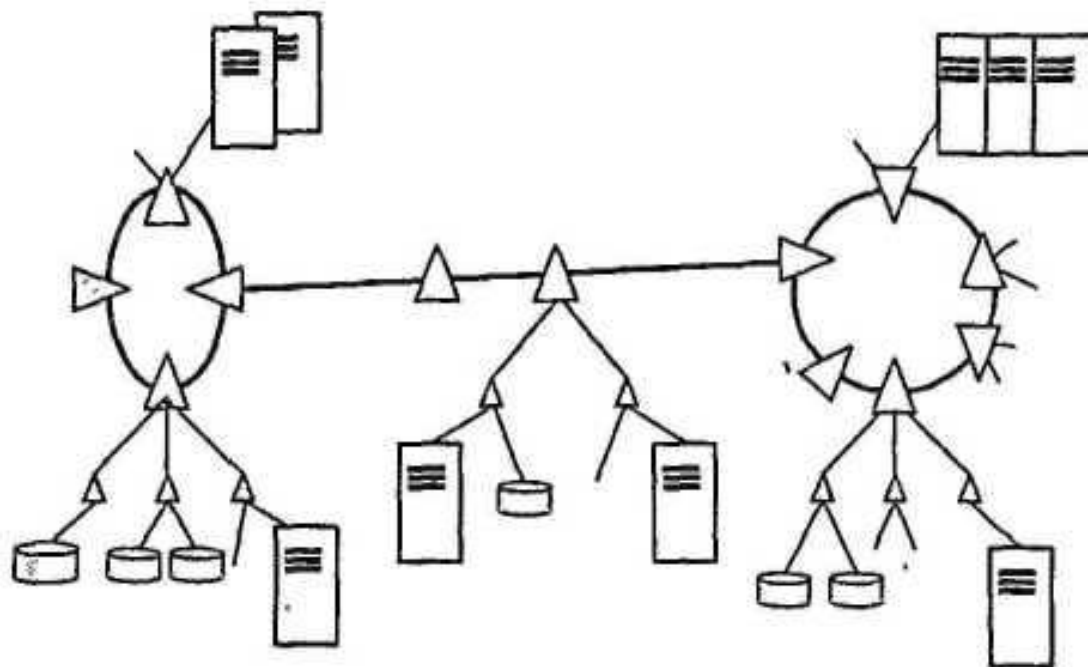
Топология всей SDH-сети формируется из отдельных базовых топологий типа «кольцо», «линейная цепь», «звезда», «точка-точка», которые используются в качестве сегментов сети. Чаще применяется радиально-кольцевая архитектура SDH-сети, построенная на базе кольцевой и линейной топологий.







В России наибольшую активность в использовании SDH-технологии проявляет АО «Ростелеком». Оно ежегодно строит 5—6 тыс. км магистральных цифровых линий на основе волоконно-оптических кабелей (ВОЛС) и цифровых радиорелейных линий

# Телекоммуникационные системы

SDH

Сеть SDH



-  - Мультиплексор SDH
-  - Мультиплексор PDH
-  - Канал SDH
-  - Канал PDH
-  - АТС
-  - Маршрутизатор пакетной сети

# Телекоммуникационные системы

SDH

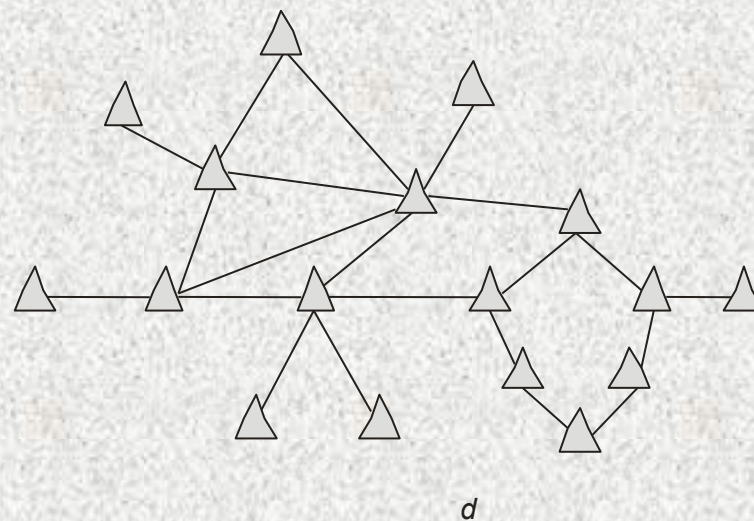
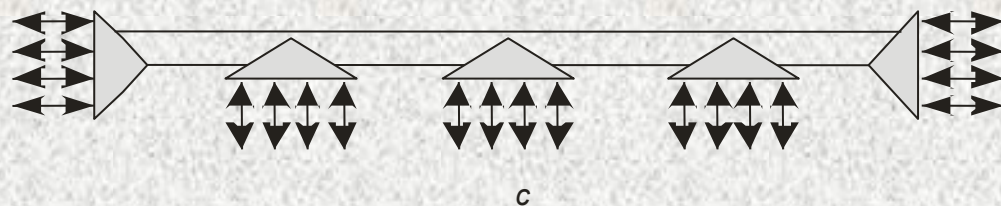
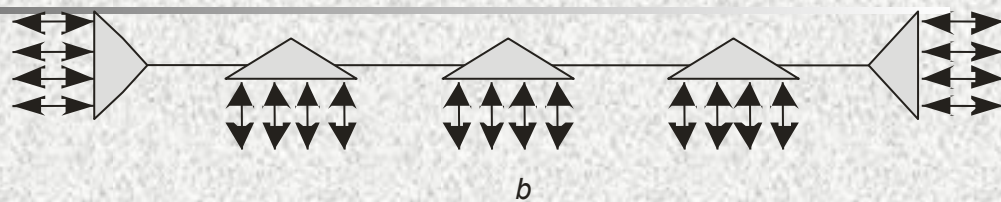
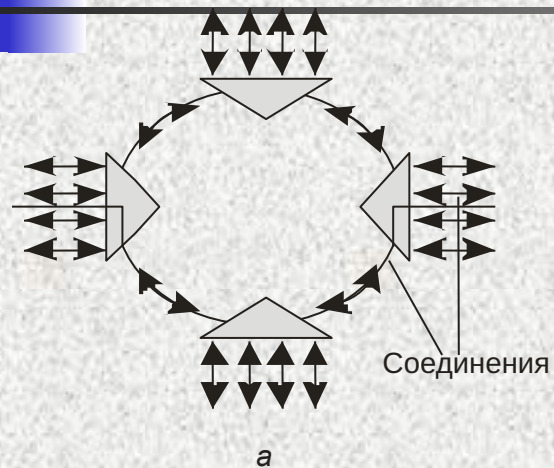


Рис. Типовые топологии сетей SDH

# Телекоммуникационные системы

## Преимущества сетей SDH / SONET:

**Гибкая иерархическая схема мультиплексирования цифровых потоков** разных скоростей, позволяющая вводить в магистральный канал и выводить из него пользовательскую информацию любого поддерживаемого уровня скорости, не демуплексируя поток.

**Отказоустойчивость сети.** Сети SDH обладают высокой степенью «живучести» — технология предусматривает автоматическую реакцию оборудования на такие типичные отказы, как обрыв кабеля, отказ порта, выход из строя мультиплексора или отдельной его карты, направляя трафик по резервному пути или переходя на резервный модуль. Переход на резервный путь происходит очень быстро — обычно в течение 50 мс.

**Мониторинг и управление сетью** осуществляется на основе информации, встроенной в заголовки кадров. Это обеспечивает обязательный уровень управляемости сети, не зависящий от производителя оборудования, и создает основу для наращивания функций менеджмента в фирменных системах управления.

**Высокое качество транспортного обслуживания** для трафика любого типа (голос, видео и данные). В основе SDH - техника временного мультиплексирования TDM, обеспечивая каждому абоненту гарантированную пропускную способность, а также низкий и фиксированный уровень задержек.

# Телекоммуникационные системы

## Иерархия скоростей SDH / SONET

<b>SDH</b>	<b>SONET</b>	<b>Скорость</b>
	STS-1, OC-1	51,84 Мбит/с
STM-1	STS-3, OC-3	155,52 Мбит/с
STM-3	OC-9	466,56 Мбит/с
STM-4	OC-12	622,08 Мбит/с
STM-6	OC-18	933,12 Мбит/с
STM-8	OC-24	1,244 Гбит/с
STM-12	OC-36	1,866 Гбит/с
STM-16	OC-48	2,488 Гбит/с
STM-64	OC-192	9,953 Гбит/с
STM-256	OC-768	39,81 Гбит/с

# Телекоммуникационные системы

## SDH-DWDM

Сети SDH добились прочного положения в телекоммуникационном мире — сегодня они составляют фундамент практически всех крупных сетей — региональных, национальных и международных.

**Недостатки** — неспособность динамически перераспределять пропускную способность между абонентами сети, т.е. то, что обеспечивается пакетными сетями.

Укрепляет это положение и то, что технология SDH может легко интегрироваться с технологией **DWDM** (Dense Wave Division Multiplexing — плотное волновое (спектральное) мультиплексирование), обеспечивающей передачу информации по оптическим магистралям с еще более высокими скоростями — сотни гигабит в секунду и выше — *за счет мультиплексирования с разделением по длине волны.*

В магистральных сетях с ядром DWDM сети SDH будут играть роль сети доступа, то есть ту же роль, которую играют сети PDH по отношению к SDH.



# Телекоммуникационные системы

## 1.3 Сети DWDM

---

Технология **DWDM** (Dense Wave Division Multiplexing – плотного волнового (спектральное) мультиплексирования) – предназначена для создания оптических магистралей нового поколения, работающих на мультимегабитных и терабитных скоростях.

Такой качественный скачок происходит из-за принципиально иного, чем в SDH, метода мультиплексирования – информация в оптическом волокне передается одновременно большим количеством световых волн. Сети DWDM работают по принципу *коммутации каналов*, при этом каждая световая волна представляет собой отдельный *спектральный канал* и несет собственную информацию.

При этом устройства DWDM занимаются только объединением различных волн в одном световом пучке, а также выделением из общего сигнала информации каждого спектрального канала.

# Телекоммуникационные системы

## DWDM

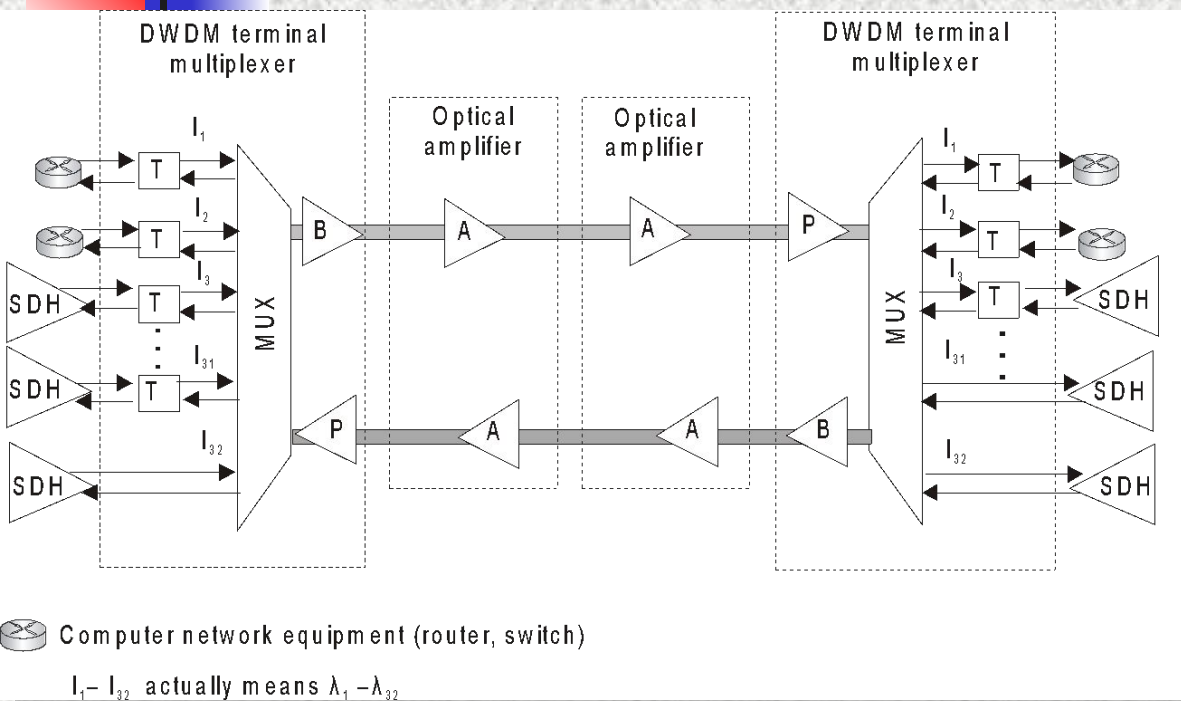


Рис. Дальняя связь «точка-точка» на основе терминальных мультиплексоров DWDM

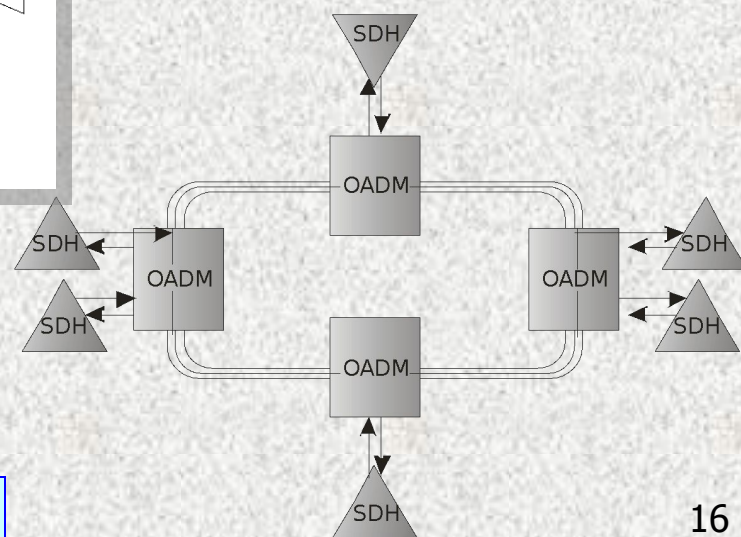


Рис. Кольцо мультиплексоров DWDM





# Телекоммуникационные системы

Виртуальные каналы в глобальных сетях

## 2. Сети и технологии X.25 и Frame Relay

Технологии X.25, Frame Relay и ATM значительно отличаются функциональными характеристиками. В то же время все они используют технику виртуальных каналов, которая является разновидностью техники, ориентированной на установление соединения.

Технологии виртуальных каналов рассматриваются в хронологической последовательности. Технология **X.25** появилась на заре эры компьютерных сетей практически одновременно с сетью ARPANET, давшей начало Интернету и дейтаграммному протоколу IP. В сетях X.25 виртуальные каналы используются для надежной передачи данных, что в 70-80 годы, когда эта технология была очень популярна, было весьма актуально, так как многие линии связи были аналоговыми и не могли сами по себе обеспечить надежную передачу цифровых данных. Поэтому так ценилась способность X.25 к восстановлению искаженных и потерянных пакетов.

Распространение высокоскоростных и надежных цифровых каналов в середине 80-х годов привело к тому, что функции технологии X.25 по обеспечению надежной передачи данных стали избыточными. Результатом этого стало появление принципиально новой технологии глобальных сетей **Frame Relay (FR)**.



# Телекоммуникационные системы

## Виртуальные каналы в глобальных сетях

---

Особенность технологии **FR** состоит в том, что, освободившись от многих ненужных в современном телекоммуникационном мире функций, она выполняет только тот минимум, который необходим для доставки кадров адресату. Вместе с тем перечень возможностей Frame Relay был расширен за счет функции поддержки параметров качества обслуживания (**QoS**) для эластичного трафика. В сетях FR возможна передача голоса с высоким качеством — для этого коммутаторы сети должны обеспечивать приоритезацию трафика.

Технология **ATM** предоставляет своим пользователям разнообразный и интегрированный набор транспортных услуг. В отличие от X.25 и FR, ATM была изначально задумана как технология, ориентированная на передачу трафика всех существующих типов: компьютерных данных, голоса, видео, управления объектами и т. п. Фиксированный небольшой размер кадра позволяет минимизировать задержки трафика реального времени. Однако плата за это - техническая сложность и высокая стоимость ATM-сети, а также проблемы обработки ячеек на сверхвысоких скоростях (2,5 и 10 Гбит/с). Тем не менее ATM является очень популярной технологией и с ее возможностями по инжинирингу трафика и поддержке параметров QoS пока не сравнилась ни одна из существующих технологий.



# Телекоммуникационные системы

## 2.1 Сети и технологии X.25 и Frame Relay

---

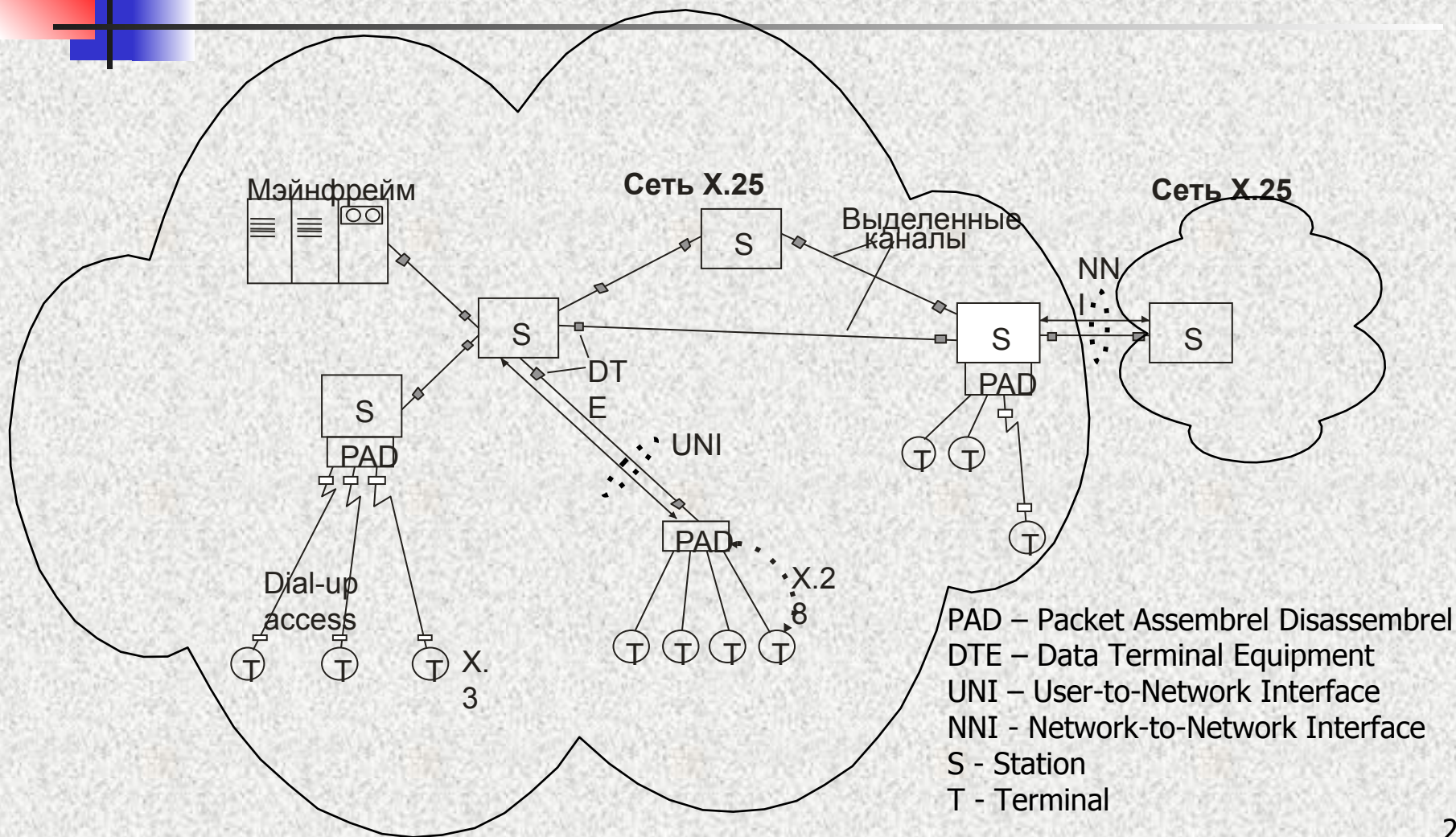
**Сетями X.25** называются сети, доступ к которым производится в соответствии с рекомендациями Международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии, первый вариант которой появился в 1976 г. Сети X.25 можно сравнить с телефонными сетями: установив соединение компьютера с ближайшим узлом сети X.25, можно связаться с любым из пользователей в мире. Это актуально для России, где до сих пор отсутствует развитая инфраструктура высокоскоростных каналов связи. При этом за счет повторной передачи искаженных кадров между каждой парой соседних узлов сети обеспечивается достоверная и упорядоченная передача данных. Рекомендация X.25 описывает три уровня протоколов (стек): *физический (X.21)*, *канальный (LAP-B - Link Access Protocol-Balanced)* и *сетевой (X.25/3)*.

**Физический уровень** описывает уровни сигналов и логику взаимодействия на уровне физического интерфейса (протокол X.21)

**Канальный уровень** отвечает за эффективную и надежную передачу данных в соединении «точка — точка», т.е. между соседними узлами сети X.25 (протокол LAP-B).

# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии X.25



# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии X.25

Конечный узел  
(компьютер, маршрутизатор, PAD)

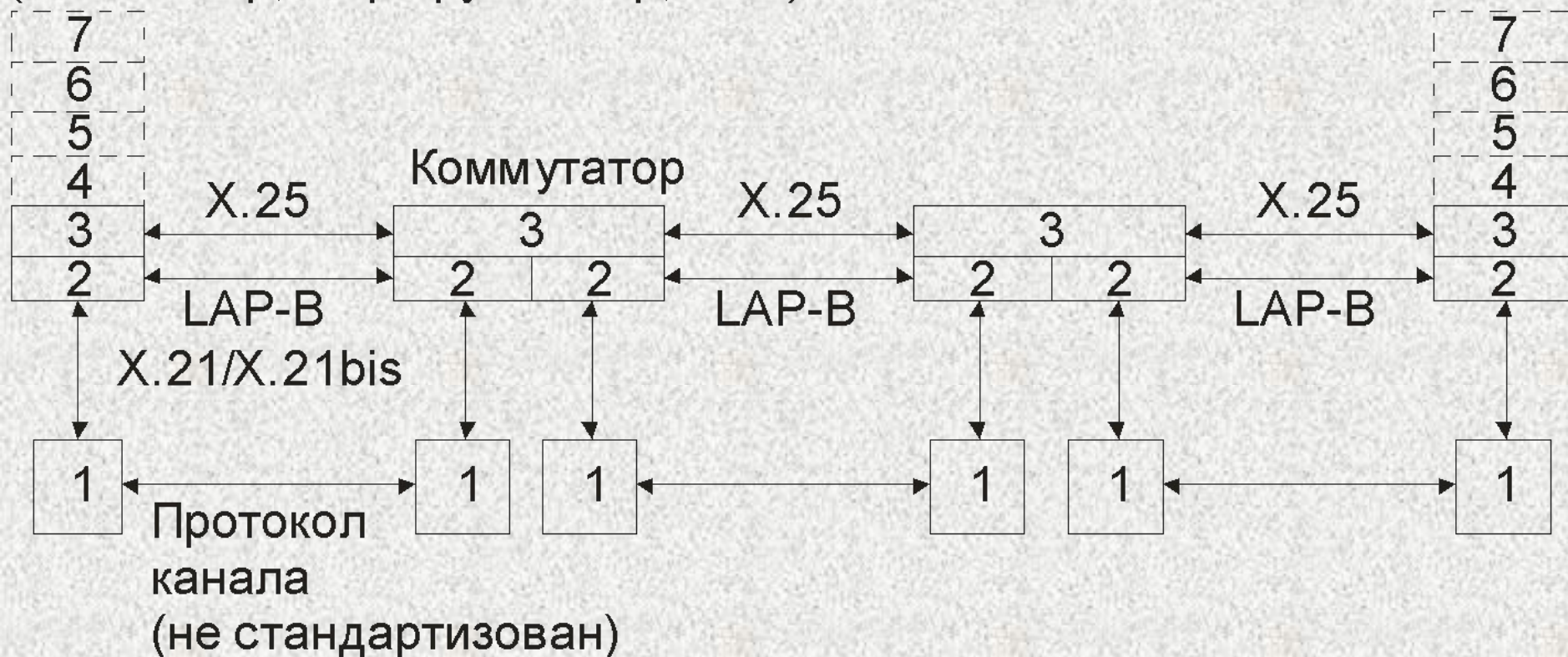


Рис. Стек протоколов сети X.25



# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии X.25

---

На уровне канала осуществляется защита от ошибок при передаче между соседними узлами, управление потоком данных и получение оптимального по скорости передачи режима.

Для реализации этого поток информации разбивается на **кадры**, т.е. специальную последовательность битов. Кадр обрамляется «флагами» и состоит из служебных полей (адреса, управления с номером кадра, поля проверочной последовательности кадра) и информационного поля. Длину кадра можно менять при настройке параметров протокола.

На **сетевом уровне** производится маршрутизация **пакетов** и доведение информации от «точки входа» в сеть до «точки выхода» из нее. Структура пакета во многом аналогична структуре кадра.

В сетях X.25 реализуется метод «коммутации цепей», т.е. перед передачей от одного абонента к другому между ними сначала устанавливается виртуальное (логическое) соединение, после чего производится обмен информацией. Виртуальные соединения могут быть как постоянными, так и коммутируемыми, когда соединение устанавливается под каждый сеанс обмена информацией.



# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии X.25

---

Преимущества сетей X.25 заключаются в следующем.

- Сети X.25 позволяют в режиме реального времени разделять один и тот же физический канал между несколькими абонентами.
- Сети X.25 позволяют передавать оптимальным образом данные по выделенным и коммутируемым каналам телефонной сети общего пользования.
- В сетях X.25 имеется механизм альтернативной маршрутизации, с помощью которого задается ряд резервных маршрутов, за счет чего значительно увеличивается надежность работы сети.

У X.25 у нее есть и свои довольно серьезные ограничения:

- невозможность передавать по сетям X.25 голосовую и видеоинформацию
- существенное ограничение скорости передачи, причиной чего является развитые механизмы коррекции ошибок. Они требуют подтверждения информации между каждыми соседними узлами сети, что приводит к значительным задержкам распространения информации. Поэтому технология X.25 обычно применяется в сетях, использующих каналы связи со скоростью передачи не более **128** Кбит/с.

Указанные ограничения преодолены в технологии **Frame Relay**.



# Телекоммуникационные системы

## 2.2 Frame Relay

**Сети и технологии Frame Relay** (ретрансляция кадров) – это сети коммутации кадров. Протокол FR — это интерфейс доступа к сетям быстрой коммутации пакетов. Он позволяет эффективно передавать крайне ***неравномерно распределенный во времени трафик***.

Отличительные особенности протокола FR: • малое время задержки при передаче информации через сеть, • высокие скорости передачи, • «высокая степень связности», • эффективное использование полосы пропускания. По сетям FR возможна передача не только собственно данных, но и оцифрованного голоса.

Протокол FR выполняет функции первого, частично второго и третьего уровней модели **OSI**. Он позволяет устанавливать соединение между взаимодействующими узлами сети, что аналогично соединению по X.25 в случае, когда используется постоянное виртуальное соединение. Внутри каждого физического канала может быть создана совокупность логических каналов, что и объясняет «высокую степень связности», обеспечиваемую протоколом FR. Что касается коммутируемых виртуальных соединений, то их использование в FR-сетях описывается специальными протоколами (отличия от X.25 – **отсутствие проверок**).

Сети **FR** могут выступать высокоскоростной альтернативой сетей X.25. 24





# Телекоммуникационные системы

## Frame Relay

---

В отличие от сетей X.25, где в случае искажения при передаче происходит его повторная передача, кадр FR не содержит нумераций передаваемых и подтверждаемых кадров. При межузловом обмене информацией в сетях FR ошибочные кадры просто «выбрасываются», их повторная передача средствами FR не происходит. Для обеспечения гарантированной и упорядоченной передачи кадров необходимо использовать либо протоколы более высокого уровня (например, протокол **TCP/IP**), либо дополнение к протоколу FR (например, **Q.922**).

Кадр FR-сети имеет минимальную избыточность. Это способствует сокращению времени на передачу фиксированного объема информации. Кроме того, в сети FR может производиться маршрутизация своими средствами, что значительно увеличивает ее скорость. Однако такой эффект достигается только при использовании качественных каналов. В противном случае много кадров будут передаваться с ошибкой, потребуются повторная передача кадров. Это снизит информационную скорость передачи информации, и более эффективной в этом случае станет сеть X.25.25



# Телекоммуникационные системы

## Frame Relay

---

Распространению технологии FR способствует наличие стандартов, обеспечивающих совместимость сетей FR с другими сетями. Имеется стандарт **IETF 1294** для преобразования пакетов *TCP/IP в кадры FR*. Есть стандарты, обеспечивающие совместимость *FR с* самыми высокопроизводительными и современными сетями *ATM*. При «входе» в сеть ATM длинные кадры FR разбиваются на короткие, размещаемые внутри ATM-ячеек, а при «выходе» из сети ATM из ячеек ATM-сети извлекаются фрагменты кадров FR, и из них собираются полные кадры FR.

Наиболее распространенные ***способы доступа к сетям FR:***

- использование выделенных линий;
- через сети X.25 по обычным коммутируемым телефонным линиям;
- через ISDN для передачи данных и голоса.

Технология FR и в будущем сохранит свои преимущества и актуальность, т.к. она обеспечивает идеальный доступ к высокоскоростной магистральной сети по низкоскоростным каналам связи. Эта технология в настоящее время является наиболее эффективной для приложений, связанных с интеграцией неравномерного трафика локальных сетей, и чувствительной к задержке голосовой информации.



# Телекоммуникационные системы

---

**3. Сети и технологии ATM** (Asynchronous Transfer Mode — режим асинхронной передачи) является одной из самых перспективных технологий построения высокоскоростных сетей. Она обеспечивает максимально эффективное использование полосы пропускания каналов связи при передаче различного рода информации: голоса, видеоинформации, данных от самых разных типов устройств — асинхронных терминалов, узлов сетей передачи данных, локальных сетей и т.д. Эффективность ATM-технологии заключается в возможности применения различных интерфейсов для подключения пользователей к сетям ATM.

## Основные особенности ATM-технологии.

1. ATM — это асинхронная технология, так как пакеты небольшого размера (53 байта), называемые ячейками (cells), передаются по сети, не занимая конкретных временных интервалов.
2. Построение ATM-сетей возможно на основе ВОЛС, коаксиальных кабелей, неэкранированной витой пары.



# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии ATM

---

3. Технология ATM ориентирована на предварительное (перед передачей) **установление соединения между двумя пунктами**. После соединения ATM-ячейки маршрутизируют сами себя, поскольку каждая ячейка имеет поля, идентифицирующие соединение, к которому она относится.
4. По технологии ATM допускается совместная передача различных видов сигналов, включая речь, данные, видео. Достигаемая при этом скорость передачи (**от 155 Мбит/с до 2,2 Гбит/с**) может быть обеспечена одному пользователю, рабочей группе или всей сети.
5. Информация разбивается на фиксированные ячейки (**53 байта**), алгоритмы их коммутации реализованы **аппаратно**, что позволяет устранить задержки, неизбежные при программной реализации коммутации ячеек.
6. ATM-технология обладает способностью к наращиваемости путем каскадного соединения нескольких ATM-коммутаторов.
7. ATM-технологии могут быть реализованы в ATM-сетях практически любой топологии, но оборудование пользователей подключается к коммутаторам индивидуальными линиями по схеме «звезда».



# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии ATM

---

Главное отличие ATM-технологии от других телекоммуникационных технологий заключается в высокой скорости передачи информации (**до 10 Гбит/с**), причем привязка к какой-либо одной скорости отсутствует.

Важным является и то обстоятельство, что ATM-сети **совмещают функции глобальных и локальных сетей**, обеспечивая идеальные условия для «прозрачной» транспортировки различных видов трафика и доступа к услугам и службам взаимодействующих с сетью ATM-сетей.

ATM-технология допускает использование как постоянных, так и коммутируемых виртуальных каналов.

**Постоянные коммутируемые виртуальные каналы** представляют собой соединение между взаимодействующими пользователями сети, которое существует постоянно.

**Коммутируемые виртуальные каналы** позволяют устранить необходимость ведения сложных таблиц маршрутизации и повысить эффективность функционирования сети. Здесь **соединение устана-вливается динамически** (используются ATM-маршрутизаторы). В отличие от традиционных, в ATM-маршрутизаторах используется не физическая архитектура с ориентацией на соединения, а виртуальная сетевая архитектура, ориентированная на протоколы.



# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии ATM

---

ATM-технология способна обрабатывать трафики 4 различных классов.

**Класс А** — синхронный трафик с постоянной скоростью передачи и с предварительным установлением соединения. Протокол, обслуживающий трафик этого класса, предназначен для обеспечения потребностей в сетевых услугах при передаче информации с постоянной скоростью.

Примеры такого трафика — *несжатая речь, видеоинформация*.

**Класс В** — синхронный трафик с переменной скоростью передачи и с предварительным установлением соединения (например, *сжатая речь, видеоинформация*). Здесь, как и в случае трафика класса А, *необходимы синхронизация аппаратуры отправителя и получателя* и предварительное установление связи между ними, но допускается переменная скорость передачи. Информация передается через фиксированные промежутки времени, но ее объем в течение сеанса передачи может изменяться. Если объем передаваемой информации превышает фиксированный размер одной ячейки, эта информация разбивается на несколько ячеек, сборка которых осуществляется в пункте назначения.



# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии ATM

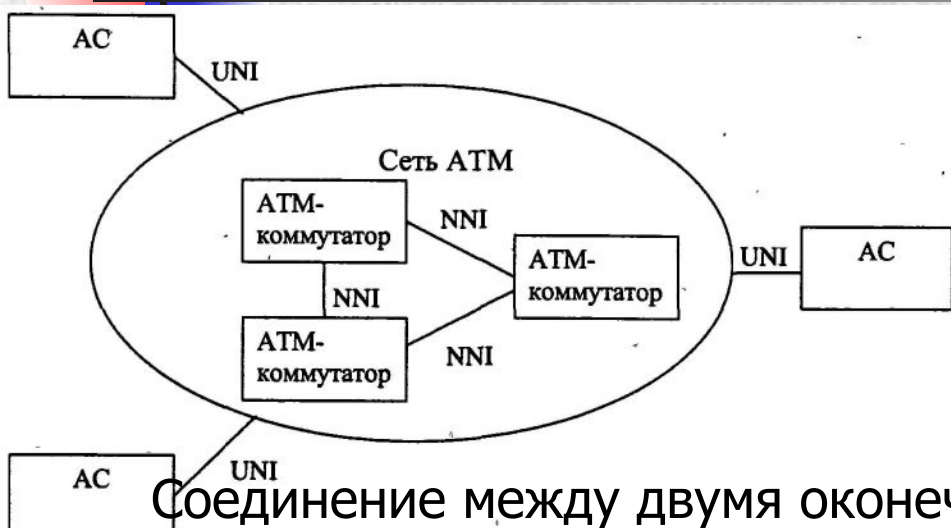
**Класс С** — асинхронный трафик с переменной скоростью передачи и с предварительным установлением соединения. Здесь синхронизации аппаратуры отправителей получателя не требуется. Такой способ передачи необходим в сетях с коммутацией пакетов (сети X.25, Интернет, сети с ретрансляцией кадров). Трафик класса С, видимо, станет основным для передачи информации в глобальных сетях;

**Класс D** — асинхронный трафик с переменной скоростью передачи и без установления соединения. Протокол, управляющий доставкой трафика класса D, разработан для обеспечения многобитовой коммутации данных без установления соединения. В этом протоколе предусматривается использование кадров переменной длины: с помощью передатчика каждый кадр делится на сегменты фиксированного размера, которые помещаются в ATM-ячейки; приемник собирает сегменты в исходный кадр, завершая таким образом процесс, который называется сегментацией и сборкой.

Режим асинхронной передачи основан на концепции двух конечных пунктов сети, осуществляющих связь друг с другом через совокупность промежуточных коммутаторов. Используются интерфейсы 2 типов: интерфейс пользователя с сетью (UNI — User-to-Network Interface) и интерфейс между сетями (NNI — Network-to-Network Interface).

# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии ATM



UNI соединяет устройство окончного пользователя с общедоступным или частным АТМ-коммутатором, а NNI представляет собой канал связи между двумя АТМ-коммутаторами сети (см. рис.).

Соединение между двумя окончными пунктами сети возникает с того момента, когда один из них передает через UNI запрос в сеть. Этот запрос через цепочку АТМ-коммутаторов отправляется в пункт назначения. Если узел-адресат принимает запрос на соединение, то в АТМ-сети между двумя пунктами организуется виртуальный канал. UNI-устройства этих пунктов и промежуточные узлы сети (АТМ-коммутаторы) обеспечивают правильную маршрутизацию ячеек за счет того, что каждая АТМ-ячейка содержит 2 поля — идентификатор виртуального пути (VPI) и идентификатор виртуального канала (VCI). Информация, содержащаяся в этих полях АТМ-ячейки, используется для решения задачи маршрутизации даже если у системы организовано несколько виртуальных связей.





# Телекоммуникационные системы

## Сети и технологии ATM

---

Движущей силой развития технологии ATM является ее эффективность в обслуживании низкоскоростных приложений и возможность работы на сравнительно низких скоростях (от 2 Мбит/с). Говорить о «конкуренции» сетей FR и ATM неправомерно, так как в настоящее время FR является основным интерфейсом доступа к сетям ATM, позволяющим обеспечивать передачу по сети ATM разнородного трафика, динамически распределяя полосу пропускания.

Совмещение разнородных телекоммуникационных сетей, построенных на базе различных технологий (X.25, FR, IP и др.), для предоставления пользователям всего спектра услуг в настоящее время возможно только при использовании технологии ATM. Возможности этой технологии по совмещению различных сетей возрастают, несмотря на их существенные различия, главные из которых состоят: в приспособленности к передаче разнородной информации (данных, голоса, видеоинформации); в возможности полного использования имеющейся полосы пропускания и адаптации к качеству каналов связи; в наличии и качестве интерфейсного оборудования связи с другими сетями; в степени рассредоточенности элементов сети, а также в степени распространенности в том или ином регионе.