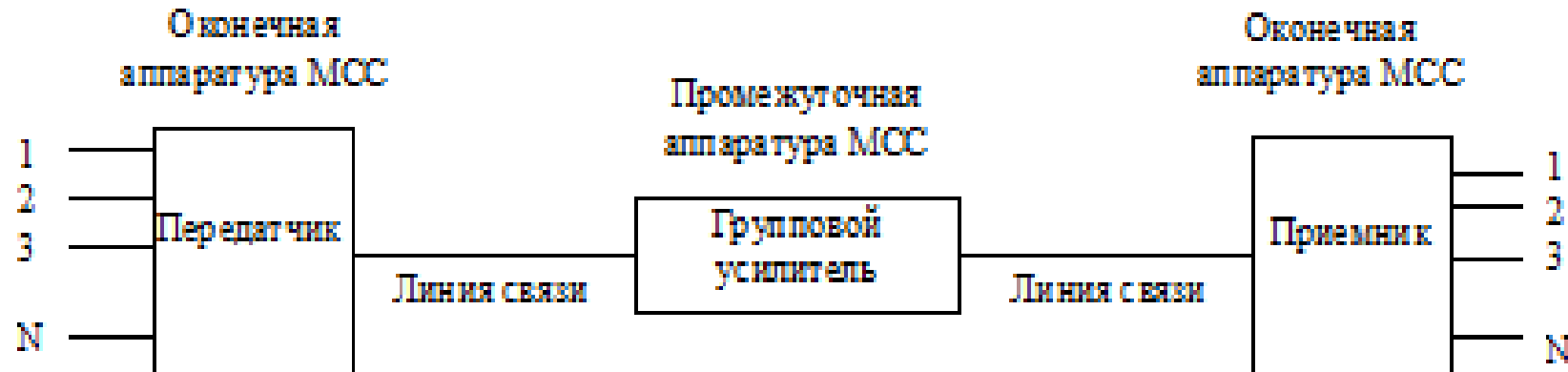


## ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

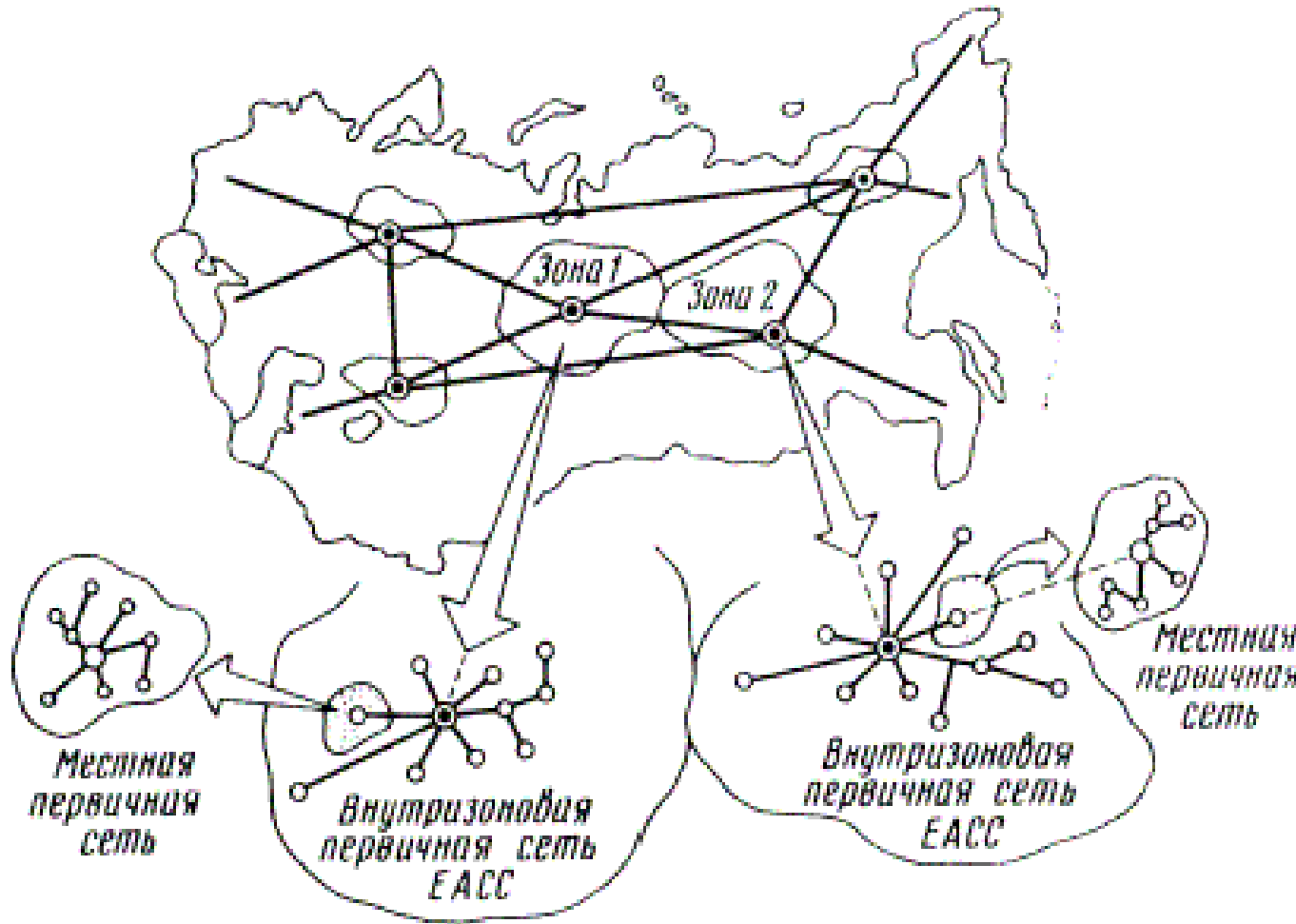
**Глобальная сеть** (WAN — Wide Area Network) — любая сеть связи, которая охватывает всю Землю. Она представляет собой систему связанных между собой локальных сетей и ПК пользователей, расположенных на удаленных расстояниях, для общего использования мировых информационных ресурсов. В качестве среды распространения сигналов в глобальной сети используется первичная сеть связи.

**Первичная сеть** состоит из **многоканальных систем связи (МСС)**, построенной на основе типовых физических линий и каналов, сетевых узлов распределения и коммутации сигналов. Предназначена для доставки сообщений между любыми абонентами сети. Обобщенная схема многоканальной системы связи имеет вид:



## ГЛОБАЛЬНАЯ СЕТЬ СВЯЗИ РФ

Глобальные сети используются преимущественно как **транзитная транспортная система**. Структура глобальной сети Российской Федерации изображена на рисунке.



**Магистральные линии** связывают области, крупные города и стыкуются с международными линиями.

**Зоновый уровень** обеспечивает внутриобластную связь и имеет выход на магистральные линии.

**Местные сети** - проводные и оптические линии, городская телефонная сеть.

## ПРОВАЙДЕРЫ ИНТЕРНЕТ-сети

Пользователи подключаются к сети благодаря **провайдерам** – **организациям, оказывающим услуги доступа** в Интернет и другие **услуги, связанные с Интернетом**, например выделение дискового пространства для хранения и **обеспечения работы сайтов (хостинг)**; поддержка **работы почтовых ящиков** или виртуального почтового сервера; **содержание линий связи**, то есть поддержание их в рабочем состоянии, и другие.

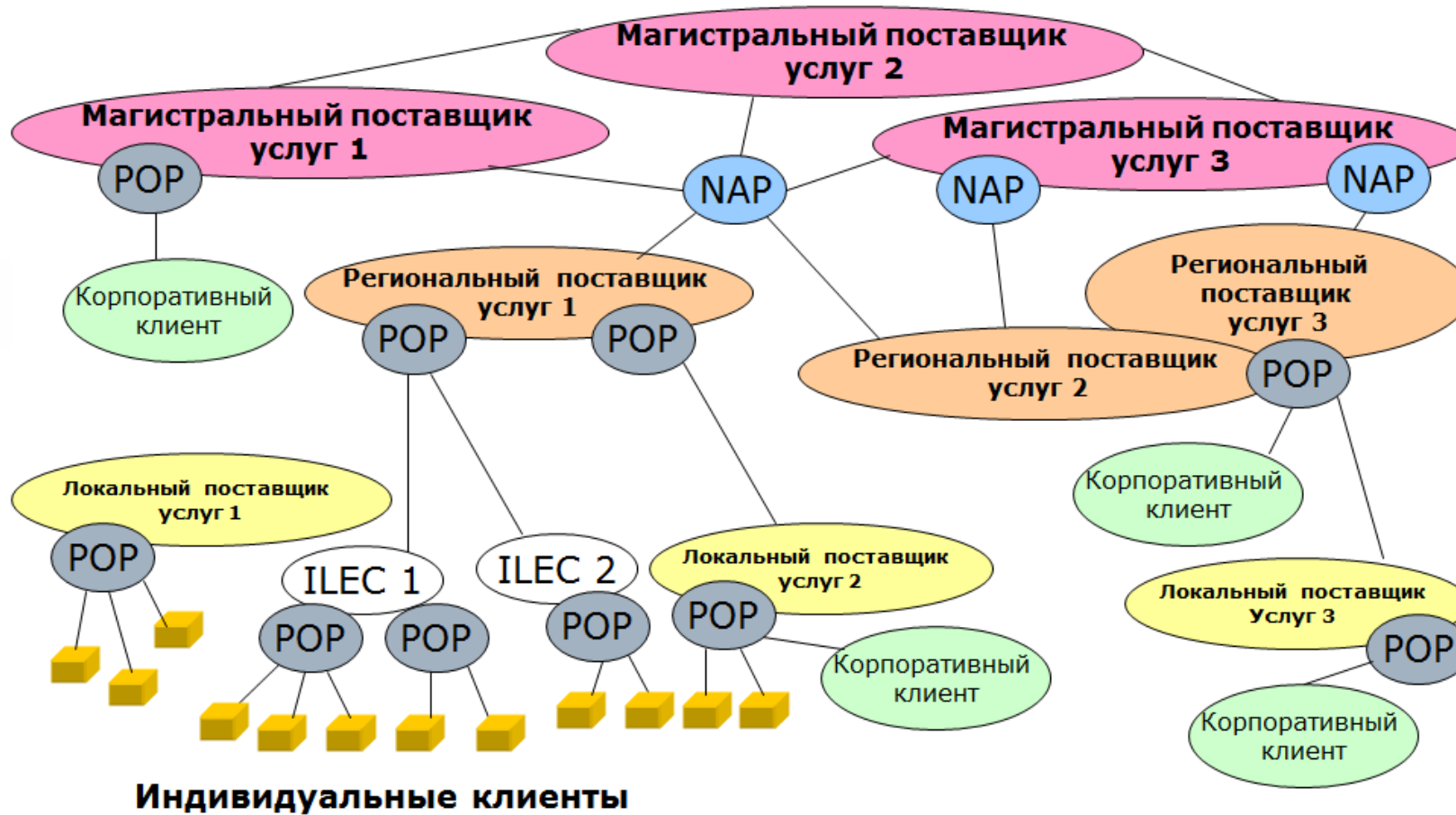
Существует несколько типов провайдеров доступа: **локальные, региональные, магистральные**.

**Локальные** провайдеры имеют постоянное подключение к Интернету через региональных провайдеров и работают, как правило, **в пределах одного города**.

**Региональный провайдер** подключается к магистральному провайдеру, который, в свою очередь, охватывает крупные регионы, например, **страну, континент**.

**Магистральные** имеют магистральные **каналы связи в собственности**, а региональные арендуют у них каналы связи. Взаимоотношения между провайдерами осуществляются на основе соглашений об обмене трафиком.

# Структура сети ИНТЕРНЕТ



Предприятие, которое владеет сетью и поддерживает ее работу, называется **оператором связи**.

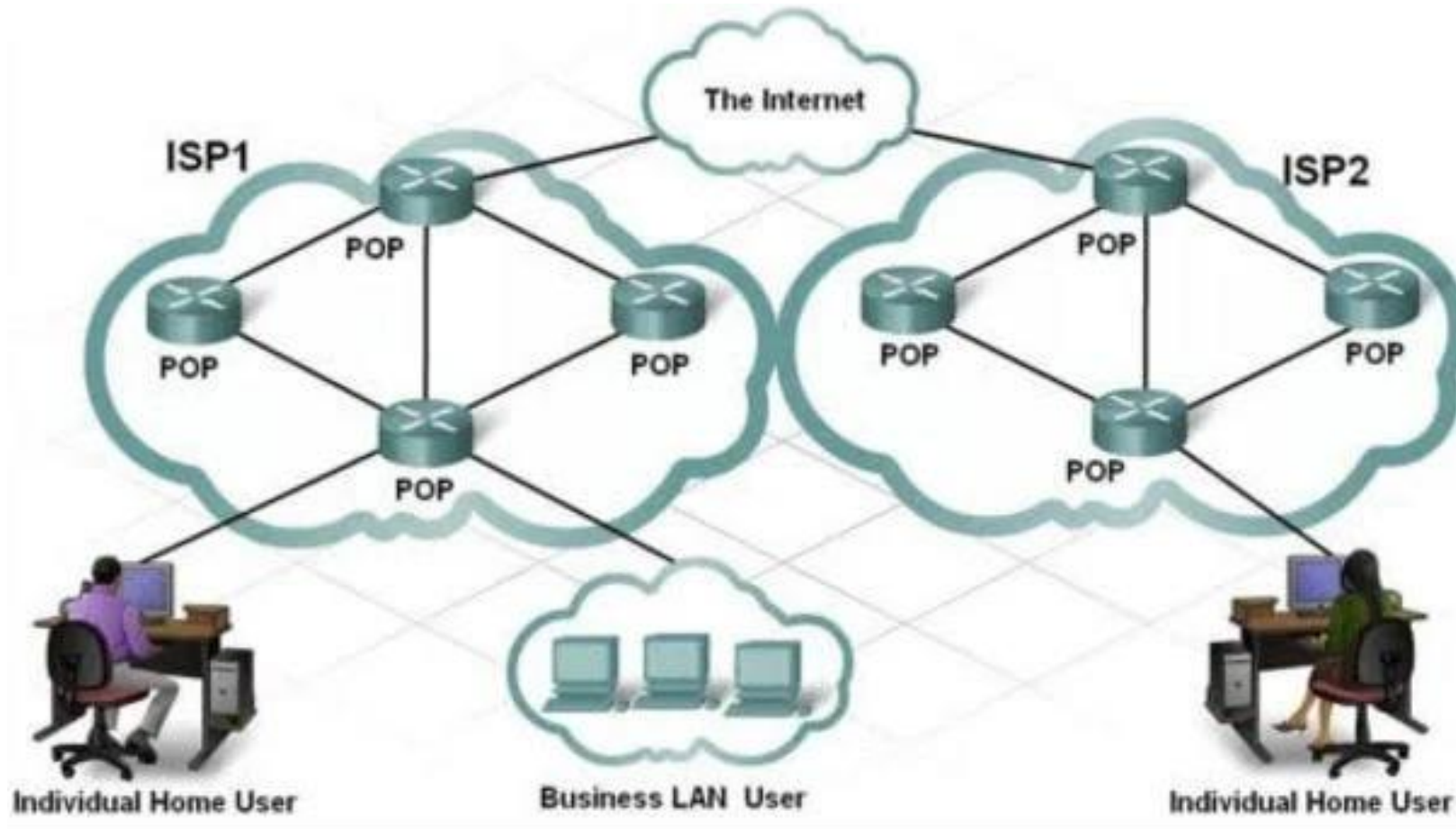
**Сети операторов связи** (поставщиков услуг) оказывают общедоступные услуги, а **корпоративные сети** — услуги сотрудникам только того предприятия, которое владеет сетью.

Для подключения оборудования клиентов операторы связи организуют **точки присутствия POP (Point Of Presents)** - это здания или помещения, в которых размещается оборудование доступа

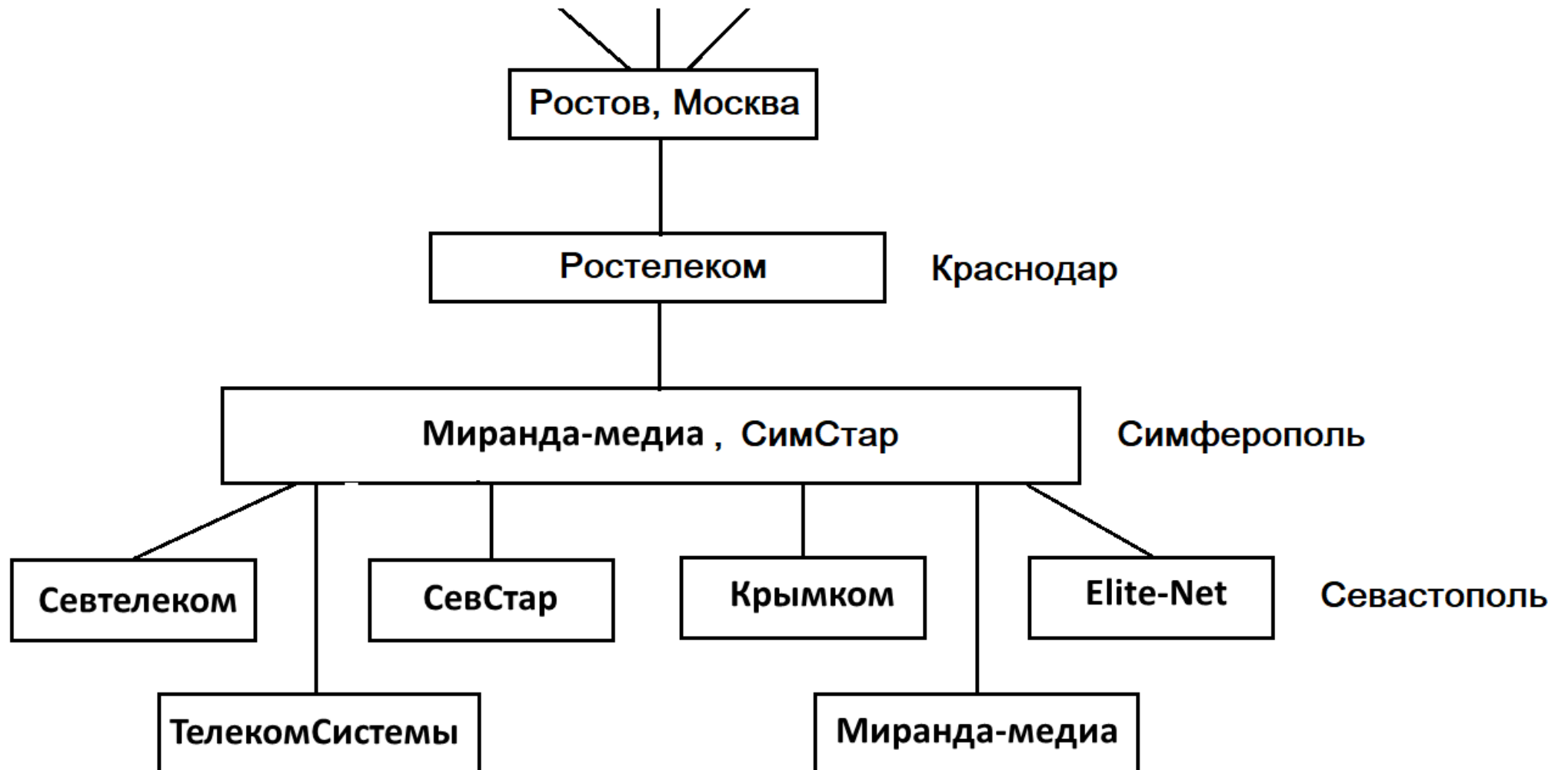
**NAP** - Network Access Point (Центр обмена сообщениями с другими операторами – помещение с коммутационным оборудованием); **ILEC** - Incumbent Local-Exchange Carrier (Традиционный местный оператор телефонной связи)

## Точка присутствия POP

Отдельные компьютеры и локальные сети подключаются к интернет-провайдеру в точке присутствия. **POP** — это точка соединения между сетью интернет-провайдера и конкретным географическим регионом, который обслуживает POP.



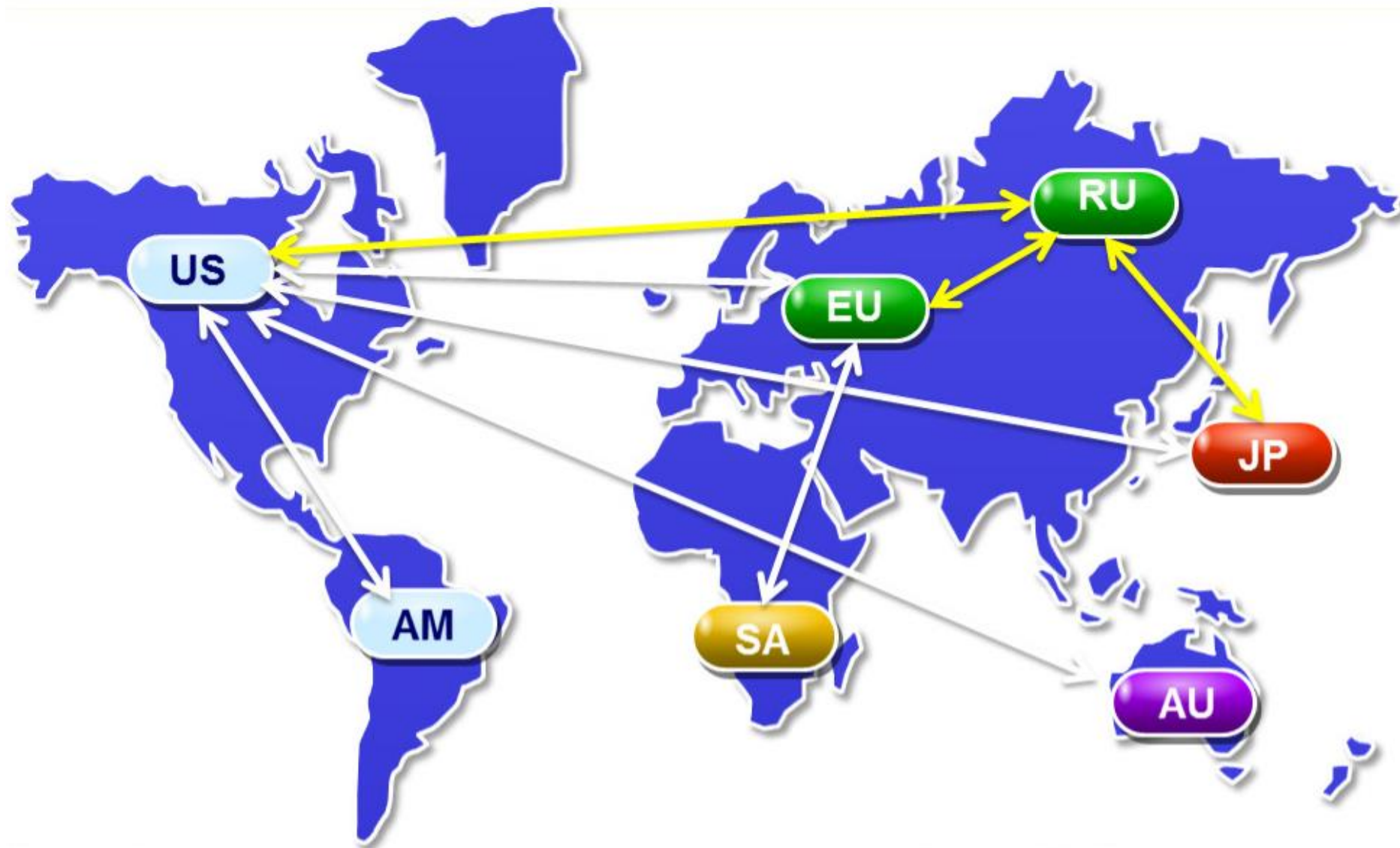
## ИНТЕРНЕТ-провайдеры Крыма и Севастополя



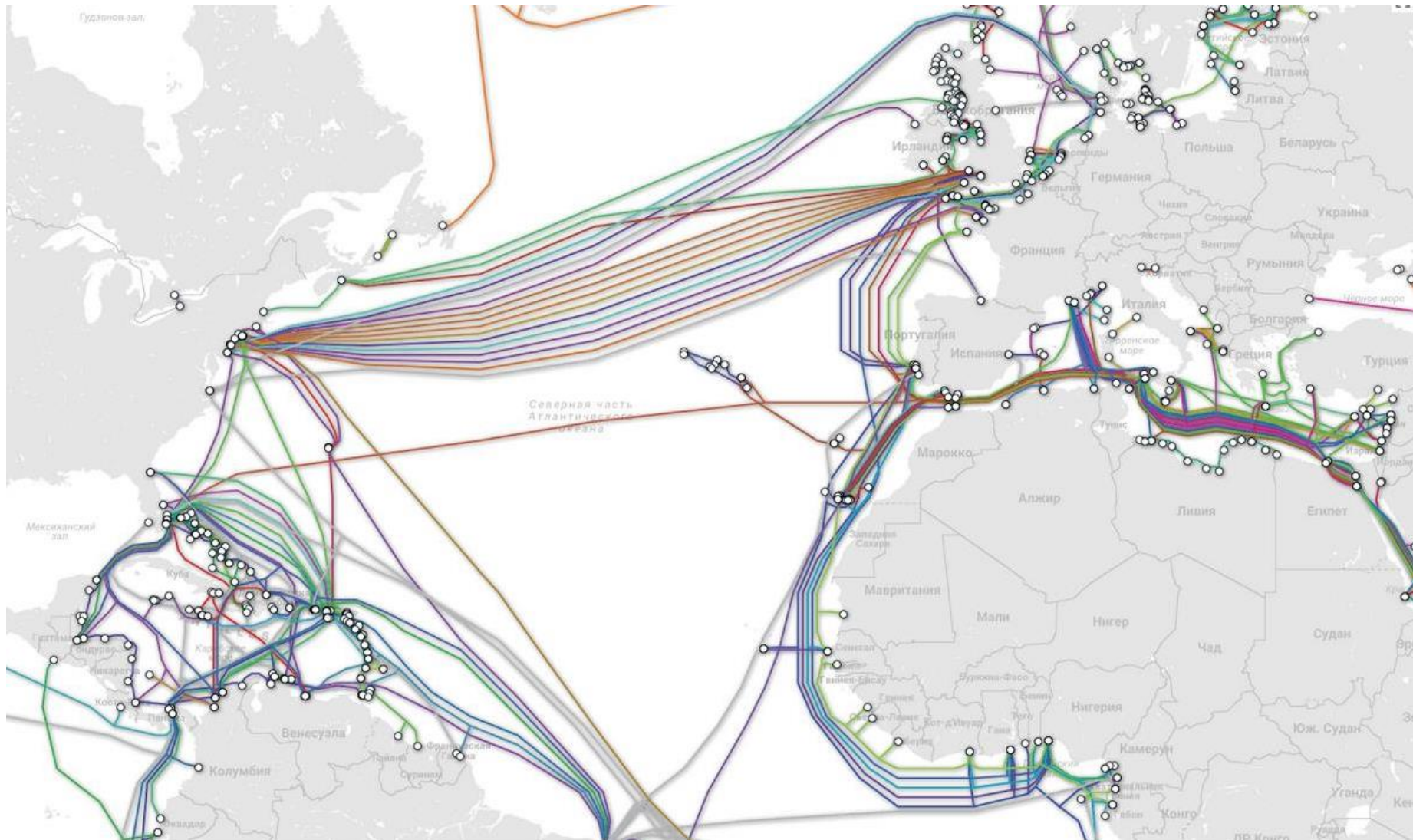
Компанию «Миранда-Медиа» создал в 2014 году «Ростелеком» для развития сети связи в Крыму. Ей принадлежат магистральные каналы связи в Крыму.



## Объединение региональных сетей ИНТЕРНЕТ в глобальную

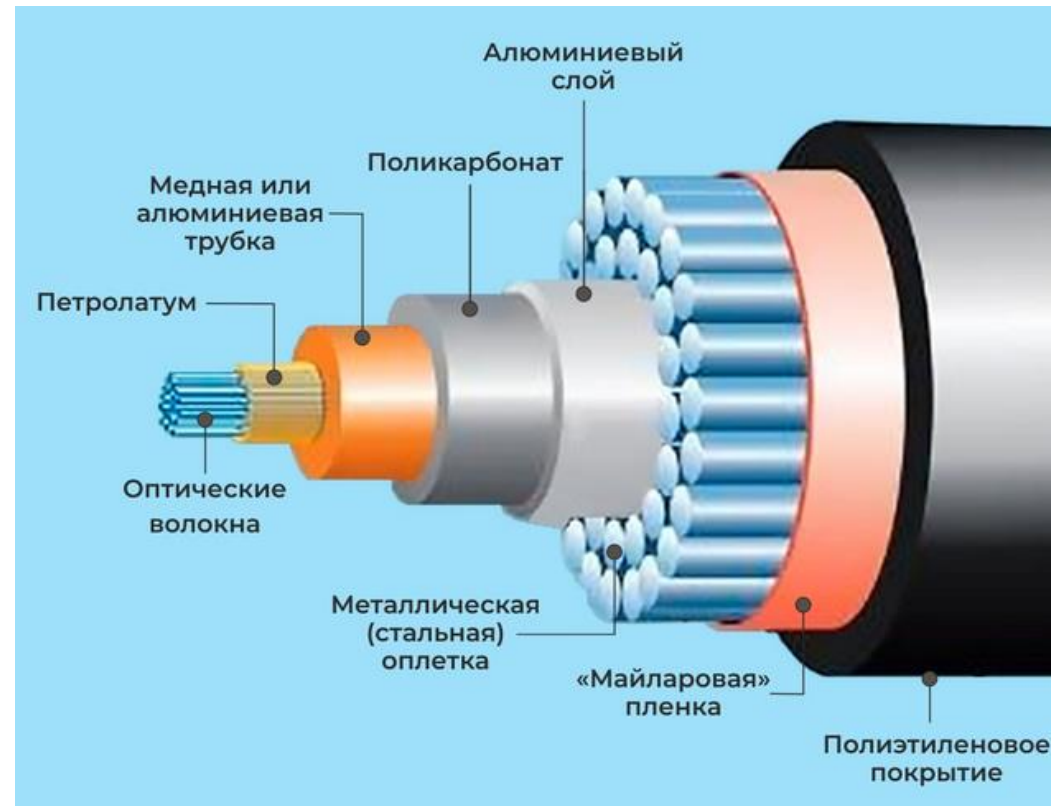


## Схема глобальных кабельных связей





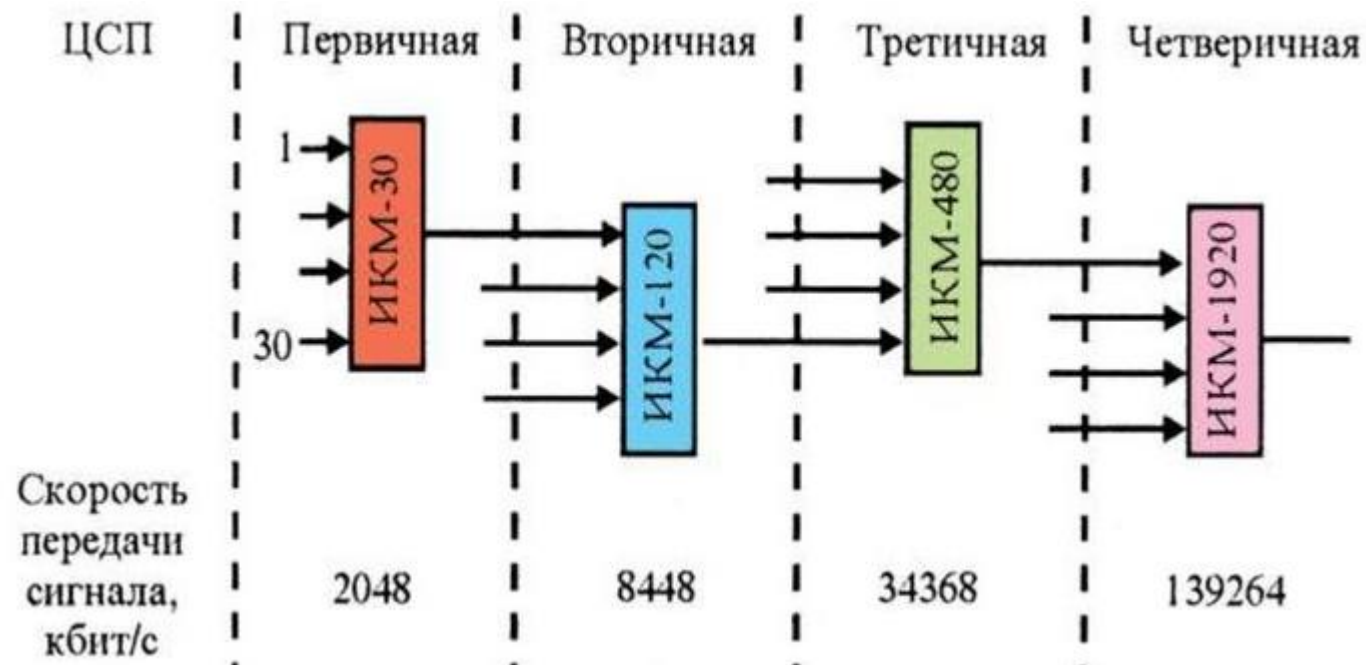
## Подводный кабель



Первый трансатлантический телеграфный кабель начал функционировать с августа 1852 года. Волоконно-оптический кабель был проложен в 1988 году. Современные кабели для глубоководных участков (которые составляют большую часть линии) обычно имеют диаметр около **25 мм** и весят около **1.4 тонны на км**.

## ГЛОБАЛЬНЫЕ ЦИФРОВЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

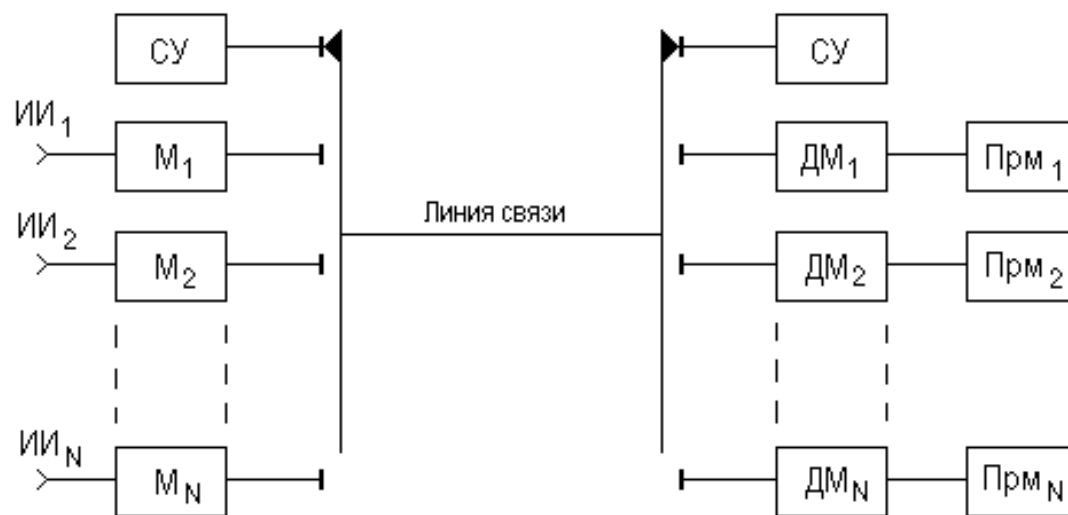
**Глобальные цифровые сети** - совокупность узлов коммутации и высокоскоростных цифровых каналов связи, расположенных на территории региона (области, страны, континента или всего земного шара). Обеспечивают услуги связи большому количеству абонентов, расположенных в пределах региона. **Выделенные цифровые каналы** первичной сети связи, созданы на основе плезиохронной цифровой иерархии каналов **PDH** и новых коммуникационных технологий - цифровая синхронная иерархия **SDH** (*Synchronous Digital Hierarchy*).



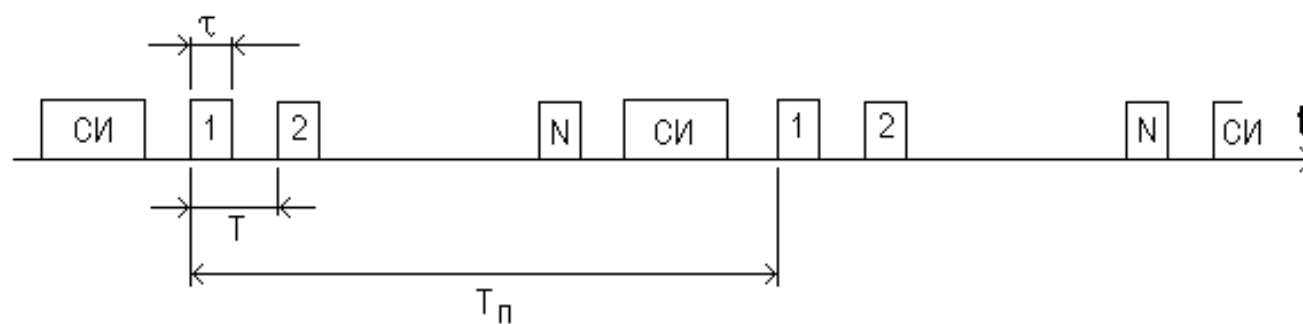
### УРОВНИ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ SDH

Уровень	Модуль	Скорость передачи
1	STM-1	155.52 Мбит/с
4	STM-4	622 Мбит/с
16	STM-16	2,5 Гбит/с
64	STM-64	10 Гбит/с
256	STM-256	40 Гбит/с

## Каналообразующая аппаратура с временным разделением каналов. Временное мультиплексирование.



а)



б)

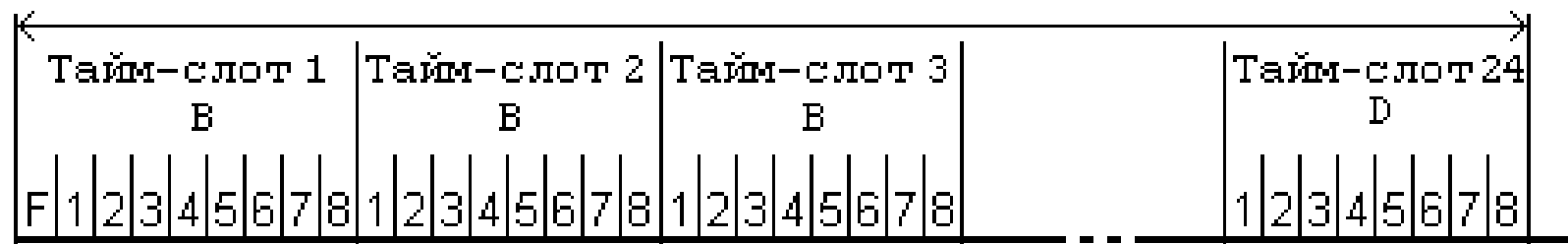
$$T_p = T_d = 125 \text{ мкс}$$

## Каналообразующая аппаратура с временным разделением каналов.

### Структура сигналов потоков T1 и E1

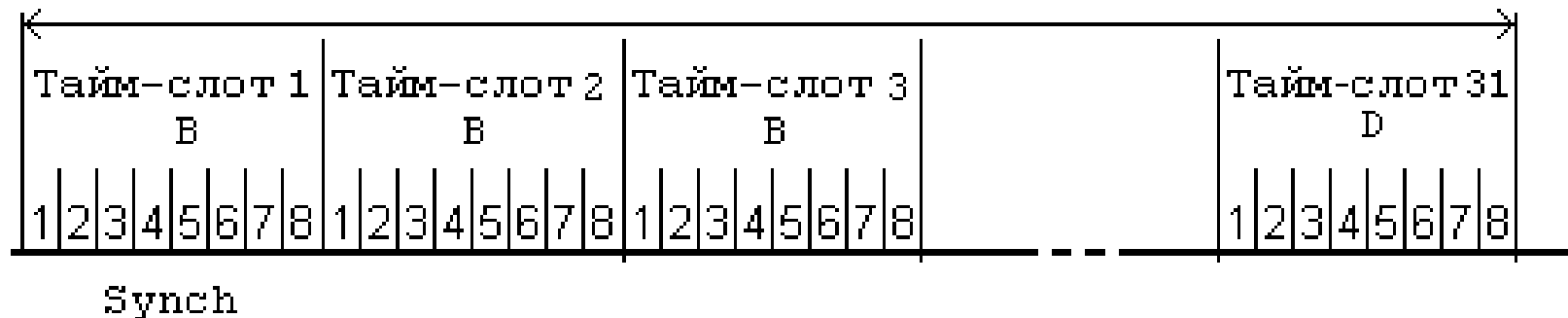
#### Структура кадра при скорости 1,544 Мбит/с

1 кадр = 193 бит = 125 мкс



#### Структура кадра при скорости 2,048 Мбит/с

1 кадр = 256 бит = 125 мкс



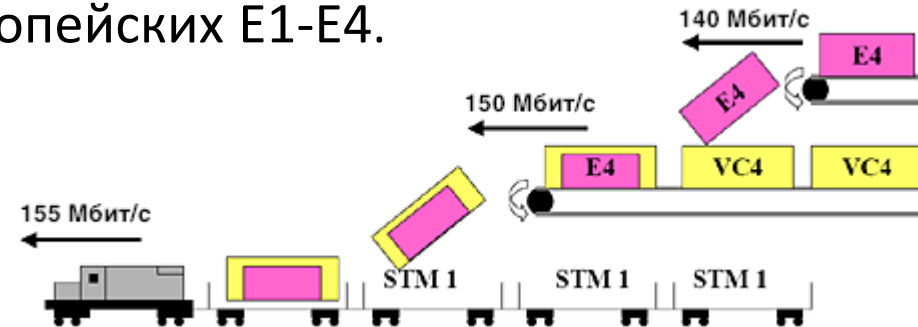
## Синхронная цифровая иерархия (SDH).

Среда передачи – **оптическое волокно**. Передача фрагментами по 2430 байт.

Для работы SDH требуется строгая синхронизация приемников и передатчиков. Цезиевые или рубидиевые генераторы. Нестабильность  $10^{-13}$

Первоначально технология называлась «Синхронные оптические сети» SONET в США.

Международная – SDH. Цель создания – обеспечить возможность передачи потоков всех цифровых систем; американских T1-T4 и европейских E1-E4.



**УРОВНИ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ SDH**

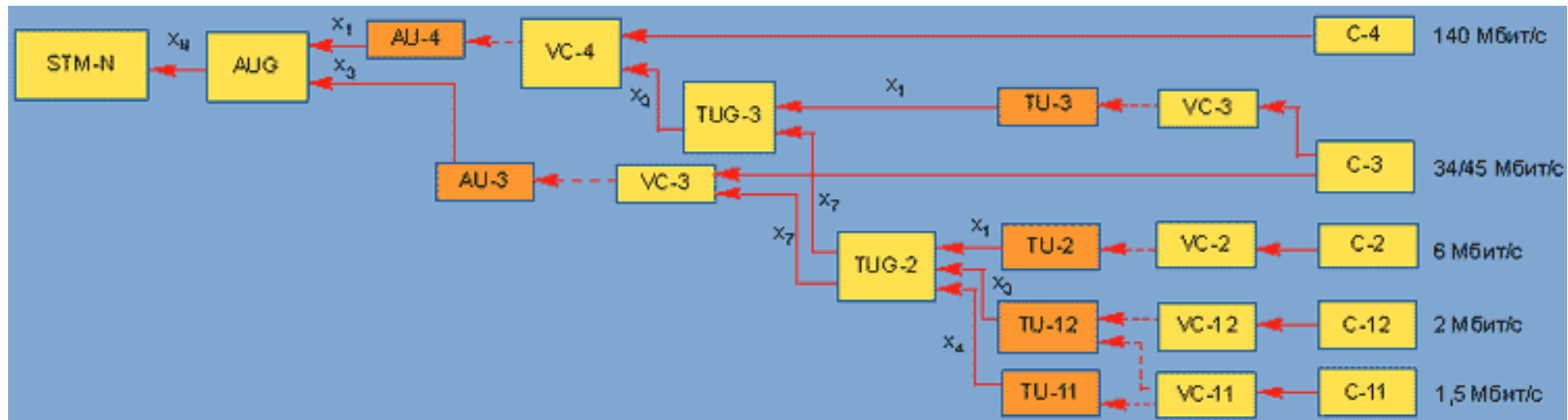
Уровень	Модуль	Скорость передачи
1	STM-1	155.52 Мбит/с
4	STM-4	622 Мбит/с
16	STM-16	2,5 Гбит/с
64	STM-64	10 Гбит/с
256	STM-256	40 Гбит/с

Обозначение контейнера	Скорость передачи, Мбит/с	Соответствующая скорость PDH, Мбит/с
C1.1	1,648	1,544
C1.2	2,224	2,048 и 1,544
C2	6,832	6,312
C3	48,384	44,734 и 34,368
C4	149,760	139,264



## Синхронная цифровая иерархия SDH

**VC**-Virtual Container; **TU**-Tributary Unit; **AU**-Administrative Unit; **AUG**-групповой административный блок.



Мультисервисный мини-SDH мультиплексор **OME 6110**

8 портов E1, STM-1 под оптический или коаксиальный кабель

## Синхронная цифровая иерархия SDH

Электрический интерфейс STM-1 имеет параметры:

Скорость передачи: 155,52 Мбит/с

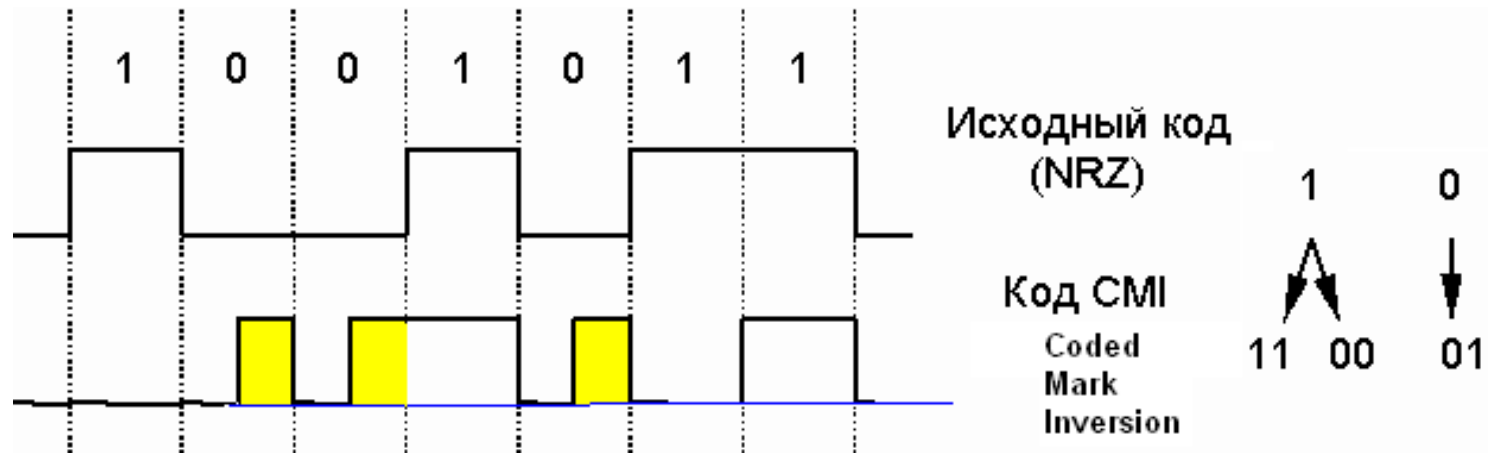
Код: **CMI** (Coded Mark Inversion)

Уровни: **1,0** VSS  $\pm$  0,1 **B**

Оптический интерфейс STM-1 и STM-N:

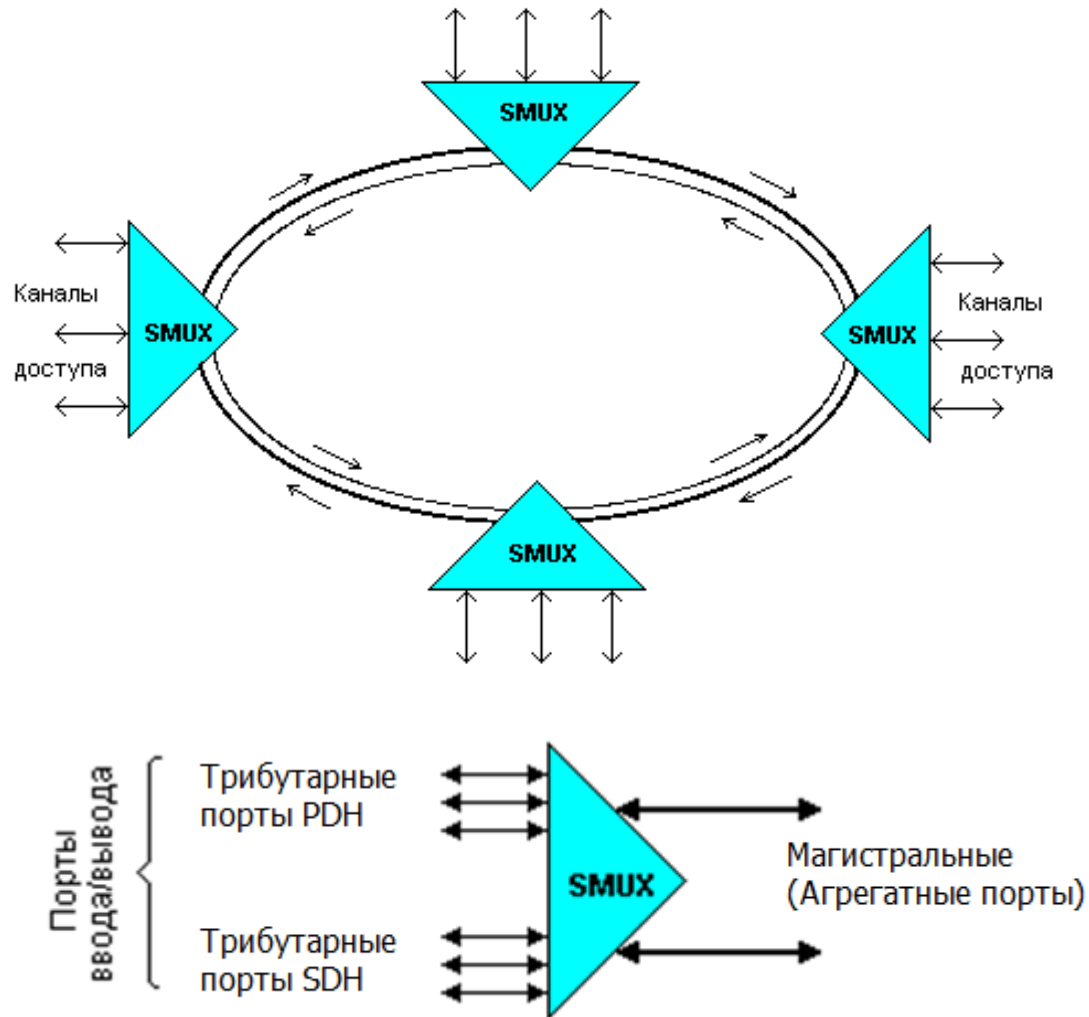
Скорость передачи:  $N \times 155,52$  Мбит/с

Код: Скремблированный NRZ



# Синхронная цифровая иерархия SDH

## Схема включения мультиплексоров



**Двойное кольцо** (две пары – основное и резервное. Позволяет сети самовосстанавливаться при обрывах линии или отказе узла.

Используется на первых двух уровнях иерархии: 155 и 622 Мбит/с.

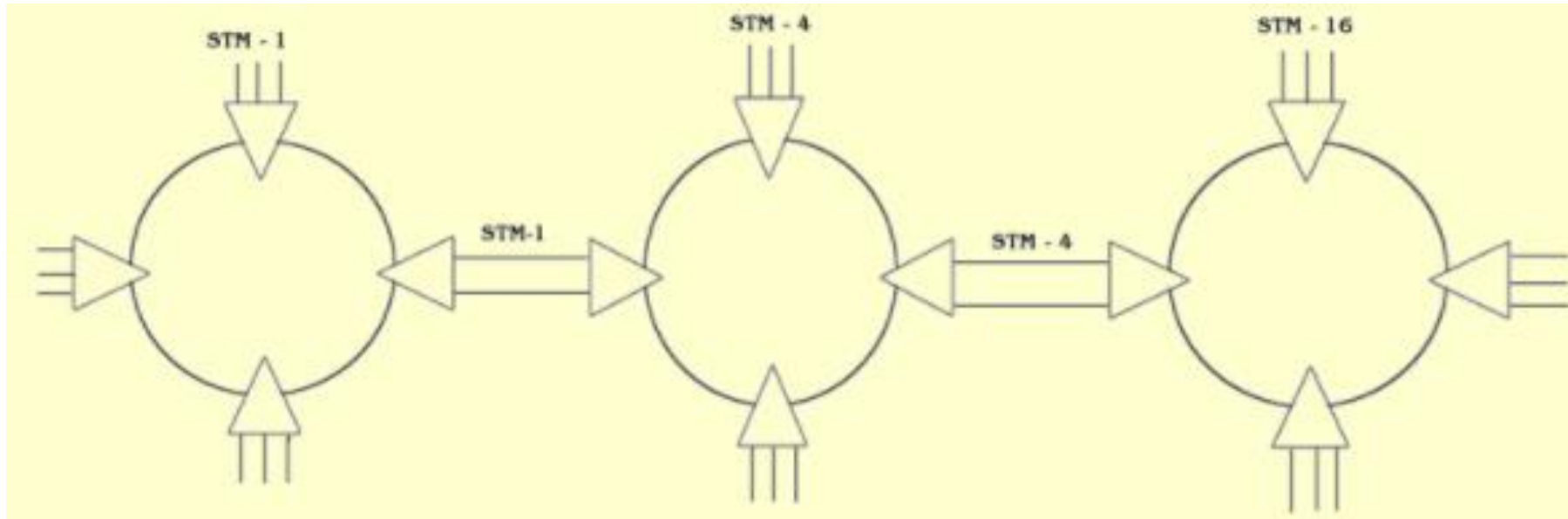
**Мультиплексор** – основное звено сети SDH. Порты мультиплексора SDH делятся на **агрегатные** и **трибутарные**.

**Tributary** дословно означает «приток».

**Трибутарные** порты часто называют также портами **ввода/вывода**, а **агрегатные** — **линейными**.

# Синхронная цифровая иерархия SDH

## КАСКАДНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОЛЕЦ

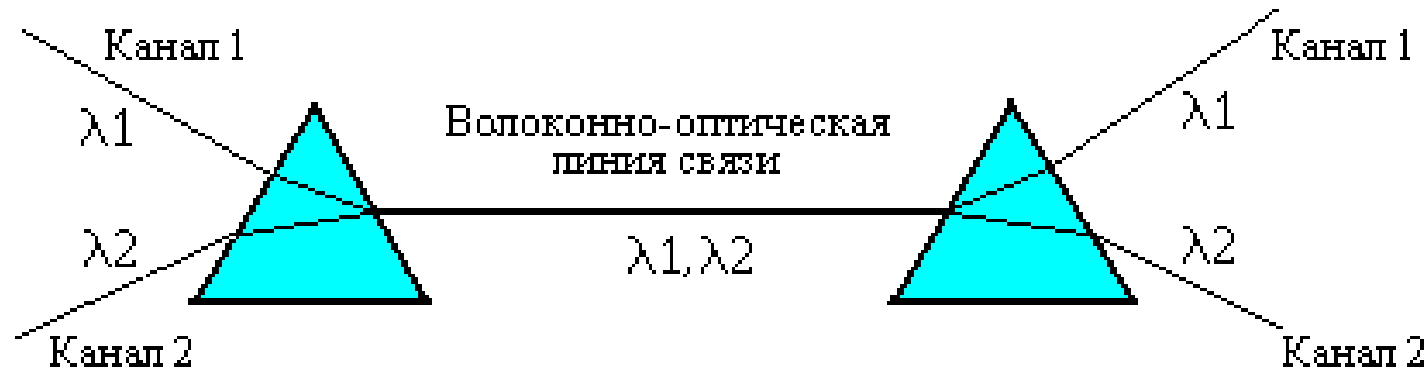


Кроме мультиплексоров в состав сети SDH могут входить регенераторы, они необходимы для преодоления ограничений по расстоянию между мультиплексорами, зависящих от мощности оптических передатчиков, чувствительности приемников и затухания волоконно-оптического кабеля. Регенератор преобразует оптический сигнал в электрический и обратно, восстанавливая при этом форму сигнала и его временные параметры.

## Сети спектрального мультиплексирования

**WDM** (*Wave Division Multiplexing*) 4 до 16 каналов, скорость до 2,5 Гбит/с

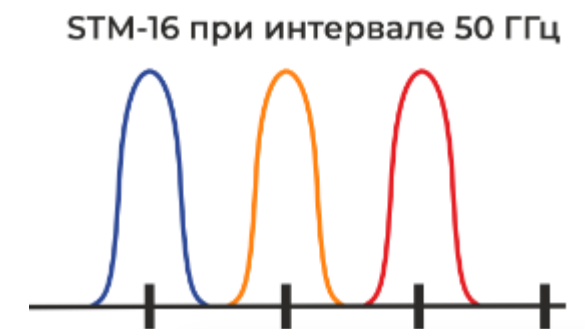
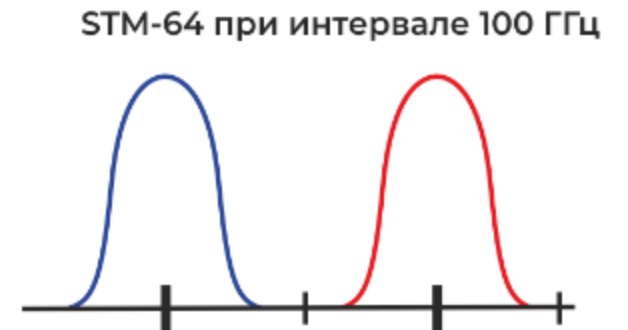
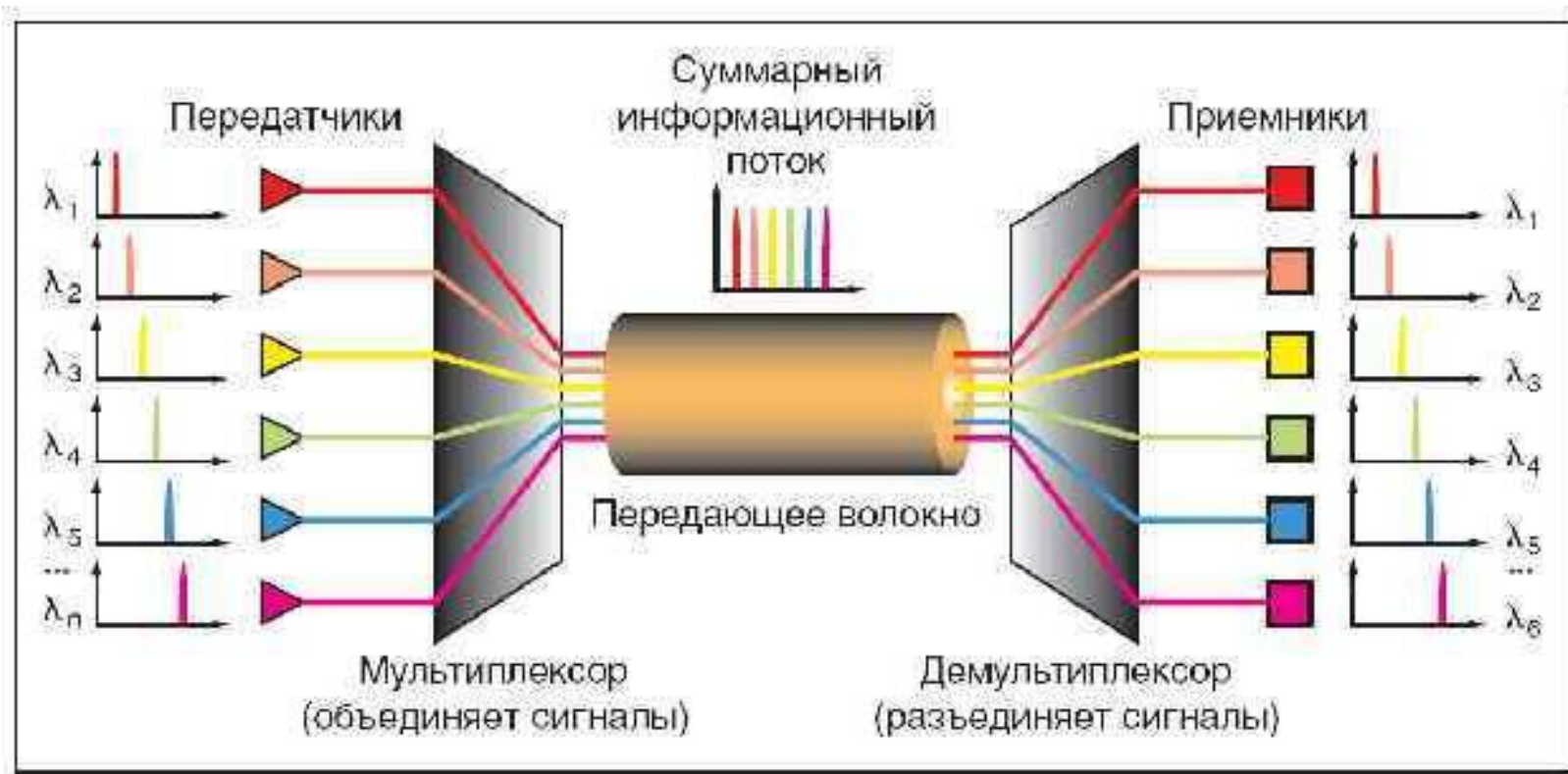
- DWDM (*Dense WDM*) > 100 каналов на одном оптоволокне.
- Стандартный частотный интервал 100 ГГц (0,8 нм длина волны).
- Созданы системы с 50 и 25 ГГц частотным интервалом.
- Скорости передача 2,5; 10 Гбит/с.
- Расстояние между регенераторами 80-150 км.





## ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ на основе DWDM

Технология **плотного волнового мультиплексирования DWDM** (*Dense Wave Division Multiplexing*).



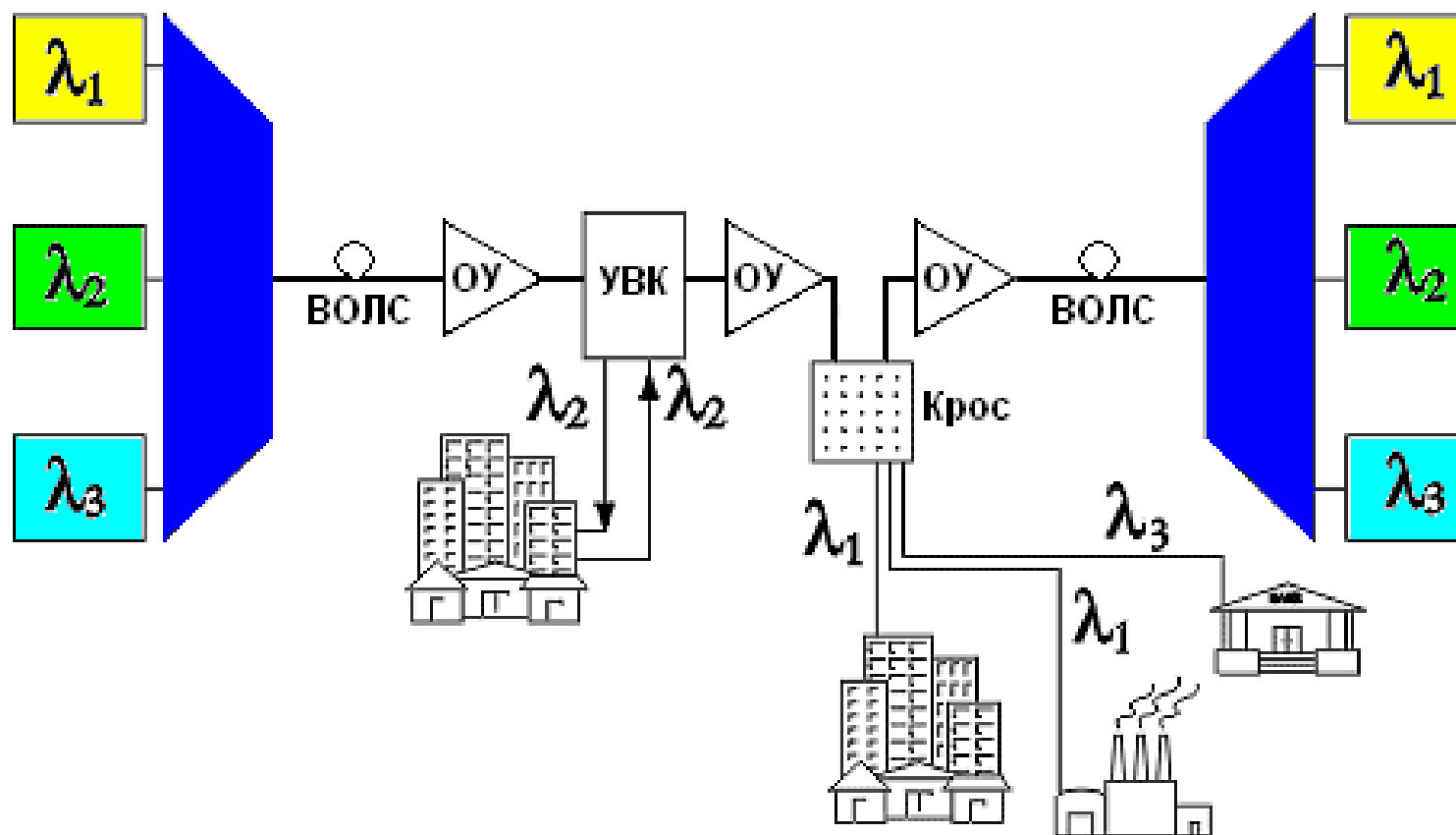
Количество каналов: 16, 32 и более (до 102 каналов).

Стандартное расстояние между соседними каналами 100 ГГц.

Скорость передачи на канал — 2,4 Гбит/с (STM-16) или 10 Гбит/с (STM-64).

## Сети спектрального мультимплексирования

**WDM** (*Wave Division Multiplexing*) – от 4 до 16 каналов, скорость передачи до 2,5 Гбит/с

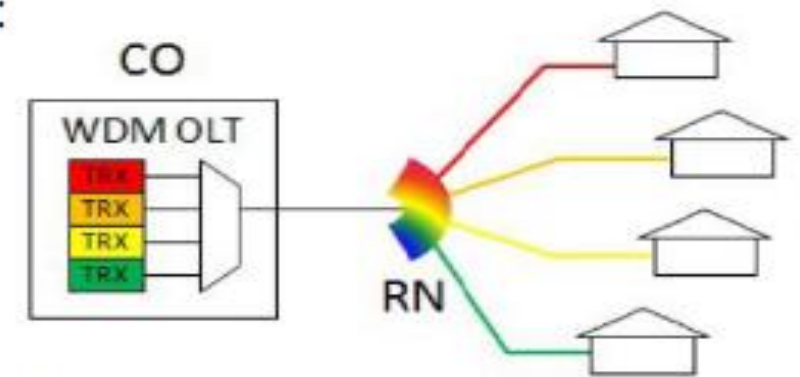


## Преимущества сетей спектрального мультиплексирования в ПОН

Обеспечение независимости канала абонента - персональная длина волны оптического канала связи - Wave Division Multiplexing (WDM).

Ключевые преимущества технологии WDM PON:

- ✓ Выделение персональной длины волны на абонента (обеспечивает безопасность передачи информации), требует использования AWG вместо пассивных сплиттеров,
- ✓ Доступность абоненту всей ширины полосы канала,
- ✓ Возможность использования на разных длинах волн разных протоколов передачи данных и разных скоростей передачи информации.

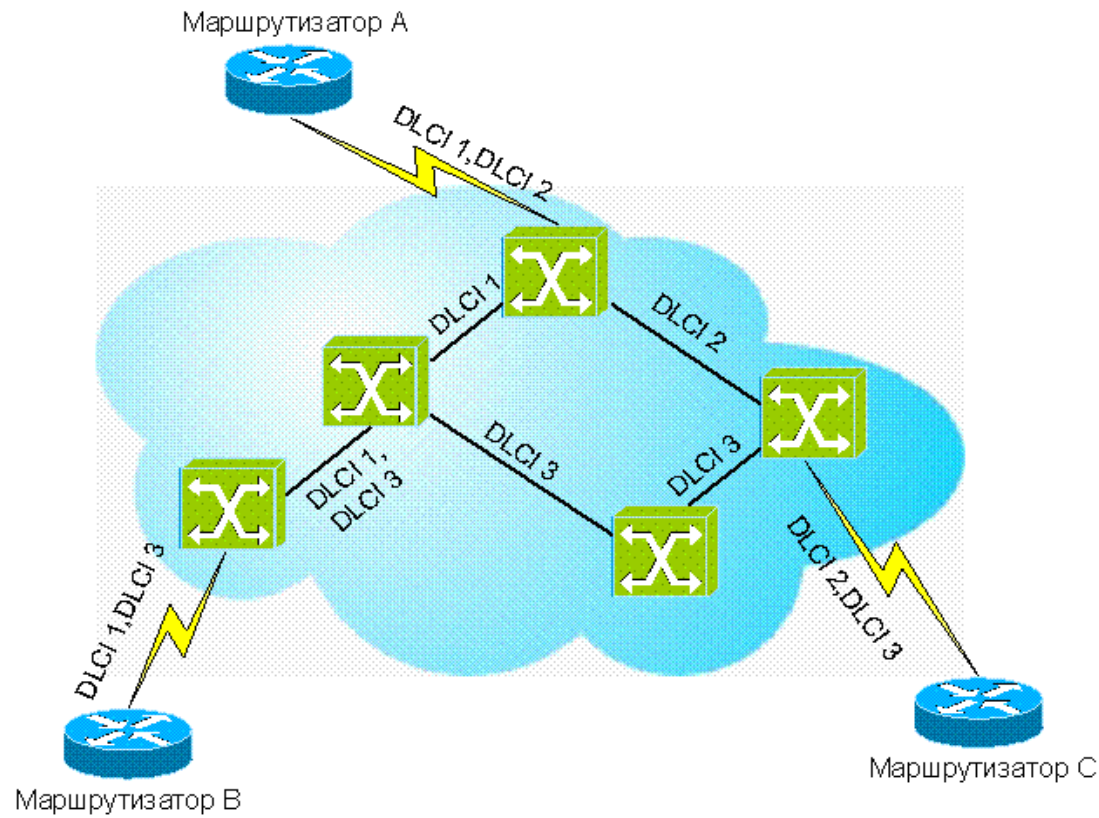


Недостатки «чистого» WDM PON:

- ✓ Невозможность использовать длину волны абонента в случае, когда абонент не пользуется услугой связи.

## Сеть ретрансляции кадров Frame relay

Frame relay (**FR**) – это усовершенствованная технология быстрой коммутации пакетов переменной длины. Кадры при передаче через коммутатор не подвергаются преобразованию, из-за чего собственно технология и получила такое название.



На канальном уровне сети Frame relay передача данных между двумя соседними коммутаторами регламентируется протоколом **LAP-F** (*Link Access Procedure for Frame mode*), обозначаемый по рекомендации ITU-T номером **Q.922**.

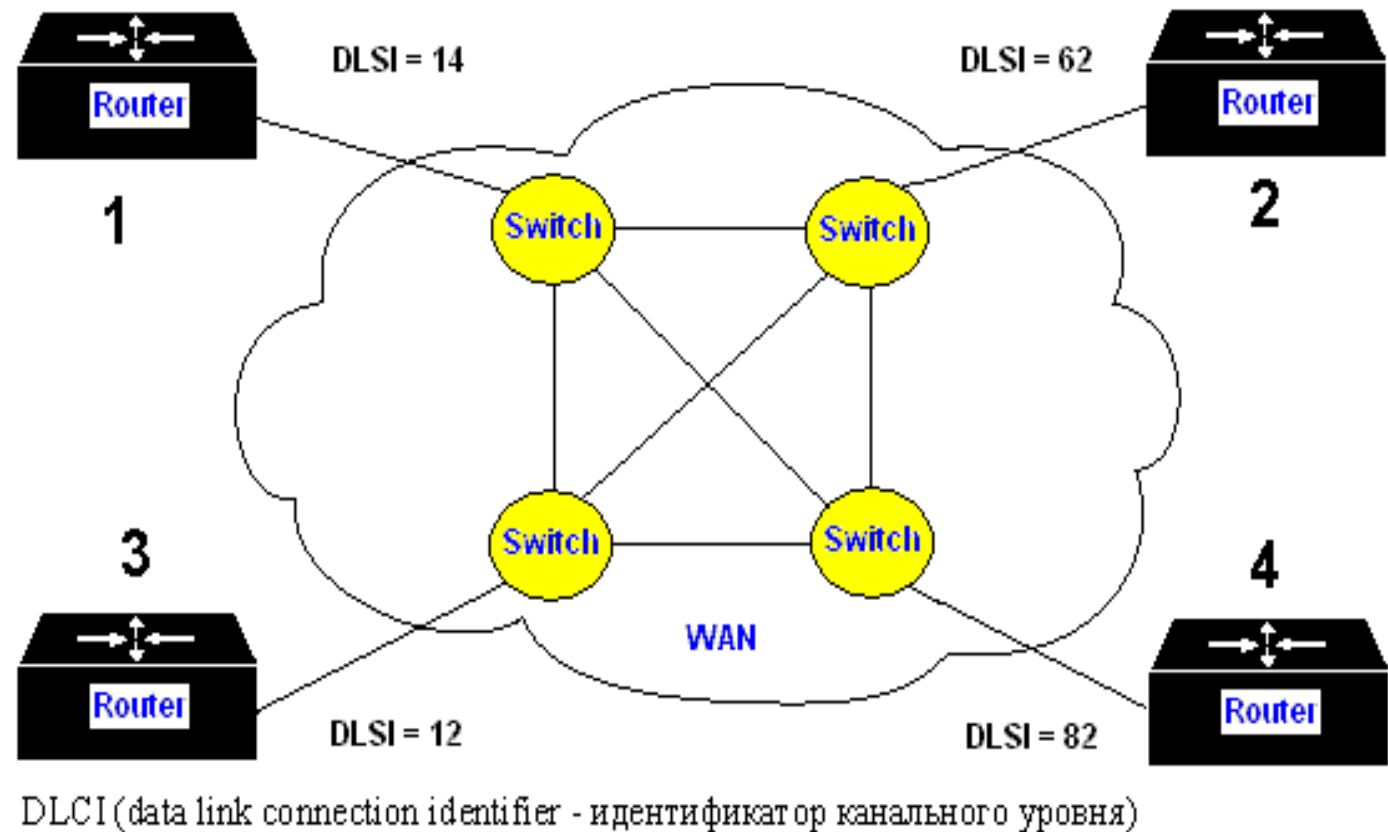
Адрес **Frame Relay** - идентификатор подключения канального уровня (Data Link Connection Identifier — **DLCI** ).



## Сеть ретрансляции кадров Frame relay

**Frame relay** – это:

- ❖ Осуществляется только ретрансляция кадров. Скорость передачи  $> 1,544$  Мбит/с.
- ❖ Статистическое мультиплексирование кадров.
- ❖ Устанавливается **двухточечные** соединение с использованием **постоянного виртуального канала**
- ❖ Усовершенствованная технология быстрой коммутации пакетов переменной длины.



Установлен ряд **параметров качества**:

- ❖ согласованная скорость, с которой будут передаваться данные;
- ❖ согласованный объем пульсаций скорости;
- ❖ дополнительный объем пульсаций.



## Сеть ретрансляции кадров Frame relay

Управление доступом к сети Frame relay возлагается на интерфейс локального управления **LMI** (*Local Management Interface*). Доступ в сеть FR обеспечивают **порты FR** и **FR-адаптеры** - сборщики/разборщики кадров FR.

Добиться **высокой эффективности** использования пропускной способности физических линий и каналов связи, а также исключения перегрузок узлов связи и всей сети FR позволяет **метод статистического мультиплексирования кадров**, в соответствии с которым выполняется следующее:

- ❖ постоянное "наблюдение" аппаратурой канала данных (АКД) за потоком заявок от пользователей на передачу сообщений и за текущей загрузкой сети (линий, каналов и узлов связи);
- ❖ перераспределение свободного (и высвобождающегося) ресурса пропускной способности в соответствии с реальными потребностями абонентов;
- ❖ предоставление пользователям каналов информационного обмена, удовлетворяющих их требованиям.

Управление обменом информацией по LMI регламентируется стандартом **ANSI (American National Standards Institute)** либо стандартом **ITU-T**.

## Сеть ретрансляции кадров Frame relay

**LMI (Local Management Interface)** - специальный протокол LMI, который в сетях Frame Relay регламентирует взаимодействие между DTE и DCE.

**Пример.** Настроить маршрутизатор, обладающий последовательным интерфейсом **Serial 1**, для подключения его к сети коммутации пакетов **Frame Relay**, если интерфейс **LMI** имеет тип **ansi**.

```
Router#configure terminal
```

```
Router(config)# interface serial1
```

```
Router(config-if)# ip address 192.168.38.40 255.255.255.0
```

```
Router(config-if)# encapsulation frame-relay
```

```
Router(config-if)# frame-relay lmi-type ansi
```

```
Router (config-if)# bandwidth скорость передачи // указание скорости передачи
```

```
Router(config-if)# frame-relay inverse-arp // Преобразование IP-в-DLCI
```

## Асинхронная сеть передачи сообщений АТМ

Технология АТМ разрабатывалась как для построения высокоскоростных локальных сетей, так и магистралей, объединяющих традиционные локальные сети. Одно из главных преимуществ АТМ - возможность **задавать** для различных потоков трафика тот или иной **уровень обслуживания QoS** (*Quality of Service*), определяющий, по существу, степень приоритетности трафика при передаче его по сети.

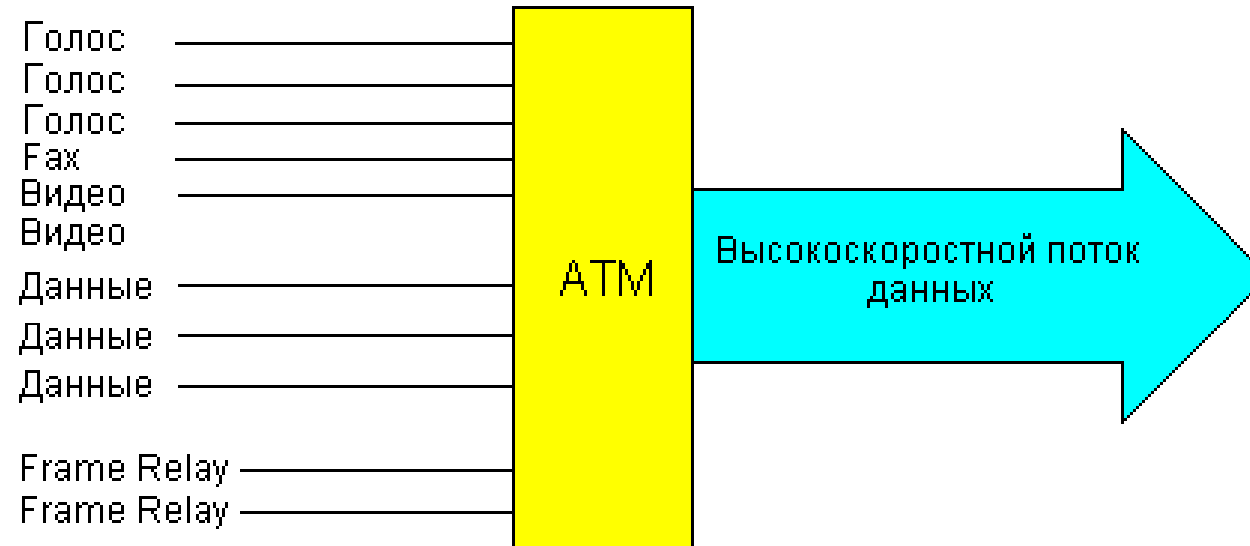


Схема мультиплексирования информационных потоков в сети АТМ

## Асинхронная сеть передачи сообщений АТМ

В АТМ-сетях для создания информационных магистралей между передающим и принимающим узлами используются виртуальные пути и виртуальные каналы.

**Виртуальный путь VP** (*Virtual Path*)— это путь между двумя коммутаторами, который существует постоянно, независимо от того, установлено ли соединение.

**Виртуальный канал VC** представляет собой некоторый тракт (путь) передачи между двумя узлами коммутируемой сети, представляет собой выделенное двухточечное соединение, "прозрачное" для пользователя.

В АТМ-сетях существуют три типа виртуальных каналов: **постоянные, коммутируемые** и **интеллектуальные постоянные** виртуальные каналы.

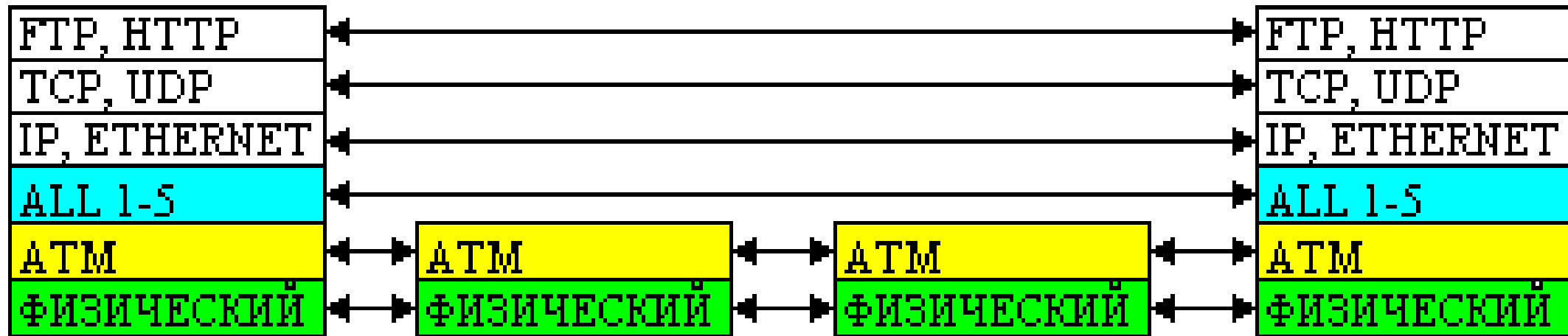
## Уровни асинхронной сети передачи АТМ

Модель АТМ состоит из **трех уровней**:

**Физического (SDH/SONET )**; устанавливает способ передачи битов через среду, типы линий связи и скорости передачи.

**Уровня АТМ (VP, VC, PVC,SVC)**; регламентирует способ передачи сигналов, установление соединения и управление передачей .

**Уровня адаптации АТМ (ATM Adaptation Layer, AAL) - SoQ**. Формирование ячеек, предотвращение перегрузки. **AAL-5** – для передачи IP-пакетов.





## Формат ячейки сети АТМ

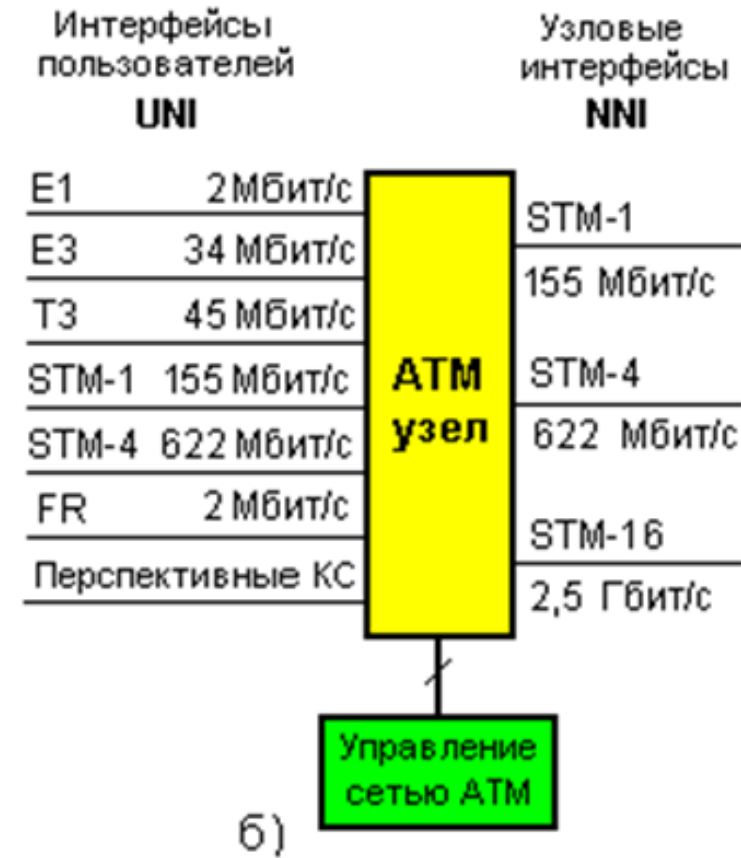
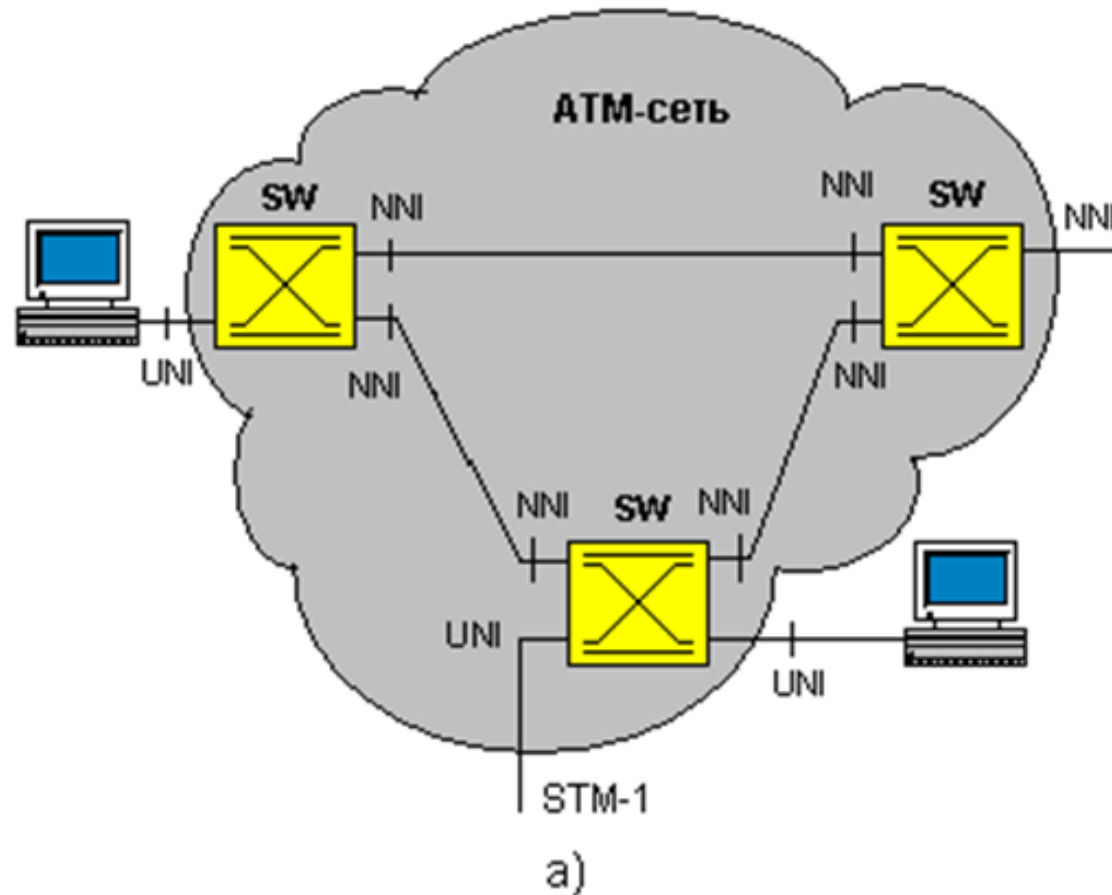
**53 байта**, из которых **48** информационные, а **5** – заголовок.

Бит 8	Бит 7	Бит 6	Бит 5	Бит 4	Бит 3	Бит 2	Бит 1	Байты
Управление потоком (GFC)				Идентификатор виртуального пути (VPI)				1
Идентификатор виртуального пути VPI (продолжение)				Идентификатор виртуального канала (VCI)				2
Идентификатор виртуального канала VCI (продолжение)								3
Идентификатор виртуального канала VCI (продолжение)				Тип данных (PTI)		Приоритет потери ячейки (CLP)		4
Контроль ошибок в заголовке (HEC)								5
Данные пакета (Payload)								6
								...
								53

Тип данных **PTI** (*Payload Type Indicator*) занимает 3 бита после поля VCI. Цифровые значения индикатора от 0 до 3 указывают на то, что в ячейке передаются данные пользователя, значения 4 и 5 – управляющая информация, а 6 и 7 – зарезервированы.

## ГЛОБАЛЬНАЯ АСИНХРОННАЯ ЦИФРОВАЯ СЕТЬ (АТМ)

*Asynchronous Transfer Mode* — асинхронный способ передачи данных) — высокопроизводительная технология коммутации и мультиплексирования пакетов (**ячеек**). Размер ячейки (*cell*) фиксированный **53 байта**. Скорость от **1,5 Мбит/с** до **40 Гбит/с**. Применение преимущественно в глобальных сетях.



## Установление соединения в сети АТМ

Для передачи пакетов по сетям АТМ от источника к получателю информации отправитель должен сначала **установить соединение** с получателем информации. Сначала посылается запрос с нулевым номером виртуального пути  $VPI=0$  и пятым номером виртуального канала  $VCI=5$ . Если процедура завершилась успешно, то можно начинать формирование виртуального канала. При создании канала возможно использование 6 разновидностей сообщений:

**setup** (адрес места назначения) – запрос формирования канала;

**call proceeding** – запрос в процессе исполнения;

**connect** – соединение установлено;

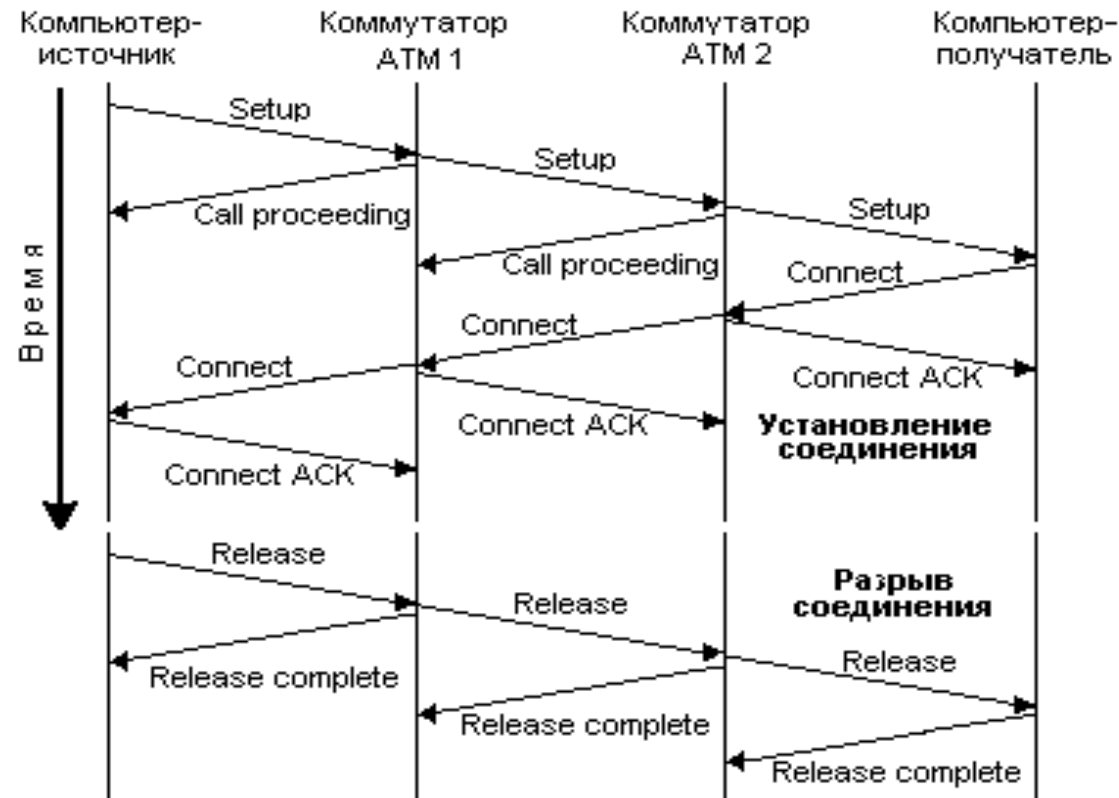
**connect ACK** – подтверждение получения **connect**;

**release** – сообщение о завершении;

**release complete** – подтверждение получения сообщения **release**.

Преимуществом наличия процедуры установления соединений является **гарантированность** для данного соединения **определенной пропускной способности** и **запрошенного качества сервиса** (допустимое количество потерянных пакетов, допустимое изменение интервалов между ячейками и т.д.).

## Установление соединения в сети ATM



При установлении соединения коммутаторы определяют **оптимальный маршрут**. После установления соединения коммутаторы начинают функционировать **как мосты**, просто пересылая пакеты. Отличие состоит лишь в том, что если мосты отправляют пакеты по всем достижимым адресам, то коммутаторы пересылают ячейки только следующему узлу заранее выбранного маршрута.

## Адресация в сетях ATM

Для открытых сетей ATM стандарт ITU-T основан на использовании адресов типа **E.164** (аналогичных телефонным номерам). Применяется формат **NSAP** (Network Service Access Point), который определяет **20-байтовые ATM-адреса**, предназначенные для использования в частных сетях ATM. Первые **13 байтов адреса** NSAP – номер коммутатора. Следующие **6 байтов**, называемые идентификатором конечной станции (End Station Identifier — **ESI**), определяют элемент сети ATM, подключенный к коммутатору.

Последний байт, называемый **байтом селектора (SEL)**, определяет процесс в устройстве, с которым осуществляется соединение.

**Пример.** Сконфигурировать порт реализации постоянного виртуального канала с номером 1 (**PVC1**) сети ATM для соединений уровня **AAL5** со значениями идентификаторов виртуального пути **VPI 0** и виртуального канала **VCI 100**. Метод адресации - **NSAP**:

```
Router(config)#int atm 2/0
Router(config-if)#atm pvc 1 0 100 aal5 nsap
Router(config-if)#exit
```

# Коммутатор ATM операторского класса

## Alcatel-Lucent 7470



### ATM UNI/NNI

8-портовая плата E1/T1 ATM с поддержкой инверсного мультиплексир-я (разделение потока на несколько низкоскоростных);  
8-портовая плата T3;  
4-портовая плата OC3/STM-1;  
3-портовая плата E3/T3 ATM, электрический интерфейс;  
1-портовая плата STM-1/OC-3 ATM, электрический интерфейс, MMF, SMF, IR/LR/ELR.

### Frame Relay

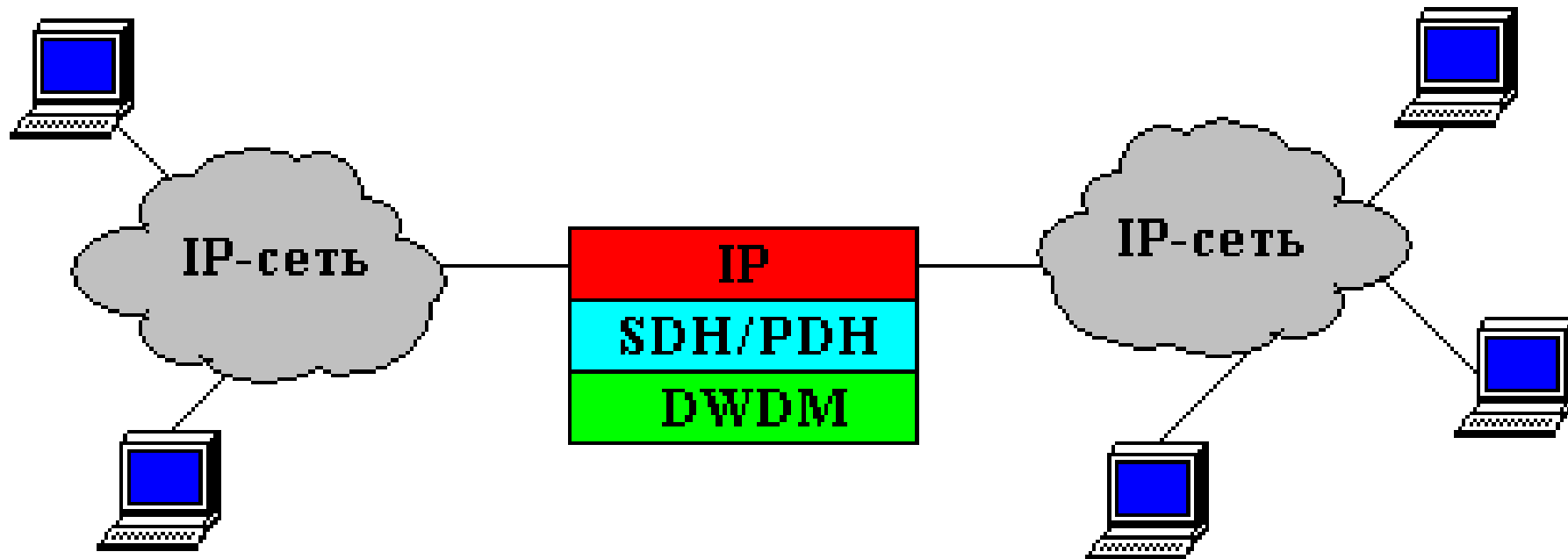
1-портовая плата STM-4/OC-12 SMF;  
16-портовая плата E1/T1 с 1 потоком FR на порт;  
16-портовая плата E1/T1 до 31 потока FR на порт;  
8-портовая плата E1/T1 с 1 потоком FR на порт;  
4-портовая плата E1/T1 до 31 потоков FR, HDLC или PPP на каждом порту. В каждом потоке FR поддерживается до 991 виртуального соединения;  
1-портовая плата E3/T3 Frame Relay



## IP-технологии в глобальных сетях

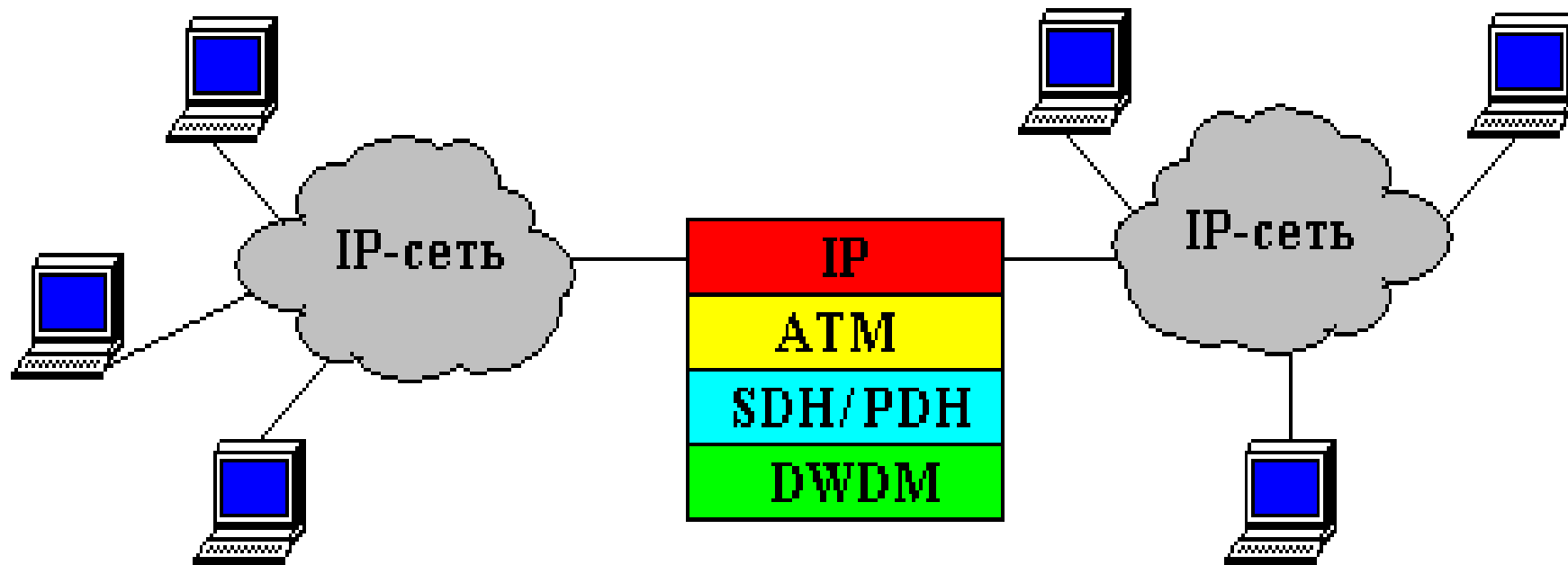
«Чистые» IP-сети – с использованием каналов PDH/SDH/DWDM. Соединение IP-маршрутизаторов осуществляется посредством выделенных линий или каналов первичных цифровых глобальных сетей (PDH/SDH/DWDM).

Для управления передачей применяются преимущественно два типа канальных протоколов: **HDLC** и **PPP**.



## IP-СЕТИ, РАБОТАЮЩИЕ ПОВЕРХ АТМ

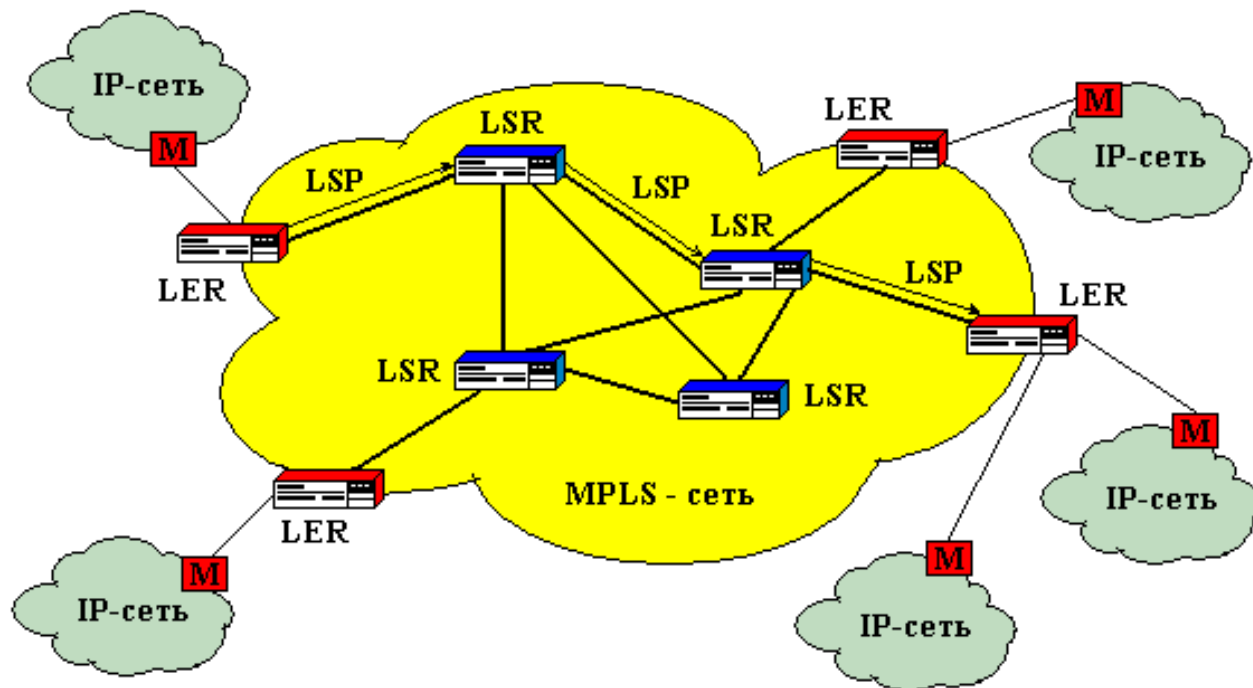
Между сетевым и канальным уровнями функционирует сеть АТМ. Протокол IP целесообразно поддерживать "поверх" АТМ только в том случае, когда большинство компьютеров в организации не подключены напрямую к сети АТМ. Для управления передачей применяются канальные протоколы: **HDLC и PPP**.



Наложенная IP-сеть поверх АТМ

## MPLS-технология

MPLS-сеть состоит из множества соединенных между собой узлов, поддерживающих технологию MPLS. Узлы такой сети называются **LSR-маршрутизаторы** (*Label Switching Router*). Эти узлы обладают свойством коммутировать пакеты **различных протоколов** на основании специальных идентификаторов – **меток**, добавленных в заголовок к каждому пакету.



Кроме LSR-маршрутизаторов в сети установлены **пограничные коммутирующие по меткам маршрутизаторы LER** (*Label switch Edge Routers*).

## Достоинства MPLS-технологии

Основным преимуществом MPLS являются:

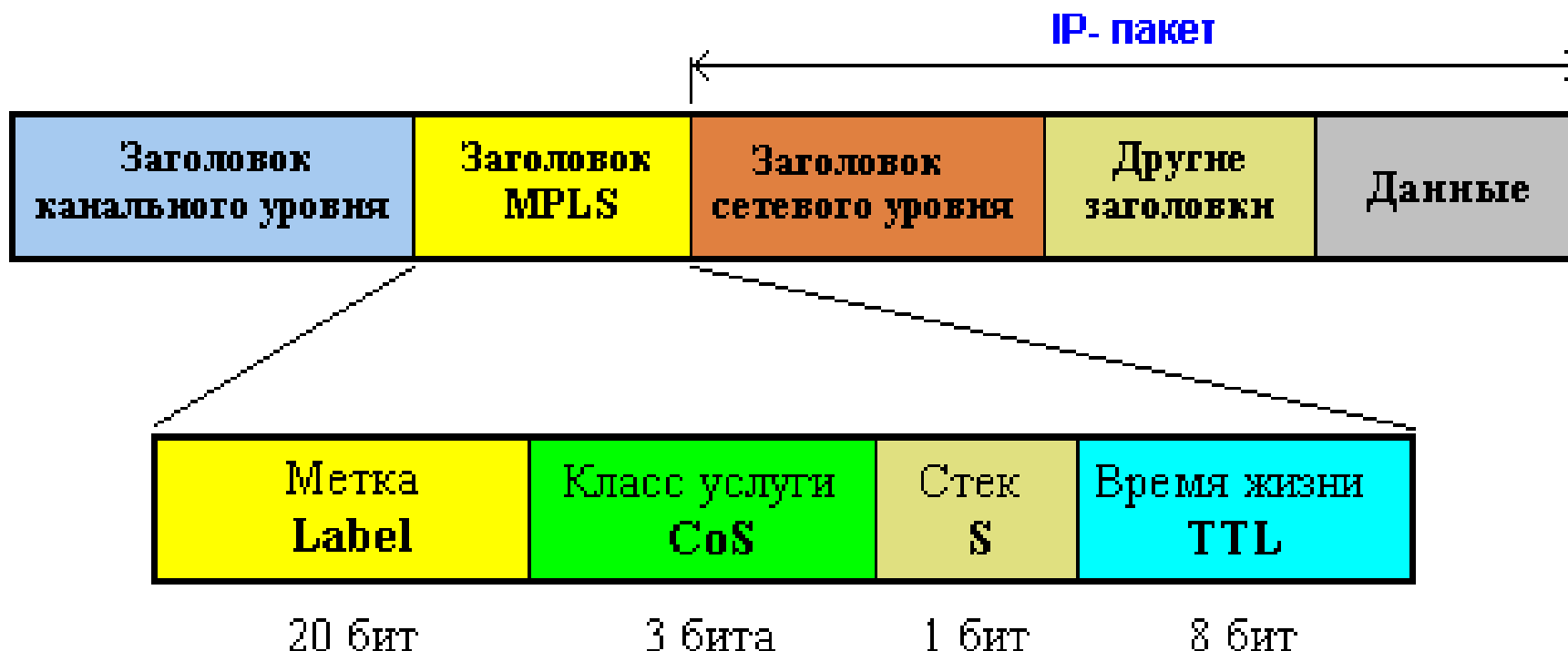
- **независимость** от особенностей технологий канального уровня, таких как **ATM, Frame Relay, SONET/SDH** или **Ethernet**;
- отсутствие необходимости **поддержания** нескольких сетей второго уровня, необходимых для передачи различного рода трафика. По виду коммутации MPLS относится к сетям с коммутацией пакетов.

Для решения идентичных задач ранее были разработаны такие технологии, как **Frame Relay** и **ATM**. Предполагается, что технология ATM будет заменена другими протоколами с меньшими накладными расходами на передачу данных, в частности, в будущем **MPLS** полностью **вытеснит данные технологии**, как более простая и более дешевая.

Каждый **путь** в сети представляет собой **однонаправленный виртуальный канал**. Поэтому для передачи сообщений между двумя **LER-узлами** **устанавливаются два пути** коммутации по меткам, т.е. по одному в каждом направлении. Если результирующий путь по MPLS-сети состоит из нескольких участков, относящихся к соответствующим уровням иерархии, то **для каждого участка задается своя метка**. Группа меток составного пути объединяется в **стек меток**.

## MPLS-технология. Формат кадра.

Для определения путей доставки пакетов LSP и установления параметров качества обслуживания вдоль этих путей применяется либо **типовой протокол маршрутизации (OSPF)**, используемый для обмена сведениями между узлами о достижимости и маршрутах, либо сетевой администратор явно указывает маршруты и назначает им соответствующие значения меток.



## Особенности MPLS-технологии

- ❖ В MPLS-сети пакеты объединяются в группы (классы), перемещаемые по одному и тому же маршруту и с одним и тем же качеством обслуживания.
- ❖ Группы пакетов получили название "класс эквивалентности продвижения данных" – FEC (*Forwarding Equivalence Class*). Для каждого класса эквивалентности продвижения данных FEC определяется маршрут через сеть узлов – LSR-маршрутизаторов (*Label Switching Router*).
- ❖ В MPLS-сети установлены пограничные коммутирующие по меткам маршрутизаторы LER (*Label switch Edge Routers*).
- ❖ В MPLS-маршрутизаторе пакет с MPLS-меткой коммутируется на следующий порт после поиска метки в **таблице коммутации** вместо поиска по **таблице маршрутизации**. При разработке MPLS поиск меток и коммутация по меткам выполнялись **быстрее**, чем поиск по таблице маршрутизации.



## Протокол PPP (Point-To-Point Protocol)

**PPP** (протокол «точка-точка») является наиболее широко используемым методом транспортировки IP-пакетов по последовательной связи между пользователем и поставщиком интернет-услуг (ISP). Первоначально протокол PPP используется для передачи данных по коммутируемым телефонным линиям. В настоящее время протокол используется для передачи IP-трафика по последовательным каналам передачи данных. Разработаны также варианты **PPoE** (PPP over Ethernet ) и **PPoA** (PPP over ATM), которые расширяют область применения PPP.

В его состав входят три основных компонента:

- 1) **метод инкапсуляции** дейтаграмм в последовательных каналах;
- 2) протокол **LCP** (*Link Control Protocol*), который используется для **установления канала, конфигурирования и тестирования связи**;
- 3) семейство протоколов **NCP** (*Network Control Protocols*) для установки и конфигурирования различных протоколов сетевого уровня.

## Функционирование протокола PPP

Процедура работы PPP состоит из нескольких этапов, каждый из которых обрабатывается отдельным протокольным модулем.

**1 этап — соединение на физическом уровне.**

**2 этап —** после получения сигнала, что соединение на физическом уровне установлено, **запускается протокольный модуль LCP (Link Control Protocol)**. С его помощью согласовываются последующие процедуры, например, будет ли выполняться **аутентификация** и какой из встроенных протоколов (PAP, CHAP и т.п.) будет использоваться для этой цели. В начале отправляются кадры **LCP** для создания, настройки и тестирования **канала данных**.

**3 этап** состоит из нескольких процедур.

**3.1 — аутентификация.** Каждая из сторон может потребовать от другой стороны аутентифицировать себя с помощью имени и пароля. Используются протоколы **PAP, CHAP, MS-CHAP** или **MS-CHAPv2**.

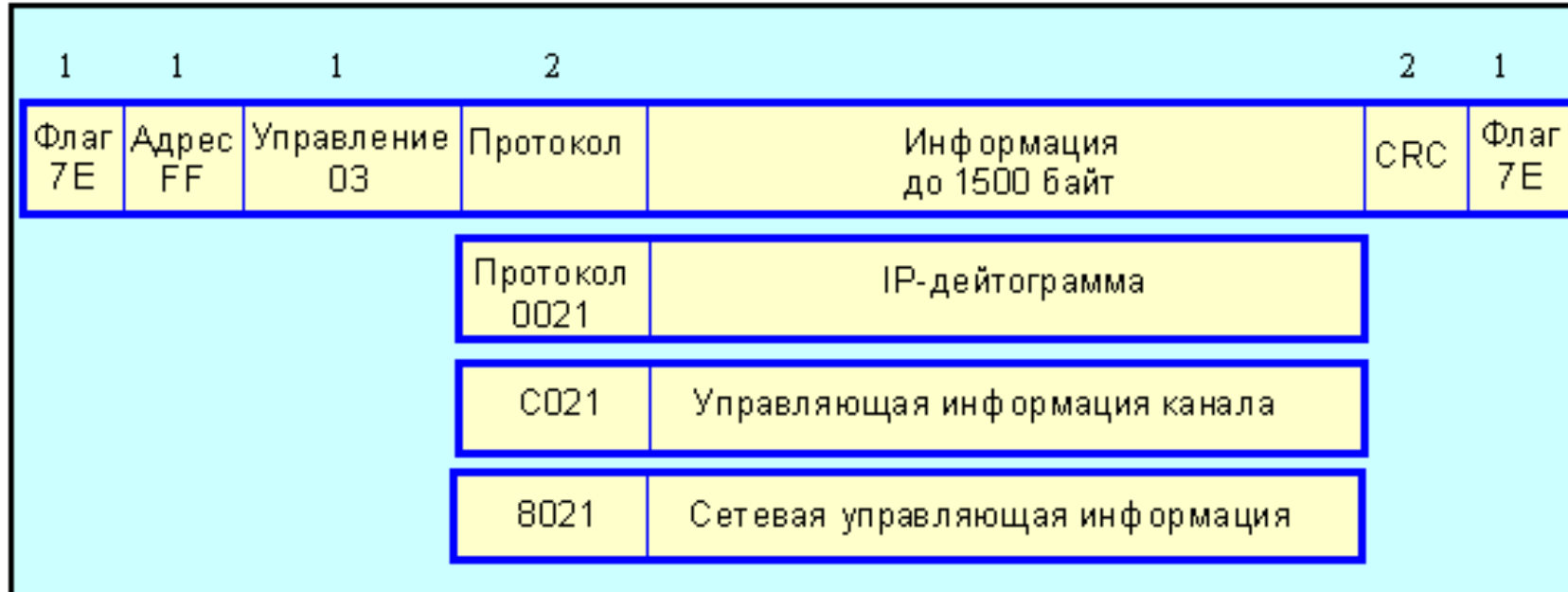
## Функционирование протокола PPP

**Процедура 3.2 — согласование параметров IP.** Обе стороны должны иметь для работы PPP какие-либо **IP-адреса**. Каждая из сторон может иметь заранее установленные (статические) IP-адреса для себя и для удаленной станции, или одна сторона может запрашивать их у другой.

**Процедура 3.3 — согласование параметров сжатия.** По умолчанию, все алгоритмы сжатия являются **опциональными**, поэтому процедура может считаться успешно завершенной, если стороны договорились работать без сжатия.

После установления связи на канальном уровне и согласования дополнительных параметров с использованием LCP, отправляются кадры **NCP** для выбора и настройки одного или нескольких протоколов сетевого уровня, который должен быть инкапсулирован и передан по линии PPP (**IP, Novell IPX, IDP Xerox NS** и др.).

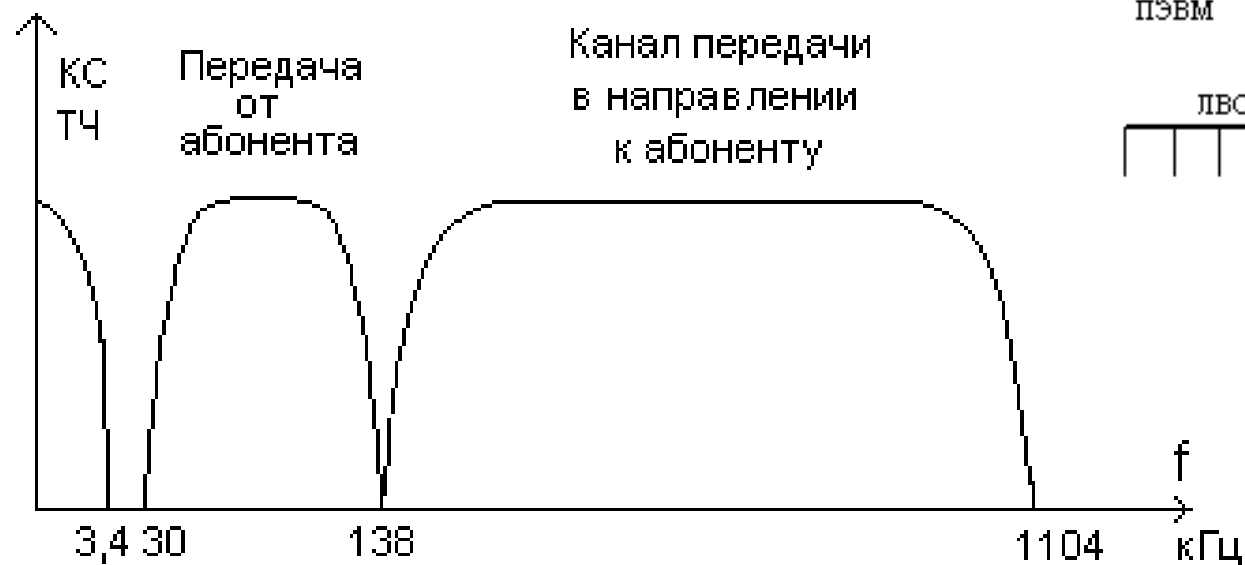
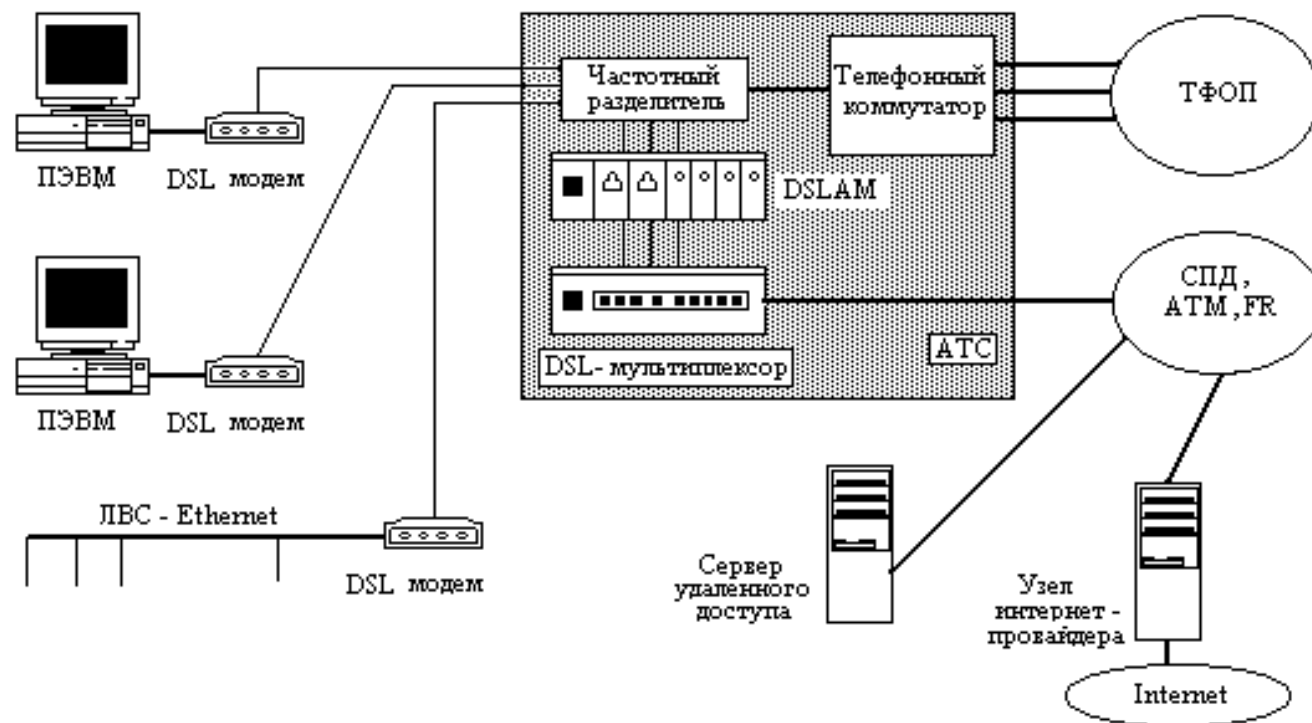
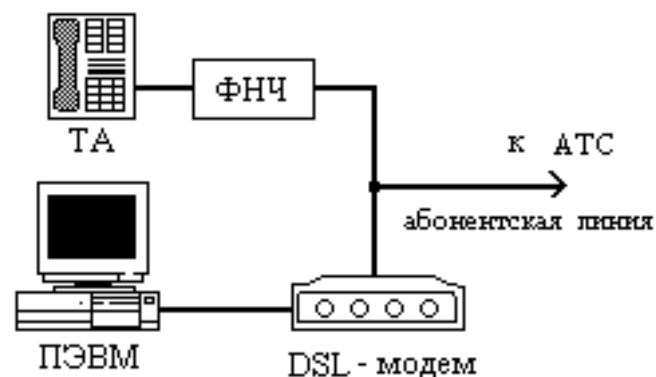
## Формат кадра протокола PPP



Поле **адрес** всегда содержит байт **0xff**. Это указывает на то, что все станции должны принять этот кадр, и исключает необходимость выделения каких-то специальных адресов. Байт управления всегда равен **0x03**, что указывает на **нечисловый тип кадра**. Значение **0x0021** этого поля говорит о том, что последующее информационное поле содержит в себе **IP-дейтограмму**.

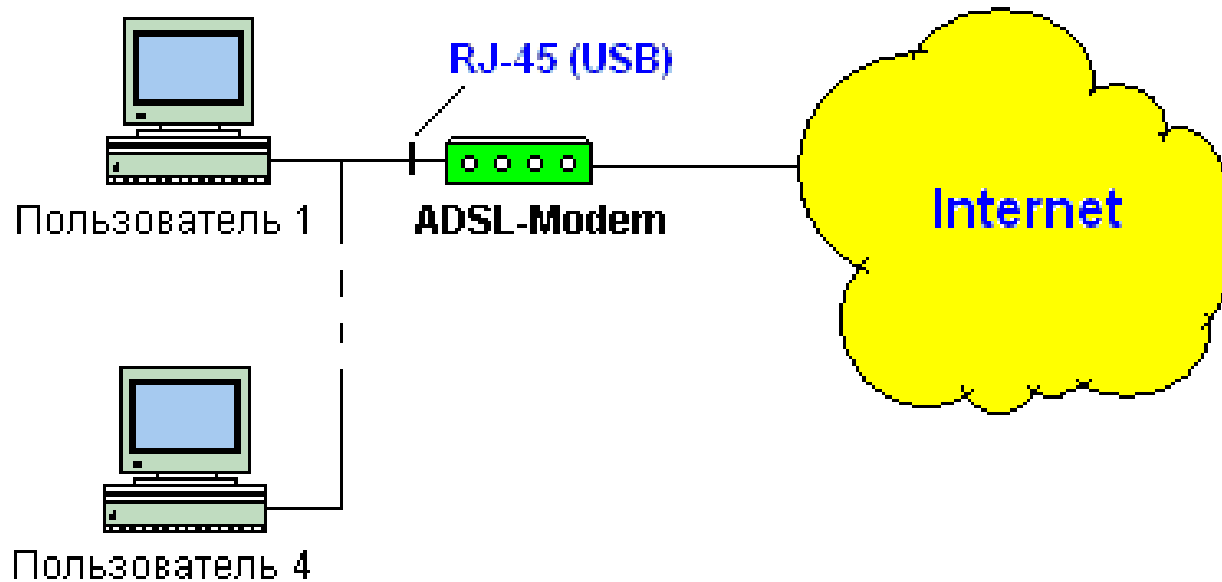
## DSL- МОДЕМ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

DSL (*Digital Subscribe Line* – цифровая абонентская линия)



# ADSL- МОДЕМ В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

(Asymmetric Digital Subscriber Line)



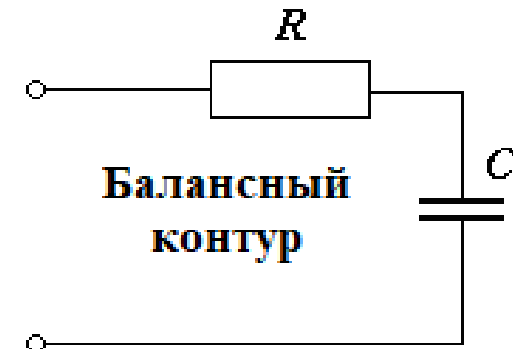
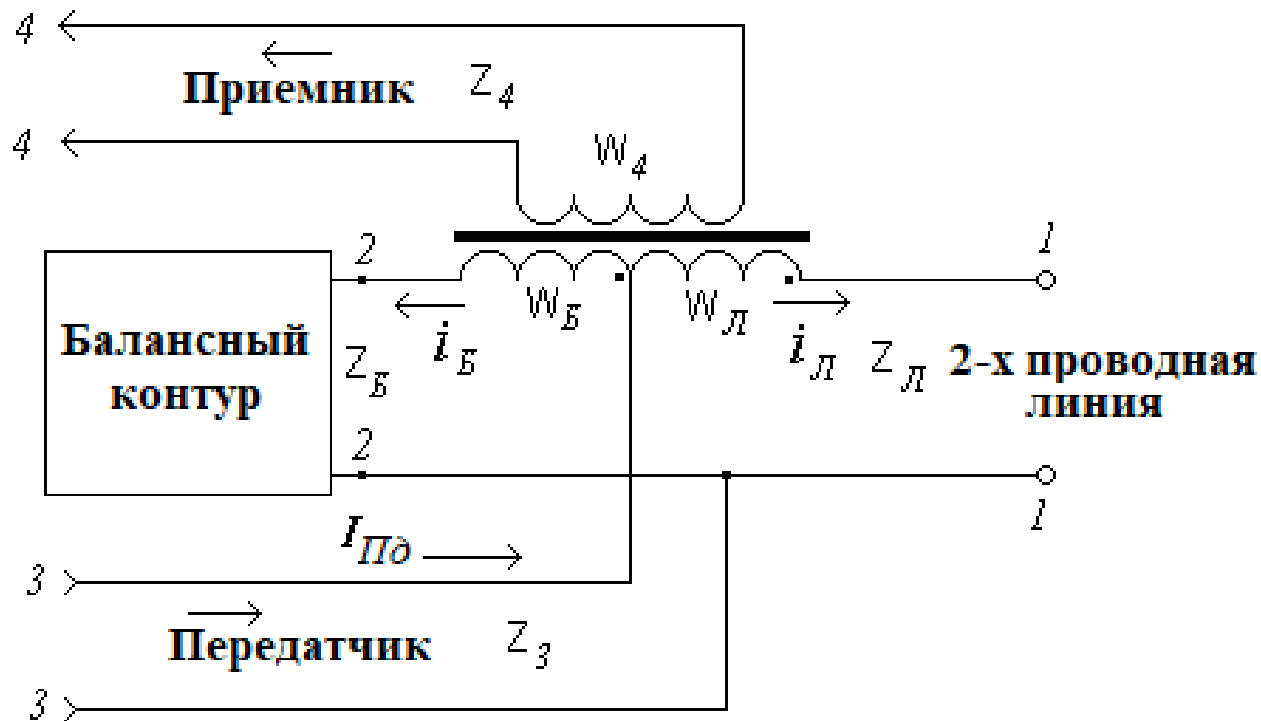
Используется OFDM - доступная полоса пропускания (25-2200 кГц) разделена на подканалы (25 на передачу и 224 на прием). По каждому из подканалов передается сигналы с квадратурной амплитудной модуляцией QAM;

- ✓ Скорость передачи: 48 Мбит/с вниз и 7 Мбит/с вверх.
- ✓ ADSL-модем для аналоговых линий.
- ✓ Доступ к Интернету – до 4-х PC.
- ✓ 10/100 Мбит/с интерфейс.
- ✓ Защитный экран.
- ✓ Трансляция адресов/
- ✓ Дальность связи 5,5 км.



## SDSL- МОДЕМ. Дифференциальная система. (Single-line Digital Subscriber Line)

Симметричная цифровая *абонентская линия*, работающая по одной паре. Вариант DSL для работы со скоростью **1,544 Мбит/с** или **2,048 Мбит/с** (потoki **T1/E1**) по одной паре медных проводов.



## SDSL- МОДЕМ. Эхокомпенсация.

Эхокомпенсатор представляет собой цифровой адаптивный фильтр, на вход которого поступает сигнал передатчика, а выходной сигнал которого вычитается из входного сигнала приемника, представляющего собой смесь полезного сигнала (сигнала дальнего передатчика) и помехи (сигнала собственного передатчика).

Эхокомпенсатор настраивается по критерию минимума энергии сигнала передатчика на входе собственного приемника.

