

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

1

Тема №1-2-3

Введение

Инфокоммуникационная система - это симбиоз телекоммуникационных сетей и аппаратно-программных средств получения передачи и обработки информации

Формальная модель сети —  
базовая сеть  
сеть доступа,  
сеть в помещении пользователя,  
и средства поддержки услуг.

Для каждого уровня сети определим основные объекты, протоколы взаимодействия этих объектов и принципы организации сети.

Базовая сеть CN  
[Core Network]Сеть доступа AN  
[Access Network]Сеть в помещении  
пользователя CPN  
[Customer Premises Network]Средства поддержки услуг SN  
[Service Node]

## Фиксированная телефонная сеть

МУС, 3TV, TMr/Mн УС,  
R1.5, ISUPАЛ, BRI, PRI, DSS1,  
xDSL, FTTX, PONТА, NT, TE, Cordless,  
DECT, DTMFДБО, IDSN,  
IN, INAP

## Сеть передачи данных

TCP/IP, Router,  
Ethernet  
(MAN, WAN, GAN)SW, FW,  
802.11, 802.16  
(LAN)Bluetooth, ZigBee,  
RFID, (PAN)Http, FTP, VoIP,  
SIP

## Мобильная сеть GSM/UMTC

CS, PS, MAP

GERAN, UTRAN

MS, UE, Femtocell

SMS, MMS, CAP

## Конвергентная сеть NGN

IMS, SAE

LTE

Set-top-box,  
Smart TV,  
On-Line game

Мультимедийные

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

1

Тема №1-2-3

Исторические аспекты развития инфокоммуникаций

# Исторические аспекты развития инфокоммуникаций

## Звук

Речь передается на десятки метров.

Барабаны-туддукаты (Ментавайские острова Индонезии), язык свиста сильбо гомера (остров Ла Гомера входящий в группу Канарских остров) позволяют увеличить расстояние передачи до 5км.

На Сицилии колокола сторожевых башен оповещали о набегах норманнов в радиусе 10км.



С 1865 года выстрел пушки извещает о наступлении в Петербурге полудня. Звук распространяется на 15км.

Недостатки низкая надежность, сравнительно невысокая скорость распространения и ограниченное количество сообщений.

# Исторические аспекты развития инфокоммуникаций

## Свет

Очевиден переход от звуковой индикации к световой, в таком случае скорость передачи информации возрастает в миллион раз. Примеры - падение Трои и Тунгусского метеорита.

Количество сообщений увеличилось благодаря использованию простейшего шифра, получившего название «квадрат Полибия» по имени греческого историка описавшего его еще в III в до нэ. Греческий алфавит разбивался на пять групп, в каждой группе по пять букв, для передачи любой буквы надо было зажечь на одной башне количество факелов соответствующее номеру группы, а на соседней номеру буквы в группе, например гамма это 1 и 3, а омега 5 и 4.

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | A | B | C | D | E |
| 2 | F | G | H | I | K |
| 3 | L | M | N | O | P |
| 4 | Q | R | S | T | U |
| 5 | V | W | X | Y | Z |



В конце XVIIIв французский аббат Клод Шапп, опираясь на описания Полибия, изобрел оптический телеграф (1791). Шапп оперировал не буквами, а словами, он отобрал 8400 часто употребляемых слов разбил их на 92 страницы, оставив на каждой по 92 слова. В прямой видимости друг от друга устанавливались стационарные башни оснащенные тремя шарнирно скрепленными штангами, с помощью этих штанг передавались различные символы.

# Исторические аспекты развития инфокоммуникаций

## Свет

Самая длинная линия передачи была открыта в 1839 году, она соединяла Зимний дворец с Варшавой, протяженность линии составляла 1200 км, сообщение доходило за 20 минут. Модель оптического телеграфа Шато хранится в центральном музее связи им. А.С. Попова

Недостатки – зависимость от природных явлений, зачастую достоверность была ниже требуемого уровня. Низкая скорость передачи информации и отсутствие возможности передавать информацию между странами разделенными водными бассейнами.





## Исторические аспекты развития инфокоммуникаций

### Электричество

В 1801 году в Париже, в присутствии Наполеона состоялось представление работы "Искусственный электрический орган, имитирующий натуральный электрический орган угря или ската" с демонстрацией модели этого органа. Наполеон щедро наградил автора: в честь ученого была выбита медаль и учреждена премия в 80 000 экю.



Потребовалось двадцать лет чтобы профессор химии Копенгагенского университета Ганс Христиан Эрстед во время чтения лекции обнаружил воздействие электрического тока на магнитную стрелку (1820)

В том же году французский ученый Андре-Мари Ампер поставил ряд опытов и дал теоретическое обоснование полученным результатам. Свой доклад в Академии наук он закончил следующими словами: «В связи с этим я свел все магнитные явления чисто к электрическим эффектам»

Чуть позже Ампер предложил закрепить за каждой буквой алфавита отдельный провод со стрелкой и с помощью одного вольтового столба передавать сообщения, тем дал предложения по созданию электромагнитного телеграфа.

До электромагнитного варианта существовали разработки электростатического и электрохимического телеграфов, но они не нашли дальнейшего применения.



# Исторические аспекты развития инфокоммуникаций

## Электричество. Телеграф



Первый электромагнитный телеграфный аппарат был разработан российским ученым, востоковедом и дипломатом Павлом Львовичем Шиллингом (1830). Шиллинг синтезировал знания об оптическом телеграфе с данными по электродинамике, разработал равномерный шестиэлементный код в котором каждой букве и цифре соответствовала комбинация черных и белых кружков и реализовал его в стрелочном телеграфе.

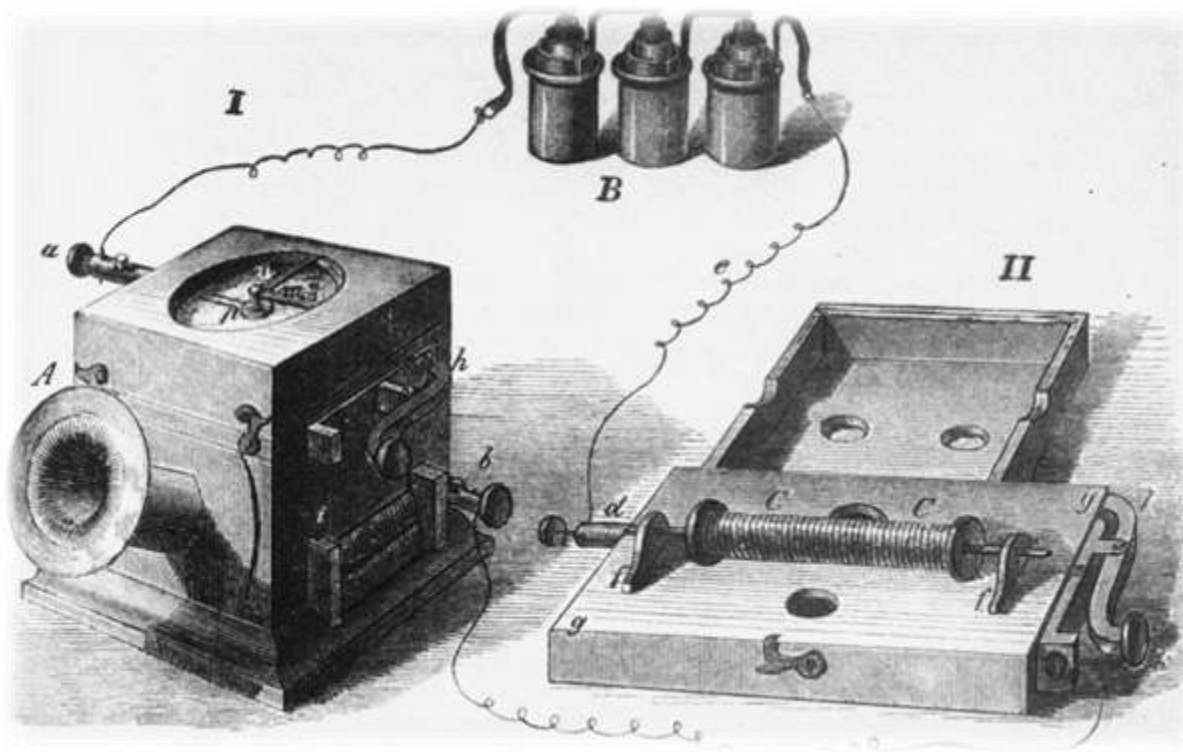
Окончательное решение было получено профессором живописи Нью-Йоркского университета Самуэлем Морзе (1840), который предложил в качестве кода использовать комбинации точек и тире и реализовал его в пишущей электромеханической модели. Использование в качестве кода точек и тире позволило не только записывать текст, но и принимать телеграмму на слух, что значительно увеличило скорость обработки данных.

| Азбука Морзе |           |              |             |               |
|--------------|-----------|--------------|-------------|---------------|
| А • —        | К — • —   | Ф • • — •    | 1 • — — — — | , • • • • •   |
| Б — • • •    | Л — • • • | Х • • • •    | 2 • • — — — | ; • — • — • — |
| В • — —      | М — — —   | Ц — • — •    | 3 • • • — — | ; — • — • — • |
| Г — — •      | Н — •     | Ч — — — •    | 4 • • • • — | : — — — • • • |
| Д — • •      | О — — — — | Ш — — — — —  | 5 • • • • • | ? • • — — • • |
| Е •          | П • — — • | Щ — — • —    | 6 — • • • • | ! — — • • — — |
| Ж • • • —    | Р • — •   | Ъ, Ъ — • • — | 7 — — • • • | - — • • • • — |
| З — — • •    | С • • •   | Ы — • — —    | 8 — — — • • | « • — • • — • |
| И • •        | Т —       | Э • • • •    | 9 — — — — • | ( — • — — • — |
| Й • — — —    | У • • —   | Ю • • — —    | 0 — — — — — | / — • • — •   |
|              |           | Я • — • —    |             |               |

Середина XIX века характеризуется динамичным развитием торговли, практически во всех странах строятся железные дороги, которые сопровождаются телеграфными станциями. В 1858 году королева Виктория отправила первую телеграмму из Европы в Америку. Стефан Цвейг посвятил этому событию новеллу «Первое слово из-за океана»

## Исторические аспекты развития инфокоммуникаций Электричество. Телефон

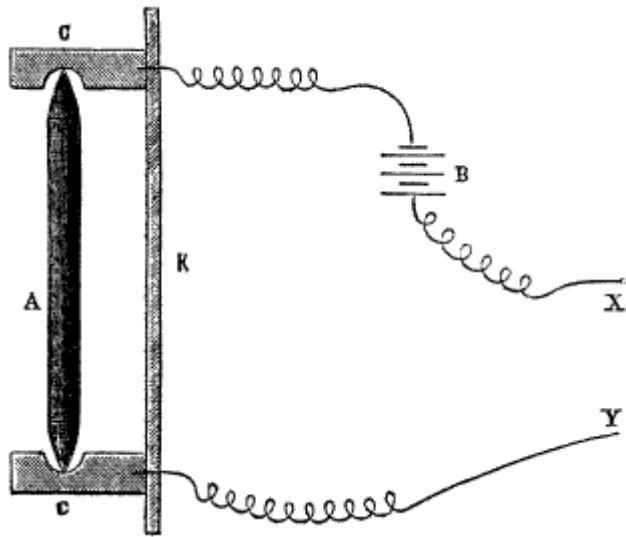
В 1861 году Иоганн Филипп Рейс разработал прибор позволяющий с помощью электрического тока передавать тональные сигналы на большом расстоянии и ввел в употребление термин «телефон». В силу технического несовершенства разработка не получила распространения. В телефонии точкой отсчета принято считать момента подачи в патентное бюро Александром Грехемом Беллом (1876) заявки на «усовершенствование в области телеграфии».



# Исторические аспекты развития инфокоммуникаций

## Электричество. Телефон

II



Телефония начинает быстро развиваться. В 1878 г. американец Давид Юз изобрел микрофон с угольными палочкам. В том же году Томас Алва Эдисон применил в телефонной схеме индукционную катушку, Томас Ватсон (ассистент А. Белла в изобретении телефона) запатентовал применяющийся и поныне в телефонных аппаратах электромеханический звонок, а русский инженер электротехник Павел Михайлович Голубицкий предложил настольную модель аппарата с рычагом для автоматического переключения электрических цепей в телефоне в зависимости от положения трубки

Спустя два года в 1878 в городе Нью-Хейвен (США) была установлена первая телефонная станция обслуживающая двадцать одного абонента.

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

2

ТЕМА №2

ФИКСИРОВАННАЯ СЕТЬ. БАЗОВАЯ СЕТЬ.  
АНАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ.  
СИГНАЛИЗАЦИЯ.

# Декадно-шаговые АТС



1878 Первая телефонная станция, обслуживавшая 21 абонента, была установлена в городе Нью-Хэвен, штат Коннектикут (США)

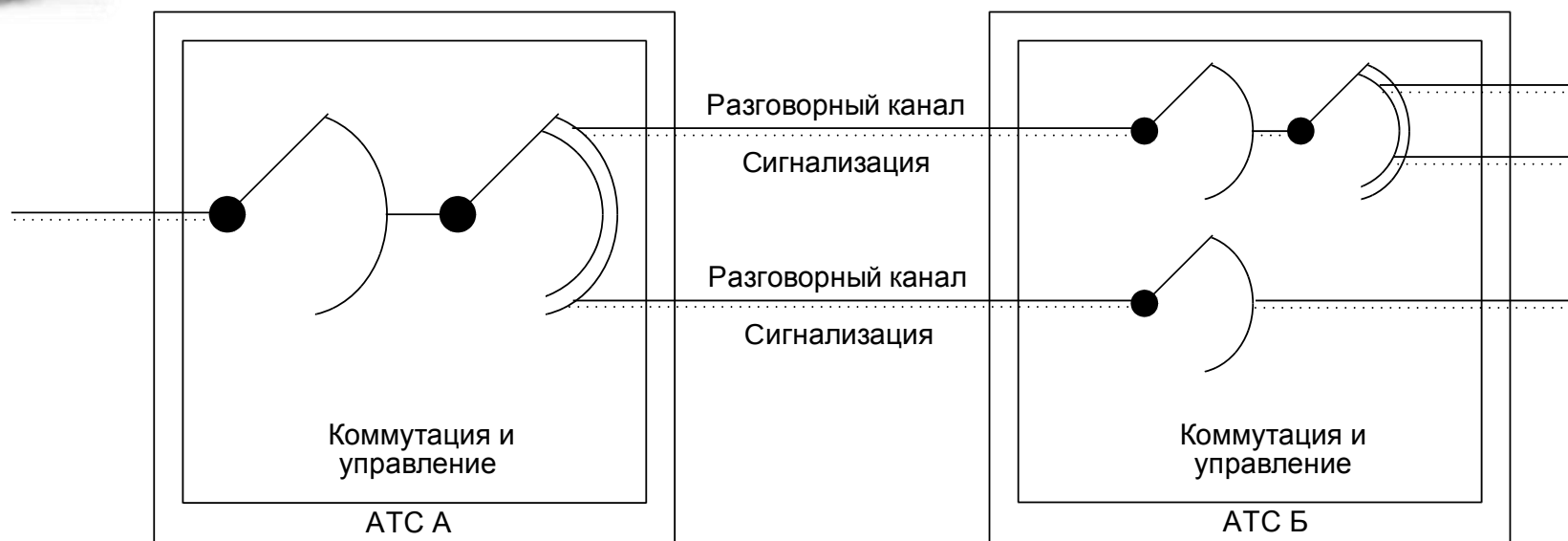
1879 П.М. Голубицкий - система центральной батареи (ЦБ)

1882 В Петербурге 128 абонентов, в Москве - 61

1885 Организована АТ&Т

1889 А. Строуджер - декадно шаговый искатель

1896 Дискový номеронабиратель



# Координатные АТС

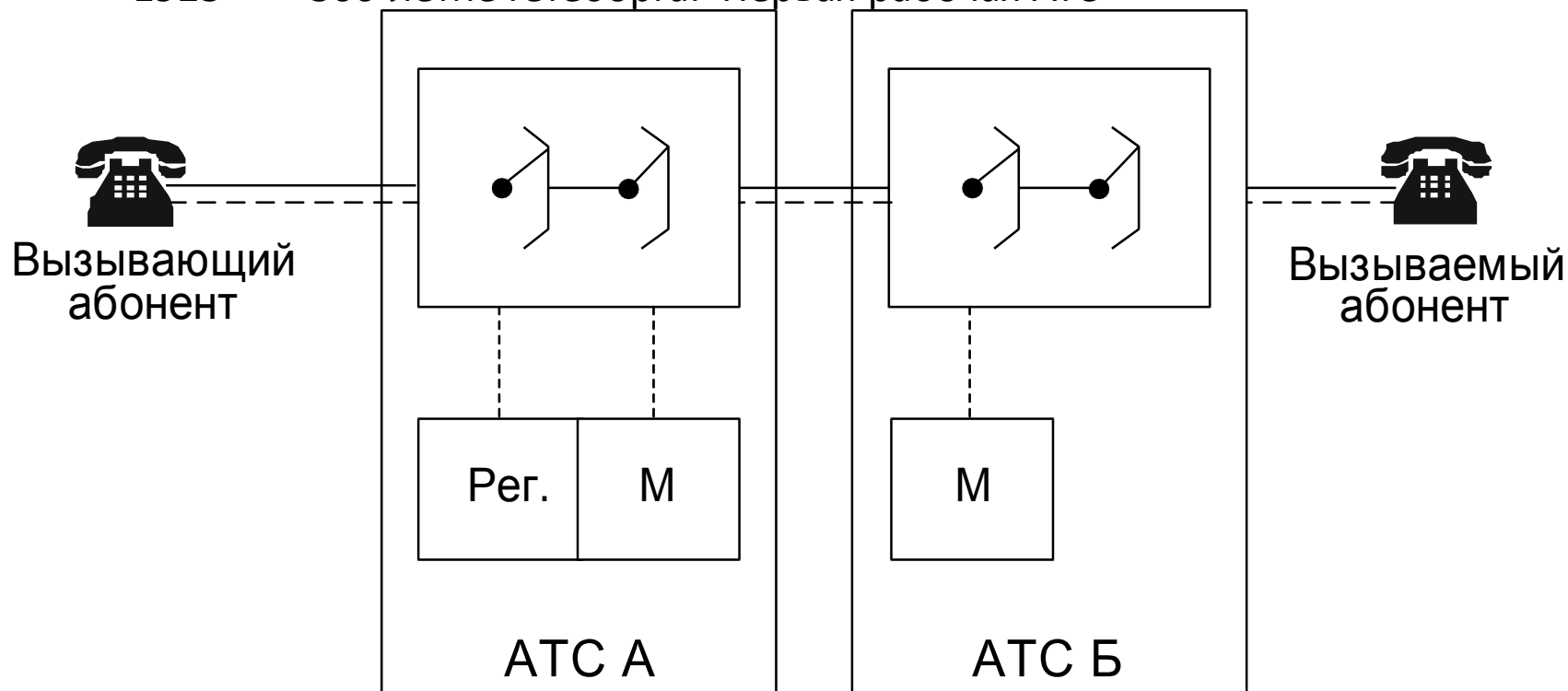


Бетуландер



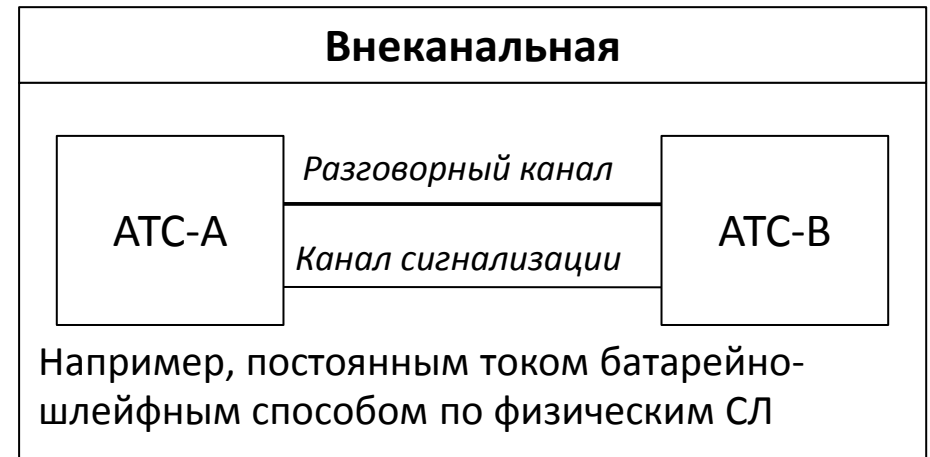
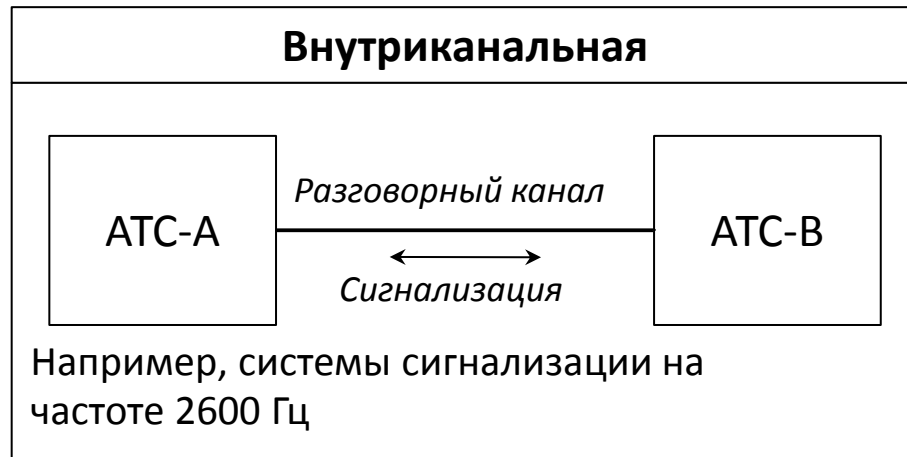
Пальмгрен

- 1900 Бетуландер и Пальмгрен - начало работы над координатной схемой
- 1905 Эрикссон - на основе релейных схем координатные поля  
Замена контактов скольжения на давления.  
Матрица  $n \times m$  реле, либо единая конструкция
- 1914 Бетуландер — многократный координатный соединитель (МКС)
- 1923 300-летие Гетеборга. Первая рабочая АТС

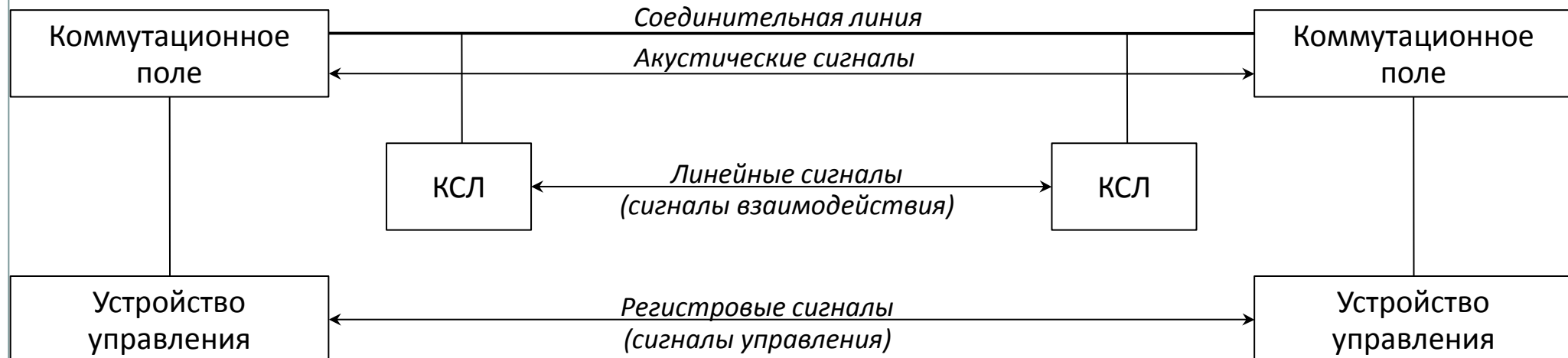


# Системы сигнализации аналоговых АТС

## Виды сигнализации



## Категории сигналов





## Акустическая сигнализация

| Название                        | Частота, Гц | Импульс, с | Пауза, с |
|---------------------------------|-------------|------------|----------|
| <b>Акустические сигналы</b>     |             |            |          |
| <b>ОС</b>                       | 425         | непрерывно |          |
| <b>КПВ</b>                      | 425         | 1          | 4        |
| <b>Занято</b>                   | 425         | 0,3        | 0,3      |
| <b>Занято при нагрузке</b>      | 425         | 0,15       | 0,15     |
| <b>Указательный сигнал</b>      | 900         | 0,3        | 1        |
|                                 | 1400        |            |          |
|                                 | 1800        |            |          |
| <b>Предупредительный сигнал</b> | 1400        | 1          | 1        |
| <b>Вызывные сигналы</b>         |             |            |          |
| <b>Местный</b>                  | 25          | 1          | 4        |
| <b>Междугородный</b>            | 25          | 1          | 2        |

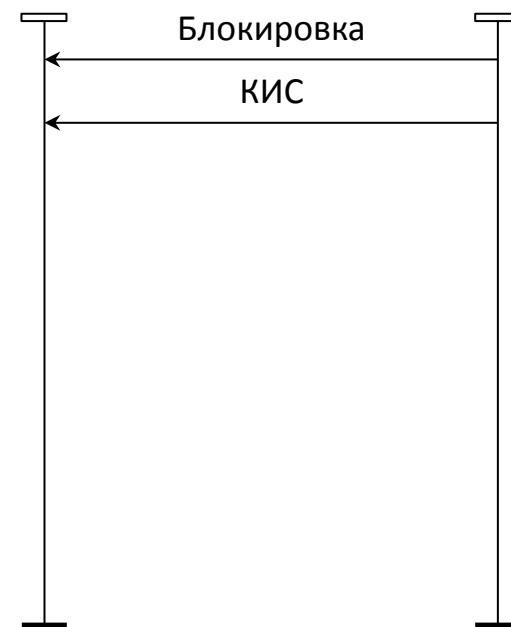
## Линейная сигнализация



a)



b)



c)



d)



e)

a) СЛ. Вызов к свободному абоненту

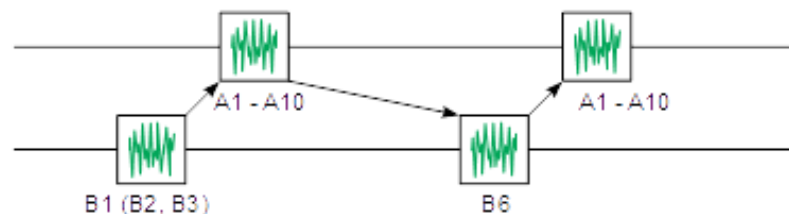
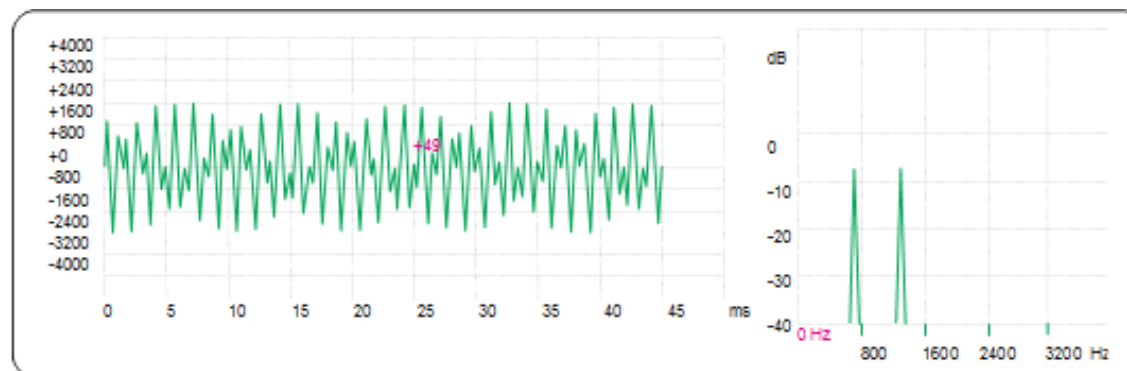
b) СЛ. Вызов к занятому абоненту

c) СЛ. Блокировка

d) СЛМ. Вызов к свободному абоненту

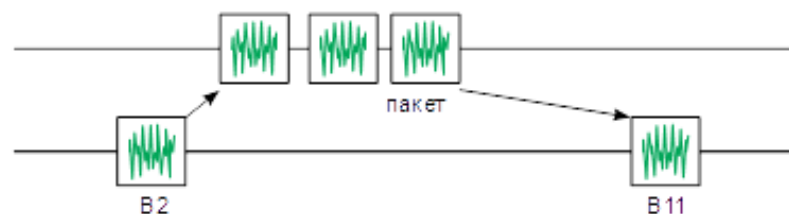
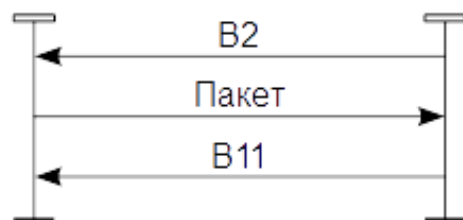
e) СЛМ. Вызов к занятому абоненту

# Регистровая сигнализация



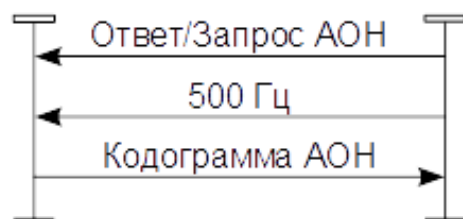
Вызов к свободному абоненту.  
Переспрос сигналов  
принятых с искажением

а) «Импульсный челнок»



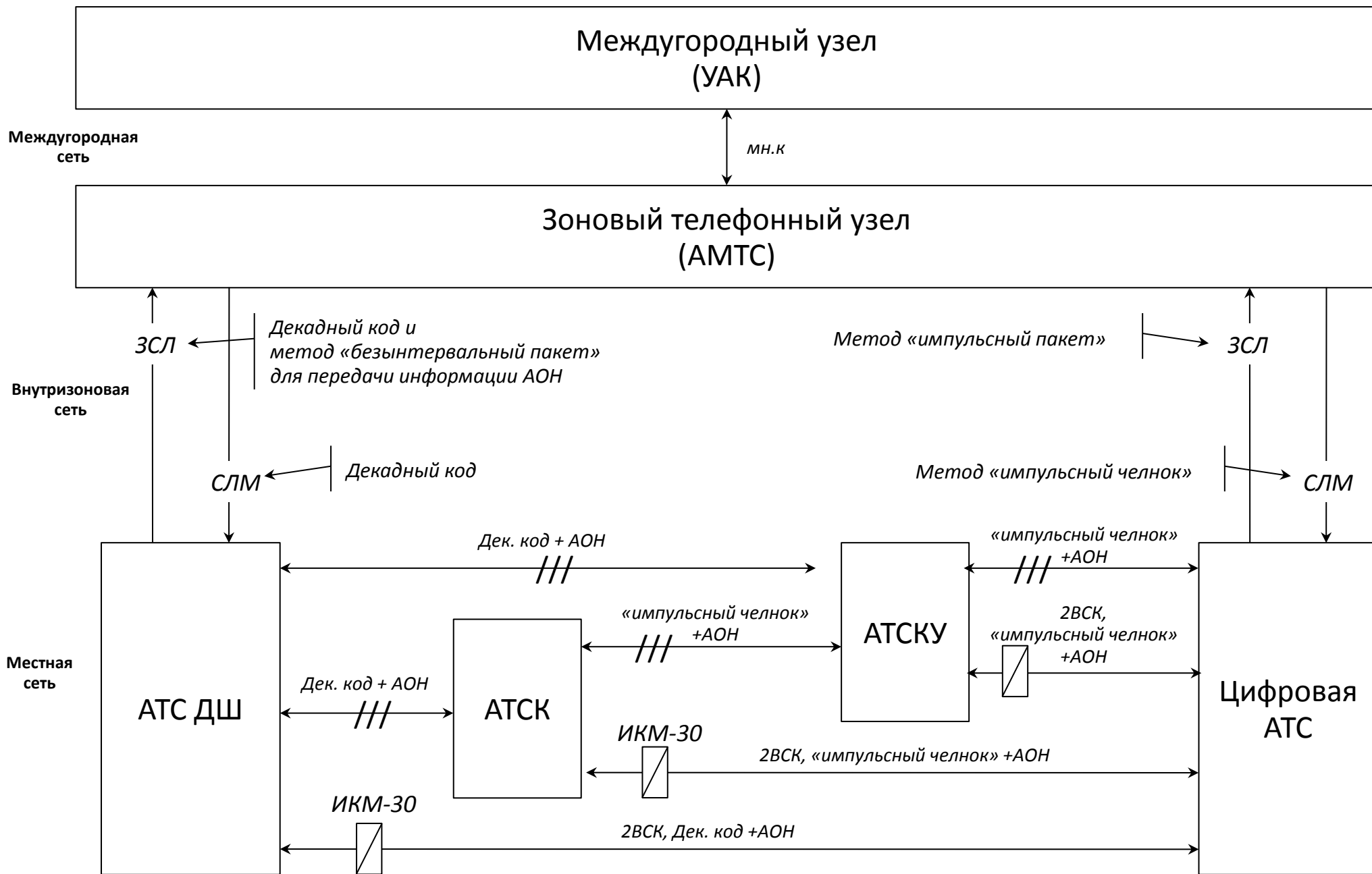
Успешная  
передача пакета

б) «Импульсный пакет»



Передача  
кодограммы АОН

# Сетевая топология аналоговых систем



# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей



## ТЕМА №3

Фиксированная сеть. Базовая сеть.

Цифровые системы коммутации.

Компоненты сети окс№7.

Сигнальные единицы.

Подсистема ISUP

# Цифровые узлы связи

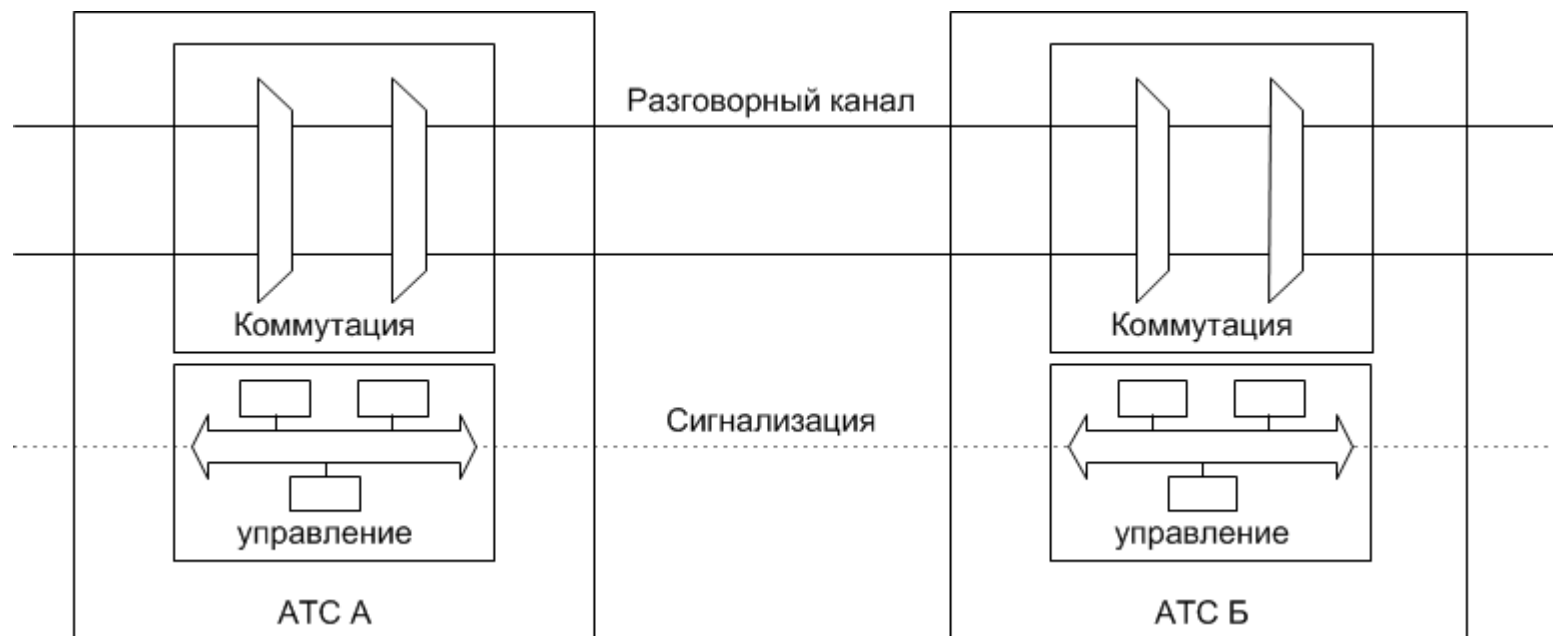
Появление цифровых систем коммутации было обусловлено широким внедрением на первичной сети цифровых систем передачи

Цифровые узлы связи позволили предоставлять дополнительные услуги. Однако предоставление услуг за пределами узла связи было ограничено существующими принципами обслуживания вызовов – сигнализация ассоциирована с речевым каналом.

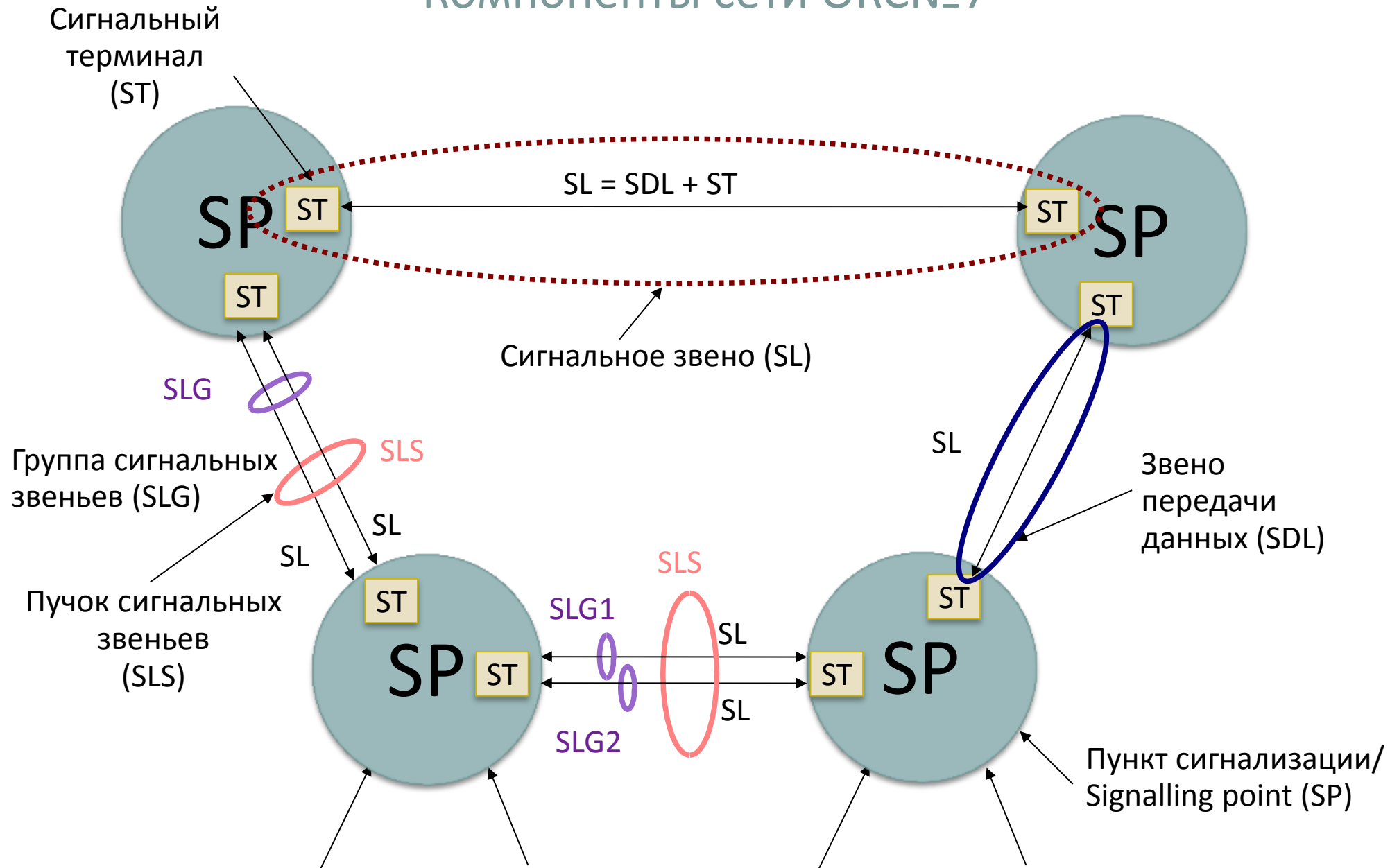
Для модернизации принципов взаимодействия достаточно соединить управляющие комплексы узлов общим каналом.

Выделение управляющих комплексов узлов коммутации в наложенную сеть позволило прозрачно предоставлять услуги по всей сети связи.

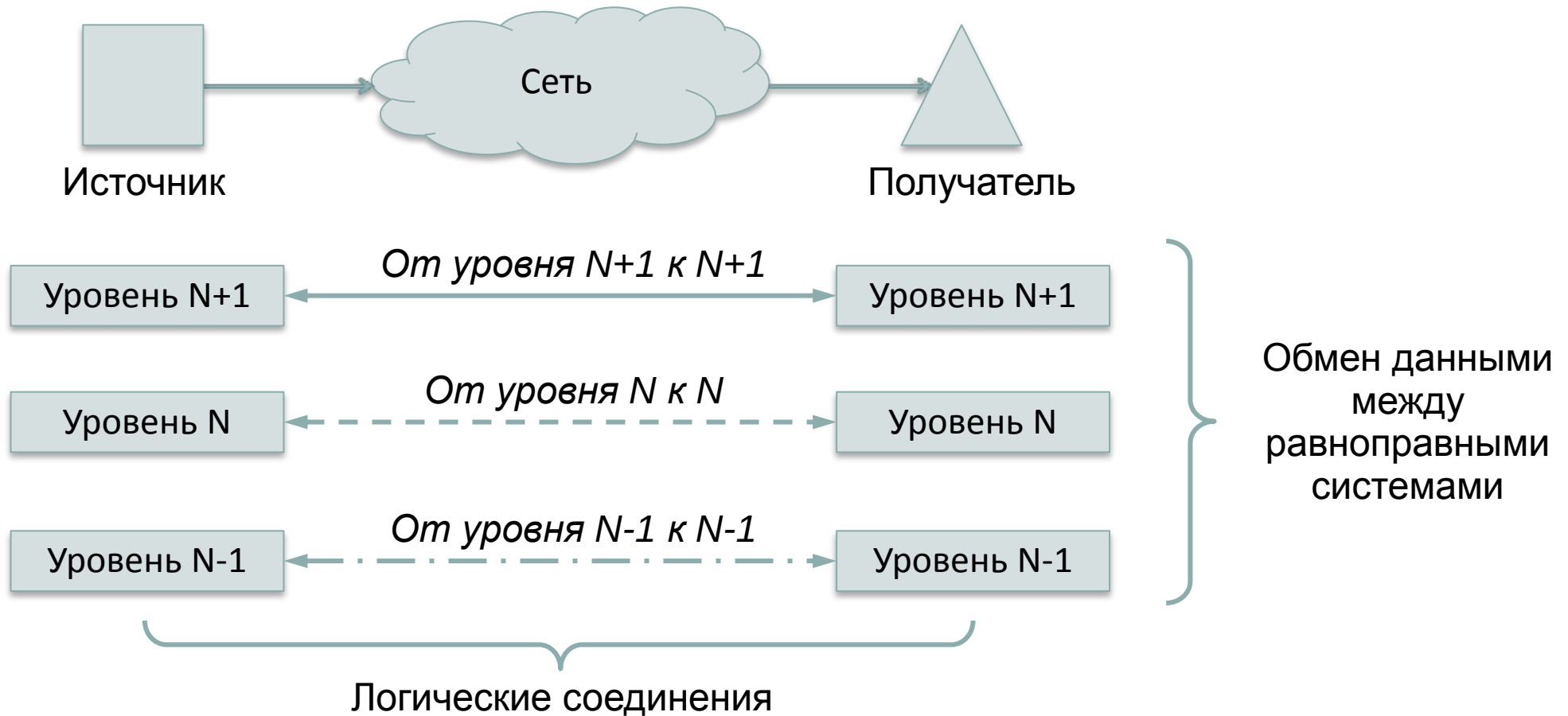
Первоначально общеканальные системы сигнализации использовались скорее для доступа к базам данных, чем для обслуживания соединений абонентов.



# Компоненты сети ОКCN№7



# Многоуровневая архитектура

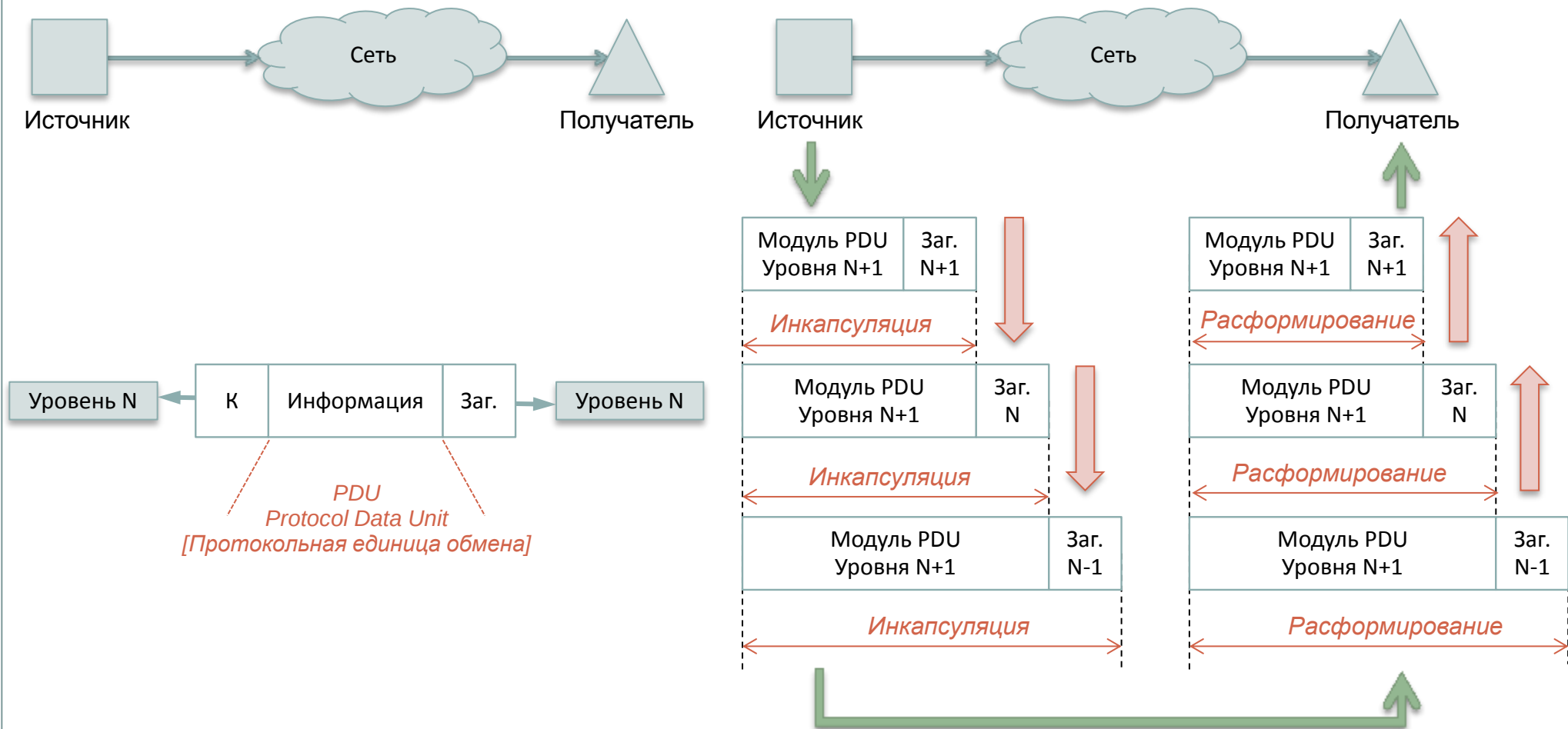


**Достоинство** – технологическое обновление проходит легко. Мы можем позволить заменить один уровень не затрагивая другие.

**Недостаток** – большое количество служебной информации.



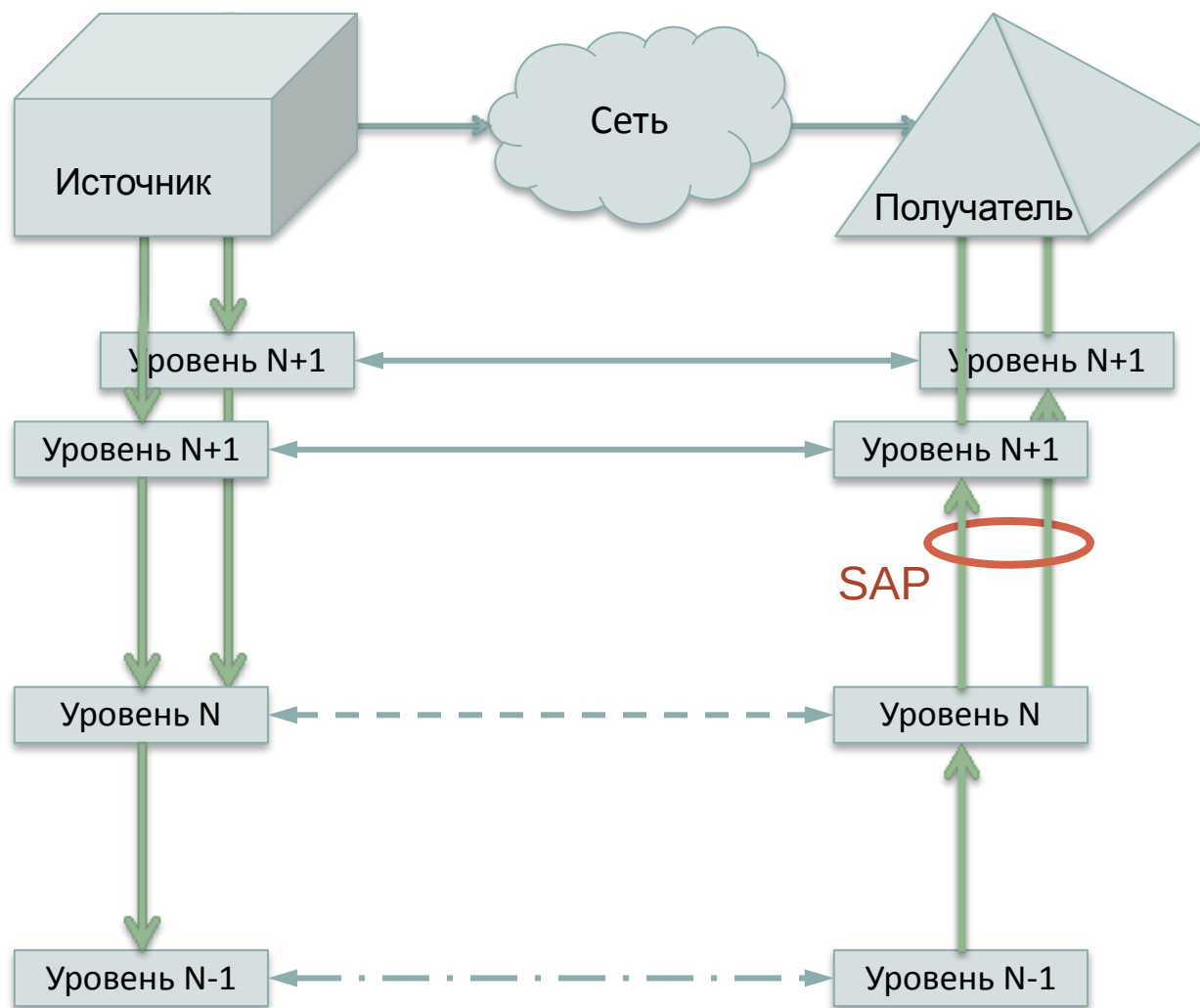
# PDU. Инкапсуляция. Расформирование



Для установления соединения между двумя соответствующими уровнями требуется блок данных называемый **PDU**

Процесс добавления информации в модуль PDU называется **Инкапсуляция**

# Многоуровневая модель. SAP. Примитив

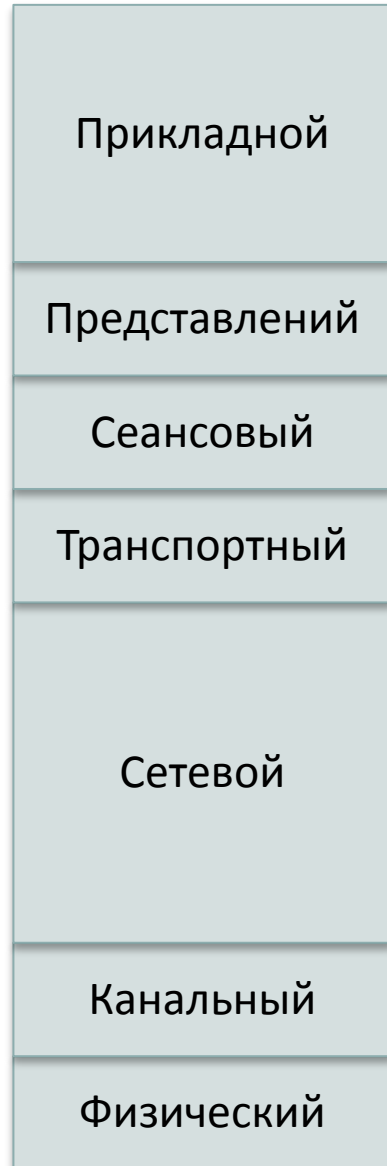


Уровень N может предоставлять услуги нескольким логическим объектам уровня N+1. Для такой организации необходимо знать адреса точек доступа к службе. SAP [Service Access Point] SAP определяют к какому объекту принадлежит услуга.

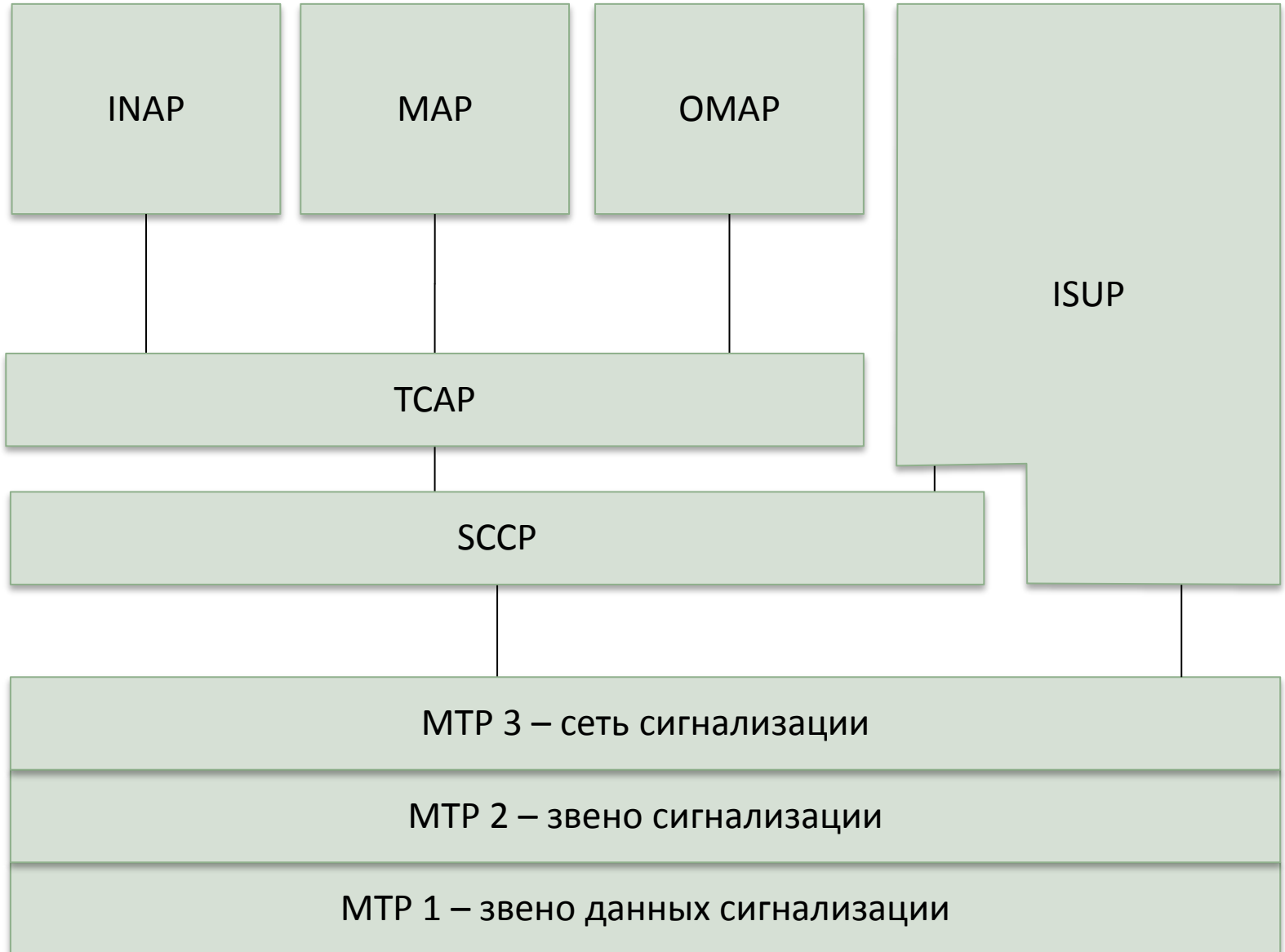
Переход данных и сетевой информации с одного уровня на другой осуществляется с помощью межуровневых интерфейсов – **Примитивов**.

# Модель OSI и OKCN<sub>7</sub>

## OSI

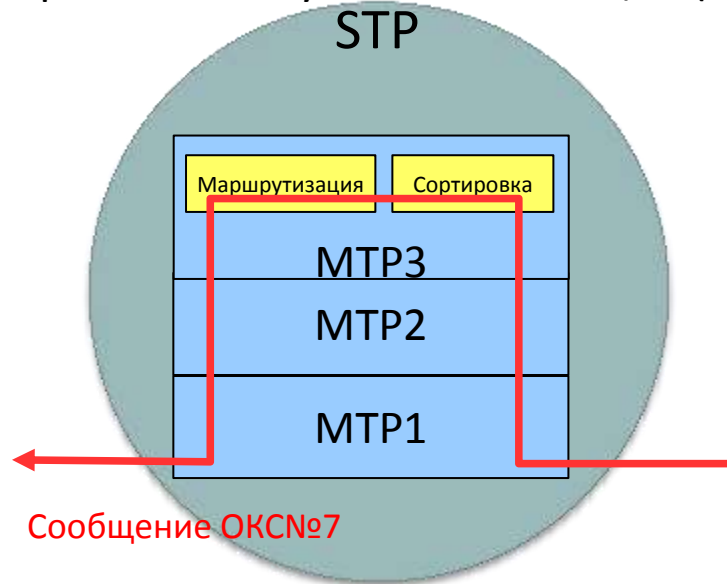


## OKCN<sub>7</sub>

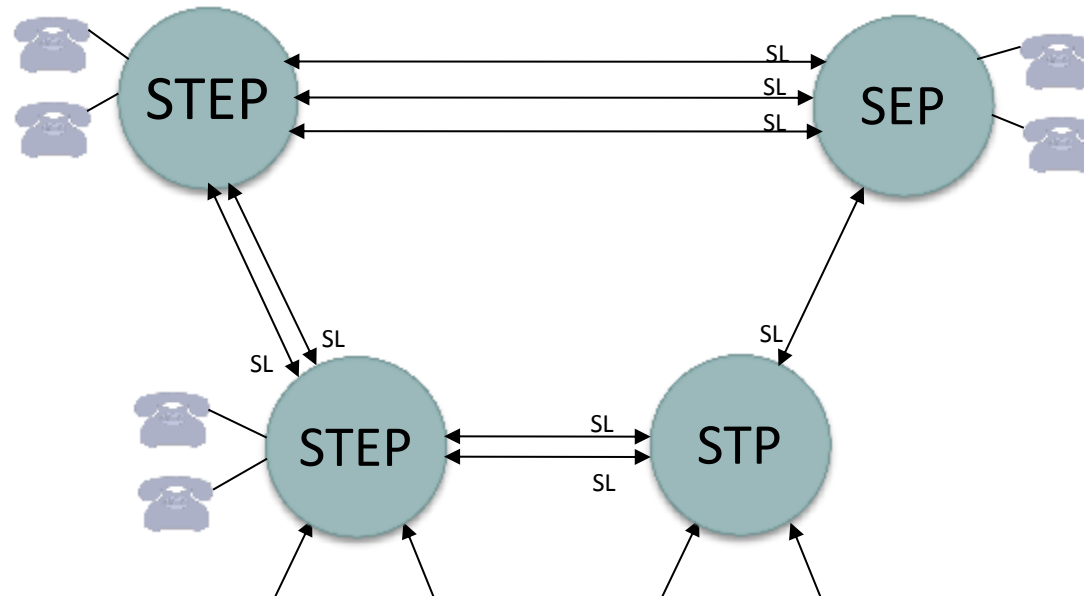
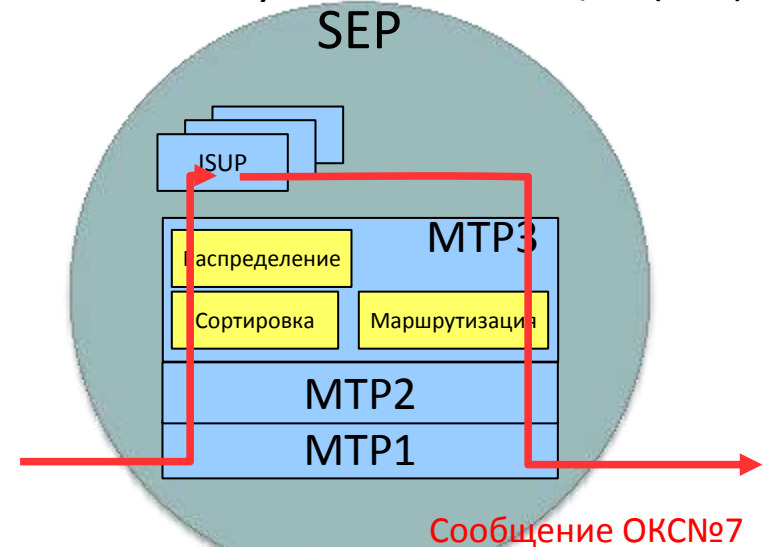


# Транзитный и оконечный пункты сигнализации

Транзитный пункт сигнализации (STP)



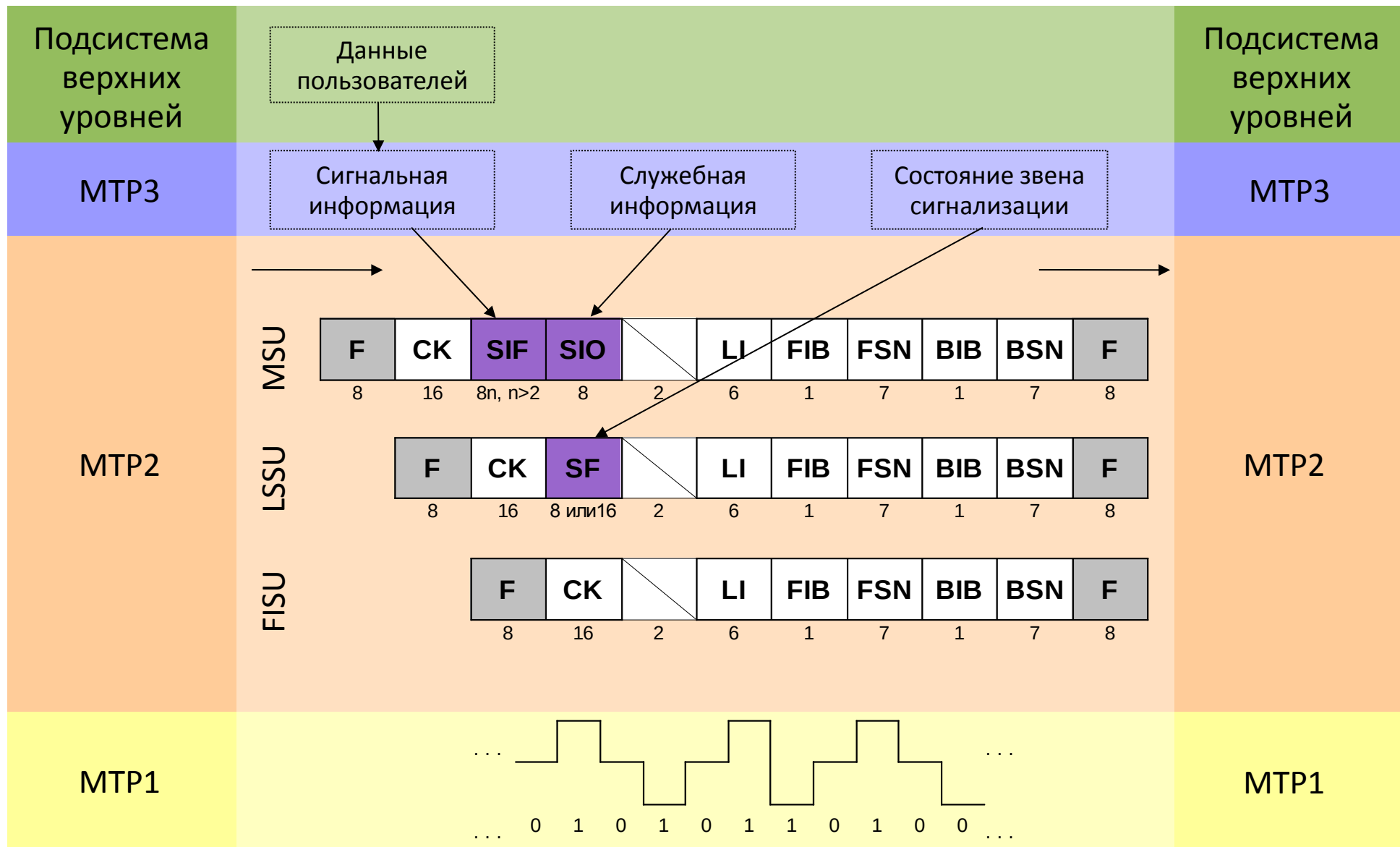
Оконечный пункт сигнализации (SEP)



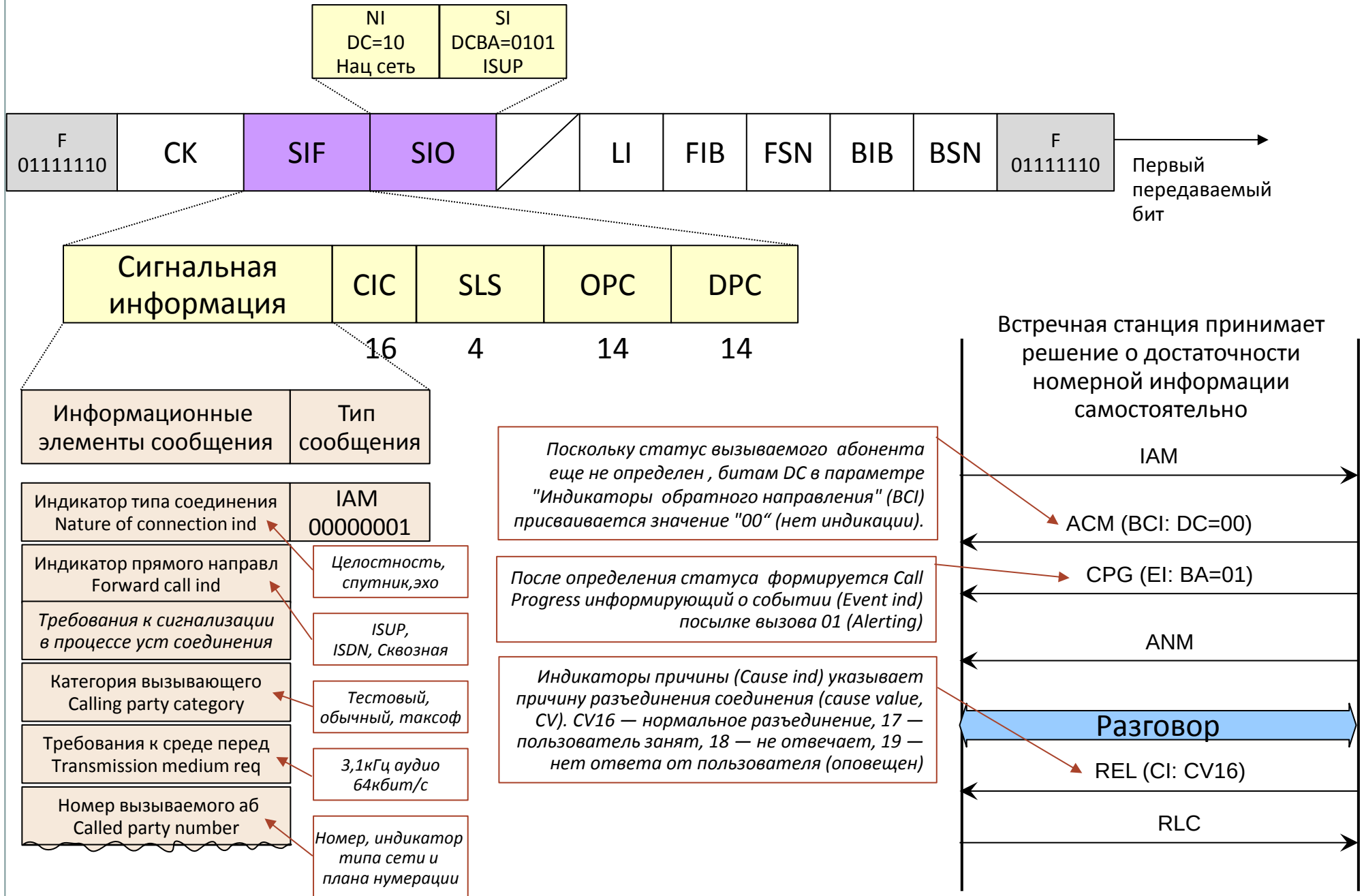
# Сигнальные единицы ОКС№7

Система А

Система Б



# Базовый вызов ISUP



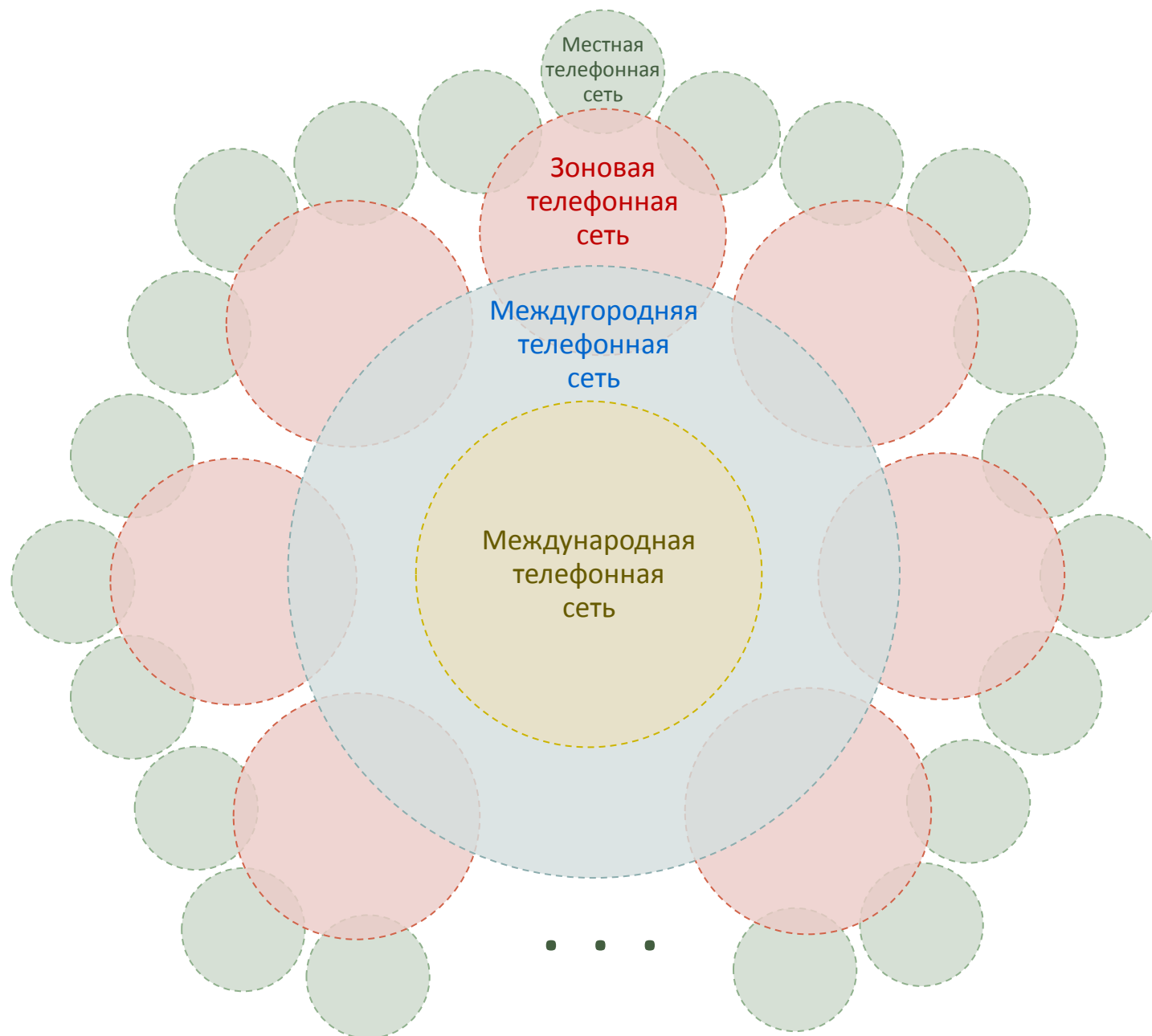
# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

4

ТЕМА №4

ФИКСИРОВАННАЯ СЕТЬ. БАЗОВАЯ СЕТЬ.  
ТОПОЛОГИЯ СЕТИ. НУМЕРАЦИЯ. КЛАССЫ УЗЛОВ  
СВЯЗИ.

# Четыре уровня Базовой сети





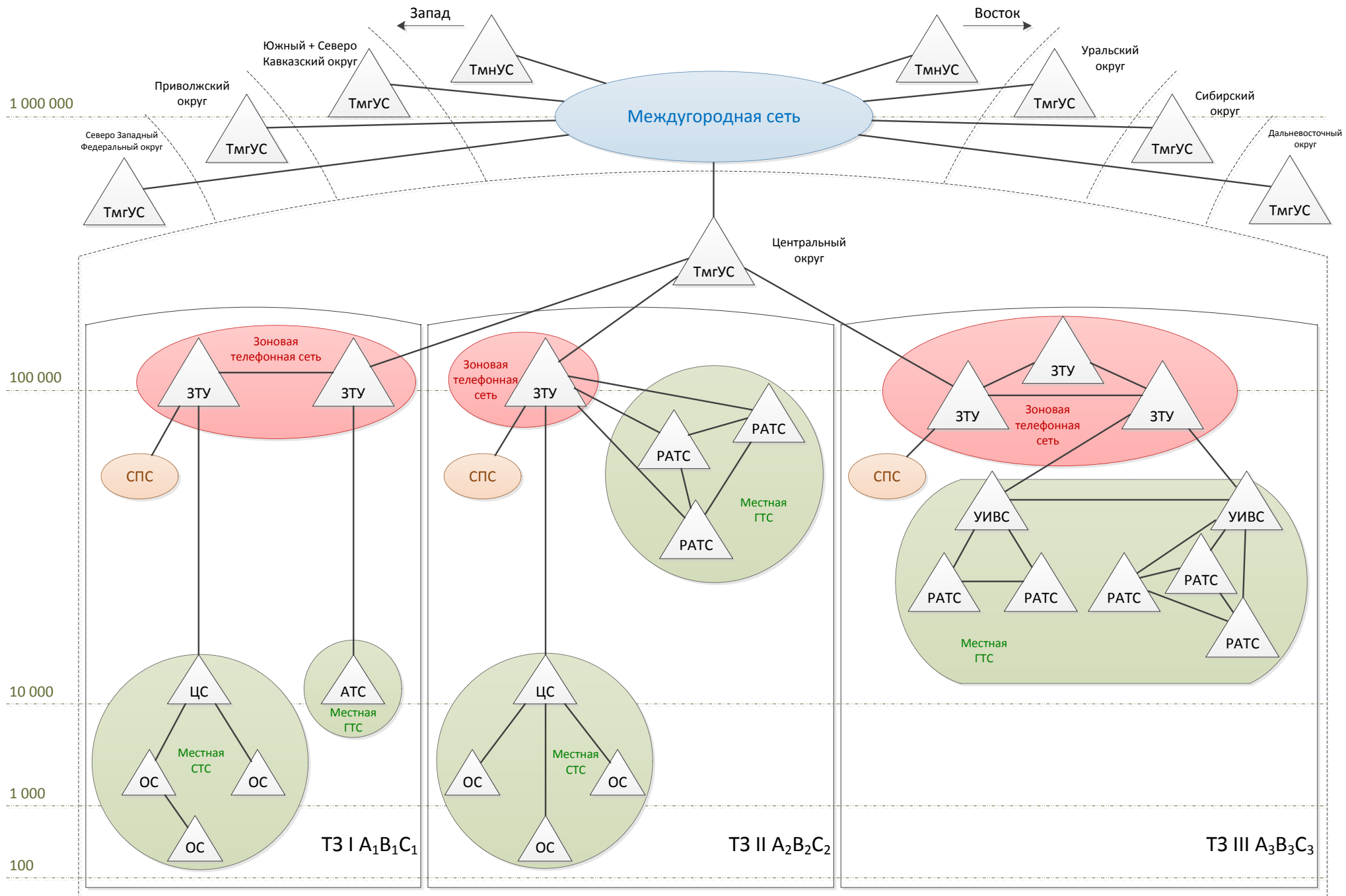
## Уровни базовой сети

Местные телефонные сети подразделяются на городские телефонные сети (ГТС), которые создаются в пределах города и сельские (СТС), создающиеся в пределах сельского административного района.

Зоновая телефонная сеть предназначена для организации взаимодействия местных телефонных сетей в пределах одной телефонной зоны и обеспечивает доступ этих сетей к вышестоящим сетям. Обычно телефонная зона покрывает субъект Федерации. За каждой зоной закреплён уникальный код АВС, который служит для ее идентификации, при установлении междугородного вызова.

Междугородная телефонная сеть обеспечивает связь между зоновыми сетями и предоставляет доступ к международной сети.

Международная телефонная сеть предполагает наличие как минимум двух узлов связи в европейской части страны и двух в азиатской.



## Аналоговые местные сети

До появления ЦСК, ВОЛС и SDH местные сети строились с узлообразованием. Для СТС наиболее распространенный радиально-узловой принцип построения, который предполагает установку в районном центре центральной станции (ЦС), нескольких узловых станций (УС) в крупных населенных пунктах и оконечных станций, небольшой емкости, подключаемых как к УС, так и напрямую к ЦС. При радиальном способе построения отсутствовали УС. ГТС в зависимости от емкости подразделялись на нерайонированные с одной автоматической телефонной станцией (АТС), районированные с районными АТС (РАТС) устанавливаемыми в каждом районе города и районированные с узлообразованием с узлами исходящей, входящей связи (УИВС)

## Цифровые местные сети

Динамическое развитие отрасли связи привело к изменению архитектуры сети и как следствие использованию новой терминологии, на смену телефонным станциями пришли узлы связи. Цифровизация сети, начинавшаяся в мегаполисах постепенно проникает все глубже, современные технологии охватывают половину малых городов России. К 2018 году операторы большой четверки (Вымпелком, МегаФон, Мобильные ТелеСистемы и Ростелеком) планируют обеспечить цифровой связью населенные пункты емкостью от 10 до 50 тысяч человек. Однако, по прежнему остается открытый вопрос с малыми поселениям, в которых, в лучшем случае, установлены только таксофоны. Таких, нерентабельных, с коммерческой точки зрения, поселений насчитывается 1343. Часть из них возможно подключить используя оптические каналы связи, часть используя спутниковые. В качестве источника финансирования работ могут быть использованы средства Фонда универсального обслуживания, в который операторы отчисляют 1,2% выручки.

## Зоновая сеть

Зоновая телефонная сеть состоит из зоновых транзитных узлов (ЗТУ), которые обеспечивают подключение местных телефонных сетей и сетей сотовой подвижной связи в пределах одной телефонной зоны. Местные узлы связи подключаются к зоновым узлам с помощью заказно-соединительных линий (ЗСЛ) и соединительных линий междугородной связи (СЛМ).

## Междугородная и международная сеть

В каждом федеральном округе размещается транзитный междугородный узел связи (ТмГУС), исключение составляет Южный федеральный округ и Северо-Кавказский федеральный округ на эти два округа допускается установка одного ТмГУС

Каждый ТмГУС связан минимум с шестью другими (по одному из каждого федерального органа). ТмГУС обеспечивает выход, минимум, на два транзитных международных узла связи (ТМНУС)

Транзитные международные узлы связи (ТМНУС) размещаются не менее чем в двух федеральных округах европейской части и не менее чем в двух федеральных округах азиатской части Российской Федерации.

Все транзитные международные узлы связи являются смежными.

## Операторы дальней связи

С момента появления и до начала XXI века междугородная телефонная связь в России была монополизирована, на сегодняшний день на рынке междугородной, международной связи представлено 12 операторов (Табл.2), что привело к изменению принципов оказания услуг связи. Помимо возможности работы с заранее определенным оператором связи(pre-select), появилась возможность выбора оператора для каждого сеанса связи (Hot-choice)

| Код ХУ | Оператор                       |
|--------|--------------------------------|
| 55     | Ростелеком                     |
| 51     | Вымпелком                      |
| 57     | Компания ТрансТелеКом          |
| 59     | Эквант                         |
| 21     | Арктел                         |
| 23     | Мобильные ТелеСистемы          |
| 53     | Межрегиональный ТранзитТелеком |
| 14     | О.С.С.-Телеком                 |
| 15     | МегаФон                        |
| 16     | ОптиТелеком                    |
| 17     | Мобифон-2000                   |
| 24     | КОННЭКТ                        |

## Нумерация. Национальный номер

### Национальный номер

ТфОП России делится на телефонные зоны, каждой из которых выделяется уникальный код ABC, где A=3, 4, 8

Национальный номер абонента состоит из десяти цифр

ABC ab x1 x2 x3 x4 x5,

где ABC код географически определяемой зоны нумерации;

ab x1 x2 x3 x4 x5 – зоновый телефонный номер.

Зоновый номер при междугородной и международной связи всегда состоит из семи цифр. При местной связи может использоваться пяти, шести или семизначный план нумерации, за исключением сети МГТС. При семизначной нумерации местный номер соответствует зоновому, в остальных случаях зоновый номер получают добавлением двоек вместо отсутствующих цифр а или ab.



## Нумерация Московской городской сети.

Сети местной телефонной связи, функционирующие на территории действия кодов географически определяемых зон нумерации ABC = 495, ABC = 499, ABC = 498, составляют единую сеть местной телефонной связи г. Москвы.

Для телефонных соединений абонентов города Москвы и Московской области имеющих коды ABC=495, ABC=499, ABC=498 установлен следующий порядок набора телефонного номера:

Пн ABC xxxxxxx. Без трансляции второго ответа станции после Пн.

Это трафик считается местным и обслуживается только местными узлами связи, операторы дальней связи не могут оказывать услуги пропуска этого трафика.

## Нумерация. Междугородный/международный вызов

Предварительный выбор оператора (Pre-select)

Междугородный формат: Пн Nнац,

Международный формат: Пн Кд Кс Nнац,

где Пн - национальный префикс (Пн = 8); Кд=10 - код доступа; Кс - код страны или группы стран в сводном плане нумерации; Nнац - национальный (значащий) номер абонента.

Выбор оператора при каждом вызове (Hot-choice)

Междугородный формат: Пн ХУ Nнац,

Международный формат: Пн ХУ Кс Nнац,

ХУ=00-99 - код выбора оператора

## Классы оборудования

| Аналоговая сеть      | Североамериканская классификация до 1984 | TDM сеть | IP сеть |
|----------------------|------------------------------------------|----------|---------|
| МЦК                  |                                          | МЦК      | ТМнУС   |
| УАК I                | Класс 1                                  | УАК      | ТМгУС   |
| УАК II               | Класс 2                                  |          |         |
| АМТС                 | Класс 4                                  | АМТС     | ЗТУ     |
| УВСМ, УИС, УВС, УИВС |                                          | ТС       | ТУС     |
| УСП, ЦС, УС          | Класс 5                                  | ОПТС     | ОТУС    |
| РАТС, ОС             |                                          | ОПС      | ОУС     |

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей



ТЕМА №5  
ФИКСИРОВАННАЯ СЕТЬ. БАЗОВАЯ СЕТЬ. ТЕХНОЛОГИИ.  
ПРОВОДНЫЕ ЛИНИИ СВЯЗИ. ВИТАЯ ПАРА,  
КОАКСИАЛЬНЫЙ КАБЕЛЬ.

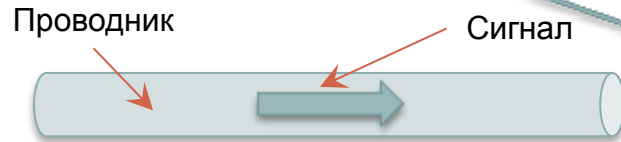
## Среда передачи

**Направленная** — проводник направляет сигналы которые распространяются вдоль него. Средой передачи является металлический и волоконно-оптический кабель.

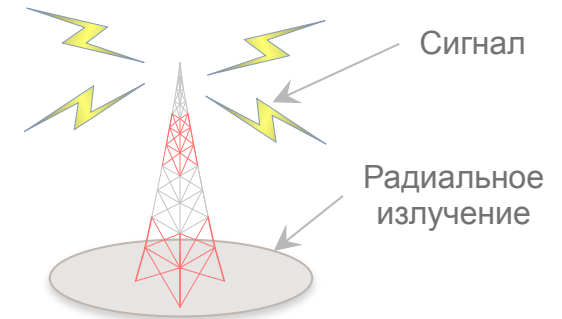
**Ненаправленная** — система без физических проводников. Сигналы излучаются радиально и доступны всем у кого есть приборы способные принять эти сигналы  
Среда передачи – атмосфера земли и вакуум.

## Среда передачи

### Направленная



### Ненаправленная



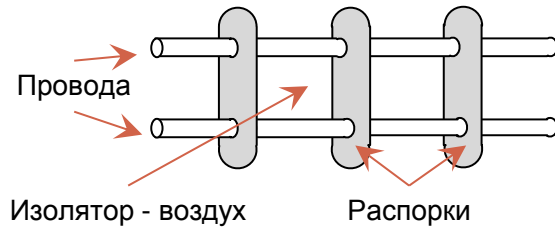
### Металлический кабель

### Волоконно-оптический

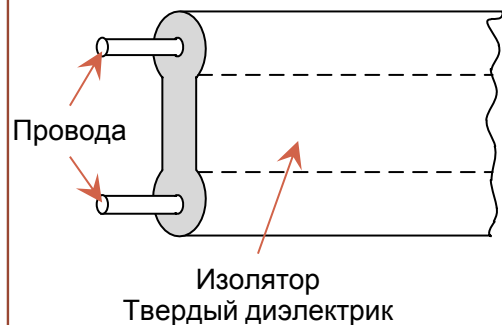
### Симметричные (параллельные) проводники

### Каоксиальный кабель

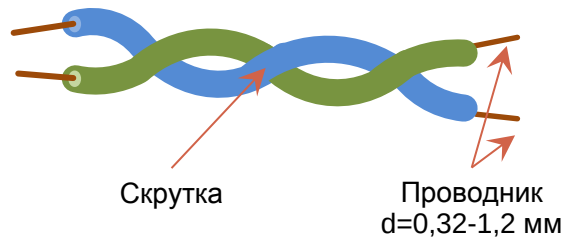
#### Воздушные линии



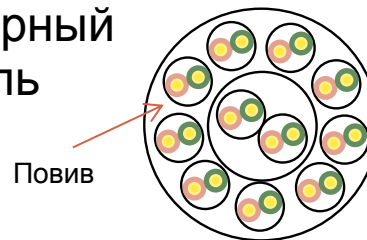
#### Двухпроводные линии



#### Витая пара



#### Многопарный кабель



#### Coaxis - соосный

Внешний проводник  
Медная трубка  $d=9,5 \text{ мм}$

Медный  
проводник  
 $d=2,6 \text{ мм}$



# Направленная среда

- Металлические линии
  - С параллельными проводниками — объединяют изолированные металлические проводники
    - Воздушные
    - Двухпроводные
    - Витая пара
  - Коаксиальный кабель
- Волоконно-оптические линии
  - Многомодовые
    - Ступенчатые
    - Градиентные
  - Одномодовые

## Воздушные линии

Возникли первыми и применяются до настоящего времени. Состоят из двух близко расположенных параллельных металлических проводов с воздушной изоляцией

Расстояние между проводами обычно составляет 5-15см

Достоинство — простота конструкции

Недостатки — отсутствие экрана приводит к высоким потерям на излучение, чувствительны к переходным помехам

Основное применение на сельских сетях, одна пара позволяет организовать до 15 каналов тональной частоты



## Двухпроводные линии

Аналогичны воздушным, но в качестве изолятора выступает не воздух, а твердый диэлектрик (тефлон, полиэтилен), обеспечивающий равное расстояние между проводами.

Обычно используется в качестве телефонной проводки и проводного вещания внутри помещения.

## Витые пары

Образуются скручиванием двух изолированных проводников. Диаметр проводника от 0,32 до 1,2мм.

Многопарный кабель представляет собой скрутки пар объединенные в кабельный повив окруженный защитной оболочкой.

Основное применение – городские телефонные сети. На первом этапе применялся многопарный кабель типа ТГ с бумажной изоляцией жил и свинцовой оболочкой. С 60-ых годов началось внедрение кабеля ТПП с полиэтиленовой изоляцией и пластмассовой оболочкой. В настоящее время более 80% линий связи это кабели типа ТПП

На соединительных линиях между местными узлами связи применяются многопарные кабели емкостью до 1200 пар проводов (диаметр 0,5мм)

Многопарный кабель может быть использован для 120 канальных ИКМ систем.

## Коаксиальный кабель

Состоит из центрального проводника окруженного диэлектриком, который окружен экраном, а тот защитной оболочкой.

Экран мб выполнен в виде трубки или плетеной (скрученной) сетки (оплетка)

Наиболее распространенная коаксиальная пара состоит из внутреннего медного проводника диаметром 2,6мм и внешнего проводника в виде медной трубки диаметром 9,5мм. В качестве изоляции используются полиэтиленовые шайбы.

Основное применение — магистральные кабели. Популярный кабель — КМ4 содержит четыре коаксиальные пары 2,6/9,5 используется для организации 480 и 1920 каналов ИКМ систем.

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

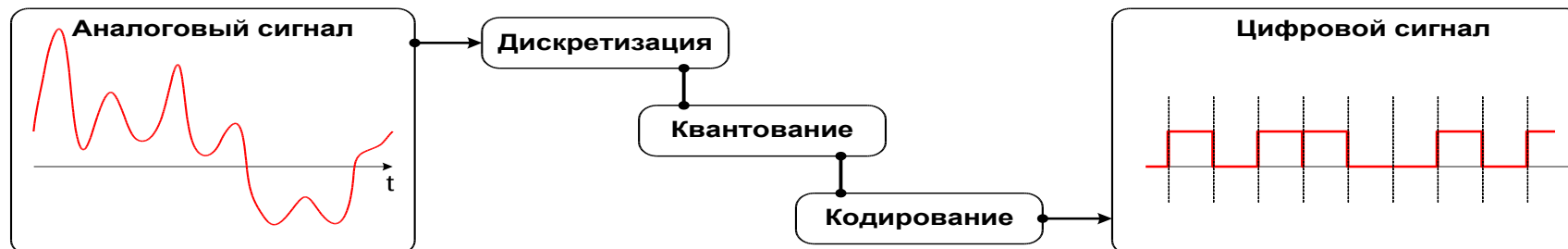


ТЕМА №6

ФИКСИРОВАННАЯ СЕТЬ. БАЗОВАЯ СЕТЬ.  
ТЕХНОЛОГИИ.

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ. ПЛЕЗИОХРОННАЯ  
ИЕРАРХИЯ.

# Формат первичной ИКМ системы



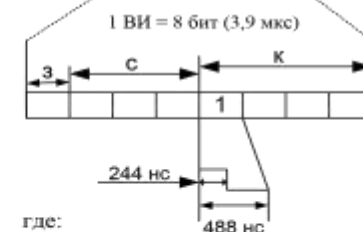
| Сверхцикл<br>1 сверхцикл = 16 циклов (2мс)       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |            |            |                                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Цикл<br>0                                        | Цикл<br>1 | Цикл<br>2 | Цикл<br>3 | Цикл<br>4 | Цикл<br>5 | Цикл<br>6 | Цикл<br>7 | Цикл<br>8 | Цикл<br>9 | Цикл<br>10 | Цикл<br>11 | Цикл<br>12 | Цикл<br>13 | Цикл<br>14 | Цикл<br>15 |                                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1 цикл = 32 ВИ x 8 = 256 бит (125 мкс)           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |            |            |                                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 0                                                | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10         | 11         | 12         | 13         | 14         | 15         | 16                                                | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| Телефонные каналы, каналы передачи данных (1-15) |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |            |            | Телефонные каналы, каналы передачи данных (17-31) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

| Чет-<br>ные<br>циклы<br>сверх-<br>цикла | Биты   |    |   |   |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------|--------|----|---|---|----|----|----|----|----|
|                                         |        | 1  | 2 | 3 | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|                                         | 0 и 8  | C1 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  |
|                                         | 2 и 10 | C2 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  |
|                                         | 4 и 12 | C3 | 0 | 0 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  |
| 6 и 14                                  | C4     | 0  | 0 | 1 | 1  | 0  | 1  | 1  |    |
| Не-<br>чет-<br>ные<br>циклы             | 1,3,7  | 0  | 1 | A | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|                                         | 5,9,11 | 1  | 1 | A | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|                                         | 13, 15 | E  | 1 | A | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |

где:  
 C1-C4 – биты, используемые для процедуры CRC-4, если процедура не используется, то бит = 1;  
 E – если CRC-4 не используется, то бит = 1;  
 A – авария дальнего конца, бит = 1. Нормальное состояние, бит = 0;  
 T1 - T5 – биты передачи сигналов ТМ.  
 Бит №1 в нечетном цикле образует сверхцикловую синхрогруппу (001011).  
 Биты №2-8 в четных циклах образуют цикловую синхрогруппу (0011011)

| a                          | b | c | d      | a                                   | b | c | d |
|----------------------------|---|---|--------|-------------------------------------|---|---|---|
| 1                          | 2 | 3 | 4      | 5                                   | 6 | 7 | 8 |
| 0                          | 0 | 0 | 0      | 1                                   | A | 1 | 1 |
| сверхцикловой синхросигнал |   |   |        | авария дальнего конца по сверхциклу |   |   |   |
| 1                          | 2 | 3 | 4      | 5                                   | 6 | 7 | 8 |
| A1B1                       | 0 | 1 | A17B17 | 0                                   | 1 |   |   |
| A2B2                       | 0 | 1 | A18B18 | 0                                   | 1 |   |   |
| A3B3                       | 0 | 1 | A19B19 | 0                                   | 1 |   |   |
| A4B4                       | 0 | 1 | A20B20 | 0                                   | 1 |   |   |
| A5B5                       | 0 | 1 | A21B21 | 0                                   | 1 |   |   |
| A6B6                       | 0 | 1 | A22B22 | 0                                   | 1 |   |   |
| A7B7                       | 0 | 1 | A23B23 | 0                                   | 1 |   |   |
| A8B8                       | 0 | 1 | A24B24 | 0                                   | 1 |   |   |
| A9B9                       | 0 | 1 | A25B25 | 0                                   | 1 |   |   |
| A10B10                     | 0 | 1 | A26B26 | 0                                   | 1 |   |   |
| A11B11                     | 0 | 1 | A27B27 | 0                                   | 1 |   |   |
| A12B12                     | 0 | 1 | A28B28 | 0                                   | 1 |   |   |
| A13B13                     | 0 | 1 | A29B29 | 0                                   | 1 |   |   |
| A14B14                     | 0 | 1 | A30B30 | 0                                   | 1 |   |   |
| A15B15                     | 0 | 1 | A31B31 | 0                                   | 1 |   |   |

где:  
 $A_N B_N$  – информация сигнализации, относящаяся к N-му каналу



где:  
 с – сегмент квантования  
 к – шаг квантования  
 з – знак положительный бит = 1, отрицательный бит = 0.

## Плeзиохронные системы передачи информации

|                  | Европа             |                       |                 | Севр Амер          | Япон               |
|------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Уровень иерархии | Коэф-т мультиплекс | Кол-во каналов        | Скорость Мбит/с | Коэф-т мультиплекс | Коэф-т мультиплекс |
| 0                | -                  | 1 основной цифр канал | 0,064           | -                  | -                  |
| 1                | 30                 | 30                    | 2,048           | 24                 | 24                 |
| 2                | 4                  | 120                   | 8,448           | 4                  | 4                  |
| 3                | 4                  | 480                   | 34,368          | 7                  | 5                  |
| 4                | 4                  | 1920                  | 140             | 6                  | 3                  |
| 5                | 4                  | 7680                  | 565             | -                  | 4                  |

На первичном уровне мультиплексирования использовался байт-интерливинг (interleaving – чередование) добавление двух служебных байт позволяет организовать канал 2Мбит/с

Вторичное мультиплексирование предполагает организацию собственных служебных каналов за счет увеличения скорости, это приводит к необходимости согласовывать скорости входных последовательностей подлежащих мультиплексированию. Согласование бывает положительным — добавляется бит (стаффинг) или отрицательным — бит изымается и затем передается по служебному каналу. Таким образом схема мультиплексирования мб лишь с бит-интерливингом

## Предпосылки перехода от коаксиального кабеля и PDH к оптическому волокну и SONET/SDH

Схема мультиплексирования с бит-интерливингом приводит к основному недостатку систем PDH — невозможности идентификации информации основного цифрового канала в общем потоке. К недостаткам также относится низкий уровень управления сетью. Увеличение уровня уплотнения приводит к уменьшению канала управления.

$$2 \times 64 / 30 = 4,266 \text{ кбит/с}$$

$$(8448 - 2048 \times 4) / 120 = 256 / 120 = 2,133 \text{ кбит/с},$$

$$(34368 - 4 \times 8448) / 480 = 576 / 480 = 1,2 \text{ кбит/с}$$

Относительно небольшая величина канала управления приводит к почти полному отсутствию контроля и управления сетью.

Системы уплотнения высоких уровней иерархии определяют более жесткие требования к частоте передачи. Рост частоты приводит к росту потерь энергии передаваемого сигнала по коаксиальному кабелю, что ведет к необходимости более частой установки усилителей (каждые 2 км). Скорости передачи системы SONET начинаются с уровня, на котором возможности коаксиального кабеля исчерпаны

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

7

Тема №7

Фиксированная сеть. Базовая сеть. Технологии.  
Проводные линии связи. Оптическое волокно.



## Оптическое волокно

В качестве средства передачи цифровых сигналов используется свет, передаваемый по оптическому волокну (световоду).

Световод имеет двухслойную структуру, состоит из ядра (сердцевины) и оболочки с разными показателями преломления. Оболочка предназначена для создания наилучших условий отражения сигнала на границе сердцевина-оболочка и защиты от внешних помех. Сердцевина как правило кварц, оболочка полимер.

Передача сигнала с помощью световых волн зависит от длины волны. Видимый свет с длиной волны 400-700нм недостаточно хорошо передается по оптоволокну, более эффективны волны инфракрасного диапазона 700-1600нм. Обычно используются волны 850, 1300 и 1550нм

# Достоинства оптического волокна

## Малый вес и размер

оптического кабеля на порядок меньше медного. Важно для судов и самолетостроения

## Влагостойкость и устойчивость к коррозии

Сама природа стекла делает его устойчивым к коррозии

## Нечувствительность к электромагнитным помехам

Оптические волокна не излучают и не воспринимают электромагнитные волны

## Безопасность

Волокно является диэлектриком, не проводит ток, не притягивает молнии, является пожаробезопасным. Возможно использование там где раньше вообще было недопустимо, например прокладка через топливный бак.

## Секретность

Подслушивание осуществляется либо непосредственным присоединением к проводу либо перехватом радиоволн излучаемых оборудованием или кабелем. Если первый вариант для оптоволокну представляется затруднительным, то второй исключается.

## Широкая полоса пропускания

Частота светового сигнала на несколько порядков превышает частоту радиоволн. Применение лазера позволяет увеличить частоту до 100 ТГц

## Низкие потери

В оптическом кабеле затухание не зависит от частоты и остается постоянным в определенном диапазоне частот

## Недостатки оптического волокна

- Стоимость интерфейсного оборудования.

Электрические сигналы должны преобразовываться в оптические и наоборот. Цена на оптические передатчики и приемники остается пока еще высокой. При создании оптической линии связи также требуется высоконадежное специализированное пассивное коммутационное оборудование, оптические разъемные соединители с малыми потерями и большим ресурсом на подключение-отключение, оптические разветвители и аттенюаторы.

- Монтаж и обслуживание оптических линий.

Стоимость работ по монтажу, тестированию и поддержке волоконно-оптических линий связи также остается высокой. Если повреждается ВОК, то необходимо осуществлять сварку волокон в месте разрыва и защищать этот участок кабеля от воздействия внешней среды. Кроме того, каждая сварка вносит дополнительное затухание, что необходимо учитывать определенным технологическим запасом на затухание переприемного участка.

- Требование специальной защиты волокна.

Теоретически стекло, как материал, выдерживает колоссальные нагрузки с пределом прочности на разрыв выше  $1 \text{ ГПа}$   $10^9 \text{ Н / м}^2$ . На практике оптическое волокно, каким бы совершенным оно не было, имеет микротрещины, которые инициируют разрыв.

## Классификация волокон по используемому материалу.

- Ядро/оболочка
- Стекло/стекло — наиболее распространенный вариант  
Стекло состоит из сверхчистого сверхпрозрачного диоксида кремния или плавленого кварца. Если бы морская вода была такой же прозрачной, как волокно, то можно было бы увидеть дно Марианской впадины.
- Стекло/пластик (PCS). Характеристики хуже, но приемлемы
- Пластик/пластик — растет затухание и ограничена полоса, но остальные свойства остаются неизменными при этом цена значительно ниже

## Классификация волокон по индексу преломления и модовой структуре

**Мода** — вид траектории вдоль которой распространяется свет. Волокно позволяеь свету распространяться по множеству траекторий, количество которых зависит от размера и свойств волокна

Свет движется быстрее по среде с меньшим показателем преломления. Профиль индекса преломления отображает соотношение между индексом ядра и оптической оболочки. Существует ступенчатый и сглаженный (градиентный) профили. При ступенчатом профиле ядро имеет однородный индекс преломления, а при градиентном показатель преломления максимален в центре ядра и постепенно спадает до оболочки

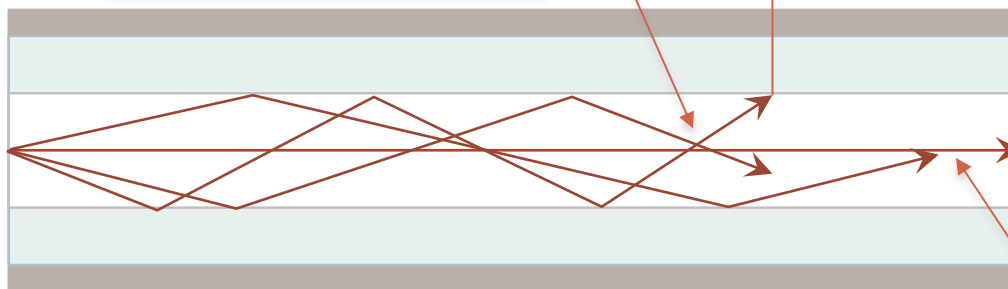
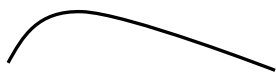
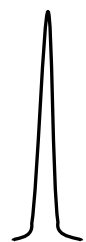
Входной  
импульс

Выходной  
импульс

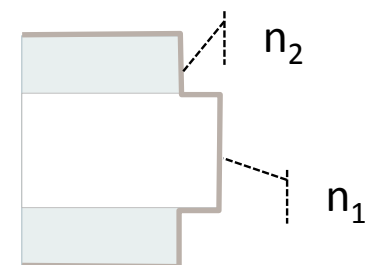
Режим множественного  
отражения

Дисперсия

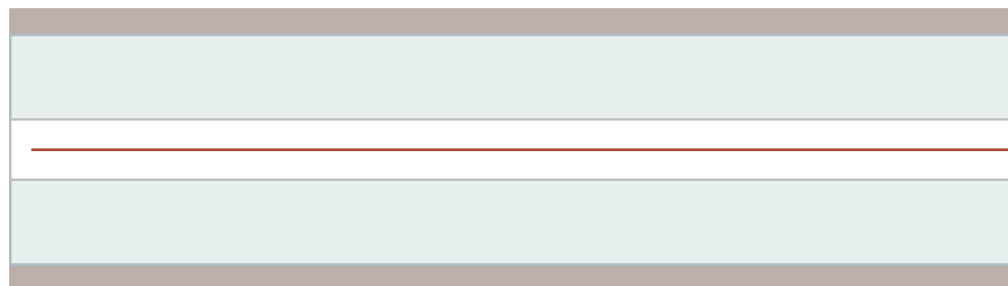
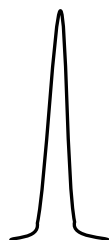
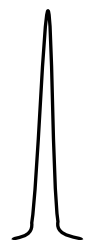
Профиль показателя  
преломления



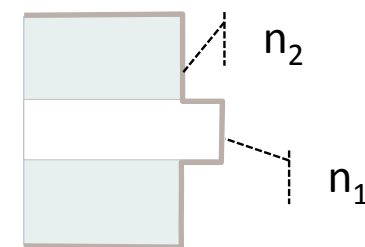
Многомодовый ступенчатый индекс



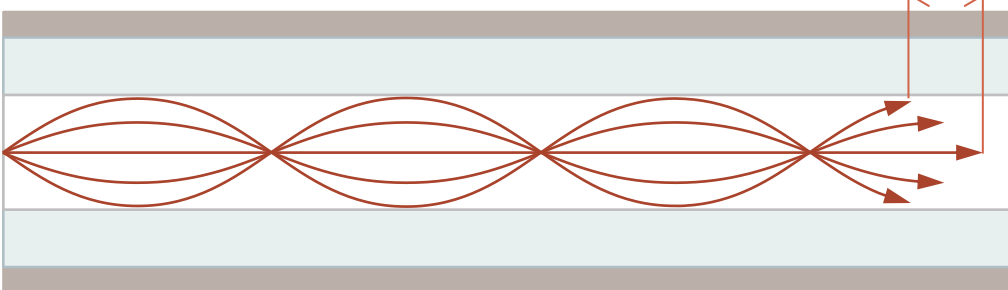
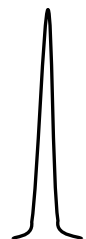
Режим малого  
числа отражений



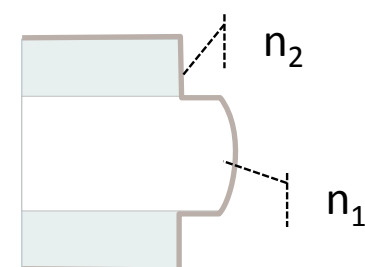
Одномодовый ступенчатый индекс



Дисперсия



Многомодовый градиентный (сглаженный) индекс



## Типы волокон

|                              | Многомодовое<br>ступенчатое | Многомодовое<br>градиентное | Одномодовое      |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------|
| Ядро/Оболочка<br>мкм         | 100; 50/140                 | 50; 62,5; 85/125            | 5/125            |
| Модовая дисперсия<br>нс/км   | 5-30                        | 0,5                         | 0                |
| Затухание<br>дБ/км           | 6                           | 3,5                         | 0,3              |
| Полоса пропускания<br>МГц/км | 25-70                       | 200-100                     | 50 000 - 100 000 |

Многомодовое с градиентным индексом. Модовая дисперсия падает за счет того что свет проходит короткий путь медленнее чем длинный.

Одномодовое со ступенчатым индексом. Модовая дисперсия отсутствует, тк диаметр ядра уменьшен до размера по которому можно передавать только одну моду

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

8

Тема №8

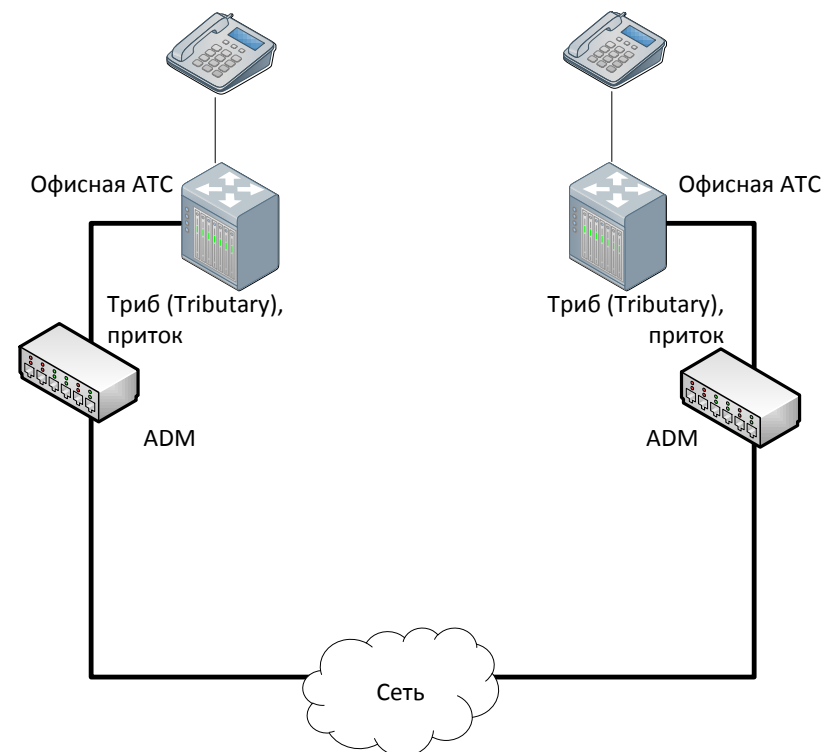
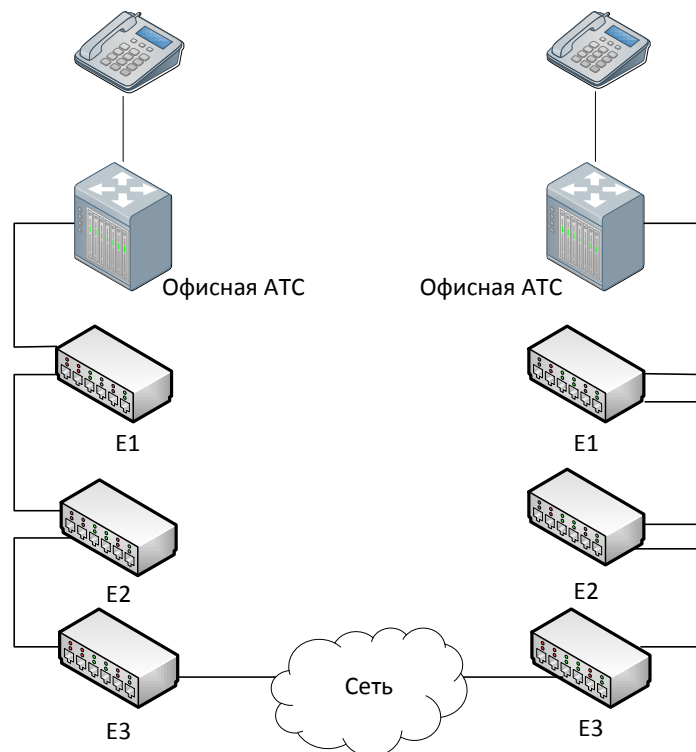
Фиксированная сеть. Базовая сеть. Технологии.  
Синхронная иерархия.



# Особенности SDH

Синхронная оптическая сеть (Synchronous Optical NETwork – SONET) была внедрена в Америке с целью стандартизации подключения различного телекоммуникационного оборудования. В 1988 году технология была принята ITU-T в качестве международного стандарта синхронной цифровой иерархии (Synchronous Digital Hierarchy – SDH). Основная особенность иерархии SDH это поддержка в качестве каналов доступа трибутарных (tributary – приток) потоков PDH и SDH. Для решения этой задачи требуется выполнение следующих правил:

- Трибы упаковываются в контейнеры из которых формируется цикл;
- Положение контейнера определяется указателем расположенным в заголовке;
- Заголовок является отдельным полем;
- Несколько контейнеров одного уровня могут быть объединены в новый контейнер.

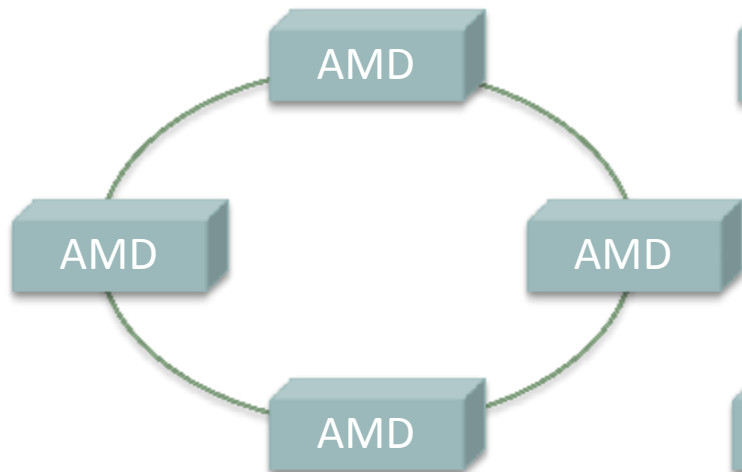


# Конфигурация сети

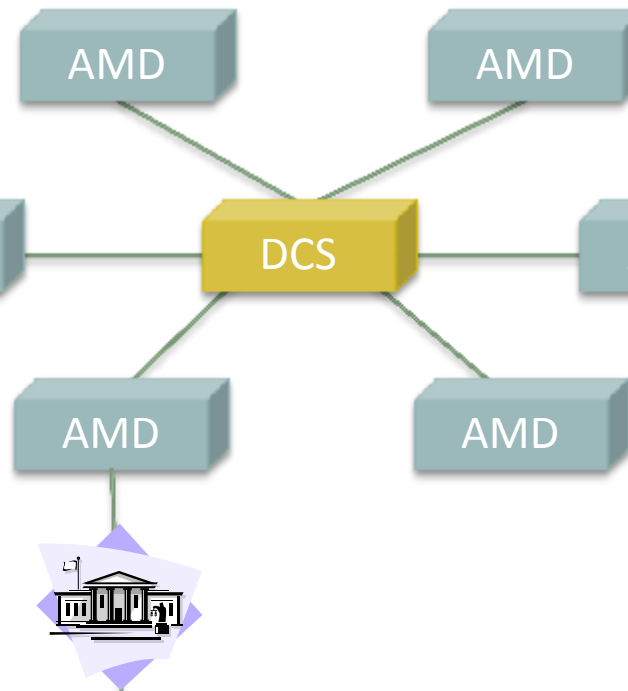
Существует три типа сети: двухточечная, простейшая в реализации; звездообразная, наиболее гибкая и кольцевая, гарантирующая высокую степень устойчивости связи.

Элементы сети: мультиплексор (Multiplexer – MUX), оконечный элемент пути, принимает сигналы пользователя в формате PDH и мультиплексирует их для образования потока SDH; мультиплексор ввода-вывода (Add-Drop Multiplexer – ADM), демultipлексирует конкретный канал, который требуется для подключения к сети; цифровой кросс- соединитель (Digital Crossconnect System – DCS), коммутирует каналы между портами ADM по правилам устанавливаемым оператором.

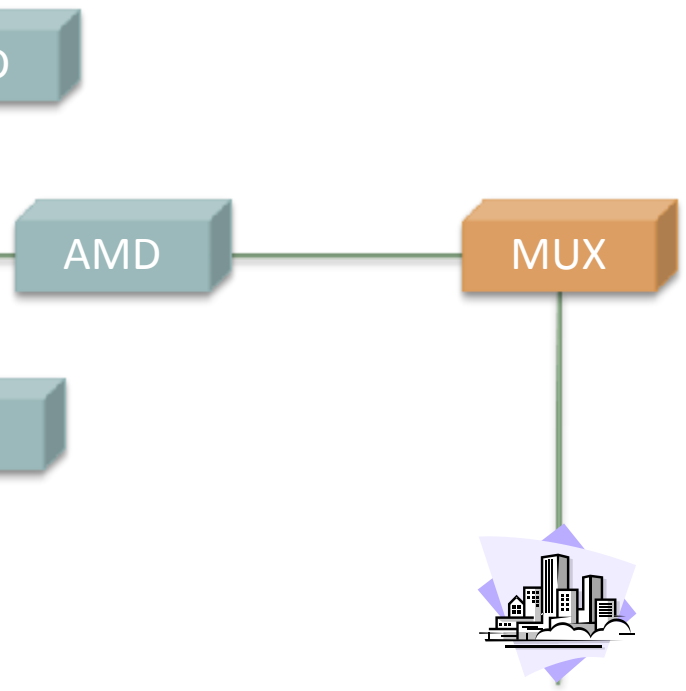
**Кольцевая структура**



**Звездообразная структура**

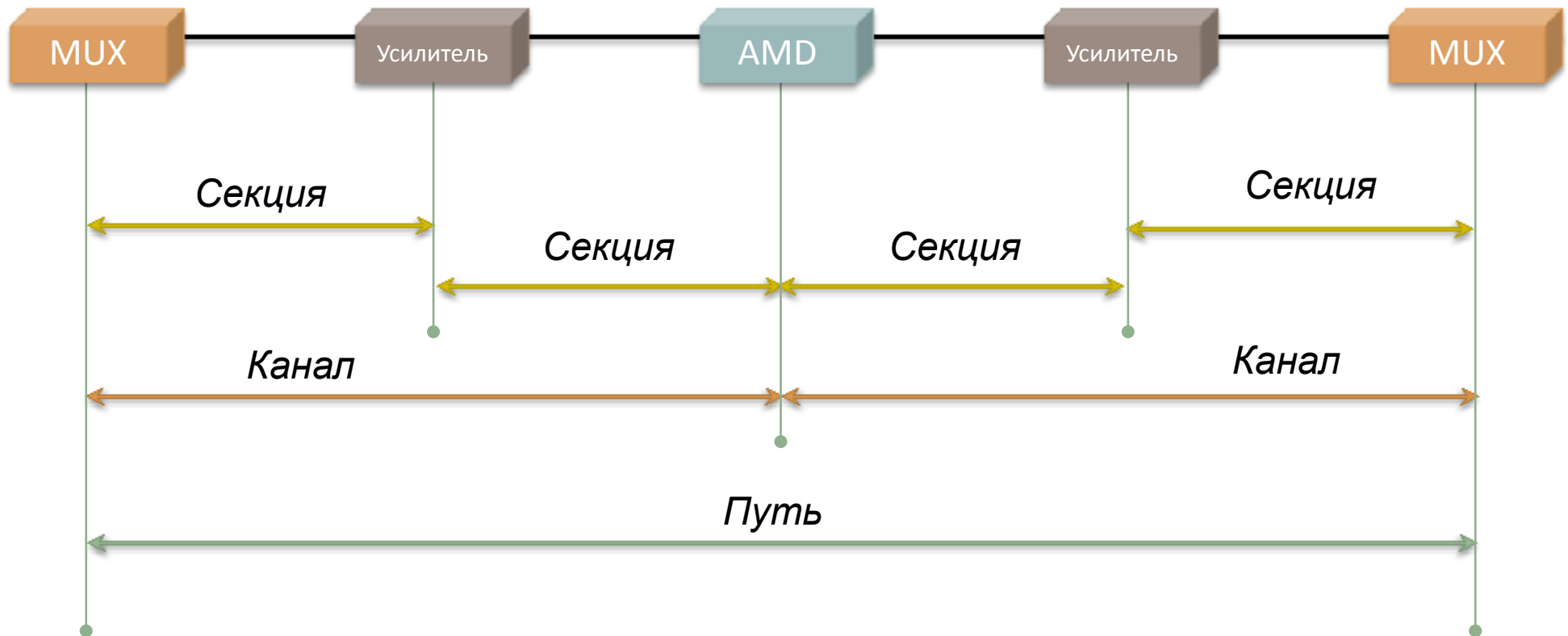


**Двухточечная структура**

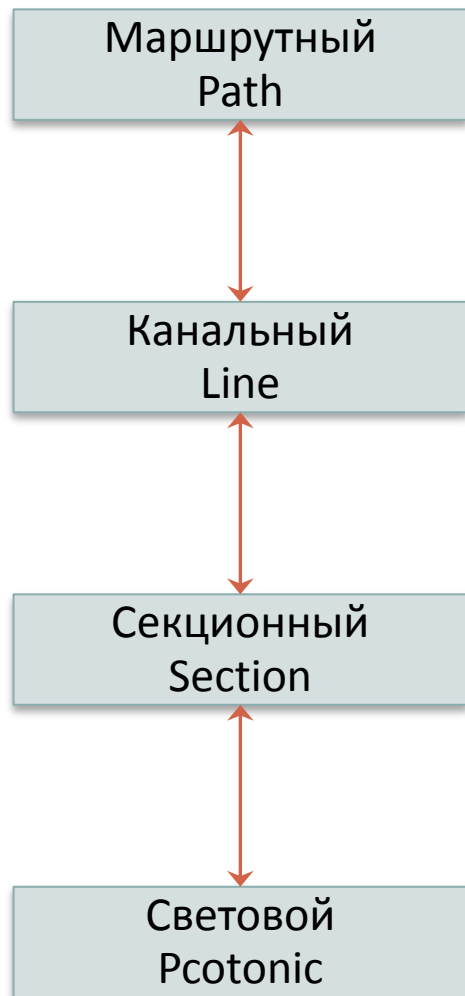


## Участки сети

Соединение двух оконечных объектов в сети SDH определяется путем, который состоит из каналов. Канал это участок между двумя соседними объектами сети SDH. Каждый канал состоит из секций медных или волоконно-оптических линий. Под секцией понимается участок между двумя соседними усилителями или повторителями.



## Уровни SDH



Маршрутный (Path) – обеспечивает выбор канала и гарантирует надежность канала

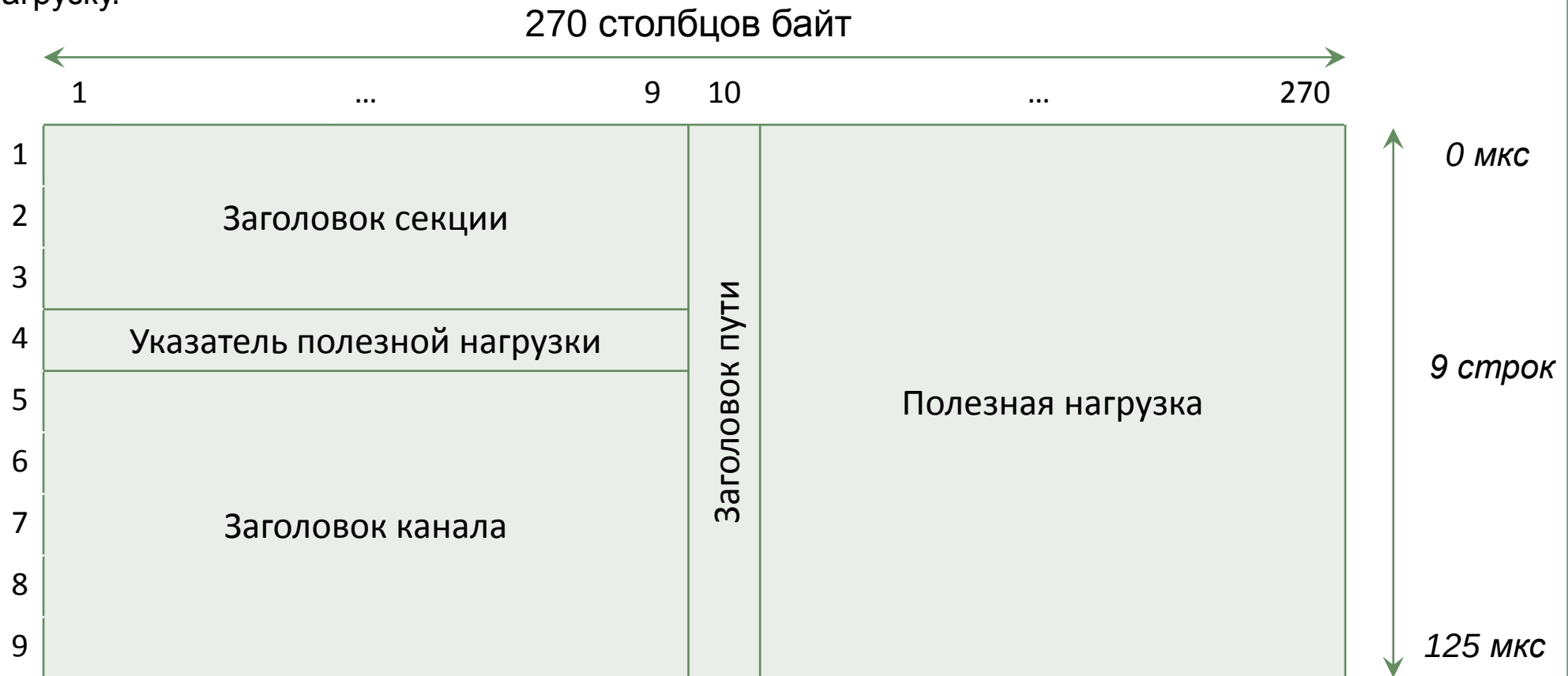
Канальный (Line) – обнаруживает неисправности и выполняет аварийное переключение, отвечает за коммутацию сигналов.

Секционный (Section) – инкапсулирует данные, гарантирует их отправку в нужном порядке, обеспечивает синхронизацию, обнаруживает ошибки на уровне секции.

Световой (Photonic) – управляет передачей и преобразованием информационных сигналов. Передаваемые электрические сигналы трансформируются в световые и обратно. Осуществляет контроль передачи сигналов, проверяет форму светового импульса, уровень мощности, длину волны.

## Формат кадра

Кадр состоит из 270 столбцов байт и 9 строк. По мере прохождения кадра по пути его компоненты считываются и отделяются от него на каждой стадии этого пути. Таким образом, кадр состоит из четырех разделов, три служебных, необходимых для управления и идентификации ошибок на уровне секции, канала и пути и одного основного, несущего полезную нагрузку.



$9 \times 270 = 2430$  байт или  $2430 \times 8 = 19440$  бит, что при частоте повторения 8000 Гц позволяет определить первый уровень иерархии SDH:  $19440 \times 8000 = 155,52$  Мбит/с.

## Иерархия SDH

Основным блоком SDH является синхронный транспортный модуль STM-1 со скоростью передачи 155,52Мбит/с. Информационные потоки с меньшей скоростью укладываются в поле полезной нагрузки STM-1, а сигналы более высоких скоростей генерируются путем синхронного мультиплексирования N сигналов STM-1. Таким образом транспортный заголовок STM-N в N раз больше заголовка STM-1, а скорость составляет  $N \times 155,52 \text{ Мбит/с}$

| Уровень иерархии | Уровень объединения | Скорость передачи Мбит/с |
|------------------|---------------------|--------------------------|
| STM-1            | -                   | 155,520                  |
| STM-4            | 4xSTM-1             | 622,080                  |
| STM-8            | 8xSTM-1             | 1244,160                 |
| STM-16           | 16xSTM-1            | 2045,376                 |
| STM-32           | 32xSTM-1            | 4976,640                 |
| STM-64           | 64xSTM-1            | 9953,280                 |
| STM-256          | 256xSTM-1           | 39813,12                 |

## Недостатки SDH

- Слабая адаптированность к требованиям сетей передачи данных:
  - Фиксированный размер поля полезной нагрузки рассчитан на передачу речевой информации. При передаче кадров Ethernet часть пространства остается не использованным.
  - Такая же картина наблюдается при подключении потоков Ethernet, так для подключения на скорости 100Мбит/с требуется STM-1, обеспечивающий поток 155Мбит/с.
  - Отсутствие механизмов передачи асинхронного трафика. При установлении соединения между двумя точками устанавливаются два равнозначных канала, один на передачу второй на прием, что не приемлемо для широковещательного потокового видео.
- Сложное, дорогостоящее оборудование. Для взаимодействия с сетью требуется установить мультиплексор ввода-вывода ADM, для разводки каналов по назначению нужен кросс-коннектор DCS, а для объединения сигналов мультиплексор

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

9

Тема №9

Фиксированная сеть. Базовая сеть. Технологии.  
Многоволновое уплотнение.



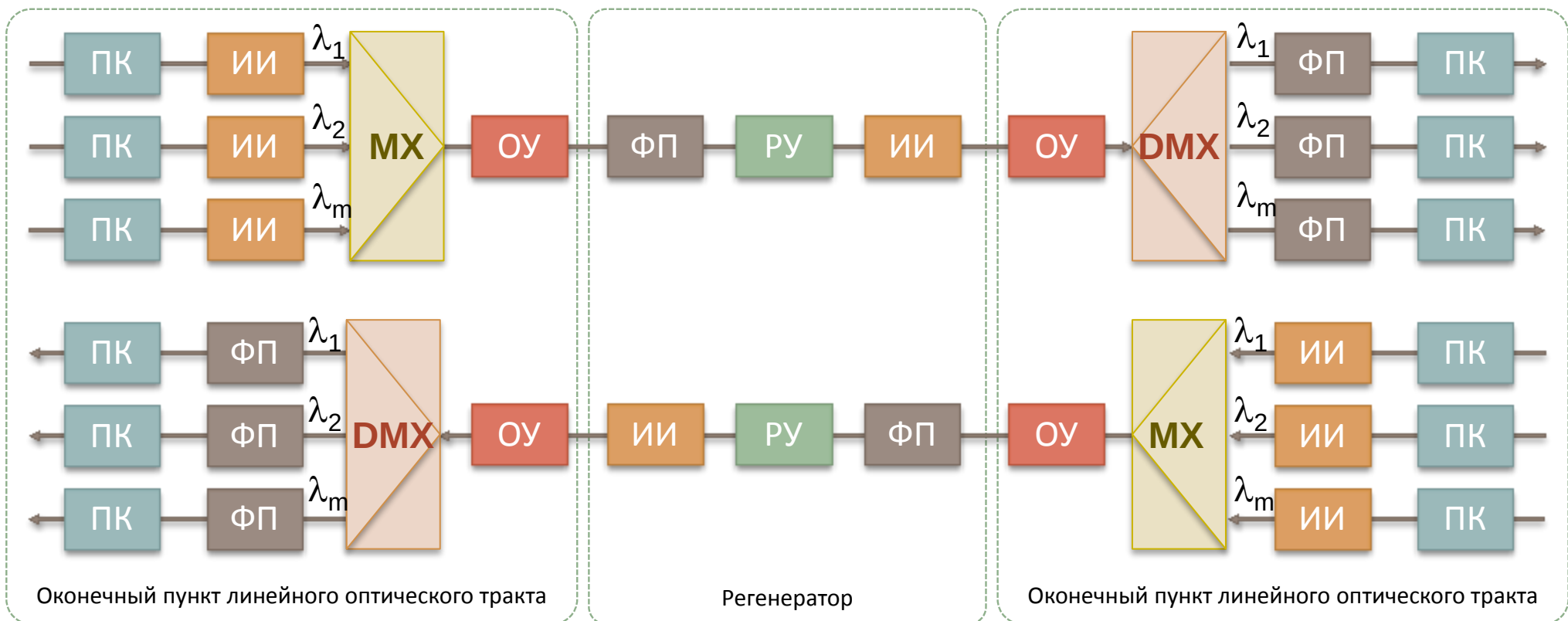
# WDM [Wavelength Division Multiplexing]

Технология многоволнового уплотнения оптических несущих – WDM (Wavelength Division Multiplexing). В ней используется то обстоятельство, что по одному волокну передаются одновременно сигналы на многих длинах волн.

Суть технологии WDM состоит в том, что  $m$  информационных цифровых потоков, переносимых каждый на своей оптической несущей на длине волны  $\lambda_m$  и разнесенных в пространстве, с помощью специальных устройств – оптических мультиплексоров (ОМ) – объединяются в один оптический поток  $\lambda_1 \dots \lambda_m$ , после чего он вводится в оптическое линейное волокно, входящее в состав оптического кабеля. На приемной стороне производится обратная операция демультиплексирования.

Технология WDM имеет ряд достоинств:

- пропускную способность транспортной сети с WDM легко наращивать;
- транспортные сети, основанные на технологии WDM, обладают большой гибкостью;
- сигналы, передаваемые по одному волокну, во всех спектральных каналах можно усиливать с помощью одного оптического усилителя.



Преобразователь кода (ПК)    Источник излучения (ИИ)    Фотоприемные устройства (ФП)    Оптический усилитель (ОУ)    Решающие устройства (РУ)

## Классы WDM

В зависимости от интервала частот между спектральными каналами WDM системы делятся на два основных класса: системы редкого (неплотного) спектрального уплотнения (coarse – WDM (CDMA)) с числом каналов менее 40, и системы плотного спектрального уплотнения (dense – WDM (DWDM)) с числом каналов в системе более 80.

Системы dense – WDM соответствуют уровню STM-64 (10 Гбит/с) и позволяют передавать 8/96 длин волн в диапазоне 1550 нм с интервалом 50/100 ГГц.

Следующее поколение систем DWDM связано с уровнем STM-256 (40 Гбит/с), позволяет передавать по одному волокну 100/200 длин волн в диапазоне 1550 нм с интервалом между каналами 25/50 ГГц.

В дальнейшем предполагается, что число каналов в системах CWDM будет более 40, а в системах DWDM – более 200.

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

10

Тема №10

Фиксированная сеть. Сеть доступа.  
Аналоговые и цифровые абонентские линии

## Основные объекты доступа аналоговых АТС

Абонентская Линия [subscriber line] – линия соединяющая терминал пользователя с Абонентским Комплектом станции, концентратора или иного выносного модуля (далее АТС)

Кросс [Main Distribution Frame] – оборудование стыка станционной и линейной части АЛ и СЛ

Кабельный распределительный шкаф (ШР) – совокупность кабельных боксов укомплектованных плинтами. Осуществляет стык между магистральным и распределительным участком АЛ.

Абонентская распределительная коробка (РК) – оконечное кабельное устройство, предназначенное для осуществление стыка кабельных пар включенных в плинт распределительной коробки с однопарными проводами абонентских проводок

## Участки абонентского доступа

Выделяют станционный и линейные участки границами которых служит кросс, а окончаниями АК и розетка терминала соответственно.

Линейный участок подразделяется на магистральный и распределительный, граница которых проходит по ШР.

На распределительном участке выделяют абонентскую проводку – участок от РК до розетки.

На магистральном выделяют зону прямого питания, в пределах которой не используются ШР. Радиус зоны примерно 500 метров.

## Основные объекты доступа цифровых АТС

Выносной абонентский модуль подключается к АТС по цифровым линиям и обеспечивает подключение терминального оборудования по аналоговым линиям через РК или по цифровым с помощью мультиплексора выделения каналов.

Мультиплексор выделения каналов [Add-Drop Mux] – оборудование для выделения и объединения цифровых каналов и трактов.

Цифровой кроссовый узел [Digital cross Connect] аналогичен ADM, но в отличие от первого содержит устройство управления способное осуществлять реконфигурацию транспортной сети.

## Универсальность доступа

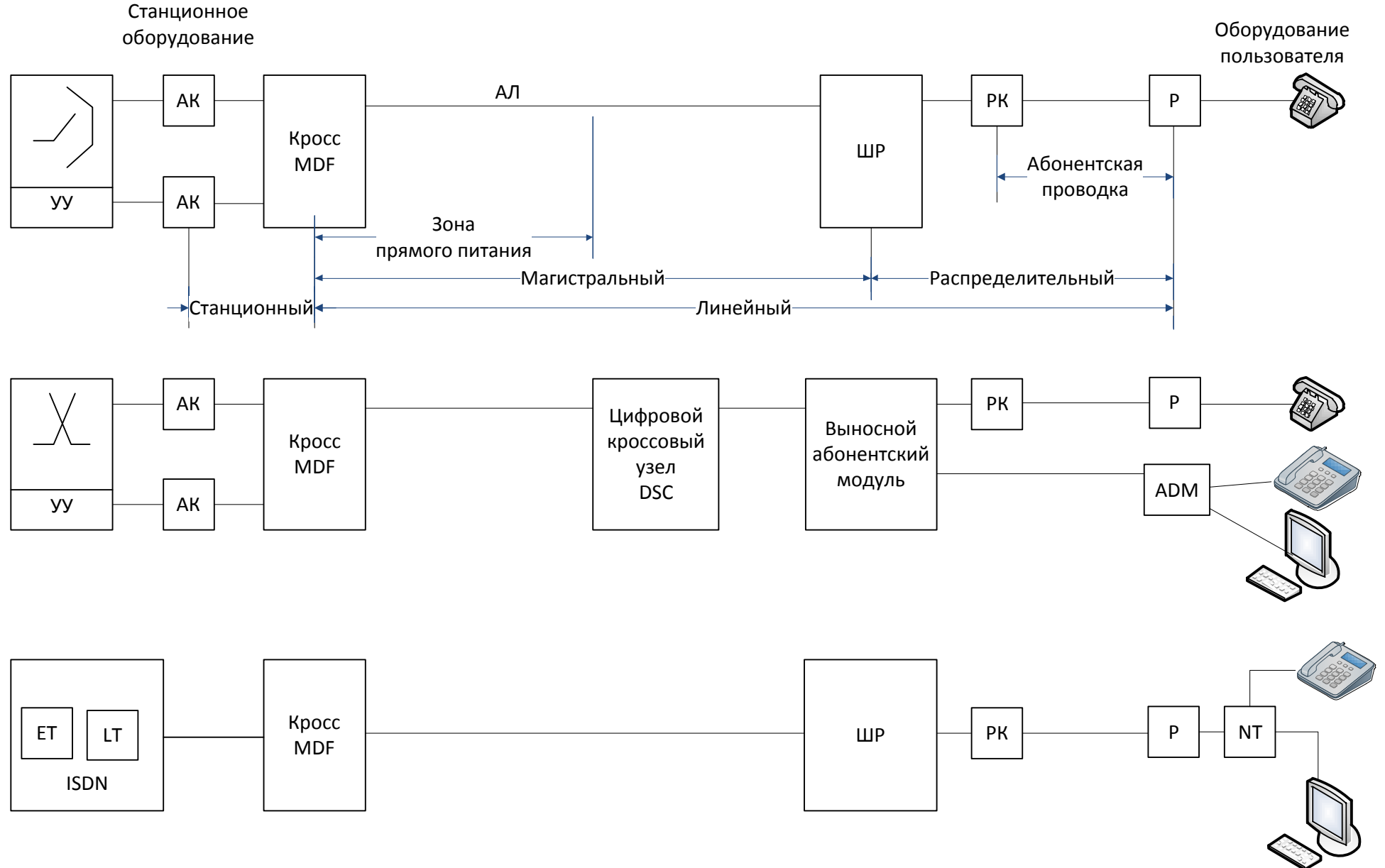
В независимости от типа АТС для доступа характерны следующие черты

Наличие зоны прямого питания в пределах которой АЛ включаются непосредственно в кросс

За зоной прямого питания располагается пристанционный участок в пределах которого цифровой станции целесообразно использовать удаленные модули (концентраторы, мультиплексоры), а аналоговой АТС неуплотненные кабели либо каналы образованные системами передачи

Структура абонентской сети соответствует графу с древовидной топологией.

# Варианты абонентского доступа





## Определение сети абонентского доступа

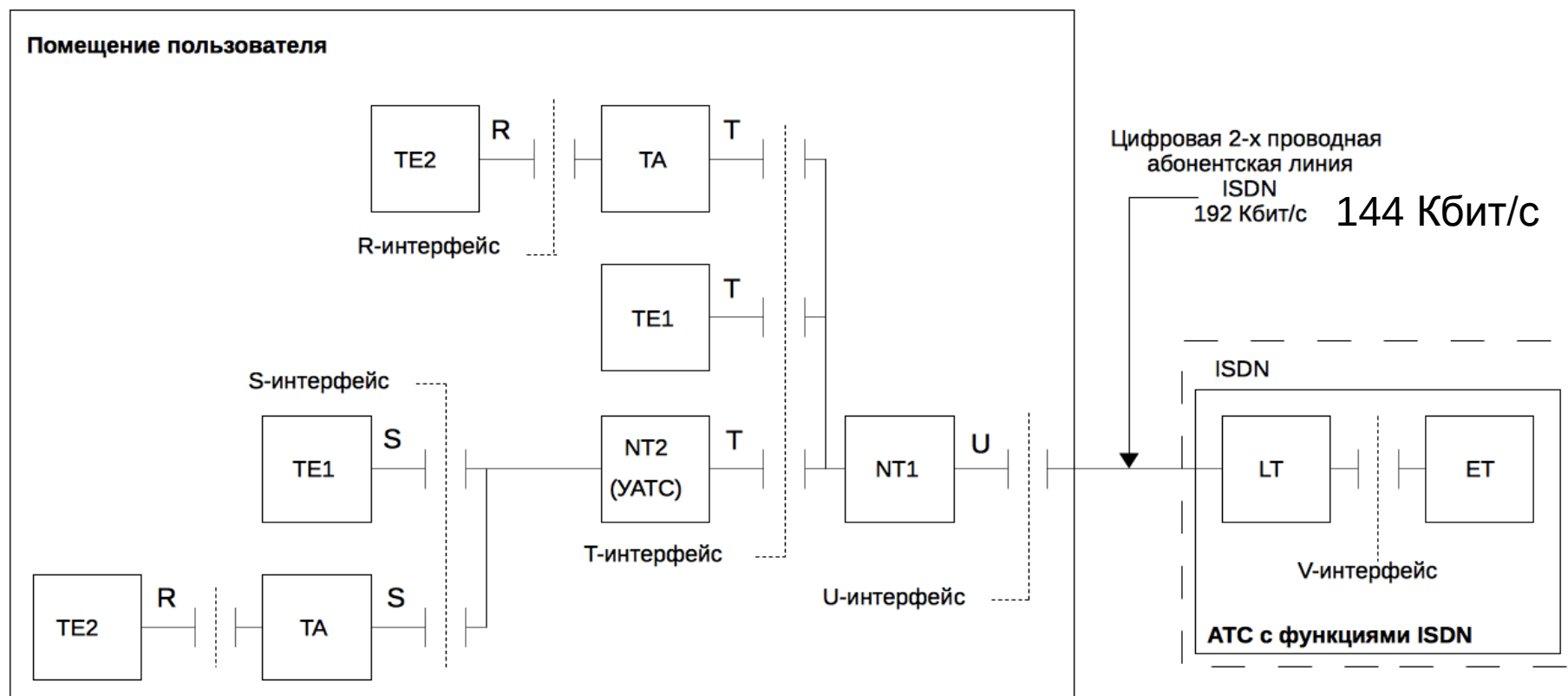
Совокупность технических средств между терминалом установленным в помещении пользователя и тем коммутационным оборудованием в план нумерации (адресации) которого входят подключаемые к телекоммуникационной системе терминалы

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

11

Тема №11  
Фиксированная сеть. Сеть доступа.  
ISDN

# Цифровые линии ISDN



TE1 — терминал ISDN

TE2 — несовместимый с ISDN терминал

TA — терминальный адаптер для подключения несовместимых с ISDN терминалов

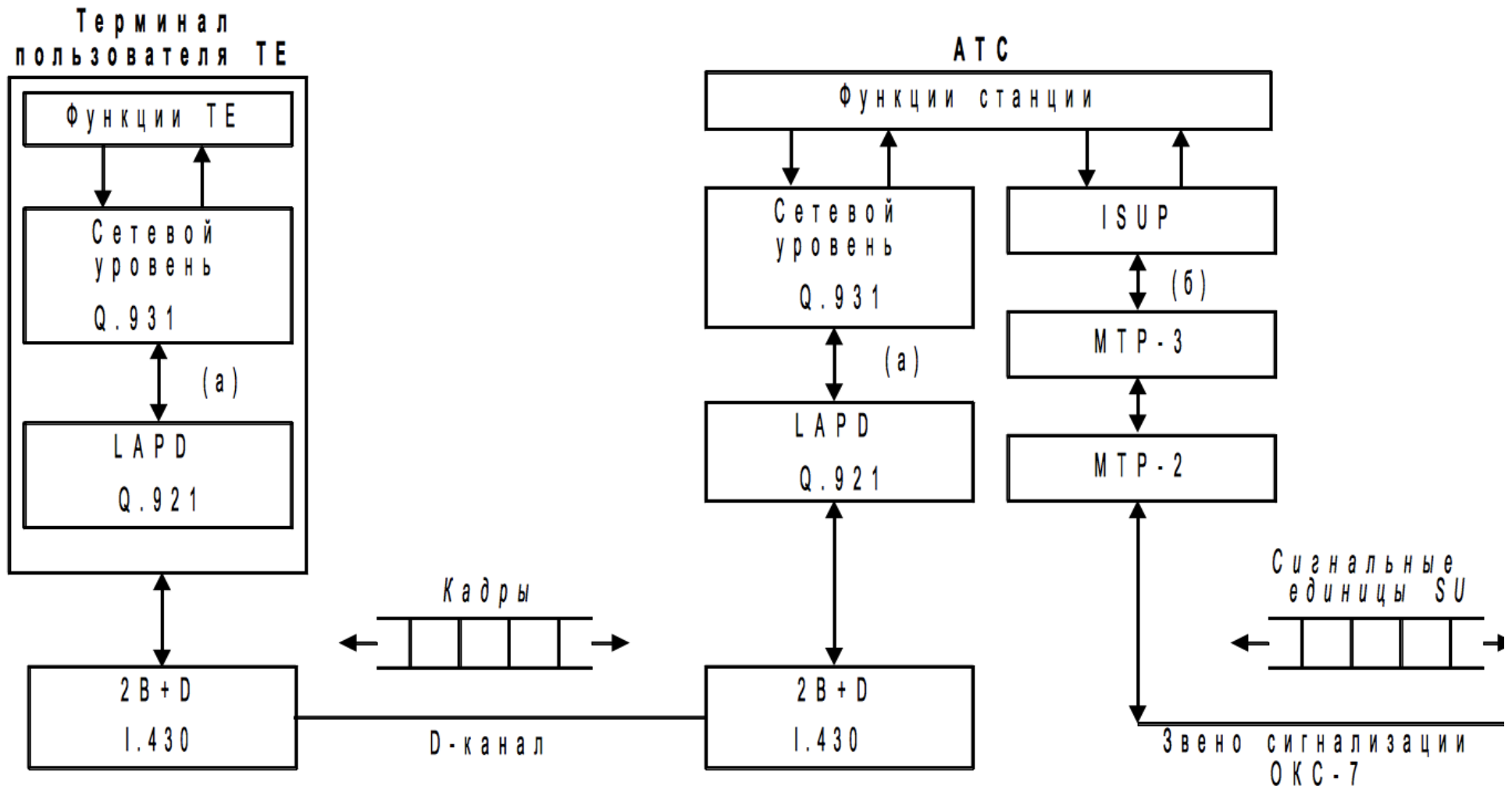
NT1 — сетевое окончание уровня 1

NT2 — сетевое окончание уровней 2,3

LT — линейное окончание

ET — станционное окончание

# Функциональные объекты протоколов DSS-1 и ISUP.

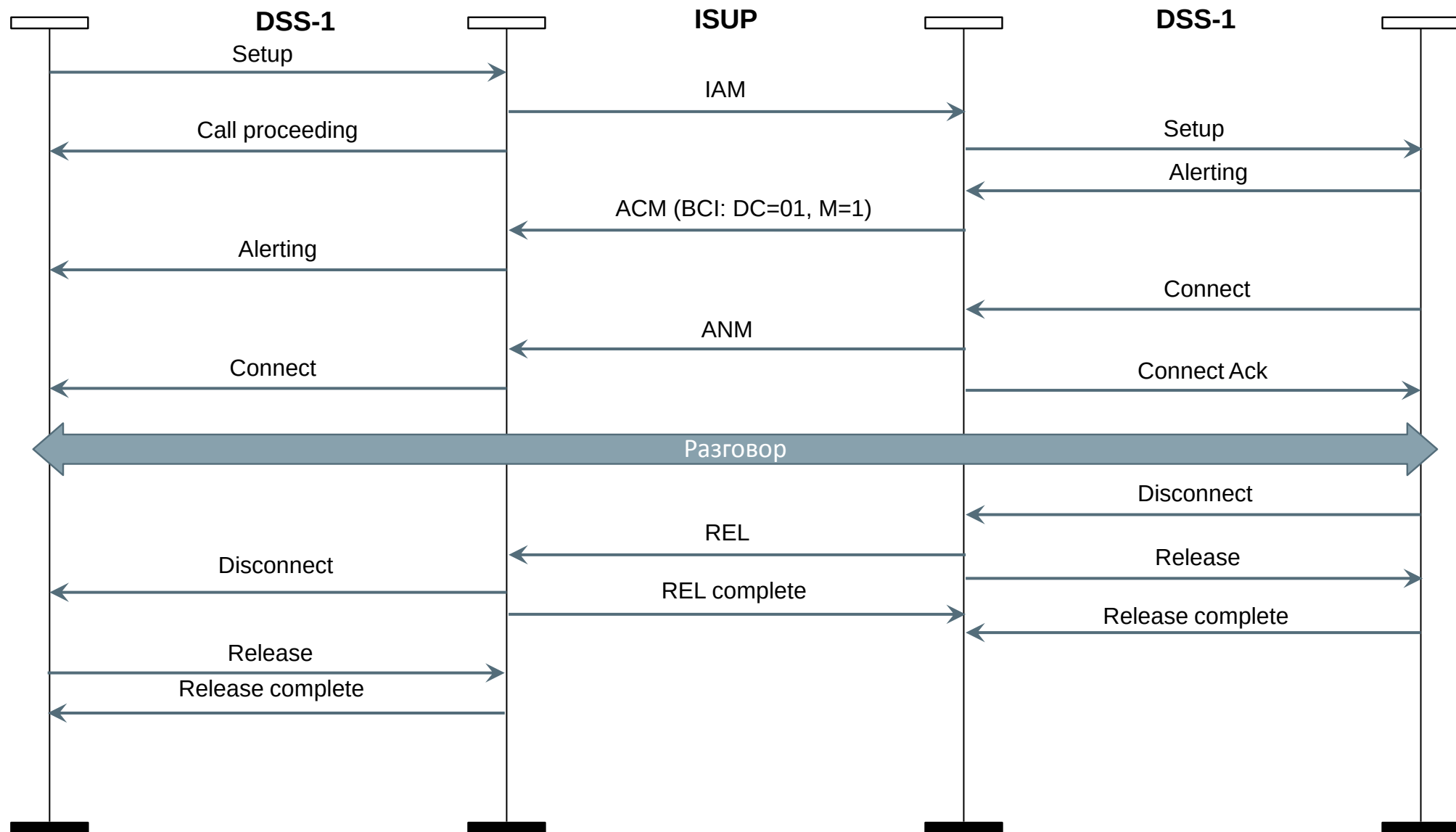


- (a) - примитивы DSS-1  
(б) - примитивы ОКС-7

# Базовый вызов ISDN

Исходящая станция инициирует сигнальный обмен только после приема всех цифр номера (en block)

Встречная станция принимает решение о достаточности номерной информации только после получения соответствующей индикации со стороны входящего доступа



**Базовый вызов** – это соединение которое не содержит никаких дополнительных услуг

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

12

Тема №12

Фиксированная сеть. Сеть доступа.  
xDSL

## Предпосылки

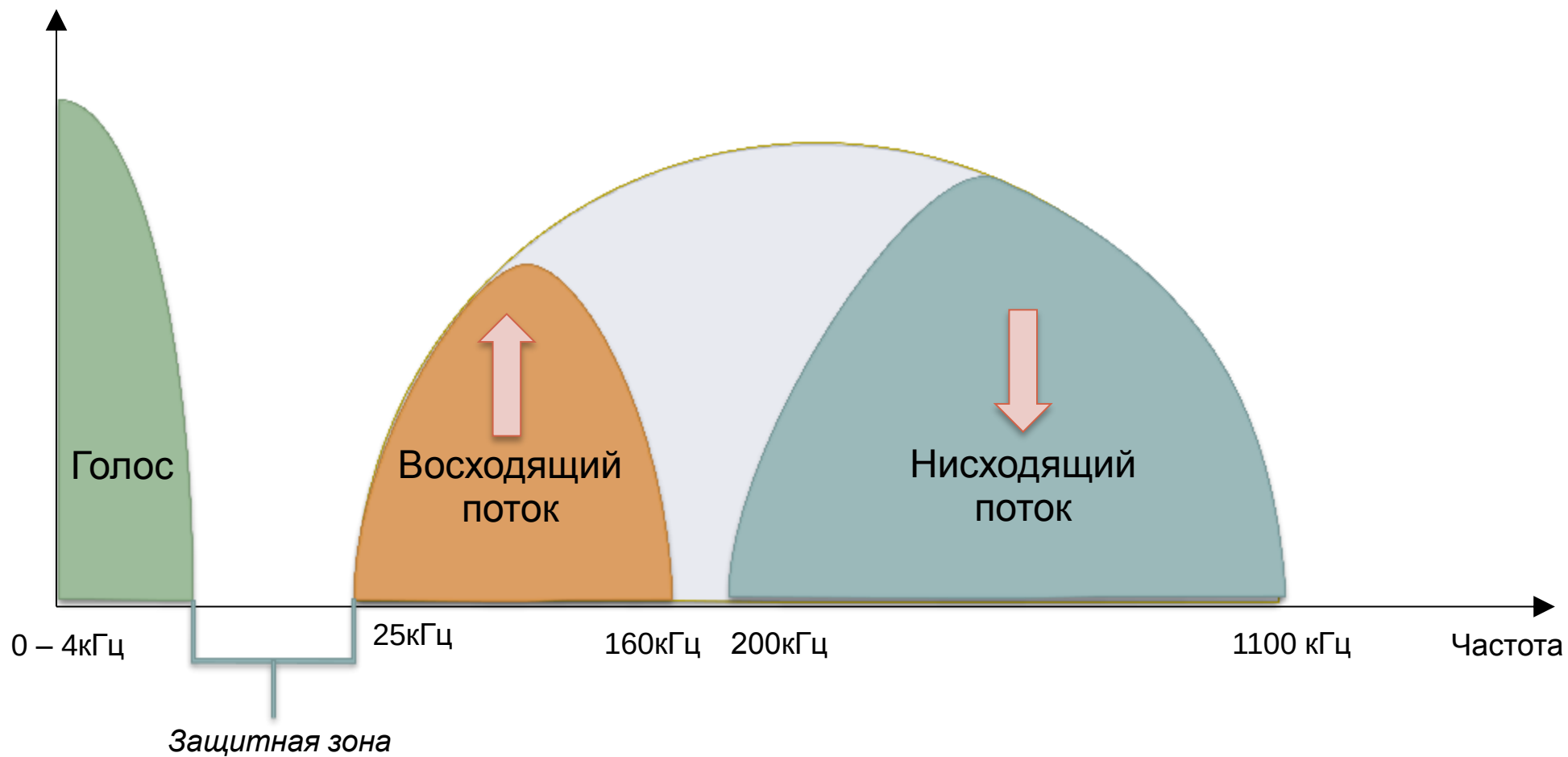
Развитие сетей Интернет – обращение к серверам с целью поиска информации и скачивания данных

Услуга Видео по запросу [Video-on-Demand (VoD)] – взаимодействие с видеосервисом с целью получения доступа к видеопотоку

В обоих случаях объем информации передаваемой пользователем на порядки отличается от потока данных получаемого от сети.

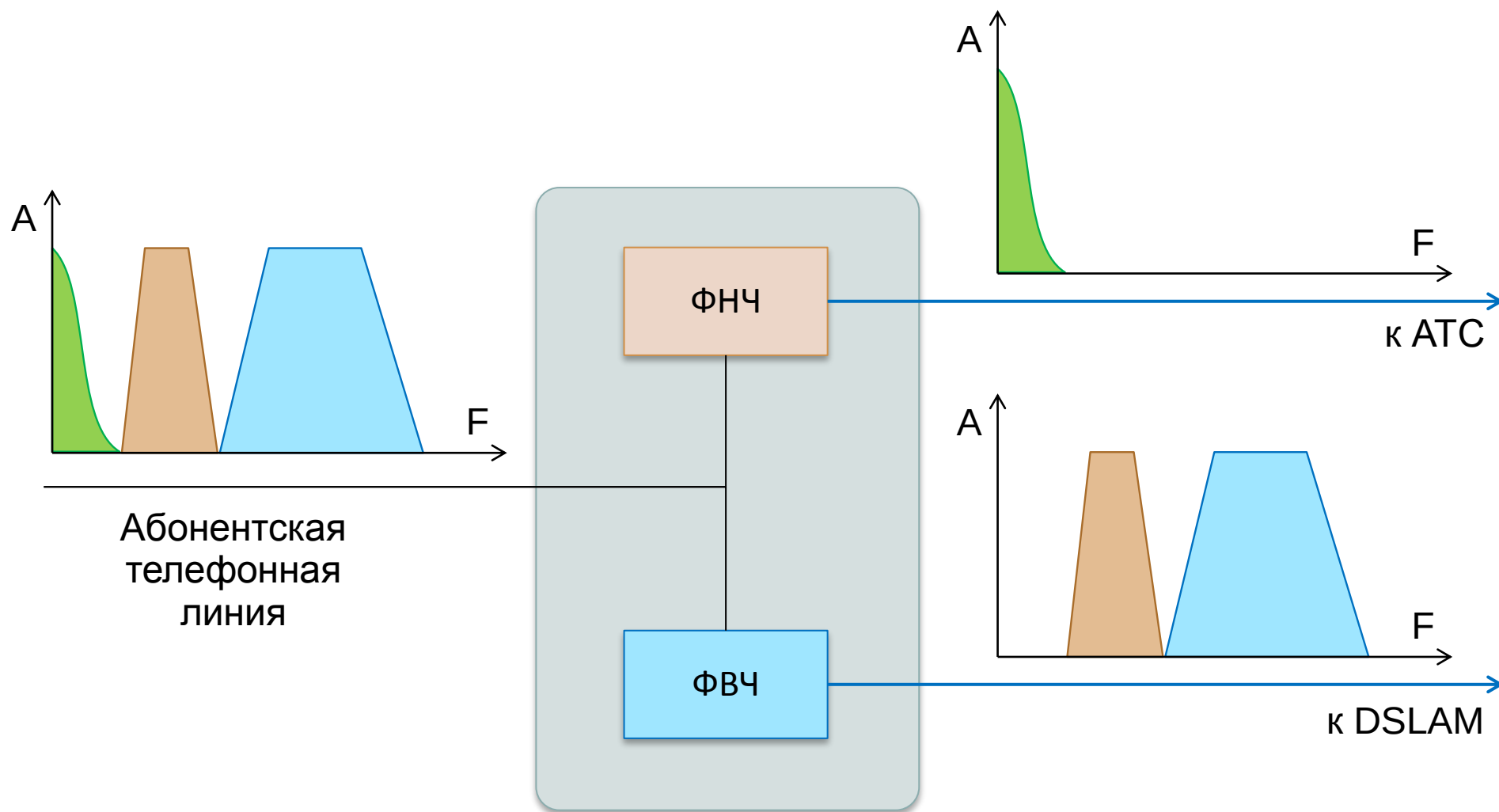
Возможна реализация технологии абонентского доступа в которой будут применяться каналы обмена информацией с разной пропускной способностью в направлениях приема и передачи.

## Разделение частот





Сплиттер или частотный разделитель — пассивный элемент, представляющий собой два фильтра: ФНЧ и ФВЧ и служащий для разделения трафика телефонии и ADSL.



## Технологии линейного кодирования

**2B1Q [2 binary, 1 quartenary]** – два бита информации, четыре уровня. Модулированный сигнал имеет четыре уровня, те в каждый момент времени передается 2 бита. Начал применяться в BRI ISDN

**CAP [Carrierless Amplitude and Phase Modulation]** амплитудно-фазовая модуляция без передачи несущей. Узкополосная технология линейного кодирования. CAP-64 передает 6 бит информации в каждый момент времени, CAP-128 – 7бит

**TC-PAM [Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation]** – импульсная амплитудно-фазовая модуляция с кодированием Треллис. Сигнал имеет 16 уровней, используется специальное кодирование обеспечивающее опережающую коррекцию ошибок

**DMT [Discrete MultiTone]** – дискретная многочастотная модуляция. Широкополосный тракт в диапазоне до 1104кГц делится на 256 подканалов. В каждом подканале используется квадратурно-амплитудная модуляция QAM [Quadrature Amplitude modulation]

## Симметричный и асимметричный доступ

Применение новых способов кодирования цифрового потока для его передачи по медной линии привело к появлению ряда технологий объединенных общим названием **xDSL [Digital Subscriber Line]**, где x указывает конкретную технологию.

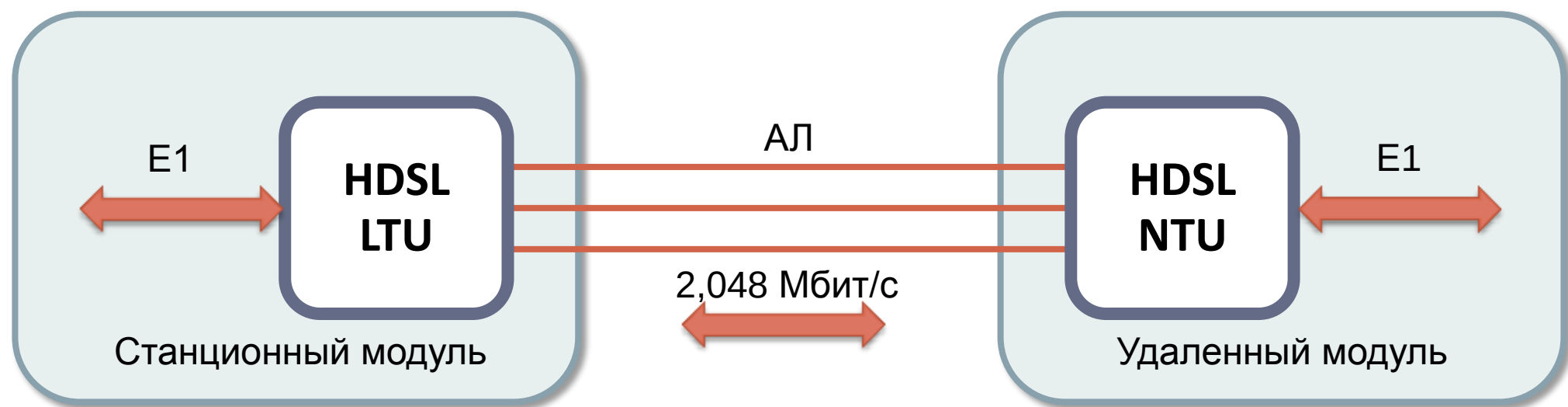
Появление xDSL отражает развитие методов передачи сигналов по витой паре. Эти технологии обеспечивают доступ к широкому спектру мультимедийных услуг.

xDSL

Симметричный применяется в корпоративных сетях

Асимметричный предназначен для предоставления услуг конечному пользователю

## Архитектура симметричного доступа



LTU [Line Terminal Unit]  
NTU [Network Terminal Unit]

## Технологии симметричного DSL доступа

**HDSL [High-Bit-Rate DSL]** – передача потоков T1 по двум витым парам [ANSI T1.Tr.28] или E1 по трем [ETSI TS.101 135]. Используется 2B1Q или QAM. Большая длина регенерационного участка позволяет применять для организации выносов, объединения сегментов LAN. ITU-T G.991.1

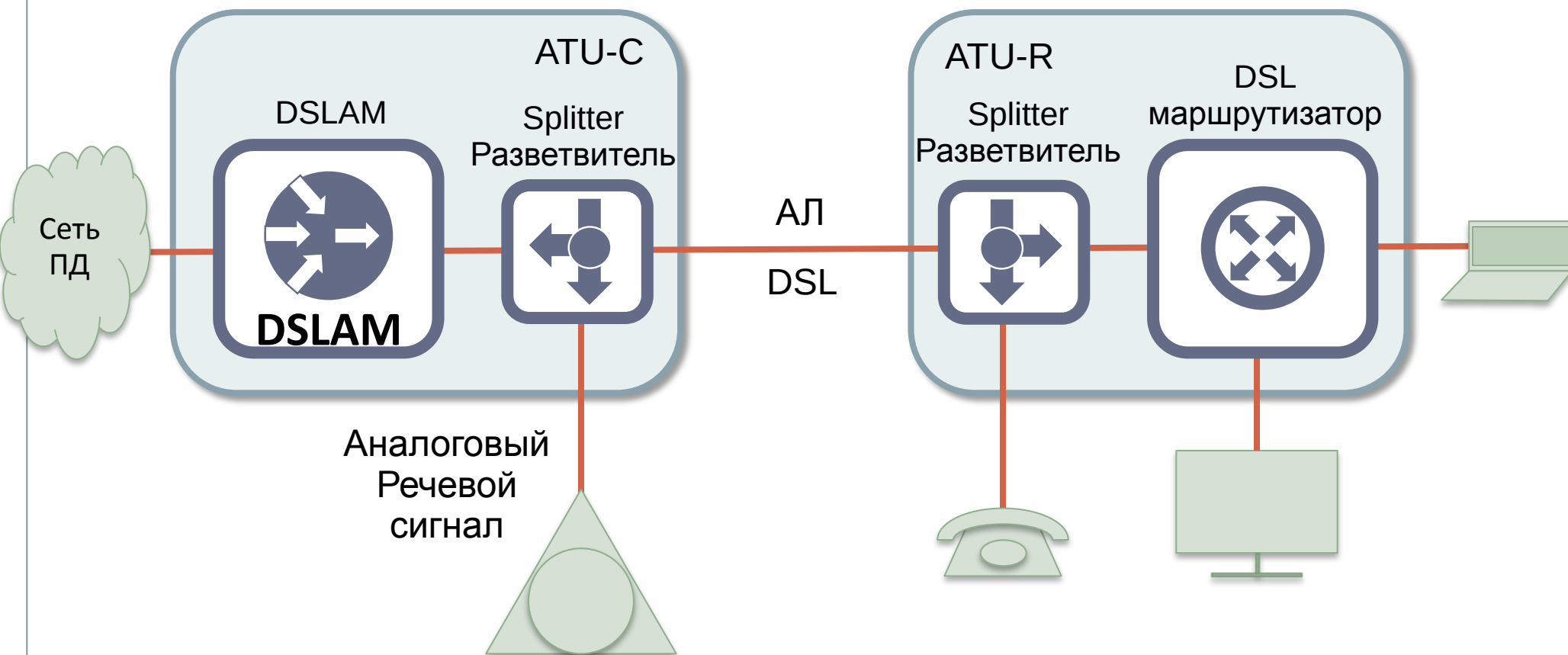
**SDSL [Single-pair DSL]** вариант HDSL по одной витой паре. Скорость от 128 до 2320кбит/с. **MSDSL [Multirate SDSL]** модификация SDSL. CAP с адаптацией скорости передачи к условиям связи. Скорость от 144 до 2320кбит/с

**SHDSL [Single-pair High-speed DSL]**. ITU-T G.991.2. TC-PAM обеспечивает спектральную совместимость при работе по одному кабелю оборудования SHDSL, ISDN, HDSL. Скорость от 192 до 2320кбит/с. Предусмотрена возможность работы по двум витым парам с увеличением скорости в два раза.

## Сравнение симметричных технологий

| Тип доступа | Стандарт ITU-T | Год выпуска | Скорость Вниз/вверх Мбит/с               | Расстояние км | Приложения                                                                   |
|-------------|----------------|-------------|------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------|
| HDSL        | G.991.1        | 1998        | 1,544/1,544 (2 АЛ)<br>2,048/2,048 (3 АЛ) | 3.7           | Только для передачи данных.                                                  |
| SDSL        |                |             | 2,3/2,3                                  | 3             | Индивидуальное абонентское оборудование с одной АЛ                           |
| SHDSL       | G.991.2        | 2001        | 2,3/2,3 (1 АЛ)<br>4,6/4,6 (2 АЛ)         | 3<br>5        | Для бизнес приложений, ориентированных на широкий канал в обоих направлениях |

# Архитектура асимметричного доступа



DSLAM [Digital Subscribe Line Access Multiplexer]

ATU [ADSL Transceiver Unit]

R [Remote]

C [Central]

## Технологии асимметричного DSL доступа

**ADSL [Asymmetrical DSL]** передача цифровых потоков со скоростями 6,144Мбит/с в сторону пользователя, 640кбит/с в обратном направлении, на расстояние 2,4км. Технология DMT позволяет обеспечить одновременную передачу данных и речи. ITU-T G.992.1

**G.Lite (Universal ADSL)** удешевленный вариант ADSL для доступа в Интернет. Скорость в сторону пользователя 1,536 Мбит/с, 512кбит/с в обратном направлении, расстояние 3,5км. ITU-T G.992.2. G.Lite2 второе поколение G.Lite. ITU-T G.992.4

**ADSL2** – 8 Мбит/с в сторону пользователя, 800 кбит/с в обратном направлении, расстояние до 1,5км. ITU-T G.992.3

**ADSL2plus** – увеличена полоса пропускания с 1,1 МГц до 2,2 МГц, что позволило увеличить скорость до 24 Мбит/с в сторону пользователя, 3,3 Мбит/с в обратном направлении на расстоянии до 1,5км. ITU-T G.992.5

**ADSL2plusplus (ADSL4)** поток в сторону пользователя достигает 52 Мбит/с за счет увеличения полосы пропускания до 3,75 МГц. Расстояние до 300 метров



## Стандарты асимметричных технологий

| Тип доступа | Стандарт ITU-T | Скорость<br>Вниз/вверх Мбит/с    | Расстояние<br>км |
|-------------|----------------|----------------------------------|------------------|
| ADSL        | G.992.1        | 10/1<br>2,048/2,048 (3 АЛ)       | 5,5              |
| ADSL lite   | G.992.2        | 1,5/0,384                        | 5,5              |
| ADSL2       | G.992.3        | 12/1                             | 5,5              |
| ADSL2+      | G.992.5        | 20/1                             | 5,5              |
| ADSL2++     |                | 52 вниз, на небольшое расстояние |                  |

## Высокоскоростная симметричная и асимметричная технология DSL

**VDSL [Very-high-speed DSL]** наиболее высокоскоростная технология DSL

Существуют как симметричная так и асимметричная реализации. симметричный режим работы VDSL систем, предусматривает скорость передачи по одной паре до 10Мбит/с на расстоянии 1,3км. ETSI TS.101 270

Ассиметричный режим позволяет организовывать в сторону пользователя канал со скоростью до 52 Мбит/с, обратный 6,48 Мбит/с на расстояние до 300 метров

Возможна организация каналов на 38,88 Мбит/с 25,92 Мбит/с, 12,96 Мбит/с. Скорости данной технологии являются производными от STM-1.

# FTTX

**FTTX [Fiber-to-the x]** – доведение волоконно-оптических линий до точки x

B [Building], H [Home], O[Office], P[Premises] – волокно к помещению пользователя. Волокно доводится до здания, внутри здания используются витые медные пары с VDSL

C[Carb] – распределительный шкаф

R [Remote] - концентратор

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

13

Тема №13

Фиксированная сеть. Сеть доступа.  
PON

## Характеристики PON

Пассивные оптические сети PON базируются на трех сетевых топологиях FTTH, FTTB, FTTC

FTTH (Fiber to the Home) – волокно до квартиры

FTTB (Fiber to the Building) – волокно до здания

FTTC (Fiber to the Curb) – волокно до квартала или группы домов

Общей характеристикой сетей PON является отсутствие активных компонентов в распределительной сети

Единственный активный компонент это оптический линейный терминал OLT, расположенный в центральном офисе (CO),

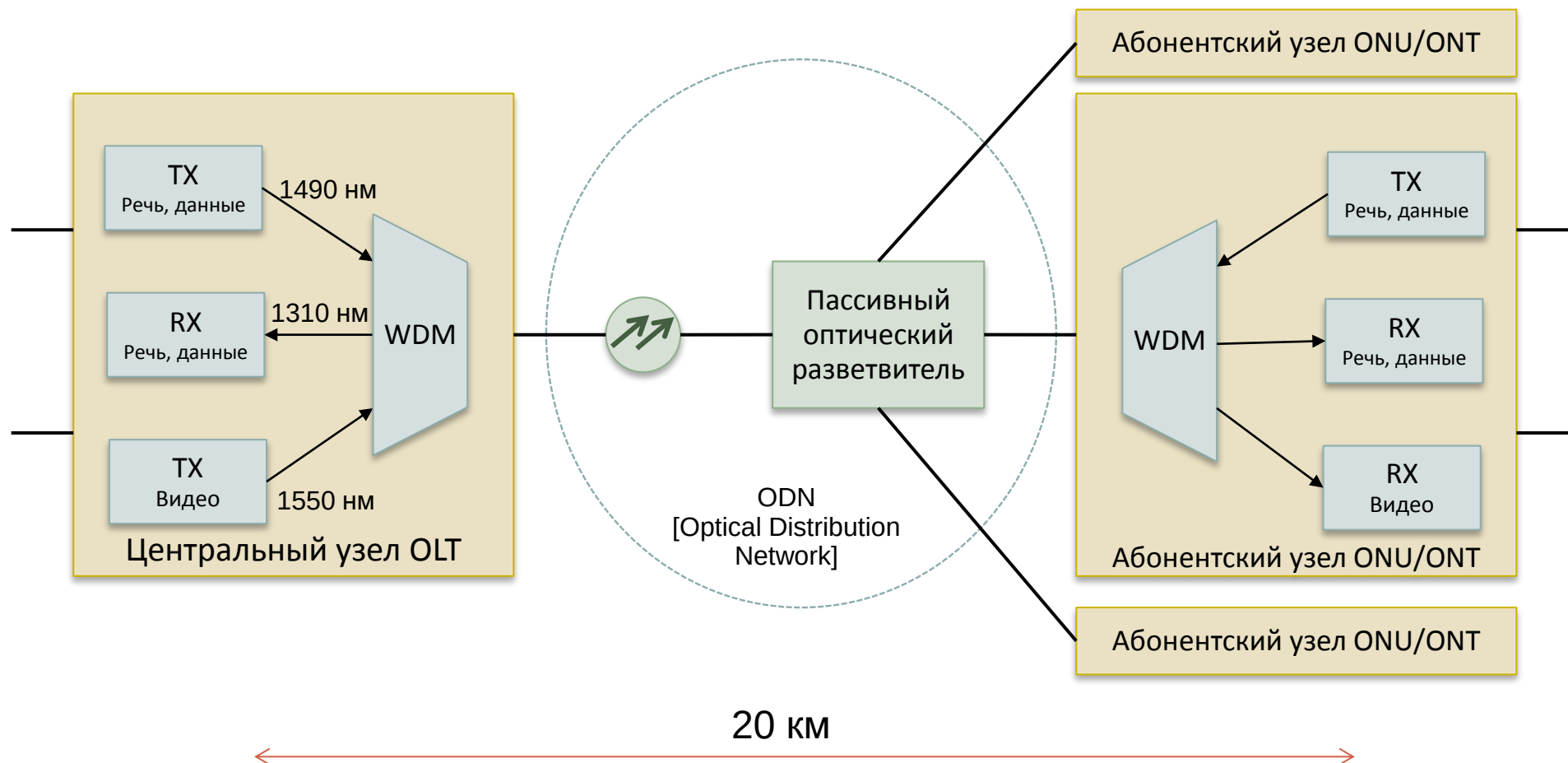
На стороне пользователя устанавливаются оптические абонентские терминалы ONT или оптические сетевые терминалы ONU, которые подключаются через пассивные оптические разветвители сигналов (passive optical splitter)

ONT предназначены для использования отдельным конечным пользователем. Устройства ONU обычно располагаются на цокольных этажах или в подвальных помещениях и используются совместно группой пользователей. Голосовые сервисы, а так- же услуги передачи данных и видео доводятся от ONU или ONT до абонента по кабелям, проложенным в помещении абонента.

# Архитектура PON

Станционная сторона

Абонентская сторона

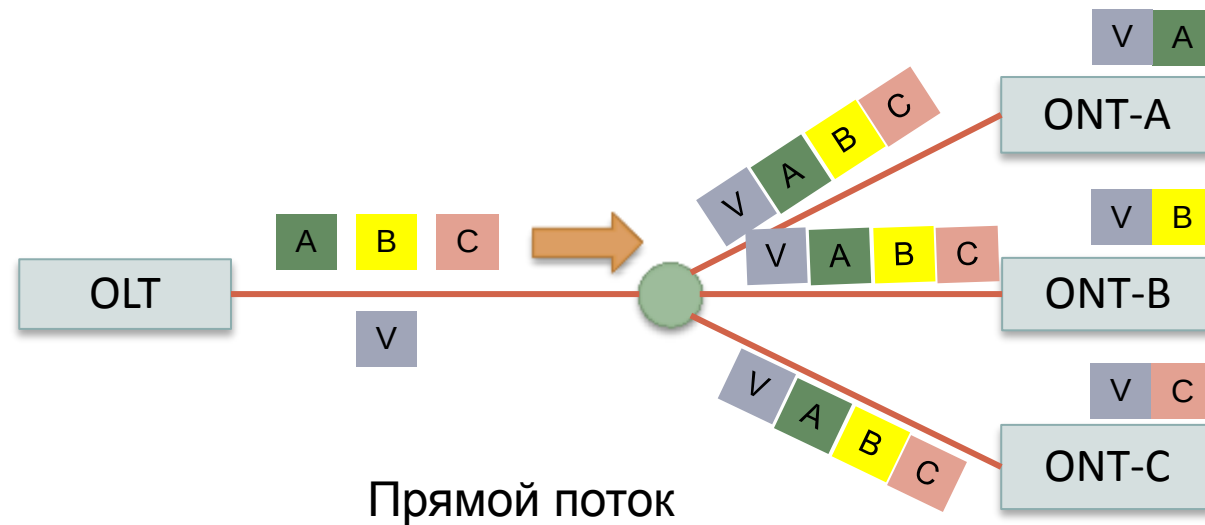


## TDM-PON пассивных оптических сетей, базирующихся на мультиплексировании с временным разделением каналов

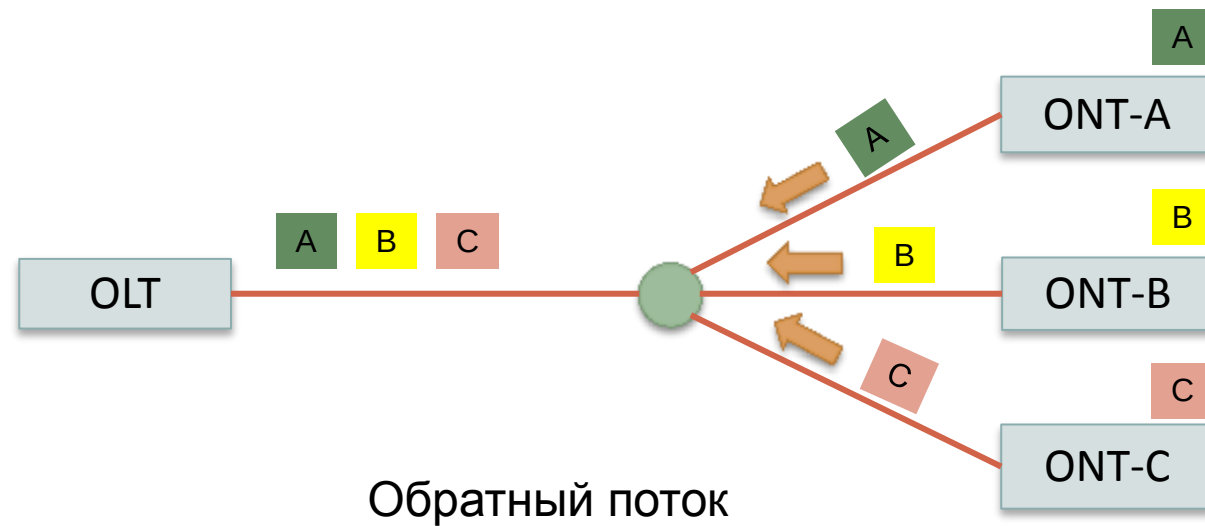
Данные от сети пользователю передаются по принципу рассылки, а в направлении от пользователя в сеть, по принципу множественного доступа, TDMA (Time Division Multiple Access).

Общая полоса пропускания, которая связывает OLT и ONU, разделяется между конечными пользователями. От количества пользователей зависит скорость передачи (не определен верхний предел пользователей). Тем не менее, практическое ограничение на количество конечных пользователей, это максимальная задержка в доступе (access delay). Соответственно, количество конечных пользователей на один разделитель не превышает 64.

# Механизм TDM-PON



На физическом и канальном уровнях широковещательная передача



Все узлы ведут передачу на одной длине волны, для разделения используется временное разделение каналов (TDMA).



## Типы TDM-PON

В зависимости от механизма, используемого для передачи данных по оптическим волокнам, определяется несколько типов системы TDM-PON, остановимся на нескольких подробнее

|                           | EPON                          | BPON                             | GPON                             |
|---------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Стандарт                  | IEEE 802.3ah                  | ITU-T G.983                      | ITU-T G.984                      |
| Протокол                  | Ethernet                      | ATM                              | Ethernet, TDM                    |
| Скорости (Мбит/с)         | 1000, нисходящее и восходящее | 622 нисходящее<br>155 восходящее | 2488 нисходящее, 1244 восходящее |
| Расстояние (км)           | 10                            | 20                               | 20                               |
| Коэффициент распределения | 16 или 32                     | 32                               | 32 или 64                        |

## Недостатки PON

Полоса пропускания делится между всеми пользователями

- падает скорость

- требуется шифрование

Вследствие использования общей передающей среды в пассивных оптических сетях PON каждое оконечное устройство (ONT или OLT) вынуждено работать со скоростью, равной совокупной скорости передачи данных.

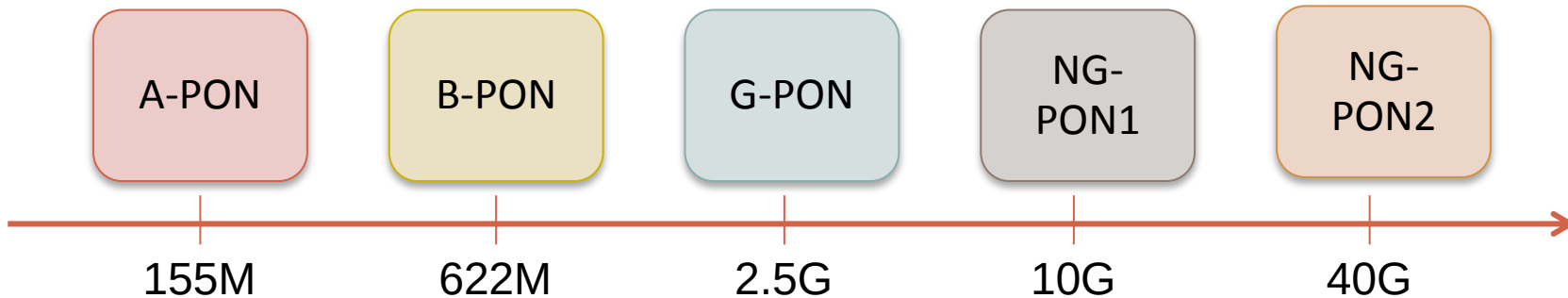
Для данной архитектуры необходима большая мощность лазера, поскольку энергетический потенциал линии связи уменьшается на 3,4 дБ при каждом разветвлении в соотношении 1:2.

Пассивные оптические разветвители не могут передавать информацию о неисправностях в центр управления сетью.

При повреждении точки терминации оптической сети (ONT) она может передавать в древо оптоволоконных линий постоянный световой сигнал, что приводит к нарушению связи для всех абонентов этой пассивной оптической сети, причем найти поврежденное устройство очень сложно.

Оборудование PON необходимо периодически обновлять за счет использования новой технологии, обеспечивающей большую полосу пропускания.

## Следующие поколения PON



### Базовые характеристики NG-PON2 (XLG-PON)

Поток вниз 40G

Поток вверх 10G

4 канала в каждом направлении

Совместим с G-PON, NG-PON1

Дальность 20км

Коэффициент распределения 1:64

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

14

Тема №14

Фиксированная сеть.  
Сеть в помещении пользователя

# Стационарный телефонный аппарат



Bell System 500

Телефонный аппарат – это аналоговый приемопередатчик предназначенный для преобразования акустических сигналов в электрические.

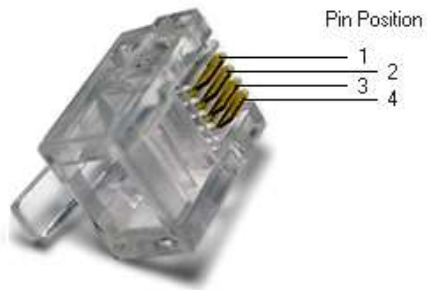
Со временем телефонные аппараты становятся сложными приборами, позволяющими подключать несколько линий, осуществлять запись разговора, определять номер вызывающего абонента, автоматически отвечать на вызов, работать в режиме громкой связи и прочее.

Характерным примером телефонного аппарата с дисковым номеронабирателем является Bell System 500, производства Western Electric Company (1951г ). Позже эта же компания выпустила модель Bell System 2500 с кнопочным (тастатурным) номеронабирателем.



Bell System 2500

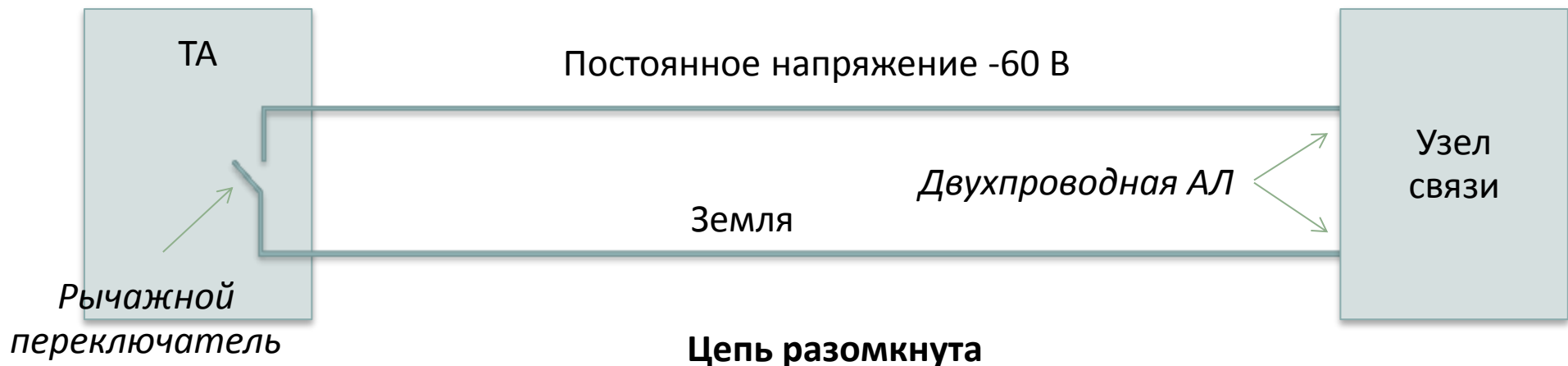
# Способ подключения к телефонной станции



RG-11

Абонентская линия подключается к телефонному аппарату с помощью пластикового соединителя RG-11 (Registered Jacks). RG - это серия соединителей зарегистрированных Федеральной комиссией по связи США (FCC). RG-11 позволяет подключить до 6 проводов, хотя для работы телефонного аппарата достаточно двух.

Питание телефонного аппарата осуществляется от узла связи, подающего в линию постоянное напряжение -60В, такое напряжение было выбрано чтобы минимизировать электролитическую коррозию в проводах и в тоже время обеспечить питанием абонентские линии большой длины (в Европе и Америке питание -48В)



# Процесс обслуживания внутристанционного вызова.

1. Вызывающий абонент снимает трубку. Замыкается шлейф. Узел связи обнаруживает постоянный электрический ток в абонентской линии и интерпретирует его как сигнал «Занятие».
2. Коммутационная система посылает пользователю тональный сигнал «Ответ станции», подтверждающий что система готова к обслуживанию вызова.
3. Вызывающий абонент набирает номер телефона вызываемого абонента используя либо импульсный либо частотный набор.
4. Получив первую набранную цифру система коммутации прекращает передачу абоненту сигнала «Ответ станции»
5. Узел связи анализирует полученную номерную информацию и определяет исходящее направление. В случае внутристанционного вызова выявляет исходящую абонентскую линию и осуществляет проверку ее на наличие постоянного тока одновременно с этим устанавливая соединение (процесс коммутации) между двумя абонентскими линиями.
6. Если вызываемый абонент свободен (трубка находится на рычаге телефонного аппарата, шлейф разомкнут), то система коммутации посылает ему вызывной сигнал «Посылка вызова», а вызываемому тональный сигнал «Контроль посылки вызова».
7. Вызываемый абонент отвечает на звонок снимая трубку с рычага аппарата и тем самым замыкая шлейф.
8. Коммутатор определяет ответ по наличию постоянного тока в цепи. Прекращает подачу вызывного и тонального сигналов и проключает разговорный тракт между абонентами.
9. После окончания разговора один из абонентов кладет трубку на рычаг телефонного аппарата, тем самым разрывая шлейф.
10. Узел связи обнаруживает разомкнутую цепь, разрушает коммутационное соединение и посылает второму абоненту тональный сигнал «Занято».
11. Пользователь кладет трубку, шлейф размыкается, система переходит в исходное состояние

# Телефонный аппарат с дисковым номеронабирателем



Дисковый номеронабиратель используется для импульсного (декадного) набора номера. Абонент набирает цифры вращая диск номеронабирателя, который возвращаясь в исходное положение передает в линию последовательность импульсов. Эти импульсы получаются в результате замыкания и размыкания шлейфа. Количество замыканий/размыканий соответствует цифре номера. За одну секунду передается 10 последовательностей замыканий/размыканий. Одна цифра отделяется от другой паузой 750мс, которая получила название межсерийный интервал.

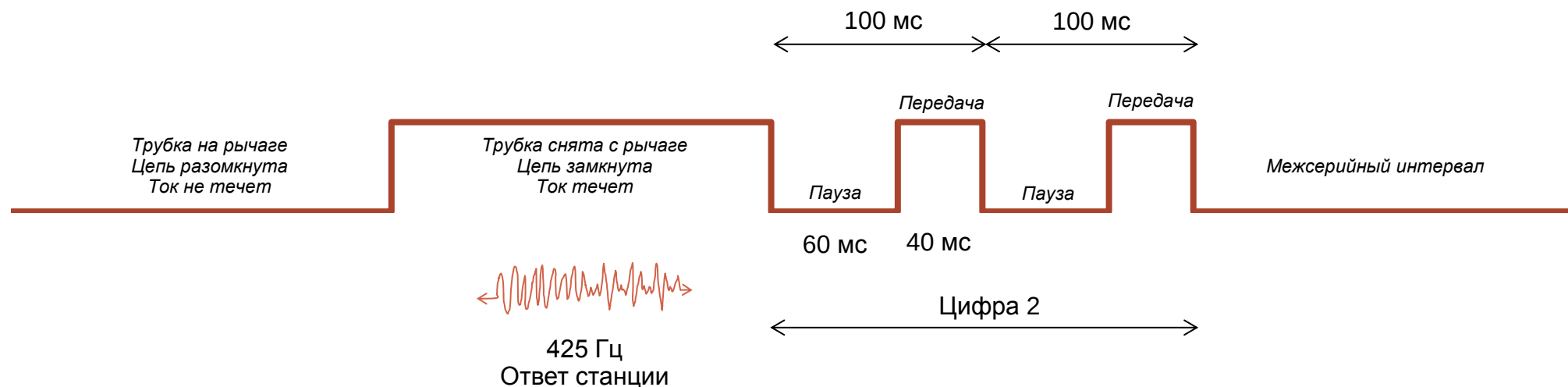


Диаграмма передачи импульсов набора номера



# Телефонный аппарат с тастатурным номеронабирателем



Столбцы. Частоты верхней группы

1209 1336 1477 1633 Гц

Строки.  
Частоты  
нижней  
группы.

|     |                  |                 |                  |          |
|-----|------------------|-----------------|------------------|----------|
| 647 | <b>1</b>         | <b>2</b><br>ABC | <b>3</b><br>DEF  | <b>A</b> |
| 770 | <b>4</b><br>GHI  | <b>5</b><br>JKL | <b>6</b><br>MNO  | <b>B</b> |
| 852 | <b>7</b><br>PQRS | <b>8</b><br>TUV | <b>9</b><br>WXYZ | <b>C</b> |
| 941 | <b>*</b>         | <b>0</b><br>+   | <b>#</b>         | <b>D</b> |

Тастатурный номеронабиратель предназначен для передачи номерной информации двухтональным многочастотным кодом DTMF (Dual-Tone MultiFrequency). DTMF работает кодом «2 из 8». Каждой цифре номера соответствует две частоты, одна из верхней группы, вторая из нижней. Частоты выбирались таким образом, чтобы не быть кратными друг другу, это позволяет исключить вероятность того что гармоника одной частоты будет ошибочно воспринята как другая частота. Не следует путать код DTMF с кодом «2 из 6» который используется также для передачи номерной информации, но используется только на межстанционном участке.

Основное достоинства DTMF это скорость установления соединения. Набор всех цифр занимает одинаковое время – 60мс.

Однако наиболее важным преимуществом является возможность трансляции сигналов из конца в конец, без обработки их на транзитных узлах.

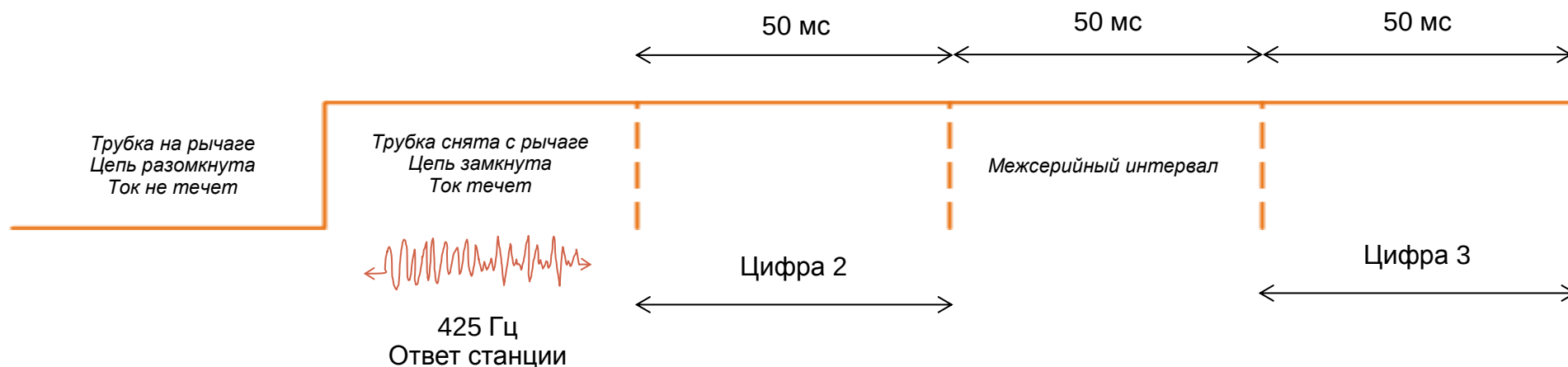
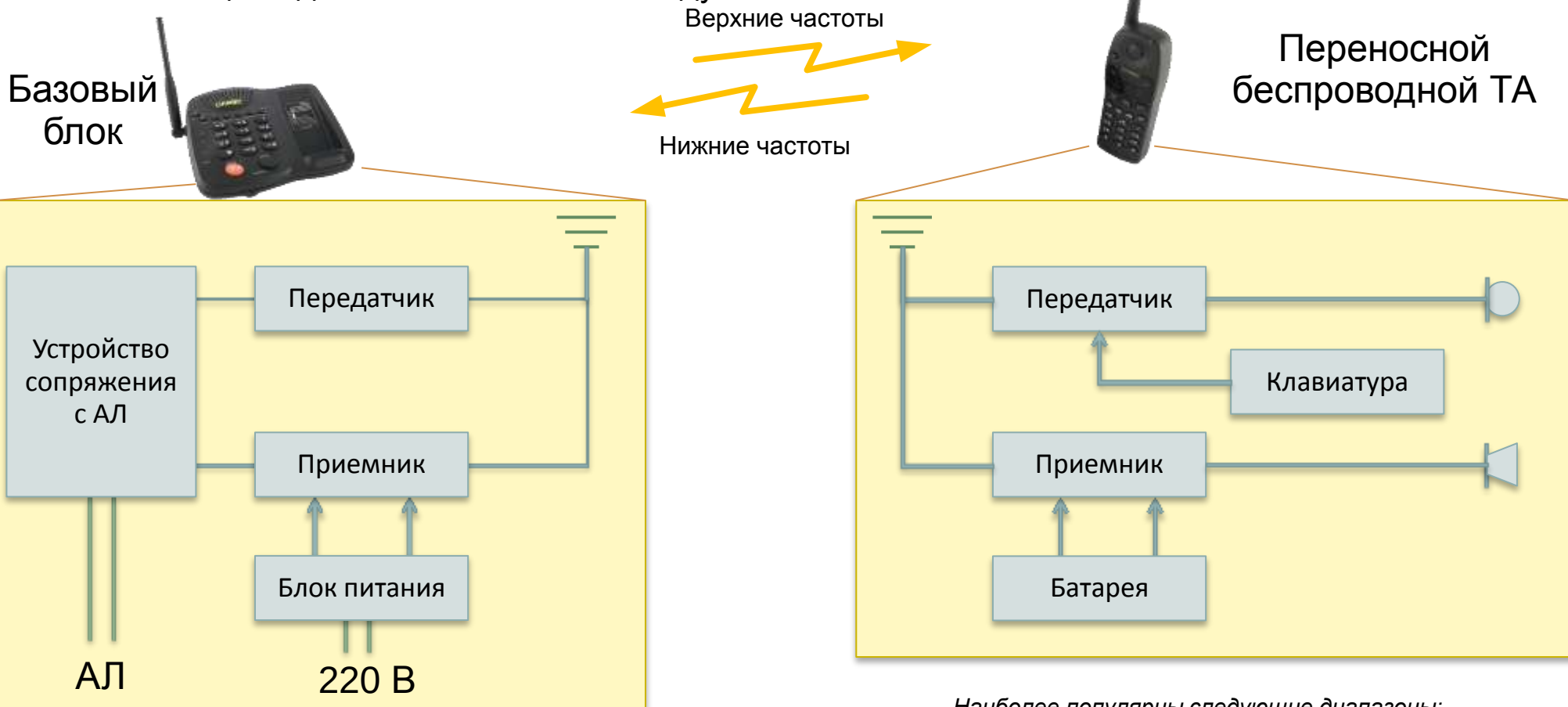


Диаграмма передачи частотного набора номера

# Беспроводный телефонный аппарат

Беспроводный телефон – это дуплексный переносной радиоприемопередатчик, работающий совместно со стационарным приемопередатчиком (базовой станцией) подключенной к абонентской линии. Базовая станция выполняет практически те же функции что и стационарный аппарат. Для обеспечения дуплексного режима между переносным телефоном (cordless) и базовой станцией должен быть обеспечен дуплексный канал.



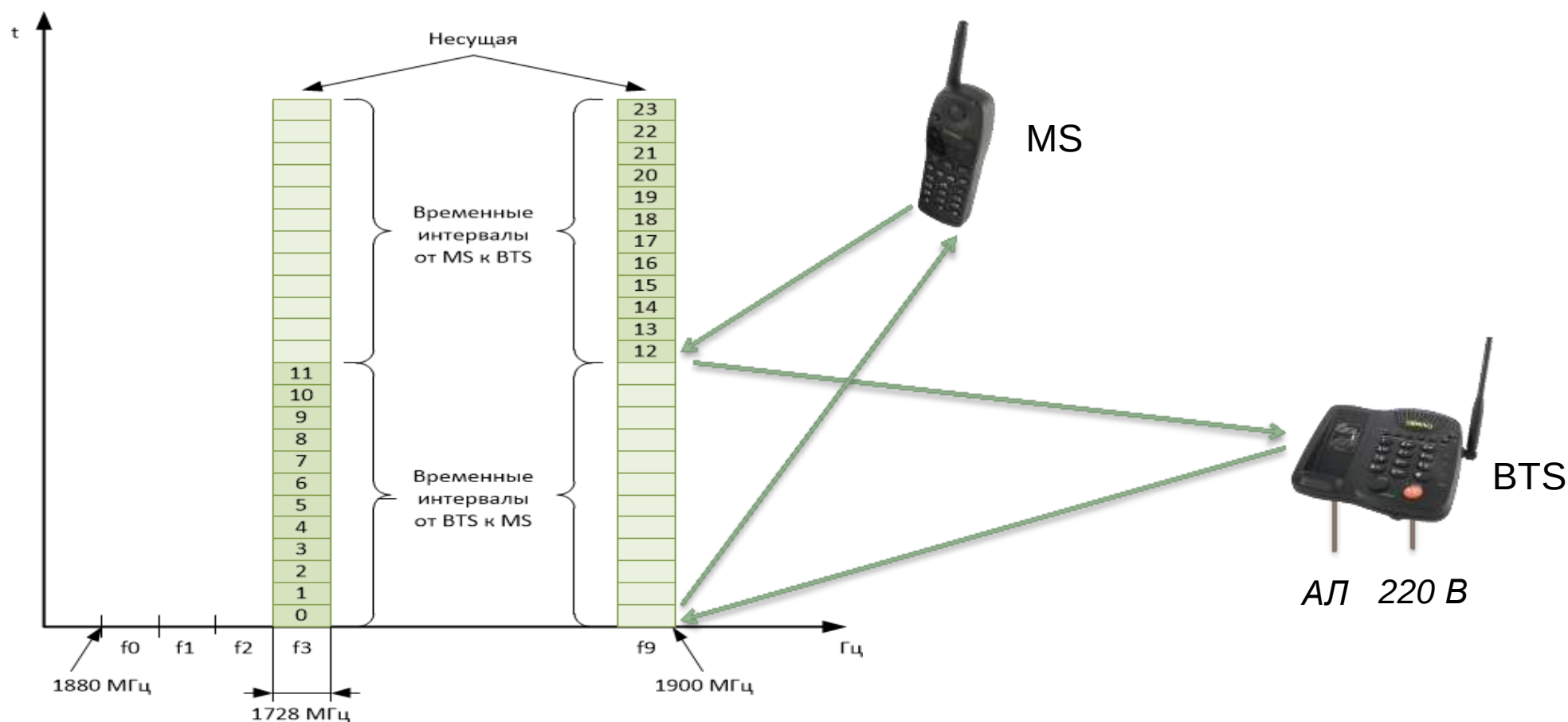
Беспроводный телефон

Наиболее популярны следующие диапазоны:  
46-49 МГц (помехи видеонянь и раций)  
900 МГц (помехи бытовой техники)  
2,4 ГГц (помехи микроволновых печей и wlan 802.11b)  
5,8 ГГц

# Беспроводный телефонный стандарта DECT

DECT (Digital Europe Cordless Telecommunications) система с временным разделением каналов и временным дуплексом. Информация передается в виде пакетов объединенных в кадры. Каждый кадр разделен на 24 временных интервала, 12 на передачу и 12 на прием. Дуплексный канал это пара таких интервалов. В отличие от сотовых сетей в DECT передачу и прием ведут на одной частоте, другим существенным отличием является распределение и назначение частот, которое происходит под управлением терминального оборудования (MS) отвечающего за оценку помех и выбор радиоканала. Задачи базовой станции (BTS) это предоставление радиоресурса и организация взаимодействия с сетью связи. DECT работает в частотном диапазоне 1880-1900 МГц. На передачу и прием выделено 10 частотных каналов с шагом 1728 КГц, что позволяет организовать 120 каналов. То, если в BTS один приемо-передатчик, то одновременная связь возможна по 12 каналам. При подключении к сети терминал опрашивает все каналы и выбирает наилучший по критерию минимума помех.

## Частотный диапазон DECT



# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей

15

Тема №15  
Фиксированная сеть.  
Услуги

# Традиционные услуги POTS

POTS [Plain Old Telephone Service]

## Переадресации

- Передача входящего вызова к другому окончному абонентскому устройству (переадресация).
- Передача вызова в случае занятости абонента.
- Передача входящего вызова оператору.
- Передача входящего вызова на автоинформатор.

## Упрощенный вызов

- Повторный вызов без набора номера.
- Соединение с абонентом по предварительному заказу.
- Сокращенный набор абонентских номеров.
- Соединение без набора номера (прямой вызов).
- Вызов абонента по заказу (автоматическая побудка).

## Запреты

- Ввод (замена) или отмена личного кода - пароля.
- Запрет некоторых видов исходящей связи.
- Исходящая связь по паролю.
- Запрет исходящей и входящей связи, кроме связи с экстренными службами.
- Временный запрет входящей связи.

## Конференция

- Передача соединения другому абоненту.
- Наведение справки во время разговора
- Конференц-связь трех абонентов.
- Конференц-связь с последовательным сбором участников.
- Конференц-связь по списку.
- Уведомление о поступлении нового вызова.
- Установка на ожидание освобождения вызываемого абонента

Подключение к занятому абоненту с предупреждением о вмешательстве.

Определение номера вызывающего абонента (улавливание злонамеренного вызова) на АТС.

Отмена всех услуг.

# Услуги ISDN

мультиплексированный номер абонента (MSN); предоставляет возможность присвоения нескольких номеров одному доступу. *Это позволяет вызывать через сеть общего пользования один или несколько конкретных терминалов из подключенных к доступу, а также идентифицировать конкретный терминал для сети с целью применения других дополнительных услуг.*

портативность терминала (TP); предоставляет возможность переключить свой терминал из одной розетки в другую в пределах одного данного базового доступа ЦСИО в течение сеанса связи

- ☐ прямой набор (DDI);
- ☐ предоставление идентификации вызывающей линии (CLIP);
- ☐ запрет идентификации вызывающей линии (CLIR);
- ☐ предоставление идентификации подключенной линии (COLP);
- ☐ запрет идентификации подключенной линии (COLR);
- ☐ вызов с ожиданием (CW);
- ☐ подадресация (SUB);
- ☐ идентификация злонамеренного вызова (MCID);
- ☐ замкнутая группа пользователей (CUG);
- ☐ удержание вызова (HOLD);
- ☐ встречная конференц-связь (MMC)
- ☐ извещение о стоимости (AOC);
- ☐ конференц-связь с расширением (CONF);
- ☐ трехсторонняя связь (ЗРТУ)
- ☐ переадресация при занятости (CFB);
- ☐ безусловная переадресация (CFU);
- ☐ переадресация при неответе (CFNR);
- ☐ отклонение вызова (CD);
- ☐ сигнализация "пользователь-пользователь" (UUS);
- ☐ завершение вызовов к занятым абонентам (CCBS);
- ☐ бесплатный вызов (FPH)

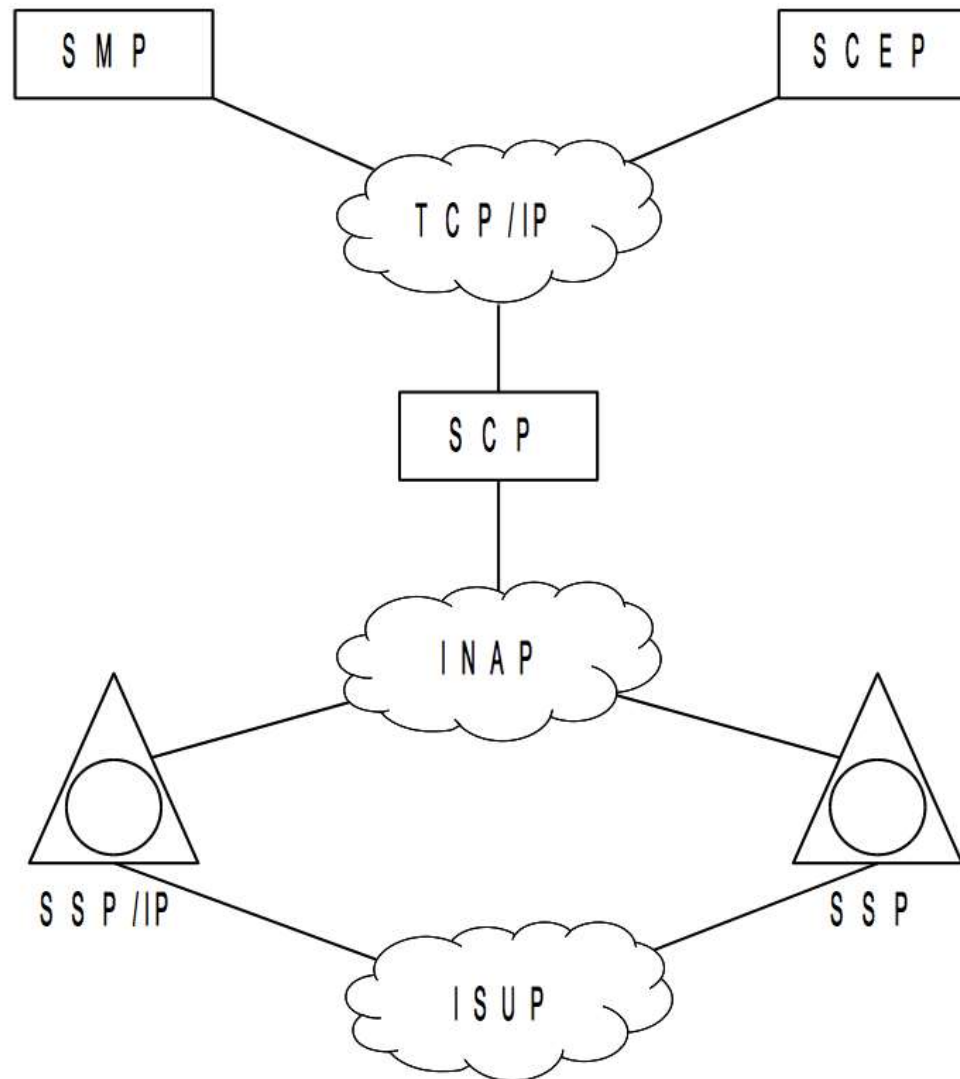
## Переход к интеллектуальным услугам

Традиционные услуги и услуги ISDN достаточно похожи, но и те и другие не востребованы подавляющим большинством пользователей. Преимуществом ISDN является попытка распространения услуг с уровня одной станции до уровня сети.

Дальнейшее развитие получили интеллектуальные услуги, ориентированные на работу с единой базой данных.

Со временем сетевая база данных перестала быть просто средством хранения данных, ее функции стали заключаться не только в ответах на запросы от АТС но и в передаче АТС команд указывающих как обслужить вызов

# Интеллектуальные сети



Узел коммутации услуг SSP (Service switching point)

Интеллектуальная периферия IP (Intelligent peripheral)

Узел управления услугами SCP (Service control point)

Система эксплуатационного управления и среда создания услуг SMP/SCEP (Service management point/Service creation environment point)



# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей



ВОПРОСЫ  
ЧАСТЬ I. ТЕЛЕФОНИЯ

1. Исторические аспекты развития инфокоммуникаций. Звук, свет, электричество. Телеграф, телефон, коммутатор
2. Аналоговые системы коммутации, сигнализация.
3. Акустические сигналы применяемые на абонентском и межстанционном участке.
4. Регистровая сигнализация кодом «2 из 6»
5. Базовый вызов на примере 2ВСК.
6. Уровни ТфОП.
7. Топология сети, нумерация, классы оборудования
8. Цифровые системы коммутации, формальная модель сетевых объектов. Сеть ОКС№7
9. Модель OSI vs ОКС7.
10. ОКС№7. Форматы сигнальных единиц.
11. Базовый вызов ISUP.
12. Симметричные линии связи, коаксиальный кабель.
13. Цифровые системы передачи PDH
14. Синхронная цифровая иерархия SDH.
15. Волоконно-оптические линии связи.
16. WDM - технология уплотнения ВОЛС.
17. Модель сети абонентского доступа.
18. Цифровые линии ISDN, реперные точки.
19. Базовый вызов DSS – ISUP.
20. Расширение полосы пропускания за счет использования технологии xDSL.
21. Пассивные оптические сети.
22. Сеть в помещении пользователя.
23. Аналоговые и цифровые терминалы. Сигнализация.
24. Средства поддержки традиционных услуг.
25. Интеллектуальные услуги.

# Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.  
ЧАСТЬ I. ТЕЛЕФОНИЯ

- **Системы коммутации (2-е издание)**//Гольдштейн Б.С.//СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 2004.-314с.
- **Основы автоматической коммутации: Учебник для вузов**//Аваков Р. А., Шилов О. С., Исаев В. И.//М.: Радио и связь, 1981. - 288 с., ил.
- **Устройства, системы и сети коммутации.**//Берлин А.Н.//СПб: ЗАО «ПЕТЕРКОН». - 2003.- 384с.
- **Сигнализация в сетях связи**//Гольдштейн Б. С.//М.: Радио и связь,1997. — 423 с: ил. ISBN 5-256-01381-5
- **Протоколы сети доступа. Том 2**// Гольдштейн Б.С.// М.: Радио и связь, 1999,-317с.
- **Сети связи. Учебник для ВУЗов**//Гольдштейн Б. С., Соколов Н. А., Яновский Г.Г.//СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2011. – 400 с.ISBN 978-5-9775-0474-4
- **Расчет и проектирование систем коммутации TDM- сетей. Курсовое проектирование. Учебное пособие**// Ю.В. Вошило, Б.С. Гольдштейн, В.И. Данилов, В.И. Исаев// СПбГУТ . СПб , 2011 – 89с.
- **Цифровые сети интегрального обслуживания. Методические указания** // Данилов В.И., Фань Г.Л.// Л., ЛЭИС. 1989.
- **ISDN просто и доступно. Второе издание**// Э. Титтель, С. Джеймс, Д. Пискителло, Л. Пфайфер// Издательство «ЛОРИ», 1999 – 282с.
- **Протокол ISUP стека OKC7: учебное пособие**// Гольдштейн Б.С., Гойхман В.Ю., Политова Ю.В.// ГОУВПО СПбГУТ. СПб, 2010 – 82с.
- **Интеллектуальные сети**//Кучерявый А.Е.
- **Интеллектуальные сети**//Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д.//М.: Радио и связь, 2005 – 502 с. ISBN 5-256-01547-8