

Информационные технологии

(кафедра)

Компьютерные сети

(дисциплина)

# ТЕМА ЛЕКЦИИ: Линии и каналы связи. Модель OSI.

Лекция № 4

2 академических часа

Косников Вячеслав Алексеевич

(ФИО преподавателя)

kosnikov50@mail.ru

(  
Электронная почта преподавателя )

# ПЛАН ЛЕКЦИИ

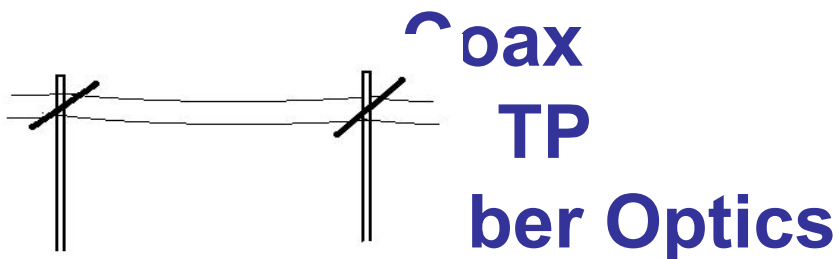
1. Рассмотреть особенности существующих линий и каналов связи;
2. Рассмотреть эталонную модель взаимодействия открытых систем (OSI).  
Распределить рассмотренный ранее материал по уровням эталонной модели.

# Типы линий связи

## Проводные (направляемые)

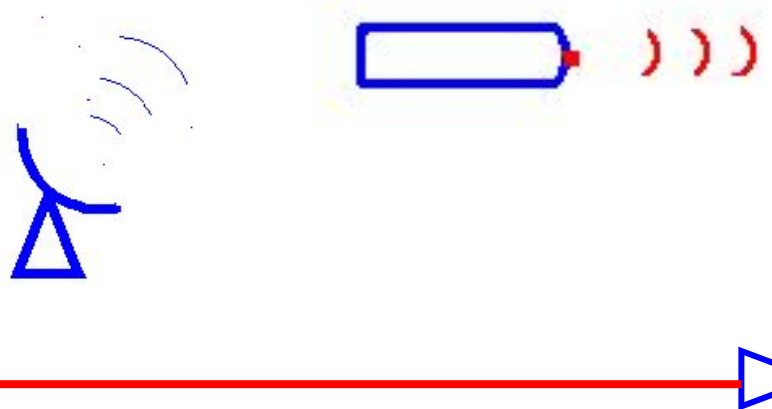
Проводные воздушные

Кабельные



## Беспроводные (ненаправляемые)

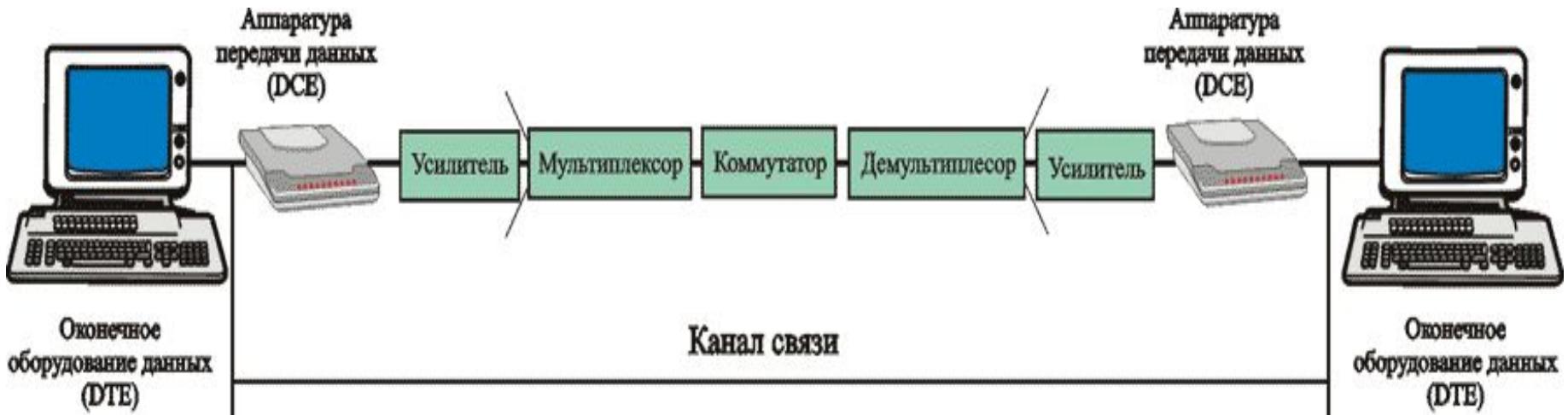
- Радиоизлучение
  - Микроволны (СВЧ)
  - Инфракрасное излучение
  - Лазерный луч
- в воздухе



# Аппаратура линий связи

## Линия связи:

- Физическая среда передачи
- АПД (DCE Data Circuit terminating Equipment)
- Промежуточная аппаратура



Аналоговые линии      протокол Рhy не определен

Цифровые линии      протокол Рhy определен

Многоканальные линии связи

# Аппаратура передачи данных

- Преобразователь “Сообщение - Эл. сигнал”
- Кодер (сжатие, корректирующие коды)
- Модулятор

## Промежуточная аппаратура

- Улучшение качества связи - (Усилитель)
- Создание составного канала – (Коммутатор)
- Уплотнение канала – (Мультиплексор)

# Основные характеристики линий связи

Пропускная способность	(Протокол)
Достоверность передачи данных	(Протокол)
Задержка распространения	

- ◆ Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)
- ◆ Полоса пропускания
- ◆ Затухание
- ◆ Помехоустойчивость
- ◆ Перекрестные наводки на ближнем конце линии
- ◆ Удельная стоимость

# Стандартные типы кабелей ЛВС

**Unshielded Twisted Pair UTP медь**

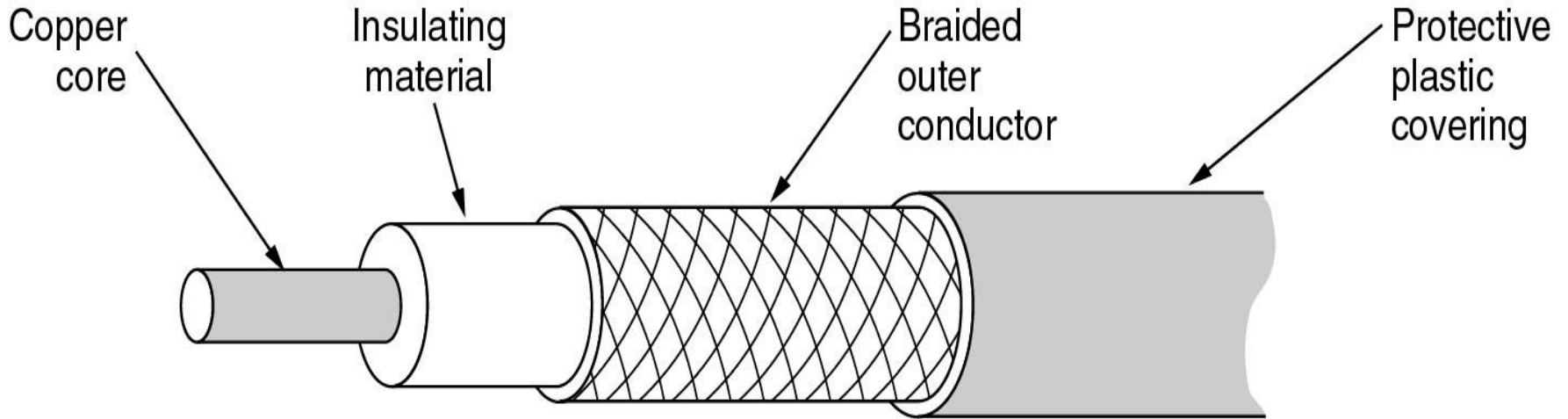
**Shielded Twisted Pair STP медь**

**Coaxial cable Coax медь**

**Fiber-Optic cable Fiber волокно**

# Coaxial Cable

**(50 ом 75 ом)**



**“Толстый “ D=12 мм, d=2,17мм RG-8, RG-11**

**“Тонкий “ D=5мм, d=0,7мм RG-58/U, RG-58A/U**

**Ethernet 10 base 5, Ethernet 10 base 2, ArcNet, CTV –RG-59**



# Twisted Pair



(a)



(b)

UTP – 7 категорий, все 4-парные

(a) Category 3 UTP.

(b) Category 5 UTP.

# Витая пара Twisted Pair (TP)

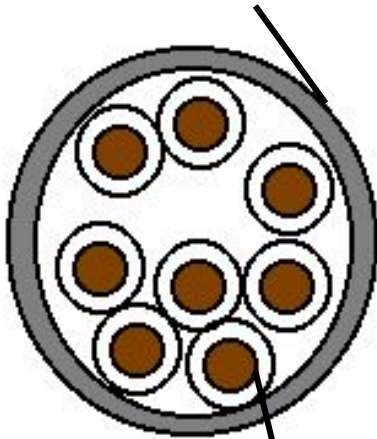
## UTP

### Unshielded Twisted Pair

категории 1,2.3.4.5.6. ...7

UTP кат 3-5 - 4 пары в оболочке

внешняя оболочка



провод в изоляции

Каждая пара - свой шаг скрутки, свой цвет

## STP

### Shielded Twisted Pair

Типы Type 1...9

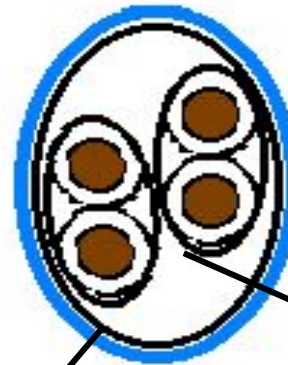
У каждой пары свой экран

Помехозащищенность

Стоимость

Сложность прокладки

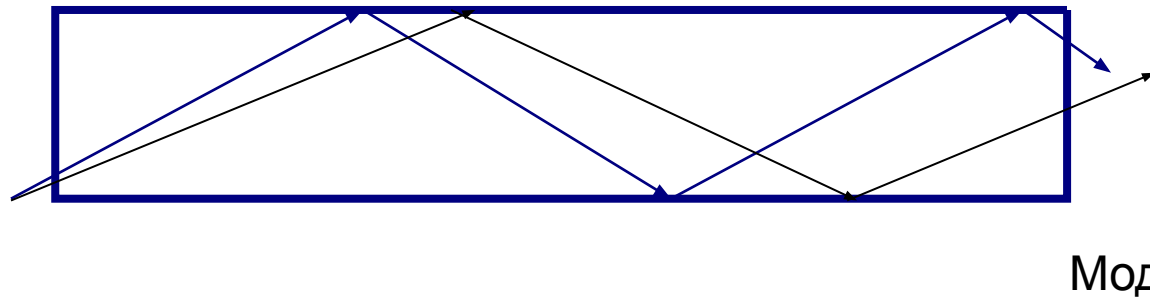
экран из фольги



плетеный проволочный экран

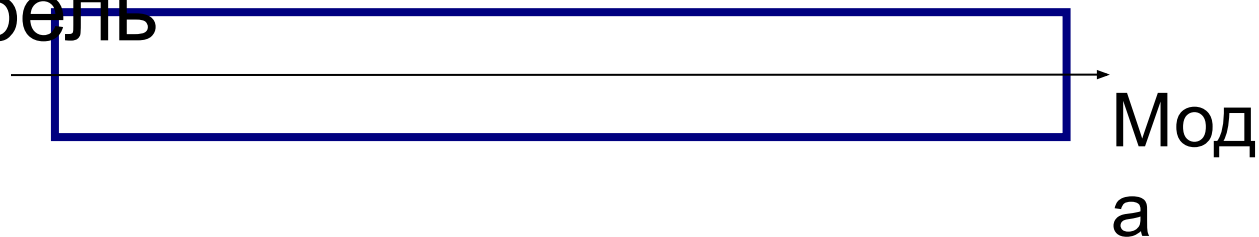
# Типы волоконно-оптических кабелей

Многомодовый кабель



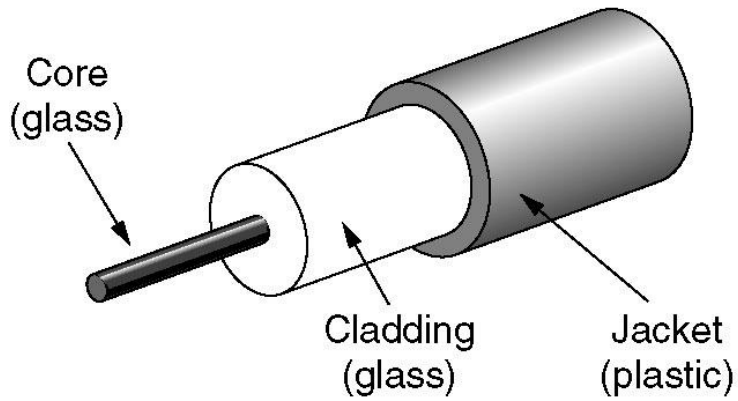
MMF

Одномодовый кабель

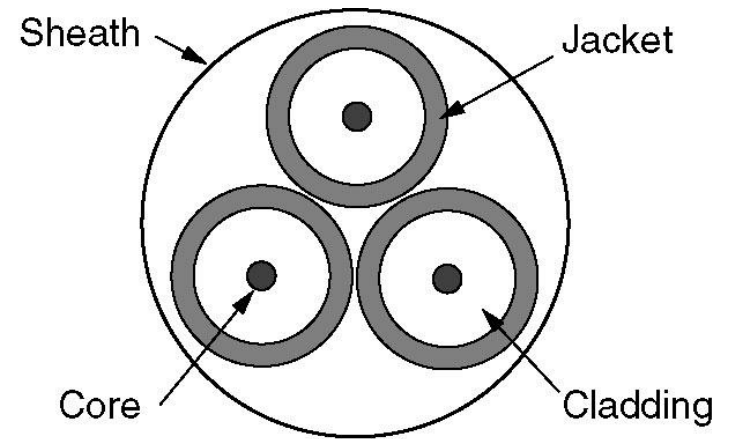


SMF

# Конструкция ВОК



(a)



(b)

# Волоконно-оптический кабель

Multi Mode Fiber      MMF      50/125, 62,5/125,  
Single Mode Fiber      SMF      8/125, 9,5/125

D = 250 мкм

1 ГГц – 100 км - 1000BaseLH 5000км - 1 Гбит/с (2005 г)

MM

SM

	MM	SM	
Полоса пропускания		800МГц/км	>100ГГц/км
Стоимость		низкая	высокая
Технология монтажа		несложная	сложная

# Источники оптического сигнала

Канал: источник - носитель - приемник (детектор)

## Источники

- **Светодиод** (LED- Light Emitting Diode) - 850 нм  
некогерентный источник - MMF
- **Полупроводниковый лазер** когерентный  
источник - SMF - Мощность =  $f \cdot t^0$

## Детекторы

Фотодиоды, pin-диоды, лавинные диоды

# Светодиоды и лазеры

Характеристика	Светодиод	П/ лазер
Скорость передачи		Высокая
Мода	Низкая MM	SM
Расстояние	Короткое	Длинное
Срок службы	Длинный	Короткий
Чувствительность к $t^{\circ}$	Малая	Высокая
Длина волны	850	1300, 1550
Стоимость	нм Низкая	нм Высокая

# Структурированные кабельные системы - СКС

## Structured Cabling System - SCS

Первые ЛВС – различные кабели и топологии

Унификация кабельной системы

СКС – открытая кабельная инфраструктура  
ЛВС

(подсистемы, компоненты, интерфейсы)

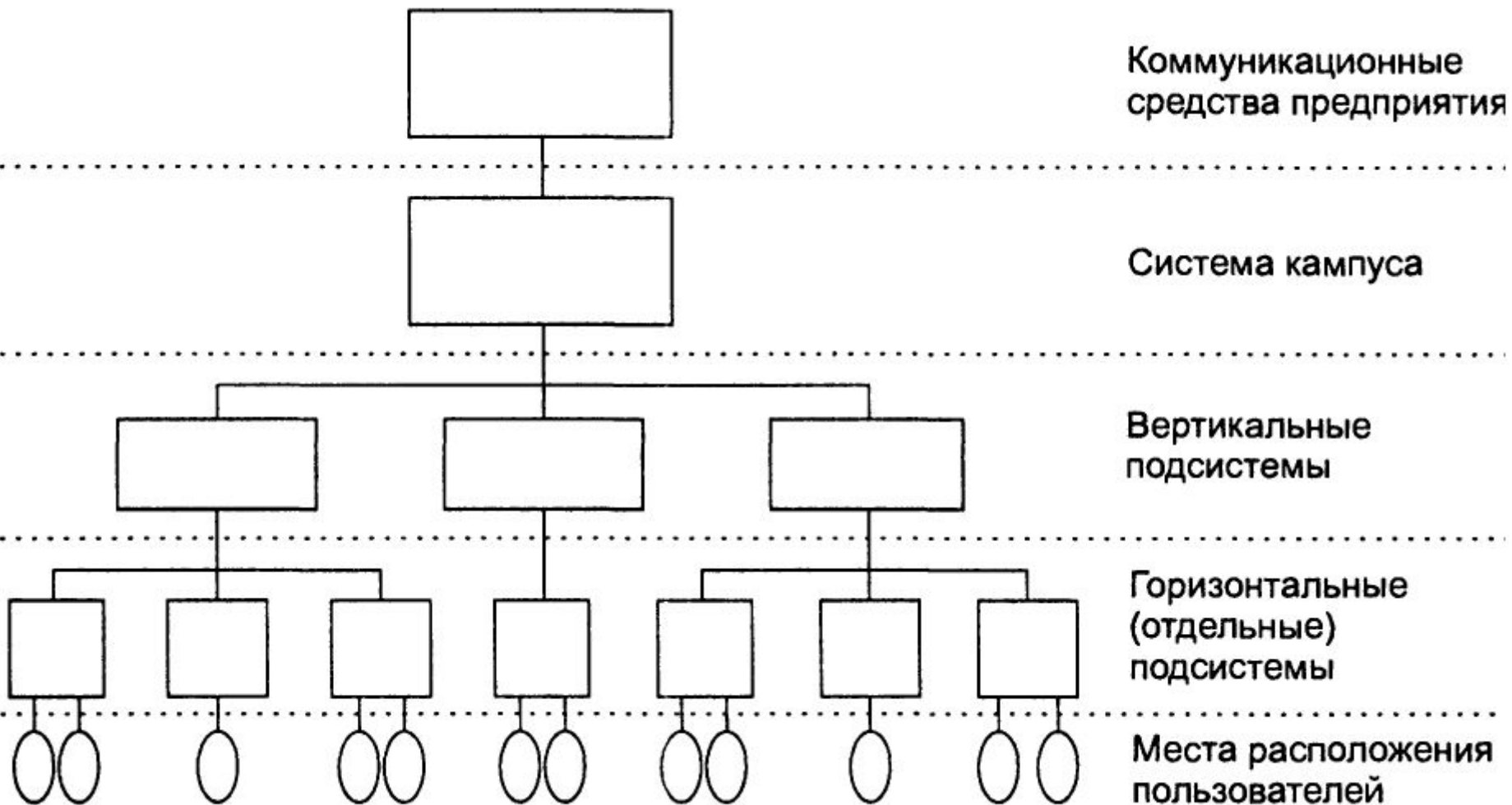
- независимость от сетевой технологии

- кабели ЛВС, TV, системы охраны и т.п.

- универсальная кабельная проводка без  
привязки к конкретной сетевой технологии<sup>16</sup>



# Иерархия СКС



# Стандарты СКС (основные)

- EIA/TIA-568A Commercial Building Telecommunications Wiring Standard (США)
- CENELEC EN50173 Performance Requirements of Generic Cabling Schemes (Европа)
- ISO/IEC IS 11801 Information Technology - Generic cabling for customer premises cabling

Для каждой подсистемы:

- Среда передачи данных.
- Топология Допустимые расстояния (длина кабелей)
- Интерфейс подключения пользователей.
- Кабели и соединительная аппаратура.
- Пропускная способность (Performance).
- Практика установки

(Горизонтальная подсистема – UTP, звезда, 100 м . . . )

# Беспроводная связь

## Wireless Transmission

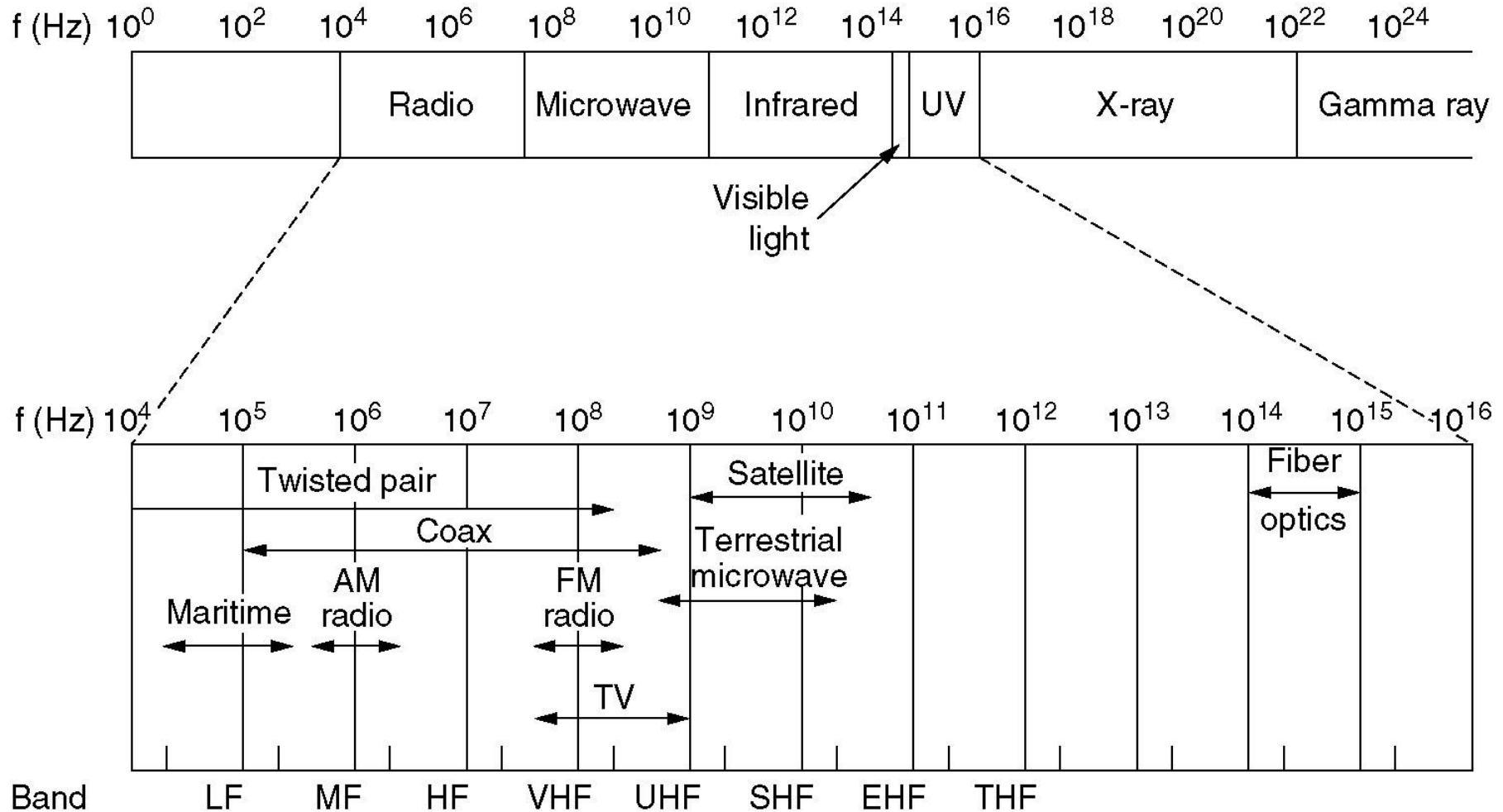
- Достоинства: удобство, недоступные районы, мобильность. быстрое развертывание...
- Недостатки: высокий уровень помех (специальные средства: коды, модуляция...), сложность использования некоторых диапазонов

Линия связи: передатчик - среда – приемник

# Wireless Transmission

- Радиодиапазон
- Микроволновый диапазон
- ИК- диапазон
- Диапазон видимого света

# Спектр электромагнитных ВОЛН



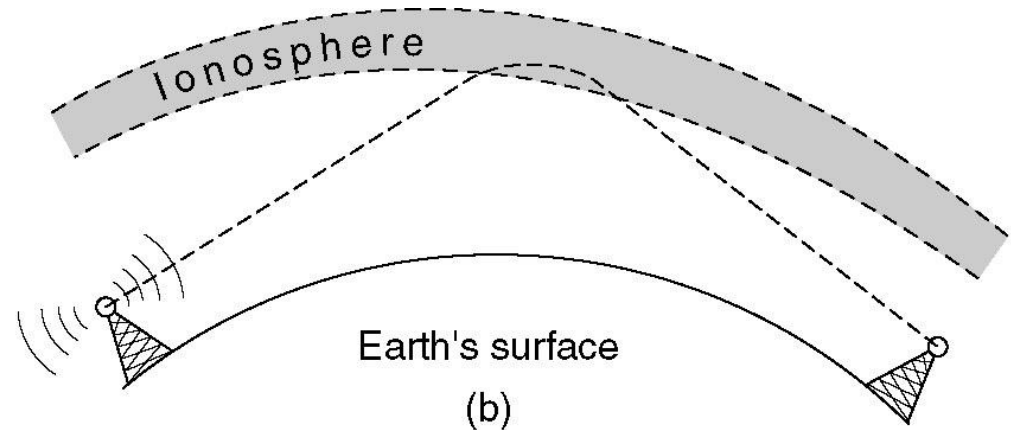
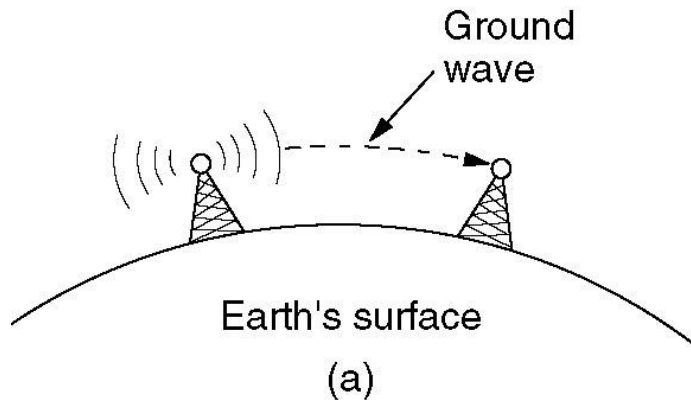
# Диапазоны электромагнитного спектра

# Распространение электромагнитных волн

- $f_n \uparrow \sim$  Проникновение (препятствие)  $\downarrow$
- $P \sim P_0 / (L^2 \times f^2)$
- Отражение, рассеивание, дифракция ...
- Лицензирование
- Без лицензии (900Мгц, 2,4Ггц, 5Ггц  
 $P < 1\text{Вт}$ )

ISM – диапазоны (Industrial, Scientific, Medical)

# Radio Transmission



(a)  $F < 2\text{ МГц}$  (VLF, LF, MF) - волны вдоль поверхности земли ( $< 1000\text{ км}$ )

(b)  $2 < F < 30\text{ МГц}$  (HF) – отражение от ионосферы

$F > 30\text{ МГц}$  – прямая видимость



# Беспроводная телефонная СВЯЗЬ

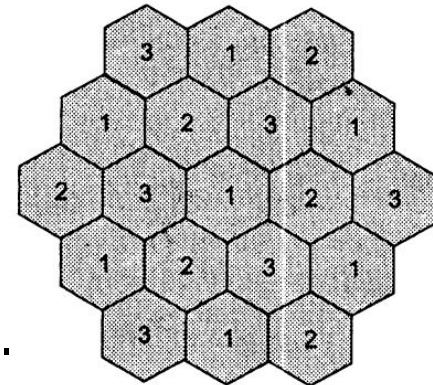
**1. Маломощная радиостанция** – (трубка-база, 300м)

DECT Digital European Cordless Telecommunication

Роуминг - переключение с одной базовой сети на другую - основа сотовой связи

## 2. Сотовая телефония

- Разбиение территории на соты
- Повторное использование частот
- Малая мощность (габариты)
- В центре – базовая станция



Европа – Global System for Mobile .

# Спутниковая связь

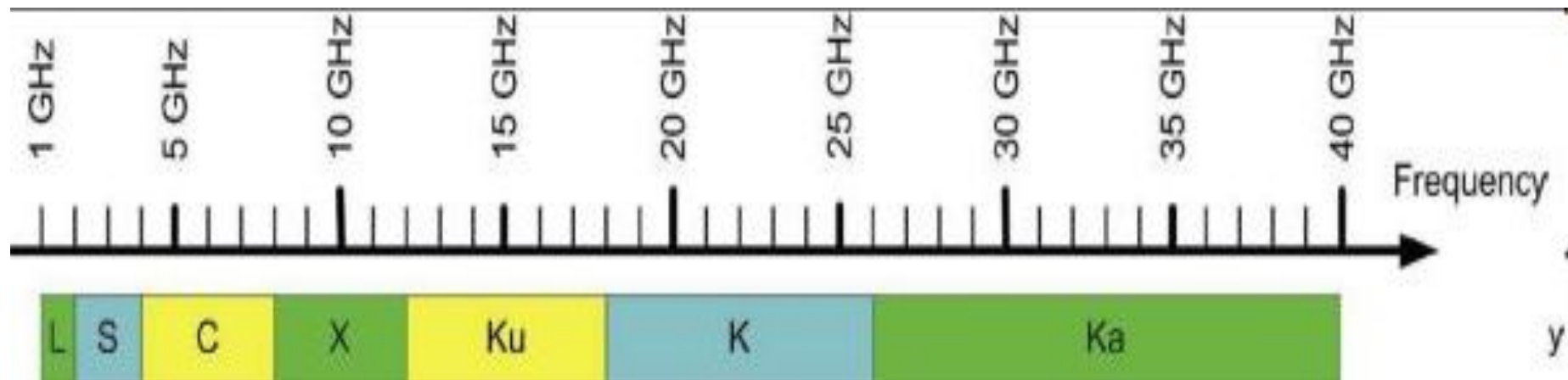
- В основе – спутник (отражатель–усилитель)
- Приемопередатчики – транспондеры Н~50 МГц (1 спутник ~ 20 транспондеров)

Диапазоны частот: С, Ku, Ka

**С** - Down 3,7 - 4,2 ГГц      Up 5,925-6,425 ГГц

**Ku** - Down 11,7-12,2 ГГц      Up 14,0-14,5 ГГц

**Ka** - Down 17,7-21,7 ГГц      Up 27,5-30,5 ГГц



# Спутниковая связь. Типы

## СПУТНИКОВ

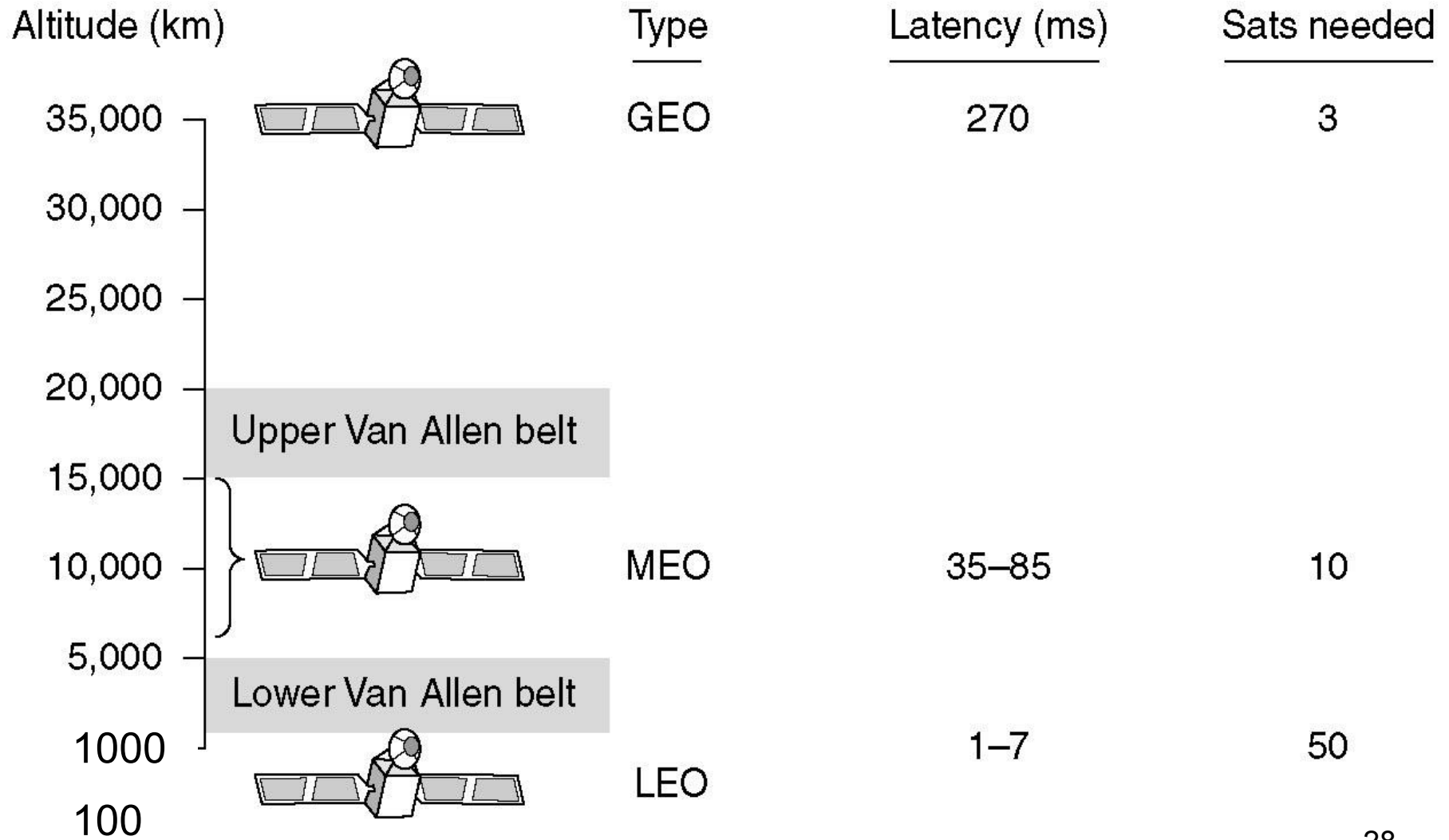
**Спутниковая связь:** микроволны – прямая видимость

### Геостационарные

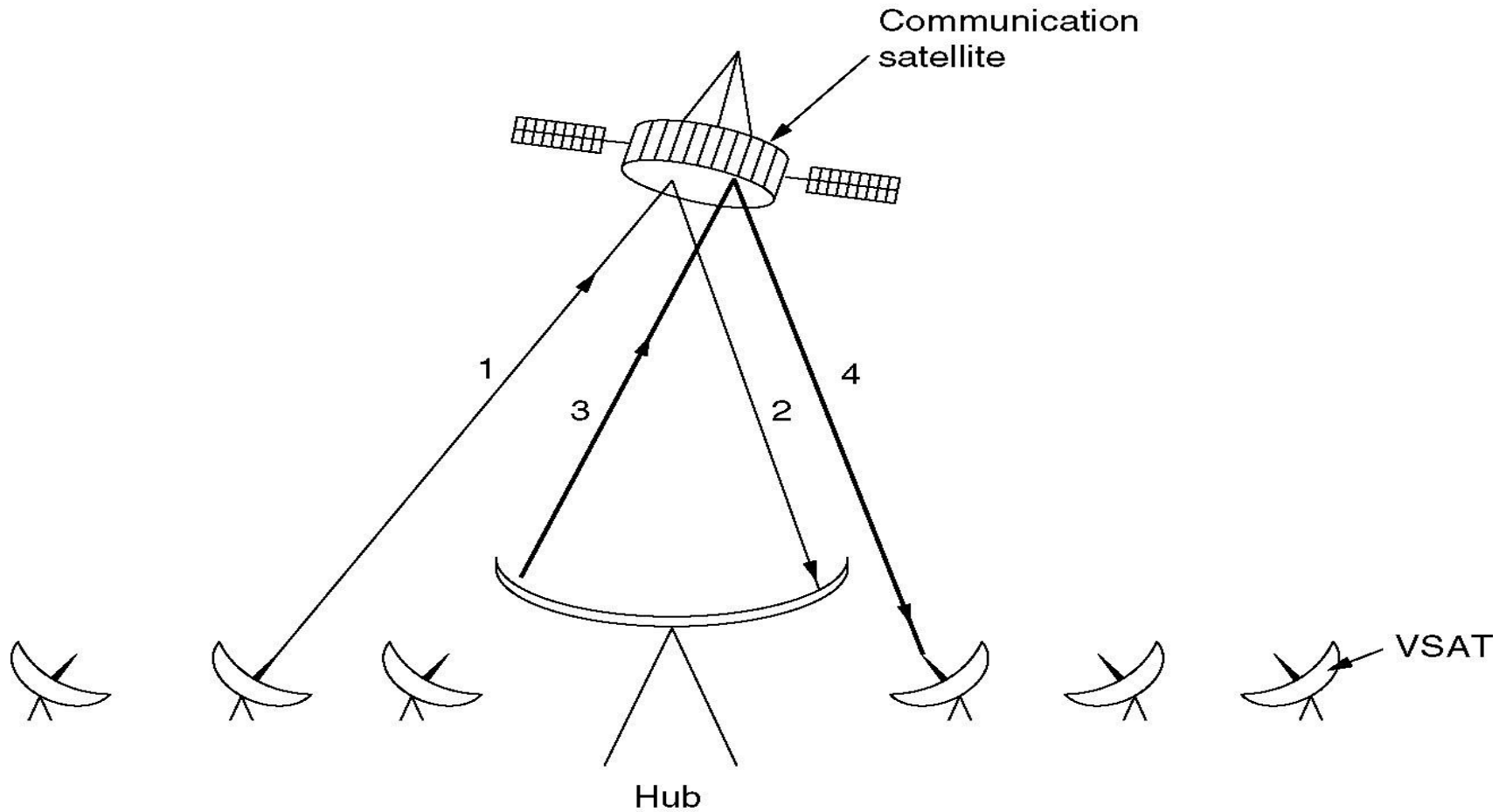
- Большое покрытие
- Неподвижность,
- Малый “износ”
- Спутник-повторитель, широковещательность, низкая стоимость, стоимость не зависит от расстояния, Мгновенное установление связи (Mil)
  
- $T_z=300\text{мс}$
- Низкая защищенность,
- Первоначально большая антенна (но VSAT)
  
- **Среднеорбитальные** - 5000-15000 км
- Global Positioning System GPS - 24 спутника
  
- **Низкоорбитальные** 100-1000 км малое покрытие малая задержка

Доступ в Интернет

# Communication Satellites



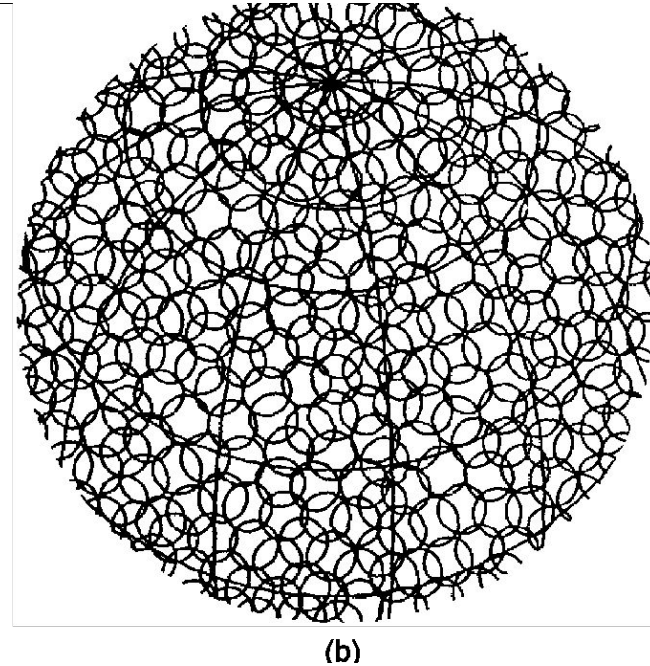
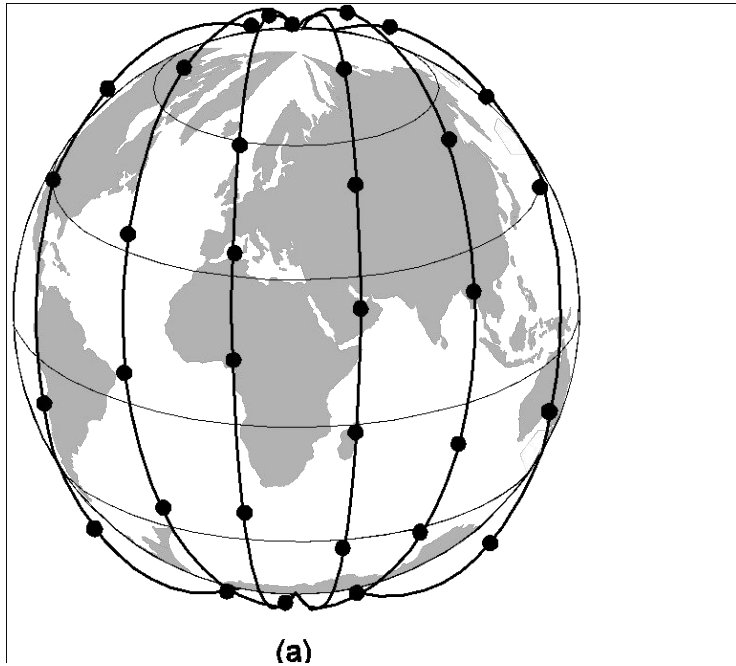
# Communication Satellites (3)



VSATs using a hub.

# Low-Earth Orbit Satellites

## Iridium



- (a) The Iridium satellites from six necklaces around the earth.
- (b) 1628 moving cells cover the earth.

# Техника расширения спектра

Специальные методы модуляции и кодирования для беспроводной связи

- Уменьшение мощности
- Помехоустойчивость
- Скрытность

OFDM, FHSS (802.11, Blue-Tooth), DSSS, CDMA

# Эталонная модель OSI.

В начале 80-х годов ряд международных организаций по стандартизации – ISO, ITU-T и некоторые другие – разработали модель, которая сыграла значительную роль в развитии сетей. Эта модель называется моделью взаимодействия открытых систем (**Open System Interconnection – OSI**) или **моделью OSI**.

Модель OSI определяет различные уровни взаимодействия систем, даёт им стандартные имена и указывает, какие функции должен выполнять каждый уровень.

Эталонная модель OSI быстро стала основной архитектурной моделью для передачи межкомпьютерных сообщений. Несмотря на то, что были разработаны и другие архитектурные модели (в основном, отдельных фирм), большинство поставщиков сетей, когда им необходимо предоставить обучающую информацию пользователям о поставляемых ими изделиях, ссылаются на эталонную модель OSI и утверждают, что их сеть соответствует этой эталонной модели. Действительно, модель OSI является самым лучшим средством для тех, кто надеется изучить технологии сетей.





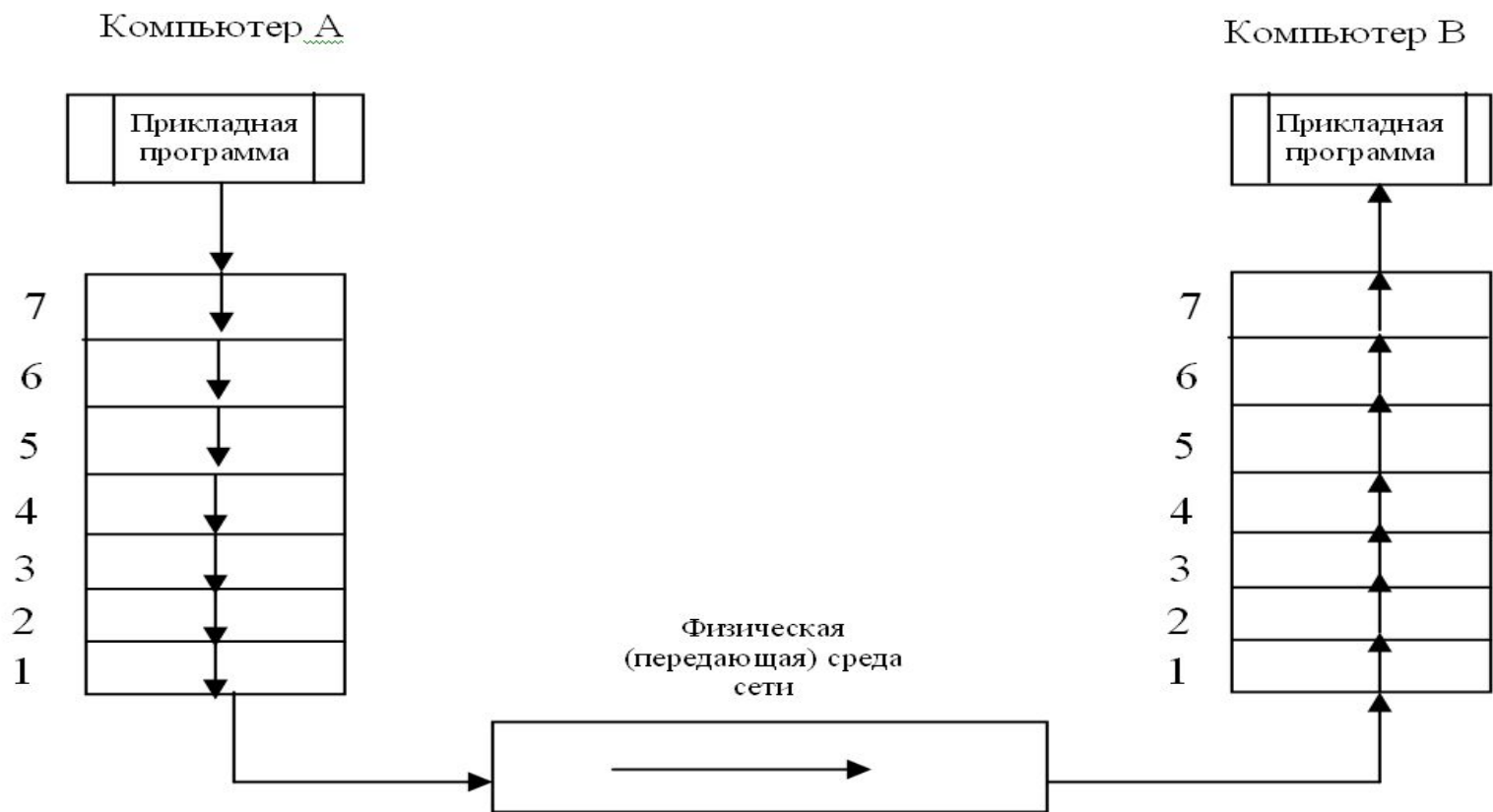
# Модель OSI можно проиллюстрировать следующим рисунком

7	Прикладной
6	Представительный
5	Сеансовый
4	Транспортный
3	Сетевой
2	Канальный
1	Физический

- **Эталонная модель OSI** делит проблему перемещения информации между компьютерами через среду сети на **7** менее крупных, и, следовательно, более легко решаемых проблем. Каждая из этих **7 проблем** выбрана потому, что она относительно автономна, и, следовательно, её легче решить без чрезмерной опоры на внешнюю информацию.
- Два нижних уровня обычно реализуются аппаратным и программным обеспечением. Оставшиеся пять уровней реализуются программным обеспечением.



- **Модель OSI** описывает, каким образом информация проделывает **путь** через среду сети от одной прикладной программы к другой прикладной программе, выполняющейся на другом компьютере.



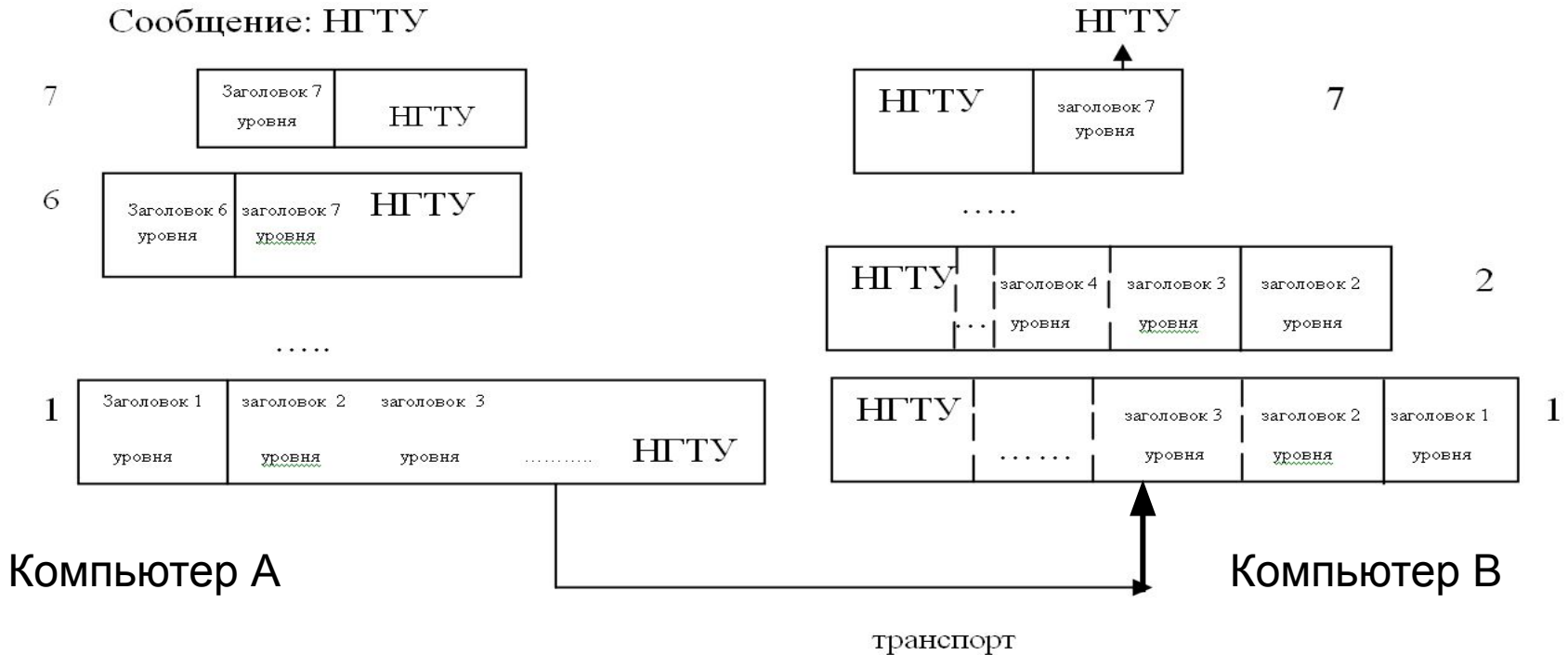
# Форматы информации

- Специфические запросы **i-го** уровня системы **A** запоминаются как управляющая информация, которая передаётся между соответствующими уровнями. Эта информация называется **заголовком**.
- Заголовок предшествует фактической информации.
- На каждом уровне к передаваемому пакету информации добавляется заголовок текущего уровня, а заголовок предыдущего уровня считается за информацию, которую и следует передать.

Проиллюстрируем сказанное следующим примером:



Пусть надо передать слово «НГТУ» по сети. Тогда схематично процесс передачи этой информации будет выглядеть так:



- Концепция заголовков и собственно данных относительно и зависит от уровня, который в данный момент анализирует передаваемую информацию.
- Не все уровни нуждаются в присоединении заголовков. Некоторые уровни просто выполняют трансформацию фактических данных, которые они получают.



# Функции уровней модели OSI. Физический уровень

- Физический уровень имеет дело с передачей битов по физическим каналам, таким, как **коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконный кабель и т.д.**
- К физическому уровню имеют отношение характеристики физических сред передачи данных, такие, как **полоса пропускания**, которая определяет максимальную скорость передачи, **помехозащищённость, волновое сопротивление и другие характеристики.**
- На этом же уровне определяются **характеристики электрических сигналов**, такие, как требования к фронтам импульсов, требования к уровням напряжения (или тока) передаваемого сигнала, тип кодирования и другие характеристики.
- Кроме этого, на физическом уровне **стандартизируются типы разъёмов и назначение каждого контакта (например, RJ-45).**
- Функции физического уровня реализуются во всех устройствах, подключённых к сети.
- **Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевым адаптером.**



# Физический уровень.

- **Повторители (repeater)** являются сетевым оборудованием (устройством), которые работают только на физическом уровне. Повторитель – устройство физического уровня, позволяющее преодолевать топологические ограничения кабельных сегментов.
- Примером **протокола физического уровня** может служить **спецификация 10Base-T технологии Ethernet**, которая определяет: в качестве используемого кабеля – неэкранированную витую пару категории 3 с волновым сопротивлением 100 Ом, разъёмом RJ-45, максимальную длину физического сегмента – 100 м, **манчестерский код кодирования для представления данных в кабеле** и другие характеристики среды и электрических сигналов.



# Физический уровень

- Идею манчестерского кодирования проиллюстрируем следующим рисунком:



- Переход вверх означает состояние бита «1», переход вниз – бит нулевой.



# Функции уровней модели OSI.

## Канальный уровень.

- На физическом уровне просто пересылаются биты, при этом не учитывается, что в некоторых сетях линии связи разделяются, т.е. попеременно используются несколькими парами взаимодействующих компьютеров, при этом физическая среда может быть занята. Поэтому одной из задач канального уровня является **проверка доступности среды передачи**. Другой задачей канального уровня является реализация механизмов **обнаружения и коррекции ошибок**.
- Для реализации второй задачи на канальном уровне биты группируются в наборы, называемые **кадрами (frame)**, состоящие **из заголовка и группы бит**.
- Канальный уровень обеспечивает корректность передачи каждого кадра, помещая **специальную последовательность бит в начало и конец каждого кадра** с тем, чтобы существовала возможность выделить кадр из потока, и, кроме этого, в самом кадре вычисляется (формируется) **контрольная сумма**, главным требованием к которой является то, чтобы она могла фиксировать изменение каждого бита передаваемой информации.





# Канальный уровень.

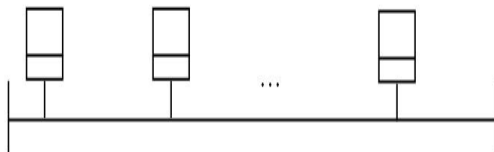
- Канальный уровень может **не только обнаруживать ошибки, но и исправлять их за счёт повторной передачи повреждённых кадров**. Но необходимо отметить, что функция исправления ошибок для канального уровня не является обязательной, в некоторых протоколах канального уровня она отсутствует (в таких, как Ethernet, Frame Relay).
- В локальных сетях протоколы канального уровня используются компьютерами, **мостами (bridge), коммутаторами, маршрутизаторами**.
- В компьютерах функции канального уровня реализуются совместными усилиями **сетевых адаптеров и их драйверов**.
- Мост (bridge) является средством передачи кадров между двумя и более логическими сегментами и реализует функции изоляции трафика.



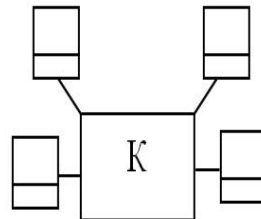
# Функции уровней модели OSI. Сетевой уровень.

- Протокол канального уровня обеспечивает доставку данных между двумя любыми узлами только в сети с соответствующей **типовой топологией**. К **типовым** топологиям, поддерживаемым протоколами канального уровня локальных сетей, относятся:

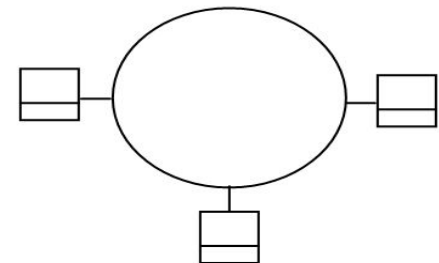
**общая шина,**



**звезда,**



**кольцо.**



# Сетевой уровень.

- **Типовая** топология сети - это очень жёсткое ограничение, которое не позволяет строить сети с развитой структурой, например, сети, объединяющие несколько сетей предприятия в единую сеть или высоконадёжные сети, в которых существуют избыточные связи между узлами.
- Для того, чтобы, с одной стороны, сохранить простоту процедур передачи данных для типовых топологий, а, с другой стороны, допустить использование произвольных топологий, **вводится дополнительный уровень, который называется сетевым.**
- На этом уровне вводят узкое понятие «сеть» - совокупность компьютеров, соединённых между собой в соответствии с одной из типовых топологий и использующих для передачи данных один из протоколов канального уровня, определённого для этой топологии.



# Таким образом:

- Внутри «сети» доставка данных обеспечивается **канальным уровнем**,
- Доставкой данных между «сетями» занимается **сетевой уровень**.
- Сообщения сетевого уровня принято называть **пакетами**. При организации доставки пакета на сетевом уровне используется понятие «номер сети». В этом случае - **адрес получателя состоит из номера «сети» и номера компьютера в этой «сети»**.



# Сетевой уровень

- «Сети» соединяются между собой специальными устройствами, называемыми **маршрутизаторами**.
- **Маршрутизатор** – устройство, которое собирает **информацию о топологии межсетевых соединений** и на её основе пересылает пакеты сетевого уровня в сеть назначения.
- Для того, чтобы передать сообщение от отправителя, находящегося в одной сети, к получателю, находящемуся в другой сети, необходимо совершить некоторое количество **транзитных передач (хопов, hops) между сетями**, каждый раз выбирая подходящий маршрут.



# Таким образом:

- **Маршрут** представляет собой последовательность маршрутизаторов, через которые проходит пакет.
- **Проблема выбора наилучшего пути называется маршрутизацией**, и её решение является главной задачей сетевого уровня.
- **На сетевом уровне определяется два вида сетевых протоколов**. Первый вид относится к определению правил передачи пакетов с данными конечных узлов, в частности, от узла к маршрутизатору, от маршрутизатора к маршрутизатору, от маршрутизатора к узлу, и именно эти протоколы обычно имеют в виду, когда говорят о протоколах сетевого уровня, но существуют и протоколы обмена маршрутной информацией.
- **Протоколы сетевого уровня реализуются программным модулем ОС, а также программными и аппаратными средствами маршрутизаторов.**



# Транспортный уровень

- На пути от отправителя к получателю **пакеты могут быть искажены или утеряны**. Хотя некоторые приложения имеют собственные средства обработки ошибок, существуют и такие, которые предпочитают сразу иметь дело с надежным соединением.
- **Транспортный уровень (Transport layer)** обеспечивает приложениям или верхним уровням стека — прикладному и сеансовому — передачу данных с той степенью надежности, которая им требуется.
- **Модель OSI определяет пять классов сервиса, предоставляемых транспортным уровнем.**



# Транспортный уровень

- Выбор класса сервиса транспортного уровня определяется, с одной стороны, тем, в какой степени задача обеспечения надежности решается самими приложениями и протоколами более высоких уровней (чем транспортный), а с другой стороны, зависит от того, насколько надежной является система транспортировки данных в сети, обеспечиваемая уровнями, расположенными ниже транспортного — сетевым, канальным и физическим.
- Так, например, если качество каналов передачи связи очень высокое, и вероятность наличия ошибок, не обнаруженных протоколами более низких уровней, невелика, стоит воспользоваться одним из облегченных сервисов транспортного уровня, не обремененных многочисленными проверками, квитированием и другими приемами повышения надежности. Если же транспортные средства нижних уровней изначально очень ненадежны, то целесообразно обратиться к наиболее развитому сервису транспортного уровня, который работает, используя максимум средств для обнаружения и устранения ошибок (Например, с помощью предварительного установления логического соединения, отслеживания доставки сообщений по контрольным суммам и циклической нумерации пакетов, установления тайм-аутов доставки и т. п.).





# Транспортный уровень

Транспортный уровень — обеспечение доставки информации с требуемым качеством между любыми узлами сети:

- **разбивка сообщения сеансового уровня на пакеты , их нумерация;**
- **буферизация принимаемых пакетов;**
- **упорядочивание прибывающих пакетов;**
- **адресация прикладных процессов;**
- **управление потоком.**

Как правило, все протоколы, начиная с транспортного уровня и выше, реализуются программными средствами конечных узлов сети — компонентами их сетевых операционных систем. В качестве примера транспортных протоколов можно привести протоколы TCP и UDP стека TCP/IP



# Транспортный уровень

- **Протоколы четырех нижних уровней обобщенно называют сетевым транспортом** или транспортной подсистемой, так как они полностью решают задачу транспортировки сообщений с заданным уровнем качества в составных сетях с произвольной топологией и различными технологиями.
- Остальные три верхних уровня решают задачи предоставления **прикладных сервисов** на основании имеющейся транспортной подсистемы.



# Сеансовый уровень

**Сеансовый уровень (Session layer)** обеспечивает управление диалогом: фиксирует, какая из сторон является активной в настоящий момент, предоставляет средства синхронизации. Последние позволяют вставлять контрольные точки в длинные передачи, чтобы в случае отказа можно было вернуться назад к последней контрольной точке, а не начинать все сначала. На практике немногие приложения используют сеансовый уровень, и он редко реализуется в виде отдельных протоколов, хотя функции этого уровня часто объединяют с функциями прикладного уровня и реализуют в одном протоколе.

**Сеансовый уровень — управление диалогом объектов прикладного уровня:**

- установление способа обмена сообщениями (дуплексный или полудуплексный);
- синхронизация обмена сообщениями;
- организация "контрольных точек" диалога.



# Представительный уровень

**Представительный уровень (Presentation layer)** имеет дело с формой представления передаваемой по сети информации, не меняя при этом ее содержания. За счет уровня представления информация, передаваемая прикладным уровнем одной системы, всегда понятна прикладному уровню другой системы. С помощью средств данного уровня протоколы прикладных уровней могут преодолеть синтаксические различия в представлении данных или же различия в кодах символов, например в кодах **ASCII** и **EBCDIC**. На этом уровне может выполняться **шифрование и дешифрование данных**, благодаря которому секретность обмена данными обеспечивается сразу для всех прикладных служб. Примером такого протокола является протокол **Secure Socket Layer (SSL)**, который обеспечивает секретный обмен сообщениями для протоколов прикладного уровня стека **TCP/IP**.

**Уровень представления — согласовывает представление (синтаксис) данных при взаимодействии двух прикладных процессов:**

- преобразование данных из внешнего формата во внутренний;
- шифрование и расшифровка данных.



# Прикладной уровень

**Прикладной уровень (Application layer)** — это в действительности просто набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к *разделяемым ресурсам, таким как файлы, принтеры или гипертекстовые Web-страницы, а также организуют совместную работу, например с помощью протокола электронной почты.* **Единица данных, которой оперирует прикладной уровень, обычно называется сообщением (message).**

**Прикладной уровень** — набор всех сетевых сервисов, которые предоставляет система конечному пользователю:

- идентификация, проверка прав доступа;
- принт- и файл-сервис, почта, удаленный доступ...

Существует очень много различных служб прикладного уровня.

Приведем в качестве примера хотя бы несколько наиболее распространенных реализаций файловых служб:

SMB в Microsoft Windows NT, NFS, FTP и TFTP, входящие в стек TCP/IP.



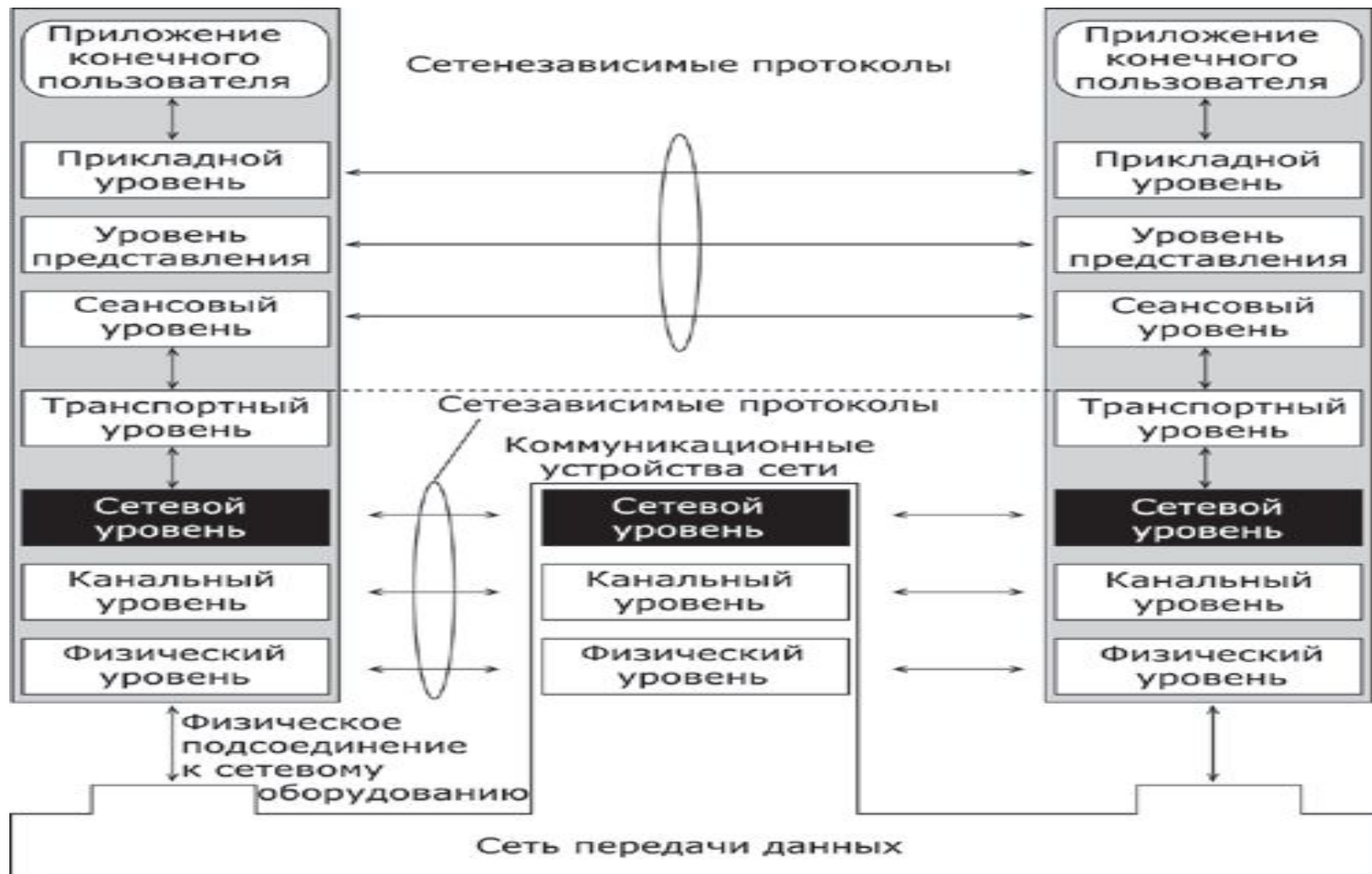
# Сетезависимые и сетезависимые уровни

**Функции всех уровней модели OSI  
могут быть отнесены к одной из двух  
групп:**

- либо к функциям, зависящим от конкретной технической реализации сети,
- либо к функциям, ориентированным на работу с приложениями.



# Рисунок1. Сетезависимые и сетезависимые уровни модели OSI



Три нижних уровня — **физический, канальный и сетевой** — являются сетезависимыми, то есть протоколы этих уровней тесно связаны с технической реализацией сети и используемым коммуникационным оборудованием. Например, переход на оборудование FDDI означает полную смену протоколов физического и канального уровней во всех узлах сети.

Три верхних уровня — **прикладной, представительный и сеансовый** — ориентированы на приложения и мало зависят от технических особенностей построения сети. На протоколы этих уровней не влияют какие бы то ни было изменения в топологии сети, замена оборудования или переход на другую сетевую технологию. Так, переход от Ethernet к высокоскоростной технологии 100VG-AnyLAN не потребует никаких изменений в программных средствах, реализующих функции

прикладного, представительного и сеансового уровней

- **Транспортный уровень** является промежуточным, он скрывает все детали функционирования нижних уровней от верхних. Это позволяет разрабатывать приложения, не зависящие от технических средств непосредственной транспортировки сообщений.





На рисунке 2 показаны уровни модели OSI, на которых работают различные коммуникационные устройства сети.

Компьютер с установленной на нем сетевой ОС взаимодействует с другим компьютером с помощью **протоколов всех семи уровней**.

Это взаимодействие компьютеры осуществляют опосредованно, через различные **коммуникационные устройства**:

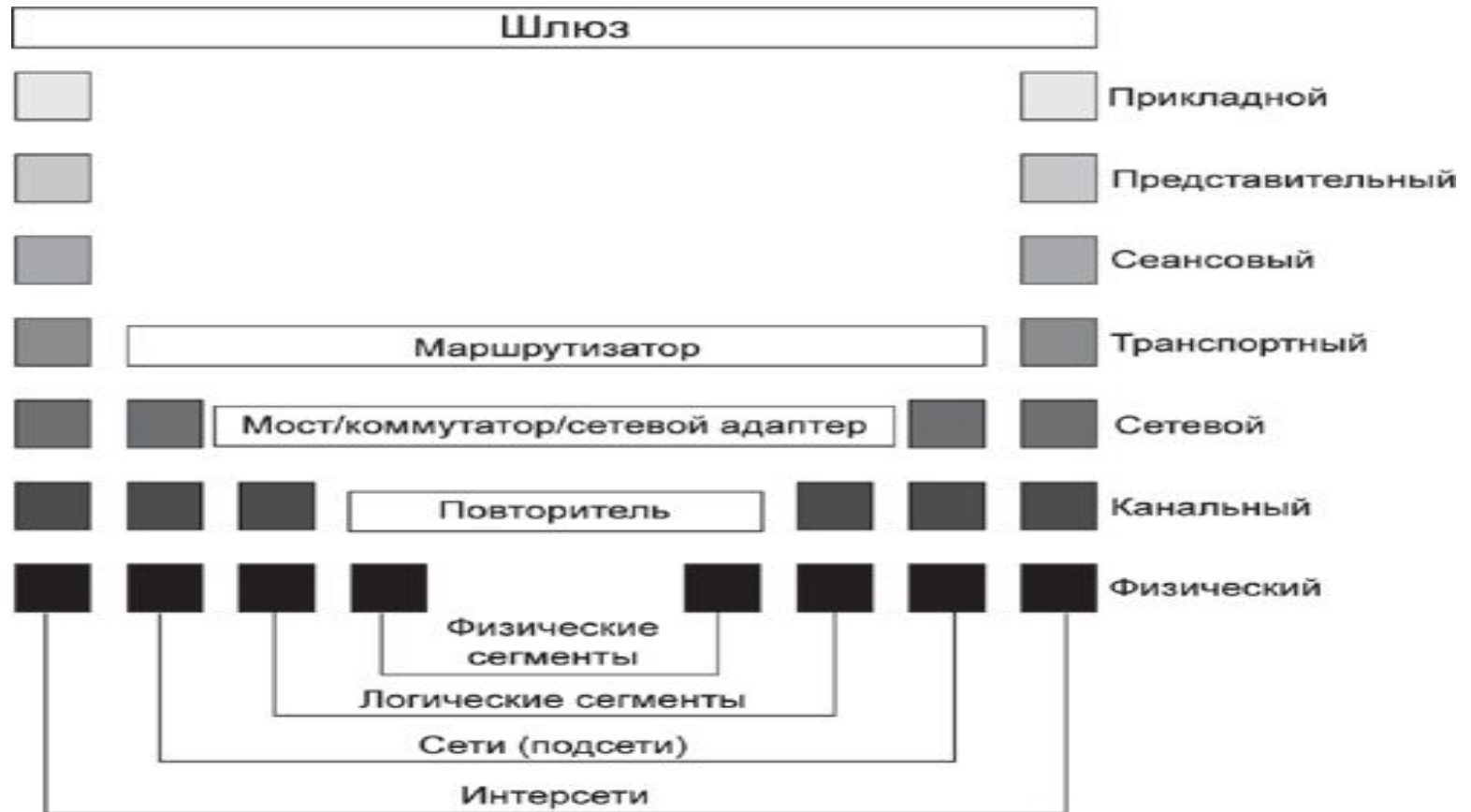
- концентраторы,
- мосты,
- коммутаторы,
- маршрутизаторы.

В зависимости от типа коммуникационное устройство может работать либо только на физическом уровне (повторитель), либо на физическом и канальном (мост), либо на физическом, канальном и сетевом, иногда захватывая и транспортный уровень (маршрутизатор).



## Рисунок 2.

Соответствие функций различных коммуникационных устройств уровням модели OSI.



# Заключение:

Модель OSI представляет хотя и очень важную, но только одну из многих моделей коммуникаций. Эти модели и связанные с ними стеки протоколов могут отличаться

- количеством уровней,
- их функциями,
- форматами сообщений,
- службами, поддерживаемыми на верхних уровнях и прочими параметрами.

