

# Компьютерные сети (NET101)

Физический уровень компьютерных сетей

# Содержание лекции

---

- **Функции физического уровня**
- **Линии связи**
  - Терминология
  - Характеристики ЛС
- **Среды передачи**
  - Проводные
  - Беспроводные
- **Передача данных в системах цифровой связи**
  - Аналоговые и цифровые сигналы
  - Кодирование
  - Мультиплексирование



# Функции физического уровня

---

Прикладно й
Представи тельный
Сессия
Транспортн ый
Сетевой
Звено данных
Физический

- Определяет физические и механические свойства *линий связи*, способы их соединения
- Определяет метод кодирования для передачи цифровой информации
- Определяет метод синхронизации приемника и источника



# Терминология

---

Под линией связи понимают:

Звено (link) – сегмент, обеспечивающий передачу данных *между двумя соседними узлами сети*. Не содержит промежуточных устройств коммутации и мультиплексирования.

Канал (channel) – *часть пропускной способности звена*, используемая независимо при коммутации.

Составной канал (circuit) – *путь* между двумя конечными узлами сети, *образованный отдельными каналами* промежуточных звеньев и внутренними соединениями коммутаторов.



# Характеристики ЛС

---

- Затухание
- Амплитудно-частотная характеристика
- Полоса пропускания
- Пропускная способность
- Помехоустойчивость и достоверность передачи данных
- Удельная стоимость

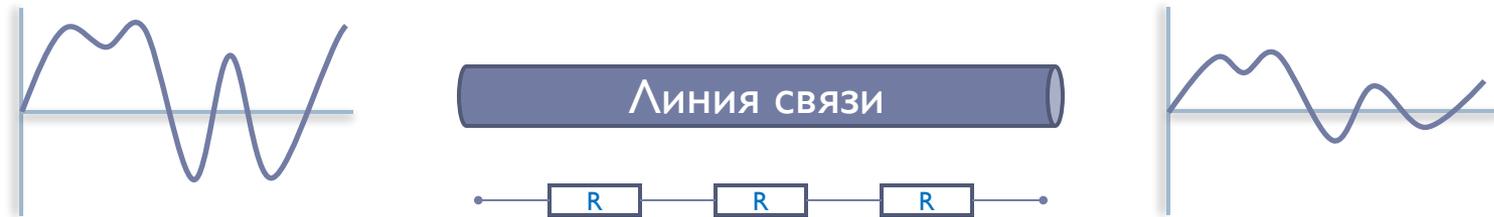


# Затухание

---

**Затухание** (A, от attenuation), [дБ] – падение мощности сигнала при передаче его по линии связи.

$$A = 10 \lg P_{\text{ВЫХ}} / P_{\text{ВХ}}$$



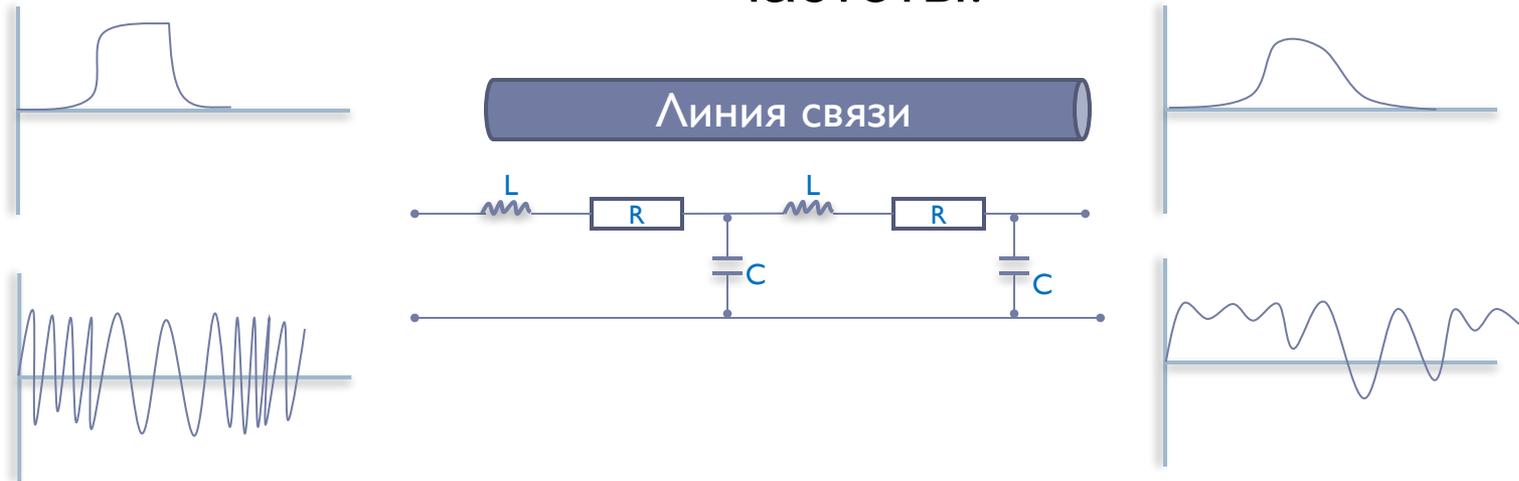
**Погонное затухание**, [дБ/м] – затухание сигнала на единицу длины линии связи.

---

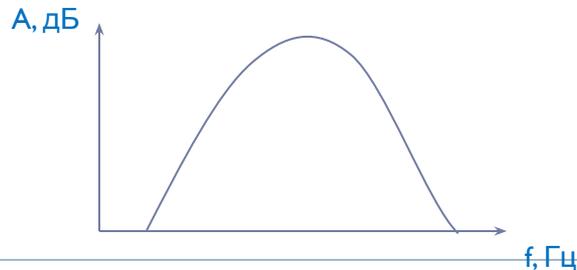
▶

# Затухание и АЧХ

Затухание и искажение форму сигнала зависит от частоты.

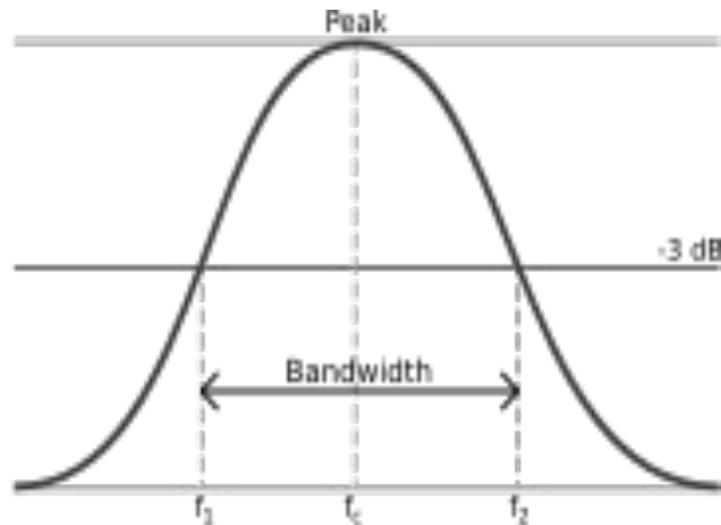


Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) — функция, показывающая зависимость модуля — функция, показывающая зависимость модуля некоторой комплекснозначной функции от частоты. Например, спектральной плотности мощности сигнала.



# Полоса пропускания

Полоса пропускания — диапазон частот — диапазон частот, в пределах которого амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) акустического, радиотехнического или оптического устройства достаточно равномерна для того, чтобы обеспечить передачу сигнала без существенного искажения его формы.



Ширина полосы (B, от. bandwidth) определяется как разность верхней и нижней граничных частот участка

АЧХ, на котором амплитуда колебаний составляет  $\frac{1}{2}$  от максимальной мощности ( $\sim -3$  дБ).



# Пропускная способность

---

Пропускная способность ( $C$ , от capacity), [бит/с] – максимально возможная скорость передачи данных, которая может быть достигнута на этой линии связи.

Зависит от:

- Способа физического кодирования
  - т.е. от *способа представления информации в виде сигнала, передаваемого в ЛС*
- Полосы пропускания физической среды и уровня шума

Th. Шеннона:       $C = B \log_2(1 + P_c/P_{\text{ш}})$

## Пример

Полоса для голоса в телефонии  $B = 4\text{кГц}$

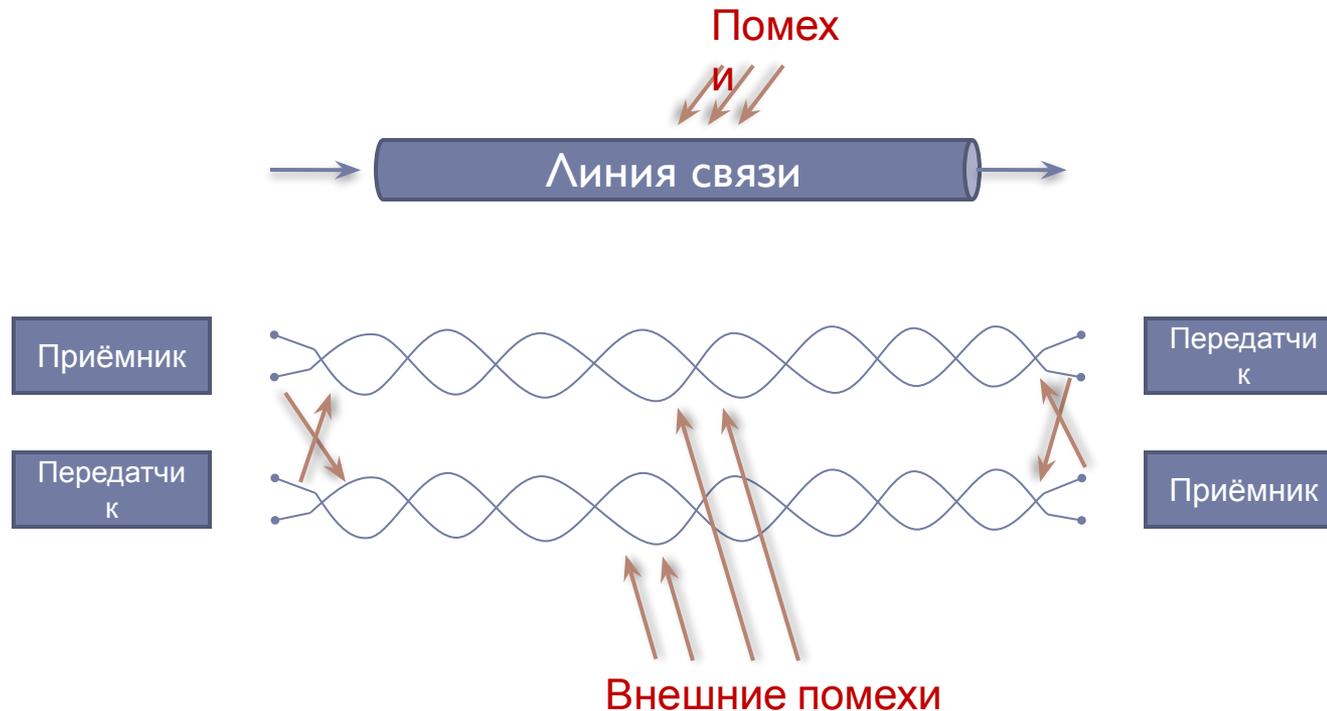
Отношение сигнал/шум 30дБ =  $10 \lg(P_c/P_{\text{ш}})$

□  $C = 4000 * \log_2(1 + 1000) \approx 40 \text{ кбит/с}$



# Помехоустойчивость

Помехоустойчивость – способность линии противостоять влиянию помех, создаваемых во внешней среде или на внутренних проводниках самого кабеля.



# Достоверность передачи

---

Интенсивность битовых ошибок (Bit Error Rate, BER) — вероятность искажения передаваемого бита.



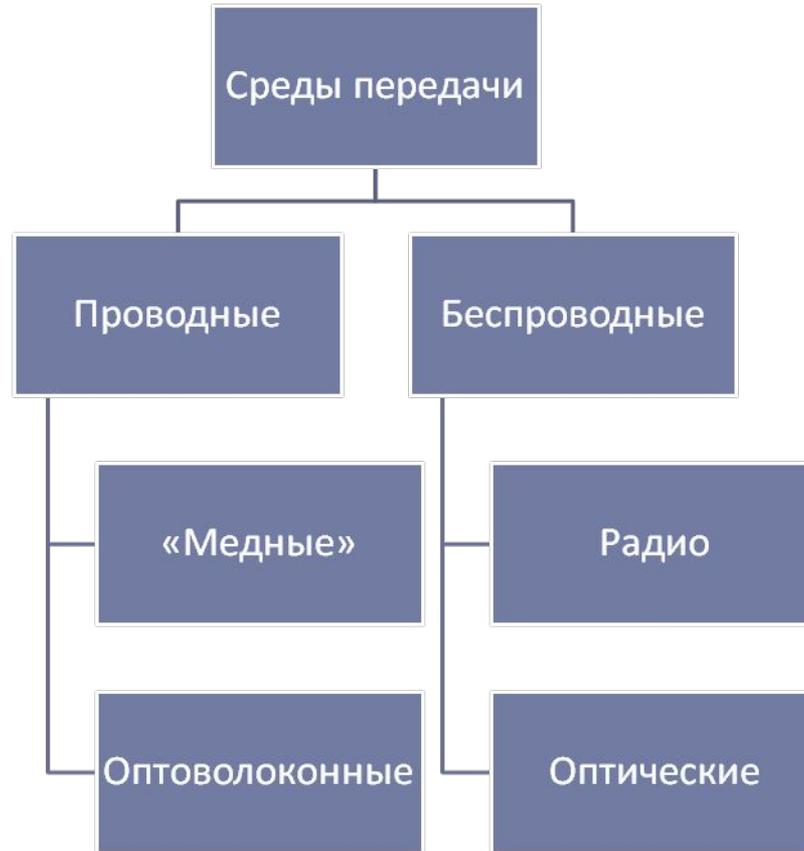
## Пример

для ВОЛС BER составляет  $10^{-9}$ , т.е. в среднем одна ошибка на 1 Гбит

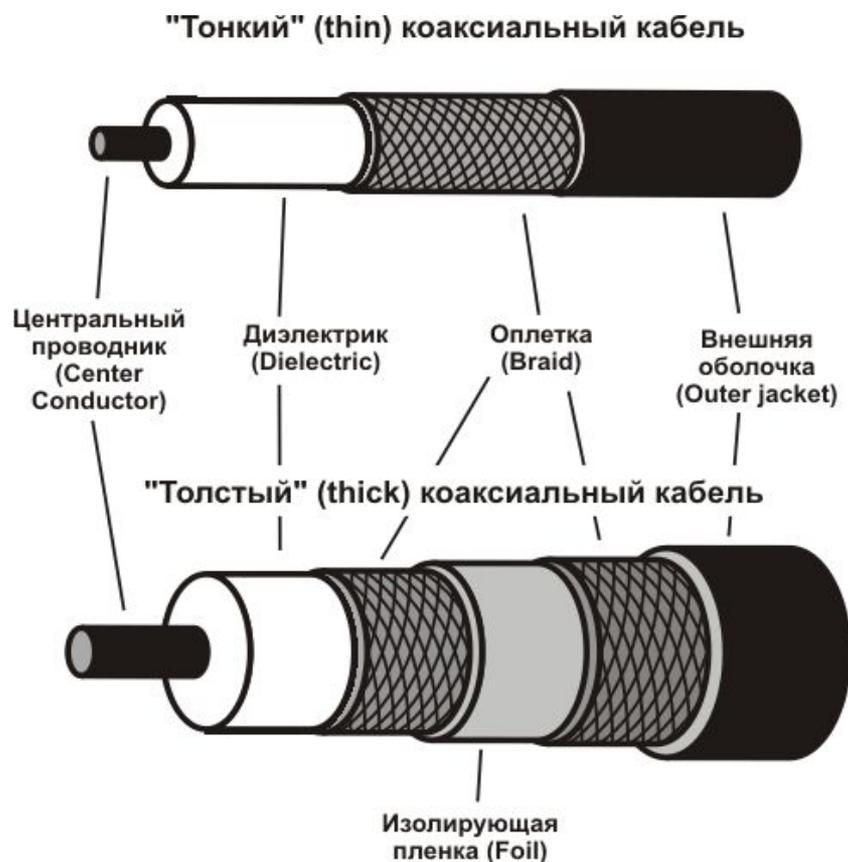


# Среды передачи

---



# «Медные» проводные ЛС: коаксиальный кабель

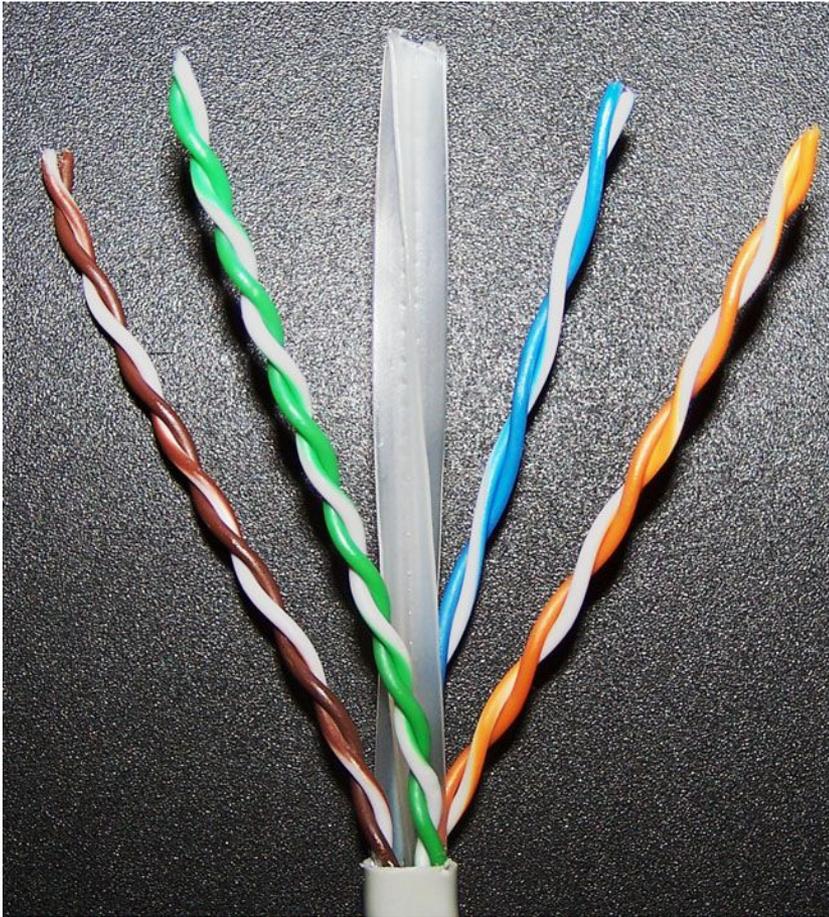


- Использовались в ранних стандартах Ethernet
  - 10Мб/сек
- Вытеснен витой парой



# Проводные ЛС: витая пара

---



- Наиболее распространена
- Для организации локальных сетей (LAN)
  - 10Мб/сек или 100Мб/сек
- Преимущества/Недостатки
  - Дешевая
  - Простая установка
  - Низкая скорость
  - Небольшие расстояния



# Проводные ЛС: витая пара

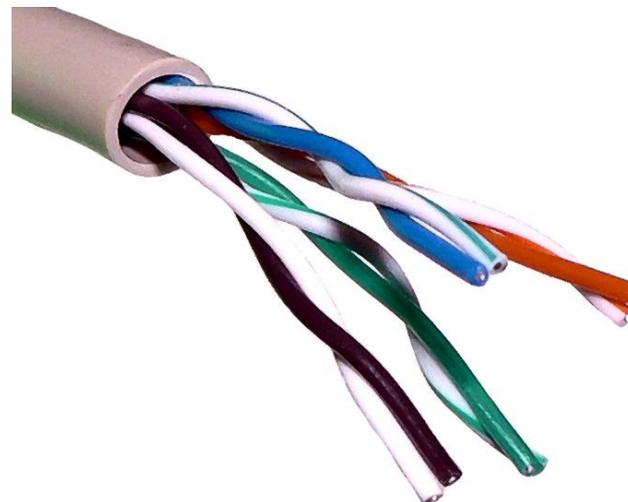
## Экранированная



- 1 - Внешняя оболочка;
- 2 - Экран-фольга;
- 3 - Дренажный провод;
- 4 - Защитная пленка;
- 5 - Витая пара.

Shielded Twisted Pair (STP)  
Металлическая оболочка  
дороже  
Сложнее в монтаже

## Неэкранированная



Unshielded Twisted Pair (UTP)  
Дешевая  
Проста в монтаже  
Подвержена влиянию  
электромагнитных помех



# Проводные ЛС: витая пара - UTP

---

## □ Cat 3

- до 16MHz
- Для передачи голоса
- Длина витка от 7.5 до 10 см

## □ Cat 4

- до 20 MHz

## □ Cat 5

- до 100MHz
- Длина витка от 0.6 до 0.85 см

## □ Cat 5e

- До 125 МГц
- Наиболее часто используется

## □ Cat 6

- До 250 МГц
- Стандартизован в 2002г.
- Используется в новых проектах

## □ Cat 6a

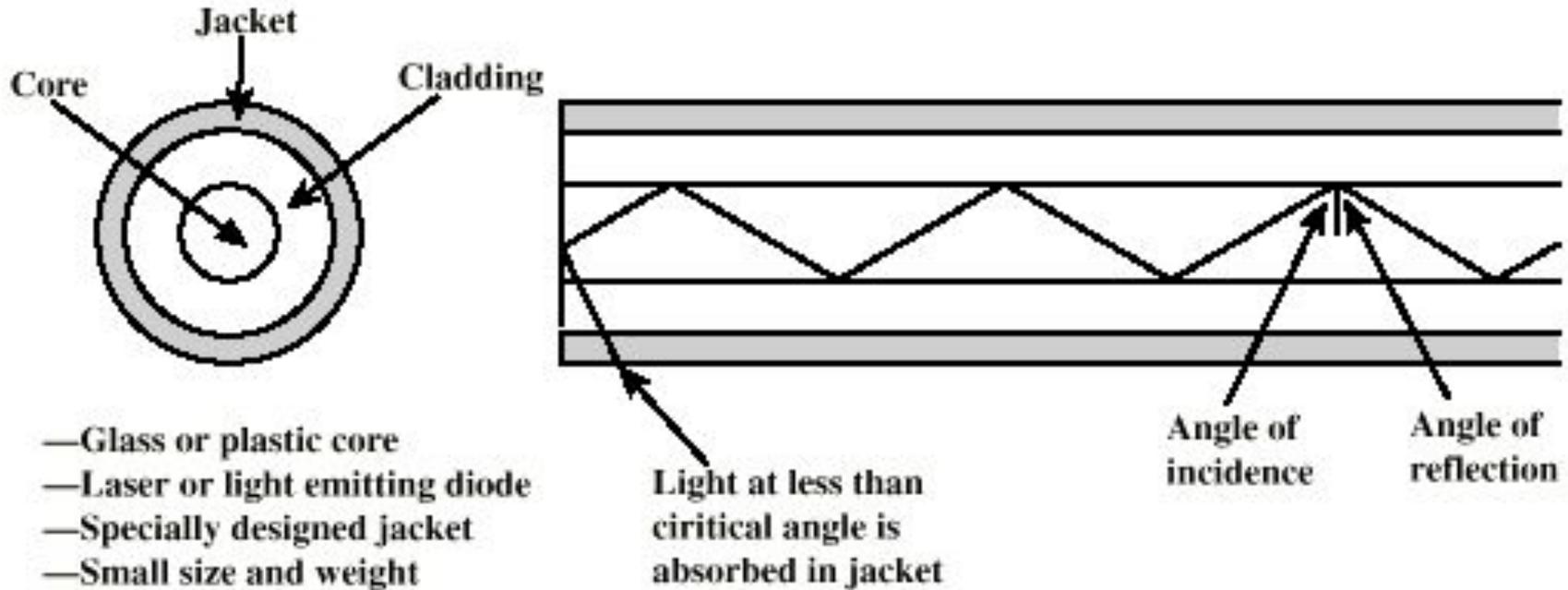
- До 500 МГц
- Стандартизован в феврале [2008 года](#).

## □ Cat 7

- До 600—700 [МГц](#)
- Утвержден стандартом ISO 11801
- Имеет общий экран и экраны вокруг каждой пары.
- По сути S/FTP (Screened Fully Shielded Twisted Pair).

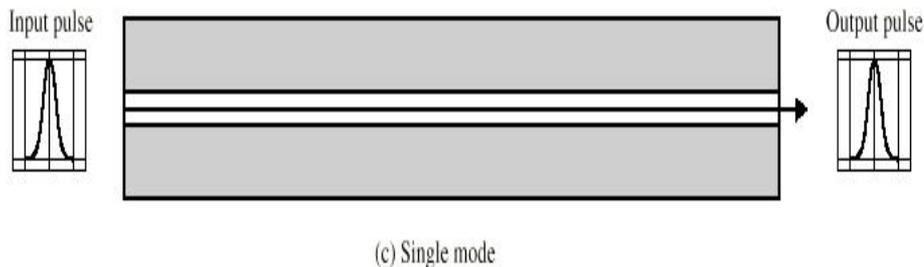
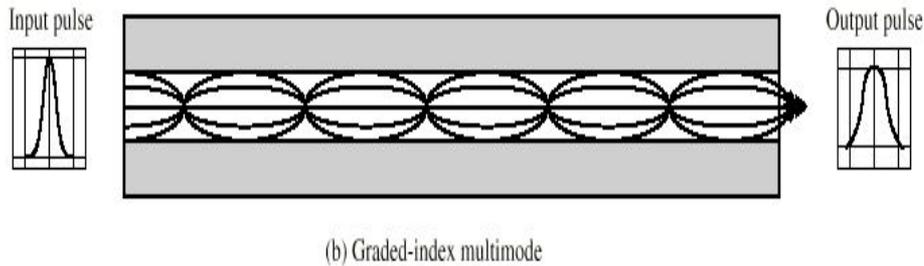
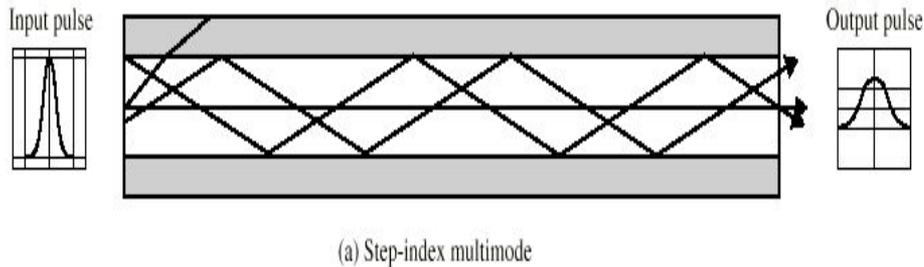


# ОПТОВОЛОКНО



- Полоса пропускания в диапазоне от  $10^{14}$  до  $10^{15}$  Гц
  - Инфракрасный и видимый диапазон
- Возможность частотного мультиплексирования WDM

# Виды оптоволокон



- Высокая пропускная способность
  - До 100 гбит/сек
  - Терабиты при использовании DWDM технологии
- Небольшие размеры
- Слабое затухание
- Электромагнитная независимость
- Большие расстояния без повторителей



# Беспроводные сети

---

- Естественная среда
- Передача и прием через антенны
- Направленная передача
  - Фокусированная антенна
  - Необходимость выравнивания
- Ненаправленная передача
  - Сигнал передается во всех направлениях
  - Может приниматься множеством антенн



# Спутниковые системы

---

- Спутник является станцией повторителем
- Принимает сигнал на одной частоте и передает на другой
- Может быть однонаправленным
- Требуется геостационарная орбита
  - высота 35,784 км (какова будет задержка распространения радиосигнала?)
- Применение
  - телевидение
  - телефония
  - ip-сервис



# Передача данных в системах цифровой связи

## Аналоговые и цифровые данные

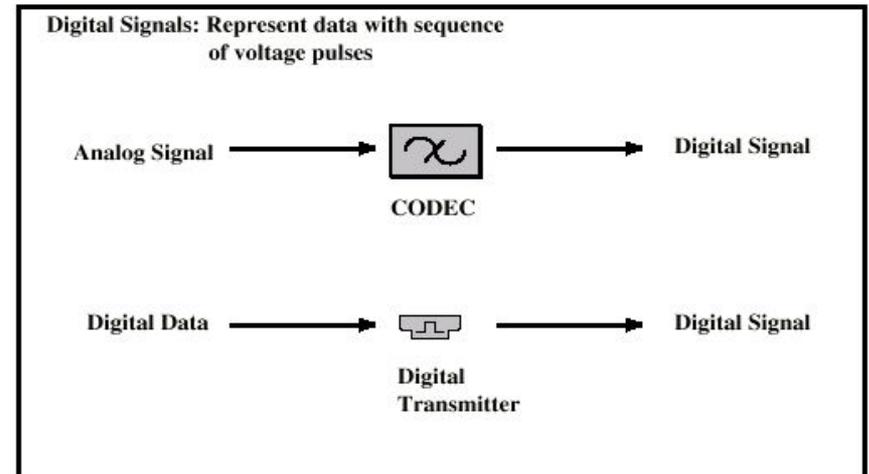
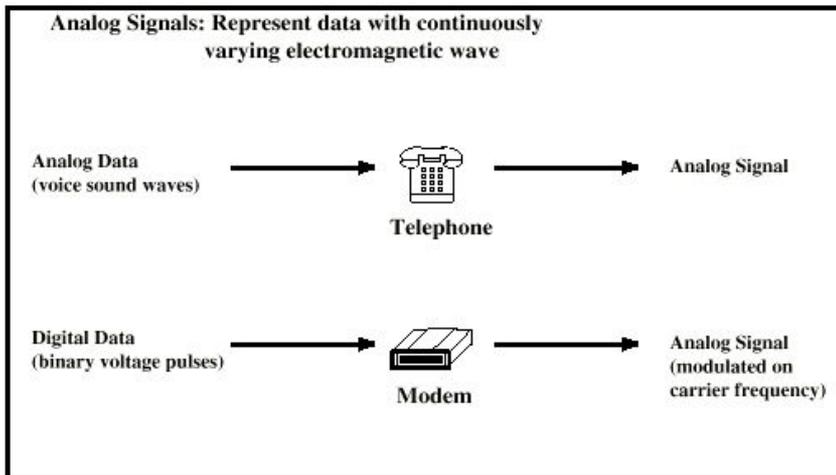
---

- Методы передачи могут рассматриваться в следующих вариантах:
  - С точки зрения формы передаваемой информации
    - **Аналоговая** – голос и видео, где значение меняется непрерывно
    - **Цифровая** - принимает дискретные цифровые значения, например, ASCII код буквы
  - С точки зрения сигналов, передаваемых по линии связи
    - **Аналоговые сигналы** – непрерывно изменяющаяся электромагнитная волна, которая может быть передана по разным средам передачи в зависимости от спектра сигнала.
    - **Цифровые сигналы** – последовательность импульсов электромагнитного поля, которая может быть передана по разным средам передачи.



# Аналоговые и Цифровые сигналы

- Цифровые данные могут быть представлены аналоговыми сигналами используя модем (модулятор/демодулятор).
- Аналоговые данные может быть представлен цифровыми сигналами используя кодек (кодер-декодер)



# Аналоговые и Цифровые сигналы

---

## Преимущества цифровых сигналов

- Менее зависимы от шумов
- Могут быть многократно усилены
- Могут быть зашифрованы
- Более дешевое решение

## Преимущество аналоговых сигналов

- Можно использовать там, где нельзя использовать цифровые сигналы – при передаче по частотным каналам (радио, телефон)



# Физическое кодирование канала

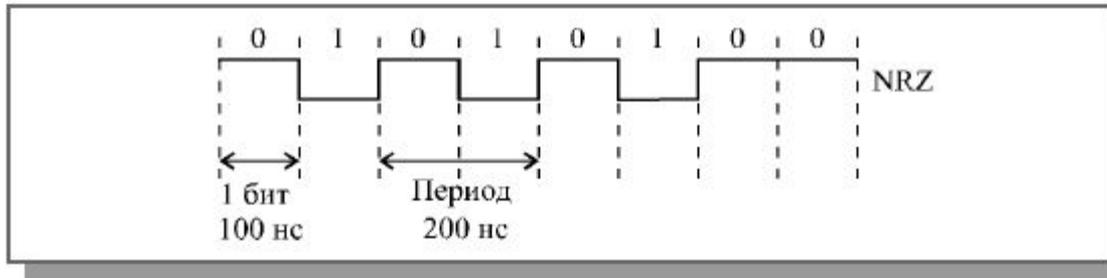
---

- Решает следующие задачи:
  - Синхронизация источника и приёмника
  - Повышение достоверности передачи за счёт использования помехоустойчивых кодов



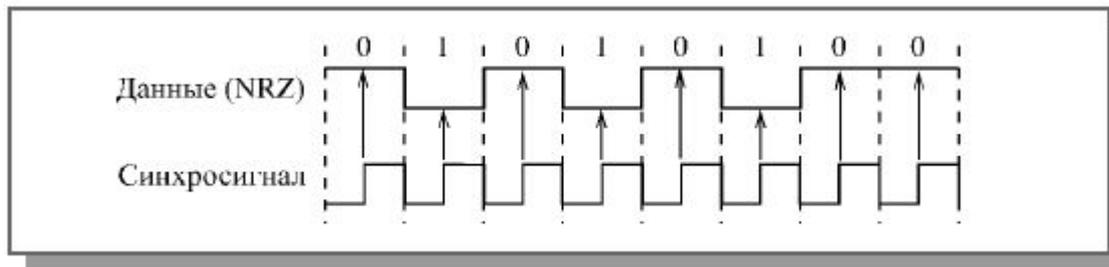
# Код NRZ (Non Return to Zero – без возврата к нулю)

- Скорость передачи и требуемая пропускная способность при коде NRZ



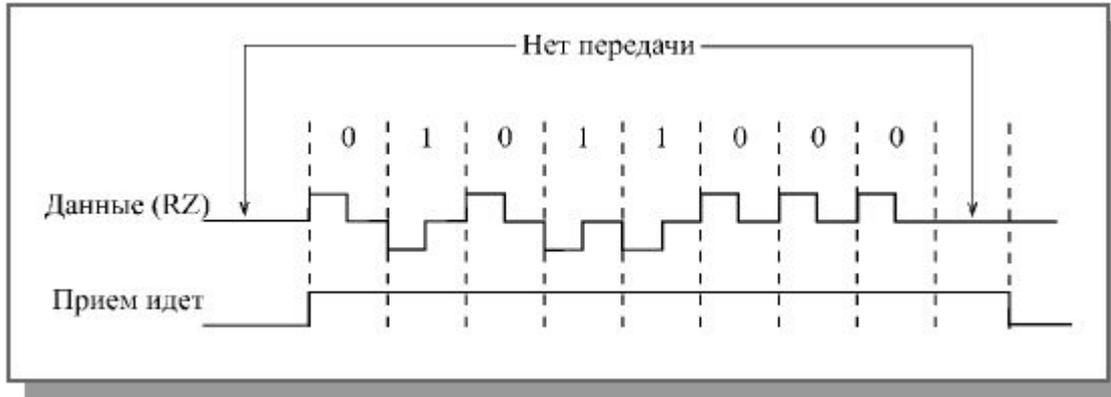
Недостаток: возможность потери синхронизации приемником

- Передача в коде NRZ с синхросигналом



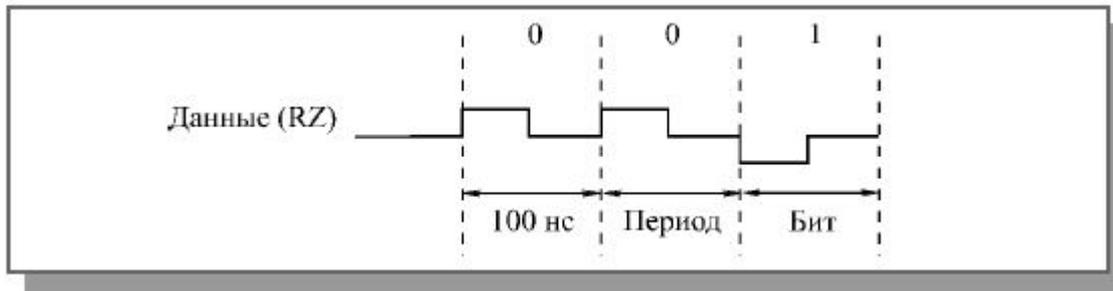
# Код RZ (Return to Zero – с возвратом к нулю)

- Определение начала и конца приема при коде RZ



Недостаток: требуется вдвое большая полоса пропускания канала при той же скорости передачи по сравнению с NRZ

- Скорость передачи и пропускная способность при коде RZ



# Манчестерский код (код Манчестер-II)

---

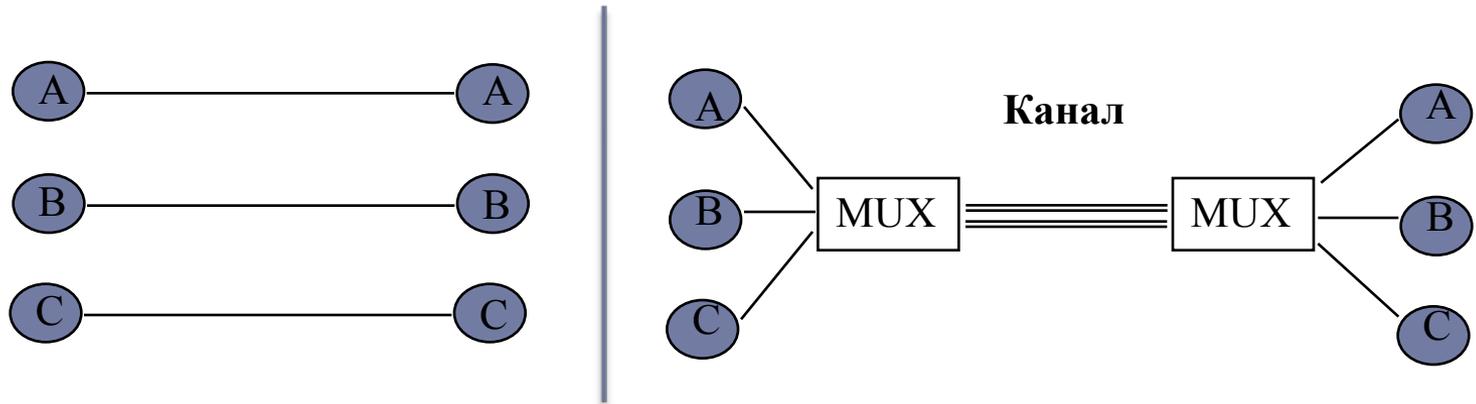
Достоинства:

- Обладает хорошими самосинхронизирующими свойствами
- Отсутствие постоянной составляющей
- Если перепада на единичном интервале нет, то ошибка



# Мультиплексирование

---



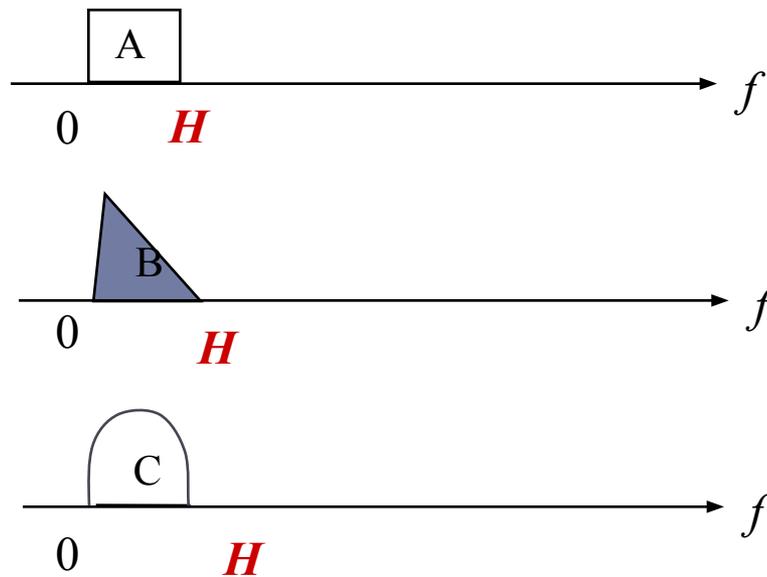
Технологии:

- Мультиплексирование с разделением по частоте (FDM, Frequency Division Multiplexing)
- Мультиплексирование с разделением по времени (TDM, Time Division Multiplexing)

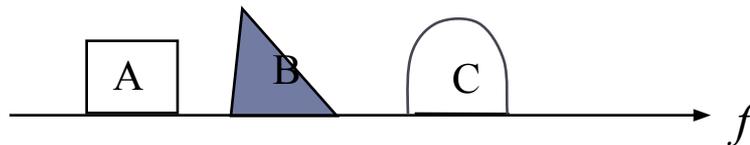


# Частотное разделение FDM/WDM

(a) Один сигнал занимает полосу  $H$  Гц

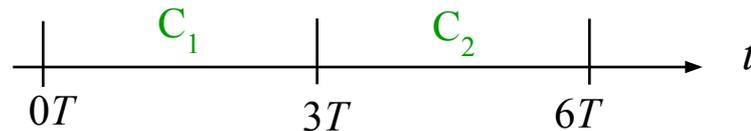


(b) Объединенный сигнал



# Временное разделение TDM

(a) Каждый сигнал занимает слот каждые  $3T$  сек



(b) Объединенный сигнал

