

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

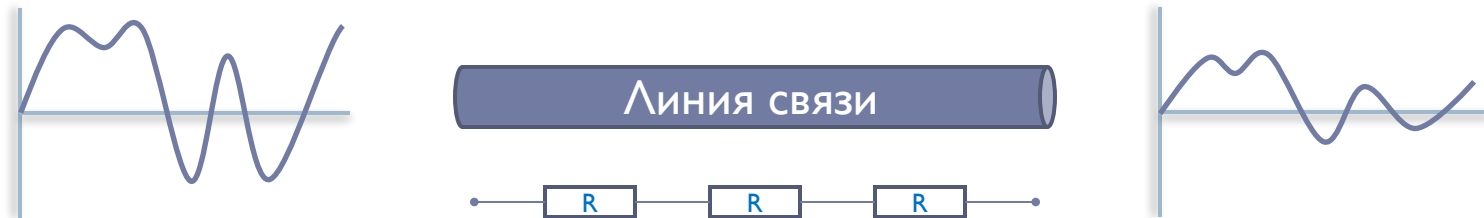
- Затухание
- Амплитудно-частотная характеристика
- Полоса пропускания
- Пропускная способность
- Помехоустойчивость и достоверность передачи данных
- Удельная стоимость



Затухание

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

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

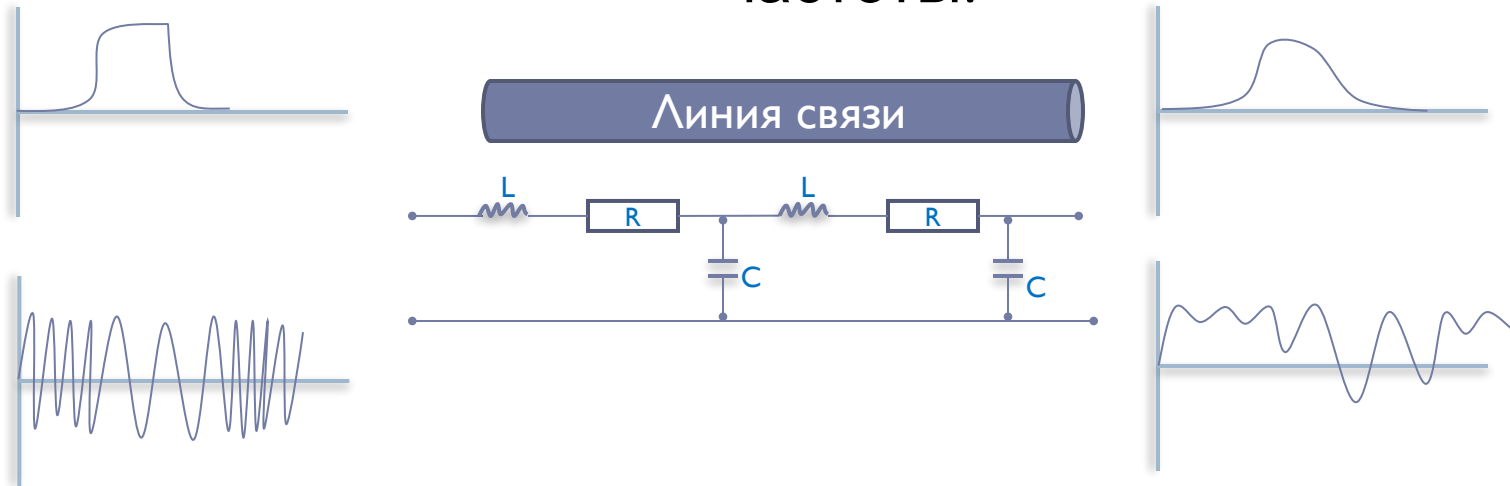


Погонное затухание, [дБ/м] – затухание сигнала на единицу длины линии связи.

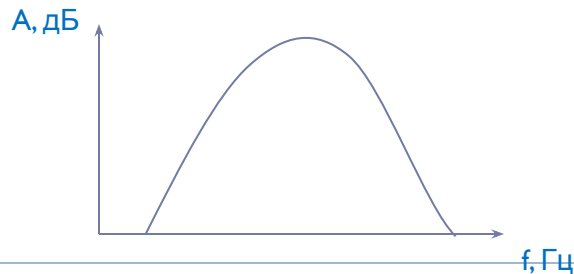
▶

Затухание и АЧХ

Затухание и искажение форму сигнала зависит от частоты.

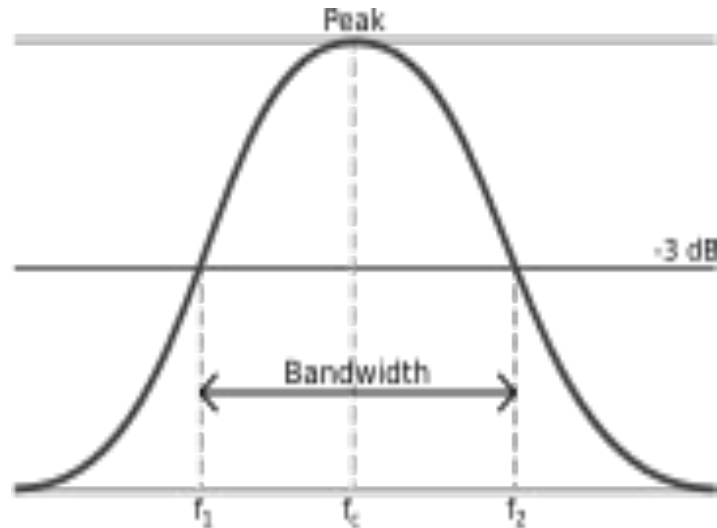


Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) — функция, показывающая зависимость **модуля** — функция, показывающая зависимость модуля некоторой комплекснозначной функции от **частоты**. Например, спектральной плотности мощности сигнала.



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 (~ -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 $B = 4\text{кГц}$

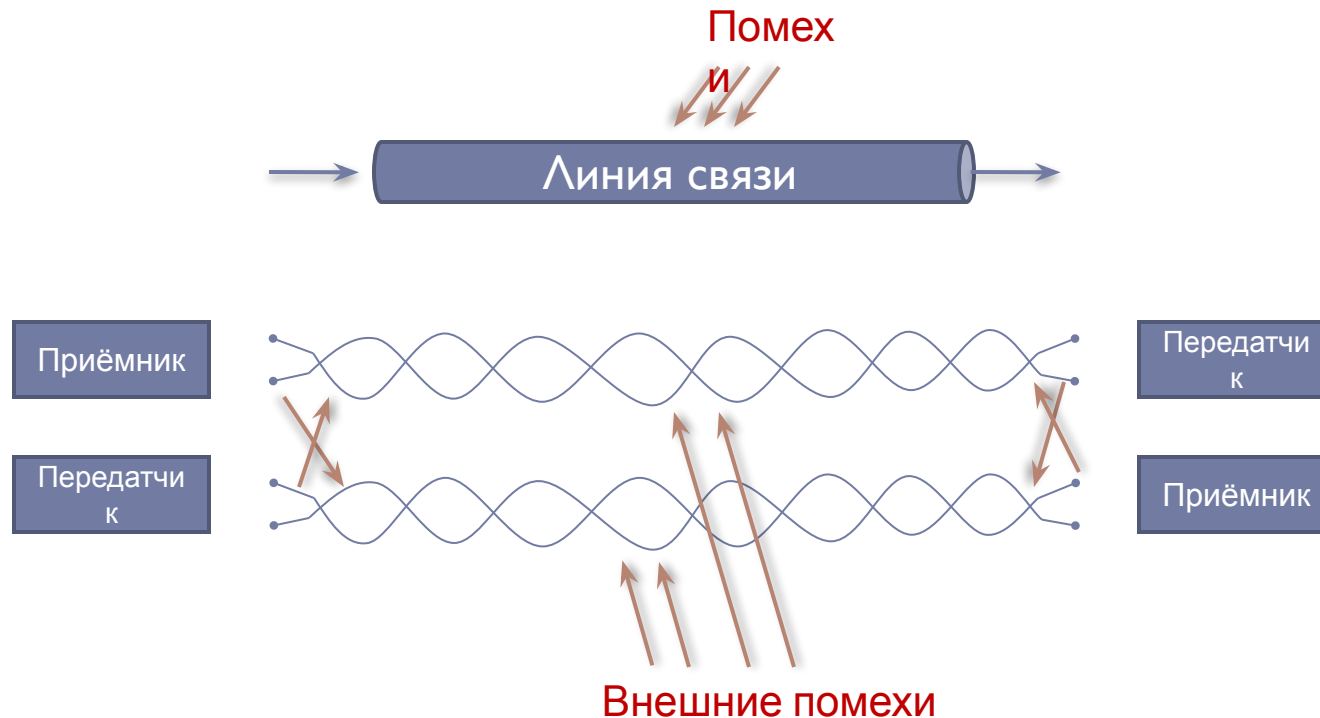
Отношение сигнал/шум 30дБ = $10 \lg(P_c/P_{\text{ш}})$

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



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.

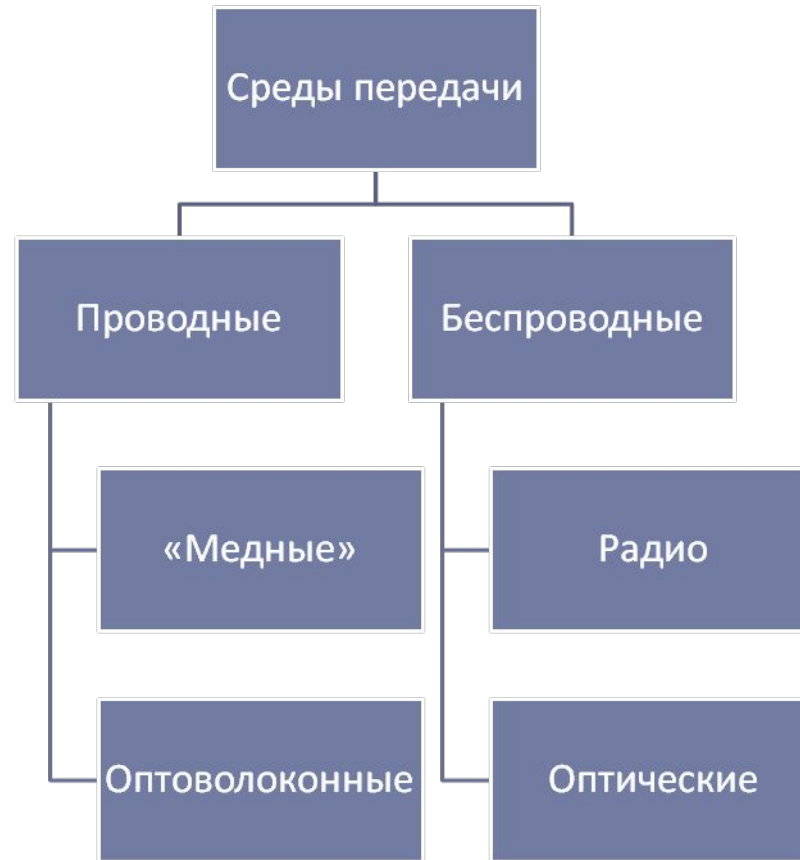


Пример

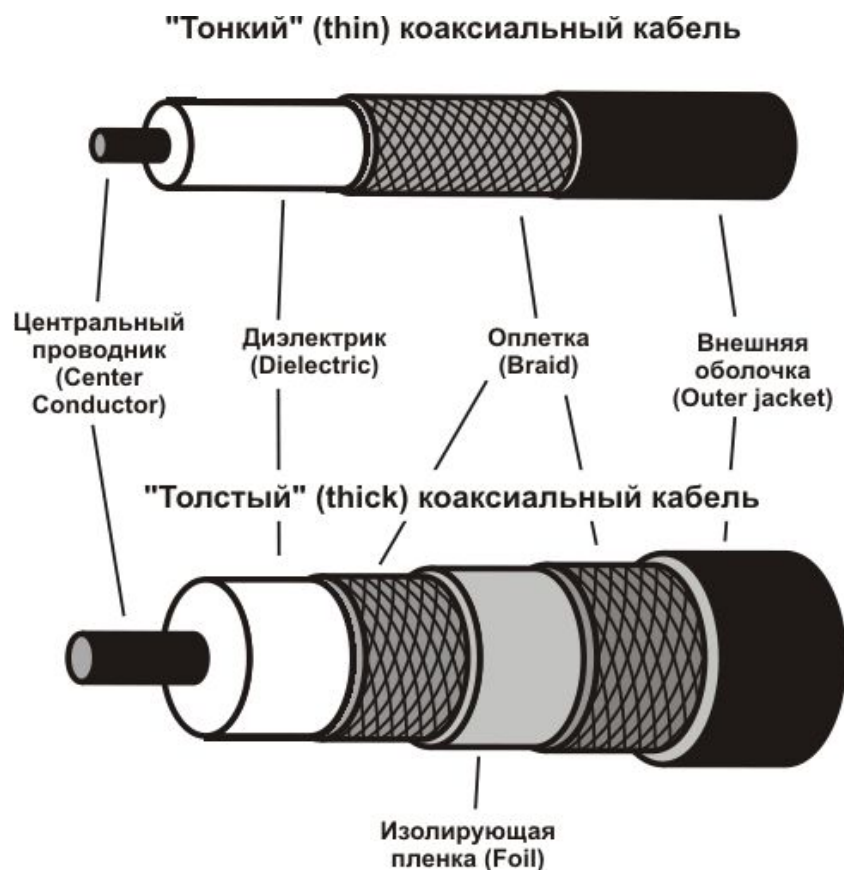
для ВОЛС BER составляет 10^{-9} , т.е. в среднем одна ошибка на 1 Гбит



Среды передачи



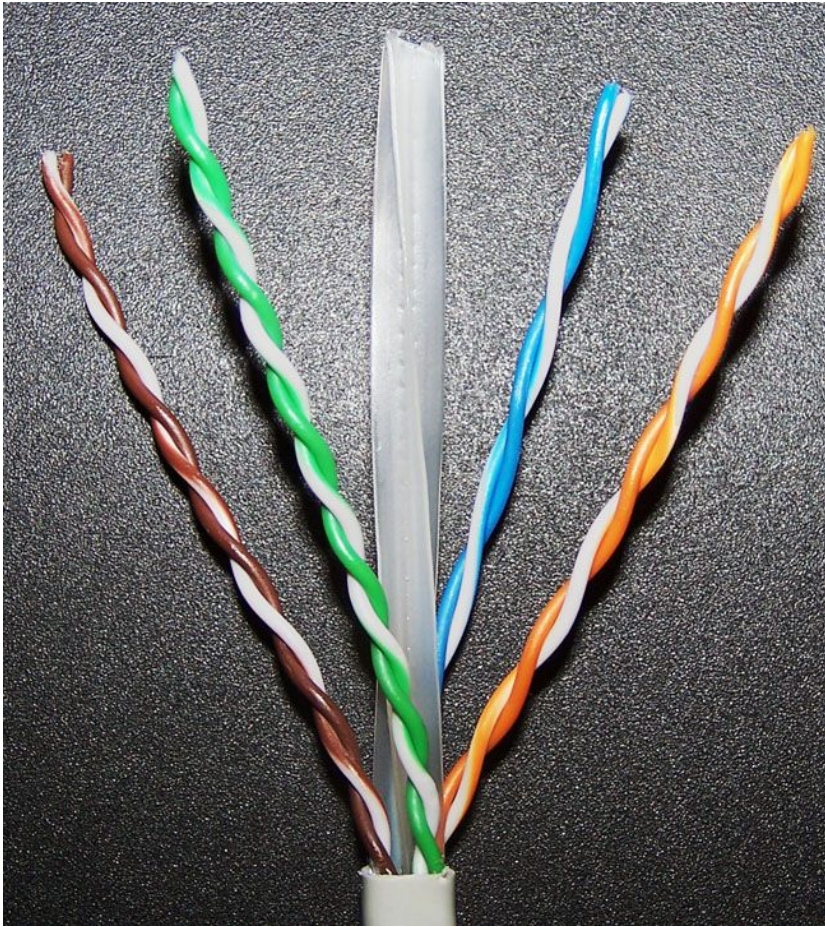
«Медные» проводные ЛС: коаксиальный кабель



- 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

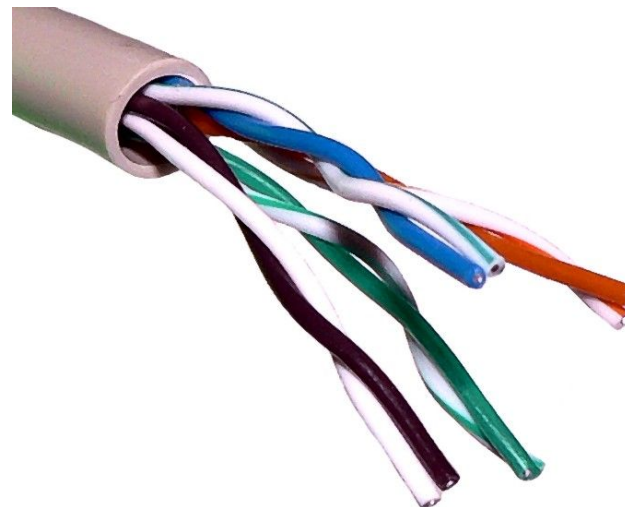
Экранированная



- 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

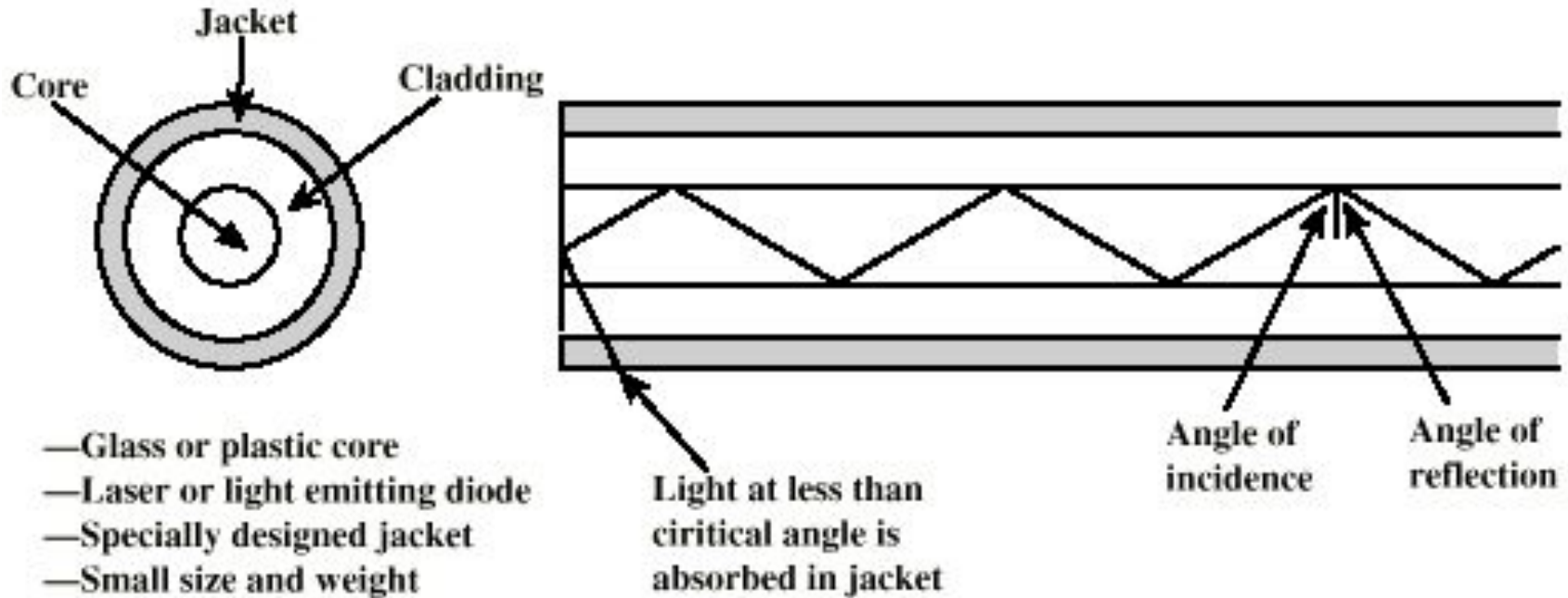
- До 500 МГц
- Стандартизован в феврале [2008 года](#).

□ 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).



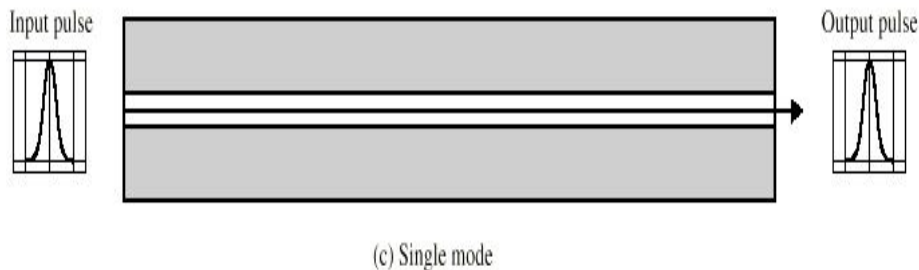
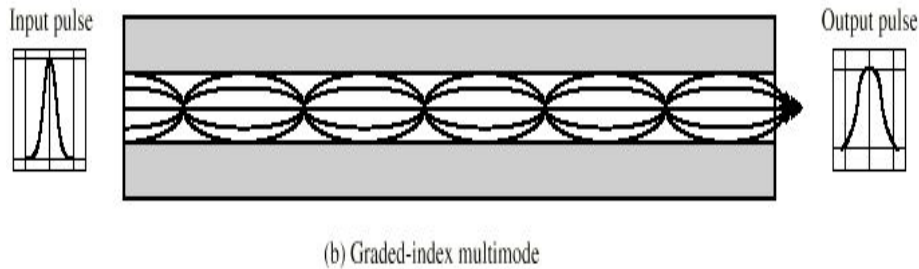
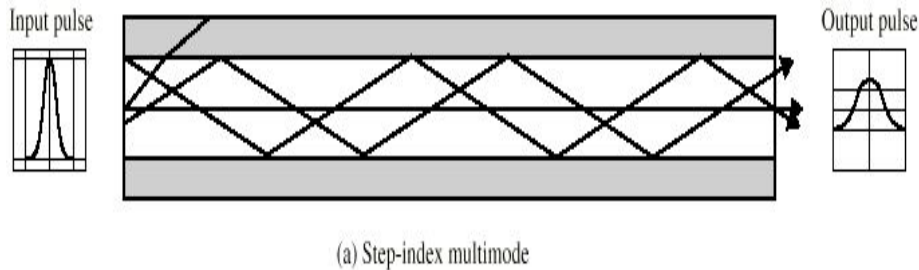
ОПТОВОЛОКНО



- 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

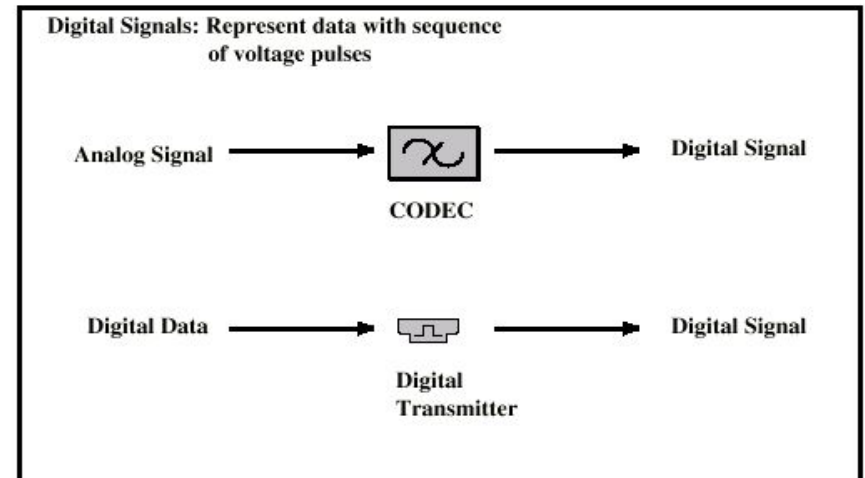
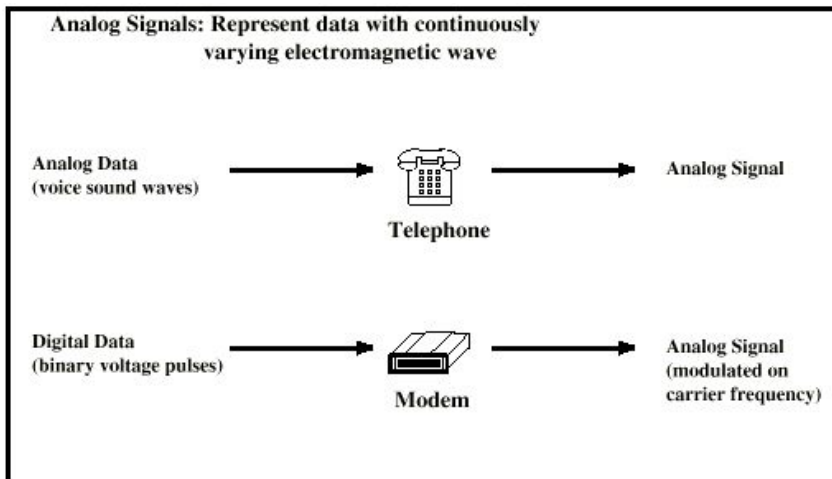
Аналоговые и цифровые данные

- 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 могут быть представлены 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)



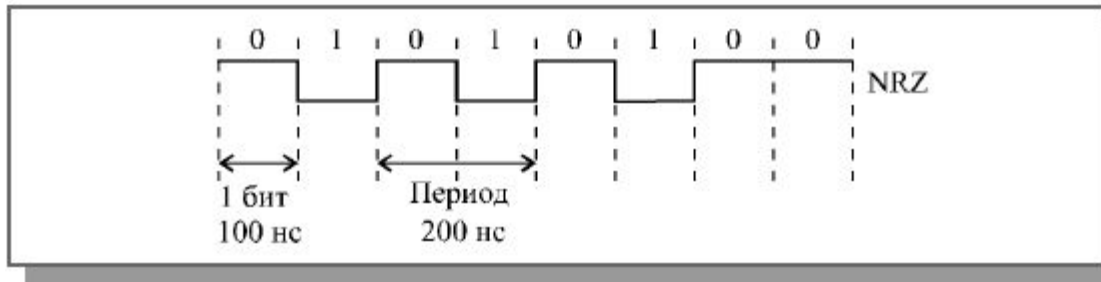
Физическое кодирование канала

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



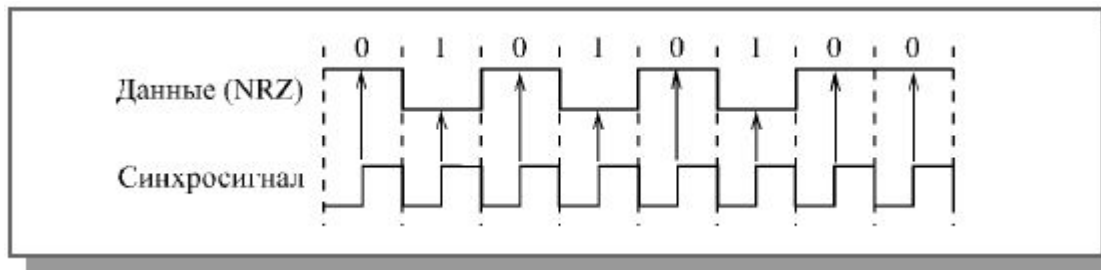
Код NRZ (Non Return to Zero – без возврата к нулю)

- Скорость передачи и требуемая пропускная способность при коде NRZ



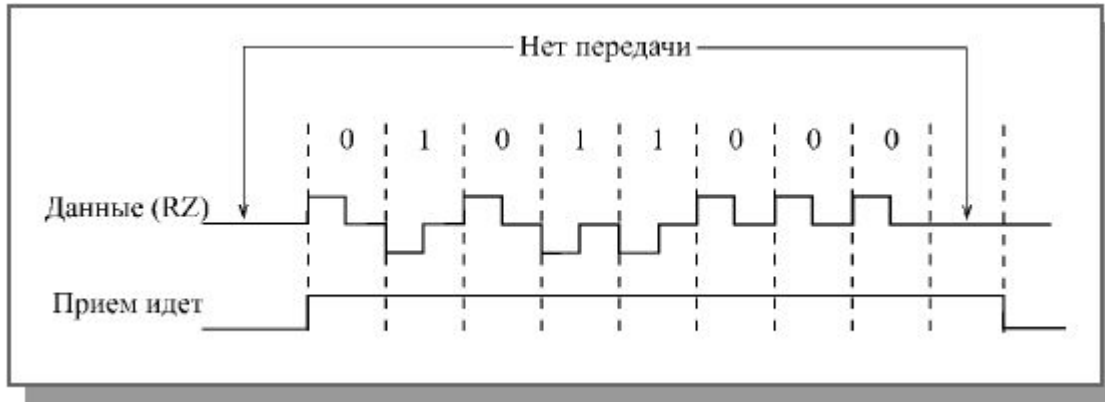
Недостаток: возможность потери синхронизации приемником

- Передача в коде NRZ с синхросигналом



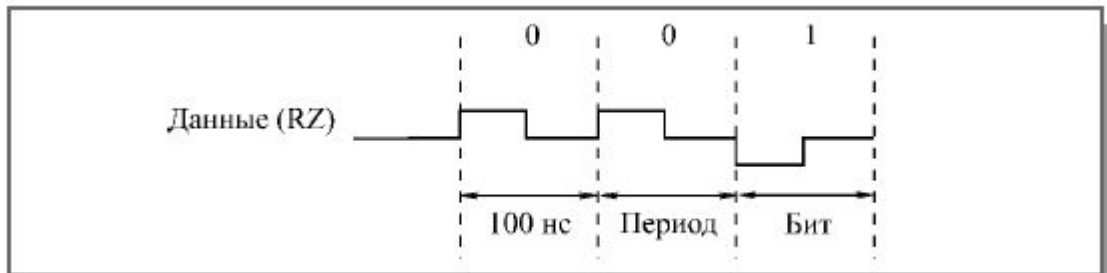
Код RZ (Return to Zero – с возвратом к нулю)

- 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



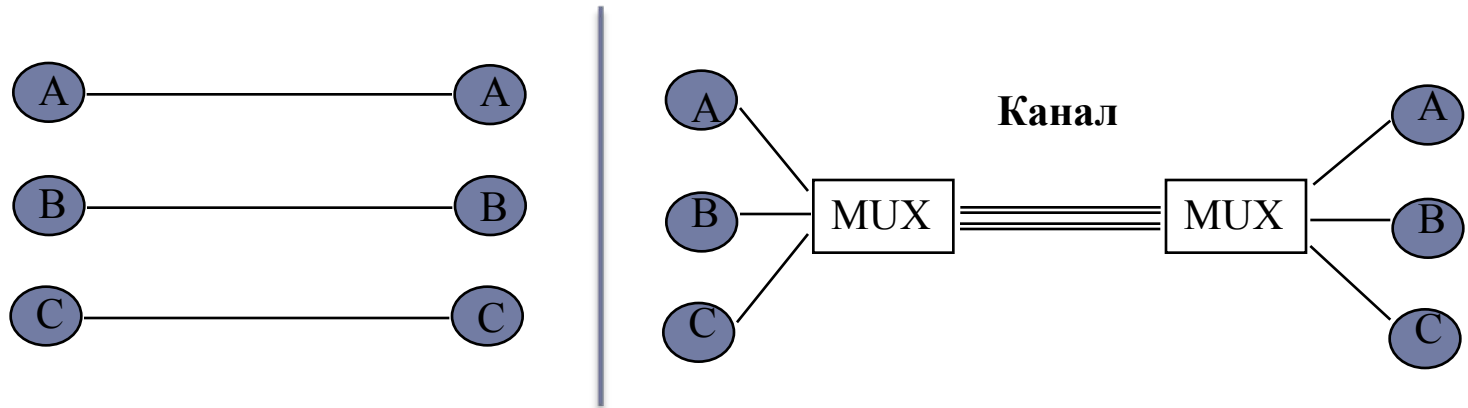
Манчестерский код (код Манчестер-II)

Достоинства:

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



Мультиплексирование



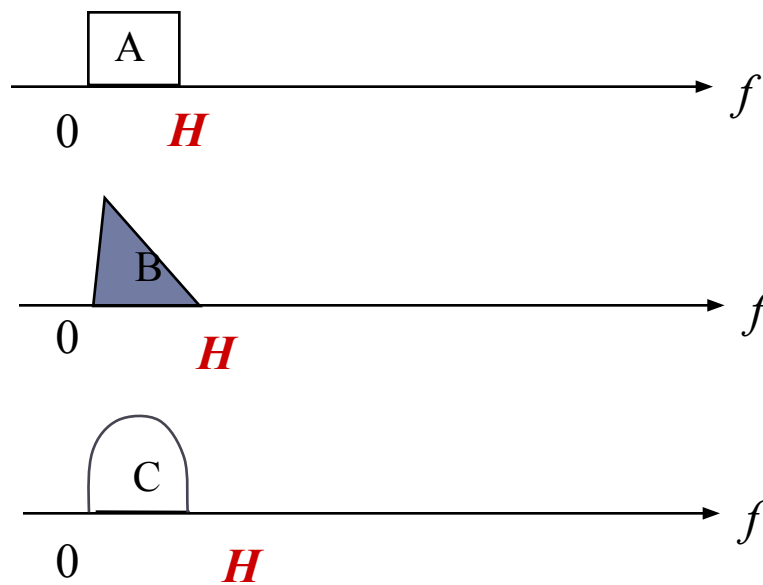
Технологии:

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

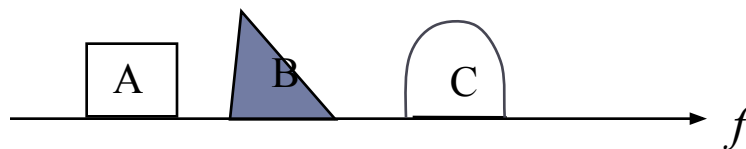


Частотное разделение FDM/WDM

(a) Один сигнал занимает полосу H Гц

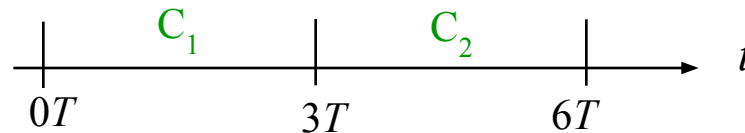
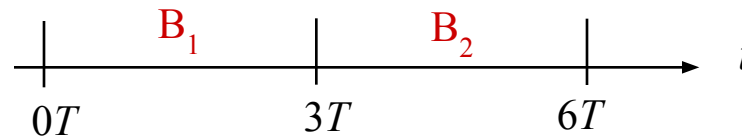
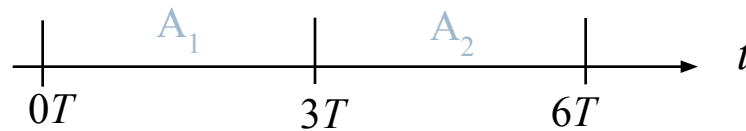


(b) Объединенный сигнал



Временное разделение TDM

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



(b) Объединенный сигнал

