

Тема

2.

Анализ уровней модели *OSI*
в локальных сетях на примере
Ethernet и протоколов *TCP/IP*

Тема 2. Анализ уровней модели *OSI* в локальных сетях на примере *Ethernet* и протоколов *TCP/IP*

✓ Лекция 4. Физический уровень сети

✓ Лекция 5. Уровень передачи данных

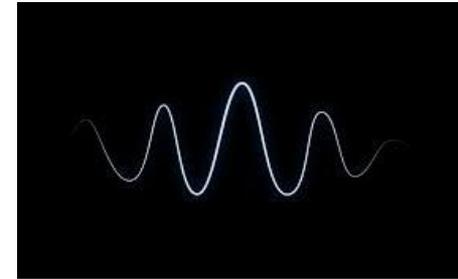
✓ Лекция 6. Подуровень управления доступом к среде

✓ Лекция 7. Сетевой уровень

✓ Лекция 8. Транспортный и сессионный уровень

✓ Лекция 9. Прикладной уровень

Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала *Тема 2.*



1. Параметры сигнала.
2. Линейное кодирование – простейшие случаи.
3. Линейное кодирование – FAST Ethernet.
4. Линейное кодирование – GIGABIT Ethernet.
5. Применение квадратурного модулированного сигнала в сетях.
Параллельная многочастотная передача модулированного сигнала.
6. Сигнал в беспроводных сетях:
 - расширение спектра перескоком по частоте;
 - расширение прямой последовательностью;
 - расширение комплементарной кодовой последовательностью.
 - многочастотная передача в беспроводных сетях.

Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

Тема 2.

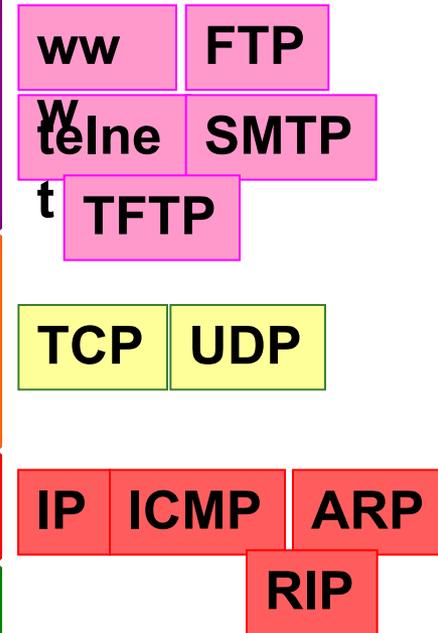
Модель OSI



Модель DoD (TCP/IP)



Стек



Определяет тип локальной сети

На основании чего они строятся?

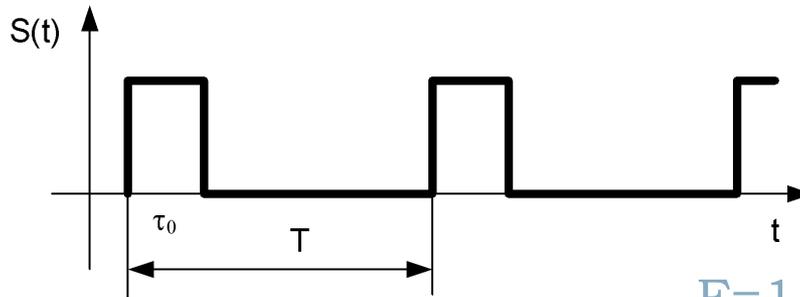
Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

Тема 2.

1. Параметры сигнала

■ *Параметры единичного элемента* —

1. Длительность импульса, период, скважность, скорость манипуляции



$$N = T / \tau_0$$

$$B = 1 / \tau_0 \text{ (бод)}$$

$$F = 1 / T = 1 / (N \tau_0) = B / N$$

■ *Скорость передачи информации I* —

Количество информации в единицу времени (бит/с).

$$V = I / \tau_0 = \log_2(m_c / \tau_0) = B \cdot \log_2(m_c)$$

m_c = число значащих позиций кода (двухпозиционный, многопозиционный)

Лекция 4¾. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

1. Параметры сигнала

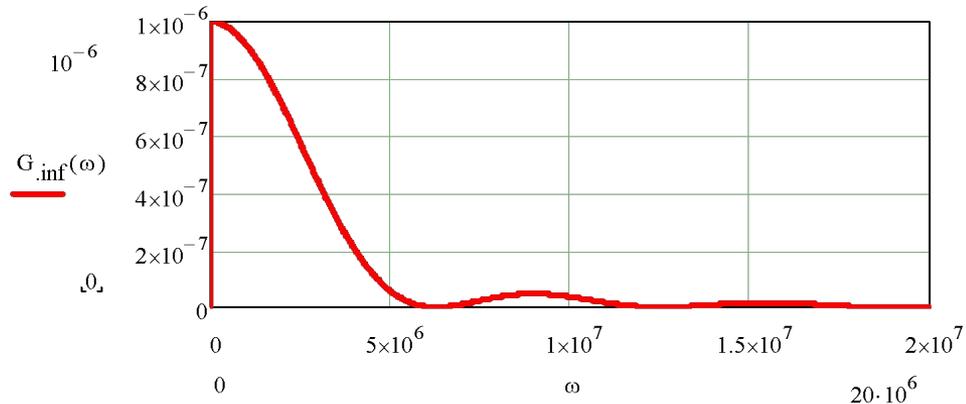
■ *Спектр сигнала – спектр случайного сигнала* —

Передаваемые кодовые комбинации – независимые случайные импульсы с известной амплитудой U и длительностью τ_0 . Спектр приближенно корреляционную функцию:

$$G_{\text{impls}}(\omega) := 2 \cdot \int_0^{\infty} F_{\text{kor}}(\tau) \cdot \cos(\omega \cdot \tau) \, d\tau$$

$$F_{\text{kor}}(\tau) := U^2 \cdot \left(1 - \frac{|\tau|}{\tau_0} \right)$$

$$G_{\text{inf}}(\omega) := U \cdot \tau_0 \cdot \frac{\left(\sin\left(\frac{\omega \cdot \tau_0}{2}\right) \right)^2}{\left(\frac{\omega \cdot \tau_0}{2}\right)^2}$$



Спектр бесконечен, но энергетически сосредоточен вблизи постоянной составляющей и нескольких первых гармоник.

Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

1. Параметры сигнала

■ *Амплитуда* —

Выбор амплитуды сигнала U определяется особенностями физического канала. Так, например, для двухпроводных линий витой пары для допустимого уровня переходных помех в линии связи (скорости передачи, амплитуда, переходное затухание):

$V > 2400$ бод – 3В (87 дБ) - Next
- 0,3 В (69,5 дБ) - Next

$$\text{Next} = 20 \cdot \lg(U_{11}/U_{33})$$

$$\text{Fext} = 20 \cdot \lg(U_{11}/U_{44})$$

■ *Требования к сигналу* —

- последовательность импульсов должна обеспечивать синхронизацию;
- энергетический спектр не должен содержать пост. составляющую; (межсимвольные помехи, питание);
- уменьшение ВЧ части спектра (диапазон);
- возможность алгоритмизации безошибочной передачи.

Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

1. Параметры сигнала

■ Амплитуда —

Выбор амплитуды сигнала U определяется особенностями физического канала. Так, например, для двухпроводных линий витой пары для допустимого уровня переходных помех в линии связи (скорости передачи, амплитуда, переходное затухание):

$V > 2400$ бод – 3В (87 дБ) - Next
- 0,3 В (69,5 дБ) - Next

$$\text{Next} = 20 \cdot \lg(U_{11}/U_{33})$$

$$\text{Fext} = 20 \cdot \lg(U_{11}/U_{44})$$

■ Требования к сигналу —

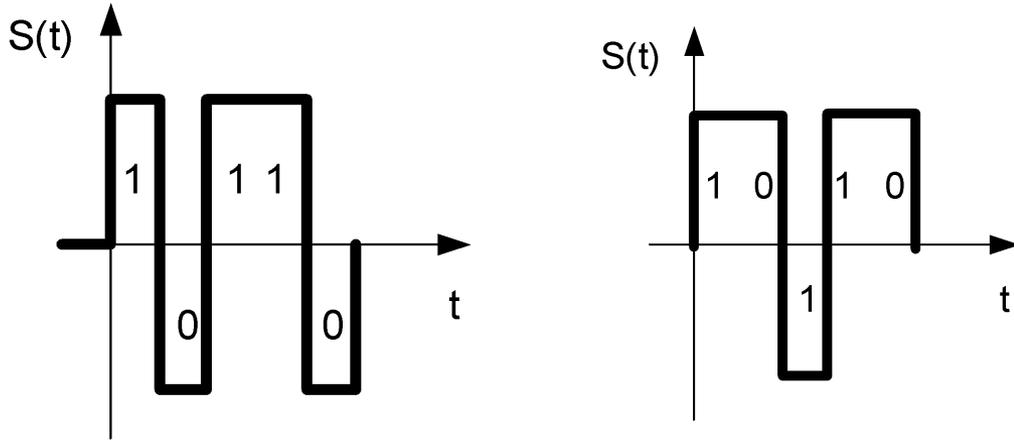
- последовательность импульсов должна обеспечивать синхронизацию;
- энергетический спектр не должен содержать пост. составляющую; (межсимвольные помехи, питание);
- уменьшение ВЧ части спектра (диапазон);
- возможность алгоритмизации безошибочной передачи.

Для удовлетворения этих требований в проводных линиях связи стали применять линейное кодирование.

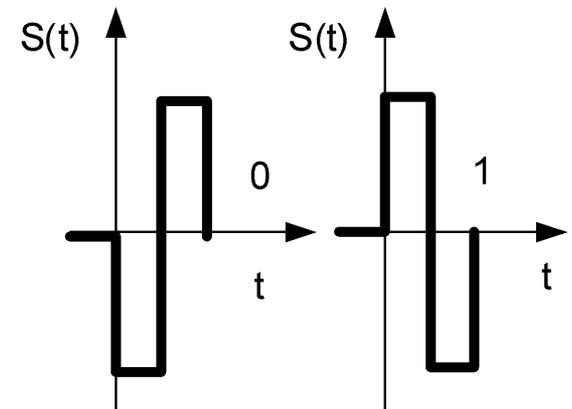
Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

2. Линейное кодирование – простейшие случаи

- **NRZ, NRZI** —
кодирование информации
разнополярными сигналами



- **Manchester | DiffManchester code** —
кодирование информации
расширением спектра (передача 2х символов)



Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

2. Линейное кодирование – Fast Ethernet (4В/5В,Т)

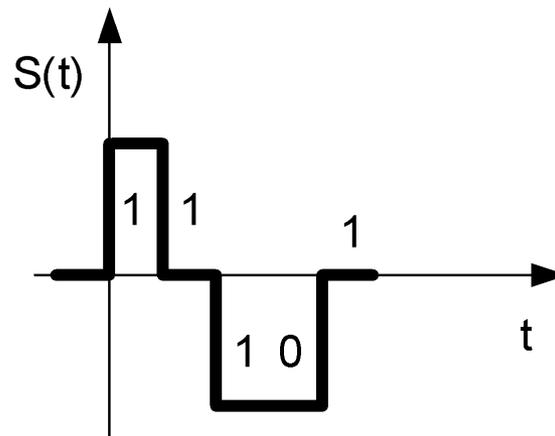
■ *MLT-3* – MultiLevel Transmission 3



трехпозиционное кодирование. Относится к кода xByT (4В3Т)

1 – переход из одного состояния в другое

0 – неизменное состояние



Передача по 5 бит в трехпозиционном коде вместо 4-х бит.

Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

2. Линейное кодирование – Fast Ethernet (4В/5В,Т)

■ **MLT-3** – MultiLevel Transmission 3

трехпозиционное кодирование (3 состояния) .

Принцип формирования из бинарной последовательности:

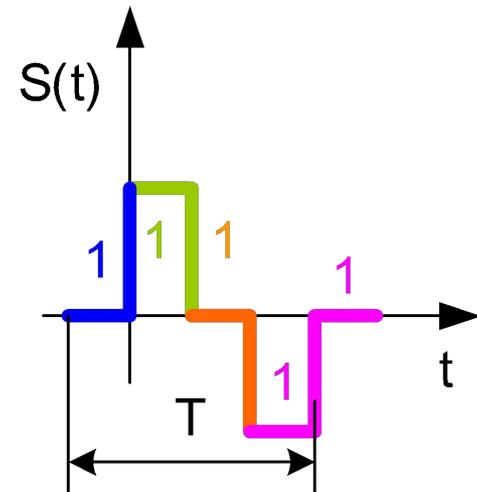
1 – переход из одного состояния в другое;

0 – неизменное состояние.

Преимущество: в случае передачи набора 1ц, для формирования периода/цикла необходимо 4 перехода (4 бита) - частота несущей уменьшается в 4 раза .



Применяется не только как прямое изменение вида сигнала, но также как замена бинарной последовательности. Относится к коду xByT (**4В3Т**)



Передача по 5 бит в трехпозиционном коде вместо 4-х бит.

Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

2. Линейное кодирование – Fast Ethernet (4В/5В,Т)

■ *MLT-3* – MultiLevel Transmission 3



Декодировка на приёме:

Т 3 бита	В 4 бита	Т 3 бита	В 4 бита	Т 3 бита	В 4 бита
+U 0 +U	0000	-U +U +U	0110	+U 0 -U	1011
0 -U 0	0000	-U -U +U	0110	+U +U +U	1100
0 - +U	0001	-U 0 +U	0111	-U +U -U	1100
+U -U 0	0010	+U 0 0	1000	0 +U 0	1101
0 0 +U	0011	0 -U -U	1000	-U 0 -U	1101
-U -U 0	0011	+U -U +U	1001	0 +U -U	1110
-U +U 0	0100	-U -U -U	1001	+U +U 0	1111
0 +U +U	0101	+U +U -U	1010	0 0 -U	1111
-U 0 0	0101	+U -U -U	1010	0 0 0	X

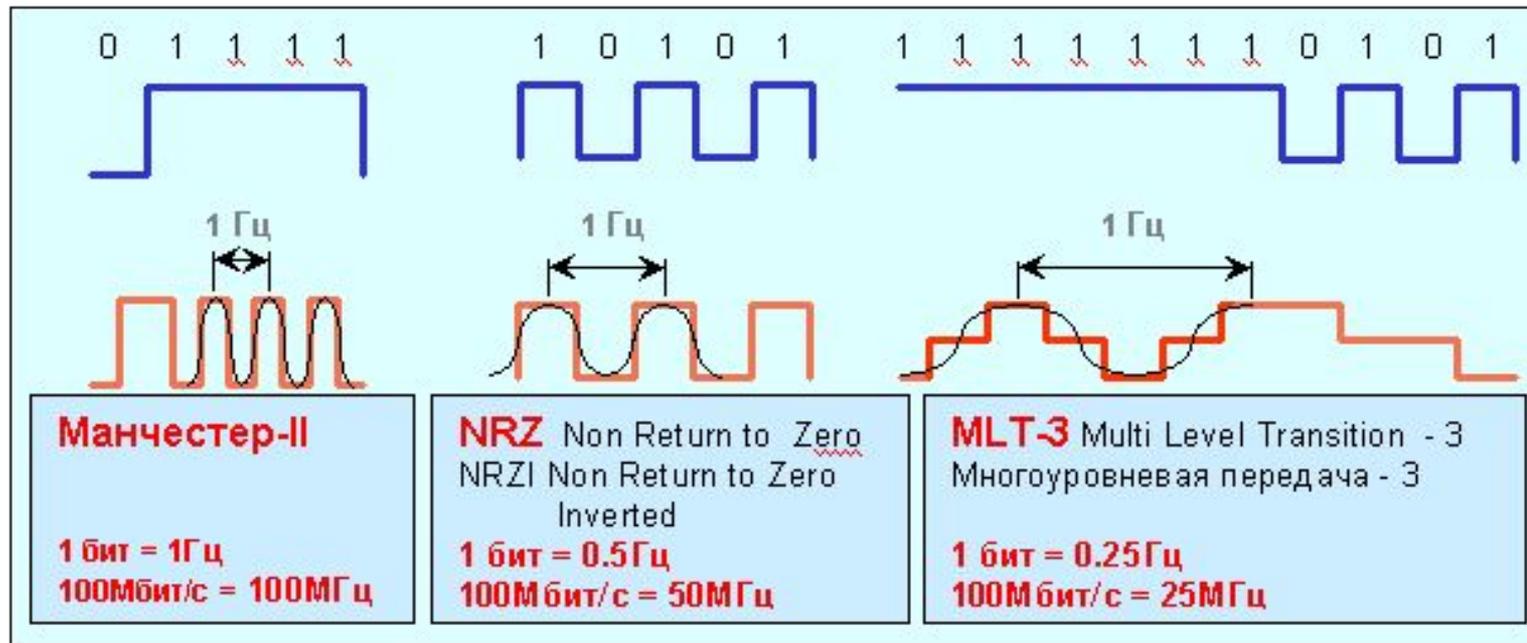
Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

2. Линейное кодирование – Fast Ethernet (4В/5В,Т)

■ *MLT-3* – MultiLevel Transmission 3



Частота несущей:



Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

2. Линейное кодирование – Fast Ethernet (4В/5В,Т)

■ **4В/5В** — Дополнительное кодирование MLT-3

Код передачи для дополнительной помехоустойчивости и синхронизации предварительно кодируется – каждый 4 бита заменяются 5ю.

Расширение комбинаций кода позволяет использовать более равномерное изменение битов в последовательности (не более 3 нулей подряд), а также добавляются служебные комбинации.

Передача по 5 бит в трехпозиционном коде вместо 4-х бит.

Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

2. Линейное кодирование – Fast Ethernet (4В/5В,Т)

■ 4В/5В – Дополнительное кодирование MLT-3

4 В	5 В		4 В	5 В		4 В	5 В
0000	11110		1001	10011		Ожидание	11111
0001	01001		1010	10110		Начало потока	11000
0010	10100		1011	///		Начало потока	10001
0011	10101		1100	///		Конец потока	01101
0100	01010		1101	///		Конец потока	00111
0101	01011		1110	///		Ошибка передачи	00100
0110	01110		1111	///		Недопустимые комбинации	///
0111	01111		1000	10010			

Лекция 4¾. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

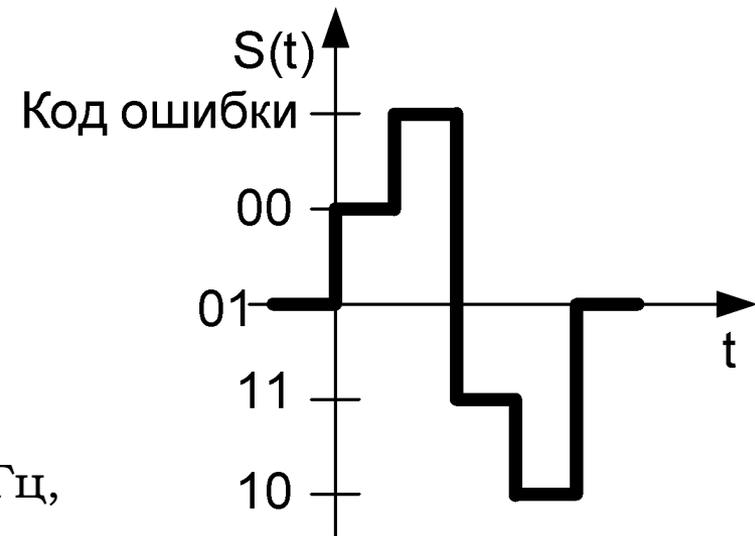
2. Линейное кодирование – Gigabit Ethernet (PAM-5)

- **PAM-5** – Pulse Amplitude modulation
пятипозиционное кодирование



Обеспечивает одновременную передачу 2 бит:

10	→	- 1 U ;
11	→	- 0,5 U ;
01	→	0,5 U ;
00	→	1 U ;
код ошибки	→	0 U ;



Частота несущего колебания может быть уменьшена в 2 раза.
При тактировании как в FastEthernet 125 МГц, за счет 4 пар и 2битной передачи скорость передачи в GigEth= $125 \cdot 2 \cdot 4 = 1000$ Мбит/с.

Возможность исправления ошибок увеличивает помехоустойчивость кода.

Лекция 4^{3/4}. Построение физического и канального уровня – формирование сигнала

4. Применение квадратурного модулированного сигнала в сетях

- **QPSK** – Quadrature Phase Shift Keying – квадратурная фазовая модуляция



Частный случай квадратурной амплитудной модуляции (QAM-4).
Количество позиций кода – 4, каждая позиция соответствует своему значению фазы несущего колебания (разница между позициями - 90°).

Сигнал получают путем сложения синфазной (I – In Phase) и противофазной составляющей Q(Quadrature) с одинаковой частотой.

