

Технологія Fast Ethernet

Тематика лекції:

1. Історія створення 100-мегабітних стандартів LAN
2. Структура стандартів IEEE 802.3u
3. Архітектура Фізичного рівня Fast Ethernet
4. Режими роботи обладнання Fast Ethernet на витій парі
5. Інтерфейс MII в мережному адаптері Fast Ethernet
6. Підрівні Фізичного рівня технології Fast Ethernet
7. Режими роботи Fast Ethernet на витій парі
8. Стандарт 100Base-TX
9. Формат кадру Fast Ethernet
10. Структура фізического уровня спецификации 100Base-TX
11. Метод кодування 4В/5В
12. Особливості стандарту 100Base-T4
13. Логічне кодування (коднуються окремі групи біт) за методом 8В/6Т
14. Метод кодування MLT-3
15. Спектри сигналів в мережах Ethernet
16. Метод NRZI

Історія створення 100-мегабітних стандартів LAN

Fast Ethernet - технологія LAN зі швидкістю 100Мбіт/с

1992 рік - провідні компанії-розробники мережного обладнання: 3Com, SynOptic та ін. створили некомерційне об'єднання Fast Ethernet Alliance (**Fast Ethernet** – швидкий Ethernet) для розробки 100-Мегабітного стандарту Ethernet.

В цей же період група компаній на чолі з Hewlett-Packard та AT&T розпочала роботи по створенню власної 100 мегабітної LAN. Пізніше до них приєдналася IBM, щоб нову технологію реалізувати на базі Token Ring.

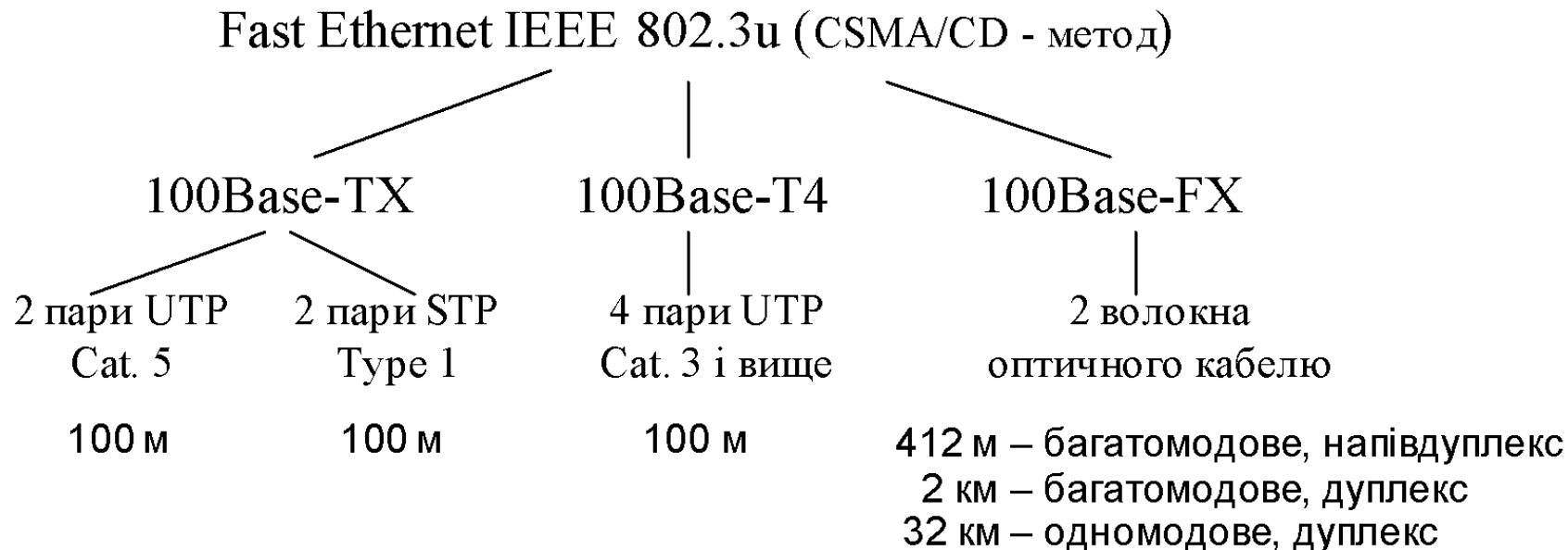
У **вересні 1993** року була утворена група IEEE 802.12 для стандартизації технології компаній на чолі з Hewlett-Packard та AT&T, яка отримала назву 100VG-AnyLAN. Статус стандарту IEEE 802.12 нова технологія отримала літом 1995 року (трохи опередивши Fast Ethernet).

Восени 1995 року комітет IEEE затвердив подані Альянсом Fast Ethernet специфікації як додаткові розділи до існуючого стандарту Ethernet IEEE 802.3 (за кодовим номером **IEEE 802.3u**), оскільки вони фактично являли собою подальший розвиток “класичного” Ethernet.

Стандарти IEEE 802.3u відзначаються такими характеристиками:

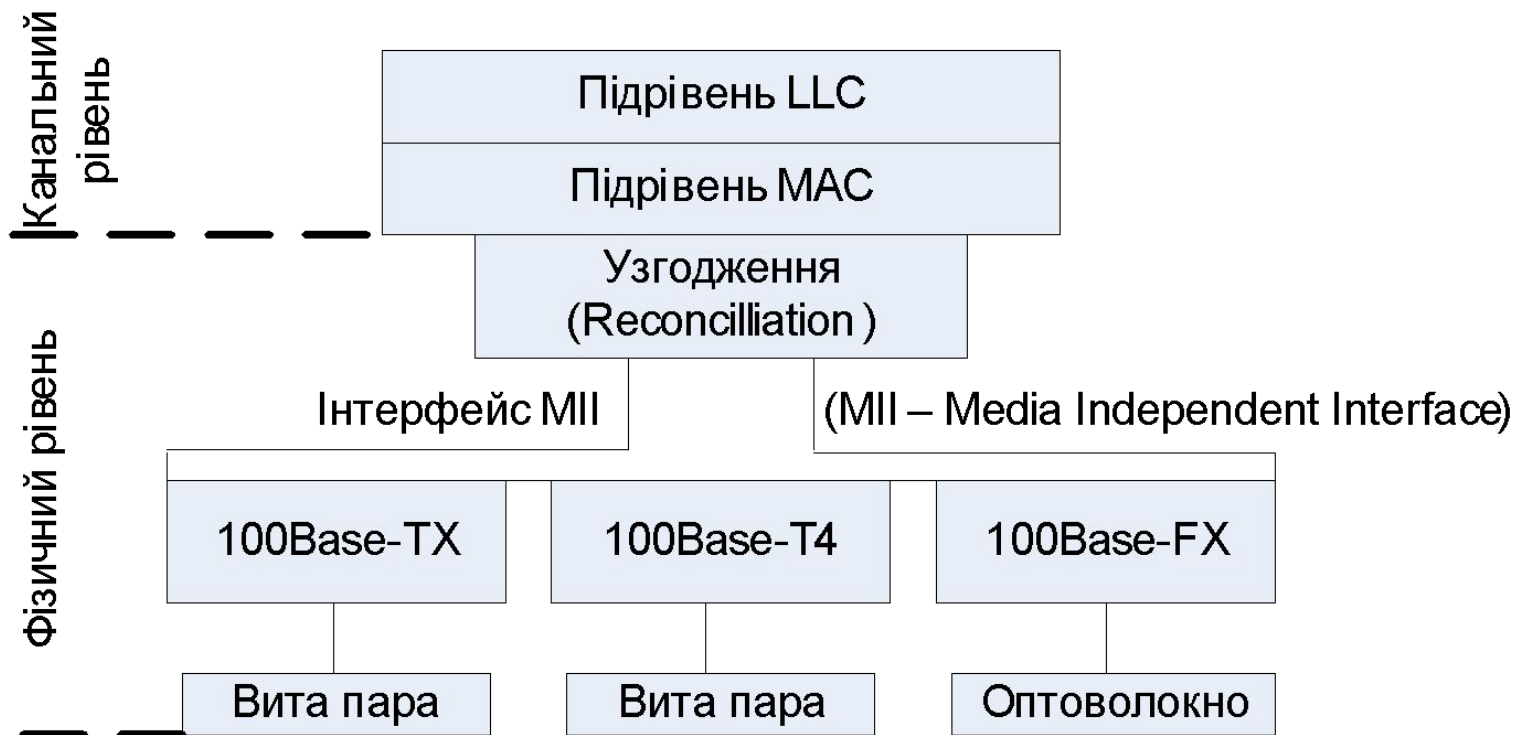
- номінальна бітова швидкість передачі даних складає:
100 Мбіт/с в напівдуплексному режимі,
200 Мбіт/с в дуплексі;
- підтримка напівдуплексного і дуплексного режимів;
- збережений метод випадкового доступу CSMA/CD, аналогічний 10-ти мегабітному Ethernet (тільки для напівдуплексного режиму);
- Збережено підрівні LLC та MAC канального рівня;
- збережені формати кадрів, прийняті в Ethernet;
- базова топологія – зірка, за допомогою концентраторів або комутаторів – деревовидна (ієрархічна);
- традиційні для Ethernet середовища передачі даних – вита пара і оптичні волокна.
- міжкадровий проміжок (**IPG**) становить 0,96 мкс, бітовий інтервал дорівнює 10 нс. Всі часові параметри алгоритму доступу (інтервал відкладання, час передачі кадру мінімальної довжини і т. п.), виміряні в бітових інтервалах, залишились без змін, тому розділи стандарту підрівня MAC залишилися такими, як у 10Base-T.
- ознакою незайнятості кабелю є передача коду **Idle** (11111). В 10-ти мегабітних стандартах у вільному середовищі був відсутній сигнал.

Структура стандартів IEEE 802.3u



Стандарт IEEE 802.3u (Fast Ethernet) об'єднує декілька варіантів (три на витій парі і п'ять на оптичному волокні), але з них найбільше застосовуються лише **100Base-TX**, **100Base-T4** - на витій парі і **100Base-FX** – на оптичному волокні

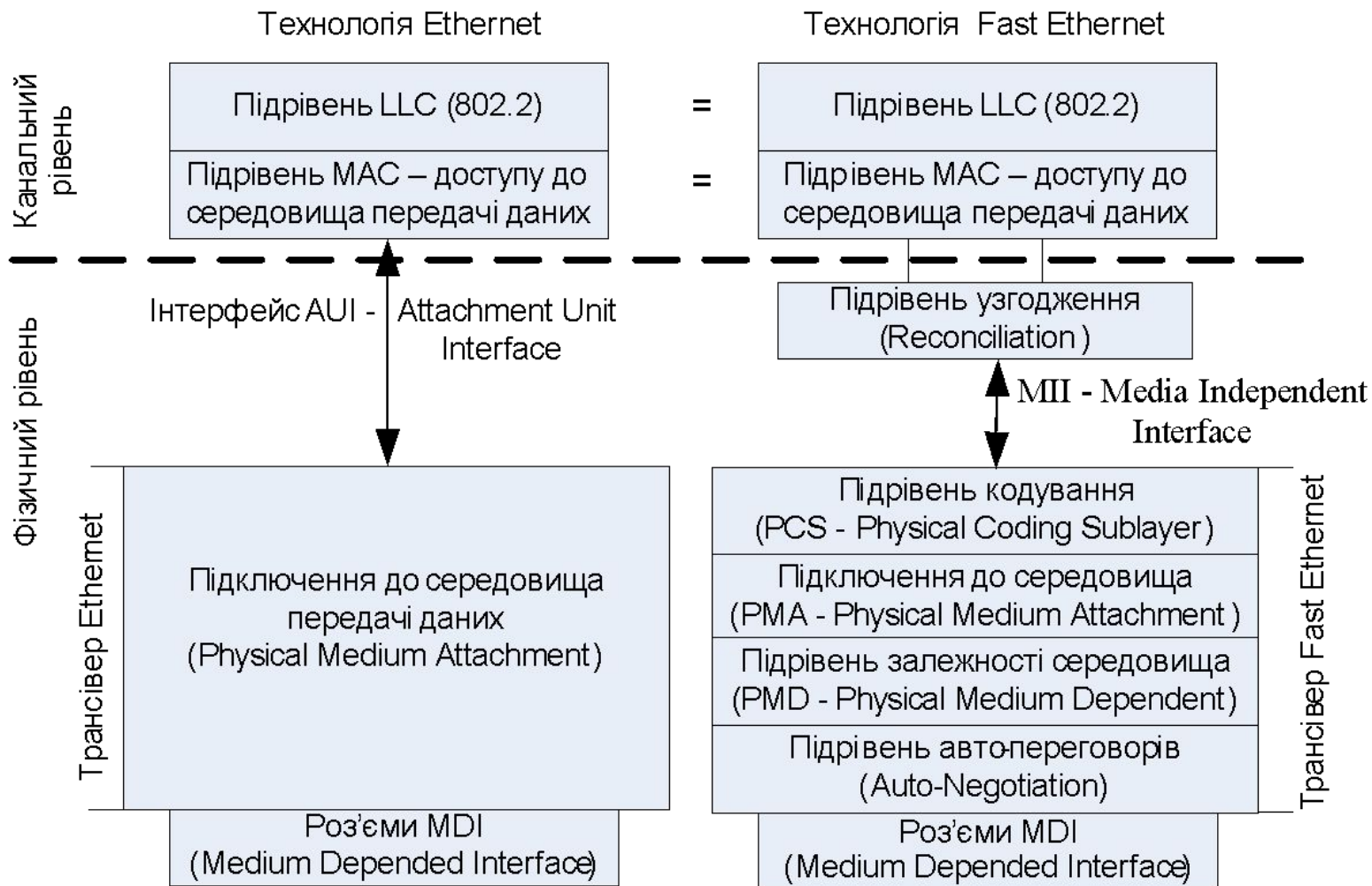
Архітектура Фізичного рівня Fast Ethernet



В залежності від типу передавального середовища Канальний рівень повинен взаємодіяти з трьома різними реалізаціями Фізичного.

Інтерфейс MII забезпечує однаковий для усіх середовищ спосіб обміну інформацією між MAC-підрівнем і Фізичним рівнем. Звідси, усі три специфікації Fast Ethernet використовують одну і ту ж процедуру MAC-підрівня не залежно від того чи іншого мережного кабелю

Фізичні рівні технологій Ethernet і Fast Ethernet



Підрівні Фізичного рівня технології Fast Ethernet

- **Підрівень узгодження (Reconciliation)**- для адаптації двох інтерфейсів - AUI (Attachment Unit Interface) і MII (Media Independent Interface) між собою;
- **Підрівень кодування (coding sublayer)** реалізує два методи надлишкового кодування: 4В/5В для 100Base-TX і 100Base-FX та 8В/6Т для 100Base-T4;
- **Підрівні підключення до середовища (medium attachment) і залежності від середовища (medium dependent)** відповідають за представлення бітових послідовностей, поданих в одному з двох логічних кодів, у відповідному цифровому коді, тобто:
 - або у коді MLT-3 (для 4В/5В),
 - або у коді NRZI (для 8В/6Т). (Код Манчестер II в Fast Ethernet не використовується).
- **Підрівень переговорів (auto-negotiation)** дозволяє двом взаємодіючим портам (“адаптер-комутатор” або “комутатор-комутатор”) автоматично визначити прийнятний (допустимий) режим роботи:
 - дуплексний чи напівдуплексний;
 - з інтенсивністю 10 Мбіт/с чи 100 Мбіт/с. (тільки в стандартах на витій парі)

П'ять можливих режимів Fast Ethernet на витій парі

В процесі переговорів вибирається один з п'яти можливих режимів, які підтримують пристрої Fast Ethernet на витій парі:

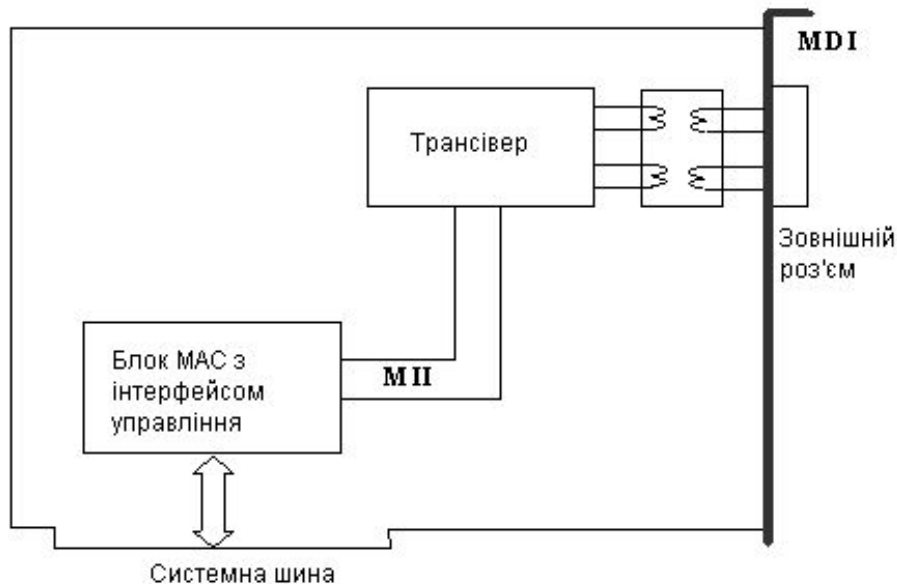
- 100Base-TX (повний дуплекс);
- 100Base-T4;
- 100Base-TX;
- 10Base-T (повний дуплекс);
- 10Base-T.

Режим 10Base-T має найнижчий пріоритет,

Режим 100Base-TX (повний дуплекс) - найвищий пріоритет.

Переговори: посилається протилежному порту пакет спеціальних імпульсів Fast Link Pulse burst – FLP (burst - пакет). Цей пакет містить 8-ми бітний код режиму обміну даними.

Інтерфейс MII в мережному адаптері Fast Ethernet



Функції Фізичного рівня виконують спеціальні електронні блоки – **трансівери**. Трансівер Fast Ethernet входить, як правило, до складу мережної плати.

Фізично інтерфейс MII утворюють групи провідників, через які передаються:

- дані (біти кадру),
- повідомлення про помилки передачі,
- сигнали управління.

Бітові дані транспортуються через MII двома каналами, кожен з яких має 4-х бітну ширину. Одним каналом групами з 4-х біт дані паралельно передаються від MAC до PHY. Пересилання синхронізується тактовими імпульсами, які генерує PHY, а також сигналом “Передача”, який видається MAC-підрівнем. Іншим каналом дані передаються від PHY до MAC. Канал синхронізується тактовими сигналами і сигналом “Приймання”, які генеруються апаратурою Фізичного рівня.

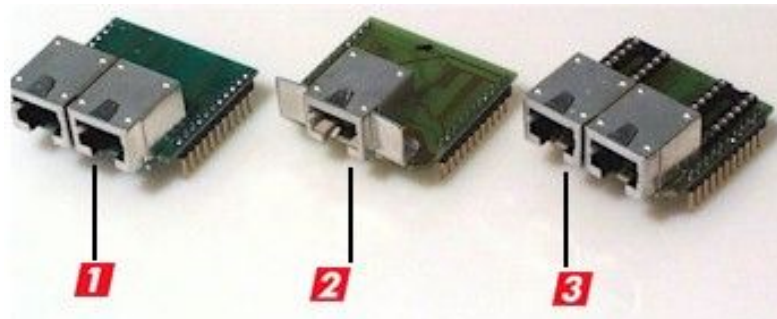
Трансівер формує сигнал “Помилка приймання” (receive error) і видає його на підрівень MAC через MII

Стандарт 100Base-TX

100BASE-TX (IEEE 802.3u) — развитие стандарта 10BASE-T для использования в сетях топологии «звезда».

Задействована витая пара категории 5 (фактически используются только две неэкранированные пары проводников,) или экранированной витой паре STP Type 1, поддерживается дуплексная передача данных, расстояние до 100 м.

В качестве разъема MDI используется восьмиконтактный разъем RJ-45 категории 5 (аналогичный 10Base-T, что обеспечивает обратную совместимость с существующими кабельными разводками категории 5). Для экранированных витых пар в качестве разъема MDI используется разъем STP IBM типа 1, который является экранированным разъемом DB9 (аналогичный Token Ring).

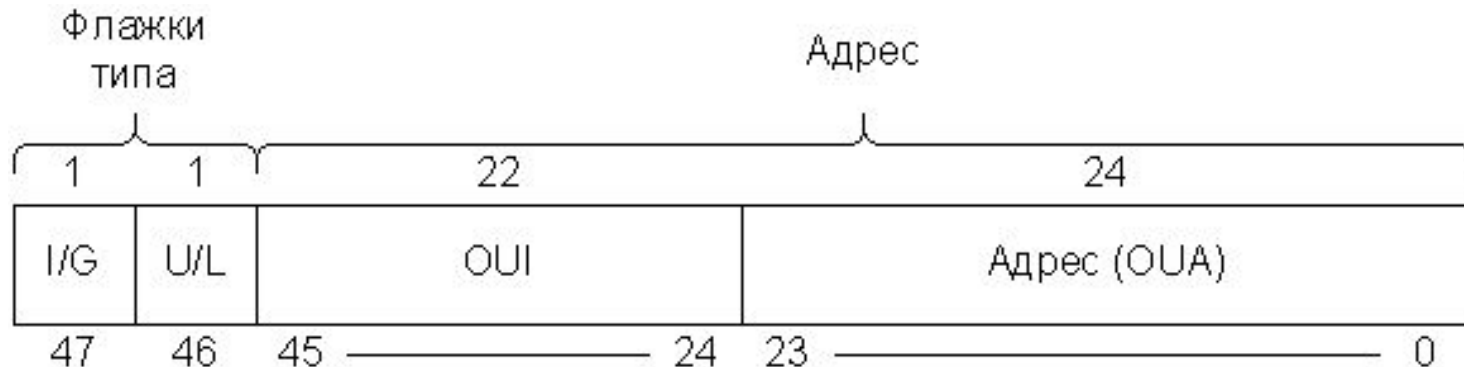


Назначение контактов разъема MDI кабеля UTP 100Base-TX

<i>Номер контакта</i>	<i>Название сигнала</i>	<i>Цвет провода</i>
1	Передача +	Белый/оранжевый
2	Передача -	Оранжевый
3	Прием +	Белый/зеленый
4	Не используется	Синий
5	Не используется	Белый/синий
6	Прием -	Зеленый
7	Не используется	
8	Не используется	

В интерфейсе среды UTP 100Base-TX применяются две пары проводов. Для минимизации перекрестных наводок и возможного искажения сигнала оставшиеся четыре провода не должны использоваться с целью передачи каких-либо сигналов.

Адресация в Fast Ethernet



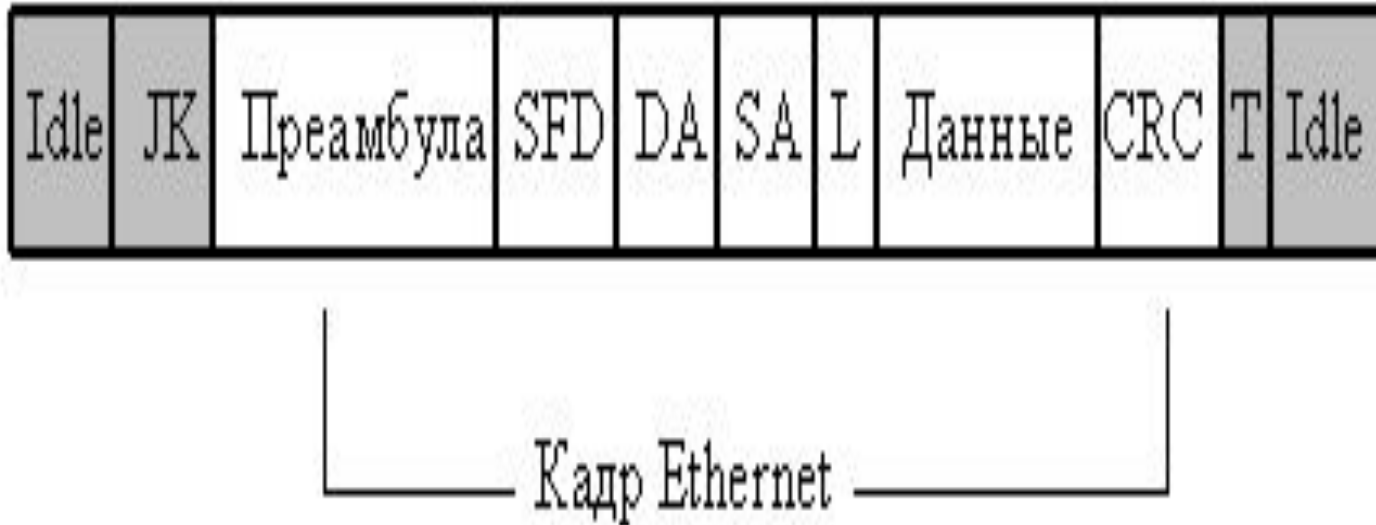
Бит I/G называется флажком индивидуального/группового адреса.

Если бит I/L установлен в 1, то адрес относится к групповым и обычно называется многопунктовым адресом (multicast address) или функциональным адресом (functional address). Если бит I/L установлен в 0, то биты от 46 до 0 трактуются как многопунктовый адрес.

Бит U/L называется флажком универсального/местного управления.

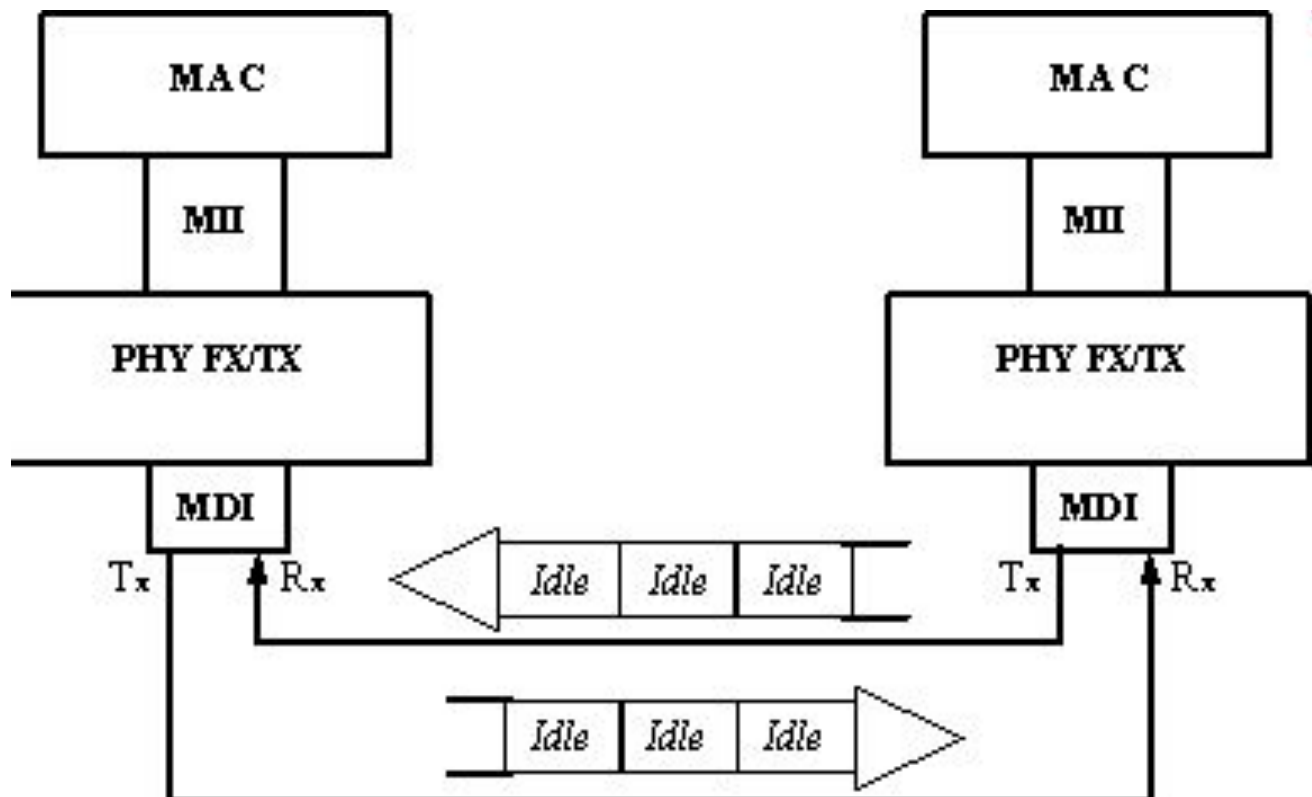
OUI (organizationally unique identifier — организационно уникальный идентификатор).

Формат кадру Fast Ethernet



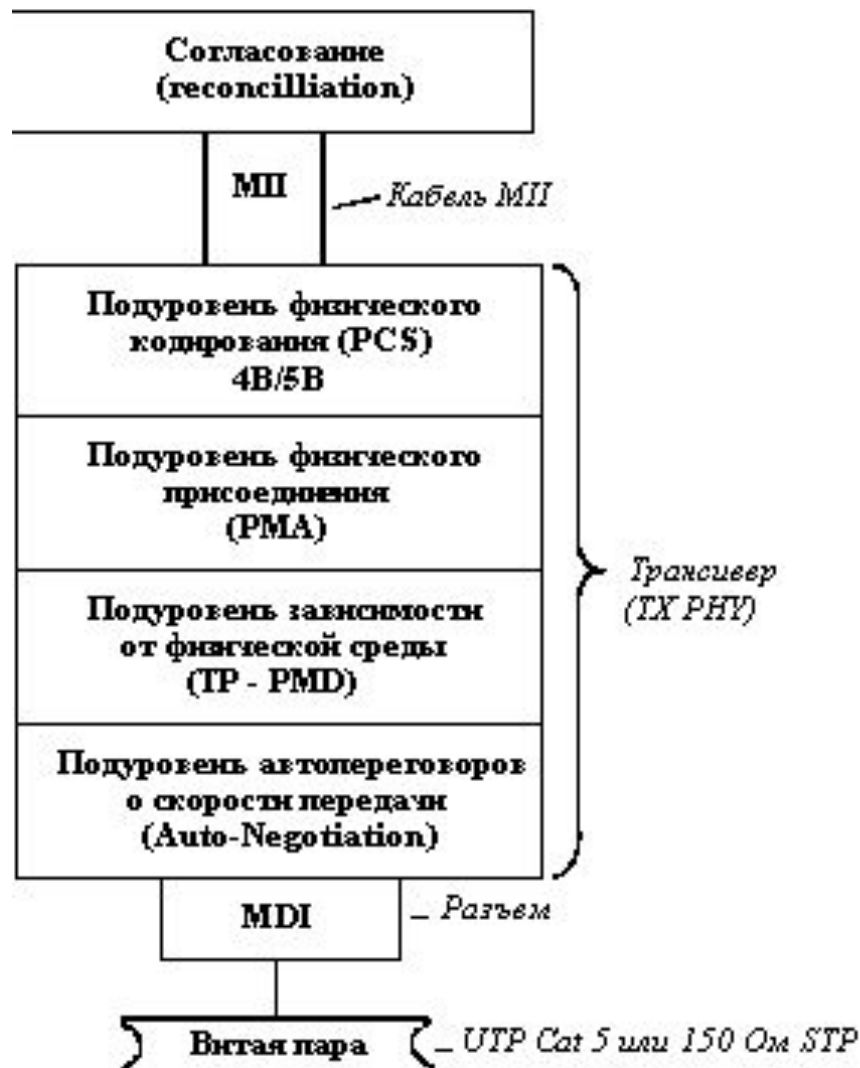
Для отделения кадра Ethernet от символов Idle используется комбинация символов Start Delimiter (пара символов J (11000) и K (10001) кода 4В/5В, а после завершения кадра перед первым символом Idle вставляется символ T

Обмен символами Idle при незанятом состоянии среды



Для обозначения незанятого состояния среды используется служебный символ Idle (11111), который постоянно циркулирует между передатчиком и приемником, поддерживая их синхронизм и в периодах между передачами информации, а также позволяя контролировать физическое состояние линии.

Структура физического уровня спецификации 100Base-TX



Метод кодирования 4В/5В

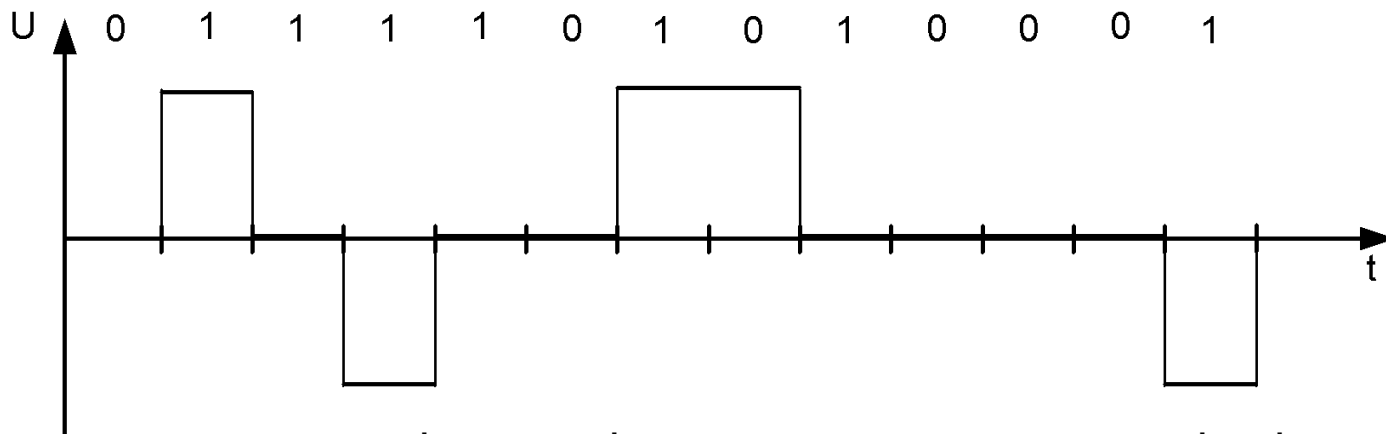
Линейный код	Символ
11110	0
01001	1
10100	2
10101	3
01010	4
01011	5
01110	6
01111	7

10010	8
10011	9
10110	A
10111	B
11010	C
11011	D
11100	E
11101	F

Метод кодирования 4В/5В определен в стандарте FDDI. При этом методе каждые 4 бита данных MAC-подуровня (называемых символами) представляются 5 битами. Использование избыточного бита позволяет применить потенциальные коды при представлении каждого из пяти бит в виде электрических или оптических импульсов. Потенциальные коды обладают по сравнению с манчестерскими кодами более узкой полосой спектра сигнала, а, следовательно, предъявляют меньшие требования к полосе пропускания кабеля.

Метод кодування MLT-3

Метод MLT-3 (MLT-3 Multi Level Transmission-3 - багаторівнева передача – 3 рівні) – це метод цифрового (бітового) кодування, тобто представлення даних за допомогою низки бітових імпульсів у відповідності до певного алгоритму. Був розроблений компанією Cisco Systems для кодування даних в мережах FDDI на мідному кабелі.



У випадку довгої послідовності з одних одиниць, цикл змін рівня сигналу (повернення до початкового стану) складається з чотирьох переходів, наприклад, $-U \rightarrow 0 \rightarrow +U \rightarrow 0 \rightarrow -U$. Звідси, максимальна частота зміни рівнів сигналу стає вчетверо меншою за швидкість передачі в бітах (для низки 1). Це дозволяє вчетверо зменшити частоту бітового сигналу і, відповідно, ширину смуги сигналу, що робить MLT-3 зручним методом для кодування даних під час їх передачі через мідний кабель (вита пара досить критична до ширини смуги сигналу).

Особливості стандарту 100Base-T4



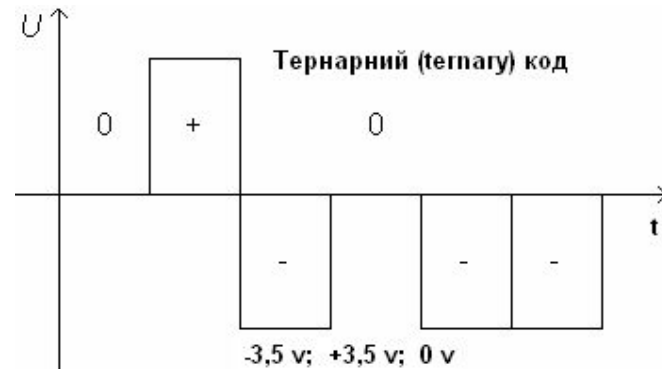
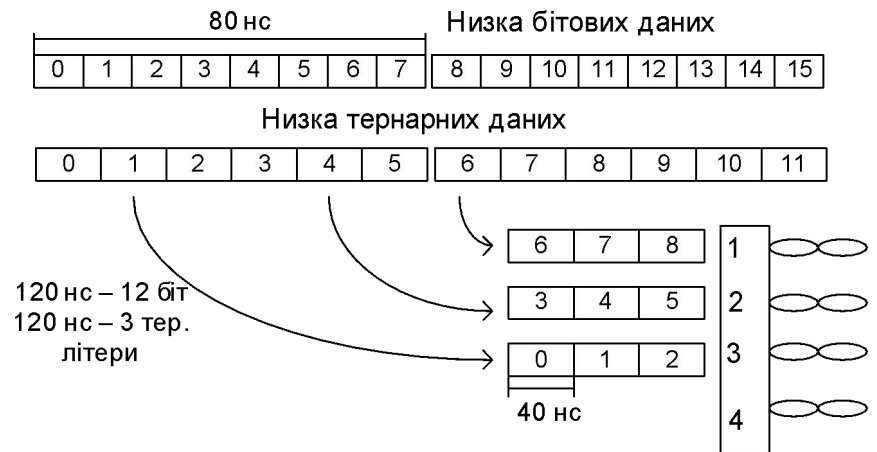
- **Середовище ПД:**
 - вита пара UTP Cat.3, або вище;
 - задіяні 4 виті пари, тобто 8 контактів роз'єму 8P8C;
 - смуга пропускання 16 МГц;
 - напівдуплексний режим.
- **Загальна номінальна швидкість 100 Мбіт/с** була досягнута за рахунок:
 - використання усіх чотирьох пар кабелю,
 - використання системи кодування бітових даних (8B/6T-логічне кодування, та NRZI-фізичне кодування).
- **Номінальна бітова швидкість** передачі через одну пару дорівнює 33,33Мбіт/с, а **швидкість передачі тернарних літер** 25Мліт/с, що відповідає 25МГц.
- Розроблений з метою урівняти шанси з конкуруючою технологією 100VG-AnyLAN.

Логічне кодування (кодуються окремі групи біт) за методом 8В/6Т

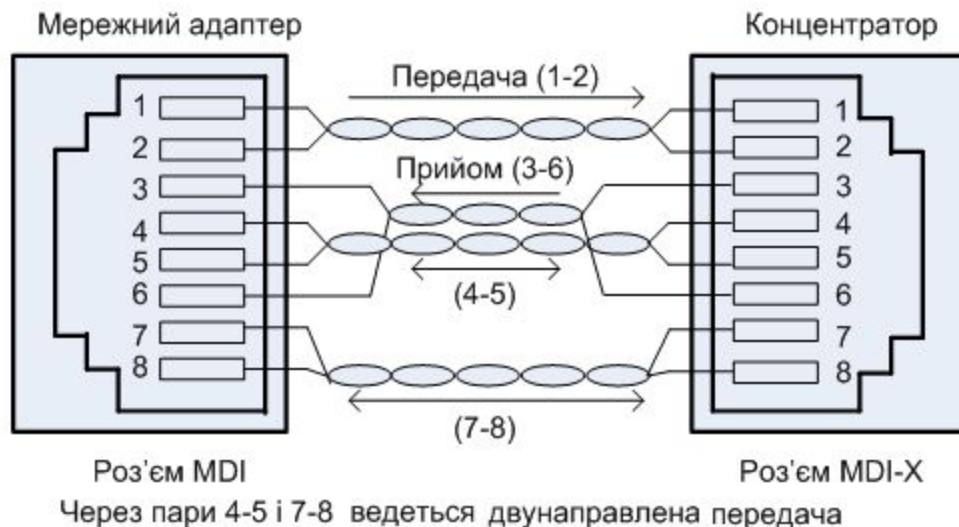
Метод 8В/6Т – метод надлишкового кодування. Вісім біт (byte) кодуються 6-ма трійковими, або тернарними (ternary) цифрами (літерами), за допомогою яких можна відобразити три різні значення, позначимо їх **-**, **0** та **+**.

Коди за методом 8В/6Т (представлені перші 16 чисел з 256 можливих) ($3^6 = 729$ і $2^8 = 256$)

Binary	Код 8В/6Т	Binary	Код 8В/6Т
0000 0000	--+00--+	0000 1000	--+00+-
0000 0001	0-+--+0	0000 1001	0-+++0-
0000 0010	0--+0--+	0000 1010	0--+0+-
0000 0011	0-+++0-	0000 1011	0-+++0+
0000 0100	--+0+0-	0000 1100	--+0-0+
0000 0101	+0---+0	0000 1101	+0--+-0
0000 0110	+0-0--+	0000 1110	+0-0+-
0000 0111	+0--+0-	0000 1111	+0--0+



Розподіл пар в роз'ємах 100Base-T4



Номер контакта	Название сигнала	Цвет провода
1	TX D1 +	Белый/оранжевый
2	TX D1 -	Оранжевый
3	RX D2 +	Белый/зеленый
4	BI D3 +	Синий
5	BI D3 -	Белый/синий
6	RX D2-	Зеленый
7	BI D4 +	Белый/коричневый
8	BI D4 -	Коричневый

- По аналогії з 10Base-T контакти 1-2 і 3-6 комутуються окремими витими парами провідників.
- Завжди через пару (1-2) сигнал передається від мережного адаптера до концентратора, а через пару (3-6) – в протилежному напрямку.
- Пари (4-5) і (7-8) передають сигнал від NIC до комутатора або в протилежному напрямках (в залежності від того, по якій із пар (1-2) чи (3-6) передається сигнал).

Ширина спектра різних сигналів

Коливання, що мають синусоїдальну форму, називаються **гармонічними**. Його параметри визначаються **частотою** і **амплітудою**.

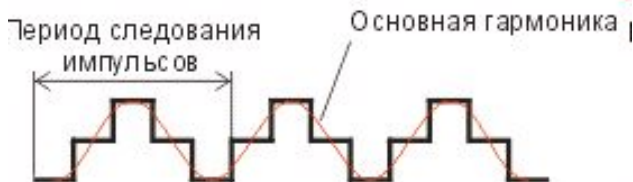
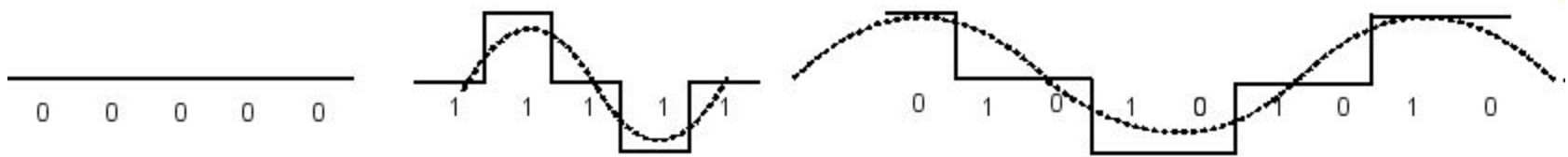
Чим більше форма сигналу відрізняється від синусоїди, тим більше вона має гармонічних складових. Частоти гармонік кратні основній частоті (несучій частоті). Стандарти електроживлення, наприклад, вимагають оцінки якості напруги до тридцятої гармоніки.

Діапазон частот сигналу називається його **спектральною шириною**. Він складається з основної складової (називають несучою) і гармонічних складових, які впливають на форму сигналу (наприклад, на форму імпульсів). Тобто, ширина спектру сигналу визначається в першу чергу тими гармоніками, які дають основний енергетичний вклад у формування сигналу.

Спектральна ширина сигналу залежить від:

- тактової частоти;
- методу кодування;
- характеристик фільтру передавача (фільтр відсікає бокові гармоніки).

В коді MLT-3 максимальна частота основної гармоніки досягається під час передачі довгої послідовності одиничних бітів.



В цьому випадку період основної гармоніки відповідає часовому інтервалу чотирьох бітів. В цьому випадку $f_0 = N/4$ (Гц). f_0 - максимальна основна частота сигналу в коді MLT-3.

Відповідно, для інтенсивності 100 Мбіт/с максимальна частота основної гармоніки буде дорівнювати 25 МГц. У випадку низки нулів і одиниць, які чергуються, основна гармоніка сигналу має частоту $f_0 = N/8$ (Гц).

Частота основної гармоніки для MLT-3

Код 8В/6Т представляється 8 біт 6-ма тернарними цифрами. Звідси за час, що відповідає 8-ми тактам, необхідно передати 6 імпульсів, тобто збільшується протяжність тактів і зменшується необхідна бітова (тактова) частота передачі $100 \text{ Мбіт/с} \cdot 6 / 8 = 75 \text{ Мбіт/с}$ (75 Мтакт/с).

Використання трьох витих пар дозволяє розподілити загальну тактову інтенсивність на три потоки $75 \text{ Мтакт/с} / 3 = 25 \text{ Мтакт/с}$. Тобто через кожну виту пару передається бітовий потік з інтенсивністю 25 Мегатактів/с.

Таким чином, швидкість передачі 100 Мбіт/с досягається на дешевих кабелях вита пара категорії зі смугою пропускання лише 16 МГц.

Однак для цього необхідно збільшити кількість приймачів і передавачів, до того ж, принциповим є однакова довжина витих пар з тим, щоб затримки сигналу у них були однакові.

Порівняння частот основної гармоніки сигналу для різних методів кодування

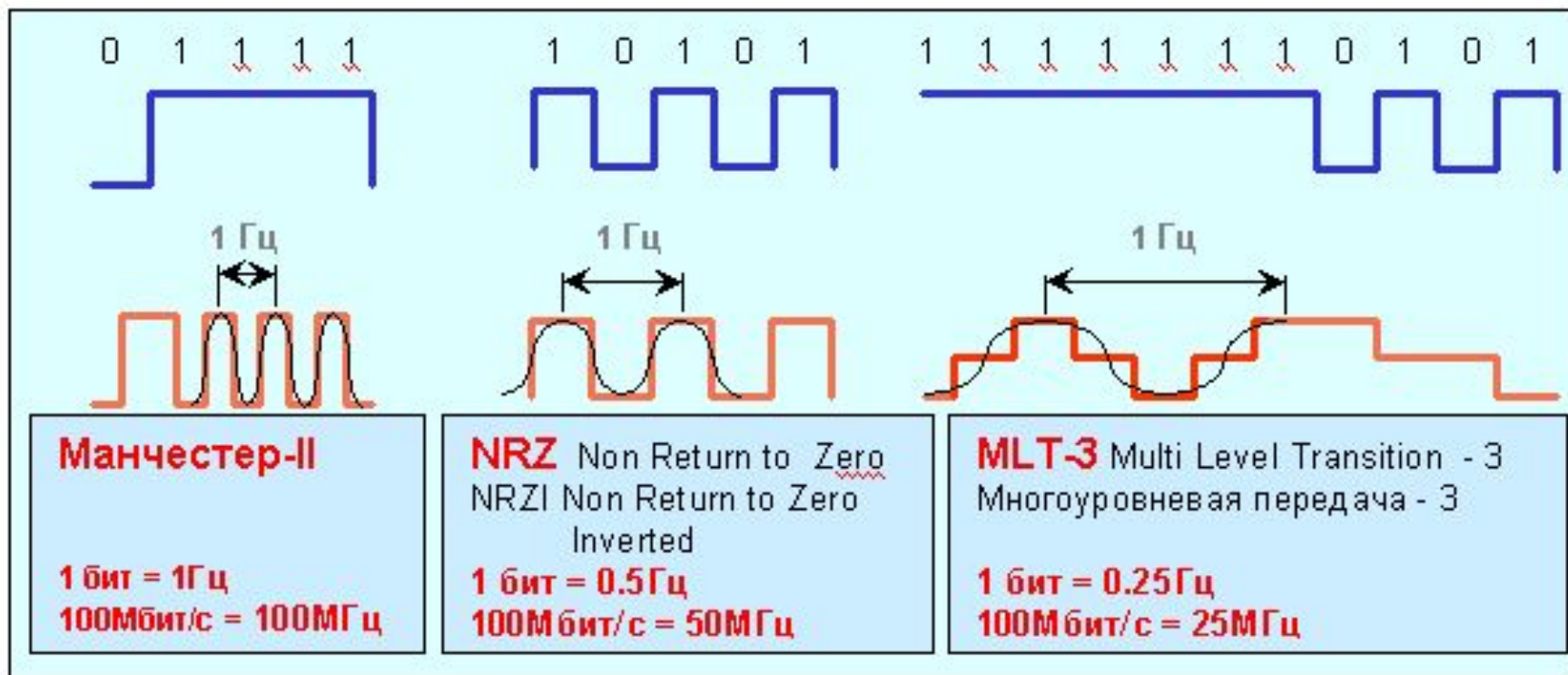
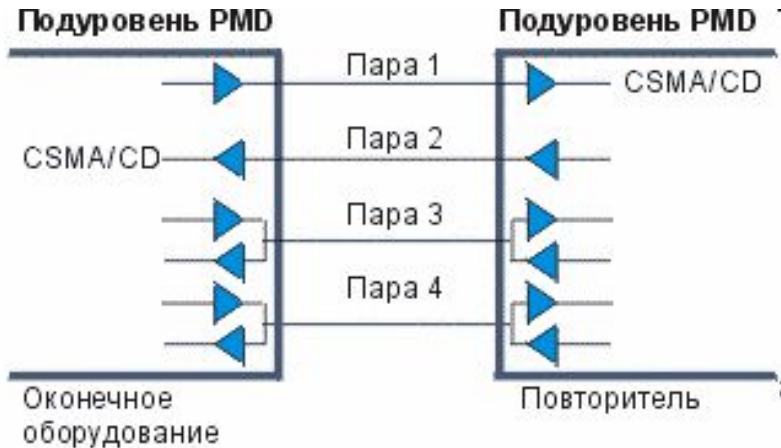


Рис 6. Максимальная частота несущей в зависимости от метода кодирования

http://www.ecolan.ru/imp_info/introduction/magest/

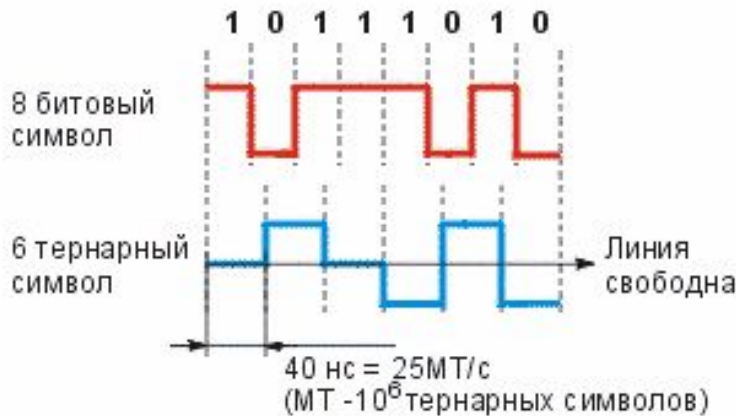
Символьное кодирование 8В/6Т



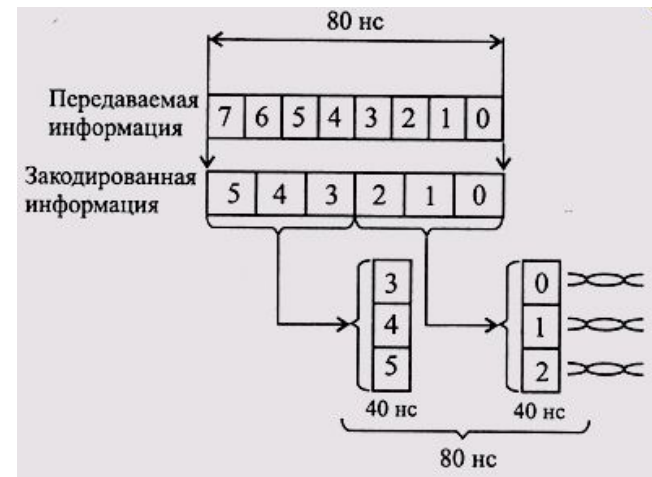
$$\frac{100 \times 6/8}{3} = 25$$

Технические характеристики 100Base-T4:
 Бодовая скорость — 25;
 Частота основной гармоники — 12,5;
 Количество пар для передачи — 3;
 Скорость по одной паре — 33,3 МБит/с.

а)

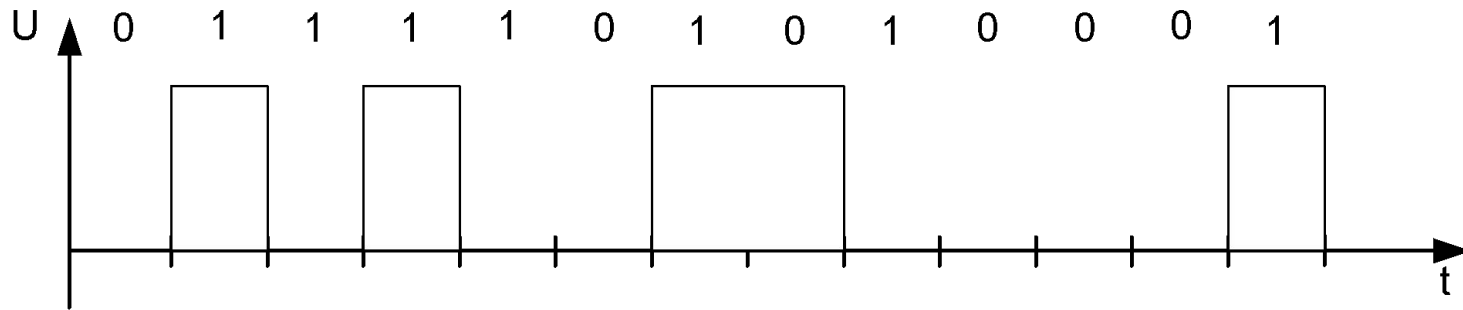


б)



Метод NRZI

При використанні Манчестерського коду бітова інтенсивність на кожній парі сягала б **33,33 Мбіт/с**, що неможливо для витих пар Категорії 3.



Метод NRZI – Non Return to Zero Inversion - інверсне кодування без повернення до нуля.

“1” кодується зміною рівня напруги,

“0” кодується попереднім значенням напруги.

Даний метод забезпечує вузьку спектральну смугу і є прийнятним для цифрового кодування імпульсами світла.

Недолік - втрата синхронізації передавального і приймального пристроїв під час передачі довгої послідовності з одних нулів.

В 100Base-T за цим методом кодуються двійкові сигнали