Однорог П. М.
Михайленко Є. В.
Котенко М. О.
Омецінська О. Б.

під редакцією Катка В. Б.

Ethernet

ВИДАННЯ ПЕРШЕ

КИЇВ 2006

Зміст

Стор.
ВСТУП **3**
РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЯ ETHERNET **4**
§1.1 Суть технології Ethernet 4
§1.2 Середовище передавання за використання технології Ethernet 12
Обвита пара ((twisted pair) (UTP кабелі)) 13
Коаксіальна пара 15
Оптичне волокно 15
Проводи електричних (силових) ліній 17
Радіо Ethernet 18
Безпроводова оптика 22
§1.3 Типи інтерфейсів Ethernet 23
§1.4 Пристрої для організації мереж Ethernet 30
РОЗДІЛ 2 СТАНДАРТИ, ЩО ОПИСУЮТЬ ТЕХНОЛОГІЮ, ПАРАМЕТРИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ МЕРЕЖ ETHERNET **34**
РОЗДІЛ 3 ПАРАМЕТРИ ЕЛЕМЕНТІВ МЕРЕЖІ ETHERNET **39**
§3.1 Номенклатура параметрів мережі Ethernet 39
Параметри середовища розповсюдження сигналу: 39
Мережні параметри Ethernet 44
Параметри обладнання мережі Ethernet 44
§3.2 Методи контролю низки параметрів Ethernet 45
РОЗДІЛ 4 ЗАСТОСУВАННЯ ETHERNET НА МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ **48**
РОЗДІЛ 5 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ ETHERNET **50**
СЛОВНИК ІНШОМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ **53**
ЛІТЕРАТУРА **55**

Вступ

Технологія Ethernet останнім часом перестала бути лише технологією, що застосовується при побудові локальних (внутрішньооб'єктових) мереж.

Сучасний рівень технології охоплює мережі LAN, WAN та MAN.

Сучасне застосування технології Ethernet передбачає роботу на високих швидкостях 1 Гбіт/с, 10 Гбіт/с, використання оптичного волокна, безпосередній вихід на первинну мережу зв'язку, взаємодію технології Ethernet з іншими технологіями мережі доступу (наприклад DSL) та первинної мережі (наприклад SDH, WDM).

Автори намагались в цьому посібнику дати опис використання технології Ethernet як в локальних мережах так і на первинній мережі, викласти принципи функціонування технології Ethernet, параметри складових, що входять до мережі, котра використовує технологію Ethernet.

Виражаємо щиру подяку старшому науковому співробітнику НІЦ ЛКС **Ю. Б. Нікітченку**.

Додаткову інформацію з декотрих питань можна отримати з джерел вказаних в розділі література, наведеному в цьому навчальному посібнику.

Окрім Ethernet існують інші види технологій котрі реалізовуються в локальних та регіональних мережах, котрі не розглядаються в цьому посібнику.

Розділ 1 Технологія Ethernet

§1.1 Суть технології Ethernet

Слово Ethernet складається з двох слів Ether (Ефір) та net (мережа). Мережа Ethernet була вперше розроблена в першій половині 70-х років минулого століття фахівцями (фірми Xerox) Меткальфом та Боггсом. В основу були покладені принципи побудови системи радіозв'язку "ALOHA", що функціонувала на Гавайському архіпелазі.

Мережа, розроблена фахівцями фірми Xerox, зв'язувала 100 комп'ютерів та мала пропускну здатність 2,94 Мбіт/с.

Успіх цього проекту зумовив розробку фірмами Xerox, DEC та Intel специфікації для Ethernet на 10 Мбіт/с.

Ця специфікація була покладена в основу стандарту IEEE 802.3 (Institute of Electrical and Electronics Engineers – Інститут інженерів електротехніки та електроніки – IEEE). Стандарт відрізняється від початкової специфікації Ethernet форматом кадрів, і описує кілька середовищ та швидкостей передавання.

Першим стандартом IEEE 802.3 було специфіковано Ethernet 10BASE5 у 1985 році.

Спільним для всіх версій мережі Ethernet є немодульоване передавання даних та метод доступу CSMA/CD (Carrier Sense Mupltiple Access/Collision Detect) (множинний доступ з опитуванням несівної та вирішенням колізій).

Це означає, що в каналі зв'язку передаються не модульовані імпульсні сигнали. Середовище розповсюдження сигналу формує єдиний канал зв'язку, ресурси котрого використовуються одночасно всіма підключеними пристроями прикінцевого обладнання даних (ПОД) (в англомовній літературі DTE (Data Terminal Equipment)). Всі підключені пристрої отримують інформацію, що передається, одночасно. Право на передавання інформації має лише один ПОД (той, що почав передавання першим). Якщо кілька пристроїв починають передавання інформації одночасно, в каналі зв'язку виникає колізія. Сигнали від ПОД, що почали передавання одночасно, гасять один одного.

Для вирішення координації доступу стандартом IEEE 802.3 регламентовано протокол CSMA/CD.

Метод доступу за протоколом CSMA/CD є розподіленим, оскільки всі ПОД мають рівні права. Якщо ПОД збирається почати передавання даних, він спершу перевіряє, чи не почалось передавання даних іншими ПОД. Якщо інші ПОД не передають даних, то він може почати процедуру передавання даних. Якщо один з ПОД виявив, що середовище передавання вже використовується іншим ПОД, то він спершу повинен дочекатись вивільнення каналу зв'язку.

Оскільки всі ПОД отримують інформацію одночасно, інформація повідомлення містить адресу призначення, що дозволяє ПОД визначити, чи потрібно йому приймати дані.

Якщо кілька термінальних пристроїв, що збирались передавати інформацію виявили (за відсутністю в каналі несівної), що канал зв'язку вільний і одночасно почали передавання, то виникне колізія.

В такому випадку всі ПОД, що стали учасниками колізії припиняють повідомлення і протягом певного часу, тривалість котрого є випадковою і розраховується для кожного окремого ПОД у різний спосіб, знову почнуть спробу передавання даних. Так буде повторюватись до тих пір, поки один з ПОД не здійснить успішного передавання даних за відсутності колізії. Інші ПОД чекатимуть на вивільнення каналу зв'язку.

Відстань, в межах котрої протокол CSMA/CD працює коректно (дозволяє виявляти колізії), називають доменом (областю) виявлення колізій.

Узагальнено структуру передавання за допомогою технології Ethernet можна спрощено подати у вигляді алгоритму показаному на рисунку 1.

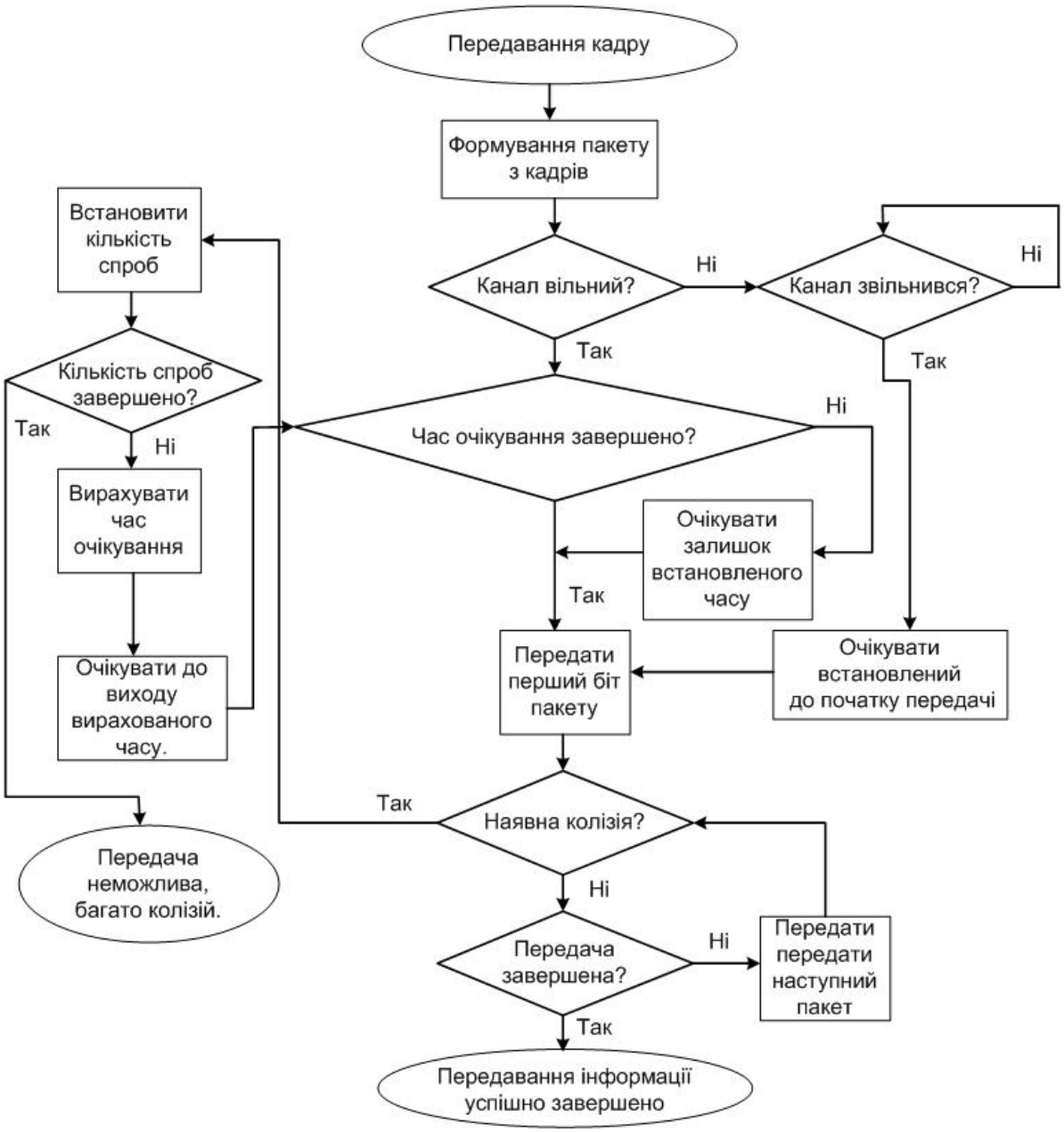


Рисунок 1 Спрощений алгоритм структури передавання з використанням технології Ethernet

<u>Базові поняття:</u>

<u>Контроль несівної (CSMA)</u> — означає, що будь який мережний інтерфейс, перед тим як почати передавання інформації, “прослуховує” (перевіряє наявність в каналі несівної) від інших пристроїв мережі;

<u>Колізія</u> — руйнування пакету даних в каналі під час передавання в наслідок одночасного передавання пакетів від двох або більше учасників мережі. За наявності колізії всі пристрої мережі, котрі виявили колізію, припиняють передавання даних, витримують паузу (котра вираховується випадковим чином кожним ПОД) і повторюють спробу передавати інформацію;

<u>MRT (maximum round-trip time)</u> — (максимальний час проходження сигналу в обох напрямках) час, за котрий пакет даних гарантовано проходить по каналам зв’язку від джерела інформації до отримувача інформації і джерело інформації здатне при цьому виявити наявність колізії (для цього потрібно щоб ушкоджений пакет повернувся по лінії назад до джерела інформації).

MAC адрес — унікальній індивідуальний адрес пристрою, за допомогою котрого його можна ідентифікувати в мережі.

Технологія Ethernet базується на принципах взаємодії відкритих систем (Open Systems Interconnection (OSI)).

Це сімерівнева модель, кожен рівень котрої виконує певні функції.

Кожен нижчий рівень в моделі надає вищому рівню певні послуги для передавання інформації. При цьому важливою є взаємодія однакових рівнів приймача та передавача, котра забезпечує передавання інформації між абонентами.

Фізичний рівень:

Фізичний рівень забезпечує процес передавання інформації середовищем передавання (кабелі, ефір, тощо) між вузлами мережі та засобами формування в ній каналів.

Фізичний рівень відповідає за передавання інформації від точки входу до точки виходу каналів.

Фізичний рівень визначає електротехнічні, механічні, процедурні і функціональні характеристики активації, підтримки та дезактивації фізичного каналу між прикінцевими системами.

Специфікації фізичного рівня визначають характеристики (параметри) сигналу, швидкість передавання інформації, максимальну відстань передавання інформації, фізичні з'єднувачі та інші подібні характеристики.

Канальний рівень (рівень ланцюгу даних):

Канальний рівень забезпечує передавання даних через фізичний канал з заданою достовірністю (тобто відповідає за безпомилкове передавання інформації).

Канальний рівень виконує функцію фізичної адресації, визначає топологію мережі, повідомляє про несправності та доставку інформації.

Мережний рівень:

Мережний рівень відповідає за процес ідентифікації кінцевих отримувачів інформації.

Мережний рівень забезпечує можливість з'єднання та вибір маршруту між прикінцевими системами. За допомогою протоколів маршрутизації визначає оптимальний шлях для передавання інформації в мережі.

Транспортний рівень:

Транспортний рівень виконує завдання з транспортування даних через мережу. Забезпечує механізми встановлення, підтримки та ліквідації віртуальних каналів.

Транспортний рівень відповідає за послідовність передавання повідомлень.

Сеансовий рівень:

Сеансовий рівень встановлює та завершує сеанси взаємодії між прикладними задачами. Сеансовий рівень синхронізує взаємодію між об'єктами представницького рівня та керує обміном інформації між ними. Окрім цього, сеансовий рівень надає засоби для відправлення інформації, класу послуг та повідомлення про проблеми сеансового, представницького та прикладного рівня.

Представницький рівень:

Представницький рівень забезпечує представлення інформації повідомлення у форматі прийнятому для даного користувача на прийомі і у форматі прийнятому в системі на передачі.

Представницький рівень відповідає за сприйняття інформації отриманої від прикладного рівня однієї системи прикладним рівнем іншої системи (забезпечує представлення інформації у потрібному форматі) та за дотримання структури даних, що передаються у прикладний рівень.

Прикладний рівень:

Прикладний рівень синхронізує спільно працюючі процеси прикладного рівня та забезпечує отримання користувачем отриманої інформації у потрібній користувачу формі.

Приладний рівень визначає достатність ресурсів для майбутнього з'єднання, ідентифікує та встановлює наявність партнера для зв'язку, узгоджує процедури ліквідації помилок та керування цілісністю інформації.

В загальній формі протоколи та обладнання, що працює на різних рівнях моделі OSI, показано на рисунку 2

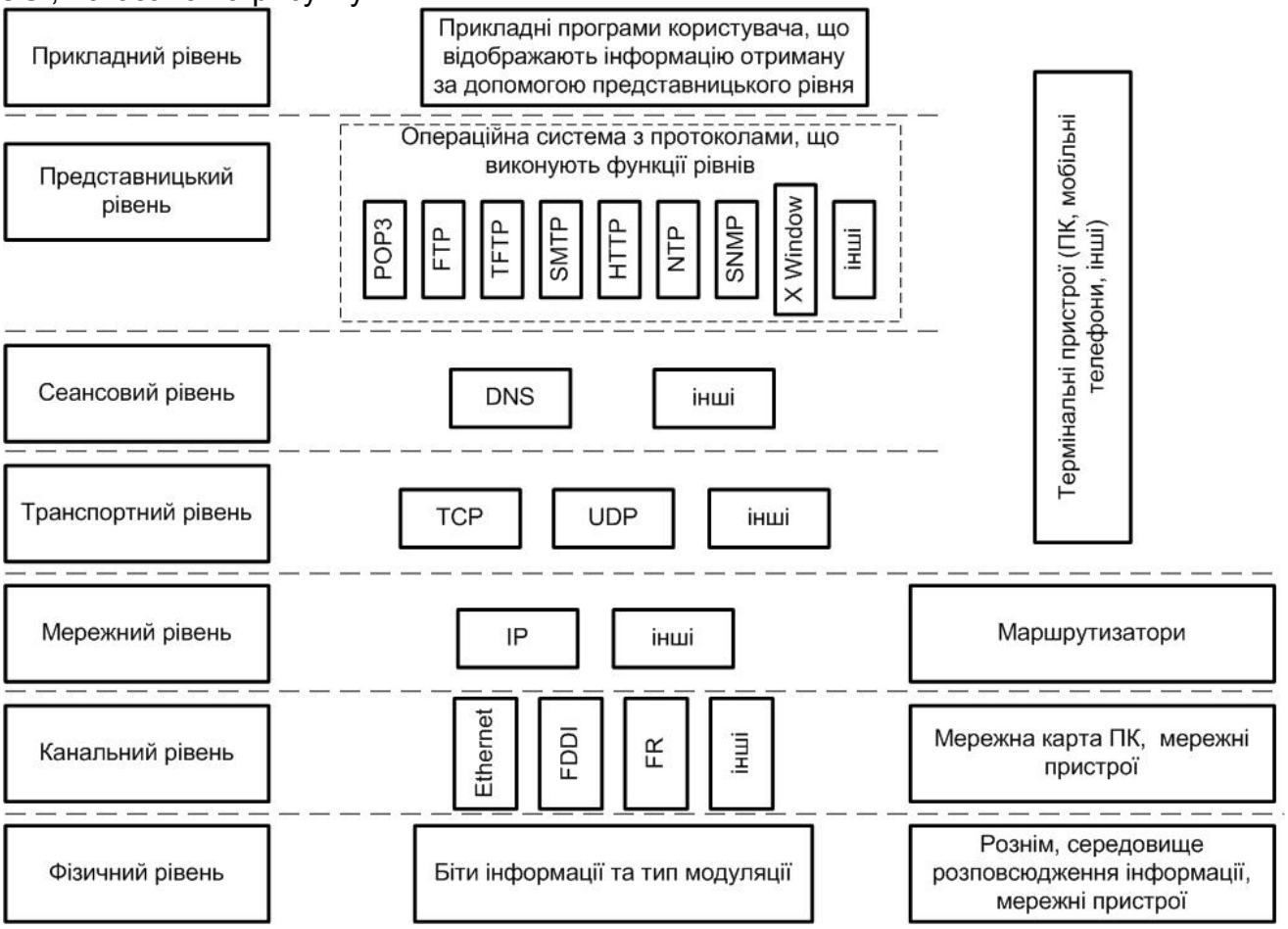


Рисунок 2 Протоколи та обладнання, що працює на різних рівнях моделі OSI

Опис цих, та багатьох інших (не наведених на рисунку 2) протоколів і їх функції можна знайти за посиланнями наведеними в розділі Література.

Розглянемо принципи OSI на прикладі взаємодії двох ПОД, у вигляді обміну інформацією між двома комп'ютерами.

Прикладний рівень

Користувач А формує за допомогою прикладних програм повідомлення користувачу Б, вказує отримувача повідомлення та вид зв'язку. На прийомі прикладні програми сигналізують користувачу Б про отримання повідомлення та показують його з вказаною адресою відправника.

Представницький рівень

Формує на передачі повідомлення в форматі прийнятому в системі користувача А, а на прийомі виконує функцію перетворення повідомлення в формат прийнятий в системі користувача Б, що надає змогу забезпечити зв'язок між різнорідними

користувачами (наприклад WinC та UnixC). В такому вигляді повідомлення передається на наступний рівень.

Сеансовий рівень

За отриманою інформацією сеансовий рівень визначає котрий тип зв'язку необхідно забезпечити. Формує та відсилає пакет керування на наступний рівень і передає повідомлення користувача А на наступний рівень. На прийомі повідомлення передається на верхній рівень з вказаним типом з'єднання.

Транспортний рівень

За отриманим пакетом керування транспортний рівень керує встановленням з'єднання з кінця в кінець для вказаного типу наскрізного каналу передавання даних, забезпечує передавання повідомлення без руйнації структури і дає команду на роз'єднання після закінчення сеансу зв'язку. Окрім цього, за вказаним отримувачем на цьому рівні формується його мережна адреса, а також додається власний мережний адрес для передавання спільно з повідомленням на наступний рівень. На прийомі власна мережна адреса преображається на інформацію про відправника.

Мережний рівень

За отриманою адресною інформацією організовуються канали передавання даних між користувачем А та користувачем Б за правилами прийнятими в даній мереж і забезпечується контроль утримання з'єднання та ліквідацію збоїв на мережному рівні у всіх транзитних вузлах мережі. Для наступного рівня повідомлення преображається у формат передачі прийнятий в мережі (пакети, безперервні потоки і т. і.) та передається на наступний рівень.

Канальний рівень

За допомогою обладнання канального рівня інформація повідомлення захищається від помилок за допомогою різних кодів за для забезпечення необхідної достовірності передавання. Повідомлення переводиться в форму необхідну для передавання в середовищі передавання фізичного рівня (з котрим з'єднується за допомогою рознімів (з'єднувач та розетка)

Фізичний рівень

Забезпечує безперервним фізичним каналом між вузлами мережі зв'язку та кінцевими користувачами.

Обладнання технології Ethernet використовує лише 3 перші (фізичний, канальний, мережний) рівні моделі OSI.

В залежності від конкретного типу інтерфейсу Ethernet, рівні моделі OSI (котрі задіяні в технології Ethernet) можуть відрізнятись набором підрівнів, що виконують певні функції.

На рисунку 3 наведено приклад мережі з різними мережними протоколами, типами обладнання та рівнями моделі OSI, реалізованими в цьому обладнанні Ethernet.

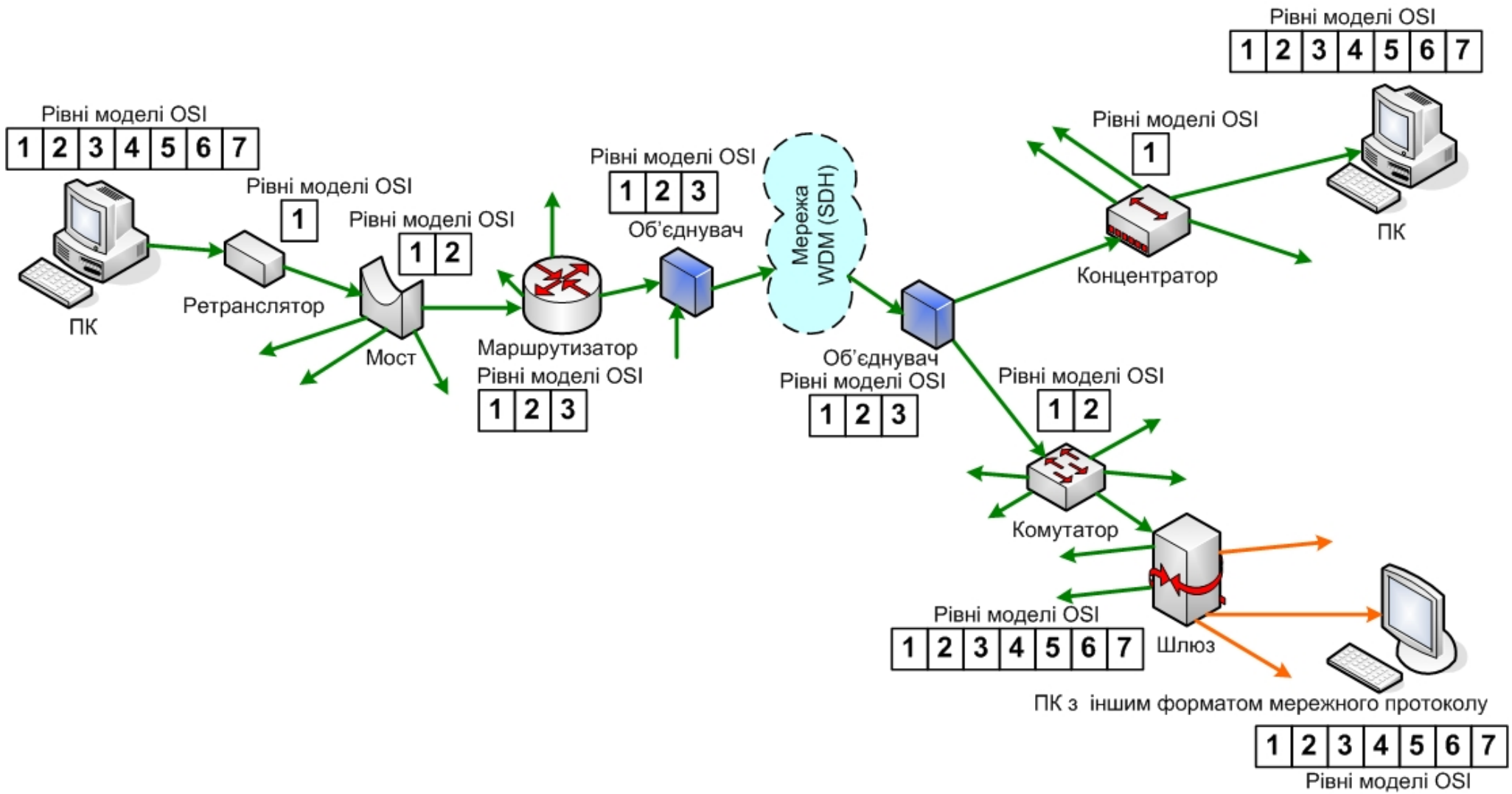


Рисунок 3 Приклад мережі з різними мережними протоколами, типами обладнання та рівнями моделі OSI, реалізованими в цьому обладнанні Ethernet

Структура кадрів Ethernet відповідно до стандарту IEEE 802.3 має такий вигляд:

Структура кадрів для різних типів інтерфейсів Ethernet відрізняється одна від іншої несуттєво, але загалом вона виглядає так:

Для MII (Media Independent Interface – Інтерфейси незалежні від середовища передавання)

<inter-frame><preamble><sfd><data><efd>

Для GMII (Gigabit Media Independent Interface – Гігібіт інтерфейси незалежні від середовища передавання)

<inter-frame><preamble><sfd><data><efd><extend>

Inter-frame (міжкадровий) (IPG - interpacket gap (міжпакетний інтервал))

Міжкадровий період – вікно спостереження для невизначеного проміжку часу, впродовж якого відсутні випадки передавання на MII. Відсутність передавання даних визначається низьким рівнем сигналу на приймачі в ланцюгу прийому і низьким рівнем сигналу на передавачі в ланцюгу передавання.

preamble (преамбула)

Преамбулою починається передавання кадру, значення бітів поля преамбули на MII визначено в п. 7.2.3.2 стандарту IEEE 802.3 і містить 7 октетів: 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010 10101010.

SFD (Start Frame Delimiter - стартовий розподілювач кадрів)

Вказує початок кадру та закінчення преамбули значення бітів поля sfd на MII визначено в п. 7.2.3.3 стандарту IEEE 802.3 як бітову послідовність 10101011

Data (Дані)

Дані на передавачі формуються кадрами і містять N октетів даних, що передаються як 2N слова. Для кожного октету даних рівень передавання кожного слова визначається згідно рисунку 22-11. Дані в колізійній ділянці можуть мати непарну кількість слів.

EFD (End-of-Frame delimiter – Розподілювач кінця кадрів)

Низький рівень сигналу передавача визначає собою розподілювач кінця кадрів для даних, що передані в ланцюгу передачі.

Низький рівень сигналу приймача визначає собою розподілювач кінця кадрів для даних, що отримані в ланцюгу прийому.

<extend> (розширення несівної)

Узгодження сигналів підрівнів несівної в ланцюгу передавання з високим рівнем сигналу передавача.

Розширення несівної вказує на ланцюг прийому з високим рівнем прийому і відповідним кодуванням.

Розширення несівної може бути наявним у всіх кадрах.

Види кодування технології Ethernet:

1. Манчестерське кодування:

В манчестерському коді кожен часовий інтервал впродовж котрого передається один біт інформації ділиться на дві рівні половини. Біт сигналу “1” кодується напругою “+U” в першій половині та “– U” у другій. Біт сигналу “0” кодується навпаки напругою “–U” в першій половині та “+U” у другій.

Зміна полярності напруги в середині інтервалу забезпечує добру самосинхронізацію.

Різновидом манчестерського кодування є диференційне манчестерське кодування, при цьому коли передається біт сигналу “1” зміна полярності напруги не відбувається (напруги на в обох половинах інтервалу імпульсу рівні).

Якщо відбувається зміна полярності напруги значить передається біт сигналу “0”.

Недоліком манчестерського кодування є подвоєна (порівняно з бінарним кодуванням) смуга передавання. В стандарті IEEE 802.3 використовується манчестерське кодування, рівні напруги “–U” та “+U” дорівнюють +0.85 В та мінус 0.85 В відповідно.

Манчестерське кодування використовується в мережах Ethernet стандарту IEEE 802.3 як правило для інтерфейсів 10 Мбіт/с (10Base 5, 10Base 2, 10Base-T).

2. NRZI (Non-Return to Zero Inverted) (інверсне кодування без повернення до нуля)

Цей метод кодування використовує наступне представлення бітів:

Біти “0“ передаються нульовою напругою (0 В). Біти «1» передаються нульовою напругою (0 В) або напругою “+U” в залежності від того, яка напруга була в попереднього біта. Якщо напруга попереднього біта була (0 В), то одиниця буде представлена напругою “+U”, якщо напруга попереднього біта була +U, то одиниця буде представлена напругою (0 В).

Перевага цього коду полягатиме в тому, що ширина спектра сигналу буде як у NRZ, а за умови передачі безперервної послідовності «1» сигнал в лінії не залишається постійним.

Використовується як правило в FDDI (Fiber Distributed Data Interface), та для інтерфейсів 100BaseFX.

3. MLT-3 (Multi Level Transmission-3) трирівневе кодування із скремблірування́м без самосинхронізації

Використовує три рівні (“+U”; 0; “–U”) постійні в продовж кожного бітового інтервалу. При передаванні біта “0“ значення не змінюється, при передаванні біта “1“ значення послідовно змінюється на сусіднє “+U”, 0, “–U” , 0, “+U” і т. д.

По суті метод є більш ускладненим варіантом NRZI. Завдяки почерговості трьох рівнів звужується потрібна смуга частот.

Використовується як правило в FDDI, та для інтерфейсів 100BaseTX.

4. PAM 5 (Pulse Amplitude Modulation) (Імпульсна амплітудна модуляція)

П’ятирівневе біполярне кодування, за котрого два біти (в залежності від попереднього стану) передаються одним з п’яти рівнів "U”.

Потребує неширокої смуги частот (вдвічі нижчої бітової швидкості). Використовується як правило для інтерфейсів 1000BaseT.

5. 4B/5B

Кожні чотири біти інформації (сигнали MAC підрівня) кодуються п’ятибітовим словом. Внаслідок цього отримується двохкратна надлишковість (2^4=16 вхідних комбінацій представлені набором з 2^5=32 комбінацій).

Надлишковість коду дозволяє виокремити ряд службових символів, що використовуються для синхронізації, виокремлення службових полів кадру та інших цілей на фізичному рівні.

Використовується як правило в FDDI, та для інтерфейсів 100BaseFX/100BaseTX.

6. 8B/10B

8 біт інформації (сигнали MAC підрівня) кодуються 10-бітним кодовим словом. Прицьому досягається чотирьохкратна надлишковість.

Використовується як правило для інтерфейсів 1000BaseFX/LX/CX/ZX.

Топологія побудови мережі Ethernet

Топологія – логічний та фізичний метод з'єднання обладнання? що створює мережу.

Основні типи топологій наведені на рисунку 4:

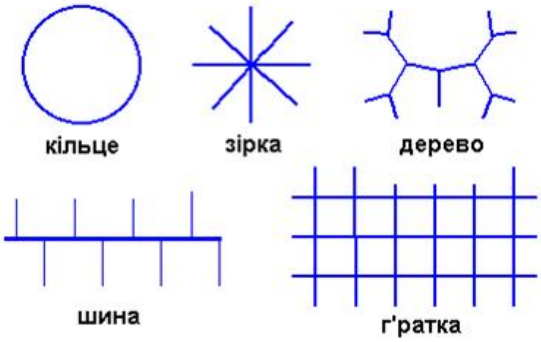


Рисунок 4

Можливі інші варіанти побудови топології мережі, наприклад подвійне кільце або точка-точка.

За принципом підпорядкування існує два типи мереж – однорангові та ієрархічні.

В одноранговій мережі всі робочі станції (ПОД (ПК)) рівноправні. Як правило? кожен ПК функціонує як клієнт і як сервер. Всі користувачі самостійно вирішують, що саме виділити в якості мережних відкритих ресурсів на своїх ПК. З ростом кількості з'єднаних в мережу ПК ефективність такої мережі падатиме.

В ієрархічних мережах існує поділ функцій з'єднаних в мережу ПК. В таких мережах існує ПК, котрий виконує функції сервера, тобто надає ресурси, обробляє запити від інших учасників мережі, керує захистом файлів та каталогів.

§1.2 Середовище передавання за використання технології Ethernet

Технологія Ethernet використовує в якості середовища для передавання інформації на рівні локальної мережі:

- Коаксіальна пара
- Обвита (вита) пара (симетрична пара)
- Оптичне волокно
- Проводи електричних (силових) ліній
- Атмосфера (відкрите середовище) (радіо Ethernet; безпроводова оптика)

При використанні технології Ethernet на мережах зв'язку (мережа доступу, магістральна транспортна мережа, відомчі мережі), трафік Ethernet може передаватись за допомогою інших транспортних технологій (наприклад DSL; SDH).

При виборі типу середовища розповсюдження сигналу потрібно враховувати наступні чинники:

- Вартість середовища розповсюдження
- Вартість монтажу та обслуговування мережі для даного типу середовища
- Швидкість передавання інформації
- Довжину регенераційної ділянки
- Захист інформації від несанкціонованого доступу

Обвита пара ((twisted pair) (UTP кабелі))

В даний час технологія Ethernet з використанням обвитих пар стандартизована стандартом IEEE 802.3 та додатками до нього.

Мідний кабель як правило об'єднує в оболонці одну і більше пар провідників.

Кожна пара складається з двох обвитих (окрім наприклад кабелю ТРП (TPB) (абонентська розводка) один навколо одного ізольованих мідних провідників.

Відповідність характеристик таких кабелів (котрі сильно відрізняються один від одного за якістю і можливостями передавання інформації) відповідному класу або категорії визначено в стандартах ISO/IEC 11801 та TIA-568.

Стандарт ISO/IEC 11801 поділяє кабелі на класи:

Клас A — підтримує голосовий діапазон та низькочастотні технології. Стаціонарна мідна абонентська проводка та канали, що підтримують технології класу A називаються як абонентська проводка класу A та канали класу A відповідно.

Клас B — підтримує технології з середньою швидкістю передавання даних. Стаціонарна мідна абонентська проводка та канали, що підтримують технології класу B називаються як абонентська проводка класу B та канали класу B відповідно.

Клас C — підтримує високошвидкісні технології. Стаціонарна мідна абонентська проводка та канали, що підтримують технології класу C, називаються: абонентська проводка класу C та канали класу C відповідно.

Клас D — підтримує надшвидкісні технології. Стаціонарна мідна абонентська проводка та канали, що підтримують технології класу D, називаються: абонентська проводка класу D та канали класу D відповідно.

Клас E — підтримує надшвидкісні технології. Стаціонарна мідна абонентська проводка та канали, що підтримують технології класу E, називаються: абонентська проводка класу E та канали класу E відповідно.

Клас F — підтримує надшвидкісні технології. Стаціонарна мідна абонентська проводка та канали, що підтримують технології класу F, називаються: абонентська проводка класу F та канали класу F відповідно.

Стаціонарні лінії/канали класу A — визначаються до 100 кГц
Стаціонарні лінії/канали класу B — визначаються до 1 МГц
Стаціонарні лінії/канали класу C — визначаються до 16 МГц
Стаціонарні лінії/канали класу D — визначаються до 100 МГц
Стаціонарні лінії/канали класу E — визначаються до 200 МГц
Стаціонарні лінії/канали класу F — визначаються до 600 МГц

Для з'єднання з обладнанням використовується стандартний рознім (розетка (адаптер) та з'єднувач (конектор)) RJ45. Останнім часом знаходить застосування рознім USB (niversal serial bus).

<u>В залежності від конструкції кабелю, розрізняють наступні типи симетричних кабелів:</u>

Маркуються такі кабелі наступним чином:

XX/XXX

Перші дві букви вказують на наявність спільного екрану:
U — без екрану
F — Екранований фольгою
S — Екранований обплетенням
SF — Екранований фольгою та обплетенням
Перша з трьох останніх букв вказує на наявність екрану елементів:
U — без екрану
F — Екранований фольгою
Останні дві букви вказують на конструкцію елементу:
TP — обвита пара

Наприклад:

- UTP (Unshielded Twisted Pair Cable)

Це багатожильний кабель, у котрого жили ізольовані і попарно обвиті. Окремі пари не екрановані, спільного зовнішнього екрану так само немає.

- S/UTP (Shielded UTP Cable)

Це багатожильний кабель, у котрого жили ізольовані і попарно обвиті. Окремі пари не екрановані, але наявний спільний зовнішній екран у вигляді алюмінієвої фольги.

- S/UTP (Shielded UTP Cable, StarQuad)

Це багатожильний кабель, у котрого жили ізольовані і обвиті по чотири, причому жили розташовані навпроти одна одної, утворюють відповідні пари. Кожні чотири жили, обвиті одна навколо одної та мають спільний зовнішній екран у вигляді алюмінієвої фольги.

- S/STP (Shielded Shielded Twisted Pair Cable)

Це багатожильний кабель, у котрого жили ізольовані і попарно обвиті та екрановані металевою фольгою. Додатково наявний спільний зовнішній екран у вигляді фольги.

Обвита пара як середовище розповсюдження сигналів для організації мережі Ethernet дозволяє також організувати подавання електроживлення для таких пристроїв як IP-телефони, точки доступу до бездротових сегментів мережі Ethernet, Web-камери тощо.

Технологія має назву Power over Ethernet (PoE) —(Електроживлення поверх Ethernet) і описана в стандарті IEEE 802.3af

Технологія PoE дає можливість задіяти централізовані джерела безперебійного живлення, що гарантуватиме живлення пристроїв за наявності загальних збоїв в електромережі.

Технологія PoE згідно стандарту IEEE 802.3af орієнтована на використання кабелів, що відповідають стандарту ISO/IEC 11801.

Електроживлення подається в кабельну мережу через пристрій живлення PSE (Power Sourcing Equipment).

Стандарт IEEE 802.3af регламентує наступні класи потужності, що подаватимуться на пристрої, котрі потребуватимуть дистанційного живлення:

Клас	**Використання**	**Діапазон максимальної потужності, що використовується пристроєм**
0	основне	Від 0,44 до 12,95 Вт
1	додаткове	Від 0,44 до 3,84 Вт
2	додаткове	Від 3,84 до 6,49 Вт
3	додаткове	Від 6,49 до 12,95 Вт
4	не використовується	для майбутнього застосування

Коаксіальна пара

В даний час технологія Ethernet з використанням коаксіального кабелю стандартизована стандартом IEEE 802.3.

Коаксіальна пара складається з центрального провідника (цільного чи багатожильного), що вкритий шаром діелектричного матеріалу, зовні котрого розташовано другий провідник (обплетення, фольга).

Коаксіальна пара є більш завадостійкою ніж обвита пара, але більш вартісна і менш технологічна для побудови локальних мереж з розгалуженою топологією.

В перших версіях інтерфейсів Ethernet широко використовувалось два типа коаксіальних кабелів:

- thick Ethernet (товстий Ethernet або yellow cable (жовтий кабель)) з хвильовим опором 50 Ом, для підключення до обладнання використовувався 15-контактний рознім, котрий під'єднувався до кабелю за допомогою голки, яка під'єднувалась до центрального провідника коаксіальної пари і забезпечувала передавання сигналів в пристрій зовнішнього доступу, що мав на кінці 15-контакний з'єднувач (конектор). Використовувався як правило для швидкостей 10 Мбіт/с
- thin Ethernet з хвильовим опором 50 Ом, для підключення до обладнання використовувався трійниковий рознім (Т-з'єднувач (конектор)) Використовувався як правило для швидкостей 10 Мбіт/с

Оптичне волокно

Відповідність характеристик кабелів (котрі сильно відрізняються один від одного за якістю і можливостями передавання інформації) відповідному класу визначено в стандартах ISO/IEC 11801 та TIA-568.

Стандарт ISO/IEC 11801 поділяє кабелі на наступні оптичні класи:

Оптичні класи (OM для одномодових волокон, OS для одномодових) (OM1; OM2; OM3; OS1) — підтримує високошвидкісні та надшвидкісні технології. Оптичні волоконні стаціонарні лінії та канали, що підтримують технології оптичних класів називаються як лінії оптичних класів та канали оптичних класів відповідно.

Клас оптичного волокна OM1 — багатомодове оптичне волокно ∅(62,5/125) мкм)

Клас оптичного волокна OM2 — багатомодове оптичне волокно ∅(50/125) мкм)

Клас оптичного волокна OM3 — багатомодове оптичне волокно ∅(50/125) мкм з розширеною робочою смугою)

Клас оптичного волокна OS1 — одномодове оптичне волокно ∅(8/125) мкм)

Клас оптичних каналів OF 300 — підтримує типи оптичних ліній на довжинах до 300 м

Клас оптичних каналів OF 500 — підтримує типи оптичних ліній на довжинах до 500 м

Клас оптичних каналів OF 2000 — підтримує типи оптичних ліній на довжинах до 2000 м

Для з'єднання з обладнанням використовуються рознім (розетка (адаптер) та з'єднувач (конектор)) ST (від англійського Straight Tip); SC (від англійського Subscriber Connector) та інші.

В даний час технологія Ethernet з використанням оптичних волокон стандартизована стандартом IEEE 802.3 та додатками до нього.

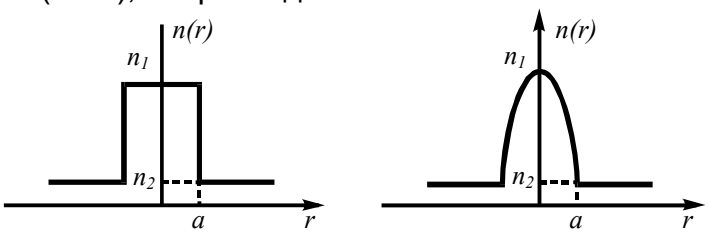
Оптичне волокно у вигляді циліндра круглого поперечного перерізу з прозорого для оптичного випромінення діелектричного матеріалу забезпечує розповсюдження світла вздовж волокна за рахунок використання явища повного внутрішнього відбиття,

що забезпечується наявністю оболонки показник заломлення котрої $n_2 = \sqrt{\varepsilon_2} = const$ менший від максимального значення показника заломлення матеріалу серцевини волокна $n_1(r) = \sqrt{\varepsilon_1(r)}$, (де r поточний радіус), (ε_2 и ε_1(r)) – відносна діелектрична проникність матеріалу оболонки та радіально-неоднорідного матеріалу серцевини відповідно. При цьому основна частина енергії оптичного випромінення зосереджується в серцевині. Для захисту від зовнішніх впливів та підвищення механічної міцності волокна його оболонку покривають захисним покриттям.

Важливою характеристикою матеріалу в оптичному діапазоні є показник заломлення – **n**. Показник заломлення показує, в скільки разів фазова швидкість електромагнітної хвилі в середовищі є меншою від швидкості розповсюдження світла у вакуумі.

Добуток показника заломлення на геометричний шлях світлового променю називається оптичною довжиною шляху.

В оптичному волокні показник заломлення серцевини вздовж радіуса поперечного перерізу волокна має бути більшим від показника заломлення оболонки (принаймні в декотрому проміжку зміни радіальної координати точки серцевини). Залежність величини показника заломлення за радіальною віссю світловода називається профілем показника заломлення (ППЗ), наприклад:



а) сходинковий б) градієнтний

Рисунок 5 Профіль показника заломлення

Оптичні волокна в залежності від профілю показника заломлення в серцевині поділяють на східчасті (однорідні), градієнтні (степеневі) та волокна зі складним профілем показника заломлення.

Всі оптичні волокна поділяють на дві групи:

1. Одномодові (SMF, Single-Mode Fiber)
2. Багатомодові (MMF, Multi-Mode Fiber)

Повний опис процесу розповсюдження світла по волоконному світловоду (ВС) дає хвильова електромагнітна теорія. Вона показує, що розповсюджуватись по волоконному світловоду можуть лише ті типи хвиль, що формують у поперечному перерізі ВС резонансну хвилю. Такі типи хвиль утворюють моди хвилеводу.

Режим роботи ВС (одно - чи багатомодовий) визначається величиною нормованої частоти V:

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot a}{\lambda} \cdot \left(n_1^2 - n_2^2\right)^{0.5}$$

де:

λ – довжина хвилі випромінення оптичного джерела;

a – радіус серцевини ВС;

n_1 – максимальне значення показника заломлення в серцевині;

n_2 – показник заломлення в оболонці.

Якщо 0<V<2,4048, у волокні зі сходинковим профілем показника заломлення виконується одномодовий режим.

За багатомодового режиму у волокні розповсюджується сукупність мод (променів, що введені у волокно (з його торцевої поверхні) під різними кутами). Багатомодові оптичні волокна (в яких на одній довжині хвилі розповсюджується багато мод) описані у рекомендації ITU G.651. Типовими розмірами (діаметр серцевини/діаметр оболонки)

для багатомодових оптичних волокон є 50/125 мкм та 62,5/125 мкм. Як правило, багатомодові оптичні волокна мають градієнтний профіль показника заломлення для зменшення міжмодової дисперсії. Найпоширенішою сферою застосування багатомодових оптичних волокон є локальні оптичні мережі.

На відміну від багатомодових одномодові оптичні волокна (в котрих на різних довжинах хвиль розповсюджується одна мода) мають менший діаметр серцевини (7÷9). Внаслідок розповсюдження лише однієї моди за одномодового режиму відсутня міжмодова дисперсія, котра суттєво зменшує довжину сегменту мережі.

Проводи електричних (силових) ліній

Проводи електромережі також можуть бути задіяні в якості середовища передавання за допомогою технології Ethernet.

Технологія PLT (Power Line Transmission) (PLC (Power Line Communication)) дозволяє використовувати в якості середовища передавання для технології Ethernet проводку електромережі будинку, електромережі низької 180÷400 В та середньої 4÷60 кВ напруги.

Передавання даних в цьому випадку здійснюється по електрокабелям з використанням 84 несівних в діапазоні від 4 до 21 МГц або від 2 до 30 МГц. Тотожній спосіб передавання застосовується в технологіях ADSL та VDSL.

Під'єднання до кабелю здійснюється за допомогою звичайної вилки та розетки як в електроприладах, а під'єднанням до обладнання Ethernet слугує рознім RJ45 або USB.

На рисунку показано варіант організації локальної мережі Ethernet побудованої за шиною топологією.

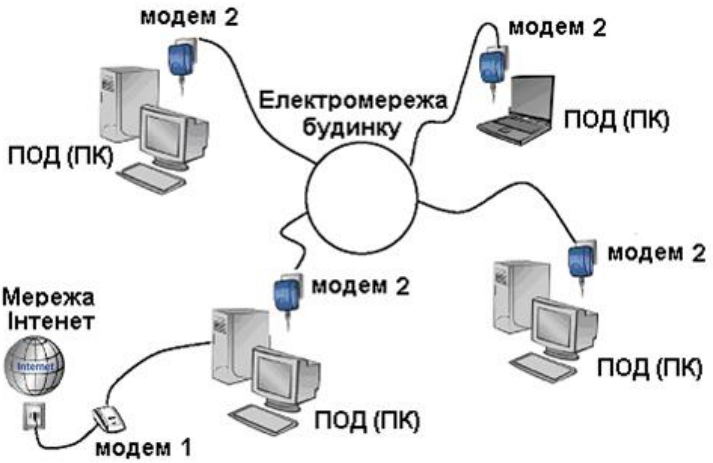


Рисунок 6

Модем 1 — це модем для доступу в мережу Інтернет (ADSL, VDSL модем або інший пристрій, що дозволяє під'єднати локальну Ethernet мережу до первинної мереж зв'язку загального користування).

Модем 2 — це модем для організації локальної Ethernet мережі на основі технології PLT (PLC).

Перевагою застосування електромережі для Ethernet є відсутність потреби в додаткових пристроях (кабелі, розетки) для побудови мережі, оскільки використовується існуюча електромережа. До недоліків можна віднести низьку завадостійкість (включення (виключення) побутових приладів, робота галогенних ламп, тощо, що вносять мікросекундні завади, появу на певних частотах різкого збільшення коефіцієнта загасання), передавання даних по електромережі вносить завади в ефір, що заважатиме роботі інших служб зв'язку, відкритість мережі, що дає змогу несанкціонованого доступу до даних, що передаються.

Радіо Ethernet

В даний час широко використовується технологія радіо Ethernet стандартизована стандартами IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11), котрий має кілька модифікацій (IEEE 802.11a; b; d; e; f; h; X) та IEEE 802.15.

На фізичному рівні моделі OSI для радіо Ethernet стандартом IEEE 802.11 визначено два широкосмугових методи передавання інформації.

Метод прямої послідовності (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS), в котрому використовується модуляція Phase Shift Keying (PSK), та метод частотних стрибків (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) в котрому використовується модуляція Frequency Shift Keying (FSK), методи є несумісними один з одним.

На другому рівні моделі OSI використовуються два підрівні, підрівень керування логічним зв'язком (Logical Link Control, LLC), що тотожній описаному у стандарті IEEE 802.3 та підрівнем керування доступу до носія (Media Access Control, MAC), при цьому використовується протокол Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA), котрий на відміну від протоколу Carrier Sence Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD), який реалізований у стандарті IEEE 802.3, враховує наявність напівдуплексних прийомопередавачів (при цьому станція не має змоги виявити колізію під час передавання інформації), що описано у стандарті IEEE 802.11.

В протоколі CSMA/CA станція що приймає пакет посилає у відповідь сигнал підтвердження правильно прийнятого пакета.

Станція що бажає передати пакет тестує канал на наявність несівної, у випадку коли канал є вільним станція очікує ввпродовж випадковим чином визначеного проміжку часу і потім починає передавання пакету інформації, якщо канал все ще вільний.

Якщо пакет прийнятий вірно, станція що його прийняла посилає спеціальний пакет, котрий сигналізує станції що передавала інформацію про успішність передачі. І станція завершує процес передавання інформації.

У випадку відсутності підтверджуючого пакету станція передавання робить висновок про наявність колізії і пакет інформації передаватиметься знову через певний випадковим чином визначений проміжок часу.

Для визначення відсутності в каналі несівної використовується алгоритм оцінки вільності каналу (Channel Clearance Algorithm, CCA). Суть якого полягає у вимірюванні енергії сигналу на антені і визначенні потужності прийнятого сигналу. Якщо потужність прийнятого сигналу нижче порогового рівня, канал визначається як вільний, якщо вище то канал вважається зайнятим.

Окрім цього можлива проблема "закритої точки", коли станції можуть "чути" точку доступу але "не чують" одна одну в наслідок перешкод або великої відстані між станціями. Це можна проілюструвати рисунком 7:

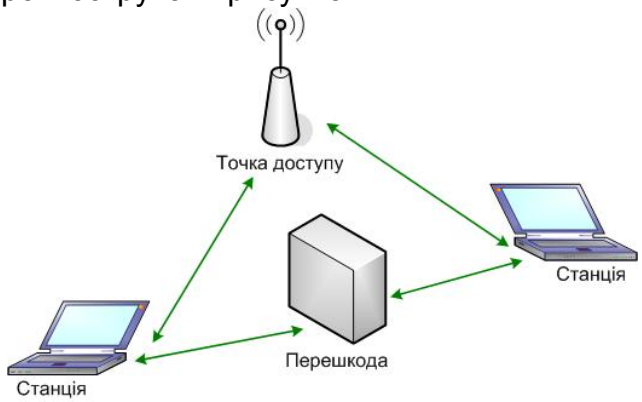


Рисунок 7

MAC рівень для стандарту IEEE 802.11 також займається контролем помилок та фрагментацією пакетів (що дозволяє розбивати великі пакети на менші, це покращує

таким чином роботу в середовищі з великим шумом та завадами), а на прийом MAC рівень відповідає за зборку фрагментованих пакетів.

Стандарт IEEE 802.11 визначає два типи обладнання:

- Обладнання клієнта (зазвичай ПК з бездротовою мережною картою)
- Обладнання точки доступу (приймач та передавач, що відіграють роль мосту між бездротовою та проводовою частинами мережі, а також виконують обробку даних)

Стандарт IEEE 802.11 визначає два типи режиму роботи мережі:

- Режим клієнт/сервер (режим інфраструктури) (рисунок 8)
- Режим точка-точка (незалежний базовий набір служб IBSS) (або "Ad-hoc") (рисунок 8)

Режим клієнт/сервер: бездротова мережа має точку доступу, котра під'єднана до проводової мережі і декілька бездротових кінцевих станцій, така конфігурація має назву базового набору послуг (Basic Service Set, BSS). Кілька BSS утворюють розширений базовий набір послуг (Extended Service Set, ESS).

Рисунок 8 Режим клієнт/сервер

Режим точка-точка: мережа, в котрій зв'язок між станціями встановлюється на пряму, без використання спеціальної точки доступу.

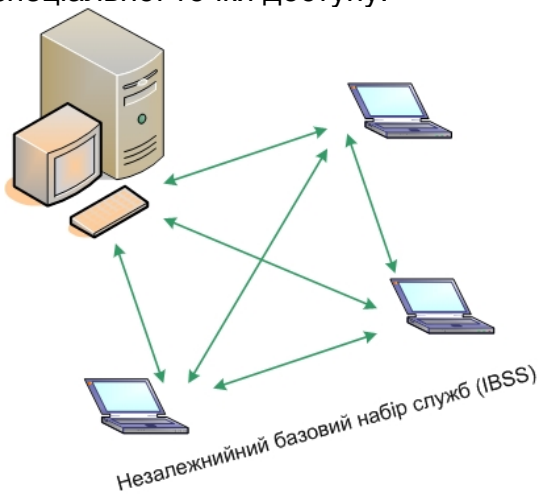


Рисунок 9 Режим точка-точка

Стандарти радіо Ethernet.

IEEE 802.11a від 16-09-1999 ISO/IEC 8802-11 (Європейським аналогом є стандарт HIPERLAN-2)

Швидкість передавання даних 54 Мбіт/с

Робочий діапазон частот 5 ГГц

IEEE 802.11b (Wi-Fi (Wireless Fidelity)) від 16-09-1999

Швидкість передавання даних 11 Мбіт/с

Робочий діапазон частот 2,4 ГГц

IEEE 802.11c

Стандарт регламентує роботу безпроводових мостів.

IEEE 802.11d

Стандарт регламентує універсальні вимоги до фізичного рівня обладнання IEEE 802.11 (процедури формування каналів, псевдовипадкові послідовності частот та інші).

Стандарт визначає вимоги до фізичних параметрів каналів (потужність випромінення, діапазон частот) та пристроїв безпроводових мереж.

IEEE 802.11e

Специфікації стандарту IEEE 802.11e призначені для розширенні функціональності обладнання стандартів IEEE 802.11a та IEEE 802.11b при створенні мультисервисних безпроводових мереж.

IEEE 802.11f

Стандарт визначає протокол обміну службовою інформацією між точками доступу.

IEEE 802.11h

Стандарт призначено для узгодження роботи мереж стандарту IEE 802.11a в Європі, де в діапазоні 5 ГГц працюють декотрі супутникові системи.

Швидкість передавання даних 100 Мбіт/с

IEEE 802.11g від 12-06-2003

Швидкість передавання даних до 54 Мбіт/с

Робочий діапазон частот 2,4 ГГц

IEEE 802.11i

В стандарті описано набір захисних функцій при обміні інформацією в безпроводових мережах, наводяться алгоритми шифрування, передбачена ь сумісність всіх пристроїв з мережами IEEE 802.11i

IEEE 802.11j

Стандарт призначено для Японії, як варіант розширення стандарту IEEE 802.11a додатковим каналом 4,9 ГГц.

IEEE 802.11n

Стандарт розробляється для роботи в безпроводових локальних мережах зі швидкістю передавання даних 100 Мбіт/с

IEEE 802.11r

Стандарт призначено для створення універсальної системи роумінгу (від англійського roaming – пересування, мандри) для можливості переходу користувача з зони дії однієї мережі в зону дії іншої.

IEEE 802.15 (Bluetooth) від 15-07-2002

Швидкість передавання даних 1 Мбіт/с

Робочий діапазон частот 2,4 ГГц

Обладнання використовує інтерфейс USB

Існує кілька специфікацій *IEEE 802.15.1* (Bluetooth); *IEEE 802.15.2* (визначає взаємодію IEEE 802.11 та IEEE 802.15); *IEEE 802.15.3* (визначає високошвидкісне передавання даних; робочий діапазон частот 2,4 ГГц швидкість передавання даних 11÷55 Мбіт/с); *IEEE 802.15.4* (визначає низькошвидкісне передавання даних; робочі діапазони частот 2,4 ГГц та 915 МГц швидкість передавання даних 20÷250 кбіт/с)

Цей стандарт знаходить, в наслідок його меншої швидкості передавання даних, застосування в мобільній телефонії, радіо-доступі до IP телефонів та з'єднання портативних пристроїв.

Bluetooth — Синій Зуб, назва дана на честь датського короля 10 сторіччя Гаральда Блатана (Блатан з датської Синій Зуб) відомого тим, що вмів знаходити порозуміння з підлеглими васальними князями.

IEEE 802.16 (WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access))

Стандарт використовується для побудови MAN мереж.

Швидкість передавання даних 135 Мбіт/с

Робочий діапазон частот 10÷66 ГГц

Існує кілька специфікацій *IEEE 802.16a* (робочий діапазон частот 2÷11 ГГц швидкість передавання даних 75 Мбіт/с) та *IEEE 802.16e* (робочий діапазон частот 2÷6 ГГц швидкість передавання даних 15 Мбіт/с)

Стандарт призначено для забезпечення взаємодії локальних мереж IEEE 802.11 з WAN мережами.

IEEE 802.17 (RPR — Resilient Packet Ring)

Стандарт описує роботу мостів MAC рівня.

IEEE 802.20

Стандарт розробляється для побудови WAN мереж, зв'язку з мобільними об'єктами, що можуть рухатись зі швидкістю до 250 км/г

Швидкість передавання даних від 1 Мбіт/с

Робочий діапазон частот 3,5 ГГц

Для з'єднання обладнання з середовищем розповсюдження сигналу використовуються антенно-фідерні пристрої.

Безпека є однією з головних проблем безпроводових мереж. Для збільшення безпеки передавання інформації використовують шифрування WEP (Wired Equivalent Privacy) або обмеження доступу до мережі за MAC адресами, однак всі ці заходи лише частково можуть убезпечити від несанкціонованого доступу.

Безпроводова оптика

Безпроводові оптичні лінії використовують інфрачервоний діапазон.

Для під'єднання середовища розповсюдження сигналу до обладнання використовуються випромінювальні пристрої (лазери, світлодіоди) та фотоприймачі.

Організація мережі Ethernet за допомогою передавання інформації в інфрачервоному діапазоні описано в стандарті IEEE 802.11.

Передавачі та приймачі працюють в діапазоні λ = 850÷950 нм.

Зв'язок встановлюється як за допомогою жорстко співнаправлених передавачів та приймачів так і за допомогою випромінення сигналу в стелю (для цього потрібна стеля з можливістю відбиття сигналу в зазначеному діапазоні (чи спеціальні розсіюючи віддзеркалювачі сигналів)) після чого відбувається розсіяння і віддзеркалення сигналу і приймання його приймачем.

Подібна організація мережі має малий радіус дії до 10 м. Окрім цього інфрачервоне випромінення є чутливим до погодних умов, що робить можливим застосування таких методів передавання інформації лише в приміщенні.

Технологія Ethernet може використовуватись в оптичних безпроводових лініях малої, середньої та дальньої дії (тобто від кількох десятків метрів (наприклад зв'язок між офісами розташованими через дорогу) до кількох десятків кілометрів.

Головними причинами загасання сигналу є розсіювання та поглинання сигналу в атмосфері.

Наприклад при використанні бездротової оптики у відкритому просторі довжина сегменту безпроводового оптичного зв'язку при енергетичному бюджеті в 20 дБ та нормальних погодних умов (коефіцієнт загасання 1дБ/км) становитиме 20 км. Але за густого туману коефіцієнт загасання становитиме 400дБ/км і сталий зв'язок буде можливий менш ніж за 50 м. Окрім погодних умов впливатиме також температура навколишнього середовища та щільності повітря (при цьому зони з різною щільністю повітря гратимуть роль оптичних лінз розсіюючи промінь від траєкторії передавання). Окрім цього промінь може бути блоковано різними предметами (літаючий птах, листя, що падає і т. і.). Окрім цього важливим параметром для безпроводових оптичних систем передавання є кут розбіжності променю передавача.

Потрібно зазначити, що багато новацій в технології безпроводової оптики знаходяться в стадії розробок. Так наприклад технологія компанії Attochron пропонує використання подвійного проміню, коли перший лазерний промінь іонізуватиме повітря розчищаючи шлях крізь туман, а другий промінь що передаватиметься в першому нестиме корисну інформацію.

§1.3 Типи інтерфейсів Ethernet

Типи інтерфейсів Ethernet котрі стандартизовані стандартом IEEE 802.3 (включно з додатками) поділяються як показано на рисунку 10.

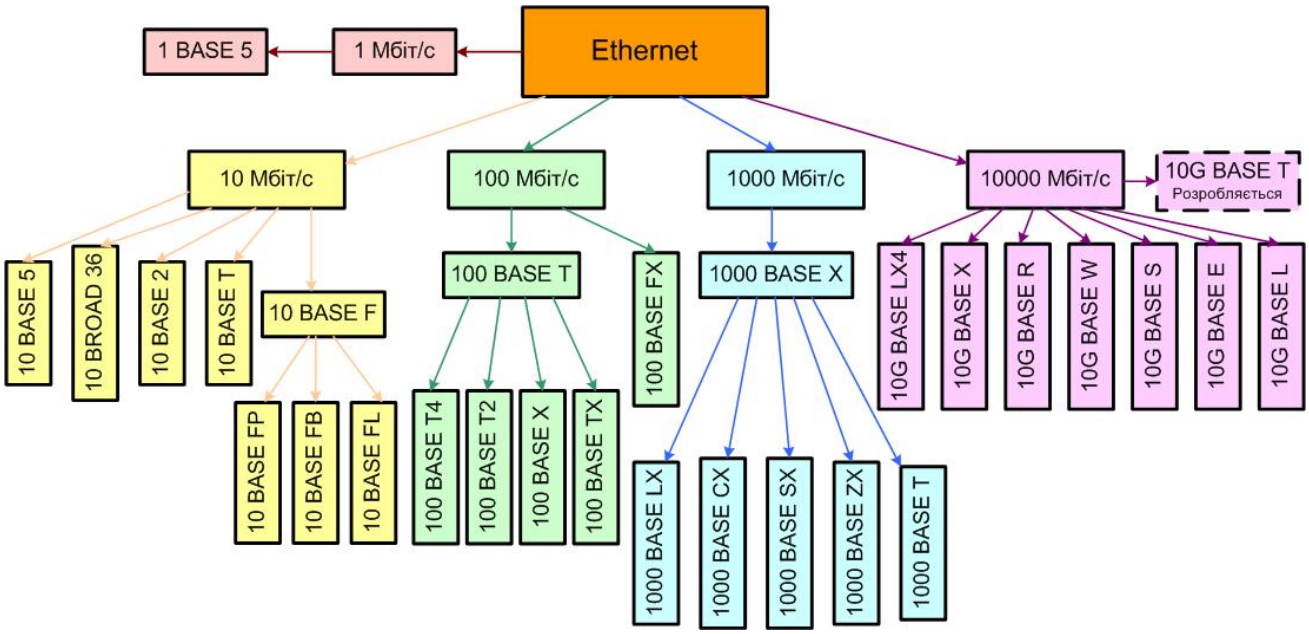


Рисунок 10 Типи інтерфейсів Ethernet

Показані на рисунку типи інтерфейсів інколи мають підтипи, що відображають тип дуплкесності передавання інформації в них, котрі позначаються буквами HD (half duplex – напівдуплексний) та FD (full duplex – повнодуплексний), наприклад: 1000BASE-THD, 1000BASE-TFD, 1000BASE-LXHD, 1000BASE-LXFD.

1BASE5 (IEEE 802.3 розділ 12)

- Швидкість передавання даних 1 Мбіт/с
- Манчестерське кодування
- Середовище розповсюдження сигналу — обвита пара
- З'єднання ПОД точка-точка з концентратором, одна обвита пара для вхідного зв'язку, друга обвита пара для вихідного зв'язку. Ці пари для передавання даних, можуть співіснувати в кабелі в тих самих пучках (повивах), що й звичайні телефонні пари
- Дозволяється застосування до п'яти рівнів почергового під'єднання концентраторів
- Концентратори служать також і ретрансляторами
- Максимальна відстань між ПОД та Концентратором та між концентратором і концентратором 250 м для телефонної проводки.
- Тип кабелю: звичайна телефонна проводка , що під'єднується до ПОД за допомогою обвитої пари, концентратори під'єднуються за допомогою неекранованої обвитої пари з жилами діаметром 0,4÷0,6 мм.
- Максимальна відстань між концентраторами 4 км.

10BASE-FL (IEEE 802.3 розділ 13; 15; 18)

- Швидкість передавання даних 10 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — багатомодове або одномодове оптичне волокно
- Манчестерське або двохпозиційне кодування

- Асинхронний режим прийому-передавання
- Максимальна кількість вузлів в сегменті 2 (з'єднання точка-точка)
- Максимальна довжина сегменту до 2 км

10BASE-FB (IEEE 802.3 розділ 13; 15; 17)

- Швидкість передавання даних 10 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — багатомодове оптичне волокно
- Манчестерське або двохпозиційне кодування
- Синхронний режим прийому-передавання
- Максимальна кількість вузлів в сегменті 2 (з'єднання точка-точка)
- Максимальна довжина сегменту до 2 км

10BASE-FP (IEEE 802.3 розділ 13; 15; 16)

- Швидкість передавання даних 10 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу —оптичне волокно
- Манчестерське або двохпозиційне кодування
- Максимальна кількість вузлів в сегменті 2 (з'єднання точка-точка)
- Максимальна довжина сегменту до 1 км; максимальна довжина сегменту при топології пасивної зірки до 500 м

10BASE-T (IEEE 802.3 розділ 13; 14)

- Швидкість передавання даних 10 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — обвита пара третьої категорії
- Манчестерське кодування
- Максимальна довжина сегменту без використання ретрансляторів до 100 м
- Максимальна кількість вузлів в сегменті 2 (з'єднання точка-точка)
- Режим передавання інформації напівдуплексний та повнодуплксний
- Максимальна довжина мережі 500

10BASE-5 (IEEE 802.3 розділ 8; 13)

- Швидкість передавання даних 10 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — товстий коаксіальний кабель
- Манчестерське кодування
- Максимальна довжина сегменту без використання ретрансляторів до 500 м
- Максимальна кількість ретрансляторів — 4
- Протяжність мережі при максимальній кількості ретрансляторів — 2500 м
- Максимальна кількість вузлів в сегменті 100
- Мінімальна відстань між прийомопередавачами з'єднаними коаксіальним кабелем — 2,5 м
- Максимальна відстань між ПОД та прийомопередавачем з'єднаним з коаксіальним кабелем — 50 м
- Підтримує шинну топологію

10BASE-2 (IEEE 802.3 розділ 10; 13)

- Швидкість передавання даних 10 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — тонкий коаксіальний кабель
- Манчестерське кодування
- Максимальна довжина сегменту без використання ретрансляторів до 185 м
- Максимальна кількість ретрансляторів — 4
- Максимальна кількість вузлів в сегменті 30

- Мінімальна відстань між прийомопередавачами з'єднаними коаксіальним кабелем — 0,5 м
- Протяжність мережі при максимальній кількості ретрансляторів — 925 м

10BROAD-36 (IEEE 802.3 розділ 11; 13)
- Швидкість передавання даних 10 Мбіт/с
- Манчестерське кодування
- Протяжність мережі при максимальній кількості ретрансляторів — 2800 м
- Коефіцієнт бітових помилок (BER bit error rate) 10^{-8} для найгіршого співвідношення сигнал/шум 26 дБ

100BASE-X (IEEE 802.3 розділ 21; 24; IEEE 802.3u)
- Швидкість передавання даних 100 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — обвита пара п'ятої категорії неекранована, 150 Ом екранована обвита пара, оптичне волокно
- Максимальна протяжність мережі 100 м для обвитої пари
- Максимальна протяжність мережі з двома ретрансляторами 200 м для обвитої пари
- Максимальна протяжність мережі з одним ретрансляторм 300 м для оптичного волокна
- Максимальна протяжність мережі 400 м для напівдуплексного режиму роботи по оптичному волокну та 2000 м для повнодуплексного режиму роботи по оптичному волокну.
- Тип кодування 4B/5B; NRZI

100BASE-TX (IEEE 802.3 розділ 21; 25; IEEE 802.3u)
- Швидкість передавання даних 100 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — обвита пара п'ятої категорії (екранована або ні) 100 Ом
- Максимальна протяжність сегменту 100 м
- Тип кодування 4B5B; NRZI

100BASE-T4 (IEEE 802.3 розділ 21; 23; IEEE 802.3u)
- Швидкість передавання даних 100 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — обвита пара третьої, четвертої або п'ятої категорії неекрановані100 Ом
- Максимальна протяжність сегменту 100 м
- Максимальна протяжність мережі з двома ретрансляторами 200 м
- Тип кодування 8B6T; NRZI

100BASE-FX (IEEE 802.3 розділ 21; 26; IEEE 802.3u)
- Швидкість передавання даних 100 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — оптичне волокно
- Тип кодування 4B5B; NRZI
- Максимальна протяжність сегменту 412 м
- Максимальна протяжність мережі 2 км у повнодуплексному режимі
- Максимальна протяжність мережі 100 км для одномодового волокна у повнодуплексному режимі

100BASE-T2 (IEEE 802.3 розділ 21; 32; IEEE 802.3u)

- Швидкість передавання даних 100 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — обвита пара третьої, четвертої або п'ятої категорії
- Коефіцієнт бітових помилок (BER bit error rate) не гірше 10^{-10}
- Максимальна протяжність сегменту 100 м
- Максимальна протяжність мережі з двома ретрансляторами 200 м
- Тип кодування PAM5; NRZI

1000BASE-SX (IEEE 802.3 розділ 34; 36; 37; 38; IEEE 802.3z)

- Тип кодування 8B10B; NRZI
- Основні характеристики передавача (повністю визначені у IEEE 802.3 розділі 38):

Параметр	**62,5 мкм MMF**	**50 мкм MMF**
Джерело випромінення	Короткохвильовий лазер	
Діапазон швидкості передавання сигналів, ГБод	1,25±125 кБод	
Діапазон довжин хвиль, нм	від 770 до 860	
Середньоквадратичне значення ширини спектральної лінії (максимальне), нм	0,85	
Середня потужність (максимальна), дБм	0 (для 1класу лазера)	
Середня потужність (мінімальна), дБм	мінус 9,5	
Середня потужність при вимкнутому передавачі (максимальна), дБм	мінус 30 (код 8B10B)	
Коефіцієнт гасіння джерела випромінення (мінімальний), дБ	9	

- Основні характеристики приймача (повністю визначені у IEEE 802.3 розділі 38):

Параметр	**62,5 мкм MMF**	**50 мкм MMF**
Джерело випромінення	Короткохвильовий лазер	
Діапазон швидкості передавання сигналів, ГБод	1,25±125 кБод	
Діапазон довжин хвиль, нм	від 770 до 860	
Мінімальна чутливість приймача (включно зі штрафом на коефіцієнт гасіння джерела випромінення), дБм	мінус 17	
Загасання неузгодженості (мінімальне), дБ	12	

1000BASE-LX (IEEE 802.3 розділ 34; 36; 37; 38 IEEE 802.3z)

- Тип кодування 8B10B; NRZI
- Основні характеристики передавача (повністю визначені у IEEE 802.3 розділі 38):

Параметр	**62,5 мкм MMF**	**50 мкм MMF**	**10 мкм SMF**
Джерело випромінення	Довгохвильовий лазер		
Діапазон швидкості передавання сигналів, ГБод	1,25±125 кБод		
Діапазон довжин хвиль, нм	від 1270 до 1355		
Середньоквадратичне значення ширини спектральної лінії (максимальне), нм	4		

Середня потужність (максимальна), дБм	мінус 3		
Середня потужність (мінімальна), дБм	мінус 11,5	мінус 11,5	мінус 11,0
Середня потужність при вимкнутому передавачі (максимальна), дБм	мінус 30		
Коефіцієнт гасіння джерела випромінення (мінімальний), дБ	9		

- Основні характеристики приймача (повністю визначені у IEEE 802.3 розділі 38):

Параметр	**Значення**
Діапазон швидкості передавання сигналів, ГБод	1,25±125 кБод
Діапазон довжин хвиль, нм	від 1270 до 1355
Мінімальна чутливість приймача, дБм	мінус 19
Загасання неузгодженості (мінімальне), дБ	12

1000BASE-ZX (IEEE 802.3z)

- Середовище розповсюдження сигналу — одномодове волокно
- Робоча довжина хвилі випромінювача 1550 нм
- Тип кодування 8B10B; NRZI

1000BASE-CX (IEEE 802.3 розділ 34; 36; 37; 39 IEEE 802.3z)

- Тип кодування 8B10B; NRZI
- Середовище розповсюдження сигналу — екранована обвита пара т п'ятої категорії
- Швидкість передавання сигналів 1250 МБод ±125 Бод (повні параметри сигналу на виході передавача та на вході приймача наведені в IEEE 802.3 розділ 39)
- Тип кодування 8B10B; NRZI

1000BASE-T (IEEE 802.3 розділ 34; 36; 37; 39 IEEE 802.3z)

- Швидкість передавання даних 1000 Мбіт/с
- Середовище розповсюдження сигналу — обвита пара п'ятої категорії
- Коефіцієнт бітових помилок (BER bit error rate) не гірше 10^{-10}
- Максимальна протяжність сегменту 100 м
- Тип кодування PAM5

10G BASE-X (IEEE 802.3ae розділ 44; 48; IEEE 802.3)

- Швидкість передавання сигналів 3,125 Гбод ±312,5 кБод по кожній з чотирьох ліній
- Середовище розповсюдження сигналу — визначено у ***10G BASE-LX4***
- Коефіцієнт бітових помилок (BER bit error rate) не гірше 10^{-12}
- Тип кодування 64B66B

10G BASE-R (IEEE 802.3ae розділ 44; 49)

- Швидкість передавання сигналів 10,3125 ГБод
- Середовище розповсюдження сигналу — визначено у ***10G BASE-ER; 10G BASE-SR; 10G BASE-LR***
- Коефіцієнт бітових помилок (BER bit error rate) не гірше 10^{-12}
- Тип кодування 64B66B

10G BASE-W (IEEE 802.3ae розділ 44; 50)

- Швидкість передавання сигналів 9,95328 ГБод
- Середовище розповсюдження сигналу — визначено у ***10G BASE-EW; 10G BASE-SW; 10G BASE-LW***
- Коефіцієнт бітових помилок (BER bit error rate) не гірше 10^{-12}
- Тип кодування 64B66B

10G BASE-S (IEEE 802.3ae розділ 44; 52)

- Основні характеристики передавача (повністю визначені у IEEE 802.3ae розділі 52):

Параметр	**10GBASE-SW**	**10GBASE-SR**
Діапазон швидкості передавання сигналів, ГБод	9,95328 ±199,0656 кБод	10,3125 ±1031,25 кБод
Діапазон довжин хвиль, нм	від 840 до 860	
Середня потужність (мінімальна), дБм	мінус 7,3	
Середня потужність при вимкненому передавачі (максимальна), дБм	мінус 30	
Коефіцієнт гасіння джерела випромінення (мінімальний), дБ	3	

- Основні характеристики приймача (повністю визначені у IEEE 802.3ae розділі 52):

Параметр	**10GBASE-S**
Діапазон довжин хвиль, нм	від 840 до 860
Мінімальна чутливість приймача в ОМА (максимальна), дБм	мінус 7,5
Загасання неузгодженості (мінімальне), дБ	12

- Протяжність мережі до 2 км

10G BASE-L (IEEE 802.3ae розділ 44; 52)

- Основні характеристики передавача (повністю визначені у IEEE 802.3ae розділі 52):

Параметр	**10GBASE-SW**	**10GBASE-SR**
Діапазон швидкості передавання сигналів, ГБод	9,95328 ±199,0656 кБод	10,3125 ±1031,25 кБод
Діапазон довжин хвиль, нм	від 1260 до 1355	
Коефіцієнт пригнічення бічної моди (мінімальний), дБ	30	
Середня потужність (максимальна), дБм	0,5	
Середня потужність (мінімальна), дБм	мінус 7,3	
Середня потужність при вимкненому передавачі (максимальна), дБм	мінус 30	
ОМА	мінус 5,2	
Коефіцієнт гасіння джерела випромінення (мінімальний), дБ	3,5	
Відбиття від передавача (максимальне), дБ	мінус 12	

- Основні характеристики приймача (повністю визначені у IEEE 802.3ae розділі 52):

Параметр	10GBASE-L
Діапазон довжин хвиль, нм	від 1260 до 1355
Мінімальна чутливість приймача в ОМА (Максимальна), дБм	мінус 12,6
Відбиття від приймача (Максимальне), дБ	мінус 12

- Протяжність мережі до 30 км

10G BASE-E (IEEE 802.3ae розділ 44; 52)

- Основні характеристики передавача (повністю визначені у IEEE 802.3ae розділі 52):

Параметр	10GBASE-EW	10GBASE-ER
Діапазон швидкості передавання сигналів, ГБод	9,95328 ±199,0656 кБод	10,3125 ±1031,25 кБод
Діапазон довжин хвиль, нм	від 1530 до 1565	
Коефіцієнт пригнічення бічної моди (Мінімальний), дБ	30	
Середня потужність (Максимальна), дБм	4	
Середня потужність (Мінімальна), дБм	мінус 4,7	
Середня потужність при вимкнутому передавачі (Максимальна), дБм	мінус 30	
ОМА	мінус 1,7	
Коефіцієнт гасіння джерела випромінення (мінімальний), дБ	3	

- Основні характеристики приймача (повністю визначені у IEEE 802.3ae розділі 52):

Параметр	10GBASE-E
Діапазон довжин хвиль, нм	від 1530 до 1565
Мінімальна чутливість приймача в ОМА (Максимальна), дБм	мінус 14,1
Відбиття від приймача (максимальне), дБ	мінус 26

- Протяжність мережі від 2 м до 40 км

10G BASE-LX4 (IEEE 802.3ae розділ 44; 53)

- Основні характеристики передавача (повністю визначені у IEEE 802.3ae розділі 53):

Параметр	62,5 мкм і 50 мкм MMF	10 мкм SMF
Діапазон швидкості передавання сигналів, ГБод	3,125±312,5 кБод	
Діапазони довжин хвиль, нм	від 1269,0 до 1282,4 від 1293,5 до 1306,9 від 1318,0 до 1331,4 від 1342,5 до 1355,9	
Середньоквадратичне значення ширини спектральної лінії (максимальна), нм	0,62	
Середня потужність, чотирьох ліній (максимальна), дБм	5,5	

Середня потужність, в лінії (максимальна), дБм	мінус 0,5
Середня потужність при вимкненому передавачі, в лінії (максимальна), дБм	мінус 30
ОМА	мінус 1,7
Коефіцієнт гасіння джерела випромінення (мінімальний), дБ	3,5

- Основні характеристики приймача (повністю визначені у IEEE 802.3ae розділі 53):

Параметр	**62,5 мкм і 50 мкм MMF**	**10 мкм SMF**
Діапазони довжин хвиль, нм	від 1269,0 до 1282,4 від 1293,5 до 1306,9 від 1318,0 до 1331,4 від 1342,5 до 1355,9	
Мінімальна чутливість приймача в ОМА, в лінії (Максимальна), дБм	мінус 14,25	мінус 14,45
Загасання неузгодженості (мінімальне), дБ	мінус 12	

10G BASE-T (IEEE 802.3an в стадії розробки, випуск намічено на 2006 рік)

- Скоріш за все в якості середовища передавання інформації буде обрана екрановані обвиті пари 6÷7 категорії
- Протяжність мережі до 100 м

§1.4 Пристрої для організації мереж Ethernet

В найпростішому випадку мережа Ethernet може складатись з двох комп'ютерів в котрих мережні плати з'єднано одна з одною за допомогою з'єднувального кабелю, однак для організації розгалуженої та територіально розподіленої мережі Ethernet потрібні додаткові пристрої, котрими є:

Ретранслятор (repeater; extender):

Ретранслятори призначені для з'єднання сегментів мережі, як подовжувачі фізичного середовища передавання. Як правило за допомогою ретрансляторів будують однорангові мережі з використанням коаксіального кабелю.

Використання ретранслятора дозволяє збільшити довжину лінії, наприклад при використанні інтерфейсу 10BASE5 з коаксіальним кабелем згідно стандарту IEEE 802.3 довжина лінії передавання з застосуванням ретрансляторів збільшується з 500 м до 2500 м.

Ретранслятор є рівнодоступним для всіх ПОД. Ретранслятор є неадресуємим елементом мережі та не зберігає отримані пакети інформації. Для зіркової топології мережі ретранслятори забезпечують функцію розподілення даних.

Ретранслятор приймає дані, відновлює форму сигналу та тактові інтервали і одночасно передає дані на всі інші порти. За умови появи на ретрансляторі колізії він ретранслює стан колізії в мережі всім підключеним до портів пристроям.

Ретранслятор здатний перервати приймання потоків з невірною (занадто довгою) довжиною.

Оскільки ретранслятор передає отриману інформацію всім під'єднаним до нього ПОД це збільшує навантаження на всі сегменти, мережі, що підключені до нього.

Ретранслятори використовуються лише в напівдуплексному режимі роботи мережі.

Ретранслятори працюють лише з однією (фіксованою) швидкістю під'єднаних до нього пристроїв.

Повні функції ретранслятора та рекомендації, щодо його застосування описані в пунктах 9 та 27 стандарту IEEE 802.3.

Ретранслятори є пристроями, що працюють на першому рівні OSI.

Концентратор (Hub):

Призначений для з'єднання сегментів мережі, створенням багаторангової мережі, а також для створення однорангових сегментів мережі на витих парах та оптичному волокні.

Концентратор як і ретранслятор приймає дані, відновлює форму сигналу та тактові інтервали і одночасно передає дані на всі інші порти. За умови появи на концентраторі колізії він ретранслює стан колізії в мережі всім підключеним до портів концентраторам нижчого рівня (тим концентраторам, що підключені до нього) та ПОД, що прямо підключені до нього.

Концентратор (як і ретранслятор) передає отриману інформацію всім під'єднаним до нього ПОД, що збільшує навантаження на всі сегменти, мережі, що підключені до нього.

Концентратор (як і ретранслятор) працює лише з однією (фіксованою) швидкістю під'єднаних до нього пристроїв (ПОД).

Повні функції концентратора та рекомендації, що до його застосування описані в пункті 12 стандарту IEEE 802.3.

Концентратори є пристроями, що працюють на першому рівні OSI.

Міст (Bridge):

Використання мосту зменшує навантаження на сегменти мережі, що підключені до нього, оскільки міст передає отриману інформацію (аналізуючи адресу пакету) лише тому ПОД котрому вона призначалась, це також збільшує конфіденційність інформації.

Навідміну від ретранслятора та концентратора, частини мережі з'єднані за допомогою мосту є різними доменами виявлення колізії. Таким чином міст є пристроєм, що розділяє домени виявлення колізій (за рівнями структурованості мережі). Кожна система що з'єднана з мостом є окремим доменом виявлення колізій, як показано на рисунку 11:

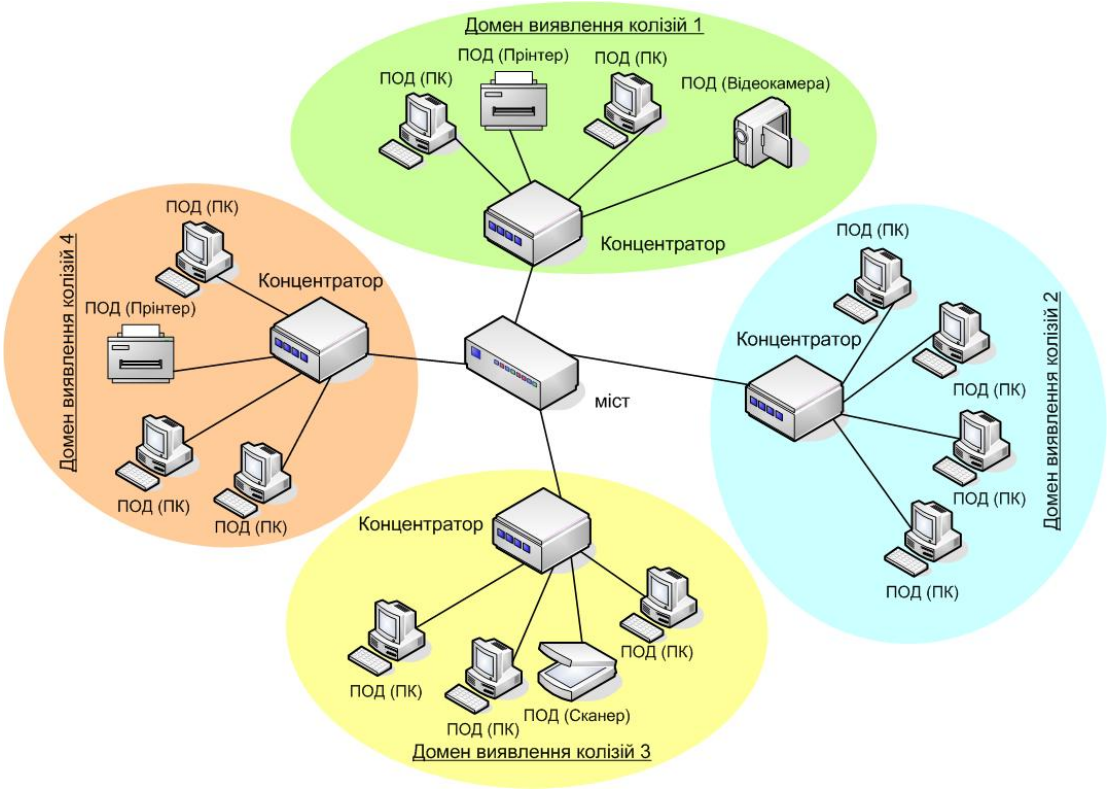


Рисунок 11

Отже стан колізії виявлений в одному колізійному домені не передається в інший сегмент мережі.

Міст згідно IEEE 802.1D повинен (на відміну від ретранслятора та концентратора) повинен отримати пакет цілком і лише після цього починає його передавання. Таким чином міст збільшує (порівняно з ретранслятором та концентратором) затримку при передаванні інформації від ПОД до ПОД

Мости здатні працювати з різними швидкостями під'єднаних до них пристроїв (ПОД) як показано на рисунку 12:

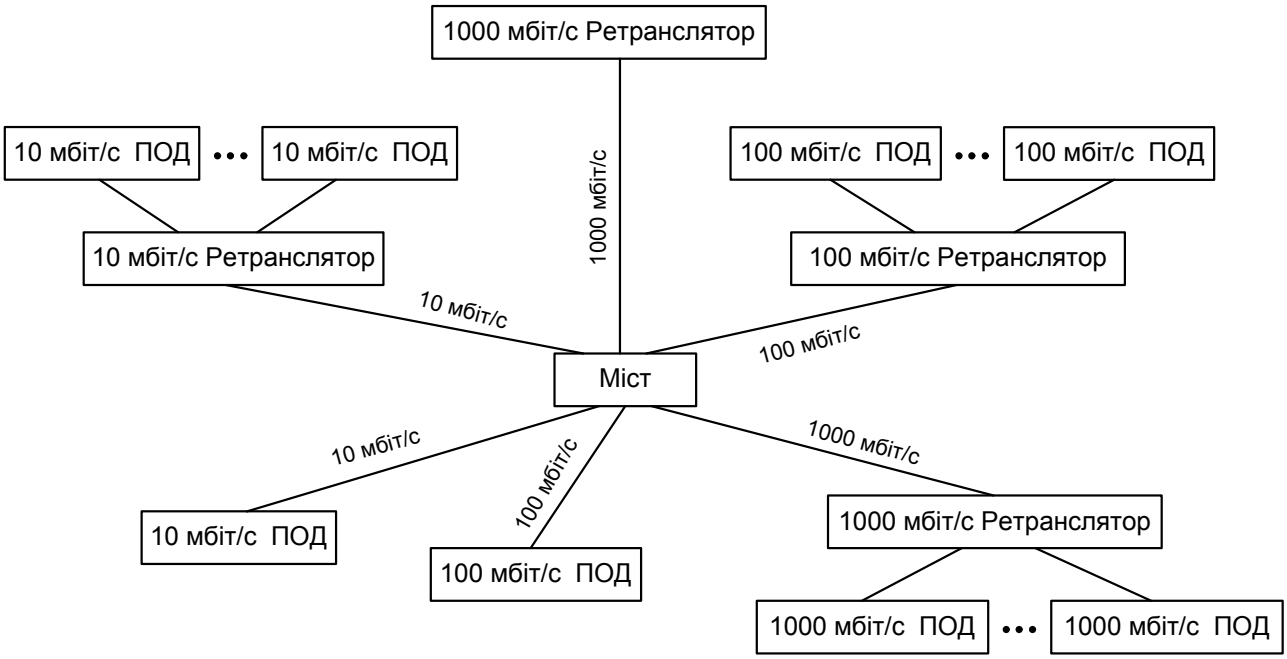


Рисунок 12

Це дає змогу обмінюватись даними в одному сегменті мережі з однією швидкістю, та обмінюватись з іншими сегментами мережі з іншою швидкістю.

Повні функції мосту та рекомендації, щодо його застосування описані в стандарті IEEE 802.1D та IEEE 802.1Q.

Мости є пристроями, що працюють на другому рівні OSI.

<u>Комутатор (Switch):</u>

Згідно термінології стандарту IEEE 802.3 комутатор є синонімом терміну міст.

Комутатори є пристроями, що працюють на другому рівні OSI.

Існує велика кількість різних типів комутаторів від різних виробників. Комутатори розрізняють за розміром таблиці MAC-адрес, сферою застосування та алгоритмом комутації пакетів:

- Магістральні з таблицею від 30000 MAC-адрес та більше 8000 MAC-адрес на один порт (використовують для об'єднання великих мереж і підключення до магістрального кабелю)
- Базові з таблицею від 8000 MAC-адрес та більше 512 MAC-адрес на один порт (використовують для об'єднання концентраторів та комутаторів всередині мережі)
- Комутатор робочих груп з таблицею від 256 MAC-адрес і зазвичай з одним MAC-адресом на порт (використовують замість звичайних концентраторів для розвантаження мережі)

Широко застосовуються два типи комутації:

- Store-And-Forward (запам'ятати та передати) — Комутатор приймає весь пакет даних до кінця, перевіряє пакет на неушкодженість і неушкоджені

пакети пересилає адресату, а ушкодження відкидає. При такому варіанті комутації затримка в передаванні дорівнюватиме тривалості пакету.

- Cut-Trough (наскрізне передавання) — Приймає лише заголовок пакету котрий містить MAC-адресу і одраз починає передавання пакету за MAC-адресою, при цьому пакет не перевіряється не правильність. Зазвичай такий метод використовується в магістральних комутаторах.

Наскрізне передавання неможливо організувати при передаванні інформації від менш швидкісного комутатора до більш швидкісного, оскільки в цьому разі виникнуть помилки, щоб уникнути котрі потрібна буферізація кадрів пакету.

Маршрутизатор (Router):

Маршрутизатор дає змогу з'єднувати сегменти мережі з різними мережними протоколами (на відміну від мостів та комутаторів) та виконує всі функції, що притаманні мостам та комутаторам.

Маршрутизатори є пристроями, що працюють на третьому рівні OSI.

Шлюз (gateway)

Переводить інформацію з мережі з одним мережним протоколом в мережу з іншим мережним протоколом.

Шлюз є пристроєм, що працює на сьомому рівні OSI (власне сама технологія Ethernet охоплює лише три перши рівні моделі OSI).

Об'єднувач (combiner)

Об'єднує кілька потоків Ethernet, маршрутизує їх, вносить кодування інформації для забезпечення певного рівня достовірності передавання інформації в мережі та переводить об'єднаний потік у формат даних прийнятий в мережах OTN.

Об'єднувач є пристроєм, що працюють на третьому рівні OSI.

За допомогою об'єднувача локальні мережі (LAN (Local Area Network)) можуть під'єднуватись до первинної мереж зв'язку загального користування.

Для Ethernet мереж побудованих на оптичному волокні можуть знадобитись також інші пристрої наприклад хвильові конвертори, розголужувачі.

Розділ 2 Стандарти, що описують технологію, параметри та експлуатаційний контроль мереж Ethernet

Світовими організаціями, котрі розробляють стандарти та рекомендації для обладнання мереж Ethernet, є:

- ITU (International Telecommunications Union) Міжнародний союз телекомунікацій
- ISO (International Organization for Standardization) Міжнародна Організація зі Стандартизації.
- IEC (International Electrotechnical Commission) Міжнародна Електротехнічна Комісія.
- TIA (Telecommunication Industry Association) Асоціація виробників засобів зв'язку працює під егідою EIA (Electronics Industries Alliance) Альянсу Електронної промисловості.

Основний вклад в розробку стандартів Ethernet внесено організацією IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) Інститут інженерів електротехніки та електроніки. Більшість стандартів цієї організації були прийняти як стандарти загально європейськими та світовими міжнародними організаціями.

Короткий опис рекомендацій та стандартів, що описують характеристики інтерфейсів та деяких параметрів обладнання локальних мереж та мереж Ethernet (наведені лише ті стандарти, що на думку авторів мають актуальність для сучасних мереж Ethernet).

Рекомендація (Стандарт)	**Дата випуску**	**Назва, та параметри, що розглядаються**
ITU G.985	03-2003	***100 Mbit/s point-to-point Ethernet based optical access system*** Рекомендація описує організацію мережі Ethernet за принципом точка-точка зі швидкістю передавання інформації 100 Мбіт/с, що базується на системі оптичного доступу, включно з описом специфікації на оптичну розподільчу мережу. Рекомендація визначає умови використання Ethernet точка-точка зі швидкістю передавання інформації 100 Мбіт/с для двонаправлених систем по одному волокну з використанням технології WDM. В рекомендації наведено фізичні параметри інтерфейсів для різних класів оптичних трактів (за величиною втрат в оптичному тракт).
ITU G.7041/Y.1303 Amendment 1 Corrigendum 1 Amendment 2 Erratum 1	12-2001 06-2002 03-2003 03-2003 07-2003	***Generic framing procedure (GFP)*** Рекомендація визначає процедури формування кадрів від клієнтських інтерфейсів Ethernet для передавання інформації в оптичну транспортну мережу згідно з рекомендацією ITU G.709 та ITU G.707.
ITU G.8010/Y.1306	02-2004	***Architecture of Ethernet Layer Networks*** Рекомендація описує функціональну архітектуру мереж, що побудовані за стандартом IEEE 802.3 використовуючи методологію викладену рекомендації ITU G.805 та ITU G.809. Функціональні можливості мережі побудовані за стандартом IEEE 802.3 викладені в рекомендації з точки зору мережного рівня OSI.

Рекомендація (Стандарт)	Дата випуску	Назва, та параметри, що розглядаються
ITU G.8011/Y.1307	08-2004	***Ethernet services framework*** Рекомендація описує послуги клієнта мережі Ethernet з точки зору мережі. Рекомендація визначає набір послуг мережі Ethernet та структуру підключення до Ethernet інтерфейсів: косристувач-мережа та мережа-користувач.
ITU G.8011.1 /Y.1307.1	08-2004	***Ethernet Private Line Service*** Рекомендація описує сервіси для двох типів приватних ліній Ethernet та параметри і функції приватної лінії Ethernet організованої за принципом точка-точка на рівні серверу. Рекомендація основана на рекомендації ITU G.8011/Y.1307.
ITU G.8012/Y.1308	08-2004	***Ethernet UNI and Ethernet NNI*** Описує транспортну структуру інтерфейсів мережі Ethernet: косристувач-мережа та мережа-користувач.
ITU G.8021/Y.1341	08-2004	***Characteristics of Ethernet Transport Network Equipment Functional Blocks*** Рекомендація описує характеристики, вимоги та функціональні можливості транспортної мережі Ethernet: в межах обладнання транспортної мережі Ethernet:. Рекомендація використовує методологію технічних вимог визначену в рекомендації ITU G.806 та базується на архітектурі мереж Ethernet визначених в рекомендації ITU G.8010/Y.1306 і підтримку послуг мережі визначених в рекомендаціях ITU G.8011/Y.1307 та ITU G.8011.1/Y.1307.1.
IEEE 802	08-03-2002	***IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture*** Стандарт містить визначення термінів, що використовуються в стандартах серії IEEE 802.x, містить структуру і призначення стандартів серії IEEE 802.x. Спершу стандарт мав номер IEEE 802.1A і був перейменовано на IEEE 802 для визначення його як базового для стандартів серії IEEE 802.x.
IEEE 802a	18-09-2003	***IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture*** ***Amendment 1: Ethertypes for Prototype and Vendor-Specific Protocol Development*** Стандарт є зміною до стандарту IEEE 802. Стандарт показує взаємовідношення між стандартом IEEE 802 та моделлю взаємодії відкритих систем стандарту ISO/IEC 7498-1
ANSI/IEEE 802.1B Міжнародний аналог: ISO/IEC 15802-	1995	***Information technology— Telecommunications and information exchange between systems— Local and metropolitan area networks— Common specifications— Part 2: LAN/MAN management*** Стандарт визначає архітектуру узгодженої взаємодії

Рекомендація (Стандарт)	Дата випуску	Назва, та параметри, що розглядаються
2: 1995		відкритих мереж, елементи послуг і протоколів для використання в середовищі LAN/MAN для цілій виконання віддаленого керування пристроями призначеними для LAN або MAN.
ANSI/IEEE 802.1D	09-06-2004	***Media Access Control (MAC) Bridges*** Стандартизує мости MAC. Стандарт визначає архітектуру та протоколи для між мережної взаємодії LANs IEEE 802.
ANSI/IEEE 802.1E Міжнародний аналог: ISO/IEC 15802-4: 1994	16-05-1994	***IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks. Common specifications Part 4: System load protocol*** Стандарт дає опис протоколу системного для завантаження пам'яті обладнання даних, що встановлюється в мережах IEEE 802.
IEEE 802.1F	09-11-1993	***IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: Common Definitions and Procedures for IEEE 802 Management Information*** Стандарт дає визначення загальної інформації з керування такої як атрибути, класи об'єктів керування, стандартних блоків, режимів, кодування інформації, що використовується для керування LAN/MAN. Стандарт визначає загальні процедури потрібні для технічного опису керування LAN/MAN.
ANSI/IEEE 802.1G Міжнародний аналог: ISO/IEC 15802-5: 1998	13-03-1998	***IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks. Common specifications Part 5: Remote Media Access Control (MAC) bridging*** Стандарт описує використання MAC мостів для об'єднання LAN за для підвищення їхньої ефективності.
IEEE 802.1H Міжнародний аналог: ISO/IEC TR11802-5:1997	06-12-2001	***IEEE Recommended Practice for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks. Technical reports and guidelines. Part 5: Media Access Control (MAC) Bridging of Ethernet V2.0 in Local Area Networks*** Стандарт визначає взаємодію нестандартних LAN з LAN побудованих згідно з ISO/IEC 8802.
IEEE 802.1Q	07-05-2003	***IEEE Standards for Local and metropolitan area networks Virtual Bridged Local Area Networks*** Стандарт визначає функціонування віртуальних LAN мостів, котрі дозволяють визначати, працювати та керувати топологією VLAN в межах з'єднаних структур LAN.
IEEE 802.1X	25-10-2001	***IEEE Standard for Local and metropolitan area networks— Port-Based Network Access Control***

Рекомендація (Стандарт)	Дата випуску	Назва, та параметри, що розглядаються
		Стандарт визначає взаємодію неавторизованих засобів і користувачів при підключенні до LAN побудованих згідно з ISO/IEC 8802. Стандарт визначає мережне керування доступом на рівні портів (порт в розумінні цього стандарту це одна точка під'єднання до LAN). Порти використовуються для під'єднання маршрутизаторів, серверів до інфраструктури LAN і встановлюють зв'язок між станціями.
ANSI/IEEE 802.2	07-05-1998	***IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems. Local and metropolitan area networks. Specific requirements*** ***Part 2: Logical Link Contro*** Стандарт описує взаємодію комп'ютерів та терміналів в місцевій мереж доступу (LAN). Стандарт описує функції, властивості та послуги підрівня керування логічної ланки (LLC) в протоколі LAN ISO/IEC 8802. (Підрівень LLC є верхнім підрівнем в канальному рівні (рівень ланцюгу даних).
IEEE 802.3 Міжнародний аналог: (ISO/IEC 8802-3)	08-03-2002	***IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems— Local and metropolitan area networks— Specific requirements*** ***Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications*** Стандарт описує LAN, що працюють з CSMA/CD в якості методу доступу. В стандарті визначені інтерфейси та параметри інтерфейсів доступу, що використовують LAN з CSMA/CD зі швидкістю 1; 10; 100; 1000 Мбіт/с. В стандарті наведені параметри та методи контролю параметрів інтерфейсів Ethernet.
IEEE 802.3ae	30-08-2002	***IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems— Local and metropolitan area networks— Specific requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications Amendment: Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for 10 Gb/s Operation*** Стандарт є доповненням стандарту IEEE 802.3 для інтерфейсів 10 Гбіт/с.
IEEE 802.3af	18-07-2003	***IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems— Local and metropolitan area networks— Specific requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection***

Рекомендація (Стандарт)	Дата випуску	Назва, та параметри, що розглядаються
		(CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications Amendment: Data Terminal Equipment (DTE) Power via Media Dependent Interface (MDI) Стандарт описує метод електроживлення пристроїв ПОД через мережу Ethernet
IEEE 802.3aj	16-09-2003	***IEEE Standard for Information technology. Telecommunications and information exchange between systems.*** ***Local and metropolitan area networks. Specific requirements*** ***Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*** ***Amendment: Maintenance 7*** Стандарт є доповненням стандарту IEEE 802.3, що вносить зміни до різних частин стандарту IEEE 802.3.
IEEE 802.11 Міжнародний аналог: ISO/IEC 8802-11	12-07-2003	***Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications*** Стандарт описує фізичний рівень та технічні вимоги до пересувних та стаціонарних станцій в локальній мережі бездротового зв'язку.
IEEE 802.15	14-06-2002	***Wireless Personal Area Networks Access Method and Physical Layer Specifications*** ***Стандарт описує*** загальні принципи побудови індивідуальних (дуже малого радіусу дії, до кількох десятків метрів) локальних систем.
IEEE 802.16	8-04-2002	***Broadband Wireless Access Method and Physical Layer Specifications*** Стандарт описує загальні принципи побудови систем широкосмугового радіодоступу в діапазоні 10÷66 ГГц
IEEE 802.17	06-2004	***Resilient Packet Ring Access Method and Physical Layer Specifications. Currently under development as a draft IEEE Standard.*** Стандарт описує роботу мостів MAC рівня.
IEEE 802.20	В стадії розробки	Стандарт призначатиметься для мобільних станцій

Розділ 3 Параметри елементів мережі Ethernet

§3.1 Номенклатура параметрів мережі Ethernet

Параметри мережі Ethernet можна поділити на параметри середовища розповсюдження сигналу та параметри обладнання, що створює мережу Ethernet.

Параметри середовища розповсюдження сигналу:

Для симетричних кабелів

Збалансованість пари

Визначає якість виготовлення кабелю. Характеризує здатність обвитої пари за рахунок ефекту близькості самопригнічувати перехідні електромагнітні впливи (оскільки в обох провідниках струм протікає в протилежних напрямках і створені ними електромагнітні поля знаходяться в протифазі і однакові за амплітудою, за рахунок чого сумарне випромінення збалансованої пари наближене до нуля).

В реальних кабелях на збалансованість пари впливає нерівномірність кроку обвиття пари (в наслідок не досконалості технології виробництва) та не ідеальність матеріалів провідників та діалектиків.

Баланс вимірюється згідно з рекомендацією ITU G.117. виміряні значення балансу повинні відповідати значенням визначеним в стандарті ISO/IEC 11801.

Для додаткового зменшення взаємного впливу між парами в кабелях з наявністю більше чим однієї пари, для різних пар застосовують різний крок обвиття.

Хвильовий опір (Characteristics impedance)

Хвильовий опір характеризує опір котрий зустрічає електромагнітна хвиля при розповсюдженні вздовж однорідної лінії без відбиття (за умови відсутності неузгодженості на кінцях лінії).

Хвильовий опір залежить лише від первинних параметрів кабелю (опір, провідність, індуктивність, ємність) та частоти передаваємого струму

$$Z_{хв.} = \sqrt{\frac{R + i\omega L}{G + i\omega C}}$$

Зазвичай обвита пара має хвильовий опір згідно ISO/IEC 11801 (100 Ом; 200 Ом; або 150 Ом) ±15% (на частотах більше 1 МГц).

Для ідеальної пари хвильовий опір повинен бути однаковим по всій довжині кабелю оскільки в місцях неоднорідності хвильового опору виникає відбиття сигналу. Що погіршує якість передавання інформації.

Неоднорідність хвильового опору зумовлена нерівномірністю кроку обвиття в обвитій парі, перегину кабелю при його прокладанні, різних механічних дефектах (наприклад зміни товщини провідника в наслідок розтягування).

Номінальна швидкість розповсюдження сигналу (затримка (delay) розповсюдження сигналу) NVP (Nominal Velocity of Propagation)

Виражається як відношення швидкості розповсюдження сигналу до швидкості світла у вакуумі.

На практиці часто використовується така характеристика як затримка на довжину кабелю (зазвичай на 100 метрів пари) (нс/м). При наявності в кабелі більше однієї пари користуються параметром “delay skew” різниця затримки, що враховує не ідеальність пар. Затримка та різниця затримки вимірюється згідно стандарту IEC 61935-1. виміряні

значення затримки та різниці затримки повинні відповідати значенням визначеним в стандарті ISO/IEC 11801.

Коефіцієнт загасання (Attenuation), втрати на включення (внесені втрати) (insertion loss)

Загасання показує зменшення електромагнітної енергії в кінці лінії порівняно з початком лінії. Виражається або в Белах або в Неперах. При відношенні потужності електромагнітної енергії на вході лінії до потужності електромагнітної енергії на виході лінії, формули мають вигляд:

$$a = 10\lg\frac{P_{вх.}}{P_{вих.}}\text{; (дБ)}$$

$$a = 0{,}5\cdot\ln\frac{P_{вх.}}{P_{вих.}}\text{; (Нп)}$$

1 дБ=8,686 Нп; 1 Нп =0,115 дБ.

Коефіцієнт загасання виражається в Белах або в Неперах на одиницю довжини лінії.

Коефіцієнт загасання залежить від частоти:

Коефіцієнт загасання (втрати на включення) вимірюється згідно стандарту IEC 61935-1. виміряні значення коефіцієнта загасання повинні відповідати значенням визначеним в стандарті ISO/IEC 11801.

Перехресні наведення на ближньому кінці кабелю NEXT (Near End Crosstalk)

NEXT визначає відношення поданого сигналу на одну пару до величини отриманого наведення в другій парі на ближньому кінці. Величина NEXT залежить від частоти: В багатопарному кабелі виміри проводять для всіх комбінацій пар.

NEXT вимірюється згідно стандарту IEC 61935-1. виміряні значення NEXT повинні відповідати значенням визначеним в стандарті ISO/IEC 11801.

Для класу D; E; F в кабелі згідно стандарту ISO/IEC 11801 визначаються також величину Power Sum NEXT (PSNEXT), тобто сумарним наведенням потужності на ближньому кінці від всіх пар.

Перехресні наведення на дальньому кінці кабелю FEXT (Far End Crosstalk)

FEXT визначає відношення поданого сигналу на одну пару до величини отриманого наведення в другій парі на дальньому кінці. Величина FEXT залежить від частоти: В багатопарному кабелі виміри проводять для всіх комбінацій пар. FEXT вимірюється згідно стандарту IEC 61935-1. виміряні значення FEXT повинні відповідати значенням визначеним в стандарті ISO/IEC 11801.

Для класу D; E; F в кабелі визначаються також величину Power Sum FEXT (PSFEXT), тобто сумарним наведенням потужності на дальньому кінці від всіх пар.

Відношення величини загасання від перехресних наведень ACR (Attenuation Crosstalk Ratio)

Характеристика визначає якість кабелю, оскільки чим менше коефіцієнт загасання тим більшу амплітуду матиме корисний сигнал на виході лінії, і чим більше перехідне загасання тим менші взаємні наведення між парами.

Згідно стандарту ISO/IEC 11801 визначається наступним чином:

$$ARC = a_N - a\text{; (дБ)}$$

a_N – Перехідні втрати на ближньому кінці, виміряні між будь-якими двома парами кабелю. NEXT втрати повинні вимірюватись у відповідності з IEC 61935-1, окрім випадків коли вимірювання NEXT втрат не повинно залежати від довжини.

a – Загасання кабелю що вимірюється у відповідності з IEC 61935-1, окрім випадків коли вимірювання загасання не повинно маштабуватись для стандартних довжин.

Виміряні значення ACR повинні відповідати значенням визначеним в стандарті ISO/IEC 11801.

Для класу D; E; F в кабелі визначаються також величину Power Sum ACR (сумарну потужність ACR)

Згідно стандарту ISO/IEC 11801 визначається наступним чином:

$$PSARC = PNEXT - a \text{; (дБ)}$$

Приведене перехідне загасання на дальньому кінці ELFEXT (Equal Far End Crosstalk)

ELFEXT вимірюється з двох сторін для всього діапазону частот, що використовуються. ELFEXT визначається як характеристика перехідного загасання на дальньому кінці кабелю та погонного загасання пари що створює наведення.

Для класу D; E; F в кабелі визначаються також величину Power Sum ELFEXT.

Виміряні значення ELFEXT та PSELFEXT повинні відповідати значенням визначеним в стандарті ISO/IEC 11801.

Загасання відбиття Return Loss (RL)

При передаванні сигналу, в місцях нерівномірності хвильового опору (з'єднання, згини, розтягнення кабелю та інші.) виникає ефект відбиття сигналу в зворотному напрямку.

Величина загасання відбиття особливо важлива при передаванні сигналів в обох напрямках на великих швидкостях, оскільки великий зворотній сигнал може призвести до спотворень переданої інформації.

Загасання відбиття (загасання неузгодженості величини хвильового опору в лінії) виражається у вигляді відношень потужності сигналу переданого в прямому напрямку до потужності сигналу що відбивається в зворотному напрямку.

Загасання відбиття вимірюється згідно стандарту IEC 61935-1. виміряні значення Загасання відбиття повинні відповідати значенням визначеним в стандарті ISO/IEC 11801.

Параметри обвитих кабелів суттєво погіршуються під час монтажу з'єднувачів (конекторів), коли доводиться розплітати пари кабелю приблизно на довжину 1,5÷2 см, в наслідок чого погіршуються параметри кабелю.

Для коаксіальних кабелів

Коаксіальна пара є більш завадостійкою порівняно з обвитою парою, оскільки в наслідок взаємодії електромагнітного поля внутрішнього та зовнішнього провідників зовнішнє електромагнітне поле дорівнює нулю (ефект самоекранування).

Для коаксіальної пари будуть мати місце характеристики, розглянуті раніше, щодо обвитої пари:

- Хвильовий опір;
- Коефіцієнт загасання (Attenuation), втрати на включення (внесені втрати) (insertion loss);

Також має місце такий параметр як коефіцієнт відбиття

Оскільки внаслідок нерівномірності хвильового опору (місця з'єднань відрізків кабелю, під'єднань до обладнання, механічна деформація кабелю) виникає зустрічний та супутній потік, що вносить завади при передаванні інформації.

$$p = \frac{\Delta Z_{хв.}}{2Z_{хв.}}; [\%]$$

де $\Delta Z_{хв.}$ – відхилення від номінального хвильового опору;

$Z_{хв.}$ – номінальний хвильовий опір.

Для оптичних волокон

Втрати в оптичному волокні

Для визначення втрат оптичної потужності в оптичному волокні необхідно знати потужність (або рівень потужності) на виході волокна, що досліджується, та потужність (або рівень потужності), яка подається у волокно, що досліджується. Загасання у кабелі, що вимірюється, визначають за формулою:

$$A(\lambda) = 10\lg\frac{P_1(\lambda)}{P_2(\lambda)}$$

де: A(λ) – загасання в оптичному кабелі, дБ.

P_1 та P_2 – відповідно потужності на вході та виході оптичного волокна, що вимірюється, Вт.

λ – довжина хвилі, на якій проведені вимірювання, мкм.

Потужність сигналу часто характеризують по відношенню до 1 мВт, це значення називають рівнем потужності, (рівень потужності визначається в дБм, де літера “м” вказує на величину потужності з якою порівнюють, в даному випадку міліват, інколи рівень потужності є відношенням до 1 нВт і визначається в дБн). Рівень потужності визначається за формулою:

$$p_1 = 10\lg\frac{P_1}{1мВт}, \text{ дБм}$$

де P_1 потужність, що вимірюється у мВт.

Загасання у волокні, що вимірюється, визначають за формулою:

$$A = p_1 - p_2, \text{ дБ}$$

Коефіцієнт загасання у волокні, що вимірюється (довжиною L), визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{A}{L}, \text{ (дБ/км)}$$

Дисперсія:

Дисперсія це залежність показника заломленні від довжини хвилі (частоти). Внаслідок дисперсії хвилі з різною частотою проходитимуть різний оптичний шлях

Дисперсія призводить до збільшення тривалості імпульсу, що передається вздовж волокна. Дисперсія має розмірність часу та визначається як середньоквадратична різниця тривалості імпульсу на виході та на вході волокна $\tau(l) = \sqrt{t_{вих.}^{\ 2} - t_{вх.}^{\ 2}}$.

- Хроматична дисперсія

Хроматична дисперсія (внутрішньомодова дисперсія) — явище, котре полягає у збільшені ширини світлового імпульсу при його розповсюдженні по волокну внаслідок кінцевої ширини спектральної лінії випромінення через що спектральні складові оптичного сигналу розповсюджуються з різними груповими швидкостями. Хроматична дисперсія обмежує швидкість передавання та довжину сегменту мережі.

- Міжмодова дисперсія

Міжмодова дисперсія викликана тим, що в багатомодовому волокні на одній і тій самий частоті є різними групові швидкості напрямлених мод, що мають участь в

переносі імпульсу. Приблизно значення міжмодової дисперсії можна оцінити значенням різниці групових швидкостей найшвидшої та найповільнішої мод.

При появі інтерфейсів Ethernet, що працюватимуть на швидкості 40 Гбіт/с та вище, та використовують спектральне ущільнення каналів (аналогічно інтерфейсу 10G Base LX4), на великих довжинах сегментів можливо виникне необхідність враховувати нелінійні явища в оптичному волокні та полризаційну дисперсію моди.

Втрати на з'єднання; Внесені втрати (Вносимі втрати)

Величина, на котру збільшується загасання сигналу внаслідок з'єднання волокон, або під'єднання рознімного з'єднувача. Визначається в дБ.

Як визначає рекомендація ITU G.671, втрати, що вносяться, –зменшення оптичної потужності на виході пристрою відносно потужності на вході пристрою, виражене у дБ.

$$IL = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{вх.}}{P_{вих.}}\right)$$

Втрати на відбиття

Втрати на відбиття характеризують узгодженість пристрою системи і визначаються як відношення потужності на вході пристрою до потужності, відбитої від входу пристрою, виражене в дБ.

$$ORL = 10 \cdot \lg \frac{P_{вх.}}{P_{від.}}$$

Для проводів електричних (силових) ліній

Загалом параметри середовища при передаванні трафіку Ethernet по проводам електричних ліній, будуть тотожні параметрам для симетричних кабелів (наприклад коефіцієнт загасання, хвильовий опір, тощо).

На якість передавання трафіку Ethernet по проводам електричних ліній будуть впливати імпульсні завади від включення/виключеення побутових електроприладів, гармоніки від частоти струму мережі та наведення що можуть бути викликані зовнішніми джерелами електромагнітного поля (наприклад радіостанції).

Для атмосфери (радіо Ethernet безпроводова оптика)

При розповсюдженні радіохвиль та лазерного випромінення в атмосфері її параметри можуть істотно змінюватись в залежності від температури повітря (такі зміни відбуваються постійно: пори року, час доби, погодні впливи) та від зміни прозорості самої атмосфери (атмосферні осади, туман), а для безпроводової оптики (оскільки передавання інформації відбувається лазерним променем направленим з точки в точку на якість зв'язку можуть впливати навіть випадкові чинники як наприклад птахи, листопад.

Можна відмітити наступні параметри, що впливатимуть на дальність та якість передавання інформації в такому середовищі як атмосфера:

Коефіцієнт загасання (Attenuation)

(параметр розглянуто раніше для інших середовищ)

Коефіцієнт ослаблення — зменшення напруженості поля радіохвилі при розповсюдженні в реальних умовах порівняно зі зменшенням, котре відбувалось би у вільному просторі.

Оскільки потужність електромагнітного поля в точці прийому буде визначатись як результат інтерференції прямого та відбитих від перешкод та землі променів, то з

врахуванням коефіцієнту відбиття від поверхні перешкод та землі, коефіцієнт ослаблення може бути як більше так і менше одиниці.

Мережні параметри Ethernet

Якість побудови мережі — якість скрутки пар, з котрих знято оболонку; якість з'єднань та якість монтажу кабелю; виконання норм, що до мінімального радіусу вигину для кабелів; виконання норм, що до допустимих довжин ділянок кабельних ліній.

Цей параметр впливатиме на працездатність, якість та довговічність роботи мережі.

MRT (maximum round-trip time) — час за котрий пакет гарантовано проходить по каналам зв'язку від джерела до отримувача і джерело здатне визначити наявність колізії (для цього потрібно щоб ушкоджений пакет дійшов назад по лінії до джерела).

Цей параметр впливає на геометричні параметри мережі обмежуючі довжини сегментів мережі.

Енергетичний бюджет — мінімальна оптична потужність достатня для прийому сигналу, з заданим рівнем коефіцієнту помилок, враховуючи ослаблення сигналу в лінії між передавачем та приймачем включно з штрафами за оптичний шлях, розрахована як різниця між мінімальною потужністю на виході передавача та мінімальною потужністю на вході приймача.

Цей параметр також впливає на геометричні параметри мережі обмежуючі довжини сегментів мережі.

Максимальна пропускна спроможність каналу зв'язку — максимальний об'єм даних, котрий можна передати від джерела до приймача за одну секунду. В ідеалі пропускна спроможність каналу дорівнюватиме швидкості передавання, однак оскільки кадри мають кінцеву довжину та міжкадровий інтервал. На визначення параметру впливає наявність втрачених пакетів.

Параметр характеризує продуктивність роботи мережі.

Процент втрачених пакетів — число втрачених пакетів, виражене в процентах по відношенню до успішно переданих пакетів від загальної кількості переданих кадрів.

Параметр характеризує продуктивність роботи мереж, оскільки втрата пакетів відбувається в наслідок помилок, перенавантжень мережі, та великого значення затримки.

Параметри обладнання мережі Ethernet

Пропускна спроможність — максимальна швидкість з якою пакети інформації передаються через проміжні пристрої мережі (концентратори, комутатори, маршрутизатори) адресатам.

Затримка — проміжок часу між отриманням пакету інформації від відправника та передаванням його адресату.
Параметр впливає на продуктивність роботи мережі

Втрати на відбиття — return loss (optical return loss) втрати на відбиття характеризують узгодженість пристрою системи і визначаються як відношення

потужності на вході пристрою до потужності, відбитої від входу пристрою, виражене в дБ.

$$RL\ \ (ORL) = 10 \cdot \lg \frac{P_{вх.}}{P_{від.}}$$

Середня потужність на виході передавача — середнє значення від максимальної та мінімальної потужності на вході передавача. Параметр впливає на енергетичний потенціал системи, нелінійні параметри лінії зв'язку та довжину лінії зв'язку.

Мінімальна чутливість приймача — Мінімальний рівень сигналу, за якого система ще здатна до прийому при допустимій якості роботи системи. Параметр наводиться для розрахунку максимальної довжини лінії зв'язку.

Мінімальний рівень перенавантаження приймача — Максимальний рівень сигналу, за якого система ще здатна до прийому при допустимій якості роботи системи. Параметр наводиться для розрахунку мінімальної довжини лінії зв'язку.

Форма сигналу (око-діаграма) на виході передавача — відповідність вихідного сигналу заданим параметрам. Параметр визначає здатність обладнання формувати сигнали с заданими параметрами.

Номінальна несівна частота — частота (довжина хвилі), що відповідає максимуму енергетичного спектра сигналу (електромагнітної хвилі або оптичного випромінення), який використовують для формування канального сигналу, називається несівною частотою (довжиною хвилі).

Повне фазове тремтіння — (складається з детермінованого (власного) та випадкового (тремтіння викликане випадковими чинниками) фазового тремтіння). Параметр вказує на здатність обладнання формувати цифровий потік з визначеними параметрами.

Для радіопередавачів важливим також буде коефіцієнт направленості антени — котрий показу у скільки разів потрібно збільшити потужність, що підводиться до ізотропної антени (точковий випромінювач, котрий рівномірно випромінює радіохвилі у всіх напрямках), щоб вона створювала в точці прийому таку ж напруженість поля, що й направлена антена

§3.2 Методи контролю низки параметрів Ethernet

Методи контролю та фізичні параметри, що контролюються для інтерфейсів обладнання Ethernet наведені в стандарті IEEE 802.3, доповненні до цього стандарту IEEE 802.3ae для інтерфейсів 10 Гбіт/с та інших доповненнях, методика проведення цих тестів тотожна методиці проведення тестів для фізичних параметрів інтерфейсів обладнання SDH, тощо.

Методи контролю та фізичні параметри, що контролюється для інтерфейсів обладнання радіо Ethernet наведені в стандарті EN 300 328.

Документ RFC 2544 визначає методику тестування мережі Ethernet, критерії тестування та інтерпретацію результатів.

Методика RFC 2544 містить шість тестів, що проводяться з виводом обладнання з експлуатації:

- продуктивність (throughput)
- затримка (latency)
- рівень втрати пакетів (FRAMES Loss rate) (процент втрачених пакетів)

- тест Back-to-back (максимальна пропускна спроможність)
- відновлення системи (SYSTEM RECOVERY)
- повернення у похідний стан (RESET)

Для еталонного тестування мережного пристрою після його прийняття або встановлення використовують наступні схеми тестування:

Один випробувальний пристрій і два пристрої, що випробовуються (рисунок 13)

Рисунок 13

Один випробувальний прилад та один пристрій, що випробовується (рисунок 14)

Рисунок 14

Два випробувальних прилади та один пристрій, що випробовується (рисунок 15)

Рисунок 15

<u>Оскільки розмір кадру є змінним параметром: 64, 128, 256, 512, 1024, 1280 і 1518 байтів, кожне вимірювання проводиться окремо для кожного вказаного розміру кадру.</u>

<u>Продуктивність (throughput)</u>

Випробування починається з 10% завантаження каналу, передаванням певної кількості кадрів певної довжини. При втраті хоч одного кадру випробування повторюється на більш низькій швидкості цей процес повторюється до поки не визначена максимальна продуктивність.

<u>Затримка (latency)</u>

Випробування виконується при фіксованому рівні навантаження каналу впродовж певного часу. Вимірюється час затримки окремих кадрів з часовими мітками і фіксується мінімальний час затримки за певний період. Час затримки вираховується як середнє арифметичне від загальної кількості вимірів.

Рівень втрати пакетів (FRAMES Loss rate) (процент втрачених пакетів)

Випробування починається зі 100% завантаження каналу, посиланням встановленої кількості кадрів і регістрацією проценту втраченого при цьому кадрів. Завантаження каналу зменшується (на задану кількість) і випробування повторюється.

Тест Back-to-back (максимальна пропускна спроможність)

Тест визначає максимальну кількість кадрів посланих почергово (один за одним) з мінімальним терміном IPG, котре пристрій, що випробовується, може опрацювати без втрати кадрів.

Відновлення системи (SYSTEM RECOVERY)

Визначається час, що потрібний обладнанню, що випробовується, для зупинки втрати кадрів, коли швидкість передавання кадрів зменшена від більш ніж 100% до нормальної.

Пристрій, що випробовується знаходиться в продовж певного часу під великим рівнем трафіку, потім трафік зменшується, час між падінням швидкості передавання кадрів і останнім втраченим кадром усереднюється для кількох тестів.

Повернення у похідний стан (RESET)

Визначається час, котрий потрібен обладнанню, що випробовується, для того щоб почати передавання кадрів після апаратного чи програмного переривання подавання напруги. (Цей тест на відміну від інших проводиться лише для кадрів, що мають мінімальну довжину).

Затримка між останнім переданим кадром перед скиданням і першим кадром після скидання показує час скидання. Випробування проводиться для кожного типу скидання.

Розділ 4 Застосування Ethernet на мережі зв’язку загального користування в Україні

На мережі загального користування в Україні вже існує обладнання для передавання потоків Ethernet через мережу SDH та WDM.

Це здійснюється наступним чином, оптичні потоки Ethernet поступають на об’єднувач (combiner), котрий об’єднує потоки Ethernet в потоки оптичної транспортної мережі (OTM).

Наприклад два потоки 1000 Мбіт/с Ethernet об’єднуються в один потік OTU1 (Optical Channel Transport Unit – транспортний модуль оптичного каналу 1-го рівня) оптичної транспортної мережі відповідно до рекомендації ITU G.709.

Функціональна блок-схема об’єднувача та функції блоків можна змалювати наступним чином:

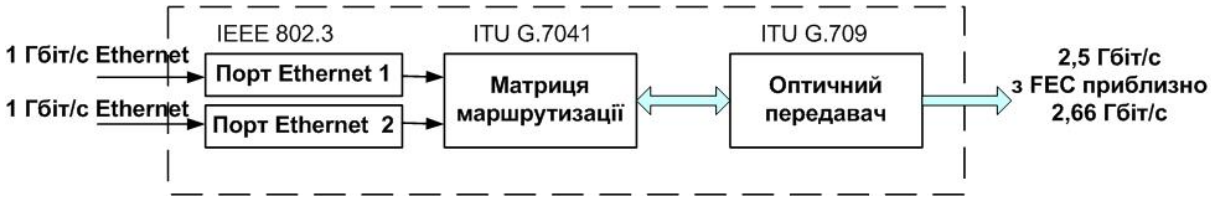


Рисунок 16 Функціональна блок-схема об’єднувача

Потоки 1000 Мбіт/с Ethernet поступають на вхідні клієнтські порти об’єднувача і передаються на матрицю маршрутизації, котра виконує обробку цих потоків, для передавання по мережі цикли даних вставляються з використанням узагальненої процедури кодування GFP (Generic Framing Protocol) у відповідності до рекомендації ITU G.7041, до перетворення потоку даних у віртуальні контейнери VC-4 (до кількох (біля 10 на один порт 1000 Мбіт/с Ethernet), що передаються як сигнал STM-16. Лінійний сигнал направляється на мережну сторону об’єднувача

На мережному виході оптичний передавач генерує сигнал 2,5 Гбіт/с або 2,66 Гбіт/с якщо наявна процедура попередньої корекції помилок – FEC (Forward Error Correction) відповідно до рекомендації ITU G.709.

Узагальнену спрощену структуру застосування технології Ethernet на первинній мережі зв’язку загального користування в Україні можна показати наступним чином:

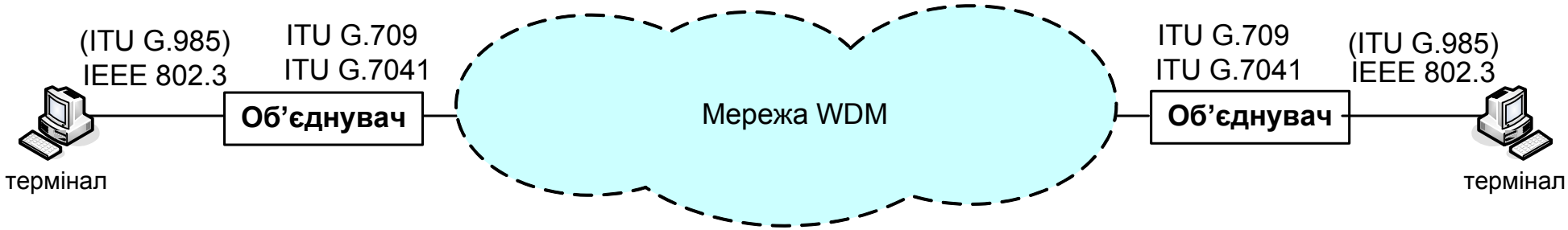


Рисунок 17 Узагальнена спрощена структура застосування технології Ethernet на первинній мережі зв’язку загального користування в Україні та стандарти рекомендації котрим повинні відповідати інтерфейси наведених на схемі блоків.

Розділ 5 Рекомендації з побудови мережі Ethernet

Загальні рекомендації з побудови мережі:

Існує кілька загальних принципів для побудови мережі Ethernet для правильного, надійного і якісного її функціонування під час експлуатації.

- Мережа, що використовує протокол CSMA/CD, буде функцію вати правильно в тому випадку, коли всі її вузли можуть бути інформовані про колізію за проміжок часу MRT, менше, ніж тривалість найкоротшого пакета даних. Це накладає обмеження на протяжність кабелю та розмір мережі.
- Потрібно пам'ятати, що в кабелі з обвитими парами пари мають різнокольорове маркування не просто так і не все одно яку пару до якого контакту під'єднувати, пари мають різний крок скручування з метою зниження перехресних наведень в кабелі і ця мета досягається лише при правильному їх підключенні.
- Між робочими станціями варто включати лише цілі, нерозрізані відрізки кабелю і перехідні з'єднувачі застосовувати якнайрідше.
- При побудові кабельної системи потрібно брати до уваги проблему сумісності:
    a. Сумісність рознімів (механічна відповідність рознімів різних виробників)
    b. Сумісність елементів (електрична відповідність рознімів різних виробників)
    c. Сумісність категорій (можливість створення каналу з кабелів різних категорій/класів)
- При виборі обладнання та середовища на якому будуватиметься мережа потрібно враховувати специфіку місця призначення побудови мережі, перспективи розвитку мережі, перспективу завантаження мережі з часом і резерв параметрів мережі, що впливатиме на топологію мережі, кількість точок доступу, тощо.

Приклад фізичного з'єднання двох ПК:

Як правило з'єднання з двох ПК здійснюється за допомогою рознімів типу RJ45, загальний вигляд котрого (з'єднувач та розетка) показано на рисунку 18:

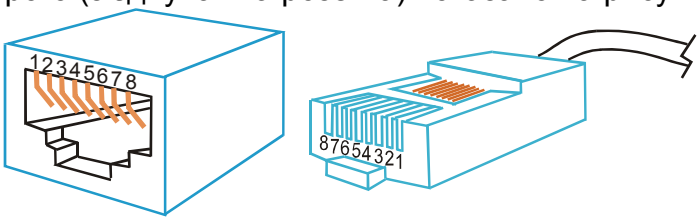


Рисунок 18

Найчастіше застосовуються дві схеми розводки провідників в кабелях згідно стандарту TIA 568, як показано на рисунку 19 (такі схеми схрещувань провідників в кабелі повинні звести до мінімуму наведення в кабелі:

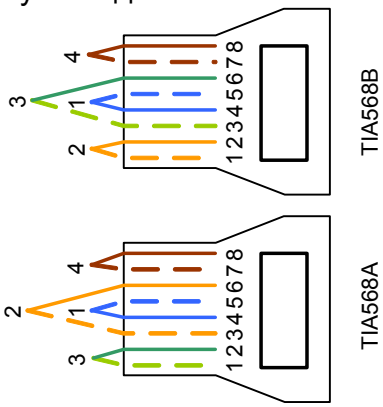


Рисунок 19

Існують також інші схеми розводки провідників, але вони не набули великого поширення, наприклад, як показано на рисунку 20

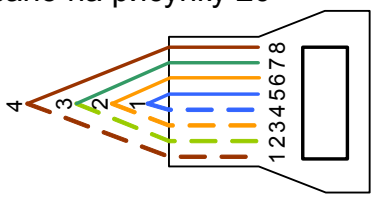


Рисунок 20

У випадку з'єднання в мережу на пряму двох ПК (або концентраторів без спеціальних портів розширення) без проміжних пристроїв концентраторів, комутаторів, необхідно змінити розводку провідників у обвитій парі і тоді мережні плати ПК можна з'єднувати на пряму. Зміна розводки провідників здійснюється наступним чином, перший провідник з'єднується з третім, а другий з шостим, як показано на рисунку 21:

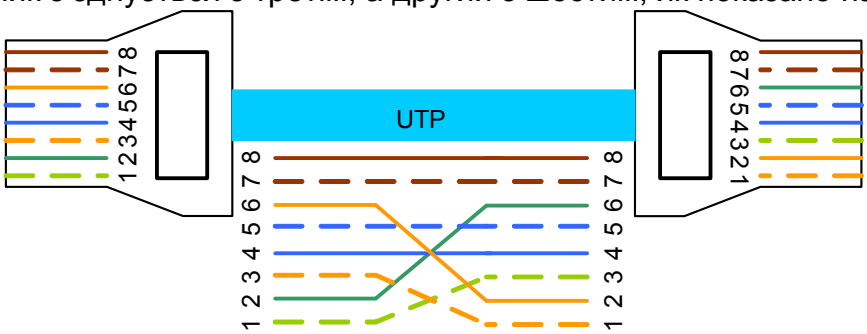


Рисунок 21

У випадку з'єднання в мережу двох ПК через проміжний пристрій (наприклад концентратор), використовується пряма розводка як показано на рисунку 22:

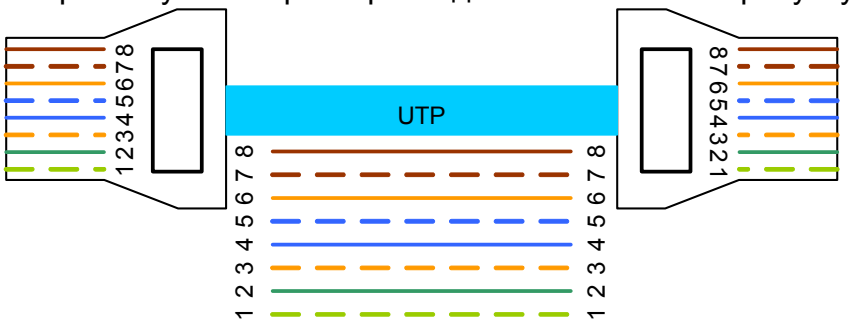


Рисунок 22

Порядок встановлення з'єднувачів на кінці кабелю наступний:

1. Видаліть зовнішню оболонку кабелю на довжину 12,5 мм (1/2 дюйма), в обжимному інструменті є спеціальний ніж і обмежувач, для цієї операції, з провідників не потрібно знімати ізоляцію (рисунок 23):

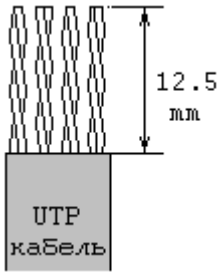


Рисунок 23

2. Розплетіть провідники і розташуйте їх у відповідності з обраною схемою (рисунок 24)

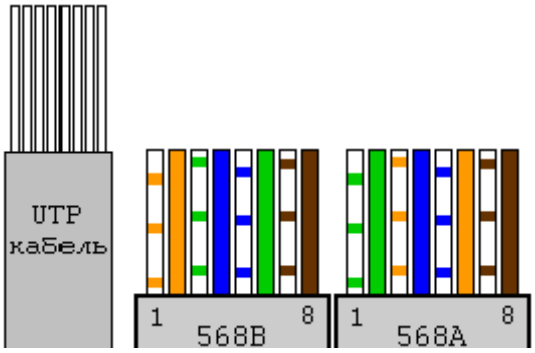


Рисунок 24

3. Поверніть вилку з'єднувача контактами до себе, як показано на рисунку 25, та обережно насуньте на кабель до упора, щоб провода пройшли під контактами

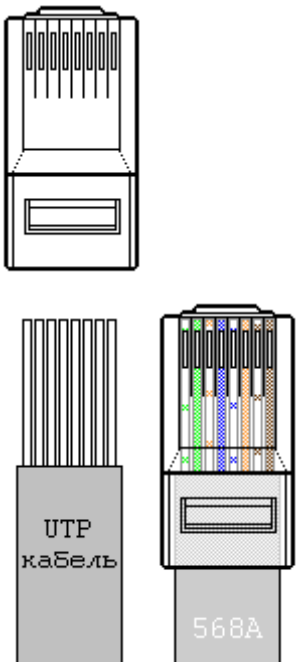


Рисунок 25

4. Обіжміть вилку, на обжимному інструменті є спеціальне гніздо, в котре вставляється вилка з проводами та натисканням ручки обжимається (рисунок 26)

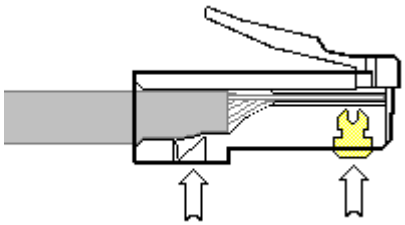


Рисунок 26

5. Контакти занурюються всередину корпусу та прорізають ізоляцію проводів (рисунок 27.

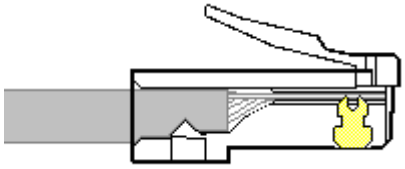


Рисунок 27

Словник іншомовних скорочень

ADSL (Asymmetric digital subscriber line) — Асиметрична цифрова абонентська лінія
ANSI (American National Standards Institute) — Американський Національний Інститут Стандартів
ACR (Attenuation Crosstalk Ratio) — Відношення величини загасання від перехресних наведень
BER (bit error rate) — Коефіцієнт бітових помилок
BSS (Basic Service Set) — Базовий набір послуг
CCA (Channel Clearance Algorithm) — Алгоритм керування з'єднанням
CSMA/CD (Carrier Sense Mupltiple Access/Collision Detect) — Множинний доступ з опитуванням несівної та вирішенням колізій
(CSMA/CA)Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance — Множинний доступ з опитуванням несівної та запобіганням колізії
DCE (Data Communications Equipment) — Обладнання закінчення Каналу Даних (ОКД)
DNS (Domain Name Service) — Сервіс доменних імен
DSL (Digital subscriber line) — Цифрова абонентська лінія
DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) — Пряма послідовна передача спектру
DTE (Data Terminal Equipment) — Прикінцеве обладнання Даних (ПОД)
EFD (End-of-Frame delimiter) — Розподілювач кінця кадрів)
ELFEXT (Equal Far End Crosstalk) — Приведене перехідне загасання на дальньому кінці
EIA (Electronics Industries Alliance) — Альянс Електронної промисловості
Ethernet — Інтерфейс взаємодії, побудований за стандартом IEEE 802.x
ESS (Extended Service Set) — Розширений базовий набір послуг
HD (half duplex) — напівдуплексний
FEXT (Far End Crosstalk) — Перехресні наведення на дальньому кінці кабелю
FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) — Передача спектру частотними стрибками
FD (full duplex) — Повнодуплексний
FDDI (Fiber Distributed Data Interface) — Розподілений по оптичному волокну інтерфейс даних
FSK (Frequency Shift Keying) — Частотна модуляція
FTP (File Transfer Protocol) — Протокол передавання файлів
IBSS (Independent Basic Service Set) — Незалежний базовий набір служб
IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) — Інститут інженерів електротехніки та електроніки
IP/IPv6 - Internet Protocol — Інтернет протокол/ Інтернет протокол версії 6
IPG (interpacket gap) — Міжпакетний інтервал
ISO (International Organization for Standardization) — Міжнародна Організація зі Стандартизації
GMII (Gigabit Media Independent Interface) — Гігабіт інтерфейси незалежні від середовища передавання
HTTP (Hypertext Transfer Protocol) — Протокол для пересилання гіпертекстів
LAN (Local Area Network) — Локальна мережа
LLC (Logical Link Control) — Керування логічним ланцюгом
MAC (Media Access Control) — Керування доступом до середовища
MAN (Metropolitan Area Network) — Загальноміська мережа
MII (Media Independent Interface) — Інтерфейси незалежні від середовища передавання
MLT-3 (Multi Level Transmission-3) — Трирівневе кодування зі скрембліруванням без самосинхронізації
MMF (Multi-Mode Fiber) — Багатомодове оптичне волокно
MRT (maximum round-trip time) — Максимальний час проходження сигналу в обох напрямках
NEXT (Near-End crosstalk) — Внутрішня інтерференція (взаємний вплив сигналів всередині лінії)

NRZI (Non-Return to Zero Inverted) — Інверсне кодування без повернення до нуля
NTP (Network Time Protocol) — Мережний протокол служби часу
NVP (Nominal Velocity of Propagation) — Номінальна швидкість розповсюдження
OMA (Optical Modulation Amplitude) — Оптична амплітуда модуляції (абсолютне значення різниці між оптичною потужністю сигналу одиниці та сигналу нуля)
OSI (Open Systems Interconnection) — Взаємодія відкритих систем
OTU1 (Optical Channel Transport Unit) — Транспортний модуль оптичного каналу 1-го рівня
PAM 5 (Pulse Amplitude Modulation) — Імпульсна амплітудна модуляція - п'ятирівнева
PoE (Power over Ethernet) — Електроживлення поверх Ethernet
POP3 (Post Office Protocol version 3) — Поштовий протокол версії 3
PLC (Power Line Communication) — Зв'язок по лініям електроживлення
PLT (Power Line Transmission) — Передавання по лініям електроживлення
PSELFEXT (Power Sum ELFEXT) — Сумарна потужність ELFEXT
PSK (Phase Shift Keying) — Фазова модуляція
RFC (Request for Comments) — Запит для коментарів
RL (Return Loss) — Загасання відбиття
SDH (Synchronous Digital Hierarchy) — Синхронна цифрова ієрархія
цифрова абонентська лінія
SFD (Start Frame Delimiter) — Стартовий розподілювач кадрів)
SMF (Single-Mode Fiber) — Одномодове оптичне волокно
SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) — Простий протокол переносу пошти
SNMP (Simple Network Management Protocol) — Простий протокол керування мережею
S/STP (Shielded Shielded Twisted Pair Cable) — Екранований кабель з екранованими обвитими парам
STM (Synchronous Transport Module) — Синхронний транспортний модуль
S/UTP (Shielded UTP Cable) — Екранований кабель з неекранованими обвитими парам
TFTP (Trivial File Transfer Protocol) — Тривіальний протокол пересилання файлів
TIA (Telecommunication Industry Association) — Асоціація виробників засобів зв'язку
TCP (Transmission Control Protocol) — протокол керування передаванням
UDP (User Datagram Protocol) — Протокол дейтаграм користувача
UTP-x (unshilted twisted pair category - x) — Обвита (вита) пара категорії - x
USB (Universal serial bus) — універсальна послідовна шина
VDSL (Very high-bit-rate Digital Subscriber Line) — надшвидкісна цифрова абонентська лінія
WAN (Wide- Area Network) — Регіональна мереж
WEP (Wired Equivalent Privacy) — Захист приватності
WDM (Wavelength Division Multiplexing) — Спектральне розділення каналів
WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) — Загальна функціональна сумісність для радіо доступу

Література

1. Стандарти ISO
2. Стандарти IEC
3. Рекомендації ITU
4. Стандарти IEEE
5. Долуханов М. П. «Распространение радиоволн» М. Радио и Связь 1972
6. И. И. Роднев, Н. Д. Курбатов «Линейные сооружения связи» М. Связь 1974
7. Ю. А. Кравцов, З. И. Фейзулин, А. Г. Виноградов «Прохождение радиоволн через атмосферу земли» М. Радио и Связь 1983
8. А. Н. Матвеев «Оптика». – М. в.ш. 1985.
9. И. И. Пахомов, А. Б. Цибуля «Расчет оптических систем лазерных приборов» М. Радио и Связь 1986
10. О. И. Лагутенко «Современные модемы» ЭКО-ТРЕНДЗ, М. 2002
11. Джон К. «Беллами Цифровая телефония» ЭКО-ТРЕНДЗ, М. 2004.
12. Матеріали сайту http://www.telemiks.com
13. Матеріали сайту http://www_protocols_ru
14. Матеріали сайту http://www.secomp.de/
15. Матеріали сайту http://www.netgear.de/
16. Матеріали сайту http://www.devolo.de/
17. Матеріали сайту http://www.deneg.de/
18. Матеріали сайту http://www.kraffcom.de/
19. Матеріали сайту http://www.allnet.de/
20. Матеріали сайту http://computorg.ixbt.com/
21. Матеріали сайту www.orinocowireless.com/
22. Матеріали сайту www.linksys.com
23. Матеріали сайту www.dlink.com/products/DigitalHome/Wireless/index.asp
24. Матеріали сайту www.intel.com/network/connectivity/products/wireless.htm
25. Матеріали сайту http://www.ixbt.com
26. Матеріали сайту http://www.lanmag.ru/
27. Матеріали сайту http://www.PowerOverEthernet.com
28. Матеріали сайту http://standards.ieee.org/getieee802
29. Матеріали сайту http://www.tiaonline.org
30. Матеріали сайту http://www.freespaceoptics.org/
31. Матеріали сайту http://www.fsoalliance.com/
32. Матеріали сайту http://patft.uspto.gov/netahtml/srchnum.htm
33. Матеріали сайту www.optolan.ru.
34. Матеріали сайту http://www.osp.ru
35. Матеріали сайту http://standards.ieee.org
36. Матеріали сайту http://www.citforum.ru
37. Матеріали сайту http://www.gigabit-ethernet.org/
38. Матеріали сайту http://www.iol.unh.edu/training/fc/fc_tutorial.html
39. Матеріали сайту http://www.ieee802.org/
40. Матеріали сайту http://grouper.ieee.org/groups/802/3/z/index.html
41. Матеріали сайту http://hpcc920.external.hp.com
42. Матеріали сайту http://www.bilim.com
43. Матеріали сайту http://www.cis.ohio-state.edu
44. Матеріали сайту http://service.baltnet.ru
45. Матеріали сайту http://www.seti.com.ua
46. Матеріали сайту www.wimaxforum.org
47. Матеріали сайту www.wireless.ru
48. Матеріали сайту www.bluetooth.org