

РОЗРАХУНОК КОНФІГУРАЦІЇ МЕРЕЖІ **ETHERNET** I **FAST ETHERNET**

Мета роботи — ознайомлення студентів з основними принципами розрахунку конфігурації мережі. Одержання практичних навичок розрахунку, побудови й аналізу мереж Ethernet i Fast Ethernet.

Рекомендації щодо підготовки виконання лабораторної роботи.

Необхідно вивчити основні параметри і характеристики мереж Ethernet i Fast Ethernet, принципи і логіку роботи цих стандартів (протоколів). Навчитися аналізувати отримані дані розрахунку мереж Ethernet i Fast Ethernet.

Суть роботи

Методика розрахунку, аналізу і побудови конфігурації мережі Ethernet. Дотримання всіх численних обмежень, установлених для різних стандартів фізичного рівня мереж **Ethernet**, буде вам гарантувати коректну роботу мережі (природно, при справному стані всіх елементів фізичного рівня).

Але, як ми сказали, для того, щоб організовувати вірну конфігурацію **Ethernet**, не потрібно прагнути просто витримувати саме такі цифри. Ще раз нагадую, що **варто чітко зрозуміти, що всі перераховані вище вимоги, що стосуються довжини мережі або використання повторювачів у мережі, — гранично припустимі значення!**

На практиці корисно володіти самою методикою розрахунку мережі **Ethernet**. А ці умови можуть у ряді випадків і порушуватися. Але одне із самих головних незмінних умов, яке варто витримувати завжди в мережі будь-якого **Ethernet** типу, $T_{\min} > PDV$.

Дотримання численних обмежень, установлених для різних стандартів фізичного рівня мереж Ethernet, гарантує коректну роботу мережі .

Обмеження параметрів мережі, які вносить кожен варіант фізичного середовища технології Ethernet, наведені у **таблиці 1**.

При проектуванні мережі найчастіше намагаються відразу перевіряти обмеження, пов'язані з довжиною окремого сегмента кабелю, а також кількістю повторювачів і загальною довжиною мережі. Але правила **"5-4-3" для коаксіальних мереж і "4-х хабів" для мереж на основі кручених пар і оптоволокна** не тільки дають гарантії працездатності мережі, але й залишають великий "запас її міцності".

Наприклад, якщо порахувати час подвійного обороту в мережі — **PDV**, що складається з **4-х повторювачів 10Base-5** і **5-ти сегментів** максимальної довжини 500 м, то виявиться, що воно складає **537** бітових інтервалу.

Параметри специфікацій фізичного рівня для стандарту Ethernet

| | 10Base-5 | 10Base-2 | 10Base-T | 10Base-F |
|--|--|----------------------------------|--|-------------------------------------|
| Кабель | Товстий коаксіальний кабель RG-8 або RG-11 | Тонкий коаксіальний кабель RG-58 | Неекранована вита пара UTP категорій 3,4,5 | Багатомодовий оптоволоконний кабель |
| 1. Максимальна довжина сегмента, м | 500 | 185 | 100 | 2000 |
| 2. Максимальна віддаль між вузлами мережі (при використанні повторювачів), м | 2500 | 925 | 500 | 2500 (2740 для 10Base-FB) |
| 3. Максимальне число станцій в сегменті | 100 | 30 | 1024 | 1024 |
| 4. Максимальне число повторювачів між будь-якими станціями мережі | 4 | 4 | 4 | 4 (5 для 10Base-FB) |
| 5. Топологія | Шина | Шина | Зірка | Зірка |

А тому що час передачі кадру мінімальної довжини, що складає разом з преамбулою **72 байт, дорівнює 575 бітовим інтервалам**, то видно, що розроблювачі стандарту Ethernet залишили **38 бітових інтервалу** як запас для надійності. І це при тім, що комітет **802.3** стверджує, що і **4-х** додаткових бітових інтервалів цілком достатньо для запасу надійності.

Як видно з цього прикладу, важливо враховувати насправді максимальну довжину самого фізичного сегмента мережі, від цього залежить **PDV** мережі. Всі інші обмеження 2500 метрів, 1024 вузла обрані стандартом з визначеним запасом, тому з ними **строго** дорівнювати не обов'язково.

Отже, ми повинні визначити реальні причини для коректної роботи мережі **Ethernet**. Таких причин чотири: Ці правила повинні завжди бути у вас на "замітці" при побудові будь-якої конфігурації мережі **Ethernet**.

○ **три обмеження канального рівня:**

- кількість вузлів не більш 1024;
- строга відповідність **PDV** не більш **575bt**;
- **PVV** не більш **49bt**

○ **одне обмеження фізичного рівня:**

максимальна довжина кабелю в сегменті мережі не більше, ніж визначене стандартом значення.

| | |
|---|--|
| кількість станцій у мережі | не більш 1024; |
| максимальна довжина кожного фізичного сегмента не більше величини | визначається характеристикою загасання кабелю, що використовується у відповідному стандарті фізичного рівня; |
| час подвійного обороту сигналу (Path Delay Value, PDV) між двома самими вилученими один від одного станціями мережі | не більш 575 бітових інтервалу; |
| скорочення міжкадрового інтервалу IPG (Path Variability Value, PVV) при проходженні послідовності кадрів через усі повторювачі повинне бути | не більше, ніж 49 бітових інтервалу |

Дотримання цих вимог забезпечує коректність роботи мережі навіть у випадках, коли порушуються прості загальні правила конфігурування, що визначають максимальну кількість повторювачів і загальну довжину мережі в 2500 м.

Перша умова не означає, що потрібно дотримуватися цифри саме 1024, головне — не більше 1024-ох. А насправді — чим менше вузлів у мережі, тим краще.

Чому визначили саме умову 1024? Очевидно, у мережах **Ethernet** кількість станцій не може бути нескінченною. Тому потрібно було визначитися, скільки максимально можна підключати вузлів. Виходячи з цього, стандарт **Ethernet 802.3** визначив це число — 1024 вузла.

Насправді набагато краще, якщо в мережі присутньо менше, ніж 1024 вузла. Щоб розібратися, чому це так, нам потрібно визначити такий термін, як **домен колізій**.

Домен колізій (collision domain) — це частина мережі **Ethernet**, усі вузли якої розпізнають колізію незалежно від того, в якій частині цієї мережі колізія виникла.

Мережа **Ethernet**, побудована на повторювачах або концентраторах, завжди утворить один **домен колізій**.

Домен колізій відповідає одному поділеному середовищу. Якщо ми повернемося до прикладу ієрархічного з'єднання концентраторів, що ми розглядали в стандарті 10Base-T, і розглянемо ситуацію, коли, наприклад, зіткнення кадрів відбулося в одному з концентраторів. У цьому випадку, відповідно до логіки роботи концентраторів **10Base-T**, сигнал колізії пошириться на всіх портах усіх концентраторів.

Але, якщо ж замість концентратора поставити в мережу міст, тоді буде спостерігатися інша картина.

Порт моста, зв'язаний з іншим концентратором, сприйме сигнал колізії, але не передасть його на свої інші порти, тому що це не входить

до його обов'язку. Міст, хоч і буде підключений до того середовища, де виникла колізія, але він просто відробить ситуацію колізії своїми засобами і не дасть про це знати іншим вузлам у мережі. Тільки більш складне мережне устаткування — мости, комутатори і маршрутизатори — поділяють мережа **Ethernet** на трохи доменів колізій.

Наприклад, якщо замінимо один концентратор на мосту, якщо колізія виникне через те, що міст намагається передати через свій порт кадр у нижній (по ієрархії) концентратор, то, зафіксувавши сигнал колізії, цей порт призупинить передачу кадру і спробує передати його повторно через випадковий інтервал часу. Якщо цей же порт під час виникнення колізії приймав кадр, то він просто відкине отриманий початок кадру і буде очікувати, коли вузол, що передавав кадр через нижній концентратор, не зробить повторну спробу передачі. Потім у випадку успішного закінчення прийняття даного кадру у свій буфер міст передасть його на свій інший порт відповідно до власної таблиці просування, наприклад на той, котрий з'єднується з верхнім концентратором.

Таким чином, для інших сегментів мережі, підключених до інших портів моста, усі ці події залишаться просто невідомими. Комутатори ще більш удосконалять процеси передачі кадрів, з їхнім використанням кадри можуть одночасно і передаватися в мережу і прийматися з мережі. Роботу комутаторів ми розглянемо трохи пізніше. Поки просто варто запам'ятати, що саме мости, комутатори, маршрутизатори можуть поділяти мережу на незначну кількість доменів колізій.

У цьому випадку в мережі буде присутні два **домени колізії**. Усі вузли, що утворюють один домен колізій, працюють синхронно, як єдина розподілена електронна схема. Це те, що стосується умови обмеження кількості станцій у мережі.

Фізичний зміст обмеження затримки поширення сигналу по мережі **Path Delay Value, PDV** ми вже пояснювали — дотримання цієї вимоги забезпечує своєчасне виявлення колізій.

Вимога на мінімальну міжкадрову відстань **Path Variability Value, PVV** зв'язана з тим, що при проходженні кадру через повторювач ця відстань зменшується. Кожен пакет, прийнятий повторювачем, ресинхронізується для виключення тремтіння сигналів, накопиченого при проходженні послідовності імпульсів по кабелю і через інтерфейсні схеми.

Процес ресинхронізації звичайно збільшує довжину преамбули, що зменшує міжкадровий інтервал.

При проходженні кадрів через кілька повторювачів міжкадровий **інтервал** може зменшитися настільки, що мережним адаптерам в

останньому сегменті бракуватиме часу на обробку попереднього кадру, в результаті чого кадр буде просто загублений.

Тому сумарне зменшення міжкадрового **інтервалу** більш ніж на **49 бітових інтервалів** не допускається. Чому 49 bt? Тому, що якщо при відправленні кадрів кінцеві вузли забезпечують початкову міжкадрову відстань у **96 бітових інтервалу**, то після проходження повторювача воно повинне бути не менше, ніж **96 - 49 = 47 бітових інтервалу**.

Отже, тепер нам зрозуміло, що при відомій передбачуваній кількості вузлів мережі і використовуваному виді кабелю, для визначення максимальної довжини фізичного сегмента нам залишається тільки визначити ймовірні **PDV** і **PVV**.

Відразу хочу сказати, що пропонуваний метод не дуже наочний, не дуже зручний і взагалі не дуже приємний, він припускає роботу з довідковими даними, зі специфічними довідковими термінами, але він **НЕОБХІДНИЙ**. І з цим нам з вами прийдеться згодиться, оскільки для коректної конфігурації мережі **Ethernet** не досить витримати умову довжини мережі не менше **2500 м**. Цю умову саме можна й порушити, якщо ви при цьому доведете, що у вас у мережі час подвійного обороту сигналу не більше **575 bt**.

Розрахунок PDV. Для спрощення розрахунків звичайно використовуються довідкові дані стандарту **IEEE** — початкові для розрахунку загального значення **PVV** усієї проектованої мережі. Це значення — значення затримок поширення сигналів у повторювачах, прийомопередатчиках і різних фізичних середовищах, тому вони використовуються при розрахунку значення **PDV** для усіх фізичних стандартів мереж **Ethernet**. Ці дані приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

| Тип сегмента | База лівого сегмента | База проміжного сегмента | База правого сегмента | Затримка середовища на 1 м | Максимальна довжина сегмента |
|--------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------------|
| 10Base-5 | 11.8 | 46.5 | 169.5 | 0.0866 | 500 |
| 10Base-2 | 11.8 | 46.5 | 169.5 | 0.1026 | 185 |
| 10Base-T | 15.3 | 42.0 | 165.0 | 0.113 | 100 |
| 10Base-FB | - | 24.0 | - | 0.1 | 2000 |
| 10Base-FL | 12.3 | 33.5 | 156.5 | 0.1 | 2000 |
| FOIRL | 7.8 | 29.0 | 152.0 | 0.1 | 1000 |
| AUI (>2 м) | 0 | 0 | 0 | 0.1026 | 2+48 |

Давайте зараз пояснимо термінологію, використану в цій таблиці, на прикладі такої мережі.

Відразу відзначимо, що дані, в ній приведені, включають відразу кілька етапів проходження сигналу (рис. 1).

Наприклад, затримки, що вносять у мережу повторювачі, складаються з затримки вхідного трансивера, затримки блоку повторення і затримки вихідного трансивера. Але в таблиці всі ці затримки представлені одною величиною, названою **базою сегмента**. А для того, щоб не потрібно було два рази складати затримки, внесені кабелем, у таблиці даються **подвоєні величини** затримок для кожного типу кабелю.

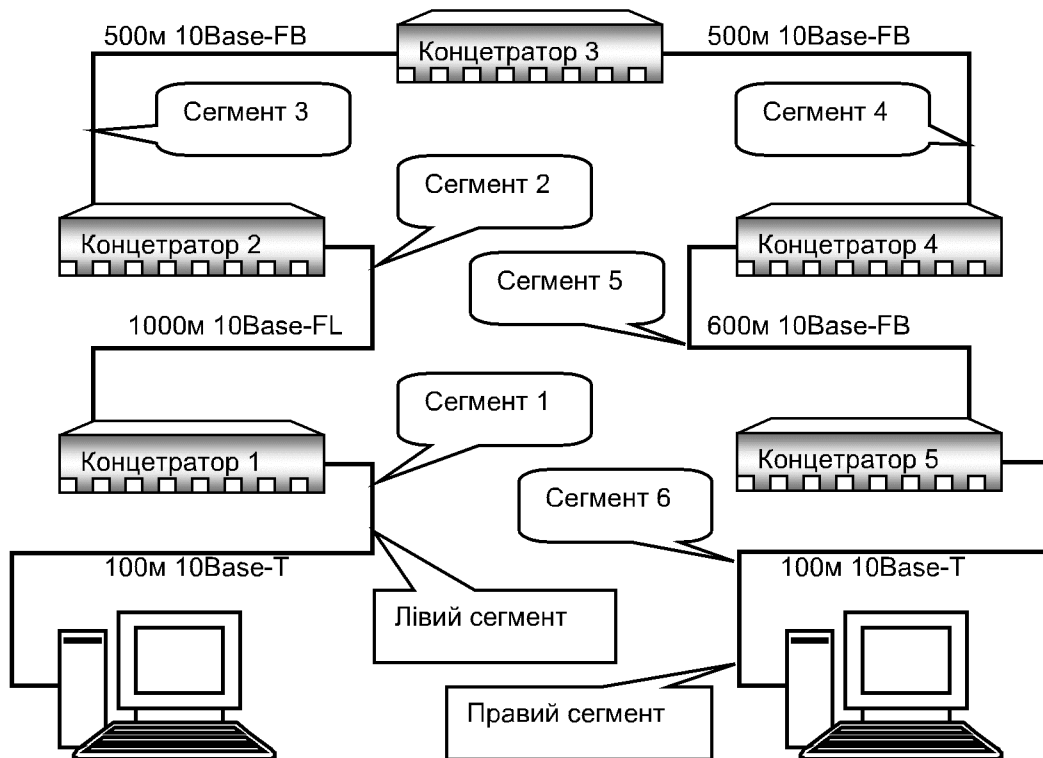


Рис. 1. Приклад мережі Ethernet, яка складається із сегментів різних фізичних стандартів

Лівим сегментом називається сегмент, у якому починається шлях сигналу від виходу передавача кінцевого вузла.

Потім сигнал проходить через **проміжні** сегменти і доходить до приймача найбільш вилученого вузла найбільш вилученого сегмента, що називається **правим**.

Саме тут у найгіршому випадку, як ми говорили в минулому уроці, відбувається зіткнення кадрів і виникає колізія.

З кожним сегментом пов'язана своя постійна затримка, ця затримка в таблиці називається **базою**. Така **база** залежить тільки від типу сегмента і від положення сегмента на шляху сигналу (лівий, проміжний або правий). Крім цього, з кожним сегментом зв'язана затримка поширення сигналу уздовж кабелю сегмента, що залежить від довжини сегмента й обчислюється шляхом множення часу поширення сигналу по

одному метру кабелю (у бітових інтервалах) на довжину кабелю в метрах.

Отже, **загальне значення PDV** — це **сума базових і перемінних затримок усіх сегментів мережі**.

Тому що лівий і правий сегмент мають різні величини базової затримки, то у випадку різних типів сегментів на вилучених краях мережі необхідно виконати розрахунки двічі: один раз прийняти як лівий сегмент одного типу, а в другий раз — сегмент іншого типу, а результатом вважати максимальне значення **PDV**.

У нашому прикладі крайні сегменти мережі належать до стандарту 10Base-T, тому подвійний розрахунок не потрібний, але якби вони були сегментами різного типу, то в першому випадку потрібно було б прийняти в якості лівий сегмент між станцією і концентратором 1, а в другому вважати лівим сегмент між станцією і концентратором 5.

Розрахуємо значення **PDV** для нашого приклада.

Лівий сегмент 1: $15,3 \text{ (база)} + 100 \times 0,113 = 26,6$;

Проміжний сегмент 2: $33,5 + 1000 \times 0,1 = 133,5$;

Проміжний сегмент 3: $24 + 500 \times 0,1 = 74$;

Проміжний сегмент 4: $24 + 500 \times 0,1 = 74$;

Проміжний сегмент 5: $24 + 600 \times 0,1 = 84$;

Правий сегмент 6: $165 + 100 \times 0,113 = 176,3$.

Сума всіх складових дає значення **PDV, рівне 568.4**. Тому що значення **PDV менше максимально припустимої величини 575**, то ця мережа проходить по величині максимально можливої затримки обороту сигналу. Незважаючи на те, що її загальна довжина більше 2500 метрів! От і доказ, що обмеження 2500 м не основне при проектуванні мереж.

Розрахунок PVV. Для розрахунку PVV також можна скористатися значеннями максимальних величин зменшення міжкадрового інтервалу **при** проходженні повторювачів різних фізичних середовищ, рекомендованими **IEEE** і приведеними в таблиці 3 нижче.

Таблиця 3

| Тип сегмента | Передавальний сегмент | Проміжний сегмент |
|--------------|-----------------------|-------------------|
| 10Base-5 | 16 | 11 |
| 10Base-2 | 16 | 11 |
| 10Base-FB | - | 2 |
| 10Base-FL | 10.5 | 8 |
| 10Base-T | 10.5 | 8 |

Відповідно до цих даних розрахуємо значення PVV для нашого прикладу.

Лівий сегмент 1 - 10Base-T: скорочення в 10,5 bt.

Проміжний сегмент 2 - 10Base-FL: 8 bt.

Проміжний сегмент 3 - 10Base-FB: 2 bt.

Проміжний сегмент 4 - 10Base-FB: 2 bt

Проміжний сегмент 5 - 10Base-FB: 2 bt.

Сума цих величин дає значення PVV, рівне 24,5, що менше граничного значення в 49 бітових інтервалу!

У результаті приведена в прикладі мережа відповідає стандартам **Ethernet** за всіма параметрами, зв'язаними і з довжинами сегментів, і з кількістю повторювачів.

Методика розрахунку, аналізу і побудови конфігурації мережі Fast Ethernet. Тепер вам належить попрацювати з довідковими даними, що визначені стандартом **IEEE 802.3u**, і навчитися розраховувати правильність виконання умови надійного розпізнавання колізій тепер уже для мереж **Fast Ethernet**. Хоча **запаз** нам буде небагато простіше, оскільки з основним підходом до розрахунку конфігурації мережі ми вже знайомі. Але для початку ми повинні визначити ті вимоги, якими обмежуються принципи *побудови 100 Mb мереж Fast Ethernet*.

Якщо говорити про мережне устаткування, то, крім кабелів, для установки **Fast Ethernet** будуть потрібні мережні адаптери для робочих станцій і серверів, концентратори **100Base** і, можливо, деяка кількість комутаторів **100Base**.

Адаптери, необхідні для організації мережі **100Base**, називаються **адаптерами Ethernet 10/100 Мбіт/с**. Вони здатні самостійно відрізнити швидкість **10 Мбіт/с від 100 Мбіт/с**.

У мережах **Fast Ethernet** будь-яке джерело кадрів даних для мережі — мережний адаптер, порт моста, порт маршрутизатора, модуль керування мережею й ін. — відносять до певної категорії устаткування, що називається **DTE (Data Terminal Equipment)**.

Кожен кадр, котрий виробляє такий пристрій для поділюваного сегмента, — це новий кадр. Так, наприклад, якщо міст (комутатор) передає через свій вихідний порт кадр, що надійшов у свій час від підключеного до нього мережного адаптера, то для сегмента мережі, до якого підключений цей вихідний порт, цей кадр є новим.

Порт повторювача не є **DTE**, тому що він просто побітно повторює на виході те, що одержує на вході, тобто повторює кадр, який вже з'явився в сегменті.

У частині 1-й методичних рекомендацій ми визначили чотири основні правила коректної конфігурації **Ethernet 802.3**:

кількість вузлів — не більше **1024**;

максимальна довжина кабелю в сегменті визначена відповідною

специфікацією;

час подвійного обороту сигналу (**PDV**) між двома самими вилученими один від одного станціями мережі не більше **575 бітових інтервалу**;

скорочення міжкадрового інтервалу **IPG** (PW) при проходженні послідовності кадрів через усі повторювачі повинне бути не більшим, ніж **49 бітових інтервалу**.

Для мережі **Fast Ethernet**, що зберегла протоколи **MAC** рівня **Ethernet**, виконання умови — **PDV** мережі не *більш* **575 бітових інтервалу залишається в силі**.

Умова — **PVV** не більше, ніж **49 бітових інтервалу** — виконується завжди, оскільки в мережах **Fast Ethernet** використовується невелика кількість повторювачів, що вносять затримки поширення в мережу. А що стосується вимог фізичного рівня — це для мережі **Fast Ethernet** окреме питання.

Правила коректної побудови сегментів мереж **Fast Ethernet** включають:

обмеження на максимальні довжини сегментів, що з'єднують пристрої - джерела кадрів (з'єднання **DTE-DTE**);

обмеження на максимальні довжини сегментів, що з'єднують устрої - джерела кадрів (**DTE**) — з портом повторювача;

обмеження на загальний максимальний діаметр мережі;
обмеження на максимальне число повторювачів і максимальну довжину сегмента, що з'єднує повторювачі.

У типовій конфігурації мережі **Fast Ethernet** кілька пристроїв — джерел кадрів (**DTE**) — підключається до портів повторювача та утворює мережу топології **зірка**.

З'єднання **DTE-DTE** у поділюваних сегментах не зустрічаються (пам'ятаєте, коли ми пояснювали, чому петлевидні з'єднання повторювачів неприпустимі), а от для мостів/комутаторів і маршрутизаторів такі з'єднання є нормою — коли мережний адаптер прямо з'єднаний з портом одного з цих пристроїв, або ці пристрої з'єднуються один з одним.

Специфікація **IEEE 802.3u** визначає наступні максимальні значення сегментів, що з'єднують джерела приладів кадрів (**DTE-DTE**) в таблиці 4.

Таблиця 4

| Стандарт | Тип кабелю | Максимальна довжина сегмента |
|------------|--|--|
| 100Base-TX | Категорія 5 UTP | 100 метрів |
| 100Base-FX | багатомодове оптоволокно 62.5/125 мкм | 412 метрів (напівдуплекс) 2 км (повний дуплекс) |
| 100Base-T4 | Категорія 3,4 або 5 UTP | 100 метрів |

Тепер розглянемо використання повторювачів у мережах **Fast Ethernet**.

Повторювачі **Fast Ethernet** поділяються на два класи. Повторювачі класу 1 (рис. 2) підтримують усі типи логічного кодування даних: як **4В/5В**, так і **8В/6Т**. Повторювачі класу 2 підтримують тільки який-небудь один тип логічного кодування — або **4В/5В**, або **8В/6Т**.

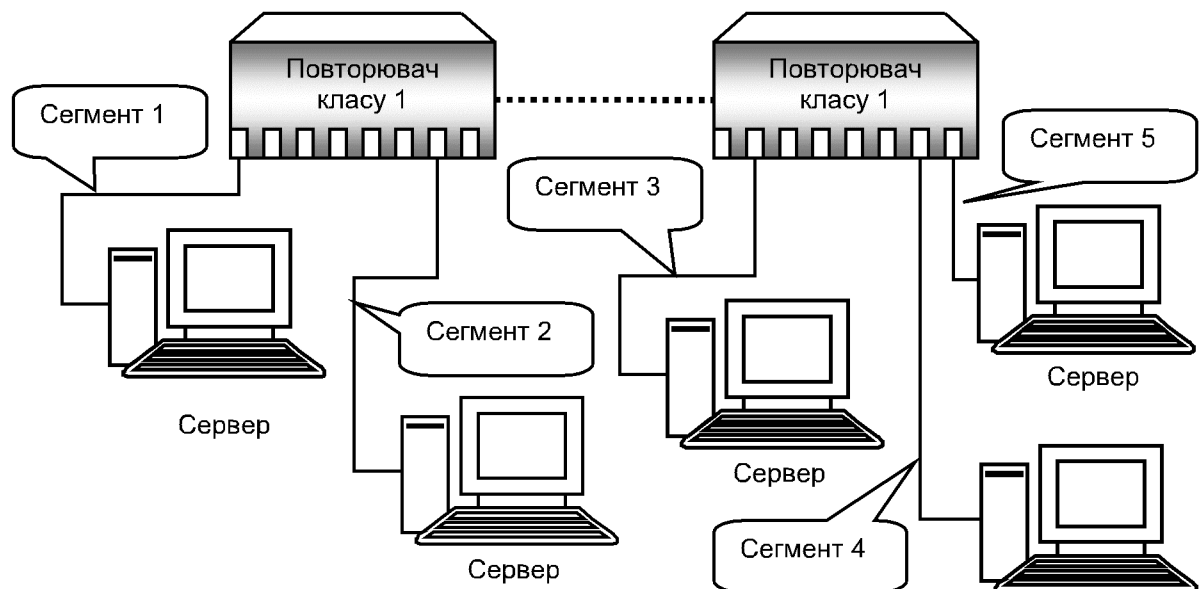


Рис. 2. Приклад мережі на основі повторювачів класу 1

Таким чином, повторювачі класу 1 дозволяють виконувати передачу логічних кодів з бітовою швидкістю **100 Мбіт/с**, а повторювачам класу 2 ця операція недоступна. Тому повторювачі класу 1 можуть мати порти всіх трьох типів фізичного рівня **Fast Ethernet**:

100Base-TX (100 м), **100Base-FX (412 або 2000 м)** і **100Base-T4 (100 м)**.

Повторювачі класу 2 мають або всі порти **100Base-T4**, або порти **100Base-TX** і **100Base-FX**, тому що останні обоє використовують той самий логічний код **4В/5В**.

В одному домені колізій допускається наявність **тільки одного повторювача класу 1**.

Це пов'язано з тим, що такий повторювач вносить велику затримку при поширенні сигналів через необхідність передачі різних систем сигналізації. Величина цієї затримки поширення для одного повторювача класу 1 дорівнює **70 bt**.

Повторювачі класу 2 вносять меншу затримку при передачі сигналів: **46 bt** для портів **TX/FX** і **33,5 bt** для портів **T4** (рис. 3).

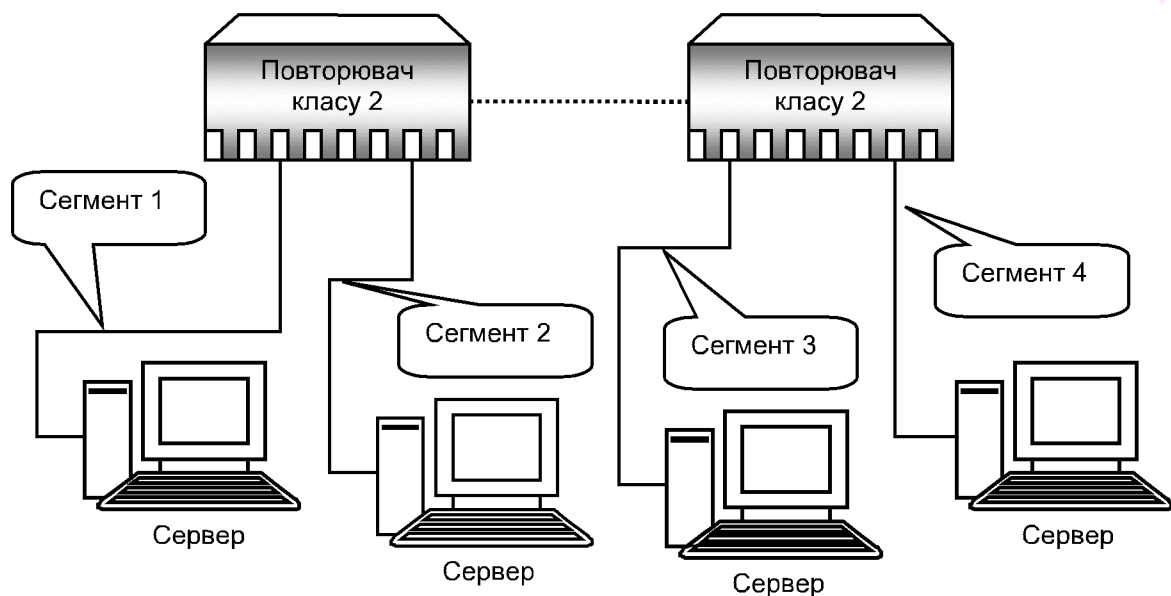


Рис. 3. Приклад мережі Fast Ethernet на основі повторювачів класу 2

Тому максимальне число повторювачів класу 2 в одному домені колізій 2.

Причому припустима відстань між цими двома повторювачами, за відповідністю виконання умови припустимого **PDV**, можна вибрати не довше 5 метрів.

Отже, **максимальне число повторювачів класу 2 у домені колізій — 2, причому вони з'єднуються між собою кабелем не довше 5 метрів.**

Умова **не довше 5-ти метрів** насправді універсальна, справедлива для всіх типів конфігурацій, але якщо зробити необхідні розрахунки, то можна показати, що для деяких конфігурацій ця відстань може бути і більшою. З іншого боку, якщо просто користуватися саме цим обмеженням, то ви ніколи не помилитеся. Для того, щоб проводити якісь розрахунки, нам потрібні деякі довідкові дані для стандарту **Fast Ethernet**.

Те, що в мережі **Fast Ethernet** можна використовувати невелику кількість повторювачів, не є серйозною перешкодою при побудові великих мереж, тому що застосування комутаторів і маршрутизаторів мережа поділяє на декілька доменів колізій, кожен з яких буде будуватися на одному або двох повторювачах. **Загальна довжина мережі не буде мати в цьому випадку обмежень.**

Отже, давайте приведемо правила побудови мережі на основі повторювачів класу I в таблиці 5.

Таким чином, **правило 4-х хабів** перетворилося для технології **Fast Ethernet** у правило **одного або двох хабів** — у залежності від класу хаба.

Ще раз нагадуємо: для визначення **коректної конфігурації мережі** можна не керуватися правилами одного або двох хабів, а потрібно розраховувати **час подвійного обороту мережі, PDV**, як це було показано вище для мережі **Ethernet 10 Мбіт/с**.

Таблиця 5

| Тип кабелів | Максимальний діаметр мережі | максимальна довжина сегмента, м |
|--|-----------------------------|---------------------------------|
| Тільки кручена пара (TX) | 200 м | 100 м |
| Тільки оптоволокно (FX) | 272 м | 136 м |
| Кілька сегментів на крученій парі і один на оптоволоконі | 260 м | 100 м(TX) 160 м(FX) |
| Кілька сегментів на крученій парі і кілька сегментів на оптоволоконі | 272 м | 100 м(TX) 136 м(FX) |

Як і для технології **Ethernet 10 Мбіт/с**, комітет **802.3** дає вихідні дані для розрахунку часу подвійного обороту сигналу. Однак при цьому сама форма представлення цих даних і методика розрахунку трохи змінилися. Комітет надає дані про подвоєні затримки, внесені кожним елементом мережі, не розділяючи сегменти мережі на лівий, правий і проміжний.

Крім того, затримки, внесені мережними адаптерами, враховують преамбули кадрів, тому **час подвійного обороту при розрахунку конфігурації Fast Ethernet потрібно порівнювати з величиною 512 бітових інтервалу (bt)**, тобто з часом передачі кадру мінімальної довжини без преамбули.

Для повторювачів **класу 1 PDV** можна розрахувати за допомогою наступного способу.

Затримки, внесені проходженням сигналів по кабелю, розраховуються на підставі даних таблиці 6, в якій враховується подвоєне проходження сигналу по кабелю.

Таблиця 6

| Тип кабелів | Подвоєна затримка в bt на 1м | Подвоєна затримка на кабелі максимальної довжини |
|-------------|------------------------------|--|
| UTP Cat 3 | 1,14 bt | 114 bt (100м) |
| UTP Cat 4 | 1,14 bt | 114 bt (100М) |
| UTP Cat 5 | 1,112 bt | 111,2 bt (100М) |
| STP | 1,112 bt | 111,2 bt (100м) |
| Оптоволокно | 1,0 bt | 412 bt (412м) |

Затримки, що вносять два взаємодіючих через повторювач мережних адаптера (або порту комутатора), беруться з іншої таблиці 7.

З огляду на те, що затримка подвоєна, внесена повторювачем **класу I**, дорівнює **140 bt**, можна розрахувати час подвійного обороту для довільної конфігурації мережі, природно, з огляду на максимально можливі довжини безперервних сегментів кабелів, приведені в таблиці 5.

Таблиця 7

| Тип мережних адаптерів | Максимальна затримка при подвійному обороті |
|------------------------------|---|
| Два адаптери TX/FX | 100 bt |
| Два адаптери T4 | 138 bt |
| Один адаптер TX/FX і один T4 | 127 bt |

І якщо одержане значення менше 512, виходить, за критерієм розпізнавання колізій мережа є коректною.

Комітет 802.3 рекомендує залишати ще запас у 4 bt для стійко працюючої мережі, але дозволяє вибирати цю величину з діапазону від 0 до 5 bt.

Для прикладу розрахуємо конфігурацію мережі, що рекомендується в таблиці, яка складається з одного повторювача і двох оптоволоконних сегментів довжиною по 136 метрів.

Кожен сегмент вносить затримку по 136 bt, пари мережних адаптерів FX дають затримку в 100 bt, а сам повторювач вносить затримку в 140 bt

Сума затримок дорівнює 512 bt, що говорить про те, що мережа коректна, але запас у цьому випадку прийнятий рівним 0.

Таким чином, ми навчилися з вами за допомогою довідкових даних розраховувати коректну конфігурацію і мереж **Fast Ethernet**. На практиці такі розрахунки вам ще пригодяться. Тому варто зараз добре розібратися в цій методиці, щоб потім без особливих зусиль, усього за допомогою декількох довідкових даних, відразу оцінити працездатність проектованої мережі.

Найголовніше як для розрахунку конфігурації мереж класичного Ethernet, так і мереж **Fast Ethernet** визначати виконання критерію розпізнавання колізій. Усі інші правила й обмеження (1024 вузла, 2500 м, 5-4-3, 5 метрів між повторювачами класу 2 і т. п.) допомагають підібрати оптимальну конфігурацію мережі, але вони не є строгими критеріями.

Завдання

За заданим варіантом провести розрахунок конфігурації мережі Ethernet і Fast Ethernet. За результатами розрахунку зробити узагальнений висновок про працездатність мережі. У випадку незадоволення характеристик якого-небудь сегмента запропонувати й обґрунтувати варіанти їхньої зміни з метою забезпечення нормальної працездатності. Топологія мережі **Ethernet** відповідає топології, приведеній на рис. 1. Топології мережі **Fast Ethernet**, у залежності від використовуваного класу повторювачів, відповідає топологіям, приведеним на рис. 2 і 3.

| Варіанти завдань для мережі Ethernet | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| № | Сегмент 1 | Сегмент 2 | Сегмент 3 | Сегмент 4 | Сегмент 5 | Сегмент 6 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 10Base-T, 90 м | 10Base-FL, 2020 м | 10Base-FB, 2740 м | FOIRL, 750 м | 10Base-2, 185 м | 10Base-FL, 2700 м |
| 2 | 10Base-T, 40 м | 10Base-FB, 100 м | 10Base-FB, 400 м | 10Base-2, 130 м | 10Base-5, 500 м | 10Base-T, 70 м |
| 3 | 10Base-5, 350 м | 10Base-FB, 250 м | 10Base-FB, 200 м | FOIRL, 950 м | 10Base-FL, 2070 м | 10Base-T, 20 м |
| 4 | 10Base-FL, 1900 м | 10Base-FL, 2040 м | 10Base-FB, 2450 м | 10Base-5, 230 м | FOIRL, 450 м | 10Base-T, 100 м |
| 5 | 10Base-2, 30 м | 10Base-FB, 1000 м | 10Base-FB, 2300 м | 10Base-5, 330 м | 10Base-FL, 1440 м | 10Base-2, 110 м |
| 6 | 10Base-5, 50 м | 10Base-FL, 1900 м | 10Base-FB, 350 м | 10Base-2, 140 м | 10Base-FB, 1500 м | 10Base-5, 300 м |
| 7 | 10Base-T, 56 м | 10Base-FL, 1730 м | 10Base-FB, 210м | 10Base-FL, 240 м | 10Base-5, 260 м | FOIRL, 900 м |
| 8 | 10Base-FL, 2000 м | 10Base-FL, 650 м | 10Base-FB, 40 м | 10Base-5, 340 м | 10Base-2, 70 м | 10Base-FL, 2100 м |
| 9 | 10Base-2, 130 м | 10Base-FB, 1500 м | 10Base-FL, 2000 м | FOIRL, 100 м | 10Base-5, 450 м | 10Base-T, 50 м |
| 10 | 10Base-T, 45 м | 10Base-FL, 890 м | 10Base-FL, 1480 м | 10Base-2, 60 м | 10Base-FB, 150 м | 10Base-T, 10 м |
| 11 | 10Base-T, 90 м | 10Base-FB, 190 м | 10Base-FL, 1250 м | 10Base-5, 390 м | FOIRL, 460 м | 10Base-FL, 2400 м |
| 12 | 10Base-5, 500 м | 10Base-FL, 350 м | 10Base-FL, 1500 м | 10Base-2, 100 м | 10Base-FB, 400 м | 10Base-5, 475 м |
| 13 | 10Base-2, 180 м | 10Base-FB, 1700 м | 10Base-FL, 1700 м | 10Base-5, 375 м | 10Base-FB, 1230 м | 10Base-2, 150 м |
| 14 | 10Base-T, 75 м | 10Base-FL, 1635 м | 10Base-FL 200 м | 10Base-2, 75 м | FOIRL, 230 м | 10Base-5, 250 м |
| 15 | 10Base-FL, 1250 м | 10Base-5, 390 м | FOIRL, 460 м | 10Base-FB, 2400 м | 10Base-2, 180 м | 10Base-FL, 1700 м |
| 16 | 10Base-FL, 1500 м | 10Base-FL, 2000 м | FOIRL, 100 м | 10Base-FB, 2000 м | 10Base-FL, 650 м | 10Base-FL, 40 м |
| 17 | 10Base-FL, 40 м | 10Base-5, 340 м | 10Base-2, 70 м | 10Base-T, 75 м | 10Base-FL, 1635 м | 10Base-FL, 200 м |
| 18 | 10Base-FL,890 м | 10Base-FL, 1480 м | 10Base-2, 60 м | 10Base-FB, 150 м | 10Base-T, 10 м | 10Base-2, 100 м |
| 19 | 10Base-5, 500 м | 10Base-FL, 350 м | 10Base-FL, 1500 м | 10Base-2, 100 м | 10Base-FL, 1635 м | 10Base-FL, 200 м |
| 20 | 10Base-5, 375 м | 10Base-FB, 1230 м | 10Base-5, 500 м | 10Base-FL, 350 м | 10Base-FB, 40 м | 10Base-5, 340 м |
| 21 | 10Base-FL,1480 м | 10Base-2, 60 м | 10Base-FB, 40 м | 10Base-5, 340 м | 10Base-FL, 650 м | 10Base-FL, 40 м |
| 22 | 10Base-T, 40 м | 10Base-FB, 100 м | 10Base-FB, 400 м | 10Base-FL, 650 м | 10Base-FB, 40 м | 10Base-FL, 150 м |
| 23 | 10Base-FL, 1500 м | 10Base-FL, 2000 м | FOIRL, 100 м | 10Base-T, 56 м | 10Base-FL, 1730 м | 10Base-FL,210м |
| 24 | 10Base-5, 330 м | 10Base-FL, 1440 м | 10Base-2, 110 м | 10Base-5, 390 м | FOIRL, 460 м | 10Base-FB, 2400 м |
| 25 | 10Base-FL, 1900 м | 10Base-5, 330 м | 10Base-FL, 1440 м | 10Base-2, 110м | 10Base-T, 75 м | 10Base-FL, 1635 м |
| 26 | 10Base-FL, 1480 м | 10Base-T, 40 м | 10Base-FB, 100 м | 10Base-FB, 400 м | 10Base-5, 340 м | 10Base-FL, 650 м |
| 27 | 10Base-5, 340 м | 10Base-FL, 650 м | 10Base-T, 40 м | FOIRL, 100 м | 10Base-T, 56 м | 10Base-FL, 1480 м |
| 28 | FOIRL, 100 м | 10Base-T, 56 м | 10Base-T, 40 м | 10Base-FB, 100 м | 10Base-FB, 400 м | 10Base-FL, 1480 м |
| 29 | 10Base-FL, 1480 м | 10Base-T, 40 м | 10Base-FB, 100 м | 10Base-FB, 400 м | 10Base-5, 340 м | 10Base-FL, 650 м |
| 30 | 10Base-5, 340 м | 10Base-FL, 650 м | FOIRL, 100 м | 10Base-T, 56 м | 10Base-T, 40 м | 10Base-FL, 1480 м |

| Варіанти завдань для мережі Fast Ethernet (для рис. 2) | | | | | | | |
|--|---|--|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| № | Кількість повто- ривачів класу 1 в одному домені колізій | Запас для стійко-працю- ючої мережі (bt) | Сермент 1 | Сермент 2 | Сермент 3 | Сермент 4 | Сермент 5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 2 | 0 | 100BaseTX 36 м | 100BaseFX 120 м | 100BaseTX 6м | 100BaseFX 170 м | 100BaseT4 20 м |
| 2 | 1 | 1 | 100BaseT4 33 м | 100BaseFX 1200 м | 100BaseTX 16м | 100BaseTX 10м | 100BaseT4 25 м |
| 3 | 1 | 2 | 100BaseTX 34 м | 100BaseFX 12 м | 100BaseTX 66м | 100BaseFX 110м | 100BaseT4 90 м |
| 4 | 2 | 3 | 100BaseTX 56 м | 100BaseFX 100 м | 100BaseTX 32 м | 100BaseFX 410м | 100BaseT4 21 м |
| 5 | 3 | 4 | 100Base T4 73 м | 100BaseFX 1440 м | 100BaseTX 11 м | 100BaseTX 19м | 100BaseT4 15 м |
| 6 | 1 | 5 | 100BaseT4 63 м | 100BaseFX 112 м | 100BaseTX 46 м | 100BaseTX 61 м | 100BaseT4 59 м |
| 7 | 2 | 0 | 100BaseTX 33 м | 100BaseTX 1200 м | 100BaseFX 16 м | 100BaseT4 10м | 100BaseT4 25 м |
| 8 | 3 | 1 | 100BaseTX 53 м | 100BaseTX 150 м | 100BaseFX 15м | 100BaseT4 50 м | 100BaseT4 55 м |
| 9 | 1 | 2 | 100BaseTX 83 м | 100BaseTX 1208 м | 100BaseFX 86 м | 100BaseT4 188 м | 100BaseT4 125 м |
| 10 | 1 | 3 | 100BaseT4 613 м | 100BaseFX 1112 м | 100BaseTX 146 м | 100BaseTX 69 м | 100BaseT4 89 м |
| 11 | 1 | 4 | 100Base-TX 22 м | 100BaseTX 11 м | 100BaseFX 236 м | 100BaseT4 50 м | 100BaseT4 25 м |
| 12 | 2 | 5 | 100Base-TX 53 м | 100BaseTX 108 м | 100BaseFX 586 м | 100BaseT4 88 м | 100BaseT4 35 м |
| 13 | 2 | 5 | 100BaseT4 61 м | 100BaseFX 1992 м | 100BaseTX 1 м | 100BaseFX 2269 м | 100BaseT4 30 м |
| 14 | 3 | 4 | 100Base-TX 22 м | 100BaseTX 11 м | 100BaseFX 3236 м | 100BaseT4 150 м | 100BaseT4 25 м |
| 15 | 3 | 3 | 100Base-TX 34 м | 100BaseFX 12 м | 100BaseTX 66 м | 100BaseFX 110 м | 100BaseT4 90 м |
| 16 | 1 | 2 | 100Base-TX 56 м | 100BaseFX 100 м | 100BaseTX 32 м | 100BaseFX 410 м | 100BaseT4 21 м |
| 17 | 2 | 1 | 100BaseT4 73 м | 100BaseFX 1440 м | 100BaseTX 11 м | 100BaseTX 19 м | 100BaseT4 15 м |
| 18 | 1 | 0 | 100BaseT4 63 м | 100BaseFX 112 м | 100BaseTX 46 м | 100BaseTX 61 м | 100BaseT4 59 м |
| 19 | 2 | 2 | 100BaseTX 33 м | 100BaseTX 1200 м | 100BaseFX 16 м | 100BaseT4 10 м | 100BaseT4 25 м |
| 20 | 3 | 3 | 100BaseTX 34 м | 100BaseFX 12 м | 100BaseTX 66 м | 100BaseFX 110 м | 100BaseFX 190 м |

| | | | | | | | |
|----|---|---|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 21 | 1 | 1 | 100BaseTX 56 м | 100BaseFX 100 м | 100BaseTX 32 м | 100BaseFX 410 м | 100BaseT4 21 м |
| 22 | 1 | 5 | 100BaseT4 73 м | 100BaseFX 1440 м | 100BaseTX 11 м | 100BaseFX 219 м | 100BaseT4 15 м |
| 23 | 2 | 4 | 100BaseFX 1363 м | 100BaseTX 112 м | 100BaseTX 46 м | 100BaseTX 61 м | 100BaseT4 59 м |
| 24 | 3 | 5 | 100BaseTX 33 м | 100BaseTX 1200 м | 100BaseFX 16 м | 100BaseT4 10 м | 100BaseT4 25 м |
| 25 | 1 | 1 | 100BaseFX 633 м | 100BaseTX 1200 м | 100BaseFX 166 м | 100BaseT4 10 м | 100BaseT4 75 м |
| 26 | 2 | 2 | 100BaseTX 53 м | 100BaseTX 150 м | 100BaseFX 15 м | 100BaseT4 57 м | 100Base T4 55 м |
| 27 | 3 | 3 | 100BaseTX 83 м | 100BaseTX 17 м | 100BaseFX 986 м | 100BaseT4 188 м | 100BaseT4 125 м |
| 28 | 1 | 4 | 100BaseT4 613 м | 100BaseFX 812 м | 100BaseTX 146 м | 100BaseTX 69 м | 100BaseT4 89 м |
| 29 | 1 | 0 | 100BaseTX 22 м | 100BaseTX 11 м | 100BaseFX 221 м | 100BaseT4 60 м | 100BaseT4 25 м |
| 30 | 2 | 3 | 100BaseTX 53 м | 100BaseFX 2108 м | 100BaseFX 586 м | 100BaseT4 88 м | 100BaseT4 35 м |

| Варіанти завдань для мережі Fast Ethernet (для рис. 3) | | | | | | | |
|--|--|--|---|-----------------|------------------|----------------|------------------|
| № | Кількість повторювачів класу 2 в одному домені колізії | Відстань між повторювачами класу 2 (м) | Запас для стійкої працуючої мережі (bt) | Сермент 1 | Сермент 2 | Сермент 3 | Сермент 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 2 | 0 | | 100BaseTX 56 м | 100BaseFX 100 м | 100BaseTX 32 м | 100BaseFX 410 м |
| 2 | 3 | 1 | 1 | 100BaseT4 46 м | 100BaseT4 17 м | 100BaseT4 62 м | 100BaseT4 41 м |
| 3 | 4 | 2 | | 100BaseT4 123 м | 100BaseT4 55 м | 100BaseT4 33 м | 100BaseT4 28 м |
| 4 | 5 | 3 | | 100BaseTX 256 м | 100BaseFX 140 м | 100BaseTX 33 м | 100BaseFX 810 м |
| 5 | 2 | 4 | | 100BaseTX 56 м | 100BaseFX 1260 м | 100BaseTX 39 м | 100BaseFX 510 м |
| 6 | 3 | 5 | | 100BaseT4 83 м | 100BaseT4 321 м | 100BaseT4 62 м | 100BaseT4 71 м |
| 7 | 5 | 0 | | 100BaseFX 256 м | 100BaseFX 140 м | 100BaseFX 33 м | 100BaseFX 810 м |
| 8 | 4 | 1 | | 100BaseTX 256 м | 100BaseTX 140 м | 100BaseTX 33 м | 100BaseTX 810 м |
| 9 | 1 | 2 | | 100BaseTX 56 м | 100BaseFX 1340 м | 100BaseTX 32 м | 100BaseFX 4410 м |

| | | | | | | | | | |
|----|---|--|---|---|--|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 10 | 2 | | 2 | 3 | | 100BaseT4 23 м | 100BaseT4 57 м | 100BaseT4 38 м | 100BaseT4 25 м |
| 11 | 1 | | 3 | 4 | | 100BaseTX 46 м | 100BaseTX 17 м | 100BaseTX 62 м | 100BaseTX 41 м |
| 12 | 2 | | 4 | 5 | | 100BaseT4 11 м | 100BaseT4 15 м | 100BaseT4 13 м | 100BaseT4 21 м |
| 13 | 1 | | 5 | 5 | | 100BaseFX 2256 м | 100BaseFX 1240 м | 100BaseFX 332 м | 100BaseFX 1210 м |
| 14 | 2 | | 6 | 4 | | 100BaseTX 56 м | 100BaseTX 10 м | 100BaseTX 39 м | 100BaseTX 50 м |
| 15 | 3 | | 5 | 3 | | 100BaseT4 13 м | 100BaseT4 35 м | 100BaseT4 68 м | 100BaseT4 11 м |
| 16 | 1 | | 2 | 2 | | 100BaseFX 256 м | 100BaseTX 140 м | 100BaseTX 33 м | 100BaseFX 810 м |
| 17 | 2 | | 3 | 1 | | 100BaseTX 56 м | 100BaseFX 1340 м | 100BaseFX 232 м | 100BaseFX 4410 м |
| 18 | 3 | | 1 | 0 | | 100BaseFX 23 м | 100BaseT4 57 м | 100BaseT4 38 м | 100BaseT4 25 м |
| 19 | 1 | | 4 | 2 | | 100BaseTX 46м | 100BaseFX 2117 м | 100BaseTX 62 м | 100BaseTX 41 м |
| 20 | 2 | | 2 | 3 | | 100BaseT4 11 м | 100BaseT4 15 м | 100Base T4 13м | 100BaseTX 21 м |
| 21 | 3 | | 6 | 1 | | 100BaseFX 2256 м | 100BaseFX 1240 м | 100BaseTX 33 м | 100BaseFX 1210 м |
| 22 | 1 | | 2 | 5 | | 100BaseTX 36 м | 100BaseFX 1300 м | 100BaseTX 62 м | 100BaseFX 455 м |
| 23 | 2 | | 1 | 4 | | 100BaseT4 46 м | 100BaseT4 32 м | 100BaseT4 62 м | 100BaseT4 32 м |
| 24 | 2 | | 4 | 5 | | 100BaseT4 11 м | 100BaseT4 51 м | 100Base-4 33 м | 100BaseT4 28 м |
| 25 | 1 | | 2 | 1 | | 100BaseTX 256 м | 100BaseFX 1640 м | 100BaseTX 33 м | 100BaseFX 810 м |
| 26 | 1 | | 3 | 2 | | 100BaseTX 56 м | 100BaseFX 160 м | 100BaseTX 39 м | 100BaseFX 5610 м |
| 27 | 2 | | 5 | 3 | | 100BaseT4 83 м | 100BaseTX 321 м | 100BaseT4 62 м | 100BaseT4 77 м |
| 28 | 3 | | 6 | 4 | | 100BaseFX 2546 м | 100BaseFX 1240 м | 100BaseFX 363 м | 100BaseFX 87 м |
| 29 | 1 | | 4 | 0 | | 100BaseTX 66 м | 100BaseTX 140 м | 100BaseTX 33 м | 100BaseTX 90 м |
| 30 | 2 | | 5 | 3 | | 100BaseTX 56 м | 100BaseFX 19 м | 100BaseTX 92 м | 100BaseFX 90 м |

Контрольні запитання

1. Дайте визначення мережі Ethernet.
2. Дайте визначення мережі Fast Ethernet.
3. У чому полягають принципи відмінності цих стандартів?
4. Області використання мереж Ethernet і Fast Ethernet.
5. Назвіть основні принципи побудови мереж Ethernet і Fast Ethernet.
6. Назвіть типи устаткування, використовувані в цих мережах.