

Лабораторна робота 1

Мережеві комунікації та їх обладнання.

Мета виконання лабораторної роботи – вивчити термінологію мережевих комунікацій і деякі типи компонентів мереж для передачі даних.

1.1. Теоретичні відомості

Мережеві комунікації

На цьому занятті Ви познайомитеся з термінологією мережевих комунікацій і з деякими структурними компонентами мереж для передачі даних. Видів мереж безліч - від мереж масштабу підприємства, що застосовуються у великих корпораціях, до найпростіших локальних обчислювальних мереж (local area network, LAN), або ЛОМ, з пари комп'ютерів, які в наші дні часто влаштовують вдома. Однак більша частина розглянутих тут понять може бути застосована до будь-яких мереж незалежно від їх розміру і складності.

Два або кілька комп'ютерів, здатних за допомогою якогось з'єднання обмінюватися даними, є інформаційну мережу. Як з'єднання можуть виступати кабель, інфрачервоне випромінювання, радіохвилі або телефонна лінія з модемом. Технологія, за допомогою якої комп'ютери об'єднуються в мережу, називається мережевим середовищем (network medium). Найбільш поширеною формою мережевого середовища є мідний кабель, тому часто будь-яку мережеву середу називають мережевим кабелем.

Сигнали і протоколи

У своїй основі процес роботи мережі абсолютно не пов'язаний з природою переданої по ній інформації. До того моменту, коли згенеровані комп'ютером-відправником дані потрапляють в кабель або іншу мережеву середу, вони зведені до рівня сигналів (signals) електричного струму, світлових імпульсів, інфрачервоного випромінювання або радіохвиль. З цих сигналів формується код, який потрапляє в мережевий інтерфейс комп'ютера-одержувача і перетворюється назад в двійкові дані, зрозумілі програмного забезпечення (ПО) цього комп'ютера. Іноді мережа складається з однакових комп'ютерів, на яких одні і ті ж програми працюють під управлінням однієї і тієї ж версії однієї і тієї ж операційної системи (ОС), але з тим же успіхом в мережу можуть бути об'єднані різні комп'ютерні платформи з різним ПО. Може здатися, що

однакові комп'ютери легше об'єднати в мережу, і в якійсь мірі так воно і є. Але які б комп'ютери і які б програми Ви не використали в мережі, їм знадобиться спільну мову, щоб розуміти один одного. Такі загальні мови називаються протоколами (protocols), і комп'ютери вдаються до них навіть для найпростішого обміну даними. Людям для спілкування необхідний спільну мову, комп'ютерів для обміну інформацією необхідний один або кілька загальних протоколів.

Мережевий протокол може бути як відносно простим, так і надзвичайно складним. Іноді протокол являє собою просто код, наприклад, рівень електричної напруги, що визначає двійкове значення біта даних: 0 або 1. На цьому ж принципі заснована і азбука Морзе - кожній букві алфавіту відповідає послідовність точок і тире. Більш складні мережеві протоколи виконують в мережі різні службові функції, наприклад, такі:

- * Підтвердження прийому пакета (packet acknowledgment) - передача одержувачем повідомлення у відповідь, що підтверджує прийом пакета або пакетів (пакет - основна одиниця інформації, що передається по ЛОМ);

- * Сегментація (segmentation) - розбиття потоку даних на сегменти, досить маленькі для передачі по мережі всередині пакетів;

- * Управління потоком (flow control) - генерація системою-отримувачем повідомлення для системи-відправника із зазначенням збільшити або зменшити швидкість передачі даних;

- * Виявлення помилок (error detection) - включення в пакет спеціальних кодів, які дозволяють системі-одержувачу відслідковувати цілісність вмісту пакета при передачі даних;

- виправлення помилок (error correction) - генерація системою-отримувачем повідомлень з інформацією про пошкодження конкретних пакетів і необхідності передати їх повторно;

- стиснення даних (data compression) - механізм, що дозволяє скоротити обсяг даних, переданих по мережі, за рахунок видалення надлишкової інформації;

- кодування даних (data encryption) - механізм, що дозволяє зашифрувати дані, що передаються по мережі, за допомогою відомого системі-отримувачу ключа.

Найчастіше протоколи засновані на відкритих стандартах, розроблених не окремим підприємством або розробником, а незалежними комітетами. Відкритість стандартів гарантує, що їх можна використовувати в системах різних видів, які не переймаючись жодними зобов'язаннями перед якоюсь фірмою. Але існують і протоколи, розроблені окремими компаніями і ніколи не ставали загальним надбанням.

Важливо пам'ятати, що в процесі зв'язку на кожному комп'ютері мережі використовується багато різних протоколів. Послуги, що надаються різними протоколами, поділяються на рівні, разом складові еталонну модель взаємодії відкритих систем (Open Systems Interconnection, OSI). У книгах і статтях, присвячених комп'ютерним мережам, часто говорять про мережах Ethernet, але це не означає, що Ethernet - єдиний протокол, який працює в такій мережі.

Взаємодія протоколів

Протоколи, що діють на різних рівнях моделі OSI, часто називають стеком протоколів (protocol stack). На включеному в мережу комп'ютері протоколи працюють спільно, забезпечуючи виконання всіх функцій, необхідних певної програми. Зайвих послуг протоколи, взагалі кажучи, не пропонують. Якщо, наприклад, конкретна функція закріплена за протоколом одного рівня, протоколи інших рівнів точно таку ж функцію не виконують. Протоколи сусідніх рівнів стека обслуговують один одного в залежності від напрямку передачі даних. В системі-відправника дані генеруються додатком у верхній частині стека протоколів і поступово пробираються з рівня на рівень вниз (рис. 1.1). Кожен протокол виконує якийсь сервіс для протоколу, що працює рівнем нижче. У нижній частині стека протоколів знаходиться мережеве середовище, по якій інформація передається на інший комп'ютер мережі.

Коли дані досягають цільового комп'ютера, він виконує ті ж дії, що і комп'ютер-відправник, але в зворотному порядку. Дані проходять по рівням до додатка-одержувачу, причому кожен протокол надає аналогічний сервіс протоколу більш високого рівня. Наприклад, якщо протокол на третьому рівні комп'ютера-відправника відповідає за кодування даних, той же самий протокол на третьому рівні системи-одержувача відповідає за їх розшифровку. Таким чином, протоколи на різних рівнях системи-відправника пов'язані з аналогічними протоколами, які працюють на тому ж рівні системи-одержувача (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Стек протоколів моделі OSI на комп'ютері-відправнику і комп'ютері-одержувачу.

Локальні і глобальні обчислювальні мережі

Група комп'ютерів, розміщених на відносно невеликій площі і пов'язаних загальним мережевим середовищем, називається локальною обчислювальною мережею (local area network, LAN), або ЛОМ. Кожен з комп'ютерів ЛОМ називається також вузлом (node). ЛОМ характеризується трьома основними атрибутами: топологією, середовищем і протоколами. Топологія (topology) - це схема з'єднання комп'ютерів. У мережі з топологією «шина» (bus) мережевий кабель з'єднує комп'ютери послідовно, в загальну ланцюжок. У мережі з топологією «зірка» (star) кожен комп'ютер підключений до центрального пристрою - концентратора (hub) або комутатора (switch). А мережа з топологією «кільце» (ring) по суті являє собою мережу з топологією «шина» з з'єднаними кінцями. .

Як вже говорилося, мережеве середовище - це реальне фізичне з'єднання комп'ютерів в мережі. Вибір топології і середовища для конкретної мережі обумовлений протоколами, які працюють на каналному рівні моделі OSI, наприклад, Ethernet або Token Ring. Протокол Ethernet працює з багатьма топологіями і середовищами. Вибравши для ЛОМ певне поєднання топології і середовища (наприклад, неекранована кручена пара і топологія «зірка»), Ви, як правило, повинні використовувати той же поєднання для всіх комп'ютерів локальної мережі. Є обладнання, яке дозволяє підключати комп'ютери до однієї і тієї ж мережі за допомогою різних середовищ, але це можливо лише за умови близькості технологій. Не можна підключити комп'ютер Ethernet, призначений для роботи в мережі з топологією «шина»,

до комп'ютера Ethernet для мереж з топологією «зірка» так, щоб обидва вони були частиною однієї і тієї ж ЛОМ.

Також всі комп'ютери в ЛОМ повинні мати у своєму розпорядженні загальними протоколами. Наприклад, не можна з'єднати в одній ЛОМ комп'ютери Ethernet і Token Ring. Це справедливо і для протоколів, що працюють на інших рівнях моделі OSI. Якщо системи в ЛОМ не мають загальних протоколів на кожному рівні стека, зв'язок між ними неможливий.

У більшості випадків ЛОМ обмежена кімнатою, поверхом або невеликим будинком. Щоб вивести мережу за ці межі, кілька ЛОМ можна з'єднати за допомогою маршрутизатора (router), сформувавши з них інтермережу (internetwork). По суті, інтермережа є мережею мереж. Комп'ютер в одній ЛОМ може з'єднатися з комп'ютером в іншій ЛОМ, оскільки всі вони взаємопов'язані. Пов'язуючи локальні обчислювальні мережі за допомогою маршрутизаторів, Ви можете побудувати інтермережу будь-якого обсягу. Термін «мережа» застосовують, як правило, відносно ЛОМ, а й щодо інтермережі він застосовується дуже часто.

Зауваження. Не плутайте інтермережу, тобто сукупність пов'язаних ЛОМ, 'з Інтернетом. Хоча Інтернет і є інтермережа, далеко не кожна інтермережа є частиною Інтернету.

У багатьох випадках інтермережа складається з ЛОМ, віддалених один від одного на значну відстань. Для зв'язку видалених ЛОМ застосовується інший тип підключення до мережі - глобальна обчислювальна мережа (wide-area network, WAN), або ГОМ. У ГОМ для передачі інформації використовуються телефонні лінії, радіохвилі або інші технології. Прикладом ГОМ може бути мережу компанії з двома офісами в різних містах, в кожному з яких є власна ЛОМ, а зв'язок між цими ЛОМ здійснюється по виділеній телефонній лінії. Кожне закінчення виділеної лінії підключено до маршрутизатора, а маршрутизатори, в свою чергу, під'єднані до локальної мережі. Комп'ютер в будь-який з двох ЛОМ може зв'язуватися як з комп'ютерами у власній ЛОМ, так і з комп'ютерами на іншому кінці з'єднання ГОМ.

Широкопasmовa і вузькопasmовa передача

Найчастіше в ЛОМ використовується спільна мережеве середовище. По кабелю, що з'єднує комп'ютери, в даний момент часу може передаватися

лише один сигнал, і тому всі системи змушені користуватися кабелем по черзі. Мережа такого типу називається вузькосмуговою (baseband). Щоб організувати ефективне використання вузькосмугової мережі багатьма комп'ютерами, що передаються кожною системою дані розбиваються на окремі фрагменти - пакети (packets). Підключившись до кабелю вузькосмугової мережі і дослідивши потік сигналів в ньому, Ви побачите безперервну послідовність пакетів, згенерованих різними системами і призначених для різних систем. Повідомлення електронної пошти, наприклад, розбивається на множину пакетів, кожен з яких передається в мережу окремо. Якщо іншому комп'ютеру в мережі теж потрібно щось передати, він робить це точно так же: по одному пакету за раз. Коли всі пакети з конкретної передачі досягають цільової системи, вона компонує з них вихідне повідомлення. У цьому полягає основний принцип роботи мережі з комутацією пакетів (packet-switching).

Альтернативою є мережа з комутацією каналів (circuit-switching), в якій дві системи, які потребують зв'язку, перш ніж почати передачу інформації, встановлюють для неї канал. Він залишається відкритим на весь час обміну інформацією і зникає лише після припинення зв'язку. У вузькосмуговій мережі така організація обміну даними неефективна: є ймовірність того, що дві системи надовго монополізують мережеве середовище, позбавивши зв'язку інші системи. Комутація каналів найчастіше використовується в системах, подібних до звичайної телефонної мережі, в якій з'єднання між телефонами (Вашим і Вашого співрозмовника) залишається відкритим на весь час розмови.

Щоб зробити комутацію пакетів більш ефективною, телефонні компанії використовують широкосмугові (broadband) мережі, що допускають, на відміну від вузькосмугових, передачу по одному кабелю декількох сигналів одночасно. З усіх широкосмугових мереж Вам, ймовірно, найчастіше доводиться стикатися з мережею місцевої кабельної телевізійної компанії. Служба кабельного телебачення прокладає в будинок клієнта єдиний кабель, але передає по ньому сигнали великої кількості телевізійних каналів одночасно і, крім того, часто надає доступ в Інтернет. Широкосмугові технології в локальних мережах майже не застосовуються, але в глобальних мережах їх популярність зростає.

Напівдуплексна і повнодуплексна передача

Коли два комп'ютери обмінюються інформацією за допомогою ЛОМ, зазвичай в будь-який момент часу дані переміщаються тільки в одному

напрямку, оскільки вузькосмугова мережа, що застосовується в більшості ЛОМ, здатна передавати тільки один сигнал. Така передача називається напівдуплексною (half-duplex). Якщо ж дві системи здатні зв'язуватися в обох напрямках одночасно (рис. 1.5), зв'язок між ними називається повнодуплексною (full-duplex). Найбільш простий приклад повнодуплексної системи - все та ж телефонна мережа. В ході телефонної розмови обидві сторони можуть говорити і слухати одночасно. Прикладом системи з напівдуплексним зв'язком може служити двостороння рація типу «walkie-talkie», в якій в даний момент часу говорити може лише один співрозмовник, словом «прийом» виражає готовність вислухати іншу сторону.

При наявності відповідного обладнання в ЛОМ певних типів можлива і повнодуплексна передача. Головна умова - окремий канал для трафіку в кожному з двох напрямків. Можливість виконання цієї умови залежить від мережевого середовища. Наприклад, коаксіальний кабель складається з одного провідника і «землі», тому двосторонній трафік неможливий фізично, якщо Ви, звичайно, не прокладете по кабелю в кожному напрямку. А ось кручена пара складається з чотирьох ізольованих пар проводів в загальній оболонці, одна з яких призначена для вхідного трафіку і ще одна - для вихідного. Отже, мережі з таким типом кабелю теоретично здатні працювати в повнодуплексному режимі, і деякі виробники випускають обладнання Ethernet, що реалізує цю можливість. Фактично, повнодуплексний Ethernet подвоює пропускну здатність мережі. Пропускна здатність характеризує максимально можливу швидкість передачі даних через мережу і вимірюється у Кбіт/с, Мбіт/с, Гбіт/с і т. д. (див. лекцію “Лінії зв’язку”). Пропускна здатність мережі визначається елементом мережі з найнижчою пропускну здатністю.

Сегменти і магістралі

При укрупненні невеликої мережі протягом деякого часу можна підключати до неї комп'ютери як доведеться. Але побудова великої корпоративної мережі, в яку входить кілька ЛОМ, - складна робота, що вимагає спеціального планування. Найчастіше такі мережі є послідовністю мережевих сегментів, з'єднаних за допомогою опорної, або магістральної, мережі.

Термін сегмент (segment) іноді використовують як синонім термінів «ЛОМ» або «мережа» для позначення будь-якої групи працюють в мережі комп'ютерів, але в даному випадку ми називаємо сегментом мережу, до

складу якої входять робочі станції та інші призначені для користувача пристрої, наприклад, принтер . Велика корпоративна мережа складається з певної кількості таких ЛОМ, причому всі вони під'єднані до загальної мережі, яка називається магістраллю (backbone). Магістраль виконує в основному функції каналу, по якому сегменти зв'язуються один з одним. У багатоповерховій адміністративній будівлі зазвичай організовується кілька горизонтальних сегментів для з'єднання робочих станцій на одному поверсі і магістраль, що проходить по будівлі зверху вниз для з'єднання сегментів (рис. 1.2).

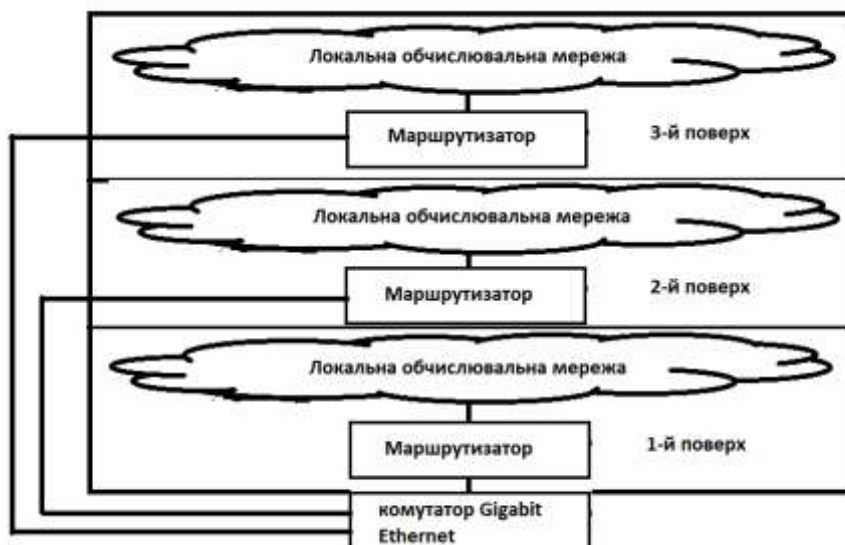


Рис. 1.2. Приклад магістралі у багатоповерховій будівлі.

За рахунок використання магістралі для передачі потоку даних з одного сегмента в інший ефективність роботи мережі істотно зростає. У такій конфігурації пакету доводиться проходити не більше ніж за трьома ЛОМ. Якщо ж Ви з'єднаєте горизонтальні сегменти послідовно, в загальну ланцюжок, більшості пакетів в інтермережі доведеться на шляху до цільової системі проходити через кілька додаткових сегментів, перевантажуючи їх абсолютно зайвим транзитним трафіком.

Часто магістральна мережа має більш високу швидкодію, ніж сегменти, і, крім того, заснована на мережевому середовищі іншого типу. Типовий приклад: мережа 100BaseTX Ethernet (100 Мбіт / сек) з мідним кабелем UTP (неекранована кручена пара) в сегментах і мережа 1000BaseFX Ethernet (1000 Мбіт / сек) з оптоволоконним кабелем в магістралі. Є дві причини для використання в магістралі інший мережевий середовища. По-перше, вона за визначенням переносить міжмережевий трафік, згенерований усіма

сегментами інтермережі, і швидкий протокол необхідний магістралі, щоб уникнути перевантаження. По-друге, протяжність магістралі часто істотно перевищує протяжність сегментів, а для роботи на значних відстанях оптичне волокно підходить набагато більше.

Клієнт-серверні і однорангові мережі

Комп'ютери в мережі можуть взаємодіяти один з одним по-різному, виконуючи при цьому різні функції. Є дві основні моделі такої взаємодії: клієнт-серверна (client / server) і однорангова (peer-to-peer). У мережі з архітектурою «клієнт - сервер» одні комп'ютери виконують ролі серверів, інші виступають в якості клієнтів. Сервер (server) - це комп'ютер (точніше, додаток, запущений на комп'ютері), який обслуговує інші комп'ютери. Основні функції мережі - це спільне використання файлів і принтерів; комп'ютери, які виконують ці функції, називаються файловими серверами (file server) і серверами друку (print server). Існують і інші типи серверів: сервери додатків, поштові сервери, Web-сервери, сервери баз даних і т. д. Клієнт (client) - це комп'ютер, що використовує служби, надані сервером.

Примітка Сервером часто називають комп'ютер, але в дійсності це програма. На одному і тому ж комп'ютері іноді одночасно працює кілька серверних додатків, що в більшості випадків не заважає йому виконувати і функції клієнта.

У минулому комп'ютери частіше виконували тільки одну з двох функцій: клієнта або сервера. Протягом багатьох років найпопулярнішою мережевою ОС була Novell NetWare, що складається з окремої серверної ОС і декількох клієнтів на робочих станціях, що працюють під управлінням DOS або Microsoft Windows. У цій ОС комп'ютер-сервер функціонує тільки як сервер, а клієнти - тільки в якості клієнтів. Найбільш популярні сучасні ОС здатні виконувати як функції сервера, так і функції клієнта. Це справедливо, наприклад, щодо клієнтських версій ОС Windows 7, 8.1, 10. Як використовувати конкретний комп'ютер, вирішує адміністратор. Для створення клієнт-серверної мережі призначте один або кілька комп'ютерів на роль серверів, а інші - на роль клієнтів, навіть якщо всі вони можуть виконувати обидві функції. У більшості випадків сервери краще оснащені і на них встановлюється спеціальна серверна ОС, наприклад, Windows Server 2008, 2012, 2016, 2019, Linux. Адміністратори великих мереж часто підключають сервери до магістралі, щоб всі сегменти мережі мали до них однаковий доступ. Зазвичай для зберігання інформації про мережу та її користувачів в клієнт-серверній мережі застосовується служба

каталогу. Користувачі при вході в мережу реєструються (вводять ім'я і пароль) в службі каталогу, а не на конкретному комп'ютері. Адміністратор управляє доступом до мережі в цілому, використовуючи службу каталогу в якості основного адміністративного ресурсу.

У одноранговій мережі всі комп'ютери рівні і виконують функції як клієнтів, так і серверів. Це означає, що кожен комп'ютер може надати свої ресурси іншим комп'ютерам мережі і отримує доступ до їх ресурсів, наданих в загальне користування. У мережі такого типу Ви можете встановити будь-яку зі згаданих клієнтських версій Windows. У однорангові з'єднання зазвичай не включають більше 10-15 комп'ютерів, оскільки підтримувати в кожній системі власні облікові записи та інші механізми захисту даних досить дорого.

Топологія локальних мереж

Під топологією (компонуванням, конфігурацією, структурою) комп'ютерної мережі зазвичай розуміють фізичне розташування комп'ютерів мережі один щодо одного і спосіб з'єднання їх лініями зв'язку.

Існують такі топології мережі: «шина», «зірка», «ієрархічна зірка», «кільце».

Шина (bus) – усі комп'ютери паралельно підключають до однієї лінії зв'язку. Інформація від кожного комп'ютера одночасно передається всім іншим комп'ютерам.

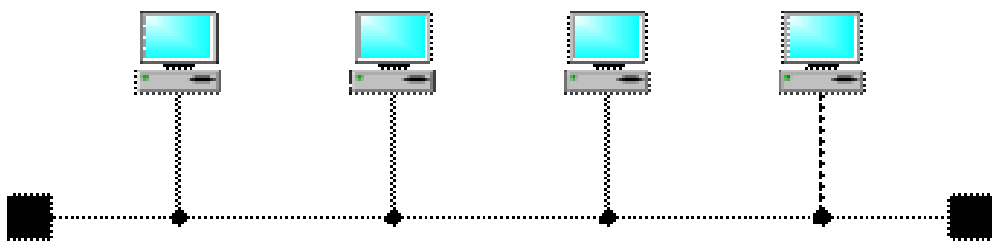


Рис. 1. Мережна топологія «шина»

Основна незручність такої топології полягає в тому, що розрив кабелю або вихід із ладу єдиного роз'єму або термінатора порушують функціональність системи загалом. Сигнал, який не може пройти далі певної точки, недосяжний для всіх комп'ютерів, розташованих за нею. Крім того, розірваний кабель – це кінцева точка мережі без термінатора (див. Стандарти ліній зв'язку – 10-BASE-2). У тій частині мережі, за якою

переміщується переданий сигнал, на нього може вплинути сигнал, відбитий від точки розриву.

«Зірка» (star) – до одного центрального пристрою (наприклад комутатора, концентратора) приєднують інші комп'ютери, причому кожному з них надають окрему лінію зв'язку. Інформація від периферійного комп'ютера передається тільки центральному пристрою, а від нього – одному або декільком периферійним комп'ютерам.

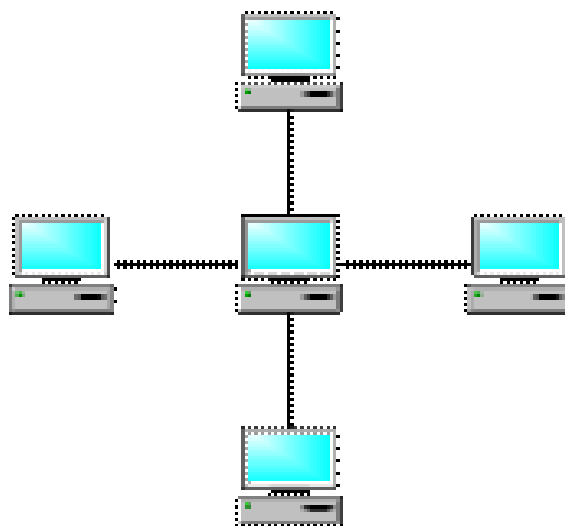


Рис. 2. Мережна топологія «зірка»

Основна перевага топології «зірка» полягає у наявності в кожного комп'ютера власного виділеного й незалежного з'єднання з центральним пристроєм. Тому порушення в роботі кабелю або роз'єму відбивається на роботі тільки одного комп'ютера. Недоліком топології є використання додаткового устаткування – комутатора або концентратора. За несправності комутатора виходить із ладу вся система, однак це трапляється досить нечасто, тому що комутатори й концентратори – це відносно прості пристрої.

Може здатися, що розмір мережі з топологією «зірка» обмежений кількістю портів у концентраторі або комутаторі. Але, коли мережа досягне цієї межі, її можна розширити, додавши другий концентратор, а іноді й третій, і четвертий. Нарощування числа концентраторів для побудови однієї ЛВС називають каскадуванням. Щоб підключити до мережі з топологією «зірка» другий концентратор, його приєднують до першого за допомогою звичайного кабелю і спеціального каскадного (uplink) порту на одному з концентраторів (рис. 3). Так створюють мережу з топологією «ієрархічна зірка» (hierarchical star), яку іноді називають також мережею з деревоподібною структурою (branching tree network).

Якщо у мережі використовують сучасні комутатори, то вони підтримують технологію Auto-MDI (X) (див. розділ Концентратори), яка не потребує наявності каскадного порту. Тобто для каскадування комутаторів достатньо просто з'єднати їх кабелем UTP з прямою або кросоверною розкладкою через звичайні порти.

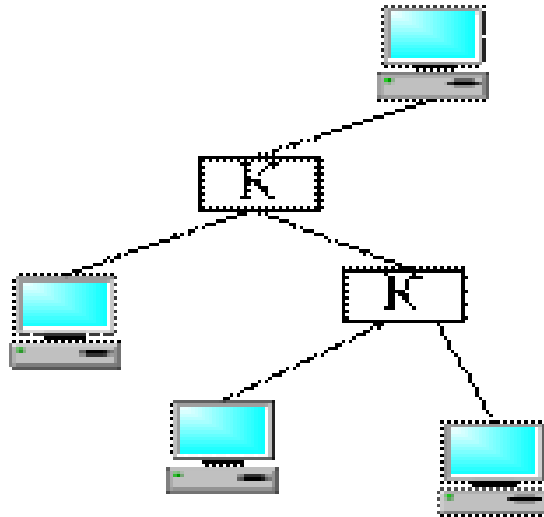


Рис. 3. Мережна топологія «ієрархічна зірка»

«Кільце» (ring) – комп'ютери послідовно об'єднано в кільце, де інформація завжди передається тільки в одному напрямку. Кожний із комп'ютерів передає її лише одному комп'ютеру, розташованому в ланцюжку за ним, а одержує тільки від попереднього.

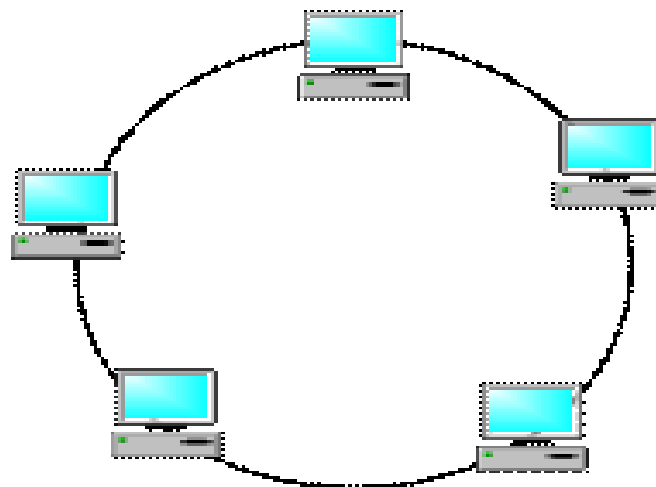


Рис. 4. Мережна топологія «кільце»

Недоліки топології «кільце» такі самі, як і у топології «шина» – вихід із ладу кабелю або роз'єму призводить до порушення працездатності всієї мережі.

Необхідно виділити найважливіші фактори, безпосередньо пов'язані з поняттям топології, що впливають на фізичну працездатність мережі.

1. Справність комп'ютерів (абонентів), підключених до мережі. У деяких випадках несправність абонента може заблокувати роботу всієї мережі, однак іноді може не впливати на неї, не заважаючи іншим абонентам обмінюватися інформацією.

2. Справність мережного устаткування, тобто технічних засобів, безпосередньо підключених до мережі (адаптери, трансивери, роз'єми і т. д.). Вихід із ладу мережного устаткування одного з абонентів може позначитися на всій мережі, але обмін інформацією при цьому порушується тільки з одним абонентом.

3. Цілісність кабелю мережі. У разі обриву кабелю мережі (наприклад, через механічні впливи) може порушитися обмін інформацією у всій мережі або в одній з її частин. Для електричних кабелів настільки ж критичне коротке замикання.

4. Обмеження довжини кабелю, пов'язане із слабшанням сигналу, поширюваному за ним. Як відомо, сигнал слабне під час поширення у будь-якому середовищі. І чим більшу відстань проходить сигнал, тим більше він слабне (рис. 4). Необхідно простежити, щоб довжина кабелю мережі не перевищувала межу довжину $L_{\text{пр}}$. В іншому разі послаблення буде вже неприйнятним (абонент не розпізнає ослаблений сигнал).

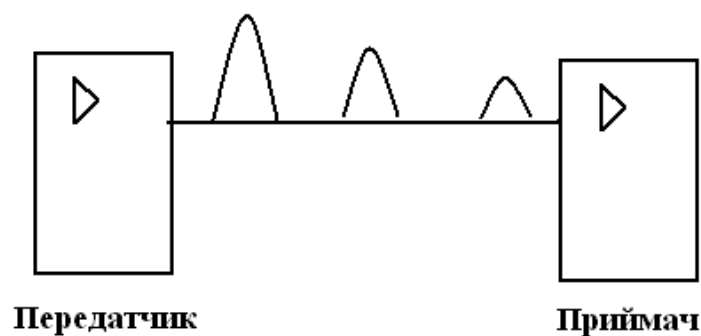


Рис. 5. Послаблення сигналу під час поширення мережею

Типи ліній зв'язку локальних мереж

Середовищем передачі інформації називаються ті лінії зв'язку (або канали зв'язку), по яких проводиться обмін інформацією між комп'ютерами. У переважній більшості комп'ютерних мереж (особливо локальних) використовуються дротові або кабельні канали зв'язку, хоча існують і бездротові мережі, які зараз знаходять усе більш широке застосування, особливо в портативних комп'ютерах.

Кожний тип кабелю має свої переваги й недоліки, так що при виборі треба враховувати як особливості розв'язуваного завдання, так і особливості конкретної мережі, у тому числі й використовувану топологію.

Можна виділити наступні основні параметри кабелів, принципово важливі для використання в локальних мережах:

1. Смуга пропускання кабелю (частотний діапазон сигналів, що пропускаються кабелем) і згасання сигналу в кабелі. Два ці параметри тісно зв'язані між собою, тому що з ростом частоти сигналу росте згасання сигналу. Треба вибирати кабель, який на заданій частоті сигналу має прийнятне згасання. Або ж треба вибирати частоту сигналу, на якій згасання ще прийнятне. Згасання вимірюється в децибелах і пропорційне довжині кабелю.

2. Перешкодозахищеність кабелю й забезпечувана ним таємність передачі інформації. Ці два взаємозалежні параметри показують, як кабель взаємодіє з навколишнім середовищем, тобто, як він реагує на зовнішні перешкоди, і наскільки просто прослухати інформацію, передану по кабелю.

3. Швидкість поширення сигналу по кабелю або, зворотний параметр – затримка сигналу на метр довжини кабелю. Цей параметр має принципове значення при виборі довжини мережі. Типові величини швидкості поширення сигналу – від 0,6 до 0,8 від швидкості поширення світла у вакуумі. Відповідно типові величини затримок – від 4 до 5 нс/м.

4. Для електричних кабелів дуже важлива величина хвильового опору кабелю. Хвильовий опір важливий враховувати при узгодженні кабелю для запобігання відбиття сигналу від кінців кабелю. Хвильовий опір залежить від форми й взаємного розміщення провідників, від технології виготовлення й матеріалу діелектрика кабелю. Типові значення хвильового опору – від 50 до 150 Ом.

Кабелі на основі кручених пар

Кабель на основі кручених пар являє собою декілька скручених попарно ізольованих мідних провідників у єдиній діелектричній (пластикової) оболонці. Він досить гнучкий і зручний для прокладки. Скручування проводів дозволяє звести до мінімуму індуктивні наведення кабелів один на одного й знизити вплив перехідних процесів.

Останнім часом деякі виробники налагодили випуск кабелю кручена пара не з міді, а з біметалу (алюміній, покритий міддю). Він дешевший, але має нижчу надійність, тобто поломки в його роботі трапляються частіше.

Звичайно в кабель входить дві або чотири кручені пари

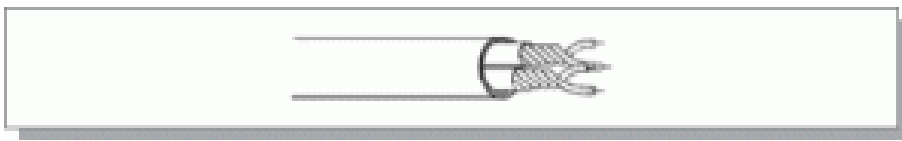


Рис. 5 – Кабель із крученими парами

Неекрановані кручені пари UTP (Unshielded Twisted Pair) характеризуються слабкою захищеністю від зовнішніх електромагнітних перешкод, а також від підслуховування, яке може здійснюватися з метою, наприклад, промислового шпигунства. Причому дія перешкод і величина випромінювання зовні збільшується з ростом довжини кабелю. Для усунення цих недоліків застосовується екранування кабелів. Для кабелю UTP застосовуються роз'єм типу **8P8C** (RJ-45) (див. Рис.)



Рис. Роз'єм **8P8C** (RJ-45) вилка



Рис. Роз'єм **8P8C** (RJ-45) розетка.

Кожна пара представлена двома провідниками - прямим (tip) і зворотним (ring) та має свій номер і колір ізоляції. 1 пара: біло-синій і синій, 2 пара: біло-оранжевий і оранжевий, 3 пара: біло-зелений і зелений, 4 пара: біло-коричневий і коричневий.

Під час монтажу кабелю кручена пара найчастіше використовуються дві стандартні розкладки: T568A і T568B (застосовується найчастіше) (див. рис.).

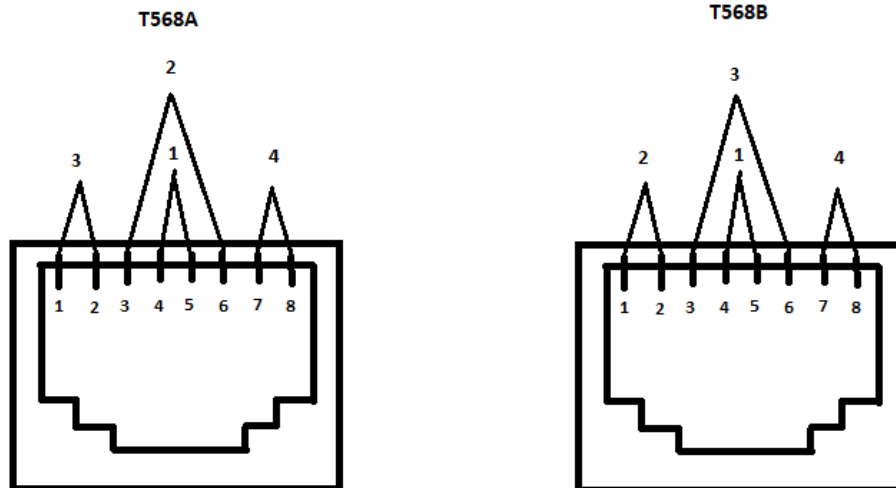


Рис. Приклади розкладок T568A і T568B

Тобто для розкладки T568B кольори провідників ідуть у такій послідовності: біло-оранжевий, оранжевий, біло-зелений, синій, біло-синій, зелений, біло-коричневий, коричневий. Для розкладки T568A 2-га і 3-тя пари міняються місцями, тобто: біло-зелений, зелений, біло-оранжевий, синій, біло-синій, оранжевий, біло-коричневий, коричневий.

У випадку стандарту мережі **10-BASE-T** і **100-BASE-TX** передають сигнал тільки 2 і 3 пари, а 1 і 4 грають роль екранування і зменшують завади для корисного сигналу. У випадку стандарту мережі **1000-BASE-T** сигнал передають усі пари провідників.

Перед використанням у мережі необхідно певним чином приєднати до обох боків крученої пари конектор типу **8P8C** (8 Position, 8 Contact), який часто помилково називають RJ-45 (див. рис.)



Рис. Конектор 8P8C

Дана процедура (так зване обтискання (обжимка)) виконується за допомогою спеціального інструмента - кримпера.



Рис. Кримпер

Якщо обтиснути кабель UTP з обох боків використовуючи однакову розкладку то отримаємо прямий кабель, який використовується для з'єднання комп'ютера з комутатором. Якщо ж з одного кінця використати стандарт розкладки T568A, а з іншого - T568B, то отримаємо кросоверний (перехресний) кабель, який використовується для з'єднання комп'ютера з іншим комп'ютером напряму без комутатора (див. розділ про концентратори) у випадку стандартів мережі 10-BASE-T та 100-BASE-TX. Також кросоверним кабелем можна з'єднати два комутатора (концентратора) через звичайні (не uplink) порти.

Неекранована кручена пари ділиться на категорії, застосовувані для різних мереж. Причому якщо для даної мережі застосовується кабель певної категорії, то для цієї мережі можна використовувати кабель більш високої категорії, але не більш низької.

Категорія	Смуга частот, МГц	Застосування	Примітки
1	0,1	Телефонні й старі модемні лінії	1 пара, не описане в рекомендаціях EIA/TIA для передачі
2	1	Телефонні лінії і для зв'язку старих терміналів з мейнфреймами IBM	2 пари провідників, старий тип кабелю, не описане в рекомендаціях EIA/TIA для передачі даних, підтримував передачу даних на швидкостях до 4 Мбит/с
3	16	Використовувався при побудові телефонних і локальних мереж token ring, підтримує швидкість передачі даних до 10 Мбит/с або 100 Мбит/с за технологією 100BaseT4 Fast Ethernet на відстані не далі 100 метрів	4-парний кабель
4	20	Використовувався в мережах token ring, 10BASE-T, 100BASE-T4, швидкість передачі даних не перевищує 16 Мбит/з по одній парі.	кабель складається з 4 x скручених пар
5	100	використовувався при побудові локальних мереж 10BASE-T, 100BASE-TX і 1000BASE-T і	4-парний кабель

		для прокладки телефонних ліній, підтримує швидкість передачі даних до 100 Мбит/із при використанні 2 пар і до 1000 Мбит/із при використанні 4 пар.	
5e	100	Для протоколів Gigabit Ethernet (швидкість передачі даних 1000 Мбіт/с)	4-парний кабель, удосконалена категорія 5 (уточнені/поліпшені специфікації). Кабель категорії 5e є найпоширенішим і використовується для побудови комп'ютерних мереж. Іноді зустрічається двопарний кабель категорії 5e. Переваги даного кабелю в більш низькій собівартості й меншій товщині.
6	250	10 Gigabit Ethernet (10 Gigabit)	неекраниваний кабель (UTP) складається з 4 пар провідників і здатний передавати дані на швидкості до 10 Гбіт/з на відстань до 55 м..
6A	500	10 Gigabit Ethernet (10 Gigabit)	складається з 4 пар провідників і здатний передавати дані на швидкості до 10 Гбіт/з на відстань до 100 метрів. Доданий у стандарт у лютому 2008 року, ISO/IEC 11801:2008 виправлення 2. Кабель цієї категорії має або загальний екран (F/UTP), або екрани навколо кожної пари (U/FTP).

У випадку екранованої крученому пари STP (Shielded Twisted Pair) кожна із кручених пар міститься в металеву екрані для зменшення випромінювання кабелю, захисту від зовнішніх електромагнітних перешкод (наприклад, що виникають при роботі промислового устаткування) і зниження взаємного впливу пара проводів один на одного. Для того щоб екран захищав від перешкод, він повинен бути обов'язково заземлений. Природно, екранована кручена пари помітно дорожче, чим неекранована. Її використання вимагає спеціальних екранованих рознімачів. Тому зустрічається вона значно рідше, чим неекранована кручена пари.

Найчастіше кручені пари використовуються для передачі даних в одному напрямку (точка–точка), тобто в топології типу зірка або кільце. Топологія шина звичайно орієнтується на коаксіальний кабель. Тому зовнішні термінатори, що узгоджують непідключені кінці кабелю, для кручених пар практично ніколи не застосовуються.

Коаксіальні кабелі

Коаксіальний кабель являє собою електричний кабель, що складається із двох провідників - центрального мідного провідника й металевого екрану, розділених між собою шаром діелектрика (внутрішньої ізоляції) і поміщених у загальну зовнішню оболонку.



Рис. 6. - Коаксіальний кабель

Коаксіальний кабель до середини 1990-х років був дуже популярний, що пов'язане з його високою перешкодозахищеністю (завдяки металевому екрану), більш широкими, ніж у випадку крученому пари, смугами пропускання (понад 1Ггц), а також більшими допустимими відстанями передачі (до кілометра). До нього складніше механічно підключитися для

несанкціонованого прослуховування мережі, він дає також помітно менше електромагнітних випромінювань зовні. Але монтаж і ремонт коаксіального кабелю суттєво складніше, ніж крученої пари, а вартість його вище (він дорожче приблизно в 1,5 – 3 рази). Складніше й установка роз'ємів на кінцях кабелю.

Основне застосування коаксіального кабелю знаходить у мережах з топологією типу шина. При цьому на кінцях кабелю обов'язково повинні встановлюватися термінатори для запобігання внутрішніх відбиттів сигналу, причому один (і тільки один!) з термінаторів повинен бути заземлений.

Рідше коаксіальні кабелі застосовуються в мережах з топологією зірка. У цьому випадку проблема узгодження суттєво спрощується, тому що зовнішніх термінаторів на вільних кінцях не потрібно.

Існує два основні типи коаксіального кабелю:

1.тонкий (thin) кабель, що має діаметр близько 0,5 см, більш гнучкий;

2.товстий (thick) кабель, діаметром близько 1 см, значно більш твердий. Він являє собою класичний варіант коаксіального кабелю, який уже майже повністю витиснутий сучасним тонким кабелем.

Тонкий кабель використовується для передачі на менші відстані, ніж товстий, оскільки сигнал у ньому затухає сильніше. Зате з тонким кабелем набагато зручніше працювати: його можна оперативно прокласти до кожного комп'ютера, а товстий вимагає твердої фіксації на стіні приміщення. Підключення до тонкого кабелю (за допомогою рознімів BNC байонетного типу) простіше й не вимагає додаткового устаткування. А для підключення до товстого кабелю треба використовувати спеціальні досить дорогі пристрої, що проколюють його оболонки, що й установлюють контакт як із центральної жилою, так і з екраном. Товстий кабель приблизно вдвічі дорожче, чим тонкий, тому тонкий кабель застосовується набагато частіше.

В наш час вважається, що коаксіальний кабель застарів, у більшості випадків його цілком може замінити кручена пара або оптоволоконний кабель. І нові стандарти на кабельні системи вже не включають його в перелік типів кабелів.

Оптоволоконні кабелі

Оптоволоконний (він же волоконно–оптичний) кабель – це принципово інший тип кабелю в порівнянні з розглянутими двома типами електричного або мідного кабелю. Інформація через нього передається не електричним сигналом, а світловим. Головний його елемент – це прозоре скловолокно, по якому світло проходить на величезні відстані (до десятків кілометрів) з незначним ослабленням.



Рис.7 – Структура оптоволоконного кабелю

Структура оптоволоконного кабелю дуже проста й схожа на структуру коаксіального електричного кабелю. Тільки замість центрального мідного проведення тут використовується тонке (діаметром близько 1 – 10 мкм) скловолокно, а замість внутрішньої ізоляції – скляна або пластикова оболонка, що не дозволяє світлу виходити за межі скловолокна. У цьому випадку мова йде про режим так званого повного внутрішнього відбиття світла від границі двох речовин з різними коефіцієнтами заломлення (у скляної оболонки коефіцієнт заломлення значно нижче, чим у центрального волокна). Металева екранування кабелю звичайно відсутнє, тому що екранування від зовнішніх електромагнітних перешкод тут не потрібно. Однак іноді її все-таки застосовують для механічного захисту від навколишнього середовища (такий кабель іноді називають броньовим, він може поєднувати під однією оболонкою кілька оптоволоконних кабелів).

Оптоволоконний кабель має виняткові характеристики по перешкодозахищеності й таємності переданої інформації. Ніякі зовнішні електромагнітні перешкоди в принципі не здатні спотворити світловий сигнал, а сам сигнал не породжує зовнішнього електромагнітного випромінювання. Підключитися до цього типу кабелю для несанкціонованого прослуховування мережі практично неможливо, тому що при цьому порушується цілісність кабелю. Вартість оптоволоконного кабелю постійно знижується й зараз приблизно дорівнює вартості тонкого коаксіального кабелю.

Однак оптоволоконний кабель має й деякі недоліки:

1. Найголовніший з них – висока складність монтажу (при установці роз'ємів необхідна мікронна точність, від точності відколу скловолокна й ступені його полірування сильно залежить затухання в розніманні).
2. Використання оптоволоконного кабелю вимагає спеціальних оптичних приймачів і передавачів, що перетворюють світлові сигнали в електричні й назад, що часом суттєво збільшує вартість мережі в цілому.
3. Оптоволоконні кабелі допускають розгалуження сигналів (для цього проводяться спеціальні пасивні розгалужувачі (couplers) на 2-8 каналів), але, як правило, їх використовують для передачі даних тільки в одному напрямку між одним передавачем і одним приймачем.
4. Оптоволоконний кабель менш міцний і гнучкий, ніж електричний.
5. Чутливий оптоволоконний кабель і до іонізуючого випромінювання, через які знижується прозорість скловолокна, тобто збільшується затухання сигналу.
6. Застосовують оптоволоконний кабель тільки в мережах з топологією зірка й кільце. Ніяких проблем узгодження й заземлення в цьому випадку не існує. Кабель забезпечує ідеальну гальванічну розв'язку комп'ютерів мережі. У майбутньому цей тип кабелю, імовірно, витіснить електричні кабелі або, у всякому разі, сильно потіснить їх.

Існують два різні типи оптоволоконного кабелю:

1. багатомодовий або мультимодовий кабель;
2. одномодовий кабель.

Суть відмінності між цими двома типами зводиться до різних режимів проходження світлових променів у кабелі.



Рис.8 – Поширення світла в одномодовому кабелі

В одномодовому кабелі практично всі промені проходять той самий шлях, у результаті чого вони досягають приймача одночасно, і форма сигналу майже не спотворюється. Однимодовий кабель має діаметр центрального волокна близько 1,3 мкм і передає світло тільки з такою ж довжиною хвилі (1,3 мкм). Дисперсія й втрати сигналу при цьому дуже незначні, що дозволяє передавати сигнали на значно більшу відстань, ніж у випадку застосування багатомодового кабелю. Для одномодового кабелю застосовуються лазерні приймачі-передавачі, що використовують світло винятково з необхідною довжиною хвилі. Затухання сигналу в одномодовому кабелі становить близько 5 дБ/км і може бути навіть знижене до 1 дБ/км.



Рис.9 – Поширення світла в багатомодовому кабелі

У багатомодовому кабелі траєкторії світлових променів мають помітний розкид, у результаті чого форма сигналу на прийомному кінці кабелю спотворюється. Центральне волокно має діаметр 62,5 мкм, а діаметр зовнішньої оболонки 125 мкм (це іноді позначається як 62,5/125). Для передачі використовується звичайний (не лазерний) світлодіод, що знижує вартість і збільшує термін служби приймачів-передавачів у порівнянні з одномодовим кабелем. Довжина хвилі світла в багатомодовому кабелі рівна 0,85 мкм, при цьому спостерігається розкид довжин хвиль близько 30 – 50 нм. Припустима довжина кабелю становить 2 – 5 км. Затухання в багатомодовому кабелі більше, чим в одномодовому і становить 5 – 20 дБ/км.

Типова величина затримки для найпоширеніших кабелів становить близько 4-5 нс/м, що близько до величини затримки в електричних кабелях.

Який оптоволоконний кабель кращий? Однимодовий кабель має нижче затухання сигналу і дешевший, так як має менший діаметр волокна. Але апаратура для одномодового кабелю дорожча у 2 - 4 рази ніж для багатомодового кабелю, так як у ній використовуються твердотільні лазери. В залежності від задач треба застосовувати тільки одномодовий кабель або обирати між багатомодовим і одномодовим.

Взагалі, багатомодове оптичне волокно (кабель) продовжує залишатися найбільш економічно вигідним вибором для корпоративних мереж та центрів обробки даних на відстані до 500 - 600 метрів. Поза цим, необхідне одномодове оптичне волокно (<https://www.ofsoptics.com/single-vs-multimode-fiber/>). Але із вдосконаленням технології у майбутньому ці рекомендації можуть змінюватися.

Для з'єднання оптоволоконних кабелів використовуються різноманітні типи роз'ємів: FC, ST, SC, DIN, D4, E2000, а також роз'єми, застосовувані при збільшеній щільності монтажу, розміри яких аналогічні розніманню RJ-45: LC, MT-RJ, VF-45, MU.

Бездротові канали зв'язку

Крім кабельних каналів у комп'ютерних мережах іноді використовуються також безкабельні канали. Їхня головна перевага полягає в тому, що не потрібно ніякої прокладки проводів (не треба робити отворів у стінах, закріплювати кабель у трубах і ринвах, прокладати його під фальшпідлогами, над підвісними стелями або у вентиляційних шахтах, шукати й усувати ушкодження). Це актуально у випадку бетонних або залізобетонних підлог і стін приміщень, а також підвищеної вологості. До того ж комп'ютери мережі можна легко переміщати в межах кімнати або будинку, тому що вони ні до чого не прив'язані.

Радіоканал використовує передачу інформації з радіохвиль, тому теоретично він може забезпечити зв'язок на багато десятків, сотні й навіть тисячі кілометрів. Швидкість передачі досягає десятків мегабіт за секунду (тут багато чого залежить від обраної довжини хвилі й способу кодування).

Особливість радіоканалу полягає в тому, що сигнал вільно випромінюється в ефір, він не замкнений у кабель, тому виникають проблеми сумісності з іншими джерелами радіохвиль (радіо- і телестанціями, радарамі, радіоаматорськими й професійними передавачами, тощо.). У радіоканалі використовується передача у вузькому діапазоні частот і модуляція інформаційним сигналом сигналу несучої частоти.

Найпоширенішим стандартом радіоканалу для локальних мереж є стандарт IEEE 802.11 (Wifi) (див. **Стандарт IEEE 802.11 (Wifi)**).

У бездротових ЛВС використовуються в основному дві логічні топології — однорангова, або «кожний з кожним» (ad hoc), і інфраструктура (infrastructure). У мережі з одноранговою топологією всі

комп'ютери обладнані бездротовими адаптерами мережного інтерфейсу й здатні безперешкодно спілкуватися один з одним. Їх можна як завгодно переміщати, за умови, що вони залишаються в межах дії бездротової технології. Такий варіант прийнятний для домашніх або невеликих офісних мереж, що полягають із невеликого числа комп'ютерів, в обставинах, коли установка кабелю незручна, непрактична або неможлива.

Мережа з топологією «інфраструктура» складається з комп'ютерів, обладнаних бездротовими інтерфейсами, які обмінюються даними з мережею за допомогою бездротових трансиверів, підключених до мережі звичайними кабелями. Ці трансивери називаються точками доступу до мережі (network access points). У мережі з такою топологією комп'ютери безпосередньо один з одним даними не обмінюються. Обмін здійснюється через точку доступу і кабельну мережу. Ця топологія більше підходить для великої мережі, у якій бездротовими інтерфейсами обладнане лише кілька комп'ютерів, наприклад, портативних. Обмінюватися даними безпосередньо один з одним користувачам цих комп'ютерів не доводиться. Усе, що їм потрібно, — це доступ до серверів і іншим ресурсам корпоративної мережі.

Головним недоліком радіоканалу є його поганий захист від прослуховування, тому що радіохвилі поширюються неконтрольовано. Інший великий недолік радіоканалу – слабка перешкодозахищеність.

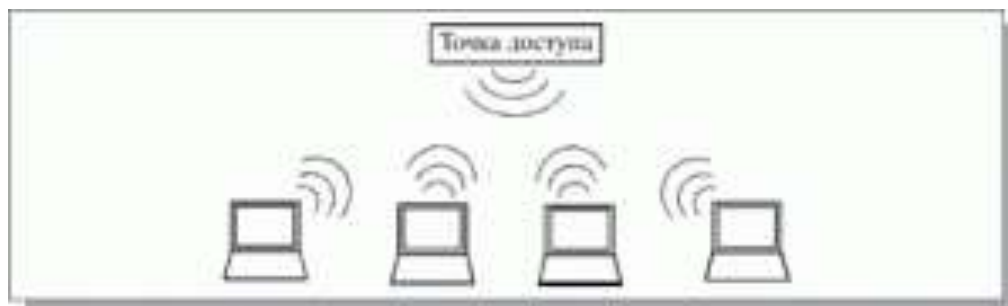


Рис. 10 – Об'єднання комп'ютерів

Радіоканал широко застосовується в глобальних мережах як для наземної, так і для супутникового зв'язку. У цім застосуванні в радіоканалі немає конкурентів, тому що радіохвилі можуть дійти до будь-якої точки земної кулі.

Інфрачервоний канал також не вимагає сполучних проводів, тому що використовує для зв'язку інфрачервоне випромінювання (подібно пульту дистанційного керування домашнього телевізора). Головна його перевага в порівнянні з радіоканалом – нечутливість до електромагнітних перешкод,

що дозволяє застосовувати його, наприклад, у виробничих умовах, де завжди багато перешкод від силового встаткування. Правда, у цьому випадку потрібно досить висока потужність передачі, щоб не впливали ніякі інші джерела теплового (інфрачервоного) випромінювання. Погано працює інфрачервоний зв'язок і в умовах сильної запиленості повітря.

Швидкості передачі інформації через інфрачервоний каналу звичайно не перевищують 5-10 Мбіт/с, але при використанні інфрачервоних лазерів може бути досягнута швидкість більш 100 Мбіт/с. Таємність переданої інформації, як і у випадку радіоканалу, не досягається, також, потрібні порівняно дорогі приймачі й передавачі.

Закріплення матеріалу.

1. Як називається кабель для мережі Ethernet, що складається з двох проводів?
 - a. Екранована кручена пару.
 - b. Коаксіальний.
 - c. Діелектричний.
 - d. Неекранована кручена пара.
2. В мережах з якою топологією потрібно використовувати термінатори?
 - a. «Шина».
 - b. «Зірка».
 - c. «Кільце».
 - d. Нічого з перерахованого.
3. Скільки пар проводів фактично використовується в типовій мережі Ethernet з кабелем UTP?
 - a. Одна.
 - b. Дві.
 - c. Три.
 - d. Чотири.
4. Які дві логічні топології використовуються у бездротових локальних мережах?
 - a. шина і кільце
 - b. однорангова і клієнт-серверна
 - c. однорангова і інфраструктура
 - d. зірка і інфраструктура
6. В мережі якого типу параметри захисту і доступу встановлюються окремо на кожному комп'ютері?
7. Як називається декілька з'єднаних між собою локальних мереж?

8. Мережа якого типу часто використовується для з'єднання горизонтальних сегментів у велику корпоративну інтермережу?
9. Як називається мережа, у якій середовище передає тільки один сигнал?
10. Як називається технологія, яка використовується для зв'язку віддалених локальних мереж?

Завдання 1.2

Провести дослідження локальної обчислювальної мережі комп'ютерного класу, в якому проводяться заняття і скласти звіт, у якому представити її опис із вказанням основних технічних характеристик і параметрів (тип, топологію, пропускну здатність, тип і основні характеристики середовища, адаптерів та інших пристроїв і обладнання і т. д. у відповідності до матеріалів занять. Побудувати схему мережі, на якій зобразити фізичні елементи архітектури (розміщення учасників мережі і розведення мережних кабелів). У звіті представити скріншоти виконаних команд.

Команди: `ipconfig`