

## **Тема 1. Поняття комп'ютерних мереж. Середовища передачі даних в комп'ютерних мережах**

*Комп'ютерна мережа* – система зв'язку комп'ютерів та/або комп'ютерного обладнання (сервери, маршрутизатори та ін.). Для передачі інформації можуть бути використані різні фізичні явища, як правило - різні види електричних сигналів, світлових сигналів чи електромагнітного випромінювання.

### **1.1 Еволюція комп'ютерних мереж**

Комп'ютерні мережі і сучасний Інтернет беруть свій початок в 60-х роках, коли телефонна мережа була основним засобом зв'язку. З огляду на зростаючу важливість обчислювальних машин на початку 60-х років, а також поява комп'ютерів, що використовують принцип поділу часу, природно, що виникла потреба знайти спосіб об'єднати їх таким чином, щоб можна було поділити ресурси між територіально віддаленими користувачами. Трафік, що створюється такими користувачами, був нерівномірним: періоди активності, коли до віддаленого комп'ютера посилалася команда, змінювалися на періоди бездіяльності, коли очікувалась відповідь.

Проекти вчених в Массачусетському технологічному інституті, а також корпорації RAND і національної фізичної лабораторії заклали основи сьогоденішнього Інтернету. Але й інші розробки, що датуються початком 60-х років, внесли великий вклад в розвиток Інтернету. Лоуренс Робертс на початку 60-х років опублікував принципову схему комп'ютерної мережі ARPAnet – першої комп'ютерної мережі з комутацією пакетів, яка є прямим предком сьогоденішнього Інтернету. В 1969 році під безпосереднім керівництвом Леонарда Клейнрока перший комутатор пакетів був встановлений в Каліфорнійському університеті в Лос-Анджелесі (рис. 1.1). Перша мережа – попередник Інтернету – включала в себе до кінця 1969 року всього 4 вузли.



Рисунок 1.1 – Леонард Клейнрок та один з перших комутаторів пакетів – прототип сучасних маршрутизаторів

Коли в 1972 році Роберт Кан організував першу публічну демонстрацію мережі ARPAnet, вона вже налічувала в своєму складі 15 вузлів. Після того як був розроблений перший протокол обміну між пристроями мережі ARPAnet, відомий як протокол керування мережею (Network-Control Protocol, NCP). Тоді ж, в 1972 році, була написана перша програма для роботи з електронною поштою, розробником якої став Рей Томлінсон.

До середини 70-х років з'явилися інші окремо розташовані мережі з комутацією пакетів крім ARPAnet: ALOHANet – короткохвильова мережа, яка об'єднала університети на Гавайських островах з мережами агентства DARPA, якому пакети передавалися через супутниковий та радіозв'язок; Telenet – комерційна мережа компанії BBN, побудована на технології ARPAnet; Cyclades – французька мережа з комутацією пакетів, представлена вперше Луї Пузенном;

мережі з поділом часу, такі як Tymnet і мережа GE Information Services; мережа SNA від компанії IBM (1969-1974), яка також була аналогічна мережі ARPAnet.

Кількість мереж росла, необхідно було розробляти таку архітектуру, яка б об'єднала всі їх разом. Перші розробки по взаємодії мереж були проведені Вінтоном Серфом і Робертом Каном при спонсорстві агентства DARPA.

Ці принципи архітектури мереж були реалізовані в першому протоколі TCP. Ранні версії протоколу TCP поєднували надійну послідовну доставку даних, використовуючи ретрансляцію між кінцевими системами (яка і зараз застосовується в TCP) з транспортними функціями (які сьогодні виконує протокол IP). Ранні експерименти з протоколом TCP, що позначили важливість ненадійної транспортної служби без керування потоком для таких додатків, як передача пакетів голосовими повідомленнями, привели до відокремлення IP-протоколу від TCP і розробці протоколу UDP. Отже, три основні протоколи – TCP, UDP і IP – почали відігравати ключову роль в мережевій взаємодії вже до кінця 1970-х років.

Більшість елементів архітектури сьогоденного Інтернету були закладені в мережі ARPAnet. В якості стандартного протоколу обміну між пристроями мережі ARPAnet 1 січня 1983 був офіційно затверджений в протокол TCP/IP (замінивши собою протокол NCP). Перехід від NCP до TCP/IP став знаковою подією. Також була розроблена система доменних імен (DNS), яка дозволила зв'язати імена кінцевих пристроїв в зрозумілому людині вигляді (наприклад, google.com) і їх IP-адреси.

Головною подією 90-х років, стала поява Всесвітньої павутини (World Wide Web або просто Web), яка зробила Інтернет доступним мільйонам людей по всьому світу. Мережа послужила платформою для розробки і впровадження сотень нових додатків, включаючи пошукові системи, електронну комерцію, а також соціальні мережі.

Друга половина 1990-х років знаменує собою період небувалого зростання інновацій у глобальній мережі. Тисячі компаній і різних проектів розробляють

продукти та різні служби для роботи в мережі. До кінця тисячоліття Інтернет підтримував сотні популярних додатків, включаючи чотири основні групи:

- електронна пошта, включаючи пересилку файлів, повідомлень, а також доступ до пошти через веб-інтерфейс;
- веб-додатки, включаючи перегляд веб-сайтів та Інтернет-комерцію;
- служби миттєвих повідомлень зі списками контактів;
- одноранговий спільний доступ до файлів, наприклад, у форматі MP3 (першим з таких додатків стала програма Napster).

Інновації в області комп'ютерних мереж продовжують впроваджуватися швидкими темпами. Особливо варто звернути увагу на розгортання високопродуктивних маршрутизаторів і збільшення швидкостей передачі даних, як в магістральних мережах, так і в мережах доступу:

- З початку нового тисячоліття спостерігається активне розгортання широкосмугового домашнього доступу в Інтернет, включаючи використання не тільки кабельних і DSL-модемів, а й оптоволоконних технологій. Як результат, наявність високошвидкісного доступу в Інтернет підготувало платформу для використання багатого набору відео-додатків, в тому числі для розміщення створюваного користувачами відео (YouTube), що надається за запитом контенту з потоковими відеоматеріалами і телевізійними шоу (Netflix), а також для організації відеоконференцій з великим числом учасників (Skype).
- Поширення високошвидкісних (54 Мбіт/с і вище) громадських безпроводних мереж і середньошвидкісний (до декількох Мбіт/с) доступ в Інтернет через 3G- і 4G-операторів стільникового зв'язку не тільки дають можливість бути постійно онлайн, але і розширюють різноманіття розроблюваних додатків. Кількість безпроводних пристроїв, підключених до Інтернету, в 2011 році вже перевершило число провідних. В результаті високошвидкісні безпроводні технології привели до швидкого становлення мобільних комп'ютерних пристроїв (смартфонів і планшетів).

- Соціальні мережі, такі як Facebook і Twitter, – це ціле суспільне явище, яке об'єднало великі групи людей. Багато користувачів Інтернету сьогодні, можна сказати, «живуть» в соціальних мережах, завдяки чому все більше зростає попит на розробку нових мережевих додатків і багатокористувацьких ігор.
- Постачальники онлайн-сервісів, такі як Google і Microsoft, розгорнули свої власні великі приватні мережі, які не тільки об'єднують їх численні розподілені центри обробки даних, а й самі виступають в якості постачальників Інтернет-послуг.
- Багато компаній, що займаються Інтернет-комерцією, в даний час запускають свої додатки в «хмарі». Хмарними технологіями вже успішно користуються багато комерційних компаній та освітні установи, розміщуючи свої Інтернет-додатки (наприклад, електронну пошту або веб-хостинг). Компанії, що надають хмарні послуги, не тільки забезпечують додаткам масштабовані обчислення і середу зберігання, а й доступ до своїх високопродуктивним приватних мереж.

## **1.2 Класифікація комп'ютерних мереж**

### **1.2.1 Класифікація мереж за територіальною поширеністю**

*BAN* (Body Area Network – натільна комп'ютерна мережа) – мережа пристроїв, які одягає користувач або імплантованих пристроїв.

BAN пристрої можуть бути вбудовані в тіло, імплантовані, прикріплені до поверхні тіла в фіксованому положенні або поєднані з пристроями, які люди носять (в кишнях, на руці або в сумках, рис. 1.2). Система WBAN може використовувати безпроводні технології в якості шлюзів для досягнення великих відстаней. Через шлюзи можна з'єднувати пристрої через мережу Інтернет. Таким чином, медичні працівники можуть отримати доступ до даних про пацієнта онлайн, використовуючи Інтернет незалежно від місця розташування пацієнта.



Рисунок 1.2 – Приклад реалізації VAN-мережі – смарт-браслет

*PAN* (Personal Area Network) – персональна мережа, призначена для взаємодії різних пристроїв, що належать одному власнику.

PAN являє собою комп'ютерну мережу, яка використовується для передачі даних між пристроями, такими як комп'ютери, телефони, планшети і кишенькові персональні комп'ютери (КПК). Персональні мережі можуть використовуватися як для інформаційної взаємодії окремих пристроїв між собою, так і для з'єднання їх з мережами більш високого рівня, наприклад, глобальної мережі Інтернет, де один «первинний» пристрій бере на себе роль інтернет-маршрутизатора.

*LAN* (Local Area Network) – локальні мережі, що мають замкнуту інфраструктуру до виходу на постачальників послуг. Термін LAN може описувати і маленьку офісну мережу, і мережу рівня великого заводу, що займає кілька сотень гектарів. Локальні мережі є мережами закритого типу, доступ до них дозволений тільки обмеженому колу користувачів, для яких робота в такій мережі безпосередньо пов'язана з їх професійною діяльністю.

*CAN* (Campus Area Network) – це група локальних мереж, розгорнутих на компактній території (кампусі) будь-якої установи і обслуговуючі одну установу – університет, промислове підприємство, порт, оптовий склад і т.д. При цьому мережеве обладнання (комутатори, маршрутизатори) і середовище передачі

даних (оптичне волокно, мідний провід) належить орендатору або власнику кампусу, підприємству, університету, уряду і так далі.

*MAN* (Metropolitan Area Network) – міські мережі між установами в межах одного або декількох міст, що зв'язують велику кількість локальних обчислювальних мереж.

Найпростішим прикладом міської мережі є система кабельного телебачення. Вона стала правонаступником звичайних антенних мереж в тих місцях, де з тих чи інших причин якість ефіру була дуже низькою. Загальна антена в цих системах встановлювалася на певному підвищенні, і сигнал передавався в будинку абонентів через кабельні мережі.

Як правило, *MAN* не належить певній окремій організації, в більшості випадків її з'єднувальні елементи та інше обладнання належить групі користувачів або ж провайдеру, який бере плату за обслуговування. Про рівень обслуговування заздалегідь домовляються і обговорюють деякі гарантійні зобов'язання.

*WAN* (Wide Area Network) – глобальна мережа, що покриває великі географічні регіони, що включають в себе як локальні мережі, так і інші телекомунікаційні мережі та пристрої. Глобальні мережі є відкритими і орієнтовані на обслуговування будь-яких користувачів. Найбільшою глобальною мережею являється Інтернет.

### **1.2.2. Класифікація за архітектурою**

*Клієнт-сервер* – мережева архітектура, в якій завдання або мережеві навантаження розподілені між постачальниками послуг, що називаються серверами, і замовниками послуг, які називають клієнтами. Фактично клієнт і сервер – це програмне забезпечення. Зазвичай ці програми розташовані на різних обчислювальних машинах і взаємодіють між собою через комп'ютерну мережу за допомогою мережевих протоколів, але вони можуть бути розташовані також і на одній машині. Програми-сервери очікують від клієнтських програм запити і надають їм свої ресурси у вигляді даних (наприклад, завантаження файлів за

допомогою HTTP, FTP, BitTorrent, потокове мультимедіа або робота з базами даних) або у вигляді сервісних функцій (наприклад, робота з електронною поштою, спілкування за допомогою систем миттєвого обміну повідомленнями або перегляд web-сторінок). Оскільки одна програма-сервер може виконувати запити від великої кількості програм-клієнтів, її розміщують на спеціально виділеній обчислювальній машині, налаштованій особливим чином, як правило, спільно з іншими програмами-серверами, тому продуктивність цієї машини повинна бути високою. Через особливу роль такої машини в мережі, специфіки її обладнання та програмного забезпечення, її також називають сервером, а машини, які виконують клієнтські програми, відповідно, клієнтами.

**Багаторівнева архітектура клієнт-сервер** – різновид архітектури клієнт-сервер, в якій функція обробки даних винесена на один або кілька окремих серверів. Це дозволяє розділити функції зберігання, обробки і представлення даних для більш ефективного використання можливостей серверів і клієнтів.

**Однорангова**, децентралізована, або пірингова (peer-to-peer, p2p) **мережа** – це оверлейная комп'ютерна мережа (надбудова над іншою мережею), заснована на рівноправ'ї учасників. Часто в такій мережі відсутні виділені сервери, а кожен вузол (peer) є як клієнтом, так і виконує функції сервера. На відміну від архітектури клієнт-сервер, така організація дозволяє зберігати працездатність мережі при будь-якій кількості і будь-якому поєднанні доступних вузлів. Учасників мережі називають **пірами**.

### 1.2.3. Класифікація за типом мережевої топології

Топологія типу **загальна шина**, являє собою загальний кабель (шина або магістраль), до якого приєднані всі робочі станції. На кінцях кабелю знаходяться термінатори, для запобігання розсіювання сигналу (рис. 1.3).





Рисунок 1.3 – Топологія шина

**Кільце** – топологія, в якій кожен комп'ютер з'єднаний лініями зв'язку тільки з двома іншими: від одного він тільки отримує інформацію, а іншому тільки передає (рис. 1.4). На кожній лінії зв'язку, працює тільки один передавач і один приймач. Це дозволяє відмовитися від застосування зовнішніх термінаторів.

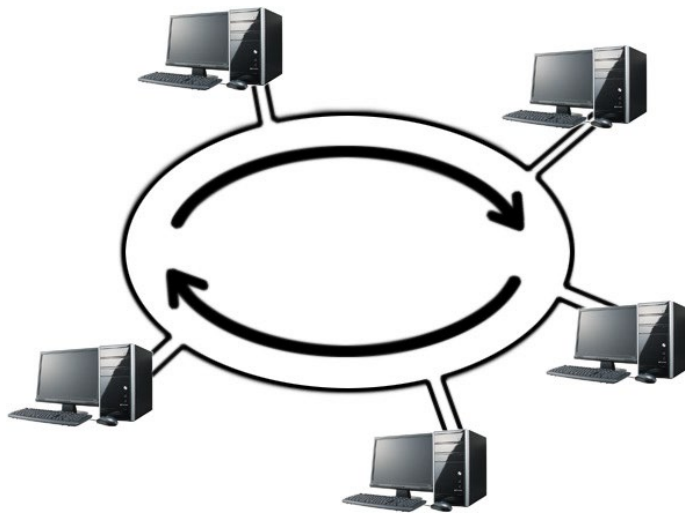


Рисунок 1.4 – Топологія кільце

Робота в мережі кільця полягає в тому, що кожен комп'ютер ретранслює (підсилює та передає) сигнал, тобто виступає в ролі повторювача, тому загасання сигналу в усьому кільці не має ніякого значення, важливо тільки загасання між сусідніми комп'ютерами кільця. Чітко виділеного центру в цьому випадку немає, всі комп'ютери можуть бути однаковими. Однак досить часто в кільці виділяється спеціальний абонент, який керує обміном або контролює обмін.

Зрозуміло, що наявність такого керуючого абонента знижує надійність мережі, тому що вихід його з ладу відразу ж паралізує весь обмін.

**Подвійне кільце** – топологія, побудована на двох кільцях. Перше кільце – основний шлях для передачі даних. Друге – резервний шлях, що дублює основний. При нормальному функціонуванні першого кільця, дані передаються тільки по ньому. При його виході з ладу воно об'єднується з другим і мережа продовжує функціонувати. Дані при цьому по першому кільцю передаються в одному напрямку, а по другому в зворотному. Прикладом може служити мережа FDDI.

**Зірка** – базова топологія комп'ютерної мережі, в якій всі комп'ютери мережі приєднані до центрального вузла (зазвичай, комутатора), утворюючи фізичний сегмент мережі (рис. 1.5). Подібний сегмент мережі може функціонувати як окремо, так і в складі складної мережевої топології (як правило, дерево).



Рисунок 1.5 – Топологія зірка

**Комірчаста** топологія – мережева топологія комп'ютерної мережі, побудована на принципі комірок, в якій робочі станції мережі з'єднуються одна з одною і здатні приймати на себе роль комутатора для інших учасників (рис. 1.6). Дана організація мережі є досить складною в налаштуванні, проте при такій топології реалізується висока відмовостійкість. Як правило, вузли з'єднуються за принципом «кожен з кожним». Таким чином, велика кількість зв'язків забезпечує широкий вибір маршруту слідування трафіку всередині

мережі – отже, обрив одного з'єднання не порушить функціонування мережі в цілому.

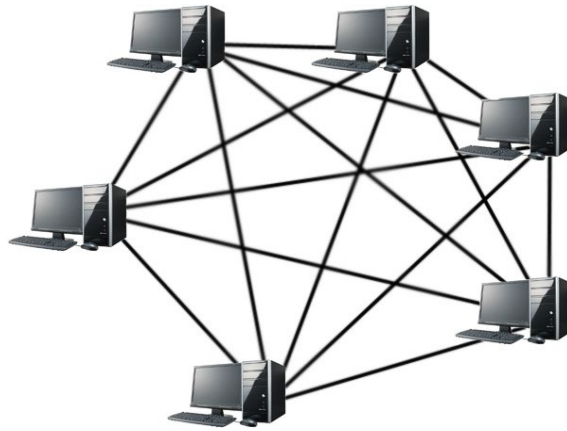


Рисунок 1.6 – Комірчаста топологія

**Решітка** (Grid network, 3D-mesh) – це топологія, в якій вузли утворюють регулярні багатовимірні ґратки. При цьому кожне ребро решітки паралельно її осі і з'єднує два суміжних вузла вздовж цієї осі (рис. 1.7).

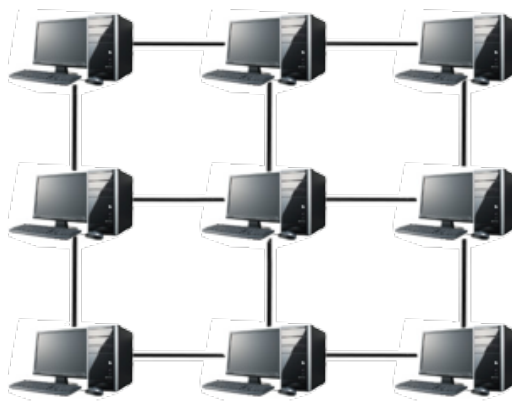


Рисунок 1.7 – Топологія решітка

Одновимірна решітка – це ланцюг, що з'єднує два зовнішніх вузла (має лише одного сусіда) через кілька внутрішніх (у яких по два сусіди – зліва і справа). При з'єднанні обох зовнішніх вузлів виходить топологія «кільце». Дво- і тривимірні решітки використовуються в архітектурі суперкомп'ютерів.

Багатовимірною решіткою, поєднаною циклічно в більш ніж одному вимірі, називається топологією тор (через схожість математичних властивостей суміжності вузлів з абстрактною поверхнею «тор»).

*Дерево* – це топологія мереж, в якій кожен вузол вищого рівня пов'язаний з вузлами нижчого рівня зіркоподібним зв'язком, утворюючи комбінацію зірок (рис. 1.8). Також дерево називають ієрархічною зіркою.

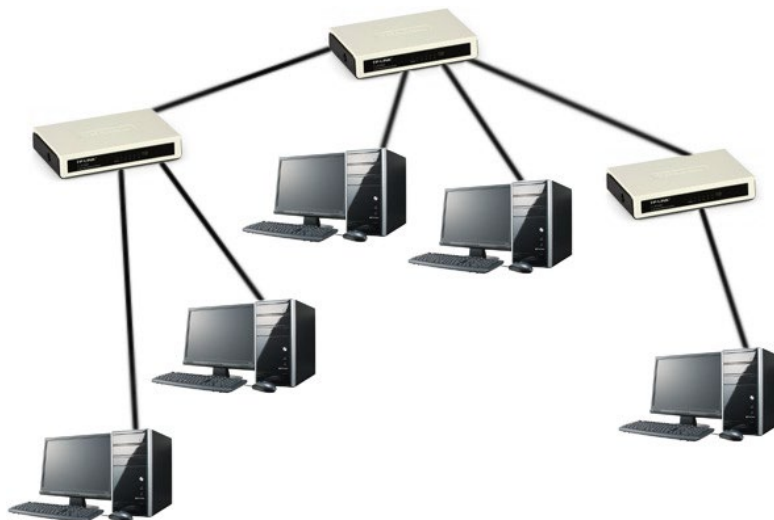


Рисунок 1.8 – Топологія дерево

#### 1.2.4. Класифікація за функціональним призначенням

Виділяють наступні мережі, згідно їх функціонального призначення:

- *Мережа зберігання даних* (Storage Area Network, SAN) – являє собою архітектурне рішення для підключення зовнішніх пристроїв зберігання даних, таких як дискові масиви, стрічкові бібліотеки, оптичні приводи до серверів таким чином, щоб операційна система розпізнала підключені ресурси як локальні.
- *Серверна ферма* – група серверів, з'єднаних між собою в єдину мережу передачі даних, що працюють як єдине ціле.
- Мережа керування процесом.
- Мережа SOHO (small office/home office), будинкова мережа – різновид локальної обчислювальної мережі, що дозволяє користувачам декількох

комп'ютерів обмінюватися даними, грати в мережеві ігри і виходити в Інтернет, прокладена в межах однієї будівлі (зазвичай житлового будинку) або об'єднує кілька прилеглих будівель.

### 1.2.5. Класифікація за типом середовища передачі даних

Залежно від середовища передачі даних, виділяють провідні та безпроводні мережі (рис. 1.9).

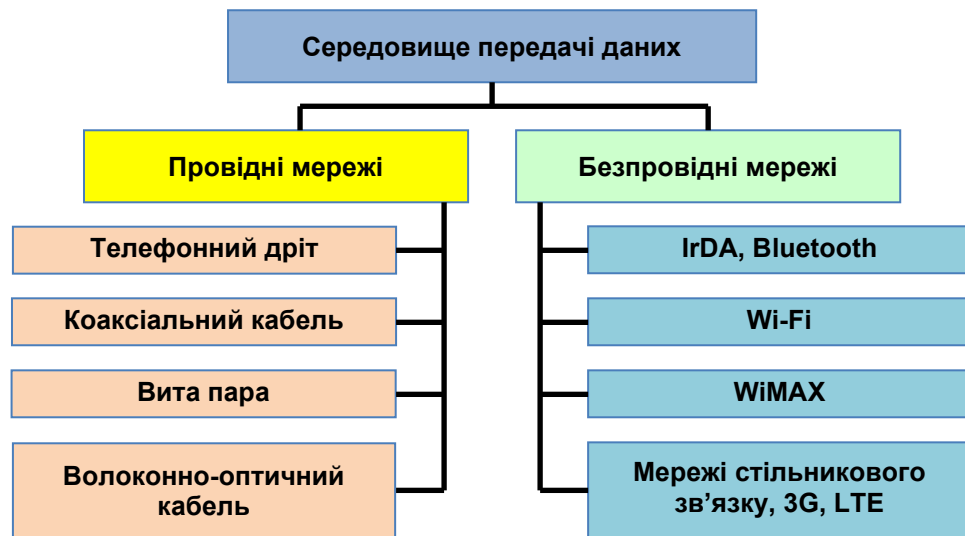


Рисунок 1.9 – Класифікація мереж за типом середовища передачі даних

### 1.3 Середовища передачі даних

*Середовище передачі даних* – фізична субстанція, по якій відбувається передача (перенесення) тієї чи іншої інформації (даних) від джерела (передавача, відправника) до приймача (одержувача). Інформація переноситься за допомогою сигналів. Сигнали можуть мати різну природу:

- електричну (потік електронів);
- електромагнітну (радіохвилі);
- оптичну (світло).

Виділяють провідні та безпроводні середовища передачі даних.

### 1.3.1. Провідні середовища передачі даних

**Телефонний провід** – двох- або чотирьохпровідний телефонний кабель, призначений для стаціонарної прихованої і відкритої абонентської проводки телефонної або трансляційної розподільної мережі всередині приміщень (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Двох- та чотирьохжильний телефонний кабель

Вважається морально застарілим через ненадійність, низьку перешкодозахищеність, неможливість високошвидкісної передачі даних, незручностей при обжиманні. Однак з огляду на свою низьку вартість знаходить застосування в телефонній розводці всередині приміщень, також є найдешевшим рішенням у багатьох ситуаціях. На відміну від більш сучасних аналогів витой пари, струмопровідні жили не скручуються (жили розташовуються паралельно, кабель плоский), завдяки чому він отримав жаргонну назву «локшина» по схожості зовнішнього вигляду з макаронними виробами.

**Коаксіальний кабель** – електричний кабель, що складається з центрального провідника і екрану, розташованих співвісно і розділених ізоляційним матеріалом або повітряним проміжком. Використовується для передачі радіочастотних електричних сигналів (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Коаксіальний кабель

Весь корисний сигнал передається по внутрішньому провіднику.

Найбільшого застосування набув коаксіальний кабель з хвильовим опором 50 та 75 Ом.

#### **«Тонкий» Ethernet**

Був найбільш поширеним кабелем для побудови локальних мереж. Діаметр приблизно 6 мм і значна гнучкість дозволяли йому бути прокладеним практично в будь-яких місцях. Кабелі з'єднувалися один з одним і з мережевою платою в комп'ютері за допомогою T-коннектора BNC (рис. 1.12a). Між собою кабелі могли з'єднуватися за допомогою I-коннектора BNC (пряме з'єднання, рис. 1.12b). На обох кінцях сегмента повинні бути встановлені термінатори (рис. 1.12c). Підтримує передачу даних до 10 Мбіт/с на відстань до 185 м.



Рисунок 1.12 – З'єднувачі для коаксіального кабелю:  
а) T-конектор BNC; б) I-конектор BNC; в) термінатор

### **«Товстий» Ethernet**

Більш товстий, в порівнянні з попереднім, кабель – близько 12 мм в діаметрі, мав більш товстий центральний провідник. Погано гнучся і мав значну вартість. За рахунок більш товстого провідника передачу даних можна було здійснювати на відстань до 500 м із швидкістю до 10 Мбіт/с. Однак складність і висока вартість установки не дали цьому кабелю такого широкого поширення. Історично фірмовий кабель мав жовте забарвлення, і тому іноді можна зустріти назву «Жовтий Ethernet».

**Вита пара** – вид кабелю зв'язку, що являє собою одну або кілька пар ізольованих провідників, скручених між собою (з невеликим числом витків на одиницю довжини), покритих пластиковою оболонкою (рис. 1.13).

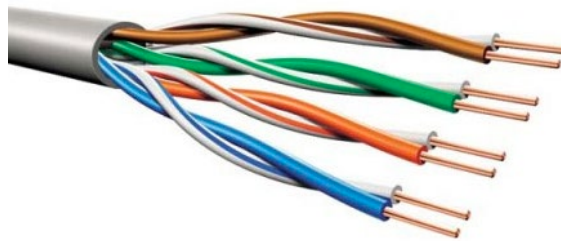


Рисунок 1.13 – Вита пара

Звивання провідників проводиться з метою підвищення ступеня зв'язку між собою провідників однієї пари (електромагнітні перешкоди однаково впливають на обидва дроти пари) і подальшого зменшення електромагнітних перешкод від зовнішніх джерел, а також взаємних наведень при передачі диференціальних сигналів.

В даний час, завдяки своїй дешевизні і легкості монтажу, є найпоширенішим рішенням для побудови провідних (кабельних) локальних мереж.

Кабель підключається до мережевих пристроїв за допомогою роз'єму 8P8C (який помилково називають RJ45, рис. 1.14).



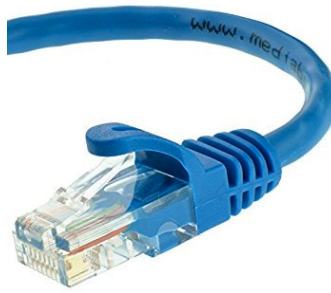


Рисунок 1.14 – Витя пара, обжата під роз'єм RJ45 (8P8C)

Для механічного захисту дроти використовують особливо міцні оболонки і оплітку з мідного дроту. Оболонка з чорного поліетилену захищає кабель від сонячного світла (спеціальний захист, що застосовується для кабелів, призначених для прокладки на відкритому повітрі).

Для хімічного захисту кабелю використовують фольгу і поліетилен. Кабелі, захищені фольгою, позначають терміном foiled – фольговані.

Для захисту від електричних перешкод при використанні високочастотних сигналів в кабелях використовується екранування. Екранування застосовується як до окремих витих пар, які обертаються в алюмінієву фольгу (металізовану алюмінієм поліетиленову стрічку), так і до кабелю в цілому у вигляді загального екрану з фольги та/або оплітки з мідного дроту. Екран також може бути з'єднаний з неізольованим дренажним проводом, який служить для заземлення та механічно підтримує екран в разі поділу на секції при зайвому вигині або розтягуванні кабелю.

Згідно з міжнародним стандартом ISO/IEC 11801 додаток E, для позначення конструкції екранованого кабелю використовується комбінація з трьох літер: U – неекранований, S – металева оплітка (тільки загальний екран), F – металізована стрічка (алюмінієва фольга). З цих літер формується аббревіатура виду xx/xTP, що позначає тип загального екрану і тип екрану для окремих пар (табл. 1.1).

Екрановані кабелі категорій 5e, 6/6A та 8/8.1 найчастіше використовують конструкцію F/UTP (загальний екран з фольги), тоді як екрановані кабелі

категорій 7/7А і 8.2 використовують конструкцію S/FTP (із загальною металевію опліткою і фольгою для кожної пари).

Таблиця 1.1 – Позначення для поширених типів кабелів виті пари

Загальноприйнята назва	Позначення по ISO/IEC 11801	Загальний екран	Екран для пар
UTP	U/UTP	немає	немає
STP, ScTP, PiMF	U/FTP	немає	фольга
FTP, STP, ScTP	F/UTP	фольга	немає
STP, ScTP	S/UTP	оплітка	немає
SFTP, SFTP, STP	SF/UTP	оплітка, фольга	немає
FFTP	F/FTP	фольга	фольга
SSTP, SFTP, STP	S/FTP	оплітка	фольга
SSTP, SFTP	SF/FTP	оплітка, фольга	фольга

Кабелі для зовнішньої прокладки обов'язково мають вологостійку оболонку з поліетилену, яка наноситься (як правило) другим шаром поверх звичайної. Крім цього, можливе заповнення пустот в кабелі водовідштовхувальним гелем і бронювання за допомогою гофрованої стрічки або сталевого дроту.

Існує декілька категорій кабелю вита пара (табл. 1.2), які нумеруються від 1 до 8 і визначають ефективний частотний діапазон. Кабель вищої категорії зазвичай містить більше пар провідників і кожна пара має більше витків на одиницю довжини.

Таблиця 1.2 – Категорії кабелів виті пари

Категорія	Застосування	Примітки
1	Телефонні і старі модемні лінії	1 пара, використовується тільки для передачі голосу або даних за допомогою модему (не підходить для сучасних систем)
2	Старі термінали (такі як IBM 3270)	2 пари провідників, старий тип кабелю, підтримував передачу даних на швидкостях до 4 Мбіт/с, використовувався в мережах Token Ring і Arcnet (не підходить для сучасних систем). Зараз іноді зустрічається в телефонних мережах.

3	10BASE-T, 100BASE-T4 Ethernet	4-парний кабель, використовується при побудові телефонних і локальних мереж 10BASE-T і Token Ring, підтримує швидкість передачі даних до 10 Мбіт/с або 100 Мбіт/с за технологією 100BASE-T4 на відстані не більше 100 метрів. Зараз використовується в основному для телефонних ліній.
4	Token Ring, зараз не використовується	кабель складається з 4-х пар, використовувався в мережах Token Ring, 10BASE-T, 100BASE-T4, швидкість передачі даних не перевищує 16 Мбіт/с по одній парі.
5	Fast Ethernet (100BASE-TX), Gigabit Ethernet (1000BASE-T)	4-парний кабель, використовується при побудові локальних мереж 10BASE-T, 100BASE-TX і 1000BASE-T та для прокладки телефонних ліній, підтримує швидкість передачі даних до 100 Мбіт/с при використанні 2 пар і до 1000 Мбіт/с при використанні 4 пар.
5e	Fast Ethernet (100BASE-TX), Gigabit Ethernet (1000BASE-T)	4-парний кабель, вдосконалена категорія 5. Кабель категорії 5e є найпоширенішим і використовується для побудови комп'ютерних мереж. Іноді зустрічається двохпарний кабель категорії 5e. Переваги даного кабелю в нижчій собівартості і меншій товщині.
6	10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)	неекранований кабель (UTP) складається з 4 пар провідників і здатний передавати дані на швидкості до 10 Гбіт/с на відстань до 55 м.
6A	10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)	складається з 4 пар провідників і здатний передавати дані на швидкості до 10 Гбіт/с на відстань до 100 метрів. Кабель цієї категорії має або загальний екран (F/UTP), або екрани навколо кожної пари (U/FTP).
7/7A	10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)	швидкість передачі даних до 10 Гбіт/с. Кабель цієї категорії має загальний екран і екрани навколо кожної пари (F/FTP або S/FTP).
8/8.1	100 Gigabit Ethernet (40GBASE-T)	повністю сумісний з кабелем категорії 6A. Швидкість передачі даних до 40 Гбіт/с при використанні стандартних конекторів 8P8C. Кабель цієї категорії має або загальний екран, або екрани навколо кожної пари (F/UTP або U/FTP).
8.2	100 Gigabit Ethernet (40GBASE-T)	повністю сумісний з кабелем категорії 7A. Швидкість передачі даних до 40 Гбіт/с при використанні стандартних конекторів 8P8C або GG45/ARJ45 і TERA. Кабель цієї категорії має загальний екран і екрани навколо кожної пари (F/FTP або S/FTP).

Існує два варіанти обжиму роз'єму на кабелі:

- для створення прямого кабелю (рис. 1.15) – для з'єднання портів чи інтерфейсів одного типу (MDI-MDI або MDIX-MDIX),
- для створення перехресного кабелю (рис. 1.16), що має інвертовану розводку контактів роз'єму для з'єднання безпосередньо двох портів чи інтерфейсів різних типів (MDI-MDIX).

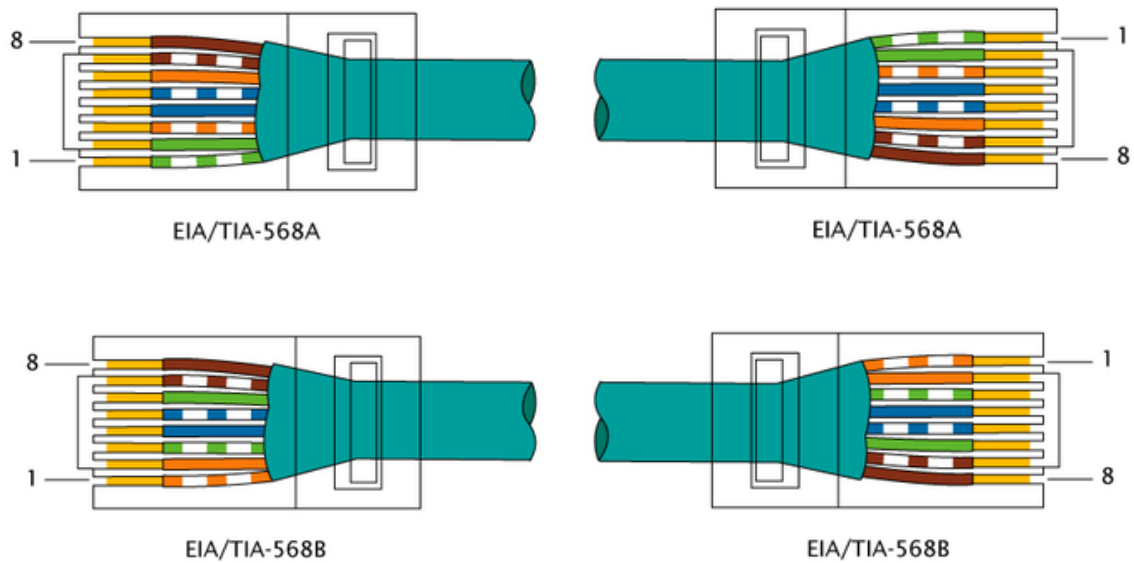
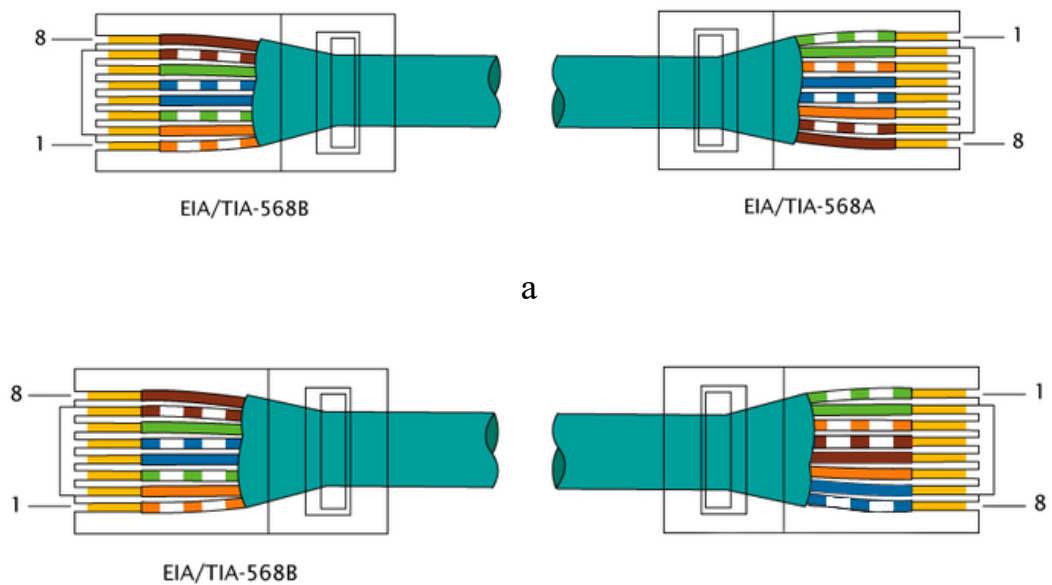


Рисунок 1.15 – Схема прямого обжиму по стандарту TIA/EIA-568B та TIA/EIA-568A



a

b

Рисунок 1.16 – Схема перехресного обжиму:

а) до 100 Мбіт/с; б) до 1000 Мбіт/с

**Оптичне волокно** – нитка з оптично прозорого матеріалу (скло, пластик), яка використовується для перенесення світла всередині себе за допомогою повного внутрішнього відбивання (рис. 1.17).

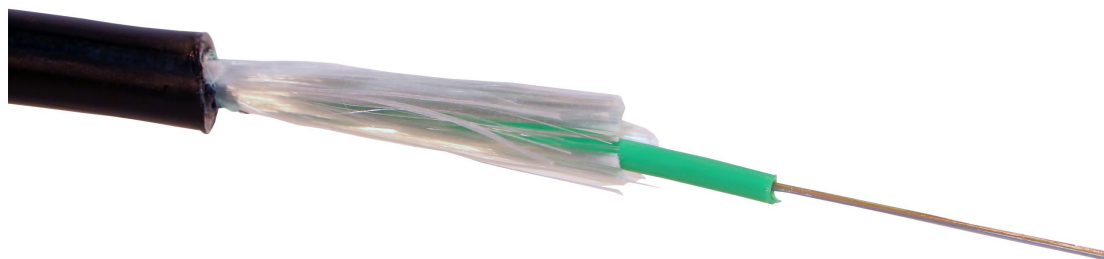


Рисунок 2.10 – Волоконно-оптичний кабель

Кабелі на основі оптичних волокон використовуються для волоконно-оптичного зв'язку, що дозволяє передавати інформацію на великі відстані з більш високою швидкістю передачі даних, ніж за допомогою інших середовищ передачі даних.

Скляні оптичні волокна виготовляються з кварцового скла, але для дальнього інфрачервоного діапазону можуть використовуватися інші матеріали, такі як фторцирконат, фторалюмінат і халькогенідне скло.

В наш час активно розвивається використання пластикових оптичних волокон. Серцевини в такому волокні виготовляють з поліметилметакрилату (РММА), а оболонку з фторованих РММА (фторполімерів).

Оптичне волокно, як правило, має круглий переріз і складається з двох частин – серцевини і оболонки. Для забезпечення повного внутрішнього відбивання абсолютний показник заломлення серцевини трохи вищий показника заломлення оболонки. Серцевина виготовляється з чистого матеріалу (скла або пластику) і має діаметр 9 мкм (для одномодового волокна), 50 або 62,5 мкм (для багатомодового волокна). Оболонка має діаметр 125 мкм і складається з матеріалу з легуючими добавками, що змінюють показник заломлення.

Оптичні волокна, що використовуються в телекомунікаціях, як правило, мають діаметр  $125 \pm 1$  мікрон. Діаметр серцевини може відрізнятись в залежності від типу волокна і національних стандартів.

Оптичне волокно може бути одномодовим і багатомодовим (рис. 1.18).

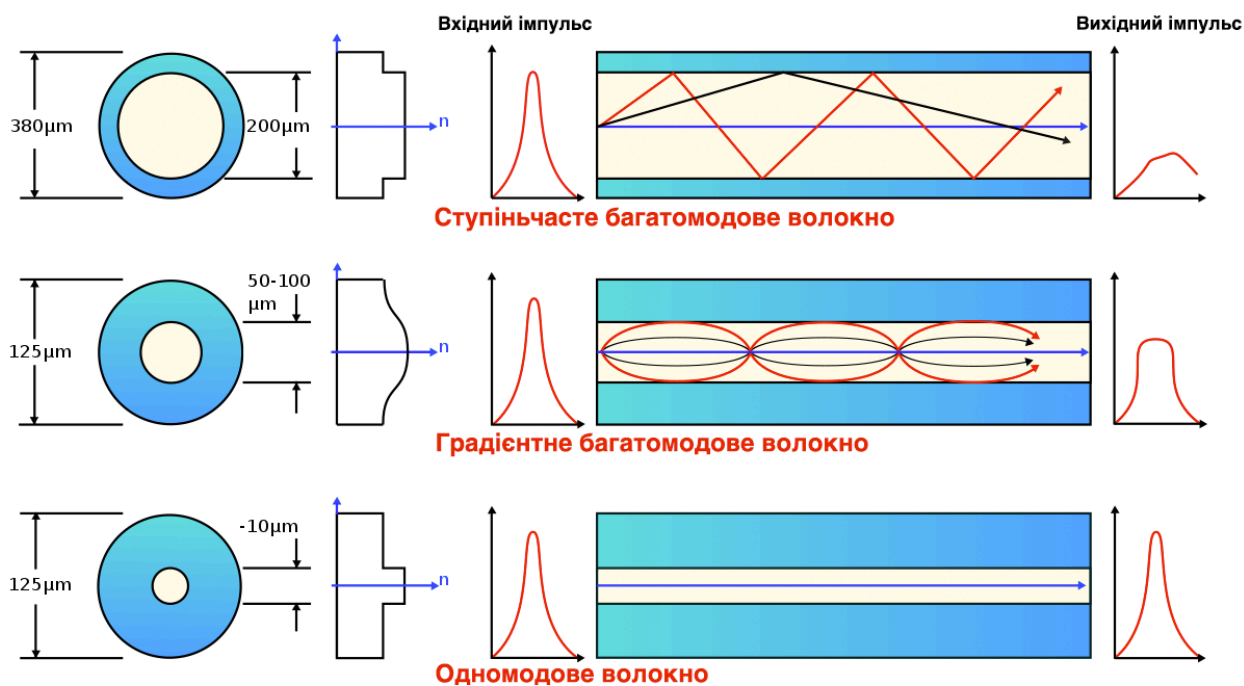


Рисунок 1.18 – Одномодове та багатомодове волокно

Діаметр серцевини одномодових волокон становить від 7 до 10 мікрон. Завдяки малому діаметру серцевини оптичне випромінювання поширюється по волокну в одній (основній, фундаментальній) моді.

Багатомодові волокна відрізняються від одномодових діаметром серцевини, який становить 50 мікрон в європейському стандарті і 62.5 мікрон в північноамериканському і японському стандартах. Через великий діаметр серцевини по багатомодовому волокну поширюється кілька мод випромінювання – кожна під своїм кутом.

Багатомодові волокна поділяються на ступінчасті і градієнтні. У ступінчастих волокнах показник заломлення від оболонки до серцевини змінюється стрибкоподібно. В градієнтних волокнах ця зміна відбувається інакше – показник заломлення серцевини плавно зростає від краю до центру.

### 1.3.2 Безпроводні середовища передачі даних

**Безпроводна комп'ютерна мережа** – мережа, заснована на безпроводному (без використання кабельної проводки) принципі, що повністю відповідає стандартам для звичайних провідних мереж (наприклад, Ethernet). В якості носія інформації в таких мережах можуть виступати радіохвилі.

Існує два основних напрямки застосування безпроводних комп'ютерних мереж:

- робота в замкнутому просторі (наприклад, офіс);
- з'єднання віддалених локальних мереж (або віддалених сегментів локальної мережі).

Для організації безпроводної мережі в замкнутому просторі застосовуються передавачі зі всенаправленими антенами.

Для з'єднання віддалених локальних мереж (або віддалених сегментів локальної мережі) використовується обладнання зі спрямованими антенами, що дозволяє збільшити дальність зв'язку до 20 км (а при використанні спеціальних підсилювачів і великій висоті розміщення антен – до 50 км). Якщо безпроводна мережа використовується для об'єднання сегментів локальної мережі, віддалених на великі відстані, антени, як правило, розміщуються за межами приміщення і на великій висоті.

На даний час існує дуже багато безпроводних технологій, найчастіше відомих користувачам за їх маркетинговими назвами, такими як Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth. Кожна технологія має певні характеристики, які визначають її область застосування (табл. 1.3).

Таблиця 2.3 – Порівняльна характеристика безпроводних середовищ передачі даних

Технологія	Стандарт	Швидкість передачі даних	Радіус дії	Частоти
Інфрачервоний канал зв'язку	IrDA	9,6 – 115,5 Кбіт/с до 15 Мбіт/с	5 – 50 см до 10 м	Інфрачервоне випромінювання
NFC	ISO 14443	до 340 Кбіт/с	до 20 см	13,56 МГц

Bluetooth 1.2	802.15.1	до 1 Мбіт/с	до 10 м	2,4 ГГц
Bluetooth 2.1	802.15.3	до 2,1 Мбіт/с	до 100 м	2,4 ГГц
Bluetooth 3.0	802.11	3 – 24 Мбіт/с	до 100 м	2,4 ГГц
Bluetooth 4.1 (LE)		до 1 Мбіт/с	до 100 м	2,4 ГГц
Bluetooth 5 (LE)		до 2 Мбіт/с	до 100 м	2,4 ГГц
Wi-Fi	802.11b	до 11 Мбіт/с	до 300 м	2,4 ГГц
	802.11g	до 54 Мбіт/с	до 300 м	2,4 ГГц
	802.11n	до 150 (600) Мбіт/с	до 300 м	2,4 або 5 ГГц
	802.11ac	до 1 Гбіт/с	до 300 м	2,4 або 5 ГГц
	802.11ax	до 11 Гбіт/с	до 300 м	2,4 або 5 ГГц
	802.11be	до 30 Гбіт/с	до 300 м	2,4, 5 або 6 ГГц
Super Wi-Fi	802.22	до 22 Мбіт/с	10 – 100 км	
WiMax	802.16d	до 75 Мбіт/с	25 – 80 км	1,5 – 11 ГГц
	802.16e	до 40 Мбіт/с	1 – 5 км	2,3 – 13,6 ГГц
WiMax 2	802.16m	до 1 Гбіт/с	120 – 150 км	до 11 ГГц

***IrDA (InfraRed Data Association)*** – інфрачервоний порт – група стандартів, що описує протоколи фізичного і логічного рівня передачі даних з використанням інфрачервоного діапазону світлових хвиль в якості середовища передачі.

Є різновидом оптичної лінії зв'язку ближнього радіусу дії.

Апаратна реалізація, як правило, являє собою пару з випромінювача, у вигляді інфрачервоного світлодіода, і приймача, у вигляді фотодіода розташованих на кожній зі сторін лінії зв'язку. Наявність і передавача і приймача на кожній зі сторін є необхідною для використання протоколів двосторонньої передачі даних.

У ряді випадків, наприклад при використанні в пультах дистанційного керування побутовою технікою, одна зі сторін може бути оснащена тільки передавачем, а інша тільки приймачем.

***NFC (Near field communication)*** – технологія безпроводної передачі даних малого радіусу дії, яка дає можливість обміну даними між пристроями, що знаходяться на відстані близько 10 сантиметрів.



Ця технологія – розширення стандарту безконтактних карт (ISO 14443), який об'єднує інтерфейс смарт-карти і зчитувача в єдиний пристрій. Пристрій NFC може підтримувати зв'язок з існуючими смарт-картами, зі зчитувачами стандарту ISO 14443, з іншими пристроями NFC і, таким чином, – сумісно з існуючою інфраструктурою безконтактних карт, вже використовується в громадському транспорті і платіжних системах. NFC націлена перш за все на використання в цифрових мобільних пристроях.

Так само, як і в стандарті ISO 14443, в NFC зв'язок підтримується за допомогою індукції магнітного поля, де дві рамкові антени розташовуються в межах ближнього поля один одного, ефективно формуючи трансформатор з повітряним сердечником.

**Bluetooth** – специфікація безпроводних персональних мереж. Bluetooth забезпечує обмін інформацією між такими пристроями, як персональні комп'ютери, мобільні телефони, принтери, цифрові фотоапарати, мишки, клавіатури, джойстики, навушники, гарнітури на надійній, безкоштовній, загальнодоступній радіочастоті для ближнього зв'язку.

Принцип дії заснований на використанні радіохвиль. Радіозв'язок Bluetooth здійснюється в ISM-діапазоні, який використовується в різних побутових приладах і безпроводних мережах (діапазон 2,4-2,4835 ГГц). У Bluetooth застосовується метод розширення спектру зі стрибкоподібною перебудовою частоти (FHSS). Метод FHSS простий в реалізації, забезпечує стійкість до широкосмугових перешкод, а обладнання недороге.

Відповідно до алгоритму FHSS, в Bluetooth несуча частота сигналу стрибкоподібно змінюється 1600 разів в секунду. Таким чином, якщо поруч працюють кілька пар приймач-передавач, то вони не заважають один одному. Цей алгоритм є також складовою частиною системи захисту конфіденційності інформації, що передається: перехід відбувається по псевдовипадковому алгоритму і визначається окремо для кожного з'єднання.

**Wi-Fi** – торгова марка Wi-Fi Alliance для безпроводних комп'ютерних мереж на базі стандарту IEEE 802.11. Під аббревіатурою Wi-Fi в даний час розвивається ціле сімейство стандартів передачі цифрових потоків даних по радіоканалах.

Зазвичай схема Wi-Fi мережі містить не менше однієї точки доступу і не менше одного клієнта. Також можливе підключення двох клієнтів в режимі точка-точка (Ad-hoc), коли точка доступу не використовується, а клієнти з'єднуються за допомогою мережевих адаптерів «безпосередньо». Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (SSID) за допомогою спеціальних сигнальних пакетів на швидкості 0,1 Мбіт/с кожні 100 мс. Тому 0,1 Мбіт/с – найменша швидкість передачі даних для Wi-Fi. Знаючи SSID мережі, клієнт може з'ясувати, чи можливе підключення до даної точки доступу. При попаданні в зону дії двох точок доступу з ідентичними SSID приймач може вибирати між ними на підставі даних про рівень сигналу. Стандарт Wi-Fi дає клієнтові повну свободу при виборі критеріїв для з'єднання.

**WiMAX** – телекомунікаційна технологія, розроблена з метою надання універсального безпроводного зв'язку на великих відстанях для широкого спектру пристроїв (від робочих станцій і портативних комп'ютерів до мобільних телефонів). Заснована на стандарті IEEE 802.16, який також називають Wireless MAN.

Кожна із специфікацій WiMAX визначає свої робочі діапазони частот, пропускну здатність, потужність випромінювання, методи передачі і доступу, способи кодування і модуляції сигналу, принципи повторного використання радіочастот та інші показники. А тому WiMAX-системи, засновані на версіях стандарту IEEE 802.16 e і d, практично несумісні.

Основна відмінність двох технологій полягає в тому, що фіксований WiMAX дозволяє обслуговувати тільки «статичних» абонентів, а мобільний орієнтований на роботу з користувачами, що пересуваються зі швидкістю до 150

км/год. В окремому випадку мобільний WiMAX може застосовуватися і для обслуговування фіксованих користувачів.

У загальному вигляді WiMAX мережі складаються з наступних основних частин: базових і абонентських станцій, а також обладнання, що зв'язує базові станції між собою, з постачальником сервісів та з Інтернетом.

В жовтні 2010 року було затверджено стандарт IEEE 802.16m, відомий як **WiMAX 2**. Він дозволяє підвищити пропускну здатність безпроводних мереж в кілька разів. Так, стаціонарне обладнання в мережах нового покоління зможе приймати дані на швидкості до 1 Гбіт/с, а мобільні пристрої та портативні комп'ютери – до 100 Мбіт/с. При цьому збережеться зворотна сумісність з існуючим устаткуванням WiMAX.

**Стільниковий зв'язок** – один з видів мобільного радіозв'язку, в основі якого лежить мережа. Ключова особливість полягає в тому, що загальна зона покриття ділиться на комірки (соти, стільники), що визначаються зонами покриття окремих базових станцій (рис. 1.19). Стільники частково перекриваються і разом утворюють мережу. На ідеальній (рівній і без забудови) поверхні зона покриття однієї базової станції являє собою коло, тому складена з них мережа має вигляд соти з шестикутними комірками.

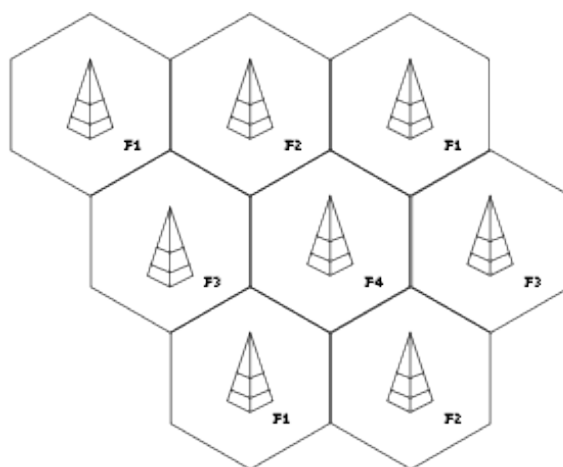


Рисунок 1.19 – Схема розміщення вишок стільникового зв'язку

Основні складові мережі – це мобільні телефони і базові станції, які зазвичай розташовують на дахах будинків і вишках. Телефон і станція підтримують постійний радіоконтакт, періодично обмінюючись пакетами. Зв'язок телефону зі станцією може йти по аналоговому протоколу або по цифровому (CDMA, GSM, UMTS). Якщо телефон виходить з поля дії базової станції (або якість радіосигналу погіршується), він налагоджує зв'язок з іншою.