

## Тема 1. Поняття комп'ютерних мереж. Історія розвитку комп'ютерних мереж

*Комп'ютерна мережа (Computer network)* – це система зв'язку комп'ютерів та/або іншого обладнання, що спільно використовують ресурси, розташовані на вузлах мережі або надані ними. Комп'ютери використовують загальні протоколи зв'язку через цифрові канали зв'язку для взаємодії один з одним. Ці взаємозв'язки складаються з технологій телекомунікаційних мереж, заснованих на провідних, оптичних і безпроводних радіочастотних методах, які можуть бути організовані в різноманітні мережеві топології.

Вузли комп'ютерної мережі можуть включати персональні комп'ютери, сервери, мережеве обладнання або інші спеціалізовані хости чи хости загального призначення. Вони ідентифікуються мережевими адресами та можуть мати імена хостів. Імена хостів служать мітками для вузлів і рідко змінюються після початкового призначення. Мережеві адреси служать для визначення місцезнаходження та ідентифікації вузлів за протоколами зв'язку.

*Вузол (Node)* – комп'ютер, пристрій чи інший об'єкт, який може бути підключений до мережі.

*Кінцевий вузол (End Node)* – комп'ютер або пристрій, який взаємодіє безпосередньо з користувачем.

*Хост (host)* – це комп'ютер або інший пристрій, підключений до комп'ютерної мережі. Хост може працювати як сервер, що пропонує інформаційні ресурси, послуги та програми користувачам або іншим хостам у мережі. Хостам призначається принаймні одна мережева адреса.

*Сервер (Server)* – комп'ютер чи програма, яка надає обслуговування та ресурси іншим комп'ютерам у мережі.

*Клієнт (Client)* – комп'ютер чи програма, яка отримує послуги від сервера.

*Протокол зв'язку (Communication Protocol) або мережевий протокол (Network Protocol)* – набір правил та конвенцій, які визначають, як дані передаються в мережі.

*Мережева адреса (Network address)* – це ідентифікатор вузла або хоста в телекомунікаційній мережі. Мережеві адреси розроблені як унікальні ідентифікатори в мережі, хоча деякі мережі допускають адреси, які можуть бути не унікальними.

*Мережева топологія (Network topology)* – це розташування елементів (ланок, вузлів тощо) комунікаційної мережі. Топологія мережі може бути використана для визначення або опису організації різних типів телекомунікаційних та комп'ютерних мереж.

### **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 очікувалася відповідь.

Проекти вчених в Массачусетському технологічному інституті, а також корпорації RAND і національної фізичної лабораторії заклали основи сьогоdnішнього 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 сьогоdnішнього 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.

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 поточковими 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.



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

BAN пристрої можуть бути вбудовані в тіло, імплантовані, прикріплені до поверхні тіла в фіксованому положенні або поєднані з пристроями, які люди носять (в кишенях, 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.

**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 орендарю 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.

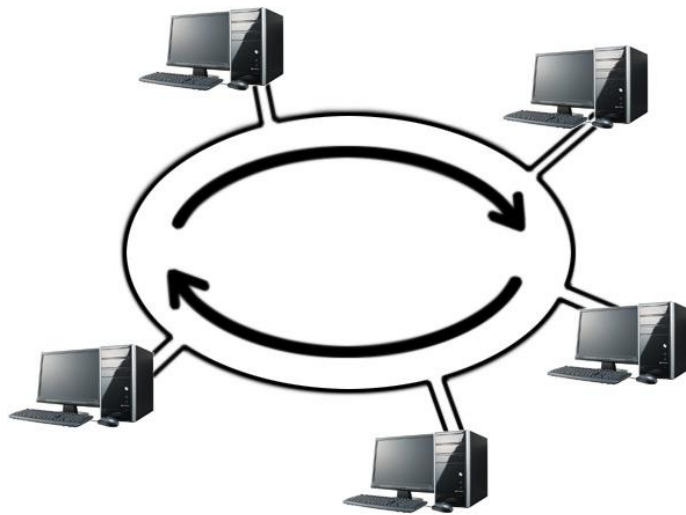


Рисунок 1.4 – Топологія кільце

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.

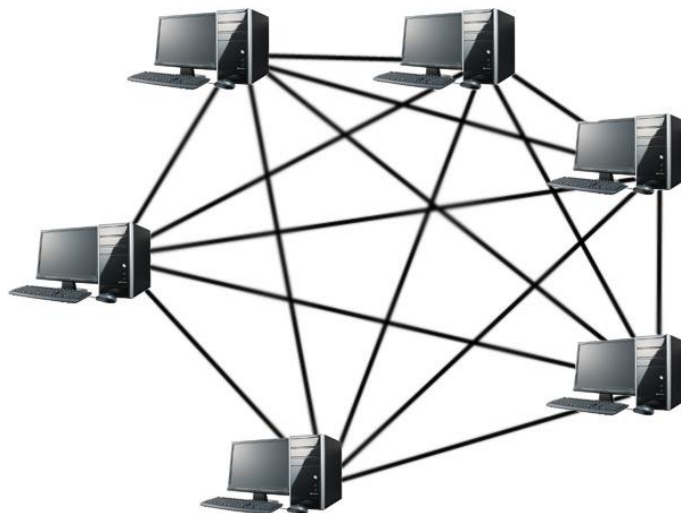


Рисунок 1.6 – Комірчаста топологія

**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.

Багатовимірна решітка, поєднана циклічно в більш ніж одному вимірі, називається топологією тор (через схожість математичних властивостей суміжності вузлів з абстрактної 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 ієрархічної зіркою.



Рисунок 1.8 – Топологія дерево

#### 1.2.4. Класифікація за типом середовища передачі даних

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

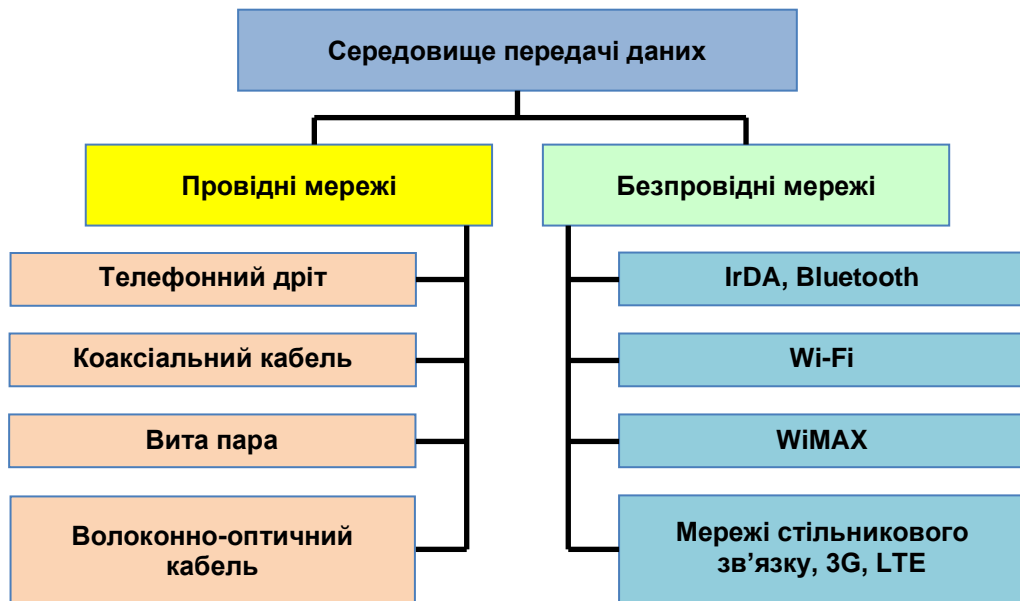


Рисунок 1.9 – Класифікація мереж за типом середовища передачі даних