



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

С. О. Бантюкова, О. В. Головка, О. Є. Пенкіна

Серія Комп'ютерні науки
МЕРЕЖЕВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Навчальний посібник

Частина 2

Харків 2023

УДК 004.9(075)

Б 22

*Рекомендовано вченою радою Українського державного університету
залізничного транспорту як навчальний посібник
(витяг з протоколу № 4 від 21 червня 2023 р.)*

Рецензенти:

професори А. Л. Єрохін (ХНУРЕ, Харків),
І. В. Левикін (ХНУРЕ, Харків),
О. Г. Панченко (Onapsis Inc., Берлін, Німеччина)

Бантюкова С. О., Головка О. В., Пенкіна О. Є. Серія Комп'ютерні
Б 22 науки: Мережеві інформаційні технології: Навч. посібник. –
Харків: УкрДУЗТ, 2023. – Ч. 2. – 111 с., рис. 41, табл. 1.

ISBN

Навчальний посібник містить відомості про основні принципи та архітектурні рішення, що лежать в основі всіх сучасних мережевих технологій, принципи комутації, маршрутизації, адресації й архітектури мереж із загальних позицій.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти усіх спеціальностей і форм навчання.

УДК 004.9(075)

ISBN

© С. О. Бантюкова, О. В. Головка, О. Є. Пенкіна.
© Український державний університет
залізничного транспорту, 2023.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ 1. ФІЗИЧНЕ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ ПО ЛІНІЯХ ЗВ'ЯЗКУ	7
1.1. Кодування	7
1.2. Характеристики фізичних каналів	10
1.3. Типи фізичних каналів	11
1.4. Зв'язок декількох комп'ютерів. Топологія фізичних зв'язків	12
1.5. Адресація вузлів мережі	18
1.6. Комутація	22
1.7. Узагальнене завдання комутації	25
1.8. Маршрутизація	27
1.9. Просування даних	31
1.10. Мультиплексування та демультіплексування	33
Контрольні запитання	36
Розділ 2. КОМУТАЦІЯ КАНАЛІВ І ПАКЕТІВ	37
Контрольні запитання	42
Розділ 3. КЛАСИФІКАЦІЯ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ. ПЕРВИННІ МЕРЕЖІ, ЛІНІЇ ТА КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ	43
3.1. Фізичне середовище передавання даних	44
3.2. Апаратура передавання даних	46
3.3. Біти й боди	48
3.4. Типи кабелів	49
Контрольні запитання	57
Розділ 4. ВИДИ МОДУЛЯЦІЇ СИГНАЛІВ	58
4.1. Спектр сигналу. Види модуляції	58
4.2. Модуляція при передаванні аналогових сигналів	59
4.3. Модуляція при передаванні дискретних сигналів	60
4.4. Модем	64

Контрольні запитання	67
Розділ 5. ПЕРСОНАЛЬНІ МЕРЕЖІ. ТЕХНОЛОГІЇ	
ПЕРСОНАЛЬНИХ МЕРЕЖ	68
5.1. Особливості персональних мереж	68
5.2. Архітектура Bluetooth	70
5.3. Пошук і стикування пристроїв Bluetooth	73
5.4. Еволюція специфікацій пристроїв Bluetooth	74
5.5. Технологія NFC	77
5.6. Інфрачервоний порт	81
Контрольні запитання	82
Розділ 6. ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ	83
Контрольні запитання	88
Розділ 7. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ	89
7.1. Штучний інтелект. Штучні нейронні мережі, базові складові та принцип роботи	89
7.2. Опис процесу роботи ШІ. Структура нейронної мережі.	
Принципи навчання	91
7.3. Історія розвитку технології штучного інтелекту	95
7.4. Сфери застосування технології штучного інтелекту	99
Контрольні запитання	108
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	109

ВСТУП

На залізниці завжди особлива увага приділялась організації обміну інформацією в режимі реального часу. У цьому процесі надійність і швидкість передавання інформації – ключові складові ефективної роботи залізниці. Це дає можливість забезпечувати надійність і безпеку руху. Ці знання передаються студентам у рамках вивчення дисциплін «Комп'ютерна техніка і організація обчислювальних робіт», «Комп'ютерна техніка та технології», «Алгоритмізація і програмування», «Обчислювальна техніка та програмування», «Комп'ютерна техніка та програмування», «Інформаційні системи і технології», «Інформатика».

Отримані знання дадуть змогу випускникам закладів вищої освіти займатися проектуванням, експлуатацією та обслуговуванням мереж зв'язку, у тому числі і комп'ютерних. Для цього потрібно знати, як фізично передаються дані, основні види архітектури систем передавання даних. Тому основною метою навчального посібника є надання читачам у необхідному обсязі теоретичних знань з основ організації та функціонування комп'ютерних мереж із застосуванням існуючих мережевих технологій.

У навчальному посібнику, що складається з семи розділів, із загальних позицій описані основні принципи та архітектурні рішення, які лежать в основі всіх сучасних мережевих технологій: комутація, маршрутизація, адресація й архітектура мереж. Докладно розглянуто фізичне передавання даних по лініях зв'язку, кодування і мультиплексування даних, первинні мережі, лінії та канали зв'язку, кодування і мультиплексування даних. Також подані особливості побудови персональних мереж, технології Bluetooth, NFC, зв'язок за допомогою інфрачервоного порту.

Важливою складовою сучасних мережевих технологій є зберігання та оброблення великих об'ємів даних. Розгляду цього питання присвячений розділ «Хмарні технології».

Оскільки штучний інтелект уже назавжди увійшов у наше життя, то неможливо буде залишити його поза увагою. У навчальному посібнику зроблено загальний огляд історії виникнення, особливостей архітектури мереж штучного інтелекту і його застосування в різних сферах життя.

Метою навчального посібника є надати читачам у необхідному обсязі теоретичні основи і практичні знання з побудови комп'ютерних мереж і навчити здобувачів розрахунків характеристик мереж для ефективного вибору і застосування існуючих мережевих технологій. Структура посібника відповідає поставленій меті.

Розділ 1

ФІЗИЧНЕ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ ПО ЛІНІЯХ ЗВ'ЯЗКУ

Об'єднання окремих елементів в одну систему створює нові можливості і розширяє ті, що є. Тому мережі набувають все більшого розповсюдження. І тут виникає питання зв'язку як між компонентами системи, так і з зовнішнім світом. Якщо ж система давно існує (наприклад залізнична мережа), то все одно питання передавання даних потребує постійного вдосконалення. І принципи побудови мереж як традиційного зв'язку, так і нових комп'ютерних будуються на вже відомих принципах. Навіть при розгляді найпростішої мережі лише з двох машин можна виявити багато проблем, пов'язаних з фізичним передаванням сигналів по лініях зв'язку.

1.1. Кодування

Для подання даних в обчислювальній техніці використовується **двійковий код**, а самі дискретні електричні сигнали, що передають дані, подані як одиниці і нулі.

Кодування – подання даних у вигляді електричних або оптичних сигналів.

Які існують способи кодування двійкових цифр? Два найбільш поширених – це **потенційний спосіб**, при якому одиниці відповідає один рівень напруги, а нулю – інший, та **імпульсний спосіб**, коли для подання цифр використовуються імпульси різної полярності.

Коли виникли **лінії зв'язку** між комп'ютерами, то аналогічні підходи були застосовані і там для кодування даних при передаванні. Однак потрібно розрізняти ці лінії зв'язку від ліній всередині, за якими передаються сигнали між окремими складовими комп'ютера. Головна

відмінність зовнішніх ліній зв'язку від внутрішніх полягає в їхній набагато більшій протяжності, а також у тому, що вони проходять поза екранованим корпусом у просторі, де може бути вплив сильних електромагнітних перешкод. Все це призводить до істотно більших викривлень прямокутних імпульсів (наприклад «завалювання» фронтів), ніж усередині комп'ютера. Тому для надійного розпізнавання імпульсів на приймальному кінці лінії зв'язку при передаванні даних усередині та поза комп'ютером не завжди можна використовувати ті самі швидкості та способи кодування. Наприклад, повільне наростання фронту імпульсу через високе ємнісне навантаження лінії потребує, щоб імпульси передавалися з меншою швидкістю (щоб передній і задній фронти сусідніх імпульсів не перекривалися, і імпульс встиг «дорости» до необхідного рівня).

В обчислювальних мережах застосовують як потенційне, так і імпульсне кодування дискретних даних, а також специфічний спосіб подання даних, який ніколи не використовується всередині комп'ютера, – **модуляцію** (рис. 1.1). При модуляції дискретна інформація подається як синусоїдальний сигнал тієї частоти, яку добре передає наявна лінія зв'язку.

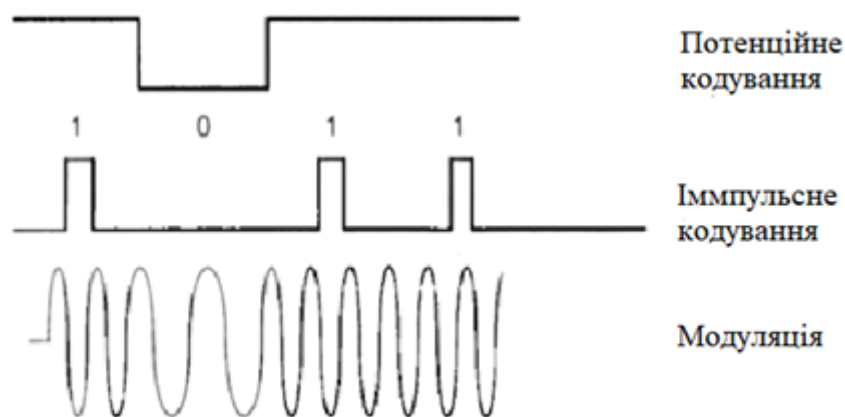


Рис. 1.1. Приклади подання дискретної інформації

Потенційне або імпульсне кодування застосовуються на каналах *високої якості*, а модуляція на основі синусоїдальних сигналів домінує в

тому випадку, коли канал вносить сильні спотворення в передані сигнали. Наприклад, модуляція використовується в глобальних мережах при передаванні даних через аналогові телефонні канали зв'язку, що були розроблені для передавання голосу в аналоговій формі і не є прийнятними для безпосереднього передавання імпульсів.

На спосіб передавання сигналів впливає і *кількість проводів* у лініях зв'язку між комп'ютерами. Для зниження вартості ліній зв'язку в мережах звичайно прагнуть зменшити кількість проводів і тому передають всі біти одного байта або навіть декількох байтів не паралельно, як це робиться всередині комп'ютера, а послідовно (по одному біту), для чого достатньо лише однієї пари проводів.

Ще однією проблемою, яку потрібно вирішувати при передаванні сигналів, є проблема взаємної **синхронізації** передавача одного комп'ютера з приймачем іншого. При організації взаємодії модулів усередині комп'ютера ця проблема вирішується дуже просто, тому що в цьому випадку всі модулі синхронізуються від загального тактового генератора. Проблема синхронізації при зв'язку комп'ютерів може вирішуватися різними способами – як шляхом обміну спеціальними тактовими синхроімпульсами по окремій лінії, так і шляхом періодичної синхронізації заздалегідь обумовленими кодами або імпульсами характерної форми, що відрізняється від форми імпульсів даних.

Незважаючи на заходи, що вживаються (вибір відповідної швидкості обміну даними, ліній зв'язку з визначеними характеристиками, способу синхронізації приймача і передавача), існує ймовірність спотворень деяких бітів переданих даних. Для підвищення надійності передавання даних між комп'ютерами, як правило, використовується стандартний прийом – підрахунок **контрольної суми** і передавання отриманого значення по лініях зв'язку після кожного байта або після деякого блока байтів. Часто до протоколу обміну даними включається як обов'язковий елемент **сигнал-**

квитанція, що підтверджує правильність приймання даних і посилається від одержувача відправнику.

1.2. Характеристики фізичних каналів

Існує велика кількість характеристик, пов'язаних з передаванням трафіка через фізичні канали. Розглянемо основні.

Запропоноване навантаження – це потік даних, що надходить від користувача на вхід мережі. Запропоноване навантаження можна характеризувати швидкістю надходження даних у мережу в бітах за секунду (або кілобітах, мегабітах і т. д.).

Швидкість передавання даних (information rate або throughput, обидва англійських терміни використовуються рівноправно) – це *фактична* швидкість потоку даних, що пройшов через мережу. Ця швидкість може бути менше, ніж швидкість запропонованого навантаження, тому що дані в мережі можуть спотворюватися або губитися.

Ємність каналу зв'язку (capacity), що також називається **пропускною здатністю**, являє собою *максимально можливу* швидкість передавання інформації з каналу. Специфікою цієї характеристики є те, що вона відображує не тільки параметри *фізичного середовища передавання*, але й особливості *обраного способу передавання* дискретної інформації з цього середовища. Наприклад, ємність каналу зв'язку в мережі Ethernet на оптичному волокні дорівнює 10 Мбіт/с. Ця швидкість є гранично можливою для сполучення технології Ethernet і оптичного волокна. Однак для того самого оптичного волокна можна розробити іншу технологію передавання даних, що відрізняється способом кодування даних, тактовою частотою та іншими параметрами, що буде мати іншу ємність. Так, технологія Fast Ethernet забезпечує передавання даних по тому самому оптичному волокну з максимальною швидкістю 100 Мбіт/с, а технологія Gigabit Ethernet –

1000 Мбіт/с. Передавач комунікаційного пристрою має працювати зі швидкістю, рівною пропускній здатності каналу. Ця швидкість іноді називається **бітовою швидкістю передавача** (bit rate of transmitter).

Смуга пропускання (bandwidth) – цей термін використовується у двох різних значеннях. По-перше, за його допомогою можна охарактеризувати *середовище передавання*. У цьому випадку він означає ширину смуги частот, що лінія передає без істотних спотворень. Із цього визначення зрозуміле походження терміна. По-друге, термін «смуга пропускання» використовується як синонім терміна *ємність каналу зв'язку*. У першому випадку смуга пропускання вимірюється в герцах (Гц), у другому – бітах за секунду. Розрізняти значення терміна потрібно за контекстом, хоча іноді це досить важко. Звичайно, краще було б застосовувати різні терміни для різних характеристик, але існують традиції, які важко змінити. Однак цей термін у його другому значенні є навіть більш розповсюдженим, ніж ємність, тому з цих двох синонімів ми будемо використовувати смугу пропускання.

1.3. Типи фізичних каналів

Фізичні канали зв'язку також поділяються на кілька типів залежно від того, можуть вони передавати інформацію в обох напрямках чи ні.

Дуплексний канал забезпечує одночасне передавання інформації в обох напрямках. Дуплексний канал може складатися з двох фізичних середовищ, кожне з яких використовується для передавання інформації тільки в одному напрямку. Можливий варіант, коли одне середовище служить для одночасного передавання зустрічних потоків, у цьому випадку застосовують додаткові методи виділення кожного потоку з сумарного сигналу.

Напівдуплексний канал також забезпечує передавання інформації в обох напрямках, але не одночасно, а по черзі. Тобто протягом певного періоду часу інформація передається в одному напрямку, а протягом наступного періоду – у зворотному.

Симплексний канал дає змогу передавати інформацію тільки в одному напрямку [9]. Часто дуплексний канал складається з двох симплексних каналів.

1.4. Зв'язок декількох комп'ютерів. Топологія фізичних зв'язків

Що означає термін **топологія мережі**? Цей термін розуміється як конфігурація графа, вершинам якого відповідають кінцеві вузли мережі (наприклад комп'ютери) і комунікаційне обладнання (наприклад маршрутизатори), а ребрам – фізичні або інформаційні зв'язки між вершинами. Кількість можливих варіантів конфігурації визначається кількістю пристроїв, що зв'язуються. І різко зростає при збільшенні їхньої кількості.

Характеристики мережі істотно залежать від того, яку топологію зв'язків буде вибрано. Наприклад, наявність між вузлами декількох шляхів підвищує надійність мережі. Крім того, це робить можливим розподіл завантаження між окремими каналами, що підвищує пропускну здатність системи. Простота приєднання нових вузлів, властива деяким топологіям, робить мережу легко *розширюваною*. Економічні міркування часто призводять до вибору топологій, для яких характерна мінімальна сумарна довжина ліній зв'язку.

Серед множини можливих конфігурацій розрізняють повнозв'язані та неповнозв'язні.

Повнозв'язна топологія (рис. 1.2) відповідає мережі, у якій кожний комп'ютер безпосередньо зв'язаний з усіма іншими.



Рис. 1.2. Повнозв'язна топологія

Цей варіант виявляється громіздким і неефективним, незважаючи на логічну простоту. Чому так? А справа в тому, що для повнозв'язності мережі кожний комп'ютер повинен мати велику кількість комунікаційних портів, достатніх для зв'язку з кожним з інших комп'ютерів мережі. Для кожної пари комп'ютерів має бути виділена окрема фізична лінія зв'язку. (А іноді навіть дві, якщо неможливе використання цієї лінії для двосторонньої передачі.) Повнозв'язні топології у великих мережах застосовуються рідко, тому що для зв'язку N вузлів потрібно $N(N-1)/2$ фізичних дуплексних ліній зв'язку, тобто має місце квадратична залежність від кількості вузлів. Частіше цей вид топології використовується в багатомашинних комплексах або мережах, що поєднують невелику кількість комп'ютерів.

Усі інші варіанти засновані на **неповнозв'язних топологіях**, коли для обміну даними між двома комп'ютерами може знадобитися транзитне передавання даних через інші вузли мережі.

Осередкова топологія отримується з повнозв'язної шляхом видалення деяких зв'язків (рис. 1.3), допускає з'єднання великої кількості комп'ютерів і характерна, як правило, для великих мереж.



Рис. 1.3. Осередкова топологія

У мережах з **кільцевою топологією** (рис. 1.4) дані передаються по кільцю від одного комп'ютера до іншого. Геометрична форма кільця визначає його головну перевагу – воно забезпечує резервування зв'язків.

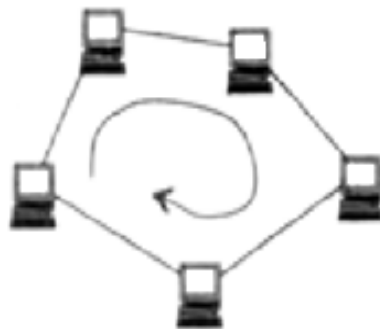


Рис. 1.4. Кільцева топологія

Справді, для будь-якої пари вузлів існують два шляхи – за годинниковою стрілкою і проти неї. Дані, зробивши повний оберт, повертаються до вузла-джерела, а це являє собою дуже зручну конфігурацію для організації зворотного зв'язку в кільці. Тому джерело може контролювати процес доставки даних адресату. Коли виникає необхідність у тестуванні зв'язаності мережі (наприклад для пошуку вузла, що працює некоректно), то ця властивість кільця значно полегшує процес. У той же час у мережах з кільцевою топологією необхідно вживати спеціальних заходів,

щоб у випадку виходу з ладу або відключення якого-небудь комп'ютера не переривався канал зв'язку між іншими вузлами кільця.

Зіркоподібна топологія (рис. 1.5) утворюється у випадку, коли кожний комп'ютер підключається безпосередньо до загального центрального пристрою, що називається **концентратором**.



Рис. 1.5. Зіркоподібна топологія

Головна функція концентратора – це спрямування переданої комп'ютером інформації одному або всім іншим комп'ютерам мережі. Як концентратор може виступати або універсальний комп'ютер, або спеціалізований пристрій.

Недоліком зіркоподібної топології є більша вартість мережевого обладнання. Причина цього – придбання більш дорогого спеціалізованого центрального пристрою. Ще однією проблемою є обмеження можливості з нарощування кількості вузлів у мережі кількістю портів концентратора.

Як варіант уникнення цієї проблеми – сенс будувати мережу з використанням декількох концентраторів, з'єднаних між собою ієрархічно зіркоподібними зв'язками (рис. 1.6). Отриману в результаті структуру називають **ієрархічною зіркою**, або **деревом**. У цей час дерево є найпоширенішою топологією зв'язків як у локальних, так і глобальних мережах.



Рис. 1.6. Топологія «ієрархічна зірка»

Окремим випадком зірки є **загальна шина** (рис. 1.7). Тут центральним елементом виступає пасивний кабель, до якого за схемою «монтажного АБО» підключається кілька комп'ютерів (таку саму топологію мають багато мереж, що використовують бездротовий зв'язок, роль загальної шини тут відіграє загальний ефір, де розповсюджуються радіохвилі).

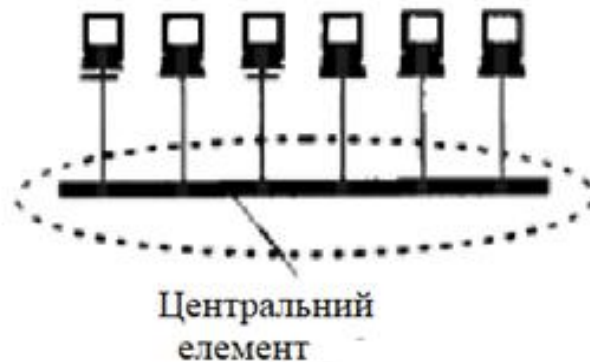


Рис. 1.7. Топологія «загальна шина»

Передана інформація поширюється по кабелю та доступна одночасно всім комп'ютерам, приєднаним до цього кабелю. Основними перевагами такої схеми є її дешевизна та простота приєднання нових вузлів до мережі, а недоліками – низька надійність (будь-який дефект кабелю повністю

паралізує всю мережу) і невисока продуктивність (у кожний момент часу тільки один комп'ютер може передавати дані по мережі, тому пропускна здатність розподіляється тут між усіма вузлами мережі).

У той час як невеликі мережі, як правило, мають типову топологію – зірка, кільце або загальна шина, для великих мереж характерна наявність довільних зв'язків між комп'ютерами. У таких мережах можна виділити окремі довільно зв'язані фрагменти (підмережі), що мають типову топологію, тому їх називають мережами зі **змішаною топологією** (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Змішана топологія

Набільш розповсюдженими є топології виду зірки і змішаної топології на основі зірки. Головна особливість такої топології – нерівноправність комп'ютерів, що її складають. У зв'язку з цим більш детально розглянемо, що таке концентратори, які їхні види існують, для чого призначаються, загальні характеристики.

Концентратор (від англ. hub – хаб) – центральний комп'ютер, до якого під'єднано всі комп'ютери.

Концентратор використовують для об'єднання кількох пристроїв Ethernet у спільний сегмент. Пристрої під'єднують за допомогою витої пари, коаксіального кабелю чи оптоволокна.

Як елемент творення мереж їх майже не випускають – на зміну прийшли мережеві комутатори (світчі), що виділяють кожен під'єднаний пристрій в окремий сегмент.

Розрізняють такі реалізації хабів:

- активний хаб: підсилює сигнали, потребує джерела живлення;
- пасивний хаб: лише узгоджує імпеданси ліній (архітектура ARCnet);
- Peer Hub: плата розширення для комп'ютера (архітектура ARCnet);
- звичайний хаб (Standalone Hub): самостійний пристрій з власним джерелом живлення;
- нарощуваний хаб (Stackable Hub): обладнаний засобами з'єднання кількох хабів у стек; інтелектуальність одного з хабів стеку звичайно перетворює весь стек в інтелектуальний; розрізняють локальний і розподілений (де сегмент між хабами може досягати сотень метрів) стеки;
- концентратор: більш складний хаб, що дає змогу об'єднувати мережі різних архітектур.

1.5. Адресація вузлів мережі

Ще однією новою проблемою, яку потрібно враховувати при об'єднанні трьох і більше комп'ютерів, є проблема їхньої адресації, точніше адресації їхніх мережевих інтерфейсів. Один комп'ютер може мати кілька мережевих інтерфейсів. Наприклад, для створення повнозв'язної структури з N комп'ютерів необхідно, щоб у кожного з них був $N-1$ інтерфейс.

За кількістю адресованих інтерфейсів адреси можна класифікувати так:

- **унікальна адреса** (unicast) – використовується для ідентифікації окремих інтерфейсів;

- **групова адреса** (multicast) – ідентифікує одразу кілька інтерфейсів, тому дані, позначені груповою адресою, доставляються кожному з вузлів, що входять до групи;

- дані, спрямовані за широкомовною адресою (broadcast), мають бути доставлені всім вузлам мережі;

- **адреса довільного розсилання** (anycast), визначена в новій версії протоколу IPv6, як і групова адреса, задає групу адрес, однак дані, послані за цією адресою, мають бути доставлені не всім адресам цієї групи, а будь-якому з них.

Адреси можуть бути **числовими** (наприклад 192.168.1.201 або 81.la.ff.ff) і **символьними** (site.domen.ua).

Символьні адреси (імена) призначені для запам'ятовування людьми і тому звичайно несуть смислове навантаження. Хоча символьні імена зручні для людей, через змінний формат і потенційно велику довжину їхнє передавання по мережі не дуже економічне.

Множина всіх адрес, припустимих у рамках деякої схеми адресації, називається **адресним простором**.

Адресний простір може мати плоску (лінійну) організацію (рис. 1.9) або ієрархічну організацію (рис. 1.10).

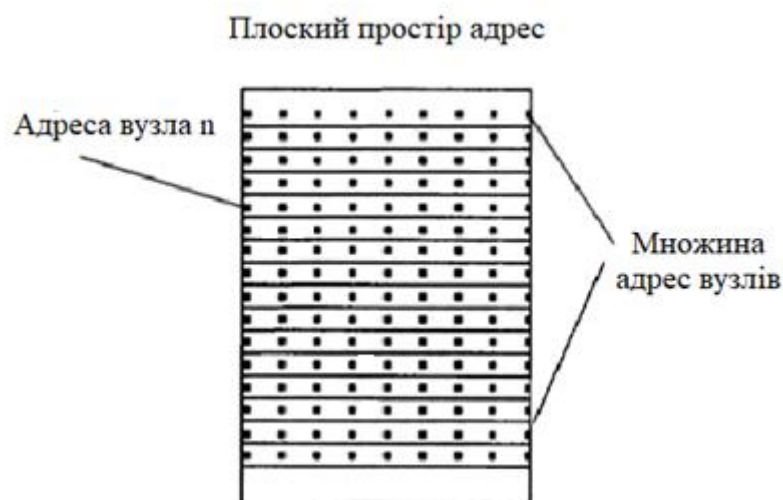


Рис. 1.9. Плоска організація адресного простору

При **плоскій організації** множина адрес ніяк не структурована. Прикладом плоскої числової адреси є MAC-адреса (**Media Access Control – управління доступом до середовища**), призначена для однозначної ідентифікації мережевих інтерфейсів у локальних мережах. Така адреса звичайно використовується тільки апаратурою, тому її намагаються зробити по можливості компактною і записують у вигляді двійкового або шістнадцяткового числа, наприклад 0081005e24a8. При задаванні MAC-адреси не потрібне виконання ручної роботи, тому що вони звичайно вбудовуються в апаратуру компанією-виробником, тому їх називають також апаратними адресами (hardware address). Використання плоских адрес призводить до того, що при заміні апаратури, наприклад мережевого адаптера, змінюється і адреса мережевого інтерфейсу комп'ютера.



Рис. 1.10. Ієрархічна організація адресного простору

При ієрархічній організації адресний простір структурується у вигляді вкладених одна в одну підгруп, які, послідовно звужуючи область знаходження адреси, визначають окремий мережевий інтерфейс.

У показаній на рис. 1.10 трирівневої структури адресного простору адреса кінцевого вузла задається трьома складовими: ідентифікатором

групи (K), до якої входить певний вузол, ідентифікатором підгрупи (L) і ідентифікатором вузла (n), що однозначно визначає його в підгрупі. Ієрархічна адресація в багатьох випадках виявляється більш раціональною, ніж плоска. У великих мережах, що складаються з багатьох тисяч вузлів, використання плоских адрес призводить до більших витрат – кінцевим вузлам і комунікаційному обладнанню доводиться оперувати таблицями адрес, що складаються з тисяч записів. На противагу цьому ієрархічна система адресації дає змогу при переміщенні даних до певного моменту користуватися тільки старшою складовою адреси (наприклад ідентифікатором групи K), потім для подальшої локалізації адресата задіяти наступну за старшинством частину (L) і в кінці – молодшу частину (n).

Типовими представниками ієрархічних числових адрес є мережеві IP- і IPX-адреси. У них підтримується дворівнева ієрархія, адреса поділяється на старшу частину – номер мережі та молодшу – номер вузла. Такий розподіл дає змогу передавати повідомлення між мережами тільки на підставі номера мережі, а номер вузла потрібен вже після доставки повідомлення в потрібну мережу.

На практиці звичайно застосовують одразу кілька схем адресації, так що мережевий інтерфейс комп'ютера може одночасно мати кілька адрес-імен. Кожна адреса задіяна в тій ситуації, коли відповідний вид адресації найбільш зручний. А для перетворення адрес із одного виду в інший використовуються спеціальні допоміжні протоколи, що називають **протоколами дозволу адрес**.

Користувачі адресують комп'ютери ієрархічними символічними іменами, які автоматично замінюються в повідомленнях, переданих по мережі, ієрархічними числовими адресами. За допомогою цих числових адрес повідомлення доставляються з однієї мережі в іншу, а після доставки повідомлення в мережу призначення замість ієрархічної числової адреси використовується плоска апаратна адреса комп'ютера. Проблема

встановлення відповідності між адресами різних типів може вирішуватися як централізованими, так і розподіленими засобами.

При *централізованому підході* в мережі виділяється один або кілька комп'ютерів (серверів імен), у яких зберігається таблиця відповідності імен різних типів, наприклад символічних імен і числових адрес. Всі комп'ютери, що мають інші імена, звертаються до сервера імен із запитом, щоб за символічним знайти числовий номер необхідного комп'ютера.

При *розподіленому підході* кожний комп'ютер сам зберігає всі призначені йому адреси різного типу. Тоді комп'ютер, якому необхідно визначити за відомою ієрархічною числовою адресою деякого комп'ютера його плоску апаратну адресу, посилає в мережу ширококомовний запит. Усі комп'ютери мережі порівнюють адресу, що знаходиться в запиті, із власною. Той комп'ютер, у якого виявився збіг, посилає відповідь, що містить шукану апаратну адресу. Така схема використана в **протоколі дозволу адрес** (Address Resolution Protocol, ARP) стеку TCP/IP.

Дотепер ішлося про адреси мережевих інтерфейсів, комп'ютерів і комунікаційних пристроїв, однак кінцевою метою даних, що пересилаються по мережі, є не мережеві інтерфейси або комп'ютери, а виконувані на цих пристроях програми – процеси. Тому в адресі призначення разом з інформацією, що ідентифікує інтерфейс пристрою, має вказуватися адреса процесу, якому призначені дані, що посилаються по мережі. Очевидно, що досить забезпечити унікальність адреси процесу в межах комп'ютера. Прикладом адрес процесів є *номери портів TCP і UDP*, що використовуються в стеку TCP/IP.

1.6. Комутація

Отже, нехай комп'ютери фізично зв'язані між собою відповідно до деякої топології й обрана система адресації. Залишається невирішеним

завдання, яким способом передавати дані між кінцевими вузлами. Особливо складним це завдання стає тоді, коли обмін даними між довільною парою кінцевих вузлів (користувачів) має відбуватися в загальному випадку через транзитні вузли.

З'єднання кінцевих вузлів через мережу транзитних вузлів називають **комутацією**. Послідовність вузлів, що лежать на шляху від відправника до отримувача, утворює **маршрут**.

Наприклад, у мережі, показаній на рис. 1.11, вузли 2 і 4 безпосередньо між собою не зв'язані, змушені передавати дані через транзитні вузли, якими можуть бути, наприклад, вузли 1 і 5. Вузол 1 має передати дані між своїми інтерфейсами *A* і *B*, а вузол 5 – між інтерфейсами *F* і *B*. У цьому випадку маршрутом є послідовність 2-1-5-4, де 2 — вузол-відправник, 1 і 5 – транзитні вузли, 4 – вузол-отримувач.

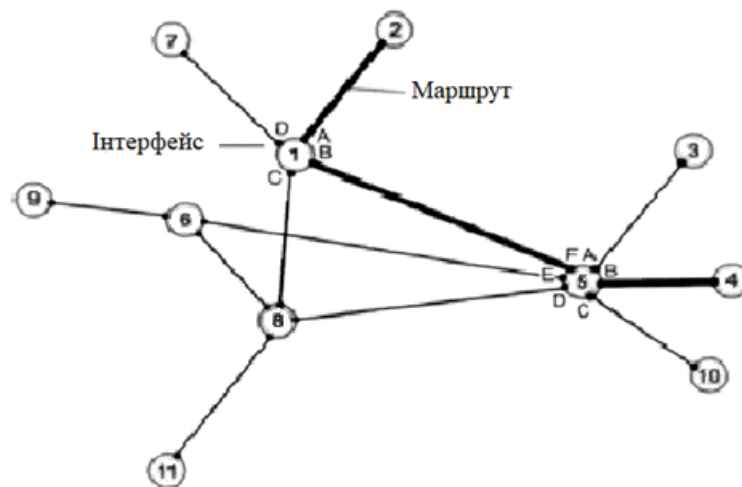


Рис. 1.11. Комунікація абонентів через мережу транзитних вузлів

Розглянемо більш детально види, призначення та загальні характеристики комутаторів.

Мережевий комутатор (англ. network switch) або світч (від англ. switch — перемикач) — пристрій, призначений для з'єднання декількох вузлів комп'ютерної мережі в межах одного сегмента.

На відміну від концентратора, що поширює трафік від одного під'єданого пристрою до всіх інших, комутатор передає дані лише безпосередньо отримувачу. Це підвищує продуктивність і безпеку мережі, рятуючи інші сегменти мережі від необхідності (і можливості) обробляти дані, їм не призначені.

Комутатор працює на каналному рівні моделі OSI і тому в загальному випадку може тільки поєднувати вузли однієї мережі за їхніми MAC-адресами. Для з'єднання декількох мереж на основі мережевого рівня служать маршрутизатори.

Комутатор зберігає в пам'яті таблицю, у якій вказуються відповідні MAC-адреси вузла порту комутатора. При вмиканні комутатора ця таблиця порожня, і він працює в режимі навчання. У цьому режимі дані, що поступають на який-небудь порт, передаються на всі інші порти комутатора. При цьому комутатор аналізує кадри й, визначивши MAC-адресу хоста-відправника, заносить його в таблицю. Згодом, якщо на один з портів комутатора надійде кадр, призначений для хоста, MAC-адреса якого вже є в таблиці, то цей кадр буде переданий тільки через порт, зазначений у таблиці. Якщо MAC-адреса хоста-отримувача ще не відома, то кадр буде продубльований на всі інтерфейси. Згодом комутатор будує повну таблицю для всіх своїх портів, і в результаті трафік локалізується.

Комутатори поділяються на керовані й некеровані (найпростіші). Складніші комутатори дають змогу управляти комутацією на каналному (другому) і мережевому (третьому) рівні моделі OSI. Звичайно їх іменують відповідно, наприклад Layer 2 Switch або скорочено L2. Багато керованих комутаторів дають змогу виконувати додаткові функції: VLAN, Qo, агрегування. Складні комутатори можна поєднувати в один логічний пристрій – стек – для збільшення кількості портів.

1.7. Узагальнене завдання комутації

У загальному вигляді задача комутації може бути подана як такі взаємозалежні окремі задачі:

1. Визначення інформаційних потоків, для яких потрібно прокладати маршрути.
2. Маршрутизація потоків.
3. Просування потоків, тобто розпізнавання потоків і їхня локальна комутація на кожному транзитному вузлі.
4. Мультиплексування та демультіплексування потоків.

Інформаційним потоком, або потоком даних, називають безперервну послідовність даних, об'єднаних набором загальних ознак, що виділяють ці дані з загального мережевого трафіка.

Наприклад, як потік можна визначити всі дані, що надходять від одного комп'ютера. Об'єднувальною ознакою в цьому випадку служить адреса джерела. Ці ж дані можна подати як сукупність декількох **підпотоків**, кожний з яких як диференційовану ознаку має адресу призначення.

Очевидно, що при комутації як обов'язкова ознака виступає **адреса призначення** даних. На підставі цієї ознаки весь потік вхідних у транзитний вузол даних розподіляється на підпотоки, кожний з яких передається на інтерфейс, що відповідає маршруту просування даних.

Ознаки потоку можуть мати *глобальне* або *локальне* значення: у першому випадку вони однозначно визначають потік у межах всієї мережі, а в другому – у межах одного транзитного вузла.

Мітка потоку – це особливий тип ознаки. Вона являє собою деяке число, яке несуть усі дані потоку. **Глобальна мітка** призначається даним потоку і не змінює свого значення на всьому шляху проходження від вузла джерела до вузла призначення, отже, вона унікально визначає потік у межах

мережі. У деяких технологіях використовуються **локальні мітки** потоку, що динамічно змінюють своє значення при передаванні даних від одного вузла до іншого.

Отже, розпізнавання потоків під час комутації відбувається на підставі ознак, якими, крім обов'язкової адреси призначення даних, можуть виступати й інші ознаки, такі як ідентифікатори додатків.

Вище розглянута логічна структура процесу. Тепер розглянемо фізичний рівень.

Спочатку розглянемо фізичний рівень процесу. Комутація – процес з'єднання абонентів комунікаційної мережі через вузли. Комутацію мереж третього (мережевого) рівня забезпечують маршрутизатори – засоби з'єднання вузлів різних мереж, що використовують мережеві (логічні) адреси вузлів.

Маршрутизатор (англ. router) – електронний пристрій, що використовується для поєднання двох або більше мереж і управляє процесом маршрутизації, тобто на підставі інформації про топологію мережі та певних правил приймає рішення про пересилання пакетів мережевого рівня (рівень 3 моделі OSI) між різними сегментами мережі. Для звичайного користувача маршрутизатор (роутер) – це мережевий пристрій, який підключається між локальною мережею та інтернетом.

Часто маршрутизатор не обмежується простим пересиланням даних між інтерфейсами, а також виконує й інші функції: захищає локальну мережу від зовнішніх загроз, обмежує доступ користувачів локальної мережі до ресурсів інтернету, роздає IP-адреси, шифрує трафіки тощо.

Зазвичай маршрутизатор використовує адресу одержувача, вказану в пакетах даних, і визначає за таблицею маршрутизації шлях, яким слід передати дані. Якщо в таблиці маршрутизації для адреси нема описаного маршруту, пакет відкидається. Основними характеристиками маршрутизатора є:

- тип (одно- або мультипротокольний, LAN або WAN, Brouter);
- підтримувані протоколи;
- пропускна здатність;
- типи мереж, що можуть під'єднуватися;
- інтерфейси (LAN або WAN);
- кількість портів;
- можливість управління та моніторингу мережі.

З'єднувальним елементом, що оперує на верхніх (5–7) рівнях моделі OSI, є шлюз – засіб з'єднання суттєво різнорідних мереж. На відміну від повторювачів, мостів і маршрутизаторів, що є прозорими для користувача, наявність шлюзу є відчутною. Шлюз виконує перетворення форматів і розмірів пакетів, протоколів, даних і деякі інші функції. Звичайно шлюз реалізується на базі комп'ютера з великим об'ємом пам'яті. Прикладами шлюзів можуть бути:

- факс: забезпечує доступ до віддаленого факсу, перетворює дані в факс-формат;
- електронна пошта: забезпечує поштовий зв'язок між локальними мережами;
- Internet: забезпечує доступ до глобальної мережі Internet;
- мейнфрейм: з'єднує локальну мережу з великою машиною (виділення одного комп'ютера під шлюз дає змогу будь-якій станції емулювати термінал без встановлення додаткових інтерфейсних адаптерів).

1.8. Маршрутизація

Завдання маршрутизації містить два підзавдання:

- визначення маршруту;
- оповіщення мережі про обраний маршрут.

Визначити маршрут означає вибрати послідовність транзитних вузлів і їхніх інтерфейсів, через які треба передавати дані, щоб доставити їх адресату. Найчастіше вибір зупиняють на одному *оптимальному* за деяким критерієм маршруті. Як критерії оптимальності можуть виступати, наприклад, номінальна пропускна здатність і завантаженість каналів зв'язку; затримки, внесені каналами; кількість проміжних транзитних вузлів; надійність каналів і транзитних вузлів.

Маршрут може визначатися емпірично («вручну») адміністратором мережі на підставі різних, часто не формалізованих, міркувань. Серед спонукальних мотивів вибору шляхів можуть бути особливі вимоги до мережі з боку різних типів додатків, рішення передавати трафік через мережу визначеного постачальника послуг, припущення про пікові навантаження на деякі канали мережі, міркування безпеки.

Однак емпіричний підхід до визначення маршрутів мало придатний для великої мережі зі складною топологією. У цьому випадку використовуються автоматичні методи визначення маршрутів. Для цього кінцеві вузли та інші пристрої мережі оснащуються спеціальними програмними засобами, які організують взаємний обмін службовими повідомленнями, що дає змогу кожному вузлу скласти своє «уявлення» про мережу. Потім на основі зібраних даних програмними методами визначаються раціональні маршрути. (На практиці для зниження обсягу обчислень обмежуються пошуком не оптимального в математичному сенсі, а раціонального, тобто близького до оптимального, маршруту.)

При виборі маршруту часто обмежуються тільки інформацією про топологію мережі. Цей підхід ілюструє рис. 1.12. Для передавання трафіка між кінцевими вузлами A і C існує два альтернативних маршрути: $A-1-2-3-C$ і $A-1-3-C$. Якщо ми враховуємо тільки топологію, то вибір очевидний – маршрут $A-1-3-C$, що має менше транзитних вузлів.

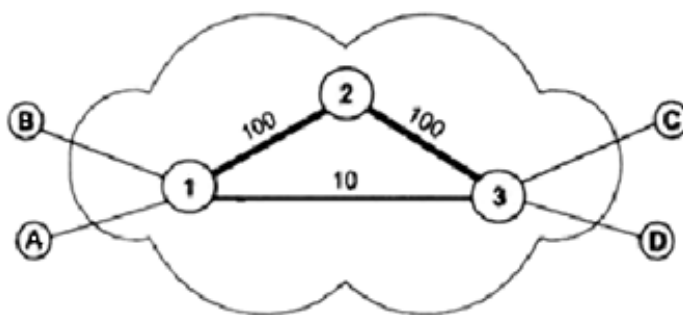


Рис. 1.12. Вибір маршруту

Рішення було знайдено шляхом мінімізації критерію, яким у цьому прикладі виступала довжина маршруту, виміряна кількістю транзитних вузлів. Однак, можливо, цей вибір був не найкращим. На рисунку показано, що канали 1-2 і 2-3 мають пропускну здатність 100 Мбіт/с, а канал 1-3 – тільки 10 Мбіт/с. Якщо ми хочемо, щоб наша інформація передавалася по мережі з максимально можливою швидкістю, то варто було б вибрати маршрут *A-1-2-3-C*, хоча він і проходить через більшу кількість проміжних вузлів. Тобто можна сказати, що маршрут *A-1-2-3-C* у цьому випадку виявляється «більш коротким».

Абстрактний спосіб вимірювання ступеня близькості між двома об'єктами називається **метрикою**. Так, для вимірювання довжини маршруту можуть бути використані різні метрики: кількість транзитних вузлів, як у попередньому прикладі, лінійна довжина маршруту і навіть його вартість у грошовому вираженні. Для побудови метрики, що враховує пропускну здатність, часто використовують такий прийом: довжину кожного каналу-ділянки характеризують величиною, оберненою його пропускну здатності. Щоб оперувати цілими числами, вибирають деяку константу, свідомо більшу, ніж пропускну здатності каналів у мережі. Наприклад, якщо ми як таку константу виберемо 100 Мбіт/с, то метрика кожного з каналів 1-2 і 2-3 дорівнює 1, а метрика каналу 1-3 становить 10. Метрика маршруту дорівнює

сумі метрик складових його каналів, тому частина шляху $I-2-3$ має метрику 2, а альтернативна частина шляху $I-3$ – метрику 10. Ми вибираємо більш «короткий» шлях, тобто шлях $A-I-2-3-C$.

Після того як маршрут визначений (вручну або автоматично), треба *оповістити* про нього всі пристрої мережі. Повідомлення про маршрут має нести кожному транзитному пристрою приблизно таку інформацію: «кожний раз, коли в пристрій надійдуть дані, що належать потоку n , їх необхідно передати для подальшого просування на інтерфейс F ».

Кожне подібне повідомлення про маршрут обробляється пристроєм, у результаті створюється новий запис у **таблиці комутації**. У цій таблиці локальній або глобальній ознаці (ознакам) потоку (наприклад мітці, номеру вхідного інтерфейсу або адресі призначення) ставиться у відповідність номер інтерфейсу, на який пристрій слід передавати дані, що належать цьому потоку.

Табл. 1.1 є фрагментом таблиці комутації, що містить запис, зроблений на підставі повідомлення про необхідність передавання потоку n на інтерфейс F .

Таблиця 1.1

Фрагмент таблиці комутації

Ознака потоку	Напрямок передавання даних (номер інтерфейсу і/або адреса наступного вузла)
	...
n	F
...	...

Звичайно детальний опис структури повідомлення про маршрут і вміст таблиці комутації залежить від конкретної технології, однак ці особливості не змінюють сутності розглянутих процесів.

Передавання інформації транзитним пристроям про обрані маршрути, як і визначення маршруту, може здійснюватися вручну або автоматично. Адміністратор мережі може зафіксувати маршрут, виконавши в ручному режимі конфігурування пристрою, наприклад жорстко скомутувавши на тривалий час визначені пари вхідних і вихідних інтерфейсів. Він може також за власною ініціативою внести запис про маршрут до таблиці комутації.

Оскільки топологія і склад інформаційних потоків можуть змінюватися (відмови вузлів або поява нових проміжних вузлів, зміна адрес або визначення нових потоків), гнучке вирішення завдання визначення та задавання маршрутів припускає постійний аналіз стану мережі та відновлення маршрутів і таблиць комутації. У таких випадках завдання прокладання маршрутів, як правило, не можуть бути вирішені без досить складних програмних і апаратних засобів.

1.9. Просування даних

Отже, нехай маршрути визначені, записи про них зроблені в таблицях усіх транзитних вузлів, усе готово до виконання основної операції – передавання даних між абонентами (комутації абонентів).

Для кожної пари абонентів ця операція може бути подана як декілька (за кількістю транзитних вузлів) *локальних* операцій комутації. Насамперед відправник повинен виставити дані на той свій інтерфейс, з якого починається знайдений маршрут, а всі транзитні вузли мають відповідно виконати «перекидання» даних з одного свого інтерфейсу на інший, інакше кажучи, виконати **комутацію інтерфейсів**.

Пристрій, функціональним призначенням якого є комутація, називається **комутатором**. **Комутатором** називається пристрій будь-якого типу, здатний виконувати операції перемикання потоку даних з одного

інтерфейсу на інший. Операція комутації може виконуватися за різними правилами і алгоритмами. Деякі способи комутації і відповідні їм таблиці та пристрої отримали спеціальні назви. Наприклад, у технологіях мережевого рівня, таких як IP і IPX, для позначення аналогічних понять використовуються терміни «маршрутизація», «таблиця маршрутизації», «маршрутизатор».

На рис. 1.13 показано комутатор, що перемикає інформаційні потоки між чотирма своїми інтерфейсами.

Однак, перш ніж виконати комутацію, комутатор має розпізнати потік. Для цього дані, що надійшли, аналізуються щодо наявності в них ознак якого-небудь із потоків, заданих у таблиці комутації. Якщо відбувся збіг, то ці дані направляються на інтерфейс, визначений для них у маршруті.

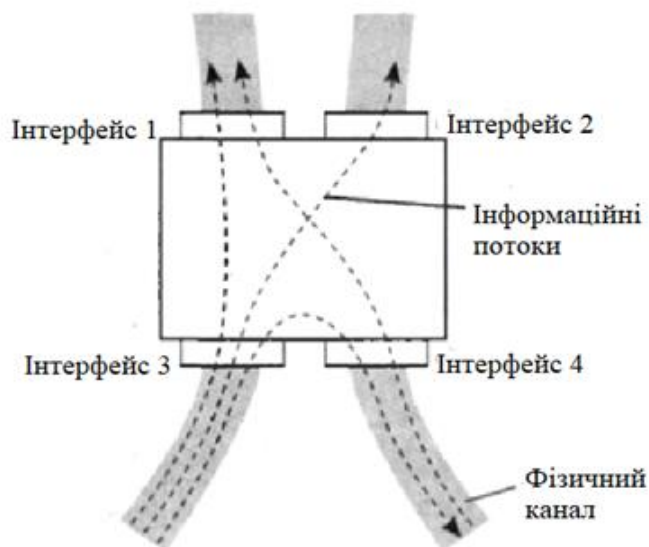


Рис. 1.13. Комутатор

Комутатором може бути як спеціалізований пристрій, так і універсальний комп'ютер із вбудованим програмним механізмом комутації, у цьому випадку комутатор називається програмним. Комп'ютер може суміщати функції комутації даних з виконанням своїх звичайних функцій як кінцевого вузла. Однак у багатьох випадках більш раціональним

є рішення, відповідно до якого деякі вузли в мережі виділяються *спеціально* для комутації. Ці вузли утворюють **комутаційну мережу**, до якої підключаються всі інші. На рис. 1.14 показана комутаційна мережа, утворена з вузлів 1, 5, 6 і 8, до якої підключаються кінцеві вузли 2, 3, 4, 7, 9 і 10, 11.

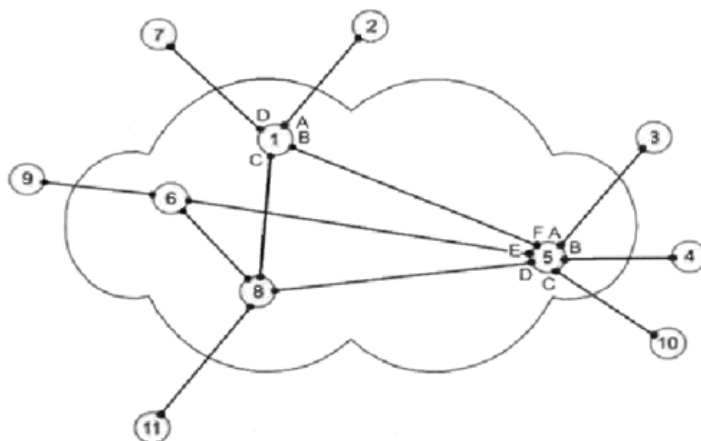


Рис. 1.14. Комутаційна мережа

Які функції безпосередньо виконують комутатори і на які види вони поділяються, розглянемо детальніше далі.

1.10. Мультиплексування та демюльтиплексування

Щоб визначити, на який інтерфейс необхідно передати дані, що надійшли, комутатор має з'ясувати, до якого потоку вони належать. Це завдання слід вирішувати незалежно від того, надходить на вхід комутатора тільки один «чистий» потік або «змішаний» потік, що є результатом агрегування декількох потоків. В останньому випадку до завдання розпізнавання потоків додається завдання демюльтиплексування.

Демюльтиплексування – розподіл сумарного агрегованого потоку на декілька складових його потоків.

Як правило, операцію комутації супроводжує також зворотна операція – мультиплексування.

Мультиплексування – утворення з декількох окремих потоків загального агрегованого потоку, що передається по одному фізичному каналу зв'язку.

Інакше кажучи, мультиплексування – це спосіб розподілу одного наявного фізичного каналу між декількома сеансами зв'язку між абонентами мережі, що протікають одночасно.

Операції мультиплексування/демультиплексування мають таке ж важливе значення в будь-якій мережі, як і операції комутації, тому що без них довелося б для кожного потоку передбачати окремий канал, що призвело б до великої кількості паралельних зв'язків у мережі та звело б нанівець всі переваги неповнозв'язної мережі.

На рис. 1.15 показаний фрагмент мережі, що складається з трьох комутаторів.

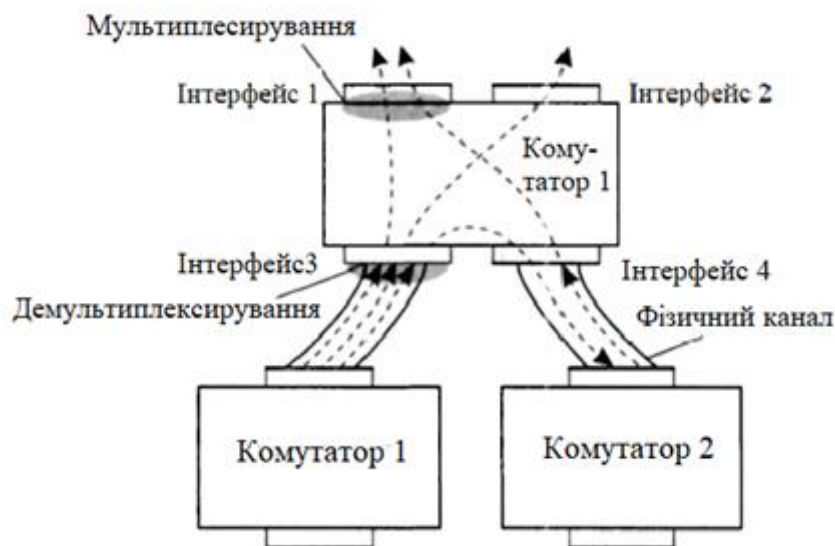


Рис. 1.15. Операції мультиплексування і демультиплексування потоків при комутації

Комутатор *1* має чотири мережевих інтерфейси. На інтерфейс *1* надходять дані з двох інтерфейсів – *3* та *4*. Їх треба передати в загальний фізичний канал, тобто виконати операцію мультиплексування.

Одним з основних способів мультиплексування потоків є **розподіл часу**. При цьому способі кожний потік час від часу (з фіксованим або випадковим періодом) одержує фізичний канал у повне своє розпорядження та передає по ньому свої дані. Поширений також **частотний розподіл** каналу, коли кожний потік передає дані у виділеному йому частотному діапазоні.

Технологія мультиплексування має давати змогу отримувачу такого сумарного потоку виконувати зворотну операцію – розподіл (демультиплексування) даних на складові потоки. На інтерфейсі *3* комутатор виконує демультиплексування потоку на три підпотоки, що його складають. Один з них він передає на інтерфейс *1*, другий – інтерфейс *2*, третій – інтерфейс *4*.

Отже, на кожному інтерфейсі можуть одночасно виконуватися обидві функції – мультиплексування та демультиплексування.

Окремий випадок комутатора, у якого всі вхідні інформаційні потоки комутуються на один вихідний інтерфейс, де вони мультиплекуються в один агрегований потік, називається **мультиплексором**. Комутатор, що має один вхідний інтерфейс і декілька вихідних, називається **демультиплексором** (рис. 1.16).

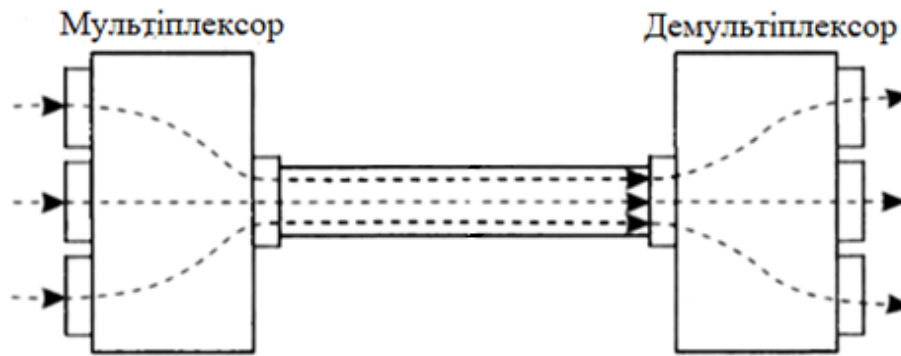


Рис. 1.16. Мультиплексор і демультіплексор

Контрольні запитання

1. Який код використовується в обчислювальній техніці для подання даних?
2. Які способи кодування двійкового сигналу на фізичному рівні?
3. Які характеристики фізичних каналів ви знаєте?
4. Чим запропоноване навантаження відрізняється від швидкості передавання даних?
5. Які типи фізичних каналів ви знаєте?
6. Що таке топологія мережі?
7. Які види топології комп'ютерних мереж ви знаєте?
8. У якій топології використовується концентратор?
9. Особливості топології «ієрархічна зірка» або «дерево».
10. Як класифікуються адреси за кількістю адресованих інтерфейсів?
11. Яку організацію може мати адресний простір?
12. Поясніть термін «комутація». Які завдання комутації?
13. Поясніть термін «маршрутизація». Які завдання маршрутизації?
14. Що таке комутатор? Яке його призначення?
15. Дайте визначення демультіплексування і мультиплексування.
16. Який спосіб мультиплексування потоків є основним? У чому він полягає?

Розділ 2

КОМУТАЦІЯ КАНАЛІВ І ПАКЕТІВ

Історично комутація каналів з'явилася набагато раніше за комутацію пакетів і веде своє походження від перших телефонних мереж.

Принцип комутації пакетів був винайдений розробниками комп'ютерних мереж. При комутації пакетів ураховуються особливості комп'ютерного трафіка, тому цей спосіб комутації є більш ефективним для комп'ютерних мереж порівняно з традиційним методом комутації каналів, що застосовується в телефонних мережах.

Однак переваги та недоліки будь-якої мережевої технології відносні. Наявність буферної пам'яті в комутаторах пакетних мереж дає змогу ефективно використовувати пропускну здатність каналів при передаванні пульсуючого трафіка, але призводить до випадкових затримок у доставці пакетів, що є недоліком для трафіка реального часу, що традиційно передається за допомогою техніки комутації каналів.

Пакетний комутатор може працювати на підставі одного з трьох **методів просування пакетів**:

- *дейтаграмне передавання*;
- *передавання зі встановленням логічного з'єднання*;
- *передавання зі встановленням віртуального каналу*.

Дейтаграмний спосіб передавання даних заснований на тому, що всі передані пакети *просуваються* (передаються від одного вузла мережі до іншого) незалежно один від одного на підставі одних і тих самих правил.

Процедура оброблення пакета визначається тільки значеннями параметрів, які він несе в собі, і поточним станом мережі (наприклад, залежно від її навантаження пакет може стояти в черзі на обслуговування більший або менший час). Однак жодна інформація про *вже передані пакети* мережею не зберігається і при обробленні чергового пакета до уваги

не береться. Тобто кожний окремий пакет розглядається мережею як незалежна одиниця передавання – **дейтаграма**.

Процедура узгодження двома кінцевими вузлами мережі деяких параметрів процесу обміну пакетами називається **встановленням логічного з'єднання**. Параметри, про які домовляються два взаємодіючих вузли, називаються **параметрами логічного з'єднання**. Наявність логічного з'єднання дає змогу більш раціонально порівняно з дейтаграмним способом обробляти пакети. Наприклад, при втраті декількох попередніх пакетів може бути знижена швидкість відправлення наступних. Або завдяки нумерації пакетів і відстеженню номерів відправлених і прийнятих пакетів можна підвищити надійність шляхом відкидання дублікатів, упорядкування пакетів, що надійшли, і повторення передавання загублених пакетів.

Наступний спосіб просування даних заснований на окремому випадку логічного з'єднання, до параметрів якого входить жорстко визначений для всіх пакетів *маршрут*. Тобто всі пакети, передані в рамках цього з'єднання, мають проходити тим самим закріпленим за цим з'єднанням шляхом. Єдиний заздалегідь прокладений фіксований маршрут, що з'єднує кінцеві вузли в мережі з комутацією пакетів, називають **віртуальним каналом** (virtual circuit або virtual channel). Віртуальні канали прокладаються для *стійких* інформаційних потоків.

Основні типи комп'ютерних мереж

Усі комп'ютерні мережі за технологічними ознаками, обумовлені критерієм території покриття, можна поділити на дві групи:

- локальні (Local Area Network, LAN);
- глобальні (Wide Area Network, WAN).

Перші локальні та глобальні мережі являли собою два технологічних напрямки, що істотно відрізнялися. Раніше вже розглядалися особливості двох цих напрямків, коли вивчали еволюцію комп'ютерних мереж. Зокрема в локальних мережах звичайно використовуються більш якісні лінії зв'язку,

що не завжди доступні (через економічні обмеження) на великих відстанях, властивих глобальним мережам. Висока якість ліній зв'язку в локальних мережах дала змогу спростити процедури передавання даних за рахунок застосування немодульованих сигналів і відмовлення від обов'язкового підтвердження отримання пакета. Завдяки цьому швидкість обміну даними між кінцевими вузлами в локальних мережах, як правило, вище, ніж у глобальних [9].

Також раніше розглядалися так звані **міські мережі**, або **мережі мегаполіса** (Metropolitan Area Network, MAN), що призначені для обслуговування території великого міста – мегаполіса і поєднують ознаки як локальних, так і глобальних мереж. Від перших вони успадкували більшу щільність підключення кінцевих абонентів і високошвидкісні лінії зв'язку, а від останніх – більшу довжину ліній зв'язку. У той же час поява міських мереж не призвела до виникнення яких-небудь якісно нових технологій, тому вони не виділяються в окремий технологічний тип мереж.

Відповідно до технологічних ознак, обумовлених *середовищем передавання*, комп'ютерні мережі поділяють на два класи:

– **дротові мережі**, тобто мережі, канали зв'язку яких побудовані з використанням мідних або оптичних кабелів;

– **бездротові мережі**, тобто мережі, у яких для зв'язку використовуються бездротові канали зв'язку, наприклад радіо, СВЧ, інфрачервоні або лазерні канали.

Тип середовища передавання впливає на технологію комп'ютерної мережі, тому що її протоколи мають урахувати швидкість і надійність з'єднання, що забезпечується каналом, а також частоту спотворення в ньому бітів інформації. Як відомо, відмінність технологій локальних і глобальних мереж багато в чому зумовлювалася відмінністю якості використовуваних у цих мережах каналів зв'язку.

Якість каналу зв'язку залежить від багатьох факторів, але найбільш кардинально на нього впливає вибір дротового або бездротового середовища.

Будь-яке бездротове середовище – радіохвилі, інфрачервоні промені або НВЧ-сигнали супутникового зв'язку – набагато більше піддається впливу зовнішніх перешкод, ніж дротове. Роса, туман, сонячні бури, мікрохвильові печі, що працюють у кімнаті, – декілька прикладів джерел перешкод, що можуть призвести до різкого погіршення якості бездротового каналу. Тому технології бездротових мереж мають ураховувати типовість таких ситуацій і будуватися так, щоб забезпечувати працездатність мережі, незважаючи на погіршення зовнішніх умов.

Залежно від способу *комутації* мережі поділяються на два класи:

- **мережі з комутацією пакетів;**
- **мережі з комутацією каналів.**

У зв'язку з особливостями та відмінностями методів комутації пакетів і каналів ці методи призводять до існування двох фундаментально різних типів мереж: хоча в комп'ютерних мережах переважно використовується техніка комутації пакетів, принципово припустиме і застосування в них техніки комутації каналів. У свою чергу техніка комутації пакетів припускає кілька варіацій, що відрізняються способом просування пакетів:

- **дейтаграмні мережі**, наприклад Ethernet;
- **мережі, засновані на логічних з'єднаннях**, наприклад IP-мережі, що використовують на транспортному рівні протокол TCP;
- **мережі, засновані на віртуальних каналах**, наприклад MPLS-мережі.

Мережі можуть бути *класифіковані на основі топології*. Раніше ми докладно розглянули базові топології мереж, тому тут тільки перерахуємо їх: **повнозв'язна топологія, дерево, зірка, кільце, змішана топологія.**

Комп'ютерні мережі поділяють також за ознакою їхньої *первинності*:

– *первинні мережі* займають особливе положення у світі телекомунікаційних мереж. Це *допоміжні* мережі, потрібні для того, щоб гнучко створювати постійні фізичні двоточкові канали для інших комп'ютерних і телефонних мереж. Первинні мережі подібно до простих кабелів виконують функції фізичного рівня мереж. Однак, на відміну від кабелів, первинні мережі включають додаткове комунікаційне обладнання, що шляхом відповідного конфігурування дає змогу прокласти нові фізичні канали між кінцевими точками мережі. Інакше кажучи, первинна мережа – це гнучке середовище для створення фізичних каналів зв'язку;

– *накладені мережі* – це всі інші мережі, що надають послуги кінцевим користувачам і будуються на основі каналів первинних мереж – «накладаються» поверх цих мереж. Тобто і комп'ютерні, і телефонні, і телевізійні мережі є накладеними.

Залежно від того, для якого типу користувачів призначаються послуги мережі, мережі поділяються на два класи: мережі операторів зв'язку та корпоративні мережі.

Мережі операторів зв'язку надають публічні послуги, тобто клієнтом мережі може стати будь-який індивідуальний користувач або будь-яка організація, що уклала відповідний комерційний договір на надання телекомунікаційних послуг.

Корпоративні мережі надають послуги тільки співробітникам підприємства, що володіє цією мережею. Хоча формально корпоративна мережа може мати будь-який розмір, звичайно під корпоративною розуміють мережу великого підприємства, що складається як з локальних мереж, так і об'єднуючої їх глобальної мережі.

Залежно від *функціональної ролі в складеній мережі* мережі поділяються на три класи: мережі доступу, магістральні мережі та мережі агрегування трафіка.

Мережі доступу – це мережі, що надають доступ індивідуальним і корпоративним абонентам від їхніх приміщень (квартир, офісів) до першого приміщення (пункту присутності) оператора мережі зв'язку або оператора корпоративної мережі. Інакше кажучи, це мережі, відповідальні за розширення глобальної мережі до приміщень її клієнтів.

Магістральні мережі – це мережі, що являють собою найбільш швидкісну частину (ядро) глобальної мережі, що поєднує численні мережі доступу в єдину мережу.

Мережі агрегування трафіка – це мережі, що агрегують дані від численних мереж доступу для компактного передавання їх невеликою кількістю каналів зв'язку в магістраль. Мережі агрегування звичайно використовуються тільки у великих глобальних мережах, де вони займають проміжну позицію, допомагаючи магістральній мережі обробляти трафік, що надходить від великої кількості мереж доступу. У мережах середнього та невеликого розміру мережі агрегування звичайно відсутні.

Контрольні запитання

1. Перерахуйте методи просування пакетів.
2. Про які параметри домовляються два взаємодіючих вузли?
3. Які особливості використання віртуального каналу?
4. Як поділяються комп'ютерні мережі за технологічними ознаками, що обумовлені критерієм території покриття?
5. Як поділяються комп'ютерні мережі залежно від середовища передавання?
6. Дайте визначення класам мереж за способом комутації.
7. Що таке первинні і накладені мережі? Вкажіть на зв'язок між ними.
8. Вкажіть класифікацію мереж залежно від того, якому типу користувачів призначаються послуги мережі.
9. Які функціональні ролі мають мережі, що входять до складеної?

Розділ 3

КЛАСИФІКАЦІЯ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ.

ПЕРВИННІ МЕРЕЖІ, ЛІНІЇ ТА КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ

При описі технічної системи, що передає інформацію між вузлами мережі, використовується кілька назв: *лінія зв'язку*, *складений канал*, *канал*, *ланка*. Часто ці терміни використовуються як синоніми. У той же час є й специфіка в їх вживанні.

Ланка (link) – це сегмент, що забезпечує передавання даних між двома сусідніми вузлами мережі. Тобто ланка не містить проміжних пристроїв комутації та мультиплексування.

Каналом (channel) позначають частину пропускної здатності ланки, що використовується незалежно при комутації. Наприклад, ланка первинної мережі може складатися з 30 каналів, кожний з яких має пропускну здатність 64 кбіт/с.

Складений канал (circuit) – це шлях між двома кінцевими вузлами мережі. Складений канал утворюється окремими каналами проміжних ланок і внутрішніх з'єднань у комутаторах. Часто епітет «складений» опускається, і терміном «канал» називають як складений канал, так і канал між сусідніми вузлами, тобто в межах ланки.

Лінія зв'язку може використовуватися як синонім для кожного з трьох інших термінів.

На рис. 3.1 показані два варіанти лінії зв'язку. У першому випадку (рис. 3.1, а) лінія складається з сегмента кабелю довжиною кілька десятків метрів і являє собою ланку. У другому випадку (рис. 3.1, б) лінія зв'язку являє собою складений канал, розгорнутий у мережі з комутацією каналів. Такою мережею може бути **первинна** або телефонна мережа. Однак для комп'ютерної мережі ця лінія являє собою ланку, тому що з'єднує два сусідні вузли, і вся комутаційна проміжна апаратура є прозорою для цих вузлів.



Рис. 3.1. Вміст лінії зв'язку

3.1. Фізичне середовище передавання даних

Лінії зв'язку відрізняються також фізичним середовищем, що використовується при передаванні інформації.

Фізичне середовище передавання даних може являти собою набір провідників, по яких передаються сигнали. На основі таких провідників будуються дротові (повітряні) або кабельні лінії зв'язку. Як середовище також використовується земна атмосфера або космічний простір, через яке розповсюджуються інформаційні сигнали. У першому випадку говорять про *дротове середовище*, а в другому – про *бездротове*.

У сучасних телекомунікаційних системах інформація передається за допомогою електричного струму або напруги, радіосигналів або світлових сигналів – усі ці фізичні процеси являють собою коливання електромагнітного поля різної частоти.

Дротові (повітряні) лінії зв'язку являють собою дроти без будь-якого ізолювання або такі, що екрануються за допомогою обплетення, прокладені між стовпами й такі, що висять у повітрі.

Обплетення (вона ж обмотка) – металевий дріт або стрічка, обвита навколо сердечника струни (керна). Обплетення може бути виконане з

різного матеріалу (сталь, нікель, мідь, бронза, латунь) і мати спеціальне покриття з наноматеріалів.

Сьогодні дротові лінії зв'язку швидко витісняються кабельними. Але подекуди вони все ще збереглися й за відсутності інших можливостей застосовуються, зокрема, і для передавання комп'ютерних даних.

Кабель складається з провідників, вміщених у кілька шарів ізоляції: електричної, електромагнітної, механічної й, можливо, кліматичної. Крім того, кабель може бути оснащений роз'ємами, що дають змогу швидко виконувати приєднання до нього різного обладнання. У комп'ютерних (і телекомунікаційних) мережах застосовуються три основних типи кабелю: кабелі на основі скручених пар мідних проводів – **неекранована кручена пара** (Unshielded Twisted Pair, UTP) і **екранована кручена пара** (Shielded Twisted Pair, STP), **коаксіальні кабелі** з мідною жилою, **волоконно-оптичні кабелі**.

Радіоканали наземного й супутникового зв'язку утворюються за допомогою передавача й приймача радіохвиль. Існує багато типів радіоканалів, відмінні як використанням частотним діапазоном, так і дальністю каналу. **Діапазони широкомовного радіо** (довгих, середніх і коротких хвиль), що називаються також Ам-діапазонами, або діапазонами амплітудної модуляції (Amplitude Modulation, AM), забезпечують дальній зв'язок, але при невисокій швидкості передавання даних. Більш швидкісними є канали, що використовують **діапазони дуже високих частот** (Very High Frequency, VHF), для яких застосовується частотна модуляція (Frequency Modulation, FM). Для передавання даних також застосовуються **діапазони ультрависоких частот** (Ultra High Frequency, UHF), називані ще **діапазонами мікрохвиль** (понад 300 МГц). При частоті понад 30 МГц сигнали вже не відбиваються іоносферою Землі, і для стійкого зв'язку потрібна наявність прямої видимості між передавачем і приймачем. Тому зазначені частоти використовуються в супутникових або

радіорелейних каналах або таких локальних чи мобільних мережах, у яких ця умова виконується.

3.2. Апаратура передавання даних

Як показано на рис. 3.1, лінії зв'язку складаються не тільки з середовища передавання, але й апаратури. Навіть у тому випадку, коли лінія зв'язку не проходить через первинну мережу, а заснована на кабелі, до її складу входить апаратура передавання даних.

Апаратура передавання даних (Data Circuit Equipment, DCE) у комп'ютерних мережах безпосередньо приєднує комп'ютери або комутатори до ліній зв'язку і є, отже, прикордонним устаткуванням. Традиційно апаратуру передавання даних включають до складу лінії зв'язку. Прикладами DCE є **модеми** (для телефонних ліній), **термінальні адаптери мереж ISDN**, **пристрої для підключення до цифрових каналів** первинних мереж DSU/CSU (Data Service Unit/Circuit Service Unit).

DCE працює на фізичному рівні моделі OSI, відповідаючи за передавання інформації у фізичне середовище (лінію) і приймання з її сигналів потрібної форми, потужності й частоти. Апаратура користувача лінії зв'язку, що виробляє дані для передавання по лінії зв'язку і підключається безпосередньо до апаратури передавання даних, називається **прикінцевим устаткуванням даних** (Data Terminal Equipment, DTE). Прикладом DTE можуть бути комп'ютери, комутатори й маршрутизатори. Цю апаратуру не включають до складу лінії зв'язку.

Проміжна апаратура звичайно використовується на лініях зв'язку великої довжини. Вона вирішує два основні завдання:

- поліпшення якості сигналу;
- створення постійного складеного каналу зв'язку між двома абонентами мережі.

У локальних мережах проміжна апаратура може зовсім не використовуватися, якщо довжина фізичного середовища – кабелів або радіоефіру – дає змогу одному мережевому адаптеру приймати сигнали безпосередньо від іншого мережевого адаптера без додаткового посилення. В іншому випадку застосовується проміжна апаратура, роль якої тут відіграють пристрої типу **повторювачів і концентраторів**.

У глобальних мережах необхідно забезпечити якісне передавання сигналів на відстані в сотні й тисячі кілометрів. Тому без **підсилювачів** збільшити потужність сигналів і **регенераторів** (разом із підвищенням потужності імпульсних сигналів, що відновлюють форму після спотворення при передаванні на велику відстань), встановлених через визначені відстані, побудувати територіальну лінію зв'язку неможливо.

У первинних мережах, крім згаданого обладнання, що забезпечує якісне передавання сигналів, необхідна проміжна комутаційна апаратура – **мультиплектори (MUX), демультиплектори й комутатори**. Ця апаратура створює між двома абонентами мережі постійний складений канал з відрізків фізичного середовища – кабелів з підсилювачами.

Залежно від типу проміжної апаратури всі лінії зв'язку поділяються на аналогові й цифрові.

В аналогових лініях проміжна апаратура призначена для посилення аналогових сигналів, тобто сигналів, що мають безперервний діапазон значень. Такі лінії зв'язку традиційно застосовувалися в телефонних мережах для зв'язку телефонних комутаторів між собою. Для створення високошвидкісних каналів, що мультиплексують трохи низькошвидкісних аналогових абонентських каналів, при аналоговому підході звичайно використовується техніка *частотного мультиплексування* (Frequency Division Multiplexing, FDM).

У цифрових лініях зв'язку передані сигнали мають кінцеву кількість станів. Як правило, елементарний сигнал, тобто сигнал, переданий за один

такт роботи передавальної апаратури, має два, три або чотири стани, що в лініях зв'язку відтворюються імпульсами або потенціалами прямокутної форми. За допомогою таких сигналів передаються як комп'ютерні дані, так і оцифрований голос і зображення (саме завдяки однаковому способу подання інформації сучасними комп'ютерними, телефонними й телевізійними мережами стала можливим поява загальних для всіх первинних мереж). У цифрових лініях зв'язку застосовується спеціальна проміжна апаратура – регенератори, що поліпшують форму імпульсів і відновлюють період їхнього проходження. Проміжна апаратура мультиплексування й комутації первинних мереж працює за принципом *мультиплексування каналів з поділом часу* (Time Division Multiplexing, TDM).

Пропускна здатність ліній зв'язку й комунікаційного мережевого устаткування традиційно вимірюється в бітах за секунду, а не в байтах за секунду. Це пов'язано з тим, що дані в мережах передаються послідовно, тобто побітно, а не паралельно, байтами, як це відбувається між пристроями всередині комп'ютера. Такі одиниці вимірювання, як кілобіт, мегабіт або гігабіт, у мережевих технологіях строго відповідають ступеням десяти (тобто кілобіт – це 1000 біт, а мегабіт – це 1 000 000 біт), як це прийнято у всіх галузях науки й техніки, а не близьким до цих чисел ступеням двійки, як це прийнято в програмуванні, де приставка «кіло» дорівнює $2^{10} = 1024$, а «мега» – $2^{20} = 1\,048\,576$.

3.3. Біти й боди

Вибір способу подання дискретної інформації у вигляді сигналів, що подаються на лінію зв'язку, називається **фізичним**, або **лінійним**, **кодуванням**. Від обраного способу кодування залежить спектр сигналів і

відповідно пропускна здатність лінії. Отже, для одного способу кодування лінія може мати одну пропускну здатність, а для іншого – другу.

У більшості способів кодування застосовується зміна якого-небудь параметра періодичного сигналу – частоти, амплітуди й фази синусоїди або ж знака потенціалу послідовності імпульсів. Періодичний сигнал, параметри якого піддаються змінам, називають **опорним сигналом**, а його частоту, якщо сигнал синусоїдальний, – **опорною частотою**. Процес зміни параметрів несучого сигналу відповідно до переданої інформації називається **модуляцією**.

Передавання дискретної інформації в телекомунікаційних мережах здійснюється тактовано, тобто зміна сигналу відбувається через фіксований інтервал часу – **такт**. Приймач інформації вважає, що на початку кожного такту на його вхід надходить нова інформація.

Кількість змін інформаційного параметра несучого періодичного сигналу за секунду вимірюється в **бодах**. 1 бод дорівнює одній зміні інформаційного параметра за секунду. Наприклад, якщо такт передавання інформації дорівнює 0,1 с, то сигнал змінюється зі швидкістю 10 бод. Отже, швидкість у бодах цілком визначається величиною такту.

Інформаційна швидкість вимірюється в бітах за секунду і в загальному випадку *не збігається* зі швидкістю в бодах. Вона може бути як вище, так і нижче швидкості зміни інформаційного параметра, вимірюваного в бодах.

3.4. Типи кабелів

Сьогодні як для внутрішньої (кабелі будинків), так і для зовнішньої проводки найчастіше застосовуються три класи дровових ліній зв'язку:

- вита пара;
- коаксіальні кабелі;
- волоконно-оптичні кабелі.

Екранована й неекранована *виті пари*

Витою парою називається скручена пара проводів. Цей вид середовища передавання даних дуже популярний і становить основу великої кількості як внутрішніх, так і зовнішніх кабелів. Кабель може складатися з декількох витих пар (зовнішні кабелі іноді містять до декількох десятків таких пар). Скручування проводів знижує вплив зовнішніх і взаємних перешкод на корисні сигнали, передані по кабелю.

Докладно розглянемо основні особливості конструкції кабелів нижче.

Кабелі на основі виті пари є *симетричними*, тобто вони складаються з двох однакових у конструктивному відношенні провідників. Симетричний кабель на основі виті пари може бути як *екранованим*, так і *неекранованим*.

Потрібно відрізнити *електричну* ізоляцію дровових жил, що є в будь-якому кабелі, від *електромагнітної* ізоляції. Перша складається з недротового діелектричного шару – паперу або полімеру, наприклад полівінілхлориду або полістиролу. У другому випадку, крім електричної ізоляції, дровові жили містяться також усередині електромагнітного екрана, для якого найчастіше застосовується дровове мідне **обплетення**. **Обплетення** для кабелю (також можна зустріти термін «раундинг») – це його зовнішня ізолююча оболонка. Її найголовніше завдання – це захист дровів від механічного пошкодження і температурного впливу. Сучасні виробники на сьогодні пропонують вам не лише безпеку та надійність, а й стиль.

Кабель на основі **неекранованої виті пари** в основному використовується для проводки усередині будинку (рис. 3.2).

Екранована вита пара добре захищає передані сигнали від зовнішніх перешкод, а також менше випромінює електромагнітні коливання зовні, що у свою чергу захищає користувачів мереж від шкідливого для здоров'я випромінювання (рис. 3.3).

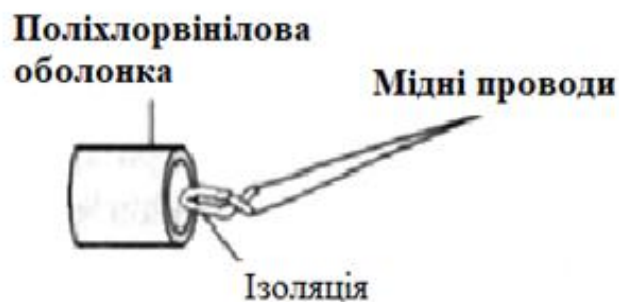


Рис. 3.2. Неекранована вита пара

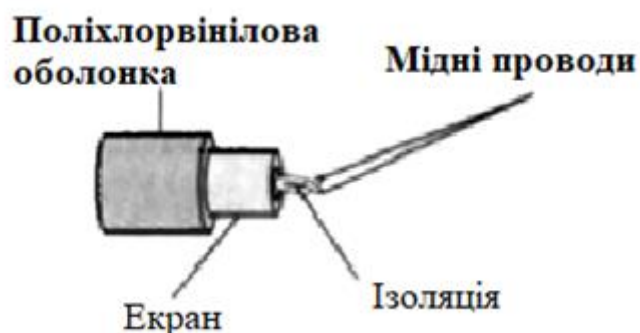


Рис. 3.3. Екранована вита пара

Коаксіальний кабель складається з несиметричних пар провідників. Кожна пара являє собою внутрішню мідну жилу й співвісною з нею зовнішньою жилою, що може бути порожньою мідною трубою або **обплетенням**, відділеними від внутрішньої жили діелектричною ізоляцією (рис. 3.4). Зовнішня жила відіграє подвійну роль – по ній передаються інформаційні сигнали й вона є екраном, що захищає внутрішню жилу від зовнішніх електромагнітних полів. Існує кілька типів коаксіального кабелю, що відрізняються характеристиками й сферами застосування: для локальних комп'ютерних мереж, глобальних телекомунікаційних мереж, кабельного телебачення й т. п.

Відповідно до сучасних стандартів коаксіальний кабель не вважається гарним вибором при побудові структурованої кабельної системи будинків.

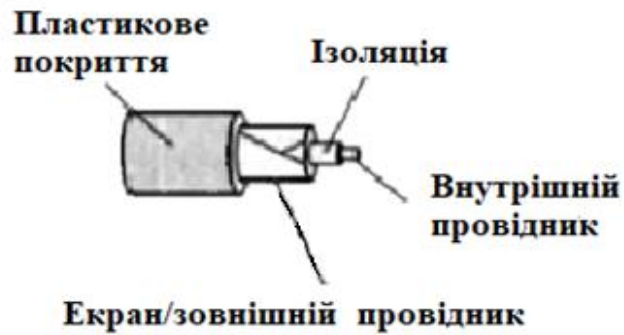


Рис. 3.4. Коаксіальний кабель

Волоконно-оптичний кабель складається з тонких (5-60 мікрон) гнучких волоконних світловодів, по яких поширюються світлові сигнали (рис. 3.5). Це найбільш якісний тип кабелю – він забезпечує передавання даних з дуже високою швидкістю (до 10 Гбіт/с і вище) і до того ж краще за інші типи передавального середовища забезпечує захист даних від зовнішніх перешкод (через особливості поширення світла такі сигнали легко екранувати).



Рис. 3.5. Волоконно-оптичний кабель

Волоконно-оптичні кабелі не чутливі до електромагнітних перешкод, тому що в них застосовується інший тип носіїв. По витих парах і коаксіальних кабелях передають сигнали електричного струму, а по волоконно-оптичних – світлові сигнали. Ці сигнали пересилаються по пластиковому або скляному світловоду, укладеному в оптичну оболонку. Уся ця конструкція розташовується у звичайній захисній оболонці.

На одному кінці кабелю розташований світловипромінювальний діод, що посилає сигнали по світловоду (серцевині оптичного кабелю). Пристрої такого роду називаються кодами (від кодування/декодування). На протилежному кінці кабелю за допомогою фотодіода сигнал перетворюється в електричну форму. Як і в електричних кабелях, можна установити проміжні повторювачі, що підсилюють оптичний сигнал для пересилання на ще більшу відстань [26].

Кожний світловод складається з центрального провідника світла (серцевини) – скляного волокна і скляної оболонки, що має менший показник переломлення, ніж серцевина. Поширюючись по серцевині, промені світла не виходять за її межі, відбиваючись від покривного шару оболонки.

Як джерела світла у волоконно-оптичних кабелях застосовуються:

- світлодіоди, або світловипромінювальні діоди (Light Emitted Diode, LED);
- напівпровідникові лазери, або лазерні діоди.

У кабелі можуть розташовуватися декілька незалежних світловодів, що дає змогу пересилати дані в обох напрямках, причому створювати кілька шляхів для даних. Чим більше світловодів у кабелі, тим вище пропускну здатність. Волоконно-оптичні кабелі поставляються в різних варіантах, що відрізняються розмірами й умовами експлуатації. Деякі типи кабелів дають змогу пересилати дані в обох напрямках, однак для кожного зі шляхів має бути присутній власний світловод.

Усі волоконно-оптичні кабелі поділяються на два типи: одномодові (single mode) і багатомодові (multimode).

1. Одномодовий кабель має один канал пересилання даних. У мережах звичайно використовуються одномодові кабелі з дуже високою швидкістю пересилання даних (як у далекому телефонному зв'язку або FDDI).

2. Багатомодовий кабель одночасно передає кілька сигналів по одному світловоду. Кабелі такого типу поділяються на східчасті (step index) і градієнтні (graded index). Східчасті кабелі мають різко виражену границю коефіцієнтів переломлення між світловодом і оптичною оболонкою. Градієнтні кабелі мають плавну границю коефіцієнтів переломлення.

Обидва типи багатомодових кабелів піддаються модовій дисперсії – розтягуванню світлового імпульсу після проходження кабелю. Ефект пов'язаний з тим, що різні промені проходять різні шляхи під час багаторазового відображення всередині кабелю. Отже, у багатомодових волокон частота сигналу менше, ніж в одномодових. Проста аналогія: запустимо під кутом у трубу тенісну кульку. Вона буде багаторазово відскакувати від стінок і швидко досягне протилежного кінця. Потім запустимо одночасно кілька кульок. Вони почнуть відскакувати не тільки від стінок, але і одна від одної, тому проскочать через трубу не так швидко. Волоконно-оптичні кабелі мають швидкість передавання 155 Мбіт/с і є прийнятними для магістральних зв'язків у локальних мережах. Формувати всю мережу на волокні занадто дорого, це виправдано тільки для особливо навантажених сегментів [26].

Для підключення робочої станції до кабельної системи використовуються з'єднувачі (роз'єднувачі). Тип роз'єднання відповідає обраному типові кабелю. Наприклад, для Ethernet на коаксіальному кабелі доведеться використовувати T-роз'єднання, що не прийнятні для витої пари або волоконно-оптичного кабелю. Для кожного типу кабелю застосовується власна модель з'єднувача.

Нижче опишемо з'єднувачі, застосовувані в мережах Ethernet із шинною структурою.

Для підключення мережевого кабелю до робочої станції служать T-роз'єднання (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Т-роз'єднання

Для підключення кабелю до Т-роз'єднання застосовуються з'єднувачі BNC (рис. 3.7).



Рис. 3.7. З'єднувач BNC

Термінатори служать заглушками кінців кабельних сегментів (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Т-роз'єднання

Термінатори існують для 50-омних кабелів (стандартним є перший варіант). Термінатори з різним опором не можна замінити один на одний. Більшість коаксіальних комп'ютерних мереж припускає застосування 50-омних термінаторів.

Для великої частини неекраниваних витих пар використовується з'єднувач, схожий на звичайний телефонний роз'єднувач. Цей з'єднувач має більше контактів (рис. 3.9).



Рис. 3.9. З'єднувач RJ-45

Такий з'єднувач називається RJ-45 (телефонний RJ-11). Один кінець кабелю підключається до мережевого адаптера, а другий – до комунікаційної шафи і концентратора. У результаті формується підключення типу «зірка».

Волоконно-оптичні з'єднувачі

У витих парах основні втрати сигналу характерні для самого носія, але у волоконній оптиці потужність сигналу губиться в з'єднувачах, тому для таких кабелів важливо вибрати надійне з'єднання.

Для підключення волоконно-оптичних кабелів застосовуються з'єднувачі двох типів: фіксований гвинтом (screw-mounted adapter, SMA) і підпружинений повторний (spring-mounted adapter, ST). Більшого поширення одержали з'єднувачі ST (рис. 3.10).

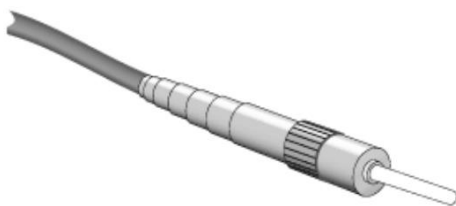


Рис. 3.10. З'єднувач ST

Контрольні запитання

1. Яка специфіка використання термінів «лінія зв'язку», «складений канал», «канал»?
2. Про які параметри домовляються два взаємодіючих вузли?
3. Дайте визначення фізичного середовища передавання даних. Наведіть приклади.
4. Що таке апаратура передавання даних? Її складові.
5. Як поділяються лінії зв'язку залежно від типу проміжної апаратури?
6. У чому вимірюється пропускна здатність ліній зв'язку й комунікаційного мережевого устаткування?
7. Чому перевага надається вимірюванню в бітах за секунду, а не байтах за секунду? У чому різниця числових значень, прийнятих у всіх галузях науки й техніки, від прийнятих в програмуванні?
8. Що таке опорний сигнал і несуча частота?
9. Для вимірювання чого служить бод?
10. Які типи кабелів ви знаєте?
11. Які типи кабелів називаються витою парою?
12. З чого складається волоконно-оптичний кабель?
13. Які типи волоконно-оптичних кабелів ви знаєте? У чому їхні особливості?
14. Що таке модова дисперсія?
15. Для чого служать Т-роз'єднання?
16. Що служать заглушками кінців кабельних сегментів?
17. Які з'єднувачі застосовуються для підключення волоконно-оптичних кабелів?
18. Складіть таблицю співвіднесення типів кабелів.

Розділ 4

ВИДИ МОДУЛЯЦІЇ СИГНАЛІВ

4.1. Спектр сигналу. Види модуляції

Для ефективного передавання інформаційних сигналів із мінімально можливими спотвореннями сигнали мають бути адаптовані до фізичних характеристик каналу передавання. З цією метою корисним сигналом проводиться зміна амплітуди, частоти або фазового кута опорного сигналу, забезпечуючи ефективне використання каналу передавання. Процес перетворення одного чи кількох інформаційних параметрів опорного сигналу відповідно до миттєвих значень інформаційного сигналу називається модуляцією.

У методах модуляції безперервного часу як опорний використовується безперервний сигнал, зокрема синусоїдальне коливання. За теорією Фур'є, будь-який періодичний процес можна подати у вигляді суми синусоїдальних коливань різних частот і різних амплітуд (рис. 4.1).

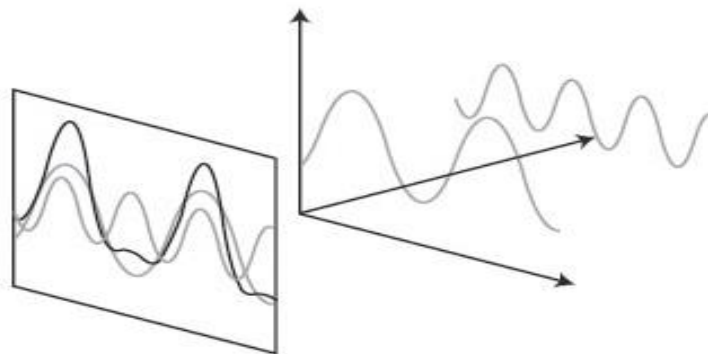


Рис. 4.1. Розкладання сигналу на прості складові (гармоніки)

Кожна складова синусоїди називається **гармонікою**, а набір всіх гармонік називають **спектральним розкладанням**, або **спектром**

вихідного сигналу. Під шириною спектра сигналу розуміється різниця між максимальною і мінімальною частотами набору синусоїд, що в сумі дають вихідний сигнал. Отже, як опорний сигнал може використовуватися гармонійне коливання.

4.2. Модуляція при передаванні аналогових сигналів

Історично модуляція почала застосовуватися для аналогової інформації, а потім для дискретної. При аналогових видах модуляції здійснюється безперервна обробка таких аналогових сигналів, як голосові, музичні або відеосигнали без оцифрування значень сигналу передавання. Залежно від того, який параметр несучого коливання змінюється, розрізняють амплітудну і частотну модуляції аналогового сигналу. При модуляції аналогової інформації фаза як інформаційний параметр не застосовується. При амплітудній модуляції (Amplitude Modulation, АМ, АМ) інформація з корисного сигналу безперервно перетворюється на коливання амплітуди сигналу, що передається. У процесі модуляції корисний низькочастотний сигнал з основної смуги частот перетворюється в діапазоні високих частот. Прикладами такої ситуації є передавання голосу по радіо чи телебаченню.

Голос має спектр шириною приблизно 10 кГц, а радіодіапазони включають набагато вищі частоти, від 30 кГц до 300 МГц. Ще більш високі частоти використовують у телебаченні. Очевидно, що безпосередньо голос через таке середовище не можна передати.

Для вирішення проблеми амплітуду несучого високочастотного сигналу змінюють (модулюють) відповідно до зміни низькочастотного голосового сигналу (рис. 4.2).

При цьому спектр результуючого сигналу потрапляє до потрібного високочастотного діапазону.



Рис. 4.2. Модуляція голосового сигналу

Як інформаційний параметр використовується не тільки амплітуда несучого синусоїдального сигналу, але і частота. У цих випадках ми маємо справу з частотною модуляцією (Frequency Modulation, FM, ФМ) – процесом зміни частоти опорного сигналу відповідно до миттєвих значень модулюючого сигналу.

4.3. Модуляція при передаванні дискретних сигналів

При передаванні дискретної інформації за допомогою модуляції одиниці та нулі кодуються зміною амплітуди, частоти або фази опорного синусоїдального сигналу. Якщо модульовані сигнали передають дискретну інформацію, замість терміну «модуляція» іноді використовується термін «маніпуляція»: амплітудна (Amplitude Shift Keying, ASK), частотна (Frequency Shift Keying, FSK), фазова (Phase Shift Keying, PSK).

Найвідоміший приклад застосування модуляції під час передавання дискретної інформації – це передавання комп'ютерних даних телефонними каналами. Типова амплітудно-частотна характеристика стандартного абонентського каналу, що також називається каналом **тональної частоти**, подана на рис. 4.3.

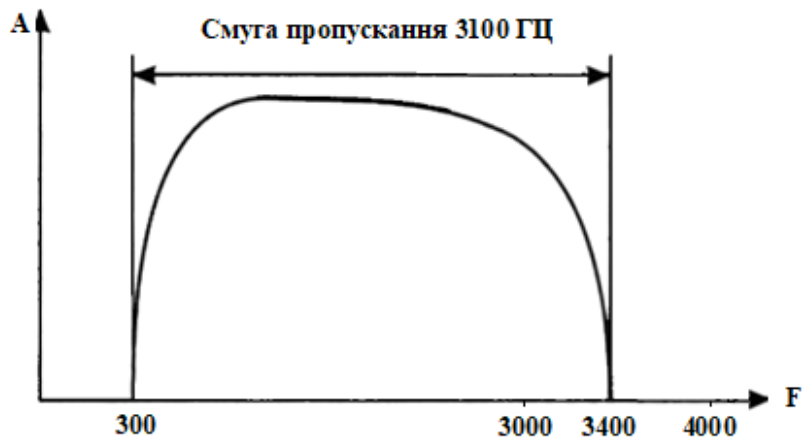


Рис. 4.3. Амплітудно-частотна характеристика каналу тональної частоти

Цей канал проходить через комутатори телефонної мережі і з'єднує телефони абонентів. Канал тональної частоти передає частоти в діапазоні від 300 до 3400 Гц, так, його смуга пропускання дорівнює 3100 Гц. Така вузька смуга пропускання є достатньою для якісного передавання голосу, проте вона недостатньо широка для передавання комп'ютерних даних у вигляді прямокутних імпульсів. Вирішення проблеми було знайдено завдяки аналоговій модуляції. Пристрій, який виконує функцію модуляції несучої синусоїди на передавальному боці і зворотню функцію демодуляції на приймальному боці, називається модемом (модулятор-демодулятор).

На рис. 4.4 показані різні типи модуляції, застосовувані при передаванні дискретної інформації. Вихідна послідовність бітів інформації, що передається, наведена на діаграмі рис. 4.4, а.

При амплітудній модуляції для логічної одиниці вибирається один рівень амплітуди синусоїди несучої частоти, а для логічного нуля – інший (рис. 4.4, б). Цей спосіб рідко використовується в чистому вигляді на практиці через низьку перешкодостійкість, але часто застосовується в поєднанні з іншим видом модуляції – фазовою модуляцією.

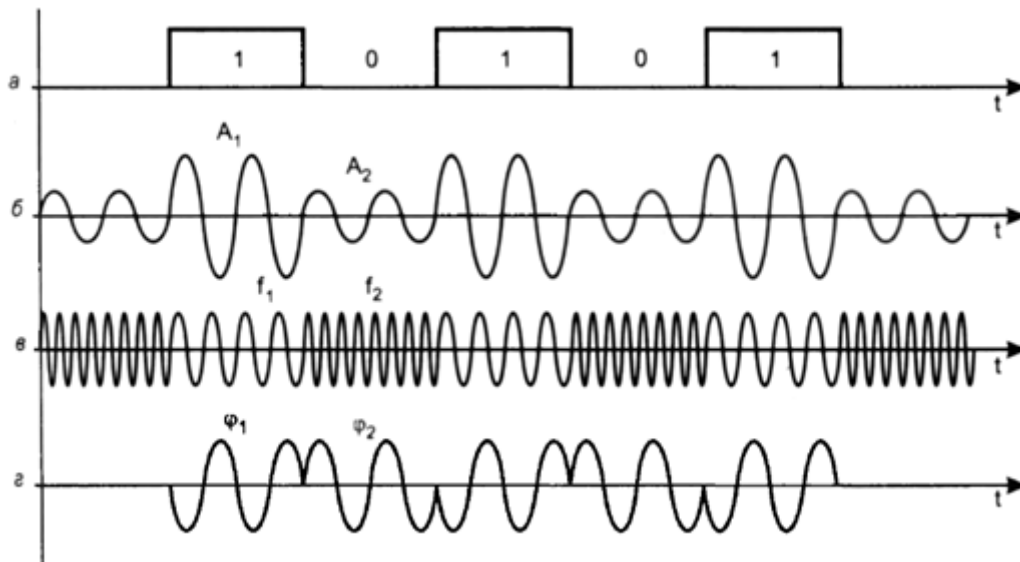


Рис. 4.4. Різні види модуляції

Основні переваги амплітудної модуляції:

- вузька ширина спектра сигналу АМ;
- простота отримання модульованих сигналів.

Недоліки амплітудної модуляції:

- низька стійкість до перешкод (оскільки при впливі перешкоди на сигнал спотворюється його форма – оригінальна, яка і містить повідомлення, що передається);

- неефективне використання потужності передавача (бо найбільша частина енергії модульованого сигналу міститься в складовій несучого сигналу до 64 %, а на інформаційні бічні смуги припадає по 18 %).

Сфери застосування амплітудної модуляції:

- системи телевізійного мовлення залежно від стандарту мовлення (для передавання телевізійних сигналів);
- системи звукового радіомовлення та радіозв'язку в різних діапазонах частот;
- аеронавігація;
- система трипрограмного дротового мовлення [14].

При **частотній модуляції** (процес зміни частоти опорного сигналу у відповідності з миттєвими значеннями модулюючого сигналу) значення нуля та одиниці вихідних даних передаються синусоїдами з різною частотою f_1 і f_2 (рис. 4.4, в). Такого роду спосіб модуляції не потребує складних схем і зазвичай застосовується в низькошвидкісних модемах, що працюють на швидкостях 300 та 1200 біт/с.

Основні переваги частотної модуляції:

- висока стійкість до перешкод;
- більш ефективно використання потужності передавача;
- порівняльна простота отримання модульованих сигналів.

Основним недоліком частотної модуляції є велика ширина спектра модульованого сигналу.

Сфери застосування частотної модуляції:

- системи телевізійного мовлення (для передавання сигналів звукового супроводу);
- системи супутникового теле- та радіомовлення;
- системи високоякісного стереофонічного мовлення (FM діапазон);
- радіорелейні лінії (РРЛ);
- мобільний телефонний зв'язок [14].

При **фазовій модуляції** (процес зміни фази опорного сигналу у відповідності з миттєвими значеннями модулюючого сигналу) значенням даних 0 і 1 відповідають сигнали однакової частоти, але різної фази, наприклад 0 і 180° або 0, 90° , 180° і 270° (рис. 4.4, г). У першому випадку така модуляція називається **двійковою фазовою маніпуляцією** (Binary PSK, BPSK), а в другому – **квадратурною фазовою маніпуляцією** (Quadrature PSK, QPSK).

Основні переваги фазової модуляції:

- висока стійкість до перешкод;
- більш ефективно використання потужності передавача.

Недоліки фазової модуляції:

- велика ширина спектра;
- порівняльна складність отримання модульованих сигналів і їхнє детектування [14].

Порівнюючи спектри всіх модульованих сигналів, слід зазначити, що найбільшу ширину має спектр частотної маніпуляції сигналу, найменшу – амплітудної, фазової та відносно-фазової маніпуляцій. З огляду більшої стійкості до перешкод найбільшого поширення набули частотна, фазова та відносно-фазова маніпуляції [14].

4.4. Модем

Модем (акронім, складений зі слів модулятор і демодулятор) – пристрій, що застосовується в системах зв'язку для фізичного сполучення інформаційного сигналу з середовищем його поширення, де він не може існувати без адаптації (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Модем

Модулятор в модемі здійснює модуляцію несучого сигналу при передаванні даних, тобто змінює його характеристики відповідно до змін вхідного інформаційного сигналу, демодулятор здійснює зворотний процес при прийманні даних з каналу зв'язку. Модем виконує функцію кінцевого обладнання лінії зв'язку. Саме формування даних для передавання та

обробки прийнятих даних здійснює так зване термінальне обладнання (це може бути і ПК).

Модеми масово застосовуються для зв'язування комп'ютерів через телефонну мережу (телефонний модем), кабельну мережу (кабельний модем), радіохвилі (Packet_radio, радіорелейний зв'язок).

Раніше модеми застосовувалися також у стільникових телефонах (поки не були витіснені цифровими способами передавання даних).

За виконанням модеми підрозділяються:

- *на зовнішні* – підключаються через COM-, LPT- [1], USB- або Ethernet-порт, зазвичай мають окремий блок живлення (існують і USB-модеми з живленням від шини USB);

- *внутрішні* – додатково встановлюються всередину системного блока або ноутбука (у слот ISA, PCI, PCI-E, PCMCIA, AMR / CNR);

- *вбудовані* – є частиною пристрою, куди вбудовані (материнської плати, ноутбука або док-станції).

За принципом роботи модеми бувають:

- *апаратними* – усі операції перетворення сигналу, підтримки фізичних протоколів обміну здійснюються вбудованим у модем обчислювачем (наприклад з використанням DSP або мікроконтролера). Також в апаратному модемі присутній ПЗУ, у якому записана мікропрограма, що управляє модемом;

- *програмними* (софт-модеми, host based soft-modem) – усі операції з кодування сигналу, контролю помилок і управління протоколами реалізовані програмно і виробляються центральним процесором комп'ютера. У модемі знаходяться тільки вхідні/вихідні аналогові ланцюги і перетворювачі (ЦАП і АЦП), а також контролер інтерфейсу (наприклад USB);

- *напівпрограмними* (controller based soft-modem) – модеми, у яких частину функцій модема виконує комп'ютер.

За типом мережі і з'єднання:

- модеми для комутованих телефонних ліній – найбільш поширений у ХХ столітті і 2000-х роках тип модемів. Використовують комутований віддалений доступ;

- *ISDN* – модеми для цифрових комутованих телефонних ліній; модеми для телефонних ліній;

- *DSL* – використовуються для організації виділених (некомутованих) ліній засобами звичайної телефонної мережі. Відрізняються від комутованих модемів тим, що використовують інший частотний діапазон, а також тим, що по телефонних лініях сигнал передається тільки до АТС. Зазвичай дають змогу одночасно з обміном даними здійснювати використання телефонної лінії для переговорів;

- кабельні модеми – використовуються для обміну даними по спеціалізованих кабелях, наприклад через кабель колективного телебачення за протоколом DOCSIS;

- радіо модеми – працюють у радіодіапазоні, використовують власні набори частот і протоколи;

- бездротові модеми – працюють за протоколами стільникового зв'язку (GPRS, EDGE, 3G, LTE) або Wi-Fi. Часто мають виконання у вигляді USB-брелока. Як такі модеми також часто використовують термінали мобільного зв'язку;

- супутникові модеми – використовуються для організації супутникового Інтернету. Приймають і обробляють сигнал, отриманий із супутника;

- *PowerLine*-модеми (стандарт HomePlug) – використовують технологію передавання даних по проводах побутової електричної мережі.

Для ефективнішого використання каналу передавання корисні сигнали передаються паралельно через загальний канал шляхом ущільнення – мультиплексування. Практична реалізація різних методів

ущільнення, включаючи ущільнення з тимчасовим розподілом, ущільнення з частотним розподілом та ущільнення з кодовим розподілом, також досягається за рахунок використання відповідних методів модуляції.

Контрольні запитання

1. Визначити поняття «модуляція».
2. Визначити поняття «аналоговий», «цифровий», «дискретний» сигнали.
3. Визначити поняття «спектр сигналу».
4. Види модуляцій при обробці аналогових сигналів.
5. Види модуляцій при обробці дискретних сигналів.
6. Визначити поняття «мультиплексування даних».
7. Що означає термін «модем»? Від яких слів походить?
8. Як поділяються модеми за виконанням?
9. Які бувають типи мереж? Які з'єднання використовуються?
10. Як поділяються модеми за принципом роботи?
11. Дайте визначення поняттю частотної модуляції.
12. Детально вкажіть сфери застосування частотної модуляції.
13. У чому полягають основні переваги частотної модуляції?
14. Дайте визначення поняттю амплітудної модуляції.
15. Детально вкажіть сфери застосування амплітудної модуляції.
16. У чому полягають основні переваги амплітудної модуляції?
17. Дайте визначення поняттю фазової модуляції. Вкажіть, на які підтипи вона поділяється залежно від фази сигналу.
18. Детально вкажіть сфери застосування фазової модуляції.
19. У чому полягають основні недоліки фазової модуляції?

Розділ 5
ПЕРСОНАЛЬНІ МЕРЕЖІ.
ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРСОНАЛЬНИХ МЕРЕЖ

5.1. Особливості персональних мереж

Персональна мережа (PAN – Personal Area Network) – це комп'ютерна мережа, використовувана для передавання даних між пристроями, що розташовані на досить невеликій відстані та часто належать одному користувачеві. Також персональні мережі можуть взаємодіяти з мережами більш високого рівня, і в такому разі один із пристроїв у мережі бере на себе роль інтернет-маршрутизатора. Радіус дії таких мереж становить від кількох десятків сантиметрів до кількох метрів. Персональна мережа (PAN) може використовуватись для передавання файлів, включаючи електронну пошту, календарні зустрічі, фотографії та музику (рис. 5.1).

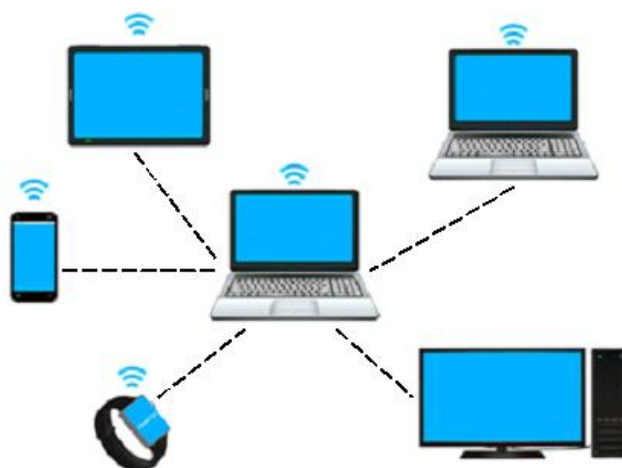


Рис. 5.1. Персональна мережа (PAN, Personal Area Network)

Характерною ознакою структури персональної мережі є об'єднання в мережу пристроїв, призначених для особистого (персонального) використання:

- пристрої для управління комп'ютером (клавіатура, миша, джойстик);
- медіапристрої (навушники, динаміки, вебкамери);
- знімні накопичувачі інформації (флешки, накопичувачі цифрової фото- та відеотехніки);
- засоби зв'язку та передавання інформації (телефони, смартфони, Wi-Fi- та Bluetooth USB-адаптери);
- офісна комп'ютерна техніка з USB-підключенням (принтери, плотери, сканери).

Персональні мережі багато в чому схожі на локальні, але в них є й свої особливості.

Багато з пристроїв, що можуть входити в персональну мережу, *набагато простіше*, ніж традиційний вузол LAN – комп'ютер. До того ж такі пристрої звичайно мають невеликі габарити і вартість. Тому стандарти PAN враховують, що їхня реалізація має призводити до недорогих рішень, що споживають невелику енергію.

Область покриття PAN менше області покриття LAN, вузли PAN часто перебувають на відстані декількох метрів один від одного.

Високі вимоги до безпеки. Персональні пристрої, подорожуючи разом зі своїм власником, потрапляють у різні середовища. Іноді вони мають взаємодіяти з пристроями інших персональних мереж, наприклад, якщо їхній власник зустрів на вулиці свого знайомого та вирішив переписати з його пристрою PDA у свій кілька адрес загальних знайомих. В інших випадках така взаємодія явно небажана, тому що може призвести до витоку конфіденційної інформації. Тому протоколи PAN мають забезпечувати різні методи автентифікації пристроїв і шифрування даних у мобільних пристроях.

При з'єднанні малогабаритних пристроїв між собою бажання позбутися кабелів проявляється набагато сильніше, ніж при з'єднанні

комп'ютера з принтером або концентратором. Через це персональні мережі більшою мірою *тяжіють до бездротових рішень*, ніж локальні.

Якщо людина постійно носить пристрій PAN із собою та на собі, то він не має заподіювати шкоду здоров'ю. Тому такий пристрій має *випромінювати сигнали невеликої потужності*, бажано не більше 100 мВт (звичайний мобільний телефон випромінює сигнали потужністю від 600 мВт до 3 Вт).

Для організації взаємодії між пристроями в персональній мережі необхідно організувати зв'язок, цей зв'язок може бути організований за допомогою з'єднувальних дротів – кабелів або бездротової мережі.

У сучасному світі більшість персональних мереж є бездротовими (WPAN). USB і FireWire часто з'єднують дротову PAN, у той час, як WPAN зазвичай використовують Bluetooth (і називаються piconets) або інфрачервоні з'єднання.

WPAN (Wireless Personal Area Network) – система бездротового передавання даних, що працює в ISM-діапазоні 2,4-2,5 ГГц. Вибір діапазону обумовлений тим, що цей діапазон є доступним по всьому світу і прийнятний для низькобюджетних рішень. WPAN складається з декількох вузлів, пов'язаних бездротовим каналом, при цьому один із цих вузлів бере на себе роль координатора. Координатор займається створенням WPAN та контролює підключення вузлів до мережі.

5.2. Архітектура Bluetooth

Bluetooth (від слів англ. blue – синій і tooth – зуб) – стандарт бездротового з'єднання обчислювальних пристроїв і пристроїв зв'язку, що дає змогу передавати дані на коротких відстанях між стаціонарними та мобільними пристроями, використовуючи короткі надвисокочастотні радіохвилі в ISM-діапазоні від 2,4 до 2485 ГГц.

Ідея створення такого стандарту виникла в 1994 році в компанії Л. М. Еріксона, а в 1998 році спільно з чотирма іншими компаніями (ІВМ, Intel, Nokia, Toshiba) була сформована спеціальна група, яка займалася створенням і розвитком цього стандарту. Проект був названий на честь великого короля вікінгів Гаральда Синього Зуба II, який об'єднав Данію та Норвегію. Bluetooth 1.0 з'явився в липні 1999 року, і згодом цей стандарт набув широкої популярності.

Вимоги до технології розробки:

- безпека порівняно зі звичайним дротовим з'єднанням (підтримувати авторизацію, автентифікацію та шифрування на каналному рівні та рівні додатків);
- вартість виробництва порівняно з вартістю виробництва дротового з'єднання;
- можливість з'єднання безлічі пристроїв, що належать користувачеві, і швидкість передавання даних між ними, що відповідає потребам користувача;
- підтримка типів даних, поширених серед мобільних користувачів;
- низьке енергоспоживання та компактність для можливості вбудовування в невеликі портативні пристрої.

У технології Bluetooth використовується концепція пікомережі. Назва підкреслює невелику область покриття, від 10 до 100 м, залежно від потужності випромінювання передавача пристрою. У пікомережу може входити до 255 пристроїв, але тільки вісім із них можуть у кожний момент часу бути активними та обмінюватися даними. Один із пристроїв у пікомережі є головним, інші – підлеглими.

Активний підлеглий пристрій може обмінюватися даними тільки з головним пристроєм, прямий обмін між підлеглими пристроями неможливий. Усі підлеглі пристрої такої пікомережі, крім семи активних, мають перебувати в режимі зниженого енергоспоживання, у якому вони

тільки періодично прослуховують команду головного пристрою для переходу в активний стан.

Головний пристрій відповідає за доступ до *розподіленого середовища* пікомережі, що являє собою частоти діапазону 2,4 ГГц. Розподілене середовище передає дані зі швидкістю до 3 Мбіт/с, але через накладні витрати на заголовки пакетів і зміну частот корисна швидкість передавання даних у середовищі не перевищує 2,4 Мбіт/с.

Така архітектура дає змогу застосовувати простіші протоколи в пристроях, що виконують функції підлеглих (наприклад у навушниках), і віддає складніші функції управління пікомережею комп'ютеру, що швидше за все і буде головним пристроєм цієї мережі.

Приєднання до пікомережі відбувається динамічно. Головний пристрій пікомережі, використовуючи процедуру опитування, збирає інформацію про пристрої, що потрапляють у зону його пікомережі. Після виявлення нового пристрою головний пристрій проводить з ним переговори. Якщо бажання підлеглому пристрою приєднатися до пікомережі збігається з рішенням головного пристрою (підлеглий пристрій пройшов перевірку автентичності та виявився в списку дозволених пристроїв), то новий підлеглий пристрій приєднується до мережі.

Декілька пікомереж, що обмінюються між собою даними, утворюють **розосереджену мережу**. Взаємодія в межах розосередженої мережі здійснюється шляхом того, що один вузол (*міст*) одночасно є членом декількох пікомереж, причому цей вузол може виконувати роль головного пристрою однієї пікомережі та підлеглому пристрою іншої.

Для того щоб сигнали різних пікомереж не інтерферували, кожний головний пристрій залучає *власну* послідовність псевдовипадкової перебудови частоти. Наявність послідовностей псевдовипадкової перебудови частоти, що розрізняються, ускладнює спілкування пікомереж між собою. Щоб уникнути цієї проблеми, пристрій, що відіграє роль мосту,

має змінювати частоту при підключенні до кожної з пікомереж. З дуже невеликою ймовірністю все ж таки можуть відбуватися колізії, коли два або більше пристроїв з різних пікомереж виберуть для роботи той самий частотний канал.

Для надійного передавання даних у технології Bluetooth може виконуватися пряма корекція помилок, а одержання кадру підтверджується за допомогою квитанцій. У мережах Bluetooth для передавання інформації двох типів використовуються різні методи:

- для *чутливого до затримок трафіка* (наприклад голосу) мережа підтримує **синхронний канал, орієнтований на з'єднання** (Synchronous Connection-Oriented link, SCO). Цей канал працює на швидкості 64 кбіт/с. Для каналу SCO пропускна здатність резервується на весь час з'єднання;

- *еластичного трафіка* (наприклад комп'ютерних даних) використовується працюючий зі змінною швидкістю **асинхронний канал, не орієнтований на з'єднання** (Asynchronous Connection-Less link, ACL). Для каналу ACL пропускна здатність виділяється за запитом підлеглого пристрою або на потребу головного пристрою.

5.3. Пошук і стикування пристроїв Bluetooth

Пристрій, що підтримує технологію Bluetooth, звичайно посилає періодичні запити щодо виявлення інших пристроїв Bluetooth у зоні досяжності. Якщо пристрій Bluetooth одержує такий запит і налаштований так, щоб відповідати на запити, то у відповідь пристрій передає відомості про себе: ім'я і тип пристрою, ім'я виробника, підтримувані сервіси.

Ім'я пристрою конфігурується, на відміну від його унікальної MAC-адреси, що надається виробником. Слід зазначити, що часто пристрої випускаються з налаштованими за умовчанням іменами, що відповідають назві моделі пристрою, тому у сфері досяжності мобільного телефону може

виявитися кілька інших телефонів з однаковими іменами Bluetooth, якщо їхні власники не дали їм власні імена.

Після попереднього обміну інформацією пристрої Bluetooth можуть почати так звану процедуру стикування (Pairing), якщо конфігурація пристроїв її потребує. Стикування розуміє встановлення безпечного з'єднання між пристроями; безпека в цьому випадку означає, що пристрої довіряють один одному, а дані між ними передаються в зашифрованому вигляді. Стикування пристроїв Bluetooth потребує введення в кожен з них одного і того самого пароля, що називається також PIN-кодом Bluetooth. Звичайно пристрій, що одержав запит на стикування, просить користувача ввести PIN-код. Пристрої, що успішно пройшли процедуру стикування, запам'ятовують цей факт і встановлюють безпечне з'єднання автоматично щоразу, коли виявляються в зоні досяжності, при цьому повторне введення PIN-коду користувачем не потрібно.

Пристрій зможе бути налаштований користувачем або виробником так, щоб давати змогу встановлювати з'єднання з іншими пристроями без процедури стикування.

5.4. Еволюція специфікацій пристроїв Bluetooth

В останніх версіях стандартів Bluetooth були реалізовані деякі нововведення, одне з яких – підвищення швидкості передавання даних до 3 Мбіт/с. Інші найбільш важливі властивості нової технології:

- *знижена швидкість обміну в режимі очікування.* Ця властивість полягає в зниженні частоти обміну службовими повідомленнями *keepalive* («працездатний»), якими вузли підтримують з'єднання у відкритому стані за відсутності даних користувача для передавання, з декількох повідомлень за секунду до одного повідомлення в 5 або 10 с. Такий режим дає змогу

збільшити час роботи батарей портативних пристроїв у 3-10 разів. Властивість уведена у версії 2.1;

- *безпечне просте стикування* (secure simple pairing) дає змогу прискорити процедуру стикування й водночас пропонують вищий ступінь захисту з'єднань. Властивість введена у версії 2.1;

- *використання технології NFC* (Near Field Communication — зв'язок ближнього радіуса дії) для автоматичного стикування пристроїв. NFC – це нова технологія, розроблена для бездротової взаємодії пристроїв на відстанях в 10-20 см. При виявленні сигналів пристрої з інтерфейсами NFC автоматично встановлюють з'єднання. Пристрої Bluetooth можуть використовувати технологію NFC для автоматичного виявлення при наближенні їх один до одного під час стикування та обміну інформацією. Ця властивість є частиною згаданої раніше процедури безпечного простого стикування, вона також введена у версії 2.1 Bluetooth;

- *альтернативні MAC-рівень і фізичний рівень*. За необхідності передавання великого обсягу даних пристрій Bluetooth може перемкнутися на з'єднання, що використовує відмінну від Bluetooth технологію передавання даних. Первісна взаємодія пристроїв завжди має виконуватись на основі технології Bluetooth;

- *мережі, що самоорганізуються* на основі Bluetooth 3.0, складаються з провідних і ведених пристроїв (ці ролі можуть поєднуватися), здатних передавати дані як у синхронному, так і асинхронному режимах. Синхронний режим передавання використовується при обмеженому за часом передаванні. Асинхронний режим використовується для організації пікомереж. Один пристрій (як ведучий, так і ведений) може підтримувати до трьох синхронних з'єднань. Основною проблемою мереж, що самоорганізуються, на основі Bluetooth 3.0 є відносно високе енергоспоживання вузлів мережі;

- *Bluetooth з низьким енергоспоживанням* (Bluetooth Low Energy (рис. 5.2)). Для вирішення проблеми високого енергоспоживання вузлів мережі у 2010 році у специфікацію ядра Bluetooth 4.0 було інтегровано технологію з низьким енергоспоживанням (Bluetooth LE). Специфікація Bluetooth 4.0 орієнтована на різні мобільні пристрої, що потребують бездротового обміну даними. Специфікація Bluetooth 4.0 має жорстке обмеження топології мережі: єдиною можливою топологією є зірка. Така мережа називається пікомережею (piconet). На відміну від специфікації Bluetooth 3.0, для специфікації Bluetooth 4.0 відсутня можливість організації розподіленої мережі (scatternet), коли провідний пристрій однієї пікомережі може бути підлеглим в іншій [12];

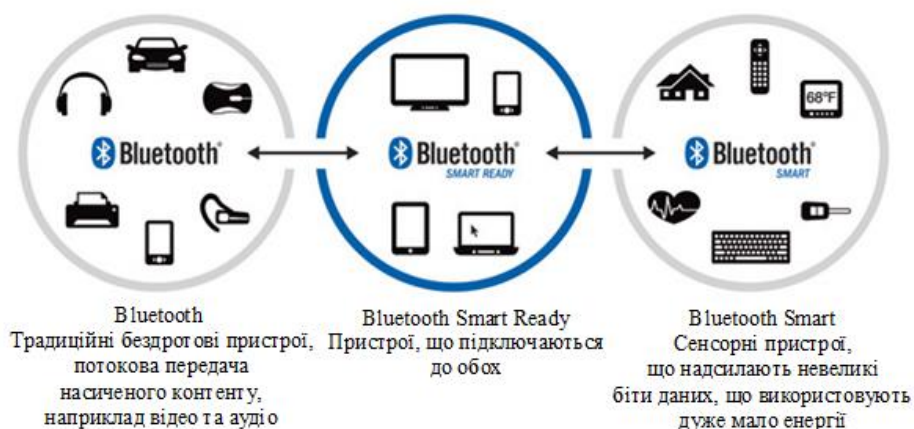


Рис. 5.2. Bluetooth-пристрої, що підтримують технологію Bluetooth Low Energy

- *Mesh-мережа (мережа вузлів)* – децентралізована мережа, що передбачає послідовне підключення пристроїв. У цій системі кожен новий пристрій розширює мережу, даючи змогу підключати ще більше пристроїв. Як наслідок, стане набагато легше охопити єдиною комунікацією великий простір. У 2017 році група компанії Bluetooth SIG анонсувала мережу Bluetooth Mesh, що використовує технологію BL (Bluetooth Low Energy –

Bluetooth з низьким енергоспоживанням). Технологія Bluetooth Mesh має нову концепцію mesh-мережі – мережі без певного майстра. Ця нова технологія використовує Bluetooth 5, що ще менше споживає енергії, має більшу швидкість та дальність передавання даних порівняно з попередньою специфікацією [13].

5.5. Технологія NFC

Крім вищезгаданих технологій зв'язку, поширилась і набула популярності технологія NFC.

NFC (Near-Field Communication, дослівне визначення – зв'язок на невеликих відстанях, комунікація ближнього поля) – одна з технологій бездротового зв'язку малого радіуса дії (рис. 5.3). Одна з популярних назв – «в один дотик». Ця технологія використовується при обміні даними між пристроями, насамперед смартфонами та безконтактними платіжними терміналами на відстані близько 10 см. В останні кілька років технологія NFC стрімко поширюється серед електронних пристроїв і сьогодні, присутність у телефоні відповідного чипа стає нормою. Стрибок пов'язаний із багаторазовим збільшенням продажів смартфонів і поширенням інтерфейсів для безконтактної оплати [16].



Рис. 5.3. Логотип технології NFC

Вона має свої особливості і певні сфери застосування, пов'язані з ідентифікацією об'єктів. Ще в 1983 році електротехнік Чарльз Уолтон запатентував систему радіочастотної ідентифікації (Radio Frequency Identification, RFID), інша назва – переносний радіочастотний випромінювач, до складу якої входять мітка з записаними даними та пристрій зчитування інформації. Ця система була попередником і фактично стала основою для створення безконтактного чипа NFC. При цьому канали зв'язку прокладаються по радіохвилях з частотами в діапазоні – 13,56 МГц. Щодо походження самої ідеї такого пристрою, то існує цікава історія. Попередником RFID можна вважати підслуховувальний пристрій. Винахідник Лев Тернер створив пристрій, у якому використовувалися пасивні методи передавання сигналу ще в 1945 році. Коли посол США Арівалл Гарріман приїхав на святкування двадцятиріччя табору «Артек», то отримав у подарунок спеціально виготовлене панно з зображенням Великої печатки Штатів. У панно вбудували пристрій прослуховування «Златоуст» з саме таким апаратом для передавання даних. І представники радянської влади протягом восьми років успішно слухали все, що відбувалося в робочому кабінеті посла [15].

Основні відмінності нинішньої технології NFC від попередника RFID:

- менша відстань дії (комунікація можлива на 10 см максимум);
- обов'язкова наявність активного й пасивного пристроїв для передавання файлів;
- невеликі параметри пристрою-передавача і його низьке енергоспоживання [15].

Фактично моментом народження NFC слід вважати березень 2004 року, коли було створено непідприємницьку спільноту з уніфікації та вдосконалення цієї технології. Провідні компанії того часу – Sony, Nokia, Royal Philips Electronics – виявили цікавість до цього методу комунікації і стали основними співзасновниками форуму. А вже у 2006 році з'явився

перший телефон Nokia 6131 з вбудованим NFC-чипом. Компанія Google долучилася до NFC-форуму лише через п'ять років. Практично одразу було визначено три основних напрями застосування (рис. 5.4):

- Peer-to Peer. Дає змогу двом пристроям з модулем NFC зв'язуватися та передавати інформацію. Так, смартфони можуть обмінюватись посиланнями, контактами, повідомленнями, фотографіями, налаштуваннями. Файли можуть бути невеликого розміру через невисоку швидкість передавання даних, а гаджети знаходяться в полі дії зв'язку на відстані декількох сантиметрів. Також P2P з'єднання використовується для швидкого поєднання двох пристроїв і подальшого передавання файлів через Bluetooth або WiFi;

- зчитування/запис міток. Активний NFC-пристрій, смартфон, зв'язується з пасивною міткою/тегом для зчитування або запису інформації, наприклад посилання, тексту, зображення, команди та ін.;

- емуляція карти. Найпоширеніший метод використання технології. Дає змогу пристрою з NFC відігравати роль смарт-картки (кредитка, картка метро, проїзний) і здійснювати за його допомогою безконтактну оплату [16].

З часу аносування технологія NFC увійшла в життя практично кожного мешканця нашої країни. У наш час цей метод зустрічається практично у всіх новеньких моделях стільникових телефонів і планшетів, що працюють на операційних системах Android та iOS.

Можливості, що надає вбудований модуль NFC:

- проїзні документи з вбудованими чипами;
- безконтактна оплата банківськими картками;
- передавання файлів різного типу «від точки до точки» – музика, фото і відео передаються досить швидко порівняно з Bluetooth;
- електронні ключі різної модифікації;
- документ, що посвідчує особу власника;
- NFC-мітки [15].



Рис. 5.4. Призначення технології NFC

Подальшим розвитком технології стали NFC-мітки. Вони знаходяться в широкому доступі в багатьох магазинах техніки, а також інтернет-магазинах. Мітки продаються поштучно і в упаковках від десяти і більше штук. Найбільш поширений варіант вигляду – це дуже тонкий чип з невеликою антеною, вдрукований у папір або пластик. Можна наклеїти таку мітку на будь-яку поверхню. Головне правильно вибрати місце, де буде найбільш зручно нею скористатися. Ось найпопулярніші застосування міток:

- емуляція кредитних карток, щоб оплачувати товари в магазинах;
- перемикання режимів смартфона, якщо прикріпити чип на зручне місце в приміщенні;
- можливість віддаленого відкриття електронних блокнотів, увімкнення будильника;
- створення бездротового заряджання для гаджета шляхом підключення мітки на зарядці автомобіля;
- автоматичне введення коду від домофона за допомогою гаджета;
- можливість «роздавати» Інтернет;
- легке управління технікою для дому на відстань;
- оснащення пропускних систем nfc-мітками;

- підключення музики з телефону на колонку через приклеєну мітку;
- створення електронної візитівки.

Якщо ваш телефон оснащений модулем NFC, то ви маєте можливість користуватися тегами в побуті. Для цього потрібно встановити за допомогою Play Market відповідний застосунок, щоб запрограмувати мітки. Розібравшись у тому, що таке тип мітки, закодуйте її.

5.6. Інфрачервоний порт

Інфрачервоний порт є портом на електронних пристроях (мобільні телефони (рис. 5.5), комп'ютери, телевізори, планшети і т. п.), що надсилає та отримує інформацію за допомогою інфрачервоного світла. Такі порти певний час назад широко використовувалися як бездротові пристрої, що дають змогу швидко і легко налагодити зв'язок між мережевими пристроями, базовими станціями та іншим обладнанням.



Рис. 5.5. Інфрачервоний порт на мобільному телефоні

Інфрачервоний порт має два найбільш очевидних недоліки, що стали основною причиною широкого переходу до технології Bluetooth та NFC. По-перше, обмеження прямої видимості. Порт працюватиме тільки тоді,

коли знаходиться в межах прямої видимості на цільовому пристрої, як люди могли помітити під час спроби змінити канал під непарний кут просто за межами діапазону на телевізійний приймач. По-друге, короткий діапазон, що значно обмежує можливості.

У сучасних смартфонах ІЧ-порт потрібен для управління домашньою технікою – є спеціальні додатки, що дають змогу налаштувати його як універсальний пульт. Наприклад, якщо пульт від телевізора загубиться десь у квартирі, то будь-якої миті телевізор можна переключити зі смартфона. Також за допомогою смартфона можна управляти кондиціонером, камерою та іншою технікою. Наприклад, у смартфонах Xiaomi є фірмова програма Mi Remote controller, що дає змогу налаштувати ІЧ-порт під усю техніку в будинку. Особливо це корисно в телевізорах і кондиціонерах, що не підтримують управління через Wi-Fi.

Контрольні запитання

1. Організації взаємодії між пристроями в персональній мережі.
2. Система бездротового передавання даних (WPAN).
3. Архітектура технології Bluetooth.
4. Принцип роботи технології Bluetooth.
5. Етапи розвитку технології Bluetooth.
6. Що являє собою технологія NFC? Вкажіть основні відмінності NFC від RFID.
7. Які основні напрями застосування NFC?
8. Які особливості інфрачервоного порту?
9. Де він використовується масово і чим це обумовлено?

Розділ 6

ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Розглянемо термінологію, використовувану в цій галузі. Ми маємо комп'ютери, підключені до мережі. У мережі є спеціалізовані комп'ютери – так звані сервери, на яких розміщуються різні потужні ресурси. І ось тут з'являється ключовий термін – «хмара». Термін «хмара» (з англ. cloud) використовується для абстрактного опису віддаленого сервера з доступом через мережу. Коли потрібно позначити такі сервери схематично чи на мережесхематичних діаграмах, то зображують саме хмару. Пересічним користувачам хмару описують як усе те, що має доступ через мережу інтернет.

Коли кажуть, що щось зберігається у хмарі, то розуміється – на віддаленому сервері.

Система може бути за складом поділена на апаратні засоби і програмні засоби (софт). У найбільш загальному розумінні апаратні засоби (обладнання) – це фізичні компоненти, необхідні для функціонування системи. У випадку комп'ютера – це хард.

З урахуванням останніх тенденцій, комп'ютер – це будь-який пристрій для виходу в Інтернет + хмарні технології. Тобто на сьогодні це може бути, наприклад, мобільний телефон, планшет.

Без програмного забезпечення (софту) комп'ютер буде просто залізом, неспроможним виконувати будь-які завдання, і цікавим хіба що для науковців.

Без заліза саме по собі програмне забезпечення являє собою нематеріальну субстанцію – записи програмістів чи їхніх «геніальних» думок. На жаль, у такому нематеріальному вигляді ця субстанція не є корисною і тому не цікава для широкого кола користувачів.

Суть хмарних технологій полягає в тому, щоб користувач міг працювати в режимі онлайн з потрібними додатками (програмами), файлами незалежно від конкретного «заліза», на якому він працюватиме.

При цьому потужність комп'ютера, до речі, практично не відіграє ролі, тому що комп'ютер забезпечує лише зв'язок з хмарою, а працюють над хмарними завданнями потужні сервери постачальника хмарних послуг. Завдяки цим хмарним технологіям ви можете створювати документи, виконувати якусь роботу в режимі онлайн, а отримані результати зберігати знову ж таки в Інтернеті.

Отже, у режимі онлайн хмарні технології дають нам можливість:

- користуватися потрібними нам додатками (програмами), не встановлюючи їх у себе на комп'ютері чи іншій пристрої, що має вихід в Інтернет (звідси пішла назва «онлайн-додатки» або «онлайн-програми»);

- зберігати свої файли, документи та інші дані в Інтернеті (звідси назва «хмарні сховища»).

Потрібна нам програма (додаток) у режимі онлайн ніби «плаває у хмарі», при цьому важливе з'єднання з Інтернетом, а «залізо» наших комп'ютерів вже не так істотно для роботи з цим додатком, воно йде на другий план.

Один із розробників сервісів Яндекс вважає, що надалі сервіси Яндекс мають забезпечувати таку можливість кожному користувачеві, щоб він, почавши писати листа в будинку на своєму ноутбучі, потім продовжив це на своєму телефоні в дорозі, а відправив би його вже на роботі з планшета чи іншого пристрою.

З плюсами хмарних технологій і нашим світлим майбутнім ми розібралися. Тепер коротенько про мінуси «хмар» і про наше сьогодні.

Недоліки «хмар»:

- конфіденційність особистої інформації, що зберігається у хмарах, не найкраща. Хоча задля справедливості слід сказати, що звичайний комп'ютер, підключений до Інтернету, також легко може стати жертвою інформаційних шахраїв;

- якщо ми не матимемо доступу до Інтернету, то всі наші напрацювання та документи, що зберігаються в «хмарах», стануть нам недоступними;

- якщо господар «хмари» запровадить щомісячну плату за використання своєї хмари, то при простроченні платежу все «нажите непосильною працею» може безповоротно зникнути.

Звичайно, двох останніх неприємностей можна частково уникнути (точніше, «підстелити соломку»), якщо робити відповідні копії, яких, за законами Мерфі, чомусь не виявляється в той момент, коли ці копії найбільше нам потрібні.

Національним інститутом стандартів і технологій США (NIST – National Institute of Standards and Technology) [11] зафіксовані такі обов'язкові характеристики хмарних обчислень:

- самообслуговування на вимогу (self service on demand) – споживач самостійно визначає і змінює обчислювальні потреби, такі як серверний час, швидкість доступу та обробки даних, обсяг збережених даних без взаємодії з представником постачальника послуг;

- універсальний доступ мережею – послуги доступні споживачам мережею передавання даних незалежно від використовуваного термінального пристрою;

- об'єднання ресурсів (resource pooling) – постачальник послуг об'єднує ресурси для обслуговування великої кількості споживачів у єдиний пул для динамічного перерозподілу потужностей між споживачами в умовах постійної зміни попиту на потужності; при цьому споживачі контролюють тільки основні параметри послуги (наприклад обсяг даних, швидкість доступу), але фактичний розподіл ресурсів, що надаються споживачеві, здійснює постачальник (у деяких випадках споживачі все ж таки можуть управляти деякими фізичними параметрами перерозподілу,

наприклад вказувати бажаний центр обробки даних з міркувань географічної близькості);

- еластичність – послуги можуть бути надані, розширені, звужені в будь-який момент часу, без додаткових витрат на взаємодію з постачальником, як правило, в автоматичному режимі;

- облік споживання – постачальник послуг автоматично обчислює спожиті ресурси на певному рівні абстракції (наприклад обсяг збережених даних, пропускна здатність, кількість користувачів, кількість транзакцій), і на основі цих даних оцінює обсяг наданих споживачам послуг.

Крім того, розрізняють такі види хмарних сховищ.

Приватна хмара (private cloud) – інфраструктура, призначена для використання однією організацією, що включає кілька споживачів (наприклад підрозділів однієї організації), а також клієнтів і підрядників цієї організації. Приватна хмара може перебувати у власності, управлінні та експлуатації як самої організації, так і третьої сторони (або будь-якої їхньої комбінації), і вона може фізично існувати як всередині, так і поза юрисдикцією власника [11].

Прикладом таких сховищ можуть бути сховища на серверах окремих організацій, найбільш близький для нас – АТ «Укрзалізниця», що тримає величезну базу даних. Ця база містить інформацію про щоденну роботу транспорту, купівлю та продаж квитків, перевезення пасажирів, стан конкретних підрозділів.

Публічна хмара (public cloud) – інфраструктура, призначена для вільного використання широкою публікою. Публічна хмара може перебувати у власності, управлінні та експлуатації комерційних, наукових та урядових організацій (або будь-якої їхньої комбінації). Публічна хмара фізично існує в юрисдикції власника – постачальника послуг [11].

Прикладом таких сховищ можуть бути сховища на серверах закладів вищої освіти, окремий випадок – це репозитарії при бібліотеках. Ці

репозитарії дають доступ до великих масивів навчальної та наукової літератури.

Гібридна хмара (hybrid cloud) – це комбінація з двох або більше різних хмарних інфраструктур (приватних, публічних або суспільних), що залишаються унікальними об'єктами, але пов'язані між собою стандартизованими або приватними технологіями передавання даних і додатків (наприклад короткочасне використання ресурсів публічних хмар для балансування навантаження між хмарами) [11].

Суспільна хмара (англ. community cloud) – вид інфраструктури, призначений для використання конкретною спільнотою споживачів з організацій, що мають спільні завдання (наприклад місії, вимоги безпеки, політики, відповідності різним вимогам). Громадська хмара може перебувати в кооперативній (спільній) власності, управлінні та експлуатації однієї або більше з організацій співтовариства чи третьої сторони (або будь-якої їхньої комбінації), фізично існувати як всередині, так і поза юрисдикцією власника [11].

NIST розглядає Cloud Computing з точки зору трьох сервіс-моделей. Це набір компонентів для розроблення продукту: від налаштування низькорівневої інфраструктури до готових до використання бізнес-компонентів.

Infrastructure as a Service

Провайдер підтримує, замінює та фізично захищає сервери та інше залізо, отже це перестає бути проблемою для замовника.

Замовник опікується лише тими компонентами, що лежать над гіпервізером. Тобто він ізолюється від заліза, займається налаштуванням операційної системи, файловою системою сховища, деплою застосунка або контейнера. Як приклад, до рішень IaaS належать Compute Engine від Google та EC2 від Amazon, сервіси DigitalOcean провайдера.

Platform as a Service

Провайдер займається налаштуванням мережі, ОС, сховища тощо. Тут все залежить від потреби клієнта. Замовнику залишається «прошарок» для розгортання та запуску застосунка, де можна описати бізнес-логіку виконання.

Як приклад, можна підняти базу даних і відповідати за логіку наповнення БД, її модель, схему. У цьому випадку провайдер стежить за масштабуванням, розміром дисків, бекапом бази, балансуванням навантаження і т. д. Як приклади PaaS можна згадати Pub/Sub від GCP і Kinesis від Amazon, сервіси Heroku провайдера.

Software as a Service

Провайдер продає готовий до використання продукт, який можна кастомізувати в рамках наявної платформи. Таких продуктів багато. Це можуть бути сервіси для бізнес-аналітики, де не потрібно з нуля дбати про інфраструктуру та писати код-базу продукту, а можна використовувати наявний інтерфейс. Іншими прикладами є Google Apps, Salesforce, GitHub, Jira [20].

Контрольні запитання

1. Що розуміють під терміном «хмара»?
2. З чого складається система в загальному сенсі?
3. Поясніть терміни «хард» і «софт».
4. Які можливості дають хмарні технології?
5. Які недоліки хмарних технологій?
6. Вкажіть обов'язкові характеристики хмарних обчислень.
7. Які види хмарних сховищ розрізняють?
8. В чому різниця між публічною і суспільною хмарами?
9. Чому виникає необхідність створення гібридних хмарних сховищ?

Розділ 7

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

7.1. Штучний інтелект. Штучні нейронні мережі, базові складові та принцип роботи

Порівняти мислення людини зі штучним інтелектом можна виходячи з кількох загальних параметрів організації мозку та машини. Діяльність комп'ютера, як і мозку людини, включає чотири етапи: кодування, зберігання, аналіз даних і видачу результату. Мозок людини і штучний інтелект можуть самонавчатися залежно від даних, отриманих з навколишнього середовища. Також людський мозок і машинний інтелект вирішують проблеми (або завдання), використовуючи певні алгоритми.

Штучний інтелект (ШІ), машинне навчання та нейронні мережі – терміни, використовувані для опису потужних технологій, що базуються на машинному навчанні, здатних вирішити безліч завдань із реального світу.

На початку 1980-х років вчені в галузі теорії обчислень Барр і Файгенбаум запропонували таке визначення штучного інтелекту (ШІ).

Штучний інтелект (ШІ) – це сфера інформатики, що займається розробленням інтелектуальних комп'ютерних систем, тобто систем, які мають можливості, що ми традиційно пов'язуємо з людським розумом, – розуміння мови, навчання, здатність міркувати, вирішувати проблеми тощо.

Нейронна мережа (також штучна нейронна мережа, ШНМ) – математична модель, а також її програмна або апаратна реалізація, побудована за принципом організації та функціонування біологічних нейронних мереж – мереж нервових клітин живого організму.

Саме сукупність нейромереж утворює відділи нервової системи людини, що у свою чергу визначають усю діяльність, додають істоті розум, інтелект. Отже, мережа нейронів, що утворить людський мозок, будучи, як

і комп'ютерна мережа, системою рівнобіжної обробки інформації, у багатьох випадках виявляється більш ефективною. Ідея переходу від обробки закладеним у комп'ютері алгоритмом деяких формалізованих знань до реалізації в ньому властивих людині прийомів обробки інформації призвели до появи штучних мереж (ШМ).

В основу нейромереж покладена аналогія з живими організмами, а точніше з мозком людини. Нейромережі складаються з елементів, функціональні можливості яких аналогічні більшості елементарних функцій біологічного **нейрона** – нервової клітки. Створюючи нейронні мережі, людина намагається створити щось на кшталт живого організму.

Основним структурним елементом нервової системи є нервова клітка, чи нейрон. Через нейрони здійснюється передавання інформації від однієї ділянки нервової системи до іншої, обмін інформацією між нервовою системою і різними ділянками тіла. У нейронах відбуваються більш складні процеси обробки інформації. За їхньою допомогою формуються відповідні реакції організму (рефлекси) на зовнішні і внутрішні роздратування.

Усі нейрони пов'язані між собою нервовими волокнами, що передають електричні імпульси. Розрізняють волокна двох типів – дендрити й аксони.

Збудливість нейрона – це його здатність відповідати на синоптичний вплив потенціалом дії. Вона залежить від співвідношення двох параметрів – мембранного потенціалу і критичного рівня деполяризації. У нормальних умовах діяльності критичний рівень деполяризації нейрона відносно постійний, тому збудливість нейрона визначається в основному величиною мембранного потенціалу.

Штучні нейронні мережі демонструють дивну кількість властивостей, притаманних людському мозку. Вони навчаються на основі досвіду, узагальнюють попередні прецеденти на нові випадки і отримують істотні властивості з інформації, що надходить, відкидаючи зайві дані.

Незважаючи на таку подібність, ШНМ ще дуже далекі від дублювання властивостей людського мозку. Однак чудова подібність функціонування деяких ШНМ із біологічними прототипами говорить про можливість проникнення в людський інтелект вже в найближчому майбутньому.

При математичному описі нейромережі можна ввести додаткову термінологію: дендрит – вхід; аксон – вихід; нейрон – суматор сигналів на вході. Синапс – це зв'язок, що поєднує вихід одного нейрона з входом іншого. Сигнал, що проходить через нього, може посилюватися або слабшати. Параметром синапсу є вага – коефіцієнт, через який інформація, що передається з одного нейрона іншому, може змінюватися. Основне завдання – використання внутрішньої функції для одержання вихідної сили імпульсу на виході.

Нейромережа (штучна нейронна мережа (ШНМ) чи просто нейронна мережа) – набір нейронів, з'єднаних між собою дендритами й аксонами. У штучно створених нейромережах внутрішні функції нейронів (ще їх називають передатними) фіксовані, а всі параметри визначаються значеннями ваг синапсів.

7.2. Опис процесу роботи ШНМ. Структура нейронної мережі. Принципи навчання

Процес роботи мережі полягає в поданні визначеного набору чисел на вхід мережі й одержання закономірного набору на виході. Для зручності сукупність усіх параметрів називають вектором. У такий спосіб при поданні визначеного вектора на вхід нейромережа видає закономірний вектор на виході.

Нехай вхідними сигналами штучного нейрона $x_i (i=1, \dots, N)$ є вихідні сигнали інших нейронів, де кожний взятий зі своєю вагою $w_i (i=1, \dots, N)$ аналогічній синапсичній силі. Вхідний оператор f_{ex} розподіляє зважені

входи та подає їх на оператор активації f_a . Вихідний сигнал нейрона являє собою перетворений вихідним оператором $f_{вих}$ вихідний сигнал оператора активації. На рис. 7.1 зображено структуру штучного нейрона, запропоновану в роботі [10]. Отже, нелінійний оператор перетворення вектора вхідних сигналів у вихідний сигнал може бути записаний таким способом:

$$y = f_{вих}(f_a(f_{вх}(x, w))). \quad (7.1)$$

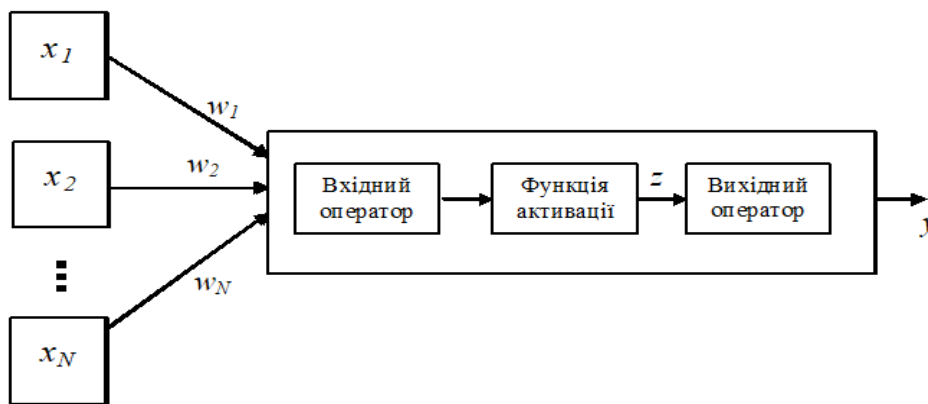


Рис. 7.1. Структура штучного нейрона

Вихідний сигнал такого нейрона є вхідним для наступного і т. д. Вибір конкретного виду активаційної функції специфічний для кожного виду ШНМ і залежить від задачі, що розв'язується.

Вхідний оператор (вхідна функція) задає вид перетворення зважених входів, що використовуються в нейроні. Відмінність гальмівних входів від збуджувальних позначається на знаках відповідних ваг. Вибір конкретного виду активуючої функції специфічний для кожного виду ШНМ і залежить від задачі, що розв'язується. Вихідний оператор служить для подання стану нейрона в бажаній області значень. Звичайно під вихідним нейроном розуміють сигнал після оператора активації.

Моделі штучних нейронів залежать від конкретних додатків. Тому синтез моделі в кожному окремому випадку є нетривіальним завданням.

З'єднані між собою нейрони утворюють ШНМ. Отже, ШНМ – пари (M, V) , де M – безліч нейронів, V – безліч зв'язків. Структура мережі задається у вигляді графа, у якому вершини є нейронами, а ребра являють собою зв'язки (з'єднання). Кожен нейрон мережі має вхідні ланцюги, причому їхня кількість є довільною.

У загальному випадку ШНМ складається з декількох шарів, серед яких обов'язково є вхідний, що одержує зовнішні сигнали, і вихідний, що відображує реакцію нейронів на комбінації вхідних сигналів. Крім того, у багатошарових ШНМ присутні ще приховані шари (рис. 7.2). Така пошарова організація є аналогом шаруватих структур, що визначаються у відділах мозку.

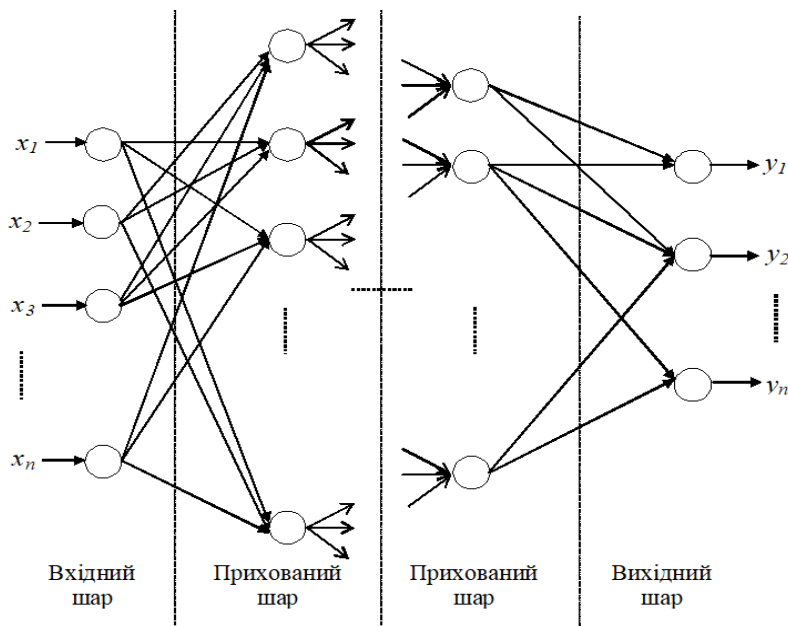


Рис. 7.2. Структура штучної нейронної мережі

Залежно від того, чи містить ШНМ зворотні зв'язки, розрізняють їхні такі топології:

1. ШНМ без зворотних зв'язків (прямого поширення):

- першого порядку;
- другого порядку.

2. ШНМ зі зворотними зв'язками (зворотного поширення, рекурентні):

- з прямими зворотними зв'язками;
- з непрямими зворотними зв'язками;
- з латеральними зв'язками;
- повнозв'язні.

Відмітними властивостями ШНМ є її навченість, що полягає у виробленні правильної реакції на пропоновані їй різні вхідні сигнали. Модель дізнається, які зв'язки між нейронами є важливими для успішного прогнозування під час навчання. На кожному етапі тренування мережа використовує математичну функцію, щоб визначити, наскільки точним був останній прогноз порівняно з очікуваним. Ця функція генерує серію значень помилок, що можуть використовуватися системою для розрахування того, як модель має оновлювати значення матриці вагових коефіцієнтів ($W = \{w_{ij}\}$, $i=1, N$), прикріплених до кожного посилення, з кінцевою метою підвищення точності прогнозів мережі. Існує багато можливостей навчання ШНМ:

- зміна конфігурації мережі шляхом утворення нових чи виключення деяких існуючих зв'язків між нейронами;
- зміна елементів матриці зв'язків (ваг);
- зміна характеристик нейронів (виду і параметрів активізаційної функції і т. д.).

Найбільшого поширення сьогодні отримав підхід, при якому структура мережі задається апріорно, а мережа навчається шляхом настроювання матриці зв'язків (вагових коефіцієнтів) W . Від того, наскільки вдало побудована ця матриця, залежить ефективність такої мережі. У цьому випадку навчання полягає у зміні за певною процедурою елементів матриці

W при послідовному поданні мережі деяких векторів, що навчають. У зв'язку з цим штучний нейрон може бути поданий у такому вигляді, як на рис. 7.3.

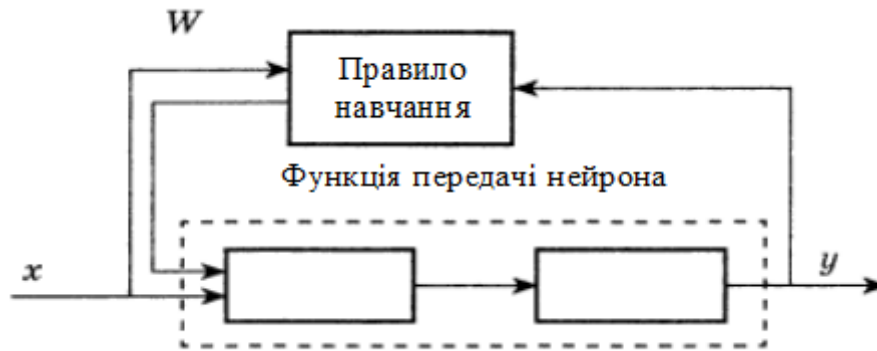


Рис. 7.3. Модель штучного нейрона

7.3. Історія розвитку технології штучного інтелекту

Нам здається, що технології штучного інтелекту з'явилися буквально вчора. І ми здивовано охоплюємо поглядом ледь не всі сфери нашого життя і всюди бачимо їх застосування. Це стрімке розповсюдження подається нам, як наднові досягнення науковців. Насправді ж поняття штучного інтелекту з'явилося ще в 1950-х роках, і основна проблематика з того часу суттєво не змінилася.

Щоб інтелект міг функціонувати, йому потрібна пам'ять. Саме цього ключового елемента не вистачало комп'ютерам аж до 1949 року для того, щоб говорити про якийсь інтелект. Вони могли виконувати команди, але не могли їх зберігати, як й інформацію про команди, які вони вже виконали. Велику роль також відігравала вартість користування такими комп'ютерами. Це було дуже дорогим задоволенням, доступним лише найпрестижнішим університетам і великим технічним компаніям. Для прикладу, вартість оренди одного комп'ютера на місяць коштувала в перерахуванні на сучасні гроші близько 200 тис. дол.

Для того щоб отримати суттєве фінансування, яке зробило б можливим серйозні дослідження у сфері штучного інтелекту, потрібно було надати хоча б якісь початкові результати у цьому напрямі, а не лише образи розумної комп'ютерної програми з наукової фантастики. Що ж стало першим? Програма «Логічний Теоретик» (англ. LogicTheorist), що імітувала людський підхід до розв'язання задач. Цей програмний продукт був поданий у 1956 році на науковій конференції в Дартмутському коледжі (Нью-Гемпшир, США). Саме тут власне і вигадали поняття «штучний інтелект».

Роки з 1957 до 1974 стали періодом розквіту штучного інтелекту. Комп'ютери ставали швидшими, дешевшими та доступнішими. Блоки пам'яті, що не менш важливо, могли зберігати все більше інформації. Подальшого розвитку і покращення зазнають алгоритми машинного навчання – комп'ютерні програми все краще розв'язували задачі. І ось у 1966 році було створено першого віртуального співрозмовника – Елізу. Саме вона стала прототипом сучасних чат-ботів і віртуальних асистентів.

Перші успіхи породили впевненість провідних вчених у великих перспективах штучного інтелекту – і галузь почала отримувати фінансування, у першу чергу державне. Наприклад, технології розпізнавання та перекладу розмовної мови викликали особливе зацікавлення дослідницького агентства при Міністерстві оборони США. На той час були дійсно високими оптимізм і очікування. Герберт Саймон, лауреат Нобелівської премії з економіки, у 1965 році писав: «Впродовж наступних 20 років машини навчатися виконувати будь-яку роботу, яку може виконати людина». Марвін Мінський, ще один провідний спеціаліст того часу в галузі штучного інтелекту, заявив у 1970 році, що «за три-вісім років у нас з'явиться машина з загальним інтелектом на рівні середньостатистичної людини».

Однак успішне застосування алгоритмів штучного інтелекту продемонстрували і величезну кількість перешкод на шляху до реального машинного інтелекту, так звані вузькі місця. Найбільш значущою перешкодою була недостатність в окремій машині обчислювальної потужності. Наприклад, для того щоб функціонувати як віртуальний співрозмовник, машина має запам'ятати значення багатьох слів і розуміти їхнє значення в багатьох поєднаннях. Це потребувало пам'яті, здатної зберігати необхідні обсяги інформації, і процесорів, що могли б ці обсяги швидко обробляти. Тодішні комп'ютери були просто не здатні на це. На зміну надвисокому інтересу прийшло розчаруванням, фінансування знизилось, як і кількість досліджень. І навіть період з 1974 року і до початку 1980-х назвали першою «зимою» штучного інтелекту.

Поява перших експертних систем, що давали змогу машинам імітувати процес прийняття рішень людиною-експертом, на короткий проміжок викликала відновлення інтересу до технологій машинного навчання. Був короткий період, коли японський і британський уряди, зацікавлені у відповідних технологіях, почали активно фінансувати галузь. Однак ненадовго. Друга «зима» штучного інтелекту почалася вже у 1987 році і тривала до 1993 року.

Проте відсутність державного фінансування та значної уваги суспільства не зупинила розвиток штучного інтелекту протягом 1990 – 2000-х років. Великі технічні компанії відіграли тут основну роль у розробленні технологій машинного навчання. І їм вдалося досягнути помітних успіхів на шляху до розумної машини. Визначною сенсацією 1997 року стала перемога комп'ютерної програма від ІВМ над діючим чемпіоном світу з шахів Гарі Каспаровим. Того ж року у Windows було впроваджено розробку компанії Dragon Systems – програмне забезпечення для розпізнавання мови, а у 2001 році команда дослідників з МІТ показала

першого соціального робота на ім'я Kismet, який вчився розпізнавати людські емоції. Машина демонстрували все нові і нові можливості.

Обмеження в потужності і швидкодії комп'ютерів перестали бути проблемою. Закон Мура про те, що пам'ять і швидкість комп'ютерів подвоюється щороку, діяв. І штучний інтелект отримав достатні обчислювальні потужності і можливості для нових звершень у галузі. Цікаво, що самі підходи до програмування штучного інтелекту не зазнали якихось революційних змін протягом останніх 30 років. Усі результативні впровадження алгоритмів машинного навчання, які ми можемо спостерігати в банківській справі, маркетингу, комп'ютерних іграх, робототехніці, розробленні віртуальних асистентів тощо, покладаються на величезні обсяги даних і комп'ютерні потужності, до яких ми маємо доступ сьогодні, і повний набір даних з метою пошуку закономірностей статистичними методами. А в статистиці, як відомо, чим більша і репрезентабельніша вибірка, тим достовірніший аналіз, і відповідно більш адекватний результат чи прогноз. Саме це і можна назвати фактичним вирішенням завдань грубою силою. Як приклад можна навести прорив у розпізнаванні штучним інтелектом об'єктів, зображених на картинках. Цей прорив стався після надання бази даних ImageNet, що налічує 14 мільйонів фотографій. Фотографій, що важливо, вручну промаркованих людьми (багатогадинна ручна праця), які вказали, що за об'єкти зображені на них.

На фоні цього не є дивними останні успіхи штучного інтелекту у сфері комп'ютерних ігор, коли машини обіграють світових чемпіонів у StarCraft та Dota 2. Вони з'явилися не лише завдяки такому класу алгоритмів машинного навчання, як навчання з підкріпленням (англ. reinforcement learning), а й можливості легко збирати, накопичувати і зберігати дані. Ефективність цих алгоритмів фактично базується на величезних комп'ютерних потужностях, доступних сьогодні, що дають змогу машинам симулювати десятки тисяч кроків комп'ютерної гри, протягом яких

алгоритм навчається на власних помилках і досягає рівня чемпіонів світу. Тобто нові завдання вирішуються в першу чергу можливістю переглядати величезну кількість варіантів подій – потужність, швидкодія і величезні обсяги даних.

Не можна сказати, що нічого інноваційного не трапляється в наш час. Наприклад, новий клас алгоритмів штучного інтелекту було запропоновано у 2014 році. Це генеративні змагальні мережі, які на сьогодні дають змогу створювати штучні зображення, що практично неможливо відрізнити від реальних фотографій. Через три роки стався прорив в алгоритмах штучного інтелекту, що займаються розпізнаванням і генерацією текстів, викликаний поданням нової моделі глибинного навчання під назвою «Трансформер». Машина навчилася генерувати цілі статті досить змістовного і логічного тексту на задану тематику. Це загрожує скороченням робочих місць в індустрії реклами, бо вже існують описи продуктів на сайтах і навіть рекламні слогани, створені алгоритмами штучного інтелекту [19]. Слід зазначити, що для реалізації цих продуктів використовуються мови JavaScript та PHP. Їх вивчення дає можливість студентами створювати інтерфейс програм [25].

7.4. Сфери застосування технології штучного інтелекту

Звичайні програмні комплекси стають інтелектуальними з поступовим входженням штучного інтелекту у всі галузі людської діяльності (рис. 7.4).

Штучний інтелект у мережі Інтернет. Вимовляючи «Окей, Гугл» або «Привіт, Сірі», ви щоразу звертаєтеся до штучного інтелекту у вашому смартфоні. Які його можливості? Він здатний розпізнати в сигналі з мікрофона звернення до нього і відрізнити його серед інших голосових повідомлень.

Штучний інтелект на залізниці. Розвиток штучного інтелекту сприяв появі різних інтелектуальних можливостей для залізничного транспорту і призвів до збільшення потреби в оновленні системи. Спочатку зусилля були сконцентровані на збільшенні пропускної здатності. Надалі пріоритети змінилися, і зараз головні напрями розвитку інтелектуальних додатків для залізничного транспорту – це підвищення безпеки та якості обслуговування. Цією концепцією визначаються мета, базові принципи та завдання розвитку технологій штучного інтелекту в Україні. Концепція спрямована на підвищення конкурентоспроможності України за рахунок використання технологій штучного інтелекту у всіх сферах діяльності загальнодержавного значення, зокрема на залізниці.

Україна є членом Спеціального комітету зі штучного інтелекту при Раді Європи (AD HOC COMMITTEE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE), у жовтні 2019 року приєдналася до принципів Організації економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) з питань штучного інтелекту (OECD, Recommendation of the Council on Artificial Intelligence, OECD/LEGAL/0449) [23].

У 2021 році АТ «Укрзалізниця» запустила офіційний чат-бот у Viber, Telegram, Facebook Messenger з функцією продажу квитків і в Apple Messages для бізнесу [24] (рис. 7.5).



Рис. 7.5. Чат-боти АТ «Укрзалізниця»

У рамках ініціативи Digitale Schiene Deutschland (DSD), спрямованої на цифровізацію управління та забезпечення безпеки руху поїздів на залізницях Німеччини (DB), ведеться розроблення механізму штучного інтелекту (ШІ) для пошуку рішень щодо оптимального планування графіка руху, підвищення пропускної здатності залізничної мережі та мінімізації запізнь поїздів. За попередні роки сформовано основи застосування ШІ в системі автоматизованого диспетчерського управління пропускною здатністю і перевізним процесом (CTMS, Capacity & Traffic Management System) і розроблено відповідний прототип. Тепер DB Netz та InstaDeep підписали угоду про довгострокове (до семи років) партнерство, мета якого полягає у створенні ядра ШІ системи CTMS з використанням методу глибинного навчання з підкріпленням (Deep Reinforcement Learning). Планується створення ШІ, що навчається та імітує моделі реальної залізничної мережі, накопичує досвід розв'язання різних моделей від стандартних ситуацій, що виникають з поточної експлуатації, до ситуацій, які можуть виникнути в майбутньому. Функціонал штучного інтелекту має охоплювати все коло завдань і можливих сценаріїв роботи системи CTMS, потрібних для реалізації високоавтоматизованого режиму роботи залізниць. Планується, що в поєднанні з логікою забезпечення безпеки, поїздоцентричністю і бортовими засобами розпізнавання навколишнього середовища система зможе забезпечити планування та регулювання до 40 тис. рейсів повністю автоматизованих поїздів щодобово [21].

Наразі компанія Advantech (одна з провідних світових компаній постачальників надійних інноваційних платформ, послуг і рішень) використовує ШІ, LiDAR і технології бездротового зв'язку в реальному часі для створення інтелектуальних рішень для виявлення перешкод, перевірки пантографа та дистанційного моніторингу зчеплення поїздів. Крім того, використовуючи програми штучного інтелекту і LiDAR, а також

автоматичне управління поїздами, оператори можуть будувати моделі управління, орієнтовані на інтелектуальні операції [22].

Штучний інтелект у медицині та охороні здоров'я. На жаль, тут людський фактор, що призводить до помилок, особливо небезпечний і максимально розчаровує пацієнтів. Хто з людей старшого покоління хоча б один раз не шукав свою картку по кабінетах лікарів. Зараз завдяки комп'ютерним системам доступ до інформації більш захищений і доступний домашньому лікарю, якщо є можливість підключитися до Інтернету. Крім того, системи штучного інтелекту допомагають розшифровувати діагностичні результати, наприклад знімки УЗД, рентгену, томографа та іншого медобладнання. Інтелектуальні системи можуть навіть за наявності ознак у пацієнта визначати хворобу, пропонувати оптимальні варіанти лікування. Більш широкі можливості з'явилися у кожного завдяки програмам-помічникам здорового способу життя, які можна знайти в магазині програм Гугла. Тепер, щоб визначити рівень стресу людини, досить торкнутися дисплея телефону пальцями. І ці програми зчитують пульс і температуру тіла та підкажуть за потреби, як її знизити.

Штучний інтелект у мережевому маркетингу. Багатьом вже знайома реклама Гугла. Основна її властивість – релевантність, тобто ступінь відповідності, актуальності і достовірності, або здатність максимально задовольнити користувача, що досягається за рахунок ШІ. Завдяки цій рекламі ритейлери пропонують товари та послуги відповідно до інтересів користувача. Системи аналітики вивчають поведінкові метрики користувача, визначають його купівельні уподобання та показують релевантні (на їхню думку) пропозиції.

Штучний інтелект у промисловості. Штучний інтелект, аналізуючи дані з різних виробничих ділянок, може регулювати навантаження на обладнання. Крім того, інтелектуальні машини використовуються для прогнозування попиту в різних галузях промисловості.

Штучний інтелект в управлінні бізнесом. Інтелектуальні алгоритми здатні проаналізувати бізнес-процеси компанії за десятками параметрів. Наприклад, система Sber Process Mining виявляє аномалії, які не лежать на поверхні, знаходить точки зростання, передбачає появу збою.

Система дає можливість співробітникам і керівникам вирішувати різні управлінські завдання:

- покращувати роботу на всіх етапах організації продажів;
- підвищувати конверсії;
- скорочувати витрати, збільшувати прибутки;
- стежити за якістю обслуговування, підвищувати рівень задоволеності клієнтів;
- підвищувати ефективність бізнес-процесів.

Застосування моделей штучного інтелекту допомагає вибрати правильну бізнес-стратегію. При цьому моделюються сценарії розвитку компанії в різних зовнішніх умовах з урахуванням існуючих трендів і змін, які ви плануєте запровадити.

Штучний інтелект у побудові мережевих філій. Уже існує технологія штучного інтелекту, що називається location intelligence. Вона дає можливість знайти оптимальне місце для відкриття магазину, салону чи філії за такими етапами:

- нейромережа збирає дані про існуючі підрозділи;
- визначає їхні ефективність і потенціал;
- аналізує запити клієнтів та активність конкурентів;
- досліджує статистику по регіонах, місцях і локаціях усередині кожного міста.

Провівши такий аналіз, штучний інтелект видає оцінку завантаження уже існуючих точок і рекомендації з обґрунтуванням ефективності і доцільності щодо відкриття нових.

Штучний інтелект у сфері фінансів. У фінансах штучний інтелект застосовують для прогнозування ризиків, проведення аудиту, виявлення шахрайства. Програма, що працює на штучній нейромережі, оцінює, наскільки транзакція «нормальна», базуючись на інформації з багатьох джерел. При цьому використовуються максимально всі доступні джерела. Ураховується не лише надійність та історія транзакцій продавця, але навіть типовість покупки для покупця та його місцезнаходження, а також час доби. Штучні нейромережі покращують якість сервісу та забезпечують індивідуальний підхід до кожного споживача. Розумні технології виявляють шахрайства з банківськими картками, дають персональні поради та допомагають підібрати товар.

Штучний інтелект в ігровій промисловості та освіті. Штучний інтелект активно застосовується творцями ігор. Тут можна говорити як про позитивні тенденції, наприклад програми для вивчення іноземних мов, впровадження розумних машин в освітні процеси більшості країн, так і негативні – збільшення клієнтів ігрових програм, розроблення стимулів з захоплення і утримання уваги клієнтів.

Штучний інтелект в обороні та військовій справі. Розпізнавання зображень для можливості ідентифікації людини покращується швидкими темпами, але це в ідеальних умовах. Розробляється технологія для управління безпілотними винищувачами та ведення повітряного бою. Також розробляються системи прицілювання для танків, здатні помітити закамуфльовані цілі. У наш непростий час штучний інтелект, як і військово-промисловий комплекс у цілому, допоможе підвищити обороноздатність країн, але завжди потрібно пам'ятати, що він може стати і зброєю терору.

Живопис. Відео. Література За допомогою штучного інтелекту, розроблено III DeepDream, що створювали для розпізнавання облич, але в цього продукту виявилися здібності до сюрреалістичного живопису. Розробники відкрили сайт, на якому будь-хто охочий може у співпраці зі

штучним інтелектом створити дивовижне полотно. Нейромережа пише картини в різних стилях. Щоправда, вигадувати сюжети вона поки що не вміє і просить допомоги в людини. Нейромережа ШІ, створена Google та Facebook, може «змусити» людину на екрані вимовити будь-які слова, зобразити весь спектр емоцій. Зараз такі ролики можна бачити в YouTube, TikTok. Фактично для їхнього створення не потрібна професійна підготовка. А ось уже людина з професійною підготовкою за допомогою нейромережі може навіть замінити одного актора на іншого в уже знятому фільмі. І зворотна сторона медалі – штучний інтелект відкриває можливості не лише для кінематографістів, а й творців фальшивок.

Нейромережа від Facebook вміє писати вірші, ідеально витримуючи розмір і ритм, підбираючи гарні рими. Читачі лише в половині випадків зуміли розпізнати згенеровані комп'ютером рядки, але до справжніх поетів штучному інтелекту далеко. Машина поки що не навчилася передавати емоції та вкладати сенс у віршовані твори. Яндекс теж запусив «Автопоет», який створював поезії з пошукових запитів користувачів. Деякі не можна читати без посмішки. Важко повірити, що їх вигадала нейромережа, позбавлена почуття гумору! Компанія Narrative Science розробила електронного журналіста. Поки що статті прості за змістом, але керівництво компанії з оптимізмом дивиться в майбутнє і вірить, що до 2025 року до 90 % текстів в інтернеті будуть написані за допомогою машинного інтелекту. 2016 року книга «День, коли комп'ютер напише роман» вийшла у фінал японської літературної премії імені Хосі Сін'їті. Цей твір майже повністю створив штучний інтелект.

Основні проблеми ШІ. Штучний інтелект, як і все в цьому світі, не ідеальний. Його можливості не безмежні. Ось його основні проблеми:

- для навчання машин необхідні відповідно підібрані масиви даних. Це означає, що будь-які неточності або невідповідність інформації цільовому призначенню сильно позначаються на кінцевому результаті.

Наприклад, якщо в нашій вибірці даних для побудови моделі діагностики конкретної хвороби чисельно переважають дані про білих жінок віком від 30 до 40 років, а чоловіки азіати віком від 40 до 50 мало представлені, то найкраще і найбільш адекватно така модель буде працювати при діагностуванні саме білих жінок відповідного віку. І буде практично не придатна для чоловіків від 40 до 50 з Азії;

- інтелектуальні системи обмежені певним видом діяльності. Для сфери медицини це означає окрему вибірку даних, окреме навчання ІІІ не тільки для кожної окремої хвороби, але і певних груп населення. У фінансових і аудиторських послугах розумна система, налаштована на виявлення шахрайства у сфері оподаткування, не зможе виявляти махінації в банківській сфері. Ми маємо справу з вузькоспеціалізованими програмами, яким ще далеко до багатозадачності людини;

- для забезпечення «життєдіяльності» інтелектуальних машин потрібна ціла команда фахівців, а також великі обчислювальні ресурси. Можливість створення штучного інтелекту є тільки в гігантів ІТ або ж державних наукових центрів.

На основі вищесказаного можна зробити невтішний висновок. Хоча віртуальні асистенти спілкуються все краще, і здається, що безпілотні автомобілі – це питання найближчих років, однак створення справжнього штучного інтелекту, який би за своєю універсальністю та ефективністю прирівнювався до інтелекту середньостатистичної людини, усе ще залишається невирішеним завданням. Ба більше, провідні вчені у сфері штучного інтелекту мають дуже туманні уявлення щодо того, у якому напрямку варто рухатися науці, аби врешті наблизитися до створення розумних машин. Очевидно, що методи, якими наразі вирішуються, наприклад завдання з розпізнавання об'єктів на картинках, не можуть бути єдиним інструментом при створенні універсального штучного інтелекту. Якщо лише для цього одного завдання знадобилися мільйони вручну

зроблені маркування, то скільки знадобиться для вирішення всіх інших завдань, що під силу людському інтелекту [17, 18]?

Контрольні запитання

1. Що розуміють під терміном «штучний інтелект»?
2. Що розуміють під терміном «штучна нейронна мережа»?
3. Структура нейронної мережі.
4. Основні етапи розвитку технології штучного інтелекту.
5. Сфери застосування технології штучного інтелекту.
6. Що необхідно створити для навчання штучного інтелекту? Чи завжди можна покластися при створенні масивів даних на комп'ютер?
7. Чому інтелектуальні системи обмежені видом діяльності, для якої вони створені?
8. Які можливості відкриваються у сфері соціальних мереж завдяки штучному інтелекту?
9. Як використовуються технології інтелектуальних систем у залізничному транспорті?
10. Які недоліки має штучна нейронна мережа в обслуговуванні?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мінухін С. В., Кавун С. В., Знахур С. В. Комп'ютерні мережі. Загальні принципи функціонування комп'ютерних мереж: навч. посіб. Харків: Вид. ХНЕУ, 2008. 210 с.
2. Нікітюк Л. А. Архітектура інформаційних мереж: навч. посіб. / за ред. М. В. Захарченка. Одеса: УДАЗ ім. О. С. Попова, 2000. 60 с.
3. Воробієнко П. П., Каразей В. М., Скопа О. О. Протоколи міжмережної взаємодії. Одеса: УДАЗ ім. О. С. Попова, 1999. 50 с. (Сер. навчальних посібників «Телекомунікаційні системи та мережі», вип. 1).
4. Воробієнко П. П., Нікітюк Л. А., Резніченко П. І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: підруч. для вищ. навч. закл. Київ: САММІТ-Книга, 2010. 708 с.
5. Захарченко М. В. Системи передавання даних. Т. 1. Завадостійке 3-38 кодування : підручник [для студ. вищ. техн. навч. закл.]. Одеса: Фенікс, 2009. 448 с.
6. Сторчак К. П., Ткаленко О. М. Системи розподілу інформації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ: ДУТ, 2018. 98 с.
7. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навч. посіб. для студ. спец. 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
8. Банкет В. Л., Іващенко П. В., Іщенко М. О. Завадостійке кодування в телекомунікаційних системах. Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2011. 100 с.
9. Бантюков С. Є., Пенкіна О. Є., Піскачова І. В. Мережеві інформаційні технології: конспект лекцій з дисципліни «Інформаційні системи та технології». Харків: УкрДУЗТ, 2016. 46 с.

10. Руденко О. Г., Бодянський Є. В. Штучні нейронні мережі: навч. посіб. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. 404 с.
11. Хмарні технології. Переваги і недоліки. Компанія «Валтек». URL: <https://valtek.com.ua/ua/system-integration/it-infrastructure/clouds/cloud-technologies>.
12. Технологія. Опис стандарту бездротових мереж Bluetooth. URL: https://crossgroup.su/solutions/data_transfer/bluetooth.html.
13. Безпека та відеоспостереження. Перспективи Bluetooth Mesh для розумного будинку. URL: <https://oxorona.com/bluetooth-mesh/>.
14. Що таке модуляція і різновиди модульованих сигналів? URL: <https://conture.by/post/422>.
15. Що таке технологія NFC і як вона з'явилася? Сайт «Смарт-карти України» – компанії з продажу та впровадження RFID-систем будь-якого рівня складності. URL: <https://idcard.com.ua/ua/blog/chto-takoe-tehnologiya-nfc-istoriya-ee-vozniknoveniya/>.
16. Бездротовий інтерфейс. Як працює NFC, Bluetooth і чому повернувся ІК-порт? Сайт компанії «Сота хата». URL: <https://sotahata.com.ua/wireless-technology.html>.
17. 17 прикладів застосування штучного інтелекту у повсякденному житті. Technologies & Science Blog. Proudly powered by WordPress | Theme: DuperMag by Acme Themes. URL: <https://futurenow.com.ua/5-prykladiv-shtuchnogo-intelektu-u-shhodennomu-zhytti/>.
18. ТОП-3 технології майбутнього, які змінюють логістику. ТРАНС.ЄУ Україна. Логістична Платформа. Trans.eu. URL: <https://www.trans.eu/ua/blog/lohistyka-4-0/technologii-majbutniogo/>.
19. Койдан К. Коротка історія штучного інтелекту. *Український тиждень*. 22 Червня 2020. URL: <https://tyzhden.ua/korotka-istoriia-shtuchoho-intelektu/>.

20. Швидкий Ю. Як використовують хмари в ІТ: все, що ви хотіли знати про хмарні технології. Електронне видання: Highload. Розділ: Хмари 19/12/2022. URL: <https://highload.today/uk/blogs/yak-vikoristovuyut-hmari-v-it-vse-shho-vi-hotili-znati-pro-hmarni-tehnologiyi/>.

21. Гузенко С. Чому сучасна логістика неможлива без якісної інтеграції даних. Електронне видання: Центр Транспортних стратегій. Розділ: думки. 10 травня 2023. URL: <https://cfts.org.ua/>.

22. Розвиток інтелектуального транспорту за допомогою штучного інтелекту, 5G та граничних обчислень. Інтерв'ю з Ван Ліном та Кунхонг Ченом. 11.08.2022. Електронне видання: ПРОКСИС™ промислові комп'ютери і системи. URL: <https://www.proxis.ua/uk/show-article/531/>.

23. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. № 1556-р. *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>.

24. Криклій В. Укрзалізниця запустила чат-бот у Viber та Telegram з функцією продажу квитків. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/ukrzaliznicya-zapustila-chat-bot-u-viber-ta-telegram-z-funkciyeyu-prodazhu-kvitkiv-vladislav-kriklij>.

25. Бутенко В. М., Павленко Є. П., Головка О. В. Інженерія програмного забезпечення. WEB-програмування: навч. посіб. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 99 с. URL: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/2218/1/%D0%9D%D0%9F.pdf>.

26. Шайгородський М. О. Nikolay.in.ua. URL: <http://nikolay.in.ua/navchaemos/windows-xp/merezhni-tekhnologiji/62-vvedennya-v-merezhni-tekhnologiji>.

Навчальний посібник

Бантюкова Світлана Олександрівна,
Головко Олександра Володимирівна,
Пенкіна Ольга Євгеніївна

КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖЕВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Частина 2

Відповідальний за випуск Головко О. В.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 07.06.2023 р.
Умовн. друк. арк. 7,0. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.