

### **Розділ 3. Моделі системного опису мережевої архітектури**

У цьому розділі для стислості будемо використовувати узагальнюючі терміни «мережа зв'язку» (або просто «мережа»), маючи на увазі, відповідно до контексту, навантажену або ненавантажену телекомунікаційну мережу.

#### **3.1. Поняття архітектури мережі**

Усі мережі зв'язку належать до класу об'єктів, які називають великими чи складними системами. Складні системи за своїм складом є гетерогенними, тобто характеризуються величезною кількістю неоднорідних елементів і зв'язків між ними. Вивченням та дослідженням складних систем, як відомо, займається наука *системологія*.

Мережам зв'язку властиво мати всі ознаки складних систем і підпорядковуватися відповідним їм закономірностям. Перелічимо найбільш характерні з них.

**Ієрархічність** – розташування частин та елементів цілого в порядку від вищого до нижчого. Дотримуючись цієї закономірності, ми можемо розчленовувати мережу на окремі підмережі (сегменти) нижчого порядку. Наприклад, глобальна мережа може бути представлена сукупністю територіальних мереж різного масштабу: континентальних, регіональних, міських, локальних та ін.

**Комунікаційність** – закономірність, яка вказує на численність зв'язків (комунікацій) системи: зовнішніх – з навколишнім середовищем і внутрішніх – із власними

підсистемами та елементами. Це означає, що мережу будь-якого рівня ієрархії не можна розглядати ізольовано, без урахування факторів, які впливають ззовні (вищерозташованих систем) і, водночас, не можна розчленовувати її без урахування типу взаємозв'язку підмереж й елементів нижчого порядку.

**Емергентність** – закономірність, що полягає в прояві системою інтегрованої риси – цілісності, яка не притаманна окремим її елементам. Так, наприклад, у мережі ми можемо виокремити такі функціонально важливі й відносно незалежні підсистеми, як система мережевих застосовань, транспортна система, система керування мережею та ін. Жодну з цих систем не можна ототожнити з мережею зв'язку в цілому, і тільки їх взаємозв'язок відображає це поняття. З іншого боку, розглядаючи та вивчаючи структури окремих підсистем, ми поглиблюємо своє уявлення про систему.

Системний підхід, системний аналіз, як наукові методи пізнання, засновані на методологічних принципах системології, передбачають, насамперед, усебічний розгляд складної системи в багатьох аспектах. Для кожного аспекту до уваги береться група найбільш типових елементів і визначається різновид зв'язків між ними, які створюють певну, окрему структуру системи.

Процес побудови ряду окремих структур системи має назву «**структуризація**».

Отримані в результаті структуризації окремі структури системи взаємопов'язані між собою. Щоб відобразити міжструктурні зв'язки, ізольовані структури розташовують у певному порядку, наприклад, ієрархічному, де ієрархія

відбудовується відповідно до пріоритету аспектів дослідження системи.

Структуризація складної системи не піддається формалізації та є творчим процесом, тому її часто ототожнюють з найдавнішим мистецтвом проектування й будівництва – архітектурою.

Отже, **архітектура** – це *багаторівневий опис системи, отриманий шляхом структуризації*.

Уявлення про будову та функціонування мережі зв'язку, як складної системи, також може бути сформовано в результаті формування та дослідження її архітектури. При цьому доцільним є розгляд таких відокремлених структур:

- *топологічної*, яка визначає розташування пунктів мережі та ліній зв'язку;
- *організаційної*, яка визначає тип, призначення, статус елементів мережі залежно від виконуваних ними функцій;
- *логічної*, яка описує роботу мережі на рівні взаємодії мережевих функцій та правил встановлення зв'язку між кінцевими системами, взаємодіючими через телекомунікаційну мережу;
- *фізичної*, яка відображає фізичні пристрої та програмні засоби, в котрих реалізовано функціональні елементи мережі, фізичні середовища передавання сигналів.

Кожна з конкретних структур може бути відповідно змодельована. Модель дозволяє відобразити *найбільш важливі компоненти та зв'язки об'єкта*, і не враховувати несуттєві, відповідно до мети дослідження, деталі.

Сукупність таких моделей будемо називати **системним описом мережевої архітектури** (див. рис. 3.1).

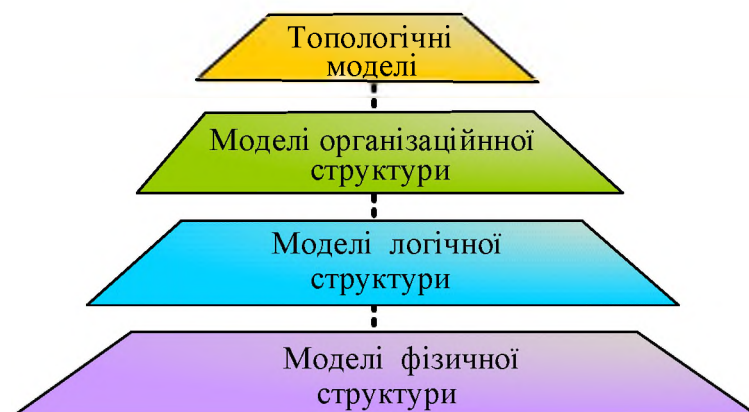


Рисунок 3.1. Системний опис мережевої архітектури

Нижче розглядаються деякі узагальнені моделі системного опису мережевої архітектури, які дозволяють з'ясувати загальні принципи побудови мереж.

### 3.2. Моделі топологічної структури

На рівні найбільш узагальненого уявлення, будь-яка мережа складається з сукупності *пунктів* і з'єднуючих їх *ліній*, взаємне розташування яких характеризує зв'язність мережі та здатність забезпечувати інформаційний обмін між різними адресатами. Така відокремлена структура мережі має назву «**топологія**».

Розрізняють топології *фізичних зв'язків* і *логічних зв'язків*.

## Топологія фізичних зв'язків

**Топологія фізичних зв'язків** відображає схему з'єднань елементів мережі.

Для дослідження топологічних особливостей мережі її зручно зображувати у вигляді *точок* і з'єднуючих їх *дуг*. Така геометрична фігура має назву **граф**. Точки в графі називають *вершинами*, а дуги, якщо не враховується їх спрямованість, – *ребрами*. Граф є моделлю топологічної структури мережі.

Вибір топології – це завдання, вирішення якого є першочерговим при побудові мережі. Він здійснюється з урахуванням таких вимог, як *економічність* і *надійність* зв'язку.

Задача вибору топології мережі вирішується порівняно нескладно, якщо відомим є набір *типових топологій* (*примітивів*), які можна використовувати як окремо, так і в комбінації.

Розглянемо ряд таких типових топологій (назвемо їх базовими) та охарактеризуємо їх особливості.

**Топологія «точка - точка»** є найбільш простим прикладом базової топології й уявляє собою сегмент мережі, який зв'язує фізично й логічно два пункти (рис. 3.2).

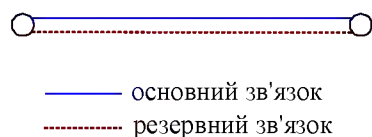


Рисунок 3.2. Топологія "точка - точка"

Надійність зв'язку в такому сегменті може бути підвищена за рахунок долучення

резервного зв'язку, який забезпечує стовідсоткове резервування, яке називають **захистом типу 1 + 1**. У разі

виходу з ладу основного зв'язку мережа автоматично під'єднується до резервного. Незважаючи на всю простоту, саме ця базова топологія найбільш широко використовується при передачі великих потоків інформації високошвидкісними магістральними каналами, наприклад, трансокеанськими підводними кабелями, які обслуговують цифровий телефонний трафік. Вона також використовується як складова частина радіально-кільцевої топології (у якості радіусів). Топологія «точка-точка» з резервуванням типу 1+1 може розглядатися як варіант топології «кільце» (див. нижче).

**Деревоподібна топологія** може мати різні варіанти (рис. 3.3).

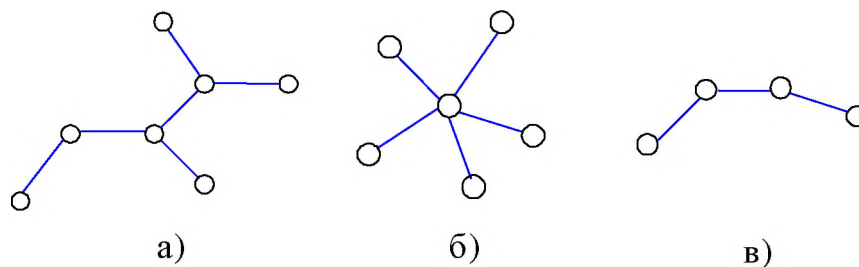


Рисунок 3.3. Деревоподібна топологія:  
а - дерево, б - зірка, в - ланцюг

Особливістю сегменту мережі, що має деревоподібну топологію, будь-якого з перелічених варіантів, є те, що зв'язність  $n$  пунктів на рівні фізичної топології тут досягається числом ребер  $R = n-1$ , що забезпечує високу економічність такої мережі. На логічному рівні, кількість зв'язних шляхів передавання інформації між кожною парою пунктів у такому сегменті завжди дорівнює  $h=1$ . З точки зору надійності, це досить низький показник. Підвищення надійності в таких

мережах досягається введенням резервних зв'язків (наприклад, захисту типу 1 +1).

Деревоподібна топологія застосовується в локальних мережах, мережах абонентського доступу.

**Топологія «кілеце»** (рис. 3.4) характеризує мережу, в якій до кожного пункту приєднано дві (і тільки дві) лінії. Кілецева топологія широко використовується в локальних мережах, у сегментах міжвузлових з'єднань територіальних мереж, а також у мережах абонентського доступу, організованих на базі волоконно-оптичного кабелю.

Число ребер графа, яке відображає фізичну топологію, дорівнює кількості вершин:  $R = n$  і вказує на порівняно незначні витрати на мережу.

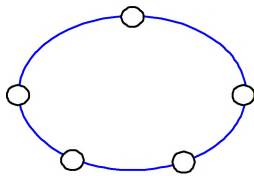


Рисунок 3.4. Топологія  
"кілеце"

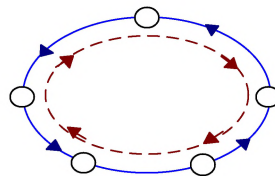


Рисунок 3.5. Топологія  
"подвійне кілеце"

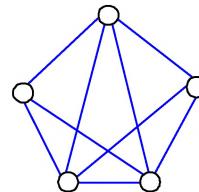


Рисунок 3.6. Повнозв'язна  
топологія

На логічному рівні між кожною парою пунктів можна організовувати  $h=2$  незалежних зв'язних шляхи (прямий та альтернативний), що забезпечує підвищення надійності зв'язку в такому сегменті, особливо при використанні резервування типу 1 +1, так званого «подвійного кілеця» (рис. 3.5). Подвійне кілеце утворюється фізичними з'єднаннями між парами пунктів, при яких інформаційний потік направляється в двох протилежних напрямках (східному та західному), причому один напрям використовується як основний, другий – як резервний.

Повнозв'язна топологія (рис. 3.6) забезпечує фізичне та логічне з'єднання пунктів за принципом «кожен з кожним». Граф, який включає  $n$  вершин, містить  $R = n(n-1)/2$  ребер, що впливає на високу вартість мережі. Кількість незалежних зв'язних шляхів між кожною парою пунктів у такому сегменті мережі дорівнює  $h = n-1$ . Повнозв'язна топологія на логічному рівні забезпечує максимальну надійність зв'язку завдяки можливості організовувати велику кількість обхідних шляхів. Така топологія притаманна територіальним мережам при формуванні сегментів базових і опорних (магістральних) мереж. Максимальної надійності зв'язку в сегменті можна досягти, використовуючи на обхідних напрямках альтернативні середовища поширення сигналів (наприклад, волоконно-оптичний кабель і радіорелейна лінія).

**Коміркова топологія** (рис. 3.7). Кожен пункт сегмента має безпосередній зв'язок із невеликою кількістю пунктів, найближчих за відстанню.

При великій кількості вершин число ребер  $R \approx r n/2$ , де  $r$  - кількість ребер, інцидентних кожній вершині. Коміркові сегменти мають високу надійність зв'язку при меншій кількості ребер у порівнянні з повнозв'язним сегментом.

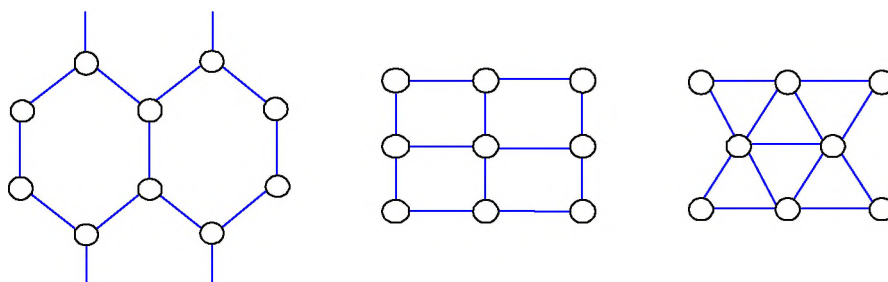


Рисунок 3.7. Комірчасті топології



Використання повнозв'язної та коміркової топологій є доцільним лише в сегментах із високою концентрацією трафіку, тому що їх реалізація пов'язана зі значними витратами.

**Складні (змішані) топології.** Реальні мережі часто мають складні топології, що є розширеннями та/або комбінаціями базових фізичних топологій (рис. 3.8). За рахунок використання складних топологій вдається забезпечувати вимоги до *розширюваності* та *масштабованості* мереж (ці питання розглядаються в розділі 5).

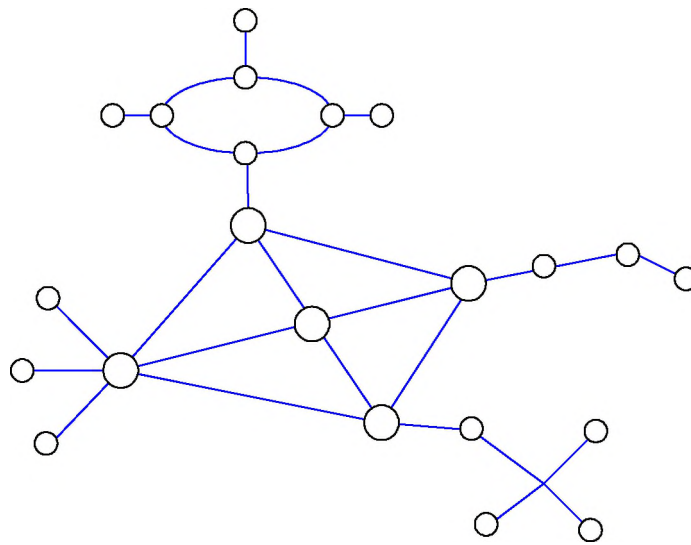


Рисунок 3.8. Складна мережева топологія

### ***Топологія логічних зв'язків***

**Топологія логічних зв'язків** дає уявлення про шляхи переміщення інформаційних повідомлень у мережі від джерел до одержувачів відповідно до адресної інформації. Зв'язані

шляхи можуть бути визначені лише в зв'язних фізичних топологіях (методи знаходження зв'язуючих шляхів із урахуванням різних критеріїв розглядаються в п. 6.4).

Під *зв'язуючим шляхом* розуміють послідовність ліній і вузлових пунктів, через які проходить маршрут перенесення інформації в мережі.

*Маршрут*, у свою чергу, вказує на спрямованість шляху (траєкторію перенесення інформації по мережі).

Сукупність потоків інформації (службової та призначеної для користувача), які переміщаються в мережі за певними маршрутами та навантажують мережу протягом певного інтервалу часу, називається **мережевим трафіком**.

Таким чином, топологія логічних зв'язків є адекватною *плану розподілу потоків мережевого трафіку*.

Узагальнено **планом розподілення потоків у мережі** називають суперпозицію (накладання) маршрутів передачі інформації, визначених у мережі для кожної пари джерело-одержувач.

Елементами моделі логічної топології є *логічні вузли* та *маршрути*, які їх поєднують.

**Логічними вузлами**, або далі скорочено **вузлами** (Nodes) мережі на рівні топології логічних зв'язків називаються будь-які фізичні пристрої, яким призначені адресні ідентифікатори.

Вузол може бути комп'ютером (робочою станцією або сервером), комунікаційним пристроєм, мережним принтером – будь-яким пристроєм з *мережним інтерфейсом* (встановленою мережевою платою (Network Interface Card, NIC)).

Вузол, у якому не передбачено виконання функцій вузлових пунктів (концентрації, мультиплексування, комутації або маршрутизації), називається *хостом*.

**Хост** (Host) – це вузол, який є кінцевою системою мережі і не може виконувати функції транзитного вузлового пункту. Для уточнення саме цього аспекту далі у тексті замість терміна «вузол» використовуватиметься термін «хост».

ПРИМІТКА. До відома, термін «хост» широко використовується в Інтернеті. Усі комп'ютери з унікальними IP-адресами та доменними іменами, які призначено для виконання програм користувачів та під'єднано до глобальної мережі, традиційно називаються хостами.

**Адресні ідентифікатори** підрозділяються на *адреси вузлів* і *мережеві адреси*.

**Адреси вузлів** мають назву – локальні чи апаратні адреси. Слово «локальний» означає «той, що діє в межах конкретного сегменту».

У локальних сегментах локальні адреси ще називають **фізичними адресами, адресами точки доступу до середовища** (Medium Access Control, **MAC**). Це унікальні числові значення, які можуть встановлюватися як програмно, так і апаратно. Наприклад, унікальні адреси на мережевих інтерфейсних платах Ethernet встановлено компанією-виробником, а адреси плат Token Ring і ARCnet – за допомогою спеціальних перемичок або перемикачів.

У територіальних сегментах локальні розширення ідентифікують мережеві інтерфейси взаємодіючих всередині

них вузлів та формуються відповідно до схеми адресації, передбаченої використовуваною телекомунікаційною технологією (X.25, ATM, Frame Relay).

**Мережева адреса** – це логічна адреса, яка присвоюється адміністрацією (спеціальним міжнародним органом) і визначає сегмент приєднання пристрою. Повна мережева адреса складається зі спільного для всіх вузлів номера мережі й унікального в цій мережі номера вузла.

В інформаційній мережі (як логічній надбудові) застосовуються також ідентифікатори (адреси) прикладних процесів, які взаємодіють через мережу (але в даному випадку вони не розглядаються, оскільки процеси не є фізичними пристроями). Моделями топологій логічних зв'язків прийнято вважати:

- логічну шину;
- логічне кільце;
- комутовану топологію.

Принцип побудови тієї чи іншої моделі топологічних зв'язків ґрунтується на виборі механізму, який забезпечує зв'язність вузлів (це питання розглядається в розділі 5).

Узагальнюючи, варто зазначити, що топологія логічних зв'язків може збігатися з топологією фізичних зв'язків у мережі або відрізнятися. Більше того, на основі однієї й тієї ж топології фізичних зв'язків можна побудувати різні топології логічних зв'язків, використовуючи відповідне комунікаційне (мережеве) обладнання.

### **3.3. Моделі організаційної структури мережі**

**Організаційна структура мережі зв'язку** визначає *рольове призначення й статус* мережевих елементів та утворених ними структурних компонентів залежно від поставленого завдання та займаного місця в мережі. Рольове призначення характеризує, умовно кажучи, «права та обов'язки» елементів або виділених структурних фрагментів мережі під час реалізації покладених на них функціональних завдань, а статус – рівень їх значимості відповідно до ієрархічної приналежності.

Організаційну структуру мережі можна порівняти, наприклад, із моделлю адміністративного устрою підприємства. Така модель узагальнено складається з адміністрації та виробничих підрозділів різного призначення. У межах цієї структури визначено посади й функції співробітників, які беруть участь у виробничому процесі, ієрархію адміністративного управління та принципи структуризації підприємства (наявність робочих груп, відділів, філій та ін.). Крім того важливими чинниками є виробничі завдання, які вирішуються кожним підрозділом, а також його масштаб.

#### ***Елементи моделі організаційної структури***

Пункти та лінії зв'язку передусім розглядаються як елементи моделі організаційної структури мережі. Однак особлива увага зосереджується не на їх розміщенні в просторі, а на тому, як виконувані ними функціональні завдання

впливають на рольове призначення та статус, яких вони набувають в рамках моделі організаційної структури мережі.

Пункти мережі підрозділяються на *кінцеві* і *вузлові*.

**Кінцеві пункти (КП)** (Endpoints) – це пункти, в яких розміщено термінальне обладнання користувачів і кінцеві системи мережі (сервери, на яких зосереджено інформаційні ресурси й застосовання, у тому числі застосовання системи керування мережею).

Пункти, призначені для розміщення термінального обладнання користувачів, яке забезпечує доступ в мережу, функціонують у ролі **абонентських пунктів (АП)**. Пункти, у яких зосереджено інформаційні ресурси, називаються **інформаційними центрами (ІЦ)**, а пункти системи керування відповідно – **центрами керування (ЦК)**.

У кінцевих пунктах телекомунікаційна мережа представлена пристроєм **мережевого закінчення** (Network Termination Unit, **NTU**), або просто **мережевим закінченням** (Network Termination, **NT**), яке в організаційній структурі набуває статусу *точки присутності телекомунікаційної мережі*. Прикладом цього є звичайна телефонна розетка, інформаційна розетка з телекомунікаційним роз'ємом для під'єднання комп'ютера.

**Вузловий пункт** (Node Points) – це пункт мережі, в якому сходяться дві і більше ліній зв'язку.

У вузловому пункті зазвичай розміщується комунікаційне (мережеве) обладнання, за допомогою якого можуть виконуватися такі функції, як *концентрація, мультиплексування, комутація та маршрутизація*.

**Концентрація** (Concentration) передбачає поєднання декількох невеликих за потужністю вхідних інформаційних потоків з метою отримання більш потужного вихідного потоку. Функція може бути реалізована в спеціалізованому пристрої на основі статистичного ущільнення (асинхронне мультиплексування). Слід зауважити, що в концентраторі для локальних мереж, який має назву «хаб», ця функція виконується досить умовно. Повідомлення, яке надходить на один з входів хаба, передається одночасно на всі виходи.

**Розподілення** (Distribution) – функція, протилежна концентрації, тобто відгалуження від концентрованого вхідного інформаційного потоку малих за потужністю вихідних потоків і розподіл їх між виходами. Функція реалізується в пристроях, які називаються *відгалужувачі*.

**Мультиплексування** (Multiplexing) забезпечує можливість передачі декількох потоків інформації однією лінією, що здійснюється закріпленням за кожним із них фіксованої частини ресурсу лінії (смуги пропускання або часу зайняття). Фіксований розподіл ресурсу лінії залишається незмінним навіть у періоди відсутності інформації, тобто функція концентрації не спрацьовує. Зворотна функція – *демультиплексування*. Реалізація в комунікаційних пристроях (мультиплексорах) функції мультиплексування завжди поєднується з демультиплексуванням.

**Комутація** (Switching) є процесом встановлення зв'язку між входами та виходами комутаційного пристрою на основі аналізу адресної інформації повідомлень і використання інформації відповідних таблиць комутації. Комутація може бути оперативною (на час передачі одного повідомлення) та

довготривалою, яка здійснюється шляхом кросування ліній, які сходяться у вузловому пункті.

**Маршрутизація** (Routing) – це поєднання процедур пошуку зв'язних шляхів (маршрутів) між вузлами мережі з метою формування таблиць маршрутизації та встановлення зв'язку між входами та виходами пристрою на основі адресної інформації повідомлень та з урахуванням вибору найкращого (за обраним критерієм) маршруту проходження повідомлення мережею.

У комунікаційному пристрої може бути реалізована одна з перерахованих функцій, саме тоді цей пристрій відповідно називається або концентратором, або мультиплексором, або комутатором, або маршрутизатором та ін. Можливим є також суміщення декількох функцій в одному пристрої як, наприклад, у маршрутизуючому комутаторі, АТС.

Порядок відношень між елементами (їх статус) в моделі організаційної структури визначається рівнями їх ієрархії (рис. 3.9).

Найнижчий рівень займають АП. Статус вузлових пунктів визначається відповідно рівнем *доступу, розподілу та ядра*.

АП зазвичай під'єднуються до вузлових пунктів рівня доступу. Таким чином для них реалізується право доступу в мережу (до її ресурсів).

Призначення та статус вузлових пунктів рівня розподілу визначається забезпеченням інформаційного обміну між АП, під'єднаними до різних вузлових пунктів рівня доступу. Залежно від способу структуризації мережі, рівень розподілу матиме декілька підрівнів. Вузлові пункти всіх підрівнів розподілу виконують функцію концентрації трафіку у висхідних напрямках і функцію розподілу – у низхідних.



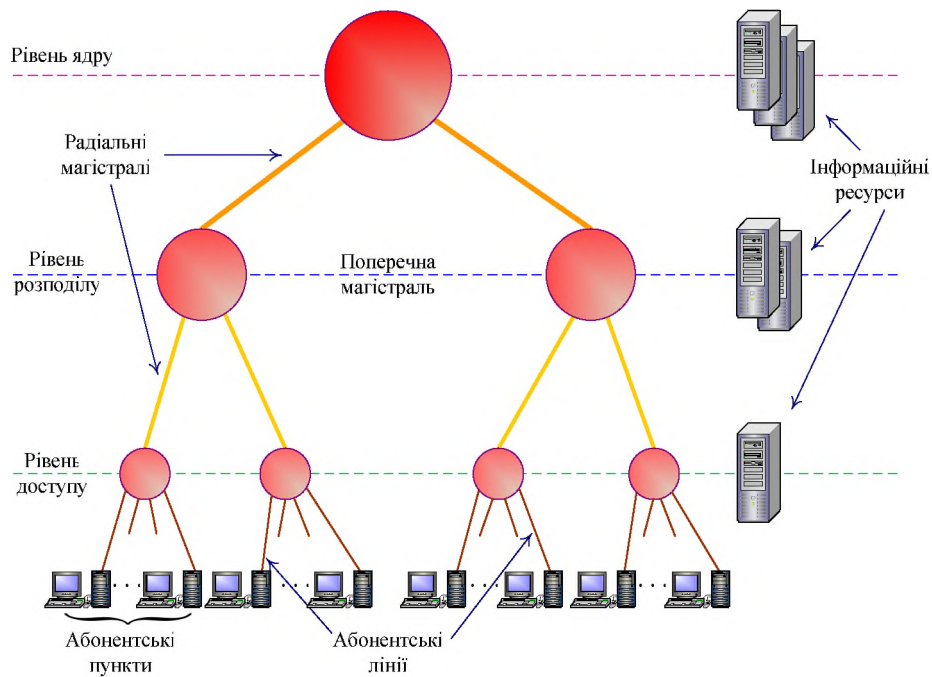


Рисунок 3.9. Узагальнена схема організаційної структури мережі

У вузлових пунктах рівня ядра інформаційні потоки досягають максимальної концентрації та перерозподіляються між усіма іншими пунктами мережі. Вузлові пункти рівня ядра мають найвищий статус, оскільки вони забезпечують зв'язність мережі в цілому за рахунок об'єднання вузлових пунктів рівня розподілу.

Точка підключення кінцевих систем (інформаційних центрів мережі) може бути організована у вузловому пункті будь-якого рівня. Це визначається масштабом контингенту користувачів, які мають загальну потребу у зверненні до інформаційного ресурсу. Чим вище сягає рівень підключення ресурсу, тим ширшою є його доступність. Те ж відноситься і до пунктів розміщення обладнання системи керування мережею – центрів керування (ЦК). Чим вищим є рівень

підключення, тим ширшою зона моніторингу технічного стану елементів мережі.

Лінії зв'язку в моделі організаційної структури також отримують відповідний статус.

Лінії, які з'єднують АП з відповідним вузловим пунктом рівня доступу, мають найнижчий статус і називаються **абонентськими лініями**.

Лінії, які з'єднують вузлові пункти між собою, називаються **магістральними**. Чим вищим є рівень ієрархії з'єднаних магістралями вузлових пунктів, тим вищим – статус самих магістралей, і, відповідно, вимоги до їх пропускної здатності, надійності.

Магістралі, що з'єднують вузлові пункти, які належать різним рівням ієрархії, називаються **радіальними магістралями**, а ті, що з'єднують вузлові пункти одного рівня, – **поперечними магістралями**.

### ***Рольове призначення вузлових пунктів в моделі організаційної структури***

Вузловий пункт відносно кінцевих пунктів, які він обслуговує, незалежно від статусу, може виступати в ролі: *опорного вузла, транзитного вузла або опорно-транзитного вузла*.

Якщо вузловий пункт забезпечує проходження трафіку тільки між КП конкретної групи, то відносно цих КП він виступає в ролі **опорного вузла**.

Якщо через вузловий пункт проходить трафік від деякої групи КП до будь-яких інших КП мережі, то він виступає в ролі **транзитного вузла**.

Якщо вузловий пункт забезпечує проходження трафіку як внутрішнього, так і зовнішнього обміну деякого конкретного числа КП мережі, то відносно цих КП він виступає у ролі **опорно-транзитного вузла**.

У практиці побудови та експлуатації телекомунікаційних та інформаційних мереж давно склалася й використовується термінологія, яка досить чітко відбиває рольове призначення вузлових пунктів.

Так, для мереж операторів і сервіс-провайдерів актуальними є терміни, що визначають призначення вузлових пунктів відповідно до реалізації функцій доступу.

Функції доступу в територіальних мережах незалежно від рівня ієрархії вузлового пункту прийнято розглядати за наступними аспектами:

- забезпечення доступу користувачів до телекомунікаційних служб та мережевих ресурсів;
- забезпечення доступу при з'єднанні сегментів телекомунікаційної мережі;
- забезпечення доступу до інформаційних ресурсів глобальної мережі Інтернет.

Вузловий пункт, у якому забезпечується доступ користувачів до служб мережі з метою отримання телекомунікаційних та інформаційних послуг, називають **сервісним вузлом** (Service Node, SN). Це може бути вузол рівня доступу, розподілу або ядра.

Вузловий пункт, де забезпечується з'єднання сегментів телекомунікаційної мережі, наприклад, мережі доступу та

транспортної мережі, називається **вузлом доступу** (Access Node, **AN**).

Вузловий пункт, у якому забезпечується підключення сервіс-провайдера національного рівня в глобальну інформаційну мережу Інтернет, називається **точкою мережевого доступу** (Network Access Point, **NAP**). Це вузловий пункт рівня ядра. Через NAP організується спілкування клієнтів одного національного провайдера з клієнтами інших національних провайдерів.

Сервіс-провайдер національного рівня, як правило, має в декількох регіонах вузлові пункти, які називаються **точками присутності** (Points of Presence, **POP**). До POP під'єднуються провайдери регіонального рівня, які, у свою чергу, розміщують у різних місцях регіону свої точки присутності для підключення провайдерів нижчого рівня або корпоративних клієнтів. Такі вузлові пункти мають статус рівня розподілу. Точки присутності провайдерів, де забезпечується підключення індивідуальних клієнтів, мають статус рівня доступу.

### 3.4. Моделі логічної структури мережі

На логічному рівні мережу зв'язку описують такими моделями:

- функціональна модель;
- протокольна модель;
- модель програмного забезпечення.

## **Функціональна модель**

**Функціональна модель** – це *абстрактний опис мережі зв'язку, що не залежить від принципів її фізичної реалізації*. Вона відображає взаємозв'язок функцій, які виконуються в мережі й які в даному випадку розглядаються як елементи моделі.

**Функція** – це певний логічний елемент, що виконує конкретне завдання в мережі. Реалізація функцій допустима в таких варіантах:

- у вигляді апаратних засобів;
- у вигляді програмного продукту.

Поняття «функція», що використовується в телекомунікаціях, традиційно передбачало реалізацію зв'язку в апаратному забезпеченні. Однак, завдяки потужному розвитку індустрії програмного забезпечення, виникла можливість реалізації функцій програмним способом. Функції, реалізовані у вигляді програмних продуктів, прийнято називати **об'єктами**. Хоча, строго кажучи, обидва поняття є синонімами, надалі все-таки будемо дотримуватися цього умовного розмежування, підкреслюючи таким чином, що в мережі реалізовано програмно, а що апаратно.

Розрізняють такі основні типи функцій мережі зв'язку:

- **прикладні функції** – об'єкти застосовань користувачів;
- **функції обробки та зберігання даних** – об'єкти, що забезпечують виклик об'єктів застосовань, їх

взаємодію, а також витяг необхідних даних або розміщення їх у базу даних;

- **функції керування послугами** – об'єкти, що дозволяють формувати послуги, необхідні користувачами, управляти ресурсами мережі, пов'язаними з їх наданням, і взаємодією користувачів з цими послугами;
- **комунікаційні функції** – транспортні функції, функції керування передачею потоків даних, функції керування телекомунікаційними послугами;
- **функції керування мережею** – об'єкти, які здійснюють керування роботою мережі в цілому (моніторинг дієздатності елементів мережі, збір статистики про проходження сигналів, вирішення аварійних і неординарних ситуацій та ін.).

Порядок і правила взаємодії між функціями та об'єктами мережі формують *зв'язки* між елементами у функціональній моделі. Повна специфікація такої взаємодії називається **логічним інтерфейсом**.

Логічний інтерфейс є містким поняттям, що охоплює як набір правил поведінки взаємодіючих елементів, так і формат подання інформації, якою вони обмінюються.

Логічний інтерфейс між об'єктами одного типу називається **протоколом**.

Логічний інтерфейс між комунікаційними функціями отримав назву **еталонної точки телекомунікаційної мережі**.

## Функціональні модулі

Розглядаючи реалізацію функцій та об'єктів, є допустимим та доцільним їх групувати в *функціональні модулі*. Функціональні модулі можуть формуватися як функціональні підсистеми й домени.

У **функціональні підсистеми** зазвичай об'єднуються функції та об'єкти, для яких важливою є спільна реалізація. Прикладом утворення функціональної підсистеми є поєднання транспортної функції та функції керування потоками при їх програмно-апаратній реалізації в сегментах телекомунікаційної мережі (рис. 3.10). У такому контексті телекомунікаційну мережу на рівні функціональної моделі часто називають *транспортною підсистемою*.

Аналогічно можна виокремити *підсистему адміністративного керування мережею, підсистему послуг та програм* і менш масштабні підсистеми: *підсистему передачі, підсистему розподілу інформації* та ін.

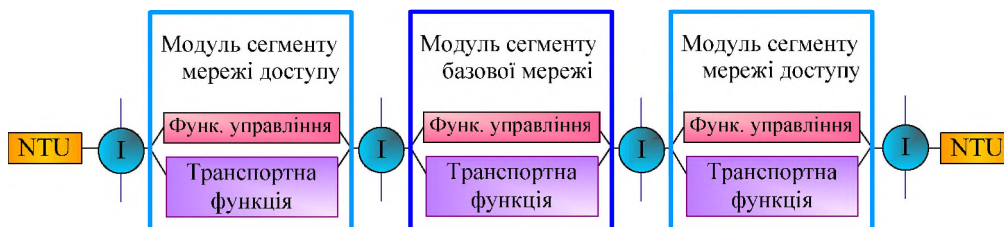


Рисунок 3.10. Зразок утворення транспортної підсистеми на рівні функціональної моделі

I - інтерфейс (еталонна точка телекомунікаційної мережі);

NTU – мережеве закінчення

**Домен** – це функціональний модуль, сформований за принципом *приналежності функцій і об'єктів одній групі*. При цьому враховувати їх спільну дію при реалізації в апаратних засобах або програмних продуктах не потрібно. Прикладами можуть бути домен користувача (рис. 3.11) і домен оператора мережі (рис. 3.12).

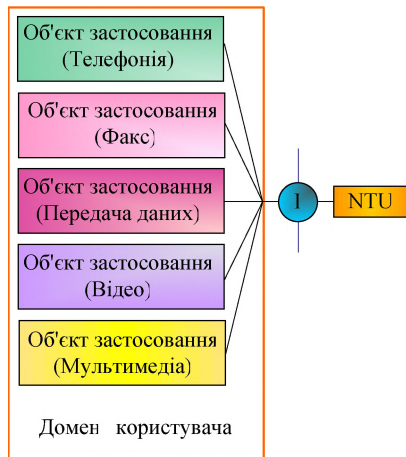


Рисунок 3.11. Зразок утворення домену користувача

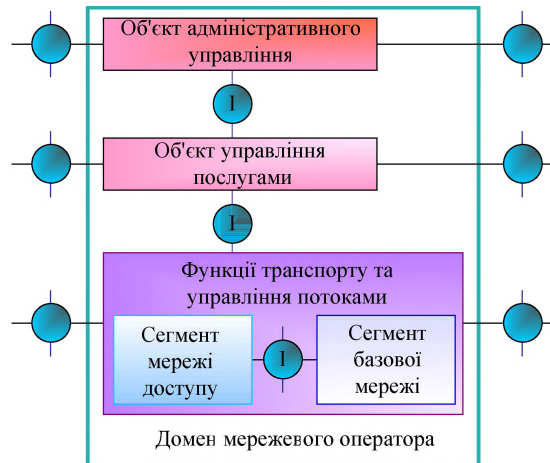


Рисунок 3.12. Зразок освіти домену мережевого оператора

Конкретний склад об'єктів (функцій) домену називається *конфігурацією домену*. Не важко переконатися, наприклад, що конфігурації доменів різних користувачів можуть істотно відрізнятися. Конфігурації доменів мережевих операторів також можуть бути різними. Це залежить від багатьох факторів, основним з яких є можливості ресурсів мережі з надання тих чи інших послуг та застосовань. Якщо надання конкретної послуги або набору послуг вимагає участі декількох операторів, їх домени розглядаються на функціональному рівні як об'єднану платформу надання послуг.



Взаємодія й функціональних підсистем, і доменів реалізується за допомогою логічних інтерфейсів.

Крім вищесказаного слід наголосити ще на одному принципово важливому аспекті функціональної моделі мережі. Залежно від способу формування функціональних модулів і можливостей їх реалізації (при конкретному рівні науково-технічного прогресу), може бути сформована одна або інша *концепція побудови мережі*.

Проілюструємо це таким чином. Наприклад, концепція телефонної мережі полягає в побудові дорогих АТС як єдиної структури, в якій поєднують функції комутації, керування обслуговуванням викликів, об'єкти послуг та застосовань, а також білінгу. Така АТС у мережі є монолітною, закритою системною структурою та, як правило, не допускає розширення або модернізації з використанням обладнання інших виробників. Спроба відокремити від АТС підсистему послуг та застосовань породила концепцію інтелектуальної мережі (Intelligent Network, **IN**). Це дозволило організувати в телефонній мережі додаткові види обслуговування (ДВО) (розширити конфігурацію домену) та надавати різні послуги за заявками користувачів, формуючи їх з окремих компонентів. Концепція IN припускає наявність таких функціональних модулів (підсистем), як модуль розпізнавання викликів, що вимагається виконанням ДВО; модуль формування необхідного сервісу з незалежних функціональних компонентів; модуль керування мережевими ресурсами та ін. При цьому функціонування підсистеми ДВО є абсолютно незалежним від типу мережі зв'язку. Технологія IN може бути реалізована на базі будь-якої комутованої мережі (аналогової або цифрової), а також мережі передачі даних.

Поява Softswitch, добремасштабованого сучасного програмного комутатора, докорінно змінила традиційну закриту систему комутації. Розвиваючи підхід IN в Softswitch, використовуючи відкриті інтерфейси, вдалося забезпечити швидке створення й надання нових послуг як оператором зв'язку самостійно, так і сумісно з різними виробниками обладнання й провайдерами послуг. Softswitch використовує принципи компонентної побудови мережі та відкриті стандартні інтерфейси між трьома основними функціями: комутація, керування обслуговуванням викликів, керування послугами та програмами. У такій відкритій розподільчій структурі можуть вільно використовуватися функціональні компоненти різних виробників.

Поділ функцій транспортування інформації та функцій керування її перенесенням мережею, а також відмежування функцій послуг та програм від власне зв'язкових функцій породило концепцію **NGN** (мереж наступного покоління). Такою є багатокomпонентна розподільча архітектура, в якій зв'язок між компонентами здійснюється виключно через відкриті інтерфейси. З позицій традиційної телефонії вона сприймається як мережа пакетної комутації під керування Softswitch, що підтримує широкосмуговий абонентський доступ і мультисервісне обслуговування трафіку.

Мережеві концепції детально вивчатимуться в розділі 8.

### ***Протокольна модель***

**Протокольна модель** описує роботу мережі зв'язку на рівні *правил взаємодії* (протоколів) об'єктів (функцій) та

функціональних модулів, розосереджених на різних кінцевих системах.

Повний набір протоколів, які забезпечують взаємодію кінцевих систем мережі, досить великий, оскільки при цьому активізується величезна кількість мережесх функцій. При побудові протокольної моделі зручно всі протоколи розбити на групи, відповідно до об'єднання об'єктів у функціональні модулі, кожен з яких вирішує певне коло тіснопов'язаних завдань. Така група протоколів називається *протокольним рівнем* або *протокольним блоком*. Їх прийнято розташовувати ієрархічно, відповідно до першорядності завдань, які виконуються функціональними модулями (рис. 3.13).

Ієрархію протокольних рівнів (блоків) протокольної моделі конкретної мережі зв'язку називають **стеком протоколів**.

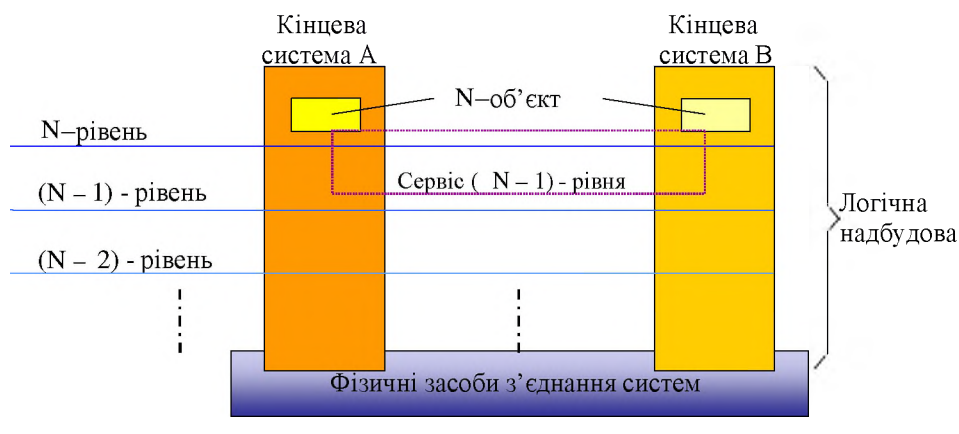


Рисунок 3.13. Принцип побудови протокольної моделі

N-об'єкти виконуючи завдання N-рівня, здійснюють *локальний* комплекс функцій даного рівня. Протокольні блоки

розташовані на рівні таким чином, що можливість виконання завдання N-рівня цілком залежить і забезпечується участю об'єктів нижчерозташованого (N-1)-го рівня й так далі. Таким чином, N-об'єкти виявляються залученими у взаємодію з (N-1)-об'єктами, а (N-1)- об'єкти з (N -2)- об'єктами і т. д. Кажуть, що кожен нижчий рівень надає *сервіс* вищому рівню.

Будь-який об'єкт N-рівня, активізуючись, видає інформацію двох типів:

1) інформацію, яка призначена для N-об'єкта іншої кінцевої системи (наприклад, дані користувача) й не пов'язана з операціями підтримання зв'язку об'єктів N-го рівня;

2) інформацію керування, яка призначена для об'єкта (N-1)-го рівня, за допомогою якої здійснюється координація процедур "з'єднання" об'єктів N-го рівня різних кінцевих систем.

Угоди, які визначають порядок взаємодії об'єктів одного рівня на різних кінцевих системах, називають *протоколом*, а угоди, які визначають порядок взаємодії об'єктів різних рівнів на одній кінцевій системі – *інтерфейсом*.

Як ілюстрацію того, як відбувається реалізація протоколів і міжрівневих інтерфейсів при ініціалізації взаємодії двох кінцевих систем, розглянемо процес ділового інформаційного спілкування між двома високопосадовцями, які знаходяться в різних установах. Особа, яка підготувала інформаційне повідомлення, передає його помічникові з адміністративної роботи (рівень, розташований нижче) та повідомляє ім'я одержувача. Помічник з адміністративної роботи (якщо це необхідно) шифрує повідомлення та

форматує його (розміщує на офіційному бланку). Підготовлений документ передається секретареві (наступний нижчий рівень), який, у свою чергу, кладе його в конверт, додає повну адресу та наклеює поштову марку. Кур'єрський рівень забезпечує фізичну доставку конверта серед іншої кореспонденції за адресою одержувача.

У такій системі відправник не має уявлення про механізм доставки. Він цілком покладається на сервіси нижчих рівнів і не турбується про те, як вони реалізуються. Це принциповий момент, який є необхідним у правильно сформованому стеку протоколів. Будь-який рівень повинен мати можливість змінювати механізм реалізації наданого ним сервісу, не впливаючи на роботу будь-якого іншого рівня. Так, наприклад поштовий кур'єр може доставляти кореспонденцію на велосипеді, автомобілі або поїзді, але це жодним чином не позначиться на роботі інших співробітників апарату. Вони повинні лише бути впевнені, що кореспонденція буде доставлена адресатові. Або, якщо передані дані в системі обробляються з використанням повного стека протоколів, ми можемо замінити мідне середовище передачі на оптико-волоконне, й це не впливатиме на програмне чи апаратне забезпеченні верхніх рівнів стека.

Підкреслюючи важливість протокольної моделі в реалізації принципів взаємодії кінцевих систем, її називають ще **архітектурою зв'язку** в мережі. Архітектура зв'язку є основою для розробки мережових стандартів, які є надзвичайно необхідними для забезпечення взаємодії між обладнанням різних виробників і сумісності мереж різних операторів.

## ***Модель програмного забезпечення***

Навіть поверхневий розгляд функціонування мережі зв'язку доводить, що це складний комплекс програмних і апаратних компонентів. Саме програмне забезпечення визначає функціональність мережі зв'язку.

Сучасне мережеве програмне забезпечення є надзвичайно структуризованим. Основні функції й уся архітектура зв'язку (протокольні моделі) по суті реалізуються в програмному забезпеченні мережі.

Аналіз **програмної структури** дозволяє розглянути ієрархію мережевого програмного забезпечення. Елементами цієї структури є програмні модулі, в яких реалізовано об'єкти та логічні модулі мережі.

Ієрархія програмного забезпечення (ПЗ) може бути подана таким чином:

- прикладне ПЗ;
- проміжне ПЗ;
- базове ПЗ.

У **прикладному ПЗ** реалізовано об'єкти застосовань. Розрізняють два типи застосовань, які впливають на структуру організації ПЗ – *локально обмежені і розподільчі*.

**Локально обмежене застосовання** інсталується, викликається, керується й виконується в межах однієї кінцевої системи та не вимагає залучення комунікаційних функцій. Прикладом може бути редагування документа при підготовці тексту на комп'ютері користувача (терміналі користувача).

**Розподільче застосування** складається з кількох компонентів, які можуть виконуватися в різних кінцевих системах а, отже, вимагають організації взаємодії цих кінцевих систем. Наприклад, спільне редагування тексту значної за обсягом публікації користувачами, які знаходяться на віддалі.

Компоненти розподільчого застосування можуть неодноразово використовуватися іншими застосуваннями. У цьому випадку вони стають об'єктами *проміжного ПЗ* і підтримують послуги, пов'язані з інтелектуальними можливостями мережі.

**Проміжне ПЗ** реалізує в мережі функції керування послугами та функції адміністративного керування мережею. Об'єкти обох груп ПЗ аналогічно до компонентів розподільчих застосувань взаємодіють за допомогою комунікаційних функцій мережі

**Базове ПЗ** призначено для забезпечення об'єктів прикладного ПЗ та проміжного ПЗ виконанням спільних дій з іншими об'єктами за допомогою взаємодії середовища з комунікаційними функціями мережі й логічними інтерфейсами користувачів. Організація цього середовища здійснюється уніфікованими програмними комплексами, які називаються **мережевими операційними системами**. Від того, які концепції керування ресурсами покладено в основу мережевої ОС, залежить ефективність роботи не тільки об'єктів прикладного та проміжного ПЗ, але й мережі в цілому. Стандартами мережевих ОС де-факто на сьогодні стали системи UNIX і мережеві версії Windows. Логічні компоненти комунікаційних функцій, реалізованих програмно, які забезпечують підтримання зв'язку між віддаленими об'єктами, також розглядають як функції базового ПЗ.

До базового ПЗ належать також об'єкти обробки та зберігання даних, реалізовані в таких програмних комплексах, як СКБД (системи керування базами даних), базове ПЗ сервера обробки транзакцій та ін.

Тип взаємодії між об'єктами визначається типом **об'єктного інтерфейсу**, який є подібним до *протоколу* та *функціональної еталонної точки*.

Розрізняють такі типи об'єктних інтерфейсів (програмних інтерфейсів):

- **прикладний протокол** (Application Protocol, **AP**) – логічний інтерфейс між прикладними об'єктами;
- **інтерфейс прикладних програм** (Application Program Interface, **API**) – логічний інтерфейс між прикладними об'єктами та об'єктами проміжного ПЗ, які підтримують прикладні об'єкти;
- **протокол проміжного ПЗ** (Managing Protocol, **MP**) – логічний інтерфейс між об'єктами проміжного ПЗ;
- **інтерфейс базових програм** (Base Program Interface, **BPI**) – логічний інтерфейс між об'єктами проміжного та базового програмного забезпечення, які підтримують об'єкти проміжного ПЗ;
- **інтерфейс “людина-комп'ютер”** (User-Computer Interface, **UCI**) – логічний інтерфейс між користувачем і, головним чином, об'єктами базового ПЗ, проте він може включати в себе також логічний інтерфейс з об'єктами проміжного ПЗ і навіть об'єктами застосовань.



Мережеве програмне забезпечення є ресурсом, яке бере участь в організації платформ надання послуг, а з цього випливає, що композиційним принципам об'єднання програмних модулів, як і принципам побудови функціональної моделі мережі, притаманна така ж специфіка динамізму, як і принципам побудови функціональної моделі мережі.

### **3.5. Компоненти і моделі фізичної структури мережі**

У цьому розділі розглядаються елементи мереж зв'язку як фізичних об'єктів. Ми з'ясували, як мережеві функції та об'єкти реалізуються у фізичних пристроях – апаратурі. Загальна архітектура зв'язку та принципи взаємодії функцій і об'єктів кожного рівня вже є відомими з попереднього розділу.

Апаратура, разом з поєднуючою її кабельною системою, утворює *фізичне мережеве середовище*. Воно відображається моделлю, яка називається *фізичною структурою мережі*.

Під **фізичною структурою мережі** будемо розуміти склад її *активного* та *пасивного обладнання* та топологію його розміщення в просторі.

**Активне мережеве обладнання** охоплює весь парк кінцевого й комунікаційного устаткування мережі, функціонування якого забезпечується за рахунок споживання електроенергії від зовнішніх джерел живлення. Активне мережеве обладнання виконує комплекси тих функцій мережі, які реалізуються в апаратурі.

**Пасивне обладнання мережі**, на відміну від активного, не має потреби в джерелах електроживлення й містить у собі кабельну систему, телекомунікаційні роз'єми, комутаційні панелі, комутаційні шнури, монтажне обладнання тощо.

### *Узагальнена модель апаратної реалізації функцій та об'єктів*

Узагальнена модель апаратної реалізації демонструє, як реалізуються ті чи інші функції та об'єкти в активному обладнанні мережі, а також інтерфейси між різними апаратними засобами. Вона також дозволяє визначити додаткові інтерфейси між обладнанням від різних постачальників та їх характеристики, які підлягають стандартизації.

Узагальнено під **апаратурою** (Equipment) будемо розуміти активне обладнання, в якому функції можуть бути реалізовані як у вигляді апаратного забезпечення, так і у вигляді програмного забезпечення (див. рис. 3.14). Апаратура може мати модульну конструкцію, тобто складатися з певної кількості знімних плат.

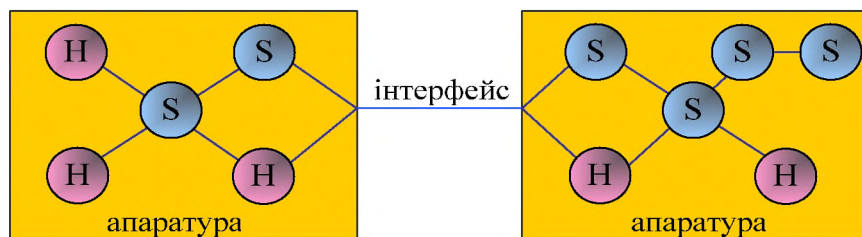


Рисунок 3.14. Схема моделі реалізації:

H – апаратне забезпечення (Hard ware)

S – програмне забезпечення (Soft ware)

Елементами моделі апаратної реалізації є такі:

- **апаратне забезпечення** (Hard ware)– обладнання, в якому одна або декілька функцій реалізовано фізично;
- **програмне забезпечення** (Soft ware) – один або декілька програмних модулів, які представляють собою реалізацію одного або декількох об'єктів;
- **фізичний інтерфейс** (Phisical interface) – фізичне середовище (проводи) для передачі сигналів між різної апаратурою.

Сукупність різних пристроїв, потенційно призначених для використання в мережевих середовищах, **називається парком апаратури активного обладнання мережі.**

### ***Активне обладнання мережі***

Активне обладнання мереж зв'язку складається з пристроїв, які використовуються для організації кінцевих і вузлових пунктів, а також інтерфейсних пристроїв, які забезпечують спряження апаратури з лініями зв'язку.

У технічній літературі набули вжитку такі позначення класів апаратури: DTE, DCE і DTE/DCE. Охарактеризуймо кожен з них більш детально.

Усі пристрої в мережі, які функціонують як джерела та приймачі даних на фізичному рівні моделі OSI/ISO, визначаються як **клас DTE** (Data Terminal Equipment) – **кінцева апаратура даних** (КАД). У термінології електрозв'язку дана апаратура називається ще «**кінцевим обладнанням даних**» (КОД).

Разом із функцією *формування даних*, у реалізації якої в основному бере участь програмне забезпечення, в КАД здійснюється також функція *керування потоком даних* для узгодження роботи джерела й приймача. Ця функція, як правило, виконується апаратно.

Відмінною особливістю обладнання класу DTE є те, що воно не належить до складу устаткування ліній зв'язку.

Для забезпечення обміну даними між пристроями DTE через канали зовнішніх телекомунікацій необхідно використовувати фізичні *інтерфейсні пристрої*, які здійснюють обробку даних з урахуванням вимог передачі каналом певного стандарту. Ці пристрої забезпечують не тільки протокол фізичного рівня, а й фізичні засоби приєднання до середовища передачі, а тому вважаються устаткуванням лінії зв'язку.

Обладнання, що забезпечує сполучення DTE з каналами зв'язку, визначається як **клас DCE** (Data Communication Equipment) - **апаратура передачі даних** (АПД). Пристрої DCE працюють на фізичному рівні, відповідаючи за передачу й прийом сигналів потрібної форми та потужності в середовищі передачі, й не можуть розглядатися в якості джерел і приймачів даних.

Визначаючи чіткіше, варто зауважити, що мережеве обладнання важко розподілити за конкретними класами DTE та DCE. Наприклад, мережевий адаптер можна вважати як складовою комп'ютера (DTE), так і частиною каналу зв'язку (DCE).

У кожному сегменті інформаційної мережі DTE набуває функцій будь-якого джерела даних, поданих у форматі кадру

канального рівня. Отже, це може бути й мережевий адаптер, і вихідний порт комутатора, й вихідний порт маршрутизатора. Хоча кадр даних спочатку продукується мережевим адаптером комп'ютера, а через комутатор або маршрутизатор відбувається його трансляція, для сегменту мережі, під'єданого до вихідного порта комутатора або маршрутизатора, цей кадр є новим. Отже, *вихідний порт* і комутатора, і маршрутизатора стає джерелом кадрів і може розглядатися як вихід пристрою DTE.

Зважаючи на вищепростежене, такі комунікаційні пристрої, як мости, комутатори і маршрутизатори розглядають у межах змішаного класу – **класу DTE/DCE**, де розрізняють відповідні *типи портів*: DTE або DCE. Для цих портів принципами функціонування є такі: для порту DTE сигнал даних передавача є вихідним, а сигнал даних приймача – вхідним; для порту DCE– відповідно навпаки.

### ***Пасивне обладнання мережі***

**Пасивне обладнання** використовується для побудови телекомунікаційних кабельних систем мережі. Кабельна система – це складний технічний об'єкт, який будується відповідно жорстким вимогам загальноприйнятих стандартів. До нього належать лінійно-кабельні споруди кабелі ліній зв'язку, регенераційне обладнання, тощо. Створення й правильна експлуатація такого об'єкта вимагають відповідного рівня кваліфікації проєктувальників, монтажників і обслуговуючого персоналу.

Обладнання кабельних систем для мереж підприємств є набором компонентів і аксесуарів структурованих кабельних систем (СКС) і складається з кабелів, роз'ємів телекомунікаційних та інформаційних розеток, монтажного обладнання, настінних коробів для прокладки кабелів горизонтальної розводки, закладних для прокладання кабелів вертикальної розводки та ін.

### **Контрольні питання**

1. До якого класу об'єктів належать мережі зв'язку? Якими закономірностями вони характеризуються?
2. У чому полягає особливість системного підходу у вивченні мереж зв'язку як складних систем?
3. Поясніть відмінність понять системи як об'єкта та як моделі.
4. Як трактується поняття "архітектура" в техніці?
5. Що таке архітектура мережі та її системний опис?
6. У чому полягає відмінність топологій фізичних і логічних зв'язків?
7. Перелічіть базові топології фізичних зв'язків та їх характеристики.
8. У чому відмінність вимог до розширюваності й масштабованості мережі?
9. Що відображають моделі організаційної структури мережі?
10. Що є елементами моделі організаційної структури на рівні топології фізичних зв'язків?

11. У чому полягає відмінність кінцевих пунктів інформаційної мережі та телекомунікаційної мережі?
12. Які функції виконуються у вузлових пунктах мережі зв'язку?
13. Проаналізуйте ієрархію вузлових пунктів. Як розподіляються функції вузлових пунктів залежно від їх місця в схемі багаторівневої структуризації?
14. Чим вирізняється рівень під'єднання кінцевих систем (хостингових систем) інформаційної мережі?
15. Як визначається статус магістральних ліній зв'язку?
16. Охарактеризуйте рольове призначення вузлових пунктів у моделях організаційної структури мережі.
17. У яких ролях може виступати вузловий пункт відносно кінцевих пунктів інформаційної мережі?
18. У чому специфіка функцій та об'єктів мережі?
19. Назвіть основні функції, які здійснюються в інформаційній мережі.
20. Поясніть терміни "логічний інтерфейс", "протокол", "еталонна точка телекомунікаційної мережі".
21. Що таке "функціональні модулі", "підсистеми" і "домени"?
22. Яким чином способи формування функціональних модулів впливають на появу нової концепції побудови мережі?
23. Що характеризує протокольна модель мережі?
24. Якими особливостями характеризуються рівні протокольної моделі?
25. Якою є структура програмного забезпечення мережі?
26. Що таке "модель фізичної структури мережі"?

27. З яких компонентів складається модель апаратної реалізації функцій й об'єктів мережі?

28. Охарактеризуйте відмінні риси активного та пасивного обладнання мережі.

29. Перерахуйте класи апаратури активного обладнання мережі.