

Розділ 4. Стандарти протокольних моделей

4.1. Проблеми стандартизації мереж

Завдання побудови мережі – це, по суті, поєднання різноманітного обладнання, подальша функціональність та спільна робота якого залежить від забезпечення його сумісності. Без дотримання всіма виробниками загальноприйнятих стандартів для обладнання та протоколів прогрес у розвитку мереж був би неможливий. Тому весь розвиток галузі зв'язку, врешті-решт, відображено в стандартах. Будь-яка нова мережева технологія тільки тоді набуває законного статусу, коли її положення закріплюються у відповідному стандарті.

Стандарти мереж описують мережі як відкриті системи.

Відкритою системою називається будь-яка система (мережа, програмний продукт, апаратний засіб), яка побудована відповідно до відкритих специфікацій.

Під терміном **«специфікація»** розуміють формалізований опис апаратного або програмного компонента мережі, способу його функціонування, взаємодії з іншими компонентами, умов експлуатації й особливих характеристик.

Зауважимо, що не кожна специфікація є стандартом. Стандартом стає *відкрита специфікація*, яка приймається в результаті досягнення згоди після всебічного обговорення всіма зацікавленими сторонами та оприлюднення її у відкритій пресі.

Використання відкритих специфікацій (стандартів) дозволяє різним виробникам обладнання випускати сумісні між собою мережеві компоненти, а мережевим операторам

створювати мережі з продуктів різних виробників і забезпечувати сумісність своїх мереж з мережами інших операторів та суб'єктів ринку телекомунікацій.

Відкритий характер стандартів є важливим не тільки для пристроїв і програм, які випускаються для побудови мереж, але й для комунікаційних протоколів.

Отже, дотримання відкритих стандартів надає такі переваги:

- можливість побудови мереж з апаратних і програмних засобів різних виробників;
- безпроблемну заміну одних компонентів мережі іншими, більш досконалыми, що дозволяє забезпечити розвиток мережі з мінімальними витратами;
- вільне сполучення однієї мережі з іншою.

4.2. Розробники стандартів

Робота у сфері стандартизації ведеться великою кількістю організацій. Відповідно до статусу розрізняють наступні:

- окремі великі фірми-виробники (наприклад, IBM, Sun і т.п.);
- спеціальні комітети та об'єднання, засновані декількома компаніями (наприклад, **ATM Forum** з кількісним складом колективних учасників близько 100, **Fast Ethernet Alliance** з розробки стандартів 100 Мбіт Ethernet та ін.);

- національні інститути та центри, які є організаціями країн і великих регіонів. Наприклад, **Інститут національних стандартів США** (American National Standards Institute, **ANSI**), **Інститут стандартів телекомунікацій Європейського Союзу** (European Telecommunications Standards Institute, **ETSI**), **Інститут інженерів з електротехніки та електроніки США** (Institute of Electrical and Electronics Engineers, **IEEE**), **Комітет з телекомунікаційних технологій Японії** (Telecommunication Technology Community, **TTC**);
- міжнародні організації, такі як: **Міжнародна організація стандартизації** (International Organization for Standardization, **ISO**), **Міжнародний союз електрозв'язку** (International Telecommunication Union, **ITU**) з такими секціями: **ITU-R** – секція радіомовлення, **ITU-T** – секція телекомунікацій, **ITU-D** – секція розвитку;
- всесвітні організації, очолені міжнародними групами. Це організації, які займаються інтернет-стандартизацією, серед яких основним є науково-адміністративне **співтовариство Інтернету** (Internet Society, **ISOC**) зі складом понад 100 000 осіб. Пріоритетним завданням цієї організації є вирішення соціальних, політичних та технічних проблем еволюції Інтернету.

Деякі стандарти, розвиваючись, можуть переходити з однієї категорії в іншу. Так, поширені на сьогодні фірмові

стандарти на продукцію зазвичай стають міжнародними стандартами де-факто, оскільки змушують виробників різних країн дотримуватися їх, щоб забезпечити сумісність своїх виробів з продуктами найширшого споживацького попиту.

У зв'язку з розширенням сфери застосування та технічною доцільністю деякі фірмові стандарти стають основою національних і міжнародних стандартів.

4.3. Еталонна модель OSI/ISO

У 1977 році ISO почала розробку стандартів універсальної архітектури зв'язку, яка отримала назву **Еталонної моделі взаємодії відкритих систем** (Open System Interconnection, **OSI**), або скорочено – **«модель OSI/ISO»**.

Модель OSI/ISO є концепцією застосування відкритих стандартів, спрямованою на забезпечення сумісності між різними системами, що дозволяє мінімізувати кількість угод, які не мають безпосереднього відношення до організації самого з'єднання між системами. Перша версія стандартів моделі OSI/ISO була випущена як стандарт X.200. Робота зі стандартизації моделі OSI/ISO, спільну участь у якій беруть ISO і ITU–T, триває до сьогодні.

Еталонна модель OSI є визначальним документом для розробки відкритих стандартів з організації з'єднань систем і мереж зв'язку.

Розробники еталонної моделі за основу взяли такі принципи:

- кількість протокольних рівнів не повинна бути занадто великою, щоб розробка мережі та її реалізація не ускладнювалися, водночас ця кількість не має бути

занадто малою, щоб не перевантажувати логічні модулі кожного рівня;

- рівні повинні чітко відрізнятися логічними модулями й функціями (об'єктами), які на них виконуються ;
- функції та протоколи одного рівня можуть змінюватися, якщо це не порушує інші рівні;
- кількість інформації, яка передається через інтерфейси між рівнями, повинна бути мінімальною;
- допускається подальше структурування рівнів на підрівні, якщо виникає необхідність локального зосередження на функціях у межах одного рівня. Виокремлення підрівнів є доцільним, якщо постає потреба поділу трудомісткого завдання на окремі, менш складні.

У результаті розроблено еталонну модель, яка містить сім рівнів (рис. 4.1).

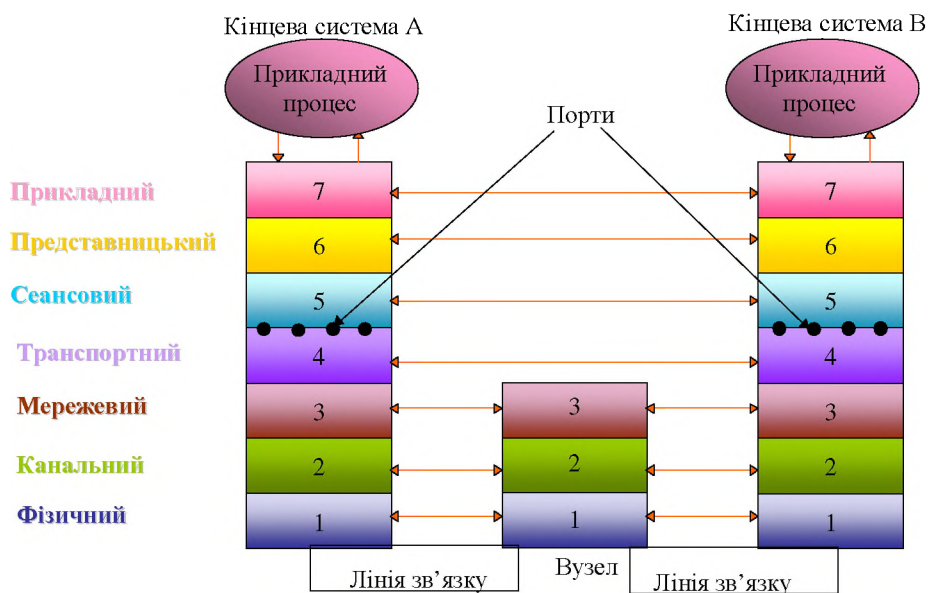


Рисунок 4.1. Еталонна модель OSI

Найвищим, сьомим, рівнем моделі OSI є **прикладний рівень** (*Application layer*), на якому здійснюється керування терміналами й прикладними процесами в кінцевих системах мережі, які є джерелами та споживачами інформації. Цей рівень надає сервіси безпосередньо для прикладних програм користувачів.

Щоб уникнути несумісності між призначеними для користувача програмами, прикладний рівень визначає стандартні способи надання сервісів цього рівня. Це звільняє програмістів від необхідності повторно прописувати одні й ті ж функції в кожній розроблюваній ними мережевій прикладній програмі. Самі сервіси прикладного рівня не є застосованнями. Прикладний рівень надає програмістам набір відкритих стандартних інтерфейсів прикладного програмування (*Application Programming Interface, API*), які можна використовувати для виконання таких функцій мережевого застосовання, як передача файлів, віддалена реєстрація та ін. У результаті модулі прикладних програм виходять меншими за розміром і потребують менше пам'яті.

Прикладний рівень для користувачів є найбільш помітною частиною моделі OSI, оскільки він відповідає за запуск програм, їх виконання, введення-виведення даних, адміністративне керування мережею.

Протоколи взаємодії об'єктів сьомого рівня отримали назву *прикладних*.

Представницький рівень (*Presentation layer*) здійснює інтерпретацію й перетворення передаваних у мережі даних до типу, зрозумілому прикладним процесам; забезпечує подання даних в узгоджених форматах і синтаксисі, трансляцію й

інтерпретацію програм з різних мов, шифрування й стиснення даних. Завдяки цьому мережа не обмежує застосування різних типів ЕОМ як кінцевих систем. На практиці багато функцій цього рівня групуються з функціями прикладного рівня, тому протоколи представницького рівня не набули належного розвитку й не використовуються в багатьох мережах.

Сеансовий рівень (*Session layer*) забезпечує виконання функцій керування сеансом зв'язку (сесією), орієнтованим на наскрізну передачу повідомлень, таких, наприклад, як встановлення й завершення сесії; керування черговістю й режимом передачі даних (симплекс, напівдуплекс, дуплекс); синхронізація; керування активністю сесії; складання звітів про надзвичайні ситуації.

У сесіях із встановленням логічного з'єднання запити встановлення й розриву з'єднання, а також запити передачі даних, пересилаються на розміщений нижче транспортний рівень. Сеансовий рівень після сесії здійснює поступове, а не раптове завершення, виконує процедуру квітування (відправки службового повідомлення про завершення сеансу зв'язку), що дозволяє запобігти втраті даних у разі, коли одна зі сторін має намір перервати діалог, а інша – ні. Сесії надзвичайно корисні у випадках, коли між клієнтом і сервером в мережі існує логічне з'єднання. Слід зазначити, що без встановлення логічного з'єднання сесія, як правило, є неможливою. Однак, у цього правила є винятки, і деякі мережі підтримують передачу файлів без встановлення з'єднання. Навіть за таких умов сеансовий рівень передбачає виконання деяких корисних функцій для керування діалогом.

Сервіси сеансового рівня є додатковими і корисні лише для окремих застосовань, для більшості – їх наявність не є доцільною. Часто функції сеансового рівня реалізуються на транспортному, тому протоколи сеансового рівня застосовуються обмежено.

Транспортний рівень (*Transport layer*) виконує сегментування повідомлень і керування наскрізним, безпомилковим транспортуванням даних від джерела до споживача. Складність протоколів транспортного рівня зворотно пропорційна надійності сервісів нижчерозташованих рівнів (мережевого, канального й фізичного).

Функція сегментації полягає в розбитті довгих інформаційних повідомлень на блоки даних транспортного рівня – сегменти. Для невеликого за обсягом повідомлення сегмент асоціюється з його розміром.

У керуванні наскрізним транспортуванням даних транспортний рівень підтримує такі функції як: адресація, установка з'єднання, керування потоком даних, надання даним пріоритетів, виявлення та виправлення помилок, відновлення після збоїв, мультиплексування.

Протоколи транспортного рівня поділяються на два види: протоколи, орієнтовані на встановлення з'єднання й протоколи, які забезпечують для вищих рівнів надійний сервіс без встановлення з'єднання. Протоколи транспортного рівня без гарантії доставки набувають особливої популярності у випадках коли не потребується гарантована доставка повідомлень або не дозволяється повторення передачі повідомлень у якості метода контролю помилок. Це стосується застосовань, які працюють у реальному масштабі часу, такі як потокове відео або IP–телефонія.

Функція адресації на транспортному рівні, на відміну від адресації на мережевому і канальному рівнях, полягає в приєднанні додаткової унікальної адреси, яка ідентифікує прикладний процес, який здійснюється в кінцевій системі. Більшість комп'ютерів здатні виконувати одночасно декілька процесів, підтримуючи одночасно роботу декількох застосовань. Однак на мережевому рівні кожен із них, як правило, асоціюється з одним місцем розташування – апаратною адресою порту комп'ютера призначення. Коли пакет (блок даних мережевого рівня) надходить до порту комп'ютера призначення, останньому необхідно знати, для якого процесу його призначено. Саме цю інформацію надає унікальна адреса транспортного рівня. Таким чином, адреса транспортного рівня є *логічною* (відповідає програмному порту, пов'язаному з конкретним застосованням), оскільки адресує процес, а не машину (на відміну від адрес канального і мережевого рівнів).

Функція встановлення й розриву з'єднання на запит сеансового рівня між рівноправними об'єктами транспортного рівня реалізується за допомогою процедури *тристороннього квіткування*.

Ця процедура дозволяє мінімізувати ймовірність випадкового встановлення помилкового з'єднання, вимагаючи два підтвердження у відповідь на один запит з'єднання. З'єднання встановлюється тільки тоді, коли всі три події (запит, підтвердження отримання запиту, підтвердження отримання підтвердження) відбуваються в заданий часовий проміжок. Це дозволяє переконатися у тому, що обидва об'єкти транспортного рівня готові до сеансу зв'язку. Якщо дії

процедури не вкладаються в заданий проміжок часу, наприклад, через затримку або пошкодження службових пакетів, процедура ініціюється заново.

Розрив з'єднання транспортного рівня також контролюється тристороннім квітуванням, що забезпечує його коректність. Розрив з'єднання відбувається окремо в прямому й зворотному напрямках, що виключає можливість втрати даних користувача у разі, коли одна зі сторін завершила передачу даних, а інша ще залишається активною.

Функція керування потоком даних полягає в узгодженні параметрів передачі під час процедури тристороннього квітування. Такими параметрами є максимальний розмір сегменту даних для встановленого з'єднання; обсяг вільного простору буфера приймача, в якому розміщуватимуться доставлені сегменти; розмір групи сегментів, після отримання яких приймач повинен надсилати передавачеві підтвердження про прийом. Підтвердження не тільки доводить безпомилковість отримання даних, але й визначає кількість наступних сегментів, прийом яких є можливим з урахуванням поточного завантаження приймального буфера.

Функція призначення пріоритетів даних є виключною прерогативою транспортного рівня. Нижчий мережевий рівень не знає про існування пріоритетного трафіку й усі пакети (блоки даних мережевого рівня) він сприймає однаковими.

Більшість протоколів транспортного рівня підтримують два пріоритети: *звичайні* дані та *термінові*. Запит на призначення пріоритету надходить від сеансового рівня. Ідентифікатор призначеного пріоритету розміщується в полі службової інформації транспортного рівня, що приєднуються до сегмента.

Для кожного з пріоритетів можуть бути організовані окремі буферні пули. Алгоритм транспортування при цьому передбачає першочерговість обслуговування буфера термінових даних і тільки після його спустошення – буфера звичайних даних.

Іншим підходом є групування сегментів термінових і звичайних даних в один блок з розміщенням в полі службової інформації граничного показника їх розташування.

Функція виявлення та виправлення помилок виконується багатьма протоколами канального рівня, однак, транспортний рівень її анітрохи не дублює. Відмінність полягає в тому, що канальний рівень виявляє й виправляє помилки двійкових розрядів, які виникають на фізичному рівні при передачі біт, а транспортний рівень ліквідує помилки, які виникають в результаті неправильної роботи мережевого рівня (втрата пакетів, несвоєчасна доставка пакетів та ін.). Крім того у мережах, де канальний рівень не відповідає за виявлення й виправлення помилок у двійкових розрядах або цей рівень зовсім відсутній, транспортний рівень бере на себе ці функції.

Функція транспортного рівня з виявлення помилкових пакетів ґрунтується на впорядкуванні сегментів. Для цього кожному сегменту присвоюється порядковий номер, а в момент відправлення запускається власний таймер. Таймер працює до тих пір, поки не надійде підтвердження (позитивне або негативне) прийому пакета на приймальному кінці. У разі негативного підтвердження, передавач повторює передачу сегмента.

У деяких більш простих реалізаціях протоколів транспортного рівня позитивне підтвердження отримання

останнього сегмента повідомлення сприймається як безпомилкове отримання всіх його сегментів. Отримання негативного підтвердження означає, що передавач повинен повторно передати сегменти від тієї точки (сегмента), де виникла помилка. Такий механізм називається передачею з поверненням до N .

Якщо час, відрахований таймером сегмента, закінчується, ініціюється процедура виявлення помилки.

Функція відновлення після збоїв забезпечує можливість відновлення втрачених даних у разі пошкоджень мережі таких, як вихід з ладу лінії зв'язку (як наслідок – втрата віртуального з'єднання), вихід з ладу обладнання мережевого вузла (як наслідок – втрата пакетів у середовищі без встановлення з'єднання) і, нарешті, вихід з ладу комп'ютера, якому адресовано дані. Якщо вихід з ладу окремих компонентів мережі короткочасний, і швидко вдається встановити новий віртуальний канал або знайти маршрут, який оминає несправний вузол, транспортний рівень, аналізуючи порядкові номери сегментів, точно встановлює, які сегменти вже отримано і які слід передати повторно. При довготривалому пошкодженні мережі транспортний рівень може організувати транспортне сполучення в резервній мережі (якщо така передбачена).

У разі виходу з ладу комп'ютера-передавача або комп'ютера-приймача, робота транспортного рівня припиняється, тому що він функціонує під керуванням інсталюваних у них операційних системах. Після відновлення функціональності комп'ютера транспортний рівень починає ініціювати розсилку широкомовних повідомлень усім

комп'ютерам, які працюють у мережі, з метою виявлення того з них, який мав активне транспортне з'єднання з пошкодженням. Таким чином, поновленому комп'ютеру вдасться відновити перерване з'єднання за допомогою інформації, збереженої в справних машинах.

Функція мультиплексування дозволяє в одному мережевому з'єднанні організувати кілька з'єднань транспортного рівня. Адреса транспортного рівня, на чому зосереджено було вище, дозволяє транспортному рівню розрізняти сегменти, адресовані різним прикладним процесам. Перевагою такого мультиплексування є зменшення собівартості транспортування даних у мережі. Проте воно є доцільним тільки в режимі роботи мережі, орієнтованій на встановлення з'єднання (віртуального каналу).

У висновку зупинимось ще раз на особливостях роботи транспортного рівня в режимі без встановлення з'єднання. Як вже зазначалося вище, він використовується, коли гарантувати наскрізну доставку даних не потрібно. Це перш за все процеси обміну даними в реальному масштабі часу (аудіо- або відео-процеси), для яких доставка без затримки є значно важливішою ніж достовірність, яка досягається за рахунок повторних передач сегментів. Крім того, режим без встановлення з'єднання дозволяє більш ефективно використовувати мережу, не займаючи її пропускну здатність величезною кількістю службової інформації. Може виникнути сумнів: «Чи потрібен взагалі транспортний рівень у роботі застосовань реального часу?». І тут варто ще раз підкреслити актуальність функції адресації транспортного рівня, яка забезпечує підтримку декількох одночасно працюючих

прикладних процесів на одній машині, що є неможливим без сервісів транспортного рівня.

Мережевий рівень (*Network layer*) виконує головну телекомунікаційну функцію – забезпечення зв'язку між кінцевими системами мережі. Цей зв'язок може бути реалізовано шляхом надання наскрізного каналу, скомутованого з окремих ділянок відповідно до оптимально обраного маршруту, логічного віртуального каналу або безпосередньої маршрутизації блоку даних у процесі його доставки. При цьому мережевий рівень звільняє вищі рівні від знань про те, через які ділянки мережі або через які мережі проходить маршрут передачі інформації. Якщо вищі рівні (прикладний, представницький, сеансовий і транспортний), зазвичай обов'язкові в кінцевих системах, які взаємодіють через мережу, три нижніх рівні (мережевий, каналний та фізичний) є необхідними також для всіх проміжних мережевих пристроїв, розташованих у транзитних пунктах маршруту передачі даних.

Основною функцією мережевого рівня є *маршрутизація*. Вона полягає в прийнятті рішення, через які конкретно проміжні пункти повинен пройти маршрут передавання даних, які направляються з однієї кінцевої системи в іншу, та як має виконуватися комутація (яка відповідає конкретному маршруту) між входами та виходами мережевих пристроїв, розташованих у проміжних пунктах мережі.

Блоки даних, з якими оперує мережевий рівень, називаються *пакетами*. Пакет утворюється шляхом додавання до сегмента, переданого з транспортного рівня, заголовка, який містить *адресу мережевого рівня*. Вона складається з

двох частин і ідентифікує як адресу мережі кінцевого користувача, так і самого користувача в ній.

Мережі з різними мережевими адресами з'єднуються між собою *маршрутизаторами*. Для того, щоб передати пакет від відправника, який знаходиться в одній мережі, до одержувача з іншої мережі, необхідно зробити кілька транзитних «стрибків» – *хопові* (hops) між мережами, вибираючи щоразу найоптимальніший за часом проходження або надійністю маршрут.

Мережевий рівень вирішує також завдання взаємодії мереж з різними технологіями та створення захисних бар'єрів на шляху небажаного трафіку між мережами.

На мережевому рівні використовуються два види протоколів. Це власне мережеві протоколи, які забезпечують просування пакетів через мережу. Саме їх зазвичай асоціюють з протоколами мережевого рівня. Інший вид мережевих протоколів складають протоколи маршрутизації, які займаються обміном маршрутною інформацією. За допомогою цих протоколів маршрутизатори збирають інформацію про топологію міжмережевих з'єднань. Протоколи мережевого рівня виконуються модулями операційної системи, а також програмними й апаратними засобами маршрутизаторів.

На мережевому рівні можуть також працювати протоколи відображення адреси призначення мережевого рівня на адресу канального рівня мережі, де знаходиться кінцевий користувач.

Канальний рівень (*Data-link layer*) відповідає за якісну передачу даних між двома пунктами, пов'язаними фізичним каналом з урахуванням особливостей середовища-передавача.

Термін «*передача даних*», на відміну від терміна «*переносу інформації*» підкреслює саме цей аспект діяльності канального рівня. Якщо з'єднання встановлюється між двома кінцевими системами, не пов'язаними безпосередньо, то воно буде включати декілька незалежно функціонуючих фізичних каналів передачі даних. При цьому фізичні середовища передачі можуть відрізнятися (мідь, оптичне волокно, ефір). Несумісними можуть виявитися й вимоги до формату подання даних у кожному каналі, що називається *лінійним кодуванням*. У цій ситуації канальний рівень бере на себе функції адаптації даних до типу фізичного каналу зв'язку, надаючи вищерозташованим рівням «прозоре з'єднання».

Блок даних на канальному рівні називається *кадром* або *фреймом*. Пакети мережевого рівня, об'єднані в кадр, обрамляються розділовими прапорами (спеціальними послідовностями біт, розміщеними на початку та в кінці блоку пакетів). Крім того, до кадру додається контрольна сума, з використанням якої здійснюється перевірка правильності переданого каналом кадру. У разі виявлення невірної помилки, приймач надсилає запит до передавача про повторну передачу кадру. Теорія передачі даних і теорія кодування досить добре розроблені, що дозволяє забезпечити високу ефективність роботи протоколів канального рівня. Необхідно відзначити, що функція виправлення бітових помилок не завжди є обов'язковою для канального рівня, тому в деяких протоколах канального рівня вона відсутня (Ethernet, Frame relay). Іноді в глобальних мережах функції канального рівня виокремити важко, оскільки в одному й тому ж протоколі вони об'єднуються з функціями мережевого рівня (ATM, Frame relay).

Важливими функціями каналного рівня є керування доступом до каналу зв'язку, синхронізація кадрів, керування потоком даних, адресація, встановлення з'єднання й роз'єднання.

Керування доступом до каналу визначається типом фізичного каналу, який з'єднує станції, та кількістю під'єднаних до нього станцій. Тип каналу визначається режимом його роботи (дуплексний, напівдуплексний) та конфігурацією (двоточною – тільки дві станції, багатоточною – більше двох станцій). Керування доступом є актуальним у напівдуплексному режимі роботи каналу з багатоточною конфігурацією, коли станціям необхідно очікувати момент початку своєї передачі даних.

Синхронізація кадрів забезпечує приймач можливістю точного визначення початку й кінця кадру. Для передачі даних визначено два методи: асинхронна передача, орієнтована на символи (зазвичай 8-бітний символ), означає, що передача кожного символу попереджається стартовим бітом і закінчується стоповим бітом; і синхронна передача, орієнтована на кадри, в якій використовуються прапори початку і кінця кадру як синхронізуючі послідовності.

Керування потоком даних полягає в наданні приймачу можливості повідомляти передавача про свою готовність або неготовність до приймання кадрів. Ефект полягає в тому, що виникає запобігання такій ситуації, коли передавач завалює приймач кадрами, які той не в змозі обробити.

Адресація є потрібною при багатоточною конфігурації каналу з більш ніж двома станціями, щоб ідентифікувати одержувача. Адреси каналного рівня називаються

апаратними. Поле адреси містить адресу призначення та адресу джерела.

Встановлення та роз'єднання з'єднання – це процедура активації та дезактивації з'єднання на каналному рівні, яка виконується програмним забезпеченням. При цьому станція передачі ініціює з'єднання надсиланням адресату спеціальної команди «старт», а станція приймання підтверджує з'єднання, після чого починається передавання даних. Ця процедура здійснюється також після збоїв і перезапуску програмного забезпечення каналного рівня. Є також команда «стоп», яка зупиняє роботу програмного забезпечення.

Фізичний рівень (*Physical layer*) відповідає за розміщення біт інформації у фізичному середовищі. На фізичному рівні можуть використовуватися такі типи середовищ: кабель «вита пара», коаксіальний кабель, оптичне волокно, територіальний цифровий канал і ефір. Основними характеристиками фізичних середовищ передачі є такі параметри, як смуга пропускання, перешкодозахищеність, хвильовий опір та ін. Тут реалізуються фізичні інтерфейси пристроїв з передавальним середовищем та пристроями, між якими виконується передавання бітів.

Основні характеристики фізичного рівня можна об'єднати в такі групи.

Механічні. Це характеристики, пов'язані з фізичними властивостями інтерфейсу з передавальним середовищем, тобто роз'ємами, які забезпечують з'єднання пристрою з одним або кількома провідниками. Типи роз'ємів і призначення кожного контакту зазвичай стандартизуються.

Електричні. Визначають вимоги до подання бітів, які передаються в фізичне середовище, наприклад, рівень струму або напруги переданих сигналів, крутизна фронтів імпульсів, типи лінійних кодів, швидкість передачі сигналів.

Функціональні. Визначають функції окремих каналів фізичних інтерфейсів пристроїв, які взаємодіють через передавальне середовище. Основними схемами взаємодії пристроїв на фізичному рівні є: симплексний зв'язок (однобічний), напівдуплексний зв'язок (почерговий) і дуплексний зв'язок (двобічний, одночасний), який іноді називають повнодуплексним. При цьому можуть бути реалізовані два варіанти організації зв'язку: «точка–точка» та «точка – багато точок». У першому варіанті два пристрої розділяють один зв'язок, який, у свою чергу, може бути симплексним, напівдуплексним або дуплексним. У другому варіанті передбачається, що передані дані одним пристроєм приймаються багатьма пристроями. Як правило, такі зв'язки є симплексними (кабельне телебачення) або напівдуплексними (локальна мережа на базі стандарту Ethernet). В окремих випадках можуть використовуватися також дуплексні зв'язки (мережа на базі технології SONET). Можуть застосовуватися також інші топології фізичного рівня, такі, як *шина*, *зірка*, *кільце*, проте всі вони є варіаціями вже відомих «точка–точка» і «точка–багато точок». Так топологія шина є типовим варіантом «точка – багато точок», топологія зірка – набором зв'язків «точка–точка», топологія кільце – набір колоподібних зв'язків «точка–точка».

Процедурні. Встановлюють правила, за допомогою яких відбувається обмін потоками бітів через фізичне середовище.

Це схеми роботи послідовного та паралельного інтерфейсів. У першому випадку між взаємодіючими пристроями існує тільки один канал зв'язку, яким біти передаються один за одним. Це призводить до обмеження швидкості передачі й, отже, повільної роботи інтерфейсу. У другому випадку кілька бітів передаються між взаємодіючими пристроями одночасно декількома каналами. Швидкість передачі при цьому зростає.

Однією з важливих функцій фізичного рівня є *мультиплексування*, що забезпечує об'єднання безлічі вузькосмугових (низькошвидкісних) каналів у один широкосмуговий (високошвидкісний). Як відомо, за технологічним принципом розрізняють частотне мультиплексування (Frequency Division Multiplexing, **FDM**) і мультиплексування з поділом часу (Time Division Multiplexing, **TDM**). Технології FDM і TDM можуть бути об'єднані таким чином, що підканал у системі з частотним мультиплексуванням розбивається на кілька каналів шляхом мультиплексування з поділом часу. Цей прийом використовується в роботі цифрових стільникових мереж.

4.4. Принцип інкапсуляції даних в моделі OSI/ISO

Підготовка даних, отриманих на прикладному рівні, для транспортування по мережі зв'язку відповідно до протоколів стека OSI ґрунтується на концепції *інкапсуляції*.

Механізм інкапсуляції – це спосіб пакування даних у форматі одного протоколу в формат іншого протоколу, що в даному випадку відповідає послідовному додаванню до даних відповідної службової інформації на кожному рівні стека (див.

рис. 4.2). У результаті кожний рівень отримує дані від вищого рівня, поміщені в оболонку. Оболонка не відкривається й не зчитується нижчим рівнем, який, у свою чергу, доповнює зовні оболонку своєю службовою інформацією, яка призначена аналогічному рівню в системі приймання.

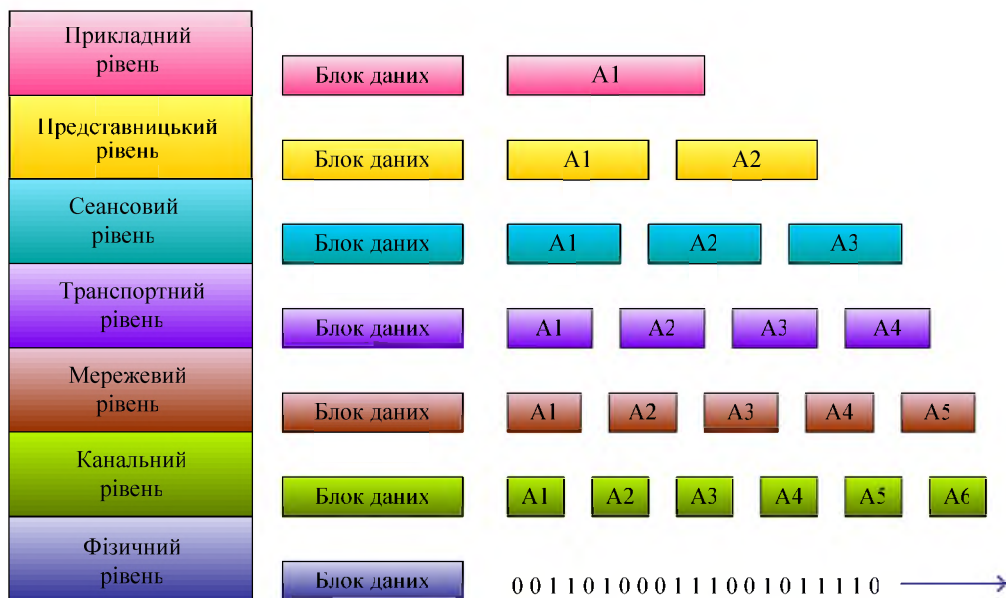


Рисунок 4.2. Інкапсуляція даних при проходженні вниз по стеку OSI

- A1 – заголовок прикладного рівня
- A2 – заголовок представницького рівня
- A3 – заголовок сеансового рівня
- A4 – заголовок транспортного рівня
- A5 – заголовок мережевого рівня
- A6 – заголовок канального рівня

Блок інформації, який надходить з вищого рівня на нижчий, завжди має стандартний формат: *заголовок, службова інформація, дані, кінцевик*. При цьому заголовок вищого рівня сприймається нижчерозміщеним як передані дані.

4.5. Промисловий стандарт стека протоколів TCP/IP

З 1990 року домінуючим набором протоколів, на основі якого розвивалося більшість нових протоколів, закріплено архітектуру зв'язку, яка відображена в стеку протоколів TCP/IP.

Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) – це промисловий стандарт стека протоколів, розроблений для глобальних мереж. Стандарти TCP/IP опубліковано в серії документів, названих **Request For Comment (RFC)**. Документи RFC описують внутрішню роботу Інтернету. Деякі RFC описують мережеві сервіси або протоколи та їх реалізацію, водночас інші узагальнюють умови застосування. Слід зазначити, що стандарти TCP/IP завжди публікуються у вигляді документів, але не всі RFC можна вважати стандартами. Деякі RFC з часом набувають статусу офіційних міжнародних стандартів після їх затвердження організацією зі стандартизації OSI або ITU–T.

Оскільки стек TCP/IP було розроблено до появи моделі ISO/OSI, то незважаючи на те, що він має багаторівневу структуру, відповідність рівнів стека TCP/IP рівням моделі OSI є досить умовною. На рисунку 4.3 наведено структура стека TCP/IP у співвідношенні з рівнями моделі OSI. Праворуч на рисунку вказано засоби реалізації різних рівнів.

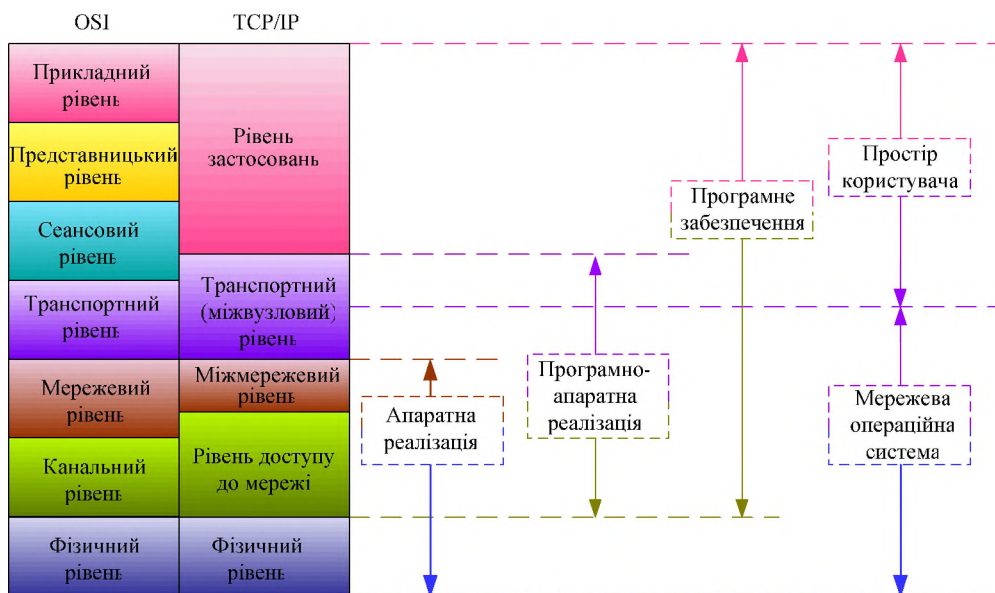


Рисунок 4.3. Порівняння архітектур зв'язку TCP/IP і OSI та засоби реалізації різних рівнів

Протоколи стека TCP/IP поділяються на п'ять рівнів. Найнижчий – фізичний рівень – відповідає **фізичному рівню** моделі OSI. Цей рівень у стеку TCP/IP спеціально *не стандартизовано*, а тому допускає використання всіх основних стандартів фізичного рівня, які визначають характеристики передавального середовища, швидкості передачі сигналів та схеми кодування сигналів.

Рівень доступу до мережі, пов'язаний з логічним інтерфейсом між кінцевої системою і мережею, є також *нерегламентованим*. Наприклад, для з'єднання комп'ютера з мережею може використовуватися будь-який стандарт канального рівня: PPP, Ethernet, ATM і та ін.

Міжмережевий рівень забезпечує функцію маршрутизації при передачі даних від одного хосту до іншого через вузли однієї або декількох логічних мереж. Основний

протокол цього рівня – це протокол **IP** (Internet Protocol). Він повинен підтримуватися усіма кінцевими системами (хостами) й мережевими комунікаційними пристроями, які здійснюють функцію маршрутизації. До допоміжних протоколів цього рівня належать такі:

- **ICMP** (Internet Control Message Protocol) – протокол керування повідомленнями Інтернет, забезпечує можливість шлюзів та маршрутизаторів обмінюватися службовими повідомленнями з хостом-відправником у разі виникнення проблемної ситуації при передачі в мережі;
- **IGMP** (Internet Group Managment Protocol) – протокол керування групами, надає великій кількості хостів і маршрутизаторів можливість обмінюватися повідомленнями з груповими адресами в широкомовному режимі;
- **OSPF** (Open Shortest Path First) – протокол визначення першого найкоротшого маршруту при встановленні віртуального (логічного) з'єднання в інтермережі;
- **BGP** (Border Gateway Protocol) – протокол регламентує процедуру маршрутизації між граничними шлюзами в Інтернет;
- **RSVP** (ReSerVation Protocol) – протокол резервування комунікаційних ресурсів (смуги пропускання ліній зв'язку) з метою надання необхідної якості обслуговування, підтримується хостами й мережевими комунікаційними пристроями;

- **RIP** (Routing Internet Protocol) – протокол збору маршрутної інформації при топологічних змінах у інтермережі;
- **ARP** (Address Resolution Protocol) – протокол розв'язування адресів (встановлює співвідношення між IP-адресом і фізичним адресом вузла).

Транспортний рівень відповідає за виконання функції наскрізної передачі даних і тому реалізується лише в кінцевих системах. Протоколи цього рівня приховують від рівня застосовань подробиці про мережу або мережі, якими транспортуються дані. На цьому рівні виконуються два основні протоколи:

- **TCP** (Transmission Control Protocol) – протокол керування передачею, орієнтований на логічне з'єднання та послідовну передачу блоків даних, котрий містить механізми забезпечення надійності, які дозволяють відстежувати блоки даних і тим самим гарантувати їх коректну доставку застосовання-адресантові;
- **UDP** (Ustr Datagram Protocol) – протокол датаграм користувачів, який забезпечує швидку, але ненадійну передачу блоків даних, які самостійно переміщуються мережею без встановлення логічного з'єднання.

Рівень застосовань забезпечує зв'язок між прикладними процесами та застосованнями взаємодіючих хостів. Основні протоколи цього рівня:

- **FTP** (File Transfer Protocol) – протокол передачі файлів;
- **HTTP** (Hyper Text Transfer Protocol) – протокол передачі гіпертекстових файлів;
- **SMTP** (Simple Mail Transfer Protocol) – простий протокол передачі пошти;
- **TELNET** – протокол видаленого входу в систему;
- **SNMP** (Simple Network Managment Protocol) – простий протокол мережевого керування;
- **DNS** (Domain Name System) – служба імен доменів або прикладний сервіс в Інтернет-мережі, який дозволяє хостам перетворювати Інтернет-імена в IP-адреси;
- **MIME** (Multipurpose Internet Mail Extensions) – багатоцільові розширення Інтернет-пошти, які підтримують обмін мультимедійними повідомленнями, визначаючи процедури, які дозволяють користувачеві приєднувати до повідомлення електронної пошти файли різних форматів (тексти, зображення, аудіо, відео та цілі програмні застосовання).

На рівні застосовань працюють також багато навігаційних програм (Google, Gopher, Wais, WWW), які забезпечують пошук потрібної інформації в мережі.

4.6. Переваги та недоліки моделі ISO/OSI і TCP/IP

Переваги моделі OSI

- Модель OSI на сьогодні розглядається як еталонна багаторівнева модель архітектури зв'язку інформаційних мереж і основа для розробки стандартів нових протоколів.
- Модель ISO/OSI дозволяє визначити межі телекомунікаційної та інформаційної мереж у загальній архітектурі зв'язку, а саме: фізичний, канальний, мережевий і транспортний рівні відображають принцип роботи телекомунікаційної мережі, а сеансовий, представницький і прикладний – інформаційної мережі.
- Чітке визначення інтерфейсів за рівнями дозволяє замінити один протокол рівня на інший без зміни стандартів протоколів суміжних рівнів. У цьому полягає основна цінність моделі OSI.
- Модель ISO/OSI є корисною для теоретичних досліджень і розробок нових мереж, хоча протоколи OSI не отримали широкого розповсюдження.

Недоліки моделі OSI

- Протягом багатьох років поширеною була думка, що архітектура OSI стане домінуючою серед усіх комерційних конкуруючих між собою стеків протоколів, таких, як Системна мережева архітектура (Systems Network Architecture, **SNA**) компанії IBM і

стек TCP/IP. Однак, оскільки в стек TCP/IP увійшли протоколи, які мають статус стандартів Інтернета, більшість розробників нових мережевих продуктів почали спиратися саме на нього.

- За архітектурою OSI закріпився статус *притисчої моделі*. Це відбулося, по-перше через несвоєчасність появи стандартних протоколів OSI (до моменту їхньої появи розповсюдилися конкуруючі з ними протоколи стеку TCP/IP), а по-друге – через складність і недосконалість моделі (представницький і сеансовий рівні порожні, а мережевий і канальний – перевантажені).

Переваги моделі TCP/IP

Стек TCP/IP є лідером, що пояснюється такими його властивостями:

- Це найбільш апробований, і у той же час популярний стек протоколів, який став стандартом де-факто.
- Майже всі існуючі великомасштабні мережі функціонують на основі стека TCP/IP.
- Це основний спосіб отримання доступу в Інтернет.
- Усі сучасні операційні системи підтримують стек TCP/IP.
- Стек TCP/IP знайшов широке застосування при створенні корпоративних мереж, які використовують транспортні послуги Інтернета і гіпертекстову технологію WWW.

- Стек TCP/IP є основою гнучкої технології для поєднання різномірних систем і мереж, як на рівні реалізації транспортної функції, так і на рівні взаємодії прикладних процесів.
- Стек TCP/IP забезпечує добремасштабоване середовище для застосовань клієнт-сервер.

Недоліки моделі TCP/IP

Незважаючи на величезну популярність, моделі TCP/IP та її протокол не позбавлені певних недоліків:

- Відсутність розмежувань концептуальних понять інтерфейсу, протоколу та рівневого сервісу, що досить чітко зроблено в моделі ISO/OSI. Внаслідок цього модель TCP/IP не може застосовуватися для розробки нових мереж.
- За допомогою моделі TCP/IP неможливо описати жоден інший стек протоколів, окрім TCP/IP.
- У моделі не диференційовано фізичний та канальний рівні, хоча вони абсолютно різні, що в коректній моделі обов'язково враховується.
- Найбільш ретельно продумано й опрацьовано протоколи IP і TCP. Більшість інших протоколів стека розроблено студентами (студентам для роздумів!) та вільно впроваджено, внаслідок чого вони настільки міцно вкоренилися в практиці, що зараз їх важко замінити на нові, пропоновані за комерційною схемою.

- Стек TCP/IP не може розглядатися як повноцінна модель, однак самі протоколи добре апробовані та надзвичайно популярні.

Резюме

Розглядаючи еталонну модель ISO/OSI відповідно до нових вимог, дотримання яких до процесу перенесення інформаційних потоків у інфокомунікаційній мережі є надзвичайно важливим, варто зосередитися на двох основних проблемах.

- По–перше, на транспортному й каналному рівнях реалізуються два незалежних механізми перенесення. Такий поділ задачі з транспортування інформації свого часу був зумовлений необхідністю об'єднати велику кількість мереж, які використовують різні технології доступу до каналу зв'язку. Проте наявність двох неузгоджених механізмів передавання створює проблему забезпечення якості обслуговування. Домогтися узгодженої поведінки транспортного й каналного рівнів (через мережевий рівень) не можливо у зв'язку з принципом автономності рівнів у моделі ISO/OSI. Однак сучасні концепції розвитку мереж на мультисервісній основі (зокрема концепція NGN) передбачають стратегії узгодженої поведінки транспортного й каналного рівнів у обхід мережевого рівня, що формально порушує принцип автономності а виходить за межі еталонної моделі.

- По-друге, в результаті конвергенції мереж та об'єднання інформаційних потоків різних служб у спільний передавальний потік гетерогенного трафіку, виникає необхідність ідентифікації його змісту. До того, як вузькоспеціалізовані мережі передавали інформаційні потоки конкретних типів, даної проблеми не існувало.

Пошуком вирішення зазначених проблем займається більшість виробників мережевого обладнання.

Контрольні питання

1. Для чого потрібні стандарти мереж? Що розуміють під «відкритою специфікацією»?
2. Що означають терміни: “протокол” та “інтерфейс” в протокольній моделі? Чи є адекватними їх значення аналогічним поняттям у функціональній моделі?
3. Що стандартизує модель OSI? Хто розробляє подібні стандарти?
4. Чому модель OSI називається еталонною? На що впливає зміна кількості рівнів у моделі? Чи є це допустимим і за яких умов та обставин?
5. Поясніть специфіку інкапсуляції. Яким чином вона відображена в моделі OSI?
6. У чому полягають особливості стека TCP/IP?
7. Порівняйте переваги та недоліки моделей OSI і TCP/IP. Поясніть, чи є ці моделі взаємовиключними, взаємодоповнюючими або незалежними?

8. Проаналізуйте основні проблеми, виявлені при розгляді моделі OSI відповідно до вимог організації зв'язку в інфокомунікаційних мережах?

9. Якою є роль програмного забезпечення в мережі? За якими принципами структуровано модель програмного забезпечення?