

### Тема 3. Еталонна модель OSI. Рівні моделі OSI. Фізична передача по лініях зв'язку

**Мережева модель OSI** (Open systems interconnection basic reference model – Базова Еталонна Модель Взаємодії Відкритих Систем (БЕМВВС)) – мережева модель стеку мережевих протоколів OSI/ISO (рис. 3.1). За допомогою даної моделі різні мережеві пристрої можуть з'єднуватися один з одним. Модель визначає різні рівні взаємодії систем. Кожен рівень виконує певні функції при такій взаємодії.

Дані	7 прикладний application	Доступ до мережевих служб
	6 представлень presentation	Представлення і кодування даних
	5 сеансовий session	Управління сеансом зв'язку
Сегменти	4 транспортний transport	Прямий зв'язок між кінцевими пунктами і надійність
Пакети	3 мережевий network	Визначення маршруту і логічна адресація
Кадри	2 канальний data link	Фізична адресація
Біти	1 фізичний physical	Робота з середовищем передачі, сигналами і двійковими даними

Рисунок 3.1 – Мережева модель OSI

#### 3.1 Рівні моделі OSI

У літературі найбільш часто прийнято починати опис рівнів моделі OSI з 7-го рівня, що називається прикладним, на якому призначені для користувача програми звертаються до мережі. Модель OSI закінчується 1 рівнем – фізичним, на якому визначені стандарти, що висуваються незалежними виробниками до середох передачі даних.

Будь-який протокол моделі OSI повинен взаємодіяти або з протоколами свого рівня, або з протоколами сусіднього рівня. Взаємодії з протоколами свого рівня називаються горизонтальними, а з рівнями на одиницю вище або нижче – вертикальними. Будь-який протокол моделі OSI може виконувати тільки функції свого рівня і не може виконувати функцій іншого рівня, що не виконується в протоколах альтернативних моделей.

Кожному рівню з деякою часткою умовності відповідає свій операнд – логічно неподільний елемент даних, яким на окремому рівні можна оперувати в рамках моделі і використовуваних протоколів: на фізичному рівні – біт, на каналному рівні інформація об'єднана в кадри, на мережевому – в пакети (датаграми), на транспортному – в сегменти. Будь-який фрагмент даних, логічно об'єднаних для передачі – кадр, пакет, датаграма – вважається повідомленням. Саме повідомлення в загальному вигляді є операндами сеансового, представницького і прикладного рівнів.

До базових мережних технологій відносяться фізичний і каналний рівні.

### **3.1.1 Фізичний рівень**

**Фізичний рівень** (Physical layer) – нижній рівень моделі, який визначає метод передачі даних, представлених в двійковому вигляді, від одного пристрою до іншого. Складанням таких методів займаються різні організації, в тому числі: Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE), Альянс електронної промисловості (EIA), Європейський інститут телекомунікаційних стандартів (ETSI) та інші. Здійснюють передачу електричних або оптичних сигналів через кабель або через радіоефір і, відповідно, їх прийом і перетворення в біти даних відповідно до методів кодування цифрових сигналів.

На цьому рівні працюють концентратори, повторювачі сигналу та медіаконвертери.

Функції фізичного рівня реалізуються на всіх пристроях, підключених до мережі. З боку комп'ютера функції фізичного рівня виконуються мережевим адаптером або послідовним портом. До фізичного рівня відносяться фізичні,

електричні і механічні інтерфейси між двома системами. Фізичний рівень визначає такі види середовищ передачі даних як оптоволокно, вита пара, коаксіальний кабель, супутниковий канал передачі даних і т.п.

При розробці стеків протоколів на цьому рівні вирішуються завдання синхронізації і лінійного кодування.

Протоколи фізичного рівня: IEEE 802.15 (Bluetooth), IrDA, EIA RS-232, DSL, ISDN, SONET/SDH, 802.11 Wi-Fi.

### **3.1.2 Канальний рівень**

*Канальний рівень* (Data link layer) призначений для забезпечення взаємодії мереж на фізичному рівні і контролю за помилками, які можуть виникнути. Отримані з фізичного рівня дані, представлені в бітах, він формує в кадри, перевіряє їх на цілісність і, якщо потрібно, виправляє помилки (формує повторний запит пошкодженого кадру) і відправляє на мережевий рівень. Канальний рівень може взаємодіяти з одним або декількома фізичними рівнями, контролюючи і керуючи цією взаємодією.

Специфікація IEEE 802 розділяє цей рівень на два підрівні: MAC (Media access control) регулює доступ до фізичного середовища, LLC (Logical link control) забезпечує обслуговування мережевого рівня.

На цьому рівні працюють комутатори, мости та інші пристрої. Ці пристрої використовують адресацію другого рівня (за номером рівня в моделі OSI).

Протоколи канального рівня: ARCnet, ATM, Controller Area Network (CAN), IEEE 802.3 (Ethernet), Ethernet Automatic Protection Switching (EAPS), Fiber Distributed Data Interface (FDDI), Frame Relay, High-Level Data Link Control (HDLC), IEEE 802.2 (надає функції LLC для підрівня IEEE 802 MAC), Link Access Procedures, D channel (LAPD), IEEE 802.11 wireless LAN, LocalTalk, Multiprotocol Label Switching (MPLS), Point-to-Point Protocol (PPP), Point-to-Point Protocol over Ethernet (PPPoE), StarLan, Token Ring, Unidirectional Link Detection (UDLD), x.25, ARP.

При розробці стеків протоколів на цьому рівні вирішуються завдання завадостійкого кодування. До таких способів кодування відноситься код Хеммінга, блочне кодування, код Ріда-Соломона.

У програмуванні цей рівень представляє драйвер мережевої карти, в операційних системах є програмний інтерфейс взаємодії канального і мережевого рівнів між собою. Це не новий рівень, а просто реалізація моделі для конкретної ОС.

### **3.1.3 Мережевий рівень**

*Мережевий рівень* (Network layer) моделі призначений для визначення шляху передачі даних. Відповідає за трансляцію логічних адрес і імен у фізичні, визначення найкоротших маршрутів, комутацію і маршрутизацію, відстеження неполадок і «заторів» в мережі.

Протоколи мережевого рівня маршрутизують дані від джерела до одержувача. Працюючи на цьому рівні пристрої (маршрутизатори) умовно називають пристроями третього рівня (за номером рівня в моделі OSI).

Протоколи мережевого рівня: IP/IPv4/IPv6 (Internet Protocol), IPX (Internetwork Packet Exchange, протокол міжмережевого обміну), X.25 (частково цей протокол реалізований на рівні 2), CLNP (мережевий протокол без організації з'єднань), IPsec (Internet Protocol Security). Протоколи маршрутизації – RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First), EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol).

### **3.1.4 Транспортний рівень**

*Транспортний рівень* (Transport layer) моделі призначений для забезпечення надійної передачі даних від відправника до одержувача. При цьому рівень надійності може варіюватися в широких межах. Існує велика кількість класів протоколів транспортного рівня, починаючи від протоколів, які надають тільки основні транспортні функції (наприклад, функції передачі даних без підтвердження прийому), і закінчуючи протоколами, які гарантують доставку в

пункт призначення кількох пакетів даних в належній послідовності, мультиплексує кілька потоків даних, забезпечують механізм керування потоками даних і гарантують достовірність отриманих даних. Наприклад, UDP обмежується контролем цілісності даних в рамках однієї датаграми і не виключає можливості втрати пакета цілком або дублювання пакетів, порушення порядку отримання пакетів даних; TCP забезпечує надійну безперервну передачу даних, що виключає втрату даних або порушення порядку їх надходження або дублювання, може перерозподіляти дані, розбиваючи великі порції даних на фрагменти і навпаки, склеюючи фрагменти в один пакет.

Протоколи транспортного рівня: ATP (AppleTalk Transaction Protocol), CUDP (Cyclic UDP), DCCP (Datagram Congestion Control Protocol), FCP (Fiber Channel Protocol), IL (IL Protocol), NBF (NetBIOS Frames protocol), NCP (NetWare Core Protocol), SCTP (Stream Control Transmission Protocol), SPX (Sequenced Packet Exchange), SST (Structured Stream Transport), TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol).

### **3.1.5 Сеансовий рівень**

*Сеансовий рівень* (Session layer) моделі забезпечує підтримку сеансу зв'язку, дозволяючи додаткам взаємодіяти між собою тривалий час. Рівень керує створенням/завершенням сеансу, обміном інформацією, синхронізацією завдань, визначенням права на передачу даних і підтримкою сеансу в періоди неактивності додатків.

Протоколи сеансового рівня: ADSP (AppleTalk Data Stream Protocol), ASP (AppleTalk Session Protocol), H.245 (Call Control Protocol for Multimedia Communication), ISO-SP (OSI Session Layer Protocol (X.225, ISO 8327)), iSNS (Internet Storage Name Service), L2F (Layer 2 Forwarding Protocol), L2TP (Layer 2 Tunneling Protocol), NetBIOS (Network Basic Input Output System), PAP (Password Authentication Protocol), PPTP (Point-to-Point Tunneling Protocol), RPC (Remote Procedure Call Protocol), RTCP (Real-time Transport Control Protocol), SMPP (Short

Message Peer-to-Peer), SCP (Session Control Protocol), ZIP (Zone Information Protocol), SDP (Sockets Direct Protocol).

### **3.1.6 Представницький рівень**

*Представницький рівень* (Presentation layer) забезпечує перетворення протоколів і кодування/декодування даних. Запити програм, сформовані на прикладному рівні, на рівні представлення перетворюються в формат для передачі по мережі, а отримані з мережі дані перетворюються в формат додатків. На цьому рівні може здійснюватися стиснення/розпакування або шифрування/дешифрування, а також перенаправлення запитів іншому мережевому ресурсу, якщо вони не можуть бути оброблені локально.

Рівень представлень зазвичай являє собою проміжний протокол для перетворення інформації з сусідніх рівнів. Це дозволяє здійснювати обмін між додатками на різномірних комп'ютерних системах прозорим для додатків чином. Рівень представлень забезпечує форматування і перетворення коду. Форматування коду використовується для того, щоб гарантувати додаткам надходження інформації для обробки. При необхідності цей рівень може виконувати переклад з одного формату даних в інший.

Рівень представлень має справу не тільки з форматами та поданням даних, він також займається структурами даних, які використовуються програмами. Таким чином, рівень б забезпечує організацію даних при їх пересиланні.

Щоб зрозуміти, як це працює, припустимо, що є дві системи. Одна використовує для представлення даних розширений двійковий код обміну інформацією EBCDIC, наприклад, це може бути мейнфрейм компанії IBM, а інша – американський стандартний код обміну інформацією ASCII (його використовує більшість інших виробників комп'ютерів). Якщо цим двом системам необхідно обмінятися інформацією, то потрібен рівень представлень, який виконає перетворення і здійснить передачу між двома різними форматами.

Іншою функцією, виконуваною на рівні представлень, є шифрування даних, яке застосовується в тих випадках, коли необхідно захистити передану

інформацію від доступу несанкціонованими одержувачами. Щоб вирішити це завдання, процеси і коди, що знаходяться на рівні представлень, повинні виконати перетворення даних. На цьому рівні існують і інші підпрограми, які стискають тексти і перетворюють графічні зображення в бітові потоки, так, що вони можуть передаватися по мережі.

Стандарти рівня представлень також визначають способи представлення графічних зображень. Для цих цілей може використовуватися формат PICT - формат зображень, що використовується для передачі графіки QuickDraw між програмами.

Іншим форматом представлень є тегований формат файлів зображень TIFF, який зазвичай використовується для растрових зображень з високою роздільною здатністю. Наступним стандартом рівня представлень, який може використовуватися для графічних зображень, є стандарт, розроблений Об'єднаною експертною групою по фотографії (Joint Photographic Expert Group); в повсякденному користуванні цей стандарт називають просто JPEG.

Існує інша група стандартів рівня представлень, яка визначає представлення звуку і кінофрагментів. Сюди входять інтерфейс електронних музичних інструментів (Musical Instrument Digital Interface, MIDI) для цифрового представлення музики, розроблений Експертною групою з питань кінематографії стандарт MPEG, який використовується для стиснення і кодування відеороликів на компакт-дисках, зберігання в оцифрованому вигляді і передачі зі швидкостями до 1,5 Мбіт/с, і QuickTime – стандарт, що описує звукові та відео елементи для програм, які виконуються на комп'ютерах Macintosh і PowerPC.

Протоколи рівня представлень: AFP (Apple Filing Protocol), ICA (Independent Computing Architecture), LPP (Lightweight Presentation Protocol), NCP (NetWare Core Protocol), NDR (Network Data Representation), XDR (eXternal Data Representation), X.25 PAD (Packet Assembler/Disassembler Protocol).

### 3.1.7 Прикладний рівень

*Прикладний рівень* (рівень додатків; Application layer) – верхній рівень моделі, що забезпечує взаємодію користувача додатків з мережею:

- дозволяє додаткам використовувати мережеві служби:
  - віддалений доступ до файлів і баз даних,
  - пересилання електронної пошти;
- відповідає за передачу службової інформації;
- надає додаткам інформацію про помилки;
- формує запити до рівня уявлення.

Протоколи прикладного рівня: RDP (Remote Desktop Protocol), HTTP (HyperText Transfer Protocol), SMTP (Simple Mail Transfer Protocol), SNMP (Simple Network Management Protocol), POP3 (Post Office Protocol Version 3), FTP (File Transfer Protocol), XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol), OSCAR (Open System for CommunicAtion in Realtime), Modbus, SIP (Session Initiation Protocol), Telnet і інші.

### 3.2 Фізична передача по лініях зв'язку

*Лінія зв'язку, лінія передачі* – сукупність технічних пристроїв і фізичного середовища, що забезпечують передачу електричних сигналів одного, двох або багатьох каналів зв'язку на певну відстань. Найпоширеніші електричні лінії передачі поділяють на провідні (кабельні лінії зв'язку, повітряні лінії зв'язку) та безпроводні – радіотехнічні (наприклад, лінії радіорелейного зв'язку). Крім того, є лінії зв'язку звукові (гідроакустичний зв'язок) та оптичні. Для одночасного і незалежного передавання сигналів вдаються до ущільнення лінії зв'язку.

У широкомовному зв'язку зазвичай використовується однонаправлена передача сигналу від радіостанції до споживача, в телекомунікаціях зазвичай застосовується двосторонній зв'язок, тобто на кожному кінці системи зв'язку є і передавач і приймач. При магістральному зв'язку на далекі відстані через простір і в лініях передачі використовуються так звані ретранслятори, які



ставляться вздовж траси. Вони посилюють сигнал, очищають його від перешкод і передають (ретранслюють) далі.

### **3.2.1 Повітряна лінія зв'язку**

Двопровідна лінія відрізняється від звичайного з'єднання за допомогою двох проводів тим, що її довжина може бути більшою довжини хвилі, що розповсюджується вздовж неї.

Повітряна лінія зв'язку проходить по проводах, підвішених у повітрі до опор за допомогою ізоляторів і спеціальної арматури. Для цього застосовують неізольовані сталеві, мідні або біметалеві (сталеві, покриті міддю) проводи; дерев'яні, залізобетонні, азбестоцементні або металеві опори; скляні або порцелянові ізолятори. Розрізняють лінії зв'язку неущільнені та ущільнені. Використовуючи методи високочастотного зв'язку, можна по одній парі проводів передавати сигнали багатьох (до 16) телефонних каналів зв'язку (частотою до 150 кГц). Необхідні дальність і якість зв'язку в ущільнених лініях зв'язку забезпечуються кінцевими і проміжними підсилювальними станціями. Повітряну лінію зв'язку застосовують для телефонного, телеграфного і фототелеграфного зв'язку, передавання телекодової інформації, програм радіомовлення тощо.

### **3.2.2 Електричний кабель**

Основний недолік двопровідної лінії полягає в тому, що це відкрита лінія. З цим пов'язані втрати потужності сигналу і вплив зовнішніх перешкод на передачу сигналу, як природних (блискавка), так і тих, що є результатом людської діяльності. Випромінювання і прийом хвиль відбуваються в місцях порушення прямолінійності лінії (злами в місцях кріплення проводів, вигини через провисання проводів та ін.). Електричний кабель, що працює на тому ж принципі, що і двопровідна лінія, вільний від зазначених недоліків, так як є закритою для електромагнітного поля лінією. У електричному кабелі один з проводів має циліндричну форму і оточує другий дріт, так що поле спрямованої

хвилі виявляється закритим всередині цього циліндра. Центральний провід розміщується коаксіально, тому інша назва лінії – коаксіальний кабель.

### **3.2.3 Металевий хвилевід**

Металевий хвилевід являє собою порожню металеву трубку круглого або прямокутного перерізу. Плоска або циліндрична електромагнітні хвилі можуть поширюватися по хвилеводу, відбиваючись від стінок. У результаті інтерференції відбитих під певними кутами хвиль утворюються спрямовані хвильові структури з синусоїдальним або близьким до нього розподілом поля в поперечному перерізі. При цьому амплітуди хвиль описуються функціями від поперечних координат. Такі хвильові структури називаються модами. У хвилеводі одна з мод може бути використана для передачі сигналу.

### **3.2.4 Діелектричний хвилевід**

Діелектричний хвилевід – це стрижень з діелектричного матеріалу, в якому можуть поширюватися електромагнітні хвилі з малими втратами. Для хвиль міліметрового діапазону це полістирол і поліетилен (фторопласт), так звані неполярні діелектрики. Електромагнітна хвиля може поширюватися всередині стрижня, відбиваючись від його країв під кутом повного внутрішнього відбиття. Як і в металевому хвилеводі, при інтерференції утворюються моди. При цьому немає втрат потужності в металі, але мають місце втрати в діелектрику. Ці втрати все-таки досить великі, тому діелектричні хвилеводи отримали застосування для передачі сигналу на міліметрових хвилях на порівняно короткі відстані (метри, десятки метрів).

Однак діелектричні хвилеводи виявилися надзвичайно перспективними для застосування в діапазоні інфрачервоних хвиль з довжиною хвилі порядку мікрометра (10<sup>-6</sup> м). Вони являють собою волокна зі скла, тому отримали назву оптичних волокон або волоконних світловодів.

### **3.2.5 Оптична кабельна лінія**

Оптична кабельна лінія складається з одного або декількох паралельних кабелів зі з'єднувальними, стопорними та кінцевими муфтами (ущільненнями) та кріпильними деталями.

Для застосування прозорих волокон як волоконних світловодів досить мати втрати в 20 дБ/км. Отримувані при звичайному очищенні скла втрати, наприклад, в 2000 дБ/км відповідали втратам в 20 дБ при довжині світловода в 10 м, а досягнуті втрати в 0,2 дБ/км дають втрати в 20 дБ вже при довжині світловода в 100 км. Таким чином, якщо в магістральній волоконно-оптичній лінії і потрібні ретранслятори-підсилювачі, то їх треба ставити через 100 км або більше.

### **3.2.6 Види каналів зв'язку**

*Канал* – частина комунікаційної системи, яка зв'язує між собою джерело та одержувача повідомлень.

Канал поширення сигналу може бути штучним, природним і комбінованим. У першому і (або) третьому випадку – це сукупність технічних засобів та середовища розповсюдження, що забезпечує передавання повідомлень від відправника до одержувача.

У автоматизації, телемеханізації та при використанні ЕОМ розрізняють:

- анізохронний канал (канал для анізохронних сигналів з будь-якою швидкістю модуляції, ДСТУ 2616-94);
- асинхронний канал (канал передавання даних від передавача до приймача без синхронізації);
- байт-мультиплексний канал (тип каналу введення-виведення, що забезпечує одночасну роботу кількох низькошвидкісних пристроїв введення-виведення завдяки побайтній передачі даних за допомогою спільного інтерфейсу введення-виведення);
- блок-мультиплексний канал (тип каналу введення-виведення, що допускає перемінну передачу даних від кількох зовнішніх пристроїв або

для кількох процедур обміну з одним пристроєм, причому здійснюється мультиплексування не бітів, а блоків);

- виділений канал (некомутований канал, до якого постійно підключені кінцеві пристрої);
- вимірювальний канал (сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів зв'язку тощо, призначених для визначення та передачі вимірювальної інформації про одну вимірювану фізичну величину, ДСТУ 2681-94);
- високошвидкісний канал (канал, що забезпечує швидкості передачі даних: 9600, 24000, 48000 біт/с і більше);
- вихідний канал (канал виведення даних з ЕОМ на зовнішній пристрій);
- віртуальний канал (у комп'ютерних мережах – засоби, які забезпечують передачу пакетів між двома терміналами зі збереженням їх початкової послідовності);
- вхідний канал (канал, яким у систему надходять вхідні повідомлення);
- дуплексний канал (канал, що забезпечує передачу даних у двох напрямках одночасно);
- збалансований канал (канал передачі даних між двома станціями, кожна з яких здійснює керування каналом і несе відповідальність за організацію свого потоку даних);
- ізохронний канал (канал для передачі ізохронного сигналу за встановленою для цього каналу швидкістю модуляції, ДСТУ 2616-94);
- канал з перериванням (канал, який допускає переривання програми, що виконується, і перехід до іншої програми, що має вищий пріоритет);
- канал прямого доступу (канал швидкого і безпосереднього підключення зовнішнього пристрою до оперативної пам'яті ЕОМ, без переривання роботи процесора);
- магістральний канал (канал, що з'єднує вузли мережі та комунікацій);

- мультиплексний канал (канал, який забезпечує одночасний обмін даними між оперативною пам'яттю та кількома зовнішніми пристроями ЕОМ, є байт-мультиплексний та блок-мультиплексний канал);
- напівдуплексний канал (канал зв'язку, який забезпечує передачу даних в обох напрямках поперемінно);
- незбалансований канал (канал передачі даних між двома і більше станціями, одна з яких керує каналом і організує обмін даними);
- низькошвидкісний канал (канал, що забезпечує швидкості передавання даних: 50, 100, 200 біт/с);
- основний канал (канал передачі даних, який серед інших каналів, що працюють зі спільним інтерфейсом, забезпечує максимальну швидкість передачі інформації);
- прямий канал (1. Канал безпосередньої передачі даних «джерело-одержувач». 2. Програмно керований пристрій обміну інформацією між оперативними запам'ятовувачами пристроями кількох ЕОМ);
- селекторний канал (канал введення-виведення інформації, що забезпечує обмін ЕОМ тільки з одним периферійним пристроєм, використовується для зв'язку центрального процесора зі швидкодіючими пристроями, наприклад, магнітними дисками);
- середньошвидкісний канал (канал, що забезпечує швидкості передачі даних: 600, 1200, 2400, 4800 біт/с);
- симетричний канал (у комп'ютерних мережах – канал, що забезпечує одну і ту ж швидкість передачі і приймання даних);
- симплексний канал (канал, що допускає передачу даних лише в одному напрямку, який встановлюється заздалегідь);
- синхронний канал (канал для передачі ізохронного сигналу, синхронного з тактовим сигналом цього каналу, який формується багатоканальною апаратурою чи кінцевим обладнанням передачі даних, ДСТУ 2616-94);
- стандартний канал (канал, що реалізує стандартний інтерфейс);

- телефонний канал (канал телефонного зв'язку для амплітудно модульованого сигналу звукової частоти),
- транспортний канал (логічна система, що призначена для передачі даних між двома суміжними ЕОМ);
- фізичний канал (засіб двобічної передачі даних).