## Вступ

В кінці 50-их – на поч. 60-их років, коли з'явились потужні машини, виникла потреба сполучати їх з одним або багатьма терміналами для ефективного використання ресурсів таких машин. Така система телеопрацювання інформації мала структуру (рис. 1)

Канали зв'язку в такій системі були досить

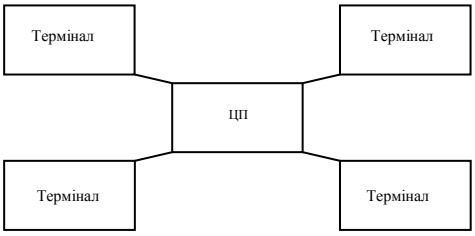



рис. 1

дорогими і використовувалися терміналами неефективно. Тому було розроблено спеціальні пристрої – мультиплексори (комутатори), які збирали трафік з розташованих поблизу терміналів для спрямування цього трафіка на ЦП. В такій системі з'явився так званий фронтальний процесор, який виконував функції організації зв'язку (рис. 2)

З розвитком технології ПК з'явилася необхідність об'єднувати їх у рамках більшої обчислювальної структури. Замість терміналів стали використовувати ПК. З'явилося поняття локальної обчислювальної мережі, тобто мережі, яка об'єднує ПК в рамках кімнати, поверху, будинку. Такі структури об'єднувалися в ще більші, які утворювали територіальні комп'ютерні мережі, а згодом – глобальні. Потім мережі набули такого вигляду (рис. 3)

Тепер комп'ютер включає в себе: ПК, термінали, зовнішні пристрої мережі та мережу зв'язку. Кожен

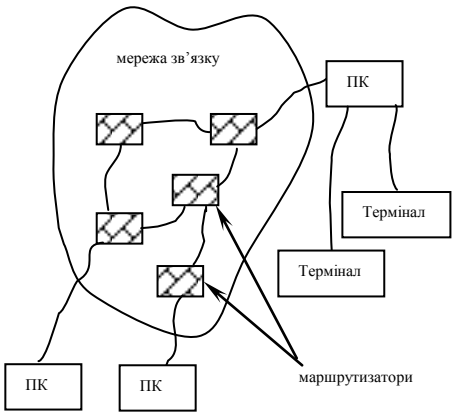



рис. 3

вузол мережі – це спеціалізований комп'ютер для виконання комунікаційних функцій – маршрутизатор. Для передавання даних між вузлами використовують канали існуючої телефонної мережі. Замість терміналів тепер використовують ПК. І тепер ПК – це в більшій степені мережевий термінал, аніж комп'ютер для виконання якихось операцій.

Дослідження показали, що >80% інформації концентрується в локальній зоні: в межах відділу, організації і т.д., тому значного поширення і розвитку набули локальні мережі, які об'єднуються в територіальні і глобальні мережі.

## Різновиди комп'ютерних мереж

З усіх засобів телеопрацювання інформації сьогодні можна виділити 2 типи мереж:

- Локальні мережі (ЛМ) – LAN (Local Area Network);
- Глобальні мережі (ГМ) – WAN (Wide Area Network).

Ці мережі суттєво відрізняються за технічними розв'язками.

**LAN.** Одна з визначних ознак ЛМ – це наявність високошвидкісного каналу передавання даних. Швидкість передавання даних в такому каналі на порядок вища, ніж швидкість периферійних пристроїв комп'ютера і наближається до швидкості передавання на внутрішній шині комп'ютера. На базі технології ЛМ є можливим створення єдиної цілісної інформаційної системи, в якій витрати часу на зв'язок суттєво не впливають на час виконання функцій. Така система називається розподіленою (РІС). Тут організовано паралельний порядок опрацювання інформації.

Виділяють 3 ступені використання РІС:

1. Розподіл ресурсів – задачі сумісно використовують ресурси системи (найпошир.).
2. Розподіл навантаження – задачі, які надходять в систему, передаються на вільні комп'ютери.
3. Розподіл опрацювання даних – маємо сукупність елементів опрацювання, пов'язаних логічно, з фізично децентралізованим керуванням ресурсами з метою сумісного виконання прикладних програм.

Можливості розподіленого навантаження та опрацювання даних реалізовано в мережевих ОС: Novell Netware, Unix, Windows NT.

В ЛМ найдорожчими є пристрої опрацювання інформації, а не пристрої комунікації.

Ефективність ЛМ можна підвищити за рахунок прикладної частини (апаратура + програма + обслуговуючий персонал).

**WAN.** ГМ – необмежені в просторі. Для передавання даних найчастіше використовують наявні телефонні канали з низькою швидкістю передавання даних (1÷3 кбіт/с) та з високим впливом завад. Все це не дозволяє використовувати такі мережі в реальному режимі часу.

Найдорожчим в ГМ є комунікаційне обладнання. Для його ефективного використання застосовують спеціальні процесори зв'язку.

Перспективою з точки зору зближення двох типів мереж є технологія АТМ (Asynchronous Transfer Mode).

Крім ЛМ і ГМ виділяють регіональні мережі (MAN – Metropolitan Area Network) – мережі масштабу міста, району, області. В залежності від масштабів такої мережі в ній можуть використовуватись як технології ЛМ, так і ГМ.

В результаті розвитку мережевих технологій та об'єднання окремих ЛМ окремих фірм в одне ціле виникло поняття корпоративної мережі, що є об'єднанням деякої кількості локальних мереж за допомогою телефонних, супутникових та інших каналів у єдину мережу фірми.

## Характеристики або ознаки класифікації комп'ютерних мереж

1. Географічна площа (локальні, регіональні, глобальні).
2. Сфера застосування (офісні, промислові, побутові).
3. Комплекс архітектурних розв'язків, що відбивається у фірмовій назві (Ethernet, Token Ring, Arc Net).
4. Топологія – спосіб об'єднання компонентів мережі (шинна, кільцева, зіркоподібна, деревоподібна, повнозв'язна ...).
5. Фізичне середовище передавання (коаксіальний, волоконно-оптичний кабель, скручена пара, інфрачервоні, мікрохвильові канали ...).
6. Метод доступу до фізичного середовища (мережі з опитуванням, мережі з маркерним доступом, мережі з суперництвом, мережі з встановленням регістрів ...).
7. Набір протоколів – протокольний стек (TCP/IP, SPX/IPX).

## Стандартизація в комп'ютерних мережах

Оскільки існує велика різноманітність мережевих технологій, виникає потреба в їх реалізації. Т. ч., для розподілених систем виникає потреба в стандартизації, бо робота їх складових частин повинна відбуватись за певними правилами.

Стандарти були розроблені Міжнародним Консультативним Комітетом з Телефонії і Телеграфії.

У 1993 році ITU (International Telecommunication Union) виробляє стандарти, які поділяються на певні серії відповідно до тематик.

В 70-их роках в межах ISO був організований комітет за номером 97, який розробляє стандарти щодо опрацювання інформації на комп'ютері.

Деякі організації розробляють стандарти певного технологічного напрямку, напр. ATM Forum розробляє комплекс стандартів стосовно ATM.

Організації IEEE, ANSI також приймають участь в розробці стандартів.

## Термінологія

Відкрита система (Open system) – це система, яка

побудована і працює з дотриманням умов міжнародних стандартів. Для зовнішнього спостерігача, під'єднаного до відкритої системи не мають значення апаратні властивості системи, ОС, організація процесів інших реальних кінцевих систем.

Комунікаційна система (Communication system) – це реальна відкрита система, яка забезпечує обмін даними між абонентськими системами у відкритій інформаційній системі.

Абонентська система (User system) – це реальна відкрита система, яка є постачальником або споживачем ресурсів системи, забезпечує доступ до них і керує взаємозв'язком відкритої системи. Ініціаторами та учасниками обміну інформацією в абонентських системах є прикладні процеси.

Прикладний процес (Application process) – це процес в реальній кінцевій системі, який опрацьовує інформацію користувачів. Прикладні процеси можуть мати різну природу, наприклад: дії оператора за терміналом, програма системи БД, програма керування технологічним процесом,... Зв'язок між прикладними процесами реалізується за допомогою середовища передавання даних.

Середовище передавання даних (Transmission medium) – це сукупність ліній передавання даних, а також, можливо, іншого обладнання, яке забезпечує передавання даних між станціями (комп'ютерами, що функціонують в мережі).

Середовище зв'язку відкритої системи (OSI Environment) – це сукупність функцій, які дають змогу реальним відкритим системам виконувати обмін даними відповідно до міжнародних стандартів. Середовище має складний набір функцій, тому, створюючи його, треба дотримуватись ієрархічного підходу, що полягає в таких принципах:

1. функція передавання даних дуже складна, тому її треба поділити на рівні;
2. кожен рівень виконує конкретний обмежений набір завдань;
3. межі між рівнямипроводять так, щоби обмін між ними був мінімальним;
4. рівні описують так, щоби зміни в одному рівні не викликали змін в інших.

Протокол (Protocol) – це набір синтаксичних і семантичних правил, що визначають поведінку об'єктів під час їхньої взаємодії.

Протоколи намагаються стандартизувати в першу чергу, оскільки протоколи є в різних системах. Об'єктисуміжних рівніввзаємодіють один з одним через спільну межу, яка називається інтерфейсом.

Інтерфейс (Interface) – це межа між двома рівнями, яка маєпевні функціональні характеристики.

## Модель взаємодії відкритих систем

7498ISO визначає модель взаємодії відкритих систем (7-ми рівнева модель):

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Прикладний | 7 | | 7 | A – Application |
| Відображення | 6 | | 6 | P – Presentation |
| Сеансовий | 5 | | 5 | S – Session |
| Транспортний | 4 | | 4 | T – Transport |
| Мережевий | 3 | | 3 | N – Network |
| Канальний | 2 | | 2 | DL – Data link |
| Фізичний | 1 | | 1 | PL – Physical link |

Цій моделі відповідають всі відкриті системи, в тому числі інформаційні.

Рівні 1 – 4 відповідають за надійне передавання даних, а з 5 по 7 – за обслуговування прикладних процесів. 1 і 2 рівні пов'язані з фізичною топологією мережі, 3 і 4 – з протоколами комутаційного рівня, а 5, 6 і 7 – з протоколами прикладного рівня.

У мережі має місце фізичне та логічне переміщення даних.

Фізичне переміщення даних починається на верхньому рівні і йде вниз по всіх рівнях моделі. Наприклад: на верхньому рівні було створено інформацію. Протокол прикладного рівня передає ці дані в певній формі протоколу комунікаційного рівня. На цьому рівні проходить "упаковка" інформації в інформаційний пакет визначеної структури. Цей пакет передається протоколу рівня передачі даних для фізичної пересилки. Потім ці дані переміщуються по мережевому носії у вигляді імпульсів, що відповідають 0 або 1. Цей носій може бути різного виду кабелем, радіоканалом, … Як тільки дані дойшли до комп'ютера-отримувача, вони починають переміщатись знизу догори. На кожному рівні вони обробляються, але виділяється тільки та частинка, яка була запакована на тому ж рівні, що й у комп'ютері-передавачі. В кінці інформація доходить до користувача на прикладному рівні.

У прикладі, наведеному щойно, логічно інформація передавалась з комп'ютера в комп'ютер тільки між одинаковими рівнями.

## Призначення протоколів усіх рівнів

1 рівень: спряження з фізичними засобами.
2 рівень: передавання між сумісними системами.
3 рівень: прокладка сполучення між системами.
4 рівень: налагодження наскрізних сполучень.
5 рівень: організація та проведення діалога.
6 рівень: перетворення даних.
7 рівень: реалізація різних форм взаємодії прикладних процесів.

## Прикладний рівень (7)

Прикладний рівень забезпечує різні форми взіємодії прикладних процесів, розміщених в різних системах. В теперішній час можна виділити такі форми протоколів прикладного рівня:

1. керування терміналами;
2. керування діалогом;
3. керування файлами;
4. керування задачами;
5. керування системою;
6. забезпечення цілісності інформації.

Така різноманітність протоколів обумовленарізноманітністю завдань, які розв'язуються на прикладному рівні. Вибрати потрібний протокол можна динамічно за допомогою спеціального протоколу, який називається протоколом керування контекстом. До прикладів систем міжмережевої взаємодії можна віднести:

- WWW;
- Електронна пошта. Використовує протокол SMTP за стандартом X.400 доставки повідомлень між різними застосуваннями електронної пошти;

## Рівень відображення (6)

Цей рівень відображає та перетворює дані, якими обмінюються між собою прикладні процеси. Необхідність у цьому рівні обумовлена тим, що різні комп'ютери та пристрої, під'єднані до мережі, можуть мати ріізні формати даних, різні системи команд, і цей рівень призначений для того, щоби спосіб відображення інформації не впливав на формат інформації в мережі. Кожна інформація, яку формує прикладний рівень для передавання має 2 аспекти: семантику і синтаксис. Семантика описує зміст повідомлення. На рівні відображення відтворюється синтаксис.

Протоколи цього рівня виконують велику кількість різноманітних фунцій, а саме:

1. вибір (узгодження) між процесами потрібної форми відображення даних;
2. перетворення даних, кодів, форматів;
3. шифрування інформації.

Результат дії рівня відображення виявляється під час діалогу або сеансів об'єктів рівня відображення під час узгодження форми подання інформації. На цьому рівні також відбувається ущільнення, кодування даних і протилежних до них дій.

Для представлення різних типів інформації використовують різні стандарти:

- TIFF – стандартний графічний формат для растрових зображень з високою роздільною здатністю;
- JPEG – стандарт для передачі фотографій;
- MIDI – для цифрової передачі музики;
- MPEG – для цифрової передачі рухомих зображень.

## Сеансовий рівень (5)

Цей рівень організовує діалогові сеанси між прикладними процесами. Під час його роботи в користувача складається враження, що прикладні процеси розташовані на одному потужному локальному процесорі. Ініціатором сеансу є прикладний об'єкт, який звертається до представницького об'єктаі передає йому адресу партнера. Після цього представницький об'єкт звертається до сеансового рівня і ініціює сеанс зв'язку. Головні функції сеансового рівня такі:

1. налаштування сеансового сполучення;
   Під час налагодження сеансового сполучення шляхом діалога об'єктів добираються параметри сполучення і швидкість передавання, необхідність використання підтверджень, …
2. обмін даними;
   Це головна функція цього рівня, яка реалізує передавання даних між об'єктами сеансового рівня.
3. керування взаємодією;
   Керування черговістю передавання протокольних пакетів.
4. повідомлення про надзвичайні ситуації;
5. відображення сеансового сполучення на транспортне;
   Можлива ситуація, коли через одне транспортне сполучення відбуваєтьсяпередавання інформації кількох сеансів. Тому кожен сеанс має мати ідентифікатор. З іншого боку інформацію одного і того ж сеанса для надійності можна передавати кількома транспортними сполученнями. Керує цими процесами функія відображення.
6. завершення сеансового сполучення.
   За допомогою цієї функції можна завершити сполучення так, щоб рівень відображення не втратив жодного блока, який ще перебуває в дорозі.

Приклади протоколів та інтерфейсів сеансового рівня:

- NFS (Network File System);
- SQL (Structured Query Language);
- X-Window (використовується на Unix-станціях і дозволяє їх використовувати як локальні).

## Транспортний рівень (4)

Надає прикладним об'єктам сполучення через всі фізичні засоби мережі незалежно відреальної конфігурації цього сполучення. Таке сполучення називається наскрізним. Сполучення, яке гарантується транспортним рівнем, повинне бути прозорим, тобто не залежати від кодів інформації вищих рівнів.

Для ефективного передавання інформації на транспортному рівні є декілька класів сервісу, які відрізняються перепускною здатністю, часом передавання, часом налагодження сполучень і допустимою ймовірністю помилок. Сервіс транспортоного рівня передбачає такі функції:

1. налагодження та розірвання транспортного сполучення;
2. керування послідовністю інформаційних блоків;
3. забезпечення цілісності даних;
4. сегментування блоків та їх зчеплення;
5. виявлення та виправлення помилок;
6. вибір класу сервісу;
7. передавання даних;
8. мультиплексування та розчеплення сполучень.

Транспортний рівень дає змогу поновити блоки даних, які можуть бути втрачені на 1, 2, 3 рівнях. У випадку відказу сполучення на мережевому рівні, він налагоджує нове сполучення. Функціонування цього рівня передбачає 3 фази, які змінюють одна одну:

1. налагодження сполучення; вибір класу сервіса; прийняття рішення про потреби мультимплексування; визначення оптимального розміру блоку даних;
2. передавання даних; організація послідовності передавання даних; сегментування блоків; мультимплексування і розчеплення блоків; виявлення і виправлення помилок;
3. завершення сполучення.

Забезпечення цілісності даних досягається за рахунок застосування механізму керування потоком даних. Надійність доставки гарантується тим, що:

1. відправник отримує підтвердження від приймаючої сторони про доставку сегментів даних;
2. довільні непідтверджені сегменти передаються повторно;
3. прийняті сегменти впорядковуються у відповідності з послідовністю їх передачі;
4. для виключення перевантаження мережі, переповнення буферів і втрати даних використовується керування потоком даних.

## Мережевий рівень (3)

Виконує ретрансляцію даних через одну або уілька систем, а також забезпечує для верхнього – транспортного – рівня незалежність від методів та засобів комунікацій та від маршрутів у різних засобах сполучення. На цьому рівні здійснюється маршрутизація інформації, тобто вибираються шляхи передавання інформаційних блоків, залежно від адрес призначення та інших характеристик, наприклад таких, як завантаженість або ненадійність окремих проміжних сполучень. Блоки даних на мережевому рівні називаються пакетами. На мережевому рівні можливі такі види сервісу:

1. організація мережевих сполучень;
2. ідентифікація кінцевих точок сполучення;
3. передавання інформаційних пакетів;
4. керування потоками блоків даних;
5. виявлення помилок;
6. ліквідація мережевих сполучень.

При виборі шляху для передачі пакета маршрутизатори використовують інформацію про топологію мережі. Інтерфейс мережевого рівня зв'язаний з мережею і використовується службами транспортного рівня для передачі пакетів між кінцевими точками за найкращим маршрутом. Після того, як маршрутизатори виберуть найкращий шлях між 2-ма точками, починає виконуватись процес пересилки пакетів.

Пересилка пакетів відбувається 2-ма способами:

1. комутація каналів. При цьому забезпечується більша швидкість.
2. комутація пакетів. Пакети передаються по різних маршрутах. Може статись таке, що пакети надійдуть в різному порядку. Тут більш ефективно використовуються канали зв'язку.

## Канальний рівень (2)

Призначений для передавання блоків даних через одне фізичне сполучення, тому на мережевому рівні типи фізичних сполучень, які розміщені нижче – невідомі. Види сервісу канального рівня такі:

1. передавання блоків даних;
2. організація послідовності блоків;
3. виявлення та виправлення блоків;
4. керування потоком даних;
5. налагодження та розривання канальних сполучень.

На канальному рівні блоки даних називаються кадрами.

Тут відбувається селекція інформації, тобто вибір серед всіх прийнятих блоків тільки тих, які адресовані конкретній системі.

Прикладами протоколів канального рівня для глобальних мереж є:

- HDLC (High-Level Data Link Control). Підтримує як одно- так і багато-пунктові конфігурації;
- X.25. Перший протокол для мереж з комутацією пакетів;
- Frame Relay (продовження X.25). Забезпечує найвищу швидкість в глобальних мережах, оскільки в ньому застосовується спрощена схема обробки кадрів безкорекції помилок.

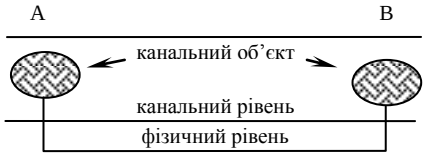
## Фізичний рівень (1)

Призначений для спряження передаючих і приймаючих систем з фізичним середовищем. Він визначає механічні, електричні, функціональні та процедурні характеристики, які описують доступ до фізичного середовища.

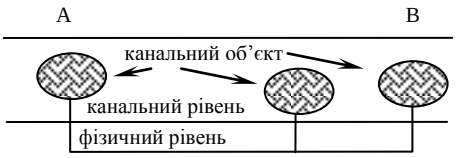
Фізичне сполучення забезпечує прозорість, тобто передавання довільної послідовності бітів. Через одне фізичне сполучення можуть передаватися кілька канальних об'єктів, але 1-не канальне сполучення можуть обслуговувати кілька кілька фізичних.

Існує 2 типи фізичних сполучень для передачі даних:

1. Двопунктове з'єднання (Point-to-Point connection)




2. Багатопунктове з'єднання (Multipoint connection)




Фізичний рівень забезпечує такі різвиди сервісу:

1. налаштування постійного або тимчасовогофізичного сполучення;
2. ідентифікація фізичного сполучення;
3. організація послідовного передавання;
4. повідомлення про збої та розриви в мережі.

На фізичному рівні відбувається прослуховування багатопунктового сполучення для виявлення наявності передавання інформації в мережі, можливе зіткнення кадрів, …

Фізичний рівень відповідає за передавання та прийом бітових потоків. Фізичне представлення бітів у носіях різних типів відрізняється. У деяких системах "1" або "0" кодуються рівнями напруги, в інших – наявністю імпульсів або комбінацією імпульсів. На фізичному рівні треба розрізняти інтерфейс між кінцевим обладнанням даних та інтерфейс між кінцевим обладнанням каналу передачі даних. Якщо у 1-му випадку обладнання розміщене у споживача інформації, то в 2-му – у провайдера, який потім продає інформацію і зв'язок з кінцевим користувачем.

## Інкапсуляція даних

Під цим терміном розуміємо вкладання інформації, створеної за деяким протоколом в секцію даних блока даних іншого протоколу.

На кожному рівні 7-мирівневої моделі виконується інкапсуляція даних попереднього, більш високого рівня, при переміщенні даних по стеку протоколу. Логічна взаємодія, яка має місце на кожному рівні моделі не торкається фізичних з'єднань мережі, оскільки інформація кожного рівня повинна бути інкапсульована в дані нижчого рівня.

В результаті інкапсуляцією створюється набір даних, який називається пакетом.

На передаючому пристрої інкапсуляція даних складається з таких етапів:

1. інформація користувача перетворюється в дані;
2. з даних складаються сегменти;
3. сегменти перетворюються в пакети;
4. пакети розбиваються на кадри;
5. кадри утворюють потік бітів.

## Методи комутації

Комунікаційна мережа описується сукупністю вузлів та каналів зв'язку, які їх сполучають.

Вузли мережі забезпечують опрацювання та збереження даних, а також їхню комутацію.

Канали зв'язку реалізують передавання даних. Два або більше комп'ютерів можуть бути сполучені каналами зв'язку по-різному.

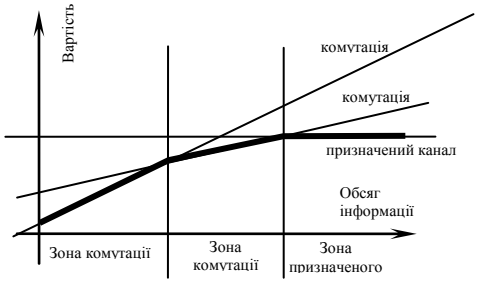
Спосіб сполучення комп'ютерів каналами зв'язку для передавання даних між ними називається методом комутації.

1. З призначеним каналом зв'язку. Між комп'ютерами налаштовується канал зв'язку з фіксованою швидкістю передавання даних та смугою перепускання. Налаштування та підтримка такого каналу, особливо на велику відстань, коштує дорого. Якщо навантаження на канал невелике чи нерівномірне, то перепускна здатність такого каналу використовується неефективно.
   a) Двопунктовий. В локальних мережах для передавання великих обсягів даних.
   b) Багатопунктовий. Вимагає спеціальних засобів розподілу даних.
2. Канали з комутацією. Зв'язок не є постійний, а відбувається за запитом. Існують такі різновиди:
   a) Комутація каналів за запитом одного з учасників обміну. Між двома комп'ютерами налаштовується канал зв'язку. Він може складатися з багатьох ланок. Коли канал налаштовано, він має фіксовану швидкість передавання і смугу перепускання. Після завершення передавання канал руйнується.
      Недоліки:
      a. досить тривалий час налагодження сполучень;
      b. неефективне використання каналу зв'язку, якщо навантаження мале і нерівномірне в часі.

      Як правило, такий спосіб комутації використовується для організації віддаленого доступу в локальну чи корпоративну мережу через модем. Але цей принцип комутації лежить в основі перспективної технології ATM, сфера застосування якої в швидкісних мережах постійно збільшується.
   b) При проміжному зберіганні інформації, вона затримується, накопичується і аналізується в проміжних вузлах передавання. Для цього потрібні буфери достатніх розмірів і процесори для опрацювання інформації.
      a. Комутація повідомлень. Під повідомленням розуміють інформаційний об'єкт, який треба передати. Такий об'єкт передається як одне ціле. Оскільки об'єкт може мати великий обсяг, то використання такого методу комутації вимагає великих буферів, розрахованих на максимальний обсяг повідомлень, а також викликає тривалі затримки в передаванні, доки не буде прийняте все повідомлення у цьому вузлі.
      b. Комутація пакетів. Всі повідомлення поділяються на пакети фіксованої довжини. Кожен пакет передається незалежно від інших. Метод є гнучким, оскільки не треба очікувати на отримання цілого повідомлення в проміжних вузлах. Якщо один пакет буде спотворено – не треба передавати інший пакет. По одному каналу зв'язку можна одночасно передавати пакети різних об'єктів – це підвищує ефективність використання каналу. Цей метод є найбільш поширеним в комп'ютерних мережах.
         i. Комутація віртуальних каналів. Перед початком сполучення в мережу надсилають спеціальний пакет, який налаштовує з окремих ланок так званий віртуальний канал. Він так називається, бо на відміну від призначеного (комутованого), реальний канал, що використовує віртуальний канал, може водночас передавати пакети декількох віртуальних каналів.
         ii. Передавання даноґрам. Повідомлення поділяється на окремі пакети – даноґрами, кожна з яких містить адреси відправника і отримувача. Даноґрами нумерують і передають незалежно одна від одної. Даноґрами вимагають більшого аналізу в проміжних вузлах передавання, ніж пакети віртуальних каналів, але їх можна передавати різними маршрутами одночасно і цим самим зменшувати тривалість передавання всього повідомлення.

**Порівняння різних каналів комутації**

Цей графік побудовано за припущенням, що відстань передавання та смуга перепускання – сталі. Для призначеного каналу вартість не залежить від обсягу інформації, що передається (якщо перепускна здатність каналу – фіксована). Для комутації каналів велику вартість має початкове налагодження каналу. Вона також




збільшується із збільшенням обсягу інформації, що передається. Для комутації пакетів початкові затрати менші, але із збільшенням навантаження на канал витрати ростуть сильніше, оскільки потрібні ресурси для опрацювання пакетів у проміжних вузлах.

**Середовища передавання даних**
**Сигнали та коди комп'ютерних мереж**

**Середовища передавання комп'ютерних мереж**.

Техніко-експлуатаційні характеристики середовищ передавання такі:

1. час і швидкість розповсюдження сигналів;
2. вартість;
3. швидкість згасання сигналу на одиницю довжини кабеля з урахуванням частоти сигналу;
4. електричний опір 1м кабеля;
5. завадостійкість у різних навколишніх середовищах;
6. випромінювання в довкілля.

Важливим параметром якості кабеля є перехідне згасання на ближньому кінці. Електричний струм в дроті створює електромагнітне поле, яке може спричинити завади в інших дротах. Чим більша частота сигналу, тим більші завади. В якісних кабелях рівень корисного сигналу значно вищий, ніж рівень завад, які генеруються. Для характеристики цього явища існує параметр, який називається випромінювання в довкілля (EMI – Electromagnetical Interference). Цей параметр характеризує ступінь та параметри паразитного випромінювання, яке генерується під час передавання сигналів кабелем: значне випромінювання може призвести до спотворення даних, нестабільної роботи приладів, до аварії. Вони негативно впливають на здоров'я людей. Передусім це стосується неекранованих кабелів. В цих кабелях використовується декілька жил дроту таким чином, щоби сигнали в кожній парі дротів мали протилежну полярність і компенсували випромінювання один в одному. Ступінь компенсації в такому випадку називається збалансованістю.

Комісія ЄС розробила єдиний європейський стандарт для електричного обладнання, якому повинні відповідати національні стандарти за показником EMI. Цей стандарт розповсюджується на всі мережі, встановлені після 1 січня 1996 р. Мережеве обладнання в промислових умовах допускає випромінювання, що загасає на 40 дб на відстані10 м від кабеля, а для комерційних і непромислових мереж, цей показник – 30 дб. Продукція, що пройшла тестування на цей стандарт позначається як символи „CE" в кружечку.

Найбільшого поширення при створенні локальних і корпоративних мереж отримали так звані кабелі типу скручена пара. В основі лежать два провідники, які скручені певним чином. Такі кабелі поділяються на декілька груп:

| | Назва | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Показник | UTP | FTP | SFTP | S/STP | F/STP |
| 1. Ціна, $/км | 200-300 | 280-400 | 460-690 | 700-1050 | 585-875 |
| 2. Макс част., МГц. | 100 | 150 | 300 | 300 | 300 |
| 3. Товщ., мм | 5,1 | 6,2 | 6,5 | 7,3 | 7 |
| 4. Встановлення | легке | легке | легке | важке | важке |
| 5. Заземлення | легке | важке | легке | легке | важке |

**Можливі середовища передавання в комп'ютерних мережах**.

1. Ефірні середовища.
   1.1. Радіоканал.
   Формується на певній частоті. Інформація передається за допомогою модуляції сигналу. Швидкість передавання невелика: 20-150 кбіт/с. Вартість – середня. На такий канал впливають всі види радіозавад. Працює тільки в межах радіо досяжності. Використовується в пересувних станціях.
   1.2. Інфрачервоний.
   Такий канал працює тільки в межах прямої оптичної видимості. Він є нечутливим до електромагнітних завад. Максимальна відстань між станціями – до 3-ох км. Швидкість передавання – 2-4 Мбіт/с. Канал досить дешевий.
   Недоліки: апаратура, як правило, недовговічна; має місце загасання сигналу при поганій прозорості.
   1.3. УКХВ канал.
   Передавання відбувається за допомогою частотно-модульованих сигналів у досить широкому діапазоні частот, а це дозволяє створювати досить велику кількість каналів. Відстань – 1,5 км; швидкість – 20-40 Мбіт/с.
   Переваги: мала потужність апаратури; можливість роботи в умовах поганої і непрямої видимості. В цілому ефективність така як і у радіоканалу.
   1.4. Мікрохвильовий канал.
   Інформацію передають спеціальним лазером, а приймають – фотозчитувачем. Відстань – 20 км; швидкість 20 Мбіт/с.
   В цілому ефірними середовищами передають 5% загального обсягу інформації, що передається в комп'ютерних мережах, але значення цього типу середовища зростає.
2. Передаючі середовища.
   2.1. Коаксіальний кабель.
   Є одним із найпоширеніших видів передаючого середовища. Він завадостійкий, довговічний, досить дешевий, його дуже просто з'єднати з апаратурою мереж.
   Коаксіальні кабелі бувають широкосмугові. Швидкість передавання таких кабелів – 300-500 Мбіт/с; загасання сигналу на частоті 100 МГц – 10 дБ/100 м; термін придатності – 10-12 р; затримка поширення сигналу – 2-5 нс/м.
   У вузькосмугових коаксіальних кабелях швидкість передавання – до 50 Мбіт/с; загасання сигналу на частоті 10 МГц – 4 дБ/100 м. Решта параметрів такі, як і в широкосмугових. Довжина кабеля в комп'ютерних мережах переважно визначається загасанням сигналу. У випадках сильного загасання ставлять повторювані (підсилювачі), які підсилюють сигнал, не змінюючи його форми.
   2.2. Прозоре скловолокно.
   Найпоширеніший кабель такого виду має кварцову середину діаметром 20-60 мкм. Навколо цієї серцевини робиться окисна плівка з меншим коефіцієнтом відбиття. Оскільки маємо справу із світлом, то швидкість передачі висока – 0,8-1 Гбіт/с. Теоретично можлива швидкість передачі – 100 км. Різновиди кабелів: одномодові і багатомодові.
   Одномодові. Середовище має 10 мкм, світло генерується напівпровідниковим лазером. Передавання інформації відбувається при довжині хвиль 1,3-1,55 мкм. Смуга перепускання – 2ГГц. Ширина смуги не залежить від довжини лінії. Загасання сигналу – 0,7дБ/км. Тут в кожен момент часу може поширюватись сигнал тільки одного променя (моди). Можлива відстань – 100 км. Має місце висока вартість обладнання: лазерів і фотоприймачів.
   Багатомодові. Серцевина може мати різний діаметр: 50 мкм, 62,5 мкм, 100 мкм, 140 мкм. Для генерації світла використовуються суперлюмінісцентні діоди. Передавання відбувається на хвилях з довжиною 1,3 та 0,85 мкм. Смуга перепускання – 800-900 МГц. Її ширина залежить від довжини лінії. Загасання сигналу – 0,5-7 дБ/км. Максимальна відстань – 10 км. Одночасно можуть предаватися кілька променів (мод), що входять у кабель під різними кутами. Для підвищення механічної міцності останнім часом замість скла використовують прозорі пластмаси. Такі кабелі дешевші, але з часом пластмаса старіє, а це сприяє посиленню загасання.
   2.3. Скручена пара дротів.
   Зараз це найпоширеніший вид передавального середовища. Він є найдешевшим. Максимальна відстань – 1,5-2 км. Максимальна швидкість – 1,2 Гбіт/с. Має набагато гірший у порівнянні з коаксіальним кабелем захист від завад. Тривалість затримки поширення сигналу 8-12 нс/м. Загасання на частоті 10 МГц – 10-28 дБ/10 м. Термін експлуатації – 6 р. Дуже простий в укладанні. На даний момент це головне середовище в локальних мережах.
   UTP – Unshielded Twisted Pain – Неекранована скручена пара (EMI).
   FTP – Folged Twisted Pain – Фольгована скручена пара.
   STP – Shielded Twisted Pain – Екранована скручена пара.
   2.4. Плоский кабель (шлейф).
   Складається з 12-ти і менше дротів, об'єднаних загальною екранною сіткою. Вони є ізольованими один від одного. Передавання на відстань 15 м. Швидкість передавання приблизно така сама, як і в скрученої пари.

**Сертифікація кабелів**

Сертифікацією кабелів займаються різні фірми і організації. Кабелі сертифікують щодо електричної безпеки та за технічними характеристиками відповідно до вимог стандартів. Якщо сертифікацію пройдено, на кабелі ставлять значок „UL". Кабелі UTP за технічними характеристиками поділяються на класи або категорії. Розрізняють такі категорії кабелів UTP:

| частота [МГц] | шв. передачі [Мбіт/с] | клас/категорія |
|---|---|---|
| <1 | <20 | 1/A |
| 1 | 1 | 2/B |
| 16 | 16 | 3/C |
| 20 | 20 | 4 |
| 100 | 100 | 5/D |
| 100 | 100 | 5+ |
| 200 | >1000 | 6/E |
| 600 | – // – | 7/F |

**Структурна схема ланки передавання даних**

Сукупність засобів фізичного та канального рівнів утворюють певну систему, яка називається ланкою або каналом передавання даних. Ланка складається з:

1. фізичного каналу (фізичне середовище передавання);
2. засобів перетворення цифрових даних, які виробляє комп'ютер, у форму, прийнятну для передавання фізичним каналом, тобто у сигнал;
3. засобів керування ланкою або каналом передавання даних. Тобто маємо сукупність програмно-технічних засобів та фізичного середовища передавання, призначеного для передавання сигналу даних.

З погляду користувача найважливішою характеристикою каналу зв'язку є кількісні і якісні параметри сервісів, які надає продавець каналу. В теперішній час визначено багато загальноприйнятих типів каналів:
найпоширеніший – Switched – 56 Кбіт/с, а також
європейські: американські:
E1 – 2,048 Мбіт/с T1 – 1, 544 Мбіт/с
E2 – 34,368 Мбіт/с T3 – 45 Мбіт/с
За напрямками розрізняють такі типи передавання даних:

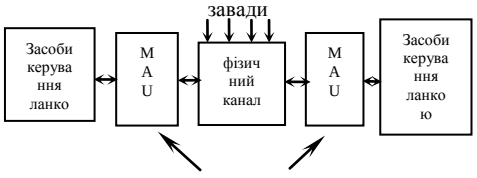
1. симплексне (передавання в одному напрямку);
2. напівдуплексне (передавання в прямому і зворотному напрямках);
3. дуплексне (передавання одночасно в прямому і зворотному напрямках).

**Структура ланки передавання даних**

Пристрій спряження (див. рис.) виконує головні функції:

1. кодування – декодування;
2. модуляцію – демодуляцію.

Кодування – це перетворення цифрового сигналу, який надходить від комп'ютера, з метою підвищення його завадостійкості та зручності передавання.




Модуляція – це процес переходу від кодового сигналу до сигналу даних. Звичайно це використовує сигнал-носій, деякі параметри якого змінюються відповідно до кодового сигналу. В сучасних системах зв'язку найпоширенішими є такі види модуляції:

1. Модуляція гармонічних коливань в коливання струму або напруги. В залежності від змінного параметру розрізняють такі види модуляції:
   - амплітудну (в „0" зменшується амплітуда коливань);
   - частотну (в „1" збільшується частота);
   - фазову (при переході „0-1" і „1-1" також змінюється фаза).
2. Носій послідовних імпульсів. В залежності від параметрів послідовності і змін кодового сигналу розрізняють такі види модуляції:
   - амплітудно-імпульсну;
   - широтно-імпульсну (змінюється ширина імпульса);
   - фазово-імпульсну;
   - частотно-імпульсну.

В магістральних телефонних каналах, які використовуються в глобальних мережах використовують імпульсно-кодову модуляцію. Якщо сигнал є аналоговим, то над ним потрібно виконати такі перетворення:

1. дискретизацію (якщо навіть сигнал складний, але є багато відліків, то його можна відтворити без втрат);
2. квантування;
3. кодування.

Для передавання даних в аналоговій формі в глобальних мережах використовуються модеми. В локальних мережах використовуються пристрої адаптори.

На фізичний канал передавання даних впливають завади, які спотворюють канал, а це призводить до виникнення помилок. З впливом завад борються на протоколах фізичного і канального рівнів засобами керування каналом передавання даних. Якщо на вході фізичного каналу маємо ***Z(t)***, то на виході внаслідок впливу завад отримаємо спотворений сигнал ***Z'(t)***. Якщо ***Z(t)*** і ***Z'(t)*** пов'язані деякою функціональною залежністю, яка дає можливість повністю поновити сигнал, то така завада називається регулярністю. За впливом на регулярний сигнал завади поділяються на:

- адитивні – додаються до початкового сигналу;
- мультиплікативні – множаться на початковий сигнал.

Якщо характеризувати сигнали із статистичного погляду, то їх можна розділити на:

- флуктуаційні – їх описує неперервна випадкова функція часу (такі завади формуються в наслідок накладання різних завад з різних джерел, причому серед складових немає окремих імпульсів, які би перевищували загальний рівень сигналу більш ніж у 3-4 рази);
- імпульсні – це послідовність імпульсів з випадковою амплітудою, шириною та часом появи, причому найбільшу небезпеку створюють імпульси, амплітуда яких близька до амплітуди корисного сигналу.

**Форми передавання сигналу в комп'ютерних мережах**

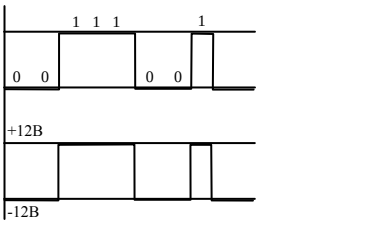
Цифрові дані в комп'ютерних мережах передаються послідовними бітами, а в самому комп'ютері – паралельно. Біти передаються у формі сигналів. Сигнали бувають аналоговими та цифровими.

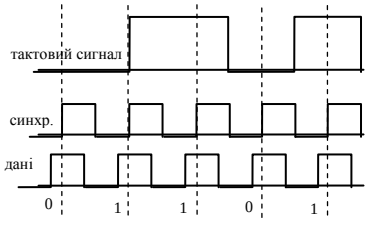
Аналоговий – це модульований сигнал синусоїдальної форми, а цифровий – це дворівневий дискретний сигнал.

Вузькосмугові передавання (baseband) є цифровим. Передавання та приймання проходить одночасно. Використовується вся смуга перепускання кабеля. Для підсилення сигналу використовують повторювачі (repeaters).

Широкосмугове передавання є аналоговим. Смуга перепускання каналу поділяється на окремі діапазони частот, які використовуються різними каналами. Для оновлення і підсилення сигналу використовують підсилювачі.

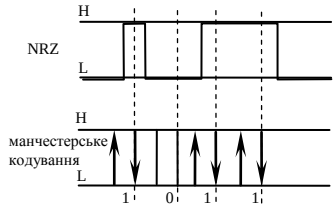
Передавання цифрових даних відбувається з використанням методу „метод передавання за формою сигналу без повернення „0"". При такій передачі визначити де починається логічна „1" важко. Для розпізнавання моменту закінчення та початку сигналу використовують синхронізацію. Можливими



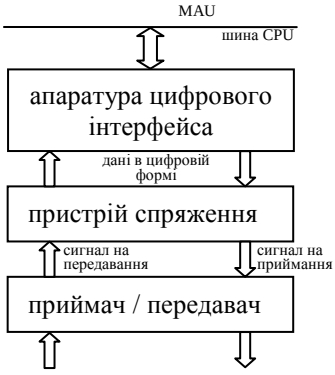

є 2 випадки:

1. Виділяється спеціальна лінія, якою передається сигнал тактової частоти в коаксіальному кабелі або в скрученій парі..




Таке передавання називається синхронним передаванням. Воно може бути без окремої лінії – тоді синхросигнал передається разом із даними, а також у проміжках між передаванням даних.

2. Асинхронне передавання. У проміжках між передаванням даних синхросигнал не передається. Тому такий спосіб передавання сигналу відбувається з автоналагоджуванням. В цьому випадку потік бітів ділиться на байт. В приймач та передавач вбудовують тактові генератори. Перед кожним байтом передається спеціальний біт, який називається стоп-біт. Він передається також, коли канал вільний. Під час переходу з високого рівня на нижній генератор пропускає 1 біт і починає приймати. Прикладом такої передачі є так зване „манчестерське кодування". Тактовий генератор приймача

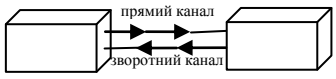



синхронізується під час передавання кожного біта у випадку переходу з високого рівня на низький у середині інтервала біта. Якщо інформація не передається, то генератори приймача і передавача розладнані. Тому перед передаванням передається спеціальна послідовність бітів – преамбула – для синхронізації передавача і приймача.

**Пристрій спряження**

Тут використовується манчестерський код і аналоговий сигнал з амплітудною модуляцією.

**Явище „Луна" і його компенсація**



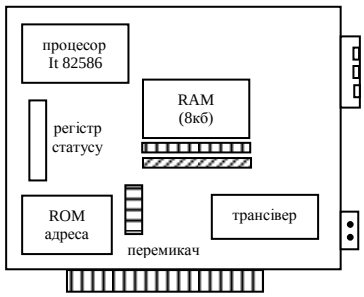

При передаванні сигналу телефонною мережею має місце явище „луни": прямий сигнал проходить до місця призначення, відбивається і йде в зворотному напрямку. Під час прямого і зворотного проходження сигнал підсилюється і потрапляє назад, накладаючись на первинний сигнал. Ефект „луни" є непомітним, коли має місце мала затримка між передаванням і прийомом. „Луна", яка передається каналом зв'язку використовує деяку частину перепускної здатності каналу. Особливо важливо зменшити вплив „луни під час передавання даних". Для подолання цього явища використовують засоби, які по черзі блокують передавання в прямому і в зворотному напрямку, а також очищають сигнал від „луна"-сигналу.

**Передавання даних за допомогою адаптера**

Адаптери станцій локальної мережі безпосередньо приєднуються до внутрішньої шини вводу/виводу комп'ютера. В цьому випадку швидкість передавання обмежена швидкістю внутрішньої шини процесора. В адаптерах апаратно реалізовані

протоколи фізичного та канального рівнів моделі OSI. При виборі адаптера треба орієнтуватися на такі характеристики:

1. архітектура мережі;
2. розрядність;
3. тип шини вводу/виводу комп'ютера (ISA, PICA, PCI, EISA);
4. потужність і використовувані алгоритми;
5. тип роз'єднувачів:
   a. BNC – для тонкого коаксіального кабеля;
   b. AUI – для товстого коаксіального кабеля;
   c. RI45 – для скрученої пари;
   d. MIC SI, SC – для приєднання волоконного кабеля.




та тип передаючого середовища.

**Приклад адаптера для мережі**

Центральна частина – це процесор, який виконує деякі функції опрацювання інформаційних кадрів протоколу канального рівня. Процесор кодує інформацію перед передаванням у мережу і декодує після приймання, виявляє і виправляє помилки, повідомляє центральний процесор комп'ютера по надходженні інформації, виконує головні функції з реалізації протоколу канального рівня. Використання такого процесора дає можливість розвантажити центральний процесор і підвищити загальну швидкодію системи.

В ОП(RAM) записується інформація перед передаванням і після приймання. Пам'ять відображається на адресний простір комп'ютера за допомогою Base Memory Address. З цією пам'яттю може працювати як центральний процесор, так і мережений процесор.

Регістри статусу (регістри стану) і керування дають змогу центральному процесору і мережевому процесору обмінюватись командами. Регістри пронумеровані за їхнім зміщенням від базового значення: 00h – 07h. Це визначено в параметрі I/O Base Address.

ROM адреса. Для адаптера архітектури Ethernet в цій адресі міститься унікальна мережева адреса комп'ютера, яка встановлюється фірмовим виробником. Кожна фірма має діапазон адрес. Довжина фізичної адреси 48 біт.

Перемикачі дають змогу конфігурувати параметри адаптера та кабельні роз'єднання для приєднання адаптера до мережі.

Трансівер використовується для тонкого коаксіального кабеля.

Роз'єднувачі приєднання до системної шини комп'ютера. Із їх зовнішнього вигляду можна визначити розрядність адаптера та тип шини, до якого він приєднаний.

**Робота адаптера**

Передавання даних. В регістри статусу записується команда передачі кадру, адреса та кількість інформації для передавання. Мережений процесор аналізує значення регістрів, опрацьовує кожен згідно з вимогами протоколу і передає в мережу.

Приймання даних. Процесор адаптера постійно стежить за кадрами, виділяючи ті з них, які призначені для конкретного адаптера. У випадку надходження такого кадра процесор адаптера виконує:

1. перевірку правильності даних;
2. розміщує їх в ОП;
3. записує в регістри керування команду приймання даних і їхню адресу розміщує у пам'яті;
4. видає до центрального процесора переривання з визначеним номером; ЦП та комунікаційне програмне забезпечення відкидає службову інформацію, аналізує прийняті дані і переміщає їх в основну пам'ять комп'ютера.

**Конфігурування адаптера**

Задають такі параметри:

1. I/O Base Address – це адреса пам'яті, куди відображаються регістри стануі керування;
2. Base Memory Address – адреса пам'яті комп'ютера, починаючи з якої буде відображена пам'ять адаптера.
3. IRQ – це номер переривання, за допомогою якого центральний процесор комп'ютера сповіщають про прийняті дані.

Конфігурування відбувається шляхом задання значень параметрів за допомогою перемикачів. Сучасні адаптери – без перемикачів, їх конфігурують іншим чином.

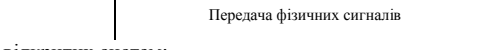
**Перспективи розвитку адаптерів**

Відбувається перехід 10 Мбіт/с → 100 Мбіт/с → 1 Гбіт/с. Використання в одні мережі різношвидкісних технологій передбачає, що адаптери підтримують функцію авто узгодження, тобто автоматичне узгодження швидкості передавання із своїм партнером.

Високі вимоги щодо швидкості призводять до змін в структурі адаптера. Для мережі Гбіт Ethernet потрібен комп'ютер з 32-ох розрядною шиною PCI, яка здатна передавати трафік 1Гбіт/с. Щоб передавати із швидкістю 2 Гбіт/с потрібно використовувати адаптери із 64-ох розрядну. При передачі із такою швидкістю можна завантажити всі 100% ресурсів ЦП і на виконання інших завдань не залишиться ресурсів комп'ютера. Тому адаптери Гбіт Ethernet мають вбудований RISC-процесор, який виконує інтелектуальну функцію вивантаження інформації і налагодження параметрів. Дані з мережі відразу надходять в ОП комп'ютера і відразу стають доступними для застосування.

Щоби зменшити завантаження ЦП, регулюють співвідношення кількості переривань до обсягу отриманої інформації. За одне переривання приймається велика кількість кадрів. Співвідношення кількості кадрів можна задати вручну або автоматично. Це дає змогу створити адаптивні переривання.

У зв'язку з розвитком мережевих технологій виникла потреба уточнити модель взаємодії відкритих систем. Комітет по стандартам зокрема модернізував модель




відкритих систем:

Канальний рівень поділяється на 2 підрівня:

1. LLC – керування логічним каналом;
2. MAC – керування доступом до передаючого середовища.

У функції LLC входить передача кадрів. MAC реалізує алгоритми доступу до середовища та адрес станцій.

Фізичний рівень поділяють на 3 підрівні:

1. PL – передача фізичних сигналів (полегшення схемної інтеграції з канальним рівнем);
2. AUI – інтерфейс із пристроєм доступу (дозволяє розміщувати PC так, щоб підключати пристрій на далекі відстані);
3. PML – підключення до фізичного середовища (узгодження сигналів, що надходять з PC).

**Протоколи комп'ютерних мереж**

**Протоколи фізичного рівня (ПФР)**

ПФР визначають електричну характеристику, яку будь-яка система повинна мати у точці приєднання до середовища передавання. ПФР також описує головні різновиди сервісу фізичного рівня:

1) Індикація спотворення під час передавання. Спотворення виникають, коли 2 або більше станцій передають інформацію одночасно. Тому на фізичному рівні відбувається постійне прослуховування каналу і усвідомлення про наявність спотворень.
2) Контроль часу передавання кадру. Цей контроль виконується для усунення збоїв, обумовлених появою необмеженої послідовності бітів. Для цього фізичний рівень перериває передавання, якщо воно триває > 150 мкс.
3) Передавання блоків даних.
4) Авто узгодження швидкості передавання. Цей сервіс на фізичному рівні дає змогу партнеру зв'язку обмінятися інформацією про технології, які кожен з них використовує та вибрати прийнятний варіант передавання.

Труднощі стандартизації ПФР обумовлені великою різноманітністю середовищ передавання, кодів, які використовують різноманітні методи доступу, різноманітна технічна реалізація, ... Тому стандарти фізичного рівня є різні. Для великих багато вузлових глобальних мереж, а також для локальних мереж з багатьма вузлами на фізичному рівні використовують протоколи X.21, X.21bis, X.25. Вони забезпечують реалізацію інтерфейсів кінцевої апаратури передавання даних телефонними каналами з використанням модемів.

З точки зору ПФР виділяють:

1) Моноканал – це така мережа, в якій фізичне середовище забезпечує одночасне, з точністю до часу поширення сигналу, передавання блоків даних усім приєднаним комп'ютерам.
2) Мережі з ретрансляцією. В цьому випадку блоки даних приймаються в проміжних вузлах, а потім знову передаються.

Стандарт ECMA-80 ставлять вимоги до:

1) електричних та фізичних характеристик кабелів і термінаторів;
2) правил конфігурування фізичного середовища;
3) способів прокладання кабелів.

**Протоколи канального рівня (ПКР)**

У відповідності з модифікованою моделлю канальний рівень розділяють на 2 підрівні: підрівень LLC (забезпечує керування логічним каналом і не залежить від фізичних з'єднань) і підрівень MAC (забезпечує доступ до фізичних з'єднань і залежить від них).

На початку розвитку комп'ютерних технологій у кожній окремій мережі можна було передавати кадри одного формату. Тепер об'єднують значну кількість локальних мереж і виникла можливість одночасно передавати мережею кадри різних форматів. Для цього до адаптера додають спеціальну програму, яка резидентно завантажується в ОП.

Тепер існує 3 підходи щодо організації взаємодії драйвера мережевих адаптерів з програмним забезпеченням, яке реалізує функції протоколу:

1) Microsoft: 3COM, NDIS – ця специфікація регламентує спосіб роботи мереженого адаптера з декількома протоколами. Вона застосовується в таких мережевих ОС: Windows 95, 98, NT, 2000, … Розрізняють специфікації для 16-бітових систем (NDIS 2.3) і для 32-ох бітових.
2) Novell: ODI – подібна до попередньої, але використовує інший програмний інтерфейс.
3) Для мереж TCP/IP існують драйвери, розроблені фірмою PDS.

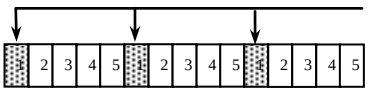
Нижчий підрівень канального рівня – MAC-підрівень. Головна його функція – забезпечити доступ окремих станцій до передаючого середовища таким чином, щоб перепускна здатність каналу зв'язку використовувалась ефективно.

Спосіб організації доступу станції до мережі називається методом доступу. Методи доступу відрізняються:

1) характером фізичного середовища;
2) характером керування: централізовано або децентралізовано;
3) характером доступу: конкурентно або з передачею повноважень.

**Тактові системи**

Основний принцип організації тактових систем є циклічний розподіл усього часу передавання на однакові часові проміжки або слоти. За кожною станцією закріплено кожен такт. Якщо до мережі під'єднано n абонентів, то кожен з них має право передавати свій інформаційний такт раз на n слотів:




Тактові сигнали бувають синхронні і асинхронні.

В синхронних системах є центральний таймер та лінія синхронізації.

Асинхронні сигнали сигналізації передають з інформаційними сигналами.

Недоліками тактових сигналів є:

1) неефективність використання сигналу. Внаслідок нерівномірного завантаження з'являється багато порожніх слотів і результуюча швидкість передавання є невеликою;
2) непрацеспроможність мережі при під'єднанні великої кількості станцій.

**Перепускна здатність тактової системи**

$m = 20$ – кількість станцій;

За 1 такт передається 256 біт інформації і 64 службових бітів → $l = 320$ бітів;

$b = 1000$ біт – середня довжина повідомлення;

$a = 2$ повідомлення/с – середня інтенсивність надходження повідомлення;

$t = 0{,}1$ с – період кадра;

У кадрі повинно поміститися $t_{ba} = 800$ бітів, тому треба $800/320 \approx 2{,}7$ тактів.

Кількість тактів на кадр заокруглюється до найближчої старшої степені 2, тобто $n = 4$.

Загальна кількість тактів у кадрах $n \times m = 80$.

Перепускну здатність системи можна обчислити як відношення загальної кількості бітів у кадрах до періоду кадру: $C = (n \times m \times l)/t = 160$ кбіт/с.

**Метод опитування**

Має місце в ефірних мережах. В таких мережах один з пристроїв є головним і називається контролером мережі. Цей контролер керує передаванням. Найпростіший варіант – циклічне опитування. Контролер по черзі опитує всі приєднані пристрої шляхом надсилання відповідних кадрів. Пристрої відповідають на запит, надсилаючи в мережу відповідну інформацію або спеціальний кадр, якщо інформації нема. Передавання інформації можна розділити на такти $t_s$, де:

$t_s$ – середня тривалість опитування;

$t_p$ – тривалість опитування;

$b$ – середня довжина кадра, що передається;

$C$ – перепускна здатність системи.

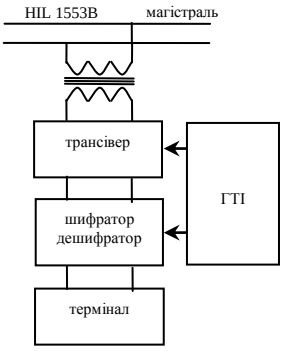
Нехай в мережі $m$ станцій. Кожна станція передає за одиницю часу $a$ повідомлень. Тоді інтенсивність потоку буде $a \times m$, а середній інтервал між надходженнями – $1/(a \times m)$, тоді $t_s$ повинно бути не більше цієї величини, і перепускна здатність $C = (a \times m \times b)/(1 - a \times m \times t_p)$.

Такі мережі, звичайно, невеликі. Використовуються в лабораторному, аерокосмічному обладнанні.

Недоліки:

- наявність великого потоку керування, навіть якщо в абонента нема інформації для передавання (зате постійний контроль працездатності приладів);
- надійність мережі визначається надійністю контролера;
- суттєве обмеження на кількість абонентів (чим більше абонентів, тим більше треба часу для опитування, тим менша пропускна здатність).

Приклад (див. рис.). Бортова система забезпечує обмін даними між різними терміналами. Термінал з'єднаний екранованою скрученою парою. Шифратор/дешифратор виконує основні функції

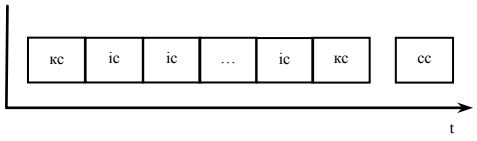



перетворення даних у коді Манчестера. Інформаційні слова формує термінал.

За цим стандартом можна об'єднати до 32-ох станцій.

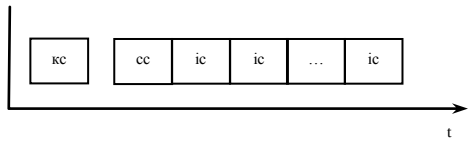
Обмін даними відбувається асинхронно у напівдуплексному режимі. На початку кожного слова є спеціальний символ синхронізації, а в кінці слова один розряд для перевірки на парність. Дані передаються у послідовному коді із швидкістю 1 Мбіт/с (до 7000 інформаційних слів за секунду). Довжина магістралі не більше 100 м. Імовірність помилки при передаванні слів не більша $10^{-7}$.

Передавання даних від контролера мережі до термінала.



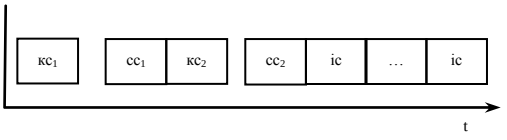

Контролер передає командне слово, в якому зазначено адресу термінала, вимогу виконання, адресу термінала і кількість інформаційних слів. Потім контролер очікує від термінала слово стану, яке підтверджує, що збоїв у мережі нема.

Передавання даних від контролера мережі до контролера.




Контролер ініціює обмін передавання командного слова, у якому є вимога виконати операцію передавання даних, адреса термінала і кількість інформації. Термінал відповідає контролеру словом стану, після чого починає передавати задану кількість інформаційних слів.

Передавання інформації між терміналами.




Контролер передає в магістраль 2 командних слова. В першому – адреса термінала, що повинен прийняти дані, вимога виконання операції прийому, кількість інформаційних слів. В другому – адреса термінала, який передає дані, вимога виконання операції і кількість інформаційних слів. Закінчується обмін тим, що термінал-приймач пересилає слово стану для контролера. Можна також реалізувати передавання даних цим терміналом одразу. В цьому випадку контролер передає в магістраль слово з фіксованою адресою, яку роспізнають термінали одночасно.

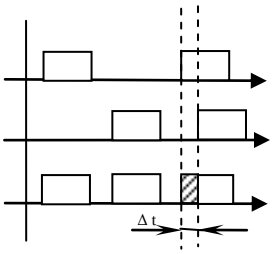
У слові будь-якого типу є 20 розрядів: 16 інформаційних, 1 контрольний і 3 розряди синхронізації.

**Методи конкурентного доступу**

В мережах з централізованим керуванням і в маркерних мережах кожна станція повинна очікувати на дозвіл на переривання. Окрім того багато часу витрачається на передавання службової інформації. Розробники методу конкурентного доступу вирішили дати можливість довільній станції передавати інформацію тоді, коли потрібно, а також мінімізувати наслідки можливих колізій (накладання одного повідомлення на інше).

Метод конкурентного доступу або метод доступу з суперництвом працює в моно каналі і в якості середовища – радіоканалу. Найбільшого поширення цей метод набув у „шинних мережах" Вперше було використано метод „слухай перш ніж говорити", тобто контроль наявності сигналу носія або прослуховування каналу. Кожна станція постійно прослуховує канал. Якщо канал вільний – станція починає передавання, якщо зайнятий – станція очікує.

**Метод доступу з контролем несучої.**




Якщо одна станція почала передавання, а до другої сигнал ще не дійшов, то ця друга станція починає передачу. $\Delta t_{ij} = t_i - t_j$ – різниця часу між початком передавання $i$-ої і $j$-ої станцій.

$\tau_{ij}$ – час поширення сигналу від станції $i$-ої до $j$-ої.

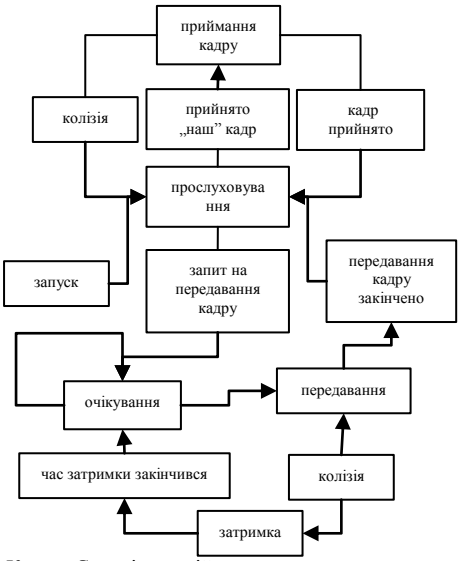
Умова виникнення колізій: $\Delta t_{ij} \le \tau_{ij}$.

Умова виникнення колізій в усій мережі: $\exists (i, j)$: $\Delta t_{ij} \le \tau_{ij}$.

Для ефективного використання каналу треба зменшити тривалість колізій. В той же час треба дати можливість, тобто дати час, усім станціям зафіксувати наявність колізій. Тому на станцію, що попала в колізію, передають шумову послідовність протягом часу $2\tau$, де $\tau$ – це максимальний час передачі від одної станції до іншої: $\tau = \max \tau_{ij}$. Після цього станції, які не передали свої кадри внаслідок колізії, знову пробують передати інформацію.

Одним із джерел колізій є інертність самого пристрою, що виконує протокольні функції.

Найбільш ефективний метод доступу – метод доступу з контролем несучої з виключенням колізій. В цьому випадку час очікування вибирається випадково з використанням давача випадкових чисел і таким чином зменшується імовірність взаємного блокування повторних передавань станцій. На малюнку зображено алгоритм роботи цього методу.



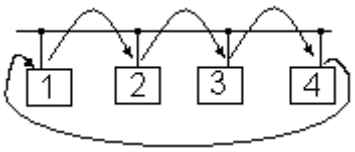

Кожна Станція постійно прослуховує середовище передавання і аналізує адреси всіх кадрів, які передаються в мережі. Якщо кадр адресовано якійсь конкрктній станції, то вона його приймає, а потім знову прослуховує середовище. У випадку, коли від протоколу 1-го рівня надійшов запит на передавання даних, то станція передає його одразу, якщо середовище вільне, або очікує доки воно вивільниться . Якщо передача пройшла нормально - станція прослуховує середовище. Якщо "колізія", то станція визначає випадковий сигнал затримки і чекає на вивільнення середовища.

**переваги:** висока продуктивність, практично відсутня службова інформація.

**недоліки:** метод ефективний при помірному навантаженні на мережу. З ростом навантаження вплив колізій збільшується.

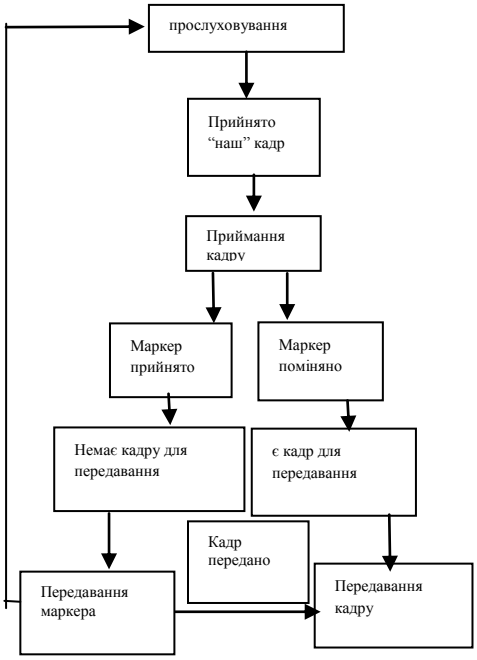
**Маркерні методи доступу**

Полягають в тому, що в мережу вводиться спец. Кадр Token, який наз. маркер, який постійно переходить від станції до станції почергово. Ця послідовність залежить від адрес станцій. В мережі виникає логічне кільце:




Цей метод використовується з шинною, кільцевою, зіркоподібною конфігурацією або топологією. Цей метод також використовується в моноканалах та в мережах з ретрансляцією : ArcNet, TokenRing.

Алгоритм маркерного доступу у шинній мережі такий:




Структура маркерного кадра така:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 00000000 | адреса держувача | адреса відправника | контрольна сума |

Використання логічного, а не фізичного кільця передбачає реалізацію таких функцій:

1. від"єднання станцій від логічного кільця;
2. приєднання станції до логічного кільця;
3. зміна параметрів алгоритму;
4. зміна максимального часу протягом якого станція може утримувати маркер, тобто право на пердачу;
5. запобігання втраті та дублюванню маркеру.

Будь яка станція може від"єднатись від логічного кільця тоді, коли має маркер. Для цього вона надсилає попередній з логічного кільця станції кадр, який називається налагодження наступного вузла.

Зворотня операція приєднання. Кожна станція запускає процедуру суперництва через n-тактів, на її початку запускається кадр "пошук наступного вузла".

Станції, які бажають підключитися в логічне кільце включають у вікно цей кадр.

00001000 ! Адр.Од ! Адр. Відпр. ! Контр. сума ! Вікно