

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**А.Г. Микитишин, М.М. Митник,
П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник**

КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ

Книга 1

*Навчальний посібник
для технічних спеціальностей
вищих навчальних закладів*

Рекомендовано Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту України як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів

«Магнолія 2006»

2013

**УДК 004.7(075.8)
ББК 32.970.31я73
К63**

***Відтворення цієї книги або будь-якої її частини
заборонено без письмової згоди видавництва.
Будь-які спроби порушення авторських прав
переслідуватимуться у судовому порядку.***

*Затверджено Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як посібник для студентів вищих навчальних закладів
(Лист № 1/11-8052 від 28.05.12)*

Автори:

А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник

Комп'ютерні мережі [навчальний посібник] – Львів, «Магнолія 2006»,
2013. – 256 с.

ISBN 978-617-574-087-3

«Магнолія 2006»

**УДК 004.7(075.8)
ББК 32.970.31я73**

ISBN 978-617-574-087-3

© А.Г. Микитишин, М.М. Митник,
П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник, 2013
© «Магнолія 2006», 2013

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1. Історія розвитку комп'ютерних мереж.OSI модель	11
1.1. Централізовані обчислювальні системи	11
1.2. Глобальні мережі	12
1.3. Локальні мережі	13
1.4. Зближення локальних і глобальних мереж	14
1.5. Основні організації, що займаються стандартизацією комп'ютерних мереж	16
1.6. OSI модель	17
1.6.1 Функції рівнів OSI моделі	17
1.6.2 Інкапсуляція даних	19
<i>Контрольні питання до розділу</i>	22
Розділ 2. Технології фізичного рівня	24
2.1. Структурна схема ланки передавання даних	24
2.2. Середовища передавання даних	25
2.2.1 Коаксіальний кабель	25
2.2.2 Скручена пара дротів	26
2.2.3 Волоконно-оптичний кабель	33
2.2.4 Ефірні середовища	36
2.3. Пристрої спряження	40
2.3.1 Аналогова модуляція	40
2.3.2 Цифрове кодування	41
2.3.3 Дискретна модуляція аналогових сигналів	45
2.4. Засоби керування каналом передавання даних	46
2.5. Пристрої локальних мереж фізичного рівня	47
<i>Контрольні питання до розділу</i>	48
Розділ 3. Топології локальних мереж	50
3.1. Типи мережевих топологій	50
3.2. Огляд базових топологій	52
3.3. Фізична адресація	56
3.4. Пристрої локальних мереж каналного рівня	57
3.4.1 Мережевий адаптер	57
3.4.2 Комутатор (Switch)	58
<i>Контрольні питання до розділу</i>	60
Розділ 4. Технології локальних мереж	62
4.1. Технологія Ethernet	62
4.2. Розвиток технології Ethernet	65
4.3. Технологія Token Ring	66
4.4. Технологія FDDI	69
4.5. Технологія ATM	71
<i>Контрольні питання до розділу</i>	73
Розділ 5. IP-адресація	74
5.1. Класи IP адрес	74
5.2. Приватні адреси	77
5.3. Підмережі	77
5.4. Підмережеве маскування	78
5.5. Механізм перетворення мережевих адрес (NAT)	81
5.6. Протокол IPv6	82

5.7. Методи присвоєння IP-адрес	83
5.8. Пристрої локальних мереж мережевого рівня	85
<i>Контрольні питання до розділу</i>	<i>86</i>
Розділ 6. Основи маршрутизації	88
6.1. Огляд процесу маршрутизації	88
6.2. Типи маршрутів при маршрутизації	90
6.3. Маршрутні протоколи та протоколи маршрутизації	96
6.4. Показники алгоритмів маршрутизації (метрики)	97
6.5. Алгоритми маршрутизації	98
6.6. Автономні системи (AS)	99
<i>Контрольні питання до розділу</i>	<i>100</i>
Розділ 7. Огляд протоколів маршрутизації	102
7.1. Протоколи внутрішньої маршрутизації	102
7.1.1 Протоколи маршрутизації вектору відстані	102
7.1.2 Протоколи маршрутизації про стан зв'язку	109
7.2. Протоколи зовнішньої маршрутизації	112
7.3. Маршрутизація між автономними системами	114
<i>Контрольні питання до розділу</i>	<i>116</i>
Розділ 8. Стек протоколів TCP/IP	118
8.1. Базова модель TCP/IP	118
8.2. Протоколи прикладного рівня	120
8.2.1 DNS	120
8.2.2 Протоколи HTTP та HTTPS	123
8.2.3 FTP	125
8.2.4 Протоколи обробки електронної пошти SMTP, POP3, IMAP4	127
8.2.5 Telnet та SSH	130
8.2.6 SNMP	131
8.3. Протоколи транспортного рівня	133
8.3.1 Протокол TCP	133
8.3.2 Протокол UDP	136
8.3.3 Порти транспортного рівня	137
8.4. Протоколи міжмережевого рівня	140
8.4.1 Протокол IP	140
8.4.2 Протокол DHCP	141
8.4.3 Протокол ICMP	143
8.4.4 Протокол ARP	143
8.4.5 Протокол RARP	144
<i>Контрольні питання до розділу</i>	<i>144</i>
Розділ 9. Огляд WAN технологій	146
9.1. Стандарти WAN мереж	146
9.2. Під'єднання до глобальної мережі	147
9.3. Пристрої WAN	149
9.4. Класифікація WAN мереж	150
9.4.1 Приватні WAN	151
9.4.2 Публічні WAN	154
<i>Контрольні питання до розділу</i>	<i>154</i>
Розділ 10. Технології «останньої милі»	156
10.1. Огляд технологій «останньої милі» та «довгої дистанції»	156
10.2. Виділена орендована лінія	160

10.3. Технології комутації каналів.....	163
10.3.1 Технології комутації каналів.....	163
10.3.2 Цифрові мережі з комутацією каналів.....	164
10.4. Технології DSL.....	166
10.5. Використання мереж кабельного телебачення.....	168
<i>Контрольні питання до розділу.....</i>	<i>171</i>
Розділ 11. Глобальні мережі з комутацією пакетів та комірок.....	173
11.1. Інкапсуляція кадрів на каналному рівні.....	173
11.2. Мережі X.25.....	176
11.3. Мережі Frame Relay.....	179
11.4. Мережі ATM.....	183
<i>Контрольні питання до розділу.....</i>	<i>185</i>
Розділ 12. Бездротові комп'ютерні мережі.....	187
12.1. Класифікація бездротових мереж.....	187
12.2. Бездротові персональні мережі (WPAN).....	189
12.2.1. Технологія IrDA.....	189
12.2.2. Технологія Bluetooth.....	190
12.2.3. Інші технології WPAN.....	191
12.3. Бездротові локальні мережі (WLAN).....	192
12.3.1. Огляд стандартів Wi-Fi.....	192
12.3.2. Методи побудови мереж WLAN.....	194
12.3.3. Організація безпеки WLAN.....	196
12.4. Бездротові міські мережі (WMAN).....	199
12.4.1. Технологія WiMAX.....	199
12.4.2. Порівняння стандартів бездротового зв'язку.....	201
12.5. Бездротові глобальні мережі (WWAN).....	202
12.5.1. Радіорелейний зв'язок.....	202
12.5.2. Супутникові технології.....	203
12.5.3. Технології передавання даних в стільникових мережах.....	205
<i>Контрольні питання до розділу.....</i>	<i>208</i>
Розділ 13. Огляд категорій атак на комп'ютерні мережі.....	210
13.1. Загальна характеристика та принципи організації системи безпеки.....	210
13.2. Атаки доступу.....	211
13.3. Атаки модифікації.....	214
13.4. Атаки на відмову в обслуговуванні.....	215
13.5. Атаки на відмову від зобов'язань.....	217
13.6. Захист мережі з використанням брандмауерів.....	218
<i>Контрольні питання до розділу.....</i>	<i>220</i>
Розділ 14. Методи здійснення атак на інформаційні мережеві системи.....	222
14.1. DoS-атаки.....	222
14.2. Прослуховування комутованих мереж (сніфінг).....	227
14.3. Імітація IP-адреси (IP-спуфінг).....	229
14.4. Ін'єкції.....	229
14.5. Соціальний інжиніринг.....	230
<i>Контрольні питання до розділу.....</i>	<i>231</i>
Додаток 1.....	233
Додаток 2.....	240
<i>Список використаної та рекомендованої літератури.....</i>	<i>253</i>

Передмова наукового редактора серії підручників та навчальних посібників «КОМП'ЮТИНГ»

Шановний читачу!

Започатковуючи масштабний освітньо-науковий проект підготовки і видання серії сучасних підручників і навчальних посібників під загальною назвою «КОМП'ЮТИНГ» та із загальним методичним патронуванням його Інститутом інноваційних технологій та змісту освіти МОН України, мені як ініціатору та науковому керівнику неодноразово доводилось прискіпливо аналізувати загальну ситуацію в царині сучасного україномовного підручника комп'ютерно-інформатичного профілю. Загалом, позитивна тенденція останніх років ще не співмірна з надзвичайно динамічним розвитком як освітньо-наукової та виробничої сфери комп'ютингу, так і стрімким розширенням потенційної цільової читацької аудиторії цього профілю. Іншими словами, попередній аналіз засвідчує наявність значного соціального замовлення під реалізацію пропонуваного вашій увазі проекту.

Ще одним фактором формування освітньо-наукової ініціативи, пропонованої групою відомих вітчизняних науковців-педагогів та практиків, які організують наукові дослідження, готують фахівців та провадять бізнес в галузі комп'ютингу, постало завдання широкомасштабного включення Української вищої школи до загальноєвропейських і всесвітніх об'єднань, структур і асоціацій. Виконуючи функцію науково-технічного локомотиву суспільства, галузь комп'ютингу невідворотно зобов'язана зіграти роль активного творця загальної освітньо-наукової платформи, яка має бути методологічно-об'єднавчою та професійно-інтеграційною основою для багатьох сфер людської діяльності.

Третім суттєвим фактором, який спонукав започаткувати пропоновану серію підручників і навчальних посібників, є об'єктивно визріла ситуація, коли фахівцям та науковцям треба подати чіткий сигнал щодо науково-методологічного осмислення та викладення базових знань галузі комп'ютингу як освітньо-наукової, виробничо-економічної та сервісно-обслуговувальної сфери.

Читач, безсумнівно, зверне увагу на нашу послідовну промоцію нового терміну «КОМП'ЮТИНГ» (computing, англ.), який є вдалим та комплексно узагальнювальним для означення галузі знань, науки, виробництва, надання відповідних послуг та сервісів, видається доречним подати ретроспективу як самого терміну комп'ютинг, так і широкої освітньої, наукової, бізнесової та виробничої сфери діяльності, що іменується комп'ютигом.

Уперше термін «комп'ютинг» уведений 1998 р. *Яном Фостером* з Арагонської національної лабораторії Чиказького університету та *Карлом Кесельманом* з Інституту інформатики штату каліфорнія (США) та запропонований для означення комплексної галузі знань, яка включає проектування та побудову апаратних і програмних систем для широкого кола застосувань: вивчення процесів, структур і керування інформацією різних видів; виконання наукових досліджень із застосування комп'ютерів та їх інтелектуальності; створення і використання комунікаційних та демонстраційних засобів, пошуку та збирання інформації для конкретної мети і т. ін.

У подальшому сфера використання терміну суттєво розширилась, зокрема, в ос-

вітньо-науковій царині його почали використовувати для означення відповідної галузі знань, для якої періодично (орієнтовно щодесять років) провідними університетами та професійними асоціаціями фахівців розробляються та імплементуються навчальні плани і програми, котрі в подальшому набувають статусу міжнародно визнаних освітньо-професійних стандартів. Зокрема, варто акцентувати увагу на версіях підсумкового документу «Computing CURRICULA» 2001 р. За окремими повідомленнями можна стверджувати, що черговий збірник стандартів «Computing CURRICULA» буде поданий професійному загалу до 2011 р. Перше організаційне засідання відповідних фахових робочих груп відбулось у Чиказькому університеті влітку 2007 р.

Для формування цілісного однорідного подання суті «КОМП'ЮТИНГУ» ми базуюємось на сучасних наукових уявленнях з максимально можливим строгим покомпонентним викладенням основних базових означень та понять, які склались історично і є загальноновизнаними в професійних колах. Водночас для побудови цілісної зваженої картини ми використали певні узагальнення та загальносистемні класифікаційні підходи.

Безсумнівно, що базовим та фундаментальним поняттям було, є і залишається поняття ІНФОРМАТИКИ (informatique – франц.) як фундаментальної науки, котра вивчає найбільш загальні закони та закономірності процесів відбору, реєстрації, збереження, передавання, захисту, опрацювання та подання інформації. Як фундаментальна наука інформатика була подана в 70-х рр. ХХ ст. При цьому хочу відразу ж застерегти від примітивного ототожнення, яке часто є наївно вживаним щодо еквівалентності понять «інформатика» (informatique – франц.) та «комп'ютерні науки» (computer science – англ.). Такі ототожнення, з певною мірою наближення, можливі щодо розширеного сучасного трактування інформатики як загалом прикладної науки про обчислення, збереження, опрацювання інформації та побудову прикладних інформаційних технологій і систем на їх базі. Таке трактування є характерним в ряді європейських країн. Строге ж означення та подання предмету досліджень інформатики, а саме – інформації, має справу з фундаментальним не редукованим поняттям і фіксується у словниках як «informatio» (лат.) – відомості, повідомлення. Вивченням та всестороннім аналізом сутності інформації опікується наука, що називається «теорія інформації». На нашу думку, основною принциповою відмінністю між інформатикою та комп'ютерними науками є те, що перша в своєму первинному поданні відноситься до категорії фундаментальних наук, як то фізика, математика, хімія і т. ін. У той же час комп'ютерні науки загалом за своєю сутнісною природою та всіма наявними ознаками належать до категорії прикладних наук, які базуються на фундаментальних законах та закономірностях інформаційних процесів, котрі вивчаються в рамках фундаментальної науки інформатики.

Особливо наголосимо на тому, що фундаментальна наука та її результати не призначені для безпосереднього промислового використання.

Для комп'ютерних наук характерною ознакою виділення їх у спектрі прикладних наук є об'єкт прикладення знань, умінь та навичок у контексті конкретного об'єкту – обчислювача (комп'ютера). Іншою відокремленою прикладною науковою галуззю, що базується на підвалинах інформатики, є розділ прикладних наук, основним об'єктом яких є сам процес обчислень. Це науки, які іменуються обчислювальними

науками – «computationally science» (англ.). Традиційно сюди відносять обчислювальну та комп'ютерну математику.

Третьою прикладною науковою галуззю, яка ґрунтується на фундаментальних законах інформатики, є розділ прикладних наук, основним об'єктом яких є інформаційний ресурс (у сучасній літературі часто вживається поняття «контент» (content, англ.). У розумінні інформаційного наповнення. Ці прикладні науки одержали назву «інформаційні науки» (information science, англ.).

У галузі прикладних інформаційних наук базовий об'єкт досліджень, а саме інформаційний ресурс, подається, як правило, у формі даних та знань. За спрощеною формулою означатимемо дані як матеріалізовану інформацію, тобто інформацію, яку подано на матеріальних носіях, знання як суб'єктивізовану інформацію, тобто інформацію, яка природно належить суб'єкту, і в традиційному розумінні перебуває в людській пам'яті.

Узагальнюючи класифікаційно-ознакову схему, стверджуємо, що на базі фундаментальної науки ІНФОРМАТИКИ формуються три прикладні наукові галузі, а саме: комп'ютерні науки, обчислювальні науки та інформаційні науки з відповідними об'єктами досліджень у своїх сферах.

Ще раз підкреслимо, що результати фундаментальних наукових досліджень не призначені для безпосереднього промислового використання, у той же час результати прикладних наукових досліджень, як правило, призначені для створення та удосконалення нових технологій.

Гносеологічний аналіз подальшого формування інженерного рівня сфери КОМП'ЮТИНГУ невідворотно веде до структурного подання базових типів інженерій, які трактуються у класичному розумінні. ІНЖЕНЕРІЯ (майстерний – від лат. *ingeniosus*) – це наука про проектування та побудову (чит. створення) об'єктів певної природи. У цьому контексті природними для сфери «КОМП'ЮТИНГУ» є декілька видів інженерії. Мова йтиме про:

- КОМП'ЮТЕРНУ ІНЖЕНЕРІЮ (computer engineering, англ.), яка охоплює проблематику проектування та створення об'єктів комп'ютерної техніки;
- ПРОГРАМНУ (software engineering, англ.), яка опікується проблематикою проектування та створення об'єктів, що іменуються програмними продуктами;
- ІНЖЕНЕРІЮ ДАНИХ ТА ЗНАНЬ (data & knowledge engineering, англ.), інженерію, яка опікується проектуванням та створенням інформаційних продуктів;
- інженерію, яка опікується проектуванням та створенням міжкомпонентних (інтерфейсних) взаємозв'язків та формуванням цілісних системних об'єктів, усе частіше іменують СИСТЕМНОЮ ІНЖЕНЕРІЄЮ (systems engineering, англ.).

У разі такого структурно-класифікаційного подання видів інженерій сфери комп'ютингу, зазначимо, що кожен з них у цьому трактуванні є «відповідальним» за певний тип забезпечення, а саме: апаратного (hardware, англ.), програмного (software, англ.), інформаційного (dataware, англ.) та міжкомпонентного (middleware, англ.). Інформаційну технологію (ІТ) можна трактувати як певну точку в чотиривимірному просторі зазначених інженерій. При цьому необхідно обов'язково зважити на певну частку наближення та інтерпретації цього простору як дискретного та неметричного.

У зв'язку з поширеним різночитанням та трактуванням поняття інформаційної

технології (ІТ), видається необхідним детальніше подати сутнісну структуру цього терміну, використовуючи при цьому термінологічні статті популярного інформаційного ресурсу, яким є Wikipedia – [<http://www.wikipedia.org/>].

Технологія (від грецького *techne* – мистецтво, майстерність, вміння та грецького *logos* – знання) – сукупність методів та інструментів для досягнення бажаного результату, спосіб перетворення чогось заданого в необхідне. Технологія – це наукова дисципліна, в рамках якої розробляються та удосконалюються способи й інструменти виробництва.

У широкому розумінні – це знання, які можна використати для виробництва продуктів (товарів та послуг) з економічних ресурсів. У вузькому розумінні – технологія подається як спосіб перетворення речовини, енергії, інформації в процесі виготовлення продукції, обробки та переробки матеріалів, складання готових виробів, контроль якості та керування.

Технологія включає в себе методи, прийоми, режими роботи, послідовість операцій та процедур. Вона тісно взаємопов'язана із засобами, що застосовуються, обладнанням, інструментами, використовуваними матеріалами. За методологією ООН – технологія в чистому вигляді охоплює методи та техніку виробництва товарів і послуг (*dissembled technology*, англ.). Втілена технологія охоплює машини, обладнання, споруди, виробничі системи та продукцію з високими техніко-економічними параметрами (*embodied technology*, англ.). Матеріальна технологія (МТ) створює матеріальний продукт. Інформаційна технологія (ІТ) створює інформаційний продукт на основі інформаційних ресурсів.

Інформаційні технології використовують комп'ютерні та програмні засоби для реалізації процесів відбору, ресстрації, подання, збереження, опрацювання, захисту та передавання інформації – інформаційного ресурсу у формі даних та знань – з метою створення інформаційних продуктів.

Аналітична картина видаватиметься незавершеною, якщо не означити ще одну базову сутність сфери комп'ютингу, якою є інформаційна система. Не претендуючи на абсолютну точність пропонуваного твердження, розглядатимемо інформаційну систему як множину координат у чотирирівмірному просторі інженерій сфери комп'ютингу. Тобто інформаційну систему (ІС) подаємо як певний набір інформаційних технологій, що в комплексі зорієнтовані на досягнення певної системної мети, виконуючи задані функції та пропонуючи при цьому споживачам якісні інформаційні продукти та сервіси.

У свою чергу, для всіх штучних інформаційних систем притаманними є чотири життєві фази їхнього формування та функціонування. Йдеться про фази системного аналізу, системного проектування, системної інтеграції та системного адміністрування, які генерують відповідні вимоги до професійної підготовки та практичної орієнтації фахівців у царині інформаційних систем. Ринок потребує системних аналітиків, системних проектувальників, системних інтеграторів та системних адміністраторів.

Комплексний виклад структурованого подання галузі «КОМП'ЮТИНГУ» дозволяє, загалом, чіткіше уявити проблематику та тематику підручників та навчальних посібників, котрі будуть виходити в світ у однойменній освітньо-науковій серії в 50-ти книгах. Для кращого розуміння в майбутньому ще раз наведемо означення

сфери «КОМП'ЮТИНГУ» як галузі знань (науки, виробництва, бізнесу та надання послуг), предметом якої є комплексні дослідження, розроблення, впровадження та використання інформаційних систем, складовими елементами яких є інформаційні технології, що реалізовані на основі сучасних інженерних досягнень комп'ютерної інженерії, інженерії програмного забезпечення, інженерії даних та знань, системної інженерії, котрі базуються на фундаментальних законах та закономірностях інформатики.

Автори підручників і навчальних посібників серії «КОМП'ЮТИНГ» пропонують значний перелік навчальних дисциплін, котрі, з одного боку, включаються до сфери комп'ютингу за означенням, а, з іншого боку, їх предмет ще не знайшов якісного висвітлення у вітчизняній навчальній літературі для вищої школи. Перший крок ми робимо у 2008–2009 рр., виданням принаймні десяти книг серії з подальшим її п'ятикратним розширенням до 2011 р. Структурно серія подається узагальненими профілями як то:

- *фундаментальні проблеми комп'ютингу;*
- *комп'ютерні науки;*
- *комп'ютерна інженерія;*
- *програмна інженерія;*
- *інженерія даних та знань;*
- *системна інженерія;*
- *інформаційні технології та системи.*

При цьому зауважу, що наведені укрупнені профілі серії підручників і навчальних посібників загалом співпадають з профілями бакалавратів, зафіксованих у підсумковому звіті «Computing CURRICULA» редакції 2006 року. Ми розуміємо, що чітка завершена будівля комп'ютингу з'явиться лише в перспективі, а наша праця буде подаватись як активний труд будівничих з якнайшвидшого втілення в життя проекту цієї, без перебільшення, грандіозної будівлі сучасного інформаційного суспільства. Я запрошую потенційних авторів долучитись до цього освітньо-наукового проекту, а шановних читачів виступити в ролі творчих критиків та опонентів. Буду вдячний за Ваші побажання, зауваження та пропозиції.

З глибокою повагою науковий редактор серії підручників і навчальних посібників «КОМП'ЮТИНГ», д.т.н., професор Володимир ПАСІЧНИК

Розділ 1

Історія розвитку комп'ютерних мереж. OSI модель

- ◆ Централізовані обчислювальні системи
- ◆ Глобальні мережі
- ◆ Локальні мережі
- ◆ Зближення локальних і глобальних мереж
- ◆ Основні організації, що займаються стандартизацією комп'ютерних мереж
- ◆ OSI модель
- ◆ Функції рівнів OSI моделі
- ◆ Інкапсуляція даних

1.1 Централізовані обчислювальні системи

Перші комп'ютери (мейнфрейми) з'явилися в 50-роках минулого століття. Вони були дуже великими та дорогими. Їх використовувала обмежена кількість користувачів-програмістів. У той час одна і та ж група людей брала участь і в проектуванні, і в експлуатації, і в програмуванні обчислювальної машини. Це була швидше науково-дослідна робота в галузі обчислювальної техніки, а не використання комп'ютерів як інструменту вирішення будь-яких практичних завдань. Такі комп'ютери не були призначені для інтерактивної роботи. Їх використовували у режимі пакетної обробки. Користувачі підготували перфокарти, що містили дані і команди програм, і передавали їх в обчислювальний центр. Оператори вводили ці карти в комп'ютер, а роздруковані результати користувачі одержували зазвичай лише на наступний день.

Історія виникнення комп'ютерних мереж розпочалась на початку 60-х років. У міру здешевлення процесорів з'явилися нові способи організації обчислювального процесу, що дозволили врахувати інтереси користувачів. Почали розвивати інтерактивні багатотермінальні системи, які для доступу до обчислювального середовища використовували принцип поділу часу. У таких системах комп'ютер видавався в розпорядження одразу декільком користувачам. Кожен користувач одержував власний термінал, за його допомогою він міг вести діалог з комп'ютером. Термінали, вийшовши за межі обчислювального центру, розосередилися по всьому підприємству. І хоча обчислювальна потужність залишалася цілком централізованою, деякі функції – такі як ввід і вивід даних – стали розподіленими. Така структура називалась централізованою обчислювальною системою.

Застосовуючи інтелектуальні термінали, користувачі могли запускати програми, здійснювати доступ до ресурсів і копіювати файли. Головний комп'ютер мав ідентифікувати користувачів і координувати взаємодію користувача з програмою. Таким чином, централізовані обчислювальні системи, що працювали у режимі поділу часу, стали першим кроком на шляху створення локальних обчислювальних мереж. Але до появи локальних мереж потрібно було пройти ще великий шлях. Централізовані обчислювальні системи, хоча і мали зовнішні риси розподілених систем, усе ще зберігали сутність централізованої обробки даних.

1.2. Глобальні мережі

Почалося усе з вирішення простої задачі – доступу до комп'ютера з терміналів, віддалених від нього на багато сотень і навіть тисяч кілометрів. Термінали з'єднували з комп'ютерами через телефонні мережі за допомогою модемів. Такі мережі дозволяли численним користувачам одержувати віддалений доступ до поділюваних ресурсів декількох потужних комп'ютерів класу суперЕОМ. Далі з'явилися системи, у яких поряд з віддаленими з'єднаннями типу термінал-комп'ютер були реалізовані і віддаленні зв'язки типу комп'ютер-комп'ютер. Комп'ютери одержали можливість обмінюватися даними в автоматичному режимі, що, власне, і є базовим механізмом будь-якої обчислювальної мережі. На основі цього механізму в перших мережах були реалізовані служби обміну файлами, синхронізації баз даних, електронної пошти й інші, що стали тепер традиційними мережевими службами.

Таким чином, хронологічно першими з'явилися глобальні мережі (**Wide Area Networks, WAN**), тобто мережі, що поєднують територіально розосереджені комп'ютери, що можуть знаходитись у різних містах і країнах. Саме при побудові глобальних мереж були вперше запропоновані і відпрацьовані основні ідеї і концепції сучасних комп'ютерних мереж. Такі, наприклад, як багаторівнева побудова комунікаційних протоколів, технологія комутації пакетів, маршрутизація пакетів у різномірних мережах.

Глобальні комп'ютерні мережі багато перейняли від старіших і розповсюджених глобальних мереж – телефонних. Разом з тим, головним результатом створення перших глобальних комп'ютерних мереж була відмова від принципу комутації каналів, що протягом багатьох десятиріч років успішно використовували в телефонних мережах.

Оскільки монтаж високоякісних ліній зв'язку на великі відстані обходиться дуже дорого, то для побудови перших глобальних мереж часто використовували вже існуючі канали зв'язку, що були призначені зовсім для інших цілей. Наприклад, протягом багатьох років глобальні мережі будували на основі телефонних каналів тональної частоти, здатних у кожен момент часу вести передавання тільки однієї розмови в аналоговій формі. Оскільки швидкість передавання дискретних комп'ютерних даних по таких каналах була дуже низькою (десятки кілобіт за секунду), набір наданих послуг у глобальних мережах такого типу зазвичай обмежувався передаванням файлів, переважно у фоновому режимі, і електронною поштою. Крім низької швидкості такі канали мають і інший недолік – вони вносять значні завади в передані сигнали. Тому протоколи глобальних мереж, що побудовані з використанням аналогових каналів зв'язку низької якості, відрізняються складними процедурами контролю і відновлення даних. Типовим прикладом таких мереж є мережі **X.25**, розроблені ще на початку 70-х, коли низькошвидкісні аналогові канали, орендовані в телефонних компаніях, були переважним типом каналів, що з'єднують комп'ютери і комутатори глобальної обчислювальної мережі.

Прогрес глобальних комп'ютерних мереж багато в чому визначався прогресом телефонних мереж. З кінця 60-х років у телефонних мережах усе частіше стали застосовувати передавання голосу в цифровій формі, що призвело до появи високо-

швидкісних цифрових каналів, що з'єднують АТС і дозволяють одночасно передавати десятки і сотні розмов.

Була розроблена спеціальна технологія плезіохронної цифрової ієрархії (**Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH**), призначена для створення так званих первинних, чи опорних, мереж. Такі мережі не надають послуг кінцевим користувачам, вони є фундаментом, на якому будують швидкісні цифрові канали «точка-точка», що з'єднуються з обладнанням інших мереж, кожна з яких працює на кінцевого користувача.

Спочатку технологія PDH, що підтримувала швидкості до 140 Мбіт/с, була внутрішньою технологією телефонних компаній. Однак згодом ці компанії стали здавати частину своїх каналів PDH в оренду підприємствам, що використовували їх для створення власних телефонних і глобальних комп'ютерних мереж.

Наприкінці 80-х років з'явилася технологія синхронної цифрової ієрархії (**Synchronous Digital Hierarchy, SDH**), яка дозволила розширити діапазон швидкостей цифрових каналів до 10 Гбіт/с, а технологія спектрального мультиплексування (**Dense Wave Division Multiplexing, DWDM**) – до сотень гігабіт і навіть декількох терабіт за секунду.

Висока якість цифрових каналів змінила вимоги до протоколів глобальних комп'ютерних мереж. На перший план замість процедур забезпечення надійності вийшли процедури забезпечення гарантованої середньої швидкості доставки інформації користувачам, а також механізми пріоритетної обробки пакетів особливо чутливих до затримок. Ці зміни знайшли відображення в нових технологіях глобальних мереж, таких як **Frame Relay** і **ATM**.

Сьогодні технології глобальних мереж перебувають на революційному етапі розвитку, що пов'язаний із запровадженням повністю оптичних мереж **AON (All Optical Networks)**. На даний час, по розмаїттю і якості сервісів глобальні мережі наздогнали локальні, хоча останні з'явилися значно пізніше.

1.3. Локальні мережі

Важлива подія, що вплинула на еволюцію комп'ютерних мереж, відбулася на початку 70-х років. У результаті технологічного прориву в області виробництва комп'ютерних компонентів з'явилися великі інтегральні схеми (ВІС). Їх невисока вартість і відмінні функціональні можливості призвели до створення міні-комп'ютерів, що стали реальними конкурентами мейнфреймів. Навіть невеликі підрозділи підприємств одержали можливість мати власні комп'ютери. Міні-комп'ютери виконували задачі керування технологічними процесами та технологічним устаткуванням, складом і іншими задачами рівня відділу підприємства. Таким чином, з'явилася концепція розподілу комп'ютерних ресурсів по всьому підприємству.

Потреби користувачів обчислювальної техніки росли. Їх уже не задовольняла ізолювана робота на власному комп'ютері. Постала потреба обміну комп'ютерними даними з користувачами інших підрозділів в автоматичному режимі. Відповіддю на цю потребу стала поява перших локальних обчислювальних мереж.

Локальні мережі (**Local Area Networks, LAN**) – це об'єднання комп'ютерів, зосереджених на невеликій території, зазвичай в радіусі не більш 1-2 км, хоча в окремих випадках локальна мережа може мати і більш протяжні розміри, наприклад у кілька десятків кілометрів. У загальному випадку локальна мережа є комунікаційною системою, що належить одній організації.

Спочатку для з'єднання комп'ютерів один з одним використовували нестандартні програмно-апаратні засоби. Різноманітні пристрої сполучення, що використовують свій власний спосіб представлення даних на лініях зв'язку, свої типи кабелів та ін., могли з'єднувати тільки ті конкретні моделі комп'ютерів, для яких вони були розроблені.

У середині 80-х років такий підхід до побудови локальних мереж змінився. Затвердили стандартні технології об'єднання комп'ютерів у мережу – **Ethernet, Arcnet, Token Ring, Token Bus**, трохи пізніше – **FDDI**. Потужним стимулом для їх появи слугували персональні комп'ютери, які вже виробляли масово. Вони стали ідеальними елементами для побудови мереж – з одного боку, були досить потужними для роботи мережевого програмного забезпечення, а з іншого – мали потребу в об'єднанні своєї обчислювальної потужності для розв'язку складних задач, а також одночасного використання периферійних пристроїв і дискових масивів.

Усі стандартні технології локальних мереж базувались на тому ж принципі комутації, що був з успіхом випробуваний і довів свої переваги при передаванні даних у глобальних комп'ютерних мережах – принцип комутації пакетів.

Кінець 90-х виявив явного лідера серед технологій локальних мереж – сімейство Ethernet, в яке ввійшли класична технологія **Ethernet** (10 Мбіт/с), а також **FastEthernet** (100 Мбіт/с) і **GigabitEthernet** (1000 Мбіт/с). Прості алгоритми роботи визначили низьку вартість устаткування Ethernet. Широкий діапазон ієрархії швидкостей дозволив раціонально будувати локальну мережу, застосовуючи ту технологію сімейства, яка найбільшою мірою відповідає розв'язку завдань підприємства і потребам користувачів.

1.4. Зближення локальних і глобальних мереж

Наприкінці 80-х років минулого століття відмінності між локальними і глобальними мережами виявлялися дуже чітко.

➤ Довжина і якість ліній зв'язку.

Локальні комп'ютерні мережі за визначенням відрізняються від глобальних мереж невеликими відстанями між вузлами мережі. Це в принципі робить можливим використання в локальних мережах більш якісних ліній зв'язку.

➤ Складність методів передавання даних.

В умовах меншої надійності фізичних каналів глобальні мережі вимагали застосування більш складних, ніж локальні мережі, методів передавання даних і відповідного обладнання.

➤ Швидкість обміну даними в локальних мережах (10, 16 і 100 Мбіт/с) у той час була істотно вища, ніж у глобальних (від 2,4 Кбіт/с до 2 Мбіт/с).

➤ Розмаїття послуг.

Високі швидкості обміну даними в локальних мережах надали можливість розширити набір послуг: різні види послуг файлової служби, послуги друку, послуги баз даних, електронна пошта та ін. Слід зазначити, що глобальні мережі, в основному, надавали поштові послуги й іноді файлові послуги з обмеженими можливостями.

➤ **Масштабованість.**

«Класичні» локальні мережі володіють незадовільною масштабованістю через жорсткість базових топологій, що визначають спосіб підключення станцій і довжину лінії. При цьому характеристики мережі різко погіршуються при досягненні визначеної межі по кількості вузлів чи довжині ліній зв'язку. Глобальним мережам притаманний достатній рівень масштабованості. Як правило такі мережі розроблялися з міркувань роботи з довільними топологіями і, як заведено, великою кількістю абонентів.

Поступово розходження між технологіями локальних і глобальних мереж стали зникати. Ізольовані раніше локальні мережі почали поєднуватись між собою, використовуючи в якості сполучного середовища глобальні мережі. Тісна інтеграція локальних і глобальних мереж призвела до значного взаємопроникнення відповідних технологій.

Висока якість цифрових каналів змінила вимоги до протоколів глобальних комп'ютерних мереж. На перший план замість процедур забезпечення надійності вийшли процедури забезпечення гарантованої середньої швидкості доставки інформації користувачам, а також механізми пріоритетної обробки пакетів особливо чутливих до затримок передавання даних, наприклад голосових. Ці зміни знайшли відображення у нових технологіях глобальних мереж, таких як Frame Relay і АТМ.

Зближенню локальних і глобальних мереж посприяло і домінування протоколу ІР. Цей протокол сьогодні використовують «поверх» будь-яких технологій локальних і глобальних мереж – Ethernet, Token Ring, АТМ, Frame Relay – для створення з різних підмереж єдиної складної мережі.

Комп'ютерні глобальні мережі 90-х, що працюють на основі швидкісних цифрових каналів, істотно розширили набір своїх послуг і наздогнали, у цьому відношенні, локальні мережі. Стало можливим створення служб, робота яких пов'язана з доставкою користувачу великих обсягів інформації в реальному часі – зображень, відеофільмів, голосу і т.д.

У локальних мережах останнім часом приділяють таку ж велику увагу методам забезпечення захисту інформації від несанкціонованого доступу, як і в глобальних мережах. Це зумовлено тим, що локальні мережі перестали бути ізольованими, найчастіше вони мають вихід у «великий світ» через глобальні зв'язки. Захист локальних мереж часто будують на тих же методах – шифрування даних, аутентифікація й авторизація користувачів.

І, нарешті, з'являються нові технології, споконвічно призначені для таких видів мереж. Яскравим представником нового покоління технологій є технологія АТМ, яка ефективно поєднує всі існуючі типи трафіку в одній транспортній мережі. Іншим прикладом може слугувати сімейство технологій Ethernet, що має явні «локальні» корені. Новий стандарт Ethernet 10G, що дозволяє передавати дані зі швидкістю 10 Гбіт/с, призначений для магістралей як глобальних, так і великих локальних мереж.

Одним із проявів зближення локальних і глобальних мереж є поява мереж масштабу великого міста, що займають проміжне положення між локальними і глобальними

мережами. Міські мережі, чи мережі мегаполісів **MAN (Metropolitan Area Networks)**, призначені для обслуговування території великого міста. Ці мережі використовують цифрові лінії зв'язку, часто волоконно-оптичні, зі швидкостями на магістралі від 155 Мбіт/с і вище. Вони забезпечують з'єднання локальних мереж між собою, а також вихід у глобальні мережі. Ці мережі спочатку були розроблені для передавання даних, але зараз вони підтримують і такі послуги, як відеоконференції й інтегральне передавання голосу і тексту. Для мереж мегаполісів навіть був розроблений спеціальний протокол – **SMDS (Switched Multimegabit Data Services)**, але пізніше він був витіснений більш потужною технологією АТМ. Сучасні мережі типу MAN відрізняються розмаїттям наданих сервісів, дозволяючи своїм клієнтам поєднувати комунікаційне обладнання різного призначення, у тому числі й офісні АТС.

1.5. Основні організації, що займаються стандартизацією комп'ютерних мереж

Без послуг організацій по стандартизації в галузі комп'ютерних мереж було б значно більше хаосу, ніж його маємо у даний час. Організації по стандартизації забезпечують форум для дискусій, допомагають перетворити результати дискусій в офіційні специфікації, а також поширюють ці специфікації після завершення процесу стандартизації.

Найбільш відомими є такі організації по стандартизації:

Міжнародна Організація по стандартизації (International Organization for Standardization, ISO) забезпечує розробку і підтримку глобальних стандартів у сфері комунікацій і обміну інформацією. Цій організації належить еталонна модель OSI і набір протоколів OSI.

Американський Національний інститут стандартизації (American National Standards Institute, ANSI) координуючий орган добровільних груп по стандартизації в межах США. ANSI є членом ISO. Найбільш відомим стандартом ANSI по комунікаціях є FDDI.

Асоціація електронної промисловості (Electronic Industries Association, EIA). Організація, що об'єднує виробників електронного устаткування зі штаб-квартирою у Вашингтоні. Основна задача асоціації – розробка електричних і функціональних специфікацій інтерфейсного устаткування. Найвідомішим стандартом EIA є RS-232.

Інститут інженерів по електротехніці й електроніці (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE) професійна організація, що розробляє власні стандарти для мереж. Стандарти LAN, розроблені IEEE (включаючи IEEE 802.3 і IEEE 802.5), є найбільш відомими стандартами IEEE.

Міжнародний Консультативний комітет з телеграфії і телефонії (International Consultative Committee for Telegraphy and Telephony, CCITT). Міжнародна організація, що розробляє стандарти у сфері зв'язку. Найбільш відомим стандартом CCITT є X.25.

Рада по регуляції роботи Internet (Internet Activities Board, IAB). Група дослідників по об'єднаних мережах, що регулярно зустрічається для обговорення проблем, що стосуються Internet. Ця рада визначає основну політику в області Internet, приймаючи рішення і визначаючи суть завдань, які необхідно виконати, для розв'язку проблем пов'язаних з функціонуванням мереж. Деякі з документів розроблені IAB як стандарти Internet, у тому числі TCP/IP і SNMP.

Підрозділ інженерних розробок Internet IETF (Internet Engineering Task Force).

Одна з груп ради IAB по архітектурі Internet. IETF відповідає за розв'язок інженерних задач Internet. Включає більше 40 робочих груп. IETF розробляє більшість RFC, що використовують виробниками для впровадження стандартів в архітектуру TCP/IP.

1.6. OSI модель

1.6.1 Функції рівнів OSI моделі

На ранніх етапах розвитку мереж розроблялись окремі моделі, для контролю підприємства, або групи підприємств, організацію робіт в локальній мережі. Різні виробники були зацікавлені в розробці мережі, що максимально враховувала б їх потреби. На початку 80-х років відбувалося швидке зростання кількості і розмірів мереж, оскільки компанії зрозуміли, що можна економити кошти і збільшувати продуктивність роботи використовуючи мережеві технології. Подальший розвиток мереж полягав в модернізації існуючих. Цей процес був настільки стихійним, що з середини 80-х років виробники усвідомили неможливість об'єднання окремих приватних мереж в одну функціонуючу глобальну мережу через використання різних протоколів зв'язку.

Для вирішення проблеми сумісності мереж і забезпечення взаємодії між ними Міжнародна Організація по стандартизації (ISO) розробила мережеві схеми DECNET, SNA і TCP/IP, які визначали набір правил зв'язку. У результаті цих досліджень ISO створила мережеву багаторівневу модель.

Багаторівневу модель **OSI (Open System Interconnection)** було розроблено в 1984 році для наочності передавання даних в мережевій системі. Це забезпечило виробників стандартами, що гарантували сумісність між різними мережевими пристроями та програмним забезпеченням, яке розробляли в усьому світі.

Багаторівнева модель OSI – основна модель для передавання даних. Незважаючи на те, що існують і інші моделі, більшість виробників «прив'язують» свої виробни до моделі OSI. В загальному, модель – це один з найкращих наявних інструментів для ілюстрації процесу обміну даними в мережі. Також OSI модель використовують для відображення механізму (процесу) передавання (обміну) інформації або пакетів даних від прикладних програм (таблиці, документи), через фізичне мережеве середовище (кабелі) до інших програм, що розташовані на інших комп'ютерах, навіть якщо використовують різні типи мереж. У моделі OSI є сім рівнів, кожен з яких характеризує певну мережеву функцію. Цей розподіл мережевих функцій називають розшаруванням. Поділ на сім рівнів забезпечує наступне:

- розбиває мережу на прості складові;
- стандартизує мережеві компоненти різних виробників і забезпечує їх сумісність між собою;
- дозволяє використовувати в мережі різне апаратне та програмне забезпечення;
- запобігає змінам на усіх рівнях при зміні в одному з них, що зменшує час налагодження мережі;
- поділ складних мережевих операцій на меншу кількість комплексних елементів. Модульність;
- спрощує вивчення мережевих технологій.

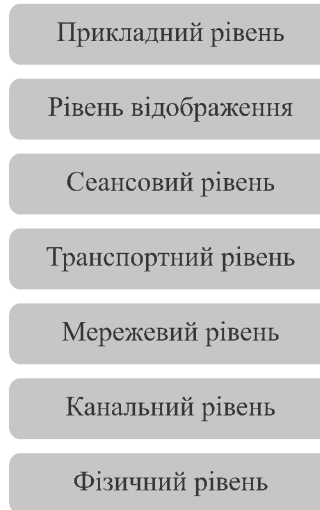


Рис. 1.1. OSI модель

На рис. 1 показано OSI модель (рис. 1.1):

1. Фізичний рівень (physical layer).

Фізичний рівень визначає електротехнічні, механічні, процедурні і функціональні характеристики активації, підтримки і дезактивації фізичного каналу між кінцевими системами. Специфікації фізичного рівня визначають такі характеристики, як рівні напруг, синхронізацію зміни напруг, швидкість передавання фізичної інформації, максимальні відстані передавання інформації, фізичні з'єднувачі й інші аналогічні характеристики. Цей рівень забезпечує передавання та приймання потоків бітів. Він використовує фізичні засоби типу скрученої пари дротів, коаксіального та волоконно-оптичного кабелів.

2. Канальний рівень (data link layer).

Призначений для передавання блоків даних через одне фізичне сполучення. Блоки канального рівня називають кадрами (frames), які містять заголовок з апаратною адресою відправника та отримувача. Типовими функціями рівня є не тільки передавання кадрів в середовище передавання даних, але й виявлення та виправлення помилок, керування потоком даних, опис топології мережі. Рівень передавання даних забезпечує надійне переміщення даних по фізичних носіях. Тобто рівень передавання даних пов'язаний з фізичним (а не логічним) адресуванням, мережевою топологією, доступом до мережі, повідомленнями про помилки, впорядкованою доставкою кадрів і управлінням потоками даних.

3. Мережевий рівень (network layer).

Мережевий рівень – це складний рівень, що забезпечує підтримку зв'язку і вибір шляху між двома хостами (коротко визначені комп'ютерами), що розташовані в географічно розділених мережах. На цьому рівні реалізують маршрутизацію інформації, тобто вибирають шляхи передавання блоків інформації залежно від адреси призначення та інших характеристик. Протокольні одиниці даних на мережевому рівні називають пакетами (packets), які містять заголовок. Заголовок містить логічні адреси відправника та отримувача.

4. Транспортний рівень (transport layer).

Транспортний рівень сегментує дані від хоста, який їх надсилає, і конвертує у потоки даних на приймаючих хостах. Транспортний рівень надає служби транспортування даних і приховує від верхніх рівнів детальну інформацію про транспортування. Специфічні завдання, такі як надійне транспортування між двома хостами, є завданнями транспортного рівня. При налагодженні зв'язку транспортний рівень встановлює, підтримує і розриває віртуальні кола. Його використовують для забезпечення надійної служби виявлення і виправлення помилок при транспортуванні та управлінні потоками інформації.

5. Сеансовий рівень (session layer).

Сеансовий рівень встановлює, керує і розриває сеанси зв'язку між двома хостами. Він надає свої послуги рівню відображення. Синхронізація діалогу між двома рівнями відображення, керування обміном даними, створення умов для ефективного передавання даних, повідомлення про помилки 5-7 рівнів також є функціями цього рівня.

6. Рівень відображення (presentation layer).

Гарантує, що інформація, яка надійшла з 7-го рівня одного комп'ютера буде коректно розпізнана сьомим рівнем іншого. При потребі рівень відображення перетворює різні формати даних до одного універсального. На цьому рівні виконують такі функції як стиснення та кодування даних.

7. Прикладний рівень (application layer).

Це найближчий до користувача рівень. Він забезпечує програми користувачів мережевими службами. Відрізняється від інших рівнів тим, що не взаємодіє з іншими рівнями, а лише з прикладними програмами, які є за межами OSI моделі. Приклади таких програм: табличні і текстові процесори, банківські програми та ін.

Сім рівнів моделі OSI можна умовно розділити на дві групи: верхні і нижні рівні.

Верхніми називають всі рівні, що знаходяться вище транспортного рівня OSI моделі. Верхні рівні відносять до роботи додатків і, зазвичай, реалізують лише в програмному забезпеченні.

Термін «нижній рівень» використовують стосовно будь-якого рівня, який лежить нижче сеансового. Спільне функціонування нижніх рівнів забезпечує передавання даних через фізичне середовище. Нижні рівні OSI моделі реалізують в апаратному та програмному забезпеченні.

Мережеві пристрої працюють лише на нижніх рівнях OSI моделі (рис. 1.2.). Концентратори – працюють на фізичному рівні (рівень 1), комутатори – на рівнях 1 і 2, маршрутизатори – на рівнях 1, 2 і 3, міжмережеві екрани – на рівнях 1, 2, 3 і 4. Кінцеві станції, наприклад, шлюзи, зазвичай працюють на всіх семи рівнях.

1.6.2 Інкапсуляція даних

Інкапсуляція даних (encapsulation) – це процедура формування пакету даних, при якій дані на певному рівні доповнюються заголовками, закінченнями та іншою інформацією з протоколів вищого рівня. На кожному рівні OSI моделі проводять інкапсуляцію даних наступного, більш високого рівня, при переміщенні потоку даних вниз по OSI моделі. Передавання даних в мережі відбувається від джерела до адресата. Якщо один хост хоче передати дані іншому, то вони мають бути упаковані процесом, що називається інкапсуляція.

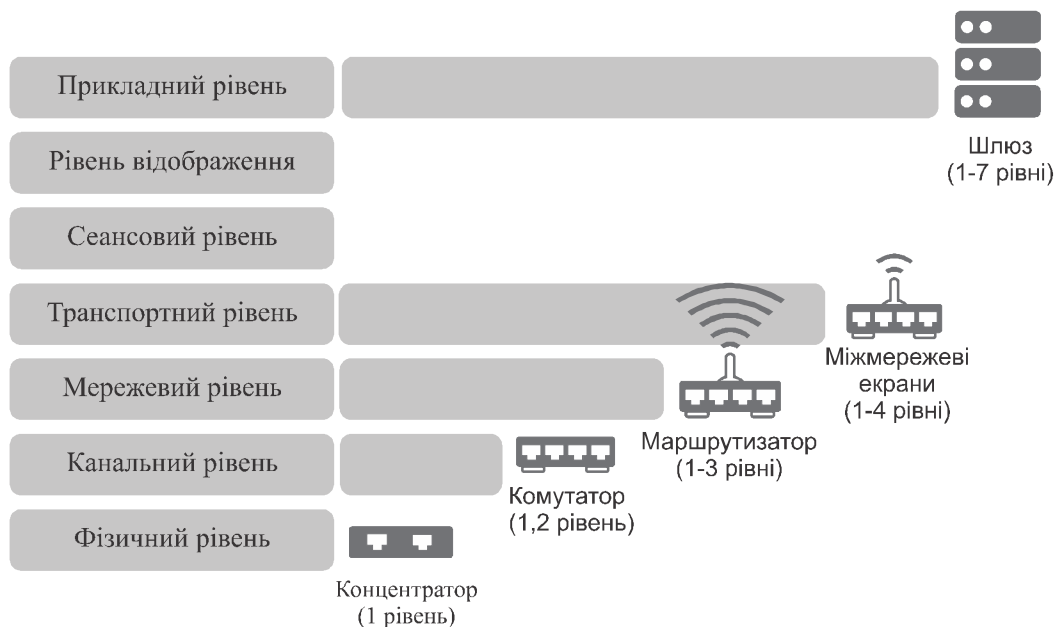


Рис. 1.2. Мережеві пристрої в OSI моделі

На рис. 1.3 показана модель взаємодії двох хостів.

Для прикладу, з кожної сторони засоби взаємодії представлені трьома рівнями. Процедура взаємодії цих двох хостів може бути описана у вигляді набору правил взаємодії кожної пари відповідних рівнів двох відповідних сторін. Формалізовані правила, що визначають формат і послідовність повідомлень, якими обмінюються мережеві компоненти одного рівня, але в різних вузлах, називаються **протоколом (protocol)**.



Рис. 1.3. Взаємодія двох хостів

Модулі, що реалізують протоколи сусідніх рівнів і знаходяться в одному вузлі, також взаємодіють один з одним у відповідності до чітко визначених правил за допомогою стандартизованих форматів повідомлень. Ці правила називають **інтерфейсом**

(**interface**). По суті, протокол та інтерфейс висловлюють одне і теж саме поняття, але в мережах вони відображають різні області дії: протоколи встановлюють правила взаємодії модулів одного рівня в різних хостах, а інтерфейси – правила взаємодії модулів сусідніх рівнів в одному хості.

Ієрархічно організований набір протоколів, достатній для взаємодії хостів в мережі, називають **стеком протоколів (protocol stack)**. Протоколи можуть бути реалізовані як програмно, так і апаратно. Протоколи нижніх рівнів часто реалізують комбінацією програмних і апаратних засобів, а протоколи верхніх рівнів, як правило, програмними засобами.

Кожен рівень використовує власний протокол для з'єднання з однаковим за призначенням протоколом в іншій системі. Для обміну інформацією між собою рівні використовують протокольні одиниці даних **PDU (Protocol Data Unit)**. Для PDU кожного рівня використовують унікальне ім'я. Наприклад в TCP/IP транспортний рівень зв'язується з рівним за рангом рівнем іншої моделі, використовуючи сегменти. Такий тип зв'язку називають **одноранговим (peer-to-peer)**. Служби нижчих рівнів використовують інформацію верхніх рівнів як частину власного PDU для обміну з аналогічним рівнем іншої моделі.

Під час інкапсуляції даних, тобто «руху» вниз по OSI моделі, інформацію доповнюють заголовками, закінченнями та іншою інформацією. Слово заголовок (**header**) – означає що додається додаткова інформація (адреса).

Процес інкапсуляції складається з наступних етапів (рис. 1.4):

1. Інформація користувача перетворюється в **дані (data)**.
2. Для надійності передавання інформації дані на транспортному рівні формують у **сегменти (segments)**.
3. Сегменти на мережевому рівні перетворюються в **пакети (packets)**, що містять заголовки з логічними (IP) адресами відправника та отримувача. Ці адреси допомагають мережевим пристроям надсилати інформацію в потрібну мережу по вибраному шляху.

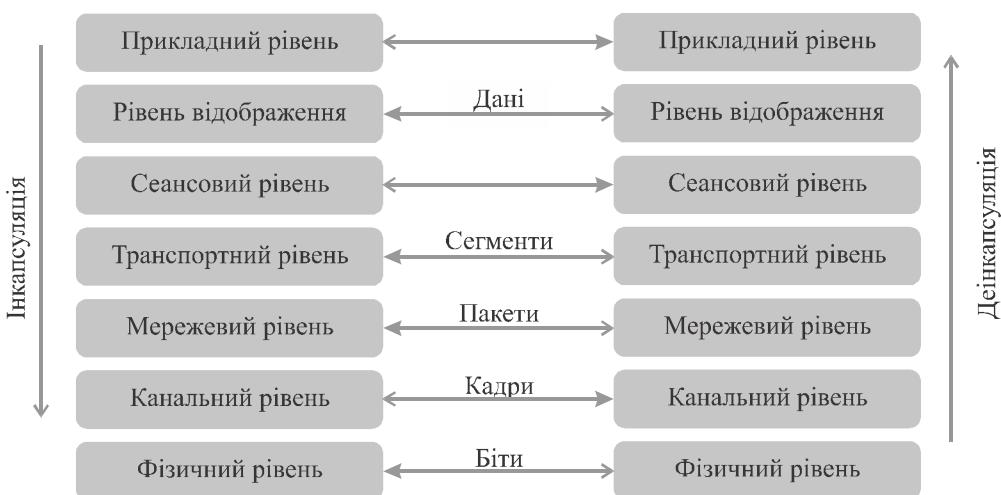


Рис. 1.4. Інкапсуляція даних

4. Інформацію користувача перетворюють у **дані (data)**.
5. Для надійності передавання інформації дані на транспортному рівні формують у **сегменти (segments)**.
6. Сегменти на мережевому рівні перетворюють в **пакети (packets)**, що містять заголовки з логічними (IP) адресами відправника та отримувача. Ці адреси допомагають мережевим пристроям надсилати інформацію в потрібну мережу по вибраному шляху.
7. З пакетів на каналному рівні формують **кадри (frames)**, що містять заголовки з фізичними (MAC) адресами відправника та отримувача. Ці адреси забезпечують однозначну ідентифікацію хостів в сегменті мережі.
8. З кадрів на фізичному рівні утворюють потік **бітів (bits)** для передавання через фізичне середовище.

Коли потік одиниць та нулів досягне адресату, дані будуть підняті вгору по рівнях OSI моделі. При цьому, при передаванні інформації на верхні рівні OSI моделі хоста отримувача з пакету даних буде відніматись інформація (заголовки) з протоколів нижніх рівнів. Такий процес називається **деінкапсуляцією**.

Контрольні питання до розділу

1. Чим можна пояснити той факт, що глобальні мережі з'явилися раніше локальних?
2. На якому рівні OSI моделі визначаються такі характеристики, як рівні напруг, швидкість передавання інформації і максимальні відстані передавання даних?
 - a) Фізичному
 - b) Канальному
 - c) Мережевому
 - d) Транспортному
3. Яким є правильний порядок інкапсуляції даних?
 - a) Пакети, дані, кадри, сегменти, біти
 - b) Сегменти, дані, пакети, кадри біти
 - c) Дані, сегменти, кадри, пакети, біти
 - d) Дані, сегменти, пакети, кадри, біти
4. На якому рівні OSI моделі в якості PDU використовують кадри?
 - a) Фізичному
 - b) Канальному
 - c) Мережевому
 - d) Транспортному
5. Які протокольні одиниці даних на фізичному рівні?
 - a) Сегменти
 - b) Пакети
 - c) Біти
 - d) Кадри
6. На якому рівні OSI моделі заголовки кадрів містять апаратні адреси відправника та отримувача?
 - a) Фізичному
 - b) Канальному

- c) Мережевому
 - d) Транспортному
7. На якому рівні OSI моделі виконуються такі функції як стискання та кодування даних?
- a) Мережевому
 - b) Транспортному
 - c) Відображення
 - d) Прикладному
8. Які функції реалізує транспортний рівень OSI моделі?
- a) Відповідає за кодування даних
 - b) Здійснює вибір оптимального шляху передачі пакетів
 - c) Забезпечує надійність передачі даних
 - d) Описує технології мережі
9. На якому рівні OSI моделі відбувається сегментація даних користувача?
- a) Мережевому
 - b) Транспортному
 - c) Відображення
 - d) Прикладному
10. Яка організація розробила OSI модель?
- a) ANSI
 - b) ISO
 - c) IEEE
 - d) EIA.

Розділ 2

Технології фізичного рівня

- ◆ Структурна схема ланки передавання даних
- ◆ Середовища передавання даних
- ◆ Коаксіальний кабель
- ◆ Скручена пара дротів
- ◆ Волоконно-оптичний кабель
- ◆ Ефірні середовища
- ◆ Пристрої спряження
- ◆ Аналогова модуляція
- ◆ Цифрове кодування
- ◆ Дискретна модуляція аналогових сигналів
- ◆ Засоби керування каналом передавання даних
- ◆ Пристрої локальних мереж фізичного рівня

2.1. Структурна схема ланки передавання даних

Сукупність засобів фізичного рівня утворює певну систему, яку називають каналом передавання даних (рис. 2.1). Канал передавання даних складається з таких елементів:

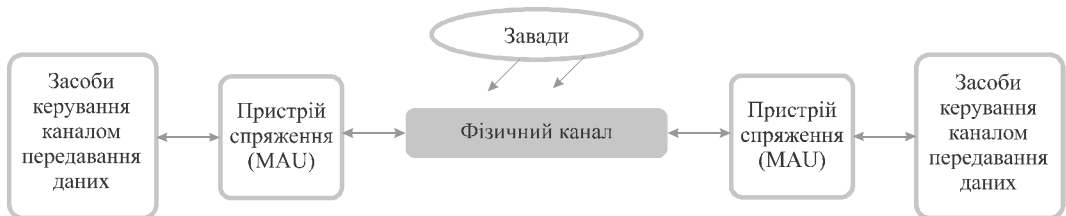


Рис. 2.1. Структура каналу передавання даних

- **фізичного середовища передавання (medium)** та відповідних з'єднувачів (фізичного каналу);
- **пристроїв спряження (MAU – Media Access Unit)** – засобів перетворення цифрових даних комп'ютера, у форму, прийнятну для передавання фізичним каналом (сигнал даних) та навпаки.
- **засобів керування каналом** передавання даних.

На фізичний канал передавання даних впливають завади, які спотворюють сигнал та призводять до виникнення помилок. З впливом завад борються засобами керування каналом передавання даних.

2.2. Середовища передавання даних

2.2.1 Коаксіальний кабель

Коаксіальний кабель (coaxial) має будову, зображену на рис. 2.2. Сигнал даних передається по центральній мідній жилі кабелю та зовнішньому мідному екрану, які відділені діелектричною оболонкою. Екран, крім того, захищає сигнал від електромагнітних полів. Навколо екрана є ізоляційна оболонка.

Найпоширенішими у LAN коаксіальними кабелями є Thicknet (RG-8 або товстий Ethernet) з максимальною довжиною сегмента 500 м та Thinnet (RG-58 або тонкий Ethernet) з максимальною довжиною сегмента 185 м. Для приєднання до коаксіального кабелю використовують такі роз'єднувачі:

- AUI (Attachment Unit Interface) - товстий Ethernet,
- BNC (Barrel Network Connector) - тонкий Ethernet.

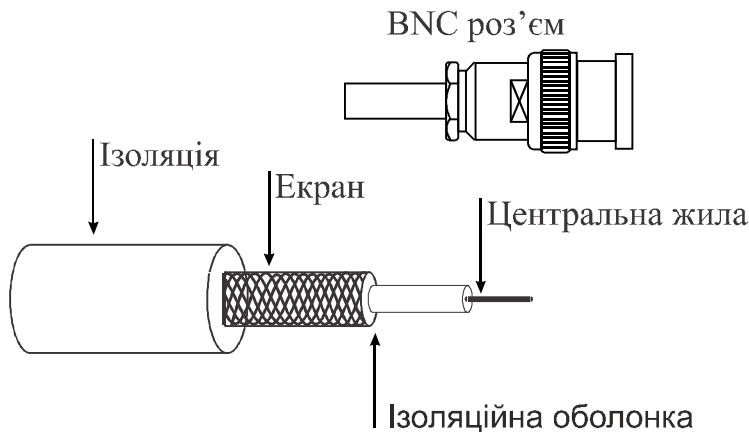


Рис. 2.2. Будова коаксіального кабелю

За техніко-експлуатаційними характеристиками розрізняють широко- та вузькосмугові коаксіальні кабелі.

Широкосмугові кабелі використовують для аналогового, широкосмугового передавання. Смуга перепускання такого кабелю, зазвичай, розділена на декілька аналогових каналів з різними частотами-носіями. Вона залежить від марки кабелю і може сягати 2-3 ГГц. Загасання сигналу на частоті 100 МГц не більше 7 Дб на 100 м. Термін придатності - 10-12 років.

Вузькосмугові кабелі застосовують для цифрового передавання. Вони мають швидкість передавання не більше 80 Мбіт/с, загасання сигналів на частоті 10 МГц - 4 Дб на 100 км. Решта параметрів збігається з аналогічними в широкосмугових кабелях.

Сфера застосування коаксіальних кабелів у КМ невинно звужується. У сфері магістральних сполучень їх витіснили волоконно-оптичні кабелі, які мають більшу смугу перепускання, менші втрати сигналу, а у локальних підсистемах - дешевша та простіша у прокладанні й експлуатації скручена пара. Водночас широкосмугові коаксіальні кабелі мають ширшу смугу перепускання, ніж скручена пара дротів, вони краще придатні для передавання широкосмугового відеосигналу. Коаксіальні кабелі широко застосовують оператори кабельного телебачення.

2.2.2 Скручена пара дротів

Скручена пара дротів (twisted pair) – це найпоширеніше фізичне середовище передавання для локальних мереж.

Типи скручених пар

У порівнянні з коаксіальним кабелем, стійкість до завад у скрученій парі дротів нижча. Час поширення сигналу 8-12 нс/м. Загасання сигналу -28 дБ на 100 м при частоті 10 МГц, що теж більше, ніж у коаксіальному кабелі. Канал, що використовує даний тип кабелю, найдешевший для прокладання.

Розрізняють декілька типів скручених пар (рис. 2.3):

- **UTP** (Unshielded Twisted Pair) – незахищена скручена пара;
- **FTP** (Foiled Twisted Pair) – фольгована скручена пара;
- **STP** (Shielded Twisted Pair) – екранована скручена пара.

Скручена пара UTP – це вісім мідних дротів, скручені попарно в спільній ізоляції. Вона є найпоширенішою та найдешевшою скрученою парою, проте в разі її експлуатації виникають проблеми з електромагнітною сумісністю. У FTP та STP кабелях пари дротів мають спільний екран для захисту від електромагнітного випромінювання (ЕМВ). У STP, окрім того, кожна пара дротів має окремий екран. Скручені пари STP та FTP мають ширший частотний діапазон передавання, менше електромагнітне випромінювання порівняно з UTP, однак вони дорожчі та складніші у прокладанні і монтажі.

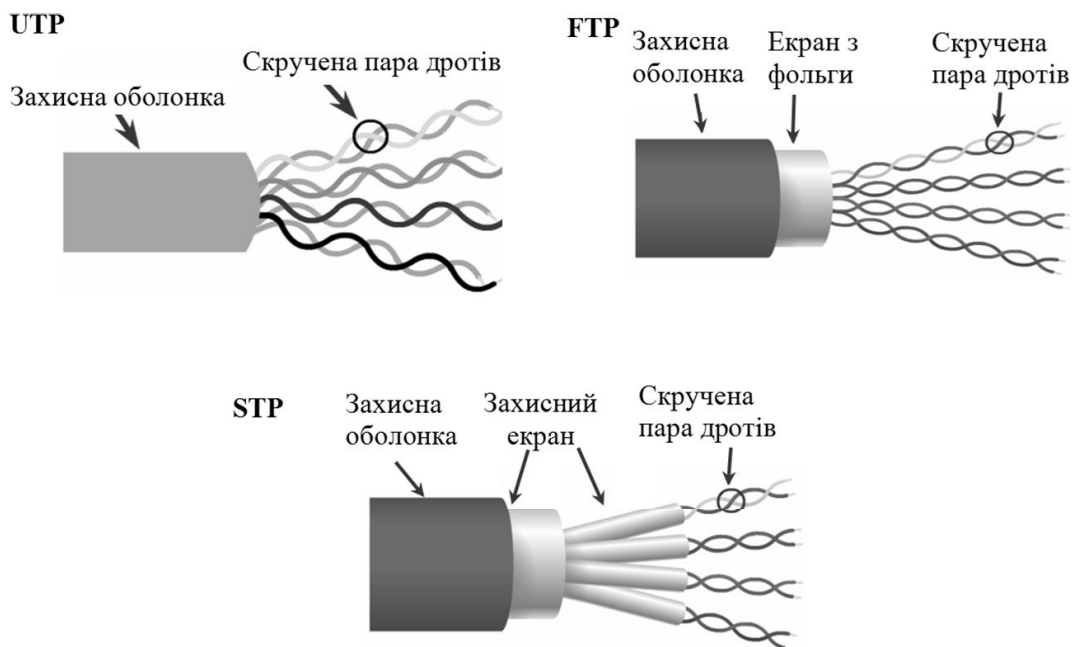


Рис. 2.3. Різновиди скрученої пари

Сертифікація скрученої пари

Стандартизацією кабелів скрученої пари займаються **IEEE, EIA/TIA**, а сертифікацією – незалежні лабораторії, зокрема, в США – фірма **UL** (Underwriter Laboratories – Лабораторії сертифікації). Кабелі сертифікують щодо електричної безпеки (відповідно до вимог стандартів National Electric Code (**NEC**)) та за технічними характеристиками (відповідно до вимог EIA/TIA). Тільки після сертифікації фірма-виробник кабелю може поставити на ньому знак **UL**. З метою дотримання якості продукції **UL** проводить інспекції виробництва, де, крім готової продукції, контролює також окремі технологічні процеси. У Європі діють аналогічні організації. На продукції, що відповідає європейським стандартам, ставлять позначку **CE** або відповідної лабораторії сертифікації. За технічними параметрами кабелі UTP поділяють на рівні, або категорії. Розрізняють сім категорій кабелю (CAT1 - CAT7) (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Категорії та класи кабелів

Частота, МГц	Швидкість передавання, Мбіт/с	Категорія, клас	Використання
< 1	до 20 Кбіт/с	1	Передавання даних та мовлення
1	1	2	ISDN
16	16	3	LAN
20	20	4	LAN
100	100	5	LAN
100	1000	5+	Gigabit Ethernet
250		6	
600		7	

Категорії скрученої пари визначені відповідними стандартами. Головні стандарти кабельних підсистем сьогодні такі:

- ISO/IEC 11801 – міжнародний стандарт;
- ANSI/TIA/EIA-568 – американський стандарт, найстаріший серед цієї групи;
- EN 50173 – європейський стандарт, прийнятий у 1995 р. країнами ЄС.

Особливість категорії 5+ порівняно з п'ятою та, що її нормують за більшим перебіком характеристик. Зокрема, Gigabit Ethernet використовує смугу в 70 МГц зі смуги у 100 МГц, яку має п'ята категорія.

Категорію кабелю визначають за його параметрами. Параметри кожної категорії перелічені у відповідних стандартах. Крім загальних, скручена пара має і деякі специфічні параметри. Розглянемо їх детальніше:

- загасання сигналу – співвідношення сигналу на кінці лінії до сигналу на її початку (у децибелах);
- характеристичний імпеданс – опір змінному струму на певній частоті. Такий опір має бути постійним для різних ділянок лінії, враховуючи з'єднувачі, перехідники тощо.
- зворотні втрати – відношення амплітуди переданого сигналу до амплітуди відбитого;

- NEXT (Near End Crosstalk) – перехресні завади на ближньому кінці - характеризує завади у сусідніх дротах у разі передавання даних парою дротів у різних напрямках;
- PS-NEXT (PowerSum NEXT) – сумарна перехресна завада;
- FEXT (Far End Crosstalk) – рівень перехресних завад на сусідніх дротах у разі однонапрявленого передавання. Вимірюють з обох кінців лінії;
- ELFEXT (Equal Level Far End Crosstalk) – співвідношення між згасанням до FEXT;
- PS-FEXT (PowerSum Crosstalk) – сумарна перехресна завада у разі однонапрявлених передавань;
- ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio) – співвідношення згасання до NEXT.

Визначення кожного параметра, методика їхнього вимірювання описані у стандартах та технічних бюлетенях. Наприклад, для мережі Fast Ethernet нормовано NEXT та ACR; для мережі Gigabit Ethernet, де передавання відбувається кількома дротами одночасно, – ELFEXT, PS-FEXT. Для мереж, у яких передавання відбувається паралельно кількома дротами, має значення параметр різниці поширення сигналу у сусідніх дротах.

Захист скрученої пари від електромагнітного випромінювання

Кабельні системи комп'ютерних мереж працюють у різних електромагнітних середовищах. Через свою значну довжину вони випромінюють електромагнітний сигнал у довкілля та приймають такі сигнали. Джерела ЕМВ можуть бути як природними (блискавка, космічна радіація), так і (переважно) штучними (електродвигуни, мобільні телефони, лінії електропередач, електричні магістралі, радіорелейні лінії, автомобільні двигуни та ін.).

Електромагнітне випромінювання, створюючи завади та спотворюючи сигнал у середовищі передавання, призводить до зменшення швидкості передавання, знижує інші кількісні та якісні параметри передавання. Передусім це стосується найпоширенішого сьогодні середовища передавання даних у локальних мережах – неекранованої скрученої пари UTP. Теоретично значення ЕМВ має зменшуватися внаслідок того, що сигнали у кожному дроті пари мають протилежну полярність і компенсують випромінювання один одного. Ступінь компенсації називають збалансованістю. Однак під час експлуатації мереж виявилось, що будь-які зміни мережі чи близькість металевого об'єкта можуть порушити такий баланс. Крім того, збалансованість залежить ще й від довжини кабелю. Отже, ступінь ЕМВ для UTP передбачити практично неможливо.

Комісія європейської спільноти (Commission of European Communities, СЕС) розробила єдиний європейський стандарт для електричного обладнання, якому мають відповідати національні стандарти з ЕМВ. Стандарт поширюється на всі мережі, встановлені після 1 січня 1996 року. Згідно з цим стандартом мережеве обладнання в промислових умовах повинно мати випромінювання до 40 дБ на відстані 10 м, для комерційних та непромислових умов експлуатації – до 30 дБ. Продукція, яка пройшла тестування на відповідність вимогам СЕС, має позначку СЕ і допущена до викорис-

тання та продажу в Європі. Діяльність мереж, які не відповідають стандарту з ЕМВ, може бути припинена.

Параметри ЕМВ регламентовані такими стандартами:

- 89.336.ЕС. Вимоги до країн-членів ЄС щодо електромагнітної сумісності (1/96);
- EN55022. Обмеження та методи вимірювань радіовипромінювання обладнання для передавання інформації;
- EN50081-1 EMC. Стандарт, що регламентує допустимі значення випромінювання;
- EN50082-1 EMC. Стандарт, що регламентує допустимі значення електромагнітної невразливості;
- prEN55024-4. Обмеження напруги у кабелях передавання даних.

Сьогодні затверджено стандарти ЕМВ для активного обладнання комп'ютерних мереж. Стандарти для пасивного обладнання ще чекають на затвердження.

Для захисту середовища від ЕМВ у випадку скрученої пари використовують:

- збалансоване передавання (диференційний режим) та скручування дротів у пари;
- завадостійкі коди;
- екранування;
- заземлення.

Як зазначено вище, під час передавання у скрученій парі спостерігали взаємну компенсацію електромагнітних полів, що їх генерує сигнал у різних провідниках. Скрученість провідників забезпечує додаткову компенсацію полів та захист від наведень. Чим менший крок звивання, тим більше точок перегину і тим краща компенсація та захист.

У скручених парах CAT3, на 30,48 см довжини припадає 3-4 оберти, тому стійкість їх низька. У кабелях, придатних для передавання даних (CAT5), 3-4 оберти припадає на кожні 2,5 см, тому їх стійкість значно вища.

Встановлено, що неекрановані скручені пари добре працюють тільки з сигналом, що має частоту до 100 МГц. Якщо збільшити частоту, то умови балансу порушуються. Спостерігають посилення випромінювання внаслідок відбивання від точок звивання, антенний ефект, який залежить від індуктивного опору, і ЕМВ виходить за межі, визначені стандартом. Тому для забезпечення вищих робочих частот потрібно екранувати скручену пару алюмінієвою фольгою, використовувати екрановану або фольговану скручені пари (STP та FTP). Однак вони дорожчі, складніші у прокладанні та потребують ретельного вирішення проблем заземлення й екранування.

Прокладка кабелів скрученої пари дротів

Кабелі UTP і STP зазвичай закінчуються роз'ємом RJ-45 (рис. 2.4). Якщо дивитися на вставний роз'єм спереду, направивши металеві контакти вгору, контакт номер 1 буде ліворуч, а номер 8 - праворуч.



Рис. 2.4. Роз'єм RJ-45

Організація TIA/EIA визначила дві різні схеми розташування дротів на кінці кабелю, які називаються T568A і T568B. На рис. 2.5 та в таблицях 2.2 і 2.3 зображено кодування кабелів і пар для різних схем з'єднань.

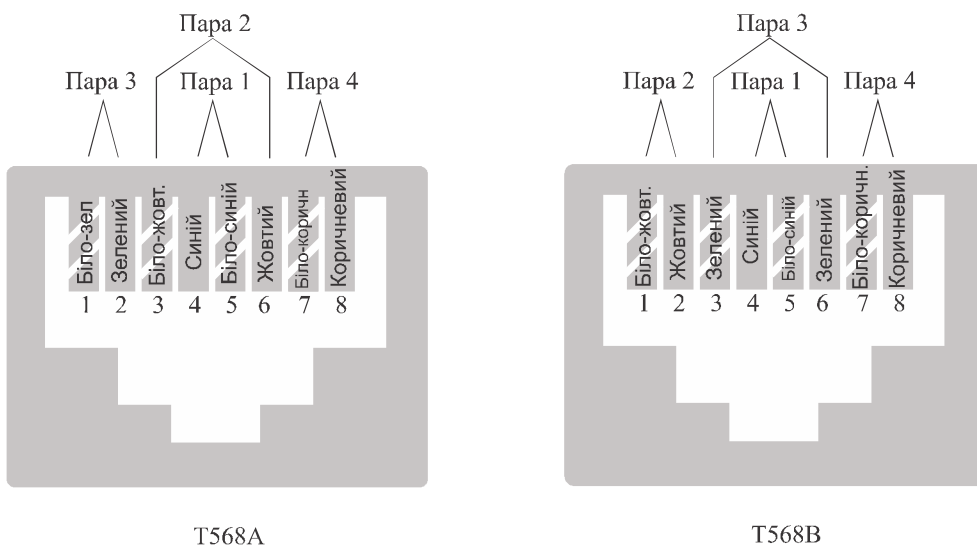


Рис. 2.5. Колірне кодування кабелів і пар для різних схем з'єднань

При монтажі мережі необхідно вибрати і дотримуватися однієї з двох схем з'єднань (T568A або T568B). Важливо, щоб всі підключення в рамках проекту виконувалися за однією і тією ж схемою.

За схемами T568A і T568B можна створити два типи кабелів: прямий (**straight-through cable**) та перехресний (**crossover cable**). У прямому кабелі дріт прикріплений до одних і тих же контактів на обох кінцях. Іншими словами, якщо на одному кінці кабелю знаходиться роз'єм змонтований по схемі T568A, то і на іншому буде той же роз'єм. Це означає, що порядок підключення проводів кожного кольору з обох сторін збігається.

Таблиця 2.2.

T568A стандарт

Роз'єм	Пара	Функція	Колір проводу
1	3	Передавання	Біло-зелений
2	3	Передавання	Зелений
3	2	Приймання	Біло-оранжевий
4	1	Не використовується	Синій
5	1	Не використовується	Біло-синій
6	2	Приймання	Оранжевий
7	4	Не використовується	Біло-коричневий
8	4	Не використовується	Коричневий

Таблиця 2.3.

T568B стандарт

Роз'єм	Пара	Функція	Колір проводу
1	2	Передавання	Біло-оранжевий
2	2	Передавання	Оранжевий
3	3	Приймання	Біло-зелений
4	1	Не використовується	Синій
5	1	Не використовується	Біло-синій
6	3	Приймання	Зелений
7	4	Не використовується	Біло-коричневий
8	4	Не використовується	Коричневий

У перехресному кабелі використовують обидві схеми монтажу. На одному кінці кабелю знаходиться роз'єм T568A, на іншому – роз'єм T568B.

У прямого і перехресного кабелю є своє призначення. Вибір кабелю для з'єднання двох пристроїв залежить від того, які пари дротів використовують для передавання і прийому даних.

Два безпосередньо підключених пристрої, що використовують для передавання і прийому різні контакти, називають різнорідними. Для обміну даними між ними потрібен прямий кабель. Безпосередньо підключені пристрої, що використовують для передавання і прийому одні й ті ж контакти, називаються однорідними. Для обміну даними тут потрібен перехресний кабель.

На рис. 2.6 показана схема з'єднання різнорідних пристроїв – комп'ютера та комутатора. У роз'ємі RJ-45 комп'ютера контакти 1 і 2 працюють на передавання даних, а контакти 3 та 6 – на прийом. У роз'ємі комутатора контакти 1 і 2 працюють на прийом, а контакти 3 і 6 – на передавання. Контакти для передавання комп'ютера відповідають приймаючим контактам комутатора. Отже, необхідний прямий кабель.



Рис. 2.6. Схема з'єднання різнорідних пристроїв

Ось ще кілька прикладів різнорідних пристроїв, для яких необхідний прямий кабель:

- порт комутатора і порт маршрутизатора;
- порт концентратора і ПК.

На рис. 2.7 показана схема з'єднання однорідних пристроїв – двох комп'ютерів.

Якщо комп'ютер безпосередньо підключають до іншого комп'ютера, контакти 1 і 2 обох пристроїв є передавальними, а контакти 3 і 6 – приймаючими. Передавальний контакт не може приймати дані. В цьому випадку потрібно використати перехресний кабель.

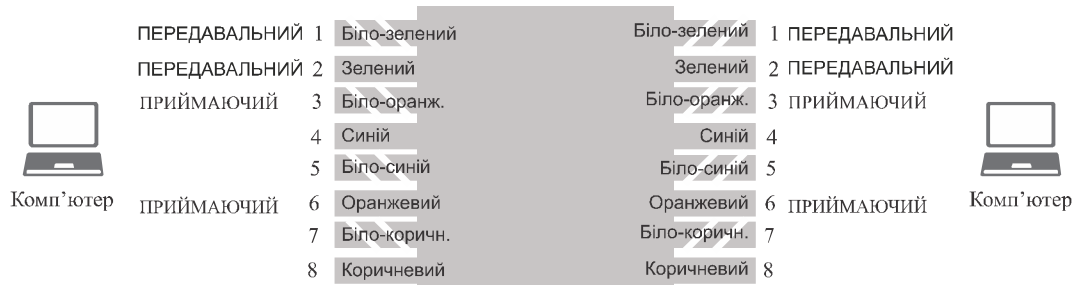


Рис. 2.7. Схема з'єднання однорідних пристроїв

Ось ще кілька прикладів однорідних пристроїв, для яких необхідний перехресний кабель:

- порт комутатора і порт комутатора;
- порт комутатора і порт концентратора;
- порт концентратора і порт концентратора;
- порт маршрутизатора і порт маршрутизатора;
- комп'ютер і порт маршрутизатора;

При використанні невідповідного кабелю зв'язку між пристроями не буде. Деякі пристрої автоматично визначають передавальні та приймаючі контакти і відповідно змінюють внутрішні з'єднання.

Тестування кабельної системи на базі скрученої пари

Тестування кабельної системи виконують з використанням спеціальних кабельних тестерів та кабельних сертифікаторів (рис. 2.8). Кабельні тестери використовують для виявлення помилок монтажу, наприклад, помилкового під'єднання провідника до не-

відповідного контакту, короткого замикання або обриву кабелю. Кабельний сертифікатор визначає робочі технічні характеристики кабелю, а потім їх реєструє у вигляді графіків для інформації користувача.



Рис. 2.8. Кабельний тестер (а) та кабельний сертифікатор (б)

Провідні фірми, що випускають кабельні тестери та сертифікатори: Fluke, HP, Datascom Textron, Microtest. Базові параметри кабельного з'єднання нормовані у стандартах (наприклад, EIA/TIA-568-AB, або ISO/EIC 11801). Методики вимірювання та рекомендовані значення параметрів запропоновані в інших документах, таких як технічні бюлетені. Наприклад, бюлетень «Специфікації передавальних характеристик кабельних систем на базі неекранованої скрученої пари в польових випробуваннях», розроблений TIA/EIA, - це головний нормативний документ з тестування кабельних систем п'ятої категорії.

2.2.3 Волоконно-оптичний кабель

Волоконно-оптичний кабель (optical fiber) (ВОК) складається з тонких (5-60 мкм) скляних волокон, по яких розповсюджуються світлові сигнали. Будову ВОК показано на рис. 2.9. У центрі розташована серцевина – світлопередаюче середовище, що виготовлене з прозорого матеріалу. Матеріали серцевини у порядку зниження якості: одномодове кварцове скло, градієнтне скло, силікатне скло з пластиковим покриттям, пластик.

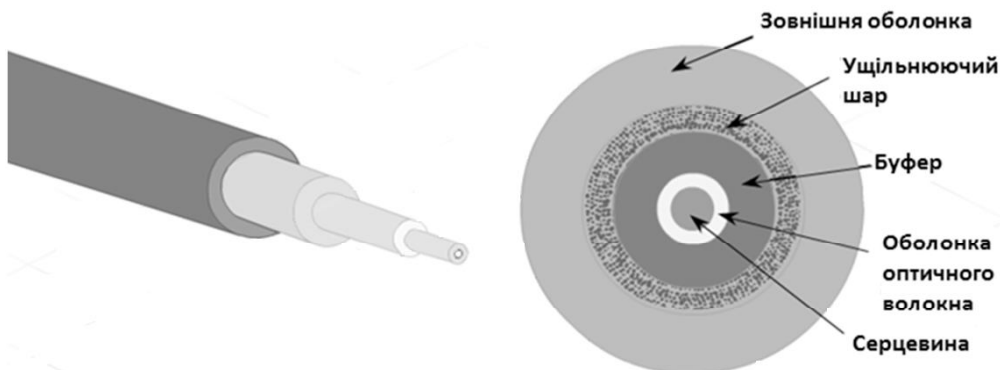


Рис. 2.9. Будова волоконно-оптичного кабелю

Навколо серцевини розміщена оболонка, що має менший коефіцієнт заломлення, завдяки чому промінь світла відбивається в серцевину ВОК. Це запобігає розсіюванню світла при проходженні його по кабелю. Оболонку ВОК виготовляють з плавною або ступінчастою зміною коефіцієнта заломлення. Ступінчасті кабелі дешевші та простіші. У них більше послаблюється сигнал. У градієнтних кабелях значно менше послаблення сигналу, що дає змогу збільшити швидкість і відстань передавання. Оболонка має зовнішнє захисне покриття (буфер, ущільнюючий шар та зовнішня оболонка) для захисту кабелю та надання йому механічної стійкості. Буфер використовують для захисту серцевини та оболонки ВОК від пошкоджень. Ущільнюючий шар оточує буфер та захищає ВОК від розтягування при його монтажі та експлуатації. У якості матеріалу ущільнюючого шару можуть використовувати кевларові волокна. Зовнішня оболонка призначена для захисту ВОК від зношування, розчинників та інших агресивних речовин. Склад зовнішньої оболонки залежить від середовища де, можливе застосування кабелю.

У даний час широко розповсюджені пластикові оптичні волокна. Серцевину такого волокна виготовляють з поліметилметакрилату (РММА), а оболонку з фторованих РММА (фторполімерів). ВОК позначають як відношення діаметрів серцевини та оболонки (у мкм), наприклад, 9/125, 50/125, 62.5/125.

Розрізняють два типи ВОК: одно- та багатомодові. Поняття мода описує режим розповсюдження світлових променів у внутрішній серцевині кабелю.

В одномодових волокнах серцевина має діаметр 5-10 мкм. При цьому практично всі промені світла розповсюджуються вздовж оптичної осі світловоду, не відбиваючись від зовнішньої оболонки (рис. 2.10). Такий кабель забезпечує найменше загасання сигналу (0,7-2 дБ/км), у ньому відсутня міжмодова дисперсія. Для генерування світла використовують дорогі напівпровідникові лазери. Передавання інформації відбувається на довжинах хвиль 1.300, 1.550 нм. Смуга пропускання – 2 ГГц. Одномодові ВОК дорожчі від багатомодових, однак вони дозволяють передавати дані з надвисокими швидкостями (десятки ТБіт/с) на відстані до декількох десятків кілометрів.



Рис. 2.10. Розповсюдження світла в одномодовому ВОК

У багатомодових волокнах діаметр серцевини близько 50 та 62,5 мкм. В таких ВОК відбувається одночасне передавання декількох мод (рис. 2.11). Поширення кількох променів може призвести до спотворення сигналу внаслідок інтерференції.

Для генерування світла використовують світлодіоди. Передавання інформації відбувається на хвилях 1.3 та 0.85 мкм. Смуга пропускання - 800-900 МГц, вона за-

лежить від довжини лінії. Загасання сигналу 0.5-7.0 дБ/км. Багатомодові ВОК дешевші, однак мають меншу швидкість (до 10 Гбіт/с) та відстань (до 2 км) передавання.

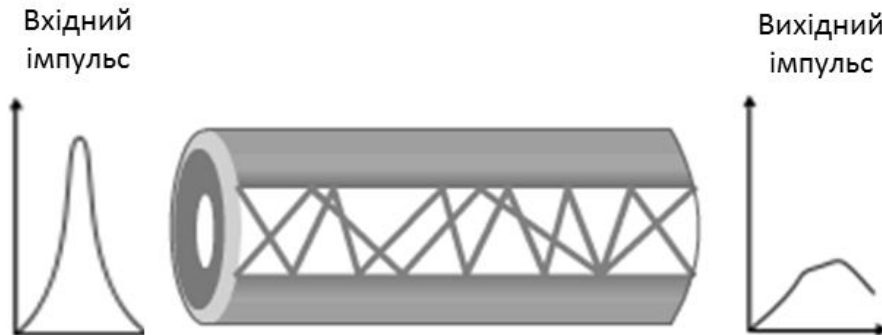


Рис. 2.11. Розповсюдження світла в багатомодовому ВОК

В даний час практично всі вироблені волокна є одномодовими. У ВОК, в порівнянні з іншими кабелями, значно менше загасання сигналів, вища швидкість передавання, вони нечутливі до електромагнітних завад. Водночас вони мають малу механічну стійкість, їх не можна гнути, терти, пересувати, вони не витримують вібрації. Якщо ж ВОК розірвано, то його можна заварити (що потребує складного та дорогого обладнання) або з'єднати механічно. ВОК краще захищені від прослуховування, оскільки випромінювання в навколишнє середовище практично відсутнє. Такі кабелі відповідають найсуворішим екологічним вимогам.

Сигнал у ВОК поширюється завдяки збільшенню та зменшенню інтенсивності світла. Передавання напівдуплексне і більшість волоконно-оптичних кабелів, що використовують в комп'ютерних мережах, містить два волокна – для передавання інформації в обох напрямках.

Розроблена також технологія, яка дозволяє забезпечити дуплексне передавання, використовуючи одне оптичне волокно ВОК. Ця технологія базується на використанні методу мультиплексування по довжині хвилі. В ній, для організації дуплексного режиму роботи застосовується передача даних в одному напрямку за допомогою світлового променя однієї довжини хвилі, а в зворотньому – іншої довжини хвилі. Спочатку в кожному напрямку використовували по одному каналу, що забезпечувало лише дуплексний режим роботи. Пізніше почали застосовувати 2 або 4 канали, і така технологія отримала назву Wavelength Division Multiplexing (мультиплексування по довжині хвилі, **WDM**). Подальше підвищення кількості каналів до 16, 32 та 40 призвело до зміни назви технології на Dense WDM (щільне **DWDM**).

Для ВОК використовують різного типу роз'єднувачі (рис. 2.12). Роз'єднувачі для ВОК допускають невелику кількість вмикань/вимикань (до 1000). Сьогодні волоконно-оптичні кабелі застосовують для побудови магістралей глобальних та локальних інформаційних мереж, міжповерхових з'єднань, в умовах сильних електромагнітних завад, у разі потреби забезпечити гальванічну розв'язку декількох мереж.

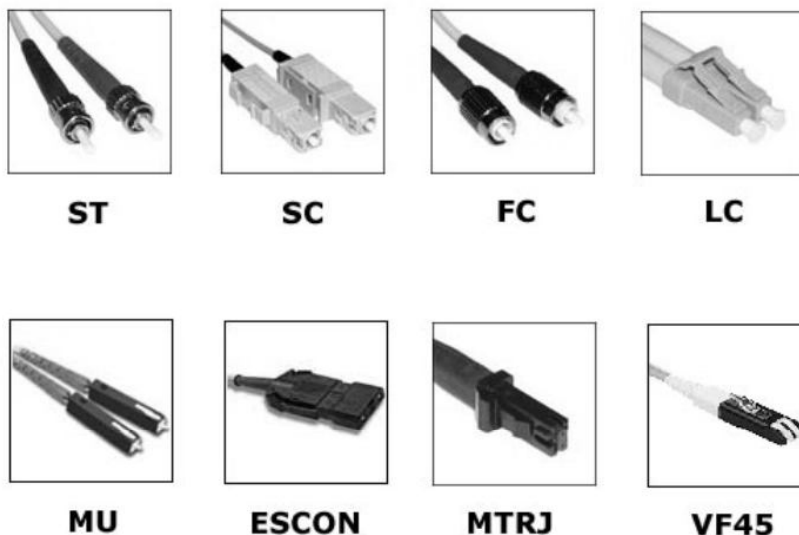


Рис. 2.12. Типи роз'єднувачів для ВОК

2.2.4. Ефірні середовища

Бездротова лінія зв'язку

Передавання в ефірних середовищах відбувається без використання кабелів. В бездротовому зв'язку використовують широкий діапазон електромагнітного спектру, від радіохвиль низької частоти в кілька кілогерц до видимого світла, частота якого становить близько 8×10^{14} Гц.

Бездротова лінія зв'язку будується за досить простими схемами (рис. 2.13).

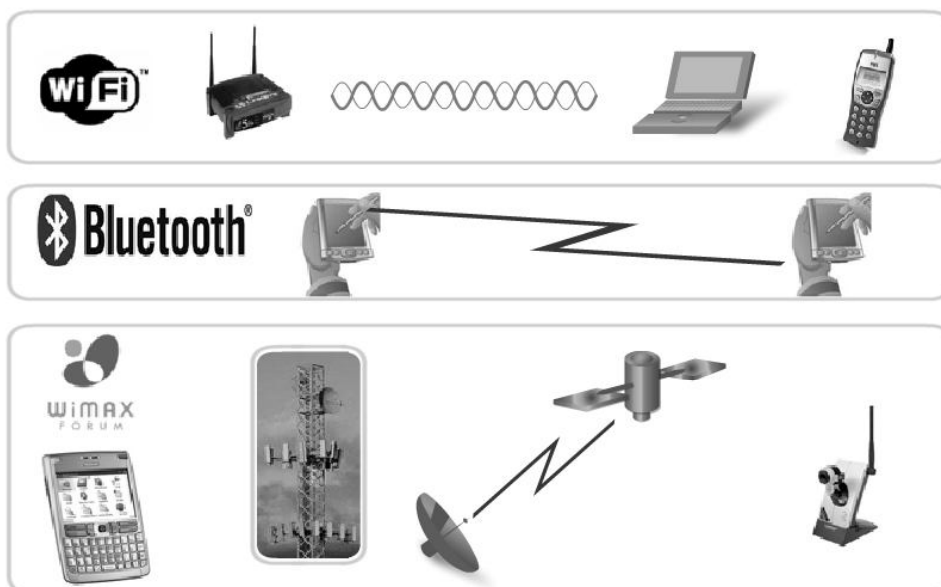


Рис. 2.13. Приклади реалізації бездротових мереж

Кожен вузол оснащується антеною, яка одночасно є передавачем і приймачем електромагнітних хвиль. Електромагнітні хвилі поширюються в атмосфері або вакуумі зі швидкістю 3×10^8 м/с у всіх напрямках або ж у межах певного сектора. Направленість або ненаправленість розповсюдження залежить від типу антени. Наприклад, параболічна антена, є направленою. Інший тип антен – ізотропна антена, що являє собою вертикальний дріт довжиною у чверть хвилі випромінювання. Ізотропні антени є ненаправленими, вони широко використовують в переносних портативних пристроях. Оскільки при ненаправленому розповсюдженні електромагнітні хвилі заповнюють весь простір (в межах певного радіусу, що визначається загасанням потужності сигналу), то цей простір може служити середовищем передавання.

Діапазони електромагнітного спектру

Характеристики бездротової лінії зв'язку – відстань між вузлами, охоплювана територія, швидкість передавання інформації і т. п. – багато в чому залежать від частоти використовуваного електромагнітного спектру (частота F і довжина хвилі λ пов'язані співвідношенням: $c = F \times \lambda$, де c – швидкість світла, 3×10^8 м/с).

На рис. 2.14 показані діапазони електромагнітного спектру.

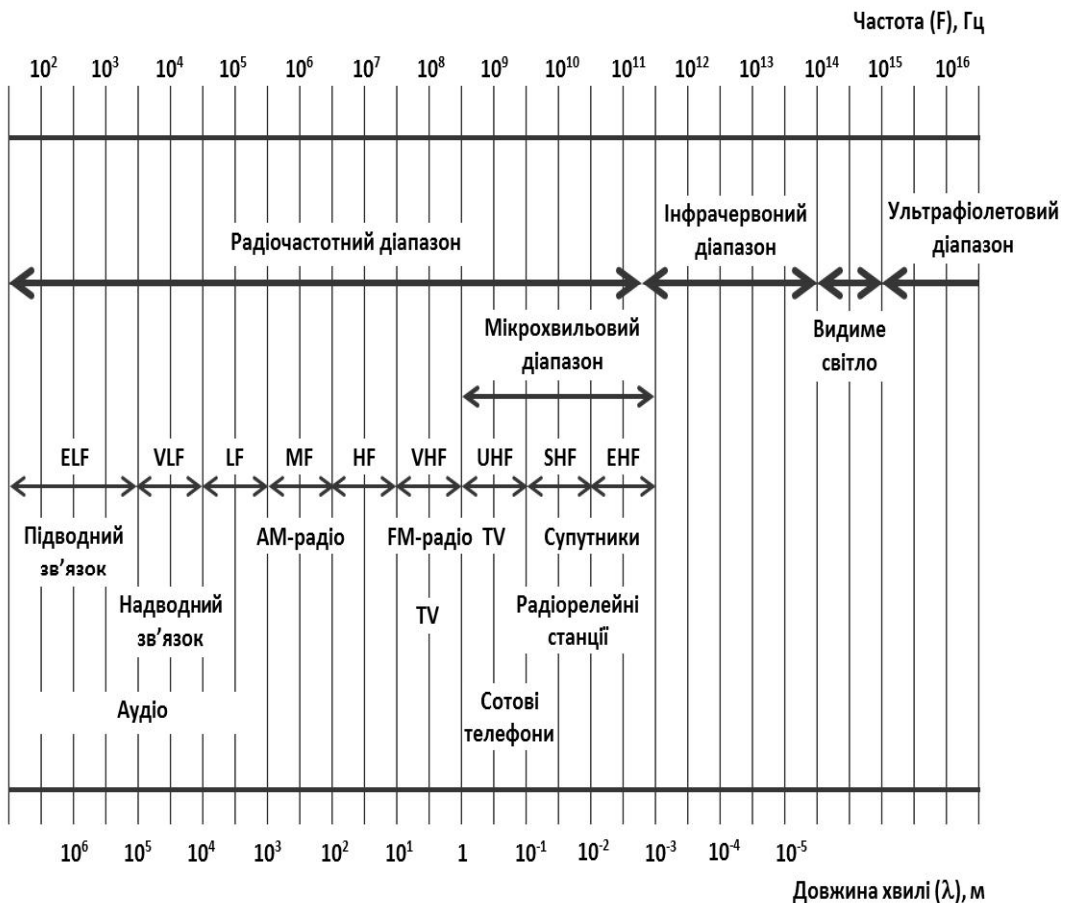


Рис. 2.14. Діапазони електромагнітного спектру

Діапазони електромагнітного спектру і відповідні їм бездротові системи передавання інформації поділяються на чотири групи.

1. Діапазон до 300 ГГц має загальну назву – **радіочастотний діапазон (Radio Frequency, RF)**.

Союз ІТУ розділив його на кілька піддіапазонів:

- **ELF** (Extremely Low Frequency) – діапазон наднизьких частот (0,3 КГц – 3 КГц);
- **VLF** (Very Low Frequency) – діапазон дуже низьких частот (3 КГц – 30 КГц);
- **LF** (Low Frequency) – діапазон низьких частот (30 КГц – 300 КГц);
- **MF** (Medium Frequency) – діапазон середніх частот (300 КГц – 3 МГц);
- **HF** (High Frequency) – діапазон високих частот (3 МГц – 30 МГц);
- **VHF** (Very High Frequency) – діапазон дуже високих частот (30 МГц – 300 МГц);
- **UHF** (Ultra High Frequency) – діапазон ультрависоких частот (300 МГц – 3 ГГц);
- **SHF** (Super High Frequency) – діапазон надвисоких частот (3 ГГц – 30 ГГц);
- **EHF** (Extra High Frequency) – діапазон вкрай високих частот (30 ГГц – 300 ГГц);

Діапазони коротких, середніх і довгих частот, які називають також діапазонами **амплітудної модуляції (Amplitude Modulation, AM)** по типу використовуваного в них методу модуляції сигналу, забезпечують невелику швидкість передавання даних на далекі відстані. Більшу швидкість передавання забезпечують канали, що працюють у діапазоні ультракоротких хвиль (дуже високих частот, VHF), для яких характерна **частотна модуляція (Frequency Modulation, FM)**.

Низькошвидкісні системи AM- та FM-діапазонів, призначені для передавання даних з швидкостями від декількох десятків до сотень кілобіт за секунду. Прикладом можуть служити радіомодеми, які з'єднують два сегменти локальної мережі на швидкостях 2400, 9600 або 19200 Кбіт/с.

Окремі ділянки радіочастотного діапазону виділені для використання пристроями, що не вимагають ліцензії наглядових органів: бездротовими LAN, бездротовими телефонами і периферійними комп'ютерними пристроями. Ці пристрої працюють в діапазонах частот 900 МГц, 2,4 ГГц і 5 ГГц. Вказані діапазони частот також називають **ISM-діапазонами** (Industrial, Scientific, Medical – промисловість, наука і медицина). На їх використання не накладено суттєвих обмежень.

Діапазон 900 МГц є найбільш «населеним», оскільки низькочастотна техніка є найпоширенішою. До числа технологій, які використовують смуги частот 2,4 ГГц відносять сучасні технології **бездротових LAN (Wireless LAN, WLAN)**, наприклад, технології IEEE 802.11 і Bluetooth. Сьогодні активно освоюється діапазон 5 ГГц, який дозволяє забезпечувати більш високі швидкості передавання даних.

2. Декілька діапазонів надвисоких частот (НВЧ) радіочастотного діапазону від 300 МГц до 300 ГГц мають спільну назву – **мікрохвильовий діапазон (microwave)**.

Мікрохвильові системи охоплюють найширший клас систем, що об'єднує радіорелейні лінії зв'язку, супутникові канали, бездротові локальні мережі (WLAN) та системи фіксованого бездротового доступу, звані також **системами бездротових абонентських закінчень (Wireless Local Loop, WLL)**.

3. Вище мікрохвильових діапазонів розташовується **інфрачервоний діапазон (Infrared, IR)**.

Інфрачервоний (ІЧ) діапазон також широко використовують для бездротового передавання інформації. Оскільки, інфрачервоне випромінювання не може проникати через стіни, то системи на базі інфрачервоних хвиль служать для побудови невеликих сегментів локальних мереж в межах одного приміщення.

Для обміну інформацією між пристроями за допомогою інфрачервоного випромінювання використовують спеціалізований комунікаційний порт IrDA (Infrared Direct Access). Підключення по інфрачервоному каналу може бути тільки двоточковим.

Інфрачервоне випромінювання використовують пристроями дистанційного керування, бездротовими мишами і клавіатурами. Воно забезпечує зв'язок в межах малої віддалі і в межах прямої видимості. При цьому ІЧ-сигнали можуть відбиватися від поверхні об'єктів, що збільшує радіус дії. Для забезпечення більшої дальності зв'язку потрібні більш низькі частоти електромагнітного випромінювання.

4. В останні роки **видиме світло (Visible Light)** теж застосовують для передавання інформації (за допомогою лазерів). Системи видимого світла використовують як високошвидкісну альтернативу мікрохвильовим двоточковим каналам для організації доступу на невеликих відстанях.

Поширення електромагнітних хвиль

Охарактеризовано загальні закономірності поширення електромагнітних хвиль, що пов'язані з частотою випромінювання:

- Чим вища несуча частота, тим можлива більша швидкість передачі інформації.
- Чим вища несуча частота, тим гірше проникає сигнал через перешкоди.

Низькочастотні радіохвилі АМ-діапазонів легко проникають у будинки, дозволяючи використовувати лише кімнатну антену. Більш високочастотний сигнал телебачення вимагає, як правило, зовнішньої антени. І нарешті, інфрачервоне випромінювання і видиме світло не проходять через стіни, обмежуючи передачу **прямою видимістю (Line Of Sight, LOS)**.

- Чим вища несуча частота, тим швидше спостерігають загасання енергії сигналу, і отже, менша відстань передавання даних.

При розповсюдженні електромагнітних хвиль у ефірному середовищі згасання потужності сигналу пропорційно добутку квадрата відстані від джерела сигналу на квадрат частоти сигналу.

Низькі частоти (до 2 МГц) поширюються уздовж поверхні землі. Саме тому сигнали АМ-радіо можуть передавати на відстані у сотні кілометрів.

Сигнали частот від 2 до 30 МГц відбиваються іоносферою землі, тому вони можуть поширюватися навіть на більш значні відстані – кілька тисяч кілометрів (при достатній потужності передавача).

Сигнали в діапазоні вище 30 МГц поширюються тільки по прямій, тобто є сигналами прямої видимості. При частоті понад 4 ГГц вони починають поглинатися водою, а це означає, що не тільки дощ, але і туман може стати причиною різкого погіршення якості передавання мікрохвильових систем.

Потреба у швидкісному передаванні інформації є переважаючою, тому всі сучасні системи бездротового передавання інформації працюють у високочастотних діапазонах, починаючи з 800 МГц, незважаючи на переваги, якими володіють низькочастотні діапазони завдяки поширенню сигналу уздовж поверхні землі або відбиття від іоносфери. Для успішного використання мікрохвильового діапазону необхідно також враховувати додаткові проблеми, пов'язані з поведінкою сигналів, що поширюються в режимі прямої видимості і перешкоди на їх шляху.

2.3. Пристрої спряження

Пристрій спряження виконує фізичне кодування (декодування) сигналу. При передаванні дискретних даних по каналах зв'язку застосовують два основних типи фізичного кодування: на основі синусоїдального несучого сигналу і на основі послідовності прямокутних імпульсів. Перший спосіб називають **аналоговою модуляцією**, а другий – **цифровим кодуванням**.

Дані, що мають аналогову форму (мова, відеозображення), все частіше передають по каналах зв'язку в дискретному вигляді. Процес представлення аналогової інформації в дискретній формі називається **дискретною модуляцією**.

2.3.1. Аналогова модуляція

Аналогову модуляцію застосовують для передавання дискретних даних по каналах тональної частоти, які використовують у телефонних мережах (рис. 2.15). При аналоговій модуляції інформація кодується зміною амплітуди, частоти чи фази синусоїдального сигналу несучої частоти. Пристрій, який виконує функції модуляції несучої синусоїди на передаючій стороні і демодуляції на приймальній стороні, називається модемом.

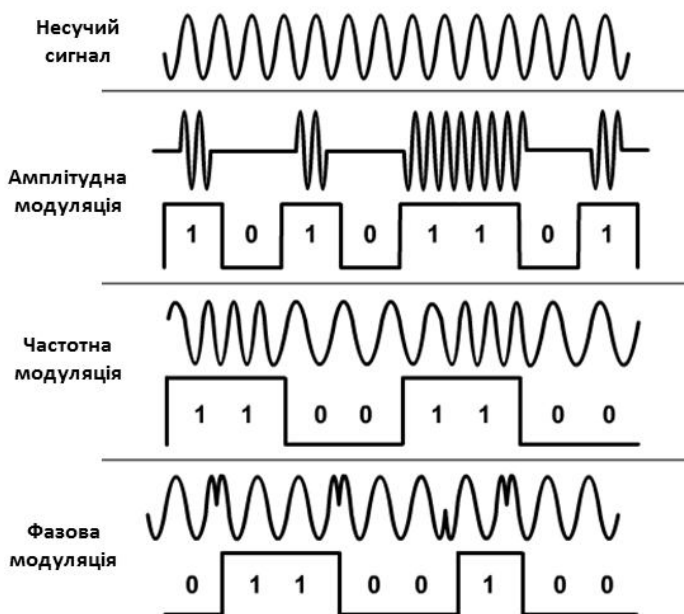


Рис. 2.15. Аналогова модуляція сигналів

При **амплітудній модуляції** для логічної одиниці вибирають один рівень амплітуди синусоїди несучої частоти, а для логічного нуля – інший. На практиці цей спосіб рідко використовують у чистому вигляді через низьку завадостійкість, але часто застосовують в поєднанні з іншим видом модуляції – фазовою модуляцією.

При **частотній модуляції** значення 0 і 1 вихідних даних передають синусоїдами з різною частотою – f_0 і f_1 . Цей спосіб модуляції застосовують в низькошвидкісних модемах, що працюють на швидкостях 300 чи 1200 біт/с.

При **фазовій модуляції** значенням даних 0 і 1 відповідають сигнали однакової частоти, але різної фази, наприклад 0 і 180° чи 0, 90, 180 і 270° .

У швидкісних модемах часто використовують комбіновані методи модуляції, як правило, амплітудна в поєднанні з фазовою.

2.3.2. Цифрове кодування

При цифровому кодуванні дискретної інформації застосовують потенціальні і імпульсні коди. У потенціальних кодах для представлення логічних одиниць і нулів використовують лише значення потенціалу сигналу. Імпульсні коди дозволяють представити двійкові дані як імпульсами визначеної полярності, так і частиною імпульсу за перепадом потенціалу визначеного напрямку.

При використанні прямокутних імпульсів для передавання дискретної інформації необхідно вибрати такий спосіб кодування, який би забезпечив виконання декількох задач:

- мав найменшу ширину спектру результуючого сигналу;
- забезпечував синхронізацію між передавачем і приймачем;
- мав здатність розпізнавати помилки;
- мав низьку вартість реалізації.

Більш вузький спектр сигналів дозволяє на одній і тій же лінії (з однією і тією ж смугою пропускання) забезпечити більшу швидкість передавання даних. Синхронізація передавача і приймача потрібна для того, щоб приймач точно знав, у який момент часу необхідно зчитувати нову інформацію з лінії зв'язку. Ця проблема в мережах вирішується складніше, ніж при обміні даними між близько розташованими пристроями, наприклад між комп'ютером і принтером. На невеликих відстанях застосовують схему з використанням окремої синхронізуючої лінії зв'язку, так що інформація знімається з лінії даних тільки в момент приходу тактового імпульсу (протоколи RS-232, RS-485). У мережах використання цієї схеми викликає труднощі через неоднорідність характеристик провідників у кабелях. На великих відстанях нерівномірність швидкості поширення сигналу може призвести до того, що тактовий імпульс прийде трохи пізніше чи раніше відповідного сигналу даних, і біт даних буде пропущений чи повторно прочитаний.

Іншою причиною, по якій у мережах відмовляються від використання синхронізуючих імпульсів, є економія провідників у дорогих кабелях. Тому в мережах застосову-

ють так звані самосинхронізуючі коди, сигнали яких несуть для передавача вказівки про те, у який момент часу потрібно здійснювати розпізнавання чергового біта.

Схеми цифрового кодування

Метод біполярного кодування з альтернативною інверсією

Однієї з модифікацій методу NRZ є метод **біполярного кодування з альтернативною інверсією (Bipolar Alternate Mark Inversion, AMI)**. У цьому методі (рис. 2.16, б) використовують три рівні потенціалу – негативний, нульовий і позитивний.

Для кодування логічного нуля використовують нульовий потенціал, а логічна одиниця кодується або позитивним потенціалом, або негативним. У даному випадку потенціал кожної нової одиниці протилежний потенціалу попередньої.

Код AMI частково розв'язує проблему відсутності самосинхронізації, властиву коду NRZ, що відбувається при передаванні довгих послідовностей одиниць. Однак, довгі послідовності нулів коду AMI перетворюють сигнал в постійний потенціал нульової амплітуди. Тому код AMI вимагає подальшого удосконалення. У коді AMI використовують не два, а три рівні сигналу на лінії. Додатковий рівень вимагає збільшення потужності передавача приблизно на 3 дБ для забезпечення тієї ж ймовірності прийому бітів на лінії, що є загальним недоліком кодів з декількома станами сигналу в порівнянні з кодами, що розрізняють тільки два стани.

Потенціальний код без повернення до нуля

На рис. 2.16, а показано метод **потенціального кодування без повернення до нуля (Non Return to Zero, NRZ)**. При передаванні послідовності одиниць сигнал не повертається до нуля протягом такту. Метод NRZ простий у реалізації, володіє гарним розпізнаванням помилок (через два різко відмінних потенціали), але не має властивості самосинхронізації. При передаванні довгої послідовності одиниць чи нулів сигнал на лінії не змінюється, тому приймач позбавлений можливості визначити по вхідному сигналу моменти часу, коли потрібно в черговий раз зчитувати дані. Навіть при наявності високоточного тактового генератора приймач може помилитися з моментом знімання даних, оскільки частоти двох генераторів ніколи не бувають цілком ідентичними. Тому при високих швидкостях обміну даними і довгими послідовностями одиниць чи нулів невелика неузгодженість тактових частот може призвести до помилки в цілий такт і, відповідно, зчитуванню некоректного значення біта. У результаті в чистому виді код NRZ у мережах не використовують. Знайшли використання різні його модифікації, у яких усувають погану самосинхронізацію коду.

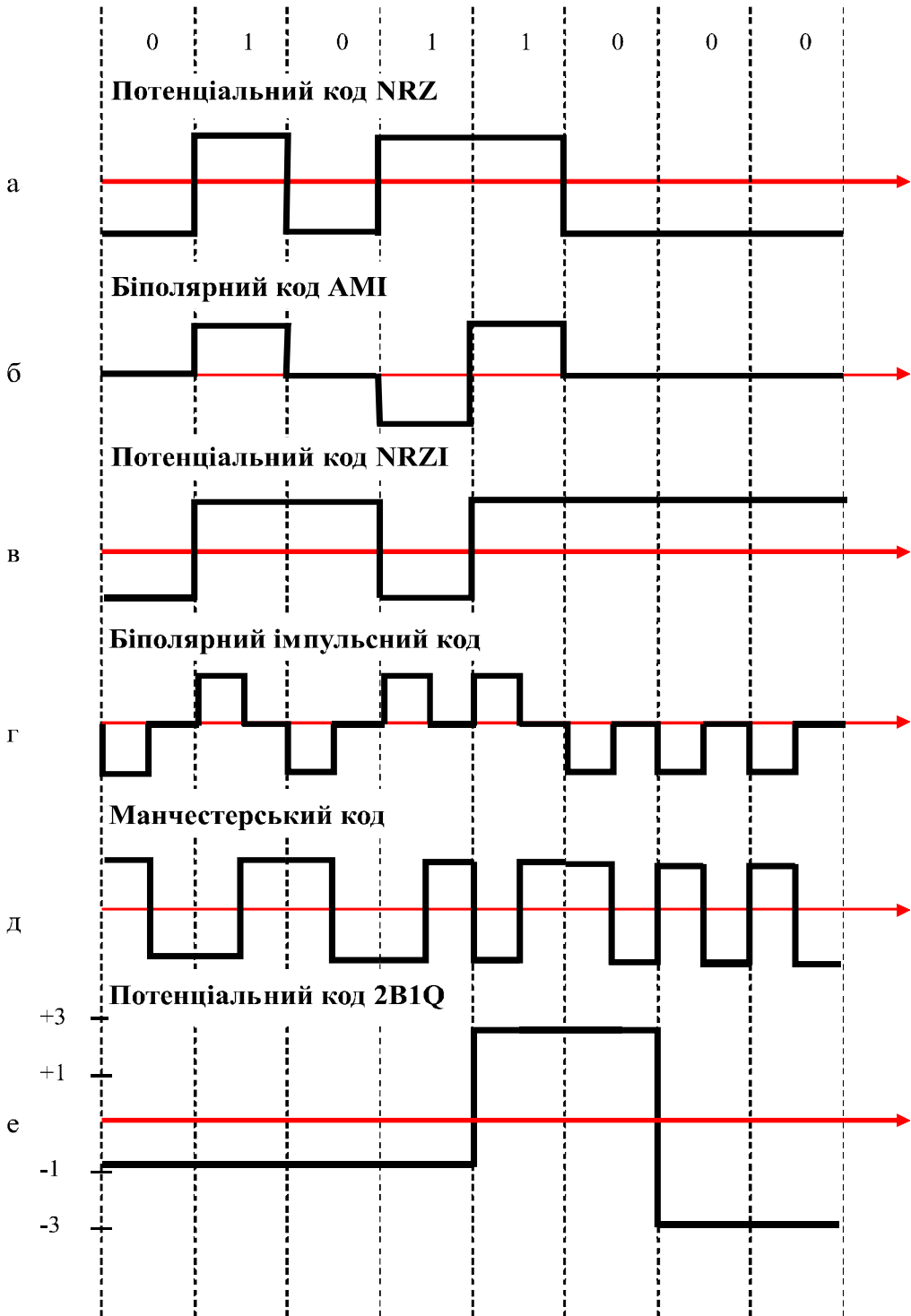


Рис. 2.16. Схеми цифрового кодування

Потенціальний код з інверсією при одиниці

Існує код, схожий на АМІ, але тільки з двома рівнями сигналу. При передаванні нуля він передає потенціал, що був встановлений у попередньому такті (тобто не змінює його), а при передаванні одиниці потенціал інвертується на протилежний (рис. 2.16, в). Цей код називається **потенціальним кодом з інверсією при одиниці (Non Return to Zero with ones Inverted, NRZI)**. Він зручний у тих випадках, коли наявність третього рівня сигналу дуже небажана, наприклад в волоконно-оптичних кабелях, де розпізнають два стани сигналу.

Біполярний імпульсний код

Крім потенціальних кодів у мережах використовують й імпульсні коди, у яких дані представлені повним імпульсом чи його частиною – фронтом. Найбільш простим випадком такого підходу є **біполярний імпульсний код**, у якому одиниця представлена імпульсом однієї полярності, а нуль – іншої (рис. 2.16, г). Кожен імпульс триває половину такту. Такий код володіє відмінними самосинхронізуючими властивостями та ширшим спектром, у порівнянні з потенціальними кодами. Через надто широкий спектр біполярний імпульсний код використовують рідко.

Манчестерський код

У локальних мережах найпоширенішим методом кодування є манчестерський код (рис. 2.16, д). Його застосовують в технологіях Ethernet і Token Ring.

У манчестерському коді для кодування одиниць і нулів використовують перепад потенціалу, тобто фронт імпульсу. При манчестерському кодуванні кожен такт поділяється на дві частини. Інформація кодується перепадами потенціалу, які відбуваються в середині кожного такту. Одиниця кодується перепадом від низького рівня сигналу до високого, а нуль – зворотним перепадом.

На початку кожного такту спостерігають службовий перепад сигналу, якщо потрібно представити кілька одиниць чи нулів підряд. Оскільки сигнал змінюється принаймні один раз за такт передавання одного біта даних, то манчестерський код володіє високими самосинхронізуючими властивостями. Смуга пропускання манчестерського коду вужча, ніж у біполярного імпульсного. Манчестерський код має ще одну перевагу перед біполярним імпульсним кодом. В останньому для передавання даних використовують три рівні сигналу, а в манчестерському – два.

Потенціальний код 2В1Q

На рис. 2.16, є показаний потенціальний код з чотирма рівнями сигналу для кодування даних. Це код 2В1Q, назва якого характеризує його суть – кожні два біти (2В) передаються за один такт сигналом, що має чотири стани (1Q). Парі бітів 00 відповідає потенціал -2,5 В; парі 01 – потенціал -0,833 В; парі 11 – потенціал +0,833 В; парі 10 – потенціал +2,5 В. Цей спосіб кодування вимагає додаткових заходів по боротьбі з довгими послідовностями однакових пар бітів. При випадковому чергуванні бітів спектр сигналу в два рази вужчий, ніж у коду NRZ. Таким чином, за допомогою коду 2В1Q можна по одній лінії передавати дані в два рази швидше, ніж за допомогою коду АМІ чи NRZI.

Логічне кодування

Логічне кодування використовують для поліпшення потенціальних кодів типу AMI, NRZI чи 2Q1B. За допомогою логічного кодування заміняють довгі послідовності бітів, що призводять до постійного потенціалу, на одиниці. Для логічного кодування характерні два методи – надлишкові коди і скремблерування.

Перший метод заснований на додаванні у вихідний код надлишкових бітів, що містять логічні одиниці. Очевидно, що у цьому випадку довгі послідовності нулів перериваються і код стає самосинхронізуючим для будь-яких переданих даних. Наприклад, логічний код 4B/5B, який використовують у технологіях FDDI і Fast Ethernet, змінює вихідні символи довжиною в 4 біт символами довжиною в 5 біт. Оскільки результуючі символи містять надлишкові біти, то загальна кількість бітових комбінацій у них більша, ніж у вихідних. Але цей метод знижує корисну пропускну здатність лінії, тому що надлишкові одиниці корисної інформації не несуть.

Другий метод ґрунтується на попередньому «перемішуванні» вихідної інформації таким чином, щоб імовірність появи одиниць і нулів на лінії ставала близькою. Пристрої, чи блоки, що виконують таку операцію, називають скремблерами (scramble – смітник, безладна купа). При скремблеруванні використовують відомий алгоритм, тому приймач, одержавши двійкові дані, передає їх на дескремблер, який відновлює вихідну послідовність бітів. Надлишкові біти при цьому по лінії не передаються. Оскільки обидва методи не визначають форму сигналів на лінії, їх відносять до логічного, а не фізичного кодування.

2.3.3. Дискретна модуляція аналогових сигналів

Однієї з основних тенденцій розвитку мережевих технологій є передавання в одній мережі як дискретних, так і аналогових по своїй природі даних. Джерелами дискретних даних є комп'ютери й інші обчислювальні пристрої, а джерелами аналогових даних є такі пристрої, як телефони, відеокамери, аудіо- і відеовідтворююча апаратура. На ранніх етапах розв'язання цієї проблеми в територіальних мережах усі типи даних передавали в аналоговій формі, при цьому дискретні за своїм характером комп'ютерні дані перетворювали в аналогову форму за допомогою модемів.

При передаванні аналогових даних з'ясувалося, що передавання їх в аналоговій формі не дозволяє поліпшити якість прийнятих на іншому кінці лінії даних, якщо вони були істотно спотворені при передаванні. Сам аналоговий сигнал не дає ніяких вказівок ні про те, що відбулося його спотворення, ні про те, як його виправити. Поліпшення ж якості ліній вимагає величезних зусиль і капіталовкладень. Тому на зміну аналоговій техніці запису і передаванні звуку та зображення прийшла цифрова техніка. Ця техніка використовує так звану дискретну модуляцію вихідних безперервних у часі аналогових сигналів.

Дискретні способи модуляції засновані на дискретизації безперервних сигналів, як по амплітуді, так і за часом (приклад, **імпульсно-кодова модуляція (Pulse Code Modulation, PCM)**, яку широко застосовують в цифровій телефонії (рис. 2.17). Амплітуда вихідної безперервної функції вимірюється з заданим періодом – за рахунок цього відбувається дискретизація за часом. Потім кожен вимір представляють у виді двійкового числа певної розрядності, що означає дискретизацію за значеннями функ-

ції. Пристрій, що виконує подібну функцію, називають аналого-цифровим перетворювачем (АЦП). Після цього виміри передають по каналах зв'язку як послідовність одиниць і нулів. Застосовують ті ж методи цифрового кодування, що й у випадку передавання дискретної інформації. На приймальній стороні коди перетворюються у вихідну послідовність бітів, а спеціальна апаратура (цифро-аналогові перетворювачі – ЦАП), виконують демодуляцію оцифрованих амплітуд безперервного сигналу, відтворюючи вихідну безперервну функцію часу.

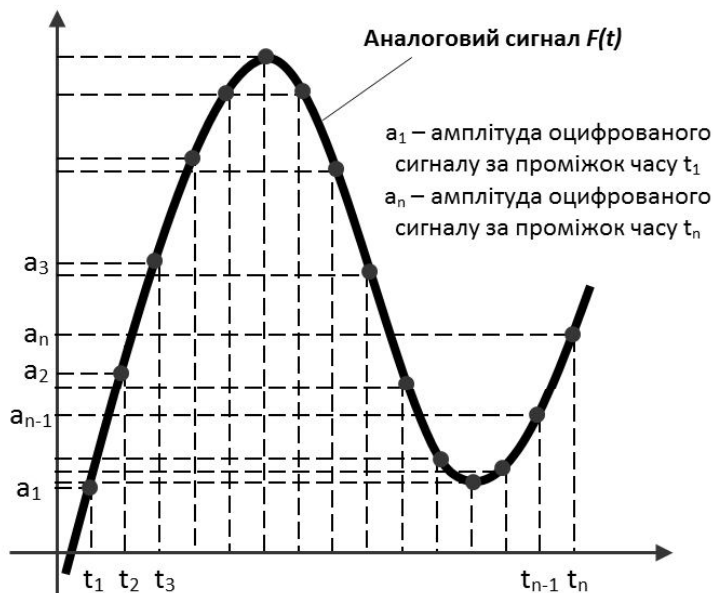


Рис. 2.17. Імпульсно-кодова модуляція

2.4. Засоби керування каналом передавання даних

Засоби керування каналом передавання даних на фізичному рівні описують інтерфейс між кінцевим обладнанням обробки даних (**DTE** - data terminal equipment) та кінцевим обладнанням каналу передавання даних (**DCE** - data circuit-terminating equipment). Як правило, DCE – це сервіс провайдера (модеми, термінальні адаптери під'єднання до цифрових каналів), а DTE – приєднані пристрої користувача (комп'ютери, маршрутизатори, комутатори).

За напрямками розрізняють такі передавання даних у каналі зв'язку:

- **симплексне (simplex)** – передавання в одному напрямі;
- **напівдуплексне (half-duplex)** – передавання по черзі в прямому та зворотному напрямках;
- **дуплексне (full duplex)** – передавання одночасно в прямому та зворотному напрямках.

З типом передаючого сигналу тісно пов'язані поняття вузько- та широкосмугового передавання.

Вузькосмугове передавання (baseband) є цифровим. У цьому випадку задіяна вся смуга перепускання кабелю. Для підсилення сигналу такого передавання застосовують **повторювачі**.

Широкосмугове передавання (broadband) є аналоговим. Смуга перепускання каналу поділена на окремі діапазони частот, які використовують різні канали. Для поновлення сигналу застосовують **підсилювачі**.

2.5. Пристрої локальних мереж фізичного рівня

До пристроїв локальних мереж фізичного рівня відноситься наступне неінтелектуальне обладнання, тобто обладнання, що не приймає рішення на основі певної інформації (рис. 2.18):

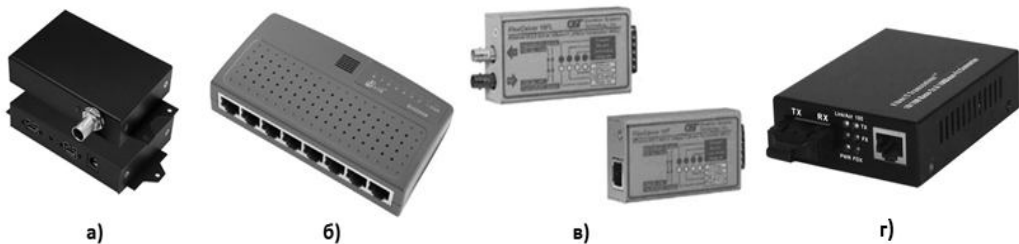


Рис. 2.18. Пристрої локальних мереж фізичного рівня

а) повторювач (repeater) – пристрій, що дозволяє відновити рівень сигналу і передати його з одного інтерфейсу в інший не змінюючи ні адреси, ні даних (рис. 2.16, а). Основним призначенням повторювачів є збільшення протяжності мережі, за рахунок відновлення рівня сигналів.

б) концентратор (hub) – пристрій, що може розглядатися як багатопортовий повторювач (рис. 2.18, б). Для підключення хоста дозволяється використовувати коаксіальний кабель, скручену пару дротів і радіоканал. Коли один хост передає дані по носію, то цей сигнал передають в усі інші сегменти, що під'єднані до портів концентратора.

в) трансивер (transceiver) – пристрій, що призначений для зміни одного виду інтерфейсу на інший (рис. 2.18, в). Наприклад DB9/RJ45, DB25/RJ45, DB9/DB25. Трансивери бувають активні та пасивні. Пасивні трансивери, на відміну від активних, не підсилюють сигнал, а отже і не потребують додаткового живлення.

г) медіаконвертер (media converter) – пристрій, що призначений для перетворення електричного сигналу в локальній мережі, яка побудована на скрученій парі дротів, в оптичний сигнал для подальшого передавання його по волоконно-оптичному кабелю (рис. 2.18, г). Медіаконвертери відрізняються швидкістю передавання даних, типом волокна (одномодові, багатомодові), дистанцією передавання даних, типом оптичного конектора.

Контрольні питання до розділу

1. Чи можуть цифрові лінії зв'язку передавати аналогові дані?
2. Для якого типу кабелю максимальна довжина сегменту становить 500м?
 - a) товстий коаксіал;
 - b) тонкий коаксіал;
 - c) скручена пара дротів;
 - d) волоконно-оптичний кабель.
3. Що описує параметр NEXT (Near End Crosstalk) в сертифікації кабелів скрученої пари дротів?
 - a) співвідношення сигналу на кінці лінії і сигналу на її початку;
 - b) рівень перехресних завад на сусідніх дротах у разі однонапрявленого передавання;
 - c) характеризує завади в сусідніх дротах у разі передавання даних парою дротів у різних напрямках;
 - d) відношення амплітуди переданого сигналу до амплітуди відбитого.
4. Яка максимальна довжина сегменту UTP кабелю?
 - a) 100 м;
 - b) 185 м;
 - c) 500 м;
 - d) 2000 м.
5. Для якого типу кабелю використовують BNC конектори?
 - a) товстий коаксіал;
 - b) тонкий коаксіал;
 - c) скручена пара дротів;
 - d) волоконно-оптичний кабель.
6. Який діапазон частот не відносять до мікрохвильового діапазону?
 - a) VHF (Very High Frequency) – діапазон дуже високих частот;
 - b) UHF (Ultra High Frequency) – діапазон ультрависоких частот;
 - c) SHF (Super High Frequency) – діапазон надвисоких частот;
 - d) EHF (Extra High Frequency) – діапазон вкрай високих частот.
7. Який діапазон частот називають діапазоном частотної модуляції (FM)?
 - a) ELF (діапазон наднизьких частот), VLF (діапазон дуже низьких частот) та LF (діапазон низьких частот);
 - b) UHF (діапазон ультрависоких частот), SHF (діапазон надвисоких частот) та EHF (діапазон вкрай високих частот);
 - c) LF (діапазон низьких частот), MF (діапазон середніх частот) та HF (діапазон високих частот);
 - d) VHF (діапазон дуже високих частот).
8. Який із наведених діапазонів частот не відносять до ISM-діапазону?
 - a) 800 МГц;
 - b) 900 МГц;
 - c) 2,4 ГГц;
 - d) 5 ГГц.

9. У якому діапазоні електромагнітного спектру працює супутниковий зв'язок?
- ультрафіолетовий діапазон;
 - інфрачервоний діапазон;
 - діапазон видимого світла;
 - мікрохвильовий діапазон.
10. Який тип кодування інформації не застосовують при аналоговій модуляції?
- амплітудна модуляція;
 - кодова модуляція;
 - частотна модуляція;
 - фазова модуляція.
11. Які коди дозволяють представити двійкові дані або імпульсами визначеної полярності, або перепадом потенціалу визначеного напрямку?
- імпульсні коди;
 - потенціальні коди;
 - полярні коди;
 - біполярні коди.
12. У якому методі кодування використовують три рівні потенціалу?
- AMI
 - NRZ
 - Манчестерське кодування
 - код 2B1Q
13. Який код при передаванні нуля передає потенціал, що був встановлений у попередньому такті (не змінює його), а при передачі одиниці інвертує потенціал на протилежний?
- біполярний імпульсний код;
 - манчестерський код;
 - потенціальний код без повернення до нуля (NRZ);
 - потенціальний код з інверсією при одиниці (NRZI).
14. Який із методів використовують для дискретної модуляції аналогових сигналів?
- амплітудно-частотна модуляція;
 - амплітудно-фазова модуляція;
 - імпульсно-кодова модуляція;
 - імпульсно-частотна модуляція.
15. Який пристрій дозволяє відновити рівень сигналу і передати його з одного інтерфейсу в інший не змінюючи ні адреси, ні даних?
- маршрутизатор;
 - комутатор;
 - повторювач;
 - трансивер;