

Б.Ю. Жураковський, Г.С. Срочинська, Н.М. Довженко

КІНЦЕВІ ПРИСТРОЇ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

для підготовки студентів за напрямом “Телекомунікації”

КИЇВ-2015

Навчальний посібник з дисципліни “ Кінцеві пристрої абонентського доступу” для підготовки студентів за напрямом “Телекомунікації” / Укл.: Б.Ю.Жураковський, Г.С.Срочинська, Н.М.Довженко – К.: ДУТ, 2015.- 65 с.

Рецензенти: Беркман Л.Н., доктор.технічних.наук, професор  
Климаш М.М., доктор.технічних.наук, професор

ISBN

У навчальному посібнику системно розглянуто: принципи побудови кінцевих пристроїв абонентського доступу, абонентських закінчень, різноманітних модемів. Описано теоретичні основи, принципи роботи та основні характеристики поширених протоколів модуляції, виправлення помилок, стиснення даних і передачі файлів. Наведені великі відомості про мультимедіа-модемах, цифрових і xDSL-модеми, кабельних, `електричних` модемах, радіомодемів, модемах для стільникових і супутникових систем зв'язку. Розглянуто питання застосування модемів ТфОП, оптимізації їх продуктивності та налаштування програмного забезпечення. Для студентів вузів, які навчаються за напрямом «Телекомунікації».

# Зміст

<b>ВСТУП</b>	<b>5</b>
<b>1. РОЗДІЛ 1: ПОНЯТТЯ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ</b>	<b>6</b>
1.1. Типова система передачі даних	6
1.2. Канали зв'язку	7
1.3. Дво- і чотирьохпровідні канали	8
Контрольні питання	9
<b>2: ВІДКРИТІ МЕРЕЖІ. ОБЛАСТЬ ВЗАЄМОДІЇ ВІДКРИТИХ МЕРЕЖ</b>	<b>10</b>
2.1. Семирівнева модель OSI	10
2.2. Встановлення й роз'єднання з'єднання	12
2.3. <i>Перетворення сигналів</i>	12
2.4. Реалізація інтерфейсу	13
Контрольні питання	16
<b>3. АБОНЕНТСЬКІ, АДМІНІСТРАТИВНІ ТА АСОЦІАТИВНІ СИСТЕМИ</b>	<b>17</b>
3.1. Абонентські системи	17
3.2. Інформаційні мережі	19
3.3. Комунікаційні підмережі	21
3.4. Комплекс базових профілів	23
Контрольні питання	25
<b>4. МОДЕМ. КЛАСИФІКАЦІЯ МОДЕМІВ ТА МОДЕМНИХ ПРОТОКОЛІВ</b>	<b>24</b>
4.1. Класифікація модемів	24
4.2. Класифікація модемних протоколів	29
Контрольні питання	29
<b>5. ПОБУДОВА СУЧАСНИХ МОДЕМІВ</b>	<b>31</b>
5.1. Побудова сучасних модемів	31
5.2. Побудова цифрового модему	32
5.3. Лінійне кодування	34
Контрольні питання	36
<b>6. ПРОТОКОЛИ ВИПРАВЛЕННЯ ПОМИЛОК. ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ПЕРЕДАЧІ</b>	<b>37</b>
6.1. Підвищення достовірності передачі	37
6.2. Винайдення помилок	38
Контрольні питання	40
<b>7. ПРОТОКОЛИ СТИСНЕННЯ ДАНИХ</b>	<b>42</b>
7.1. Основні методи стиснення	42
7.2. Класифікація методів стиснення	43
7.3. Оцінки ефективності методів стиснення	44
Контрольні питання	46
<b>8. КАБЕЛЬНІ МОДЕМИ. МОДЕМИ ЦИФРОВИХ АБОНЕНТСЬКИХ ЛІНІЙ</b>	<b>48</b>
8.1. Технологія xDSL та її використання в мережах доступу	48
8.2. Модеми для фізичних ліній	50
8.3. Модеми „голос + дані”	52

<b>Контрольні питання</b>	<b>53</b>
<b>9. ПАКЕТНІ РАДІОМОДЕМИ</b>	<b>54</b>
9.1. <b>Пакетні радіомодеми</b>	<b>54</b>
9.2. <b>Формат кадрів AX.25</b>	<b>54</b>
9.3. <b>Фізична реалізація радіо модемів</b>	<b>56</b>
9.4. <b>Радіомодеми ISM-діапазонів</b>	<b>57</b>
9.5. <b>Використання радіо модемів</b>	<b>58</b>
<b>Контрольні питання</b>	<b>59</b>
<b>10. МОДЕМ В СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ</b>	<b>60</b>
10.1. <b>Стандарти стільникових мереж зв'язку</b>	<b>60</b>
10.2. <b>Модеми в цифрових мережах</b>	<b>61</b>
<b>Контрольні питання</b>	<b>64</b>
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</b>	<b>64</b>

## ВСТУП

Стрімкий розвиток інфокомунікаційних технологій у всьому світі ставить перед Україною, як європейською державою, особливі завдання: задовольнити надання широкого спектру інформаційних послуг користувачам на сучасному якісно-технічному рівні. Основою, що забезпечує розмаїття передачі інформації, можливість ефективного управління та її обробки – є інфокомунікаційна мережа. Для досягнення глобальної доступності, реалізації вимог ринку інформаційних послуг, потрібна така архітектура мережі, яка оптимізувала б діюче устаткування з новими технологіями.

Кінцеве обладнання, в даному випадку, модеми увірвалися в наше життя, виконуючи функції від апаратури передачі даних по будь-яких каналах корпоративних мереж до необхідної умови підключення домашнього комп'ютера до мережі Internet. Однак опис роботи, склад функціональних вузлів та основні функції присутні або на надзвичайно "популярному" рівні, або на рівні програміста, якому як би і не обов'язково знати, що відбувається всередині "залізяки" під назвою модем.

Даний посібник являє собою спробу заглянути у внутрішній світ кінцевих пристроїв абонентського доступу, розуміючи під цим не стільки модем для телефонних каналів комутованою мережі, але і інше обладнання, що виконує необхідний набір своїх функцій і залежно від деталей реалізації названий стільниковим модемом, пакетним радіомодемом, модемом ISDN, цифровим модемом, пристроєм DCU / CSU, і т. д.

Перед користувачами та фахівцями в галузі телекомунікацій постійно стоїть проблема вибору тієї чи іншої моделі кінцевого обладнання доступу. Автори сподіваються, що цей посібник допоможе прийняти правильне рішення, виходячи з комунікаційних завдань, що стоять перед Вами, і забезпечити їх ефективне рішення. Посібник буде корисний починаючим і досвідченим користувачам модемів, адміністраторам мереж, викладачам і студентам ВНЗ відповідних спеціальностей.

## РОЗДІЛ 1: ПОНЯТТЯ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ

### Вступ

Будь-яка система передачі даних (СПД) може бути описана через три основні свої компоненти. Такими компонентами є передавач (або так званий "джерело передачі інформації"), канал передачі даних і приймач (також називаний "одержувачем" інформації). При двосторонній (дуплексній передачі) джерело й одержувач можуть бути об'єднані так, що їхнє устаткування може передавати й приймати дані одночасно. У найпростішому випадку СПД між точками А і В (рис. 1.1) складається з наступних основних семи частин:

- Кінцевого обладнання даних у точці А.
- Інтерфейсу (або стику) між кінцевим обладнання м даних й апаратурами каналу даних.
- Апаратури каналу даних у точці А.
- Каналу передачі між точками А і В.
- Апаратури каналу даних у точці В.
- Інтерфейсу (або стику) апаратур каналу даних.
- Кінцевого обладнання даних у точці В.

### 1.1. Типова система передачі даних

*Кінцеве обладнання даних (КОД)* — це узагальнене поняття, використовуване для опису кінцевого приладу користувача або його частини.

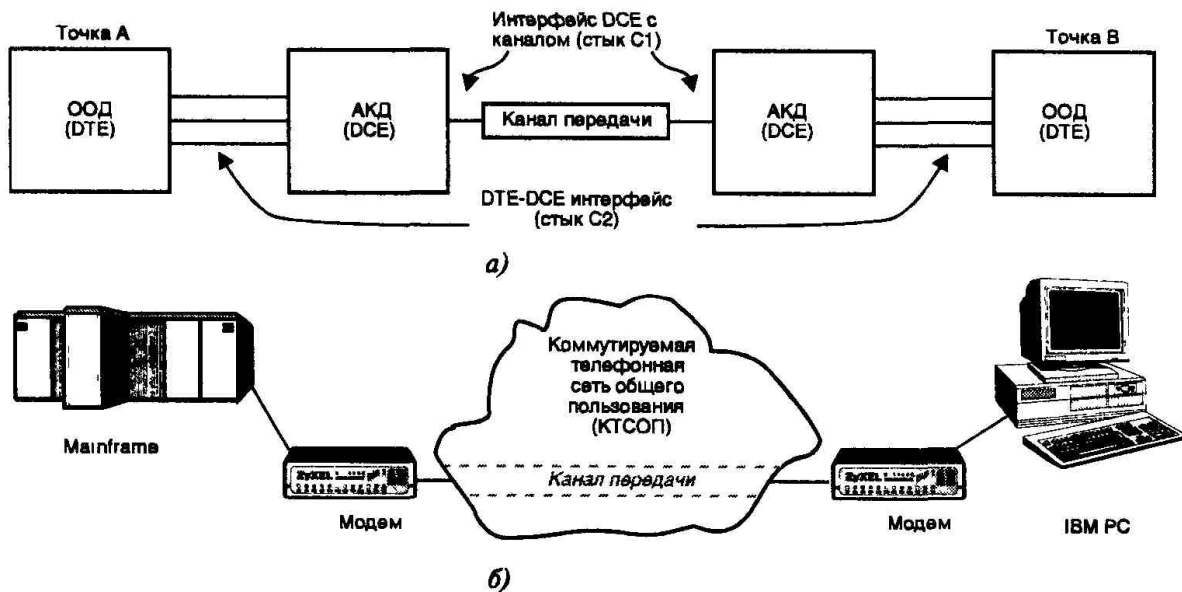


Рис. 1.1 - Типова система передачі даних:

а — блок-схема системи передачі даних;

б — реальна система передачі даних.

КОД може бути джерелом інформації, її одержувачем або тим й іншим одночасно. КОД передає й (або) приймає дані за допомогою використання апаратур каналу даних (АКД) і каналу передачі. У літературі часто вживається відповідний міжнародний термін — DTE (*Data Terminal Equipment*). Часто в якості DTE може виступати персональний комп'ютер, більша ЕОМ (*mainframe computer*), термінал, пристрій збору даних, касовий апарат, приймач сигналів глобальної навігаційної системи або будь-яке інше обладнання, здатне передавати або приймати дані.

Апаратури каналу даних також називають апаратурами передачі даних (АПД). Широко використовується міжнародний термін DCE (*Data Communications Equipment*), що і будемо вживати надалі. Функція DCE складається в забезпеченні можливості передачі інформації між двома або більшим числом DTE по каналі певного типу, наприклад по телефонному. Для цього DCE повинен забезпечити з'єднання з DTE з одного боку, і з каналом передачі — з іншої. На рис. 1.1, а DCE може бути аналоговим модемом, якщо використовується аналоговий канал, або, наприклад, пристроєм обслуговування каналу/даних (CSU/DSU — *Channel Seruis Unit/ Data Service Unit*), якщо використовується цифровий канал типу E1/T1 або ISDN. Модеми, розроблені в 60-70-х роках, являли собою пристрою винятково з функціями перетворення сигналів. Однак в останні роки модеми придбали значну кількість складних функцій, які будуть розглянуті нижче.

Слово *модем* є скороченою назвою пристрою, що здійснює процес Модуляції/ДЕМодуляції.

Модуляцією називається процес зміни одного або декількох параметрів вихідного сигналу за законом вхідного сигналу. При цьому вхідний сигнал є, як правило, цифровим і називається що модулює. Вихідний сигнал — звичайно аналоговий і часто зветься модульованим сигналом. В цей час модеми найбільше широко використовуються для передачі даних між комп'ютерами через *телефонну мережу, що комутує, загального користування* (КТСОП, GTSN - *General Switched Telephone Network*).

Важну роль у взаємодії DTE й DCE грає їхній інтерфейс, що складається із вхідних/вихідних ланцюгів в DTE й DCE, рознімань і з'єднательних кабелів. У вітчизняній літературі й стандартах також часто вживається термін *стик*.

З'єднання DTE з DCE відбувається по одному зі стиків типу 32. При підключенні DCE до каналу зв'язку або середовищу поширення застосовується один зі стиків типу 31.

## 1.2. Канали зв'язку

### Аналогові й цифрові канали

Під *каналом зв'язку* розуміють сукупність середовища поширення й технічних засобів передачі між двома каналними інтерфейсами або стиками типу 31 (див. рис. 1.1). Із цієї причини стик 31 часто називається каналним стиком.

Залежно від типу переданих сигналів розрізняють два більших класи каналів зв'язку: цифрові й аналогові.

Цифровий канал є бітовим трактом із цифровим (імпульсним) сигналом на вході й виході каналу. На вхід аналогового каналу надходить безперервний сигнал, і з його виходу також знімається безперервний сигнал (рис. 1.2). Як відомо, сигнали характеризуються формою свого подання.

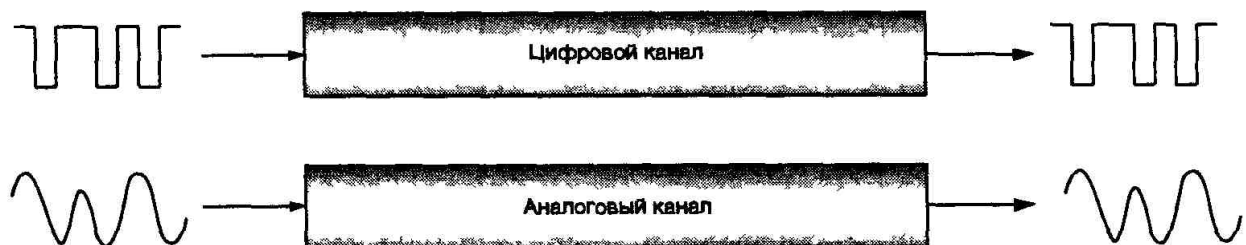


Рис. 1.2 - Цифрові й аналогові канали передачі

Параметри сигналів можуть бути безперервними або приймати тільки дискретні значення. Сигнали можуть містити інформацію або в кожен момент часу (безперервні в часі,

аналогові сигнали), або тільки в певні, дискретні моменти часу (цифрові, дискретні, імпульсні сигнали).

Цифровими є канали систем КМ, ISDN, канали типу T1/E1 і багато хто інші. Знову створювані СПД намагаються будувати на основі цифрових каналів, що володіють рядом переваг перед аналоговими.

Аналогові канали є найпоширенішими через тривалу історію їхнього розвитку й простоти реалізації. Типовим прикладом аналогового каналу є канал тональної частоти (КТЧ), а також групові тракти на 12, 60 і більше каналів тональної частоти. Телефонний канал КТСОП, як правило, включає численні комутатори, пристрої поділу, групові модулятори й демодулятори. Для КТСОП цей канал (його фізичний маршрут і ряд параметрів) буде мінятися при кожному черговому виклику.

При передачі даних на вході аналогового каналу повинне перебувати пристрій, що перетворювало б цифрові дані, що приходять від DTE, в аналогові сигнали, що посиляють у канал. Приймач повинен містити пристрій, що перетворювало б назад прийняті безперервні сигнали в цифрові дані. Цими пристроями є модеми. Аналогічно, при передачі по цифрових каналах дані від DTE доводиться приводити до виду, прийнятому для даного конкретного каналу. Цим перетворенням займаються цифрові модеми, дуже часто називані адаптерами ISDN, адаптерами каналів E1/T1, лінійними драйверами, і так далі (залежно від конкретного типу каналу або середовища передачі).

Термін модем використовується широко. При цьому необов'язково мається на увазі яка-небудь модуляція, а просто вказується на певні операції перетворення сигналів, що надходять від DTE для їхньої подальшої передачі по використовуваному каналі. Таким чином, у широкому змісті поняття модем й апаратури каналу даних (DCE) є синонімами.

#### Що комутують виділені канали

Канали, що комутують, надаються споживачам на час з'єднання на їх вимогу (дзвінку). Такі канали принципово містять у своєму складі комутаційне обладнання телефонних станцій (АТС). Звичайні телефонні апарати використовують комутацію каналів. Крім того, що комутують канали надає *цифрова мережа з інтеграцією служб (ISDN — Integrated Services Digital Network)*.

Виділені (орендовані) канали орендуються в телефонних компаніях або (дуже рідко) прокладаються самою зацікавленою організацією. Такі канали є принципово двухточечними. Їхня якість у загальному випадку вище якості каналів, що комутують, через відсутність впливу комутаційної апаратури АТС.

### 1.3. Дво- і чотирьохпровідні канали

Як правило, канали мають двопровідне або чотирьохпровідне закінчення. Для стислості їх називають, відповідно, двопровідними й чотирьохпровідними.

Чотирьохпровідні канали надають два проводи для передачі сигналу й ще два проводи для прийому. Перевагою таких каналів є практично повна відсутність впливу сигналів, переданих у зустрічному напрямку.

Двопровідні канали дозволяють використати два проводи як для передачі, так і для прийому сигналів. Такі канали дозволяють заощаджувати на вартості кабелів, але вимагають ускладнення каналоблаштування апаратури й апаратури користувача. Двопровідні канали вимагають рішення завдання поділу прийнятого й переданого сигналів. Така розв'язка реалізується за допомогою диференціальних систем, що забезпечують необхідне загасання по зустрічних напрямках передачі. Неідеальність диференціальних систем (а ідеального нічого не буває) приводить до перекручувань амплітудно-частотних і фазо-частотних характеристик каналу й до специфічної перешкоди у вигляді луни-сигналу.



### **Контрольні питання**

1. Дайте визначення поняття модем.
2. З яких функціональних блоків складається система передачі даних.
3. Дайте визначення каналу передачі даних.
4. Різниця між аналоговими та цифровими каналами зв'язку.
5. Дво- і чотирьохпровідні канали
6. Виділені канали.

## РОЗДІЛ 2: ВІДКРИТІ МЕРЕЖІ. ОБЛАСТЬ ВЗАЄМОДІЇ ВІДКРИТИХ МЕРЕЖ

Вступ

Для того, щоб взаємодіяти, люди використовують загальну мову. Якщо неможливо розмовляти один з одним безпосередньо, застосовуються допоміжні засоби для передачі повідомлень. Одним з таких засобів є система поштового зв'язку (рис. 2.1). У її складі можна виділити певні функціональні рівні, наприклад, рівень збору й доставки листів з поштових скриньок на найближчі поштові вузли зв'язку й у зворотному напрямку, рівень сортування листів у транзитних вузлах, і т.д. Прийняті в поштовому зв'язку всілякі стандарти на розміри конвертів, порядок оформлення адрес й ін. дозволяють відправляти й одержувати кореспонденцію практично з будь-якої точки Земної кулі.

### 2.1. Семирівнева модель OSI



Рис.2.1 - Функціональні рівні системи поштового зв'язку

Схожа картина має місце й в області електронних комунікацій, де ринок комп'ютерів, комунікаційного встаткування інформаційних систем і мереж надзвичайно широкий і різношерстий. Із цієї причини створення сучасних інформаційних систем стало неможливим без використання загальних підходів при їхній розробці, без уніфікації характеристик і параметрів їхніх складених компонентів.

Теоретичну основу сучасних інформаційних мереж визначає Базова еталонна модель взаємодії відкритих систем (OSI — *Open Systems Interconnection*) Міжнародної організації стандартів (ISO — *International Standards Organization*). Вона описана стандартом ISO 7498. Модель є міжнародним стандартом для передачі даних. Відповідно до еталонної моделі взаємодії OSI виділяються сім рівнів, що утворюють область взаємодії відкритих систем (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Функції рівнів моделі взаємодії відкритих систем

Рівень	Функції
7. Прикладний	Інтерфейс із прикладними процесами
6. Представницький	Узгодження подання й інтерпретація переданих даних
5. Сеансовий	Підтримка діалогу між вилученими процесами; забезпечення з'єднання й роз'єднання цих процесів; реалізація обміну даними між ними
4. Транспортний	Забезпечення наскрізного обміну даними між системами
3. Мережний	Маршрутизація; сегментування й об'єднання блоків даних; керування потоками даних; виявлення помилок і повідомлення про їх
2. Канальний	Управління каналом передачі даних; формування кадрів; управління доступом до середовища передачі; передача даних по каналу; виявлення помилок у каналі і їхня корекція
1. Фізичний	Фізичний інтерфейс із каналом передачі даних; бітові протоколи модуляції й лінійного кодування

Основна ідея цієї моделі полягає в тім, що кожному рівню приділяється конкретна роль. Завдяки цьому загальне завдання передачі даних розщеплюється на окремі конкретні завдання. Функції рівня, залежно від його номера, можуть виконуватися програмними, апаратними або програмно-апаратними засобами. Як правило, реалізація функцій вищих рівнів носить програмний характер, функції каналного й мережного рівнів можуть бути виконані як програмними, так й апаратними засобами. Фізичний рівень звичайно виконується в апаратному виді.

Кожен рівень визначається групою стандартів, які містять у собі дві специфікації: *протокол* і забезпечуваний для вищестоящого рівня *сервіс*. Під протоколом мається на увазі набір правил і форматів, що визначають взаємодію об'єктів одного рівня моделі.

Найбільш близьким до користувача є прикладний рівень. Його головне завдання - надати вже перероблену (прийняту) інформацію. Із цим звичайно справляється системне й прикладне програмне забезпечення користувача, наприклад, термінальна програма. При передачі інформації між різними обчислювальними системами повинне застосовуватися однакоє кодове подання використовуваних алфавітно-цифрових знаків. Інакше кажучи, прикладні програми взаємодіючих користувачів повинні працювати з однаковими кодовими таблицями. Кількість представлених у коді знаків залежить від числа битов, використовуваних у коді, тобто від підстави коду. Найбільше поширення знайшли коди, наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Основні характеристики розповсюджених знакових кодів

Код	Область застосування	Підстава коду, біт	Число знаків коду
BCD	Цифрова інформація	4	16
BAUDOT (МТК-5)	Телеграфія	5	32
EBCD	Більші EOM (mainframe)	6	64
ASCII	Міні- і мікро-EOM	7	128
EBCDI	Більші й мікро-EOM	8	256

Часто використовуються всілякі національні розширення перерахованих кодів, наприклад основне й альтернативне кодування кирилиці для коду ASCII. У цьому випадку підстава коду збільшується до 8 біт.

Функції сучасних модемів ставляться до найбільш далеких від користувача рівням — фізичному й каналному.

### Фізичний рівень

Даний рівень визначає інтерфейси системи з каналом зв'язку, а саме, механічні, електричні, функціональні й процедурні параметри з'єднання. Фізичний рівень також описує процедури передачі сигналів у канал й одержання їх з каналу. Він призначений для переносу потоку двійкових сигналів (послідовності біт), у вигляді, придатному для передачі по конкретному використовуваному фізичному середовищу. Як таке фізичне середовище передачі можуть виступати канал тональної частоти, сполучна провідна лінія, радіоканал або щось інше.

Фізичний рівень виконує три основні функції: установлення й роз'єднання з'єднань; перетворення сигналів і реалізація інтерфейсу.

### 2.2. Встановлення й роз'єднання з'єднання

При використанні каналів, що комутують, на фізичному рівні необхідно здійснити попереднє з'єднання взаємодіючих систем й їхнє наступне роз'єднання. При використанні виділених (орендованих) каналів така процедура спрощується, тому що канали постійно закріплені за відповідними напрямками зв'язку. В останньому випадку обмін даними між системами, що не мають прямих зв'язків, організується за допомогою комутації потоків, повідомлень або пакетів даних через проміжні взаємодіючі системи (вузли). Однак функції такої комутації виконуються вже на більше високих рівнях і до фізичного рівня відносини не мають.

Крім фізичного підключення взаємодіючі модеми можуть також "домовлятися" про задовольняючий їх обох режим роботи, тобто способі модуляції, швидкості передачі, режимах виправлення помилок і стиску даних і т.д.

Після встановлення з'єднання управління передається більше високому каналному рівню.

### 2.3 Перетворення сигналів

Для узгодження послідовності переданих біт з параметрами використовуваного аналогового або цифрового каналу потрібно виконати їхнє перетворення в аналоговий або дискретний сигнал, відповідно. До цієї ж групи функцій ставляться процедури, що реалізують стик з фізичним (аналоговим або цифровим) каналом зв'язку. Такий стик часто називається

стиком, що залежить від середовища й він може відповідати одному з гостированих каналних стиків 31. Прикладами таких стиків 31 можуть бути: 31-ТФ (Дст 23504-79, 25007-81, 26557-85) - для каналів КТСОП, 31-ТЧ (Дст 23475-79, 23504-79, 23578-79, 25007-81, 26557-85) - для виділених каналів тональної частоти, 31-ТГ (ДЕРЖСТАНДАРТ 22937-78) - для телеграфних каналів зв'язку, 31-ШП (Дст 24174-80, 25007-81, 26557-85) - для первинних широкополосних каналів, 31-ФЛ (Дст 24174-80, 26532-85) - для фізичних ліній зв'язку, 31-АК - для акустичного сполучення DCE з каналом зв'язку й ряд інших.

Функція перетворення сигналів є найголовнішою функцією модемів. Із цієї причини перші модеми, що не володіла інтелектуальними можливостями й не виконували апаратний стиск і корекцію помилок, часто називали *пристроями перетворення сигналів* (ППС).

## 2.4 Реалізація інтерфейсу

Реалізація інтерфейсу між DTE й DCE є третьою найважливішою функцією фізичного рівня. Такого роду інтерфейси регламентуються відповідним рекомендаціям і стандартами, до яких, зокрема, ставляться V.24, RS-232, RS-449, RS-422A, RS-423A, V.35 й інші. Такі інтерфейси визначаються вітчизняними Дст як перетворювальні стики 32 або *стиками, що не залежать від середовища*.

Стандарти й рекомендації з інтерфейсів DTE-DCE визначають загальні характеристики (швидкість і послідовність передачі), функціональні й процедурні характеристики (номенклатура, категорія ланцюгів інтерфейсу, правила їхньої взаємодії); електричні (величини напруг, струмів й опорів) і механічні характеристики (габарити, розподіл контактів по ланцюгах).

На фізичному рівні відбувається діагностика певного класу несправностей, наприклад таких, як обрив проведення, провалля живлення, втрата механічного контакту й т.п.

Типовий профіль протоколів при використанні модему, що підтримує тільки функції фізичного рівня, наведений на рис. 2.2. При цьому вважається, що комп'ютер (DTE) з'єднується з модемом (DCE) за допомогою інтерфейсу RS-232, а модем використовує протокол модуляції V.21.

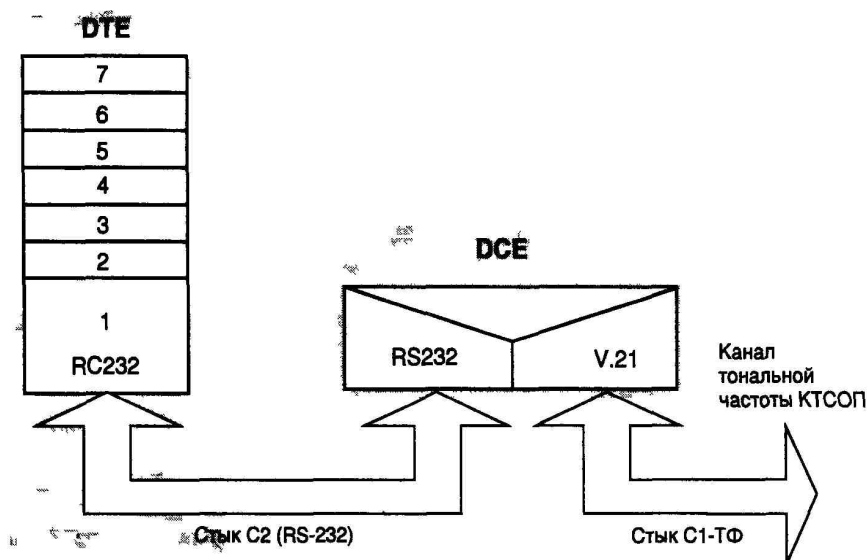


Рис. 2.2 - Профіль протоколів для модему з функціями тільки фізичного рівня

Перешкодозахищеність каналу зв'язку, що складає із двох модемів і середовища передачі між ними, є обмеженою й, як правило, не задовольняє вимогам, пропонованим до вірогідності переданих даних. Із цієї причини фізичний рівень розглядається як ненадійна система.

Завдання виправлення перекручених у каналі передачі бітів проводиться на більше високих рівнях, зокрема, на каналному рівні.

### Канальний рівень

Канальний рівень часто називають рівнем управління ланкою даних. Засоби цього рівня реалізують наступні основні функції:

- формування з переданої послідовності біт блоків даних певного розміру для їхнього подальшого розміщення в інформаційному полі кадрів, які й передаються по каналі;
- кодування вмісту кадру завадостійким кодом (як правило, з виявленням помилок) з метою підвищення вірогідності передачі даних;
- відновлення вихідної послідовності даних на прийомній стороні;
- забезпечення кодонезалежної передачі даних з метою реалізації для користувача (або прикладних процесів) можливості довільного вибору коду подання даних;
- управління потоком даних на рівні каналу, тобто темпу їхньої видачі в DTE одержувача;
- усунення наслідків втрат, перекручувань або дублювання переданих у каналі кадрів.

Як стандарт для протоколів другого рівня організацією ISO рекомендується протокол HDLC (*High Level Data Link Control*). Він одержав у світі телекомунікацій надзвичайно широке поширення. На основі протоколу HDLC розроблена безліч інших, що є по своїй суті деякою адаптацією й спрощенням ряду його можливостей стосовно конкретної області застосування. До такої підмножини HDLC ставляться часто використовувані протоколи SDLC (*Synchronous Data Link Control*), LAP (*Link Access Procedure*), LAPB (*Link Access Procedure Balanced*), LAPD (*Link Access Procedure D-channel*), LAPM (*Link Access Procedure for Modems*), LLC (*Logical Link Network*), LAPX (*Link Access Procedure eXtention*) і ряд інших. Наприклад, протоколи LAPB й LAPD застосовуються в цифрових мережах ISDN (*Integrated Services Digital Network*), LAPM є базовим для стандарту корекції помилок V.42, LAPX є напівдуплексним варіантом HDLC і використовується в термінальних мережах і системах, що працюють у стандарті Teletex, а протокол LLC (*Link Logic Control*) реалізований практично у всіх мережах із множинним доступом (наприклад, у бездротових локальних мережах). На рис. 2.3 зображене сімейство протоколу HDLC й області його застосування.

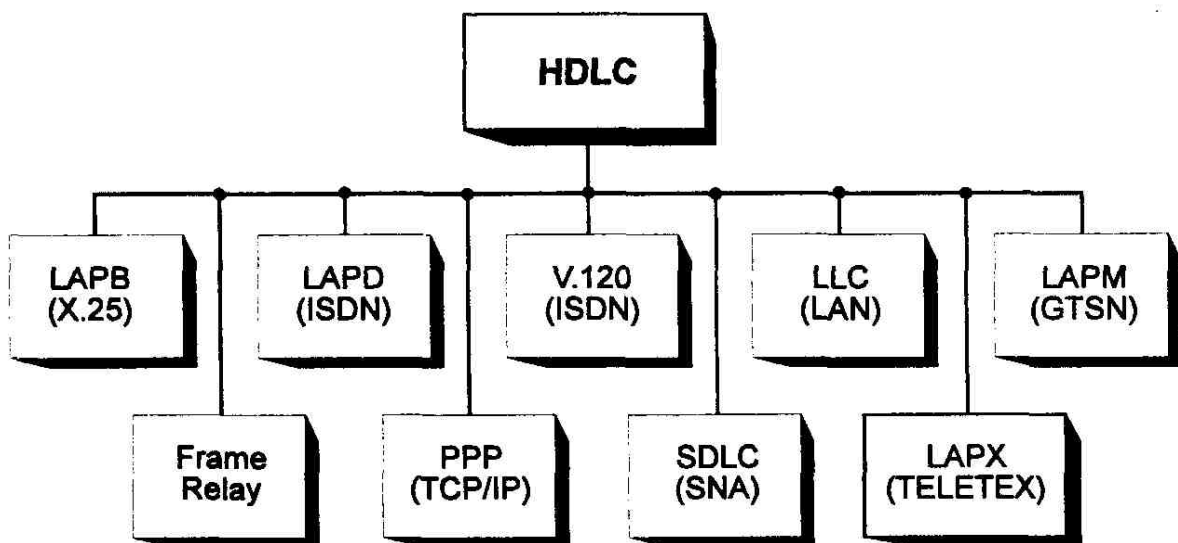


Рис. 2.3 - Сімейство протоколу HDLC

Можливий профіль протоколів для модему, що підтримує функції фізичного й каналного рівнів, представлений на рис. 1.6. Уважається, що комп'ютер з'єднується з модемом за допомогою інтерфейсу RS-232, і вже модем реалізує протокол модуляції V.34 й апаратну корекцію помилок згідно стандарту V.42.

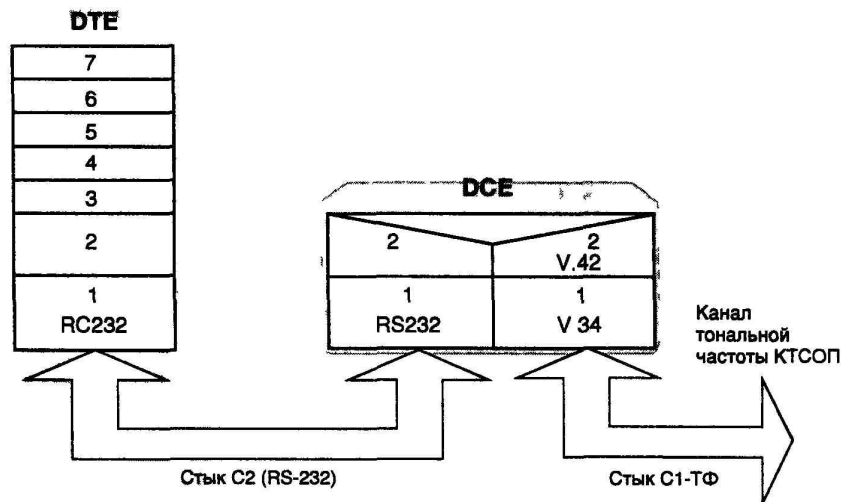


Рис. 2.4 - Профіль протоколів для модему з функціями фізичного й каналного рівнів

У деяких мережах, заснованих на каналах із многоточечним підключенням, сигнал, прийнятий кожним DCE, є сумою сигналів, переданих від цілого ряду інших DCE. Канали зв'язку в таких мережах називають каналами із множинним доступом або моноканалами, а самі мережі називають мережами множинного доступу. Такими мережами є деякі супутникові мережі, наземні пакетні радіомережі, а також локальні провідні й бездротові мережі.

Відповідні рівні моделі OSI при передачі в режимі множинного доступу трохи відмінні від тих, що використовуються в СПД із двоточечними каналами. Другий рівень повинен забезпечити верхні рівні віртуальним каналом для безпомилкової передачі пакетів, а фізичний рівень повинен надати бітовий тракт. З'являється необхідність у проміжному рівні для управління каналом із множинним доступом таким чином, щоб з кожного DCE можна було передавати кадри без постійних конфліктів з іншими DCE. Цей рівень називається рівнем управління доступом до середовища передачі MAC (*Medium Access Control*). Звичайно його вважають першим підрівнем рівня 2, тобто рівнем 2.1. Традиційний каналний рівень у цьому випадку перетворюється у рівень керування логічним каналом LLC (*Logical Link Control*) і є підрівнем 2.2.

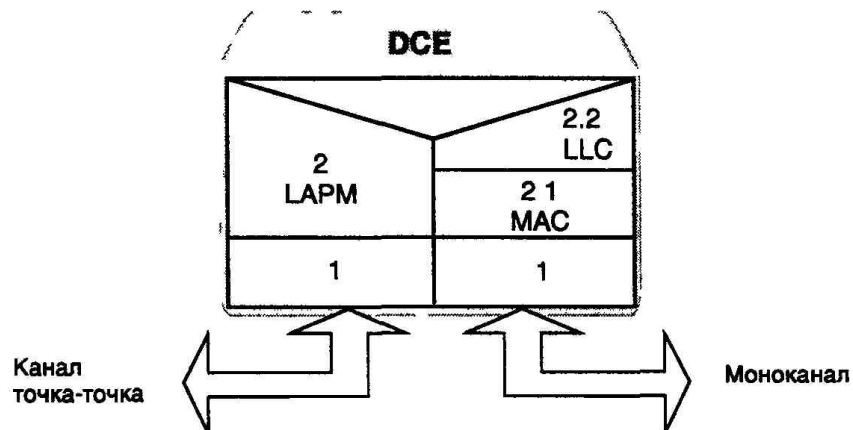


Рис. 2.5 - Профіль протоколів для DCE із множинним доступом

### **Контрольні питання**

1. Дайте визначення моделі OSI.
2. Функції фізичного рівня OSI.
3. Функції канального рівня OSI.
4. Функції мережного рівня OSI.
5. Функції верхніх рівнів моделі OSI
6. Яким чином відбувається встановлення й роз'єднання з'єднання
7. Реалізація інтерфейсу.
8. Сімейство протоколу HDLC.



## РОЗДІЛ 3: АБОНЕНТСЬКІ, АДМІНІСТРАТИВНІ ТА АСОЦІАТИВНІ СИСТЕМИ

### Вступ

Абонентські системи призначені для опрацювання прикладних процесів користувачів, і діляться на сім рівнів.



Рис.3.1. Структура абонентської і адміністративної систем.

### 3.1. Абонентські системи

Паралельно в системі реалізується ієрархія протоколів, що підтримують прикладні процеси керування мережею. Ці протоколи можуть бути тими ж, що й в ієрархії, що підтримує прикладні процеси користувачів, але можуть і відрізнятися від них. Всі рівні в системі зв'язані з процесом керування системою.

Необхідно по можливості розвантажити центральну електронну машину абонентської системи від виконання функцій області взаємодії і дати їй можливість ефективно виконувати прикладні процеси. З цією метою абонентську систему поділяють на дві частини: термінальне устаткування і станцію.

*Термінальне устаткування* є основною частиною системи, що виконує прикладні процеси і, можливо, протоколи верхніх рівнів. *Станція* є допоміжною частиною системи, що реалізує протоколи нижніх або всіх рівнів.

У залежності від числа реалізованих протоколів, станцію називають каналною, транспортною або абонентською. Канальна станція виконує протоколи рівнів 1 - 2; транспортна - протоколи 1 - 4. Абонентська станція реалізує сім рівнів області взаємодії відкритих систем.

Станція і термінальне устаткування з'єднуються каналом або шиною. У обох випадках це з'єднання повинно бути подано спеціальним фізичним (1) і каналним (2) протоколами. Перший з них визначає характеристики каналу, а другий описує процедури керування каналом і передачу через них блоків даних. Спеціальні протоколи (1' і 2') не є стандартами ISO. Вони залежать від конкретних обраних каналів, методом зв'язку термінального устаткування зі станціями.



Рис. 3.2. Станції і абоненти.

Канальна станція є найбільш проста, тому що реалізує лише протоколи рівнів (1,2) області взаємодії. Але ця простота вимагає серйозного завантаження абонента, котрий повинен виконувати функції, описувані протоколами інших п'яти рівнів.

Привабливою є абонентська станція, що цілком розвантажує термінальне устаткування від виконання задач, що забезпечують взаємодію в мережі прикладних процесів. Однак у складному термінальному устаткуванні часто працюють кілька комплексів прикладних процесів. Обмін інформацією між ними відбувається через сеансовий рівень. Тому в тих випадках, коли рівень 5 знаходиться в станції, робота термінального устаткування виявляється залежною від надійності, завадостійкості і пропускну здатності каналу і станції, що не завжди прийнятно.

Тому на практиці найчастіше використовується транспортна станція. Вона виконує усі функції, зв'язані з передачею інформації між комплексами термінального устаткування через усю комунікаційну підмережу. Що стосується термінального устаткування, то воно забезпечує роботу прикладних процесів, що підтримуються прикладним, представницьким і сеансовими протоколами.

Абонентські системи є основними компонентами інформаційної мережі. Ці системи будуються на основі великих і малих ЕОМ, виготовлених великим числом виробників різних країн. Тому для кожного типу комутаційної підмережі розробляється абонентський інтерфейс, що визначає параметри і процедури взаємодії всіх абонентських систем з комунікаційної підмережею.

Адміністративні системи мають ту ж структуру, що і абонентські. Тут замість прикладних процесів користувачів працюють прикладні процеси керування мережею чи її частиною.

Асоціативна система на відміну від абонентської й адміністративної не здійснює обробку інформації для нестатків користувачів і керування мережею. Вона призначена для з'єднання в єдине ціле частин інформаційних мереж і забезпечення взаємодії цих мереж одна з одною.

У залежності від характеристик поєднуваних частин мереж виділяють чотири типи асоціативних систем.

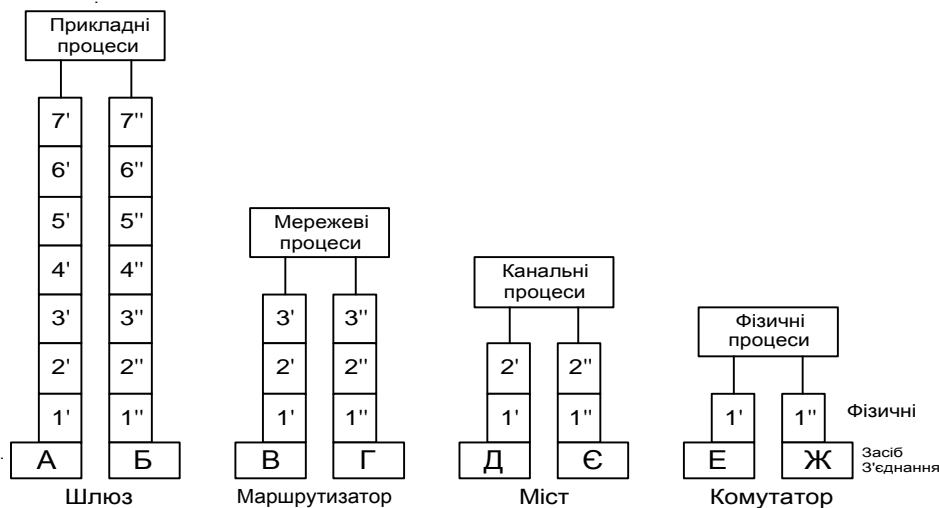


Рис.3.3. Типи асоціативних систем.

Найбільш складної з них є *шлюз*. Він забезпечує взаємодію двох чи більш інформаційних мереж з різними наборами протоколів семи рівнів. На малюнку показані два набори: 1' - 7' і 1'' - 7'', зв'язані спеціальними прикладними процесами. Ці процеси перетворюють один семирівневий набір протоколів в інший, забезпечуючи необхідну взаємодію.

Шлюзи найчастіше використовуються в тих випадках, коли потрібно об'єднати інформаційні мережі, створені за різними стандартами. Коли ж проектується група мереж у відповідності зі стандартами ISO, доцільний інший підхід. У цьому випадку в мережах, що з'єднуються, протоколи рівнів 4 - 7 робляться однаковими. Це дозволяє для з'єднання мереж використовувати не шлюзи, а більш прості асоціативні системи - маршрутизатори і мости.

Задачею *маршрутизатора* є забезпечення взаємодії комунікаційних підмереж. Вони характеризуються лише трьома рівнями протоколів.

Тому логічна структура маршрутизатора має вид, показаний на малюнку. Як впливає з малюнка, маршрутизатор "не знає" протоколів рівнів 4 - 7 і є прозорим для них. У його задачу входить перетворення протоколів трьох нижніх рівнів. Іноді в інформаційних мережах маршрутизатори зв'язують частини комунікаційної підмережі, у яких використовуються однакові протоколи рівнів 1 - 3. У цих випадках у маршрутизаторах, що називаються вузлами комутації пакетів, перетворення протоколів не виконується. Тут мережні процеси здійснюють лише комутацію і маршрутизацію інформації. У з'єднувальних вузлах підмережах повинна бути здійснена загальна адресація абонентських систем.

*Мости* призначені для з'єднання частин мереж, різних типів каналів передачі даних, наприклад циклічного кільця з моноканалом. Будь-який канал визначається протоколами рівнів 1 - 2, тому логічна структура моста має дворівневу структуру. Канальні процеси тут перетворюють протоколи обох рівнів. При використанні методів, що з'єднуються у підмережах повинні бути погоджені структура, адрес і розмір кадрів.

Найбільш просту структуру має *комутатор*. Це зв'язано з тим, що він з'єднує один з одним тільки канали передачі даних, утворюючи необхідну фізичну базу тракту передачі інформації між абонентськими системами. У тому випадку, коли до комутатора підходить більше двох каналів він виконує функції, зв'язані з комутацією інформації. Комутація здійснюється прозорим способом, тобто без якої-небудь обробки цієї інформації. При будь-якому числі каналів, що з'єднуються, комутатор забезпечує посилення переданих сигналів і коректує крутість їхніх фронтів. Комутатор не має буферів, тому він прозорий для інформації. Комутатор вимагає, щоб швидкості передачі даних по сусідніх каналах були однакові. Фізичні процеси, виконувані комутатором, реалізуються апаратно.

Таким чином, асоціативні системи реалізують апаратно-мережні, канальні і фізичні процеси. Задачею їх є виконання функцій, у тому числі перетворення, необхідних для з'єднання частин чи мереж цілих мереж.

### 3.2. Інформаційні мережі

Інформаційна мережа є асоціацією абонентських систем, що взаємодіють один з одним через комунікаційну підсікти. Комунікаційна підсікти утвориться сукупністю фізичного середовища, що передає сигнали, а також програмних і технічних засобів, що забезпечують передачу блоків інформації з адрес їхній призначення.

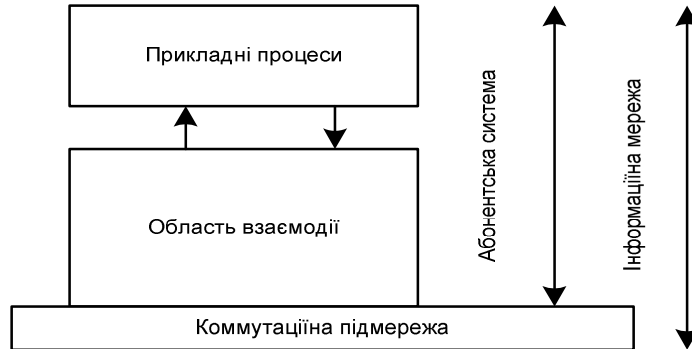


Рис.3.4. Інформаційна мережа.

По функціональним ознаках в інформаційній мережі варто виділити три частини, що входять одна в другу. Перша з них комунікаційна підмережа. Її задачею є виконання функцій, що дозволили б взаємодіяти абонентським системам, без обліку інформації про їхнє місцезнаходження і про відстані, що їх розділяють.

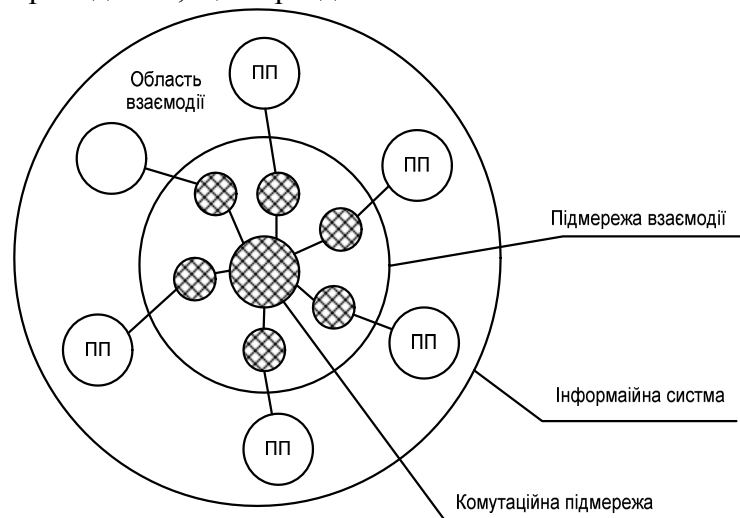


Рис.3.5. Компоненти інформаційної мережі.

Друга частина утвориться додаванням до комунікаційній подмережі області взаємодії всіх абонентських систем. У результаті створюється *підмережа взаємодії*. Задачею цієї підмережі є забезпечення взаємодії будь-яких прикладних процесів (ПП), незалежно від того, у яких системах вони розташовані і де ці системи знаходяться. *Інформаційна мережа* містить у собі як підмережі взаємодії, так і всі прикладні процеси.

#### Компоненти інформаційних мереж.

Розмаїтість і складність інформаційних мереж приводить до необхідності розробки різних типів компонентів, їх утворюючих. Це зв'язано, насамперед, із необхідністю створення не тільки окремо територіальних і локальних мереж, але і їхніх асоціацій. Такі асоціації інформаційних мереж задовольняють самим жорстким вимогам користувачів, що стосуються розмаїтості інформаційних ресурсів, надійності і швидкості передачі даних

Асоціація перебуває з групи інформаційних мереж, зв'язаних один з одним однієї або декількома асоціативними системами. Кожна з цих систем з'єднує два або більш комплекси фізичних засобів з'єднання.



Рис. 3.6. Компоненти асоціації інформаційних мереж.

Спеціальні прикладні процеси, які виконуються асоціативними системами, забезпечують ті види перетворення інформації, що потрібні при передачі даних з однієї мережі в другу. Крім того, ці процеси здійснюють комутацію інформації, з'єднуючи один з одним фізичні засоби з'єднання, спеціальні прикладні процеси виконують ще одну важливу функцію - маршрутизацію інформації, що полягає у визначенні мереж, у котрих необхідно перетворити прихожі в цю систему блоки даних.

Для керування інформаційною мережею, утвореною комунікаційною підмережею, до якої підключається необхідне число абонентських систем, використовується одна або декілька адміністративних систем.



Рис.3.7. Компоненти інформаційних мереж.

Абонентські системи в залежності від характеру виконуваних прикладних процесів діляться на три групи.

*Робоча система* - система, що представляє основні інформаційні ресурси широкому колу користувачів, що працюють із ним через комунікаційну підсітку.

*Термінальна система* забезпечує взаємодію користувачів через комунікаційні підсітки з інформаційними ресурсами робочих систем. Крім того, термінальна система представляє місцевий сервіс для потреб її користувачів. Часто роль термінальної системи виконує персональний комп'ютер. У цьому випадку із системою одночасно працює один користувач, і вона називається робочим місцем.

Нерідко в мережі використовуються комбіновані системи, кожна з яких виконує функції як робочої, так і термінальної систем. У комбінованій системі забезпечується зв'язок не тільки з віддаленими інформаційними ресурсами, але також і з тими ресурсами, що розташовані в цій системі.

### 3.3. Комунікаційні підмережі

Комунікаційна підсітка, призначена для передачі інформації між великим числом абонентських систем, є базою, на якій будується вся інформаційна мережа. Комунікаційна підсітка у свою чергу створюється на основі стандартних компонентів.

До складу підмережі входить один або декілька комплексів фізичних засобів з'єднання. При використанні декількох комплексів останні з'єднуються за допомогою асоціативних систем.

Кожний комплекс фізичних засобів з'єднання складається з одного або групи каналів передачі даних, що паралельно прокладаються. Крім того, фізичні засоби з'єднання мають нескладні кінцеві пристрої, що утворюють інтерфейси для підключення до цих засобів систем.

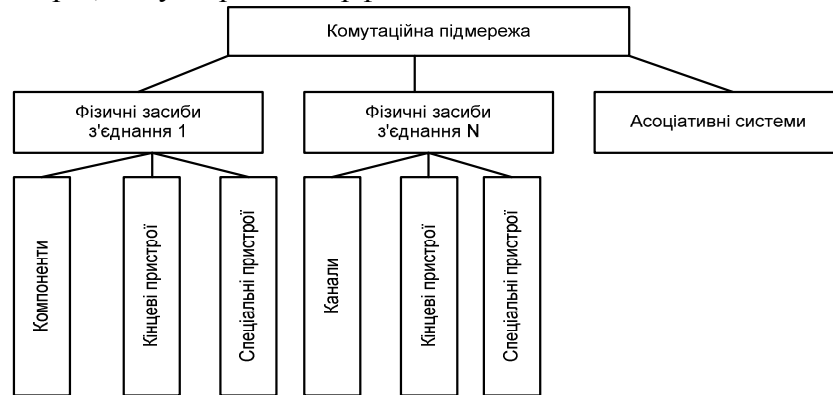


Рис. 3.8. Компоненти комунікаційної підмережі.

Через один канал може працювати дві або більш системи. Тому кожний канал має, відповідно, два або більш кінцевих пристроїв. У якості фізичного середовища в каналах фізичних засобів з'єднання використовуються ефір, оптичне волокно, металеві нитки.

Таким чином, комунікаційна підсітка складається з двох видів компонентів: фізичних засобів з'єднання й асоціативних систем.

Комунікаційні підмережі надзвичайно різноманітні і визначаються багатьма параметрами, до яких у першу чергу відносяться:

- ефективність, складність і надійність;
- швидкість передачі даних;
- число з'єднань абонентських систем;
- об'єм потоків переданої інформації.

Будь-яка комунікаційна підсітка передає від абонентської системи - відправника до абонентської системи - одержувача інформації, що міститься в блоках даних. Кожний такий блок містить визначену кількість інформації і додаткові відомості, необхідні для передачі через комунікаційну підсітку, для визначення помилок, що з'являються.

Комунікаційні підмережі характеризуються багатьма властивостями. Найважливішими з них є ті, що визначають способи постановки інформації конкретним адресатам. У цьому відношенні комунікаційні підмережі діляться на два класи.

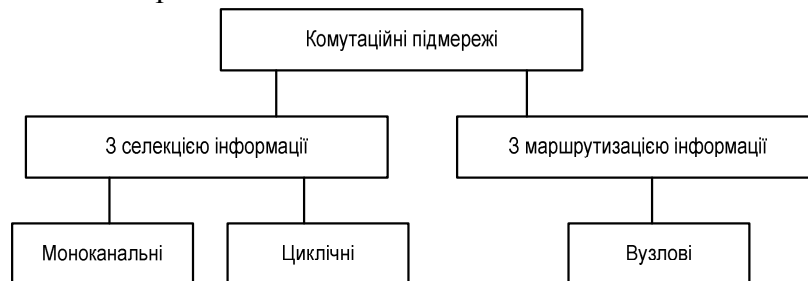


Рис. 3.9. Класифікація комунікаційних підмереж.

До першого з них відносяться комунікаційні підмережі із *селекцією інформації*. Вони характеризуються тим, що в них будь-який блок даних передається від однієї абонентської системи - відправника всім абонентським системам. Системи, отримавши черговий блок даних, перевіряють адресу його призначення. Система, якій адресований блок, приймають

його, інші системи відхиляють цей блок. У результаті відбувається селекція інформації, що дозволяє посилати блоки даних одній групі, також відразу всім абонентським системам підключеним до комунікаційної підмережі.

Підмережі із селекцією інформації діляться на дві групи: багатоканальні і циклічні. Вони розрізняються тим, що в підмережі першої групи кожний посланий блок даних потрапляє до всіх абонентським систем практично одночасно, а в підмережі другої групи кожний переданий блок доставляється всім абонентським системам послідовно (по черзі) проходячи повз кожен з них.

До другого класу відносяться комунікаційні підмережі з маршрутизацією інформації. У цих підмережах передача даних здійснюється від однієї абонентської системи - відправника до іншої абонентської системи - одержувача. Для забезпечення такої доставки інформації в комунікаційній підмережі використовується один або більш вузлів комутації.

Кожний вузол комутації приймає блоки даних і передає далі по різних напрямках у залежності від адрес призначення. Завдяки цьому в підмережі здійснюється маршрутизація інформації - прокладка через комунікаційну підмережу трактів, що зв'язують абонентські системи.

### 3.4. Комплекс базових профілів

Комплекс базових профілів охоплює два рівні області взаємодії відкритих систем: каналний і фізичний. Ці стандарти прийняті Міжнародною організацією стандартів ISO.

Комплекс включає два загальних стандарти ISO 8802/1, ISO 8802/2 і чотири спеціальних ISO 8802/3 - 8802/6. Вони визначають базу чотирьох типів інформаційних мереж із селекцією інформації.

Канальний рівень розділений на дві частини. Операції, виконувані на підрівні 2Б, зв'язані зі створенням логічного зв'язку між абонентськими системами мережі. Підрівень 2А забезпечує доступ до фізичних портів мережі, а також, об'єднуючись із фізичним рівнем, створює основу для опису чотирьох типів базових профілів.

Стандарт ISO 8802/2 визначає на підрівні 2Б функції керування логічним каналом. Він не залежить від типу використовуваних фізичних засобів з'єднання, тому є загальним для чотирьох базових профілів. Обумовлені стандартом функції охоплюють опис переданих по мережі блоків інформації, іменованих кадрами.

Розглянутий стандарт забезпечує виконання двох видів сервісу. Перший із них не орієнтований на встановлення з'єднання, тому інформація передається і приймається без попередження партнера. Другий вид сервісу забезпечує попереднє створення з'єднання, по якому потім передаються кадри.

8802/2 Управління логічним каналом			
8802/3 Моноканал	8802/4 Моноканал	8802/5 Циклічне	8802/6 Подвійна
з випадковим доступом	з повноваженнями	кільце	шина

Структура стандартів 802.

Стандарт 8802/3 визначає моноканал із випадковим доступом. Моноканал може бути фізичним, тобто може використовувати фізичні засоби з'єднання (наприклад, кабель, скручену пару проводів) цілком.

Моноканал може бути і приватним, коли він використовує лише виділену йому смугу частот у фізичних засобах з'єднання.

Сутність методу випадкового доступу в моноканал у стандарті 8802/3 полягає в наступному. Абонентська система, що бажає взаємодіяти з одним або декількома партнерами, прослухує моноканал, очікуючи; коли по ньому закінчиться передача сигналів іншої системою. При звільненні моноканала абонентська система починає передачу інформації. При цьому система може почути, що одночасно початку передачу ще одна система (у каналі відбулося сутичку кадрів). Тільки з'явиться сутички всі системи передачу припиняють. Після довільного (для кожної системи) інтервалу часу передача починається знову. При повторних сутичках система після кожної спроби подвоює час чекання.

Метод випадкового доступу, дуже простий, надійний, але ефективний тільки при відносно невеликому трафіку. Якщо ж частота передачі пакетів через моноканал стає великий, то швидко зростає число сутичок і ефективність каналу падає.

Стандарт 8804/4 описує функціонування моноканала з повноваженнями. Цей моноканал, як і моноканал із випадковим доступом, може бути фізичним або частотним. З погляду передачі інформації вхідні в моноканал абонентські системи утворюють логічну каблучку. Кожній системі привласнюється адреса і їй відомі адреси попередньої (у логічній каблучці) і наступних систем.

Тут у моноканалі немає сутички кадрів, тому що кожна система передає інформацію, тільки отримавши на цей дозвіл, названий повноваженням. Закінчивши передачу, система передає повноваження наступної по логічній каблучці системі. Володіти повноваженням система може тільки обмежений час. Моноканал із передачею повноважень є досить складним. Але моноканальна мережа забезпечує роботу в режимі реального часу, тому що вихід із ладу складного устаткування може привести до розриву логічної каблучки і блоки даних у потрібний час не потраплять до адресата. Додавання в мережу або видалення з неї абонентської системи вимагає переадресації систем у логічній каблучці.

Стандарт 8802/5 визначає циклічна каблучка, створювана на основі кільцевого каналу, у який включаються абонентські системи. Метод доступу в циклічну каблучку заснований на передачі по ньому повноваження, що дозволяє черговій системі передачу інформації. Для керування повноваженнями одна з абонентські систем стає активним монітором, що відповідає за виявлення і виправлення помилок у каблучці.

Стандарт 8802/6 описує мережа, що призначена для великого міста. Ця комунікаційна підсітки призначена для передачі не тільки даних, але і промови і відео зображень. Підсітки є складним моноканалом із двома рівнобіжними загальними каналами. Тому її називають "Подвійна шина".

Цей комплекс визначає не тільки характеристики чотирьох комунікаційних підмереж, але й описує єдину схему підключення в підсітки абонентської системи.



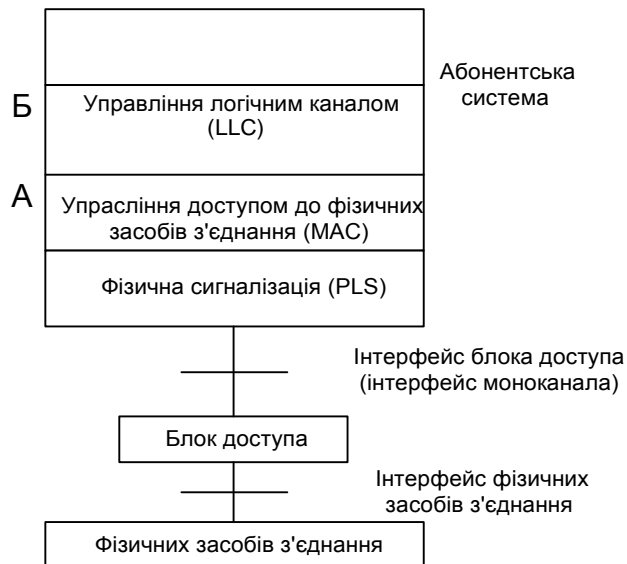


Рис.3.10 Схема підключення абонентської системи.

У ній комунікаційна підмережа ділиться на дві частини: фізичні засоби з'єднання і блоки доступу. Заради стандартизації для блока доступу визначаються два інтерфейси. Один із них описує підключення блока до фізичних засобів з'єднання, а інший - до абонентської системи. У будь-якому з чотирьох розглянутих функціональних профілів визначаються тільки два рівні: каналний (2) і фізичний (1). Тому профілі є базовими і служать опорою, на основі якої можуть, будуються різні (і навіть не сумісні) інформаційні мережі.

**Контрольні питання**

1. Дайте визначення абонентській, адміністративній системам.
2. Що собою представляє асоціативна система..
3. Поясніть сутність роботи маршрутизатора.
4. Поясніть сутність роботи моста.
5. Поясніть сутність роботи комутатора.
6. Поясніть сутність роботи шлюзу.
7. Дайте визначення термінальній системі.
8. Що собою представляє комплекс базових профілей.

## РОЗДІЛ 4: МОДЕМ. КЛАСИФІКАЦІЯ МОДЕМІВ ТА МОДЕМНИХ ПРОТОКОЛІВ

### Вступ

Класифікація модемів. Строгої класифікації модемів не існує й, імовірно, не може існувати через велику розмаїтість як самих модемів, так і сфер застосування й режимів їхньої роботи. Проте можна виділити ряд ознак, по яких і провести умовну класифікацію. До таких ознак або критеріїв класифікації можна віднести наступні: область застосування; функціональне призначення; тип використовуваного каналу; конструктивне виконання; підтримка протоколів модуляції, виправлення помилок і стиску даних. Можна виділити ще безліч більше детальних технічних ознак, таких як застосований спосіб модуляції, інтерфейс сполучення з DTE і так далі.

### 4.1. Класифікація модемів

#### По області застосування

Сучасні модеми можна розділити на кілька груп:

- для телефонних каналів, що комутуються;
- для виділених (орендованих) телефонних каналів;
- для фізичних сполучних ліній:
  - модеми низького рівня (лінійні драйвери) або модеми на короткі відстані (*short range modems*);
  - модеми основної смуги (*baseband modems*);
- для цифрових систем передачі (CSU/DSU);
- для стільникових систем зв'язку;
- для пакетних радіомереж;
- для локальних радіомереж.

Переважна більшість модемів, що випускають, призначено для використання на телефонних каналах, що комутуються. Такі модеми повинні вміти працювати з автоматичними телефонними станціями (АТС), розрізняти їхні сигнали й передавати свої сигнали набору номера.

Основна відмінність модемів для фізичних ліній від інших типів модемів полягає в тому, що смуга пропускання фізичних ліній не обмежена значенням 3,1 КГц, характерним для телефонних каналів. Однак смуга пропускання фізичної лінії також є обмеженою й залежить в основному від типу фізичного середовища (екранованої й неекранованої крученої пари, коаксіального кабелю й ін.) і її довжини.

З погляду використовуваних для передачі сигналів модеми для фізичних ліній можуть бути розділені на *модеми низького рівня* (лінійні драйвери), що використовують цифрові сигнали, і *модеми з "основною смугою"* (*baseband*), у яких застосовуються методи модуляції, аналогічні застосовуваним у модемах для телефонних каналів.

В модемах першої групи звичайно використовуються цифрові методи біім-пульсної передачі, що дозволяють формувати імпульсні сигнали без постійної складової й часто займають більше вузьку смугу частот, чим вихідна цифрова послідовність.

У модемах другої групи часто використовуються різні види квадратурної амплітудної модуляції, що дозволяють радикально скоротити необхідну для передачі смугу частот. У результаті на однакових фізичних лініях такими модемами може досягатися швидкість передачі до 100 Кбит/з, у той час як модеми низького рівня забезпечують тільки 19,2 Кбит/с.

Модеми для цифрових систем передачі нагадують модеми низького рівня. Однак на відміну від них забезпечують підключення до стандартних цифрових каналів, таким як E1/T1 або ISDN, і підтримують функції відповідних каналних інтерфейсів.

Модеми для стільникових систем зв'язку відрізняються компактністю виконання й підтримкою спеціальних протоколів модуляції й виправлення помилок, що дозволяють ефективно передавати дані в умовах стільникових каналів з високим рівнем перешкод і постійно, що змінюються параметрами. Серед таких протоколів виділяються ZyCELL, ETC й MNP10.

Пакетні радіомодеми призначені для передачі даних по радіоканалі між мобільними користувачами. При цьому деякі радіомодеми використовують той самий радіоканал у режимі множинного доступу, наприклад, множинного доступу з контролем несучої, відповідно до ITU-T AX.25. Радіоканал по своїх характеристиках близький до телефонного й організується з використанням типових радіостанцій, настроєних на ту саму частоту в УКВ або КВ діапазоні. Пакетний радіомодем реалізує методи модуляції й множинного доступу.

Локальні радіомережі є перспективною мережею, що швидко розвивається за технологією, яка доповнює звичайні локальні мережі. Ключовим їхнім елементом є спеціалізовані радіомодеми (адаптери локальних радіомереж). На відміну від раніше згаданих пакетних радіомодемів такі модеми забезпечують передачу даних на невеликі відстані (до 300 м) з високою швидкістю (2—10 Мбит/с), порівнянної зі швидкістю передачі в провідних локальних мережах. Крім того, радіомодеми локальних радіомереж працюють у певному діапазоні частот із застосуванням сигналів складної форми, таких як сигнали із псевдовипадковою перебудовою робочої частоти.

### *По методу передачі*

По методу передачі модеми діляться на асинхронні й синхронні. Говорячи про синхронний або асинхронний метод передачі звичайно мають на увазі передачу по каналі зв'язку між модемами. Однак передача по інтерфейсі DTE—DCE також може бути синхронною й асинхронною. Модем може працювати з комп'ютером в асинхронному режимі й одночасно з вилученим модемом — у синхронному режимі або навпаки. У такому випадку іноді говорять, що модем *синхронно-асинхронний* або він працює в синхронно-асинхронному режимі.

Як правило, синхронізація реалізується одним із двох способів, пов'язаних з тим, як працюють тактові генератори відправника й одержувача: незалежно друг від друга (асинхронно) або узгоджено (синхронно). Якщо передані дані складені з послідовності окремих символів, те, як правило, кожен символ передається незалежно від інших й одержувач синхронізується спочатку кожного одержуваного символу. Для такого типу зв'язку звичайно використовується асинхронна передача. Якщо передані дані утворюють безперервну послідовність символів або байтів, то тактові генератори відправника й одержувача повинні бути синхронізовані протягом тривалого проміжку часу. У цьому випадку використовується синхронна передача.

Асинхронний режим передачі використовується головним чином тоді, коли передані дані генеруються у випадкові моменти часу, наприклад користувачем. При такій передачі пристрій, що одержує, повинен відновлювати синхронізацію на початку кожного одержаного символу. Для цього кожен переданий символ обрамляється додатковим стартовим й одним або більше стоповими бітами. Такий асинхронний режим часто застосовується при передачі даних по інтерфейсі DTE-DCE. При передачі даних по каналі зв'язку можливості застосування асинхронного режиму передачі багато в чому обмежені його низькою ефективністю й необхідністю використання при цьому простих методів модуляції, таких як амплітудна й частотна. Більше зроблені методи модуляції, такі як ВФМ, КАМ й ін., вимагають підтримки постійного синхронізму опорних тактових генераторів відправника й одержувача.

При синхронному методі передачі здійснюють об'єднання великої кількості символів або байт в окремі блоки або кадри. Весь кадр передається як один ланцюжок бітів без яких-небудь затримок між восьмибітними елементами. Щоб приймаючий пристрій могло забезпечити різні рівні синхронізації, повинні виконуватися наступні вимоги:

- Передана послідовність бітів не повинна містити довгих послідовностей нулів або одиниць для того, щоб приймаючий пристрій могло стійко виділяти тактову частоту синхронізації.
  - Кожен кадр повинен мати зарезервовані послідовності бітів або символів, що відзначають його початок і кінець.
- Існує два альтернативних методи організації синхронного зв'язку: символно- або байт-орієнтований, і біт-орієнтований. Розходження між ними полягає в тому, як визначаються початок і кінець кадру. При біт-орієнтованому методі одержувач може визначити закінчення кадру з точністю до окремого біта, а байта (символу).

Крім високошвидкісної передачі даних властиво по фізичних каналах синхронний режим часто застосовується й для передачі по інтерфейсі DTE — DCE. У цьому випадку для синхронізації використовуються додаткові інтерфейсні ланцюги, по яких передається сигнал тактової частоти від відправника до одержувача.

#### *По інтелектуальним можливостям*

По інтелектуальним можливостям можна виділити модеми:

- без системи управління;
- підтримуючий набір AT-команд;
- з підтримкою команд V.25bis;
- з фірмовою системою команд;
- підтримуючі протоколи мережного управління.

Більшість сучасних модемів наділено широким спектром інтелектуальних можливостей. Стандартом де-факто стала безліч AT-команд, розроблених у свій час фірмою Hayes і дозволяюче користувачеві або прикладному процесу повністю управляти характеристиками модему й параметрами зв'язку. Із цієї причини модеми, що підтримують AT-команди зветься Hayes-сумісних модемів. Варто помітити, що AT-команди підтримують не тільки модеми для КТСОП, але й пакетні радіомодеми, зовнішні адаптери ISDN і ряд інших модемів з більше вузькими сферами застосування.

Найпоширенішим набором команд, що дозволяють управляти режимами встановлення з'єднання й автовизову є команди рекомендації ITU-T V.25bis.

Спеціалізовані модеми для промислового застосування часто мають фірмову систему команд, відмінну від набору AT-команд. Причиною тому є велике розходження в режимах роботи й виконуваних функцій між модемами широкого застосування й промисловими (мережними) модемами.

Промислові модеми часто підтримують протокол мережного керування SMNP (*Simple Manager Network Protocol*), що дозволяє адміністраторові управляти елементами мережі (включаючи модеми) з вилученого термінала.

#### *По конструкції*

По конструкції розрізняють модеми:

- зовнішні;
- внутрішні;
- портативні;
- групові.

Зовнішні модеми являють собою автономні пристрої, що підключають до комп'ютера або іншому DTE за допомогою одного зі стандартних інтерфейсів DTE-DCE. Внутрішній модем -

це плата розширення, що вставляє у відповідний слот комп'ютера. Кожний з варіантів конструктивного виконання має свої переваги й недоліки, які будуть розглянуті далі.

Портативні модеми призначені для використання мобільними користувачами разом з комп'ютерами класу Notebook. Вони відрізняються малими габаритами й високою ціною. Їхні функціональні можливості, як правило, не уступають можливостям повнофункціональних модемів. Часто портативні модеми оснащені інтерфейсом РСМСІА.

Груповими модемами називають сукупність окремих модемів, об'єднаних у загальний блок й маючих загальні блок живлення, пристрою керування й відображення. Окремий модем групового модему являє собою плату з розніманням, установлювану в блок, і розрахований на один або невелике число каналів.

#### *По підтримці міжнародних і фірмових протоколів*

Модеми також можна класифікувати відповідно до реалізованого в них протоколами. Всі протоколи, що регламентують ті або інші аспекти функціонування модемів, можуть бути віднесені до двох більших груп: *міжнародні й фірмові*.

Протоколи міжнародного рівня розробляються під егідою ІТУ-Т і приймаються їм як рекомендації (раніше ІТУ-Т називався *Міжнародним консультативним комітетом з телефонії й телеграфії* — МККТТ, міжнародна аббревіатура — ССІТТ). Всі рекомендації ІТУ-Т щодо модемів ставляться до серії V. Фірмові протоколи розробляються окремими компаніями - виробниками модемів, з метою перемогти в конкурентній боротьбі. Часто фірмові протоколи стають стандартними протоколами де-факто й приймаються частково або повністю як рекомендації ІТУ-Т, як це трапилося з рядом протоколів фірми Місгосот. Найбільше активно розробкою нових протоколів і стандартів займаються такі відомі фірми, як АТ&Т, Motorola, U.S. Robotics, ZyXEL й інших.

## **4.2. Класифікація модемних протоколів**

З функціональної точки зору модемні протоколи можуть бути розділені на наступні групи:

- протоколи, що визначають норми взаємодії модему з каналом зв'язку (V.2, V.25);
- протоколи, що регламентують з'єднання й алгоритми взаємодії модему й DTE (V.10, V.11, V.24, V.25, V.25bis, V.28);
- протоколи модуляції, що визначають основні характеристики модемів, призначених для що комутирують і виділених телефонних каналів. До них ставляться такі протоколи, як V.17, V.22, V.32, V.34, HST, Zy і велика кількість інших;
- протоколи захисту від помилок (V.41, V.42, MNP1-MNP4);
- протоколи стиску переданих даних, такі як MNP5, MNP7, V.42bis;
- протоколи, що визначають процедури діагностики модемів, випробування й виміри параметрів каналів зв'язку (V.51, V.52, V.53, V.54, V.56);
- протоколи узгодження параметрів зв'язку на етапі її встановлення (*Handshaking*), наприклад V.8.

Приставки "bis" й "ter" у назвах протоколів позначають, відповідно, другу й третю модифікацію існуючих протоколів або протокол, пов'язаний з вихідним протоколом. При цьому вихідний протокол, як правило, залишається підтримуваним.

Деяку ясність серед різноманіття модемних протоколів може внести їхня умовна класифікація, наведена на рис. 4.1.

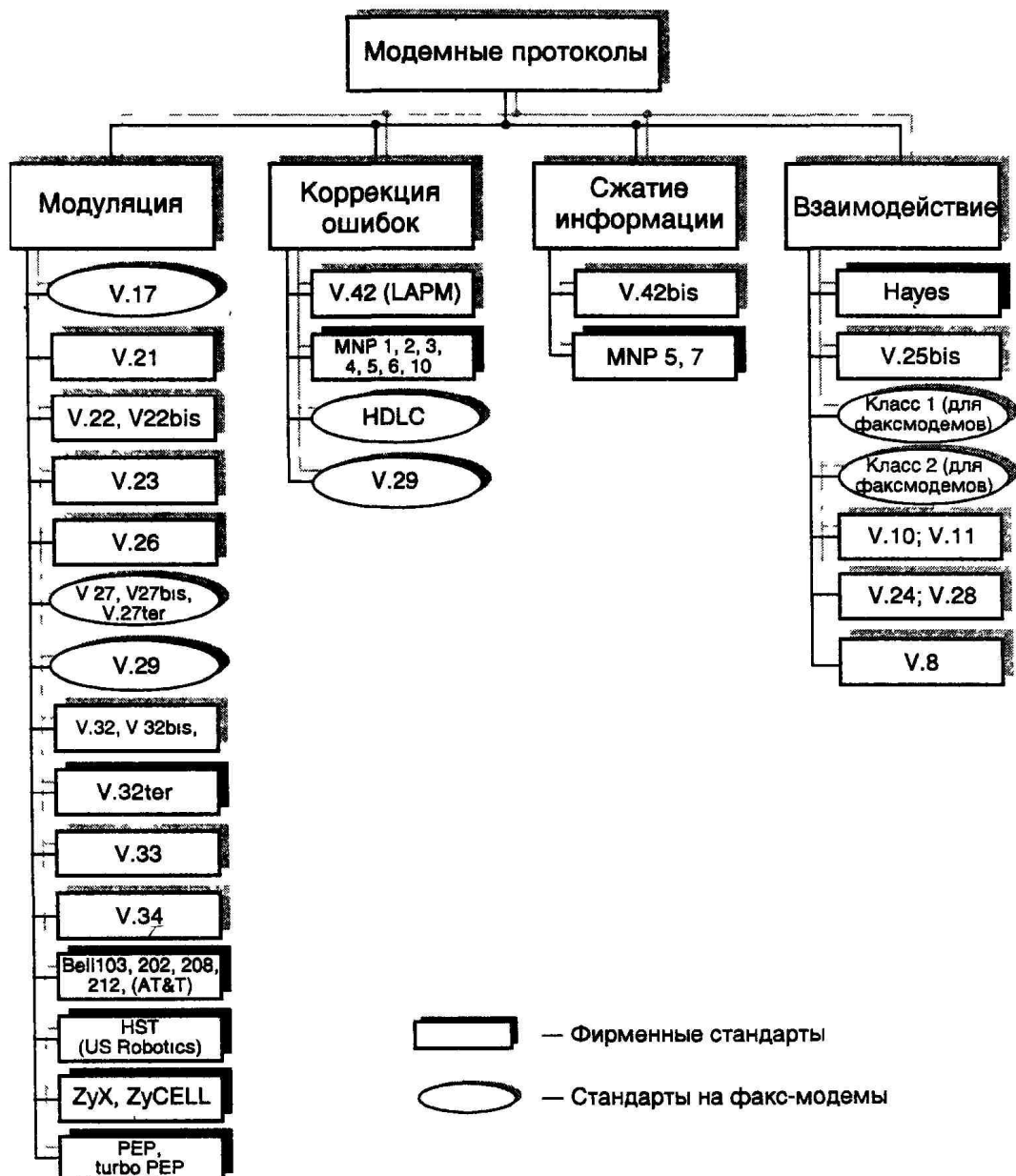


Рис. 4.1 - Класифікація модемних протоколів

Варто також помітити, що деякі протоколи не можна віднести тільки до однієї з наведених груп, тому що вони описують реалізацію ряду різних функцій, наприклад, таких як модуляція й корекція помилок. У першу чергу, це ставиться до фірмових протоколів (ZyCELL, MNP10 й іншим).

### Контрольні питання

1. Дайте класифікація модемів.
2. Надайте класифікацію модемних протоколів.
3. Класифікація модемів по методу передачі.
4. Класифікація модемів по інтелектуальним можливостямі.
5. Класифікація модемів по конструкції
6. Класифікація модемів по підтримці міжнародних і фірмових протоколів

## РОЗДІЛ 5. ПОБУДОВА СУЧАСНИХ МОДЕМІВ

### Вступ

Відомості про внутрішній пристрій й архітектуру сучасних модемів не настільки доступні, як, наприклад, інформація про пристрій персональних комп'ютерів. Однією із причин цього є відсутність яких би те не було промислових стандартів на конструкцію модемів. Інша причина полягає в тому, що сучасні модеми, як правило, будуються на наборах спеціалізованих мікросхем, які реалізують основні модемні функції. Число виробників наборів модемних мікросхем значно менше числа виробників властиво модемів. Однак все-таки їх недостатньо для того, щоб можна було вести мову про яку-небудь уніфікацію модемних комплектуючих. Основними виробниками спеціалізованих наборів є фірми Rockwell, Intel, AT&T, Sierra Semiconductor, National Semiconductor, Motorola, Exar і деякі інших. Ряд відомих компаній, таких як U.S. Robotics, Telebit, ZyXEL, самостійно займається розробкою й виробництвом модемних мікросхем для своїх потреб. Деякі виробники при побудові модемів використовують мікросхеми загального призначення - цифрові процесори й мікроконтролери.

### 5.1. Побудова сучасних модемів

Здавався б кожен виробник модемів вільний роботи, що хоче і як хоче. Однак, це не так. У рамках такої "волі" виробник повинен створити конкурентноздатний продукт, що задовольняє безлічі стандартних модемних протоколів, які, у свою чергу, накладають певні вимоги на кількість й якість його функцій. Ці вимоги приводять до того, що у відмінні по конструкції модемах ті самі методи й протоколи реалізовані різними способами. Один з варіантів виконання модему можна представити у вигляді, зображеному на рис. 5.1.

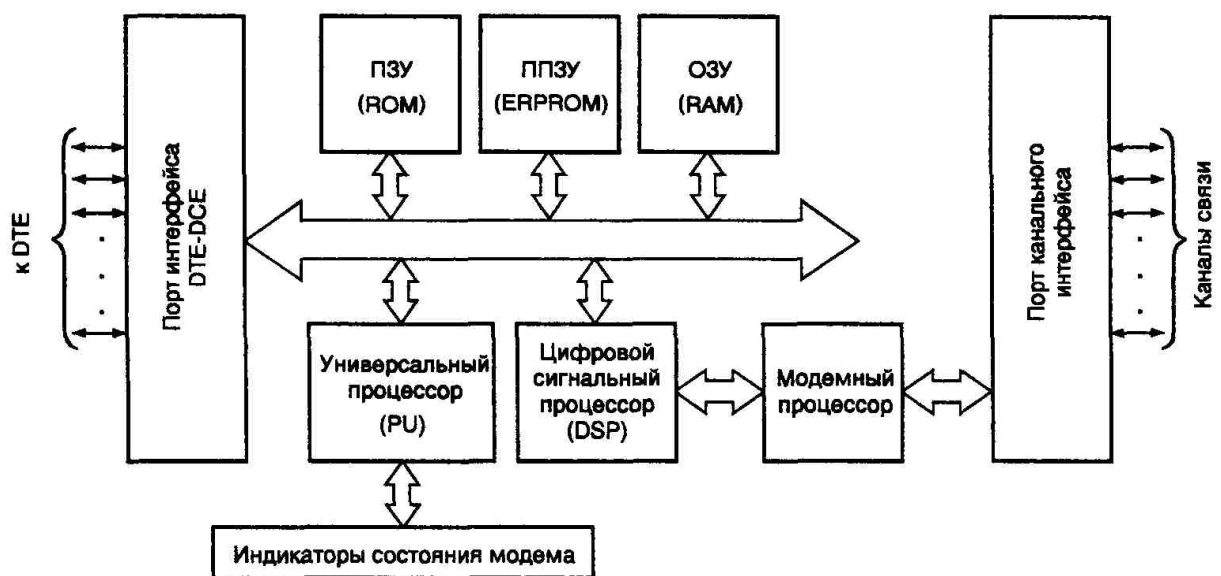


Рис. 5.1 - Побудова сучасного модему

Модем складається з адаптерів портів каналного й DTE-DCE інтерфейсів; універсального (PU), сигнального (DSP) і модемного процесорів; постійного (ПЗУ, ROM), постійного енергонезалежного перепрограмувального (ППЗУ, EPROM) оперативного (ОЗУ, RAM) запам'ятовувальних пристроїв і схеми індикаторів стану модему.

Порт інтерфейсу DTE-DCE забезпечує взаємодія з DTE. Якщо модем внутрішній, замість інтерфейсів DTE-DCE може застосовуватися інтерфейс внутрішньої шини комп'ютера ISA. Порт каналного інтерфейсу забезпечує узгодження електричних параметрів з використовуваним каналом зв'язку. Канал може бути аналоговим або цифровим, із двох- або чотирьохпровідним закінченням.

Універсальний процесор виконує функції керування взаємодією з DTE і схемами індикації стану модему. Саме він виконує що посилають DTE AT-команди й управляє режимами роботи інших складових частин модему. Також універсальний процесор може реалізовувати операції компресії/декомпресії переданих даних.

Інтелектуальні можливості модему визначаються в основному типом використовуваного PU і мікропрограмою керування модемом, що зберігається в ROM. Шляхом заміни або перепрограмування ROM іноді можна досягти істотного поліпшення властивостей модему, тобто зробити його модернізація, або апгрейд (upgrade). Такого роду модернізація деяких моделей модемів може забезпечити підтримку нових протоколів або сервісних функцій, таких як автоматичне визначення номера (АОН) зухвалого абонента. Для полегшення такої модернізації останнім часом замість мікросхем ROM стали широко застосовуватися мікросхеми флеш-пам'яті (FlashROM).

Схема ERPROM дозволяє зберігати установки модему в так званих профайлах або профілях модему на час його вимикання. Пам'ять RAM інтенсивно використовується для тимчасового зберігання даних і виконання проміжних обчислень як універсальним, так і цифровим сигнальним процесорами.

На сигнальний процесор, як правило, покладають завдання по реалізації основних функцій протоколів модуляції (кодування згортковим кодом, відносно кодування, скремблювання й т.д.), за винятком хіба що властиво операцій модуляції/демодуляції. Останні операції звичайно виконуються спеціалізованим модемним процесором.

Описаний розподіл функцій між складовими частинами модему може бути, і швидше за все буде, зовсім не таким, яке реалізовано у вашому конкретному модемі. Однак внутрішньою начинкою сучасного модему всі ці функції тією чи іншою мірою повинні виконуватися.

Нижче докладніше зупинимося на пристрої аналогових (для телефонних каналів) і цифрових модемах й основних їхніх функціях, пов'язаних з обробкою сигналів. Згідно рис. 5.1 ці функції реалізуються цифровим сигнальним процесором, модемним процесором і властиво каналним інтерфейсом.

## 5.2. Побудова цифрового модему

Як ми вже відзначали, до цифрових модемів можна віднести такі пристрої, як CSU/DSU (*Channel Service Unit/Data Service Unit*), термінальні адаптери ISDN, а також модеми на короткі відстані (*Short Range Modem*). По виконуваних функціях цифрові модеми дуже схожі на модеми для аналогових каналів зв'язку. За винятком самих найпростіших, цифрові модеми мають інтелектуальні функції й підтримують набір AT-ко-манд. У першу чергу це ставиться до цифрових модемів, що працюють на комутирують лініях, що, наприклад, у мережах ISDN. Як приклад цифрового модему розглянемо пристрій CSU/DSU.

Пристрій CSU/DSU застосовуються для передачі даних по цифрових каналах типу E1/T1, Switched 56 й іншим. CSU забезпечує правильне узгодження з використовуваним цифровим каналом і частотною корекцією лінії. CSU також підтримує виконання перевірок за шлейфом. На CSU часто встановлюються світлові індикатори, що сигналізують про обрив місцевих ліній, втрати зв'язку зі станцією, а також про роботу в режимі перевірки за шлейфом. Живлення CSU може здійснюватися окремим джерелом живлення, або за допомогою самої цифрової лінії.

Модулі обслуговування даних, або цифрові службові модулі DSU включаються в ланцюг між CSU й DTE (рис. 5.2), у якості якого часто виступає не тільки комп'ютер, але й різне мережне встаткування, наприклад, маршрутизатор, міст, мультиплексор або сервер. На DSU



звичайно встановлюється інтерфейс RS-232 або V.35. Основним завданням DSU є приведення потоку цифрових даних, що надходять від DTE у відповідність зі стандартом, прийнятим для даної цифрової лінії.

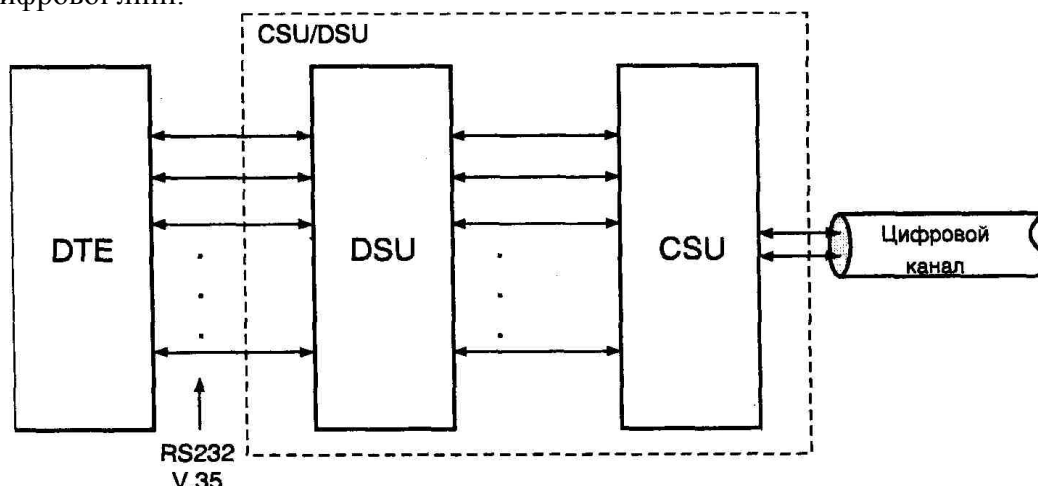


Рис. 5.2 - Схема пристрою CSU/DSU

Можна провести аналогію з апаратурами для мереж ISDN. У цьому випадку CSU грають приблизно ту ж роль, що й NT1, а DSU схожі на термінальні адаптери ISDN. DSU часто вбудовують в інші пристрої, наприклад мультиплексори. Але частіше їх комбінують із CSU. При цьому виходить єдиний пристрій, іменоване CSU/DSU або DSU/CSU. В CSU/DSU можуть вбудовуватися схеми стиску переданих даних, а також резервні комутувати порти, що. Часто пристрою CSU/DSU виконують функції захисту від помилок, реалізуючи один із протоколів HDLC. На жаль, в області цифрових модемів немає такої твердої стандартизації на протоколи стиску даних, захисту від помилок і вид лінійного кодування, яка існує для аналогових модемів KTCOP. Із цієї причини треба з великою обережністю здійснювати вибір цифрових модемів різних виробників.

Як ми вже відзначали, для передачі даних по цифрових лініях потрібно виконати певне перетворення вихідної послідовності. Таке перетворення часто зветься лінійного кодування (кодування для лінії передачі). Розглянемо докладніше для чого і як воно робиться.

### 5.3. Лінійне кодування

Дані користувача, що надходять від DTE, уже є цифровими, представленими в уніполярному або біполярному коді без вороття до нуля — NRZ (*NonReturn to Zero*). При передачі даних на більшій відстані в коді NRZ виникають наступні проблеми:

- Із часом наростає постійний струм, блокуємий деякими електричними пристроями цифрового тракту, наприклад, трансформаторами, що приводить до переключування переданих імпульсів.
- Зміна постійного струму в ланцюзі негативно позначається на функціонуванні пристроїв, що одержують живлення з лінії (репітери або CSU).
- Передача довгих серій нулів або одиниць приводить до порушення правильної роботи пристроїв синхронізації.
- Відсутня можливість контролю виникаючих помилок на рівні фізичного каналу.

Перераховані проблеми вирішуються за допомогою лінійного кодування. Параметри одержуваного лінійного сигналу повинні бути погоджені з характеристикою використовуваної лінії й відповідати ряду наступних вимог:

- Енергетичний спектр лінійного сигналу повинен бути як можна вже. У ньому повинна бути відсутня постійна складова, що дозволяє підвищити вірність або дальність передачі.
- Структура лінійного сигналу повинна забезпечувати можливість виділення тактової частоти на прийомній стороні.
- Необхідно забезпечити можливість постійного контролю за помилками на рівні фізичної лінії.
- Лінійний код повинен мати досить просту технічну реалізацію.

Формування необхідного енергетичного спектра може бути здійснено відповідною зміною структури імпульсної послідовності й вибором потрібної форми імпульсів. Наприклад, навіть скорочення тривалості імпульсів у два рази (біімпульсний код з поверненням до нуля, *RZ*) удвічі зменшує рівень постійної складової й збільшує рівень тактової складової в спектрі такого сигналу.

Розрізняють неалфавітні (1У1Т) і алфавітні (*mVn*) коди (*V* - двійкове, *T* - трійкова підстава коду). При  $m > n$  швидкість передачі знижується. Граничною завадостійкістю володіють сигнали, елементи яких рівні, але протилежні по полярності. Приклади найбільш популярних лінійних кодів наведені на рис. 5.3.

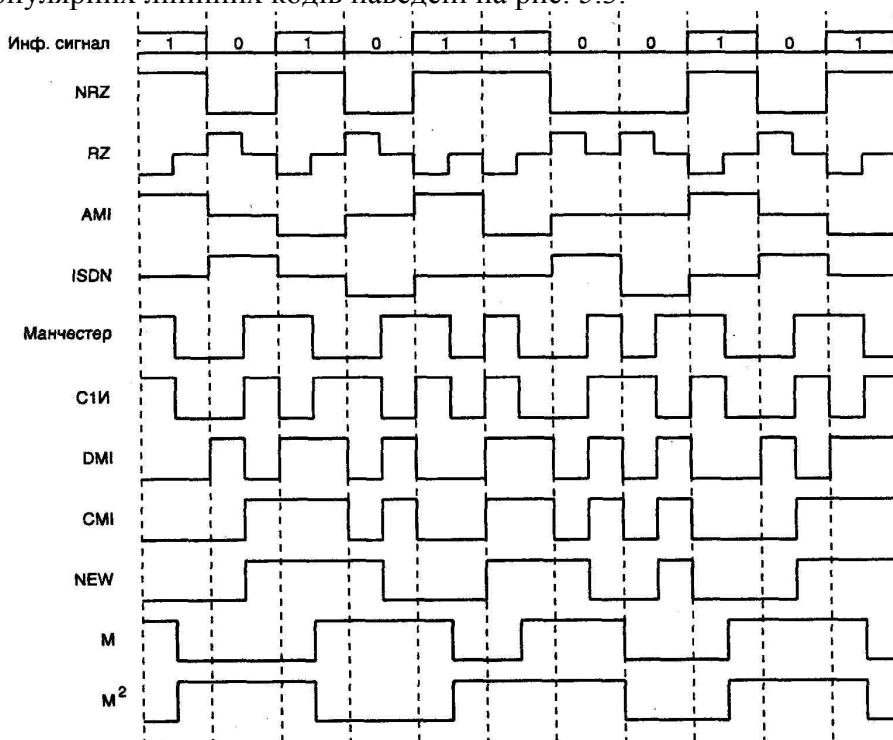


Рис. 5.3 - Приклади кодування лінійними кодами

Квазітрійковий сигнал із чергуванням полярності імпульсів *AMI* (*Alter nete Mark Inversion*) одержують із двійкового в результаті перетворення, при якому нулі вихідного двійкового коду передаються імпульсами нульової амплітуди, а одиниці — імпульсами полярності, що чергується, і вдвічі меншої тривалості. Сигнали з кодом *AMI* вимагають роздільної регенерації позитивних і негативних імпульсів (рис. 2.15) при їхньому відновленні в прийमाхах і репітерах. Інформація про синхронізуючий сигнал, як правило, виділяється після випрямлення квазітрійкового сигналу в резонансному пристрої синхронізації. Недоліком коду *AMI* є те, що з появою в інформаційній послідовності серій "нулів" різко знижується рівень синхронізуючої складової сигналу, що приводить до зриву синхронізації.

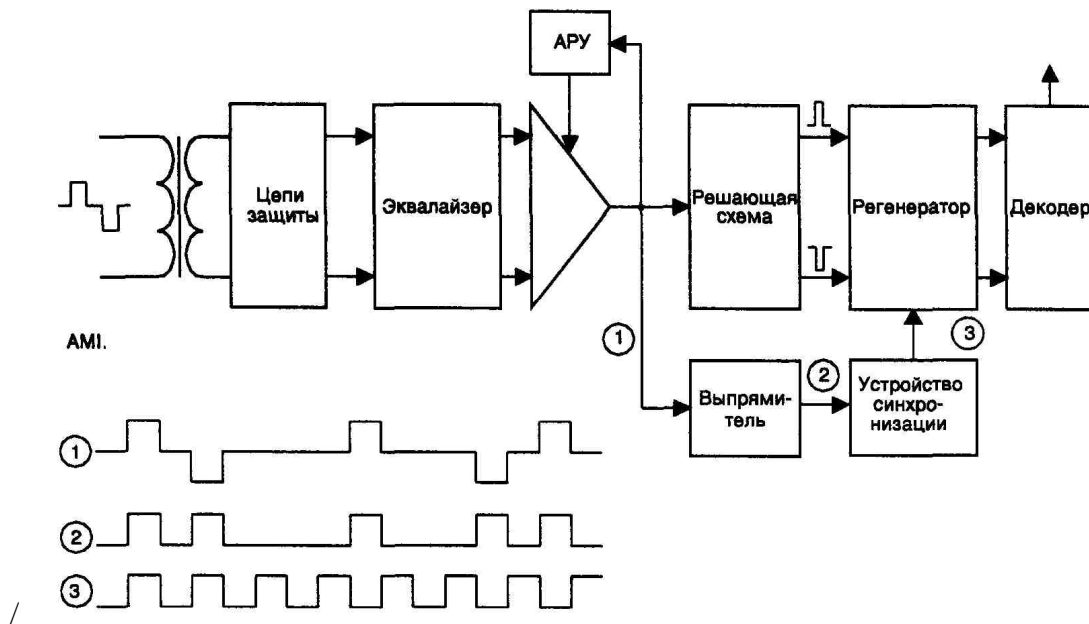


Рис. 5.4 - Приемач линейного сигнала в коде АМІ

Найбільш широке поширення одержали дворівневі лінійні коди з подвоєнням швидкості передачі класу 1У2У (перетворення групи з одного дворівневого символу в групу із двох дворівневих символів), що володіють високою перешкодозахищеністю, простотою перетворення й виділення тактової частоти. Однак частота проходження імпульсів таких кодів, а отже, і необхідна смуга частот передачі вдвічі перевищує частоту проходження вихідної двійкової послідовності. До таких кодів ставляться коди Манчестер, DMI, CMI, NEW, код Міллера (М),  $M^2$ , код вітчизняного стику 31-І (31-ФЛ-БІ) і ряд інших менш популярних.

Код Манчестер характеризується однозначною відповідністю послідовності чергування імпульсів усередині тактового інтервалу. А саме, "1" вихідного цифрового сигналу передається нульовим імпульсом у першому напівтактовому інтервалі й одиничним - у другому. Для символу "0" приймається зворотний порядок чергування імпульсів (біімпульс 10). Аналогічний код, у якому символ "1" передається двійковою парою 10, а символ "0" - парою 01, називається кодом Манчестер-ІІ.

На стику 31-и символу "1" вхідної інформаційної послідовності відповідає біімпульс 10 або 01, що збігається з попередньої, а символу "0" - біімпульс 10 або 01, інверсний стосовно попередній біімпульсу. Інакше кажучи, даний код є відносним, подібно тому, що використовується при модуляції методом ОФМ. Відносне кодування дозволяє вирішити проблему невизначеності фази біімпульса на прийомній стороні. У результаті цього стик 31-и не боїться помилок типу "дзеркальний прийом", або "зворотна робота" (інверсія знаків) і переполусовки контактів фізичної лінії або використовуваних рознімачів.

Енергетичні спектри ряду лінійних кодів наведені на рис. 5.5, де  $f_t$  — тактова частота проходження вихідних двійкових символів. Ці спектри дозволяють судити про частотну ефективність і властивості синхронізації найбільш популярних лінійних кодів.

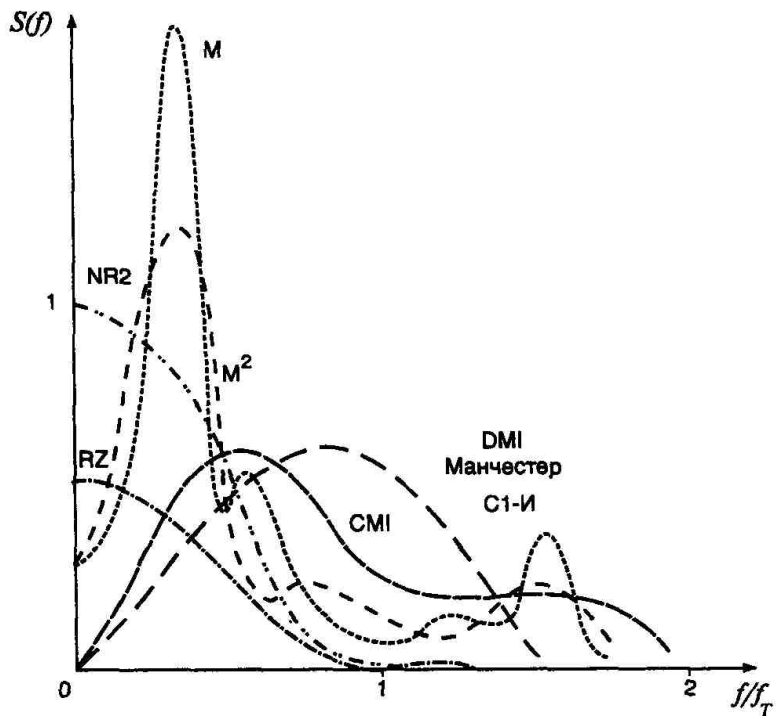


Рис. 5.5 - Нормовані енергетичні спектри лінійних сигналів

**Контрольні питання**

1. Поясніть принципи побудови модемів.
2. Поясніть принципи побудови цифрового модему.
3. Яким чином відбувається лінійне кодування в модемі.

## РОЗДІЛ 6. ПРОТОКОЛИ ВИПРАВЛЕННЯ ПОМИЛОК. ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ПЕРЕДАЧІ

### Вступ

При передачі даних по каналам зв'язку завжди виникають помилки. Причини можуть бути дуже різні, але результат один – дані спотворюються і не можуть бути використані на приймальній стороні для подальшої обробки. Як правило, ймовірність викривлення біта в потоці передаваних даних на рівні фізичного каналу знаходиться в межах  $10^{-2} \dots 10^{-6}$ . В теперішній час зі сторони користувачів і багатьох прикладних процесів часто реалізується вимога до ймовірності помилок в приймаємих даних не нижче  $10^{-6} \dots 10^{-12}$ . Боротьба з виникаючими помилками ведеться на різних рівнях семирівневої моделі ВВС ( в основному на перших чотирьох). Для боротьби з виникаючими помилками відомо багато різних способів. Всі їх можливо поділити на дві групи: ті, які не використовують зворотній зв'язок і ті, що використовують.

### 6.1. Підвищення достовірності передачі

В першому випадку на передаючій стороні дані, що передаються кодуються одним з відомих кодів з виправленням помилок. На приймальній боці, відповідно, проводиться декодування інформації, що приймається та виправлення знайдених помилок. Виправляюча спроможність завадостійкого коду залежить від числа надлишкових бітів, які генеруються кодером. Якщо вносима надмірність невелика, то є небезпека того, що приймаємі дані будуть вміщати невизначені помилки, які можуть привести до помилок в роботі прикладного процесу. Якщо ж використовувати код з високою пропускнуою спроможністю (великою надмірністю), то це приводить до зниження реальної швидкості передачі даних. В системах зі зворотнім зв'язком використовуються процедури визначення помилок і перепросу, що називається визначенням помилок з автоматичним за просом повторення (АЗП). В цьому випадку код використовується тільки в режимі визначення помилок, що дозволить досягти дуже низької ймовірності невизначеної помилки ( до  $10^{-6} \dots 10^{-12}$ ) при незначному рівні надлишковості, що вводитьься.

При передачі даних модемами найбільш широке застосування знайшов другий підхід, оснований на використанні методів АЗП. Іноді також застосовується комбінація двох розглянутих підходів, що закладається в реалізації на передавальній стороні спочатку кодування з визначенням помилок, а потім кодування кодом з виправленням помилок. Також методи гібридного АЗП особливо ефективні при передачі даних по каналам дуже низької якості.

Для реалізації механізму АЗП передавані дані організуються в спеціальні блоки, які зветься кадрами.

### 2. Формат кадра протоколів з виправленням помилок

Формат кадру залежить від свого функціонального призначення, типу протоколу і режиму передачі. Але узагальнено кадр повинен мати два флага (FLAG), поле управління (CONTR), поле інформації (INFORM) і контрольну послідовність кадру (FCS – Frame Check Sequence), яку часто називають полем циклічного надлишкового коду (CRC – Cyclical Redundancy Check):

FLAG	CONTR	INFORM	FCS	FLAG
------	-------	--------	-----	------

Флаги складаються з унікальної послідовності «01111110» та призначені для встановлення і підтримки синхронізації передачі. Флагова послідовність дозволяє приймачу розпізнати початок і кінець приймаємого кадру.

Поле управління вміщує команди, відповіді, а також порядкові номери, які використовуються для контролю проходження даних в каналі між приймачем та передавачем. Формат і вміст поля управління можуть коливатися в залежності від конкретного типу кадру конкретного протоколу.

Інформаційне поле вміщує дані користувача або прикладного процесу, які передаються отримувачу.

Контрольна послідовність кадру використовується для визначення помилок передачі між двома АКД. Передаюча АКД обчислює FCS і включає його в склад кадру. В свою чергу приймаюча АКД проводить аналогічні обчислення над прийнятим кадром і порівнює отриманий результат з полем FCS. Якщо має місце співпадіння, то вирішується, що передача пройшла без помилок. Ймовірність не знайденої помилки, як правило, досягає порядку  $10^{-6}$  і менше. У випадку неспівпадіння контрольних послідовностей кадру, вирішується, що була помилка. Приймаюча АКД посилає негативне підтвердження, що означає, що необхідно повторити передачу.

## 6.2. Винайдення помилок

Для винайдення помилок в передаваних даних можуть бути використані різні методи. До них відносяться:

- по символний контроль парності (використовується при передачі по порту RS-232);
- поблочний контроль парності;
- розрахунок контрольної суми;
- контроль циклічним надлишковим кодом (CRC).

Реалізація перших трьох методів відносно проста. На жаль, нездібність цих методів виявляти групи помилок обмежує їх практичне використання.

CRC – контроль є найбільш оптимальним методом знаходження помилок і використовується для знаходження помилок на рівні блоків даних. Він базується на діленні та множенні багаточленів. В певному сенсі CRC – контроль є алгоритмом хешування, який відображує елементи великого набору на елементи малого набору. Процес хешування приводить до втрати інформації. Хоча кожний окремий елемент даних відображується на один і тільки на один елемент хеш-набору – зворотнє не вірно. При CRC – контролі великий набір всіх можливих двійкових чисел відображується на менший набір усіх можливих CRC.

Обчислення і використання коду CRC проводиться у відповідності з наступною послідовністю дій:

До вмісту кадру, який описується поліномом  $F(x)$ , добавляється набір одиниць

$$L(x) = \sum_{n=0}^{15} x^n = 1111111111111111,$$

кількість яких дорівнює довжині поля CRC.

Визначене таким чином число  $x^{16}F(x)+x^kL(x)$ , де  $k$  – ступінь  $F(x)$ , ділиться на поліном  $q(x)$ .

Залишок  $O(x)$  від такого ділення, визначається з співвідношення

$$Q(x)q(x) = x^{16}F(x)+x^kL(x)+O(x),$$

де  $Q(x)$  – частка від ділення  $x^{16}F(x)+x^kL(x)$  на  $q(x)$ , в інвентованому вигляді розміщується в контрольному полі кадру. На приймальній стороні виконується поділ вмісту кадру з полем CRC  $x^{16}F^*(x)+x^kL(x)+O(x)$ , де  $F^*(x) = x^{16}F(x)+L(x)+O(x)$  – кодова комбінація, що передається, на поліном  $q(x)$ . Результат такого ділення можливо привести до вигляду:

$$x^{16}[x^{16}F(x)+x^kL(x)+O(x)]/q(x) + x^{16}L(x)/q(x) = x^{16}[Q(x)q(x)]/q(x) + x^{16}L(x)/q(x),$$

Чисельник першого доданка на  $q(x)$ , тому в приймачі, якщо при передачі не було помилок, залишок отримується рівним останку від ділення постійного чисельника другого доданка ( $x^{16}L(x)/q(x)$ ) і має вигляд

$$x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^3+x^2+x+1 = 1110100001111.$$

Таким чином, якщо результат обчислень на приймальній стороні дорівнює деякому визначеному числу (в деяких системах нулю, або іншому числу, що не співпадає з приведеним вище), то приймається, що передача виконана без помилок.

Можливі інші алгоритми формування та перевірки контрольного поля кадру. Однак відмінності їх від розглянутого носять частиний характер.

При виборі породжуючого поліному руководствуються розрядністю залишку і його здатністю виявляти помилки. Ряд породжуючих поліномів прийнятий міжнародними організаціями в якості стандартів.

Рекомендацією ITU-T V.41 стандартизується поліном  $q(x)=x^{16}+x^{12}+x_5+1$ .

Іншим популярним 16-розрядним породжуючим поліномом є поліном CRC-16. Він широко відомий як частина протоколу двійкової синхронної передачі (*BSC – Binary Synchronous Communications*) фірми IBM. Поліном CRC-16 представляється у вигляді

$$q(x)=x^{16}+x^{15}+x^2+1$$

Породжуючий поліном CRC-32 представляється у вигляді

$$q(x)=x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x^1+1.$$

### Методи повторної передачі (ARQ)

Можливо ряд варіантів механізму ARQ. Кожний правильно прийнятий кадр може бути підтверджений спеціальним кадром, або підтвердження може бути встановлено в управляюче поле інформаційних кадрів, що переносить дані з зворотному напрямку. В останньому випадку також повинні використовуватися спеціальні кадри підтвердження, оскільки інформаційного кадру в необхідний момент може не бути.

Існує два види підтвердження про прийом: позитивне (ACK) і негативне (NAK). Але в будь-якому для запобігання перевантажень повинно застосовуватися перерви. Передаюча сторона, не отримавши відповіді (ACK або NAK) на протязі заданого проміжку часу після передачі, повторює відповідний кадр. Щоб організувати процедуру переривів, кадри повинні зберігатися в накопичувачі передаючої сторони до отримання підтвердження правильності передачі.

Існують три способи обробки відповідей на позитивне та негативне підтвердження:

- Стартстопний, або передача з зупинкою і очікуванням (SAW – Stop And Wait), який часто називають блочним методом передачі.
- З поверненням на N кадрів (GBN – Go Back N) – потоковий метод передачі.
- Метод вибіркового (селективного) повтору (SR – Selective Repeat).

#### SAW

Згідно цієї процедури без підтвердження може бути переданий тільки один кадр. Після передачі чергового кадру передаюча сторона чекає підтвердження. Якщо поступає негативне підтвердження або відбувається перевищення часу тайм-аута, кадр передається повторно. Кадр скидається з накопичувача передавача лише після отримання позитивного підтвердження.

Цю процедуру зручно використовувати при напівдуплексному зв'язку, коли передача сторін чередується. Однак вона неефективна у випадку організації дуплексного зв'язку,

особливо, якщо час розповсюдження сигналу по каналу більше часу передачі кадру, що типово для супутникових та ряду інших каналів.

З теорії телекомунікацій відомо вираз для оцінки продуктивності СПД зі схемою ARQ типу SAW:

$$\eta_{SAW} = Q/(1+VD/n),$$

де  $Q$  – ймовірність безпомилкової передачі кадру з  $n$  біт;  $V$  – швидкість передачі, біт/с;  $D$  – середня затримка між двома успішними передачами, с.

Якщо час розповсюдження малий (при невеликій довжині каналу або у випадку низької швидкості передачі), процедура SAW не приведе до значного зниження продуктивності всієї системи.

### GBN

В даному випадку кадри передаються безперервно без очікування підтвердження прийому певної кількості кадрів. При отриманні негативного підтвердження або по закінченні встановленого часу очікування непідтверджених та всі наступні кадри передаються повторно. Продуктивність схеми GBN може бути обчислена за допомогою наступного виразу:

$$\eta_{GBN} = Q/(Q+(1-Q)N),$$

де  $N$  – затримка кругового розповсюдження, тобто проміжок часу від моменту початку передачі кадру до моменту отримання підтвердження на нього.

В практичних версіях процедур GBN, наприклад у складі протоколу V.42, не всі кадри потребують підтвердження. Позитивне підтвердження може слугувати підтвердженням правильної передачі не тільки даного кадру, але й усіх, які були попередніми.

### SR

Згідно процедури SR повторна передача даних відбувається тільки для кадру, на який отримано підтвердження або закінчився час тайм-ауту підтвердження. Ця процедура, у порівнянні з процедурами SAW та GBN, істотно збільшує пропускну здатність СПД. Але для передачі та прийому кадрів не по порядку їх номерів на приймальному боці повинен знаходитись буферний накопичувач з довільним доступом. Зі збільшенням затримки розповсюдження сигналу в каналі зв'язку необхідно збільшувати буферну пам'ять. Реалізація процедури SR є більш складною та дорогою. По цій причині вона довго не могла знайти широкого комерційного застосування.

Ефективність СПД зі схемою ARQ типу SR в ідеальному випадку залежить від ймовірності безпомилкового прийому кадрів, тобто від якості каналу зв'язку:

$$\eta_{SR} = Q.$$

Порівнюючи приведені вирази для продуктивності трьох основних схем ARQ, неважко побачити, що при умові короткої відстані та низької швидкості передачі ефективність систем передачі становиться рівної між собою і залежить виключно від якості каналу зв'язку (ймовірності  $Q$ ). З іншого боку, при збільшенні відстані та збільшенні швидкості передачі ( $D, V, N \rightarrow \infty$ ), стратегія селективної повторної передачі є найбільш ефективною.

### **Контрольні питання**

1. Яким чином забезпечується підвищення достовірності передачі в сучасних модемах.
2. Наведіть формат кадру протоколів з виправленням помилок в модемах.
3. Які методи використовуються для винайдення помилок в передаваних даних..
4. Метод посимвольного контролю парності.
5. Метод поблочного контролю парності.



6. *Метод розрахунку контрольної суми*
7. *Метод контролю циклічним надлишковим кодом.*
8. *Методи повторної передачі даних.*

## РОЗДІЛ 7. ПРОТОКОЛИ СТИСНЕННЯ ДАНИХ

### Вступ

Використання стиснення даних дозволяє більш ефективно використовувати ємність дискової пам'яті. Не менш корисно використання стиснення при передачі інформації в будь-яких системах зв'язку. В останньому випадку з'являється можливість передавати значно менші обсяги даних та відповідно, потрібно значно менші ресурси пропускнуєї спроможності каналів для передачі той ж інформації.

### 7.1. Основні методи стиснення

Науковою передумовою можливості стиснення даних виступає відома з теорії інформації теорема кодування для каналу без перешкод, яка була опублікована наприкінці 40-х років 20-го століття в статті Клода Шеннона «Математична теорія зв'язку». Теорема стверджує, що в каналі зв'язку без перешкод можливо так перетворити послідовність символів джерела в послідовність символів коду, що середня довжина символів коду може бути як завгодно близька до ентропії джерела повідомлень  $H(X)$ , яка визначається:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^N p(x_i) \log p(x_i)$$

де  $p(x_i)$  – ймовірність появи повідомлення  $x_i$  з  $N$  можливих символів алфавіту джерела. Число  $N$  називають обсягом алфавіту джерела.

Ентропія джерела  $H(X)$  виступає кількісною мірою розмаїтості видаваних джерелом повідомлень та є його основною характеристикою. Чим вище розмаїтість алфавіту  $X$  повідомлень та порядку їх появи, тим більша ентропія  $H(X)$  і тим складніше цю послідовність стиснути. Ентропія джерела максимальна, якщо апріорні ймовірності повідомлень та ймовірності їх видачі є рівними між собою. З іншої сторони,  $H(X) = 0$ , якщо одне повідомлення видається постійно, а поява інших повідомлень неможлива.

Одиницею вимірювання ентропії є біт. 1 біт – це невизначеність, яку має джерело з рівноімовірною видачею повідомлень, зазвичай символів «0» та «1».

Відомі методи стиснення направлені на зниження надмірності, що обумовлена як нерівною апріорною ймовірністю символів, так й залежністю між порядком надходження символів. В першому випадку для кодування вихідних символів використовується нерівномірний код. Символи, що часто з'являються кодуються більш коротким кодом, а ті, які з'являються не так часто – більш довгим кодом.

Усунення надмірності, що обумовлена кореляцією між символами, базується на переході від кодування окремих символів до кодування груп цих символів. За рахунок цього відбувається укрупнення алфавіту джерела, так як число  $N$  також зростає. Загальна надмірність при збільшенні алфавіту не змінюється. Але зменшення надмірності, що обумовлено взаємним зв'язком символів, супроводжується відповідним збільшенням надмірності, яка обумовлена нерівномірністю появи різних груп символів, тобто символів нового збільшеного алфавіту. Відбувається як би конвертація одного виду надмірності в інший.

Таким чином, процес усунення надмірності джерела повідомлень зводиться до двох операцій – декореляції (збільшенню алфавіту) і кодуванню оптимальними нерівномірними кодами.

### 7.2. Класифікація методів стиснення

Стиснення інформації застосовується для прискорення та зниження витрат на її оброблення, зберігання й пошук, а також для зменшення ємності пам'яті, зайнятої в ЕОМ.

Під стисненням інформації розумітимемо операцію, внаслідок якої певному коду чи повідомленню ставиться у відповідність код або повідомлення меншої довжини.

Методи стиснення інформації поділяють за призначенням, характером і ступенем стиснення, швидкістю та ступенем відновлення початкового стану інформації (втратами).

За призначенням розрізняють дві великі групи способів стиснення: для передачі даних і для їх архівації. Різниця між ними полягає в тому, що перші оперують з незначними інформаційними масивами (до кількох десятків, сотень байтів), а другі зі значно більшим обсягом інформації (мегабайти).

За характером стиснення інформації розрізняють лінійні, матричні, комбіновані та каскадні способи.

До лінійних належать способи, за якими стиснення елементів інформаційного масиву виконується в одному з напрямків (горизонтальному або вертикальному). Залежно від цього лінійними способами можуть виконуватися поздовжнє (горизонтальне) та поперечне (вертикальне) стиснення інформації.

До матричних належать способи стиснення інформації, за якими елементи інформаційного масиву стискаються з використанням матричного принципу заміни повторюваних елементів.

Комбіновані способи поєднують одночасне використання для стиснення інформаційного масиву двох чи більше лінійних або/та матричних способів.

До каскадних належать способи стиснення інформації, за якими стиснення виконується послідовно різними способами.

За ступенем стиснення інформації розрізняють низькоефективні (з коефіцієнтом стиснення до 1,5), середньоелективні (1,51...3) та високоефективні (понад 3) способи; за швидкістю стиснення/розпаковування — низько-, середньо- та високошвидкісні, при яких швидкість стиснення/розпаковування змінюється від кількох кілобайтів за секунду (низькошвидкісні) до кількох мегабайтів за секунду (високошвидкісні).

За ступенем відновлення початкового стану інформації (втратами) способи стиснення поділяють на без відновлення початкового стану інформації, з частковою її втратою та без втрати інформації (з повним її відновленням). Що стосується останнього поділу способів стиснення інформації, то до першої групи належать найпримітивніші, а до другої та третьої груп — складніші й ефективніші способи.

Так, до відомих способів стиснення інформації без відновлення її початкового стану можна віднести стиснення за допомогою поділу кодової комбінації на кілька частин і з порозрядним зсувом. Ці способи застосовуються дуже рідко, оскільки не гарантують повного відновлення стисненої інформації з точки зору неоднозначності утвореної при стисненні послідовності символів.

У той же час способи з частковою втратою інформації мають специфічне застосування, коли часткова її втрата майже не позначається на якості відновлюваної інформації [2].

### 7.3. Оцінки ефективності методів стиснення

Коефіцієнт стиснення даних. Для оцінки ефективності стиснення даних використовується декілька показників ступеня стиснення [22]. Найбільш поширеним є коефіцієнт стиснення  $K_{cm}$ , який характеризує у скільки разів обсяг даних на виході компресора  $V_{cm}$  менший за обсяг даних на вході  $V_n$  :

$$K_{cm} = V_n / V_{cm}$$

Іноді застосовується зворотна величина, яку називають коефіцієнтом компресії  $K_k$ :

$$K_k = V_{cm} / V_n$$

Іноді для визначення ступеня стиснення використовується коефіцієнт стиснення даних  $K_{cd}$ :

$$K_{cd} = (1 - V_{cm} / V_n) \cdot 100\%,$$

який дорівнює обсягу даних, що були виключені з повідомлення у процесі його стиснення. При відсутності ефекту стиснення  $K_{cd}=0$ , а у випадку максимального стиснення коефіцієнт  $K_{cd}$ , наближається до 100%.

Швидкість роботи компресора. Для правильного вибору методу стиснення повідомлень при передачі даних недостатньо одного коефіцієнта стиснення. Необхідно враховувати також максимальну швидкість передачі, що забезпечується кожним методом. Максимальна швидкість стиснення визначається швидкістю роботи компресора, тобто кількістю символів  $N_c$ , які обробляються компресором за одиницю часу  $T$ :

$$R_{max} = N_c / T.$$

Щоб не відбувалося перевантаження компресора, продуктивність джерела повинна бути менше максимальної швидкості стиснення, тобто повинна виконуватися умова

$$H'(A) < R_{max}.$$

Ця ж умова також повинна виконуватися для алгоритму декомпресії повідомлень. Однак у реальних алгоритмах стиснення даних швидкість декомпресора завжди перевищує швидкість компресора, тому головна увага при аналізі швидкості алгоритмів стиснення приділяється саме процедурі компресії.

Час затримки повідомлення в апаратурі стиснення. Цей параметр має велике значення при стисненні даних у реальному часі. Дозволений час затримки визначається ймовірністю аварійної ситуації, оскільки в цьому випадку вся накопичена в оперативній пам'яті інформація може бути втрачена.

Затримка повідомлення  $\tau_z$ , у загальному випадку складається з часу накопичення даних в оперативній пам'яті кодеру джерела ( $T$ ) і часу обробки в кодері джерела ( $\tau_{обр}$ ):

$$\tau_z = T + \tau_{обр}.$$

У деяких випадках процедура стиснення може здійснюватися паралельно з накопиченням даних в оперативній пам'яті. У цьому випадку час  $T$  в затримку не входить, і  $\tau_z = \tau_{обр}$ .

Складність алгоритму стиснення. Складності залежить від складності алгоритму обробки, і, звичайно, чим вище необхідний коефіцієнт стиснення, тим складніший алгоритм обробки.

В літературі [40, 70, 74, 81, 83, 97] наводяться оцінки часової складності деяких алгоритмів стиснення. Так, для способу Віттера, який використовує хеширування, час роботи складає  $O(1)$ . Для матричного способу стиснення ця оцінка буде дорівнювати  $O(n)$ , а для способу стиснення Лемпеля-Зіва –  $O(n^2)$ . Стиснення із використанням алгоритму Хаффмена займає час  $O(n \log(n))$ .

Оскільки час роботи способів стиснення суттєво залежить від типу інформації, що підлягає стисненню, доцільно провести дослідження залежності часу роботи алгоритмів від розміру блоку, для різних способів стиснення та різних типів інформації, яка передається інформаційними каналами.

На сьогодні існують багато різних алгоритмів стиснення даних без втрат, що поділяються на декілька основних груп.

Кодування повторів

Цей метод є одним з найстаріших та найбільш простим. Він використовується для стиснення графічних файлів. Один з варіантів цього методу передбачає заміну послідовності

символів, що повторюються на строку, яка вміщує цей символ, і число, яке відповідає кількості його повторень. Використання цього методу кодування текстових та службових файлів є неефективним. Тому в сучасних системах телекомунікацій цей алгоритм практично не використовується.

### **Ймовірнісні методи стиснення**

В основі ймовірнісних методів стиснення (алгоритмів Шеннона-Фано і Хаффмена) лежить ідея побудови «дерева», положення символу на «гілках» якого визначається частотою його появи. Кожному символу привласнюється код, довжина якого обернено пропорційна частоті появи цього символу. Існують два різновиди ймовірнісних методів, які розрізняються способом визначення ймовірності появи кожного символу:

- статичні методи, які використовують фіксовану таблицю частоти появи символів, що розраховується перед початком процесу стиснення;
- динамічні або адаптивні методи, в яких частота появи символів весь час змінюється і по мірі зчитування нового блоку даних відбувається перерахунок початкових значень частот.

Статистичні методи характеризуються доброю бистродією та не потребують значних ресурсів оперативної пам'яті. Вони знайшли широке застосування в програмах – архіваторах, але для стиснення передаваних модемами даних використовуються рідко – перевага віддається арифметичному кодуванню і методу словників, які забезпечують більший коефіцієнт стиснення.

### **Арифметичні методи**

Принципи арифметичного кодування були розроблені наприкінці 70-х років 20-го сторіччя. В результаті арифметичного кодування строка символів замінюється дійсним числом більше «0» і менше «1». арифметичне кодування дозволить забезпечити високу ступінь стиснення, особливо у випадках, коли стиснюються дані, де частота появи різних символів сильно змінюється. Однак сама процедура арифметичного кодування потребує доволі потужних обчислювальних ресурсів, і до недавнього часу цей метод мало використовувався при стисненні передаваних даних через повільну роботу алгоритму.

### **Метод словників**

Іншим напрямком в стисненні даних є словникові методи стиснення. Основна ідея їх полягає в тому, що в початковому тексті шукаються повторювані ланцюжки символів, котрі потім замінюються їх індексами в словнику. Словник - це список таких ланцюжків, котрі, як припускається, будуть часто використовуватись. Індеси формуються так, що в середньому займають менше місця, чим представлені ними ланцюжки, за рахунок чого і досягається стиснення.

Так само як і статистичне стиснення, словникове стиснення може бути статичним, напіваадаптивним та адаптивним. Статичні алгоритми працюють із заздалегідь заданим словником, що не змінюється в процесі кодування. Вони корисні в тих випадках, коли буде достатнім невисокий рівень стиснення, який досягається за рахунок невеликих витрат. Статичні методи ефективні також при стисненні такої інформації, як вихідні тексти програм на мовах програмування високого рівня.

Напіваадаптивне словникове стиснення є подальшим розвитком статичного підходу. При напіваадаптивному стисненні алгоритм працює в два проходи: на першому для даних, що кодуються, створюється словник, на другому – здійснюється власне стиснення даних за сформованим словником. При цьому досягається більш високий ступінь стиснення, однак, в умовах передачі інформації по каналах зв'язку, не завжди є можливість попереднього перегляду даних, що обмежує застосування цього методу.

При адаптивному способі словник будується на підставі даних, що обробляються. Цей спосіб швидко пристосовується до структури даних, однак вимагає великого обсягу пам'яті для збереження словника.

Крім поданої класифікації, всі способи стиснення повідомлень можна також розділити на однопрохідні і двопрохідні. Однопрохідний спосіб стиснення здійснює кодування символів у міру їхнього надходження, двопрохідний - здійснює попередній перегляд даних перед кодуванням. Статичні й адаптивні алгоритми звичайно є однопрохідними, напіваадаптивні - двопрохідними. Оскільки двопрохідні методи вимагають перед початком кодування наявності всіх даних, при використанні цих способів розмір блока даних сильно впливає на швидкість кодування і затримку даних. Це необхідно враховувати при організації стиснення даних у каналах зв'язку, які працюють у реальному часі.

За способами обробки даних способи стиснення можуть бути одно-, дво- та тривимірні. Одновимірний спосіб стиснення обробляє дані, що надходять, як один рядок. Більшість способів, які застосовуються для стиснення текстів і двійкових даних, є одновимірними.

Двовимірний спосіб представляє вхідні дані як послідовність рядків однакової або неоднакової довжини. При кодуванні такі способи використовують статистичну залежність не тільки між окремими символами, але і між сусідніми рядками даних. Двовимірні способи широко застосовуються для кодування зображень. Їх можна ефективно використовувати для стиснення даних, які мають чітку структуру, наприклад, записів бази даних або інформації, що надходить від датчиків. У цьому випадку кодер повинен мати інформацію про довжину запису, щоб перетворити одновимірний вхідний потік у двовимірний.

Тривимірні способи стиснення, крім розбиття вихідної інформації на рядки, здійснюють поділ груп рядків на окремі кадри і використовують статистичну залежність між даними сусідніх кадрах. Ці способи знаходять застосування при стисненні рухомих зображень.

Алгоритм, на якому базується метод словників, був вперше описаний в роботах Якоба Зіва та Абрахама Лемпеля в 1977 році. Алгоритм був названий на їх честь Лемпеля-Зіва, або скорочено LZ. На теперішній час LZ-алгоритм і його модифікації отримали найбільш широке розповсюдження у порівнянні з іншими методами стисненнями

### **Контрольні питання**

1. Яким чином забезпечується стиснення даних при передачі в сучасних модемах.
2. Класифікація методів стиснення.
3. Оцінки ефективності методів стиснення.
4. Дайте визначення коефіцієнту стиснення даних.
5. Ймовірнісні методи стиснення.
6. Арифметичні методи.
7. Метод кодування повторів.
8. Метод словників.

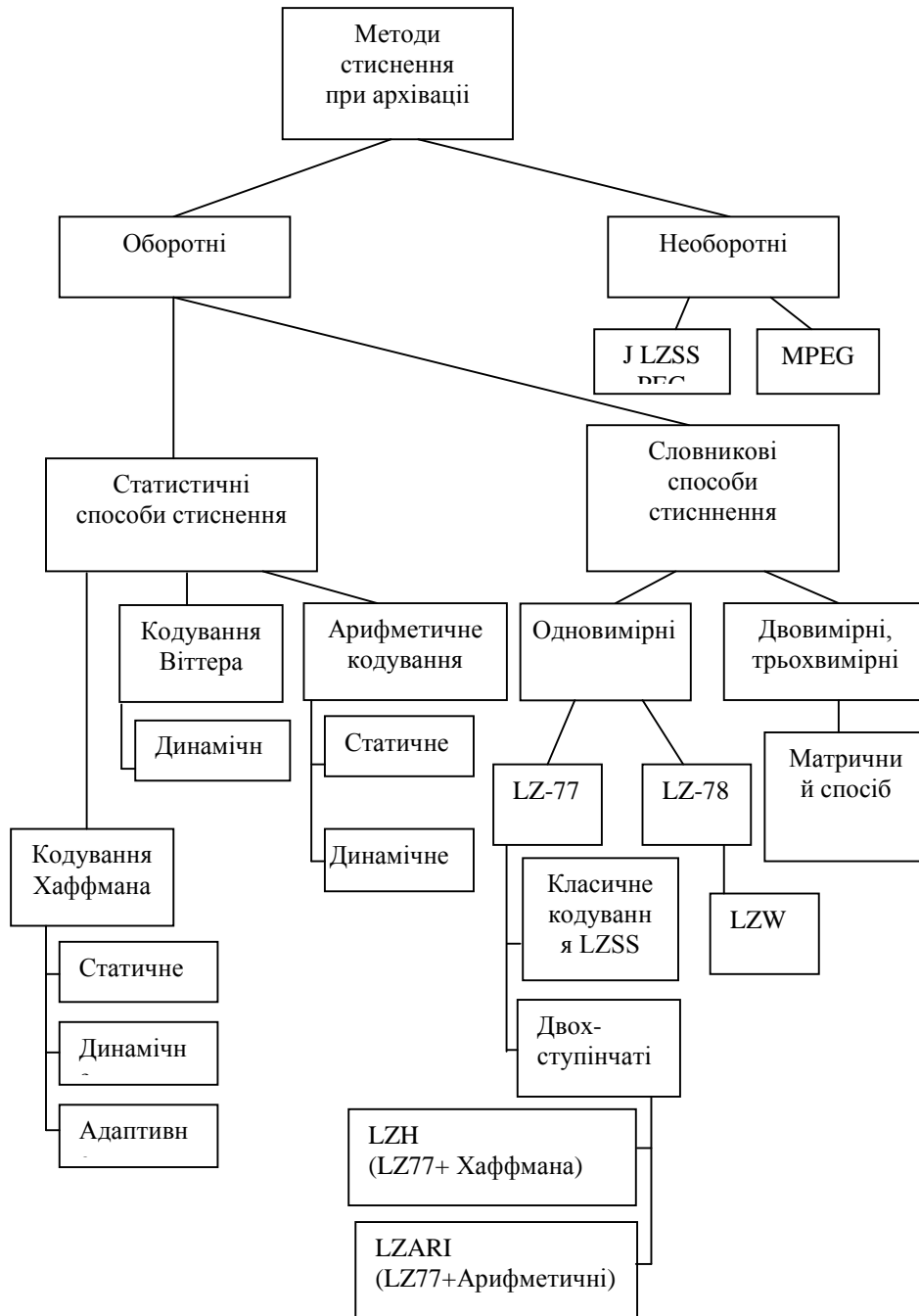


Рис. 7.1 Класифікація методів стиснення при архівації та передачі

## РОЗДІЛ 8. КАБЕЛЬНІ МОДЕМИ. МОДЕМИ ЦИФРОВИХ АБОНЕНТСЬКИХ ЛІНІЙ

Вступ

Симетричні: SDSL, HDSL, IDSL.

Асиметричні: ADSL, RADSL, ADSL Lite, UADSL, VDSL.

Для організації лінійного тракту в апаратурі HDSL використовують дві технології кодування:

-2B1Q;

-CAP.

В залежності від використаної технології кодування розрізняють дистанції без регенераторної передачі.

Провідним виробником HDSL є швейцарська компанія Shmid Telecom AG, яка виробляє обладнання WATSON. Це обладнання використовує дві технології кодування:

-WATSON 2 – 2B1Q;

-WATSON 3,4 – CAP;

### 8.1. Технологія xDSL та її використання в мережах доступу

Технологія CAP перевищує по якісним показникам (завадозахищеність, дальність) апаратуру, яка працює з технологією 2B1Q. Але по вартісним показникам обладнання WATSON 3 програє обладнанню WATSON 2, тому що технологія 2B1Q є більш розповсюдженою і дешевою в виробництві. З появою обладнання WATSON 4, яке використовує CAP 128 з'явилася можливість використання на більш коротких лініях цього обладнання, яке працює на одній парі, приблизно на тій же відстані, що і WATSON 2 по двом парам. WATSON 4 вартістю практично однакова з WATSON 2, а завдяки економії однієї пари економічна ефективність збільшується.

WATSON 2 з технологією 2B1Q передає потік: 1Мбіт/с по одній парі і 2Мбіт/с по двом парам.

WATSON 3 з технологією кодування CAP 64 передає потік: 1Мбіт/с по одній парі і 2Мбіт/с по двом парам.

WATSON 4 з технологією кодування CAP 128 передає потік: 2Мбіт/с по одній парі.

WATSON 4 *Multi Speed* з технологією кодування CAP 128 зі змінною лінійною швидкістю дозволяє вести дуплексну передачу на швидкостях від 128 кбіт/с-2Мбіт/с по одній парі з збільшенням дальності роботи при зниженні лінійної швидкості.

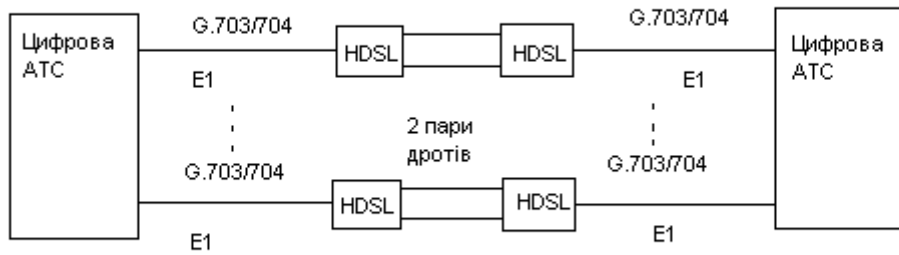
Приклади використання і побудови систем HDSL.

Автономно або в комбінації з іншим телекомунікаційним обладнанням, обладнання HDSL може застосовуватися для:

- 1) міжстанційних зв'язків цифрових або аналогових АТС для підключення установчих АТС;
- 2) заміни складних в обслуговуванні і потребуючих великої кількості регенераторів лінійних трактів ІКМ-30;
- 3) ущільнення абонентських ліній і організації абонентського доступу разом з мультиплексорами часового розподілу;
- 4) організації доступу до високошвидкісних трактів SDH і PDH;
- 5) зв'язку локальних мереж або високошвидкісного доступу до мережі доступу, в тому числі до Інтернету;
- 6) з'єднання вузлів комутації і базових радіостанційних стільникових мереж зв'язку.



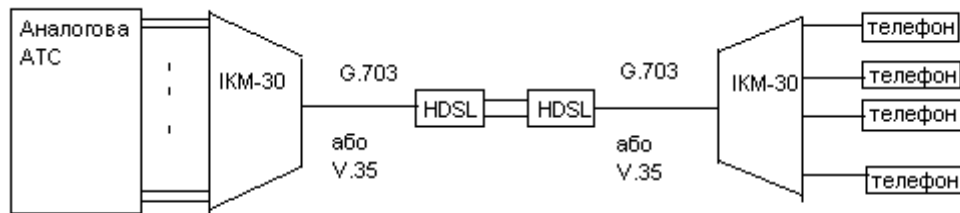
### З'єднання двох цифрових АТС



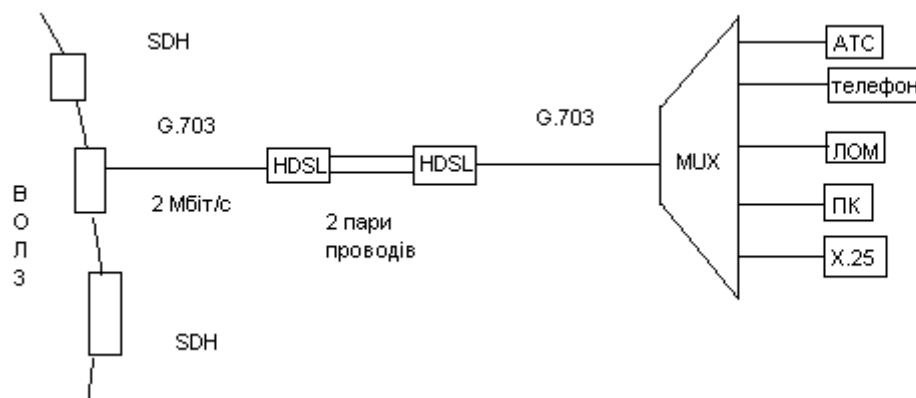
### Між станційний зв'язок між аналоговою і цифровою АТС



### Абонентський винос



### Доступ до мережі SDH



### Обладнання локальних обчислювальних мереж



## 8.2. Модеми для фізичних ліній

### Рекомендації до швидкості передачі при підключенні в мережу

Додатки	Потребуєма швидкість	
	Україна	Європа
1. Підключення до мережі, індивідуальний користувач	56 кбіт /с	до 2 Мбіт /с
2. Підключення до мережі, корпоративний користувач	128 кбіт /с	до 8 Мбіт /с
3. З'єднання LAN-LAN	128 кбіт /с-2 Мбіт /с	від 2 Мбіт /с
4. Організація сервером Інтернет	від 128 кбіт /с	від 2 Мбіт /с
5. Ущільнення телефонної лінії	128 кбіт /с-2 Мбіт /с	

Для організації високошвидкісного доступу по існуючій лінії використовують модеми для фізичної лінії. Довжина лінії, по якій працюють модеми, перевищує звичайну довжину абонентської лінії. Це пов'язано з тим, що кількість вузлів ПД значно менше ніж кількість телефонних станцій. Тому абонент ПД підключається по прямому проводу, який включає абонентську лінію і з'єднувальну лінію між АТС і вузлом мережі. Типова довжина мідної лінії між абонентом і вузлом мережі складає від 5-15 км.

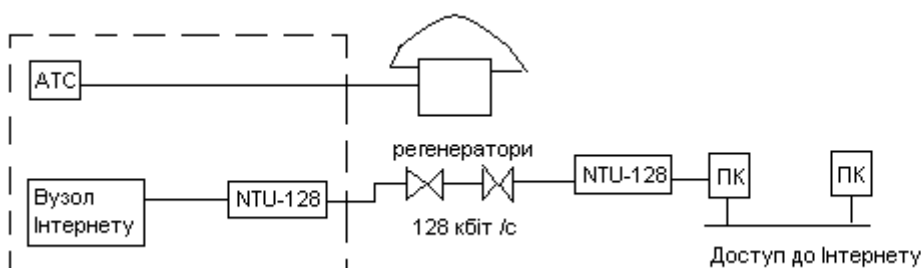
Однією з перших технологій, яка була використана в модемах була технологія цифрової абонентської лінії DSL.

Ця технологія дозволяє використовувати існуючі лінії зв'язку для цифрової передачі зі швидкістю до 128 кбіт /с.

При використанні лінійного кодування 2B1Q з'являється можливість організувати дуплексну передачу інформації зі швидкістю до 160 кбіт /с на одній мідній парі. Типова станція для цієї технології 7,5 км при діаметрі жили мідного кабелю 0,5 мм.

Типовим прикладом моделі заснування DSL є обладнання NTU-128, яке виробляють в Росії компанією Натекс. Цей модем підтримує синхронно-дуплексний обмін даними на швидкостях з 48-128 кбіт /с, з інтерфейсом користувача V.24 (RS-232), V.35, G.703. Ці модеми доволі часто використовують об'єднання локальних мереж віддалених офісів, якщо довжина прямого проводу, який використовується для цієї мети перевищує допустиме значення, по трасі прямого проводу встановлюються регенератори. При цьому в містах, де прямий провід проходить через кроси деяких АТС, регенератори встановлюються в приміщеннях кросів, електроживлення подається від станційної батареї.

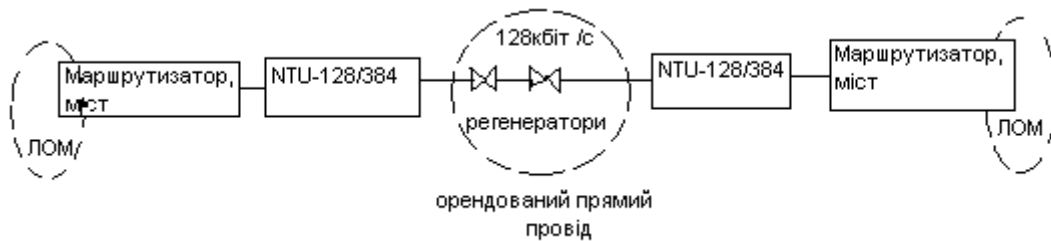
NTU-128 (підключення до мереж ПД, до прямого модему та фізичних ліній)



### Дистанції роботи модему

Діаметр жили кабелю, мм	Допустима довжина лінії, км	
	без регенераторів	з регенератором
0,4	5	40
0,5	7	56
0,6	13	104
0,9	22	176
1,2	30	240

Використання модемів для з'єднання локальних обчислювальних мереж по прямим проводам



### Характеристики модемів для фізичних ліній

Модеми, проводи-мість лінії	Швидкість кб/с (повний дуплекс)	Довжина, км	
		жила 0,4 мм	жила 0,5 мм
Асинхронні Велакс Плюс М-115А 4-х провідна	115,2	3,5	4,8
Синхронні Telecom/Nateks NTU-128 2-х пров.	128	5,0 (20*)	7,5 (30*)
Ascom AM 128000А 2-х пров.	128	4,7	-
RAD ASM-31 2-х провідна	128	5,4	8,2
Racal COMLINK 6 4-х провідна	128	3	-

\* - довжина передачі з використанням трьох регенераторів

Використання модемів на магістральних лініях.

На приміських напрямках актуальною задачею є організація цифрових трактів на магістральних кабелях типу МКСБ і КСПП, які використовуються як лінійне середовище для аналогових СП (К-60П; К-12; К-24). Магістральний кабель має досить товсту жилу (1,2 мм) і розбитий на підсилювальні ділянки з установкою НУП або ОУП. Пункти підсилення розташовані кожні 15-25 км в залежності від типу апаратури, яка використовується. Модеми NTU-128 мають регенераційні ділянки більшої довжини, тому одна або декілька пар магістрального кабелю може бути використана для створення цифрового тракту з використанням модему NTU-128 і встановленням регенераторів в існуючій НУП.

Створення цифрового тракту на магістральному кабелі.



Так як магістральна аналогова апаратура ущільнення забезпечує дистанційне живлення проміжних підсилювачів в НПП, як правило для них не передбачене електроживлення, тому для дистанційного живлення регенераторів NTU-128 використовують блоки живлення обладнання абонентського ущільнення TOPGAIN-4 NATEKS. Дистанційне живлення подається з двох сторін ліній, забезпечується живлення до 4-х регенераторів з кожної сторони. Існує ряд додатків, коли необхідна швидкість передачі, вища за 128 кбіт /с, в цьому випадку використовують модеми з більшою швидкістю, наприклад, NTU-384 або 768 кбіт /с.

Дистанції передачі по модемам NTU-384

Діаметр жили кабелю, мм	Допустима довжина лінії, км	
	NTU-384	
	64 кбіт /с	384 кбіт /с
0,4	5,8	4
0,5	9	4,9
0,6	16	7
0,9	20,5	10
1,2	44	22

### 8.3. Модеми „голос + дані”

В модемах „голос + дані” використовують декілька різних технологій:

1) Представляє собою перенос спектру, який використовується для ПД в високочастотну область, тобто дані передаються над голосом.

Позитивні якості: технологія доволі проста в реалізації, недорога і тому доволі розповсюджена.

Недоліки: невисока швидкість передачі (як правило 19,2 кбіт /с в асинхронному режимі); доволі невелика дистанція передачі, яка обумовлена мовною складовою, відповідно допустимому згасанню в абонентській лінії і цифровою частиною з доволі простою схемою модуляції; імпульсні завади при ПД, які визиваються набором номера та іншими сигналами абонентської сигналізації, які передаються по абонентській лінії.

2) Основана на цифровому методі передачі лінійного сигналу (DSL). В таких модемах створених по технології xDSL цифровий груповий потік, який має швидкість 160 кбіт /с, розділяється на три складових:

- перша частина - 64 кбіт /с відводиться під канал ПД, використовуються інтерфейси користувача V.24, V.25;

- друга частина – 64 кбіт /с використовуються для передачі мови з використанням ІКМ - кодування;

- третя частина – 32 кбіт /с використовуються для передачі сигналів управління віддалених модемів для функції централізованого мережного управління і сигналів телефонної сигналізації.

Недоліки: необхідні значні апаратні затрати не тільки на реалізацію ІКМ – кодування, а і на ланцюги, які забезпечують відновлення сигналів абонентської сигналізації; вартість пристрою доволі висока.

Переваги: більш висока швидкість ПД; синхронний режим передачі; цифровізація; відсутність обмежень на дальність роботи апаратури.

3) Використання DSL-технології. В цьому методі існує два варіанти:

3.1) Використовується HDSL з лінійним кодуванням 2B1Q, шляхи даних розділяються на дві складові:

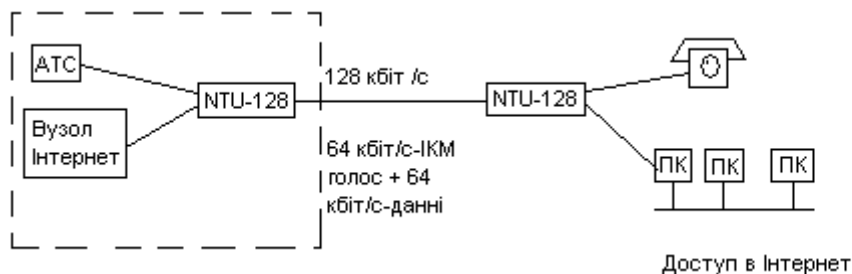
- 64 кбіт /с для передачі голосу з ІКМ – кодуванням;
- 1984 кбіт /с для ПД.

3.2) Використовується HDSL з модуляцією CAP, так як модуляція CAP не використовує частотний діапазон аналогового телефонного каналу. Є можливість за допомогою фільтрів розділити смугу пропускання телефонної мідної лінії на дві складові:

- 1)високочастотну використовують для HDSL передачі;
- 2)низькочастотну використовують для звичайної технології телефонного каналу.

Пристрої необхідні для такого розподілу називаються розподільвачами або сплітерами POTS.

Використання модемів „голос + дані”



### Контрольні питання

1. Технологія xDSL та її використання в мережах доступу.
2. Приклади використання і побудови систем HDSL.
3. Модеми „голос + дані”.
4. Використання модемів на магістральних лініях.
5. Поясніть створення цифрового тракту на магістральному кабелі.

## РОЗДІЛ 9. ПАКЕТНІ РАДІОМОДЕМИ.

Передача даних по рвдіоканалу в багатьох випадках надійніше і дешевше, чим передача по комутовим або арендованим каналам, і особливо по каналах стільникових мереж зв'язку. В ситуаціях, які характеризуються відсутністю розвинутої інфраструктури телекомунікацій, використання радіозасобів передачі даних часто є єдиним варіантом організації зв'язку. Мережа передачі даних з використанням радіомодемів може бути оперативно розгорнута практично в будь-якому географічному районі.

Низькошвидкісні модеми орієнтовані на використання пропускної спроможності телефонного каналу тональної частоти, формується практично будь-якою аналоговою радіостанцією КХ- або УКХ-діапазону. Часто такі модеми конструктивно інтегрують з самою радіостанцією.

### 9.1. Paketні радіомодеми

Пакетні радіомодеми часто називають пакетними контролерами, тому що до їх складу входить спеціалізований контролер, який реалізує функції обміну даними з комп'ютером, управління процедурами форматування кадрів і доступу до загального радіоканалу у відповідності з реалізованим методом доступу. Головна відмінність радіомодемів від інтелектуальних модемів полягає в тому, що радіомодеми орієнтовані на роботу єдиному радіоканалі з багатьма користувачами, а не в каналі типу «точка-точка». Алгоритми функціонування пакетних радіомереж регламентуються Рекомендацією АХ.25.

Пакетні радіомодеми задовольняють стандарту АХ.25. Рекомендація АХ.25 встановлює єдиний протокол обміну пакетами і представляє собою спеціально перероблену версію стандарту Х.25.

Особливість пакетних радіомереж полягає у тому, що один й той же радіоканал використовується для передачі даних усіма користувачами мережі в режимі множинного доступу. Протокол АХ.25 передбачає множинний доступ в канал зв'язку з контролем зайнятості. Усі користувачі (станції) мережі вважаються рівноправними. Перед тим, як почати передачу радіомодем перевіряє, вільний канал чи ні. Якщо канал зайнятий, то передача своїх даних відкладається до моменту його звільнення. Якщо канал вільний – одразу починається передача інформації. В той самий час може починати передачу будь-який інший користувач радіомережі. В цьому випадку відбувається накладання (конфлікт) сигналів двох радіомодемів, в результаті чого їх дані з високою ймовірністю спотворюються під дією взаємних перешкод. Радіомодем-передавач узнає про це, отримавши негативне підтвердження на переданий пакет даних від радіомодема-отримувача або в результаті перевищення часу тайм-аута.

### 9.2. Формат кадрів АХ.25

Згідно Рекомендації АХ.25 кадри поділяються на службові та інформаційні та мають наступний формат:

FLAG	ADRES	CONT	CRC-16	FLAG
01111110	14...70 байт	1 байт	2 байт	01111110

FLAG	ADRES	CONT	INFORM	CRC-16	FLAG
01111110	14...70 байт	1 байт	До 256 байт	2 байт	01111110

Початок і кінець кадра відмічається флагами FLAG, що означає прийом кадра еа фоні завад. Поле ADRES вміщує адреси відправника, отримувача і станцій-ретрансляторів, якщо вони є. Розмір адресного поля може складати від 14 до 70 байт.

Поле управління CONT визначає тип кадру: інформаційний або службовий. Службові кадри, в свою чергу, можуть поділятися на супервізорні та нумеровані. Супервізорні кадри слугують для підтвердження прийому неспотворених кадрів або для запиту повторної передачі спотворених кадрів. Ненумеровані кадри призначені для встановлення логічного з'єднання та у випадках управління обміну в мережі.

Довжина інформаційного поля INFORM, що представляє собою пакет мережного рівня, в пакетних радіомережах звичайно не перевищує декількох сотень байт. Збільшення довжини інформаційного поля приводить до підвищення ймовірності спотворення завадою та збільшення часу очікування передачі пакетів іншими користувачами.

Контрольне поле CRC-16 призначено для знаходження помилок в кадрі при його передачі.

Адресне поле може містити від двох до десяти логічних адрес. Найпростішим випадком є адресне поле з двох адрес (два користувача). Якщо користувачі знаходяться поза зоною радіовидимості, то можуть використовувати радіомодеми інших користувачів мережі як ретрансляторів. Таких ретрансляторів для одного логічного каналу може бути до восьми. Адреси ретрансляторів також присутні в адресному полі кадру. Таким чином поля адреси діляться на три підполя: одержувача, відправника та ретранслятора. Формат адресного поля наступний:

Получатель		Отправитель		Ретранслятор	
Адрес (6 байт)	SSID	Адрес (6 байт)	SSID	Адрес (6 байт)	SSID

Занесені до нього адреси можуть складатися не більше ніж з шести символів. Якщо адреса складається менше ніж з шести символів, він доповнюється відповідною кількістю пробілів.

Після адреси в кожному підполі йде вторинний ідентифікатор користувача (станції) SSID (Secondary Station Identifier). Це деяке число від 0 до 15. Воно визначає рівень сервісу даного користувача, наприклад, що він має кілька станцій пакетної радіозв'язку, що працюють в різних діапазонах, підтримує функції електронної поштової скриньки BBS, або є мережним вузлом-ретранслятором NET / ROM. Звичайний користувач працює без вторинного ідентифікатора або з ідентифікатором рівним 1. Ідентифікатор BBS і вузлової станції може дорівнювати значенням від 2 до 9. При проходженні кадру транзитом через вузол NET / ROM вторинний ідентифікатор отримує значення від 10 до 15, залежно від того, через скільки вузлових станцій він пройшов.

Значення ідентифікатора в двійковому вигляді займає чотири біта - з другого по п'ятий в байті, наступного після кожної адреси. Перший біт цього байта використовується як ознака кінця адресного поля. Якщо він дорівнює одиниці, то це ознака останнього банта адресного поля. Для шостого і сьомого бітів розглянутого байта немає певного призначення, і вони можуть використовуватися в окремих мережах на розсуд її користувачів або адміністратора мережі, якщо такий є.

Восьмий біт в останньому байті підполя відправника і одержувача завжди встановлюється в нуль. В підполі ретранслятора його встановлюють в одиницю, якщо кадр пройшов через ретранслятор, і в нуль, якщо немає. Встановлення біта ретранслятора необхідно для того, щоб ретранслятори, що знаходяться в зоні радіовидимості один одного, слідували черговості передачі кадрів через себе і виконували цю процедуру строго в порядку, зазначеному відправником кадру.

Керуюче поле містить інформацію про тип кадру, яка використовується для визначення призначення повідомлення. Протокол AX.25 використовує три основних типи кадрів: I - інформаційні, що містять інформацію користувача або прикладного процесу; S - супервізорного (службові), що підтверджують правильний прийом кадру або містять запит на видачу чергового інформаційного кадру; U - ненумеровані кадри, керуючі запитами на з'єднання-роз'єднання.

Крім того, керуюче поле містить номер кадру, який очікує прийняти модем кореспондента-одержувача. Для повторної передачі спотворених кадрів використовуються механізм ARQ типу GBN і SR. Інформаційне поле кадру містить інформаційний пакет розміром до 256 байт. При передачі текстової інформації в термінальному режимі інформаційне поле є послідовність символів користувача, які при прийомі відображається на екрані комп'ютера кореспондента.

### 9.3. Фізична реалізація радіо модемів

Типова станція пакетного зв'язку включає в себе комп'ютер (зазвичай портативний типу notebook), власне модем (TNC), приймач (радіостанція) УКХ або КВ-діапазону (рис. 9.1).

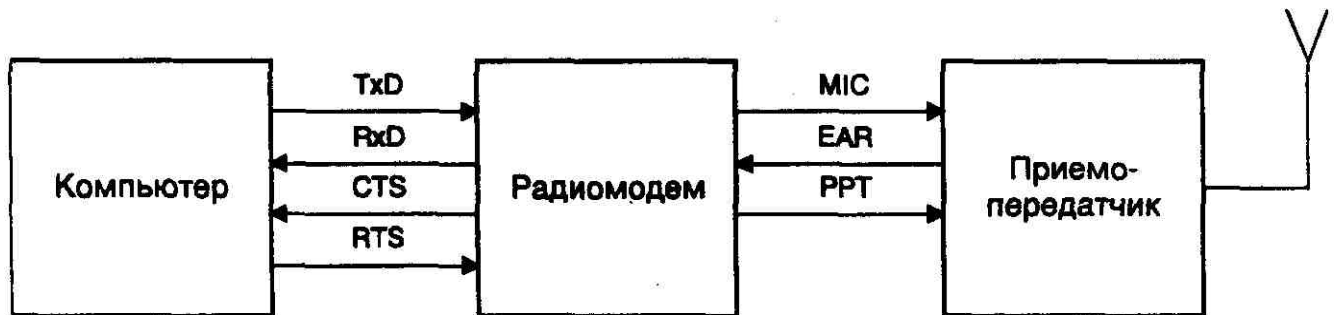


Рис. 9.1 Склад станції пакетного зв'язку

Комп'ютер взаємодіє з модемом допомогою одного з відомих інтерфейсом DTE-DCE. Практично завжди застосовується послідовний інтерфейс RS-232. Передаються з комп'ютера в модем дані можуть бути або командою, якою інформацією, призначеної для передачі по радіоканалу. У першому випадку команда декодується і виконується, у другому - формується кадр відповідно до протоколу AX.25. Перед безпосередньою передачею кадру послідовність його бітів кодується лінійним кодом без повернення до нуля NRZ-I (Non Return to Zero Inverted). Згідно правила кодування NRZ-I перепад фізичного рівня сигналу відбувається у випадку, коли у вихідній послідовності даних зустрічається нуль. Тимчасова діаграма, яка пояснює процес кодування кодом NRZ-I наведена на рис. 9.2.

Пакетний модем являє собою сукупність двох пристроїв: власне модему і власне контролера TNC. Контролер і модем пов'язані між собою чотирма лініями (на рис. 9.1 не показані): TxD - для передачі кадрів в коді NRZ-I, RxD - для прийому кадрів від модему також в коді NRZ-I, PTT - для подачі сигналу включення модулятора і DCD - для подачі сигналу зайнятості каналу з модему до контролера. Зазвичай модем і пакетний контролер конструктивно виконуються в одному корпусі (рис. 9.1). Це і є причиною того, що пакетні модеми називають контролерами TNC.

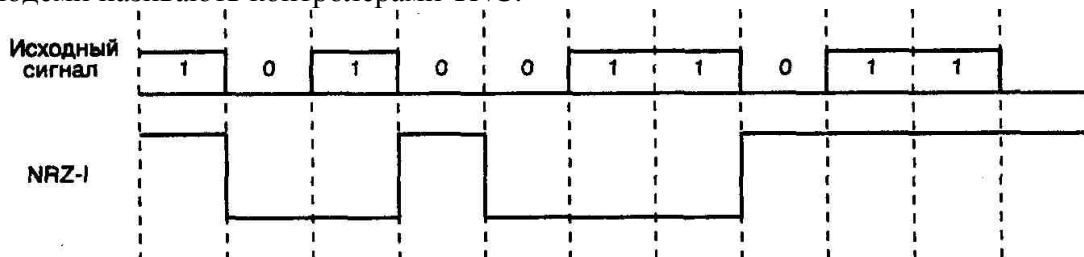


Рис. 9.2. Процес кодування кодом NRZ-I

Перед передачею кадру контролер включає модем за допомогою сигналу по лінії PTT, а по лінії TxD посилає кадр в коді NRZ-I. Модем модулює одержувану послідовність у



відповідності з прийнятим способом модуляції. Промодульований сигнал з виходу модулятора надходить на мікрофонний вхід МІС передавача.

При прийомі кадрів модульована послідовністю імпульсів несуча надходить з виходу EAR приймача радіостанції на вхід демодулятора. З демодулятора прийнятий кадр у вигляді послідовності імпульсів в коді NRZ-I надходить в контролер пакетного радіомодема.

Одночасно з появою в каналі сигналу в модемі спрацьовує спеціальний детектор, що виробляє на своєму виході сигнал зайнятості каналу. Сигнал РТТ, крім включення модулятора, також виконує функцію перемикачності потужності передачі. Зазвичай вона реалізується за допомогою транзисторного ключа, який перемикає приймач з режиму прийому в режим передачі.

В пакетної радіозв'язку на базі типових радіостанцій застосовуються два способи модуляції для коротких і ультракоротких хвиль. На КВ використовується односмугова модуляція для формування каналу тональної частоти в радіоканалі. Для передачі даних застосовується частотна модуляція під-несучої в смузі частот телефонного каналу 0,3 до 3,4 кГц. Значення частоти піднесе може бути різною, а рознос частот завжди дорівнює 200 Гц.

Таблиця 9.1. Порівняльні характеристики пакетних радіомодемів

Характеристика	PK-88	PK-900	DSP-2232	СТЕК	АТМА
Швидкість передачі, Кбіт/с	0,3,0,6,1,2, 2,4, 4,8, 9,6	0,3—19,2	0,3—19,2	1,2	2,4
Об'єм ПЗП, Кбіт	32	256	384		
Об'єм ОЗП, Кбіт		64	64		
Вихідний рівень, мВ	5300	5—100	5—100		
Вага, кг	1,1	2,84	1,7	4,5	1,5
Габарити, мм	191x152x38	300x305x89	305x249^74	330x270x90	220x270x45

У такому режимі забезпечується швидкість передачі, рівна 300 біт / с. У Європі зазвичай використовується частота 1850 Гц для передачі "0" і 1650 Гц для "1".

В У КВ діапазоні частіше працюють на швидкості 1200 біт / с при використанні частотної модуляції з розносом частот, 1000 Гц. Прийнято, що "0" відповідає частота 1200 Гц, а "1" - 2200 Гц. Рідше в діапазоні УКХ застосовують відносну фазову модуляцію (ОФМ). У цьому випадку досягаються швидкості передачі 2400, 4800, а іноді 9600 і 19200 біт / с.

Як приклад на рис. 10.3 наведені фотографії, а в табл. 10.1 - порівняльні характеристики деяких промислово випускаються пакетних радіомодемів.

#### 9.4. Радіомодеми ISM-діапазонів

Практично всі високошвидкісні радіомодеми працюють в неліцензованих у більшості стран світу діапазонах, виділених для промислового, наукового та медичного обладнання (ISM – Industrial, Scientific and Medical bands): 902-928 МГц, 2,4-2,4835 ГГц та 5,725-5,85 ГГц. Можливість вільного використання діапазонів ISM в багатьох випадках визначило широку популярність високошвидкісних радіомодемів в усьому світі. Такі радіомодеми забезпечують передачу даних зі швидкістю від 64 кбіт/с до декількох потоків Е1/Т1. Для забезпечення вимог по електромагнітній сумісності високошвидкісні радіомодеми використовують один з двох методів розширення спектру - пряму послідовність (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum) або псевдовипадкова перебудова частоти (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum). В якості методів модуляції найбільш часто використовуються варіанти ОФМ або КАМ.

Радіомодеми, як правило, виконуються у вигляді двох окремих модулів – внутрішнього та зовнішнього. Внутрішній модуль призначений для встановлення в приміщеннях та забезпечує виконання усіх операцій по формуванню та обробці низькочастотних сигналів. Іноді на нього покладають задачі формування та обробки сигналу на проміжній частоті. Зовнішній модуль формує та оброблює радіосигнал і як правило встановлюється в безпосередній близькості від антени. Відстань між внутрішнім та зовнішнім модулями може досягати 100 м.

Ноді радіомодеми виконуються у вигляді єдиного внутрішнього або зовнішнього блоку. Часто вони поставляються в комплекті з направленими антенами, які мають високий коефіцієнт підсилення. Важливою особливістю сучасних радіомодемів є розвинуті засоби моніторингу і управління, до яких відноситься вбудовані засоби контролю коефіцієнта помилок в лінії зв'язку. Практично всі радіомодеми підтримують протокол мережного управління SNMP, а деякі пропонують можливість їх конфігурування по окремій проводовій модемній лінії.

Високі швидкості передачі даних дозволяють використовувати модеми ISM-діапазонів для передачі різних видів інформації, таких як відео, телефонія, рішення задач об'єднаних віддалених ЛОМ. Як правило, радіомодеми оснащуються синхронними інтерфейсами G.703 та V.35. Цей факт дозволяє використовувати їх для створення магістральних каналів мереж X.25, Frame Relay, TCP/IP.

Для забезпечення нормального функціонування радіомодемів необхідно виконувати ряд умов. По-перше, антени радіомодемів повинно знаходитися в зоні прямого бачення. Така вимога визначається особливості розповсюдження сигналів в ISM-діапазонах. По-друге, енергетичний потенціал радіолінії повинен забезпечувати створення необхідного відношенн сигнал/шум в точці прийому. При правильній установці антени для розрахунку енергетичного потенціалу можливо використовувати широко відомі з радіотехніки співвідношенн, враховуючи вихідну потужність передавача, шумову температуру приймача та інші параметри компонентів радіолінії. На практиці знайшов розповсюдження змінений підхід, оснований на понятті системного підсилення радіомодему, тобто різниці виражених в децибелах значень потужності передавача і чутливості приймача.

## **9.5. Використання радіо модемів**

Для успішного використання радіо модему необхідне правильне його підключення до комп'ютера, з одного боку, й до радіостанції – з іншого.

Для підключення радіомодему до комп'ютера при використанні послідовного інтерфейсу RS-232 необхідно звернути увагу на однаковість встановлення параметрів обміну між комп'ютером і радіо модемом: швидкість, розмір інформаційного символу (7 чи 8 біт), парність і число стопових біт. Особливу увагу потрібно звернути на вкористовуємий протокол управління потоком: апаратний або програмний. При цьому кожному з протоколів повинен відповідати свій з'єднувальний кабель.

Радіомодем з вбудованим контролером є інтелектуальним пристроєм. він виконує багато функцій і має свою систему команд. по цій причині не обов'язково підключати до нього персональний комп'ютер, в простішому випадку достатньо і терміналу. Комп'ютер сподручніше тим, що дозволяє записувати в пам'ять прийняту інформацію, готувати до передачі дані і виконувати ряд інших сервісних функцій.

Для сумісної роботи радіомодему і комп'ютера останній необхідно перевести в режим терміналу за допомогою доступних термінальних програм.

Стримуючим фактором використання для радіо модемів всього спектру програмного забезпечення, розробленого для звичайних модемів, є система команд управління радіомодемами, яка відрізняється від набору AT – команд.

Найбільш просто підключити радіостанцію, що має роз'єм для виносної гарнітури – пристрою, який суміщує функцію мікрофона, телефону та перемикача управління прийомом/передачею радіостанції. В цьому випадку підключення зводиться до виготовлення

з'єднуючого кабелю від радіо модему до прийомопередавача. При цьому необхідно ретельно вивчити технічну документацію як на радіо модем, так і на радіостанцію, особливо що стосується ланцюгів комутації.

***Контрольні питання***

- 1. Пакетні радіомодеми.*
- 2. Рекомендація AX.25. Формат кадрів AX.25.*
- 3. Фізична реалізація радіо модемів.*
- 4. Порівняльні характеристики пакетних радіомодемів.*
- 5. Радіомодеми ISM-діапазонів*
- 6. Використання радіо модемів*

## РОЗДІЛ 10. МОДЕМ В СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ

Передача мови становить 90-98% графіка стільникових мереж. Проте обсяг передачі даних по таких мережах має тенденцію до швидкого збільшення. Правильний вибір модему і його використання дозволяє ефективно організувати передачу електронної пошти, відправлення та одержання факсів з переносного комп'ютера. Можна навіть перетворити його в мобільний вузол своєї локальної мережі. Для початку трохи розберемося в тому, які бувають стільникові мережі зв'язку.

### 10.1. Стандарти стільникових мереж зв'язку

В даний час в світі існує велика кількість стандартів на стільникові мережі зв'язку. Усі їх можна розділити на дві великі групи: аналогові і цифрові. До аналоговим ставляться мережі типу AMPS (США), NMT (Північна Європа), HCMTS (Японія), C-450 (Німеччина), TACS (Англія), ETACS (Англія), RTMS-101H (Італія), Radiocom-2000 Франція). Основними цифровими стандартами на стільникові мережі є GSM (Європа), ADC або D-AMPS (США), CDMA (США), JDC і PHS (Японія). Незважаючи на велику різноманітність стандартів стільникових мереж зв'язку, жителів нашої країни повинні цікавити ті, які прийняті в якості стандартів Міністерством зв'язку Росії. В якості федеральних обрані два стандарти: аналоговий NMT-450 (Nordic Mobile Telephone) і цифровий GSM (Global System for Mobile communication). Поряд з федеральними створюються регіональні мережі радіотелефонного зв'язку в діапазонах частот 800 і 330 МГц. При побудові регіональних стільникових мереж часі всього використовуються американський стандарт AMPS (Advanced Mobile Phone System) і його цифрова модифікація - D-AMPS (Digital - Advanced Mobile Phone System). Основні характеристики деяких цифрових стандартів наведено в табл. 10.1.

Таблиця 10.1. Характеристики цифрових стільникових мереж

Характеристика	GSM	0-AMP8
Метод доступу	TDMA	TDMA
Робочий діапазон частот, МГц	890-915 935—965	824-840 869—894
Разнос несучих частот, кГц	200	30
Число каналів на несучу	8/16	3
Вид модуляції	OMSK (0.3)	DQPSK (n/4)
Потребуєме відношення сигнал/шум, дБ	9	16
Швидкість перетворення мови, Кбіт/с	13/6,5	8
Алгоритм перетворення мови	RPE—LTP	VSELP
Типовий радіус стільника, км	0,5-35	0,5-20

Технологічну перевагу цифрового стільникового зв'язку дозволяє збільшувати ємність мереж, знижувати вартість і підвищувати надійність передачі даних. Тому в останні роки в світі взагалі, і в Росії, зокрема, спостерігається прискорене зростання числа користувачів саме цифрових стільникових мереж. Стандарт GSM є результатом фундаментальних досліджень провідних наукових та інженерних центрів Європи. Системні та технічні рішення цього стандарту мають великий запас подальшого розвитку і можуть використовуватися для широкого класу перспективних цифрових систем мобільного зв'язку. До таких рішень можна віднести:

Побудова мереж GSM на принципах моделі відкритих систем та інтелектуальних мереж;

- Застосування ефективних методів повторного використання частот;
- Застосування множинного доступу з динамічним тимчасовим розподіленням;
- Тимчасовий поділ режимів прийому і передачі;
- Пакетування повідомлень;
- Використання передових методів боротьби з завмираннями сигналів;
- Програмне формування логічних каналів зв'язку;
- Розробка високоякісних низькошвидкісних мовних кодеків;
- Шифрування переданих повідомлень і закриття даних користувача.

Далі розглянемо основні особливості передачі даних в стільникових мережах. З точки зору передачі даних аналогові стільникові мережі принципово повинні мало відрізнятися від КТСОП, так вони надають ті ж телефонні канали тональної частоти 0,3-3,4 кГц. На відміну від каналів звичайної телефонної мережі, канали стільникових мереж мають ряд особливостей, які серйозно впливають на якість передачі даних. Особливості каналів стільникових мереж наступні.

1. При переміщенні радіотелефону з однієї соти в іншу відбувається перемикання обслуговуючої базової станції і радіоканалу. При зміні відстані від мобільного телефону до базової станції також відбувається перемикання потужності передавача. В результаті таких перемикань радіоканал, а значить і несуча частота модему, перериваються на 0,2-1,2 с. Звичайний модем реагує на це процедурою повторного з'єднання, яка триває протягом 10 с, або навіть роз'єднанням.

2. Завмирання і багатопроменеве поширення радіосигналів має суттєвий вплив на якість зв'язку. Через відмінності фаз сигналів, що прийшли різними шляхами, виникає інтерференція, яка в залежності від місця розташування приймача змінює рівень прийнятого сигналу (відносини сигнал / шум). В результаті коливань амплітуди несучої частоти при передачі даних виникають помилки і порушується адаптивний режим роботи модему.

3. Аналогові стільникові мережі спочатку розроблялися для голосового зв'язку. Тому в стільникових мережах широко використовується компандирование і попередня корекція АЧХ каналу. Високий рівень несучої в таких каналах призводить до спотворень, викликаним обмеженням сигналу. А надто низький рівень сигналу погіршує відносини сигнал / шум при його прийомі.

У цифрових стільникових мережах перераховані проблеми в основному вирішуються ще на рівні системного проектування. В результаті користувач отримує високоякісний цифровий канал (в стандарті GSM - зі швидкістю 13 Кбіт/с), який і використовується для передачі його оцифрованого голосу. Цей цифровий канал можна використовувати і для передачі даних від комп'ютера або іншого DTE.

У загальному випадку передача даних по цифрових стільникових мережах, в порівнянні з передачею даних по аналогових стільникових мережах, забезпечує значно більшу надійність і стійкість до шумів і затримок при переході абонента з однієї соти в іншу, а також до завмирань і багатопроменевого розповсюдження радіосигналів.

## 10.2. Модеми в цифровых сетях

В данный час существуют и развиваются две конкурирующие технологии цифрового сотового звонка. Одна з них основана на множине доступе з поділом за часом TDMA (Time Division Multiple Access), інша - з кодовим поділом CDMA (Code Division Multiple Access). Перша технологія обіцяє трикратне збільшення ємності мереж в порівнянні з аналоговими системами, друга - ще більша, можливо десятикратне. TDMA вже використовується в системах типу GSM, D-AMPS, а технологія CDMA ще чекає свого впровадження. У цифрових сотових системах при підключенні сотового модему до аналогового закінченню телефонного каналу цифрового сотового телефону також можна скористатися підходами, наведеними на рис. 10.1 і 10.2. Однак у майбутньому очікуються великі зміни в організації передачі даних по цифрових сотових мережах.

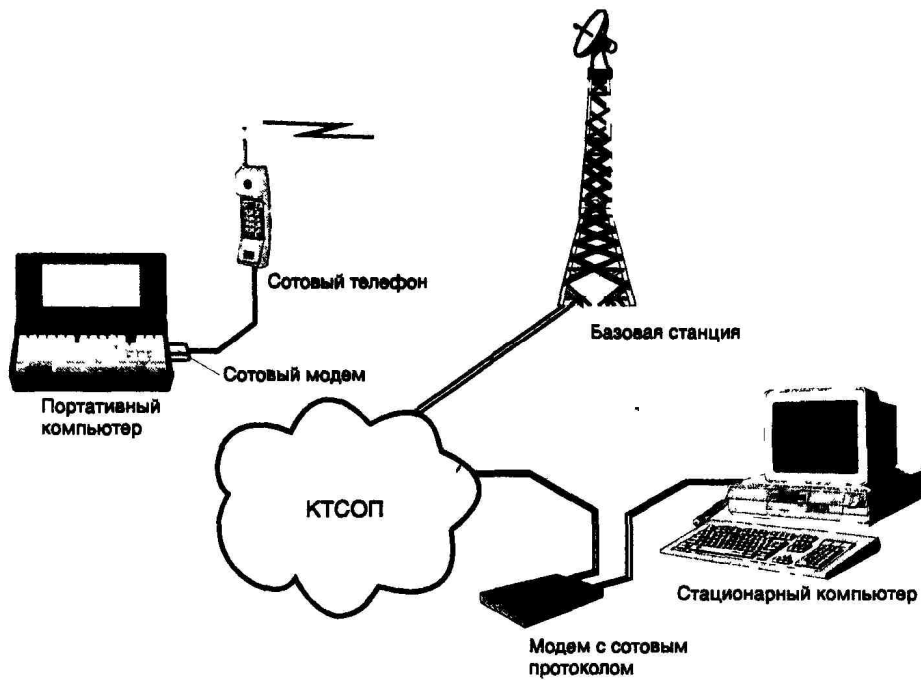


Рис. 10.1. Передача данных через аналоговую сотовую сеть

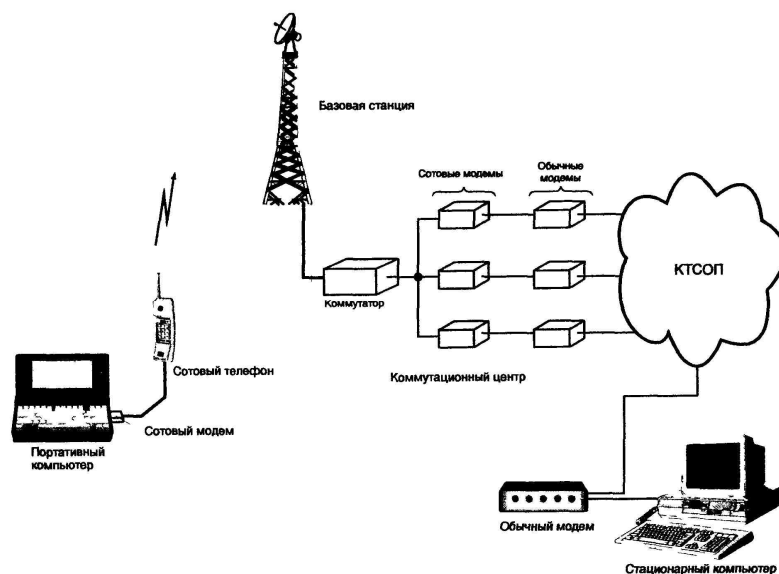


Рис. 11.3 Передача данных при наличии коммутационного центра подвижной связи

Асинхронна передача даних та факсимільного інформації) і IS-130 (Радіоінтерфейс TDMA. Протокол радіоканалів). Вони визначають, як в системах TDMA повинні оброблятися запити на передачу даних. Технологія передачі даних в системах CDMA определяється стандартом IS-99.

Згідно з цими стандартами портативний комп'ютер буде з'єднуватися з цифровим стільниковим телефоном не за допомогою зовнішнього модему, а через послідовний порт (рис. 9.4), і використовувати AT-команди, підтримувані більшістю традиційних стаціонарних модемів. Користувачі отримають можливість передавати дані і факсимільний інформацію в системах TDMA зі швидкістю 9,6 Кбіт / с, а в системах CDMA, ймовірно, і зі швидкістю до 14,4 Кбіт / с. Цифрові стільникові мережі нададуть також послугу пересилання коротких повідомлень, аналогічну послуг пейджингових мереж, але гарантує надійну доставку інформації. Інтеграція з існуючими дотяними системами представляє дещо іншу проблему. Базова станція повинна не тільки ефективно приймати передаються з мобільного вузла дані, але ще і передавати їх на стаціонарний модем на іншому кінці з'єднання. Отже, в комутаційних центрах рухомого зв'язку повинен існувати пул (безліч модемів, об'єднаних в одному корпусі) модемів для передачі даних за допомогою традиційних модемних протоколів, таких як V.32, V.34 та ін. (Див. Рис. 9.4). Для забезпечення міжмережевої взаємодії комутаційні центри мають підтримувати стандарту цифрових мереж з інтеграцією послуг (ISDN) і розподілених мереж передачі даних.

Існують потенційні можливості для підвищення швидкості передачі даних по цифрових стільникових мереж. GSM, D-AMPS і технологія CDMA підтримують об'єднання каналів. D-AMPS дозволяє об'єднувати три канали для передачі даних із сумарною швидкістю 28,8 Кбіт / с, а CDMA можливо дозволить досягти швидкості до 64 Кбіт / с.

Технологія передачі даних в системах CDMA визначається стандартом IS-99. Згідно з цими стандартами портативний комп'ютер буде з'єднуватися з цифровим стільниковим телефоном не за допомогою зовнішнього модему, а через послідовний порт (рис. 10.3), і використовувати AT-команди, підтримувані більшістю традиційних стаціонарних модемів. Користувачі отримають можливість передавати дані і факсимільний інформацію в системах TDMA зі швидкістю 9,6 Кбіт / с, а в системах CDMA, ймовірно, і зі швидкістю до 14,4 Кбіт / с. Цифрові стільникові мережі нададуть також послугу пересилання коротких повідомлень, аналогічну послуг пейджингових мереж, але гарантує надійну доставку інформації.

На фізичному рівні різні види інформації, переданої по цифровій мережі, - мова, факси, дані - виглядають однаково. У міру підвищення рівня мережевих протоколів, відмінності між ними стають все більш суттєвими, а, отже, і способи обробки різної інформації повинні бути різними. Стандарти передачі даних по цифрових стільникових мереж визначають протоколи каналного рівня, що забезпечують надійну передачу даних по відносно ненадійному радіоканалу. При виклику мобільного пристрою один телефонний номер буде використовуватися в цілях встановлення з'єднання для передачі мови, а інший - факсимільного інформації та даних. Для вихідних дзвінків мобільний пристрій видаватиме команду цифрового стільниковому телефону, вказуючи вид необхідної послуги.

Інтеграція з існуючими дотяними системами представляє дещо іншу проблему. Базова станція повинна не тільки ефективно приймати передаються з мобільного вузла дані, але ще і передавати їх на стаціонарний модем на іншому кінці з'єднання. Отже, в комутаційних центрах рухомого зв'язку повинен існувати пул (безліч модемів, об'єднаних в одному корпусі) модемів для передачі даних за допомогою традиційних модемних протоколів, таких як V.32, V.34 та ін. Для забезпечення міжмережевої взаємодії комутаційні центри мають підтримувати стандарти цифрових мереж з інтеграцією послуг (ISDN) і розподілених мереж передачі даних.

Існують потенційні можливості для підвищення швидкості передачі даних по цифрових стільникових мереж. GSM, D-AMPS і технологія CDMA підтримують об'єднання каналів. D-AMPS дозволяє об'єднувати три канали для передачі даних із сумарною швидкістю 28,8 Кбіт / с, а CDMA можливо дозволить досягти швидкості до 64 Кбіт / с.

В даний час також знаходить застосування підхід, заснований на об'єднанні всього обладнання мобільного користувача в одному пристрої.

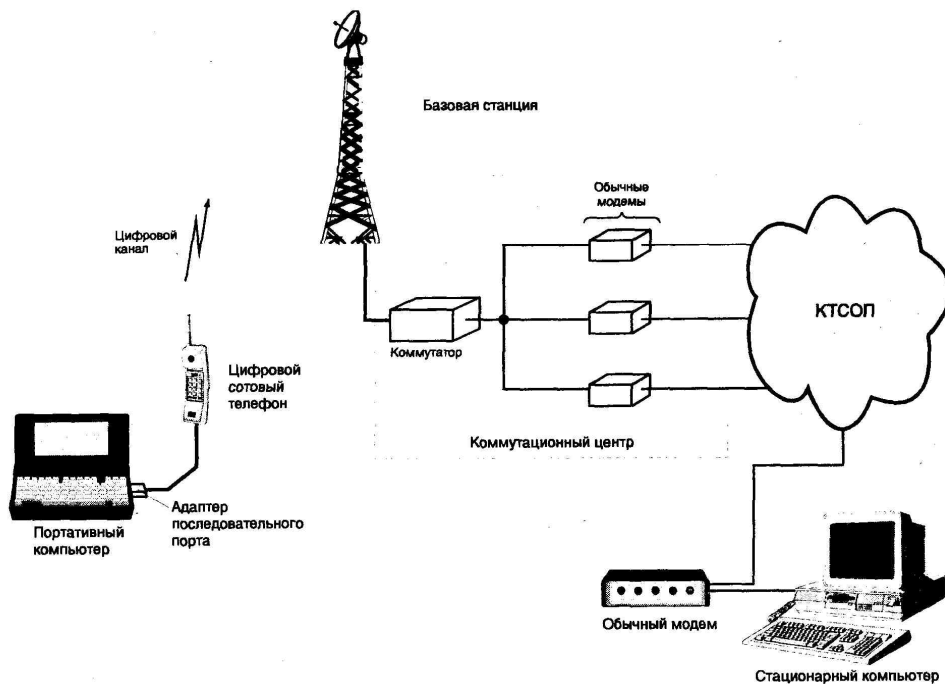


Рис. 11.4. Передача данных в цифровой сотовой сети

### Контрольні питання

1. Стандарти стільникових мереж зв'язку.
2. Характеристики цифрових стільникових мереж.
3. Фізична реалізація радіо модемів.
4. Модеми в цифрових мережах.
5. Передача даних через аналогову стільникову мережу.
6. Передача даних через цифрову стільникову мережу.

### Рекомендована література

#### Базова

1. О.И. Логутенко Современные модемы / О.И. Логутенко – Спб.: «Лань», 2004. – 428 с
2. В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман Телекоммуникаційні мережі/ В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман . Київ, Техніка, 2001р – 526 с.
3. Э.А.Якубайтис Открытые информационные сети/ Э.А.Якубайтис - М.: Радио и связь, 1991. - 208 с.
- 4.С.И. Самойленко Сети ЭВМ/ С.И. Самойленко – М.: Наука, 1986. – 160 с.
5. Я.П.Выставкин Сети обмена информацией между ЭВМ/ Я.П.Выставкин – М.: Наука , 1985 – 216 с.
6. П.Боккер ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятие, методы, системы/ П.Боккер – М.: Мир, 1991. - 304 с.
7. О.М.Денисьева, Д.Г.Мирошников Средства связи для «последней мили»/ О.М.Денисьева, Д.Г.Мирошников – М.: Радио и связь, 1998 – 125 с.
8. О.И.Лагутенко Модемы. Справочник пользователя/ О.И.Лагутенко – Спб.: «Лань», 1997. – 368 с.
9. Голдштейн Протоколы сетей доступа т. 2 / Голдштейн - Спб.: «Лань», 2001. – 326 с.
10. И.М. Котиков Пространство технологий абонентского доступа для операторов связи/ И.М. Котиков //Технологии и средства связи, №1, 2003, с. 38-43.



11. В.К.Тарасов, В.А. Спирин Сети абонентского доступа для предоставления услуг/  
В.К.Тарасов, В.А. Спирин // Икс, №9, 2003, с. 50-52.

#### Допоміжна

1. Семенов Ю.А. Телекоммуникационные технологии/ Семенов Ю.А. (<http://book.itep.ru/>)
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд./ Олифер В.Г., Олифер Н.А. – СПб.: Питер, 2010.- 944 с.
- 3.Соколов Н.А. Сети абонентского доступа. Принципы построения./ Соколов Н.А. <http://nicksokolov.narod.ru/lib.html>.
4. Гургенидзе А.Т., Кореш В.И. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа/ Гургенидзе А.Т., Кореш В.И. - СПб.: Наука и Техника, 2003. – 400 с.