

**Б.Ю. Жураковський, Н.В. Коршун**

# **СИСТЕМИ ДОСТУПУ**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

для підготовки студентів за спеціальністю

8.05090302 “Телекомунікаційні системи та мережі”

КИЇВ-2015

Навчальний посібник з дисципліни “ Системи доступу” для підготовки студентів за спеціальністю 8.05090302 “Телекомунікаційні системи та мережі” / Укл.: Б.Ю.Жураковський, Н.В. Коршун. – К.: ДУТ, 2015.- 58 с.

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

## **ISBN**

У навчальному посібнику системно розглянуто: принципи побудови мереж доступу; система знань теоретичних основ, основних характеристик та особливостей реалізації платформ доступу; надання телекомунікаційних послуг за допомогою мереж доступу; технічні, економічні, організаційні проблеми реалізації мереж доступу. Наведено основні характеристики та особливості реалізації платформи та мережі систем доступу, застосування цифрових методів передавання в системах абонентського доступу, основні технології побудови систем доступу, багатофункціональні системи доступу. Значна увага надається модернізації та проектуванню ліній передачі систем доступу. Для студентів вузів, які навчаються за напрямом «Телекомунікації». Може бути корисним для аспірантів і робітників підприємств зв'язку.

## Зміст

<b>ВСТУП</b>	<b>5</b>
<b>1. ПОБУДОВА МЕРЕЖ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ</b>	<b>6</b>
1.1. Сценарії побудови мереж доступу	6
1.2. Основні відмінності сценаріїв	8
1.3. Фізичне і логічне представлення сценаріїв побудови МД	9
Контрольні питання	11
<b>2. ЗАСОБИ ДОСТУПУ ДО МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ</b>	<b>12</b>
2.1. Модеми для телефонних каналів	12
2.2. Магістральні модеми	12
2.3. Модеми вузлів мереж	12
2.4. Модеми для фізичних ліній	13
2.5. Модеми “голос+дані”	13
Контрольні питання	14
Ситуаційний тест	14
<b>3. Організація доступу абонента до ISDN</b>	<b>15</b>
3.1 Абонентське обладнання та інтерфейси ISDN	15
3.2 Стики користувач-мережа ISDN	19
Контрольні питання	23
<b>4. ТЕХНОЛОГІЯ FDDI ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В МЕРЕЖАХ ДОСТУПУ</b>	<b>24</b>
4.1. Подвійне оптичне кільце	24
4.2. Підключення устаткування до мережі FDDI	27
4.3. Міст FDDI – Ethernet	28
4.4. Інтелектуальні мости	30
Контрольні питання	32
<b>5. ТЕХНОЛОГІЯ XDSL ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В МЕРЕЖАХ ДОСТУПУ</b>	<b>33</b>
5.1. Техноологія HDSL	33
5.2. Техноологія ADSL	34
5.3. Техноологія SHDSL	34
5.4. Техноологія VDSL	34
Контрольні питання	35
Ситуаційний тест	35
<b>6. ОРГАНІЗАЦІЯ СТАЦІОНАРНОГО РАДІОДОСТУПУ ДО ТЕЛЕФОННИХ МЕРЕЖ</b>	<b>36</b>
6.1. Технології радіо доступу	36
6.2. Обладнання стаціонарного радіодоступу	38
Контрольні питання	42
Ситуаційний тест	42

<b>7. Технологія супутникового доступу</b>	<b>43</b>
7.1. Централізовані супутникові мережі	43
7.2. Характеристика технології PES	43
7.3. Характеристика технології HES	45
7.4. Характеристика технології TES	45
7.5. Характеристика технології TRES	46
7.6. Приймачна наземна станція RES	46
7.7. Технологія IP –Advantage	47
Контрольні питання	49
<b>8. МЕРЕЖІ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ</b>	<b>50</b>
8.1. Концепція модернізації АЛ	50
8.2. Концепція будівництва сучасних мереж доступу	50
8.3. Концепція використання оптичного кабелю на ділянці абонентського доступу	51
Контрольні питання	53
<b>9. МЕРЕЖА АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ПОСЛУГ</b>	<b>54</b>
9.1. Гібридні оптико-мідні мережі	54
9.2. Багатоваріантна гібридна мережа доступу на фізичному рівні	57
Контрольні питання	57
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>58</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. Ці вимоги сприяли та визначили створення глобальної інформаційної інфраструктури, платформою якої є концепція мережі наступного покоління (NGN). Для ефективної роботи таких мереж потрібна ефективна мережа доступу. Одною зі складових ефективності є ефективність використання технології доступу для передачі інформації.

У цьому навчальному посібнику містяться основні теоретичні положення мереж та систем доступу, питання для самоперевірки і вони можуть бути використані при проведенні міжсесійного контролю знань студентів та при здаванні заліку.

# 1. ПОБУДОВА МЕРЕЖ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ

## 1.1. Сценарії побудови мереж доступу

Сценарій мереж доступу надає графічне представлення комплексу елементів, які забезпечують надання послуг користувачам. Сценарії включають послуги різних видів, обладнання мережі, яке використовується для надання послуг.

### Призначення сценарію

Сценарій призначений для моделювання етапів розвитку мережі з тим, щоб:

- 1) визначити ключові інтерфейси підключення мереж і обладнання;
- 2) класифікувати інтерфейси за допомогою відповідної форми її систематизації і оцінки;
- 3) визначити послуги, які можуть бути надані через вказані інтерфейси;
- 4) класифікувати послуги за допомогою відповідних критеріїв і їх оцінки;
- 5) виявити технології передачі;
- 6) дослідити взаємодію компонентів мережі;
- 7) узгодити протоколи інтерфейсів;
- 8) забезпечити реалізацію сценаріїв при впровадженні нових інформаційних технологій, а також розробку відповідної нормативно-технічної бази.

Побудова сценаріїв доступу забезпечує перехід від вже існуючих технологій до нових, появу яких можливо передбачити в майбутньому.

Комісія МСМ ІК-15 проаналізувала сценарії з точки зору надання послуг постачальниками, взаємодію мереж, розподіл інформаційних потоків. Запропоновані сценарії дозволили систематизувати і формалізовано описати МД і форми їх представлення відповідно із сценарієм глобальної інформаційної структури(GII).

При розробці сценарія враховувались наступні положення:

- 1) сценарій повинен бути гідним для використання, як для роботи користувача так і для мережного оператора;
- 2) інтерфейси в сценаріях повинні бути в будь яких точках між якими організуються з'єднання;
- 3) повинна бути можливість включати в сценарії нові послуги;
- 4) сценарії повинні бути орієнтовані на надання таких послуг як передача мови, даних, відео.

В наш час існує ряд мереж доступу призначених для забезпечення користувачів різними видами послуг. Сценарій дозволяє розглянути комбіноване використання різних існуючих мереж доступу, так щоб додатково надати нові послуги для доставки яких потребуються інші характеристики мереж. До числа нових послуг відносяться доступ до Інтернет, інтерактивне відео та ін. З урахуванням всіх вказаних обставин існує 7 сценаріїв.

Складовими частинами сценаріїв є:

- 1) сервісні послуги(відео, мова, данні, доступ до Інтернету);
- 2) базовою мережею може бути ТМЗК, вузькосмугова та широкосмугова ISDN;
- 3) мережений доступ може бути: мережею кабельного телебачення, цифрові абонентські лінії, ВОЛЗ, радіомережа, супутниковий зв'язок;
- 4) мережа користувача - використання ПК, телефону, бездротового телефону, телевізійного приймача;
- 5) вибір технології передачі інформації залежить від ряду вимог:

- при необхідності швидкого створення мережі зручно використовувати супутниковий або радіозв'язок (сценарії 5 і 6);
- при наявності двостороннього кабельного зв'язку використовують технології цифрової абонентської лінії(DSL) і її різновиди (сценарії 3 і 7);
- перспективними вважаються побудова волоконно-оптичної МД, особливо, з використанням спектрального ущільнення (сценарій 4).

Сценарії:

- 1) надання послуг(мова, данні, відео) по існуючій інфраструктурі;
- 2) надання послуг(мова, данні, відео) по кабельній мережі, яка використовує В-  
ISDN;
- 3) використання технології xDSL для забезпечення передачі відео, даних по  
мідним парам;
- 4) волоконно-оптичний доступ;
- 5) використання радіо доступу в абонентському шлейфі(мережі);
- 6) доступ з використанням супутникового зв'язку;
- 7) приклад доступу до Інтернет.

Сценарії	Базова мережа
1	PSTN/N-ISDN (існ. інфраструктура,
2,3,4	ТМЗК/вузькосм)
5	В-ISDN
6	N-ISDN, В-ISDN
7	В-ISDN, ATM ATM, Frame Relay, ВОЛЗ

Сценарії	Послуги
1	1)Мова, данні по мережі зв'язку і відео по кабелю, радіо і супутниковому мовленню; 2) мова, данні, відео по двосторонньому кабелю;
2	1)мова, данні по мережі зв'язку, відео по кабелю; 2)мова, данні, відео по двосторонньому кабелю;
3	1)мова, данні, відео по ADSL, VDSL;
4	1)мова, данні, відео по волоконній мережі;
5	1)безпроводний телефон, мова, данні по мережі зв'язку, відео по кабелю; 2)мова, данні, відео по радіозв'язку;
6	1)В-ISDN, Internet, мобільний телефон через супутник;
7	1)мова, данні, відео через Інтернет
Сценарії	Мережа доступу

1, 2	1)одностороння розподільча кабельна мережа; 2)двостороння розподільча кабельна мережа; 3)супутникове та наземне широкосмугове мовлення;
3	xDSL, ADSL, VDSL;
4	волокно до будівлі;
5	радіо доступ для мови і даних, кабель для відео;
6	супутниковий зв'язок;
7	1)ADSL, VDSL; 2)ТМЗК; 3)ISDN( В-ISDN); 4)волоконно-оптична мережа: пасивна оптична мережа(PON), гібридна оптоволоконна мережа(HPC)

Сценарії	Мережа користувача
1, 2, 3, 4	Блок доступу, ПК, телефон, телевізійний приймач;
5	Блок доступу, ПК, телефон, телевізійний приймач, бездротовий телефон;
6, 7	Блок доступу, ПК, телефон, телевізійний приймач.

## 1.2. Основні відмінності сценаріїв.

В основному сценарії відрізняються один від одного транспортними технологіями, які використовуються в мережі доступу.

В 1 сценарії цифрове супутникове мовлення включає також засоби розподілу відеоінформації.

1 і 2 сценарії від інших відрізняються тим, що в них базові мережі використовуються існуюча інфраструктура – це комутуєма ТМЗК і ISDN.

У наступних сценаріях в якості базової мережі використовується вже широкосмугова ISDN.

У останньому сценарії використовується доступ в Інтернет за різноманітними способами, організуються високошвидкісні канали у двох напрямках, в частковому випадку використовується волоконно-оптична мережа.

Особлива увага приділяється цифровим абонентським лініям. Це відбувається тому, що ця технологія дозволяє використовувати існуючі мідні лінії з доволі високою пропускною здатністю, середня швидкість сягає 7-8 Мбіт/с. В останній час широке

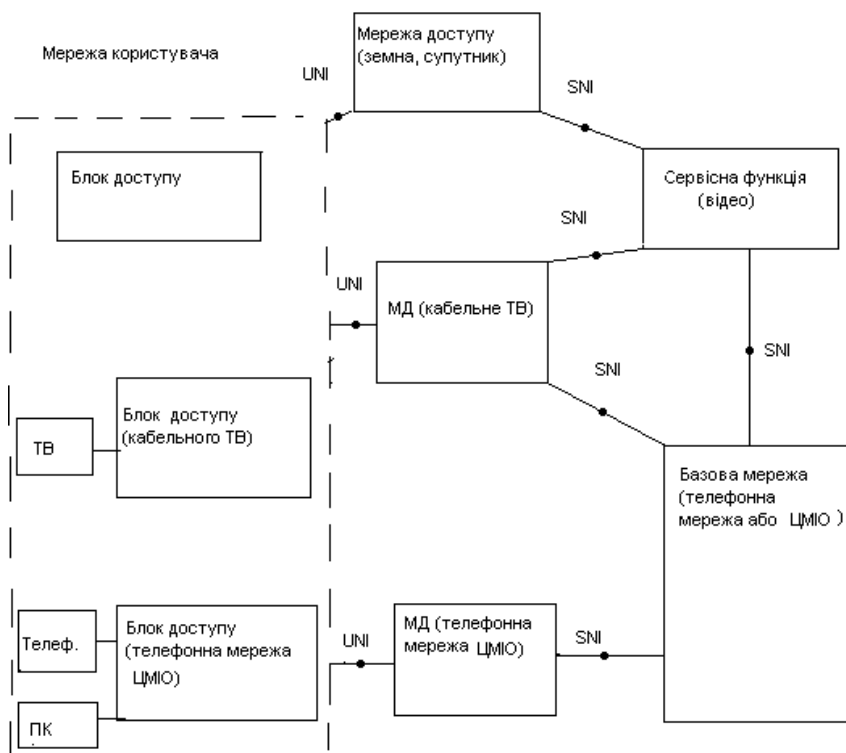


розповсюдження отримала ATM. Типова широка смуга пропускання, забезпечення доступу до цієї смуги. У подальшому ці технології можуть бути використані при побудові нових сценаріїв.

### 1.3. Фізичне і логічне представлення сценаріїв побудови МД

Сценарій 1: надання послуг, мова, дані, відео по існуючій інфраструктурі.  
 SNI (Service Node Interface) – інтерфейс вузла обслуговування.  
 UNI (User Network Interface) – інтерфейс мережі користувача

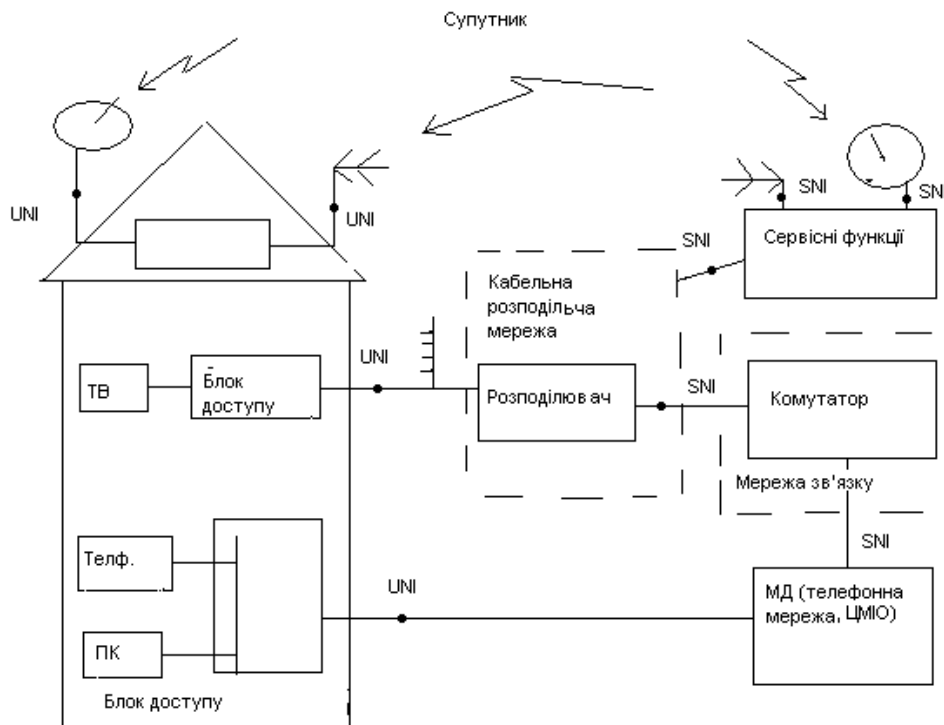
Логічне представлення 1 сценарію



В цьому сценарії використовується існуюча МД, яка включає супутникову, яка забезпечує цифрове мовлення, кабельне телебачення, ТМЗК або ЦМІО. Також розглядається надання послуг постачальника відео та припущення, що мережа користувача має відповідні блоки доступу до вказаних МД. Послуги відео від постачальника до користувача можуть доставлятися через супутник або наземні засоби мовлення. Інший шлях через інтерфейс вузла обслуговування між відео сервером і розподільовачем односторонньої кабельної мережі. Інформація від користувача до постачальника необхідна при взаємодії для отримання послуг відео і передається за допомогою інтерфейсів UNI, SNI.

Таким чином інформація від користувача до постачальника і навпаки переноситься по каналах різних МД для забезпечення послуг одного виду. При цьому в МД використовуються різні технології і різні швидкості передачі.

## Фізичне представлення 1 сценарію



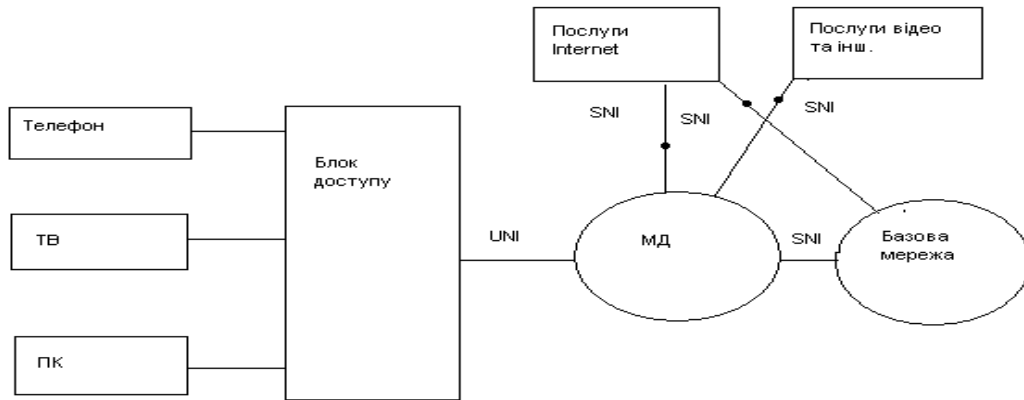
Сценарій 7: доступ в Інтернет. Інтернет потребує індивідуальних двосторонніх високошвидкісних з'єднань. В цьому сценарії широке розповсюдження отримав протокол IP, який може працювати з різними транспортними технологіями доступу, такі як ATM, Frame Relay, Giga Ethernet, xDSL.

Цей сценарій забезпечує такі послуги: відео на вимогу, вихід в Інтернет.

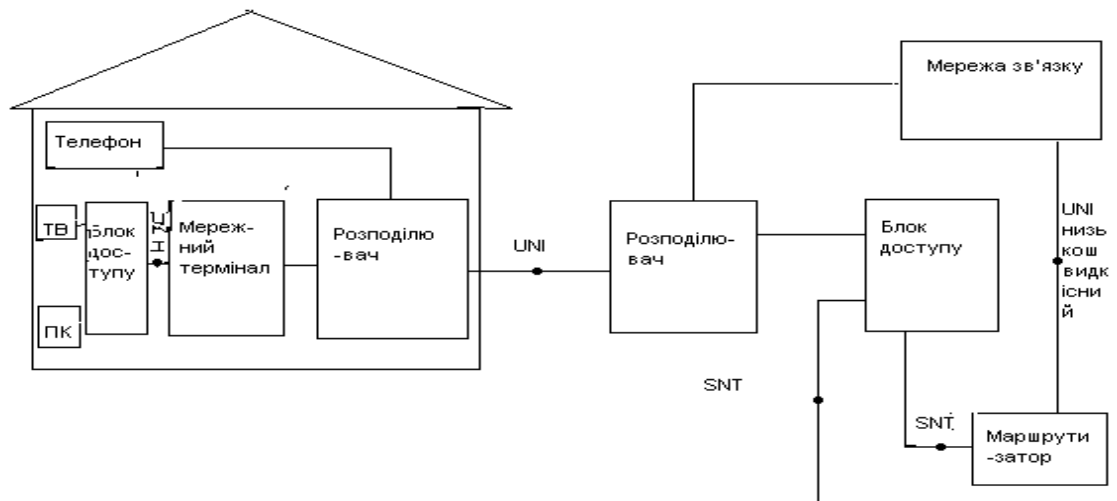
В базовій мережі були використані технології вузькосмугової ISDN, ТМЗК, ATM, Frame Relay.

В МД використовується технологія ADSL. Мережа користувача містить блок доступу до ADSL. В цьому сценарії використано також спеціальний маршрутизатор, який є багаторівневим комутатором, його характеристики забезпечують механізм роботи по пріоритетах, гарантії високого рівня пріоритету трафіку найбільш поважної послуги.

## Логічне представлення 7 сценарію



## Фізичне представлення 7 сценарію



## Контрольні питання

1. Способи побудови мереж абонентського доступу.
2. Побудови абонентської розподільчої мережі.
3. Різновид абонентських ліній.

## 2. ЗАСОБИ ДОСТУПУ ДО МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

### 2.1 Модеми для телефонних каналів

Максимальна швидкість, яка потребується від модемів, визначається задачею, що вирішується і якістю каналів зв'язку. Чим модем швидше, тим він краще, але важливий також фактор ціни, зручності в обслуговуванні, сумісності і т.п.

1. Краще використовувати модеми, які підтримують більш сучасний протокол, так як вони завжди працюють завжди надійніше. В нові протоколи вносяться останні досягнення в методах передачі інформації, в тому числі по завадостійкості і корекції спотворень.
2. Краще не використовувати на магістральних лініях та вузлах модеми, швидкість яких нижче 28800 біт/с, в тому числі і тому, що вони зняті з виробництва більшістю виробників і будуть незручні в обслуговуванні і ремонті.
3. Недоцільно використовувати модеми, які реалізують нестандартні (не рекомендовані *ITU-T*) протоколи, наприклад *ZyXEL 16,8* кбіт/с, *ZyXEL 19,2* кбіт/с, протокол *V.PC (Rockwell)*, *HST (US Robotics)* та деякі інші.

Визначим три основні функціональні призначення модемів:

- магістральні модеми, які забезпечують обмін даними по 2- і 4-провідним виділеним каналам ТЧ;
- вузлові модеми, які знаходяться в режимі автовідповіді, з'єднані з хост-комп'ютерами або термінальним сервером мережного вузла;
- абонентські модеми, які забезпечують обмін при роботі з комутованою телефонною мережею.

### 2.2 Магістральні модеми

Магістральний модем повинен забезпечити синхронний режим обміну, мати можливість апаратного конфігурування в режимі виділеної лінії з автоматичним підтримуванням з'єднання. Необхідне регулювання вихідної потужності та висока чутливість приймача, що робить можливою роботу модемів на каналах з великим згасанням. Важливі також функції централізованого управління (використання *SNMP*), універсальність до типу каналу (2-/4-провідні) та наявність функції автоматичного переходу на комутуємий канал при ушкодженні виділеного, підтримка вторинного каналу для конфігурування віддаленого модема.

### 2.3 Модеми вузлів мереж

Вимоги до модемів, які встановлюються на комутуємих входах у вузлах мереж:

- можливість регулювання рівня вихідного сигналу;
- коректне відпрацювання команд і сигналів *RS-232* хост-комп'ютера;
- виключення "зависання" модемів;
- відпрацювання алгоритмів роботи при серійному включенні в АТС;
- наявність достатньої індикації і конфігурування з панелі;
- наявність додаткових функцій діагностики і статистики;
- наявність стійкової версії (при великому числі каналів).

В останній час отримали велике розповсюдження цифрові модеми, які підключаються до АТС по стику *E1*. Такий варіант підключення дає зниження затрат на апаратуру і можливість роботи на швидкостях 56 кбіт/с.

Майже усі модеми, в тому числі дешеві абонентські можуть бути використані у якості вузлових модемів.

Рекомендації для цього класу задач аналогічні рекомендаціям для класу магістральних модемів. Відмінність лише в тому, що для комутуємих входів нема необхідності використовувати модеми, які мають 4-провідний режим і синхронний протокол роботи.

#### **Абонентські модеми**

Серед специфічних вимог, які відносять до абонентських модемів, відмічають високу чутливість, надійність розпізнавання станційних зумерів (для автодозвона) і низьку вартість.

### **2.4. Модеми для фізичних ліній**

В табл.2.1 надані вимоги до швидкості передачі при організації доступу до мереж зв'язку.

*Табл.2.1 Рекомендації до швидкості передачі при включенні в мережу*

Додатки	Потребуєма швидкість	
	Україна	Європа
Підключення до мережі (індивідуальний користувач)	33600 біт/с	до 2 Мбіт/с
Підключення до мережі (корпоративний користувач)	128 кбіт/с	до 8 Мбіт/с
З'єднання LAN-LAN	128 кбіт/с – 2 Мбіт/с	від 2 Мбіт/с
Організація серверу Internet	від 128 кбіт/с	від 2 Мбіт/с
Ущільнення телефонних ліній	128 кбіт/с – 2 Мбіт/с	-

Для організації високошвидкісного доступу по існуючим мідним лініям використовуються модеми для фізичних ліній. Довжина ліній, по яким працюють модеми, часто перевищує звичайну довжину абонентських телефонних ліній. Це пов'язано з тим, що кількість вузлів передачі даних звичайно менше, чим кількість телефонних станцій. тому абонент мережі передачі даних підключається по прямому проводу, який включає абонентську лінію, а також ділянку з'єднувальної лінії між АТС і вузлом мережі. Типова довжина мідної лінії від абонента до вузла мережі складає 5-15 км.

Найбільш сучасні технологічні рішення, які використовуються в модемах для фізичних ліній, беруть свій початок від технології DSL (Digital Subscriber Loop). Це перша технологія, яка допоможе використовувати існуючі лінії зв'язку для цифрової передачі зі швидкістю до 128 кбіт/с. У ході розробки апаратури DSL створена технологія лінійного кодування 2B1Q. Її використання дозволить організувати дуплексну передачу інформації зі швидкістю до 160 кбіт/с на одній мідній парі.

### **2.5 Модеми “голос+дані”**

В модемах “голос+дані” використовуються декілька технологій. Перша з них реалізує достатньо просту ідею переносу спектра, який використовується для передачі даних, у високочастотну область. В цьому випадку дані як би передаються “над голосом”. Ця технологія достатньо проста, дешева у реалізації. Її головним недоліком є низька швидкість передачі даних і доволі невелика дистанція, яка пояснюється “голосовою” складаючою, відповідно допустимому згасанню в абонентській лінії, так і цифровою частиною за рахунок доволі примітивної схеми модуляції. Іншою

проблемою для модемів такого типу є імпульсні завади при передачі даних, які визиваються набором номеру і іншими сигналами абонентської сигналізації, які передаються по абонентській лінії для потреб телефонного зв'язку.

Наступним кроком у розвитку технології “голос+дані” стала розробка модемів з повністю цифровим методом передачі лінійного сигналу. В таких модемах, створених по технології *DSL*, цифровий груповий потік (160 кбіт/с) розділюється на три складові. Перша частина потоку (64 кбіт/с) відводиться під канал передачі даних (інтерфейс користувача) *V.24* чи *V.35*. Друга частина (64 кбіт/с) використовується для передачі мови з використанням стандартного для телефонії кодування ІКМ. Третя частина (32 кбіт/с) використовується для передачі сигналів управління віддаленим модемом (для функції централізованого мережного управління) і сигналів телефонізації.

### Контрольні питання

1. Загальні характеристики засобів доступу до мереж передачі даних.
2. Функціональні призначення модемів для телефонних каналів.
3. Магістральні модеми.
4. Модеми вузлів мереж. Вимоги до них.
5. Абонентські модеми.
6. Модеми для фізичних ліній.
7. Рекомендації по швидкості передачі при підключенні до мережі.
8. Використання технології *DSL* у модемах для фізичних ліній.
9. Модеми “голос+дані”. Загальні характеристики.
10. Технології, які використовуються в модемах “голос+дані”.

### Ситуаційний тест:

Перед вами як інженером-проектувальником стоїть задача підключити дві локально-обчислювальні мережі між собою. Відстань між мережами 66 км, діаметр жили кабелю 1,2 мм, потрібно забезпечити швидкість передачі даних до 384 кбіт/с. Зобразіть схему даного підключення. Якщо підключення вимагає наявності регенераторів, визначіть їх кількість та покажіть на схемі. Поясніть.

Рішення:

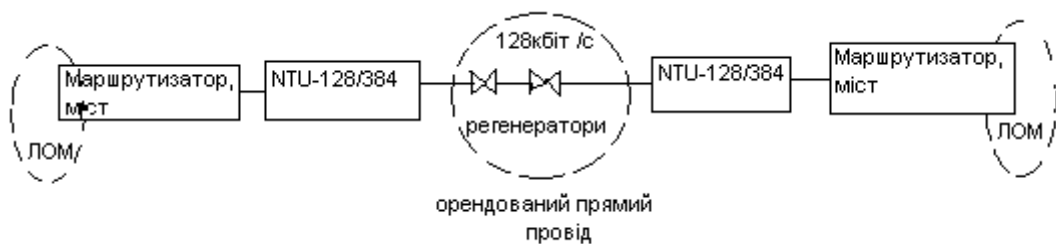


Схема даного підключення вимагає наявності двох регенераторів, бо при діаметрі кабелю 1,2 мм та швидкості передачі 384 кбіт/с допустима довжина ліній - 22 км, а так як відстань між нашими ЛОМ 66 км, то  $66/22=3$  відрізки, тобто вимагається включення 2-х регенераторів.

### 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ДОСТУПУ АБОНЕНТА ДО ISDN

#### 3.1. Абонентське обладнання та інтерфейси ISDN

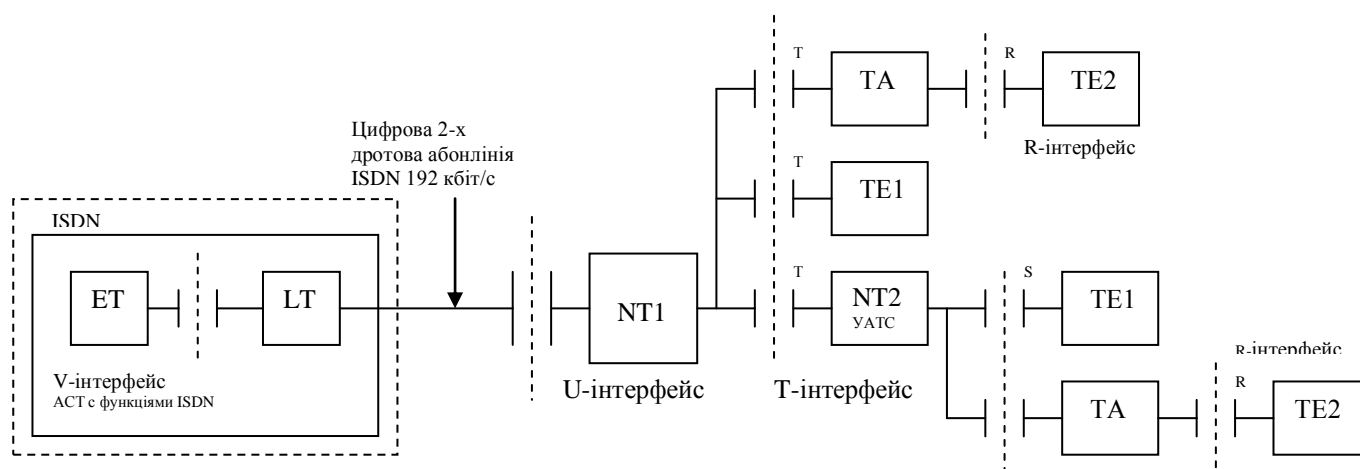


Рис. 3.1 Абонентське обладнання та інтерфейси ISDN

*TE1* – термінал *ISDN*.

*TE2* – несумісний з *ISDN* термінал.

*TA* – Термінальний адаптер для підключення несумісних з *ISDN* терміналів.

*NT1* – мережеве закінчення рівня 1.

*NT2* – мережеві закінчення рівней 2,3.

Термінали *TE1* повністю сумісні з стандартами *ISDN* і підключаються до цієї мережі через чотирихдротовий інтерфейс, у якому за принципом часового розділення організовані 3 канали ( $2B+D$ ). *B*-канали мають пропускну можливість 64кбіт/с, а пропускну можливість *D*-канала – 16кбіт/с. Такий інтерфейс називається базовим (*BRI* – *Basic Rate Interface*). *ISDN* передбачає підключення до одного інтерфейсу  $2B+D$  до 18 терміналів *TE1*.

Термінали *TE2* несумісні з *ISDN* і потребують наявності приладу сопряження (*TA* – *Terminal Adapter*). *TA* перетворює сигнали других стандартів, наприклад, *RS-422*, *V35* у стандарт *ISDN*. Існують *TA* для підключення 25-контактних роз'ємів інтерфейсів *RS-232C*, 34-контактних роз'ємів *RS-499*, *RS-410* і т.д.

Обладнання *TA* може встановлюватись не тільки на правах зовнішнього модема, але і в якості вбудовуємого у *TE2* слота.

Існують дві категорії мережевих закінчень: *NT1* і *NT2*. Функціональний блок *NT1* включає в себе основні функції мережевого закінчення. До функцій *NT1* входять подача живлення до абонентської установки, забезпечення технічного обслуговування лінії та контролю робочих характеристик, синхронізація, мультиплексування на фізичному рівні моделі взаємодії відкритих систем та вирішення конфліктів доступу.

Функціональний блок *NT2* виконує функції обробки протоколів рівней 2 і 3, мультиплексування, комутації та концентрації, а також функції технічного обслуговування і деяких функцій рівня 1. В якості функціонального блока *NT2* можуть виступати *VATC*, локальна мережа або термінальний адаптер. Функції *NT1* та *NT2* можуть об'єднуватись у єдиному фізичному обладнанні, позначеному просто *NT*.

На зустрічній стороні цифрової абонентської лінії в АТС встановлюється лінійне закінчення *LT* і стаціонарне закінчення *ET*.

*Інтерфейси в опорних точках*

Інтерфейс в точці R зв'язує несумісне з *ISDN* обладнання *TE2* з термінальним адаптером *TA*. У цій точці можуть функціонувати синхронні та асинхронні інтерфейси, визначені у рекомендаціях *ITU-T* серії *V* та *X*.

Інтерфейс в точці S (інтерфейс “користувач-мережа”) з'єднує *ISDN* – сумісне термінальне обладнання з мережевим закінченням. Цей інтерфейс стандартизований за трьома рівнями:

рівень 1 (рекомендація I.430);

рівень 2 (рекомендація Q.921);

рівень 3 (рекомендація Q.931);

В рамках рівня 1, специфікований роз'єм на базі стандарту *ISO 8877*.

Шинна конфігурація базового *S*-інтерфейсу згідно стандарту I.430 має одне мережеве закінчення, два навантажних опіра (один в мережевому закінченні, інший – на кінці шини) і передбачає можливість підключення до шини деякої кількості кінцевих приладів (до 8 терміналів або термінальних адаптерів).

Через інтерфейс у точці *S*, коли він повністю активізований, іде неперервна передача бітів в обох напрямках між *NT* і *TE* з швидкістю 192кб/с. Ці 192кб/с складають два *B*-канали по 64кб/с, один *D*-канал 16кб/с, і ресурс 48кб/с для синхронізації циклів і техобслуговування в межах рівня 1.

Цикли мають довжину 48 біт і передаються з *TE* та *NT* кожні 250мкс. Цикл тривалістю 250мкс забезпечує швидкість 4000 циклів в секунду ( $1\text{секунда}/0,00025=4000$ ) і швидкість передачі 192кб/с ( $4000*48=192000$ ). Але в кожному циклі присутні 12 службових бітів, тому швидкість передачі даних користувача складає 144кб/с ( $4000*(48-12)=144000$ ).

Інтерфейс в точці T зв'язує обладнання користувача з розташованим в приміщенні користувача мережевим закінченням *NT1*. Точка *S* є точкою підключення терміналів і адаптерів до *NT2*, а точка *T* – точкою підключення *NT2* до *NT1*. Якщо функції *NT2* відсутні, ці точки співпадають. Якщо функції *NT2* присутні, інтерфейси в обох точках ідентичні на рівнях 1 і 2. На рівні 3 вони можуть відрізнитися, в зв'язку з тим, що протоколи сигналізації для інтерфейса *S* є, як правило, протоколами приватної (відомственої) мережі, у той час, як у інтерфейсі *T* діють протоколи загального користування.

Інтерфейс в точці U є інтерфейсом між обладнанням *NT1* та обладнанням АТС. *R*-інтерфейс в *ITU-T* не визначений. Рекомендація G.961 містить лише вимоги до цифрової системи передачі при базовому доступі *ISDN* по металевим лініям зв'язку і містить шість додатків, у яких даються детальні визначення альтернативних систем передачі:

**MMS43**, модифікований код моніторинга с ехокомпенсацією, де 4 біта відображаються в три троїчні символи з лінійною швидкістю передачі символів 120кб/с;

**2B1Q**, чотирирівневий код з ехокомпенсацією, де два двійкових біта відображаються в один четверичний символ з лінійною швидкістю передачі символів 80кб/с;

**AMI**, біполярний код з ехокомпенсацією і лінійною швидкістю передачі символів 160кб/с;

**AMI**, з поперемінним чередуванням напрямку передачі (пінг-понг) і лінійною швидкістю передачі символів 320кб/с;

Двійковий двохфазний код, з використанням ехокомпенсації з лінійною швидкістю передачі символів 160кб/с;

**SU32**, підстановочний безумовний код 3B2T з компенсацією луни і лінійною швидкістю передачі символів 108кб/с.



Система *2B1Q* використовується у Великобританії, *MMS43* – у Германії та Франції.

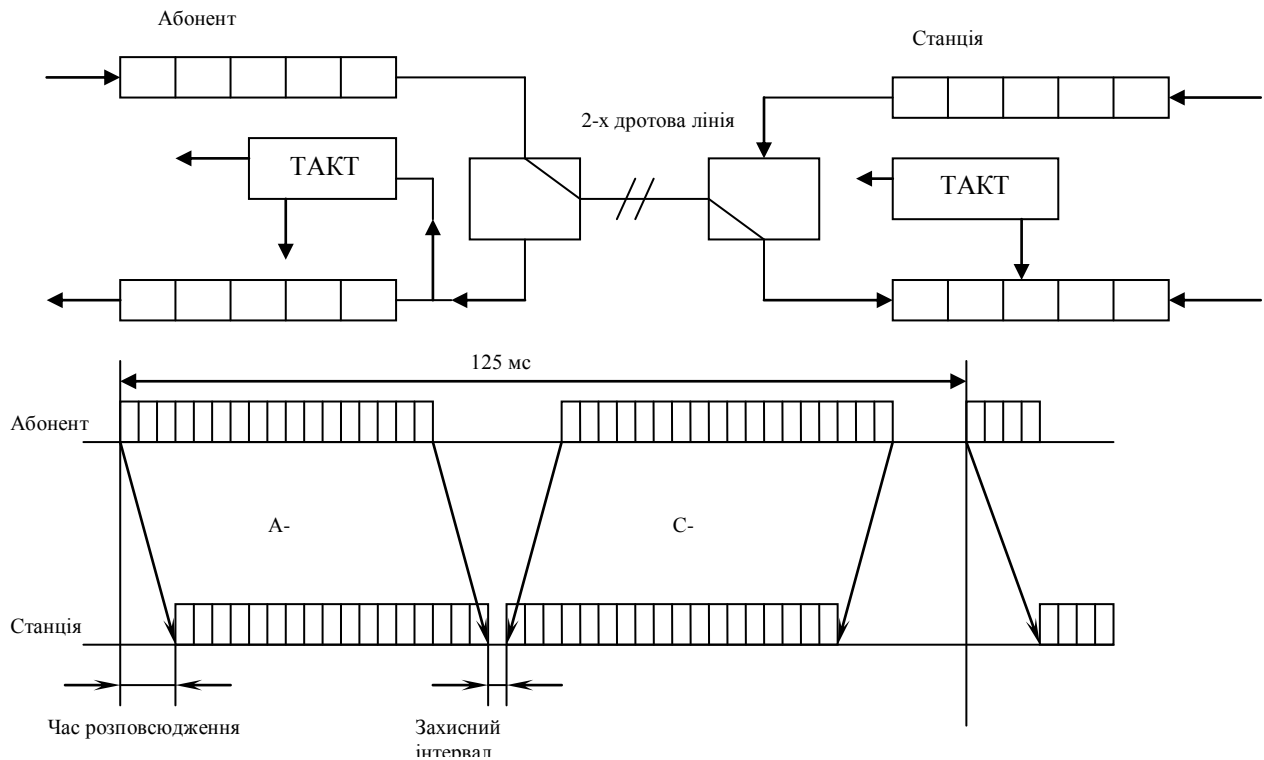


Рис. 3.2 Метод «пінг-понга» (напівдуплекс) для U-інтерфейса

Технічна реалізація U-інтерфейса. В загальному вигляді технічна проблема заключалася у досягненні двохсторонньої передачі почти по будь-яким існуючим фізичним парам. Ця проблемма у теперішній час успішно вирішена, існує три підходи до її вирішення. Два з них засновані на добре відомому методі розділення напрямків передачі та прийому або за часом, або за частотою, а третій – на використанні дифсистем в сполученні з засобами компенсації відлуння.

Засіб передачі з почерговим перемиканням напрямків зв'язку (метод пінг-понга) або часової компресії (*TSM*) дозволяє використовувати мідну пару на кожному кінці, то для передачі, то для прийому (рис.3.2). При синхронній передачі швидкість передачі по лінії повинна бути збільшена майже вдвічі.

Засіб «пінг-понга» потребує для своєї реалізації менших витрат, ніж метод компенсації відображених ехосигналів, але має недоліки – меншу зону дії (максимально 2 км). Він використовується для малих установчих АТС, так як для телефонних мереж загального користування така відстань дуже мала.

Існує загальна помилка відносно режиму роботи з почерговим перемиканням напрямів зв'язку. Часто вважають, що область його можливого використання, обмежена затуханням лінії, обмежена також затримкою розповсюдження сигналу в прямому і зворотньому напрямках. Відправку пакета даних, передаваних по лінії, можна уявляти у вигляді м'ячика для пінг-понга, якому потрібен час (біля 5 мкс на кілометр), щоб переміститись від одного кінця лінії до другого. Звичайно кажуть, що «м'ячик» повинен повернутись, перш ніж можна буде передати наступну відправку даних; т.я. частота відправок обмежена двохсторонньою затримкою (час подвійного пробігу) при передачі. До деякої сепені це можна подолати, збільшуя розмір «м'ячика» (розташовуючи більше інформації в кожній відправці), але такий підхід також обмежений, так як збільшується час передачі, оскільки перед передачею відправка

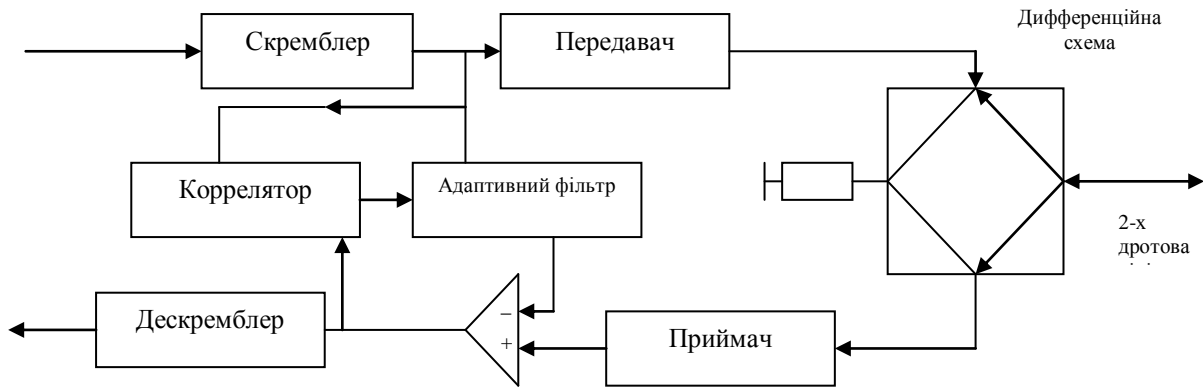


Рис. 3.3 Метод компенсації ехосигналів для U-інтерфейса

повинна бути заповнена. З того, що розмір “м’ячика” і частота його послілки, обмежені, можна зробити помилкові висновки, що реальна продуктивність засоба також обмежена.

Ця помилка викликана припущенням, що гра ведеться тільки одним м’ячиком. Гра двома або декількома м’ячиками більш складна, але додаткове ускладнення системи передачі на основі такого підходу менш, ніж в системі з ехокомпенсацією, заснованої на стандарті *Інституту Національних Стандартів США (ANST)*. Отож, обмеження швидкості роботи з почерговим перемиканням напрямків, зумовлено тільки зростанням затухання та заваг з збільшенням смуги пропускання, необхідної для передачі. Це зробить систему придатною для роботи тільки на коротких лініях, де простота її реалізації дає значні переваги. Можливо цьому така система була дуже популярна у Японії, де обмеження на довжину лінії менш важливі в силу місцевих географічних особливостей.

Розділення напрямків передачі за частотою потребує тікої ж ширини пропускання, як і розділення за часом. В обох випадках основну ширину смуги треба подвоїти. Додаткове розширення смуги, необхідне для реалізації фастотних фільтрів при розділенні за частотою, врівноважується додатковим розширенням смуги, необхідним для застигання ехосигнала при почерговому перемиканні напрямків. Техніка почергового перемикання напрямків, однак, простіше у реалізації, оскільки вона є чисто цифровою і не потребує використання аналогових фільтрів.

При методі кехокомпенсації передавач та приймач можуть працювати одночасно (рис.3.3).

Інформація, що приймається та передається, знаходиться в одному й тому ж каналі, а сам засіб ехокомпенсації дозволяє розрахувати приймаємий сигнал, якщо відомі характеристики лінії та передаваний сигнал. Саме на використанні цієї третьої технології побудовано північноамериканський стандарт *ANSI*. Можливо, географічний фактор також зіграв тут свою роль: при ехокомпенсації потрібна менша смуга пропускання, ніж при розділенні за часом або за частотою, дякуючи чому досягається більший радіус дії (6- 8км).

Якщо вихідний опір передавача узгоджено з комплексним опором лінії, амплітуда сигналу в лінії буде в точності дорівнювати половині амплітуди передаваного сигналу (рис.3.3). Сигнал, приймаємий з другого кінця лінії, може тому бути отриманий шляхом віднімання половини вихідного сигналу передавача з сумарного сигналу в лінії – величина комплексна і змінюється від лінії до лінії, так що приймаємий сигнал, вилучаємий таким простим засобом, містить ехосигнал від передаваного сигналу.

Ці ехосигнали викликані розузгодженням між узгоджувачим опором і характеристичним опором лінії, а також між характеристичними опорами різних ділянок лінії. Ехосигнал через розузгодження між характеристичним опором останньої ділянки і кінцевим опором на другому кінці, незначний, він набагато

менше сигнала, передаваного з другого кінця. Ехокомпенсація діє за принципом віднімання сигнала, отриманого шляхом адаптивної оцінки ехосигналів, викликаних цим розузгодженням (рис.3.3).

Для успішної ехокомпенсації потрібно, щоб була відсутня кореляція між передаваним та прийнятим сигналами. Якщо ця умова виконується, прийнятий сигнал може мати схожість з луною передаваного сигнала і ехокомпенсатор може спробувати зкомпенсувати прийнятий сигнал, оскільки зплутає його з ехосигналом. Щоб гарантувати, відсутність кореляції, на різних уінцях лінії, звичайно, використовують різні алгоритми кодування, зменшуючи таким чином ймовірність випадково виникаючої кореляції.

Технічна перевага вибраного в якості стандарта *ANSI* двійкового коду *2B1Q* є наслідком маньших вимог до смуги пропускання, і в результаті меншого впливу загасання та шуму. Код *2B1Q* уявляє пари бітів (2B) як єдину чотирьохрівневу величину (1Q). В якості його альтернативи використовують трирівневі (троїчні) коди. Код *3B2T* уявляє собою набір з трьох бітів (3B) з вісьмома можливими комбінаціями як пару троїчних величин (2T), дозволяючих скласти дев'ять двоїчних комбінацій, число котрих можна зменшити до 8ми, якщо наприклад, не використовувати троїчну пару 0-0. Подібним шляхом код *4B3T* уявляє групу з трьох троїчних величин, допускаючи 27 комбінацій. Відображення *4B3T* можна скоротити до двох відображень *3B2T*, якщо перший з чотирьох відображаємих бітів буде визначати значення першої троїчної величини (+1 або -1), а зоставшіся три біті будуть відображатися згідно коду *3B2T*. Незважаючи на це, *4B3T* отримав більше розповсюдження, частково через комерційну підтримку. Резервні комбінації в кодах *3B2T* і *4B3T* можна використовувати для спеціальних функцій, для покращення спектрального змісту кодів або

### 3.2. Стики користувач-мережа ISDN

Для мереж зв'язку важливе значення мають правила, що відносяться до стику користувач-мережа; вони роблять можливим (на національному та міжнародному рівнях) сполучення кінцевих пристроїв та компонентів мережі. При встановленні цих правил для *ISDN* було прийнято до уваги, що в перспективі *ISDN* як універсальна мережа повинна надавати будь-якому абоненту зв'язок у всьому світі в будь-якій бажаній формі – мова, текст, дані, відображення – та забезпечувати можливі підключення до неї як спеціалізованих, так і багатофункціональних кінцевих пристроїв.

Всі можливості зв'язку по *ISDN* засновані на цифрових з'єднаннях різної пропускної здатності. Вимоги користувача відносно пропускних здібностей залежать від виду та числа одночасно використовуваних служб та може суттєво відрізнятися для різних користувачів; один користувач хотів би підключити відеотелефон, другий – пристрій конференц-зв'язку, третій – декілько кінцевих пристроїв, наприклад телефон та термінал передачі даних, інший – велику установну станцію з могутнім трафіком.

Для задоволення різних вимог без введення дуже великого числа варіантів стиків було визначено мінімально можливе число видів абонентських закінчень з широко розповсюдженими градаціями пропускної можливості. В даний час визначені два види абонентських закінчень: основне абонентське закінчення та закінчення з первинною швидкістю цифрового потоку, при цьому пропускна можливість закінчень відрізняється як найменш в 10 разів.

Щоб надана мережею пропускна можливість задовольняла запити користувача, однакові чи різні по виду абонентськи закінчення можна підключати в паралель, крім

того, мережа дозволяє використовувати для з'єднання на стику не всю пропускну можливість.

#### *Типи каналів.*

Реальна пропускну можливість, надана абонентському закінченню на стику, розподіляється в залежності від виду абонентського закінчення, а також від прийнятих угод – в одному чи декількох основних (інформаційних) каналах та звичайно в одному допоміжному каналі. В особливих випадках структура стику не містить допоміжного каналу, чи активний допоміжний організується через інше абонентське закінчення.

По загальним каналам мережа встановлює з'єднання шляхом як комутації каналів, так і комутації пакетів. Допоміжний канал служить для забезпечення “діалога” між пристроєм користувача та мережею, тобто для сигналізації.

Оскільки в допоміжному каналі та після передачі інформації сигналізації частина пропускну здатності залишається ще невикористаною, відповідно з визначеними національними або ж специфічними положеннями мережі її можна використовувати для передачі пакетів даних (а також для телеметрії). Передача інформації сигналізації та пакетів даних здійснюється в допоміжному каналі у вигляді блоків, при цьому пріоритет має сигналізація.

Характерною особливістю інтегральної мережі являється те, що в ній для передачі інформації між будь-якою парою систем формується не один, а група каналів. Тому в кожних фізичних можливостях з'єднання прокладаються паралельно зразу декілька каналів.

В рекомендації I.412 визначається чотири типи каналів: *B*, *D*, *E*, *H*. Швидкості передачі даних в цих каналах прийняті кратними 64 Кбіт/с. Виключенням являється *D*-канал, який в ряді випадків робить зі швидкістю 16 Кбіт/с.

#### *Типи основних каналів.*

Перший тип – інформаційний *B*-канал, призначений для синхронної передачі зі швидкістю 64 Кбіт/с пакетів для потреб шорокого кола користувачів (наприклад, передачі мови, кодованої зі швидкістю 64 Кбіт/с, даних електронних машин, а також комбінованої передачі даних та мови, кодованої при швидкості не менше 64 Кбіт/с). *B*-канал використовується в трьох режимах комутації пакетів, комутації каналів, напівпостійних з'єднань. При цьому декілька різних потоків пакетів можуть мультиплексуватись в одному *B*-каналі.

Відповідно з цим *B*-канал використовується для наступних цілей:

- прозорої передачі дискретної інформації користувачів;
- напівпрозорої передачі мови;
- комутації пакетів.

Прозорість передачі означає, що система – передавач “бачить” тільки систему-приймач, а інтегральна мережа для неї залишається невидимою. Напівпрозорість передачі мови зв'язана з тим, що інформація кодується, а потім декодується. Це потребує виконання визначених функцій в інтегральній мережі. Передача інформації у режимі комутації пакетів являється напівпрозорою. Це зв'язано з тим, що інтегральна мережа під час цього процесу повинна виконувати протоколи рівнів 2-3.

Другий та третій тип – швидкісні інформаційні *H*-канали: *HO* та *H1*. Останній тип має дві модифікації: *H11* та *H12*. Ці канали працюють зі швидкостями: *HO* – 384 Кбіт/с, *H11* – 1536 Кбіт/с, *H12* – 1920 Кбіт/с. Ці швидкісні канали можуть передавати будь-які види інформації. Але частіше всього вони використовуються для швидкої факсимілії, відеоінформації, високошвидкісної передачі даних в режимах комутації пакетів та комутації каналів.

Для забезпечення у кожному із вказаних типів каналів без яких-небудь складних допоміжних пристроїв байтової структури, що мають істотне значення для передачі

мовного сигналу з ІКМ-кодуванням, пеперавач може структурувати інформацію в каналах усіх типів на 8-кГц блоків. Така інформаційна структура зберігається на протязі усього шляху її передачі по мережі впритул до приймача. Один 8-кГц блок складається з такої кількості битів, яке може бути передано в межах 125 мкс циклу (відповідаючого 8кГц): таким чином, в каналах зі швидкістю цифрового потоку 64 Кбіт/с – це 8 біт (1 байт), в каналах зі швидкістю 384 Кбіт/с – це 48 біт і т.п.

Для інтеграції служб зв'язку з ще більш високими потребами з пропускними можливостями (наприклад, служби передачі рухомих відображень) в даний час обговорюється питання про широкополосні канали зі швидкістю цифрового потоку впритул до 140 Мбіт/с.

*Типи допоміжних каналів.*

Визначено два типи допоміжних каналів: *D*-канал, що використовується звичайним чином та *E*-канал. В залежності від виду абоненського закінчення *D*-канал має пропускну можливість, що визначається швидкістю цифрового потоку в 16 чи 64 Кбіт/с. Він призначений перед усім для сигналізації, процесу, забезпечуючого комутацію каналів при використанні *B*-каналів. Крім того, в режимі комутації пакетів *D*-канал може використовуватися і для передачі низькошвидкісних пакетів.

Сигналізація являється процесом, регулюючим (в режимі комутації каналів) функціонування послідовності груп каналів, що організуються в інтегральній мережі. Вона надає засоби для встановлення, підтримки та припинення мережеских з'єднань, що прокладаються скрізь мережі. Сигналізація включає в себе функції, зв'язані з розподілом мережеских ресурсів та вибором каналів, по яким буде відбуватись передача інформації.

*E*-канал працює зі швидкістю 64 Кбіт/с та призначений перед усім для передачі сигналізації при швидкісній комутації багатьох *B*-каналів. Він також використовується у структурі мультиплексованих каналів.

Принципова різниця між *D* та *E* каналами складається в використовуваних протоколах сигналізації: у випадку *D*-каналу застосовується стандартний протокол *ISDN*, так названий "протокол *D*-каналу"; для *E*-каналу застосовується спеціальний протокол, виділений з підсистеми передачі повідомлень системи сигналізації №7 (Рек.МККТТ Q.710).

В даному випадку деякі користувачі могли б вводити *E*-канал на етапі впровадження *ISDN* з тим, щоб надати установчим станціям можливість переходу до *ISDN* крізь абоненські закінчення з первинною швидкістю цифрового потоку, якщо уявити, що протокол, потребує для роботи з *E*-каналом, з боку мережі може бути легко отриманий з системи сигналізації №7, що використовується всередині мережі. З боку користувача частіше всього повинен бути реалізований спеціальним протоколом, який потрібний для роботи з *E*-каналом, за відомих обставин навіть додатково до протоколу роботи з *E*-каналом, який зазвичайно використовується.

*Таб.3.1. Типи допоміжних каналів*

Позначення Каналу	Протокол сигналізації	Швидкість цифрового потоку, Кбіт/с
<i>D</i>	Протокол <i>D</i> -каналу (AP) у відповідності з Рек. МККТТ. I.440	16 чи 64
<i>E</i>	Отриманий з системи сигналізації №7 у відповідності з Рек. МККТТ. Q.710	64

Таб.3.2. Швидкості роботи абоненських каналів інтегральної мережі

Типи каналів	Швидкість передачі даних в каналі, Кбіт/с	Типи каналів	Швидкість передачі даних в каналі, Кбіт/с
<i>B</i> -канал	64	<i>H0</i> -канал	384
<i>D</i> -канал	16 чи 64	<i>H11</i> -канал	1536
<i>E</i> -канал	64	<i>H12</i> -канал	1920

**Підключення до ISDN кінцевого пристрою зі звичайним стиком.**

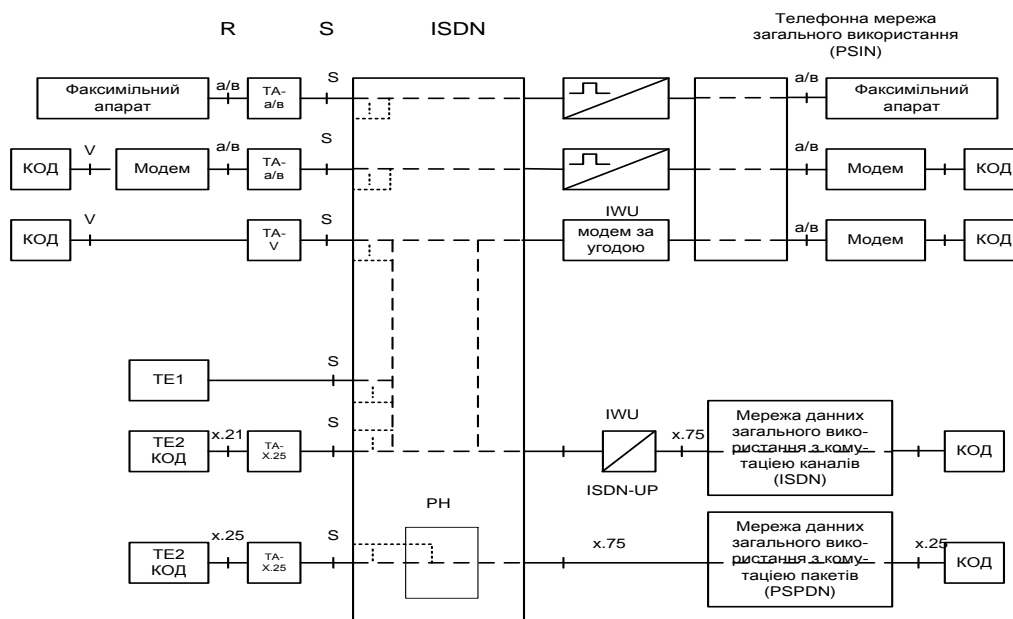


Рис.3.4. Підключення кінцевих пристроїв зі звичайними стиками до ISDN:

*TE 1* -кінцевий пристрій *ISDN* з *S* – стиком, *TE 2* – кінцевий пристрій з другим стиком (сполучення на *S* – стику за допомогою узгоджуваного пристрою *TA*); *КОД* – кінцеве обладнання даних; *IWU* – пристрій міжмережної взаємодії; *PH* – пристрій обробки пакетів.

Оскільки комутаційні вузли *ISDN* надають також аналоговим лініям користувачів, то і немовні кінцеві пристрої існуючих телефонних мереж можуть робити з комутаційними станціями *ISDN* через модеми

Однак якщо ці кінцеві пристрої повинні бути підключенні до *S* – стику (з правом користуватися усіма видами служб *ISDN*), то необхідне проведення допоміжних заходів, що справедливо і для роботи існуючих терміналів на *ISDN* які спочатку були потрібні для мереж даних загального використання з комутацією каналів *CSPDN* (circuit switched public data network) і мереж даних загального використання з комутацією пакетів *PSPDN* (packet switched public data network).

Сполучення стиків, відповідними рекомендаціями МККТТ серії *V* і *X*, з *S* – стиком *ISDN* за допомогою спеціального пристрою сполучення *TA*. Перелік можливостей сполучення *TA*.

Спільна робота кінцевих пристроїв *ISDN* (*TE 1*) і других кінцевих пристроїв (*TE 2*) через *ISDN* – в крайньому разі при узгодженій швидкості передачі в мережі і однакових принципах комутації.

*Мережні переходи* забезпечують можливість встановлення зв'язку любого кінцевого пристрою, підключеного до *ISDN*, з партнером із телефонної мережі або мережі передачі даних і текста.

### **Контрольні питання**

1. *Структура абонентського доступу ISDN.*
2. *Види інтерфейсів ISDN.*
3. *Технічна реалізація U-інтерфейса.*
4. *Метод “пінг-понг” для U-інтерфейса.*
5. *Розділення напрямків передачі за частотою для U-інтерфейса.*
6. *Метод ехокомпенсації для U-інтерфейса.*
7. *Типи каналів ISDN.*
8. *Підключення до ISDN кінцевого пристрою зі звичайним стиком.*

## 4. ТЕХНОЛОГІЯ FDDI ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В МЕРЕЖАХ ДОСТУПУ

### 4.1. Подвійне оптичне кільце.

Інститут державних стандартів США підготував стандарт *X3T9* на базовий профіль з селекцією інформації, який називається “Оптичний розподілений інтерфейс даних” (*FDDI*). При його створенні ставились такі ж задачі, що в розподіленому моноканалі 8802/6 – передача інформації на значні відстані з великою швидкістю.

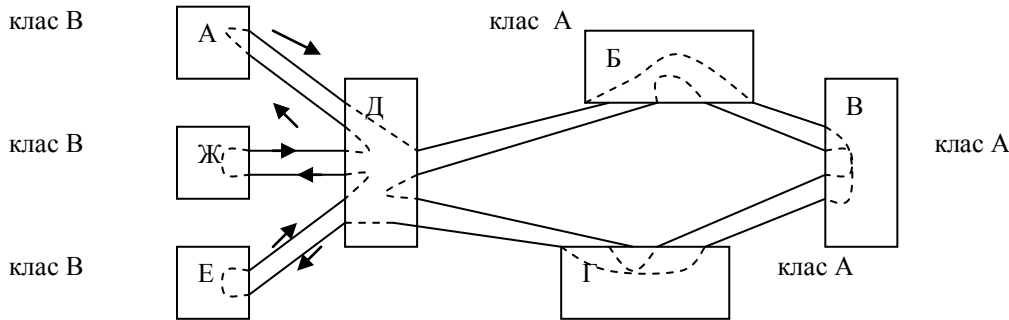


Рис. 4.1 Структура подвійного оптичного кільця

У цій парі кілець, побудованих на двох оптичних каналах, сигнали передаються у різні сторони.

Станції, підключені до мережі *FDDI* поділяються на дві категорії:

- 1) **Станція класу А** мають фізичні підключення до первинного і вторинного кільця (*Dual Attached Station* – двократно підключена станція);
- 2) **Станція класу В** має підключення тільки до первинного кільця (*Single Attached Station* – однократно підключена станція) і підключається тільки через концентратори.

Порти мережі пристроїв, які підключаються до мережі *FDDI*, класифікуються на 4 категорії: *A* – порти, *B* – порти, *M* – порти, *S* – порти. Портом *A* називається порт, який приймає дані з первинного кільця і передає їх у вторинне кільце. Порт *B* – це порт, який приймає дані з вторинного кільця і передає дані з одного і того ж кільця. *M* порт використовується на концентраторах для підключення *Single Attached Station* через *S* порти.

Стандарт *X3T9* має ряд обмежень. Загальна довжина подвійного волоконно-оптичного кільця - до 100 км. До кільця можливо підключити до 500 станцій класу *A*. Відстань між вузлами при використанні багатомодового волоконно-оптичного кабелю – до 2 км, а при використанні одномодового кабелю відстань між вузлами визначається в основному параметрами волокна і прийомо – передачею обладнання (може досягти 60 і більше км).

Багато з своїх якостей *FDDI* отримала у спадщину від мереж *Token Ring* (8802/5). Це кільцева топологія і маркерний метод доступу до середовища. Маркер – спеціальний сигнал, який обертається по кільцю. Станція, яка отримує маркер, може передавати дані.

Але *FDDI* має і ряд принципових відмінностей від *Token Ring*, наприклад: змінений алгоритм модуляції даних на фізичному рівні. *Token Ring* використовує схему манчестерського кодування, яка потребує подвоєння смуги передаваного сигналу відносно передаваних даних. У *FDDI* реалізований алгоритм кодування “5 з 4” – 4B/5B, який забезпечує передачу чотирьох інформаційних біт п’ятьма



передаваними бітами . При передачі 100 Мбіт/с інформації фізично в мережу транслюється 125 Мбіт/с , замість 200Мбіт/с при використанні манчестерського кодування.

Оптимізовано і керування доступом до середовища (*Medium Access Control - MAC*). В *Token Ring* воно основане на побітовій основі, а в *FDDI* на паралельній обробці групи з чотирьох чи восьми передаваних біт. Це знижує вимоги до швидкодії обладнання

Фізично кільце *FDDI* створено волоконно-оптичним кабелем з двома волокнами. Одно з них утворює первинне кільце (*primary ring*) , є основним і використовується для циркуляції маркера і даних. Інше волокно утворює вторинне кільце (*secondary ring*) , є резервним і в нормальному режимі не використовується.

Стандарт *X3T9* регламентує 4 основних відмовостійких властивостей мережі *FDDI*:

1. Кільцева кабельна система з станціями класу *A* відмовостійка до однократного обриву кабелю в будь-якому місці кільця. Станції, які знаходяться по обидві сторони обриву, переконфігурують шлях циркуляції маркера і даних, підключаючи для цього вторинне волоконно-оптичне кільце.
2. Вимкнення живлення, відмова однієї з станцій класу *B* чи обрив кабелю від концентратору до цієї станції буде виявлений концентратором і трапиться відключення станції від кільця.
3. Дві станції *B* підключені одразу до двох концентраторів . Це спеціальний вид підключення називається *Dual Homing* і може бути використаний для відмовостійкого підключення станції класу *B* за рахунок дублювання підключення до основного кільця.
4. Вимкнення живлення або відмова одної з станцій класу *A* не приведе до відмови інших станцій, які підключені до кільця, так як світловий сигнал буде просто пасивно передаватися до наступної станції через оптичний перемикач (*Optical Bypass Switch*). Стандарт допускає наявність до трьох послідовно розташованих вимкнених станцій.

Подвійне оптичне кільце визначається підрівнем *2A* канального рівня і фізичним рівнем, який розподілений на дві частини (*1A, 1B*)

Рівні		
2B	Керування логічним каналом (LLC)	Керування SMT
2A	Керування доступом до фізичних засобів з'єднання (MAC)	
1B	Фізичний проміжний підрівень (PHY)	
1A	Фізичний підрівень, який залежить від засобів з'єднання (PMD)	

Рис.4.2 Схема профілю

Підрівень *1A* визначає характеристики елементів підключення оптичних каналів. Тут забезпечується фізичне з'єднання кожної абонентської системи з двома каналами. Пере датчик генерує світло, довжина хвилі якого дорівнює 1300 нм. На цьому підрівні також описується обхідний перелік, який замикає пару світловодів, які входять у систему. Він забезпечує роботу мережі при несправності системи, наприклад, при втраті живлення.

Задачею підрівня *1B* є перетворення (кодування) даних, які передаються підрівнем *2A*, у потік сигналів, які направляються у канали. На цьому підрівні також описуються способи синхронізації цих сигналів.

Разом з кодуванням і синхронізацією підрівень *1B* визначає також стан каналу (його цілість). Ця функція виконується передачею одного або кількох символів *4B/5B* відповідному партнеру.

Підрівень *2B* виконує багато функцій логічного кільця, який зв'язує взаємодіючі системи. Сама важлива з них - управління з'єднанням. Вона використовує протокол з'єднання в каналі. Управління з'єднанням слідкує за виникаючими перервами і завадами у з'єднанні. Якщо знайдена несправність і завадами у з'єднанні. Якщо знайдена несправність, то вона ізолюється впливом на перемикачі, які вимикають пошкоджені канали.

Структура кадрів, які використовуються в подвійному оптичному кільці показана на рис. 4.3. Кадр має 9 полів, головним з них є інформаційне (*INFO*)- поле, в якому розміщуються дані, що передаються

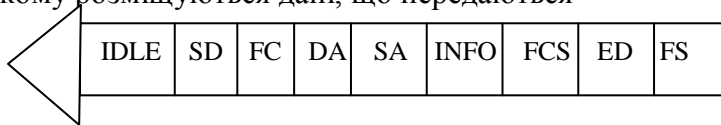


Рис.4.3 Структура кадру FDDI

IDLE – не менш 16 керуючих символів

SD – головний обмежник

FC – поле керування кадром

DA – адреса системи - отримувача

SA – адреса системи - відправника

INFO – інформаційне поле змінної довжини

FCS - поле перевірки

ED – кінцевий обмежник

FS – статус пакета

Передача пакета починається послідовно керуючих символів IDLE, які виділяють у загальному потоці кадри один від одного. За символами слідкує головний (SD), а у кінці кадру - кінцевий (ED) обмежник. В полі адреси (DA, SA) визначають системи, які взаємодіють одна з одною. Довжина кожної адреси 16 або 48 біт.

За інформаційним полем слідкує поле перевірки кадру (FCS). Тут записується 32 – розрядний поліном, який перевіряє поля FC, DA, SA, INFO. Завершує кадр поле статусу (FC). Воно використовується для запису повідомлень, які встановлюють, прийнятий кадр з помилками або без них, ідентифіковані адреси чи ні. Максимальний розмір кадру 9000 символів. Він визначається розміром буферів пам'яті при передачі і прийому даних.

Абонентська система, яка підключається до подвійного оптичного кільця повинна мати станцію, структура якої має три генератори: керуючих символів (IDLE), кадрів і спеціального кадру – уповноваження. Поки система не має жодного підготовленого до передачі кадру, вона генерує в канал послідовно керуючих символів. При появі з каналу кадру система виявляє, ким він посланий. “Свій” кадр, посланий цією системою і який пройшов усе кільце, перевіряється і знищується. “Чужий” пакет який направляється системі, копіюється.

При отриманні повноважень станція може направити його далі по кільцю або почати передачу своїх кадрів. Після передачі кадрів повноваження направляється в кільце. Правила прийому і передачі повноваження, допустима кількість одночасно передаваних кадрів визначається спеціальним “Протоколом тамування

повноважень” (ТТР). Максимальний час циклу передачі кадрів встановлюється на час ініціалізації роботи.

Протокол забезпечує два режими роботи : синхронний і асинхронний. Основна передача іде в синхронному режимі, під час через строго визначений час. Сегменти, що залишилися вільними від передачі в циклі, надаються системам в асинхронному режимі (через різні інтервали часу). Час, що використовується в циклі на синхронні та асинхронні передачі розділяється динамічно в залежності від обсягу синхронних передач.

#### 4.2. Підключення устаткування до мережі FDDI

Є два основних способи підключення комп'ютерів до мережі *FDDI*: - безпосередньо, а також і через мости маршрутизаторів до мереж інших протоколів.

##### Безпосереднє підключення.

Цей спосіб підключення використовується для підключення до мережі *FDDI* файлових, архиваційних і інших серверів, середніх і великих ЕОМ, тобто ключових мережних компонентів, що є головними обчислювальними центрами, що представляють сервіс для багатьох користувачів потребуючих високої швидкості введення-висновку по мережі.

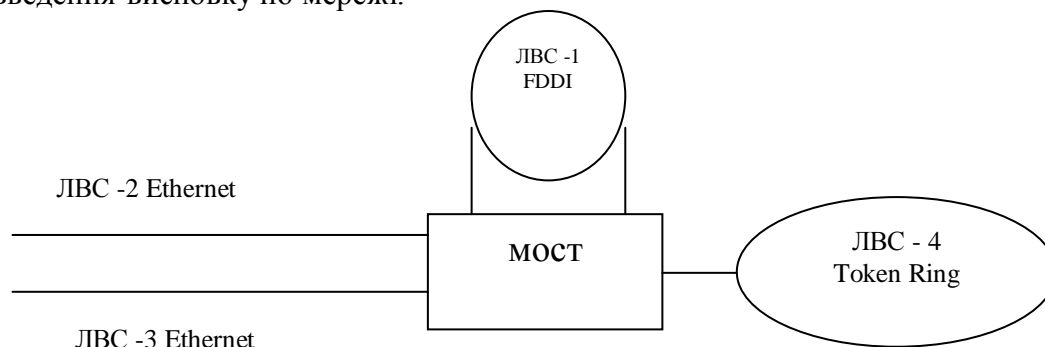


Рис.4.4.

Аналогічно можна підключити і робочі станції. Але оскільки мережні адаптери для *FDDI* дорогі, цей спосіб застосовується тільки в тих випадках, коли висока швидкість обміну по мережі є обов'язковою умовою для нормальної роботи додатка. Прикладом може служити: системи мультимедіа, передача відео і звукової інформації.

Усі майбутні виробники *UNIX* машин (*DEC, Hewlett-Packard, IBM, Sun Microsystems*) передбачають інтерфейси для безпосереднього підключення до мереж *FDDI*.

##### Підключення через мости

Мости і маршрутизатори (*bridges and routers*) дозволяють підключати до *FDDI* мережі інших протоколів, наприклад *Token Ring* і *Ethernet* (рис.4.4). Це дає можливість економічне підключення до *FDDI* великого числа робочих станцій і іншого мережного устаткування як у нових, так і у вже існуючих ЛОМ.

Конструктивно мости і маршрутизатори виготовляються в двох варіантах - у закінченому виді, що не допускає подальшого апаратного чи нарощування переконфігурації й у виді модульних концентраторів. Прикладом концентратора є *Router BR* фірми *Hewlett - Packard* і *EIFO Client/Server Switching Hub* фірми *Network Peripherals*.

Модульні концентратори застосовуються в складних великих мережах у якості центральних мережних пристроїв. Концентратор являє собою корпус із джерелом живлення і з комунікаційною платою. У слоти концентратора вставляються мережні

комунікаційні модулі. Модульна конструкція концентраторів дозволяє легко зібрати будь-яку конфігурацію ЛОМ, об'єднати кабельні системи різних типів і протоколів. *Концентратор* - це центральний вузол ЛОМ. Його відмовлення може привести до зупинки всієї мережі чи її значної частини. Тому застосовуються спеціальні міри для підвищення їх відмовостійкості. Такими мірами є резервування джерел живлення в режимі поділу чи навантаження гарячого резервування, а також можливість чи зміни до встановлення модулів без відключення живлення (*hot swap*).

Для того щоб знизити вартість концентратора, усі його модулі живляться від загального джерела живлення. Силові елементи джерела живлення є найбільш ймовірною причиною його відмовлення. Тому резервування джерела живлення істотно продовжує термін безвідмовної роботи.

### 4.3. Міст FDDI - Ethernet

Мости працюють на перших двох рівнях моделі взаємодії відкритих систем - фізичному і каналному і призначаються для зв'язку декількох ЛОМ однотипних чи різних протоколів фізичного рівня, наприклад *Ethernet, Token Ring і FDDI*.

За принципом дії мости поділяються на два типи. Мости першого типу (*Source Routing* - маршрутизація джерела) вимагають, щоб вузол відправник пакета розміщав у ньому інформацію про шлях його маршрутизації, тобто кожна сторінка повинна мати убудовані функції по маршрутизації пакетів. Другий тип мостів (*Transparent Bridges* - прозорі мости) забезпечують прозорий зв'язок станцій, розташованих у різних ЛОМ, і усі функції по маршрутизації виконують тільки самі мости.

Усі мости можуть поповнити таблицю адрес (*learn addresses*), маршрутизувати і фільтрувати пакети. Інтелектуальні мости, крім того, з метою підвищення чи безпеки продуктивності можуть фільтрувати пакети за критеріями, що задається через систему керування мережею.

Коли на один з портів моста приходять пакет даних, міст чи повинний переправити його в той порт, до якого підключений вузол призначення пакета, чи просто відфільтрувати його, якщо вузол призначення знаходиться на тім же самому порту, з якого прийшов пакет. Фільтрація дозволяє уникнути зайвого трафіка в інших сегментах ЛОМ.

Кожен міст будує внутрішню таблицю фізичних адрес підключених з мережі вузлів. Процес її заповнення полягає в наступному. Кожен пакет має у своєму заголовку фізичні адреси вузлів відправлення і вузлів призначення. Одержавши на один зі своїх портів пакет даних, міст працює по наступному алгоритму. На першому кроці міст перевіряє, чи занесений у його внутрішню таблицю, адресу вузла відправника пакета. Якщо ні, то міст заносить його в таблицю і зв'язує з ним номер порту, на який надійшов пакет. На другому кроці перевіряється, чи занесений у внутрішню таблицю адрес вузла призначення. Якщо ні, то міст передає прийнятий пакет по всій мережі, які підключені до всіх інших його портів. Якщо адреса вузла призначення знайдений у внутрішній таблиці, міст перевіряє, чи підключена ЛОМ вузла призначення до того ж самому порту, з якого прийшов пакет, чи ні. Якщо ні, то міст відфільтрує пакет, а якщо так, те передає його тільки на той порт, до якого підключений сегмент мережі з вузлом призначення.

Три головних параметри моста:

- розмір внутрішньої адресної таблиці;
- швидкість фільтрації;
- швидкість маршрутизації пакетів.

Розмір адресної таблиці характеризує максимальне число мережних пристроїв, трафік, яких може маршрутизувати міст. Типові значення розмірів адресної таблиці лежать у межах від 500 до 8000. Якщо кількість підключених вузлів перевищить розміри адресної таблиці, то оскільки більшість мостів зберігає свої пакети, міст поступово буде "забувати" адреси вузлів, рідше інших передавальних пакетів. Це може привести до зниження ефективності процесу фільтрації, але не викликає принципових проблем у роботі мережі.

Швидкість фільтрації і маршрутизації пакетів характеризують продуктивність моста. Якщо вони нижче максимально можливої інтенсивності передачі пакетів по ЛОМ, то міст може бути причиною затримок і зниження продуктивності. Якщо вище - значить вартість моста вище мінімально необхідної. Розрахуємо, який повинна бути продуктивність моста для підключення до *FDDI* декількох ЛОМ протоколу *Ethernet*.

Обчислимо максимально можливу інтенсивність пакетів у мережі *Ethernet*. Максимальна довжина пакета дорівнює 72 чи байта 576 біт. Час, необхідний для передачі одного біта по ЛОМ протоколу *Ethernet* зі швидкістю 10 Мбіт/с дорівнює 0.1 мксек. Тоді час передачі мінімального по довжині пакета складе  $57 \cdot 10^{-6}$  сек. Стандарт *Ethernet* вимагає паузи між пакетами в 9,6 мксек. Тоді кількість пакетів, переданих за 1 сек, буде дорівнювати  $1 / (57,6 + 9,6) \cdot 10^6 = 14880$  пакетів у секунду.

Якщо міст приєднує до мережі *FDDI* N мереж протоколу *Ethernet*, то відповідно, його швидкість фільтрації і маршрутизації повинні бути рівні  $N \cdot 14880$  пакетів у секунду.

Довжина в байтах	8	6	6	2	від 46 до 1500	4
Поле	Преамбула	Адреса отримувача	Адреса отправника	Тип/ довжина	Дані	Контрольна сума

З боку порту *FDDI* швидкість фільтрації пакетів повинна бути значно вище. Для того, щоб міст не знижував продуктивності мережі, вона повинна бути близько 50000 пакетів у секунду.

За принципом передачі пакетів мости підрозділяються на *Encapsulating Bridges* і *Translational Bridges*. *Encapsulating Bridges* пакети фізичного рівня однієї ЛОМ цілком переносить у пакети фізичного рівня інший ЛОМ. Після проходження по другий ЛОМ інший аналогічний міст видаляє оболонку з проміжного протоколу, і пакет продовжує свій рух у вихідному виді.

Такі мости дозволяють зв'язати *FDDI* - магістраллю два ЛОМ протоколи *Ethernet*. Однак у цьому випадку *FDDI* буде використовуватися як середовище передачі, і станції, підключені до мереж *Ethernet*, не будуть "бачити" станцій, безпосередньо підключених до мережі *FDDI*.

Мости другого типу виконують перетворення з одного протоколу фізичного рівня в інший. Вони видаляють заголовок і замикаючу службову інформацію одного протоколу і переносять дані до іншого протоколу. Таке перетворення має істотня перевага: *FDDI* можна використовувати не тільки як середовище передачі, але і для безпосереднього підключення мережного устаткування, прозоро видимого станціями, підключеними до мереж *Ethernet*.

Таким чином, подібні мости забезпечують прозорість усіх мереж по протоколах мережного і більш верхніх рівнів (*TCP/IP*, *Novell IPX*, *ISO CLNS* і ін.)

Ще одна важлива характеристика моста - наявність чи відсутність підтримки алгоритму резервних шляхів (*Spanning Tree Algorithm - STA*) IEEE 802.1D. Іноді його називають також стандартом прозорих мостів (*Transparent Bridging Standard - TBS*).

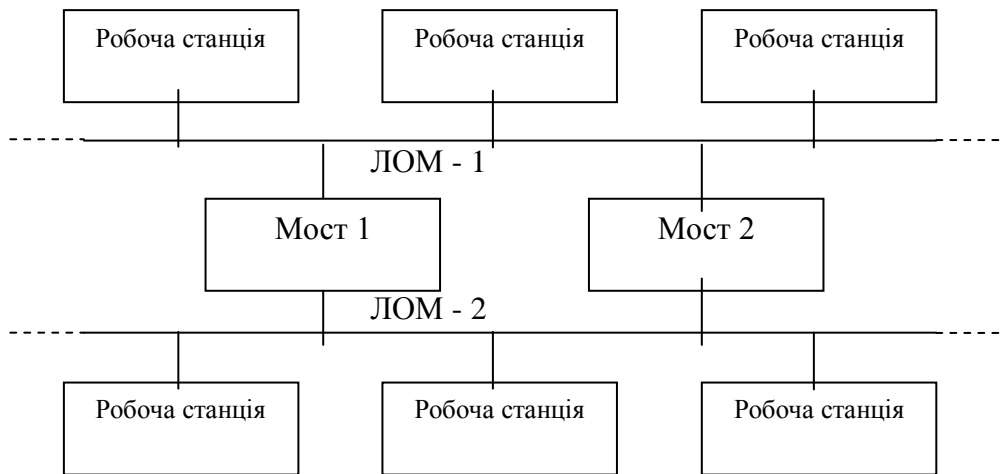


Рис.4.5. Активна петля між ЛОМ - 1 і ЛОМ - 2.

На рис. показана станція, коли між ЛОМ 1 і ЛОМ 2 існують два можливих шляхи - через міст 1 чи 2. Подібні ситуації називаються активними петлями. Активні петлі можуть викликати серйозні мережні проблеми: пакети, що дублюються, порушують логіку роботи мережних протоколів і приводять до зниження пропускної здатності кабельної системи.

*STP* забезпечує блокування всіх можливих шляхів крім одного. У випадку проблем з основною лінією зв'язку, один з резервних шляхів відразу буде призначений активним.

#### 4.4. Інтелектуальні мости

Інтелектуальні мости мають ряд додаткових функцій.

Для великих комп'ютерних мереж однією з ключових проблем, що визначають їх ефективність, є зниження вартості експлуатації, рівня діагностики можливих проблем, скорочення часу пошуку й усунення несправностей.

Для цього застосовуються системи централізованого керування мережею. Як правило вони працюють по *SNMP* протоколі (*Simple Network Management Protocol*) і дозволяють адміністратору мережі з його робочого місця:

- конфігурувати порти концентраторів;
- робити набір статистики й аналіз трафіка.

Наприклад, для кожної підключеної до мережі станції можна одержати інформацію про тім, коли вона останній раз посилала пакети в мережу, про число пакетів і байт, переданих у мережу, про число пакетів і байт, переданих за межі ЛОМ, до якої підключена станція, про число пакетів і байт, прийнятих кожною станцією з ЛОМ, відмінних від тієї, до якої вона підключена, число переданих ширококомовних (*broadcast*) пакетів і т.д.;

- установлювати додаткові фільтри на порти концентратора по номерах ЛОМ чи по фізичних адресах мережних пристроїв з метою посилення захисту від несанкціонованого доступу до ресурсів мережі і для підвищення ефективності функціонування окремих сегментів ЛОМ;

- оперативно одержувати повідомлення про усі виникаючі проблеми у мережі і легко їх локалізувати;
- проводити діагностику модулів концентраторів;
- переглядати в графічному вигляді зображення передніх панелей модулів, встановлених у вилучені концентратори, включаючи поточний стан індикаторів (це можливо завдяки тому, що програмне забезпечення автоматично розпізнає, який саме з модулів встановлений у кожен конкретний слот концентратора, і одержує інформацію про поточний статус всіх портів модулів);
- переглядати системний журнал, у який автоматично записується інформація про всі проблеми з мережею, про час включення і вимикання робочих станцій і серверів і про всі інші важливі для адміністратора події.

Перераховані функції властиві всім інтелектуальним мостам і маршрутизаторам. Частина з них (наприклад, *Prism System* фірми *Gandalf*), крім того володіють наступними розширеними можливостями:

**1. Пріоритети протоколів.** По окремих протоколах мережного рівня деякі концентратори працюють як маршрутизатори. У цьому випадку може підтримуватися установка пріоритетів одних протоколів над іншими. Наприклад, можна установити пріоритет *TCP/IP* над всіма іншими протоколами. Це означає, що пакети *TCP/IP* будуть передаватися в першу чергу (це буває корисно у випадку недостатньої смуги пропускання кабельної системи).

**2. Захист від "штормів ширококомовних пакетів" (*broadcast storm*).** Одна з характерних несправностей мережного устаткування і помилок у програмному забезпеченні - мимовільна генерація з високою інтенсивністю *broadcast* - пакетів, тобто пакетів, адресованих всім іншим підключеним до мережі пристроям. Мережна адреса вузла призначення такого пакета складається з одних одиниць. Одержавши такий пакет на один зі своїх портів, міст повинен адресувати його на всі інші порти, включаючи *FDDI* - порт. У нормальному режимі такі пакети використовуються операційними системами для службових цілей, наприклад, для розсилання повідомлень про появу в мережі нового сервера. Однак при високій інтенсивності їхньої генерації, вони відразу займають усю смугу пропускання ЛОМ і приведуть практично до повної її зупинки. Міст забезпечує захист мережі від перевантаження, включаючи фільтр на тому порту, з якого надходять такі пакети. Фільтр не пропускає *broadcast* - пакети в інші ЛОМ, охороняючи тим самим іншу мережу від перевантаження і зберігаючи її працездатність.

**3. Збір статистики в режимі "Що якщо?"** Ця опція дозволяє віртуально установити фільтри на порти моста. У цьому режимі фізично фільтрація не проводиться, але ведеться збір статистики про пакети, що були відфільтровані при реальному включенні фільтрів. Це дозволяє адміністратору попередньо оцінити наслідок включення фільтра, знижуючи тим самим імовірність помилок при неправильно встановлених умовах фільтрації і не приводячи до збоїв у роботі підключеного устаткування.

### **Приклади використання.**

Додаток клієнт-сервер. На рис.4.4 показано застосування *FDDI* для підключення устаткування, що вимагає широкої смуги пропускання від ЛОМ. Звичайно це файлові сервери *NetWare*, *UNIX* машини і більш універсальні ЕОМ (*mainframes*). Крім того, безпосередньо до мережі *FDDI* можуть бути підключені і деякі робітники станції, що вимагають високих швидкостей обміну даними.

Робочі станції користувачів підключаються через багатопортіві мости *FDDI-Ethernet*. Міст здійснює фільтрацію і передачу пакетів не тільки між *FDDI-Ethernet*,

але і між різними *Ethernet* - мережами. Пакет даних буде переданий тільки в той порт, де знаходиться вузол призначення, зберігаючи смугу пропускання інших ЛОМ. З боку мереж *Ethernet* їхня взаємодія еквівалентна зв'язку через магістраль (*backbone*), тільки в тому випадку вона фізично існує не у вигляді розподіленої кабельної системи, а цілком зосереджена в багатопортовому мосту (*Collapsed Backbone* чи *Backbone - in -a-box*).

У залежності від кожного конкретного випадку (відстань між серверами, умови експлуатації, вимоги до надійності, вартості і т.д.) сервери можуть підключатися до *FDDI* чи до станції класу *A*, чи до станції класу *B*.

Застосування *FDDI* для зв'язку ЛОМ протоколу *Ethernet*, розташованих у декількох будинках. Як правило, у кожному з будинків досить розмістити по одному багатопортовому мосту. У залежності від концентрації робочих станцій, кожний з *Ethernet* портів може обслуговувати один чи кілька поверхів будинку.

### **Контрольні питання**

1. Структура та види станцій *FDDI*.
2. Види портів *FDDI*.
3. Відмовостійки властивості мережі *FDDI*
4. Структура кадру *FDDI*.
5. Протоколом тамування повноважень.
6. Безпосереднє підключення устаткування до мережі *FDDI*.
7. Підключення через мости.
8. Міст *FDDI – Ethernet*.
9. Поняття активної петлі.
10. Інтелектуальні мости.
11. Розширені можливості інтелектуальних мостів.



## 5. ТЕХНОЛОГІЯ XDSL ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В МЕРЕЖАХ ДОСТУПУ

Крім *ISDN* є технологія, що дозволяє ефективно використовувати вже укладений в землю мідний кабель, досягаючи швидкостей та якості передавання, доступних тільки на волоконно-оптичних лініях. Це так звана *xDSL*-технологія, що забезпечує значно більші швидкості передавання по звичайним мідним дротам, ніж *ISDN* канал – 64 Кбіт/с.

Існує декілька варіантів *XDSL* :

***HDSL (High-data-rate Digital Subscriber Line)*** – високошвидкісна цифрова абонентська лінія, являє собою два модема, з'єднаних одною або кількома кабельними парами. При цьому забезпечується симетрична дуплексна передача цифрових потоків на швидкості 2.048 Мбіт/с. Такий же тракт підтримує й апаратура ІКМ-30, але нова технологія *HDSL* дозволяє значно збільшити довжину регенераційної ділянки та пред'являє набагато менш жорсткі вимоги щодо перехідних загасань у використовуваних кабелях. В *HDSL*-технології для передавання сигналу можуть використовуватися 1, 2 або 3 пари звичайного телефонного кабеля.

В *HDSL* для розділу напрямків передачі та прийому на кожному кінці кожної з двохпроводних ліній використовується дифсистема та ехокомпенсатор.

Первісні специфікації для *HDSL* в США передбачали роботу у режимі подвійного дуплекса з лінійним кодом *2B1Q* (чотирирівневе кодування з симетричним спектром). Вибір лінійного коду мотивувався швидкістю реалізації, оскільки *2B1Q* вже був стандартом США для цифрової передачі. У Європі також був прийнятий код *2B1Q*, але з двома опціями. Перша – потрійний дуплексний, який не є ідеальним, тому, що потрібна допоміжна пара, але має те достоїнство, що може використовувати переваги розробленої в США технології. Другий варіант – метод подвійного дуплекса з роботою на більш високій швидкості.

Типова *HDSL*, яка використовує дві кабельні пари, зображена на рис 5.1.

Повністю дуплексний шлейф 1168 Кбіт/с

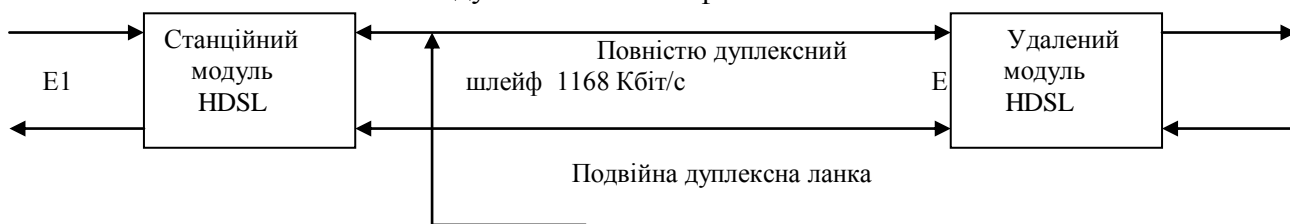


Рис 5.1. Приклад HDSL

На станції встановлюється станційні модулі *HDSL*, а у приміщеннях абонентів – удалені модулі *HDSL*. Обладнання *Tadi Gain* фірми *Tadiran*, наприклад, підтримує швидкості передачі:

по одній парі – 2064 Кбіт/с;

по двом парам (на кожену пару) – 1168 Кбіт/с;

по трьом парам (на кожену пару) – 784 Кбіт/с.

Так як загасання у кабелі зростає разом з його частотою, дякуючи більшшувзькому частотному спектру дальність передачі в *HDSL* з кодом *2B1Q* суттєво більше, ніж в апаратурі ІКМ-30. *HDSL* успішно використовується у всьому світі вже протягом багатьох років.

**SDSL (Single-line Digital Subscriber Line)** представляє собою однопарну версію **HDSL**. Ця система забезпечує симетричну дуплексну передачу цифрового потоку зі швидкістю 2048 Кбіт/с по одній парі телефонного кабеля.

**ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line)** – асиметрична цифрова абонентська лінія, представляє собою два модема, з'єднаних одною кабельною парою. Послуги, що надає **ADSL**:

- відео за запитом, що дозволяє користувачу вибрати з бібліотеки відеозаписів відеофільм для перегляду, конкурирувати з мікромовним телебаченням;
- торгівля на дому, можливість переглядати товари віртуального супермаркету;
- навчання з віддалених аудиторій, коли лектор представляє навчальний матеріал, а також отримує запитання та відповідає на них в процесі представлення цього матеріалу.

А також підтримка високошвидкісних інтерактивних додатків, і в першу чергу – доступ до Internet, циркулярна розсилка інформації по підвідомчих мережах, включаючи доступ до централізованих баз даних з віддалених офісів, інтерактивні ігри, інші послуги мультимедіа.

У модемах **ADSL** використовуються три типи модуляції:

- дискретна багаточастотна модуляція **DMT (Discrete MultiTone)**, стандарт **ANSI T1.413**.

- амплітудно – фазова модуляція без несущої **CAP (Carrierless Amplitude/Phase)**, розроблена раніш **DMT**.

- квадратична амплітудна модуляція **QAM (Quadrature Amplitude Modulation)**, використовується досить рідко.

Сьогоднішня технологія **ADSL** дозволяє передавати дані на швидкостях від 1,5 до 9 Мбіт/с у прямому напрямку та від 16 до 640 Кбіт/с у зворотньому напрямку. Максимальна довжина лінії приблизно 5,5 км.

**RADSL (Rate – Adaptive ADSL)** – **ADSL** з адаптивною швидкістю. Ця технологія може пристосовуватися к характеристикам конкретної лінії (довжина, співвідношення сигнал-шум та інш.), керувати швидкістю передачі та за рахунок цього досягати максимальної пропускну здатності в реальних умовах.

**VDSL (Very-high-data-rate Digital Subscriber Line)** – понадшвидкісна цифрова абонентська лінія (існує тільки у лабораторіях), загального стандарту ще не зроблено, але очікується що швидкість передачі буде від 12,9 Мбіт/с до 52,8 Мбіт/с. **VDSL** призначена для роботи у **ATM**-мережах. На лініях вказаного типу дозволяється наявність пасивних мережевих закінчень, тому до однієї лінії може бути підключено більш ніж один **VDSL**-модем.

**VDSL** може використовуватися на кінці волоконно-оптичної лінії зв'язку для кінцевого абонентського вводу по парі мідних дротів. В системах “волоконно-до-розподіляючої-коробки” (**FTTC**) “хвіст” **VDSL** може мати довжину до 500 м, а швидкість передачі припускається у діапазоні від 25 до 51 Мбіт/с. В системах “волоконно-до-розподіляючої-шафи” (**FTTCab**) “хвіст” може бути довше кілометра, а швидкість передачі дорівнювати 25 Мбіт/с.

Більш великі швидкості передачі роблять привабливою для **VDSL** систему модуляції **DMT**, тому що вона стандартизована **ANSI**. Але може виявитися кращим використовувати різні канали для різних напрямків передачі, тому що це легше реалізувати в багатоканальній системі, особливо коли потоки даних асинхронні.

Єдиним серйозним аргументом проти **xDSL**-технології є відсутність відповідних абонентських комплектів в сучасних цифрових АТС, в той час, коли

абонентський комплект *ISDN* є вже досить звичним елементом цих АТС. Обладнання *xDSL*, на жаль, потребує набагато більших зусиль для його інтеграції в сучасну цифрову АТС. Крім того телефонні компанії затратили великі кошти на впровадження *ISDN*, а в результаті з'ясували, наскільки складно й дорого використовувати цю технологію.

### Контрольні питання

1. Концепція технологій *xDSL*.
2. Технології кодування, які використовуються в *xDSL*.
3. Технологія *HDSL*.
4. Технологія *SDSL*.
5. Технологія *ADSL*.
6. Технологія *RADSL*.
7. Технологія *VDSL*.
8. Приклади використання та побудови систем *HDSL*.

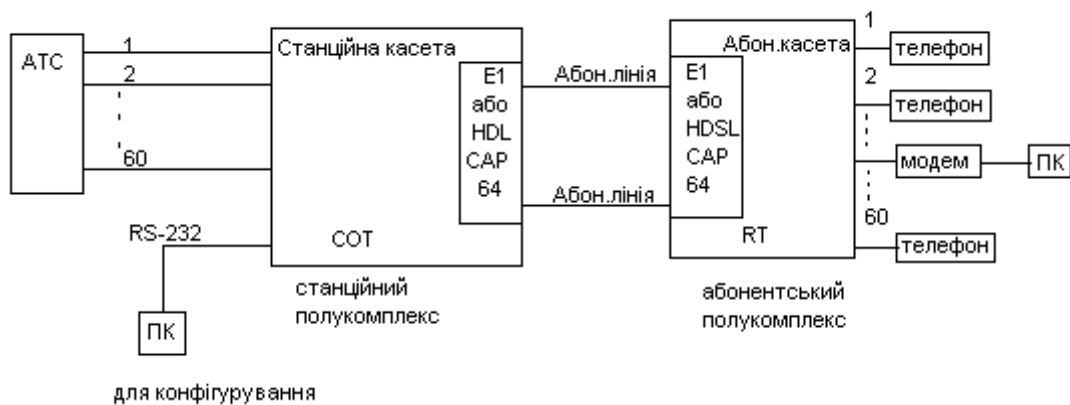
### Ситуаційний тест:

Вам як інженеру-проектувальнику виробничо-технічного відділу телекомунікаційної компанії, потрібно забезпечити абонентський винос 60 телефонних каналів на відстань до 20 км по двом парам дротів. Який діаметр жили кабелю при цьому використовується. Наведіть схему. Поясніть та обґрунтуйте свій вибір. Наведіть основні технічні параметри обраної технології.

### Рішення:

Для забезпечення абонентського виносу 60 каналів на відстань до 20 км по двом парам дротів застосовуємо УПГ-60 з діаметром жили – 1,2 мм, оскільки тільки вона може забезпечити передачу на таку відстань.

Використовується метод модуляції *CAP-64*, тобто передається потік 2 МБіт/с.



## 6. ОРГАНІЗАЦІЯ СТАЦІОНАРНОГО РАДІОДОСТУПУ ДО ТЕЛЕФОННИХ МЕРЕЖ

### 6.1. Технології радіодоступу

Розвиток абонентської розподільчої мережі з використанням радіоресурсів на сьогоднішній час є досить перспективним: при визначених умовах радіодоступ може бути більш економічним, ніж кабельна мережа. Розроблена з самото початку для забезпечення зв'язком мобільних абонентів радіотехнологія стала сьогодні реальною альтернативою існуючій кабельній мережі. Вартість лінійно-кабельних споруджень непохильно підвищується, в той час як вартість обладнання падає. В мережі радіодоступа більша частина затрат приходить саме на радіобладнання. В випадку необхідності конфігурація радіосистем може бути легко змінена, це дає можливість відслідковувати зміни попиту на послуги. Крім цього, варто зазначити, що впровадження абонентського радіодоступу забезпечує хороші умови для створення системи персонального зв'язку.

Кабельна мережа у багатьох операторів зв'язку досить зношена, її модернізація потребує значних капіталовкладень, причому одним із самих дорогих елементів є абонентська розподільча мережа. У знову виникаючих операторів кабельна інфраструктура, як правило, зовсім відсутня. Використання радіодоступу дозволяє не лише зменшити капітальні витрати на створення розподільчої мережі, але і зменшити термін будівництва та введення об'єктів в експлуатацію, а, отже, термін окупності знову введеної ємності. Проекти із швидкою окупністю зазвичай зацікавлюють інвесторів, яких мало приваблює перспектива довгострокових вкладень.

Технологія абонентського радіодоступу дозволяє мінімізувати початкові інвестиції та збільшити ємність мережі поступово за рахунок доходів, отриманих від експлуатації перших введених ємностей.

Структура радіомережі може бути різною. Розглянемо деякі приклади використання радіотехнологій на ділянці абонентського доступу:

1. Радіорилейний тракт в конфігурації «точка – точка» (*point-to-point*), при цьому організується абонентський виніс номерів з опорної АТС.
2. Радіоканал в конфігурації «точка – багато точок» (*point-to-multipoint*) на ділянці опорна АТС – кінцевий груповий пристрій.
3. Мікростільникова структура побудови радіомережі, при цьому радіоканал організується на деяких ділянках абонентської лінії або по всій її довжині.

До систем останнього типу можна віднести АТС установсько-виробничого зв'язку з радіодоступом, характеристики деяких із них приведені в таблиці 1. До цього ж виду відносяться системи безпроводного доступу до АТС (*Wireless Local Loop – WLL*). Параметри радіоканала в таких системах іноді відповідають одному із стандартів стільникової системи зв'язку: *AMPS*, *NMT*, *GSM*, *IS-95*, стандартам побутових радіотелефонів або спеціально розробленим стандартам: *DECT*, *CT-2*, *CDMA*, *FH-TDMA (FH-CDMA)* та ін.

4. Мережі радіозв'язку з рухомими об'єктами стільникової структури.
5. Мережа радіозв'язку, коли вся мережа являє собою, як правило, один великий стільник, відмінною рисою цієї технології є невелика кількість використовуваних частот, а, отже, невелика кількість точок підключення до ТМЗК.

6. Різноматні радіопроводжувачі та системи радіотелефонного безпроводного зв'язку (*Cordless Telephone*), в яких радіоканал організується між базовим блоком (абонентський або груповий кінцевий пристрій) та радіотелефонною трубкою (радіостанцією), тобто радіоканал не є АЛ або її частиною.

Таблиця 6.1. Характеристики деяких АТС з радіодоступом.

Найменування	ISDX	Freeset	Forum	Megaset
Виробник	GPT	Ericsson	AT&T	Siemens
Країна-виробник	Великобританія	Швеція	США	Німеччина
Потужність передавача, мВт	10	10	20	20
Робоча частота, МГц	864/868	1880/1900	46/49,902/928	1880/1900
Ширина каналу(шв.)	25кГц	32кбіт/с	25кГц	32кбіт/с
Кількість радіоканалів	40	120	5	120
Кількість базових станцій	400	200	49	216
Кількість каналів, які обслуговує одна БС	2/4/6	8	2	До 6
Максимальна кількість абонентів	1000	600	32	216
Серед. дальність дії м	200	300	150	250
Максимальна відстань базових станцій від АТС	До 1км з дистан. Живленням	До 1км з дистан. живленням	До 1км з дистан. живленням	До 1,5 км

У теперішній час все більше розповсюдження для організації абонентського радіодоступу починають отримувати системи *WLL*.

При порівнянні засобів організації абонентського доступу необхідно врахувати наступне. Системи *WLL* в порівнянні з кабельною розподільчою мережею має:

- ✓ меншу трудоемність будівельно-монтажних робіт, а отже більш короткі терміни введення в експлуатацію;
- ✓ менші початкові витрати та малий термін окупності;
- ✓ більшу гнучкість та легшу трансформацію;
- ✓ безсумнівні переваги при спорудженні мережі на сильно пересіченій місцевості з великою кількістю водяних перешкод та в випадку складних ґрунтів.

Застосування обладнання *WLL* економічно виправдано в багатьох практичних прикладаннях, наприклад:

1) при створенні операторами нової мережі радіодоступу з частковим використанням існуючих лінійно-кабельних споруджень в міських та приміських районах;

2) при телефонізації сільських районів, де телефонна щільність (число абонентів на квадратний кілометр) невелика і прокладання довгих кабельних абонентських ліній може бути не вигідним;

3) при підключенні абонентів в умовах відсутності вільних пар в кабелі на абонентській ділянці міської телефонної мережі (при середній телефонній щільності);

4) при неможливості прокладання кабеля, наприклад, важкодоступних районах;

5) при організації тимчасового зв'язку, наприклад, при організації виставок.

В системах радіодоступу широко використовуються різні технології організації багаточисленного доступу, наприклад, наступні:

***FDMA (Frequency Division Multiple Access)*** – багаточисленний доступ з частотним розподілом, при цьому виділений для визначеної системи спектр частот ділиться на смуги, в яких відбувається передача каналної інформації від різних абонентів;

***TDMA (Time Division Multiple Access)*** – багаточисленний доступ з часовим розподілом, при цьому виділена смуга частот надається для передачі каналної інформації на визначений короткий проміжок часу, в наступний проміжок часу відбувається передача інформації від іншого абонента;

***CDMA (Code Division Multiple Access)*** – багаточисленний доступ з кодовим розподілом, повідомлення від абонентів шифруються та передаються одночасно, цей засіб має переваги (наприклад, скритність інформації), але при цьому потрібна досить широка смуга частот, що може бути недоліком при обмеженості частотного ресурсу.

## 6.2. Обладнання стаціонарного радіодоступу

Найбільш широко в обладнанні радіодоступу використовують наступні стандарти: *CT-2* (та її модифікації), *DECT (PRE-DECT)*, *CDMA (IS-95)*, *D-AMPS*, *MGW Hopping (MultiGain Wireless)*.

***Технологія CT-2*** використовує метод багаточисленного доступу з частотним розподілом каналів *FDMA*, сполучений з часовим дуплексним розподілом режимів передачі та прийому *TDD*, при якому в одному часовому проміжку відбувається передача повідомлення від абонента, а в наступний момент – приймання повідомлення від базової станції. Таким чином, використовується лише одна несуча частота для передачі та прийому інформації.

Такий стандарт прийнятий, наприклад, для створення системи *Telepoint*, яка призначена для зв'язку рухомих абонентів з абонентами фіксованої мережі. Ця система отримала в Європі широке розповсюдження: в Великобританії це система *Phonopoint* та *Zonophone*, в Німеччині це служба *Birdie*. Стандарт *CT-2* забезпечує конфіденційність переговорів та високу якість прийому мовних повідомлень.

***В стандарті DECT*** використовується часове розділення каналів *TDMA*, в поєднанні з таким самим, як в стандарті *CT-2*, часовим дуплексним розділенням *TDD*. Передбачається можливість приєднання до цифрових мереж *ISDN*. Технологія *DECT* може застосовуватись як для побудови обладнання абонентського радіодоступу, так і для радіотелефонного безпроводного зв'язку.

В Росії дозволено застосування обладнання стандартів *CT-2* в смузі частот 864-868,2 МГц, та обладнання *DECT* в смузі частот 1880-1900 МГц. Також допускається робота в одному регіоні декількох операторів (при наявності в них прав), які використовують для радіозв'язку окремі ділянки смуги радіочастот в діапазоні 800 МГц та радіотехнологію *CT-2*. При цьому апаратура має забезпечувати автоматичний пошук вільного каналу незалежно від щільності розміщення обладнання. Немає потреби в плануванні частот для кожного користувача та

узгодження частот в кожному конкретному випадку застосування апаратури. Також потужність передатчиків базових блоків та абонентських «трубок» повинна бути не більше 10 мВт. Можуть застосовуватись антени з коефіцієнтом підсилення не більше 3 дБ.

Для обладнання абонентського доступу, яке використовує технологію *DECT*, також зазвичай немає потреби в частотному плануванні та отриманні спеціального дозволу на використання частот, якщо це обладнання використовується в якості системи радіотелефонного зв'язку в межах будівлі. В регіоні також можливе існування декількох операторів, які використовують таке обладнання, але при цьому також необхідне виконання вищесказаних обмежень на потужність передатчика та посилення антени, розмір стільника обмежений радіусом не більше 200 метрів

На використання *радіосистем з технологією CDMA* накладено обмеження – в регіоні (зоні нумерації) може бути лише один оператор, який використовує цю технологію.

В таблиці 6.2 представлені порівняльні характеристики різних радіотехнологій *WLL*.

Технічні параметри	CT-2 TANGARA	DECT	CDMA IS-95	D-AMPC	MGW Hopping
Діапазон частот, кГц	839-843 864-868 910-914	1880-1900 1900-1920	TX: 869-894 RX: 824-849	TX: 824-849 RX: 869-894	1428-1508 1850-1930 2400-2483 3420-3500
Крок решітки частот, кГц	100	1728	1250	30	1000
Засіб розподілу каналів/ організація дуплекса	FDDM/TDD	TDMA/TDD	CDMA/FDD	TDMA/FDD	FH-TDMA/TDD
Тип модуляції	GFSK	GMSK	QPSK	DQPSK	3-L SRFSK
Число радіоканалів	40	10	10	823	80
Число телефонних каналів на один радіоканал	1	12	45 (61 QCELP)	3 (10-15)	8
Ефективність викор. спектру	10 каналів/МГц	6 каналів/МГц	9 каналів/МГц	50 каналів/МГц	8 каналів/МГц
Інтерференція з випроміненням від домашніх та офісних радіотелефонів	Малоймовірна	Ймовірна	Відсутня	Відсутня	Відсутня
Вихідна потужність: базова станція абонентський термінал	10 мВт 10 мВт	250 мВт (10 мВт) 250 мВт (10 мВт)	20 Вт 0,6 – 3 Вт	0,6 Вт	300 мВт 300 мВт
Дальність зв'язку (LOS)	12 км (направленні антени)	200 м – 5 км (направленні антени)	50 км	32 км	15 км (направленні антени)
Розподілення кан. за частотою	Динамічне	Динамічне	Фіксоване	Фіксоване	Динамічне
Кодування мови	АДИКМ 32кбіт/с	АДИКМ 32кбіт/с	CELP 16 кбіт/с QCELP 7.2 кбіт/с	VCELP 8 кбіт/с	АДИКМ 32кбіт/с ИКМ, BRA
Шифрування	Немає	Є	Є	Є	Немає
Максим. шв. роботи модема / факса по радіокан. Кбіт/с	14,4	9,6	0,3-9,6	2,4	14,4
Затримка прийому/передачі для TDD (для FDD довжина пакету), мс	2	10	80	40	2
Ехоподавлення	Не потрібне	Потрібне	Потрібне	Потрібне	Потрібне

Таблиця 6.2 Порівняльні характеристики технологій абонентського радіодоступу



З точки зору проходження радіохвиль, краще використовувати діапазон 800 МГц. Системи з технологією *DECT*, а також апаратура *MultiGain*, яка використовує особливу технологію Hopping (перестроювання частот), працюють в більш високочастотному діапазоні (1.9 ГГц для *DECT* та 1.4-3.5 ГГц для *MultiGain*), крім того спектр корисного сигналу в них має більшу ширину, ніж, наприклад, в *TANGARA* (864-868.2 МГц). Тому, для досягнення тієї ж дальності роботи, що і в системі *TANGARA*, необхідна більш висока вихідна потужність. Чутливість приймача в абонентському терміналі приблизно однакова для всіх систем та обмежена рівнем шумів в радіоканалі. Таким чином, в системі *TANGARA RD* без погіршення дальності зв'язку суттєво знижена потужність радіопередавачів.

Частоти, які відведені для радіотелефонних систем працюючих по стандарту *CT-2*, не зарезервовані для інших прикладень. Домашні та офісні радіотелефони в Росії, як правило, не використовують цей діапазон. Відведенні в *DECT* смуги частот (1880-1900 МГц) виділені для вільного використання офісними та домашніми радіотелефонами та АТС з радіодоступом (табл.1). Але можливо, що найближчим часом відведена під *DECT* смуга частот може бути заповнена сигналами від приватних безпроводних телефонів, крім того, в майбутньому діапазон частот *DECT* може бути використаний для систем *UMTS – Universal Mobile Telecommunications Service*, які об'єднують всі види радіозв'язку.

Системи на базі *CT-2* мають вузьку смугу робочого каналу, яка дорівнює 100 кГц, тому вони менш чутливі до нерівномірності загасання в робочій смузі частот одного каналу порівняно, наприклад, з системами *DECT* (смуга 1.7 МГц).

Як видно з таблиці 7.2, технологія *CT-2 TANGARA* завдяки технології *FDMA* має більшу ефективність використання смуги частот в порівнянні з іншими системами. Однак *DECT* може працювати з більшою щільністю абонентів (пропускати більший трафік), тому що використовує в 4 рази більш широкий діапазон частот. Ця перевага *DECT*-технології суттєва в великих містах з багатоповерховими забудовляями, або для офісних станцій при щільності абонентів 1000-1500 на кв. км. У таких прикладеннях необхідно економічну ефективність безпроводного рішення порівнювати з кабельним рішенням, наприклад прокладенням ВОЛЗ.

В приміській та сільській місцевості при щільності абонентів 2-10 на 1 кв. км більш актуальним являється великий радіус дії системи в поєднанні з можливістю організації невеликих мереж (до 500 абонентів). Для системи з *TDD* (одночастотний дуплекс) дальність зв'язку визначається не стільки вихідною потужністю, скільки відношенням величини захисного проміжку (пауза між пакетами) до довжини самого інформаційного пакету. В системах з меншою довжиною пакета простіше забезпечити достатній захисний проміжок для забезпечення максимально можливої дальності.

Реалізація засобу розділення каналів *TDMA* в поєднанні з *TDD* в технології *DECT* привела до необхідності збільшення довжини інформаційних пакетів до 10 мс на 12 каналів, що в свою чергу, ускладнює передачу навіть на 10 км. В стандарті *CT-2* довжина пакетів до 2 мс на 1 канал, це забезпечує дальність передачі на 12 км.

При типі доступу *FH-TDMA (MultiGain)* такої проблеми немає.

Більшість розглянутих систем використовують модуляцію АДІКМ, що дозволяє високоякісно передавати данні на швидкості до 9600 біт/с (факс) та 14400 біт/с (модем, Рекомендація V.34).

### Контрольні питання

1. Особливості використання радіозасобів для «останньої милі»
2. Структури мереж радіодоступу.
3. Радіотехнології та апаратні засоби.
4. Технології багаточисленного доступу.
5. Стандарт радіодоступу СТ-2.
6. Стандарт радіодоступу DECT.
7. Стандарт радіодоступу CDMA
8. Стандарт радіодоступу MGW (MultiGain)

### Ситуаційний тест:

Вам, як інженеру-проектувальнику у виробничій компанії, доручили розробку ескізного проекту нової мережі радіодоступу. Кількість абонентів складає 2800. Робоча частота – 1880/1900 МГц. Визначити які типи та кількість АТС можуть бути використані при побудові цієї мережі. Наведіть основні технічні характеристики вибраних АТ

### Рішення:

Виходячи з робочої частоти можна застосувати АТС з радіо доступом:

- Freeset

- Megaset

В **першому** випадку АТС Freeset має максимальну кількість абонентів – 600, в **другому** АТС Megaset – 216. Отже, застосування станції Freeset більш доречно, оскільки кількість станцій в цьому випадку буде менша

$T_{ст} = 2800/600 = 4,67 \approx 5$  станцій.

Наводяться порівняльні характеристики обраних АТС.

Щодо технології стаціонарного радіо доступу по телефонних мереж, то виходячи з діапазону частот 1880/1900 МГц обираємо технологію DECT.

В стандарті DECT використовується часовий розподіл каналів (TDMA) разом з TDD, можливе приєднання до мережі ISDN. Цей стандарт може використовуватися для побудови обладнання абонентського доступу і для радіотелефонного бездротового зв'язку.

## 7. ТЕХНОЛОГІЯ СУПУТНИКОВОГО ДОСТУПУ

### 7.1. Централізовані супутникові мережі

Централізована система супутникових станцій управляється центральною станцією супутникового зв'язку і весь трафік абонентських станцій в даному випадку проходить через неї.

Децентралізована мережа супутникового зв'язку – це повнозв'язні мережі, в яких абонентські станції можуть зв'язуватися один з одним без проходження трафіку через центральну (управляючу) станцію.

Топологія супутникових мереж представляє собою зірку. Трафік передачі даних проходить через центральну станцію. Центральна станція виконує функцію комутації даних між будь-якими станціями, забезпечує встановлення з'єднання „точка-точка”, „точка-багатоточок” і реалізує функцію управління усіма типами наземних станцій.

Тип VSAT	Швидкість	Призначення
TES	16 або 32 кбіт/с	Передача мовних даних
PES	Передача -512 кбіт/с Прийом -256 кбіт/с	Передача інтерактивних даних
HES	Передача від 2,4 кбіт/с до 256 кбіт/с	Передача інтерактивних даних
TRES	Передача від 32 кбіт/с до 2 Мбіт/с	Передача високошвидкісних даних

Крім того було розроблено програмне забезпечення, яке розширює можливості мережею. Розробник HNS:

- 1) LAN -Advantage – взаємодія з локальними мережами;
- 2) IP -Advantage – управління, доступ в Інтернет.

### 7.2. Характеристика технології PES

Ця технологія базується на використанні спеціалізованих персональних наземних станцій і використовує супутниковий ресурс не постійно, а лише тільки під час ПД і телефонної розмови. Для мереж PES характерні можливості, які надаються мережами пакетної комутації. При цій технології зв'язок будь-якого виду між двома абонентами (або ПД, або телефонний зв'язок) забезпечується з двома супутниковими пере прийомами. Ця технологія може використовуватись тільки через центр управління супутникового зв'язку (PES-HUB), так як PES не може працювати автономно без центра управління. Мережі цієї технології забезпечують ПД і мови і можуть бути сконфігуровані по схемі „точка-точка” або „зірка”. При зміні топології, мережі не потрібно багато затрат, оскільки обладнання PES станції відносно не дороге. Однак при збільшенні пропускної спроможності мережі необхідно закупати додаткове обладнання для центральної HUB-станції.

Наземна центральна станція складається:

- антенна система;
- прийомо-передавач, який сумісний з випромінювачем антени;

- блок цифрового інтерфейсу, який представляє собою єдине шасі, що вміщує супутниковий модем, контролер зв'язку, незмінна кількість плат портів. В комплект периферійного обладнання входять також: супутникова параболічна антена з діаметром 1,2; 1,8; 2,4 м в залежності від потужності інформаційного сигналу, який приходить в супутник прийомо-передаючого модуля потужністю 2 Вт, який встановлюється на антені і в самій супутниковій станції.

Зараз використовується наземна станція PES-8000, яка складається з блоку живлення, плати проміжної частоти і інтерфейсної плати, до якої підключається локально-обчислювальна мережа.

Існує декілька типів інтерфейсних плат:

- 1)CPC (Compact Port Card) підтримують до 4-х послідовних портів даних;
- 2)MPC (Multi Port Card) багато портова карта, підтримує до 8-ми послідовних портів даних;
- 3)VDPC (Voice Data PC), інтегральна карта мови і даних, яка підтримує передачу мови зі швидкостями 5,6; 16; 64 кбіт/с і 4-ри послідовних порти даних;
- 4)TPC (Turbo PC) підтримує до 4-х послідовних портів даних, портів локальної мережі Ethernet або Frame Relay.

Функціонування будь-якої плати відбувається під управлінням мікропроцесора, який виконує програму, що зберігається в енергонезалежному оперативному запам'ятовуючому пристрої. Нова програма може бути завантажена в центральній станції через супутник, що забезпечує гнучкість, простоту конфігурування та модифікації параметрів портів і протоколів зв'язку.

Область використання PES:

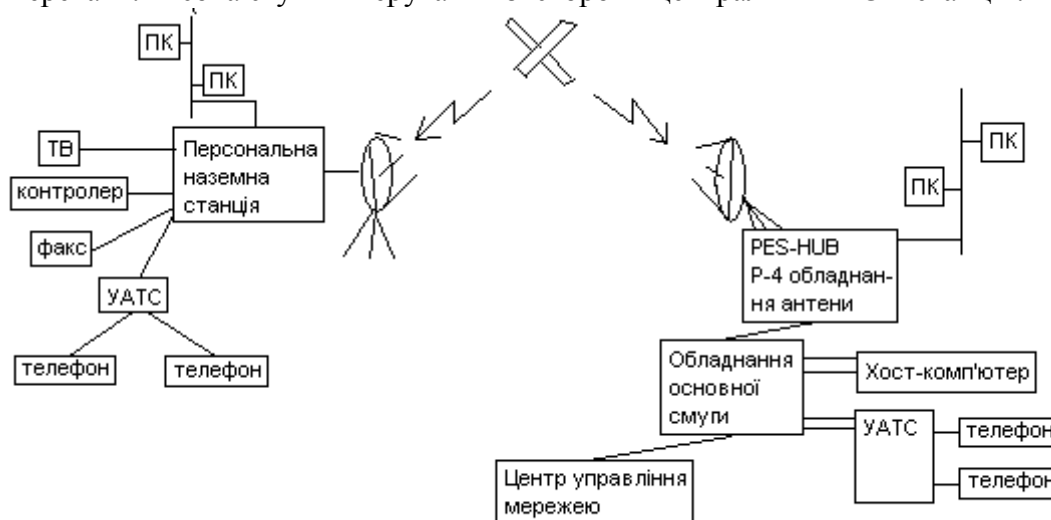
- 1)взаємне з'єднання локальних мереж;
- 2)зв'язок клієнт-сервер;
- 3)мультимедійні додатки;
- 4)збір даних управління і контролю за ходом виробничих процесів;
- 5)банківські і фінансові операції;
- 6)пакетна і діалогова обробка даних;
- 7)факсимільний зв'язок;
- 8)передача мови;
- 9)передача відео зображень.

Основні характеристики PES:

- 1)високоякісний цифровий зв'язок усіх об'єктів підключених до мережі;
- 2)просте розширення мережі шляхом збільшення кількості портів на віддалених станціях або кількості самих станцій;
- 3)широкий набір мережних протоколів, які надаються в розпорядження користувачів, надає можливість підтримувати різноманітні типи кінцевих пристроїв;
- 4)можливість інтеграції з локальними мережами дозволяє внести передачу інформації глобальних мережних зв'язків;
- 5)сучасні способи багато станційного доступу дозволяють оптимально розподіляти пропускну здатність супутника надаючи її кожній віддаленій станції на вимогу;
- 6)системи управління супутникових мереж зв'язку дозволяють централізовано відправляти супутникові мережі за допомогою інтелектуальної робочої станції;
- 7)економічно-ефективна супутникова мережа з невисокими фіксованими експлуатаційними витратами;
- 8)працює більш 100 000 PES – перевірено на практиці.

Недоліком цієї технології є невелика швидкість передачі 64 кбіт/с між двома будь-якими абонентами.

Переваги: висока ступінь керування зі сторони центральних HUB-станцій.



### 7.3. Характеристики технології HES

Ця технологія основана на використанні гібридних наземних станцій. Ці станції забезпечують реалізацію інтегральної супутникової мережі ділового зв'язку ISBN. В мережі ISBN станція HES за допомогою центральної станції комутації об'єднується в мережі комутації пакетів, що дозволяє використовувати послуги мереж пакетної комутації. Топологія таких мереж зіркоподібна, передбачає наявність центральної станції з великою антеною діаметром 3,7-9 м, через яку відбувається дуплексний зв'язок між великою кількістю периферійних наземних станцій з невеликими антенами діаметром 1,2-2,4 м. Система працює в діапазоні частот 12-14 ГГц. Усі з'єднання між віддаленими станціями відбуваються через центральну станцію. Системи мережі ISBN використовують комбінацію методів модуляції і доступу:

- 1) часовий розподіл каналів TDM;
- 2) з частотним розподілом FDMA;
- 3) з частотним розподілом TDMA;

Технічні характеристики системи ПД HES:

- 1) Швидкість передачі 1,2-256 кбіт/с;
- 2) RS-232, RS-422, V.35, Ethernet, Token Ring;
- 3) ISBN на базі HES підтримує протоколи X.25, TCP-IP та ін.

Станції HES дозволяють створити територіально-розподілені відомчі телефонні мережі, де в якості засобів зв'язку може виступати телефон, телефакс, установча АТС.

В цій технології реалізовано принцип, коли супутниковий канал надається на вимогу і існує тільки під час сеансу зв'язку.

В мережі HES може функціонувати станції HES, TES, PES.

### 7.4. Характеристики технології TES

Базується на використанні спеціалізованих наземних телефонних станцій. Використовують супутниковий ресурс не постійно, а тільки під час телефонної розмови.

Головна перевага: зв'язок між двома абонентами забезпечується всього з одним супутниковим переприйомом. Для кожного супутникового з'єднання необхідний один дуплексний супутниковий канал з пропускнуою спроможністю 32 або 16 кбіт/с.

ПД відбувається двома способами:

- 1)на основі закріплених каналів;
- 2)на основі комутуємих телефонних каналів з додатковими модемами.

Виділені канали ПД організовані з наземною телефонною станцією повністю схожі з каналом SCPC, це одна частота на несучу при чому кожна телефонна плата може забезпечити тільки один порт ПД.

Недоліки: наявність всього одного порту даних на телефонні плати змушувати використовувати зіркоподібну або деревовидну топологію. Не важливо економити супутниковий ресурс, так як канал є виділеним і ресурс займається навіть тоді коли даних немає.

### **7.5. Характеристики технології TRES**

Використовується в супутникових мережах „точка-точка” і „зірка”. Забезпечує передачі інформації 64 кбіт/с-2 Мбіт/с. Має гнучку конфігурацію, відмінні технічні характеристики і відносно невелику вартість.

Основні технічні характеристики:

- 1)низька вартість терміналів;
- 2)ймовірність виникнення помилки меншої ніж вимоги Intel side;
- 3)настройка антен за допомогою модуля постійного струму;
- 4)управління з радіочастотним обладнанням з терміналом всередині приміщення;
- 5)інтегрується з іншими терміналами;
- 6)призначена для роботи з декількома несучими і станція складена з 4-х модемів і одного радіочастотного блоку.

### **7.6. Прийомна наземна станція RES**

Це супутниковий приймач даних, який використовується в мережах для розподілу великих обсягів даних.

Програмне забезпечення цих станцій підтримує перевірку стану RES включаючи швидкість ПД, типу модуляції, зміщення приймаємої частоти.

Функціональні можливості RES:

- 1)режим пошуку: станція активно шукає приймальний сигнал в області навкруги визначеної частоти;
- 2)робочий режим: приймає, демодулює данні і присилає їх користувачу;
- 3)режим пропадання: станція визначає погіршення сигналу і очікує доки умови прийому не нормалізуються, коли це стається переходить в робочий режим, якщо ні – то через визначений час переходить в режим пошуку.

Типові використання RES:

- 1)ПД;
- 2)пейджингові мережі;
- 3)інформаційні мережі;
- 4)погодна та фінансова інформація в реальному масштабі часу;
- 5)дистанційне мовчання;

б) телебачення.

Переваги:

- велика інтегрованість мережі;
- модульна побудова;
- легкість переконфігурації;
- гнучкість по швидкості ПД;
- незалежність від інфраструктури провідних ліній;
- висока якість зв'язку;
- незалежність вартості від відстані.

## 7.7. Технологія IP – Advantage

Ця технологія була розроблена для доставки Інтернет трафіка кінцевому користувачу. Відноситься до сімейства програмних і апаратних засобів Direct PC Enterprise Edition. За допомогою цього програмного продукту користувач відправляючи невеликі пакети запитів може отримати високошвидкісні потоки будь-якої інформації, включаючи відео, аудіо і швидкісні цифрові потоки даних через супутникові канали.

Існує три різновиди:

- 1) базовий – працює тільки на прийомі (Basic);
- 2) Enhanced (покращений) – двонаправлена система з запитом, яка направляє по наземним лініям;
- 3) IP – Advantage – двонаправлений метод з запитами на передачу, які відправляються через наземні станції.

Для перших двох різновидів технології в окремо виділеному регіоні будується центральна станція, яка має високошвидкісні канали доступу до мережі Інтернет і має високошвидкісний супутниковий канал передачі. З цієї центральної станції відбувається розсилка даних віддаленим термінальним станціям. Швидкість досягає 400 кбіт/с на одного користувача.

Третій різновид є надбудовою над системою ISDN і призначений для доставки високошвидкісного IP-трафіку кінцевим користувачам і корпоративним мережам з швидкостями значно вищими ніж канали ISDN технології і інших наземних ліній зв'язку. Інформація з центральної станції передається через високошвидкісний канал out route, його пропускна спроможність від 2 до 24 Мбіт/с. Швидкість передачі досягає 1,5 Мбіт/с на кожну виділену супутникову станцію.

### Обладнання IP – Advantage.

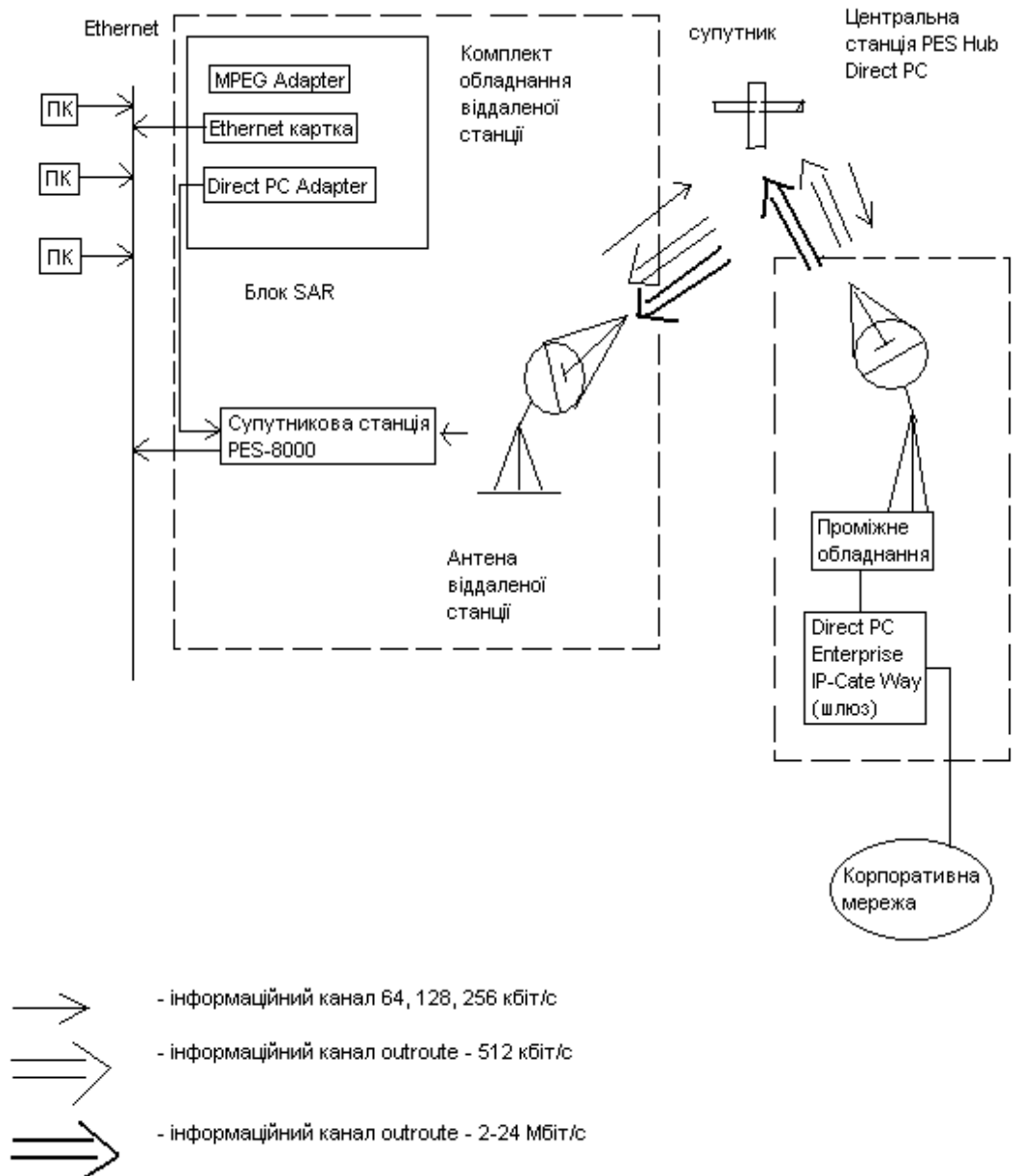
Обладнання, яке використовується в цій технології можливо поділити на 3 групи:

- 1) Обладнання віддаленої станції, яке встановлюється ззовні помешкання і до цього обладнання відносяться:
  - антена;
  - прийомо передаючий модуль.
- 2) Обладнання віддаленої станції, яке встановлюється в приміщенні:
  - супутникова станція PES;
  - пристрій Direct Enterprise Relay.

Вони з'єднуються між собою коаксіальним кабелем, в більшості випадків це Ethernet з'єднання і до цього обладнання підключаються маршрутизатори, мости і кінцеве обладнання.

3) Обладнання, яке встановлюється на центральній станції: Network Operation Centre (NOC) – це центральна наземна станція PES і IP- шлюз, також супутниковий модем. Це обладнання за виключенням супутникових модемів, пов'язані між собою Ethernet (100Base-5).

### Загальна структурна схема IP –Advantage



Блок SAR – комп'ютер, він немає ні клавіатури, ні монітору, для його конфігурування необхідний зовнішній комп'ютер.

### Програми забезпечення LAN



Дозволяє обійтися без шлюзу та маршрутизатора, забезпечує безпосереднє підключення користувачів до абонентської станції супутникового зв'язку.

Функції:

1) забезпечення зв'язку концентратора з віддаленими станціями і навпаки;

2) безпосередня інтеграція локальної мережі і абонентської станції супутникового зв'язку;

3) прямий доступ до високошвидкісних каналів, вихідний потік від концентратора до станції-512 кбіт/с, 480 кбіт/с з них інформаційного користувача, 32 кбіт/с – це перевірочні.

### **Контрольні питання**

1. Назвіть основні характеристики технології PES.
2. Назвіть основні характеристики технології TES.
3. Назвіть основні характеристики технології HES.
4. Назвіть основні характеристики технології TRES.
5. Назвіть основні характеристики технології RES.
6. Назвіть основні характеристики технології IP –Advantage.

## 8. МЕРЕЖІ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ

Останнім часом концепція підключення абонентів до мережі електрозв'язку зазнала змін. Використання мідних ліній в якості засобу доступу практично виключено при новому будівництві, а при реконструкції та посиленні існуючих мереж досить обмежено. В мережах доступу все частіше використовуються технології, які раніше використовувалися лише на магістральних напрямленнях, а саме волоконно – оптичні та радіорелейні лінії.

Концепція розвитку мереж доступу в основному ділиться на дві складові:

- інтенсифікація використання існуючих абонентських ліній (АЛ);
- будівництво мереж доступу з використанням нових технологій (*ВОЛЗ, РРЛ, HDSL*);

### 8.1. Концепція модернізації АЛ

Концепція модернізації АЛ полягає, перш за все, в різних методах підвищення пропускну здатності АЛ (або ущільнення) без зміни топології мережі.

### 8.2. Концепція будівництва сучасних мереж доступу

Концепція будівництва сучасних мереж доступу має суттєві відмінності. По-перше, мережа доступу розглядається як єдина структура, яка має свою ідеологію побудови, топологію, систему управління. По-друге, сукупність різних типів каналоутворюючого обладнання та лінійних передаючих систем, які використовуються в мережах доступу, практично не обмежує можливості оператора по наданню як аналогових, так і цифрових послуг. Нарешті, при умові цифровізації та стандартазації транзитної мережі, сучасна мережа доступу в корні міняє підхід до побудови комутаційного обладнання, оскільки всі абонентські підключення до комутатора здійснюються по цифровим стикам.

Головна ідея побудови мережі не нова. Фактично, мережа доступу являється деяким фрагментом цифрової транспортної мережі, яка з'єднує телефонну станцію з абонентськими терміналами. Важливо максимально наблизити мережеві елементи до абонента і тому, як правило, мультиплексор виносять як можна ближче до місця розташування абонентів.

На рис.7.1 представлений приклад простішої мережі абонентського доступу, яка складається із двох мережевих елементів – обладнання мережі доступу (*ОМД*) та лінії зв'язку між ними.

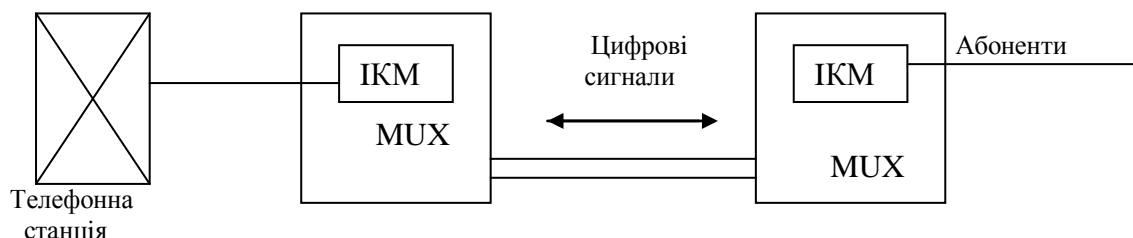


Рис.7.1. Приклад простішої мережі абонентського доступу

Основою створення обладнання для мережі доступу (*ОМД*) є принцип часового розподілу цифрових каналів, який вже давно використовується в магістральних

мережах. Методи аналого–цифрового перетворення давно відомі і стандартизовані (в основному ІКМ і АДІКМ). Обладнання, таким чином, складається із двох частин, одна із яких називається «станційною» і підключається до комутаційної станції, а друга – «абонентською», до якої підключаються абонентські термінали (в простішому випадку - телефонні апарати).

Для передачі лінійного сигналу в мережах доступу все більш широко використовуються оптичні кабелі та радіоканали. Як правило, сучасне обладнання для побудови мережі доступу є універсальним з точки зору використання різних середовищ передачі. Оптичний кабель володіє найкращими показниками з точки зору ціни та пропускної здатності при телефонізації нових районів забудівлі. При розвертанні мережі в регіонах із сформованою кабельною інфраструктурою велике значення має організація цифрових трактів на мідних парах по технології *HDSL*. Нарешті, в сільських та важкодоступних районах важливе значення мають радіорелейні лінії та супутникові канали зв'язку.

### 8.3. Концепція використання оптичного кабелю на ділянці абонентського доступу

Концепція використання оптичного кабелю на ділянці абонентського доступу поділяється на декілька напрямлень:

- *FTTB (Fiber To The Building)* – оптика до будівлі;
- *FTTO (Fiber To The Office)* – оптика до офісу;
- *FTTZ (Fiber To The Zone)* – оптика до деякої зони, де групуються абоненти.

Всі три напрямлення єдині в головному – довести широкополосну оптичну лінію зв'язку до деякої точки, де доцільно розмістити обладнання, яке розподіляє більш низькошвидкісні цифрові потоки (або аналогові канали) безпосередньо до «розетки», тобто до місця включення абонентського терміналу.

Представлений на рис.7.1. приклад ілюструє варіант створення мережі доступу в «традиційному» прикладенні, тобто в випадку, коли комутаційна станція має аналогові абонентські закінчення. Для приведенного прикладу мережа доступу є начебто продовженням аналогових ліній від АТС до станційного терміналу *ОМД* та місця підключення абонентських телефонів до абонентського терміналу. Така схема включення часто називається аналоговою схемою підключення *ОМД* і найбільш використовується в країнах, які розвиваються. Перевагами данної схеми включення є простота узгодження інтерфейсів та універсальність до типу комутаційної станції. *ОМД* може бути підключене по аналогових інтерфейсах до АТС будь-яких систем – електронної, квазіелектронної, електромеханічної. Головним та суттєвим недоліком є наявність «зайвого» аналого-цифрового перетворення в станційному терміналі. Дійсно, якщо комутаційне обладнання є цифровим, то цифрові потоки спочатку перетворюються в аналогові сигнали абонентськими комплектами АТС, а потім знову перетворюються в цифрову форму станційним терміналом *ОСД*.

Іншим способом підключення *ОСД* являється з'єднання станційного терміналу з комутаційним полем цифровим трактом (рис.7.2).

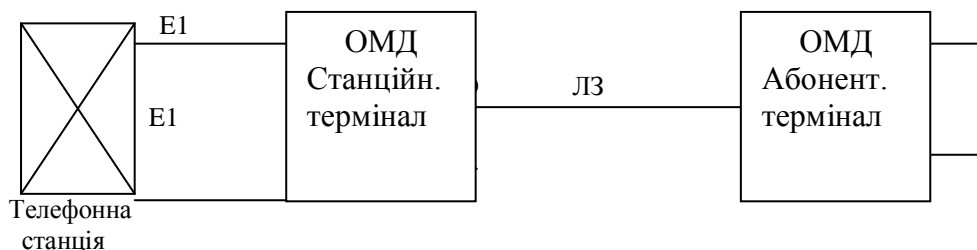


Рис.7.2 З'єднання станційного терміналу з комутатором цифровим трактом.

Таке рішення все ширше використовується в розвинених країнах і являється прогресивним в порівнянні з аналоговим включенням. З точки зору якості послуг зв'язку, цифрове включення забезпечує максимальне наближення цифрової мережі до абонента і, відповідно, мінімум перешкод, які виникають в аналоговому тракті. З точки зору економічної ефективності та зниження витрат на *ОМД*, цифрове включення також має переваги, так як для побудови мережі не потрібні абонентські модулі АТС, які реалізують аналоговий 2-провідний інтерфейс, також не потрібні аналогові модулі станційного терміналу *ОМД*.

Але при всіх перевагах цифрового включення, процес його впровадження йде дуже повільно. Першою складністю є стандартизація систем сигналізації. На відміну від детально визначеного 2-провідного аналогового абонентського інтерфейсу, цифровий інтерфейс визначений достатньо жорстко тільки з точки зору електричних параметрів та загальних характеристик циклу. Систем же сигналізації розроблено дуже багато (якщо розглядати всі системи світу, то їх опис утворить чималу бібліотеку). Очевидно, що реалізація такого великого набору різних типів сигналізації представляє велику складність для розробників мультиплексорів доступу. Практично, мультиплексор потребує «підстроювання» під кожний конкретний тип комутаційної станції, а іноді і версії програмного забезпечення. За останні роки були прийняті спроби жорсткої стандартизації інтерфейсів та систем сигналізації на стиках АТС та МД. Розроблені стандарти отримали назву *V.5.1* та *V.5.2*. Багато виробників *ОМД* вже впровадили ці протоколи в свої вироби. На рис.7.3 представлена типова схема включення *ОМД* по інтерфейсам *V.5.1* та *V.5.2*.

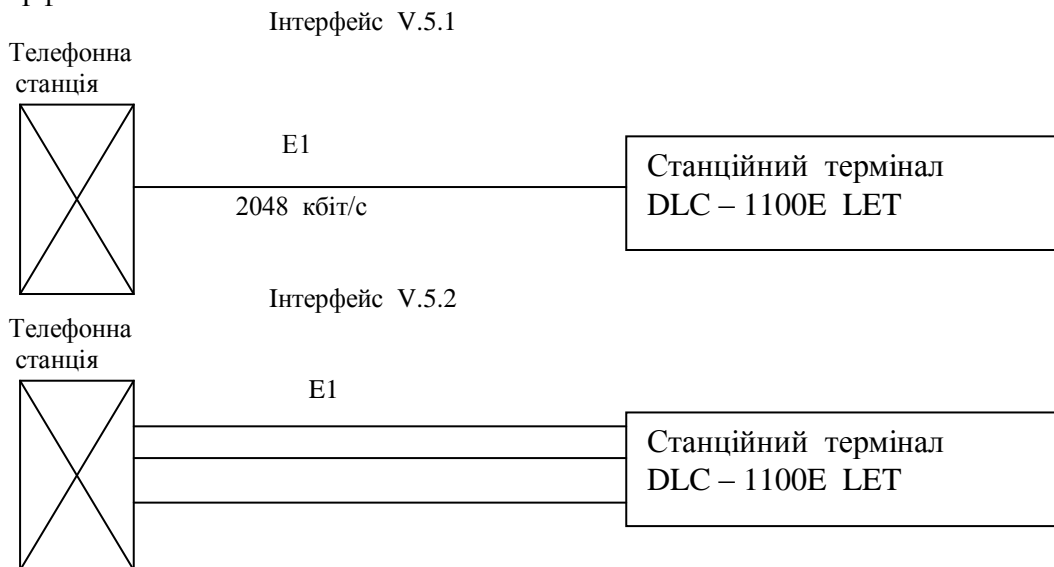


Рис.7.3. Типова схема включення *ОМД* по інтерфейсам *V.5.1* та *V.5.2*.

Як бачимо з рисунка, при широкому впровадженні побудови мереж доступу з цифровим включенням, комутаційна станція «вироджується» до транзитного вузла, який оброблює транзитні потоки.

Обладнання *DLC* представляє собою мультиплексор часового розподілу з широким набором інтерфейсів. В станційному терміналі мультиплексора забезпечується об'єднання множини абонентських або з'єднувальних ліній в один високошвидкісний цифровий груповий потік, а в абонентських терміналах

відбувається зворотне розуцільнення індивідуальних каналів. Абонентські термінали встановлюють в місцях концентрації абонентів (рис.7.4). Мультиплексор – концентратор *DLC* дозволяє організувати винос до 2000 номерів, при цьому обладнання для обслуговування 120 абонентів розміщується в одній касеті стандартного розміру (19 дюймів).

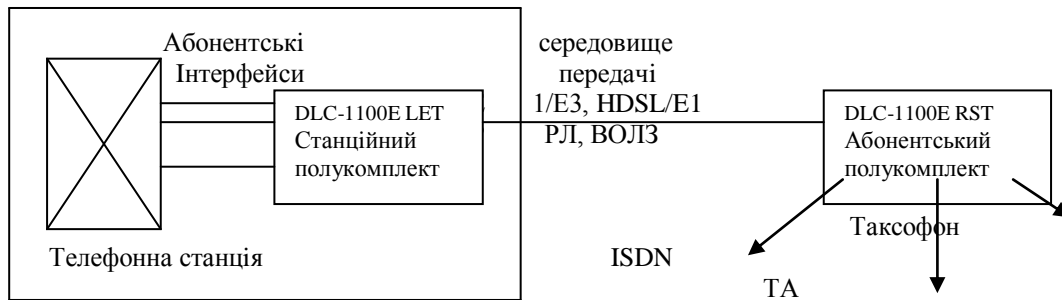


Рис.7.4. Схема встановлення обладнання DLC – 1100E.

Обладнання *DLC* для підключення до мережі через аналогові інтерфейси доцільно використовувати на першому етапі будівництва мережі, коли велика кількість комутаційного обладнання та систем передачі являються аналоговими. В майбутньому, по мірі цифровізації мережі, а також по мірі розповсюдження міжнародного стандарту V.5 для цифрових абонентських мультиплексорів-концентраторів, підключення мультиплексорів *DLC* до мережі буде здійснено по цифровому інтерфейсу *E1 (G.703)* шляхом заміни частини каналних плат. Вивільнені при цьому каналні плати, завдяки їх універсальності, можна буде використовувати на інших ділянках мережі, де збереглося аналогове обладнання.

### Контрольні питання

1. Основні характеристики мереж абонентського доступу на основі високошвидкісних ліній зв'язку.
2. Концепції побудови мереж доступу.
3. Основні вимоги до обладнання
4. Приклади побудови обладнання для мереж доступу

## 9. МЕРЕЖА АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ПОСЛУГ

### 9.1. Гібридні оптико-мідні мережі

В останній час на МД України велику увагу приділяють гібридним оптико-мідним мережам. По транспортній мережі здійснюється доставка послуг на національному, регіональному чи місцевому рівнях до основних розподільчих центрів. Фізичним середовищем передачі є оптоволокно.

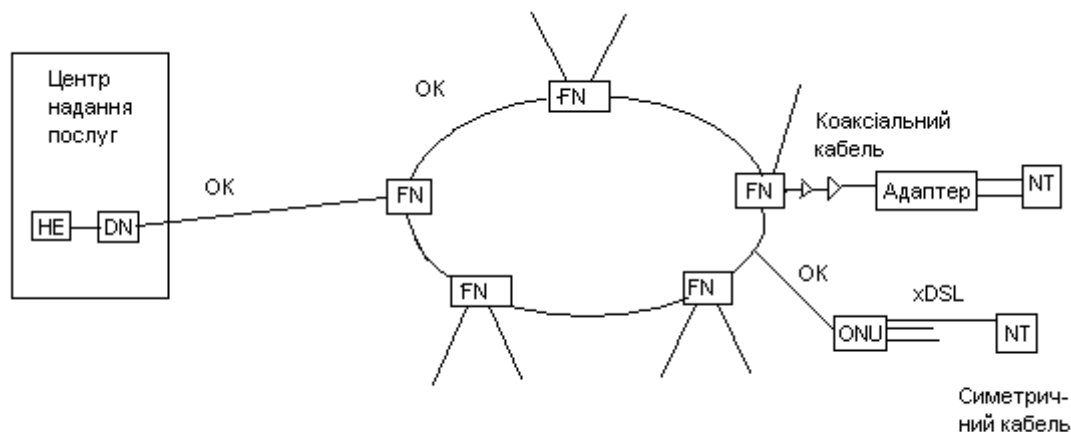
По абонентським МД користувачі підключаються на місцевому рівні до основних розподільчих центрів. Фізичним середовищем є оптоволокно або симетрично-мідна, коаксіальна пара.

HFC – Hybrid Fiber/Copper

HFC-S (симетричний), HFC-C (коаксіальний)

Симетричні гібридні оптико-мідні мережі створюються на базі традиційної телефонної МД на симетричних кабелях.

Коаксіальні гібридні оптико-мідні мережі вимагають встановлення в кінцевій частині МД активних та пасивних коаксіальних компонентів.



HE – головний центр

DN – розподільчий вузол

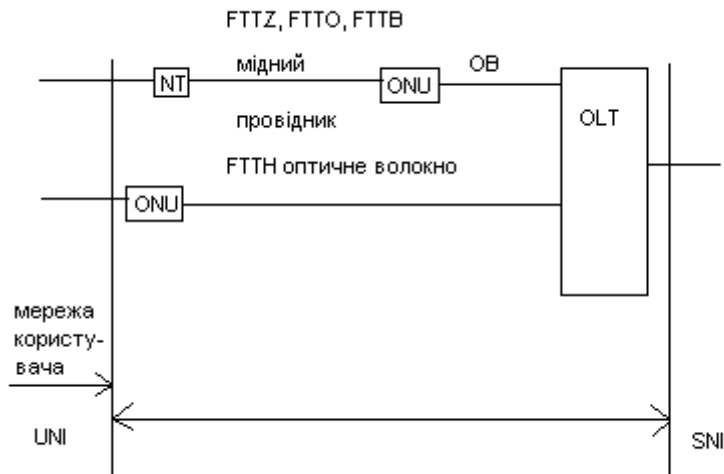
LN – вузол місцевої мережі

FN – вузол волоконно-оптичної мережі

ONU – блок оптичної мережі

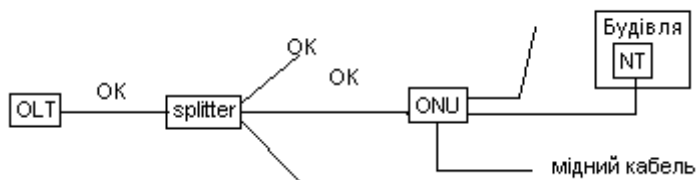
NT – мережний термінал

Мережна архітектура з застосуванням принципу „волокно в ланцюгу”

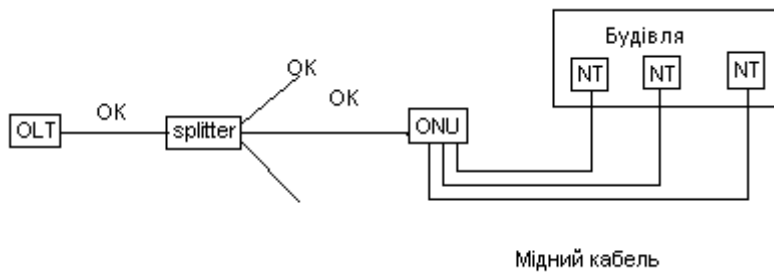


### Реалізація принципу „волокно в ланцюзі”

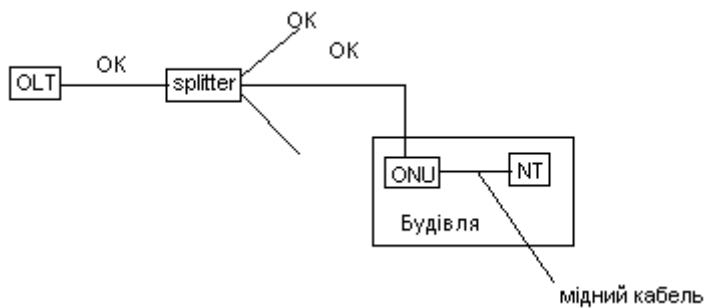
#### 1) FTTZ



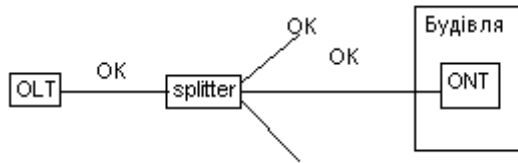
#### 2) FTTB



#### 3) FTTO



#### 4) FTTH



OLT – оптичне мережне закінчення

splitter – розгалуджувач

Головні функції ONU:

- мультиплексування сигналів абонентів та послуг;
- мультиплексування передачі даних;
- інтерфейс ONU (оптичної розподільчої мережі).

Мультиплексування передачі даних забезпечує дії необхідні для оцінювання і розподілу вхідних і вихідних сигналів інтерфейсу ODN.

Функція мультиплексування сигналів абонентів і послуг включає поєднання та поділення вхідної та вихідної інформації, що надходить від різних користувачів, а також поєднує інтерфейси окремих послуг.

Інтерфейси ODN забезпечують підключення інтерфейсу фізичного середовища до відповідних оптичних волокон мережі ODN.

Ці функції також включають опто-електронні і електрично-оптичні перетворення.

Функції OLT:

- 1) цифрового комутаційного пункту;
- 2) мультиплексування передачі даних;
- 3) функції інтерфейсу ODN.

Функції оптичної МД (ОАМ):

- 1) оперативне управління роботою;
- 2) технічне обслуговування всіх функціональних блоків.





## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### Базова

1. О.И. Логутенко Современные модемы. – Спб.: «Лань», 2004. – 428 с
2. В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман. Телекомунікаційні мережі. Київ, Техніка, 2001р – 526 с.
3. Э.А.Якубайтис. Открытые информационные сети. - М.: Радио и связь, 1991. - 208 с.
- 4.С.И. Самойленко Сети ЭВМ – М.: Наука, 1986. – 160 с.
5. Я.П.Выставкин Сети обмена информацией между ЭВМ – М.: Наука , 1985 – 216 с.
5. П.Боккер. ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятие, методы, системы.– М.: Мир, 1991. - 304 с.
- 6.О.М.Денисьева, Д.Г.Мирошников Средства связи для «последней мили». – М.: Радио и связь, 1998 – 125 с.
- 7.О.И.Лагутенко Модемы. Справочник пользователя – Спб.: «Лань», 1997. – 368 с.
9. Голдштейн Протоколы сетей доступа т. 2 - Спб.: «Лань», 2001. – 326 с.
11. И.М. Котиков Пространство технологий абонентского доступа для операторов связи. //Технологии и средства связи, №1, 2003, с. 38-43.
12. В.К.Тарасов, В.А. Спирин Сети абонентского доступа для предоставления услуг. // Икс, №9, 2003, с. 50-52.

### Допоміжна

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