О. М. Бевз,
С. Г. Кривогубченко, А. Я. Кулик

СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ
(Частина ІІ)

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. М. Бевз,
С. Г. Кривогубченко, А. Я. Кулик

СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ

(Частина ІІ)

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів напряму підготовки 0914 - “Комп`ютеризовані системи, автоматика і управління” всіх спеціальностей. Протокол № 7 від “22” лютого 2007 р.

Вінниця 2007

УДК 621.3
Б 36

Рецензенти:

В. М. Лисогор, доктор технічних наук професор
І. І. Хаймзон, доктор технічних наук професор
О. М. Возняк, кандидат технічних наук доцент

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Бевз О. М., Кривогубченко С. Г., Кулик А. Я.

Б 36 **Системи та мережі передавання даних. Частина ІІ.** Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 101 с.

В посібнику розглянуто локальні мережі, комутація та маршрутизація в мережах, мережа Х.25. Посібник розроблений у відповідності з планом кафедри та програмою дисципліни “Системи та мережі передавання даних”.

УДК 621.3

Зміст

Вступ

Навчальний посібник, який пропонується читачеві, є другою частиною посібника “Системи та мережі передавання даних”.

Необхідність у виданні посібника викликана широким впровадженням та застосуванням локальних мереж в системах автоматики та інших системах. Спеціалістам, які працюють в цих галузях, необхідні достеменні знання про структуру локальних мереж, комутацію пакетів та принципи роботи такого фундаментального протоколу як X.25.

В основу посібника покладено курс лекцій з дисципліни “Системи та мережі передавання інформації”, що читається авторами у Вінницькому національному технічному університеті на факультеті автоматики та комп`ютерних систем управління.

Досвід викладання демонструє, що найбільш складними для студентів є питання роботи окремих протоколів та виконання комутації пакетів в мережі.

Це пов`язано з тим, що в сучасних літературних джерелах, присвячених мережам передавання інформації, недостаня увага приділяється принципам роботи окремих вузлів системи, що реалізують комутацію та реалізацію протоколів мережі. Посібник “Системи та мережі передавання даних” (частина II) присвячений принципам роботи протоколу X.25 та особливостям реалізації комутації пакетів в мережі. В ньому в доступній формі розглядаються стандарти та топологія локальних мереж, системи та типи комутацій, характеристики та принципи роботи протоколу X.25.

Посібник призначений для студентів напряму підготовки 0914 “Комп`ютеризовані системи, автоматика і управління” і може бути корисним студентам інщих спеціальностей, які вивчають сучасні системи та мережі інформації, також широкому колу відповідних спеціалістів, які бажають та намагаються підвищити свій науково-технічний рівень.

Розділ 1 написаний Кривогубченком С. Г., розділ 2 – Куликом А.Я., розділ 3 – Бевзом О. М.

1 Локальні мережі

В даній главі розглядаються протоколи локальних мереж, що найбільш широко використовуються. Крім того, більш детально описуються деякі опубліковані стандарти для локальних мереж, розроблені комітетами IEEE 802, ANSI, Європейською асоціацією виробників ЕВМ-ECMA, Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) і приватними підприємствами.

Використання локальних мереж мотивується підвищенням ефективності і продуктивності роботи організації.

Дослідження показують, що 70% часу службовця витрачається на комунікації. Існує ряд оцінок відносно можливостей локальних мереж щодо збільшення продуктивності праці. Дослідження демонструють, що продуктивність робочого може бути збільшена за рахунок автоматизації і використання локальних засобів зв'язку.

Використання ЛМ дозволяє полегшити доступ до пристроїв зв`язку, встановлених в установах. Локальна мережа являє собою канал і протоколи обміну даними для зв'язку робочих станцій і серверів.

1.1 Основні характеристики локальної мережі

Наведемо основні характеристики локальних мереж:

- відстань між робочими станціями, підключеними до локальної мережі, складає від декількох сотень до декількох тисяч метрів;
- ЛМ передає дані між станціями користувачів і серверів;
- пропускна здатність ЛМ більша ніж у глобальної мережі і швидкість передавання даних в бітах складає 1-20 Мбіт/с;
- інтенсивність помилок в ЛМ значно нижча в порівнянні з глобальними мережами на базі телефонних каналів.

1.1.1 Широкосмугові і односмугові локальні мережі

Локальні мережі можуть бути широкосмуговими або односмуговими системами. Для широкосмугових мереж характерне використання аналогової техніки. Для цього використовуються модеми для введення сигналів несучої в передавальне середовище. Сигнали несучої модулюються цифровим сигналом. Внаслідок аналогового характеру мережі в широкосмугових системах часто використовуються мультиплексування з частотним розподіленням (FDM), що забезпечує передавання декількох несучих або роботу декількох підканалів в одному і тому ж передавальному середовищі. Широкосмугові системи називаються

так тому, що аналогові сигнали несучої працюють у високочастотному радіодіапазоні (зазвичай, 10 – 400 МГц.). Не всі аналогові ЛМ працюють з такими високими частотами, у таких випадках вони не вважаються широкосмуговими системами.

В односмуговій системі використовується цифрова техніка. Підсилювач-формувач лінії вводить в канал напругу. Канал далі працює як транспортний механізм, за допомогою якого відбувається розповсюдження цифрових імпульсів напруги. В односмугових мережах не використовуються аналогові несучі або згаданий метод FDM. Але множинний доступ до середовища може бути забезпечений мультиплексуванням з тимчасовим квантуванням (метод TDM) або за допомогою протоколів.

В основному використовуються односмугові локальні мережі, але деякі більш великі локальні мережі (більше 100 станцій) використовують техніку широкосмугового передавання.

1.2 Стандарти в області локальних мереж інституту IEEE

Інститут інженерів з електротехніки і радіоелектроніки (IIEP-IEEE) створив 6 груп для розробки стандартів в області локальних мереж. Сукупність цих груп має назву IEEE 802 LAN Standards Committees (комітети IEEE 802 з стандартів в області локальних мереж):

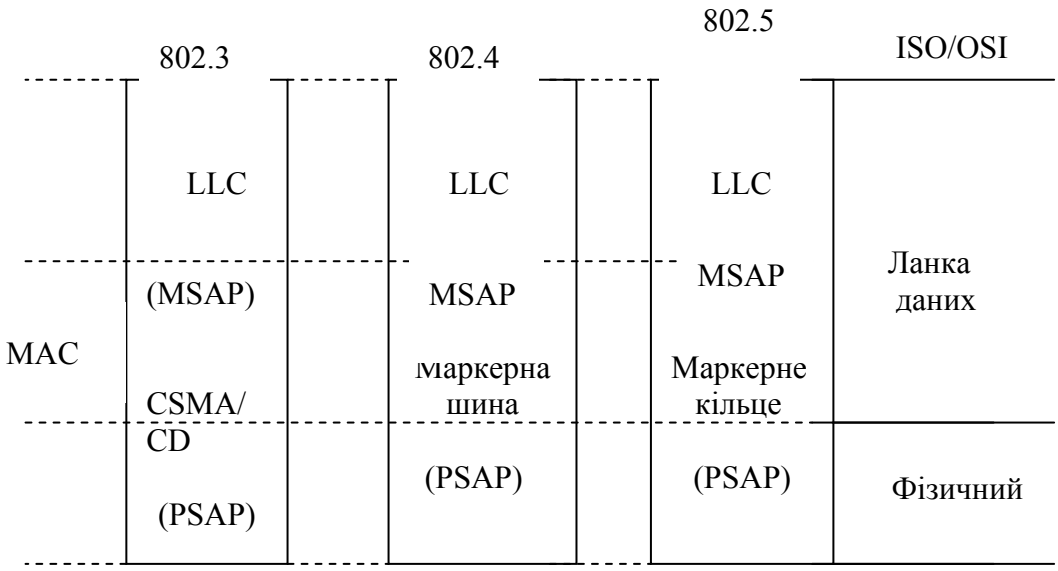
802.1 – верхні рівні і адміністративне управління (HILI);
802.2 – управління логічною ланкою даних (LLC);
802.3 – CSMA/CD;
802.4 – маркерна шина;
802.5 – маркерне кільце;
802.6 – міські мережі (MAN).

Стандарти IEE отримали широке визнання. Європейська асоціація виробників ЕОМ проголосувала за прийняття стандарту IEEE 802.5 (маркерне кільце) як свого стандарту (ECMA-89). Міжнародна організація зі стандартизації (МОС-ISO) приймає стандарти IEEE 802 під назвою ISO 8802. Як ми бачимо, ці стандарти також широко використовуються фірмами-постачальниками і групами користувачів.

1.2.1 Зв’язок стандартів IEEE 802 з моделлю ВВС

В третьому розділі першої частини було введено поняття рівневих протоколів і рівнів моделі ВВС (взаємозв’язок відкритих систем). Внаслідок виникнення необхідності забезпечення максимального сумісництва специфікацій ВВС і IEEE 802 рівень ланки даних був

розділений на два підрівні: керування доступом до середовища (MAC) і керування логічною ланкою даних (LLC). Як видно з рисунку 1.1 MAC об'єднує 802.3, 802.4 і 802.5, LLC містить 802.2.



LLC – керування логічною ланкою; MAC – керування доступом до середовища; LSAP – точка доступу до сервісу LLC; MSASP – точка доступу до сервісу MAC; PSAP – фізична точка доступу.

Рисунок 1.1 - Порівняння IEEE 802 і еталонної моделі ВВС/МОС

Розбиття рівня на два підрівні MAC/LLC має цілий ряд переваг. По-перше це дає можливість керувати доступом до розподільчого каналу з автономних пристроїв кінцевого устаткування даних. По-друге, це дозволяє реалізувати децентралізований механізм керування (рівнорангові станції) і підвищує стійкість ЛМ до помилок. По-третє, це забезпечує сумісний з глобальними мережами інтерфейс, оскільки LLC є підмножиною базової множини протоколу HDLC. По-четверте, LLC не залежить від конкретного методу доступу; MAC залежить від протоколу. Цей підхід забезпечує мережам, основаним на стандартах IEEE 802, гнучкий інтерфейс введення і виведення.

Три рівня (фізичний рівень і підрівні MAC і LLC) взаємодіють шляхом обміну примітивами і протокольними блоками даних через точки доступу до сервісу (SAP). Умовні назви точок доступу до сервісу (SAP) такі:

-PSAP- у верхній частині фізичного рівня;
-MSAP- у верхній частині підрівня MAC;
-LSAP- у верхній частині підрівня LLC.

1.2.2 Опції з’єднання з ЛМ

Прийнятий в ВВС підхід, оснований на встановленні логічного з’єднання, обмежує можливості і продуктивність локальної мережі. По-перше, в багатьох локальних застосуваннях не потрібно підтримувати цілісність даних, що забезпечується орієнтованою на з’єднання мережею. По-друге, для високошвидкісних прикладних процесів недопустимі накладні витрати на встановлення з’єднання і роз’єднання.

Ця проблема є особливо гострою в локальній мережі з її високошвидкісними каналами і невеликою інтенсивністю помилок. Більшість застосувань, пов’язаних з ЛМ, потребують швидкого встановлення з’єднання. В інших потрібно забезпечити дуже швидкий обмін даними між пристроями кінцевого устаткування даних. Комітети зі стандартів ЛМ IEEE включили в стандарти IEEE 802 концепцію систем без встановлення з’єднання (дейтаграмних систем).

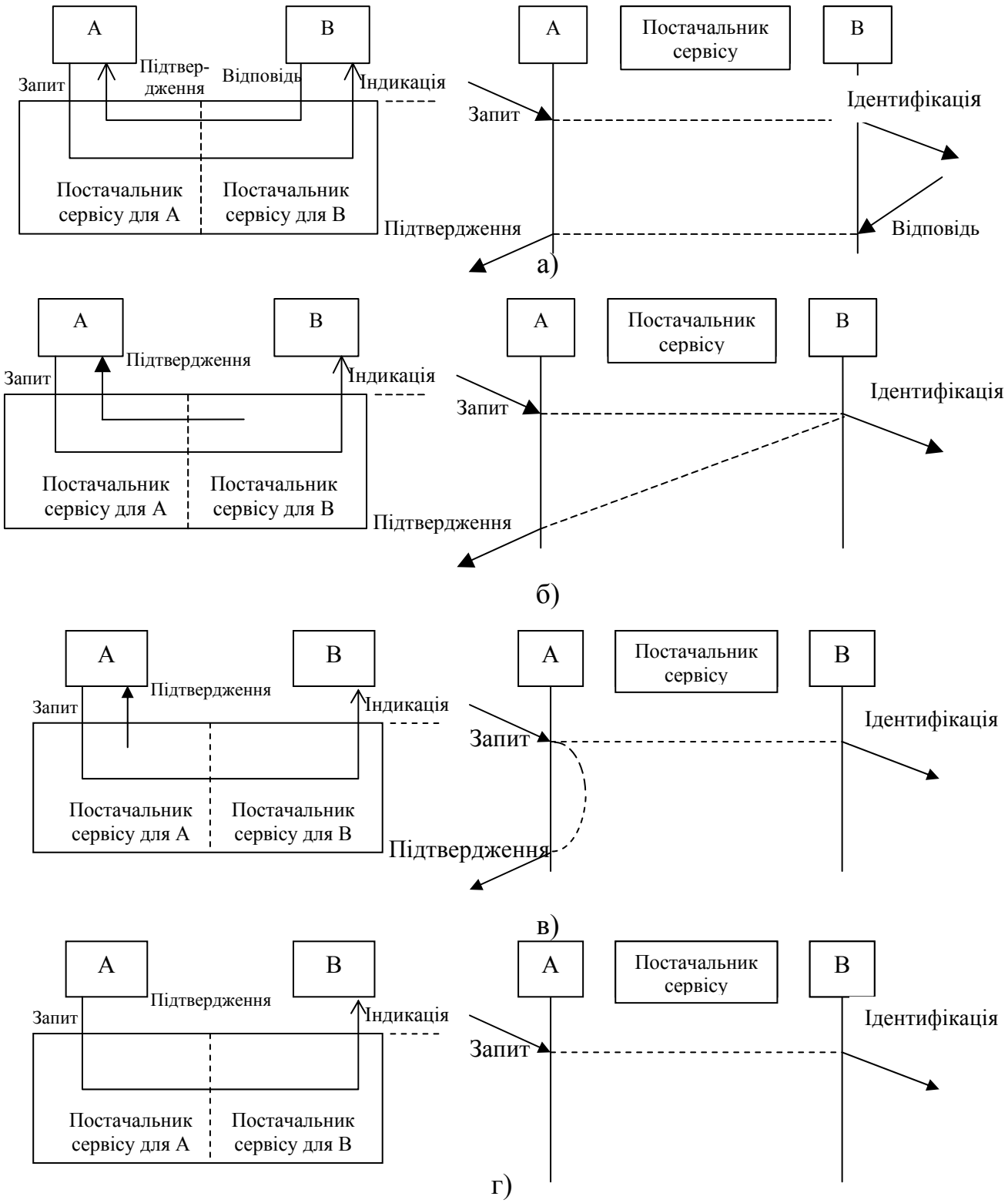
Режими роботи мережі, орієнтовані на з’єднання і без встановлення з’єднання, порівнюються на рисунку 1.2. Орієнтована на з’єднання модель ВВС подана на рисунку 1.2 (а). Два користувачі, А і В, обмінюються даними за допомогою постачальника сервісу (тобто ЛМ) В. Модель, орієнтована на з’єднання, показує, що деякий запит, який приходить із А, проходить через постачальників сервісу і приймається в В як індикація. В протилежному процесі В видає відповідь, яка передається через постачальників сервісу і приймається в А як підтвердження.

Передавання в режимі встановлення логічного з’єднання потребує згоди між трьома сторонами. На рисунку 1.2 (а) дві з цих сторін є користувачі А і В, а постачальник сервісу є третьою стороною.

Цей підхід можна також порівняти з концепцією рівнів. Користувачі є логічними об’єктами n+1-го рівня, а постачальник сервісу – об’єктом n-го рівня.

Постачальник сервісу, або n-ий рівень, не входить в будь-які попередні згоди між логічними об’єктами А і В n+1-го рівня. Часто постачальник сервісу є пасивним засобом передавання даних між А і В. В рамках такого підходу (без встановлення логічного з’єднання) забезпечується відносно простий спосіб обміну між А і В за допомогою постачальника сервісу.

Постачальник сервісу ідентифікує блок даних, який передається йому як абсолютно не пов’язаний з будь-яким іншим блоком даних, які поступають в А і В або виходять з них. Звідси витікає, що блоки даних, які передаються постачальнику сервісу, не будуть доставлені в послідовному порядку. Впорядкування не є частиною середовища даних в режимі без встановлення логічного з’єднання. Це забезпечує гнучкість передавання, оскільки непотрібно постачальнику сервісу мати інформацію про об`єкти А та В.



а) – модель, орієнтована на з’єднання; б) – віддалений постачальник сервісу видає примітку підтвердження; в) – локальний постачальник сервісу видає примітку підтвердження; г) – постачальник сервісу не видає підтвердження.

Рисунок 1.2 - Режими роботи зі встановленням і без встановлення логічного з’єднання в стандартах МОС і IEEE 802.

Класи сервісу. Всі мережі, що специфіковані стандартами IEEE 802, забезпечують сервіс без встановлення логічного з'єднання (тип 1). Сервіс, орієнтований на встановлення логічного з'єднання (тип 2), може подаватися додатково. В типі 1 відсутні підтвердження управління потоком даних або відновлення після помилок; в мережах типу 2 ці функції передбачені. В більшості мереж типу 1 для виконання цій функцій фактично використовується протокол більш високого рівня (тобто транспортного рівня).

1.2.3 Протокольні блоки даних підрівнів LLC і MAC

Підрівні LLC і MAC використовують для комунікації протокольні блоки даних (PDU). Формати блоків PDU показані на рисунку 1.3. Блок LLC містить адресу призначення (одержувача) (DSAP), адресу відправника (SSAP), поле керування і інформаційне поле. Поле керування аналогічне полю керування HDLC.

Адреса DSAP	Адреса SSAP	Керування	Інформація

а)

Преам-була	Початковий розділь-ник	Управління кадром	Адреса призначення	Адреса відправника	Протокольний блок даних LLC	ВСТАВКА	Контрольна послідовність кадру (КПК)	Кінцевий розділь-ник

б)

Рисунок 1.3 - Протокольні блоки даних LLC (а) і MAC (б) в стандартах IEEE 802

Підрівень LLC є підмножиною стандарту HDLC, розглянутого в главі 4. Команди і відповіді аналогічні тим, які визначені в HDLC і які задаються в полі керування. Вони залежать від типу логічного з`єднання (тип 1 або тип 2). Множини допустимих команд наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Команди і відповіді LLC

	Команди	Відповіді
Тип 1	UI	XID
	XID	XID
	TEST	TEST
Тип 2 (I-формат)	I	I
(S-формат)	RR	RR
	RNR	RNR
	REJ	REJ
(U-формат)	SAMBE	UA, FRMR
	DISC	UA, DM

Один з форматів для протокольного блока даних MAC показаний на рисунку 1.3 (б). Цей блок містить протокольний блок даних LLC, а також тимчасове поле і поле синхронізації (преамбула і початковий роздільник), поле контролю помилок (контрольна послідовність кадру), адресу призначення і адресу відправника рівня MAC .

1.3 Топологія і протоколи локальних мереж

Розглянемо найбільш характерні системи локальних мереж, а саме:

- системи, основані на методі множинного доступу з контролем несучої і виявленням колізій (CSMA/CD);
- маркерне кільце;
- маркерну шину.

Більшість ЛМ використовують рівноранговий підхід замість відношення первинний/вторинний. На відміну від глобальної мережі в структурі локальної мережі звичайно відсутня головна станція, що керує графіком в каналі.

Оскільки для локальної мережі характерні невеликі інтервали часу розповсюдження сигналів, високі швидкості роботи каналу, малі значення інтенсивності помилок в порівнянні з глобальною мережею, то не потрібно використовувати складні протокольні механізми встановлення з’єднання, опитування/вибору, позитивного і негативного підтвердження (квитування), прийнятих в протоколах ARQ (автоматичний запит повторення), орієнтованих на встановлення логічного з’єднання.

1.3.1 CSMA/CD і стандарт IEEE 802.3

Найбільш відомим механізмом управління локальною мережею шинної конфігурації є метод множинного доступу з контролем несучої і виявленням колізій (CSMA/CD). Метод CSMA/CD є непріоритетним методом управління з контролем несучої (і колізіями). Найбільш широко розповсюджена реалізація методу CSMA/CD – це специфікація Ethernet. При розробці цієї системи були частково використані принципи роботи системи ALOHA, що розглядалися в першій частині посібника. Корпорація Xerox приклала великі зусилля для проведення досліджень методу CSMA/CD, а також для розробки перших комерційних виробів. В 1980 р. корпорації Xerox, Intel і Digital Equipment Corporation (DEC) разом опублікували специфікацію локальної мережі Ethernet. Ця специфікація пізніше була подана в комітети IEEE 802 і з деякими змінами включена в стандарт IEEE 802.3.

Специфікація CSMA/CD Ethernet базується на концепції рівневих протоколів. На рисунку 1.4 показані рівні, які має CASMA/CD.

Рівень користувача обслуговується двома рівнями CSMA/CD, а саме, рівнем ланки даних (канальним рівнем) і фізичним рівнем. Кожний з рівнів складається з двох різних об’єктів. Логічний об’єкт – це самостійний функціональний компонент рівня, який може містити декілька логічних об’єктів. Рівень ланки даних фактично містить алгоритми, які управляють роботою мережі CSMA/CD. Вони не залежать від середовища. Тому мережа може бути широкосмуговою або односмуговою. Це несуттєво з точки зору управління ланкою даних. Стандарт IEEE 802 включає як широкосмуговий, так і односмуговий варіанти.

Рівень ланки даних складається з логічного об’єкта, який здійснює блокування/розблокування даних і логічного об’єкта адміністративного управління доступом до середовища передавання/приймання. В специфікації Ethernet логічний об’єкт управління доступом до середовища називається логічним об’єктом управління ланкою. Основні функції цих об’єктів такі:

Блокування/розблокування даних:

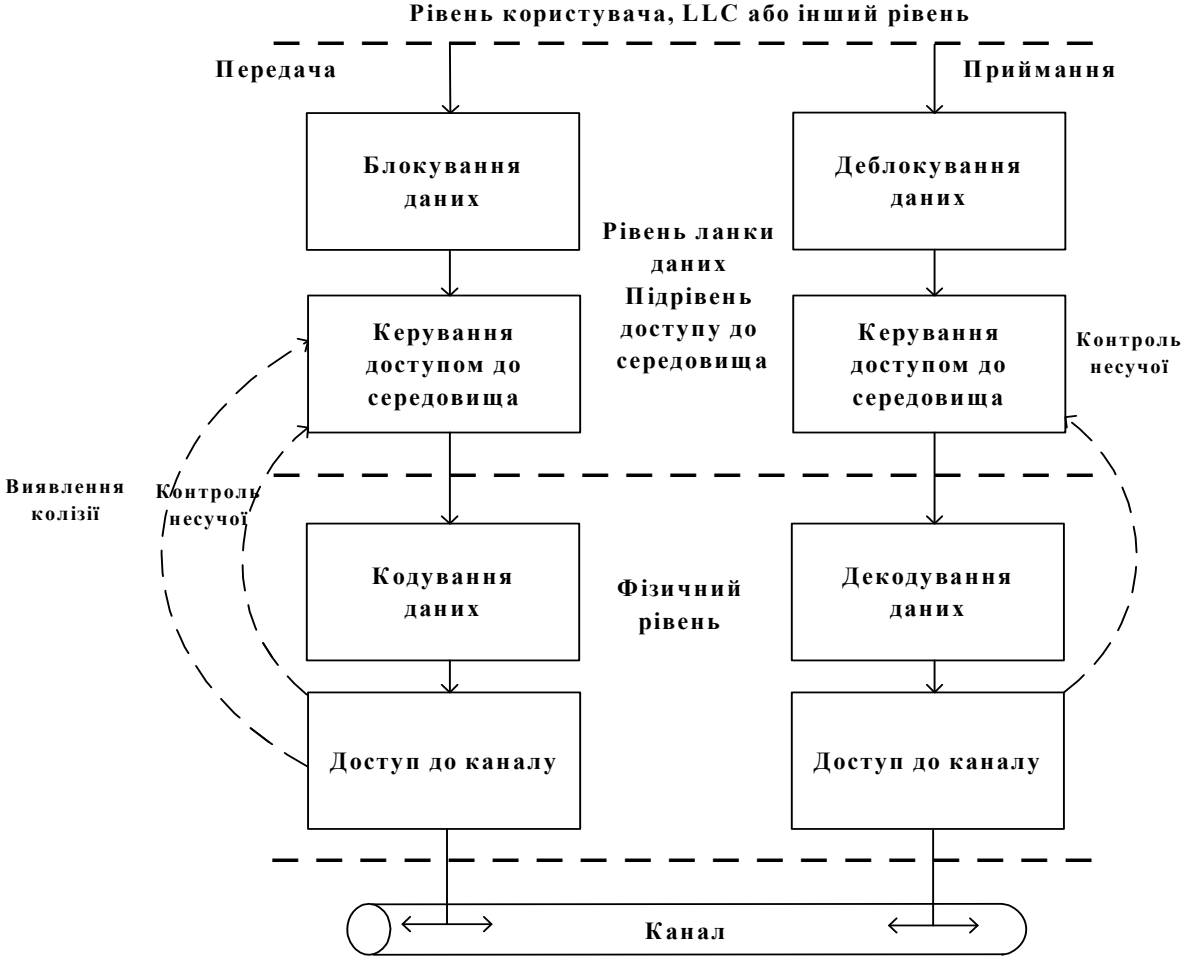
- формує кадр CSMA/CD (кадр MAC, дивись рисунок 1.3, б);
- включає адресу відправника і адресу призначення (одержувача); обчислює поле виявлення помилок в передавальному вузлі.

Управління доступом до середовища:

- передає кадр в фізичний рівень і приймає кадр з фізичного рівня;
- розміщує кадр в буфер;
- забезпечує усунення колізій (передавальна сторона);

Преам-була	Початковий розділь ник	Адреса призначення	Адреса відправника	Протокольний блок даних LLC	Вставка	Контрольна послідовність кадру (КПК)

а)



б)

а) – формат кадру для CSMA/CD; б) – рівні CSMA/CD .

Рисунок 1.4 – Рівні і формати в стандарті IEEE 802.3

- забезпечує перевірку колізій (передавальна сторона);

Фізичний рівень залежить від типу передавального середовища. Він відповідає за такі послуги, як введення електричних сигналів в канал і забезпечення синхронізації роботи каналу, кодування і декодування даних. Подібно до рівня ланки даних, фізичний рівень складається з двох основних логічних об’єктів: логічного об’єкта кодування/декодування і доступу до каналу приймання/передавання. Основними функціями цих об’єктів є:

Кодування/декодування даних:

- формує сигнали для синхронізації станцій, підключених до каналу (такий сигнал синхронізації називається преамбулою);
- кодує потік двійкових даних в самосинхронізувальний код (манчестерський код) в передавальному вузлі і декодує манчестерський код знову в двійковий код в приймальному вузлі.

Доступ до каналу:

- вводить фізичний сигнал в канал на передавальній стороні і отримує сигнал на приймальній стороні інтерфейсу;
- контролює несучу в каналі як на передавальній, так і на приймальній стороні (це означає, що канал зайнятий);
- виявляє колізію в каналі на передавальній стороні (вказуючи, що відбулось накладення двох сигналів).

В мережі CSMA/CD кожна станція має як передавальну, так і приймальну сторону для забезпечення вхідного/вихідного потоку даних. Передавальний об`єкт викликається, коли користувач бажає передати дані іншому кінцевому устаткуванні даних в мережі; приймальний об`єкт викликається, коли дані передаються станціям, підключеним до мережі.

Логічний об’єкт передавальної сторони, яка виконує функції блокування даних, приймає дані і формує кадр MAC. Він додає до даних поле контрольної послідовності кадру і передає кадр об`єкту управління доступом до середовища. Він зберігає кадр в буфері до тих пір, поки не звільниться канал. Канал вважається вільним, коли виконане скидання сигналу контролю несучої. Це скидання ініціюється логічним об’єктом доступу до каналу на передавальній стороні. Після невеликої затримки логічний об`єкт управління доступом до середовища передає кадр фізичному рівню.

На фізичному рівні передавальної сторони при виконанні функції кодування даних проводиться передавання сигналу синхронізації (преамбули). Крім того, виконується манчестерське кодування потоку двійкових даних. Сигнал синхронізації передається потім передавальній стороні, яка вводить сигнал в канал.

Кадр CSMA/CD (MAC) передається всім станціям, підключеним до каналу. Сигнал розповсюджується від вузла-джерела до інших вузлів в обох напрямках. Приймальна станція контролює преамбулу, синхронізується зі сигналом і встановлює сигнал контролю несучої. Далі на приймальній стороні об`єкта доступу до каналу сигнал поступає для декодування. Об’єкт декодування переводить манчестерський код назад в двійкову послідовність даних і передає кадр управлінню доступом до середовища.

Подібно своєму партнеру на приймальній стороні, управління доступом до середовища зберігає кадр в буфері до тих пір, поки не буде виконане скидання сигналу контролю несучої, що ініціює логічний об’єкт доступу до каналу на приймальній стороні. Скидання сигналу контролю

несучої означає, що прийняті всі біти. Управління доступом до середовища може тепер передати дані для їх розблокування. При деблокуванні даних виконується контроль помилок, які могли виникнути в процесі передавання. Якщо помилок не було, проводиться перевірка адресного поля, щоб визначити правильність адресації кадру при передаванні даному вузлу. Якщо адреса правильна, логічний об'єкт деблокування даних передається рівню користувача разом з адресою призначення (DA), адресою відправника (SA) і, звичайно, блоком даних LLC.

Колізії. Оскільки мережа CSMA/CD є рівноранговою мережею, станції запитують канал, тільки коли в них є дані для передавання. Конкуренція за канал може виникнути тоді, коли сигнали вводяться в кабель від різних станцій приблизно одночасно. Коли це відбувається, виникає накладення і викривлення сигналів. Їх правильний прийом станціями неможливий. Центральним аспектом колізій є вікно колізій. Цим терміном описується інтервал часу, необхідний для розповсюдження сигналу по каналу і виявлення його будь-якою станцією мережі. Наприклад, припустимо, що в мережі міститься кабель довжиною 0,6 метрів. Якщо станції знаходяться в найвіддаленішому кінці кабелю, відстань до найвіддаленішої станції складає приблизно 0,6 метра. Передавання сигналу на цю відстань потребує 4,2 мкс. Коли станція А готова передавати дані, вона „прослуховує" кабель для визначення присутності сигналу в мережі. Якщо станція В раніше передала кадр в канал, але він ще не досяг станції А, то станція А помилково буде вважати, що канал вільний, і почне передавання свого пакета. В даній ситуації виникне колізія двох сигналів.

В односмуговій мережі при найгірших умовах час, необхідний для виявлення колізій (і захоплення каналу) в два рази більший затримки розповсюдження, тому що сигнал, який утворився в результаті колізії, повинен розповсюдитись назад до передавальних станцій. Затримка розповсюдження і виявлення колізій у випадку широкосмугової мережі складають ще більше часу, тому що в такій мережі використовуються два кабелі для передавання і прийому сигналів. В найгіршому випадку час виявлення колізій в чотири рази більший затримки розповсюдження.

Колізія є небажаним явищем, оскільки створює помилки і затримки в роботі мережі. Більше того, при передаванні довгих кадрів колізія займає більше канального часу, ніж при використанні коротких кадрів. CSMA/CD враховує цю проблему на рівні управління доступом до середовища шляхом припинення передавання кадру зразу ж після виявлення колізії.

Якщо сигнал розповсюдився у всі частини каналу без колізій, кажуть, що станція, яка передала цей сигнал, отримала або захопила канал. Якщо це відбулося, колізії ліквідовані, оскільки станції виявили сигнал і поступились йому. Але, якщо виникла колізія, компонент доступу до каналу на передавальній стороні фіксує накладення сигналів в каналі (у

вигляді нестандартної зміни напруги) і встановлює для управління доступом до середовища (передавальній стороні) спеціальний сигнал виявлення колізії.

Для обробки колізії об`єкт управління доступом до середовища виконує дві функції. По-перше, підсилюється ефект колізії шляхом передавання спеціальної послідовності бітів, яка називається затором (jam). Мета затору полягає в тому, щоб зробити колізію настільки тривалою, щоб її могли зафіксувати всі інші передавальні станції, які створюють колізію. В локальній мережі CSMA/CD потрібно, щоб затор складався меншою мірою з 32 біт, але не більше 48 біт. Це гарантує, що тривалість колізії буде достатньо великою, щоб її виявили всі передавальні станції в мережі. Обмеження зверху довжини тривалості необхідне для того, щоб станції помилково не прийняли її за дійсний кадр. Будь-який кадр, який містить менше 64 байт (октетів), вважається фрагментом зіпсованого колізією повідомлення і ігнорується будь-якою приймальною станцією мережі.

Компонент об`єкту управління доступом до середовища (передавальна сторона) виконує після цього ще одну функцію: після посилки затору припиняється передавання і планується передавання на більш пізній час, який визначається на основі випадкового вибору інтервалу очікування. Переривання передавання кадру зменшує негативний ефект колізій при передаванні довгих кадрів.

В приймальній станції або станціях біти, які утворилися в результаті колізії, декодуються фізичним рівнем. Фрагменти кадрів, втягнутих в колізію, розпізнаються рівнем управління доступом до середовища (на приймальній стороні) як недійсні кадри. Він помічає, що колізійний фрагмент менший, ніж найкоротший дійсний кадр, і ігнорує подібний фрагмент. Звідси слідує, що затор використовується з метою гарантування, що всі приймальні станції помітять колізію. Передавання фрагментарного кадру гарантує, що будь-яка приймальна станція проігнорує це передавання.

Як в специфікації Ethernet, так і в стандарті IEEE 802.3 використовується „однонаполегливий” метод для управління колізіями і конкуренцією за канал. Цей „однонаполегливий” алгоритм застосовується до цілого кратного тривалості слоту (512 біт), а планування повторної передачі виконується можливим процесом управління. Він має назву відсічене двійкове експоненціальне повернення (trucated binary exponential back-off) .

Метод CSMA/CD найбільш ефективний в умовах відносно низького загального завантаження каналу (менш 30%). В цих умовах добре працює асинхронна термінальна система. Але у випадках, коли локальна мережа більш рівномірно завантажена, краще підходять інші типи мереж. Наприклад, в умовах великого завантаження каналу більш висока

продуктивність забезпечується типом локальної мережі, що має назву маркерне кільце.

1.3.2 Маркерне кільце (пріоритетне)

В маркерному кільці (пріоритетному) для забезпечення доступу до мережі на основі пріоритетів використовується маркер (рисунок 1.5).

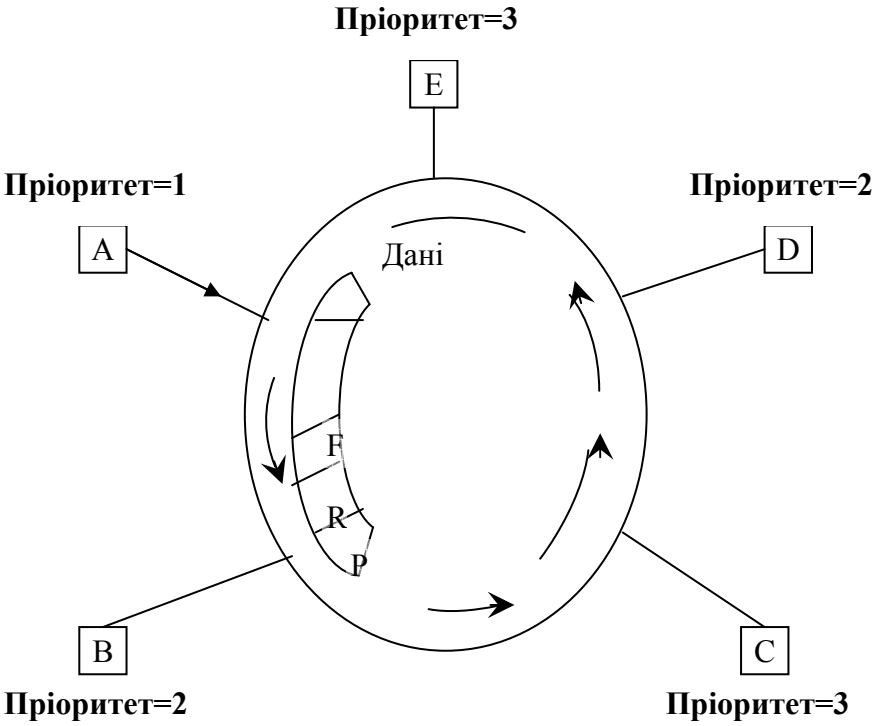
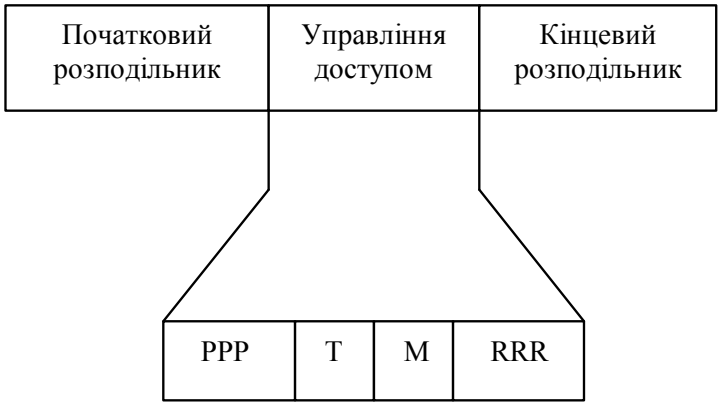


Рисунок 1.5 – Маркерне кільце (з пріоритетами)

Цей підхід широко використовується у виробах фірм-постачальників і закріплений в стандарті IEEE 802.5 (рисунок 1.6).

У нього є багато спільного зі звичайним кільцем з передаванням маркера. Наприклад, маркер передається по кільцю і в самому маркері.

міститься індикатор, який вказує, зайняте чи вільне кільце. Маркер циркулює безпереревно по кільцю, проходячи через кожну станцію. Якщо станція бажає передати дані і маркер вільний, вона захоплює кільце. Після цього перетворює маркер в індикатор початку в кадрі-користувача і додає при цьому дані і поля управління (рисунок 1.6, в). На останьому етапі станціє посилає кадр по кільцю до наступної станції.



а)

б)

Початковий розподільник	Управління доступом	Управління кадром	Адреса призначення	Адреса відправника	Інформація	КПК	Кінцевий розподільник	Стан кадру

в)

а) – маркер; б) – маркер аварійного переривання; в) – маркер і дані; PPP – біти пріоритету; T – біт маркера (0 – маркер, 1 – дані); M – моніторний біт; RRR – біти резервування.

Рисунок 1.6 – Формати стандарту IEEE 802.5.

Припускається, що кожна станція розглядає маркер. Якщо виявляється, що маркер зайнятий, приймальна станція повинна регенерувати його і передати наступній станції. Копіювання даних

потрібне тільки в тому випадку, якщо дані повинні бути передані прикладній системі кінцевого користувача. Після того як інформація повернеться на початкову станцію, яка провела передавання даних, маркер знову відновлюється у вихідному вигляді (ініціюється) і передається у кільце.

В системах з передаванням маркера (з пріоритетами) станції мають пріоритети, які встановлюються для доступу до мережі. Це досягається шляхом розміщення в маркері індикаторів пріоритету. Такі системи відносяться до класу рівнорангових пріоритетних систем.

Загальні принципи роботи маркерного кільця. Припустимо, що до маркерного кільця приєднані п’ять станцій (рисунок 1.5). Станція А має пріоритет доступу 1 (найнижчий), станції В і D – пріоритети 2, а станції С і Е мають пріоритет 3 (найвищий). Припустимо, що станція А вже захопила кільце і передає кадри даних. В маркері міститься біт, який встановлений в 1 для індикації того, що маркер зайнятий. Наступна послідовність подій ілюструє один із підходів реалізації пріоритетного передавання маркера:

- станція В отримує кадр. У неї є дані для передавання, тому вона записує свій пріоритет, рівний 2, в полі резервування в маркері. Далі вона передає маркер станції С.

- станція С також визначає, що кільце зайняте. У неї є дані для передавання; вона розміщує 3 в поле резервування замість 2, записаної станцією В. Станція С потім передає кадр станції D. D повинна поступитися, вона не може помістити свій пріоритет 2 в поле резервування, тому що там знаходиться пріоритет 3. Звідси слідує, що вона передає кадр станції Е, яка аналізує поле резервування. В цьому полі записано 3, тому вона нічого не робить, оскільки її пріоритет також рівний 3.

- станція А отримує назад кадр. Вона звільняє кільце, відновлює маркер і передає його станції В.

- станції В не дозволено використовувати маркер, тому що поле резервування в маркері має значення 3, що на одиницю більше пріоритету станції В.

- станції С дозволено захопити маркер: пріоритет 3 не менше індикатора пріоритету в маркері. Вона вводить дані в кільце і посилає кадр станції D.

- станції D не дозволено записати свій пріоритет 2 в поле резервування. Тому вона просто передає кадр станції А.

- Е змінює пріоритет станції В своїм пріоритетом, рівним 3, і передає кадр станції А. Станція А (її пріоритет рівний 1) не змінює значення поля резервування.

- В також не змінює значення поля резервування (пріоритет цієї станції рівний 2).

- С отримує назад свій кадр і повинна звільнити кільце. Вона це робить і передає маркер.

- Станції D не дозволяється захопити кільце (її пріоритет 2) менше індикатора поля резервування, рівного 3. Вона передає маркер Е.

- Е захоплює кільце (її пріоритет 3) не менше індикатора резервування, рівного 3.

Як показано на рисунку 1.5, маркер передається по кільцю від вузла до вузла. Коли вузол отримує дані, які призначені станції в цьому вузлі, він копіює дані для станції користувача і передає кадр наступному вузлу.

Коли повний (зайнятий) маркер звертається до кільця, станції претендують на його використання під час наступного передавання по кільцю. В даній конкретній ситуації, якщо у всіх станцій є дані для передавання, маркером фактично обмінюються за кожний прохід дві станції: С і Е, оскільки вони мають в кільці найбільший пріоритет. Але в більшості ситуацій станції, які мають найбільший пріоритет, не завжди будуть вести передавання при кожному циклі маркера. Отже, кільцева конфігурація з пріоритетами дає можливість станціям з низьким пріоритетом захопити кільце у випадку неактивності станцій з більш високим пріоритетом.

Пріоритетний механізм в стандарті IEEE 802.5. Стандарт IEEE 802.5 забезпечує пріоритетний доступ до кільця з використанням таких полів і регістрів:

- RRR - біти резервування дозволяють станціям з високими пріоритетами зробити запит на використання наступного маркера;

- PPP - біти пріоритету вказують пріоритет маркера і, отже, ті станції, які можуть використовувати кільце;

- Rr - регістр пам’яті для значення резервування;

- Pr - регістр пам’яті для значення пріоритету;

- Sr - стековий регістр для зберігання значення Pr;

- Sx - стековий регістр для зберігання значення маркера, який був переданий;

- Pm - рівень пріоритету кадру, поставленого в чергу і готового до передавання.

Біти пріоритету (PPP) і біти резервування (RRR), які містяться в маркері, забезпечують доступ до кадру з найвищим пріоритетом, який готовий до передавання в кільце. Ці значення запам’ятовуються в регістрах Pr і Rr. Поточний пріоритет кільцевого сервісу вказується бітами пріоритету (PPP) і маркером, який циркулює в кільці.

Пріоритетний механізм працює таким чином, що всім станціям, які належать одному і тому ж пріоритетному рівню, забезпечується рівний доступ до кільця. Це здійснюється таким чином, що станція, яка підвищила рівень сервісного пріоритету кільця (запам’ятовувальна станція stacking

station), повертає кільцю вихідне значення сервісного пріоритету. Для здійснення цієї функції використовуються стеки Sx і Sr .

Це виконується таким чином. Коли деяка станція має кадр для передавання, вона робить запит маркеру шляхом зміни бітів резервування (RRR), коли станція відтворює маркер. Якщо рівень пріоритету (Pm) кадру, який готовий до передавання, більший значення бітів RRR, станція збільшує значення поля RRR до величини Pm. Якщо значення бітів RRR не менше Pm, біти резервування (RRR) відтворюються без змін.

Після того як станція зробила запит маркеру, вона передає кадри до тих пір, поки не закінчить передавання всіх кадрів або якщо передавання чергового маркера не може бути виконане до переповнення таймера. В останньому випадку станція генерує новий маркер для передавання по кільцю.

Якщо у станції більше немає кадрів для передавання або якщо у станції немає запиту резервування (який міститься в регістрі Rr), який більший поточного пріоритету кільцевого сервісу (який міститься в регістрі Pr), маркер передається з пріоритетом і бітами резервування. Цей пріоритет рівний поточному пріоритету кільцевого сервісу. Біти резервування (RRR) рівні найбільшому значенню з Rr або Pm, інші дії не приймаються.

Але, якщо у станції є готовий для передавання кадр або запит резервування (Rr), які мають більший пріоритет, ніж поточний кільцевий сервісний пріоритет, маркер генерується з пріоритетом, рівним найбільшому з двох значень Pm або Rr і нульовим значенням бітів резервування (RRR). Оскільки станція підвищила рівень пріоритету кільцевого сервісу, вона стає запам’ятовувальною станцією. Ця станція повинна запам’ятати старе значення пріоритету кільцевого сервісу як Sr і нове як Sx. Ці значення використовуються пізніше, щоб понизити пріоритет сервісу кільця, коли не буде кадрів, готових для передавання в кільце, пріоритет якого (Pm) не менший значення, яке зберігається у стеку Sx.

Запам’ятовувальна станція вимагає, щоб будь-який маркер, який вона отримує, мав пріоритет (PPP), рівний найбільшому пріоритету переданих маркерів (Sx), збереженому у стеку. Біти RRR маркера аналізуються з метою підвищення, збереження незмінним або зменшення пріоритету кільцевого сервісу. Новий маркер передається з бітами PPP, рівними значенню бітів резервування (RRR), але не нижче, ніж значення найвищого отриманого пріоритету (Sr), яке було вихідним рівнем пріоритету кільцевого сервісу. Цей підхід гарантує, що до кільця буде мати доступ станція з найвищим пріоритетом.

Якщо нове значення пріоритету кільцевого сервісу (PPP рівне Rr) більше Sr, біти RRR передаються як 0. Старе значення пріоритету кільцевого сервісу, яке міститься в Sx, заміщується новим значенням Sx,

рівним Rr, станція продовжує відігравати свою роль запам'ятовувальної станції.

Але, якщо значення Rr рівне значенню найвищого отриманого пріоритету (Sr) або менше за нього, новий маркер передається із значенням пріоритету Sr. Значення Sx і Sr знищуються із стеку, і якщо в стеку немає інших значень Sx і Sr, станція перестає виконувати функцію запам'ятовувальної станції. Цей метод дозволяє станціям з низькими пріоритетами використовувати кільце, коли станції, що обслуговувались, мають високі пріоритети.

Стандарт IEEE 802.5 передбачає користування трьох можливих форматів для маркерного кільця. Ці формати зображені на рисунку 1.6.

Формат маркера (рисунок 1.6, а) складається з трьох байтів, початкового розподільника, поля управління доступом і кінцевого розподільника. Призначення двох розподільників – вказування початку і кінця повідомлення. Поле управління доступом містить вісім біт. Три біти використовуються для індикатора пріоритету, три – для індикатора резервування, один біт – це біт маркера. Коли біт маркера встановлений в 0, це означає, що повідомлення, яке передається, є маркером, якщо в 1, це означає, що передаються дані. Останній біт в байті управління доступом є моніторним бітом. Він дозволяє виділеній для цього станції контролювати кільце з метою виявлення і виправлення помилок та виконування функцій резервування. На рисунку 1.6 (б) показаний маркер аварійного завершення (an abort token), який складається тільки з початкового і кінцевого роздільників. Це повідомлення може бути послане в будь-який момент для того, щоб перервати попереднє передавання.

Формат передавання інформації зображений на рисунку 1.6 (в). Крім початкового розподільника, поля управління доступом і кінцевого розподільника стандарт передбачає додаткові поля. Поле управління кадром визначає тип кадру (блок даних MAC чи LLC) і може використовуватись для встановлення пріоритетів між двома логічними об'єктами LLC.

Адресні поля ідентифікують передавальну і приймальну станції. Інформаційне поле містить дані користувача. Поле КПК (FCS) використовується для контролю помилок, а поле стану кадру – для індикації того, що приймальна станція розпізнала свою адресу і скопіювала дані з інформаційного поля.

Рекомендація IEEE 802.5 передбачає також багато інших можливостей, наприклад: застосування декількох таймерів для управління користуванням кільця; для обробки ситуацій, викликаних неполадками, передбачені різноманітні керуючі поля; вимоги до звіту про роботу станцій і повідомлення сусідніх вузлів про виникненні проблеми.

1.3.3 Маркерна шина і стандарт IEEE 802.4

Підхід, оснований на використанні маркерної шини, що рекомендований комітетом IEEE 802.4, ілюструється на рисунку 1.7. Підрівень MAC виконує чотири основних функції: інтерфейсна машина (IFM), машина управління доступом (ACM), машина прийому (RxM) і

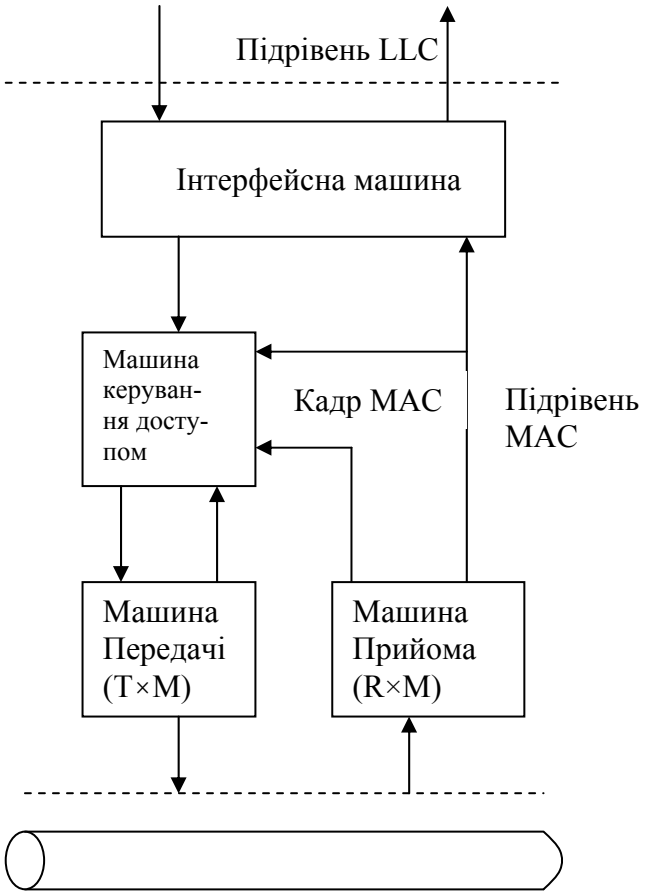


Рисунок 1.7 – Маркерна шина (стандарт IEEE802.4)

машина передавання (TxM). Ще одним необов'язковим компонентом є регенеративна машина – повторювач (regenerative repeater machine), яка міститься в деяких станціях-повторювачах, таких, як головний модулятор.

Машина управління доступом (ACM) є серцем маркерно–шинної системи. Вона визначає, коли ввести кадр в машину. Разом з машинами ACM інших станцій вона управляє доступом до спільної шини. Вона також відповідає за ініціалізацію і технічне обслуговування логічного кільця, включаючи виявлення помилок і відновлення після відмов. Крім того, вона управляє підключенням до мережі інших станцій.

Компоненти TxM і RxM мають обмежені функції. Машина TxM відповідає за передавання кадра фізичному рівню. Вона приймає кадр від ACM і створює протокольний блок даних PDU підрівня MAC, розміщує на початку кадру преамбулу і початковий розподільник SD. Вона також додає

контрольну суму і кінцевий розподільник ED. RxM приймає дані з фізичного рівня і за допомогою SD і ED ідентифікує повний кадр. Вона також перевіряє поле контрольної послідовності, для перевірки при передаванні. Якщо прийнятий кадр - типу LLC, він передається від машини RxM машині EFM. IFM генерує його надходження, а потім передає кадр підрівню LLC. Будучи на підрівні LLC, над кадром виконуються всі необхідні функції підмножини протоколу HDLC для обслуговування додатка кінцевого користувача чи іншого рівня, що передбачені стандартом ISO чи HILI (IEEE 802.1).

Кадри LLC передаються машині ACM інтерфейсною машиною (IFM). Цей компонент розміщує в буфер запити підрівня LLC. Машина IFM відображає параметри „якості сервісу" з „поля зору" підрівня LLC в „поле зору" підрівня MAC і перевіряє правильність адресації отриманих кадрів LLC.

Формат кадру в стандарті IEEE 802.4 ідентичний формату в стандарті IEEE 802.5 (рисунок 1.6, в), за винятком поля керування доступом і поля стану кадру. Ці поля непотрібні, оскільки в даному протоколі не використовуються індикатори пріоритету (PPP) і резервування (RRR).

Стандарт IEEE 802.4 визначає логічне кільце фізичної шини за допомогою чисельних значень адрес. Блоки даних MAC і LLC передбачають передавання маркера від найменшої адреси до найбільшої адреси. Далі маркер передається від попередньої станції наступній станції.

Маркер (право на передавання) передається від станції до станції в порядку зменшення чисельних адрес станцій. Коли станція визначає, що маркерний кадр адресовано їй, вона може передавати кадри даних. Коли станція закінчує передавання кадрів даних, вона передає маркер наступній станції в логічному кільці. При наявності маркера, станція може тимчасово делегувати своє право передавання іншій станції, посилаючи кадр даних „запит з відповідю".

Після закінчення передавання кадрів даних, які у неї були, станція передає маркер наступній станції в логічному кільці шляхом передавання керуючого маркерного кадру.

Після передавання маркерного кадру, станція слухає средовище, щоб впевнитися, що станція-приймач "почула" маркерний кадр і знаходиться в активному стані. Якщо станція-відправник визначає, що услід за маркером відісланий дійсний кадр, вона визначає, що станція-приймач має маркер і веде передавання. Якщо відправник маркера не "чує" дійсного кадру, що слідує за переданим ним маркером, він намагається оцінити стан мережі і може вжити заходи для обходу несправної станції шляхом встановлення нового приймача. У випадку більш серйозних несправностей робляться спроби заново ініціалізувати кільце.

Якщо станція-приймач не веде передавання, станція-відправник вважає, що приймач знаходиться в неробочому стані. Відправник потім передає кадр “хто наступний” (“who follows”), що містить адресу свого приймача. Несправна станція ігнорується всіма станціями, що порівнюють цю адресу з адресою свого попередника. Станція, адреса попередника якої збігається з адресою “хто наступний”, посилає кадр “встановити приймач” (“set successor”), що містить її адресу. Таким чином виконується обхід станції, що відмовила, в мережі.

Додавання станцій до мережі, що реалізована на основі стандарту IEEE 802.4, виконується у відповідності з підходом, що називається “вікна відповіді”.

Коли станція має маркер, вона передає кадр ”санкція-на-приймача” (solicit-successor). Адреса в кадрі лежить між адресами цього вузла і наступної станції-приймача.

Власник маркера очікує час, рівний тривалості одного вікна (тривалість слота рівна двом максимальним затримкам поширення сигналу по шині).

Якщо відповіді немає, маркер передається вузлу-приймачу.

Якщо є відповідь, запитувальний вузол посилає кадр ”встановити приймач” і власник маркера змінює адресу свого вузла-приймача. Вузол, що виконував запит, отримує маркер, встановлює свої адреси і продовжує роботу.

Вузол може усунутися з послідовності передавання. Отримавши маркер, вузол посилає своєму попереднику кадр ”встановити приймач”, який наказує наступному вузлу передати маркер його наступнику.

Станції, що мають маркер, можуть здійснювати керування шиною на основі таймерів пріоритета. Таймери дають більше часу більш високим класам трафіку.

1.4 Інші системи

1.4.1 Мережа ISN компанії AT&T

Американська телефонна і телеграфна компанія (AT&T) також вийшла на ринок локальних мереж з декількома продуктами. Один з них – це система ISN (Information System Network), що аналогічна мережі, яка основана на протоколі TDMA (численний доступ з розподіленням часу). Ці мережі основані на зіркоподібній топології і використовують виту провідну пару для зв’язку центрального контролера з пристроями кінцевого устаткування даними.

Рисунок. 1.8 – Локальна мережа(ISN) фірми AT&T.

На рисунку 1.8 показані основні компоненти ISN. Система використовує в центральному контролері три підмережі. Одна із підмереж, шина суперництва, призначена для забезбечення доступу до мережі. Дві інші підмережі складаються з передавальної і приймальної шин. Всі три системи працюють зі швидкістю 8.64 Мбіт/с. Призначення передавальної і приймальної шин у тому, щоб забезпечити високошвидкісний інтерфейс зі віддаленими компонентами, такими, як мультиплексори чи ЕОМ. Два модулі введення/виведення використовують як передавальне середовище оптичні волокна. Центральний контролер керує введенням і виведенням трафіку в систему і з системи на основі протоколу TDMA. Пристрій кінцевого устаткування даними підключається до системи за допомогою звичайних інтерфейсів. Шина суперництва і відповідні логічні схеми використовують кванти (слоти) часу передавання при підключенні пристроїв. Фактичне розподілення трафіку залежить від характеру запиту і об’єму трафіку, який повинен бути оброблений.

Контролер, що реалізує протокол TDMA, розподіляє часові кванти (слоти) тривалістю 50 мс. Такими невеликими порціями даних можна почергово вести передавання великої кількості пакетів, що зменшує ймовірність суперництва. Представники компанії AT&T вважають, що мережа може комутувати до 48 тис. таких невеликих 180-бітових пакетів в секунду. Це відповідає швидкості 8,64 Мбіт/с всіх трьох внутрішніх систем. Пристрої кінцевих користувачів підключаються в систему за допомогою модулів-рознімів (plug-in modules). До 42 модулів-рознімів, що представляють 336 локальних обладнань, можуть бути під`єднані до центрального контролера. За даними компанії AT&T повністю завантажена система ISN підтримує до 1680 пристроїв кінцевих користувачів. Реалізація такої конфігурації вимагала б одного центрального контролера з чотирма підключеними до нього віддаленими концентраторами.

До системи ISN можуть підключатися обладнання, що працюють за протоколами BSC і SDLC, тому продукція компанії AT&T сумісна з продукцією компанії IBM. Існує також програмний пакет, що дозволяє виконувати пряме підключення обладнання сімейства 3270. Компанія AT&T забезпечує ці можливості не тільки для ISN, але й для своїх ATC System 75 і System 85. Пакети підтримки дозволяють також здійснювати мережеву взаємодію ISN з System 75 або 85, з'єднання з T1 і Dataphone Digital Service (DDS), з'єднання з локальними мережами Ethernet і Starlan з використанням міжмережевих перетворювачів (шлюзів). Більш того, адаптери 3270 дозволяють користувачам використовувати замість кабелю 3270 виту пару проводів.

1.4.2 Маркерне кільце компанії IBM

Компанія IBM внесла значний вклад в розробку стандарту IEEE 802.5. Маркерне кільце IBM (IBM token ring) має багато спільного з цим стандартом IEEE.

Кільце компанії IBM є конфігурацією з пріоритетами на базі однополосного каналу з передаванням одного маркера. Маркер працює в мережі, що побудована на розглянутому раніше стандарті IEEE 802.5. Формат повідомлення показаний на рисунку 1.9.

Фізичне кільце складається з кабелю 4 Мбіт/с, представляючи собою екрановану виту пару або неекранований кабель телефонного типу. Одне кільце може бути з'єднане з іншим кільцем за допомогою магістрального кабелю або оптоволоконного кабелю.

Рівень ланки даних (канальний рівень) містить підрівень MAC протоколу IEEE 802.5. Однак IBM реалізував у своєму підрівні MAC більше число функцій. Тому прилад, розроблений для MAC IEEE 802.5, не зможе працювати з набором мікросхем IBM для цього підрівня. Верхній підрівень рівня ланки даних також містить протокол керування логічною ланкою (LLC) IEEE 802.2. IBM підтримує всі три опції в моделі IEEE 802 (що проілюстровані на рисунку 1.2, б, в і г).

Маркерне кільце IBM підтримує також SNA/APPC (System Network Architecture/Advnced Program-to-Program Communications - Системна мережева архітектура/Вдосконалений обмін даними між програмами). Ця система дає можливість підключати персональний комп`ютер з мостом до мережі SNA за допомогою одного з логічних пристроїв SNA, а саме LU 6.2 (Ця система і логічний пристрій описані в розділі 7). Крім того, система Netbios (Network Basic Input/Output System – Мережева базова система введення/виведення), розроблена компанією IBM, дозволяє реалізувати мережеву взаємодію персональних комп`ютерів, які працюють з різними операційними системами.

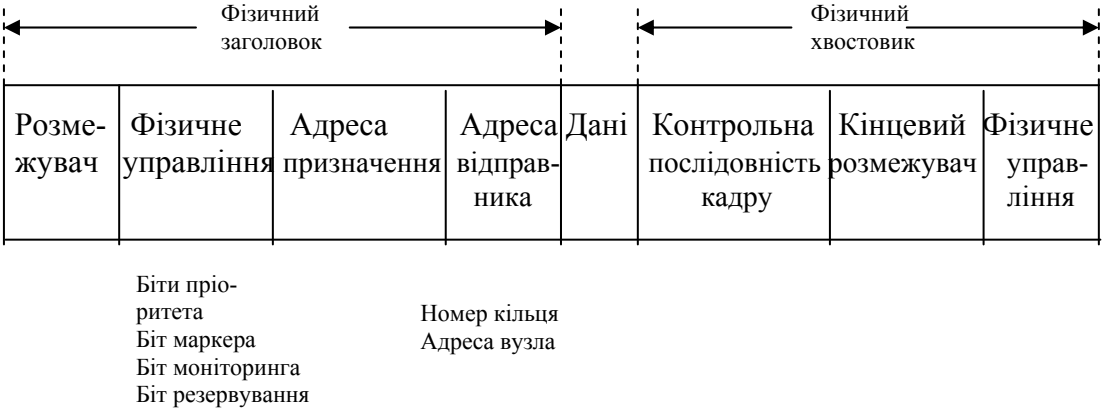


Рисунок 1.9 – Формат повідомлення в маркерному кільці фірми IBM

Логійчний пристрій LU 6.2 і Netbios значно розширюють функціональні можливості мережі ”Маркерне кільце IBM”.

В маркерному кільці IBM (і протоколі IEEE 802.5) реалізована функція моніторингу маркера для підтримки цілісності мережі. В кожному кільці один з інтерфейсних приладів активно контролює маркер і крім того здійснює відновлення загублених даних чи маркерів. Єдине призначення функції моніторингу маркера - це забезпечення відновлення маркера. Вона не має відношення до адміністративного керування потоком даних пристроями в кільці.

На рисунку 1.9 наведений двійковий прапорець дисплейного лічильника в полі фізичного управління кадру. Станція, що здійснює моніторинг маркера, використовує прапорець дисплейного лічильника для визначення неперервної циркуляції зайнятого маркера. Коли деяка станція захоплює маркер, вона розташовує дані між маркерним заголовком. При цьому поле маркерного моніторинга встановлюється в 0. Коли зайнятий маркер циркулює по кільцю і проходить моніторну станцію, моніторна станція фіксує зайнятий маркер і встановлює прапорець дисплейного лічильника. Коли зайнятий маркер попадає по кільцю в станцію, що здійснила передавання, маркер вилучається цією станцією. Однак, якщо ця станція несправна, зайнятий маркер пройде моніторну станцію другий раз. Моніторна станція визначить встановлення прапорця і несправність передавальної станції, і виконає вилучення зайнятого маркера з кільця. Після цього вона виконає вставку і передавання вільного маркера. Кільце після цього відновить нормальну роботу.

Є можливість загублення маркера. В цьому контексті ”загублений” означає, що кільцеве інтерфейсне обладнання (RIU) отримає маркер, але в результаті несправності він буде ретрансльований в кільце. Може також виникнути пошкодження (викривлення) маркера в результаті несправності

електричної мережі. В результаті маркер при циркуляції по кільцю не буде розпізнаватися. Яка б не була причина загублення маркера, активна моніторна станція обробить таку ситуацію за допомогою таймера. Таймер скидається кожен раз при проходженні зайнятого чи вільного маркера. Якщо таймер переповнюється до того, як маркер поступить знову на активну моніторну станцію, функція моніторинга маркера виконає реініціалізацію кільця шляхом введення в мережу вільного маркера.

Система кабельного зв'язку IBM. Систему кабельного зв'язку (a cabling system) фірми IBM можна використовувати в маркерному кільці. Запровадження системи кабельного/провідного зв'язку викликало значний інтерес в промислових колах. Ідея підходу, розробленого компанією IBM, основана на тому, щоб скоротити чи уникнути витрати на прокладення провідного зв'язку чи кабелю в будівлі при установленні чи переміщенні таких пристроїв як ЕОМ чи термінали. Це було альтернативою виділеному коаксіальному кабелю, який звичайно використовується для підключення віддалених терміналів та великих ЕОМ.

Підхід IBM у питаннях конфігурації локальних мереж складається з двох таких аспектів: мінімізація довжини кабелю, що протягується по будівлі і забезпечення можливості впровадження точки концентрації в кабельній системі чи каналі. Розв'язок першої задачі дозволяє зменшити вартість і відстань передавання між пристроями мережі.

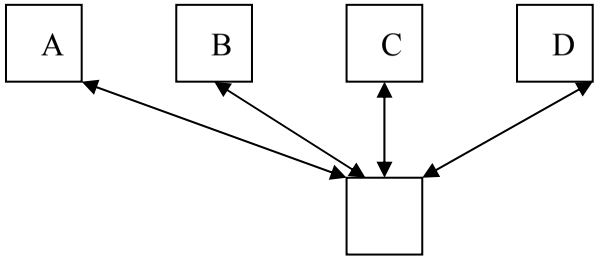
Реалізація другого аспекту полегшує установлення, конфігурацію і реконфігурацію топології. Найважливіше це те, що цей підхід полегшує технічне обслуговування і спрощує пошук несправностей.

Маючи на увазі ці дві цілі, компанія IBM пропонує як один з підходів реалізувати послідовне магістральне (bus) з'єднання, як показано на рисунку 1.10, а.

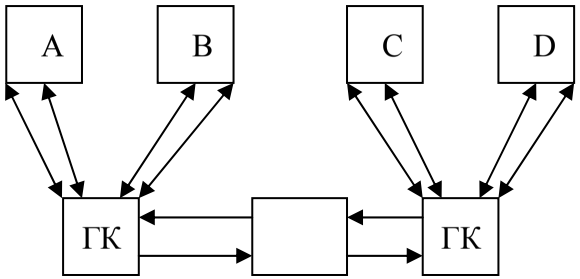
При застосуванні такого підходу мінімізується прокладення кабелю в будівлі. Але пошук несправностей в послідовному з'єднанні складний і важко виконати реконфігурацію послідовної магістралі. Другий аспект передбачає використання точок концентрації (ТК) (рисунок 1.10, б). На відміну від першого підходу він не придатний для розв'язування першої задачі, але друга задача розв`язується успішно.

Прийнятий IBM підхід об'єднує два розглянутих вище способи і показаний на рисунку 1.10 (в). Цей комбінований підхід передбачає точки концентрації, що зв'язують за допомогою моста лінійні магістралі (які фактично є кільцями). Система кабельного зв'язку складається з вузлів розведення проводів–концентраторів (wiring closets), які розміщуються в різних місцях будівлі.

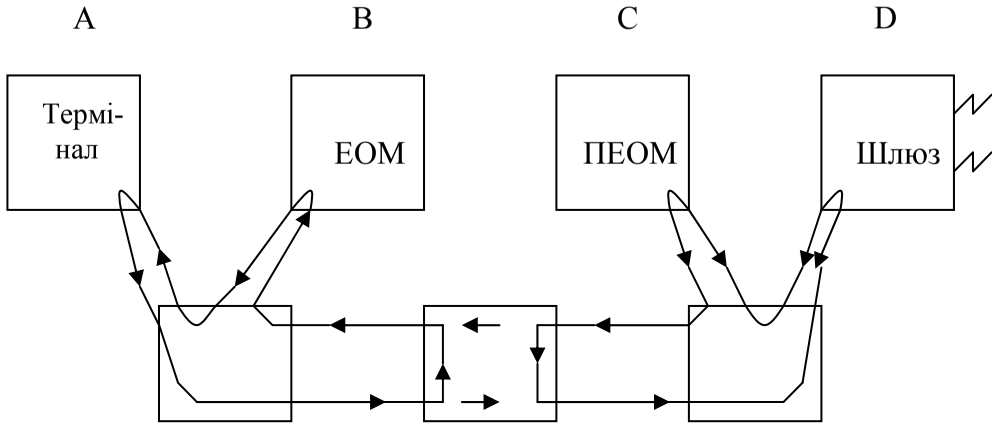
а



б



в



г

Міст і магістрільний кабель

Кожний вузол має розподільну панель. Ця панель застосовується для підключення різних кабелів, які прокладені по стінах приміщень. До кожної панелі можна підключити 64 кабельні пари або, іншими словами, 64 окремих пристроїв. Вузли розведення і під'єднані до них кабелі виводяться на спеціальні настінні розетки. Розетки дозволяють здійснювати підключення до вузлів розведення за допомогою спеціального розніму. Це робиться точно таким же чином, як використовуються в наших будинках і кабінетах електричні розетки, коли, бажаючи переставити що-небудь на інше місце (наприклад, електричний годинник), ми просто виймаємо виделку з настінної розетки і переставляємо її в іншу розетку.

На рисунку 1.10 (в), показано використання моста в маркерному кільці. Цей компонент виконує функції з'єднувальної ланки кільця з іншими кільцевими мережами. Обмін даними між кільцями здійснюється за допомогою магістрального (backbone), коаксіального кабелю чи витої пари або оптоволоконного кабелю. Окремі вузли можуть бути оснащені адаптерними платами персональних комп`ютерів, що дозволяють з`єднувати мережу персональних комп`ютерів з маркерним кільцем.

Всі станції повинні використовувати один і той же тип передавального середовища. Це не виключає ситуації, коли два кільця, що використовували виту пару для взаємоз'єднання, через вузол розведення, використовували кабель більш високої якості для з'єднання вузлів розведення з концентраторами. Використання кабелю типу "вита пара" обмежує відстань між пристроями і вузлом розведення 45 метрами. Такий кабель більш чутливий до дії завад, має недоліки з точки зору затухання сигналів і запезпечення синхронізації, але невелика вартість може виправдати його використання.

Керування трафіком в маркерному кільці IBM. Кожна станція, що підключена до кільця, має кільцевий інтерфейсний адаптер. Цей адаптер реалізує канальний протокол і функції фізичного інтерфейсу. Адаптер розпізнає і розміщує в буфер кадри, генерує і розпізнає маркери, забезпечує виявлення помилок і виконує декодування адрес і виявлення канальних помилок.

Робочі станції можуть розташовуватися в будь-якому місці будинку. Станції підключаються до мережі за допомогою провідних пелюстків (wiring lobes). Ці пелюстки являють собою пари провідників для каналів передавання і прийому. Вони підключаються в настінні розетки для кожної робочої станції. В свою чергу ці провідники під'єднуються до провідних концентраторів, які можуть розміщуватися по всій будівлі. Пелюстка включена в тракт передавання тільки тоді, коди станція знаходиться в активному стані. Якщо станція не діє і відключена, провідний концентратор здійснює обхід пелюстки цієї робочої станції. Цей підхід дозволяє змінювати розташування робочої станції в будівлі закладу без встановлення нової проводки.

Топологія, прийнята компанією IBM, допускає з'єднання декількох кілець за допомогою мостів. Мости з'єднуються в магістральне кільце. Міст виконує функцію ланки зв'язку між кільцями, здійснюючи копіювання кадрів, які направляються з одного кільця в інше.

Маркерне кільце IBM точно дотримується правил, передбачених стандартом 802.5. В проекті компанії IBM допускається організація мережі з декількох маркерних кілець. Тому передавання і прийом даних з кільця у кільце здійснюється на основі принципу *маршрутизації відправника* (sourse routing). Цей метод дозволяє реалізовувати міжмережеву взаємодію декількох кілець і передавання даних між ними.

Механізм маршрутизації відправника оснований на вставці в дані інформації про маршрут перед передаванням даних між кільцями і мостами. Це звільнює від необхідності зберігати і оновлювати в мостах і проміжних вузлах складні таблиці маршрутів, що в свою чергу полегшує виконання мостами інших необхідних функцій, таких, як керування мережею. Маршрутизація відправника реалізується в маркерному кільці IBM нижче підрівня керуванням логічним каналом (LLC), визначеним стандартом IEEE 802.2.

Дані передаються з кільця в кільце через міст з використанням одного з двох методів. В першому методі таблиця передавання (transmitting table) може на своїй станції підтримувати таблицю маршрутів. Звичайно, таблиця маршрутів здійснює підтримку маршрутних адрес тих станцій, до яких часто звертається передавальна станція. Ці таблиці маршрутів розміщуються в кадрі передавання як частина інформаційного поля (I) і потім використовується мостами для прийняття рішення про те, як ретранслювати трафік через множину різних маркерних кілець. В другому методі, якщо передавальна станція хоче досягнути деякої нової станції, вона посилає запит по своєму локальному кільці для визначення існування станції в кільці. Якщо станції немає в локальному кільці, тоді через всю мережу посилається загальний запит. Віповідь на цей запит містить необхідну інформацію про маршрут, який використовує передавальна станція. Вона розміщує цю інформацію в кадр передавання. Ця інформація використовується проміжними мостами для визначення маршруту проходженя трафіка через мережу. Інформація про маршрут містить список мостів, які будуть використані для ретрансляції трафіку через декілька маркерних кілець і через магістральні станції.

Передавальна станція має чотири опції при формуванні маршрутних директив в кадрах, які вона передає.

Широкомовлення рівня кільцевого сегмента (Ring segment broadcast). Ці кадри передаються тільки в межах мережі і не ретранслюються мостами.

Обмежене широкомовлення. Кадри можуть бути також відіслані туди, куди вони передані, тільки один раз в кожне кільце мережі.

Глобальне широкомовлення (General broadcast). Ці кадри можуть передаватися таким чином, щоб по мережі поширювалися множина їх копій. Вони мають з'явитися в кожному кільцевому сегменті хоча б один раз. Однак список мостів може бути розширений таким чином, що може створюватися багато копій. Цей підхід загалом аналогічний методу "пакетної маршрутизації" (packet flooding), що використовується в мережах з комутацією пакетів.

Двокрапкова маршрутизація. Кадр цього типу може передаватися від однієї станції до іншої по певному маршруту. Тут немає нічого спільного з широкомовленнєвим режимом. В передаванні можуть брати участь тільки деякі кільцеві і мостові сегменти.

Для керування потоком трафіку через мости і маркерні кільця, що складають мережу, підрівень керування логічною ланкою (LLC) використовує визначення збільшення інтенсивності трафіку. Це автоматичне визначення перевантаження потім буде динамічно змінювати розмір вікна передавання. Наприклад, при зростанні інтенсивності трафіку (чи перевантаженні мережі) зменшується розмір вікна передавання. В результаті менша кількість кадрів буде одночасно очікувати передавання. Наприклад, при виникненні помилки чи при порушенні послідовності передавання кадрів повинно передаватися обмежене число кадрів. В іншому випадку, коли інтенсивність трафіку мала і мережа неперевантажена, вікно розширюється, що дозволяє одночасно передавати і очікувати передавання більшої кількості кадрів.

Вікно передавання змінюється, якщо загублений кадр підтверджується в вузлі-передавачу. Коли передавач визначає, що номер N(Пр) прийнятого кадру не відповідає очікуваній змінній стану передавання, він зменшує своє вікно до 1. Для виконання передавання він повинен отримати назад підтвердження, перед тим, як відіслати наступний кадр. Фактично LLC перетворюється на короткий час в протокол зупинення з очікуванням. Однак кожне успішне передавання (в якому вузол-передавач отримує назад правильний номер N(Пр)), приводить до того, що передавач збільшує вікно на одиницю. Кожне збільшення фактично наближує розмір вікна до початкового максимального значення, і цей процес продовжується до виникнення помилки чи до виявлення втрати кадру.

1.4.3 Стандарт FDDI інституту ANSI

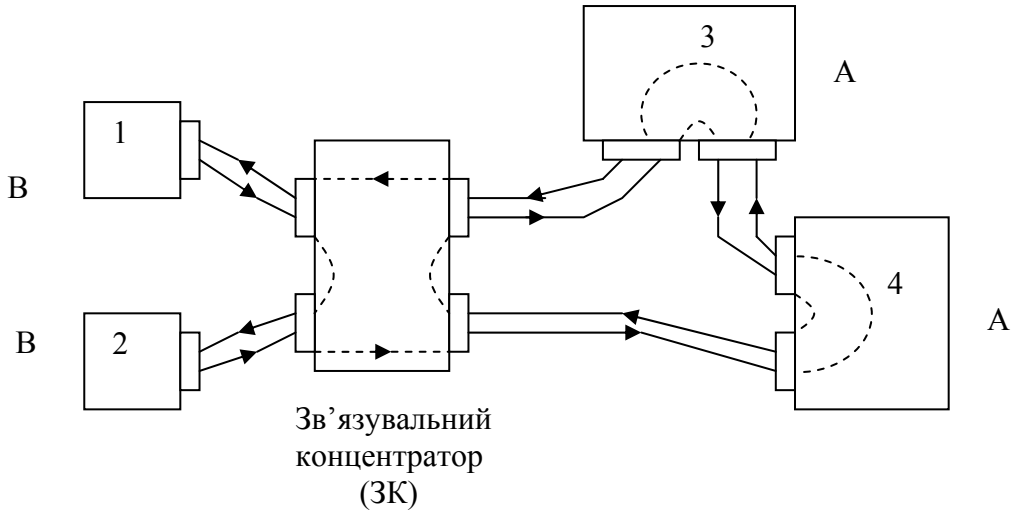
Американський інститут національних стандартів ANSI розробив специфікацію локальних мереж і оптоелектронних засобів передавання даних. Стандарт називається FDDI (Fider Distributed Data Interface-Оптоволоконний розподілений інтерфейс (передавання даних), він був

підготовлений комітетом X3T9.5 ANSI. Використання оптичного волокна в локальних мережах забезпечує ряд цінних функціональних можливостей.

В першу чергу ЕОМ характеризуються високими швидкостями роботи. Коли ЕОМ зв'язуються одна з одною, повільний канал між ними може стати "вузьким місцем". Тоді високошвидкісний оптоволоконний канал стає додатковою магістраллю введення інформації у високошвидкісну ЕОМ. По-друге, для передавання мовлення в цифровій формі необхідно більш широкі полоси пропускання, ніж має звичайний телефонний канал, особливо, якщо переговори ведуться в інтерактивному режимі реального часу. Оптоволоконні канали, що мають широку полосу пропускання, розв'язують і цю проблему.

Розглянемо специфікацію FDDI. Оптоволоконний канал працює зі швидкістю не менше 100 Мбіт/с. В одному оптоволоконному кільці може бути до 1000 вузлів. Вузли можуть знаходитися один від одного на відстані 2 км, а довжина кола - до 20 км. Ці обмеження важливі з точки зору мінімізації часу передавання даних (чи сигналу) по повному кільцю.

FDDI визначає топологію, в якій використовується два незалежних з взаємно протилежними напрямками передавання оптоволоконних кілець (рисунок 1.11), які забезпечують загальну швидкість передавання 200 Мбіт/с, причому кожний канал працює зі швидкістю 100 Мбіт/с. На рисунку показано, що компоненти (пристрої кінцевого устаткування даних: термінали, ЕОМ, робочі станції чи графічні станції) взаємозв'язані за допомогою концентратора (wiring concentrator).



Клас А – внутрішнє і зовнішнє кільця; клас В – тільки внутрішнє кільце; ЗК – елемент зв'язку станцій, реконфігурації і резервування (змішане середовище).

Рисунок 1.11 - Оптоволоконний розподільний інтерфейс даних (FDDI)

Концентратор виконує функції точки реконфігурації і концентрації для всіх світловодів і трафіку. Внутрішній канал зв'язує тільки певні

пристрої. Ті пристрої, які підключені до внутрішнього і зовнішнього кільця, класифікуються як пристрої класу А. Пристрої класу В зв'язані тільки одним кільцем. Перевагою цієї специфікації є те, що вона дозволяє користувачу визначити ті критичні станції, які потребують резервування і роботи з більш швидкісними каналами, як станції класу А. Інші менш важливі пристрої, такі, як ізольовані робочі станції і низькопріоритетні термінали, можуть бути підключені до мережі за меншу вартість як станції класу В.

Зв'язувальний концентратор дозволяє системі з'єднувати станції і виконувати реконфігурацію. Він дозволяє реалізовувати в точці концентрації функції діагностики несправностей, що є одним з ключових принципів маркерного кільця IBM (і кабельної системи зв'язку). FDDI не потребує щоб всі канали були оптоволоконними. Концентратор зв`язку може забезпечити інтерфейс, в якому користувач встановлює оптику в одній частині мережі і використовує коаксіальний кабель чи виту пару в іншій частині мережі.

З'єднувачами (connectors) з терміналами і концентраторами зв'язку є лазерні діоди, які здійснюють введення даних в оптоволокно з частотою більше 100 МГц. FDDI передбачає використання стандартної довжини світлової хвилі в 850 нм.

В будівлі закладу чи завода нерідко пошкоджують канали. На рисунку 1.12 показана можлива реконфігурація у випадку відмови канала чи каналів. На цьому рисунку пошкоджений канал між пристроями 3 і 4.

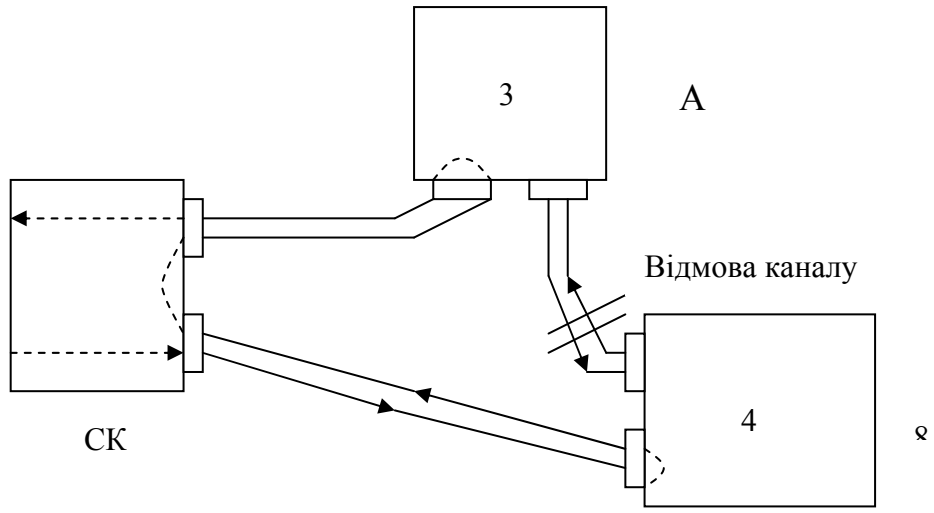


Рисунок 1.12 - Реконфігурація системи в FDDI

FDDI виконує реконфігурацію шляхом змінення шлейфів (loops) через пристрої 3 і 4. Як видно з рисунку, мережа залишається працюючою. Всі пристрої мають доступ в мережу за допомогою реконфігурації

внутрішніх і зовнішніх шлейфів від концентратора зв'язку до пристроїв 3 і 4.

Якщо станція несправна, FDDI передбачає можливість ігнорування такого вузла. Фактично світлові хвилі за допомогою дзеркальної системи направляються по альтернативному маршруту. На рисунку 1.12 у випадку несправності пристрою 4 сигнали можуть бути направлені в обхід пристрою з використанням одних і тих же каналів і дзеркальних систем.

Інститут ANSI, передбачаючи, що частота 200 МГц приведе до значних затрат у виробництві інтерфейсів і тактуючих пристроїв, розробив код, названий 4B/5B, в якому чотирибітова кодова комбінація використовується для створення п'ятибітової комбінації. Для кожних чотирьох бітів, переданих пристроєм кінцевого устаткування даних, FDDI формує п'ять бітів. П'ять бітів забезпечують синхронізацію самого сигналу. Отже, швидкість 100 Мбіт/с в FDDI вимагає тільки полоси 125 МГц. Структура коду 4B/5B наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Структура коду 4B/5B

Дані користувачів		Код 4B/5B	
Двійковий код	Шістнадцятковий	Комбінація	Символ
0000	0	11 110	0
0001	1	01 001	1
0010	2	10 100	2
0011	3	10 101	3
0100	4	01 010	4
0101	5	01 011	5
0110	6	01 110	6
0111	7	01 111	7
1000	8	10 010	8
1001	9	10 011	9
1010	A	10 110	A
1011	B	10 111	B
1100	C	11 010	C
1101	D	11 011	D
1110	E	11 100	E
1111	F	11 101	F

В FDDI використовується протокол багаторазового передавання маркера. Маркер циркулює по кільцю слідом за останнім переданим пакетом. Будь-яка станція, що бажає передати дані, захоплює маркер, знищує його, вводить пакет чи пакети в кільце і генерує новий маркер безпосередньо вслід за потоком даних. В цьому відмінність від стандарту IEEE 802.5, що передбачає використання маркера тільки однією станцією.

Механізм передавання маркера пристосований до умов застосування мережі в реальному часі, тому робота мережі у часі організована таким чином, що будь-якому вузлу гарантується отримання маркера протягом певного часу. Коли пакет циркулює по кільцю, маючи позаду себе маркер, кожна станція веде свій відлік часу (retimes) і генерує пакети.

Подібно багатьом іншим локальним мережам, в даній мережі використовується метод тимчасового маркера (timed token approach). Кожний вузол визначає час, який потрібен, щоб маркер повернувся до нього. Цей час називається часом обернення маркера (TRT). Він порівюється зі завчасно узгоджуваним контрольним часом (PTT) його прибуття. Якщо маркер повертається швидше, ніж встановлено в PTT, це означає мале перевантаження мережі. Вузол може вести передавання так довго, поки весь потік даних, що передаються, не перевищить PTT. Хоча, якщо маркер повертається пізніше PTT, що вказує на можливість більшого завантаження мережі, в цьому випадку вузол може передавати тільки високопріоритетний трафік. Низькопріоритетний трафік повинен дочекатися, поки ще зменшиться перевантаження в мережі.

У зв’язку з даним протоколом слід особливо відмітити два моменти. По-перше, як відмічалося раніше, при захопленні маркера, маркер знищується, в мережу вводяться дані і макер розміщується вслід за даними. Та, коли станція захоплює маркер, протягом короткого часу кільце не використовується поки формується пакет. Це створює певний резерв часу для кільцевого інтерфейсу. Це дозволяє зменшити вартість інтерфейсу.

По-друге, оскільки маркер передається відразу вслід за пакетом, деяка інша станція у кільці могла б також використовувати маркер, якщо час циркулювання маркера і попередньо узгоджений контрольний час попадають в допустимі межі. Цей підхід забезпечує більш ефективне використання більших кілець, в яких великий максимальний час циркулювання маркера.

По-третє, оптоволоконне кільце FDDI передбачає можливість введення пріоритетів шляхом встановлення параметрів в TRT і PTT різних вузлів.

1.4.4 Протокол автоматизації виробництва (MAP) компанії General Motors

Компанія General Motors (GM) внесла великий вклад в індустрію локальних мереж своїм протоколом автоматизації виробництва (Manufacyuring Automation Protocol-MAP). Він являє собою один з перших значних стандартів в області локальних мереж, розроблених користувачем.

Враховуючи становище і вплив компанії, локальні мережі MAP зайняли одне з провідних місць в промисловості.

Фізичний рівень MAP оснований на стандарті IEEE 802.4 для маркерно-шинних ЛС. На рівні ланцюга даних використовується стандарт IEEE 802.2 - керуванням логічним ланцюгом (LLC). MAP використовує також протокол мережевого рівня, визначений стандартом ISO 8473 для мережевого сервісу без встановлення логічного з'єднання.

1.4.5 Протокол технічного і адміністративного закладу (TOP) компанії Boeing

TOP є ще одним протоком, що знайшов широке застосування і розробленим Boeing Computer Services. Він аналогічний MAP, та на нижньому рівні використовується метод доступу CSMA/CD, визначений стандартом IEEE 802.3. В таблиці 1.3 порівнюються протоколи MAP і TOP.

Таблиця 1.3 - Порівняння протоколів TOP і MAP

	TOP	MAP
Рівень 7 Прикладний	ISO FTAM 8571	ISO FTAM 8571
Рівень 6 Представницький	Нульовий	Нульовий
Рівень 5 Сеансовий	ISO 8327	ISO 8327
Рівень 4 Транспортний	ISO 8073/Клас 4	ISO 8073/Клас 4
Рівень 3 Мережевий	ISO 8473	ISO 8437
Рівень 2 Канальний	IEEE 802.2	IEEE 802.2
Рівень 1 Фізичний	IEEE 802.3	IEEE 802.4

Виробничі локальні мережі є досить різноманітними. Цей невеликий розділ не міг претендувати на розгляд всіх систем і виробів. Компаніям AT&T, IBM і General Motors було приділено багато уваги, що пояснюється їх становищем в промисловості. Реальна продуктивність локальної мережі (час відповіді і пропускна здатність) залежить від швидкості каналу, швидкості обробки даних між пристроями та потужності протоколу фірми-постачальника.

2 Комутація і маршрутизація в мережах

2.1 Системи телефонних комутацій

Телефонні комутації є життєво важливим елементом зв'язку комп'ютерів і термінальних пристроїв.

Для використання комп'ютера у віддаленому регіоні насамперед необхідно підключитися до певного устаткування комутації. Такий спосіб уникає необхідності створення спеціального каналу.

Телефонна лінія всюди використовується як канал комутацій комп'ютерів і термінальних пристроїв.

Телефонна мережа використовує технологію комутації кіл для підключення до пристроїв кінцевої обробки даних (КОД). Основні характеристики технології комутації кіл:

- при виклику користувачі одержують пряме з'єднання через комутатори мережі. Пряме з'єднання еквівалентне парі проводів, що з'єднують користувачів;
- комутатори не мають проміжних можливостей збереження даних (таких, як дискові пристрої);
- оскільки запам'ятовувальні пристрої в комутаторах відсутні, можна блокувати дані при комутації кіл (в умовах зайнятості абонента);
- комутація кіл забезпечує обмежене нарощування функцій. Наприклад, лінійні протоколи у загальному випадку неможливі при комутації кіл. Тому необхідні додаткові програмні засоби чи мікропрограми для комутатора.

Сучасні системи телефонної комутації підрозділяються на електромеханічні і програмно-керовані (stored program control). Електромеханічні системи керуються по провідних колах. Електромеханічні комутатори приводяться в дію електродвигунами, тобто електромеханічно або кроковими шукачами шляхом подавання електричних імпульсів.

У провідних системах логіка маршрутизації вбудована в апаратуру. Програмно-керовані комутатори для виконання логіки комутацій використовують програмні засоби. Програма керує послідовністю дій при встановленні телефонного виклику.

Рисунок 2.1 ілюструє типовий телефонний виклик між пристроями передавання даних через номеронабирач. Багато комп'ютерів і терміналів мають автоматичні засоби набору номерів. При реалізації телефонної комутації використовуються такі терміни та визначення:

- з`єднання – телефон або апаратура каналу даних не вимагає виклику;
- роз`єднання – на центральну станцію виконаний виклик. Це

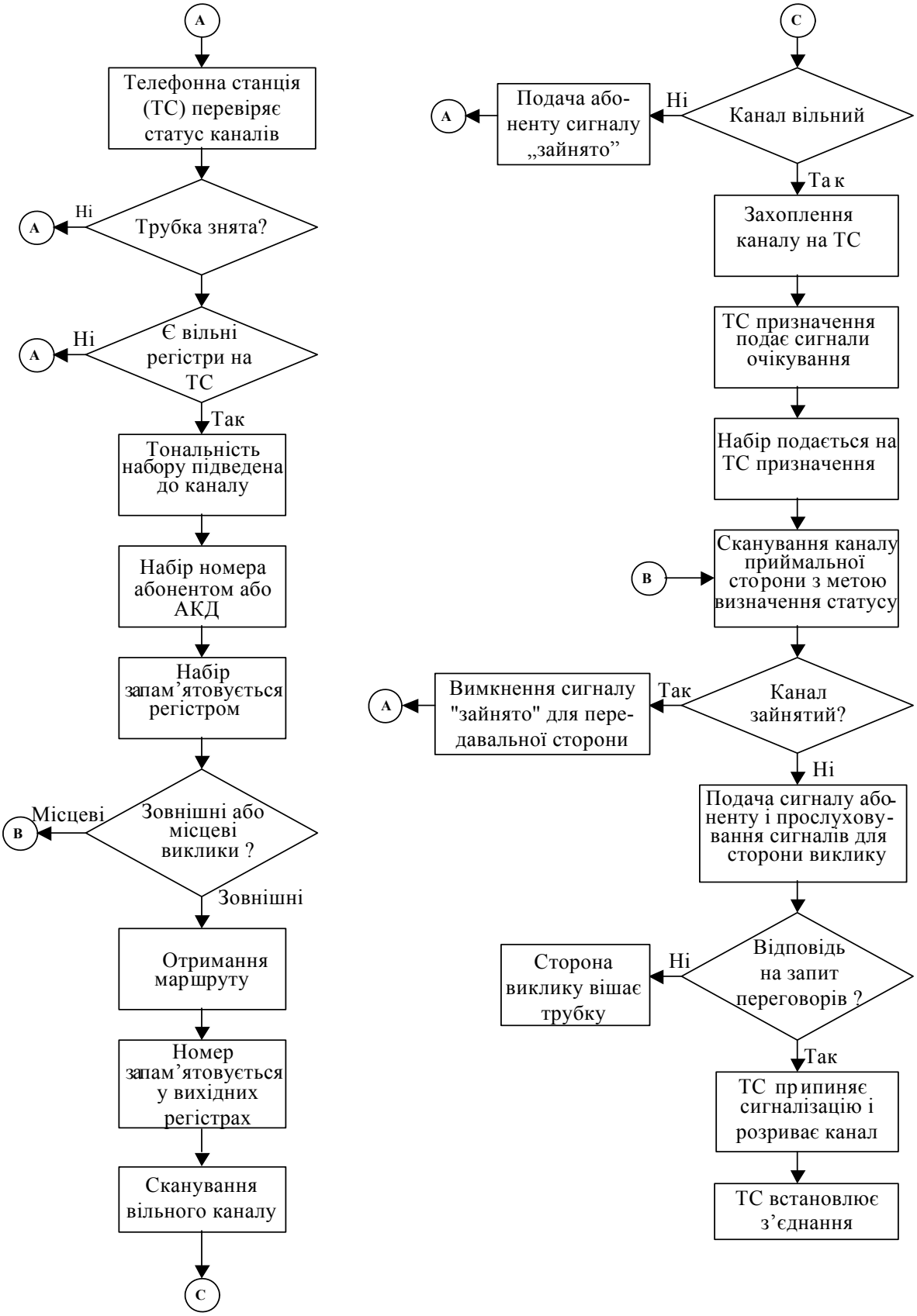


Рисунок 2.1 – Типовий телефонний виклик

стан, коли людина зняла трубку чи апаратура каналу даних виконала аналогічну функцію;

- регістр – частина пам'яті для збереження набраного номера;
- установчий обмін (внутрішній обмін), обмін в межах однієї і тієї ж станції;
- зв'язок через АТС (зовнішній обмін), тобто виклик між різними станціями;
- група магістралей, безліч магістралей (каналів) із загальними характеристиками маршрутизації і з'єднання; вони можуть використовуватися рівнозначно.

Виділені некомутовані лінії не вимагають процедури, показаної на рисунку 2.1. Найпростіший клас виділених ліній не має навіть сигнальних пристроїв, якими обладнана телефонна мережа.

Пристрій зв'язку (наприклад, модем) виконує функцію сигналізації приймальної сторони. У випадку, коли людина розмовляє по телефону, апаратура його каналу посилає сигнал стороні виклику. Цей автоматичний виклик сигналізує приймальній апаратурі каналу даних чи людині про виклик в мережі.

За період розвитку телефонії розроблені такі основні системи з комутацією кіл:

електромеханічні:
- комутаційна панель;
- кроковий шукач;
- комутаційні матриці;
- кільце комутаційних матриць;

з вбудованим програмним керуванням:
- електронна комутаційна панель;
- автоматична комутаційна панель;
- цифровий мультиплексний перемикач.

2.1.1 Електромеханічні системи

Найперші комутатори складалися з мідних смуг, що ,,замикали" контакти і тим самим забезпечували комутації між каналами. Перша комутаційна панель була розроблена в 1898 р. Чарлзом Скрибнером з компанії Western Electric. Він винайшов гнізда і штекери, що були застосовані в комутаційній панелі для внутрішньої системи зв'язку. Комутуючою системою була людина, яка обслуговувала вісім ліній і 21 абонента. Система step-by-step (кроковий шукач), чи система Строуджера, вперше була встановлена в Канзас-Сіті в 1892 р. службовцем похоронного бюро Строуджером. Перший промисловий комутатор був встановлений у

Ла-Порт (шт. Індіана) у 1893 р. Системи з кроковими шукачами є системами з поетапним (progressive) керуванням. Ця назва походить від того, що електромеханічні комутатори діють поетапно, при переході від контакту до контакту із набором номера абонентом. Наприклад, набір номера 3 піднімає контакти комутатора Строуджера на 3 позиції вверх по рамі напрямку. В залежності від типу установи системи з кроковими комутаторами можуть обслуговувати від 100 до 10000 ліній абонентів.

У 40-х рр. обсяги телефонного зв'язку збільшувалися, що привело до значних ускладнань при обслуговуванні телефонних станцій операторами-людьми. Більш того, метод, при якому абонент набирає номер, відбувається з'єднання, а потім установлюється зв'язок, виявився дуже повільним. Тому була розроблена концепція керування з просуванням регістра з метою усунення вузького місця, яким був сам абонент. У цій системі абонент набирає номер і передає його деякому механізму керування, що запам'ятовує цей номер для наступного використання.

Комутаційна матриця вперше була використана в районі Бруклін у Нью-Йорку в 1938 р. Вона була розроблена для використання у великих міських районах для оброблення викликів у телефонних мережах. Це була перша комутаційна система, у якій були використані спільні пристрої керування. Крім того, виконувався прийом нового набору до того, як вступала в дію логіка комутації. Ця система виконувала з'єднання швидше, ніж попередня, і вимагала меншого часу обслуговування. На 1 січня 1983р. 180 таких системи у США усе ще знаходилися в дії, обслуговуючи 4 млн ліній.

Ці системи містять пристрої комутації, що істотно відрізняються від крокових систем. Вони містять матрицю пересічних елементів з`єднання, що утворені вертикальними і горизонтальними контактними смугами і замикаються за допомогою магнітів. Магніти вмикаються при виборі точок з'єднання. Контакти утворюють шляхи комутацій. Ранні матричні комутатори дозволяли виконання до 10 викликів при одному перемиканні на відміну від єдиного виклику, що здійснювався при включенні крокового пристрою.

Матричний тандем вперше був використаний у 1941 р. Тандемна система використовується в першу чергу в регіонах, де центральна станція оснащена кроковими комутаторами або матричною системою. При роботі тандемні системи виконують функції, що не виконуються іншими видами комутаторів. Серед цих функцій є реєстрація інформації для надання рахунків, інтерпретація даних між центральними станціями різних типів, централізація устаткування, необхідного для служб загального оповіщення: служб інформування погоди і часу.

Комутаційна матриця для встановлення зв'язку в масштабах цілої країни уперше була використана у Філадельфії. Вона здатна автоматично

направляти виклик по першому вибраному маршруті чи по інших попередньо заданих маршрутах. Її удосконаленням стала комутаційна матриця що відокремила передавальний шлях від приймального (для зменшення ефекту луни). Її іноді називають чотирипровідною. Впровадження цієї системи дало можливість прямому дистанційному набору.

2.1.2 Системи з вбудованим програмним керуванням

У 50 - початку 60-х рр. у фірмі Bell Labs були розроблені електронні системи комутації для того, щоб задовольнити зростаючі запити на більш швидкі, більш надійні і більш гнучкі перемикачі. Ці системи використовували концепцію вбудованого програмного керування.

Електронна комутаційна панель була спроектована для великих міст із великим навантаженням у телефонній мережі. Електронна комутаційна панель здійснює з'єднання між абонентами швидше, ніж електромеханічні системи, і використовує устаткування малого обсягу. Перший варіант цієї системи міг обробити 100000 викликів протягом години завантаження. Подібно до всіх електронних комутаторів, ця система керується за допомогою ЕОМ і програм. Можливості, що реалізовані в цій системи – це локальні комутації з підключенням до всіх типів комутаційних засобів, і спеціальні види послуг, такі, як WATS центрекс (централізована установча АТС). Крім того ця система забезпечує послуги, що надані за замовленням абонента: очікування виклику, замовлення виклику, триканальний виклик, екстрений виклик, телеконференції. Також здійснюється запис рахунків на оплату користування мережею.

Удосканаленням цієї системи стала система, яку спроектували для використання в центральних АТС приміських зон з меншим числом ліній і тестуванням, яке виконувалося зовнішніми засобами.

Іншим типом такої системи стала система спроектована для застосування в сільських зонах і обслуговування менше, ніж 4500 ліній. Ця система забезпечується пристроєм, керованим вбудованою програмою, і має устаткування значно меншого обсягу ніж попердні. Ця система заснована на більш вдосконалій технології (менш коштовна ЕОМ, більш швидкий процесор).

Подальшим розвитком стала система, що була уперше використана в 1976 р. Це 4-провідна цифрова система комутації. Вона виконує ті ж самі функції, що і матрична електромеханічна система комутації, з'єднує магістраль з магістраллю, однак вона працює швидше. В цій системі використовується процесор А для обробки більше ніж 550000 викликів за годину завантаження. В електромеханічній матричній системі кожний

виклик отримує своє фізичне з'єднання за допомогою комунікаційного устаткування; у керованої програмної системі абоненти з'єднуються тільки періодично. Кожне з'єднання здійснюється і знімається тисячі разів за секунду. Інтервали занадто малі, щоб вплинути на акустичні характеристики передавання, тому тимчасові проміжки можуть використовуватися за вимогою інших викликів. Цей процес називається комутацією з поділом часу (цифровим). Удосконалена версія цієї системи обслуговує 130000 ліній.

Локальна цифрова комунікаційна система, що була випущена в 1981 р., призначалася для використання в локальних вузлах зв'язку для обслуговування від 1000 до 100000 ліній. На рисунку 2.2 подано прощену схему цієї системи. Лінії закінчуються термінальними модулями, що належать системі. Модуль сприймає цифрові й аналогові сигнали, додає восьмий біт з контрольною інформацією для виконання функцій переключення, маршрутизації і контролю.

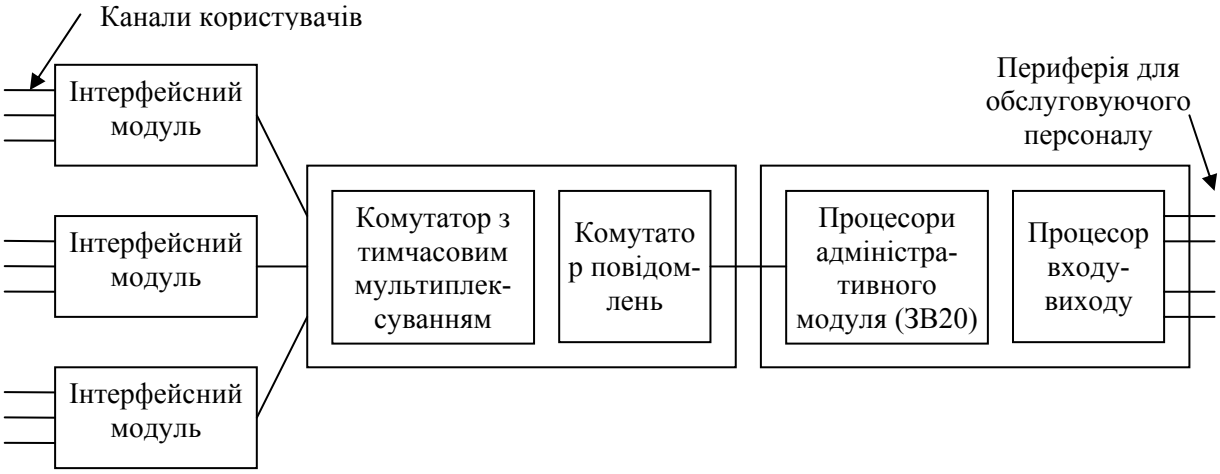


Рисунок 2.2 – Комутація з вбудованим програмним керуванням

Адміністративний модуль забезпечує керування маршрутами і функції адміністрування. Модуль складається з двох ЕОМ. Адміністративний модуль також містить процеси введення-виведення, що забезпечують доступ до терміналів і інших периферійних пристроїв, наданих технічному персоналу, що бере участь у роботі комутатора. Модуль комунікацій містить засіб комутацій. Комутатор повідомлень зв'язує адміністративний модуль з комунікаційним модулем. Комутатор з переключенням часу з'єднує канали користувачів (аналогові і цифрові) між різними інтерфейсними модулями.

Цифровий мультиплексний перемикач був розроблений в 1981 р. Ця система могла обслуговувати до 6000 ліній і забезпечувати до 13000 викликів протягом години. Електронна комутація і вбудоване програмне керування також використовуються в інших частинах телефонних систем, зокрема в операторських засобах нарахування оплати за користування системою. Ті послуги, що телефонні системи гарантують, стали можливі тільки завдяки застосуванню ЕОМ і вбудованого програмного керування:

- автоматичні виклики (без ручного з'єднання);
- обслуговування викликів з готелів;
- негайна оплата переговорів при необхідності;
- забезпечення оплати переговорів у кредит.

Переваги ЕОМ очевидні і в телефонних мережах із системою автоматичного перехоплення (АІ). Так, при спробі подзвонити за зміненим, непідключеним чи відключеним номером система направляє виклики оператору або автовідповідачу. Оператор чи автовідповідач використовують великі бази даних для формування потрібних відповідей. Регіони великих міст мають більше 5000000 активних довідкових записів і можуть використовувати до 180000 змін у день – колосальна проблема, яку неможливо вирішити без ЕОМ і електронних комутаторів.

2.2 Комутація повідомлень

Раніше переважним методом передавання даних була комутація повідомлень. Рисунок 2.3 ілюструє комутацію повідомлень. Комутатором звичайно є спеціалізована ЕОМ. Саме вона відповідає за прийом даних з терміналів і ЕОМ, підключених до спеціалізованого ЕОМ за допомогою виклику чи набору номера через виділену лінію. Вона перевіряє адресу в головній мітці повідомлення і комутує (направляє) потік даних до приймального термінала. На відміну від комутації ланцюгів у телефоні комутація повідомлень є технологією типу "запам'ятати і послати", оскільки при комутаторах використовуються запам'ятовувальні пристрої, такі як дискові накопичувачі. Дані можуть бути передані через комутатор повідомлень на дуже високій швидкості, яка відповідає рівням пріоритетів для різних типів потоків даних. Високопріоритетні потоки затримуються в черзі на обслуговування менше часу, ніж низькопріоритетні потоки. У такий спосіб можна забезпечити інтерактивні прикладні задачі. Установлення в чергу на диск також надає можливість згладити пікові навантаження, запам'ятовуючи низкопріоритетні потоки в період цих навантажень. Постановлення в чергу знижує ймовірність випадків блокування потоків, якщо які-небудь частини мережі зайняті. Потік може бути тимчасово запам’ятований, а далі спрямований у потрібне місце, коли воно вільне і готове прийняти потік. Комутатори повідомлень можуть

також використовувати накопичувачі на магнітних дисках для дублювання файлів, створення платіжних записів чи перевірки рахунків за всіма транзакціями.

Технологія комутації повідомлень працює за принципом "головний-підлеглий". Комутатор виконує реєстрацію і вибір потоків, що входять і виходять з нього. Наприклад, на рисунку 2.3 передбачається, що користувач–термінал А має дані для користувача С. Комутатор виконує цикл реєстрації підключених станцій. При реєстрації термінала А дані (повідомлення) надходять у комутатор. На підставі пріоритету повідомлення запам'ятовується в одній з черг на дисках. На основі загальних умов передавання потоків і на підставі пріоритету повідомлення комутатор виводить з черги повідомлення і направляє команду вибору в С. На станції С команда приймається, комутатору посилається відповідь АСК (підтвердження), а потім повідомлення посилається в С.

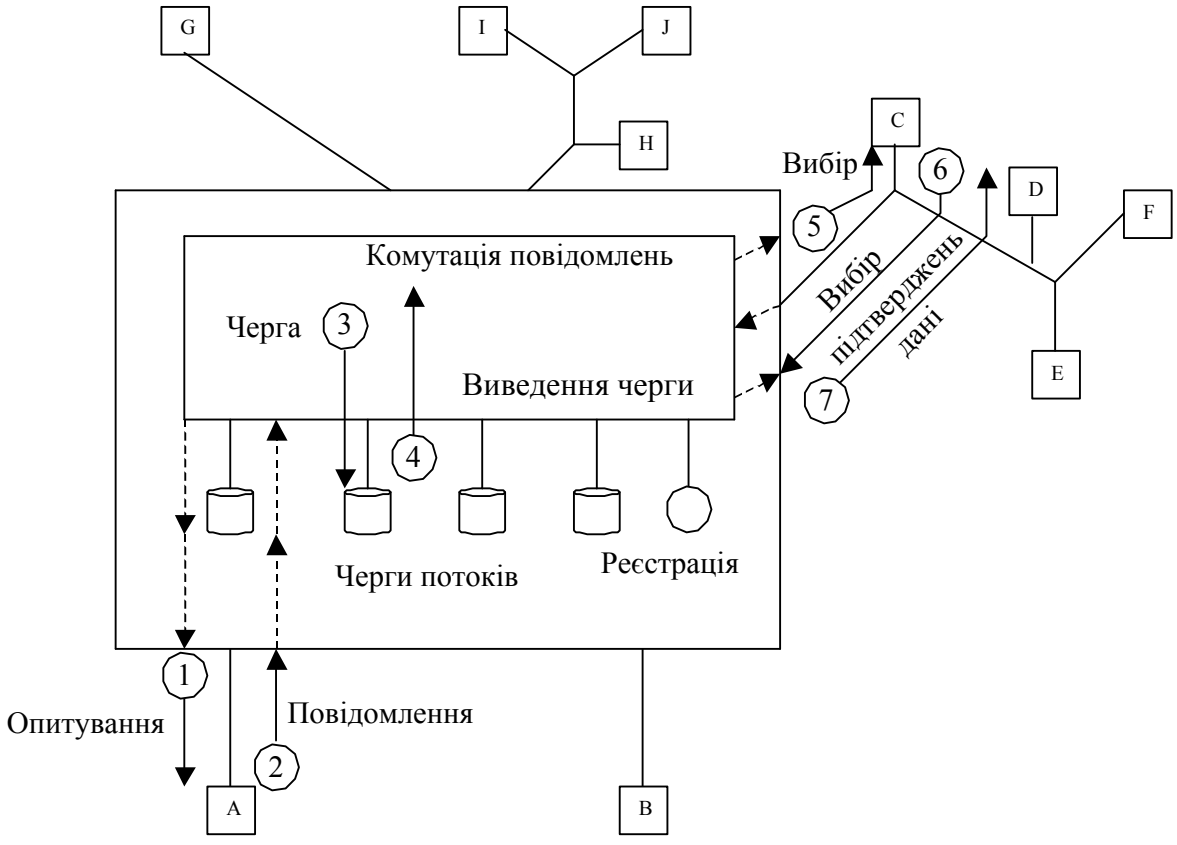


Рисунок 2.3 – Комутатор повідомлень

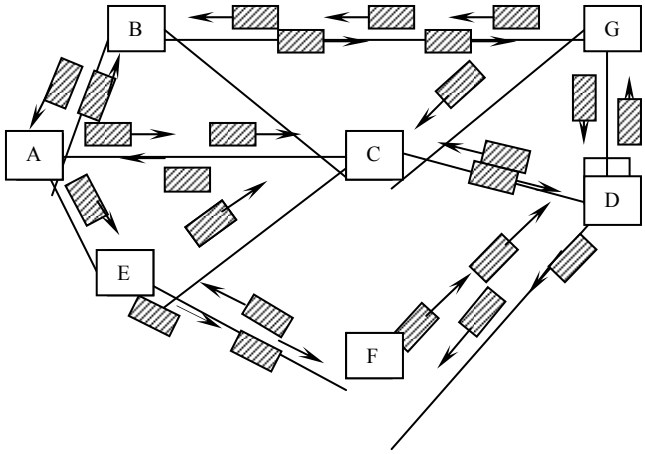
У той час як комутація повідомлень добре працює в промисловості, цей спосіб має три недоліки. По-перше, у силу структури "головний-підлеглий" уся мережа виходить з ладу при несправності комутатора, тому що всі потоки проходять через цей комутатор. Як наслідок, багато організацій забезпечують дубльовану комутацію повідомлень, що припускає виконання другим комутатором функцій першого у випадку його поломки. Другий основний недолік виникає з центральної ролі комутатора повідомлень, тому що всі потоки повинні проходити через комутатор, він сам є потенційно вузьким місцем. Наслідком існування такого пристрою є знижений час обслуговування і мала пропускна здатність. І по-третє, комутація повідомлень не використовує канали передавання даних з тією ж ефективністю, як це роблять інші підходи.

2.3 Комутація пакетів

Через проблеми, пов'язані з комутацією повідомлень, промисловість у 70-х р.р. почала розробку іншої структури комутації даних, що була названа комутацією пакетів. Комутація пакетів розподіляє ризик виходу з ладу між багатьма комутуючими пристроями, зменшує вразливість усієї мережі і забезпечує більш ефективне використання каналів зв'язку, ніж комутація повідомлень.

Сам термін «комутація пакетів» з'явився через те, що користувацькі дані (наприклад, повідомлення) розбиваються на більш дрібні порції. Ці порції чи пакети містять протокольну інформацію, в її межах розміщені самі пакети. Пакети направляються через мережу як незалежні об'єкти.

Мережа з комутацією пакетів подана на рисунку 2.4.



пакети; ❑ комутатори; ——— канали;

Рисунок 2.4 – Комутація пакетів

Топологія її, безперечно, відрізняється від топології комутації повідомлень. По-перше, більша кількість комутаторів дозволяє розподілити навантаження в мережі, що дозволяє збільшити кількість станцій, що підключаються. По-друге, до комутаторів можна підключити додаткові лінії зв'язку. Організація мережі комутації пакетів забезпечує можливість здійснювати альтернативну маршрутизацію, обходячи ушкоджені чи зайняті вузли і канали. Як наслідок, мережі з комутацією пакетів мають підвищену зручність для кінцевих користувачів.

Комутація пакетів спочатку становила інтерес як засіб забезпечення секретних переговорів. У 60-ті роки дослідники звернулися до міністерства оборони США з пропозицією розробити мережу для переключення пакетів, що містять секретні переговори. Передбачалося, що кожна окрема розмова розділяється на малі порції, що будуть спрямованні по різних каналах у системі. У випадку, якщо супротивник прощупає одну з ліній зв'язку і буде здатний розрізнити образ акустичного сигналу, цей сигнал виявить тільки частину повних переговорів. Оскільки повні переговори спрямовані пакетами по різних шляхах, окрема лінія не містить усієї переданої інформації.

Незабаром було усвідомлено, що пакетна комутація добре працює з потоками даних, оскільки багато пристроїв, такі, як термінали з клавіатурами, передають потоки даних порціями. Дані передаються в канал, який далі вільний, поки користувач термінала вводить дані або поки продовжується пауза в роботі користувача. Час, протягом якого канал не зайнятий, визначає загублену пропускну здатність лінії. Однією з концепцій комутації пакетів є одночасне існування багатьох передавань від *декількох терміналів* в одному каналі, що означає мультиплексування за допомогою поділу часу лінії зв'язку. Цей підхід забезпечує краще використання дорогих каналів передавання.

Комутація пакетів йде далі, ніж просте мультиплексування ліній зв'язку. Логіка пакета може мультиплексувати багато користувацьких сеансів на один порт комп'ютера. Замість того, щоб виділяти порт одному єдиному користувачу, система забезпечує співіснування частин потоків даних від багатьох користувачів через один порт. Користувач же сприймає порт як виділений, у той час як користувацьке устаткування, чи його програма насправді розділяє порт з іншими користувачами.

Мультиплексування порту і каналу називають *віртуальним каналом* або *віртуальним ланцюгом.*

Дослідження сутності передавання даних (неакустичних) показало, що 99% передавання даних коротше, ніж передавання акустичних сигналів. Також було показано, що 26% передавання даних триває менше 1 с, 50% - менше 5 с, а 90% - менше 50 с. Технологія комутації пакетів розроблена спеціально з урахуванням цих характеристик - забезпечується

спільне проходження декількох користувацьких порцій даних (пакетів) по одному каналі.

Дослідження також продемонструвало, що потоки даних часто асиметричні, тобто зв'язок здійснюється між терміналами в одному напрямку більше ніж у протилежному. Гарним прикладом асиметричного зв'язку є передавання від сервера до робочої станції: робоча станція часто отримує менше даних у порівнянні з сервером. Комутація пакетів здійснює згладжування асиметричних потоків у каналі, забезпечуючи спільне проходження багатьох користувачів у каналі.

Наприклад, на рисунку 2.4 подано те, що може бути ЕОМ у В і терміналом у G при погляді з позиції одного користувача, можна подати і навпаки, з погляду іншого користувача, на тій же лінії: термінал у В і комп'ютер у G. Пакетна комутація вирівнює потоки через багато каналів, переключаючи потоки між різними користувачами для зменшення асиметрії передавання пакетів.

У структурі телефонії з переключенням ланцюгів час з'єднання дуже великий. Можна згадати з попередніх обговорень цього розділу той факт, що виклик телефону вимагає набору номера, а також фізичного з'єднання всіх ланцюгів від джерела виклику до його призначення. У випадку системи з комутацією пакетів для багатьох користувачів доступні спеціально виділені лінії, що створює умови для одночасного проходження потоків від цих користувачів. Ці лінії не потребують будь-якого встановлення ланцюга, оскільки вони безупинно включені в систему. Цей метод може поліпшити час з'єднань при комутаціях численних телефонних ланцюгів.

2.3.1 Необхідність використання комутації пакетів

Для визначення необхідності використання системи комутації пакетів слід порівняти чотири альтернативи з'єднань кінцевих устаткувань даних (рисунок 2.5):

- телефонна складальна система загального користування;
- виділені постійні складальні канали;
- пакетні мережі загального призначення чи виділені мережі з комутацією ланцюгів;
- виділені пакетні мережі.

Організації з відносно низьким обсягом передавання даних одержують переваги при використанні ліній з набором номера. Якщо сеанси між користувачами короткі і локальні, то має сенс використовувати саме набір номерів за умови, що користувач не звертає уваги на затримки, пов'язані з часом набору, і на можливість зайнятості абонента А оскільки

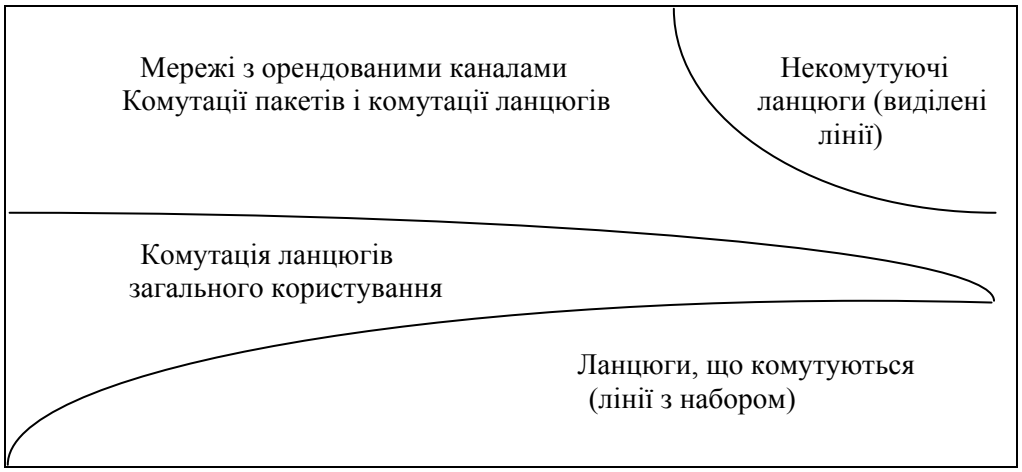


Рисунок 2.5 – Режими зв'язку каналів даних

витрати при наборі номерів залежать від частоти набору і дальності до кінцевого устаткування даних, бажано використовувати телефонну мережу загального користування при рідких сеансах зв'язку на невеликих відстанях.

Виділені орендовані лінії – це канали зв`язку для організацій, що використовують постійне завантаження ліній зв'язку і не можуть допустити затримок на набір номерів. Організація може використовувати тривалий час постійно підключену виділену лінію. Більш того, компанії, що встановлюють багатоточкові контакти на своїх виділених каналах, звичайно одержують вигоду від використання таких каналів, оскільки багатоточкові контакти дозволяють використовувати канал більш ефективно.

Пакетні мережі загального користування іноді називають носіями з нарощуваною цінністю, оскільки вони забезпечують користувачам можливість збільшення послуг. Наприклад, при додаванні до орендованих ліній пакетних комутаторів і пристроїв для збирання/розбирання пакетів мережа залишається доступною усім, хто побажає оплатити послуги. Організації, у яких характерні обсяги потоків від низького до середнього, звичайно з вигодою підключаються до пакетних мереж загального користування. Мережі загального користування можуть застосовувати організації з довільними потоками для передавання. Крім цього, для організацій, що розташовані на значних географічних просторах, пакетна мережа загального користування може виявитися більш вигідною економічно. Витрати для більшості пакетних мереж загального користування визначаються обсягами потоків даних, а не відстанями між користувачами.

Багато організацій створили власні пакетні мережі чи власні системи комутації каналів. Є кілька причин для створення таких систем. Для обсягів пошуку даних від середніх до великих приватні мережі стають

більш ефективними економічно, ніж виділені лінії. Більш того, якщо організація має потоки, що відрізняються "піковою активністю", то приватна пакетна мережа звичайно забезпечує краще і більш економічне обслуговування, ніж спеціально протягнуті засоби.

На рисунку 2.5 графічно показані взаємозв`язок між різними типами описаних ліній та мереж. Більш того, додаткові аспекти пакетних мереж можуть вплинути на рішення організації на користь вибору пакетної мережі.

З огляду на зазначене вище, основні цілі пакетної комутації такі:

- забезпечення мультиплексування можливостей каналу і портів;
- усунення асиметричних потоків між багатьма користувачами;
- забезпечення короткого часу реакції для всіх користувачів;
- забезпечення повної доступності мережі для всіх користувачів;
- сумісне використання ресурсів.

2.3.2 Маршрутизація пакетів

Маршрутизація в мережах вимагає використання логічних засобів (програмних, апаратних або мікропрограмних) у комутаторах для передавання пакетів даних крізь мережу до кінцевого призначення. Маршрутизація в мережі має три первинні цілі:

- забезпечення мінімально можливої затримки і максимальної пропускної здатності;
- забезпечення руху пакета крізь мережу за мінімальну вартість;
- забезпечення кожного пакета максимально можливим захистом і надійністю.

Маршрутизація в мережах розглядається декількома способами. Один з підходів полягає в тому, як виконується маршрутизація – *централізовано* чи *розподілено.* Мережа з централізованою маршрутизацією забезпечена одним центром керування, що визначає напрям руху пакетів через мережу. Пакетні комутатори не повинні бути настільки досконалі, як центральний вузол. Це дозволяє знизити вартість комутуючих вузлів. Але централізоване керування вразливе стосовно можливих ушкоджень центрального вузла. Як наслідок, ці центральні вузли апаратно дубльовані (дуплексовані). Розподілене керування маршрутизацією вимагає більш інтелектуальних функцій вузлів мережі. Це у свою чергу забезпечує велику гнучкість мережі, оскільки кожен вузол приймає своє власне рішення для маршрутизації пакетів без якого-небудь погодження з централізованим вузлом, що керує мережею. Як далі буде показано, розподілена маршрутизація більш складна.

Перш ніж обговорювати практичні методи маршрутизації, необхідно визначити деякі терміни.

Ефект розмноження пакета. Даний пакет генерує додаткові, ідентичні з ним пакети.

Обхід вузла. Обхід ушкодженого або зайнятого вузла чи каналу.

Виродження пакета. Ослаблення ефекту розмноження пакета.

Більшість пакетних мереж виконують маршрутизацію, використовуючи таблицю чи каталог маршрутів. Каталог містить вказівки для комутаторів, як передавати пакет в один з декількох можливих вихідних каналів при переключенні. Каталоги пакетних мереж організовуються на підставі трьох підходів:

- фіксований чи статичний каталог. Змінюється єдиний раз при генерації системи. Зберігається незмінним для всіх сеансів;
- каталог, орієнтований на сеанси. Змінюється для кожного сеансу кожного окремого користувача. Зберігається незмінним для окремого сеансу;
- адаптивний чи динамічний каталог. Змінюється протягом кожного сеансу користувача.

Далі системи каталогів можна класифікувати як часткові і повні (за складом маршрутів). Часткові каталоги містять тільки вузли, суміжні з визначеним комутатором, тобто вузли, безпосередньо приєднані до вузла-комутатора. *Повний* каталог містить весь набір проміжних вузлів, по якому пакет перенаправиться до свого кінцевого призначення.

Методи маршрутизації, описані в даному розділі, надають широкий набір підходів, якими керуються конструктори мереж. Деякі з цих методів широко використовуються, а інші – тільки зрідка чи знаходяться на стадіях дослідницьких проектів. Розглянемо, як працюють ці методи і де вони застосовуються.

Заповнення пакетами. Одним з підходів до рішення задачі маршрутизації у мережі є заповнення пакетами. Використовується кожний можливий маршрут між передавачем та приймачем; дублі пакета розміщуються по усіх вихідних каналах і направляються через мережу. Перевагою методу заповнення є те, що, оскільки використовуються всі шляхи через мережу, перший пакет, який досягне вузла призначення, дійде з найкоротшою затримкою (що є однією з основних цілей маршрутизації в мережах). У той же час при використанні методу заповнення дуже проявляється ефект розмноження потоків, а навантаження на мережу пропорційні ступеню зв`язку мережі, тобто більше число каналів і альтернативних шляхів створюють більший обсяг загального потоку. Заповнення пакетами призначене для дуже гнучких мереж, оскільки копія пакета обов'язково прослідує до вузла призначення, якщо тільки існує хоча б один шлях між приймачем та передавачем. Такий метод використовується в деяких військових мережах. Він забезпечує особливу надійність в роботі.

Ефект розмноження потоків можна знизити додаванням певних засобів обліку в кожнім вузлі-комутаторі. Наприклад, можна запропонувати наступну логіку. Якщо кожний приймальний вузол розпізнає дубльований пакет, він скасовує його і не виводить жодної додаткової копії пакета зовні. Іншими словами, уперед пересилається єдина копія пакета. Цей процес називається виродженням пакета, він істотно знижує процес розмноження потоку. Копії пакетів поступово зникають із переміщенням пакета до кінцевого вузла призначення.

Випадкова маршрутизація. Випадкова маршрутизація являє собою метод, який використовують для комутації пакетів у мережах. У цьому підході необхідно програмне забезпечення в кожнім вузлі комутації для довільного вибору вихідного каналу. При чистому режимі випадкового вибору маршрутів вихідний канал може включати також шлях, по якому був отриманий пакет. Наприклад, якщо комутатор пакетів має три вихідних порти, то він "рандомізує" пакет по усіх трьох портах. Отже, 33% часу комутатор вибирає порт А, 33% - порт В; 33% - порт С.

Для виконання випадкової маршрутизації потрібна більш складна логіка в комутаторах, і потоки даних повинні бути в середньому рівномірно розподілені по всіх комутаторах. Випадкова маршрутизація забезпечує вирівнювання завантаження в мережі в цілому.

Однак випадкова маршрутизація має серйозні недоліки. По-перше, загальна довжина маршруту через мережу (у середньому) істотно більша, ніж при використанні інших методів. По-друге, великі затримки в мережі значною мірою впливають на зменшення затримок. І по-третє, поки пакет "блукає" в мережі, існує кінцева можливість того, що пакет ніколи не досягне вузла призначення. По-четверте, внаслідок "блукання" пакетів у мережі з'являється ефект розмноження потоків. Через перераховані недоліки цей метод мало використовується.

Маршрутизація за допомогою каталогів. Як зазначено раніше, більш широко використовується метод маршрутизації на основі каталогу або таблиці. Приклади маршрутизації на основі застосування каталогів, що були показані раніше, будуть роз'яснені на прикладах існуючих мереж. *Фіксований* (статичний) каталог проілюстрований на прикладі мережі SNA фірми IBM. Метод каталогів, *орієнтованих на сеанс*, пояснений пакетною мережею загального призначення Tymnet. І нарешті, *адаптивний* (динамічний) каталог показаний на прикладі мережі міністерства оборони США ARPANET.

Архітектуру мережних систем (System Network architecture - SNA) можна краще показати на прикладі контрольної точки системних послуг (System Service Control Point - SSCP) і двох інших фундаментальних частин архітектури: фізичного пристрою (Phisical unit - PU) і логічного пристрою (Logical unit - LU). Ці три елементи мають назву мережні адресні пристрої (Network Adress Unit - NAU). У SNA NAU може бути передавальним чи

приймальним пристроєм. Кожному NAU у мережі присвоєна своя унікальна адреса. Наприклад, NAU присвоюється таким елементам мережі, як базові методи доступу, центральній програмі мережі (NCP), контролерам кластерів, терміналам, деяким прикладним програмам. Комунікаційним лініям також призначені адреси, однак вони не є NAU, оскільки не створюють і не поглинають потоки даних.

SSCP відповідає за всю мережу SNA. Вона розміщається в базовому телекомунікаційному методі доступу (або ACF/TCAM, або ACF/VTAM). Кожна частина (домен) мережі SNA визначена в SSCP. Основні функції SSCP такі:

- організація користувацьких мереж у мережі;
- керування всіма ресурсами в доменах;
- підтримка мережі в робочому стані.

Кінцевими користувачами мережі SNA є люди чи прикладні програми. Кінцевий користувач не вважається частиною SNA, тому логічний пристрій (LU) діє як точка доступу в мережу. Логічним пристроєм є програма чи мікропрограма. Сеанс між кінцевими користувачами вимагає встановлення сеансу між логічними пристроями для надання ресурсів кінцевим користувачам. LU присвоюється будь-якому буферу, перетворенню даних, редагуванню, керуванню і програмі, яка потрібна за запитом до кінцевих користувачів. Кожне LU має мережне ім'я, що використовує SNA, щоб визначити мережну адресу і фактичне розташування необхідних ресурсів. Кінцевий користувач має справу з фізичними аспектами мережі.

SSCP посилає команди PU. Ці програми керують ресурсами, які безпосередньо додаються до цих пристроїв. PU містить підмножину можливостей SSCP і виконує такі функції, як відновлення, введення в активний стан ліній комунікації, керування термінальними пристроями.

У SNA комунікації виконуються у вигляді списків, що є тимчасовими логічними з'єднаннями між пристроями). Ланцюгом керування списком є створення сеансу між LU для забезпечення зв'язку між кінцевими користувачами. Таким чином, SSCP, по-перше, встановлює сеанс із фізичним пристроєм, що відповідає логічному пристрою (SSCP-PU), а потім – з логічним пристроєм (SSCP-LU). Далі встановлюється сеанс між двома логічними пристроями для прикладної обробки.

SNA використовує статичний частковий каталог. Каталог відповідає за маршрутизацію в мережі SNA. На рисунку 2.6 подана типова топологія SNA. SNA заснована на концепції доменів і вузлів. Вузли утворюють домени. Існує два типи вузлів. Регіональні вузли містять керуючу ЕОМ і/або фронтальний процесор і мають засоби для виконання маршрутизації. Периферійні вузли містять контролери кластерів і термінальні пристрої і не беруть участі в маршрутизації.

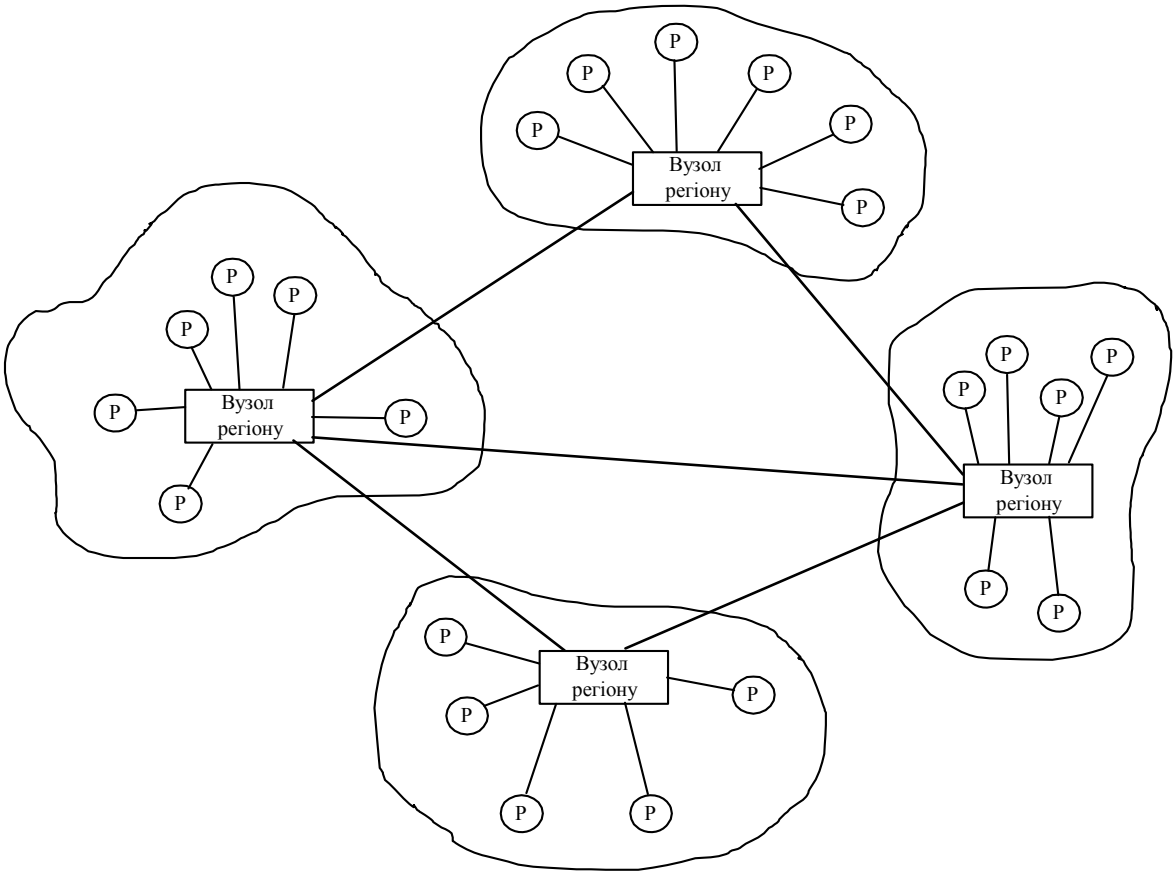
Коли користувач починає використовувати мережу SNA, то необхідно визначити клас обслуговування. Користувач визначає кращий рівень обслуговування (тобто клас обслуговування). Наприклад, кращий маршрут може містити:

а) вимогу використання наземних ліній, а не космічного зв'язку, враховуючи наявність часу відгуку;

б) явне вказання маршрутів по деяких лініях, що більш захищені, ніж інші;

в) обхід деяких вузлів.

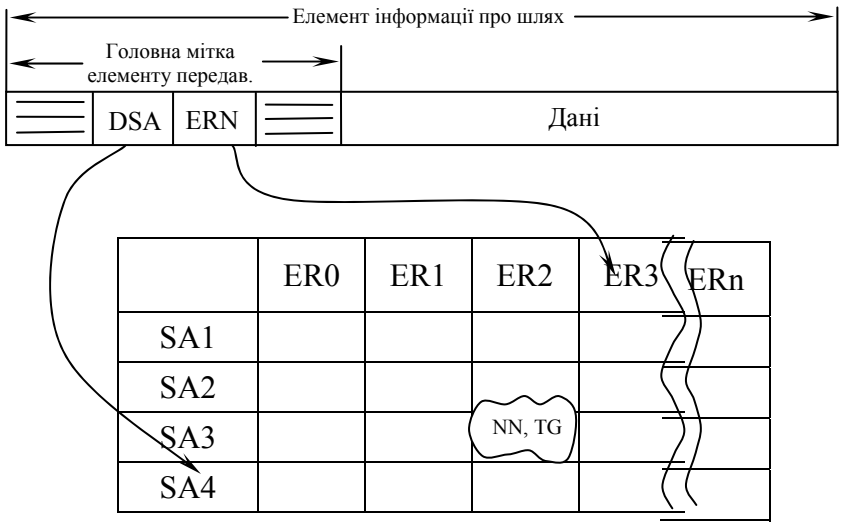
Клас обслуговування визначає список кращих маршрутів, що має назву *віртуальних маршрутів (VP).* Віртуальний маршрут є логічним маршрутом між двома кінцевими точками. Сеанс користувача приймає перший діючий VP у таблиці класів обслуговування. Потім кожен віртуальний маршрут відображається в таблиці, щоб утворити *явні маршрути.* Явний маршрут показує послідовність регіональних вузлів і зв'язків від вихідного до кінцевого регіонів. Між кожною парою регіональних вузлів може бути визначено до восьми явних маршрутів.



— - явні маршрути; P – периферійні маршрути

Рисунок 2.6 – Ділянка SNA

Кожен явний маршрут також визначається в *таблиці проходження маршрутів* (рисунок 2.7). Ця таблиця містить значення адрес регіону, а також номери явних маршрутів.



DSA — регіон призначення; ERN-номер явного маршруту; ER — явний маршрут; NN — наступний вузол; TG — група передавання.

Рисунок 2.7 – Таблиця транзитної маршрутизації SNA

Маршрутизація в SNA орієнтована на сеанси і фіксується в той час, коли інформація користувача генерується в таблиці проходження маршрутів. Як і у всіх мережах комутації пакетів, у випадках виникнення проблем з вузлами і каналами використовуються входи альтернативних маршрутів. SNA забезпечує додатковий засіб, що називається *групами передавання.* Цей термін описує формування рівнозначних ліній зв'язку між суміжними регіональними вузлами. Групи передавання складаються з ліній зв'язку, що використовують саме таку технологію (наприклад, лише наземні лінії або лише супутникові канали зв'язку).

Як зазначено раніше, каталог у SNA є частковим - у кожнім з регіонів відсутня інформація про повний шлях від початку до кінця. Як показано на рисунку 2.7, у регіоні відомі тільки суміжні вузли, до яких потрібно направити потоки даних. Явні маршрути розподіляються на маршрутні сегменти. Зміни в конфігурації і топології мережі (наприклад, додавання нових вузлів чи видалення вузлів з мережі) викликає необхідність зміни таблиці проходження маршрутів тільки суміжних вузлів. Інші вузли залишаються без змін.

Таблиця проходження маршрутів складається з трьох полів: регіону призначення (DSA), номера явного маршруту (ER), наступного вузла/групи передавання (NN/TG). Коли повідомлення мережі SNA, що має назву *елемент інформації маршруту* (PIU), оброблюється

регіональним вузлом, вузол перевіряють у головній мітці PIU поля DSA та ER. Потім знаходяться відповідні значення в таблиці і повідомлення розміщується у відповідній вихідній черзі.

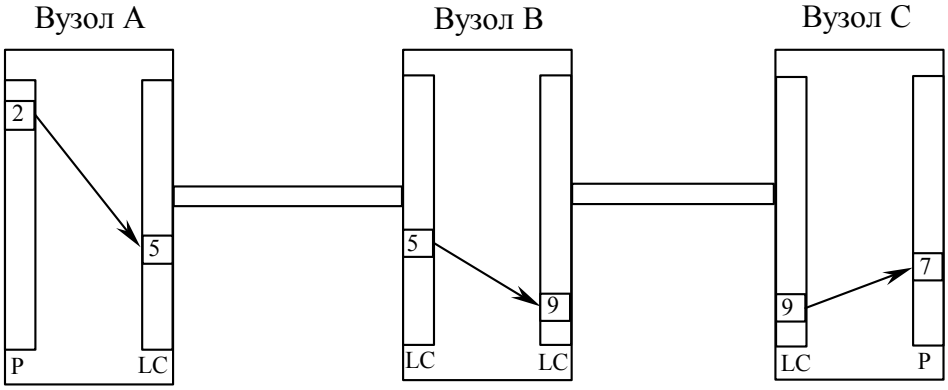
Мережа Tymnet - це каталог, орієнтований на сеанси. Тут також поданий приклад централізованої маршрутизації. Tymnet забезпечена центром, над яким здійснюється керування («супервізором»). Цей центр знаходиться в Каліфорнії. Центр визначає маршрути в мережі для кожного сеансу користувача при реєстрації кожного користувача в мережі. Супервізор мережі встановлює сеанс шляхом посилання пакета-«голки» у вузол, від якого надійшов запит. Пакет-«голка» ідентифікує всі проміжні вузли, використані для виконання пересилання від початку до кінця. Після прибуття пакета-«голки» до вузла-джерела запиту пакет даних пересилається по маршруті проміжних вузлів, буфери в яких уже знаходяться в робочому стані і виділені для виконання двостороннього сеансу між користувачами.

Мережа Tymnet утворює пакет-«голку» на основі принципу «ціна - зв'язок». Можливості зв'язку включають умови кожної лінії, тип зв'язку, тип прикладного сеансу (інтерактивний, пакетний і т.п.). Тому при підключенні користувачів сеанс установлюється через один і той же маршрут вслід за пакетом-«голкою». Мережний супервізор має інформацію про стан усієї мережі і вимагає від кожного вузла посилати пакети про статус цих вузлів супервізору кожні кілька секунд. Ці пакети містять дані про операційний статус кожного вузла і мають інформацію про затримки пакетів на вузлах мережі. Щоб завершити сеанс, застосовується пакет «очищення маршруту». Він звільняє канали і буфери уздовж маршруту.

Кожний вузол Tymnet розміщує *логічні канали,* які виділені для передавання даних після установлення сеансу за допомогою пакета-«голки». Номер логічного каналу ідентифікує сеанс і пакети, що відносяться до цього сеансу. Рисунок 2.8 ілюструє ідею логічних каналів (які в кінцевих точках називаються *портами).* Якщо сеанс встановлений у вузлі А, то пакет призначений вихідному зовнішньому логічному каналу 5. Номер логічного каналу 5 переміщується в головну мітку пакета і передається у вузол В. Оскільки сеанс був створений раніше, вузол В знає про те, що зовнішній вхідний канал 5 повинен бути переданий зовнішньому вихідному логічному каналу 9. Вузол В виконує функції поставлення в чергу і змінює номер каналу у вихідній мітці пакета з 5 на 9. Цей номер у кінцевому призначенні, вузлі С, зв'язується з номером порту 7. Таким чином, кожний номер зовнішнього вхідного логічного каналу зв'язується з номером зовнішнього *вхідного* логічного каналу.

Мережа ARPANET являє собою приклад адаптивного або динамічного каталога маршрутизації. Вона також являє собою приклад розподіленої пакетної системи. Кожний вузол такої мережі зберігає

поінформованість про топологію всієї мережі і незалежно обчислює оптимальний (найкоротший) шлях до кожного вузла призначення.



P – порт; LC – логічний канал.

Рисунок 2.8 – Логічні канали

Адаптивні мережі функціонують на основі концепції інформації про суміжні вузли. Кожний даний вузол має інформацію про статус усіх вузлів, що суміжні з ним. На рисунку 2.9 показаний процес, що демонструє дію таблиці маршрутизації для вузла D. Таблиця складається з декількох стовпців. Три стовпці, показані на рисунку 2.9, включають кінцеве призначення, наступний вузол і обчислену загальну затримку. Якщо вузол D бажає передати пакети у вузол А, він виконує перегляд таблиці на предмет пошуку кінцевого призначення А і визначає, що наступним вузлом, у який треба переслати пакети, є С. Загальна затримка від D до С, потім до В, потім до А складає 7 одиниць часу – це є коротшим, ніж будь-який інший шлях в А.

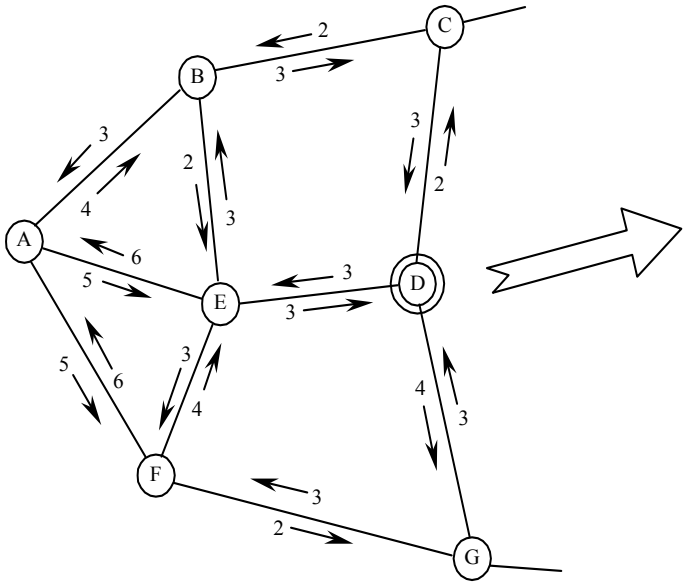
Як тільки пакети передані з вузла D у суміжні вузли (С, Е, G), програма у вузлі D робить запис про час, який необхідний для одержання команди АСК із суміжних вузлів. Крім того, кожен вузол знає, скільки в ньому пакетів залишилося для інших вузлів. Кожні десять секунд вузол обчислює затримки на своїх вихідних каналах. Будь-яке істотне відхилення при зміні затримки розсилається пакетною хвилею в усі інші вузли. Після цього вузли можуть використовувати отриману інформацію для перебудови таблиці маршрутизації.

Найменування «динамічна» чи «адаптивна» маршрутизація тому і використовується, оскільки логіка маршрутизації змінює умови на основі оцінки стану мережі.

Основними цілями динамічної маршрутизації є:

а) забезпечення гнучкості мережі, достатньої для роботи з мінливими умовами потоків даних;

б) забезпечення швидкого і доступного методу для вирішення проблеми обходу вузлів.



Таблиця маршрутизації

FD	NN	OD
A	C	7
B	C	4
C	C	2
E	E	3
F	E	6
G	G	4
…	…	…

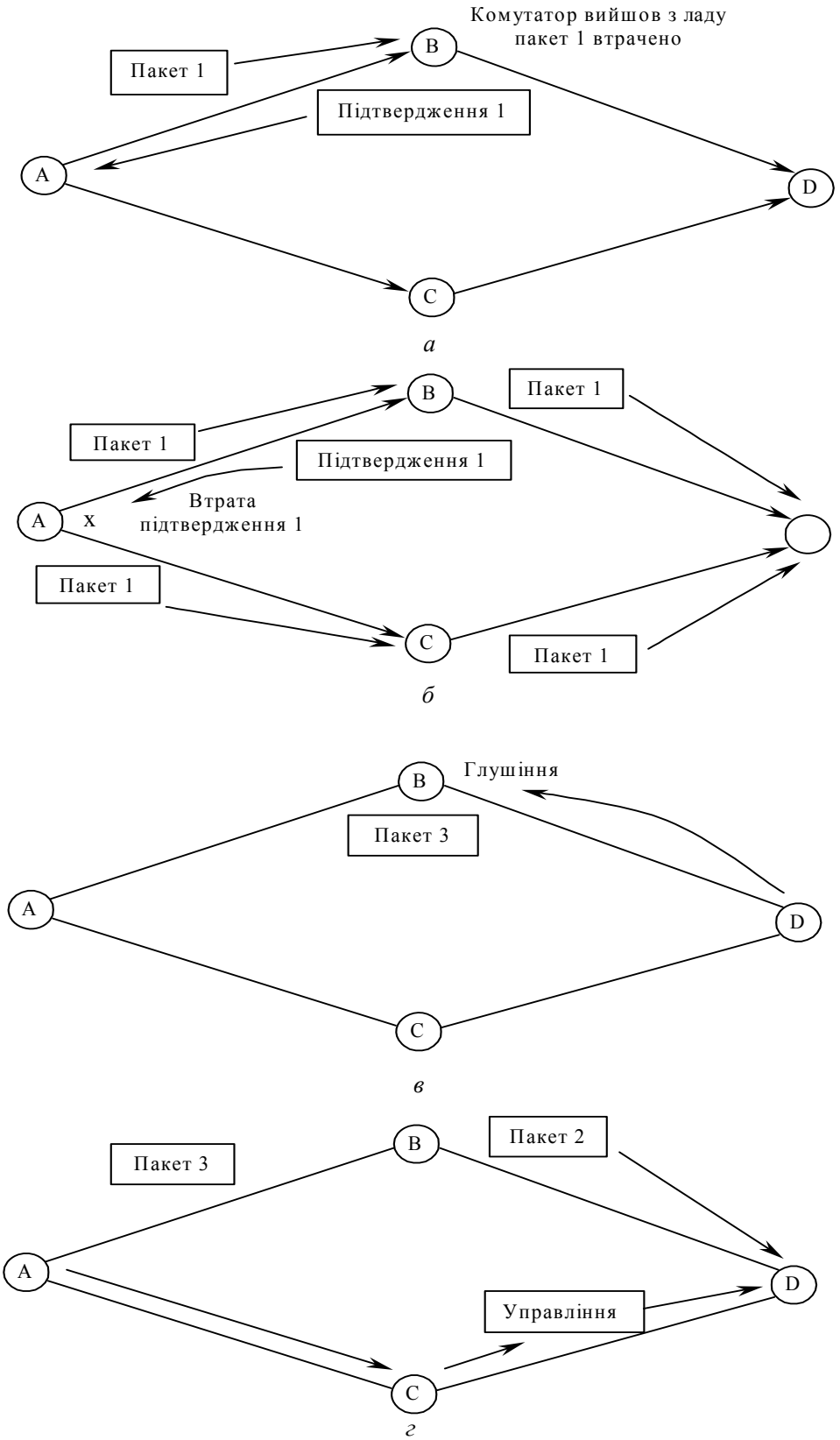
FD – кінцеве призначення; NN – наступний вузол; OD – загальна затримка.

Рисунок 2.9 – Адаптивна маршрутизація

Адаптивна маршрутизація має свої проблеми. По-перше, програми для обробки цієї потужної схеми маршрутизації складні. По-друге, існує імовірність, що пакет почне «автоколивання» і втратиться в мережі, коли буде рухатися від одного вузла до іншого, коли таблиці маршрутизації змінюються. Однак, якщо таблиці маршрутизації змінюються не часто, проблема втрати пакетів не виглядає серйозно.

Адаптивна маршрутизація також створює деякі нетипові проблеми при зборці пакетів у вузлі кінцевого призначення. Коли використовується підхід з фіксованим каталогом, то, оскільки пакети виходять один за одним строго послідовно по одному і тому ж шляху, вони і прибувають у вузол призначення в тому ж строгому порядку. При адаптивній маршрутизації пакети можуть переміщуватися в мережі по різних маршрутах, тому в багатьох випадках вони будуть прибувати в кінцевий пункт із порушенням вихідної послідовності. Передавання пакетів з порушенням послідовності потребує від приймального вузла постановлення в чергу і збереження всіх пакетів перш ніж вони будуть зібрані і видані користувачеві.

Проблеми маршрутизації. Для опису проблеми втрати пакетів уявімо таку ситуацію. Пакет спрямований до вузла комутації В, що сповістив вузол А повідомленням АСК (рисунок 2.10, *а*). Однак вузол, що дав відповідь АСК (тобто вузол В), не відправляє сам пакет, оскільки цей вузол вийшов з ладу до відсилання пакета. Очевидно пакет загублений, якщо інші пакети цього сеансу прибувають у вузол кінцевого призначення,



а – втрата пакета; *б* – дублювання пакетів; *в* – глушіння пакетів; *г* – очищення мережі.

Рисунок 2.10 - Проблеми маршрутизації пакетів

то загублений пакет знайти вже неможливо.

Відомо кілька методів для обробки ситуацій втрат пакетів. Один з підходів полягає в тім, що вузол В утримується від посилання сигналу АСК вузлу А до тих пір, поки пакет не буде переданий вузлу D насправді. В інших системах потрібно щоб вузол D послав повідомлення про статус прийому пакета до вузла А. Це допомагає виявити загублені пакети. Останній підхід обумовлює облік пакетів як функцію кінцевих вузлів.

На рисунку 2.10 *б),* показана проблема *дублювання пакетів.* У цьому випадку відповідь АСК із вузла В не повертається в А навіть у випадку успішного відправлення пакета у вузол D. Отже, вузол А припускає, що вузол В вийшов з ладу і повторно посилає пакет через вузол С. Вузол С перешле пакет у D, що, мабуть, раніше вже одержав пакет з В.

Для усунення ситуації дублювання пакетів також відомо кілька методів. Один з них вимагає більш ретельно відпрацьованої схеми ідентифікації послідовності пакетів для унікального визначення кожного пакету. На приймальному кінці спеціальні програми перевіряють пакети на дублювання і знищують дублі.

Кожний вузол має логіку керування. Вона потрібна для запобігання надлишковому потоку пакетів, що прибувають швидше, ніж вузол здатний обробити і передати далі. Один з підходів для рішення проблеми полягає у використанні пакетів-глушників (рисунок 2.10, *в)*. Кожний вузол керує використанням своїх вихідних ліній. Коли потік на вхідних лініях перевищує деяке граничне значення, логіка керування вузлом перевіряє вхідні пакети і визначає, який з вузлів направляє надмірну кількість пакетів. Після цього контролюючий вузол повертає вузлу, що здійснює посилання пакет-глушник. Цей пакет містить вказання знизити потік або зберегти його на певному рівні протягом певного часу. Як тільки перевантаження зникне, вузол, що здійснює посилання, знову може зняти обмеження на посилання пакетів.

Проблеми виникають при використанні пакетів-глушників у тих випадках, коли умови виконуються двома чи більше вузлами, що знаходяться в залежності один від одного. Наприклад, якщо пакет-глушник спрямований у вузол, від якого виходить надмірний потік пакетів, а цей вузол повинен був передати в приймальний вузол саме той пакет, що викликає звільнення буферів приймального вузла, то виникає ситуація, відома як «клінч» чи «мертве зчеплення». Одним з рішень цієї ситуації є вимога, щоб вузол, який здійснює посилання, запросив від приймального вузла необхідний буферний простір для багатопакетного сеансу. Приймальна сторона запасає буферний простір заздалегідь або відкидає запит на виклик. Пакет-«голка» у мережі Tymnet являє собою приклад резервування буферів до початку сеансу.

На рисунку 2.10, *г* показана така ситуація: саме *очищення мережі,* коли пакети можуть загубитися. Через різні можливі проблеми (помилки

послідовності, проблеми тимчасові і т.д.) мережа формує *керуючий пакет,* який повинен завершити сеанс користувача. Звичайно, коли цей пакет прибуває у вузол D, наступні пакети цього ж сеансу не приймаються вузлом D. У цьому випадку пакети 2 і 3 не будуть сприйняті і протокол більш високого рівня може почати відновлення цих пакетів.

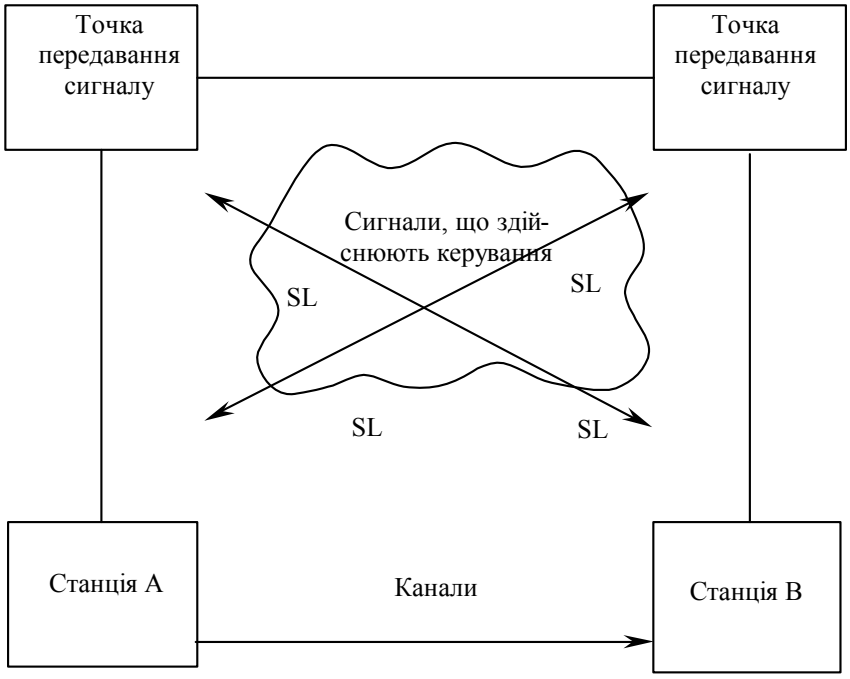
У стандарті X.25 керуючі пакети очищення, установлення і рестарту ілюструють, як може виникнути проблема, показана на рисунку 2.10, *г.* Нарешті, деякі мережі (наприклад, такі, як з потоком пакетів) усувають пакети, що існують у мережі понад виділений ліміт часу. Пакетам виділений деякий «час життя», потім вони усуваються («знімаються»). Після деякого часу пакети втрачають своє значення. Мережі з адаптивною маршрутизацією і безконтактні мережі іноді використовують цей механізм.

2.4 Комутація пакетів у мережах з комутацією кіл

Об'єднання сигналів, що здійснюють керування в одному каналі з акустичними сигналами, є неефективним. Унаслідок цього була розроблена система міжстанційної сигналізації на основі загального каналу (CCIS), що відокремлює сигнальну інформацію з користувацького каналу зв'язку для групи магістралей на окремому каналі. CCIS знижує час виклику для кіл комутації. Система також забезпечує велику гнучкість і менші витрати в телефонних мережах з високою інтенсивністю потоків. Більш того, оскільки сигнальна інформація відокремлена від акустичного каналу, сигнали керування можна обробляти набагато більш компактними засобами.

Однією з вихідних проблем, з якою зіштовхнулися при створенні CCIS, виявилось випадкове з'єднання, у результаті чого виникали помилкові акустичні канали. Для усунення цієї проблеми здійснюється перевірка якості канальних з'єднань перш ніж виконати інсталяцію системи.

CCIS виявилась першою основною системою комутації пакетів. Пакети застосовуються для установлення викликів і для відбою. Виклик складається з так званих *елементів сигналу,* що складаються з 28 бітів (8 біт використовується для виявлення помилок). CCIS розміщує 12 елементів сигналу в пакет передавання. Елементи сигналу в пакеті мають ту саму точку призначення, що й основна магістраль, як показано на рисунку 2.11. Станція виклику А посилає пакети в точку пересилання сигналів (STP).



SL — ланки сигналізації

Рисунок 2.11 - Конфігурація віддаленої сигналізації по загальному каналу

STP передає елементи сигналів в зв'язану вихідну магістраль до віддаленої станції В для установлення виклику.

CCIS також взаємодіє з пристроєм виклику для зв'язку на великі відстані. Наприклад, у більшості телефонів-автоматів у США набір нуля, а потім номера призначення оброблюється системою CCIS, що направляє виклик до бази даних. CCIS забезпечує підказки абонентові мережі, такі, як питання (за допомогою синтезатора голосу) про номер кредитної картки абонента. Цей номер також пересилається CCIS у базу даних для перевірки правильності. Потім CCIS дозволяє виклик і запам'ятовує облікову інформацію для наступного виставляння рахунку абоненту. Процес цілком автоматизований – оператор не задіяний, і навіть голос від системи синтезується цифровим пристроєм.

Системи комутації і протоколи маршрутизації розвивалися від примітивних електромеханічних пристроїв, що використовувалися в ранніх телефонних системах, до складних систем комутації пакетів, які використовуються зараз, а останнім часом – до цифрових комутаторів, що починають відігравати вирішальну роль у промисловості засобів зв'язку. У цьому розділі подані головні системи комутації і маршрутизації, що використовуються в мережах оброблювання і передавання даних.

3 Мережа X.25

3.1 Загальні положення стандарту X.25

Мережа комутації пакетів і станції в ній повинні мати механізми управління для забезпечення взаємодії між станціями. Найважливішим аспектом з погляду управління мережею є *управління потоком* – вплив на об'єми передавання від станцій користувача для запобігання переповнювання в мережі. Апаратура передачі даних на призначених для користувача станціях також потребує засобів управління потоком для регулювання об'ємів даних, що поступають з мережі. Як мережа, так і апаратура передачі даних на станціях повинна також забезпечувати процедури контролю помилок при передачі даних. Стандарт X.25 забезпечує функції управління потоком і контролю помилок.

Стандарт X.25 визначає процедури обміну даними для пристроїв передавання даних між користувачами і вузлом мережі комутації пакетів. Формальне найменування стандарту X.25 таке – «Інтерфейс між термінальним устаткуванням даних і кінцевим устаткуванням ланцюгів даних для терміналів, що функціонують в пакетному режимі в мережах передачі даних загального призначення».

X.25 використовується в мережах для встановлення процедур взаємодій через мережу між двома термінальними пристроями даних за допомогою визначення сесій цих пристроїв з відповідним кінцевим устаткуванням ланцюгів даних. Таким чином, основна ідея стандарту, що рекомендується, полягає в забезпеченні єдиних процедур взаємодії між призначеними для користувача кінцевими обладнанням і комп'ютерами (з *номерами логічних каналів,* НЛК*),* підтвердження пакетів, відміни пакетів, а також забезпечення відновлення від помилок і управління потоком. Стандарт забезпечує також деякі дуже корисні можливості, такі, як передача *пакетів від* передавального пристрою до іншого пристрою.

Протокол X.25 не містить *алгоритмів маршрутизації.* Такі особливості, як схеми фіксованої або динамічної маршрутизації пакетів в мережі мають місце при специфіці реалізації, ця специфіка повністю визначається при постачанні системи. Інтерфейси обладнання зв`язку на кожному кінці мережі не залежать один від одного в значенні того, як X.25 визначає їх діалоги з відповідними вузлами мережі, проте цей *стандарт* забезпечує наскрізне (end-to-end) узгодження, оскільки виділений трафік пересилається між кінцевими пунктами мережі. В той же час стандарт, що рекомендується, є асиметричним, оскільки визначається тільки одна сторона інтерфейсу мережі.

На рисунку 3.1 показано місце стандарту X.25 в структурі мережі відносно засобів перемикання і маршрутизації. Потік передається з пристрою А в проміжний вузол, який може бути вузлом входу

користувача в мережу. В цьому вузлі користувача А обслуговують: фізичний рівень (1), рівень передавання даних (2, LAPB) і мережевий рівень (3, X.25). В даному прикладі користувач А ідентифікує себе в мережі номером логічного каналу (НЛК) 11.

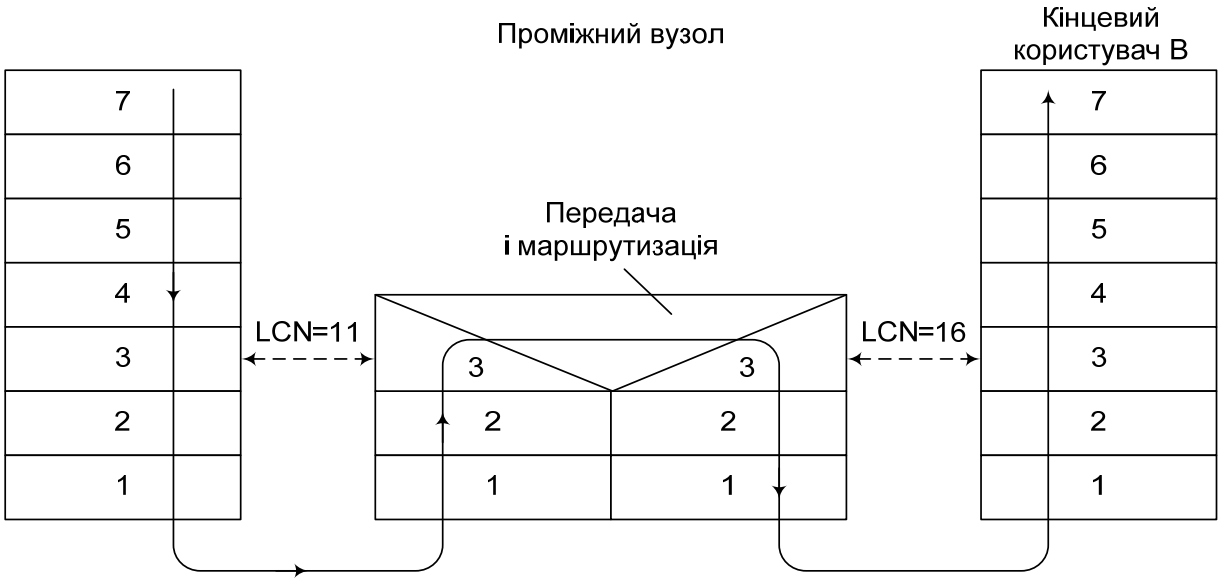


Рисунок 3.1 – Стандарт X.25 і передавання/маршрутизація

Далі дані поступають до програмних засобів маршрутизації, які виконують функції комутації. Ці функції є частиною стандарту X.25. Після цього дані повертаються в X.25 (і в більш низькі рівні) і виводяться з проміжного вузла (який може бути мережевим вузлом користувача В) в кінцеве устаткування користувача В. Мережевий вузол призначає номер логічного каналу 16 для сеансу з користувачем В.

Необхідність застосування стандарту X.25 обумовлена тим, що на рівні передавання даних з HDLC/LAPB забезпечуються тільки виправлення помилок і облік передавання даних.

Стандарт X.25 забезпечує більш високий рівень підтримки цих функцій, встановлюючи облік передавання даних між кожним передавальним кінцевим устаткуванням даних і його мережевим інтерфейсом (вузол входження пакета в мережу) та кожним приймальним кінцевим устаткуванням даних і його мережевим інтерфейсом (вузол виходу пакета з мережі). Іншими словами, забезпечується підтримка від кінця до кінця, чого не дає HDLC/ /LAPB.

Стандарт X.25 забезпечує також більш багаті функціональні можливості, значно ширші за ті, які підтримані протоколами передавання даних.

3.2 Рівні стандарту X.25

3.2.1 X.25 і фізичний рівень

Специфікація стандарту X.25 охоплює не тільки третій рівень моделі МОС, але і більш низькі рівні. Інтерфейс фізичного рівня між кінцевим устаткуванням даних та його інтерфейсом визначається стандартом X.21. Стандарт X.25 припускає, що стандарт фізичного рівня X.21 містить кола T (передача) і R (прийом), які готові для обміну пакетами. Він також припускає, що X.21 містить стан 13S (посилання даних), 13R (прийом даних) і 13 (передача даних). Далі X.25 припускає, що в X.21 активні канали C (контроль) і I (індикація). Враховуючи те, що C і I активні, X. 25 використовує фізичний інтерфейс X.21 як «канал пакетів», виконуючи передавання і приймання пакетів через лінії передавання (T) і приймання (R).

Оскільки в багатьох країнах стандарт X.21 не використовується широко, в X.25 передбачено застосування фізичного інтерфейсу X.21 bis/RS-232-C. І X.21 bis, і RS-232-C використовують призначення ланцюгів, яке визначене в стандарті V.24 МККТТ.

Крім того мережі на основі X.25 можуть діяти і з іншими стандартами фізичних рівнів (наприклад, з RS-449 і V.35).

Основні контакти RS-232-C і V.24, які необхідні X.25, наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Контакти стандарту X.25

	RS-232-C	V.24
Дані відправлення	BA	103
Дані приймання	CA	104
Вимоги відправлення Очищення для відправлення	BB CB	105 106
Готовність набора даних	CC	107
Готовність керуючого пристрою	CD	108,2
Винайдення несучої	CF	109

Фізичний рівень X.25 не виконує ніяких істотних функцій контролю, тому що контроль забезпечується рівнем передавання даних і мережевим рівнем.

3.2.2 X.25 і рівень передавання даних

У стандарті X.25 передбачається, що рівень передавання данних– LAPB. Цей лінійний протокол є підмножиною надмножини HDLC. Це дозволяє, але не зобов'язує використовувати LAP. Виробники мереж також використовують і інші способи управління на цьому рівні, наприклад bisync.

Пакет X.25 транспортується в кадрі LAPB як поле I (інформаційне). Задачею LAPB є забезпечення того, щоб пакети X.25 передавалися безпомилково по каналу, який потенційно припускає помилку між обладнанням та інтерфейсом. (Відмінність пакета і кадру полягає і в тому, що перший створюється на мережевому рівні і вбудовується в кадр, який сам створюється на рівні передавання даних.)

У LAPB використовується особлива підмножина для підтримки X.25, що складається з тринадцяти команд і відповідних відгуків:

Команди:	Відгуки:
Інформація (I)	Готовність до прийому (ГПР)
Готовність до прийому (ГПР)	Не прийом (НПР)
Не прийом (НПР)	Немає готовності до прийому (НГПР)
Немає готовності до прийому (НГПР)	Ненумероване підтвердження (НП)
Розєднання (РЗД)	
Встановлення режиму асинхронної відповіді (УРАО)	Не приймання кадру (НПРК)
Встановлення асинхронного збалансованого режиму (УРАС)_	Фаза роз’єднання (ФРЗД)

Як видно з цього переліку, дані в полі I не можуть бути відправлені як відгук. Відповідно до правил HDLC за адресацією це означає, що I-кадри завжди містять адресу призначення, яка усуває будь-яку неоднозначність при встановленні правильної інтерпретації кадру. Якщо, наприклад, станція A приймає кадр НПР з адресою A, то ясно, що одержана команда. Якщо ж в кадрі НПР міститься адреса B, то станція визначає, що одержаний відгук.

X.25 потребує, щоб LAPB використовував особливі адреси на рівні передавання даних. Так абонент повинен бути A (бінарне 11000000), а вузол мережі повинен бути B (бінарне 10000000).

X.25, як і LAPB, використовують кількості передавань (S) і прийомів (R) для обліку проходжень у відповідних рівнях. В LAPB ці кількості описані як N(S) і N(R). В X.25 використовуються позначення P(S) і P(R).

3.2.3 Стандарти, супутні X.25

Використання X.25 припускає наявність також деяких інших стандартів на додаток до тих, які відносяться до рівнів фізичному і ланки даних. Рекомендації X.25 роблять посилання на такі стандарти:

X.1 – класи обслуговування користувачів;
X.2 – можливості користувача;
X.10 – категорії доступу;
X.92 – зв'язок повідомлень для пакетів з передаванням даних;
X.121– схема міжнародної нумерації;
X.213 – служби мережі.

У X.25 використана значна кількість термінів з телефонії (канали, ланцюги, виклики і т.д.). Ці терміни будуть визначені в контексті комутації пакетів для даного розділу.

3.3 Характеристики X.25

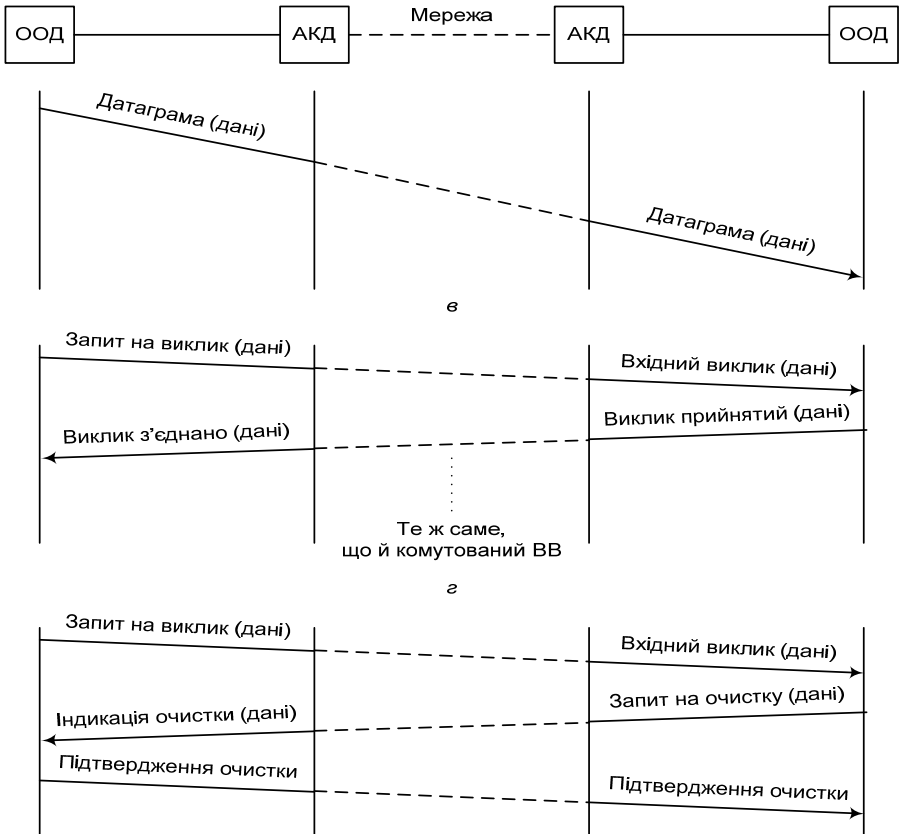
Стандарт X.25 діє на основі передумови обслуговування віртуальних ланцюгів. Віртуальний ланцюг (в термінах X.25 логічний каналом) є ланцюгом, відносно якого користувач вважає, що цей ланцюг існує і фізично підключений до комп'ютера, який він використовує, хоча насправді «виділений» фізичний ланцюг розподілений для багатьох користувачів. Тому за допомогою методів мультиплексування пакети різних користувачів перекриваються в одному і тому ж фізичному каналі. В ідеальному випадку пропускна спроможність каналу вважається придатною при гарантії того, що будь-який з користувачів не помітить погіршення обслуговування при проходженні через канал інших користувачів. В X.25 використовуються номери логічних каналів (НЛК) для ідентифікації підключень абонентів в мережу. Одному фізичному каналу можна призначити до 4095 логічних каналів і призначених для користувача сесій.

3.3.1 Канальні режими

Стандарт X.25 забезпечує чотири механізми для створення і підтримки комунікацій:

- постійний віртуальний ланцюг (ПВЛ);
- віртуальний виклик (ВВ);
- виклик зі швидким вибором;
- виклик зі швидким вибором і негайним очищенням.

Постійний віртуальний ланцюг (ПВЛ). Постійний віртуальний ланцюг аналогічний орендованій лінії в телефонній мережі. Передавачу гарантовано з'єднання з приймачем в пакетній мережі (рисунок 3.2,а*)*. Стандарт Х.25 вимагає створення віртуального ланцюга до початку сесії. Отже, повинна бути досягнута угода між двома користувачами і власником пакетної мережі з питання створення постійного віртуального з'єднання. Після цього при посиланні передавачем в мережу в пакеті буде



а) – постійне віртуальне коло (ПВК) в Х.25; б) віртуальний виклик(ВВ) в Х.25
в) – дейтаграма (не підтримується стандартом Х.25); г) – виклик зі швидким вибором в Х.25; д) швидкий виклик з негайною очисткою в Х.25

Рисунок 3.2 – Режими роботи пакетних мереж

міститися ідентифікуюча інформація, яка указуватиме на те, що передавач має постійне віртуальне з'єднання з приймачем. Отже, мережею і приймачем буде встановлено з'єднання без арбітражу і угод про сесію. ПВЛ не вимагає процедур установлення виклику чи очищення, а логічний канал постійно знаходиться в стані передачі даних.

Віртуальний виклик. Віртуальний виклик схожий на деякі з процедур, пов'язаних з телефонними лініями, по яких здійснюється набір номерів. Процес показаний на рисунку 3.2, б. Передавач посилає пакет запиту на виклик в мережу, він має номер логічного каналу 11 (НЛК). Мережа передає пакет запиту на виклик як вхідний пакет виклику з вузла мережі з НЛК, рівний 16.

Логічна нумерація каналів виконана в кожному кінці мережі. Головною вимогою є те, щоб специфічні сесії між каналами всякий раз ідентифікувалися НЛК 11 і НЛК 16. Логічні канали специфічно ідентифікують сеанси різних користувачів для кожного фізичного ланцюга на кожному кінці мережі. В самій мережі проміжні вузли комутації пакетів також можуть виконувати їх власну нумерацію НЛК. Так мережа Tymnet виконує цей тип функцій.

Коли приймач ідентифікував і прийняв запит на виклик, він посилає в мережу пакет прийому виклику. Мережа передає цей пакет ініціювавшому запит пристрою у формі пакета з'єднання виклику. Канал переходить в стан передавання даних після того, як зв'язок встановлений. Для завершення сеансу будь-який з пристроїв посилає запит на очищення каналу. Він сприймається як вказник очищення і підтверджується за допомогою пакета підтвердження очищення.

Засіб дейтаграм. Засіб дейтаграм є видом обслуговування без з'єднань. Служба дейтаграм створена в ранніх версіях стандарту (рисунок 3.2, в). Служба дейтаграм зберігається і як важлива особливість інших мереж, що очевидно із стандарту 802 IEEE.

Швидкий вибір. Головна передумова використання дейтаграм має сенс для деяких ситуацій, наприклад, для таких, в яких відбувається мало транзакцій або ж сеанси короткі. Згодом засіб швидкого вибору був введений в стандарт.

Швидкий вибір забезпечується для двох режимів. Перший режим – виклик зі швидким вибором, показаний на рисунку 3.2, (г). пристрій з`єднання може використовувати цей засіб під час виклику до вузла мережі, вказуючи відповідний запит в головній мітці пакета. Засіб швидкого вибору дозволяє розміщувати в пакеті запиту виклику до 128 байтів. Пристрій виклику може відповідати пакетом прийому виклику, який містить дані користувача. Пакет запиту виклику (вхідного виклику) визначає необхідність віддаленого пристрою робити запит на очищення або прийом виклику. Якщо передається пакет прийому виклику, сеанс X.25 продовжується нормальним передаванням даних і процедурами очищення включеного віртуального виклику.

Швидкий вибір також виконує режим *швидкий виклик з негайним очищенням.* Цей режим показаний на рисунку 3.2, *д.* Як і у випадках з іншими режимами швидкого вибору, пакет запиту виклику може містити дані користувача. Цей пакет пересилається через мережу до приймача, який після прийому пакета посилає запит на очищення, що також містить дані користувача. Запит на очищення приймається в початковому вузлі як пакет індикації очищення. Ця сторона повертає підтвердження очищення. Пакет підтвердження очищення не може містити даних користувача. Таким чином, прямий пакет встановлює з'єднання в мережі, а зворотний пакет розриває це з'єднання.

Ідея швидкого вибору полягає в забезпеченні роботи додатків користувача, в яких виділяються одна-дві транзакції, наприклад запит – відповідь (запит про рівень цін, перевірка кредитного чека, пересилання фондів). В таких прикладних областях неможливо ефективно використовувати віртуальний виклик переключення, через накладні витрати і затримки, що необхідні при ініціалізації і знятті сеансу. Більш того, в цих прикладних областях неможливо успішно використовувати і постійний віртуальний ланцюг, оскільки його випадкове використання не гарантує постійного виділення ресурсів в робочих вузлах.

Швидкий вибір був розроблений для прикладного використання, орієнтованого на транзакції. Проте його використання при віддаленому введенні завдань (RJE) і передаванні великих файлів також надає користувачам зручності. Наприклад, запит на виклик в режимі швидкого вибору може містити 128 байтів даних користувача, які можуть бути перевірені приймачем з метою визначення, чи здатний він приймати тривалий і інтенсивний потік даних. Підтвердження прийому виклику гарантує дозвіл на зв'язок – можливо, з урахуванням правил, як управляти передаванням даних між кінцевими користувачами.

3.4 Принципи управління потоком

Стандарт X.25 дозволяє пристрою користувача або пакетному обміну (DSE) обмежувати ступінь сприйняття пакетів. Ця властивість дуже корисна в запобіганні надмірному потоку на вході в будь-яку приймальну станцію.

Управління потоком можна організувати окремо для кожного напрямку. Управління грунтується на алгоритмах самих станцій. Управління потоком реалізується пакетами X.25, а також за допомогою послідовних номерів рівня пакетів.

3.5 Інші типи пакетів

Крім пакетів, описаних вище в п. 3.3 рекомендовано використання декількох інших типів пакетів. Ці пакети обговорюються нижче.

Процедура *переривання* дозволяє пристрою зв`язку послати один пакет без послідовності до іншого пристрою зв`язку без нормальної процедури управління потоком, яка встановлена в X.25. Процедура переривання ефективна у випадках, коли прикладне застосування вимагає передавання даних за незвичайних умов. Наприклад, високопріоритетне повідомлення може бути передано як пакет переривання для забезпечення прийому даних приймаючем. Дані користувача (32 байт) містяться у

пакеті переривання. Застосування переривань не впливає на регулярні пакети даних в режимах віртуального виклику або постійного віртуального ланцюга. Пакет переривання вимагає підтвердження переривання до того, як інший пакет переривання може бути переданий по логічному каналу.

Готовність до прийому (ГПР) *і неготовність до прийому* (НГПР) – ці пакети використовуються абсолютно таким же чином, як і команди в HDLC і підмножині LAPB. Вони виконують важливу функцію управління потоком з боку пристрою користувача. Обидва ці пакети забезпечують послідовний номер приймальної сторони у відповідному полі пакета, щоб вказати послідовний номер наступного пакета, який очікується від передавача. Пакет ГПР звичайно повідомляє передавачу про початок посилання пакетів даних, а також використовує послідовний номер приймача для ропізнавання будь-яких раніше прийнятих пакетів. Ця процедура виконується коли немає пакетів даних, які потрібно переправити назад до передавача.

Пакет НГПР інформує передавальну станцію припинити посилання пакетів. Цей пакет використовує поле послідовності посилання для розпізнавання раніше відісланого пакета. Частина НГПР використовується, якщо станція тимчасово не може приймати потік. Таким чином, пакети обох типів забезпечують управління потоком. Слід помітити, що видача НГПР для окремого пристрою зв`язку, примусить видати НГПР для інших пристроїв зв'язку для запобігання надмірним потокам в мережі.

Ці два типи пакетів забезпечують X.25 додатковим видом управління потоком даних LAPB. Тому управління потоками і вікна забезпечуються і на рівні зв'язку даних LAPB, і на мережевому рівні X.25. Проте рівень зв'язку даних не забезпечує ефективного управління потоками для окремих призначених пристроїв користувача (DTE): а на мережевому рівні X.25 використання ГПР і НГПР для номерів окремих логічних каналів може завершити індивідуальне управління потоками. Це логічне управління можна виконати будь-яким об'єктом, який має свій номер логічного каналу (термінали, персональні ЕОМ, прикладні програми). В деяких мережах блоки номерів логічних каналів призначаються для серверів, і вони організовують логічний канал для своїх підключених терміналів і програм.

Пакет *неприйому* (НПР) певним чином відкидає прийняті пакети. У випадку якщо використовується цей пакет, то станція вимагає повторної передачі пакетів, починаючи з номера, вказаного в полі послідовного номера прийому.

Пакети *скидання* повторно інціалізують комутований віртуальний виклик або постійний віртуальний ланцюг. Процедура скидання видаляє всі пакети даних переривань, які опинилися в мережі між двома станціями (для сеансу в одному логічному каналі). Ця процедура необхідна, якщо виникають проблеми, такі як втрата пакетів, дублювання пакетів, або ж

порушена послідовність пакетів. Скидання застосовується тільки в стані передавання даних. Процедура скидання може задаватися пристроєм (запит скидання) або мережею (індикація скидання).

Процедура *рестарту* звичайно ініціалізувала вперше або повторно інтерфейс пристрій-вузол пакетного рівня. До фізичного порта може бути приєднано до 4095 логічних каналів. Процедура знімає всі віртуальні виклики і скидає всі постійні віртуальні ланцюги на рівні інтерфейсу. Рестарт може відбутися в результаті серйозної проблеми, такої як ушкодження всієї мережі (наприклад, вихід з ладу управляючого центра мережі). Всі недозволені пакети втрачаються і повинні бути відновлені протоколом більш високого рівня.

Іноді мережа використовує рестарт для повторної ініціалізації і запуску системи з метою гарантування нового формування всіх сеансів. Коли пристрій видає рестарт, мережа повинна спрямувати рестарт всім пристроям, які мають сеанси віртуального ланцюга. Пакети рестарту також можуть містити коди, які вказують на причину рестарту.

В мережі X.25 можливі втрати пакетів. Пакети очищення, скидання і рестарту повинні очищати мережу від недоставлених за призначенням пакетів. В цій ситуації немає нічого незвичайного, оскільки ці пакети управління часто надходять у вузол призначення раніше будь-яких пакетів з даними користувачів. Пакети управління не піддаються затримкам, які властиві процедурам управління потоками, що використовувались до пакетів даних користувача. Отже, потрібні протоколи більш високого рівня, щоб врахувати втрати цих пакетів.

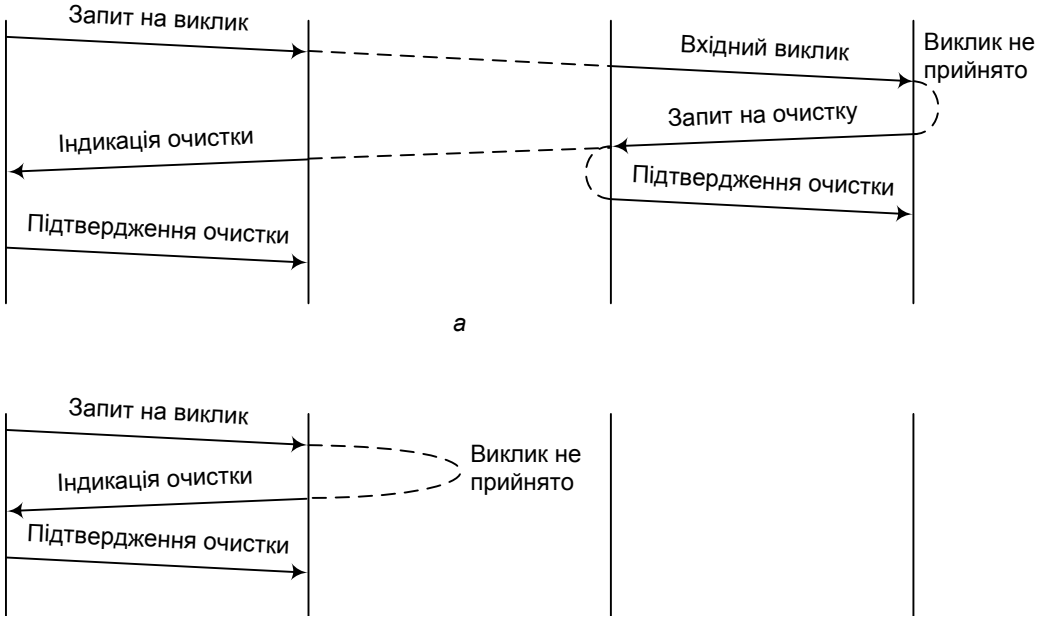
Пакет *очищення* використовується при реалізації багатьох функцій X.25, проте в першу чергу – для очищення сеансу. Одне з інших застосувань полягає в індикації невиконання запиту на виклик. Якщо віддалений пристрій відкидає виклик (наприклад, через брак ресурсів), він видає запит очищення до свого мережного вузла. Пакет пересилається по мережі до початкового вузла мережі і одержує вказання для очищення (рисунок 3.3,а). Якщо мережа не може виконати виклик (наприклад, видалений вузол мережі не має вільного логічного каналу або ж мережа переповнена), вона повинна відіслати вказання для очищення початковому пристрою (рисунок 3.3,б). Четвертий байт пакета містить бітовий код, який вказує причину очищення. Один з цих кодів справді унікальний: він використовується в морських комунікаціях для вказання того, що корабель зник (затонув?!) і не може прийняти виклик по радіо або через супутник. Стандарт X.25 забезпечує різні коди для вказання причин пакета очищення.

Діагностичний пакет використовується мережею X.25 для вказання певних умов, які не усуваються іншими методами, такими, як повторне установлення або рестарт. Діагностичний пакет з НЛК=0 використовується тільки один раз для конкретної проблеми: для цього пакета не вимагається

підтвердження. Стандарт X.25 визначає 66 діагностичних кодів для допомоги при виявленні проблем мережі. Ці ж коди можуть бути використані пакетами очищення, встановлення і рестарту заново.

Нижче наводяться приклади діагностичних кодів X.25:

- неідентифікований пакет;
- пакет дуже великий або дуже короткий;
- підтвердження несанкціонованого переривання;
- вичерпаний ліміт часу;



а) - неприйом виклику цільовим пристроєм зв`язку
б) – відмова мережі від прийому виклику

Рисунок 3.3 – Пакети виклику в X.25

- неправильно задана адреса;
- немає допустимого логічного каналу;
- засіб не забезпечений;
- невідома міжнародна адреса;
- проблема у видаленій мережі;
- постійна проблема маршрутизації мережі.

І нарешті, пакети *реєстрації* використовуються для виклику або підтвердження можливостей X.25 Це дозволяє кінцевому користувачу вимагати змін в робочому режимі мережі без ручного втручання або ж при відмові від рішення запиту мережі. Підтвердження реєстрації повертається для забезпечення статусу запиту.

3.6 Стани логічного каналу X.25

Стани логічного каналу забезпечують основу для організації з'єднань в каналі. При використанні різних типів пакетів логічний канал може приймати такі стани:

Номер стана	Опис стана
P1 або d1 або r1	Рівень пакета готовий
P2	Чекання ООД
P3	Чекання АКД
P5	Суперечливі виклики
P4	Передавання даних
P6	Запит очистки ООД
P7	Запит очистки АКД
D2	Запит переустановлення ООД
D3	Запит переустановлення АКД
R2	Запит реостата ООД
R3	Запит реостата АКД

В таблиці 3.3 наведений приклад організації виклику для роз'яснення того, як використовуються стани каналу.

Таблиця 3.3- Процедура організації виклику (приклад)

Послідовність подій	Пакет	Від	До	Початко-вий стан каналу	Поточ-ний стан
1	Запит виклику	Локальний ООД	Локальний АКД	p1	P2
2	Вхідний виклик	Віддалений АКД	Віддалений ООД	p1	P3
3	Виклик прийнятий	Віддалений ООД	Віддалений АКД	p3	P4
4	Виклик з'єднаний	Локальний АКД	Локальний ООД	p2	P4

3.7 Час простою і часові обмеження

Більшість комунікаційних протоколів мають таймери, і X.25 не є винятком.

Таймери використовуються для установлення обмежень на тривалість з'єднань, очищення каналів, рестарту мережі і т.д. Без таких таймерів користувач може нескінченно чекати на деяку подію, якщо вона не виконується.

Таймери підсилюють можливості X.25 при рішеннях проблематичної ситуації, вони сприяють відновленню при помилках.

X.25 забезпечує часові межі для пристроїв і час простою (timeouts) для вузла. Також визначені ситуації, що виникають при перевищенні меж часу.

В усіх випадках, якщо проблема не вирішується, а таймери знову запускаються з нуля, то необхідно вважати що канал вийшов з ладу, а від мережі вимагається виконання заходів для усунення даних неполадок.

3.8 Формати пакетів

Довжина поля даних в пакеті даних за замовчуванням дорівнює 128 байт. В стандарті X.25 доступні також інші значення довжини поля: 16, 32, 64, 256, 512, 1024, 2048 і 4096 байт. Якщо довжина поля даних користувача в пакеті перевищує максимально припустиму довжину даних у мережі, то приймач скине віртуальний виклик і сформує пакет скидання.

Кожний пакет, що перетинає інтерфейс пристрій/вузол, при вході в мережу повинен містити меншою мірою 3 байти. Ці байти містять головну мітку пакета. Інші байти також можуть бути використані для уточнення головної мітки. Головна мітка для пакетів з даними і без даних показана на рисунку 3.4. Перші 4 біт першого байта головної мітки містять номер логічного каналу.

Останні 4 біт першого байта містять ідентифікатор загального формату. Біти 5 і 6 ідентифікатора (SS) використовуються для вказання руху пакетів у сеансі. У X.25 припустимі два види проходження. Перший - за модулем 8, що забезпечує номера проходження 0—7. Другий – за модулем 128, у якому припустимі номери проходження 0—127. Сьомий біт, чи біт D, ідентифікатора загального формату використовується тільки з деякими пакетами (біт D буде коротко обговорений). Восьмий біт, чи біт Q, використовується тільки для пакетів даних кінцевого користувача. Він дає уточнення рівня (одного чи двох) даних користувача в мережі.

Другий байт головної мітки пакета містить номер логічного каналу (НЛК). Це 8-бітове поле разом з номером групи логічних каналів забезпечує повну ідентифікацію логічного каналу, яка складається з 12 біт. Це дає можливість застосування 4095 логічних каналів (2^{12} без каналу з номером 0). НЛК із номером 0 зарезервований для керування (пакети рестарту і діагностики). Мережі використовують ці поля різними способами. Деякі мережі сприймають їх разом, інші трактують їх як різні поля.

Номера логічних каналів (рисунок 3.5) використовуються для ідентифікації пакета.

Номери можуть бути призначені: а) постійним віртуальним цілям, б) однобічним вхідним викликам, в) двобічним викликам, г) однобічним вихідним викликам. Термін «однобічний» відноситься до позначення напрямку, у якому виконується установлення виклику. Можливе

Байт 3 Байт 2 Байт 1

Дані користувача	P (R) XXX	M	P (S) XXX	0	LCN xxxxxxxx	Q D SS	LCGN XXXX

а)

Байт 3 Байт2 Байт1

Інші байти	Ідентифікатор типу пакета XXXXXXX1	LCN XXXXXXXX	Q D SS	LCGN XXXX

б)

Засоби 00	FFL XXXXXX	TDA XXXXXXXX	RDA XXXXXXXX	TDAL XXXX	RDAL XXXX	

в)

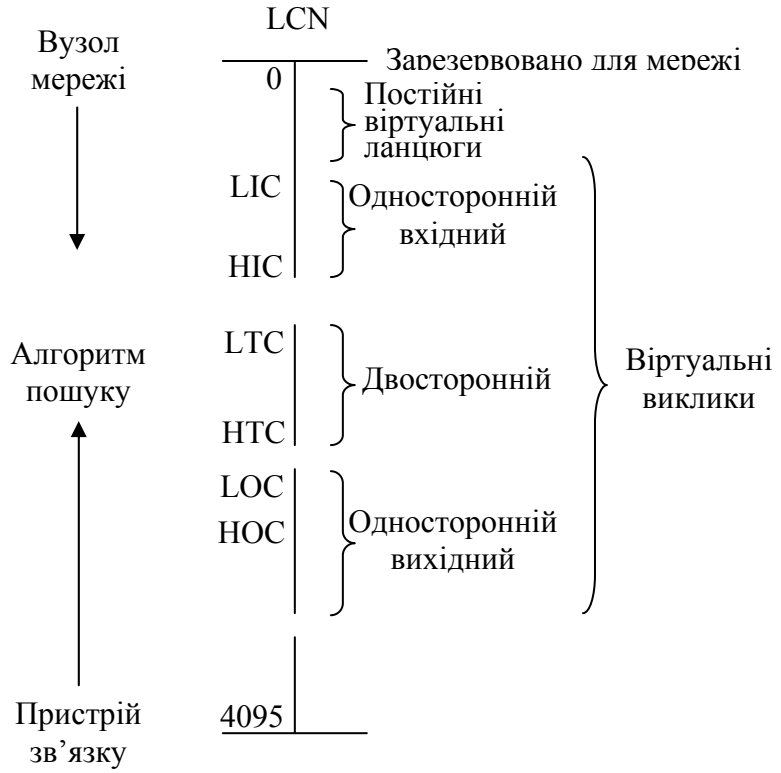
Біти

	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Ідентифікатор загального формату 0 0 0 1				Номер групи логічних Каналів			
2	Номер логічного каналу							
3	Ідентифікатор типу пакет 0 0 0 0 1 0 1 1							
4	Довжина адреси пристрою виклику зв`язку				Довжина адреси пристрою виклику зв`язку			
	Адреси пристроїв							
	Довжина засобів							
	Засоби							
	Дані виклику							

г)

а-головна мітка пакета даних; обчислення за модулем 128 використовують 4 байти для розширеної нумерації послідовностей; SS=1 для обчислення за модулем 8, SS=10 для обчислення за модулю 128; б- формат головної мітки ; в-формат пакета, який не утримує даних);
P(R) : номер приймальної послідовності; M: індикатор категорії пакета; P(S) : номер послідовності посилання; LCN ; номер логічного каналу; Q : біт кваліфікації; *D :* біт підтвердження доставки: SS : біти обчисленні за модулем; LCGN : група логічних каналів; FFL : довжина поля засобів; TDA ; адреса передавача : RDA : адреса приймача: TDAL : довжина адреси передавача: RDAL : довжина адреси приймача;
г- інший формат пакета X.25.

Рисунок 3.4 – Формати пакетів X.25



LCN – номер логічного каналу; LIC – найнижчий вхідний канал; HIC – вищий вхідний канал; LTC – найнижчий двосторонній канал; HTC-вищий двосторонній канал; LOC – найнижчий вихідний канал; HOC – вищий вихідний канал.

Рисунок 3.5 – Логічні канали X.25

використання одного і того ж НЛК при початку процесу зв'язку. Наприклад, пристрій у запиті виклику використовує той самий НЛК, що й вузол у з'єднанні виклику. Щоб уникнути цієї випадковості, мережа починає нумерацію з менших номерів, а пристрій – з більших. Якщо ж вихідний виклик (запит виклику) від пристрою має той же НЛК, що і вхідний виклик (з'єднання виклику) від мережних вузлів, то, згідно з X.25, робиться висновок, що вхідний виклик повинен бути очищений, а запит на виклик – оброблений.

Третій байт головної мітки пакета X.25 є байтом ідентифікації типу пакета для пакетів, що не є даними, і байтом послідовності для пакетів-даних. Це поле ідентифікує специфічні типи пакетів, що не є даними.

Рисунок 3.4, (в) ілюструє додаткові поля в пакеті X.25. Для пакетів організації виклику включаються адреси пристроїв зв`язку і довжина адреси. Угода про адресацію повинна бути заснована на такому стандарті, як X.121. Поля адрес можуть знаходитися в кожному від четвертого до дев'ятнадцятого байта (найбільша довжина) пакета запиту на виклик. Ці поля адрес використовуються в пакетах організації виклику для ідентифікації станцій. Отже, мережа використовує пов'язані номери логічних каналів для ідентифікації сеансів. Крім цього також можуть бути

використані поля засобів X.25 у випадку, якщо використовують можливості, що містяться в цьому стандарті. І нарешті, дані за запитом користувача можуть знаходитися в пакеті. Максимальна довжина даних користувача у пакеті запиту виклику складає 16 байт. Це поле ефективне для вхідних даних, таких як паролі, облікова інформація для приймачів. Воно також використовується для протоколу X.29, для деяких режимів, таких як швидкий вибір.

Головна мітка пакета модифікується для забезпечення руху даних через мережу. Як видно з рисунку 3.4, *а,* третій байт мітки, резервний для ідентифікатора типу пакета, розподіленого на чотири окремих поля.

Ці поля мають такі функції. Перший біт, що має значення 0, ідентифікує пакет як пакет даних. Три байти надані номеру послідовності відсилання пакета. Один біт відведений функції M (про це докладніше нижче). Три інших біти надані номеру послідовності прийому пакета. Коротко розглянемо, як використовуються всі ці поля. Однак відзначимо, що номери послідовностей існують як на цьому рівні (мережному), так і на рівні зв'язку даних (HDLC/LAPB).

Більшість виробників мереж і велика частина документів описують формат пакета так, як показано на рисунку 3.4, *г.* Сутність пакета залишається тією ж, різниця лише в тому, що байти розташовані за принципом «бутерброда», а не послідовно, як на рисунку 3.4, *а-в.*

Номера посилки і прийому використовуються для координації і розпізнавання передавання між пристроєм зв`язку і вузлом. За рухом пакета крізь мережу від вузла до вузла послідовні номери можуть змінюватися в моменти переходу через ці вузли. Проте приймачі повинні знати, який саме номер послідовності прийому пакета необхідно послати назад передавачу для правильної ідентифікації конкретного пакета. Ці можливості X.25 подібні можливостям другого рівня ВОС, а саме, керування зв'язком даних. Використання номера приймача P(R) і номера передавача P(S) на мережевому рівні вимагає, щоб P(R) було на одиницю більше, ніж P(R) у пакеті даних. Протокол X.25 та HDLC/LAPB забезпечують незалежні нумерації послідовностей (R) і (S).

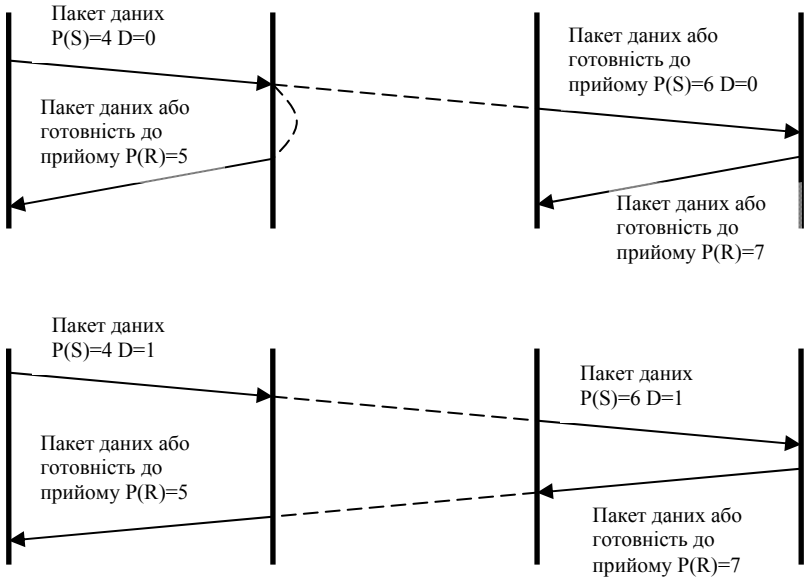
3.8.1 Біт D

Біт підтвердження доставки D використовується для однієї з двох можливостей. По-перше, коли біт встановлений у 0, то значення P(R) показує, як саме ідентифікований прийом пакета даних мережею. По-друге, коли біт D встановлений у 1, то поле P(R) використовується для наскрізної ідентифікації пакета, тобто від одного пристрою зв`язку до іншого пристрою зв`язку. Функції біта D показані на рисунку 3.6.

При використанні режиму з бітом D, рівним 1, X.25 припускає наявність однієї з функцій транспортного рівня – наскрізного обліку.

3.8.2 Біт M

Біт M ідентифікує зв'язану послідовність пакетів, переданих через мережу. Цей засіб допомагає мережі та пристрою зв'язку зберігати коректну ідентифікацію блоків даних, якщо мережа розділяє ці блоки на більш короткі пакети. Наприклад, блок даних, що має відношення до бази даних, необхідно передати на деякий пристрій зв'язку. Це засіб украй важливий, коли мережі взаємодіють одна з одною.

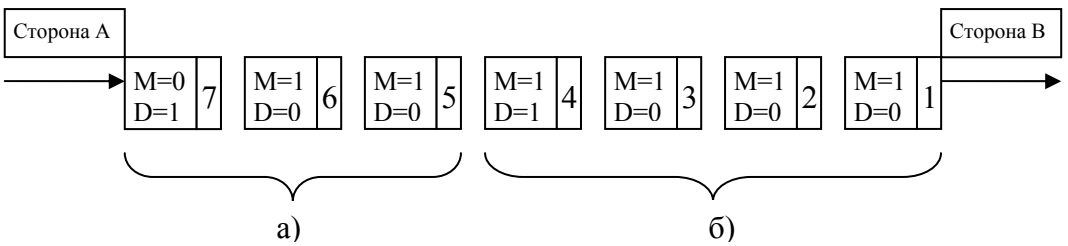


а-біт D встановлений у 0; б-біт D встановлений у 1

Рисунок 3.6 – Біт D у X.25

3.8.3 Пакети A і B

Комбінації пакетів M і D забезпечують дві категорії пакетів у мережах X.25 ці категорії позначаються A і B. Вони дозволяють пристрою зв'язку і вузлу показувати послідовність не більше ніж одного пакета (рисунок 3.7), а також дозволяють мережі комбінувати пакети. X.25 визначають повну послідовність пакетів, як одиничний пакет категорії B, а всі попередні чи наступні, як категорії A.



а – пакети можуть об'єднуватися наприкінці послідовності; б – пакети можуть об'єднуватися

Рисунок 3.7 – Пакети категорії A і B у X.25.

Пакети категорії В також завершують послідовність пакетів. І навпаки, пакети категорії А знову подають вхідні пакети, вони повинні бути заповнені з М-1 і D-0. Тільки пакети В можуть мати біт D, рівний 1, для ідентифікації наскрізного (end-to-end) зв'язку. Пакети категорії А і безпосередньо наступний пакет В можуть бути скомбіновані мережею в один пакет. Пакети В самі по собі повинні містити при цьому окремі пакети, як окремі об`єкти. Комбіновані пакети можуть виявитися ефективними, коли пакети різні за розмірами і проходять по одному маршруту, або при взаємодії різних мереж, коли підмережі використовують пакети різних розмірів. Цей механізм дозволяє пересилати пакети як логічне ціле. Саме в таких випадках біт М може використовуватися для вказання приймачу, що потік пакетів є зв'язаною послідовністю.

Таблиця 3.5 показує, як Х.25 трактує біти М і D, передані пристроєм зв`язку.

Таблиця 3.5 – Обробка бітів М і D від вихідного DTE в мережах Х.25

Категорія	Біт М	Біт D	Пакет повний ?	Чи є комбінацією з наступними пакетами ?
В	0 або 1	0	Ні	Ні
В	0	1	»	»
В	1	1	»	»
В	0	0	»	»
В	0	1	»	»
В	1	1	»	»
А	1	0	»	Так

Метою бітів М і D є комбінування пакетів. Наприклад, якщо поле даних приймача довше, ніж поле передавача, то пакети, що складають повну послідовність, можна скомбінувати засобом мережі. Щоб проілюструвати концепцію, обговоримо потік пакетів з рисунка 3.7. Пакети 1, 2, 3 і 4 зв'язані; установлення біта D у пакетах 1.2 і 3 вказує, що вони є пакетами А. Пакет 4 відноситься до категорії В, він завершує послідовність пакетів і тим самим дозволяє зробити комбінацію з цих пакетів. Пакети 5, 6 і 7 належать до іншої послідовності, і пакет 7 (категорії В) використовує біт М, встановлений у 0, для ідентифікації повної послідовності пакетів.

3.9 Керування потоком, вікна

Стандарт Х.25 використовує методи керування потоками і концепцію вікон, які подібні методам і концепціям HDLC, LAPB, SDLC і

іншим лінійним протоколам. Як видно на рисунку 3.4, пакет даних суміщує два номери послідовності (посилки і прийому) для координації потоку пакетів між пристроєм і вузлом. Схема розширеної нумерації дозволяє в поле номера послідовності ввести найбільший номер, рівний 127. В інтерфейсі пристрій зв`язок-вузол пакети даних знаходяться під розподільним керуванням для кожного напрямку і ґрунтуються на санкціях користувача у формі номерів послідовності чи прийому керуючими пакетами «Готовність до прийому» (ГПР) і «Немає готовності до прийому» (НГПР).

Керування потоками на рівні зв'язку даних і на пакетному рівні необхідне через такі причини. Стандарт X.25 об’єднує багатьох користувачів в один фізичний канал, видача пакетів ПГПР на рівні ланки даних регулює потоки для всіх логічних каналів, з'єднаних у ланцюг. Керування потоками в мережах X.25 допускає більш вибірне регулювання. Більш того, введення нумерації послідовностей у мережевих інтерфейсах додає ще один рівень обліку і закритості даних користувача.

Нумерація пакетів на цьому третьому рівні проходить у такий же спосіб, як це робиться в стандартах другого рівня HDLC/LAPB. Номер послідовності пакета змінюється циклічно в діапазоні від 0 до 7. Якщо використовується схема за модулем 128, то номер змінюється циклічно в діапазоні від 0 до 127.

Потік даних на рисунку 3.6, організований з урахуванням біта D, показує, як номери передавальної та приймальної послідовностей координуються між собою. Подібно HDLC, LABP і SDLC стандарт X.25 використовує вікна, утворені схемою обчислення за модулем 128, для запобігання переповненню пакетів. Хоча в стандарті X.25 рекомендований стандартний розмір близький 2 для кожного з напрямків потоку, мережам доступні інші розміри вікон. Значення 2 обмежує рух пакетів, що не були виконані раніше. Це обмеження зобов'язує приймачі швидше пізнавати пакети. Обмежений розмір вікон також обмежує кількість пакетів, що не одержали дозволу в мережі для будь-якого моменту часу.

3.10 Засоби мереж X.25

Стандарт X.25 містить також додаткові засоби, які наведені нижче. Деякі з цих засобів зовсім не потрібні для сертифікації мережі як «стандарт X.25», але вони забезпечують деякі корисні функції для кінцевих користувачів, а деякі розглядаються як «суттєві» для мереж. Засоби задаються за допомогою спеціальних елементів у пакеті запиту виклику.

Реєстрація засобів. Ця можливість дозволяє пристрою зв`язку у будь-який момент одержати параметри інформації, яка отримана вузлом. Діалог між пристроєм зв`язку і вузлом виконується за допомогою пакетів

реєстрації. Ці пакети вказують на те, чи можна погодитися з параметрами службової інформації.

Розширена нумерація пакетів. Цей засіб забезпечує нумерацію послідовностей за модулем 8 (номери 1—7). Він виявився важливим для подолання проблем з передаванням на великі відстані через супутникові канали зв'язку і радіопередавання.

Модифікація D-біта. Цей засіб призначений для пристрою зв`язку. Засіб дозволяє пристрою зв`язку здійснювати наскрізне (end-to-end) розпізнання пакетів.

Повторне передавання пакетів. Пристрій зв`язку може "зажадати" повторного передавання одного чи декількох пакетів даних від вузлів; пристрій зв`язку визначає помер логічного каналу і значення у відкинутому пакеті. Потім вузол повинен знову послати всі пакети, починаючи з P(R). Цей засіб подібний методу Go-Back-N, що використовується лінійними протоколами на другому рівні моделі ВВС

Виключення вхідних пакетів. Виключення вихідних пакетів. Ці два засоби запобігають доступу вхідних пакетів в пристрій зв`язку і вихідних пакетів з вузла мережі.

Одночасний вихід логічного каналу. Одночасний вхід логічного каналу. Ці два засоби обмежують канал тільки до передавання вихідних викликів чи тільки до передавання прийомних викликів. Ці два засоби подібні попереднім двом засобам, з тією відмінністю, що вони застосовні до окремих каналів.

Нестандартні розміри пакетів за замовчуванням. Засіб призначений для вибору розмірів пакетів за замовчуванням. Можуть використовуватися пакети реєстрації для узгодження розмірів пакетів.

Нестандартні розміри вікон за замовчуванням. Засіб дозволяє розширювати розміри вікон (P(R), P(S)) крім розміру 2 для усіх викликів.

Призначення класів пропускної здатності за замовчуванням. Цей засіб призначений для вибору одного з варіантів пропускної здатності.

Угода про параметри керування потоком. Цей засіб дозволяє, щоб розміри вікна (P(R), P(S)) узгоджувалися на основі виклику. Пристрій зв`язку часто встановлює розміри вікна і пакета під час установлення виклику. Деякі мережі вимагають, щоб ці параметри були однакові для обох пристроїв зв`язку.

Угоди про клас пропускної здатності. Засіб дозволяє узгодити пропускну здатність на основі виклику.

Закриття групи користувачів (ЗГК). Набір засобів дозволяє користувачам утворити групу пристрою зв`язку, доступ до якої обмежений. Засіб ЗГК забезпечує міру таємності безпеки в мережах загального призначення. Засіб має декілька режимів, таких як доступ тільки на вхід чи тільки на вихід із групи. Станція виклику в загальному випадку визначає необхідну закриту групу користувачів у спеціально

виділених полях пакета запиту на виклик. Якщо станція виклику не є членом групи, виклик відкидається мережею.

Двосторонні замкнуті групи користувачів. Це засіб подібний засобу ЗГК, однак дозволяє вводити обмеження доступу між *парами* замкнутих груп пристроїв зв`язку.

Ідентифікація користувацької мережі. Цей засіб дозволяє передавачу надати вузлу мережі інформацію про витрати на зв'язок, секретну й організаційну інформацію за викликом. Якщо ідентифікація неправильна, виклик скасовується.

Інформація про витрати. Засіб дозволяє вузлу мережі надати пристрою зв`язку інформацію про пакетний сеанс.

Вибір зареєстрованих приватних операційних агентств (RPOA). Засіб дозволяє пристрою зв`язку визначити одне чи більш зареєстрованих приватних операційних агентств (RPOA) для роботи з пакетним сеансом. RPOA є власником марки, наприклад AT&T в США.

Група відстеження. Цей засіб розподіляє вхідні виклики по необхідних класах інтерфейсів. Цей засіб дає користувачам здатність вибору безлічі портів на процесорі чи комп'ютері або вибору різних процесорів чи комп'ютерів на станції користувача. Це засіб дуже важливий для організацій з великими обчислювальними потужностями, що вимагають гнучкості в керуванні різними ресурсами. Концептуально це подібно відомому механізму вибору портів, що виявляється в більшості систем.

Перенапрямок виклику. Цей засіб перенаправляє пакети у тих випадках, коли пристрій зв`язку вийшов з ладу, зайнятий чи сам потребує перенаправлення виклику. Він дозволяє перенаправляти виклик дублюючому пристрою зв`язку, що може забезпечувати важливу функцію рішення проблем і усунення неполадок від кінцевого користувача.

Модифіковане вказання адрес ліній виклику. У випадках, коли виклик перенаправлений, цей засіб інформує пристрою виклику про причину, чому адреса виклику в пакетах з'єднання чи виклику вказання очищення відрізняється від адреси в пакеті запиту на виклик.

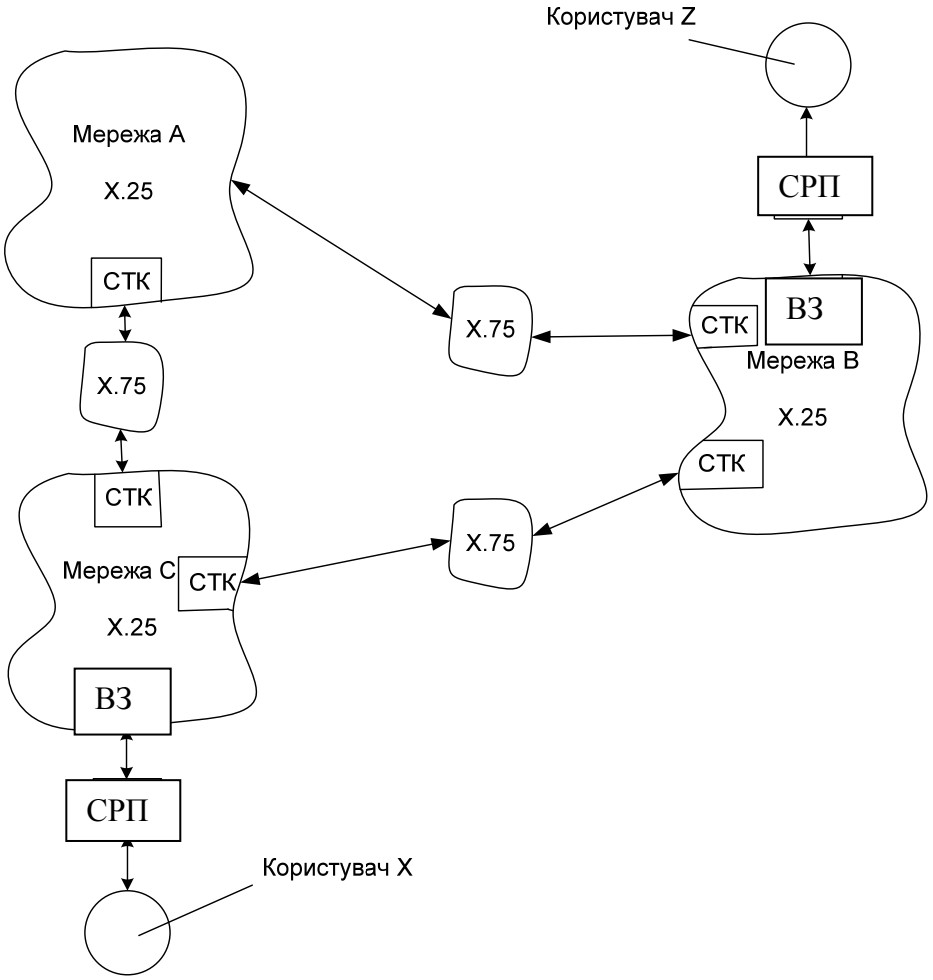
Вказання перенаправлення виклику. У випадках коли виклик перенаправлений, засіб інформує про цю подію альтернативному пристрою зв`язку, а також повідомляє йому причину перенаправлення і адресу пристрою виклику.

Вказання і вибірка часу транзитної затримки. Останній засіб дозволяє пристрою зв`язку вибрати час транзитної затримки при русі пакета через мережу. Засіб дуже важливий для кінцевого користувача тим, що надає деякі можливості керування часом реакції мережі.

Усі розглянуті засоби виконуються за допомогою спеціальних полів у керуючих пакетах мереж X.25. Рисунок 1.4, *в* забезпечує загальний вигляд співвідношення між цими полями в пакетах X.25.

3.11 Протокол X.75

Стандарт X.25 призначений для користувачів, що взаємодіють один з одним через одну мережу. Однак користувачам, що працюють у двох різних мережах, часто необхідно установити взаємодію для спільного використання ресурсів і обміну даними. Стандарт X.75 призначений для того, щоб вирішити цю проблему. Він також використовується в мережах для взаємозв'язку за допомогою обміну пакетами. Метою X.75 є міжмережні взаємодії; він забезпечує засіб передавання для спілкування одного користувача з іншим користувачем через безліч інших мереж. Стандарт X.75 припускає, що в мережах використовуються процедури X.25. На рисунку 3.8 показано, як діють стандарти X.25 і X.75.



СРП – складанняня / розбирання пакетів; СТК – сигнальний термінальний комутатор; ВЗ – вузол зв`язку;

Рисунок 3.8 – Взаємодія мереж через X.25

Користувач у мережі C підключається до СРП і встановлює сеанс X.25 у мережі. Мережа C отримує інформацію, що користувач X бажає спілкуватися з користувачем Z в іншій мережі. За попередньою згодою

мережа С установлює логічний сеанс із користувачем Z у мережі В в стандарті Х.25 з користувачем Z.

Х.75 залишається прозорим для команди користувача; інтерфейс СРП визначений відповідно у стандарті Х.25. Стандарт Х.75 зовсім подібний до Х.25. Він має властивості, схожі на Х.25, такі ж комутовані віртуальні ланцюги, логічні канали, а також деякі з керуючих пакетів. Архітектура розподілена на рівні – фізичний, зв'язку і пакетний, причому Х.75 розміщається над Х.25 у мережевому рівні.

Додатково Х.75 припускає використання у взаємодіючих мережах таких стандартів:

– Х.1: класи послуг користувача;
– Х.92: логічні зв'язки А1, 01;
– Х.180: адміністративні угоди для замкнутих міжнародних груп користувачів.

Стандарт Х.75 визначає функціонування міжнародних засобів на основі комутації пакетів. Він описує, як два термінали можуть бути з'єднані логічно по міжнародній лінії зв'язку, у той час як кожний з них працює у своїй пакетній мережі. Х.75 використовує специфічний термін для позначення інтерфейсу мережі – сигнальний термінальний обмін (СТО).

Рисунок 3.9 показує деякі ключові властивості стандарту Х.75.

А1: коло між двома пересічними шлюзовими комутаторами обміну даних (КОД) в міжнародних з'єднаннях;
G1: коло між початковими КОД і цільовим КОД в міжнародних з'єднаннях;
СТК Х: СТК в міжнародному обміні;
СТК Y: СТК другого міжнародного обміну;

Рисунок 3.9 – Сигнальний термінал, інтерфейси і ланцюги в Х.75

СТО містить дві головні функції – процедури сигналізації про пакети і процедури пересилання пакетів. Сигнальні процедури знаходяться на фізичному рівні моделі ВВС. Подібно Х.25, фізичний рівень може бути реалізований на основі стандарту Х.21 чи відповідних рекомендацій серії

V (наприклад, V.24). Стандарт X.75 потребує, щоб сигналізація проводилася на швидкості 64 кбіт/с (чи, за бажанням, на 48 кбіт/с). Передбачається, що фізичний зв'язок поданий зв'язком даних A1 чи G1 відповідно до рекомендацій X.92.

СТО використовує той же формат пакета, що створюється підмережею на основі X.25. СТО ідентифікує номер логічного каналу для утворення діалогу. Потім СТО направляють потік між взаємозалежними мережами. СТО і X.25 не використовують головну мітку X.25. Інтерфейс СТО подібний інтерфейсу між пристроєм зв`язку і вузлом мережі у X.25.

Стандарт X.75 доповнює поле службових програм мережевого рівня до сеансу між пристроями СТО і не використовує вказання пакета виклику, очищення і прийом виклику, оскільки вони актуальні тільки для інтерфейсу між пристроєм зв`язку і вузлом мережі.

Другий рівень X.75 використовує підмножину HDLC з LAPB (X.75 не підтримує LAP). СТО з X.75 також використовує відповідь «Неприйому кадру» (НПРК) для вказання трьох додаткових ситуацій межею дії звичайного LAPB:

- прийом супервізора кадру APB з бітому P рівним 1;
- прийом несподіваного, ненумерованого підтвердження (МП) чи відповіді про фазу роз'єднання (ФРЗД);
- прийом неправильного поля N(S).

Рівні зв'язку стандартів X.25 і X.75 також підтримують *багатоланцюгову процедуру* (MLP). Ця процедура призначена для використання множинних зв'язків між СТО. MLP встановлює правила для передавання по зв'язках і відновлення послідовностей при посиланні чи одержанні даних по множинних зв'язках.

Багатоланцюгові дії дозволяють використовувати канали паралельного зв'язку між СТО таким чином, що вони виявляються як один канал з великою ємністю.

Багатоланцюгові дії призначені також для забезпечення більшої надійності за ту, яку можуть надати одиничні канали. MLP посилає дані через одиничний зв'язок. Якщо канал зв'язку вийшов з ладу чи створює надлишкові повторні передавання даних, то MLP може розмістити потік по іншому одиничному зв'язку в групі, що відноситься до MLP. Вони також можуть передати множинні копії даних через кілька зв'язків. Приймальний засіб MLP знижує надлишкові копії.

Багатоланцюгові процедури існують на верхній частині рівня каналу зв'язку даних (рисунок 3.10).

Мережевий рівень X.25 приєднаний до одиничного зв'язку, а одиничні зв'язки LAPB діють так, наче вони були підключені прямо до мережевого рівня. MLP відповідає за керування потоками між рівнями 2 і 3, а також за відновлення послідовностей елементів даних для доставки на мережевий рівень.

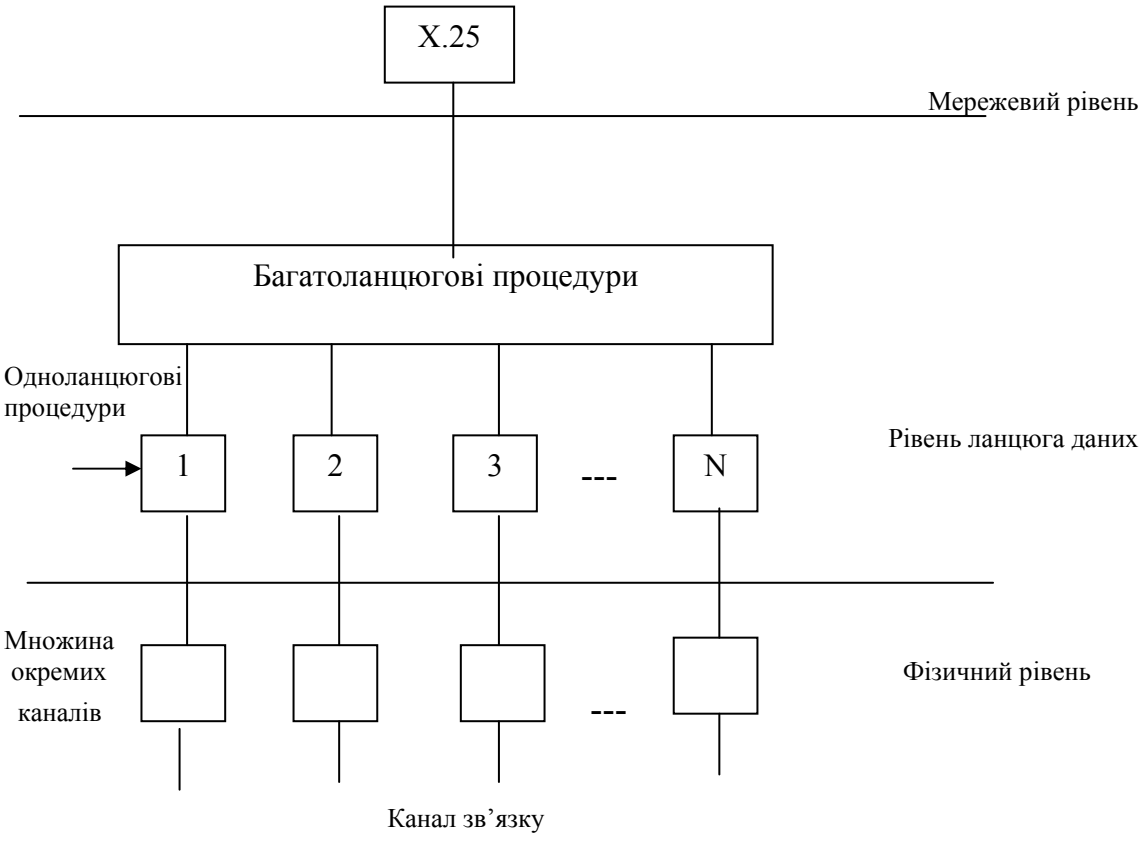


Рисунок 3.10 – Багатоланцюгові процедури

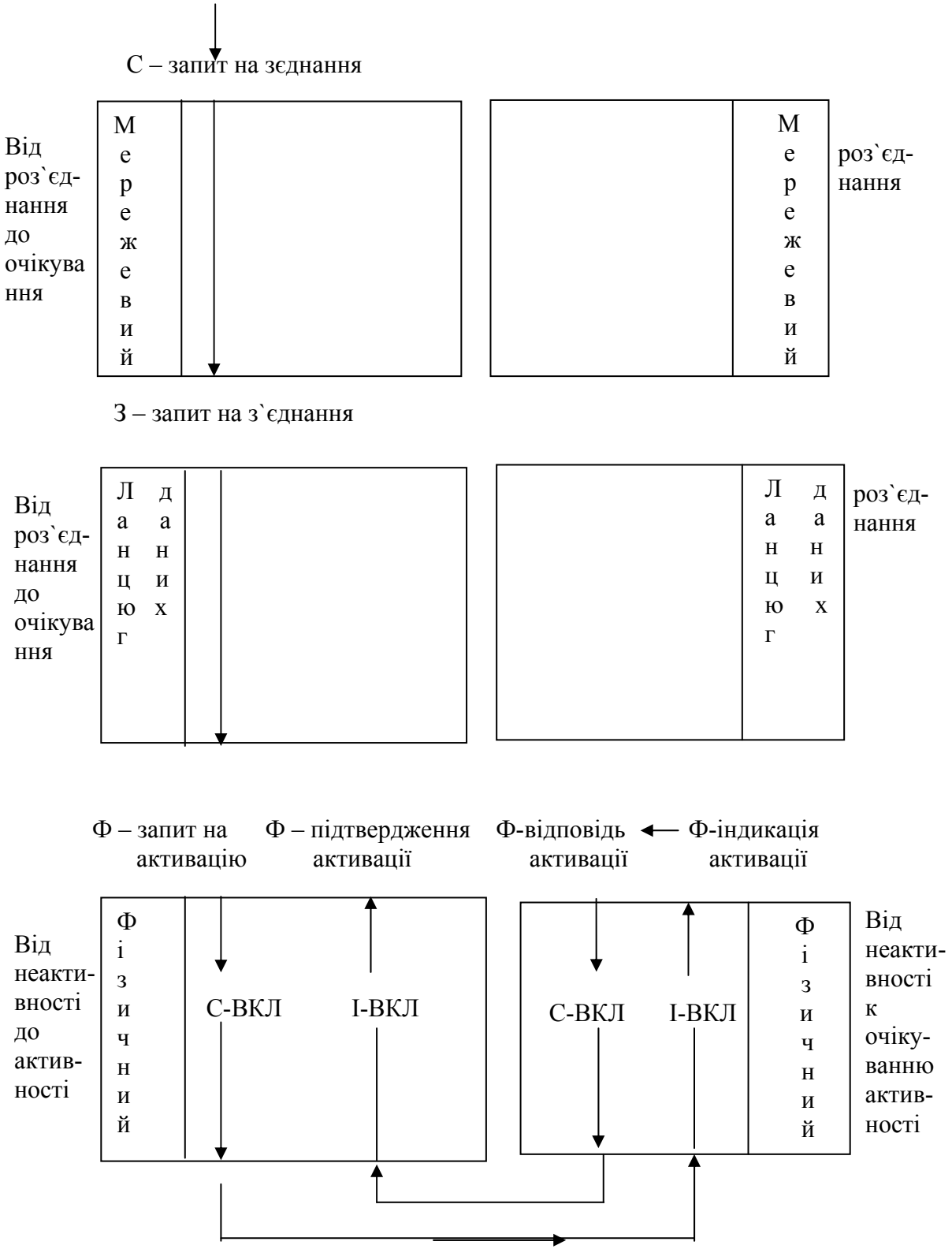
3.12 Зв'язок між рівнями

У цьому розділі наведені приклади відношення і зв'язків між фізичним рівнем, рівнем зв`язку даних, мережевим і транспортним рівнями. Рисунок 3.11 пропонує узагальнений погляд на мережі зв'язку даних. Цей рисунок розподілений на 6 частин. Транспортний рівень надсилає запит на з'єднання до мережевого рівня, як показано на рисунку 3.11, *а.* Мережевий рівень відповідає посиланням запиту на з'єднання до рівня зв'язку даних, що у свою чергу надсилає активний запит до фізичного рівня. Ці примітиви вимагають установлення зв'язку для завдання маршруту діалогу користувачів. Із проходженням запитів через мережевий рівень і рівень зв'язку даних, ці рівні вносять зміни. На фізичному рівні, відповідно до логіки стандарту X.21, включається ланцюг C. Сигнал передається через мережу. Сигнал прибуває на приймальний кінець B і фізичний рівень активує ланцюг I з X.21. Фізичний рівень формує вказання на активацію. Рівень зв'язку даних негайно приймає цю індикацію як відгук про фізичну активацію. Потім сторона B в X.21 активізує ланцюг C і

передає сигнал у мережу. Сигнал приймається стороною А, після чого включається ланцюг І фізичного рівня, що містить вказання з підтвердженням активації фізичного рівня.

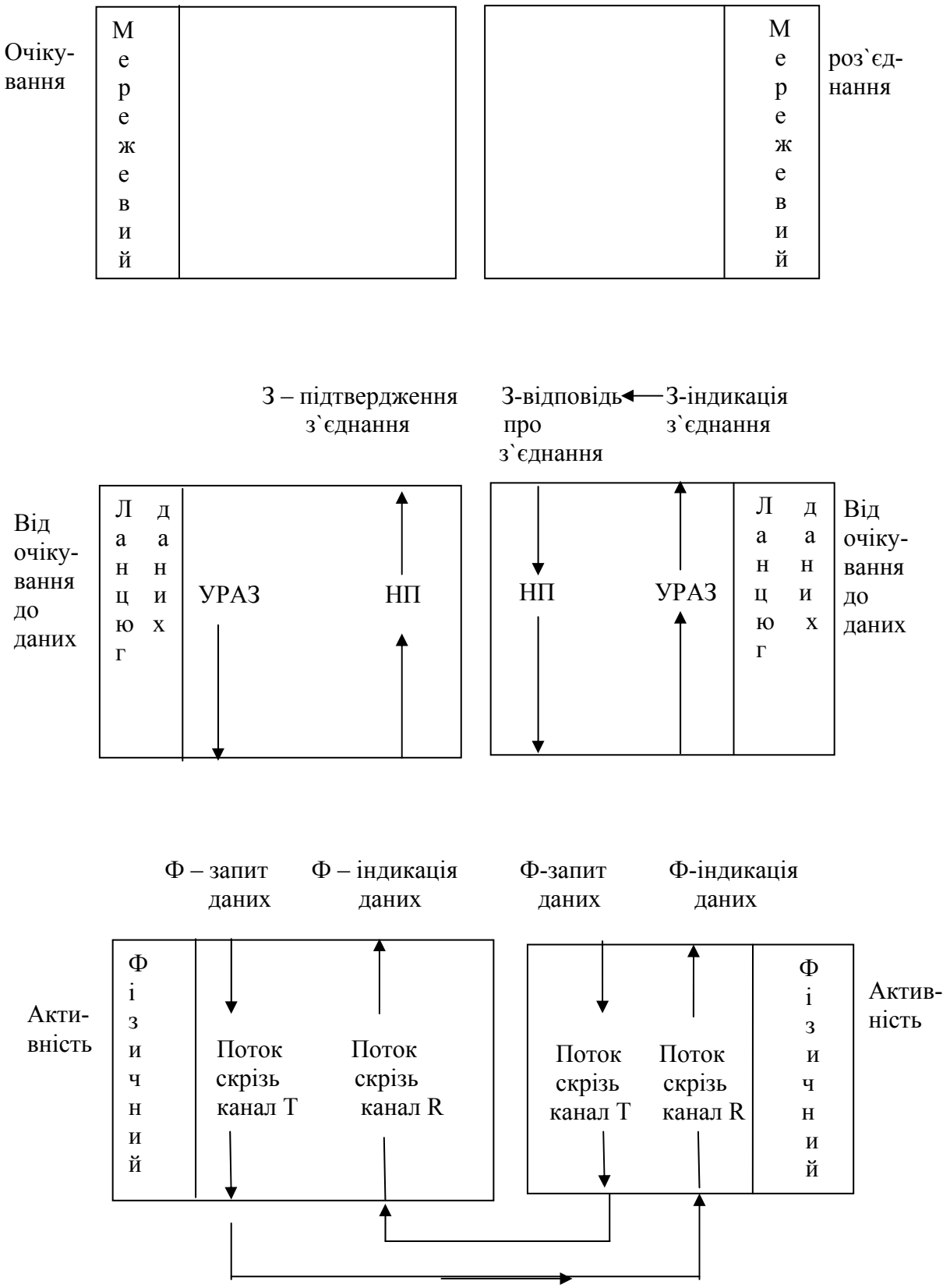
Можливе установлення зв'язку на фізичному рівні без сигналів з верхніх рівнів. Наприклад, процедура запуску зв'язку, що виконувався на початку робочого дня, може ініціалізувати фізичний рівень без будь-якого звертання до запитів верхніх рівнів. Дію сигналів з рисунка 3.8,а можна розглянути на рисунку 3.11,б. Мережевий рівень у цей час усе ще не використовується в транспортуванні пакетів. Рисунок 3.11,в показує перехід рівня зв'язку даних зі стану чекання в стан даних. Програмна логіка LAPB на цьому рівні починає процес і посилає команду установлення асинхронного збалансованого режиму (УРАЗ) у мережу. Ця команда сприймається фізичним рівнем і пересилається через канал Т фізичного рівня. Дані пересилаються через мережу до приймальної сторони В. Вони проходять через фізичний рівень по ланцюгу Т. Потім команда УРАЗ передається до рівня зв'язку даних сторони В, яка у свою чергу підтверджує команду і посилає ненумероване підтвердження (НП). Це підтвердження знову проходить крізь рівні, перетинаючи мережу, до рівня зв'язку даних LAPB приймальної сторони А, що ініціює видачу сигналу підтвердження встановлення зв'язку.

Запуск зв'язку даних може бути частиною діючої процедури між стороною користувача і вузлом мережі. Цей зв'язок установлюється після того, як приведений у дію фізичний рівень. Після цього маршрут доступний для передавання пакетів і даних користувача. Команда УРАЗ не потрібна для передавання кожного пакета. Зв'язок залишається активним для прийому пакетів в той час, коли вони надходять на рівень зв'язку даних. Тепер, коли між двома сторонами рівня зв'язку дані активовані, підтвердження з'єднання зв'язку передається пакетному рівню. Це дозволяє пакетному рівню утворити пакет запиту виклику на основі X.25 (рисунок 3.11, в). Запит виклику посилається з номером логічного каналу (НЛК), рівним 65 у головній мітці пакета. Пакет передається рівню зв'язку даних LAPB, у якому пакет розміщається в полі І кадру LAPB. Номери приймальних і передавальних послідовностей вказані на цьому рисунку. Номер передавальної послідовності встановлений у 0 для вказання першого кадру, посланого через мережу. Кадр передається через рівні сторони А і через мережу пересилаєєься приймальній стороні В. Потім він передається на рівень зв'язку даних, що виконує перевірку помилок. Відсутність помилок указує на коректність виконання передавання.



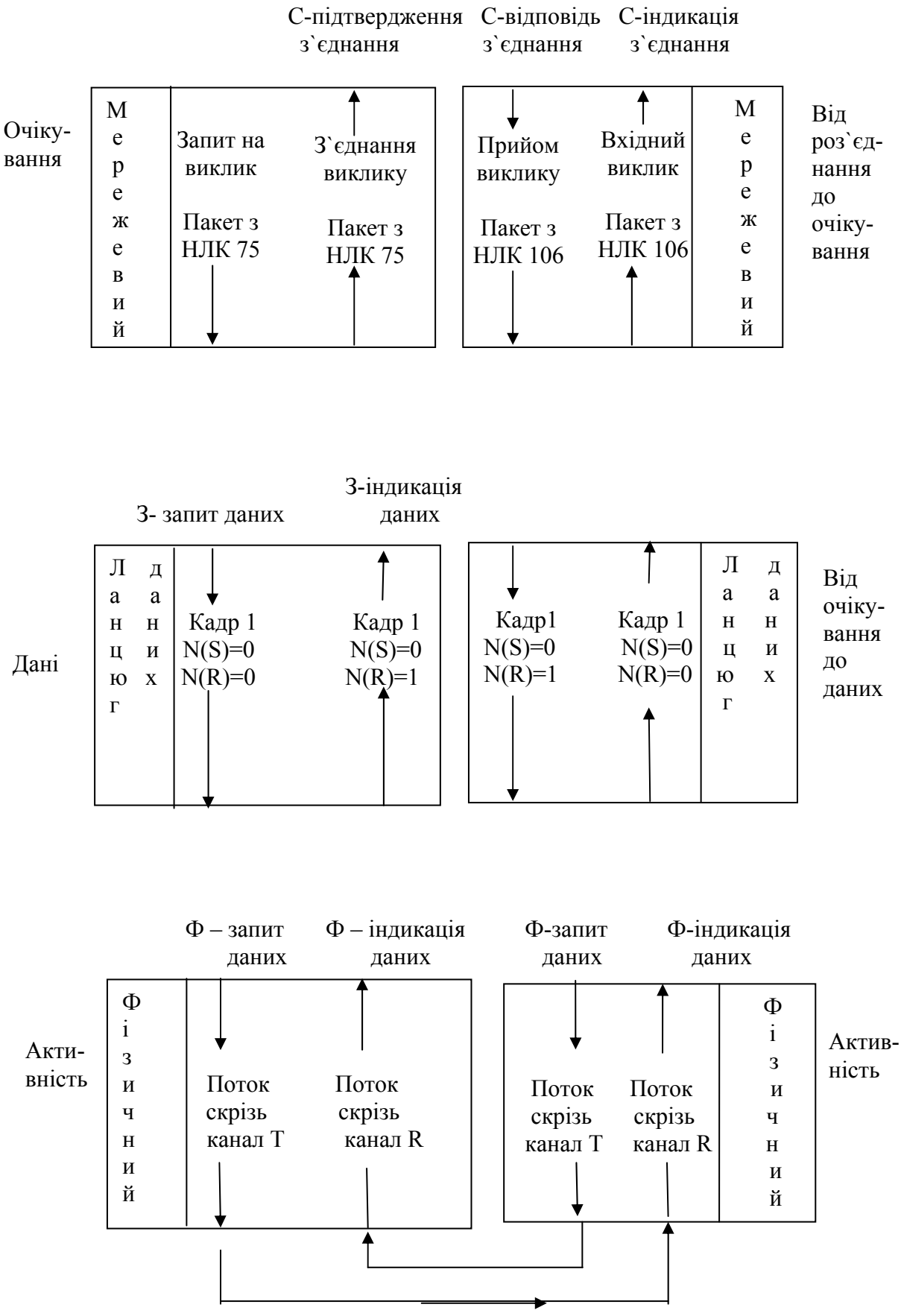
а)

Рисунок 3.11 – Взаємодія між рівнями



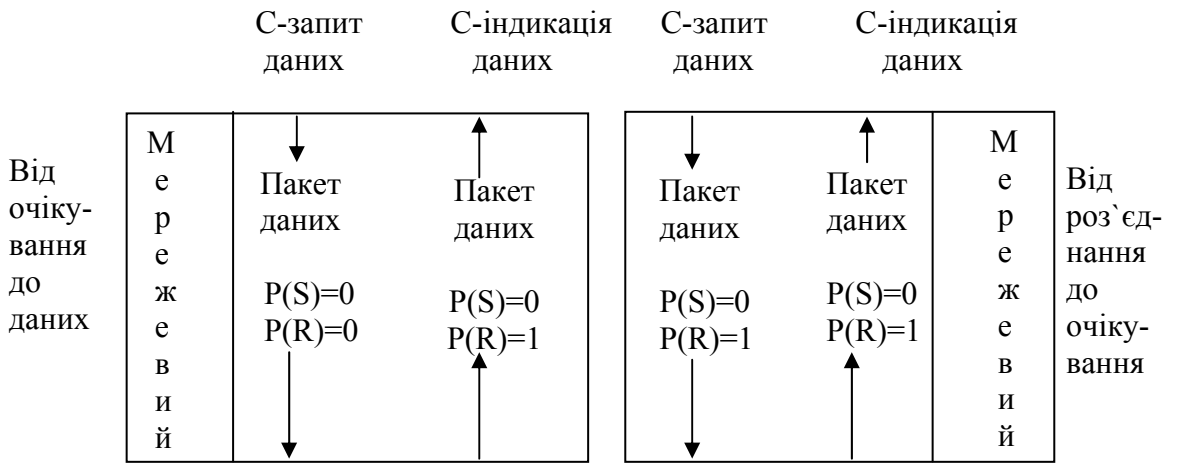
б)

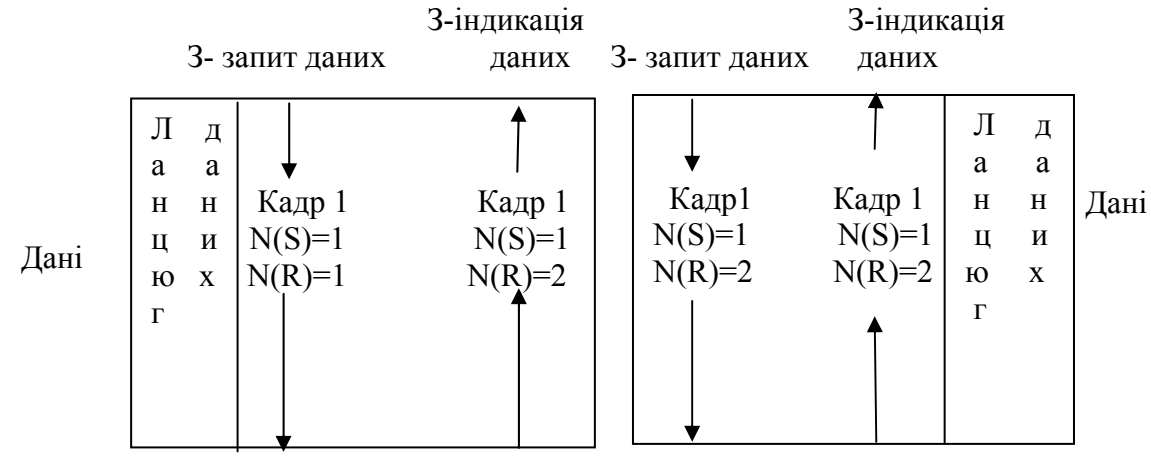
Рисунок 3.11, аркуш 2

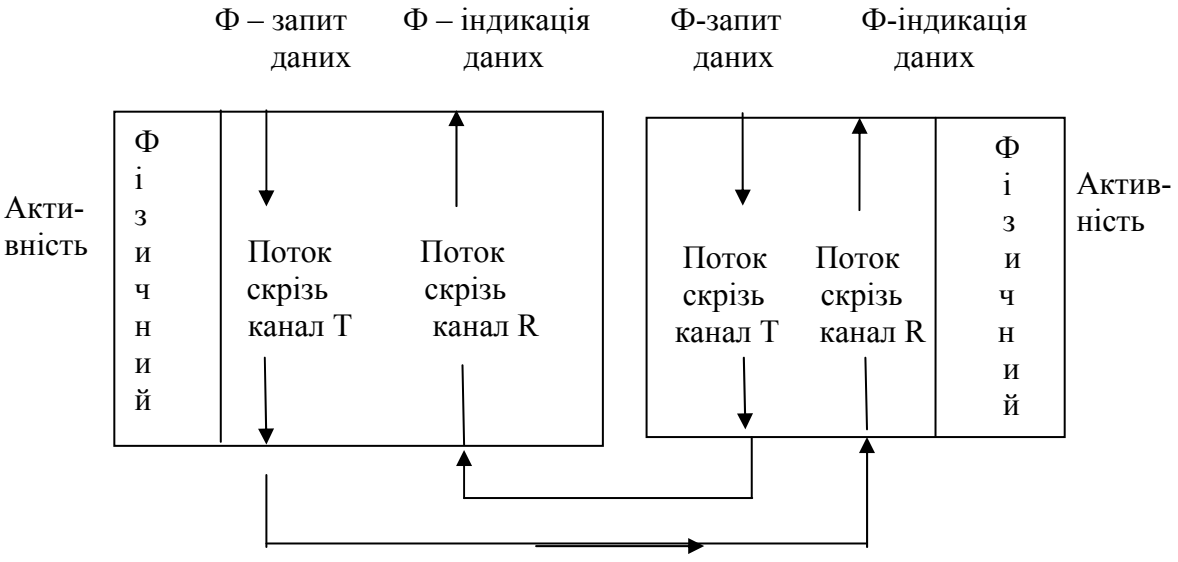


в)

Рисунок 3.11, аркуш 3

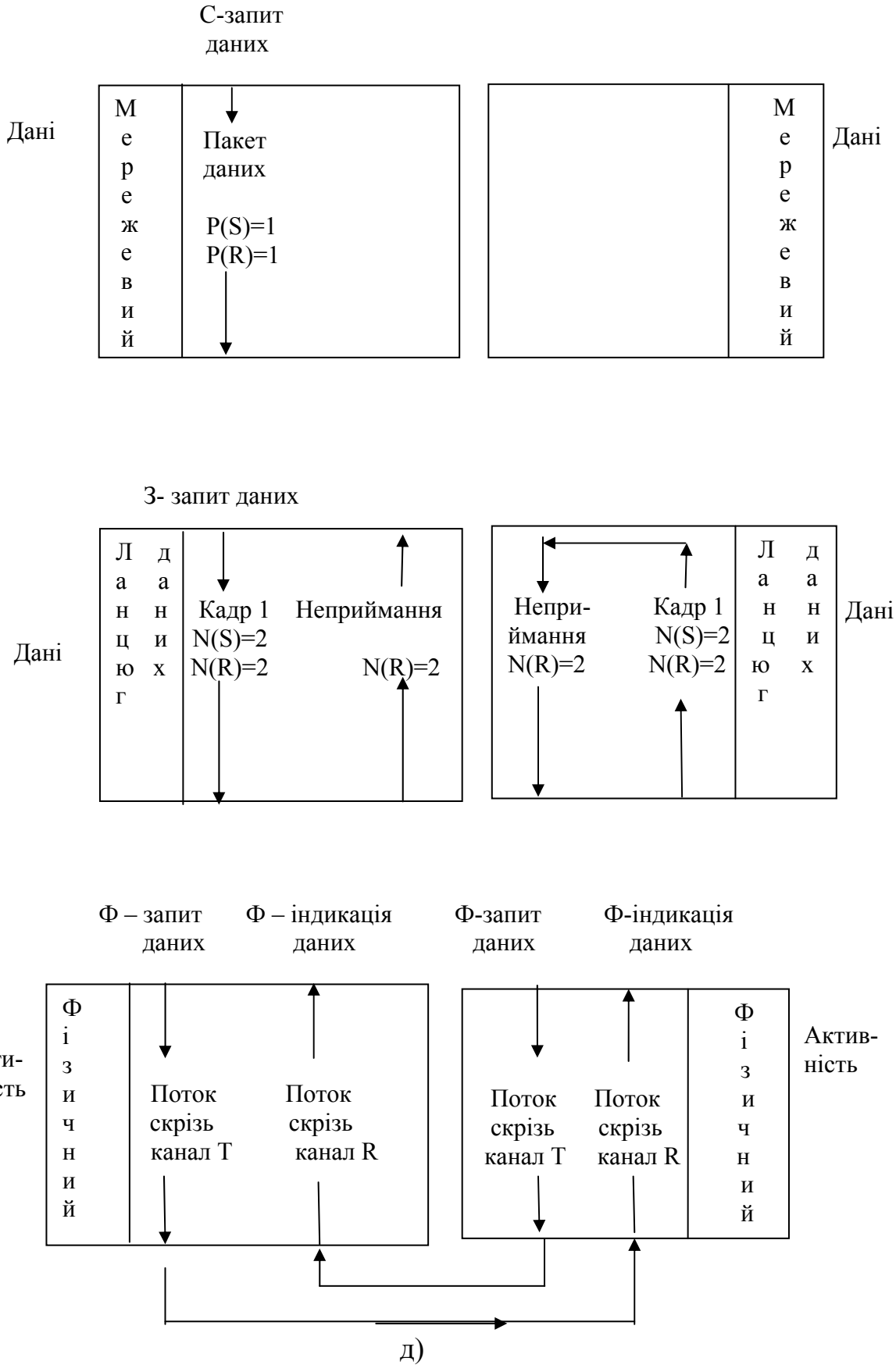






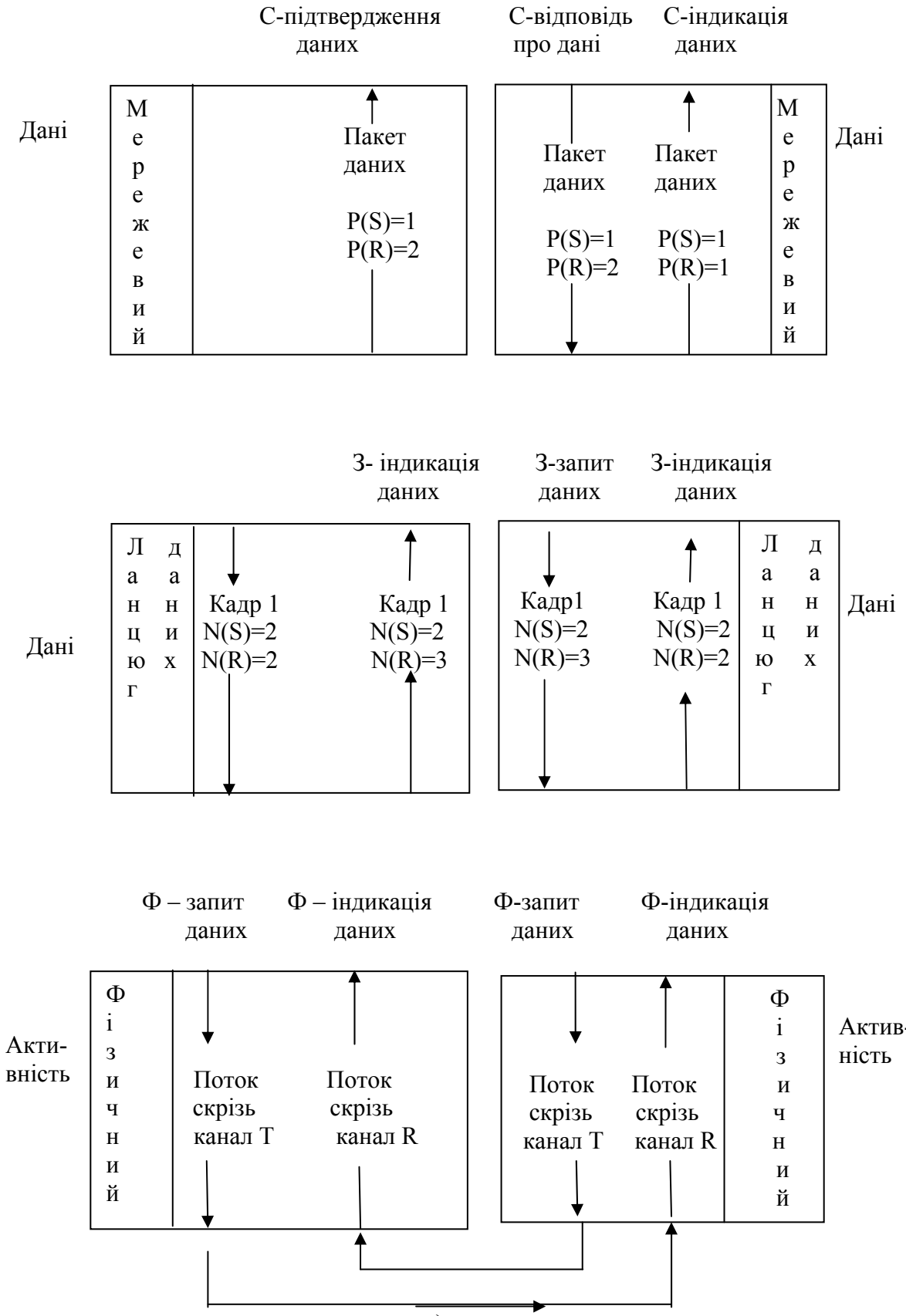
г)

Рисунок 3.11, аркуш 4



д)

Рисунок 3.11, аркуш 5



е)

Рисунок 3.11, аркуш 6

Потім пакет піднімається до мережевого рівня, де він приймається як вхідний пакет виклику з номером логічного каналу 106. Мережевий рівень посилає сигнал індикації з'єднання мережі транспортному рівню і відповідає посиланням пакета-прийому виклику. Цей пакет передається до рівня зв'язку даних, що розміщує пакет в інформаційний кадр.

Рівень зв'язку даних установлює поле приймальної послідовності в 1 для підтвердження прийому кадру з сторони А. Кадр транспортується через фізичні рівні в мережі. Кадр приймається в рівні зв'язку даних сторони А, що виконує перевірку помилок.

Відсутність помилок вказує на те, що передавання виконане без проблем. Потім пакет пересилається мережевому рівню, що сприймає пакет як пакет з'єднання виклику за правилами X.25.

Тепер усі рівні знаходяться в станах передавання чи активних станах. Рисунок 3.11, г показує, що виконується пересилання пакета з даними користувача. Насправді це можуть бути зовсім не дані користувача, а, наприклад, керувальні дані з транспортного рівня. Однак для стислості викладу будуть передбачатися пакети, що містять дані користувача.

Відзначимо, що пакети, які пересилаються з мережевого рівня до приймача А, містять номери послідовностей. Вони позначені як P(S) і P(R). Обидва рівні мають можливість виконати упорядкування, що необхідно для забезпечення контролю проходження пакетів крізь рівні.

Наприклад, якщо виникає проблема на рівні зв'язку даних, немає необхідності повторного передавання будь-якого елемента на вищі рівні. Більш того, рівень зв'язку даних забезпечує видачу сигналу NAK, і повторне передавання виконується на цьому рівні без порушень послідовності пакетів на мережевому рівні. Цей процес показаний на рисунку 3.11, д.

На рисунку 3.15, г пакет передається до сторони А на LAPB рівень зв'язку даних. Номери послідовності LAPB сторони А відповідають послідовності LAPB сторони В.

Кадр пересилається до сторони В; LAPB перевіряє його на наявність помилок і передає пакет даних мережевому рівню.

Подібним чином мережевий рівень доповнює відповідні номери послідовностей і транспортує дані з мережевого рівня сторони В.

Номери послідовності на мережевому рівні релевантні тільки на цьому рівні, а номери послідовностей рівня зв'язку даних мають відношення тільки до цього рівня.

Ця концепція є фундаментальною в розумінні взаємовідношень між цими рівнями.

Оскільки багато сеансів X.25 можуть бути мультиплексовані в один фізичний канал, тому цілком можливо, що зв'язок даних може підтримувати логічні канали (різних користувачів) у порядку, який показаний у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Приклад порядку послідовності логічних каналів

Логічний канал	Послідовність посилання пакетів X.25	Послідовність посилання кадрів
LC 16	P (S) = 3	N (S) = 3
LC 40	P (S) = 6	N (S) = 4
LC 28	P (S) = 4	N (S) = 5
LC 40	P (S) = 7	N (S) = 6
LC 40	P (S) = 0	N (S) = 7

Зв'язок даних LAPB просто «скидає» кожний пакет з логічного сеансу в поле I і запитує приймальний вузол на перевірку помилок і підтвердження. Потрібно ще раз згадати, що задачею рівня зв'язку даних є забезпечення безпомилкового передавання пакетів через мережу.

Номер приймальної послідовності для рівня як даних, так і для пакетів встановлюється на одиницю більший, ніж дійсно прийнятий номер.

На рисунку 3.11, д показана дія помилки, що виникла на рівні ланки даних. Пакет даних зі сторони А направляється на рівень ланки даних сторони В. Сторона В визначає, що відбулася помилка. У цьому випадку сторона В сформує команду *неприйому* (НПР). Кадр з командою неприйому повертається до сторони А. Таким чином, сторона А зберігає на рівні зв'язку даних пакет, що не виконався.

На рисунку 3.11, е рівень ланки даних стороні А ініціює повторне пересилання помилкового кадру. Кадр пересилається до сторони В, потім перевіряється на помилки, а пакет передасться до наступного рівня. Мережевий рівень X.25 зі сторони В додає потрібні послідовні номери в головну мітку пакета, пересилає його до рівня ланки даних сторони В, що додає свої власні послідовні номери в кадр і передає його назад у мережу. Сторона А використовує послідовні номери для підтвердження того, що кадр знаходиться на рівні ланки даних, а пакет знаходиться на мережевому рівні.

Помилки ланки даних залишаються прозорими для мережевого рівня X.25. І тільки, коли події, показані па рисунку 3.11, д були вирішені, мережевий рівень X.25 одержав дані. Хоча на рисунках не показано, можуть виникнути проблеми на пакетному рівні, який повинен залишатися прозорим для рівня ланки даних. Наприклад, припустимо, що помилковим є номер послідовності пакета. Цей пакет проходить через нижні два рівні на передавальній стороні і піднімається через рівні на приймальній стороні. Пакетний рівень сторони В виявляє помилку послідовності і посилає керуючий пакет переустановлення. Він міститься в інформаційному полі кадру на рівні зв'язку даних. LAPB сприймає пакет переустановлення як звичайний інформаційний

пакет сторони В. Подібним чином LAPB із сторони В пересилає цей пакет назад до пакетного рівня сторони А. Потім цей пакет використовується як команда скидання, відповідно до якої два пакетних рівні між сторонами А і В починають операцію відновлення. Рівень ланки даних і фізичний рівень не зіштовхуються з подібними проблемами.

ЛІТЕРАТУРА

1 Ги К. Введение в локальные вычислительные сети. – М.: Радио и связь, 1996. – 176 с.

2 Cole R. Computer Communications. – London: Macmillan – 1992. – 231p.

3 IEE Computer Society Local Area Networcks Standards Committee.- Functional Requirements Document, Document, Version 5.2. – IEEE. – New York, 1981. – 245 pp.

4 Дэвис Дюб Бербер Д. Сети связи для вычислительных машин. - М.: Мир, 1976. – 680 с.

5 Вычислительные сети и сетевые протоколы. Д. Дэвис и др. - М.: Мир, 1982. – 562 с.

6 Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 356 с.

7 Вейцман К. Распределенные системы мини- и микро-ЭВМ. Пер. с англ. под ред. Г.П. Васильева. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 232 с.

8 Автоматическая коммутация и телефония. Ч.И. Основи телефонии и автоматической коммутации. Под ред. Г.Б. Метельского. - М.: Связь, 1968.

9 И.М. Жданов, Е.И. Кучерявый. Построение городских телефонных сетей. – М.: Связь, 1972.

10 Г. Б. Давыдов, В. Н. Рогинский, А. Я. Толчан. Сети электоросвязи. – М.: Связь, 1977

11 ITU- T. Generic functional architecture of transport networks. Recommendation G.805. – Geneva, 1995.

12 Н.А. Соколов. Сети абонентского доступа. Принципы построения – Пермь: Энтер - профи, 1999.

13 Теория сетей связи: Учебник для вузов связи. Рогинский В.Н., Харкевич А.Д., Шнепс М.А. и др. – М.: Радио и связь, 1981.

14 Л.М. Невдяев, А.А. Смирнов. Персональная спутниковая связь. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998.

15 Н.А. Соколов. Цифровизация телефонных сетей. В книге „Перспективные телекоммуникационные технологии”. Потенциальные возможности // Под.ред. Л.Д. Реймана, Л.Е. Варакина. – М.: МАС, 2001.

16 R.A. Thomson. Telephone Switching Systems. – Artech House, Bostone - London, 2000.

17 S.R.Ali. Digital Switching Systems: Systems Reliability and Analysis. – McGraw – Hill, Inc, 1998.

18 А.И.Гусева. Технология межсетевых взаимодействий – М.: Діалог-МИФИ, 1997. – 272 с.

19 Мафтик С.М. Механізми захисту в мережах ЕОМ. - М.: Світ, 1993. - 256 с.

Навчальне видання

О. М. Бевз,
С. Г. Кривогубченко, А. Я. Кулик

СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ

(Частина ІІ)

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено авторами

Редактор В.О. Дружиніна
Коректор З.В. Поліщук

Науково-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7х42 ¼
Друк різографічний
Тираж прим.
Зам. №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп`ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ