

Міністерство транспорту та зв'язку України

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ З ПИТАНЬ ЗВ'ЯЗКУ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ім. О.С. ПОПОВА
ІНСТИТУТ ЕКОНОМІКИ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ

Кафедра менеджменту та маркетингу

Горелкіна С.Б., Стрельчук Є.М., Заборська Н.К.

**ОРГАНІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ
В ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ**

Навчальний посібник

**Модуль 1. Організація операційних процесів в телекомунікаційних
(транспортних), інформаційних та інтелектуальних мережах**

Частина 1

Для студентів з напрямів підготовки зі спеціальностей:

6.050107 “Економіка підприємства”

6.050201 “Менеджмент організацій”

О Д Е С А 2007

Навчальний посібник розроблений авторами:

Горелкіна С.Б., Стрельчук Є.М., Заборська Н.К.

Навчальний посібник розглянуто і схвалено на засіданні кафедри

Протокол № _____ від _____ 2006 року.

Зав. кафедрою

Менеджменту і маркетингу  проф. **Стрельчук Є.М.**

Навчальний посібник розгляну

Протокол № _____ від _____ Методичною радою ІЕМ
2006 року

Директор Інституту

економіки і менеджменту  д.е.н., проф. **Редькін А.С.**

Анотація

У навчальному посібнику наведені теоретична інформація про основні питання організації операційних процесів в галузі електрозв'язку. Розглянуті питання взаємозв'язку організації первинних і вторинних мереж електрозв'язку. Надається характеристика інформаційної мережі та способи комутації в інформаційних мережах. Розглянута характеристика та принципи організації еталонної моделі взаємодії відкритих систем. Наводяться принципи функціонування мережі інтегрального обслуговування, синхронних режимів передавання. Наведені основні принципи функціонування зв'язку за технологією АТМ.

Навчальний посібник призначений для студентів, які навчаються за спеціальностями «Економіка підприємства» та «Менеджмент організацій». Навчальний посібник може бути корисним для студентів всіх форм навчання.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ ДИСЦИПЛІНИ “ОРГАНІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЗВ’ЯЗКУ”.....	6
1. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ (ТРАНСПОРТНІ) ТА ІНФОРМАЦІЙНІ МЕРЕЖІ.....	9
1.1 Поняття транспортної мережі електрозв’язку, основні терміни та їх визначення.	9
1.1.1 Первинна мережа	10
1.1.2 Вторинна мережа	12
1.1.3 Моделі транспортної мережі	13
1.1.4 Технічні засоби транспортної мережі	19
1.2 Інформаційна мережа.....	26
1.2.1 Поняття інформаційної мережі	27
1.2.2 Структура інформаційної мережі	30
1.2.3 Еталонна модель взаємодії відкритих систем	34
1.3 Способи комутації в інформаційних мережах	46
1.3.1 Основні способи комутації	46
1.3.2 Комутація каналів	48
1.3.3 Комутація повідомлень	49
1.3.4 Комутація пакетів	50
1.3.5 Змішана та інтегральна комутація	53
2. ЦИФРОВА МЕРЕЖА ІНТЕГРАЛЬНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ (<i>ISDN</i>).....	59
2.1 Принципи функціонування мережі	59
2.2 Типи інформаційних каналів	66
2.3 Характеристика технології синхронних режимів передавання.....	73
3. АСИНХРОННИЙ МЕТОД ПЕРЕНЕСЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ (АТМ)	80
3.1 Принципи функціонування систем зв’язку за технологією АТМ.....	80
3.2 Мережа АТМ	81
3.3 Сутність технології АТМ	84
ЗАКІНЧЕННЯ.....	91
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	93

ПЕРЕДМОВА

Основною метою навчальної дисципліни “Організація операційних процесів в галузі зв’язку” є формування комплексу знань про операційні процеси при вивченні особливостей процесів в електрозв’язку, поштовому зв’язку, радіозв’язку та в сфері телерадіомовлення. Відповідно до навчальних планів з підготовки бакалаврів професійного спрямування 6.050201 “Менеджмент організацій” та професійного спрямування 6.050107 “Економіка підприємства” обсяг навчання складає всього 324 години, в тому числі 81 година для вивчення організації операційних процесів у поштовому зв’язку, 135 годин – в електрозв’язку, 108 годин в радіозв’язку та телерадіомовленні.

Вивчення операційних процесів в галузі зв’язку здійснюється відповідно до навчальних планів, програм та робочих навчальних планів з кожної навчальної дисципліни при підготовці менеджерів та економістів. Так, в навчальному плані менеджерів вивчення операційних процесів здійснюється відповідно до варіативної компоненти “Менеджмент підприємств і організацій зв’язку”, дисципліна ВПП 14 “Організація операційних процесів в галузі зв’язку”. Ця дисципліна складається з трьох розділів: ВПП 14.1 “Організація операційних процесів в галузі зв’язку: поштовий зв’язок”, ВПП 14.2 “Організація операційних процесів в галузі зв’язку: електрозв’язок”, ВПП 14.3 “Організація операційних процесів в галузі зв’язку: радіозв’язок та телерадіомовлення”. В кожному розділі дисципліни ВПП 14 можуть бути модулі, які є основою для вивчення відповідного розділу. Дисципліна ВПП 14 винесена в перелік дисциплін з державної атестації студента на бакалавра професійного спрямування “Менеджмент організацій”.

Навчальні плани підготовки економістів містять аналогічні дисципліни та розділи, це пов’язано з необхідністю підготовки спеціалістів з поглибленими знаннями в галузі телекомунікацій та поштового зв’язку.

Навчальний посібник “Організація операційних процесів в галузі електрозв’язку”, частина 1. Модуль 1 “Організація операційних процесів в телекомунікаційних (транспортних), інформаційних та інтелектуальних

мережах” з напрямів підготовки зі спеціальностей “Економіка підприємства” (6.050107), “Менеджмент організацій” (6 050 201), розкриває головні напрями використання нових технологій в телекомунікаціях для надання послуг електров’язку.

Для засвоєння даного модуля студент повинен набути знання та вміння з дисциплін СВПП 28.1 “Системи телекомунікацій”, СВПП 28.2 “Мережі телекомунікацій”.

Відповідно до вимог ОНАЗ ім. О.С. Попова, одночасно з частиною 1 – навчального посібника підготовлено посібник з методичних вказівок до практичних занять (частина 2) з модуля 1. У частині 2 модуля 1 “Організація операційних процесів в телекомунікаційних (транспортних), інформаційних та інтелектуальних мережах” надається перелік тем практичних занять, перелік практичних знань та вмінь, які повинен набути студент в процесі навчання даного модуля.

Головною основою при підготовці навчального посібника та вказівок з вивчення даного модуля є книга авторів Стеклов В.К., Беркман Л.Н. “Нові інформаційні технології: Транспортні мережі телекомунікацій”. – К.: Техніка, 2004. – 488 с. Тематичний план лекцій з даного модуля з вказівками сторінок з наведеної книги для самостійної роботи, включаючи вивчення лекційного матеріалу, наведено нижче.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ ДИСЦИПЛІНИ

“Організація операційних процесів в галузі електрозв’язку”

Модуль 1. Організація операційних процесів в телекомунікаційних (транспортних), інформаційних та інтелектуальних мережах.

Лекція № 1. Еволюція та зміст понять в телекомунікаційних мережах [с.57-75].

План

- 1.1 Первинна мережа. Основна функція первинної мережі. Базова (опорна) мережа. Транспорт як функціональний процес перенесення інформації між різними пунктами.
- 1.2 Транспортні функції мережі доступу. Транспортна функція. Користувач, абонент, доступ, мережа доступу. Оптична мережа доступу. Мережний інтерфейс користувача (абонента).
- 1.3 Телефонна мережа загального користування (ТфМЗК). Телефонія. Основна послуга електрозв'язку. Термінал (кінцеве устаткування). Типи з'єднання: "точка-точка", "точка-кілька точок", "точка-область".
- 1.4 Шар фізичного середовища (physical media layer), шар трактів (path layer), шар секції. Шар ліній. Шар лінійного тракту (transmission media layer). Шар мультиплексування (multiplexing layer).
- 1.5 Шар транспортної мережі доступу (regeneration section layer).
- 1.6 Характеристична інформація як сигнал певного формату, що транспортується в мережному з'єднанні.
- 1.7 Вторинна мережа за визначенням, запропонованим ЄАМЗ. Мережі підтримки - синхронізації, сигналізації та управління.

Рекомендації студентам для самостійного вивчення: питання за пунктами 1.3, 1.4, 1.5, 1.7 [с.66 -75].

Лекція № 2. Моделі та технічні засоби транспортної мережі [с.68-105].

План

- 2.1 Моделі транспортної мережі. Схематичне зображення транспортної (первинної) і вторинних мереж.
- 2.2 Ієрархічна (рівнева) модель, її класифікація: за ієрархічним адміністративно-територіальним принципом, за ієрархією групоутворення каналів у системах передавання, за функціями.
- 2.3 Принцип поділу на функціональні рівні.
- 2.4 Відношення клієнт-сервер між шарами транспортної мережі.
- 2.5 Рівнева модель і модель взаємодії відкритих систем її відмінність від семирівневої моделі протоколів взаємодії відкритих систем (ВВС). Рівень (мережа) доступу. Технічні засоби транспортної мережі.
- 2.6 Темпи і тенденції розвитку базових технологій. Характеристики навантаження транспортної мережі.

Рекомендації студентам для самостійного вивчення: питання за пунктами 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 [с.92-105].

Лекція № 3. Інформаційна система [с.13-21].

План

- 3.1 Поняття інформаційної мережі
- 3.2 Поняття служб, інформації, користувачів, мережі електрозв'язку
- 3.3 Структура інформаційної мережі, види структур
- 3.4 Показники ефективності інформаційних мереж

Рекомендації студентам для самостійного вивчення: питання за пунктами 3.3, 3.4 [с.16-21].

Лекція № 4. Еталонна модель взаємодії відкритих систем [с.92-104].

План

- 4.1 Елементи набору функцій для обслуговування користувача
- 4.2 Рівні еталонної моделі взаємодії відкритих систем
- 4.3 Структура повідомлення
- 4.4 Схема взаємодії процесів на базі домережних протоколів і інтерфейсів
- 4.5 Протоколи в інформаційних мережах
- 4.6 Зв'язок між рівнями
- 4.7 Розподіл компонентів інформаційних мереж за характером взаємодії відкритих систем
- 4.8 Функція маршрутизатора, мостів

Рекомендації студентам для самостійного вивчення: питання за пунктами 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 [с.97-104].

Лекція № 5. Способи комутації в інформаційних мережах [с.76-91].

План

- 5.1 Основні способи комутації
- 5.2 Комутація каналів
- 5.3 Комутація повідомлень
- 5.4 Комутація пакетів
- 5.5 Змішана та інтегральна комутація
- 5.6 Інтегральна комутація
- 5.7 Ретрансляція кадрів
- 5.8 Швидка комутація пакетів і асинхронний режим перенесення інформації

Рекомендації студентам для самостійного вивчення: питання за пунктами 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 [с.82-91].

Лекція № 6. Цифрова мережа інтегрального обслуговування (ISDN) [с.129-143].

План

- 6.1 Принципи функціонування мережі інтегрального обслуговування
- 6.2 Стандартизація інтегральної мережі. Еталонна модель інтегральної мережі.
- 6.3 Рівнева організація протоколів в інтегральній мережі
- 6.4 Управління каналами. П'ять типів інформаційних каналів
- 6.5 Протоколи мережі

6.6 Протокол каналного рівня. Протокол управління викликом абонента
6.7 Рівнева комутації пакетів

Рекомендації студентам для самостійного вивчення: питання за пунктами 6.4, 6.5, 6.6, 6.7 [с.136-143].

Лекція № 7. Асинхронний метод перенесення інформації (АТМ) [с.220-247].

План

7.1 Принципи функціонування систем зв'язку за технологією АТМ

7.2 Мережа АТМ – чарунка, поле корисного навантаження, черга, мультиплексування АТМ, комутація АТМ

7.3 Сутність технології АТМ

7.4 Еталонна модель протоколів АТМ

7.5 Фізичний рівень АТМ. Функції фізичного рівня

Рекомендації студентам для самостійного вивчення: питання за пунктами 7.4, 7.5 [с.229-231].

1.1.1 Первинна мережа

Поняття "первинна мережа" було уведено близько 50 років тому при розробці в СРСР Основних положень Єдиної автоматизованої мережі зв'язку -ЄАМЗ. Первинна мережа має ієрархічну (рівневу) структуру і є основою телекомунікаційної інфраструктури. Вона забезпечує організацію *уніфікованих (типових) каналів і трактів передавання* для користувачів і з'єднань між собою станцій комутації телефонної мережі, передавання даних і т. д.

Основна функція первинної мережі полягає в передаванні (транспортуванні) інформації між пунктами. Це може бути інформація телефонних абонентів, користувачів Інтернету, програм телебачення, різна керуюча інформація для контролю і технічного обслуговування мережі, сигнали взаємодії між комутаційними станціями, виділені сигнали синхронізації, інформація обліку вартості послуг - тарифікації тощо.

Переходячи до функціональних принципів описування і класифікації мереж і систем передавання, прийнятих МСЕ-Т, було введено такі терміни

Базова (опорна) мережа – мережа (устаткування та інфраструктура), котра примикає до мережі доступу з боку вузла надання послуг і з'єднує постачальника послуг з мережею доступу.

Транспорт – функціональний процес перенесення інформації між різними пунктами .

Транспортні функції мережі доступу – функціональні ресурси мережі, потрібні для надання послуг електрозв'язку між інтерфейсом вузла, що надає послуги, і мережним інтерфейсом кожного користувача.

Транспортна функція – забезпечення процесу перенесення (передавання) інформації між різними пунктами та її узгодження (адаптацію) із середовищем передавання.

Користувач (абонент) – об'єкт (підприємство – юридична або фізична особа), який фактично використовує послугу електрозв'язку.

Доступ – засоби взаємодії між користувачем і мережею.

Доступ (множинний) – будь-який метод, що дає можливість кільком кінцевим пристроям спільно використовувати пропускну здатність каналу заздалегідь обумовленим способом або відповідно до запиту. Визначення засноване на Рекомендації МСЕ-Т В.13.

Мережа доступу – об'єкти (наприклад, кабельні споруди, засоби передавання тощо), які забезпечують потрібні транспортні засоби для надання послуг електрозв'язку між інтерфейсом вузла, що надає послуги, і мережним інтерфейсом кожного користувача.

Оптична мережа доступу – ряд ліній доступу загального використання одних і тих самих інтерфейсів з боку мережі, підтримуваних оптичними системами передавання доступу.

Пасивна оптична мережа – (під)мережа оптичної розподільної мережі, що забезпечує передавання від оптичного лінійного терміналу до користувача і навпаки за схемою "точка - кілька точок" (від одного пункту до кількох).

Глобальна оптична мережа – оптична мережа, що не містить електронно-оптичних перетворювачів і електронних компонентів у тракці транспортування інформації.

Мережний інтерфейс користувача (абонента) – інтерфейс між кінцевим устаткуванням користувача та мережею доступу.

Телефонна мережа загального користування (ТфМЗК) – мережа електрозв'язку, що забезпечує загальнодоступні телефонні послуги.

Телефонія – телефонна послуга, яка забезпечує абонентам можливість ведення Двосторонньої бесіди в реальному масштабі часу. Визначення відрізняється від наведеного в Рекомендації МСЕ-Т В.13 тільки уточненням деталей і тим, що телефонія формулюється не як вид електрозв'язку, а як одна з його послуг.

Основна послуга електрозв'язку – надання або тільки пропускну здатності для передавання сигналів між інтерфейсами абонентів мережі, або пропускну здатності і набору процедур взаємодії кінцевого устаткування. Визначення ґрунтується на кількох визначеннях МСЕ-Т. Деякі типи цифрових інтерфейсів і систем можуть забезпечувати кілька типів послуг електрозв'язку.

Термінал (кінцеве устаткування) – устаткування, що забезпечує доступ до однієї або кількох послуг. Цей термін може визначати також місце підключення або вид інформації (наприклад, абонентський термінал, телефонний апарат, термінал передавання даних).

Порт (мережний) – фізична точка (закінчення), через яку сигнали можуть входити в мережу або залишати її. Визначення основане на Рекомендації МСЕ-Т В.13.

З'єднання "точка-точка" – організація каналів між двома фіксованими точками.

З'єднання "точка-кілька точок" – організація каналів між однією і кількома фіксованими точками.

З'єднання "точка-область" – організація каналів між однією визначеною точкою і невизначеною кількістю пунктів, розташованих у заданій області – зоні. Визначення ґрунтується на Рекомендації МСЕ-Т В.13.

Шар фізичного середовища (physical media layer) – шар, зумовлений властивостями реального середовища, наприклад, оптичного волокна, металевих пар, коаксіального кабелю або радіо, що підтримує шар секції.

Шар трактів (path layer) – визначається переданою інформацією між точками підключення (доступу) трактів передавання (*transmission path layer*), що забезпечує організацію одного або більше шарів каналів. Цей шар не залежний від шару середовища передавання.

Шар секції – визначається переданою інформацією між точками підключення (доступу), що забезпечує організацію одного або більше шарів трактів, наприклад, трактів з плезіохронною (ПЦ) і синхронною (СЦ) цифровими ієрархіями.

Шар каналів – визначається переданою інформацією між точками підключення (доступу) каналу, незалежний від шару тракту передавання. Надає користувачеві такі основні послуги, як комутація каналів, пакетів або виділені

лінії. Шар каналів може бути розділений за характером послуг, як це зроблено, наприклад, у вторинних мережах.

Шар ліній передавання – лінійні тракти і середовище передавання (в прийнятій в ЄАМЗ термінології – передавання).

Шар лінійного тракту (transmission media layer) – визначається переданою інформацією між точками підключення (доступу) шарів секцій, що забезпечує організацію однієї або більше мереж шару тракту.

Шар мультиплексування (multiplexing layer) – визначається переданою інформацією між точками підключення (доступу) шарів секцій регенерації, залежить від виду середовища передавання.

Шар транспортної мережі доступу (regeneration section layer) – містить шари фізичного середовища, трактів і каналів.

Ці визначення ґрунтуються на Рекомендаціях МСЕ-Т G.805, 0.902 і Основних положеннях ЄАМЗ.

Характеристична інформація - сигнал певного формату, що транспортується в мережному з'єднанні. Вид формату визначається відповідними нормативними документами. Визначення основане на Рекомендації МСЕ-Т G.805.

У загальному вигляді модель транспортної мережі можна зобразити як набір входів і виходів подібно до розкладу руху потягів або літаків, де входи – це пункти відправлення, а виходи - пункти прибуття (рис. 1.2).

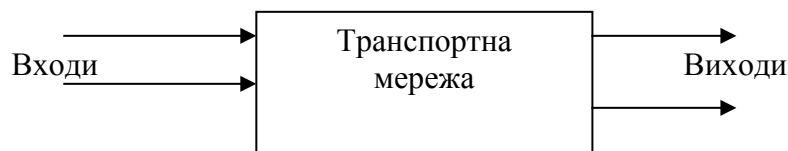


Рисунок 1.2 – Узагальнена модель транспортної мережі

Інформація, що надходить на входи транспортної мережі у вигляді сигналів електров'язку, залежно від припустимого рівня зниження якості відтворюється на відповідних виходах.

Основний принцип цифрової транспортної (первинної) мережі можна сформулювати як **"закон біт-точності"**, а саме: *вид, кількість і послідовність цифрових сигналів на виході мають точно відповідати їхньому виду, кількості та послідовності на вході*. Інакше кажучи: *який біт отримали, такий і передали*.

1.1.2. Вторинна мережа

Відповідно до концепції ЄАМЗ, мережі електров'язку функціонально забезпечують передавання інформації та утворюють мережі типових каналів і трактів з уніфікованими стиками (інтерфейсами) і називаються первинними мережами. Мережі, які утворені на базі первинної мережі та використовують уніфіковані тракти для організації передавання інформації телефоном, передавання даних або телевізійних програм, називаються *вторинними*. За визначенням, запропонованим ЄАМЗ, вторинна мережа виконує як функції

комутації, так і передавання, наприклад, ТВ програм, уніфікованими трактами первинної мережі. Проте відповідно до сучасних принципів класифікації мереж ключовою ознакою вторинної мережі слід вважати її безпосередній зв'язок з наданням послуг користувачеві. За багатьма ознаками визначення вторинних мереж збігається з визначенням сучасних мереж надання прикладних або додаткових послуг, "інтелектуальних мереж", для яких характерним є використання ресурсів уже створених, існуючих мереж передавання інформації.

Мережі підтримки - синхронізація, сигналізація та управління. За функціями, які виконують транспортні мережі, вони можуть бути поділені на дві великі групи – основні (транспортні) і допоміжні (підтримки). Мережі першої групи забезпечують передавання будь-якої інформації з одного місця до іншого, а другої – реалізують різні допоміжні операції. Інакше кажучи, до другої групи належать мережі підтримки, що виконують функції управління транспортною мережею, синхронізації, енергопостачання, технічного обслуговування тощо.

1.1.3 Моделі транспортної мережі

Первинна мережа в узагальненому, але більш детальному вигляді, ніж на рис. 1.2, схематично зображена на рис.1.3. У центрі розташоване ядро транспортної мережі електрозв'язку - три середовища передавання: радіоефір, тобто відкритий простір, металеві проводи та волоконно-оптичні лінії. У засобах електрозв'язку – як у відкритому просторі, так і в металевих та волоконних напрямних системах (лініях) - використовується весь спектр частот: від наднизьких до частот оптичного діапазону.

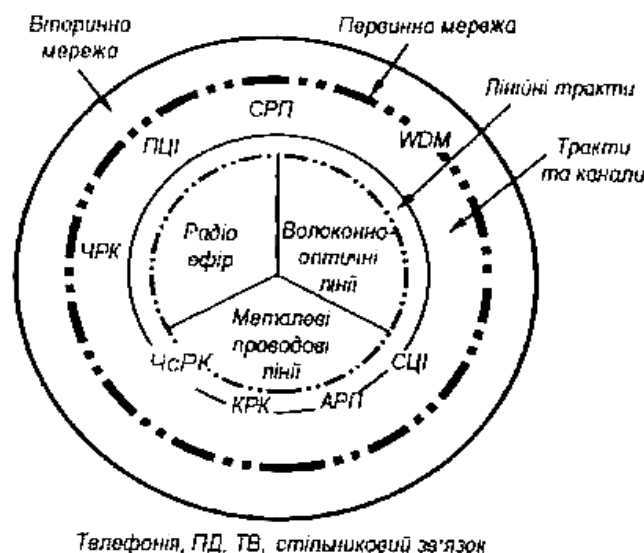


Рисунок 1.3 – Схематичне зображення транспортної (первинної) і вторинних мереж

Найближчим до ядра транспортним шаром є *лінійні тракты*, що забезпечують передавання *сигналів електрозв'язку* різними передавальними

середовищами. Лінійні тракти і середовище передавання, за прийнятою в ЄАМЗ термінологією, утворюють лінії передавання, а користуючись термінологією подання елементів мережі, у вигляді шарів або рівневої моделі – шар ліній передавання.

Наступний шар транспортної мережі - це *шар трактів і каналів*, в якому застосовуються різні технології розподілу каналів (мультиплексування) при багаторазовому використанні шарів, що утворюють ядро. Як приклад *транспортних функцій* можна назвати: організацію тракту і його адаптацію до відповідного передавального середовища; мультиплексування – для досягнення потрібної пропускної здатності; перемикання, у тому числі і супровід з'єднань, конфігурування та реконфігурування мережі.

Останній шар – *вторинні мережі* – використовує транспортні послуги, надані первинною мережею. Звичайно ядро називають нижнім шаром, а всі наступні – вищими. Зазначимо, що однією з перших багаторівневих моделей, які описують процеси функціонування мереж, є еталонна семирівнева модель взаємодії відкритих систем (ВВС). За її допомогою описуються процеси взаємодії між компонентами мереж і систем. Прикладом опису процесів передавання інформації й управління мережею є також багаторівнева модель, що ілюструє широкополосну цифрову мережу інтегрального обслуговування, мережу на базі АТМ тощо.

Для того, щоб не плутати рівневе зображення транспортної мережі з відомою семирівневою моделлю взаємодії відкритих систем, розглянемо докладніше принципи рівневого подання об'єктів.

Ієрархічна (рівнева) модель

Для аналізу систем передавання і мереж зв'язку часто застосовується їх подання у вигляді моделі, що складається з набору шарів (рівнів). Кожен такий набір може бути впорядкований за будь-якою класифікаційною ознакою. Так, первинні мережі класифікують: *за ієрархічним адміністративно-територіальним принципом* – мережі доступу, місцеві, зонові, магістральні (рис. 1.4); *за ієрархією групоутворення каналів* у системах передавання, поєднаних в упорядковані рівні трактів різного порядку, - первинні, вторинні, третинні тощо, а також лінійні і т. ін.; *за функціями* (рис. 1.5).

На рис. 1.4 як приклад показано модель транспортної мережі, розділеної на 4 шари (яруси) за адміністративно-територіальним принципом: від місцевого до міжнародного рівня. *Таке подання первинної і вторинної мереж широко використовувалося в ЄАМЗ*. Подібна побудова первинної мережі характерна для всіх країн СНД і відбиває державну адміністративну структуру. В наведеному поданні первинної мережі не знайшлося місця для мережі доступу. Первинна мережа створювалась як сукупність місцевих (міських і сільських), внутрішньозонових (як правило, всередині областей, країв або автономій) і магістральних - міжобласних, міжміських (у межах державних кордонів) мереж зв'язку.

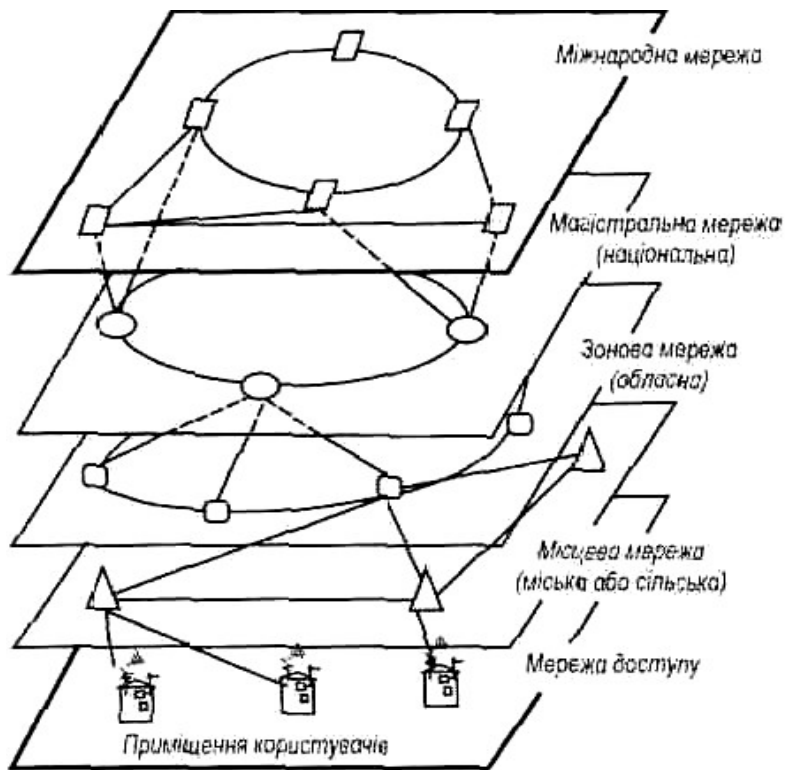


Рисунок 1.4 – Приклад побудови багаторівневої транспортної мережі

Орієнтування на адміністративно-територіальний розподіл допускає трирівневу структуру первинної мережі. Існує ще й четвертий ярус – міжнародна мережа зв'язку, що поєднує всі країни земної кулі, і п'ятий ярус, який часто називають "останньою милею", хоча з погляду абонента її краще називати "першою милею". Цей рівень транспортної мережі називається



мережею доступу.

Рисунок 1.5 – Приклад подання транспортної мережі трактами нижнього і верхнього рівнів

Принцип поділу на функціональні рівні

Зі сказаного зрозуміло, що транспортні мережі є складними системами з багатьма компонентами. У транспортній мережі одні й ті самі функції можуть

реалізовуватися різними технічними засобами (див., наприклад, рис. 1.5). Так, передавання інформації може здійснюватися повітряними лініями зв'язку з використанням аналогової апаратури на електронних лампах або ж волоконно-оптичними лініями із застосуванням цифрових методів. Проте в обох випадках принципи транспортування залишаються незмінними і можуть бути зведені до обмеженої кількості функціональних елементів. Тому основний принцип, що рекомендується МСЕ-Т для описування транспортної мережі, полягає у використанні узагальнених транспортних функцій мереж і устаткування незалежно від конкретних реалізацій.

Зазначимо, що впорядковані тим чи іншим способом різні системи понять, які широко використовуються під час аналізу й описування таких моделей мереж, носять умовний, абстрактний і узагальнюючий характер. У будь-якій із систем кожен рівень взаємодіє із суміжними рівнями: як правило, використовує характеристики і деталі нижніх рівнів і узагальнює їх, не застосовуючи непотрібні деталі для роботи більш високого рівня абстракції. Такий підхід дає змогу на кожному етапі зосереджуватися на істотних властивостях кожного шару, спрощуючи розроблення складних систем.

Наприклад, уведення понять "первинна мережа", "вторинна мережа" (або транспортна і мережа послуг) дало змогу розділити етапи створення мережі засобів передавання і вибору потрібної пропускну здатності трактів. Крім того, завдяки такому розподілу під час побудови транспортної мережі враховуються особливості адміністративних вимог і систем управління. Звичайно, первинна і вторинна системи взаємозалежні. Вторинні системи визначають інформаційне навантаження (трафік) і, отже, вимоги до пропускну здатності трактів транспортної мережі. Більш того, подібно до автодорожніх транспортних мереж, крім обсягів перевезень, важливими є показники розподілу навантаження (трафіка) за напрямками. Так, для АТС великих міст характерний розподіл трафіка у співвідношенні 20 : 80, тобто зі 100 вихідних викликів 80 направляються до інших АТС, а лише 20 у саму станцію. Для телефонного навантаження всередині області характерним є тяжіння до обласного центру: близько 80 % викликів йде до нього, а 20 % - до інших обласних пунктів.

Разом з тим потрібно враховувати, що, як і за будь-якої іншої класифікації, шари системи розподілу можуть мати точки перетину або бути цілком незалежними.

Відношення клієнт-сервер між шарами транспортної мережі

Одне з основних завдань, що виникають у разі ієрархічного подання мережі у вигляді кількох незалежних рівнів або шарів (див. рис. 1.5), полягає в установленні між сусідніми шарами відносин за типом *клієнт-сервер*, а точніше клієнт-слуга, або замовник-виконавець, покупець-продавець, *абонент-оператор* і т. д. Сенс полягає в тому, що одна особа доручає іншій ведення певних справ чи обслуговування, тобто виконання певних функцій.

У нашому випадку мова йде про надання транспортних послуг або виконання транспортних функцій у мережі транспортування інформації. У такій мережі, починаючи від джерела інформації (клієнта) і далі, кожна ланка

виступає спочатку як слуга, а потім як клієнт. Інакше кажучи, це звична схема передавання інформації в мережі, де кожна ланка є посередником, а у відношенні одна до одної – клієнтом-службою. Поєднуючи ланки з однаковими функціями в шари, одержимо рівневі, ієрархічні моделі мереж, в яких рівні перебувають у відношенні клієнт-сервер. Кожен шар при цьому описується функціями введення, перенесення та виведення певної інформації, скажімо, від входу лінійного підсилювача тракту передавання до виходу.

У прикладах, наведених на рис. 1.4 і 1.5, кожен шар має входи і виходи від суміжних рівнів, а характеристична інформація, наприклад, внутрішньо-обласний трафік, циркулює всередині внутрішньозонової мережі (шару). Вторинна мережа – клієнт первинної мережі; тракт нижнього порядку - клієнт тракту вищого порядку тощо. У конкретних випадках поділ на шари клієнта і серверу може бути до певної міри довільним.

Рівнева модель і модель взаємодії відкритих систем

Рівневу модель транспортної мережі *не слід плутати із семирівневою моделлю протоколів взаємодії відкритих систем (ВВС)*. Протоколи взаємодії виконані звичайно у вигляді програмних модулів, упорядкованих відповідно до рівневої моделі. Набори протоколів сформовані так, що протоколи даного рівня обслуговують протоколи верхнього рівня і використовують послуги нижчих рівнів. При ВВС базова модель протоколу, визначена Міжнародною організацією зі стандартизації (МОС), має сім абстрактних рівнів (шарів).

Стандарти 1-го рівня (*фізичний рівень*) регламентують фізичні інтерфейси і базову структуру бітів, тобто визначають, як логічні біти (1 і 0) передаються крізь фізичне середовище для того, щоб забезпечити простий цифровий канал передавання "точка-точка". Стандарти 2-го рівня (*каналний рівень*) визначають протоколи, які на основі простого цифрового каналу 1-го рівня організують, наприклад, безпомилковий цифровий канал "точка-точка" повторним передаванням помилкових блоків або застосуванням методів виправлення помилок. З підвищенням рівня абстракції протоколи верхніх рівнів регламентують послуги мережної маршрутизації (*мережний рівень*), послуги перенесення по мережі (*транспортний рівень*) і так до прикладних послуг, що надаються безпосередньо *кінцевому користувачеві*.

Рівневою моделлю ВВС передбачається використання конкретних властивостей одного протоколу з безлічі різних протоколів взаємодії, а транспортною ієрархічною мережею, навпаки, – використання однакових властивостей конкретного протоколу обміну інформації від входу до виходу кожного шару.

Рівень (мережа) доступу

Поняття доступу і мережі доступу (*Access, Access Network*) у науково-технічній літературі багатозначне. Воно може визначати і характеристики мереж або устаткування, і місце уведення мереж або засобів зв'язку, і виклик даних з пам'яті обчислювальних засобів тощо. У сполученні з різними словами,

такими, наприклад, як метод, мережа, функція, транспорт, утворені десятки понять, часто близьких за змістом, а іноді таких, що суперечать одне одному.

Мережі, що забезпечують транспортні функції (тобто перенесення інформації) на ділянці між користувачем (абонентом) і обслуговуючим вузлом (пунктом надання послуг), називаються *мережами доступу*. Іноді, щоб підкреслити їхню функціональну спрямованість, уточнюють: *транспортні мережі доступу* (АМТ). Схематично мережу доступу показано на рис. 1.6.

Історично склалося так, що сучасні мережі електрозв'язку, в тому числі й транспортні підсистеми, мають дуже вузьку спеціалізацію. При дуже незначній зайнятості абонентської лінії і домінуючому телефонному навантаженні мережі абонентського доступу будувалися тільки для забезпечення низькочастотного телефонного зв'язку. Для інших видів послуг створювалися окремі мережі, наприклад, мережі кабельного або ефірного телебачення, мережі передавання даних, адаптовані для роботи з низькочастотними абонентськими лініями.

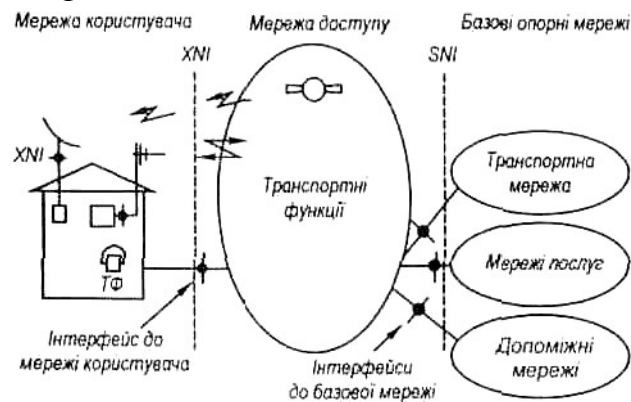


Рисунок 1.6 – Схема транспортної мережі доступу

Наслідком такої вузької спеціалізації є наявність значної кількості мереж, кожна з яких окремо розробляється, виробляється і технічно обслуговується. До того ж вільні ресурси однієї мережі не можуть використовуватися іншою мережею.

У мережі доступу застосовуються розподільні мережі з мідними кабелями, різні види апаратури цифрових абонентських ліній від 10 кГц до 10 МГц, системи радіодоступу з різними варіантами безпроводового та мобільного виконання, системи супутникового зв'язку, атмосферні та волоконні системи оптичного зв'язку тощо. Основне їхнє завдання – підвищення ефективності використання фізичного середовища на ділянці від абонента до постачальника послуг зв'язку.

Потрібно зазначити, що в сучасних мережах фрагменти мережі доступу та базової мережі (наприклад, магістральної) можуть перебувати в одному кабелі, використовувати сусідні тракти системи передавання, переносити однакову інформацію. Єдина, але визначальна відмінність полягає в тому, між якими точками підключення виконуються ті самі функції.

1.1.4 Технічні засоби транспортної мережі

Загальні властивості фізичного шару.

Як уже зазначалося, ядро – фізичний шар транспортної мережі електрозв'язку - утворює три середовища передавання: радіоэфір, тобто відкритий простір, металеві провідники та волоконно-оптичні лінії (їх ще називають напрямними системами). Кількість різновидів ліній є досить великою: у *відкритому просторі* – радіолінії, радіорелейні лінії, супутникові системи зв'язку, атмосферні оптичні лінії зв'язку; серед *металевих провідників* – повітряні лінії зв'язку (сталеві, мідні, біметалеві), симетричні кабельні, "кручена пара", коаксіальні кабельні, хвилевідні, лінії поверхневої хвилі, лінії, в яких використовується ефект надпровідності.

У засобах електрозв'язку у відкритому просторі, металевих і волоконних напрямних системах (лініях) використовують весь спектр частот – від наднизьких до частот оптичного діапазону. Відомості про використання електромагнітного діапазону в різних транспортних технологіях, що використовують відкритий простір, потребують окремого розгляду. Хвилеводні лінії та лінії, в яких використовується надпровідність, застосовуються обмежено, тому далі не розглядатимуться.

Характеристики основних напрямних середовищ – повітряних і кабельних ліній зв'язку (діапазони частот і швидкості цифрового потоку, кількість каналів систем передавання, що використовуються) наведено в табл. 1.1 і 1.2. Як бачимо, у повітряних лініях зв'язку цифрові системи передавання взагалі не використовуються, а в кабельних лініях з металевими провідниками аналогові системи передавання з частотним розподілом каналів (ЧРК) мають більшу кількість каналів, ніж цифрові системи передавання.

Таблиця 1.1 – Частоти цифрових потоків і кількість каналів систем передавання повітряних ліній зв'язку з частотним розподілом каналів

Тип ліній*	Частота, МГц	Кількість каналів
Сталева	40	3
Мідна	150	15

**Примітка.* Діаметри провідників становлять 3,4 мм.

У системах із ЧРК особлива увага приділяється ефективності використання частотного діапазону, що дуже важливо для кабельних ліній, які мають частотно-залежні характеристики. У цих лініях загасання сигналу прискорюється пропорційно кореню квадратному з частоти сигналу, тобто $\alpha(f) \approx \alpha_0 \sqrt{f}$ (подібно до фільтрів нижніх частот), а захищеність між сусідніми парами зі зростанням частоти знижується.

Таблиця 1.2 – Частоти і швидкості цифрових потоків та кількості каналів систем передавання кабельних ліній зв'язку

Типи ліній	Частотний розподіл		Часовий розподіл	
	Частота, МГц	Кількість каналів, кан.	Швидкість, Мбіт/с	Кількість каналів, кан.
Симетрична	0,3	60	2	30
Коаксіальні, із зовнішніми/внутрішніми діаметрами провідників, мм	4,5	1020	8	120
1,2/4,6	1,3 18	300 3600	34	480
2,6/9,4	60	10800	140	1920

Для теорії "далекого зв'язку", "багатоканальної телефонії" тощо періоду використання ЧРК характерними були такі класичні завдання передавання повідомлень: підвищення пропускної здатності або більш ефективного використання передавального середовища; підвищення заводозахищеності, боротьба з внутрішніми і зовнішніми завадами, зумовленими низькою заводостійкістю передавальних середовищ.

Ситуація докорінно змінилася з появою волоконно-оптичних ліній. У 1970 р. компанія *Corning Glass Woob* виготовила оптичне волокно із загасанням передавання близько 20 дБ/км і протягом 10 років практично довела згасання передавання до теоретичної межі 0,2 дБ/км. Не зупиняючись на історії оптичних волокон, покажемо лише потенційну пропускну здатність одномодового оптичного волокна (рис. 1.7).

Орієнтовно потенційна пропускну здатність одномодового оптичного волокна становить 60 ТГц. Деякі дослідники називають цифри 100 і навіть 1000 ТГц.

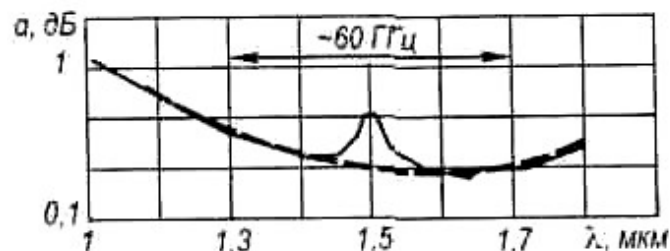


Рисунок 1.7 – Характеристика загасання оптичного волокна

Волоконно-оптичне середовище має високу пропускну здатність і передавальні властивості (тобто винятково мале загасання), а також забезпечує незначні лінійні і нелінійні спотворення та високу захищеність від зовнішніх впливів. Через це згадані традиційні завдання техніки зв'язку непомітно відійшли на другий план, пріоритетним стало освоєння величезної пропускної

здатності оптичного волокна (рис. 1.8). За 20 років комерційне використання пропускної здатності волокна зросло в 10 000 разів. Аналіз прогнозів показує, що фактичні терміни освоєння пропускної здатності випереджали прогнозовані, як правило, на три-чотири роки, а в деяких випадках - на вісім років.

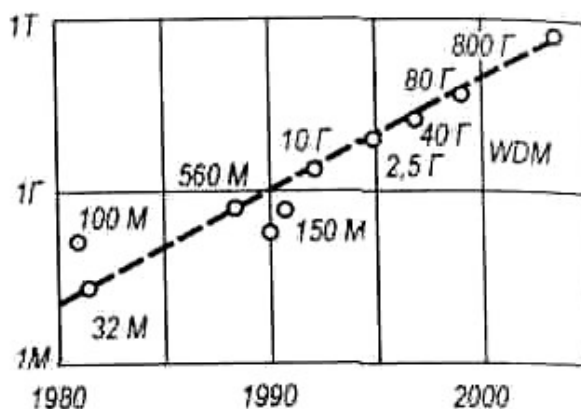


Рисунок 1.8 – Темпи освоєння пропускної здатності оптичного волокна протягом 1980-2003 рр. Значення пропускної здатності: $M = 10^6$ біт/с; $G = 10^9$ біт/с, $T = 10^{12}$ біт/с; *WDM* – мультиплексування за довжиною хвилі

На сьогодні *стратегічний напрям розвитку транспортних технологій* у базовій транспортній мережі та мережах доступу визначається використанням двох середовищ – відкритого простору в радіо- і світловому діапазоні та волоконно-оптичних ліній зв'язку.

Темпи і тенденції розвитку базових технологій

Розвиток сучасних систем зв'язку визначається потенційними можливостями освоєних передавальних середовищ і досягненнями мікроелектроніки й обчислювальної техніки, а в даний час - квантової електроніки.

Технічний рівень транспортних систем зв'язку (систем передавання) завжди відповідав вищим досягненням електроніки, які часто стимулювалися проблемами передавання повідомлень. Прикладами можуть бути каналні фільтри систем з ЧРК, підсилювачі з низьким рівнем власних шумів (менше -130 дБ), кодеки-фільтри (кофідеки), алгоритми стиснення сигналів мови і зображення. Досягнення мікроелектроніки уможливили реалізацію найскладніших алгоритмів, які ще зовсім недавно вважалися неефективними. За останні 10 років швидкість оброблення інформації зростала більше ніж у 1,5-1,6 рази за рік, а щільність пам'яті (кількість елементів у корпусі великої інтегральної схеми) збільшувалась майже у 2 рази кожні півтора-два роки (закони Мура).

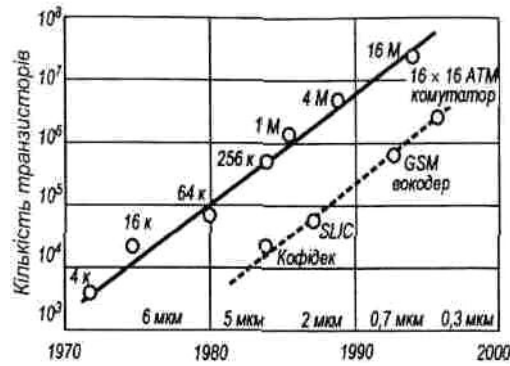


Рисунок 1.9 – Темпи зростання щільності інтегральних мікросхем і спеціалізованих великих інтегральних схем

Для мікроелектроніки характерні такі щорічні показники: збільшення інвестицій у розробки – на 18%; збільшення обсягу ринку – на 15%; зниження вартості основних функцій інтегральних мікросхем – на 30%. Темпи зростання щільності інтегральних мікросхем загального та спеціалізованого застосування, що використовуються в електрозв'язку, у логарифмічному масштабі показано на рис. 1.9 (SLIC – Subscriber Link Integrated Circuit – абонентський комплекс в інтегральному виконанні: по осі абсцис – товщина плівок, які застосовуються у мікроелектронних технологіях, мкм).

Досягнення мікроелектроніки безпосередньо вплинули на масу, габарити та якість транспортних систем передавання. У 1980-х рр. спостерігались тенденції зміни розмірів устаткування і кількості каналів різних систем передавання. Як видно з рис. 1.10, об'єм устаткування систем передавання за останні 10 років знизився в десятки разів, а кількість каналів на одиницю його об'єму збільшилася в сотні разів. За 30 років виготовлення цифрових систем передавання їх габарити змінилися від розмірів шафи 2,6 x 0,65 x 0,25 м до розмірів плати 2-3 дм², причому всі основні функції зосереджені в одному кристалі, розміщеному в корпусі розміром 1,5 x 2,0 x 0,4 см. Крім того, всі основні функції не тільки збережені, але й розширені та поліпшені.

Характерно, що темпи зростання кількості основних цифрових каналів наближаються до темпів збільшення щільності інтегральних мікросхем. Наприклад, одна цифрова система за передавальною здатністю еквівалентна майже півмільйону цифрових каналів по 64 кбіт/с кожен, а в поєднанні з

частотним (хвильовим) розподілом каналів системи можуть забезпечити передачу по одному волокну вже кількох мільйонів каналів.

Однохвильові системи із синхронним режимом передавання за останні два роки теж помітно підвищили пропускну здатність: від 2,5 Гбіт/с (5ТМ-16) послідовно до 10 Гбіт/с (5ТМ-64) і 40 Гбіт/с (8ТМ-256). За цей самий час технологія Інтернет підвищила швидкість передавання від 100 Мбіт/с до 1 Гбіт/с і 10 Гбіт/с.

Кожен новий тип апаратури з'являється через деякий час після появи нових елементів. Останнє десятиріччя характеризується скороченням термінів розроблення нових типів і поколінь устаткування приблизно до двох років.

Великі переваги застосування мікросхем і мікропроцесорних комплексів, що програмуються і перепрограмовуються, сприяли зниженню термінів розроблення нових типів і різновидів систем передавання. Для темпів відновлення програм, у тому числі мікропрограмного забезпечення, властиве оновлення кожні півроку.

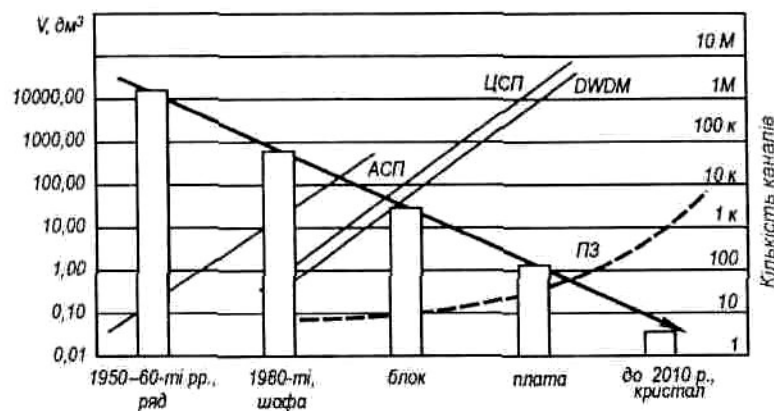


Рисунок 1.10 – Тенденції розвитку систем передавання: зменшення об'єму U – збільшення кількості каналів і питомої ваги програмного забезпечення: АСП – аналогова система передавання; ЦСП – цифрова система передавання; DWDM (Corse WDM) – щільне мультиплексування за довжиною хвилі; ПЗ – програмне забезпечення

Величезна пропускну здатність волоконно-оптичного прямого середовища, стрімкі темпи його освоєння, досягнення мікроелектроніки, зменшення об'єму устаткування при одночасному збільшенні кількості каналів обумовили такі тенденції: зниження вартості систем передавання як віднесеної до одного каналу, так і в абсолютних показниках; зменшення термінів окупності устаткування; збільшення періодів надійної експлуатації устаткування, хоча тривалість морального старіння скорочується; скорочення термінів розроблення й введення в експлуатацію нових типів устаткування.

Ще одним наслідком інтенсифікації процесів розроблення і впровадження устаткування є скорочення часу появи нових транспортних технологій. "Життєвий шлях" від початку розроблення до його припинення або завершення процесу стандартизації складає для аналогових систем передавання орієнтовно 60-70 років, для цифрових - близько 25-30 років, а для систем із синхронною

цифровою ієрархією - приблизно 15 років. Якщо врахувати, що термін експлуатації устаткування становить приблизно 20 років, то буде зрозуміло, що неминуче на одній ділянці мережі, зокрема на ділянці доступу, співіснують різні мережні технології. Крім того, існують загальні правила розвитку мереж, продиктовані економічними, політичними, військовими міркуваннями тощо. Описані тенденції показано на рис. 1.11 і 1.12.

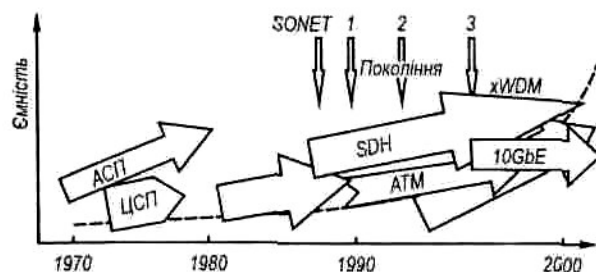


Рисунок 1.11 – Тенденції розвитку транспортних технологій:
SONET - синхронна оптична мережа; *SDH* і *ATM*- режими синхронного і асинхронного передавання; *xWDM* - хвильові системи мультиплексування; *10GbE* – *Ethernet* 10 Гбіт/с

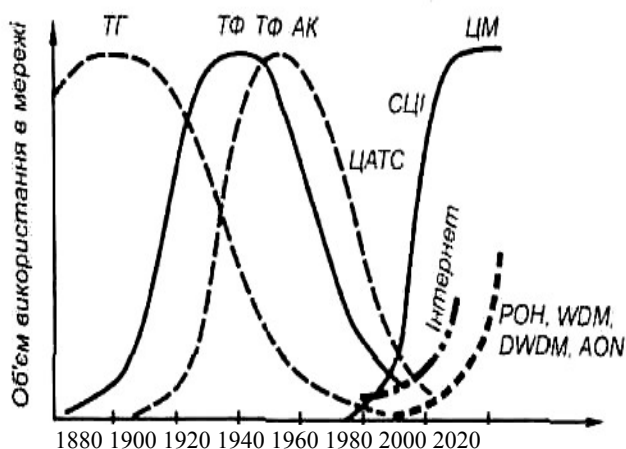


Рисунок 1.12 – Цикли і терміни життя технологій:
ТГ– телеграфія; *ТФ* –телефонія, ручна комуація;
ТФАК–телефонія з автоматичною комуацією аналогова;

ЦМ– цифрові мережі; *ЦАТС* –цифрова АТС; *РОН (Path Overhead)* –трактовий заголовок; *АОН*–об'єм використання в мережі

Названі фактори створюють передумови для застосування однотипного устаткування на різних ділянках транспортної мережі (доступу, місцевій, внутрішньо-зоновій, магістральній). Якщо раніше на місцевій ділянці мережі використовувалися 30- і 120-канальні цифрові системи передавання, а на внутрішньо зоновій – 120- і 480-канальні тощо, то в даний час економічна доцільність такого підходу втрачає силу.

Аналізуючи динаміку зростання пропускної здатності мережі доступу і локальних обчислювальних мереж, можна помітити, що, крім зближення технологій передавання, спостерігається "вирівнювання" пропускної здатності та продуктивності цих ділянок мережі, яке характерне і для інших шарів транспортної мережі. Інакше кажучи, спостерігається тенденція використання однотипних технологій в усіх шарах транспортних мереж і одночасно збільшується кількість варіантів технологій. Перша тенденція – об'єднання транспортних мереж електрозв'язку - сприяє появі наскрізних глобальних зв'язків в усіх шарах мережі, виконаних за єдиною технологією. Друга тенденція вимагає уніфікації цих технологій на функціональному рівні. Отже, волоконно-оптичні технології дають можливість створення повністю оптичних глобальних мереж.

Характеристики навантаження транспортної мережі

Серед різних видів послуг електрозв'язку МСЕ-Т виділяє основні, або базові. До таких послуг належить надання або лише пропускної здатності для передавання сигналів між абонентськими (користувальницькими) інтерфейсами мережі, або ж пропускної здатності, в тому числі процедур взаємодії кінцевого абонентського устаткування.

Функції транспортної мережі належать до базових послуг електрозв'язку. Прикладами таких послуг можуть бути формування і передавання первинного цифрового потоку, передавання даних або мови, надання каналів або трактів в оренду, передавання сигналів телебачення тощо.

Якщо є основні послуги електрозв'язку, то природно припустити, що є й інші послуги - додаткові. Головна відмінність різних додаткових послуг полягає в тому, що вони "нарощуються" на основні послуги, іноді простим встановленням програм, що забезпечують "мультисервісні" послуги.

Для транспортної мережі важливе тільки навантаження (трафік) - той обсяг інформації, що транспортується в ній. Розвиток телефонної щільності, зростання кількості послуг і збільшення немовних інформаційних обсягів призвели до помітної зміни розподілу графіка на мережі (рис. 1.13).

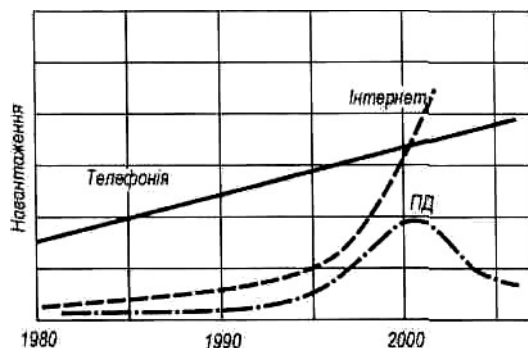


Рисунок 1.13 – Тенденції в зміні трафіка: ПД – передача даних

Час зайнятості ліній індивідуального використання – абонентських ліній - зрівнявся і навіть перевершив час зайнятості ліній колективного використання, високого навантаження, наприклад, з'єднувальних ліній. Якщо раніше розрахунковий час абонентських ліній передбачався таким, що дорівнює 0,07 ... 0,1 Ерл, тобто 4,2 ... 6 хв на годину найбільшого навантаження доби, а використання з'єднувальних ліній – 0,2 Ерл, то тепер коефіцієнт використання абонентських ліній суттєво змінився і, наприклад, при роботі в Інтернеті може в години найбільшого навантаження наближатися до 1 Ерл.

Різні послуги електров'язку потребують різних швидкостей передавання. Наприклад, факсимільне передавання однієї сторінки тексту формату А4 (210 x x 297 мм) залежно від ступеня оброблення сигналів потребує від 200 кбіт/с до 2 Мбіт/с. Аналогове передавання відеосигналу вимагає в реальному масштабі часу до 6 МГц, а цифрове передавання - 130 ... 600 Мбіт/с. Персональний комп'ютер з інформаційною шиною на 32 біти і процесором на 330 МГц є пристроєм на 10 Гбіт/с. Якщо така система підключена через модем, то в кращому разі вона взаємодіє зі швидкістю 56 кбіт/с, а якщо через Інтернет, то швидкість не перевищує 10 Мбіт/с.

Потрібно зазначити, що методи цифрового оброблення сигналів реального часу (мови і рухомого зображення) в десятки разів знизили вимоги до пропускної здатності каналів і можуть суттєво змінюватися залежно від виду оброблення сигналу. Наприклад, швидкість цифрового передавання мови при різних видах кодування і стискання мовного сигналу може бути знижена в 2,4, 8 або 10 разів.

Аналогічно мовним сигналам сучасні методи цифрового оброблення сигналів дають змогу стискати і відеосигнали - другий після телефонії вид послуг реального часу. Існуючі стандарти передбачають цифрове передавання сигналів телебачення високої чіткості зі швидкістю близько 140 34 або 44 Мбіт/с. Сигнали у форматі MPEG-2 передаються каналами ПЦІ [J.131 (98)], СЦІ [J.132 (98)] або Ш-ЦСІГ [J.82 (96)]. На сьогодні цифрове передавання телевізійних програм у форматі MPEG-2 може бути організоване по чотирьох первинних цифрових потоках зі швидкістю 2048 кбіт/с або по одному вторинному цифровому потоці зі швидкістю 8448 кбіт/с.

Застосування методів стискання найефективніше у "вузьких" місцях транспортної мережі.

Імовірно, основною тенденцією в зміні навантаження буде збільшення частини нетелефонного трафіка, тому що трафік користувачів Інтернету потенційно перевищує телефонний. Якщо до цього додати відеопослуги, конференц-зв'язок, кабельне телебачення, то можна припустити, що до первинних мереж, особливо до ділянки доступу, висуватимуться підвищені вимоги стосовно обсягів передавання (транспортування) інформації, які постійно збільшуються.

Відбувається вирівнювання трафіка на всіх ділянках мережі, інакше кажучи, інтенсивність навантаження на ділянці доступу і магістральній ділянці первинної мережі за значенням наближаються одна до одної. Такі ж тенденції вирівнювання технологій характерні й для інших шарів транспортної мережі.

1.2 Інформаційна мережа

Інформаційна мережа, яка з'явилася внаслідок інтеграції засобів зв'язку й ЕОМ, є однією з найскладніших кібернетичних систем, створених людиною. Вона об'єднує сотні мільйонів різних джерел і споживачів інформації. Ними можуть бути як найпростіше термінальне устаткування, персональні ЕОМ, окремі люди, так і великі обчислювальні центри або підприємства, об'єкти, розосереджені на великій території Землі і навіть у космосі.

Для кращого розуміння терміна "інформаційна мережа" розглянемо основні поняття, що входять до нього. Зазначивши, що вони мають значну кількість визначень, скористаємося наведеними в Рекомендаціях Міжнародного союзу електрозв'язку МСЕ Q.9 і МСЕ I.112.

1.2.1 Поняття інформаційної мережі

Електрозв'язок – система засобів, що дає змогу кореспондентові доставляти іншим (одному або кільком) кореспондентам інформацію будь-якого типу в будь-якій формі (письмовий чи друкований документ, нерухоме чи рухоме зображення, мова, музика, видимі або чутні сигнали, сигнали управління і т. д.) із застосуванням будь-якої електромагнітної системи (проводова передача, радіопередача, оптична передача тощо або поєднання цих різних систем).

Послуга надання зв'язку – вид обслуговування, що повністю реалізує можливості зв'язку (у тому числі функції термінального устаткування) між користувачами згідно з протоколами, установленими для відповідного виду зв'язку.

Інформатизація – організаційний соціально-економічний і науково-технічний процес створення оптимальних умов для задоволення інформаційних потреб громадян, органів місцевого самоврядування, організацій, громадських об'єднань на основі формування інформаційних ресурсів та їх використання.

В останні роки поняття "електрозв'язок" та "інформатизація" все частіше існують поряд. Електрозв'язок, так само як і комп'ютеризація, є найважливішим компонентом інформатизації. Проникнення комп'ютерних технологій у технології зв'язку та зворотний процес продовжуються і досягли мікрорівня в інтегральних схемах ЕОМ.

У процесах інформатизації і зв'язку базовим поняттям вважається поняття "інформація". Саме інформація - це те робоче "тіло", що функціонально зв'язує компоненти інформаційної служби і без якого передавання й оброблення інформації є неможливими. Найбільш звичним для фахівців зв'язку є таке визначення цього поняття.

Інформація – відомості про людей, предмети, факти, події, явища і процеси незалежно від форми їх подання.

Розглянемо властивості інформації, що цікавлять телеінформаційні служби. Зазначимо, що термін "телеінформаційні служби" (ТІСл) відповідає Рекомендації МСЕ В.13, яка визначає телеінформатику як "сукупність засобів електрозв'язку й обробки даних для дистанційної обробки інформації. Виходячи з цього, пропонується таке визначення ТІСл.

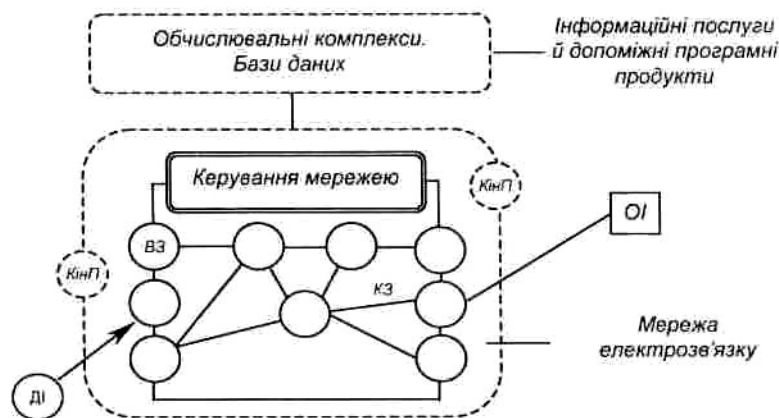


Рисунок 1.14 – Схема інформаційної мережі:
КінП – кінцевий пункт; *ВЗ* – вузол зв'язку; *КЗ* – канал зв'язку;
ДІ – джерело інформації; *ОІ* – одержувач інформації

Телеінформаційними службами називаються всі існуючі системи передачі й обробки інформації: телефонія, телеграфія, передача даних, телебачення, телематичні служби, а також служби, що можуть з'явитися в майбутньому. Телеінформаційними службами також є телеметрія, телеуправління, теленаведення, телеконтроль, телеосвіта, телемагазин, телебіржа, телеаукціон, телереклама, дистанційна аварійна сигналізація тощо.

Інформацію, як і речовину та енергію, можна збирати і зберігати, обробляти і змінювати. Але, крім того, інформація може створюватися і зникати, тиражуватися, бути правдивою і помилковою. Є в неї також ще одна особливість – вона не вичерпується під час використання.

Інформація як відображення деякого об'єкта або суб'єкта матеріальної системи може існувати незалежно від того, чи буде вона колись відновлена, чи

ні. Цінність інформації та її споживча вартість залежать від споживача і творця інформації – людини або процесу оброблення в ЕОМ. Людина (або процес оброблення в ЕОМ), що створює інформацію, використовує її дуже обмежено. Інформація ж має високу цінність тоді, коли її творець стає джерелом інформації і передає її засобами зв'язку, тобто споживча вартість інформації створюється в процесі зв'язку. Щоб одержати економічний або будь-який інший ефект (політичний, соціальний), потрібно передати інформацію будь-кому чи будь-чому за допомогою засобів зв'язку.

Отже, роль зв'язку в процесі інформатизації є дуже великою, оскільки вона пронизує інформаційний процес від об'єкта спостереження і формування початкової інформації (сприйняття) через її оброблення (квантування, кодування, модуляцію), передавання й оброблення в приймачах інформації, які потім доставляють її до одержувача в обробленому вигляді.

Інформаційну мережу можна уявити як велику систему, до якої входять користувачі, засоби різних видів зв'язку, обладнання для надання послуг і системи управління (рис. 1.14).

Користувачі (абоненти) є джерелами і споживачами інформації, користуються послугами інформаційної мережі та створюють потоки повідомлень різних видів і призначення. Саме користувачі висувають до мережі вимоги стосовно доставлення й оброблення інформації з дотриманням визначених якісних і кількісних показників (за обсягом, часом, надійністю і т. ін.).

На даний час поняття "інформаційна мережа" і "мережа електрозв'язку" стали практично тотожними.

Під **мережею електрозв'язку** розуміють сукупність комутаційних мереж і служб, що забезпечують транспортування інформації. Враховується, що надання різних інформаційних послуг є вже функцією інтегральної мережі зв'язку й ЕОМ – інформаційної мережі.

Мережа електрозв'язку складається з пунктів і ліній (каналів) зв'язку. Пункти мережі поділяються на кінцеві, зокрема абонентські, з апаратурою уведення і виведення інформації, вузли зв'язку, що забезпечують розподіл інформації, та різні обчислювальні комплекси (центри), які обробляють і зберігають інформацію. Вузли зв'язку, у свою чергу, поділяються на комутаційні (комутація каналів, повідомлень, пакетів) для розподілу інформації і мережні (з кросуванням) для розподілу пучків каналів. Канали зв'язку, об'єднані в лінії (ребра мережі) між окремими пунктами мережі, служать для передавання (перенесення) інформації в просторі. Як пункти, так і лінії (канали) здебільшого є стаціонарними, але існують і нестаціонарні (пересувні).

Системи управління різних рівнів містять набір відповідних засобів експлуатації та відновлення (в тому числі й колективи людей) й алгоритми для забезпечення: нормальної роботи окремих пристроїв і каналів; доставки повідомлень за адресою; нормального функціонування мережі, її надійності і живучості (організація ремонту і відновлення, перерозподіл і обмеження потоків повідомлень); розподілу завдань і запитів на послуги за різними базами даних, що входять в інформаційну мережу, й оптимального використання потужностей обчислювальних комплексів.

Система управління будується згідно з різними законодавчими і юридичними актами, що регулюють функціонування мережі в державі та взаємовідносини з користувачами (тарифи, системи розрахунку тощо). Інформаційна мережа як велика система характеризується значною кількістю кінцевих пунктів і вузлів зв'язку, їх неоднорідністю; малою зв'язаністю, тобто наявністю безпосереднього зв'язку кожного пункту лише з невеликою кількістю сусідніх пунктів; тривалістю існування з поступовим нарощуванням обсягу інформації і розширенням послуг, що надаються; великою різноманітністю вимог до доставки різних повідомлень і надання послуг; неоднорідністю якості, організації і пропускну здатності ліній (каналів); територіальною неоднорідністю і неоднорідністю обладнання та каналів між окремими кінцевими пунктами.

Окремі мережі електрозв'язку (телефонна, телеграфна, *ISDN* тощо) і обчислювальні мережі можуть існувати або паралельно, або як підмережа великої мережі зі спільними чи самостійними вузлами та лініями.

Зазначимо, що надбудовою над мережею електрозв'язку є обчислювальні комплекси і бази даних, які забезпечують інформаційні послуги й одержання допоміжних програмних продуктів.

Вимоги до єдиної мережі зв'язку, що сформульовані, можна висунути і до сучасної інформаційної мережі. Споживачеві має гарантуватися, що повідомлення буде доставлене за призначенням, доставка повідомлення не буде тривалішою від заздалегідь обумовленої, спотворення повідомлення не перевищить допустимого, а передавання здійснюватиметься з необхідною для даного повідомлення швидкістю.

До цього слід додати, що вартість доставки повідомлення і витрати часу користувачів не повинні перевищувати деякого числового значення, обумовленого рентабельністю системи.

1.2.2 Структура інформаційної мережі

Під час вивчення процесів функціонування інформаційних мереж основну увагу приділяють тим властивостям, особливостям поведінки і характеристикам складної системи, що змінюються з часом. Аналізуючи структуру інформаційних мереж, насамперед цікавляться властивостями і характеристиками тих складних систем, що не залежать від часу і зберігаються постійними, незмінними на всьому проміжку їх функціонування або значної його частини.

Проте структурні та функціональні властивості тісно пов'язані між собою. Навіть добре вивчивши закони функціонування окремих елементів, але не знаючи структури системи, не можна уявити її як єдине ціле, а отже, зрозуміти, як вона функціонує. Так само, не дізнавшись хоча б про загальні закони функціонування системи, неможливо визначити її структуру. А отже, аналіз функціонування системи і вивчення її структури є взаємозалежними і доповнюють один одного.

Сформулюємо визначення поняття структури будь-якої складної системи.

Структура системи – це фіксована сукупність елементів і зв'язків між ними. Дане визначення досить повно відображає головний зміст будь-якої структури: елементний склад, наявність зв'язків, інваріантність за розглянутий інтервал часу. Враховувати тільки інваріантність структури ще недостатньо. Оскільки структура – це характеристика системи, потрібно чітко вказати, які властивості й ознаки є структурними, а які – ні.

Однією з найважливіших категорій, що визначають структуру, є її *топология* – сукупність елементів і зв'язків структури, "очищених" від усіх властивостей, крім властивостей існування і зв'язності. Зв'язки між елементами структури, як правило, ілюструються топологічним графом і формалізуються використанням добре розвинутого математичного апарату теорії графів. Розглядаючи поняття, що стосуються інформаційної мережі, *під структурою мережі* будемо розуміти сукупність пунктів (вузлів, станцій і т. ін.) мережі та ліній або каналів, які з'єднують їх, з урахуванням взаємного розташування всіх елементів та їх характеристик за передачею і розподілом повідомлень.

Структура відображає здатність мережі до забезпечення надходження інформації в різні її пункти. Можна розглядати структуру мережі в цілому і структуру окремих підмереж, виділених за видом передаваної інформації, територією, відомчою належністю або за будь-якими іншими ознаками.

Вивчаючи загальні структурні властивості мережі зі стаціонарними пунктами, звичайно користуються зображенням її у вигляді графа

$$G=\{A,B\},$$

де A - сукупність вузлів графа, що відповідають пунктам (вузлам) мережі, $A = \{ a_1, \dots, a_N \}$; B - множина ребер графа між вершинами a_i й a_j , що відповідають лініям або пучкам каналів між відповідними вузлами, $B = \{ b_{ij} \}$. Залежно від властивостей каналів ребра можуть бути *спрямованими* і *неспрямованими*. Для різних кількісних оцінок кожному ребру надається деяка вага - число (або сукупність чисел), що характеризує будь-яку властивість даного ребра як елемента шляху передавання інформації. Такою вагою найчастіше є довжина ребра, пропускна здатність, надійність, вартість тощо. Вузлам графа також можуть бути приписані вага (наприклад, пропускна здатність) чи функції, що показують перетворення потоків, які проходять через вузол. Кількість ребер, інцидентних вузлу (вхідних або вихідних з нього), називається *рангом вузла* $r(a_i)$. Вузол рангу 1 є тупиковим, через нього не можуть проходити ніякі шляхи. Вузли, з'єднані ребром, називаються суміжними.

Розглянемо основні структури мереж.

Повнозв'язана мережа (рис. 1.15, а) - з'єднання вузлів за принципом "кожний з кожним". У такій мережі з N вузлами кількість ребер дорівнює $N(N-1)/2$.

Деревоподібна мережа (рис. 1.15, б) - структура, в якій між кожною парою вузлів існує тільки один шлях. Кількість ребер у такій мережі дорівнює $N-1$. Окремими різновидами деревоподібної мережі є **вузлова мережа** (рис. 1.15, в) з ієрархічною побудовою і супідрядністю вузлів, **зіркоподібна** (рис. 1.15, г) з одним вузлом і **лінійна** (рис. 1.15, д).

Сітка (рис. 1.15, е-і) - сіткоподібна структура, в якій кожен вузол є суміжним тільки з невеликою кількістю інших вузлів, звичайно найближчих або таких, що мають велике тяжіння. **Планарну** (плоску) **сітку** можна зобразити на площині без перетинання ребер (на рис. 1.15, е ребра 3-5 і 6-4 перетинаються, але можуть бути зображені й без перетину).

Непланарну сітку не можна зобразити без перетинання ребер (рис. 1.15, є).

Окремим різновидом сітки є **петльова** (шлейфна, кільцева мережа, (рис. 1.15, і) кількість ребер якої дорівнює N .

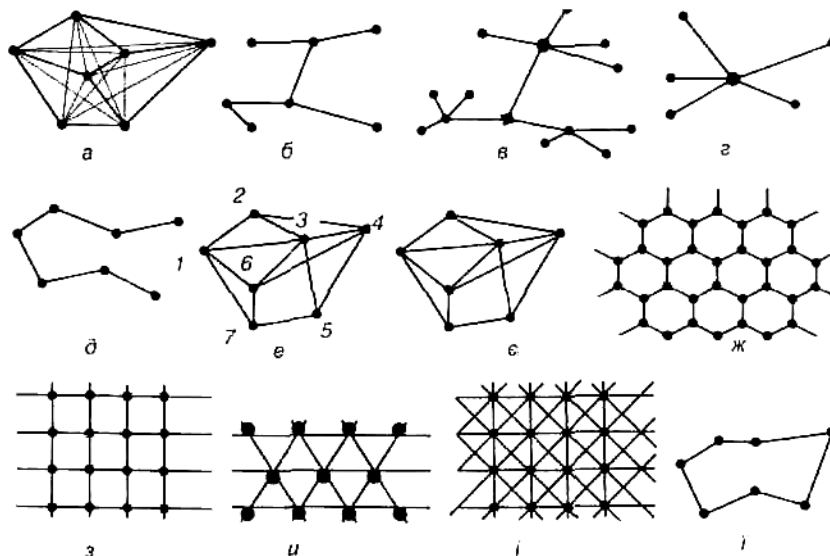


Рисунок 1.15 – Види структур інформаційних мереж

Серед сіткоподібних структур можна виділити ряд "регулярних" структур, для яких характерним є рівномірний розподіл пунктів (вузлів) за територією й однотипне з'єднання між сусідніми вузлами. До них, насамперед, належать структури, у кожному пункті яких, крім розташованих по краях мережі, сходяться три ребра ("стілникова" структура, рис. 1.15, ж), чотири ребра ("грати", рис. 1.15, з), шість (рис. 1.15, и) і вісім ребер ("подвійні грати", рис. 1.15, й), тобто такі, ранг яких $r = 3; 4; 6; 8$. Якщо кількість вузлів N у таких мережах є великою, то кількість ребер приблизно дорівнює $rN/2$. У мережі з вузлами різного рангу кількість ребер дорівнює $0,5 \sum_{ri=1}^{N-1} r_i N_i$, де N_i – кількість вузлів рангу r_i , причому $\sum N_i = N$. Реальна мережа, як правило, містить ділянки з різними структурами.

Вибір структури мережі визначається насамперед економічними міркуваннями і вимогами до її надійності і життєздатності.

Показники ефективності інформаційних мереж

У літературі описано різні показники ефективності інформаційних мереж. Розглянемо найважливіші з них для сучасної інформаційної мережі.

Ступінь використання каналів та іншого устаткування залежить як від структури мережі та її продуктивної роботи, так і від завантаження каналів повідомленнями, що передаються. Існує кілька підходів до оцінювання корисного використання каналу, під яким розуміють час, протягом якого:

- 1) канал надано користувачеві - зайнятий абонентом або зданий в оренду - незалежно від того, завантажений він чи ні, позначимо його t_1 ;
- 2) канал надано користувачеві як і в першому випадку, але час оплачується користувачем – t_2 ;
- 3) канал "активний", тобто по ньому передаються повідомлення – t_3 ;
- 4) передається корисна для користувача інформація (за винятком адресної і службової інформації, надлишкової інформації для підвищення її правильності, переопитування тощо) – t_4 ;

- 5) При цьому $t_4 < t_3 < t_2 \leq t_1 < t_c$, де t_c – час, протягом якого канал перебуває у справному стані.

Коефіцієнтом використання каналу називається відношення $\eta = t_1 / t_c$ або $\eta = t_1 / T$, де T – повний час експлуатації каналу. Іноді ступінь використання каналу визначають відношенням максимальної швидкості R , з якою передається інформація, до пропускної здатності каналу C :

$$\eta = R/C.$$

Час доставки повідомлення від джерела інформації до споживача і його складова – час проходження повідомлення мережею від моменту надходження повідомлення в кінцевий пункт введення інформації в мережу до моменту виведення його з мережі. Цей показник особливо важливий, тому що все частіше використовується метод комутації пакетів.

Здатність мережі доставляти повідомлення характеризується показником, який називають потужністю мережі за пропускною здатністю:

$$D = \sum_{i,j} C_{ij} L_{ij},$$

де C_{ij} – номінальна пропускна здатність ребра (лінії, пучка каналів) із заданою якістю, біт/с (або Ерл); L_{ij} – довжина ребра, км. Якщо пропускна здатність ребра визначена його ємністю v_{ij} , то потужність мережі в канало-кілометрах дорівнює загальній довжині каналів: $\Lambda = \sum_{i,j} v_{ij} L_{ij}$.

Реальна потужність мережі

$$D_p = \sum \eta_{ij} C_{ij} L_{ij}.$$

де η_{ij} – коефіцієнт використання каналів ребра.

Продуктивність мережі

$$П = \sum_{ij} \frac{v_{ij} L_{ij}}{T}$$

де V_{ij} – обсяг переданих за час T повідомлень між пунктами, бітів або годинозанять.

Відношення $П/D$ показує, наскільки добре використовується потужність мережі – її канали.

Якість передачі (наявність спотворень, розбірливість, чіткість), що визначається втратами викликів і різними затримками у з'єднанні та доставці, характеризується коефіцієнтом корисного використання часу користувачів (абонентів):

$$\eta_{аб} = \frac{a_c(t_{e1} + t_{e2})}{T_1 + T_2 + T_3}.$$

де a_c – коефіцієнт, що враховує втрати часу на паузи, контроль правильності передавання інформації, переопитування і т. ін.; t_{e1} і t_{e2} – ефективний час, який витрачається користувачами відповідно на передачу і прийом корисної інформації під час телефонної розмови, $t_{e1} = t_{e2} = t_e$; T_1 і T_2 – повний час, який витрачається абонентом – джерелом інформації та абонентом – її одержувачем;

T_3 – час, що витрачається третьою особою, яка бере участь в установленні зв'язку (наприклад, тим, хто відповів, і тим, хто викликав адресата).

Однією з важливих характеристик мережі є *доступність засобів зв'язку користувачеві*. Ця характеристика показує, наскільки швидко й ефективно користувач може фактично одержати ту чи іншу послугу за прийнятною вартістю. У сьогоденних умовах ринку для користувача саме ця властивість є найважливішою у разі вибору обладнання різних фірм, що пропонують свою продукцію телекомунікаціям України.

1.2.3 Еталонна модель взаємодії відкритих систем

На одному або на обох кінцях лінії зв'язку можуть використовуватися програма ЕОМ, запам'ятовувальний пристрій або оператор, що працює з дисплеєм, друкувальним пристроєм. Додаткові протоколи між відправником і одержувачем при цьому мають визначатися до найменших деталей.

Обслуговування користувача - це реалізація визначеного **набору функцій**, належать до передачі даних і зв'язані з такими елементами:

- *мовою* (включаються і функції перетворення форматів, трансляції і редагування);

- *дисципліною діалогу* для управління потоком даних (наприклад, послідовністю роботи, чеканням відповіді);

- *управлінням передачею даних*, у тому числі управлінням швидкістю передавання даних з урахуванням наявності засобів оброблення потоків даних в абонентів на обох кінцях лінії й управлінням послідовністю передавання для забезпечення вірогідності даних, що передаються;

- *транспортуванням даних* (включається проходження сигналів по більш-менш складній мережі між пристроями, кожен з яких має деяку адресу в мережі).

Групові діалоги або сесії можуть здійснюватися паралельно між будь-яким одним елементом та іншими елементами. Для забезпечення керованого використання мережі необхідне уведення послуг для користувача з боку мережі. Щоб обслуговувати мережу й управляти нею, потрібні й інші служби мережі, звичайно недоступні і невідомі користувачеві.

Мережна архітектура систем регламентує набір функцій передавання даних, що розподілені по всій мережі, вона також визначає формати і протоколи, які зв'язують ці розподілені функції між собою. Метою створення мережної архітектури є досягнення надійного передавання даних між програмами, операторами, операторами й запам'ятовувальними пристроями, розташованими в будь-якому пункті мережі. Проте це не означає, що всі функції, які виконуються мережею, повністю регламентуються її архітектурою. Доцільніше, щоб деякі функції і (або) адаптери створювалися розробниками апаратури або замовниками. У рамках архітектури, насамперед, уніфікуються ключові формати і протоколи, які потрібні для забезпечення передавання даних.

Архітектура зв'язку в розподілених системах (архітектура мережної телеобробки даних) створювалася в два етапи. *На першому були розроблені*

однорідні мережні архітектури, призначені для застосування однотипного устаткування. Наприклад, мережна архітектура *SNA (System Network Architecture)*, створена фірмою *IBM*, була покладена в основу однієї з перших глобальних обчислювальних мереж США. На другому етапі за основу прийнято базову еталонну модель взаємодії відкритих систем (модель *VBC*), що була першим стандартом, розробленим Міжнародною організацією стандартизації (*МОС*).

Рівні еталонної моделі взаємодії відкритих систем

У 1980-2000 рр. широко розвивалися концепції мережних протоколів. Найбільшу увагу привернула базова еталонна модель *VBC*, розроблена *МОС* для визначення рівневих мереж і рівневих протоколів. Ця модель була реалізована багатьма фірмами – виробниками засобів зв'язку.

Метою моделі *VBC* є: стандартизація обміну даними між системами; усунення будь-яких технічних перешкод для зв'язку систем; усунення труднощів "внутрішнього" опису функціонування окремої системи; визначення точок взаємоз'єднання для обміну інформацією між системами; звуження діапазону можливостей послуг для того, щоб підвищити здатність обміну даними між користувачами без зайвих накладних витрат на розмови і переклад; забезпечення доцільної відправної точки відходу від стандартів, якщо вони не задовольняють усіх вимог.

Модель рівневих протоколів VBC є семирівневим стандартом. Рівні в мережній моделі, запропонованій *МОС*, показано на рис. 1.16. Зупинимося детально на характеристиці цих стандартів.

Найнижчий рівень називається **фізичним**. Функції цього рівня забезпечують активізацію, підтримку і дезактивізацію фізичного ланцюга між кінцевим устаткуванням даних (*КУД*) і апаратурою каналу даних (*АКД*). Для фізичного рівня опубліковано значну кількість стандартів, найвідомішими з яких є стандарт *RS-232C* і рекомендації *MSE*.

Канальний рівень (рівень ланки даних) відповідає за передавання даних по каналу. Він забезпечує синхронізацію даних для розмежування потоку бітів фізичного рівня, вигляд подання бітів, визначені гарантії надходження даних в приймальне *КУД*, управління потоком даних, щоб *КУД* не перевантажувалися в будь-який момент часу занадто значною кількістю даних. Одна з найважливіших функцій цього рівня полягає у виявленні помилок, допущених під час передавання, і забезпеченні механізму відновлення даних у разі їх втрати або дублювання за наявності в них помилок.

Мережний рівень визначає інтерфейс *КУД* користувача з мережею пакетної комутації, інтерфейс двох пристроїв *КУД* один з одним у мережі пакетної комутації, а також маршрутизацію в мережі і зв'язок між мережами (інтермережний протокол). Цей рівень детально визначений і має значну кількість функцій, реалізує його протокол *X.25*.

Транспортний рівень забезпечує інтерфейс між мережею передавання даних і верхніми трьома рівнями. Саме цей рівень надає користувачеві факультативні можливості одержання сервісу визначеної якості (і вартості) від самої мережі, тобто мережного рівня.

Транспортний рівень проектується так, щоб відокремити користувача від деяких фізичних і функціональних аспектів пакетної мережі, а також забезпечити наскрізну звітність у мережі.

Сеансовий рівень служить інтерфейсом користувача з рівнем транспортних послуг і забезпечує засоби організації обміну даними між користувачами. Користувачі можуть вибрати тип синхронізації й управління, що вимагаються від рівня: почергово або одночасно двоспрямований діалог; точки синхронізації для проміжного контролю і відновлення під час передавання файлів; аварійне закінчення і рестартування; нормальне і прискорене передавання даних.

Сеансовий рівень має спеціальні послуги, примітивні і протокольні блоки даних, що визначені в документах МОС і МСЕ.

Представницький рівень даних визначає синтаксис даних у моделі. Він не пов'язаний зі значенням або семантикою даних. Його основне призначення - приймати типи даних (знак, ціле число) з прикладного рівня і потім узгоджувати з рівнем того ж рангу синтаксичне подання (телетекс, відеотекс тощо).

Рівень подання забезпечує відображення даних на віртуальному терміналі, а також надання таких послуг, як дозвіл прийому електронного повідомлення від рівня прикладних програмних продуктів і узгодження з одноранговим рівнем виду подання сторінки (наприклад, для друкарського набору) для прикладного рівня іншого вузла користувача.

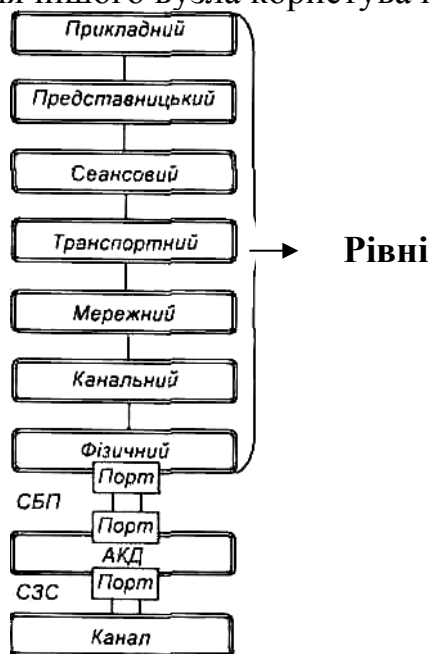


Рисунок 1.16 – Рівні в мережній моделі, запропонованій МОС: СБП – стик блока приєднання; СЗС – стик, що залежить від середовища

Прикладний рівень призначений для підтримки прикладного процесу кінцевого користувача. На відміну від представницького цей рівень має справу із семантикою даних. Рівень містить сервісні елементи для підтримки прикладних процесів, таких як управління різноманітними процесами, обмін фінансовими даними, діловими і довідковими даними (наприклад, система оброблення повідомлень). Прикладний рівень також підтримує концепції віртуального терміналу і віртуального файлу.

Структура повідомлення

Багаторівнева організація управління процесами в мережі зумовлює потребу модифікувати на кожному рівні повідомлення стосовно функцій, реалізованих на цьому рівні. Модифікація виконується за схемою взаємодії процесів, зображеною на рис. 1.17. Даним, що передаються у формі повідомлення, надаються *заголовок і закінчення*, в яких міститься інформація, потрібна для опрацювання повідомлення на відповідному рівні: показники типу повідомлення, адреси відправника, одержувача, каналу, порту і т. д. Заголовок і закінчення називаються *обрамленням повідомлення* (даних). Повідомлення,

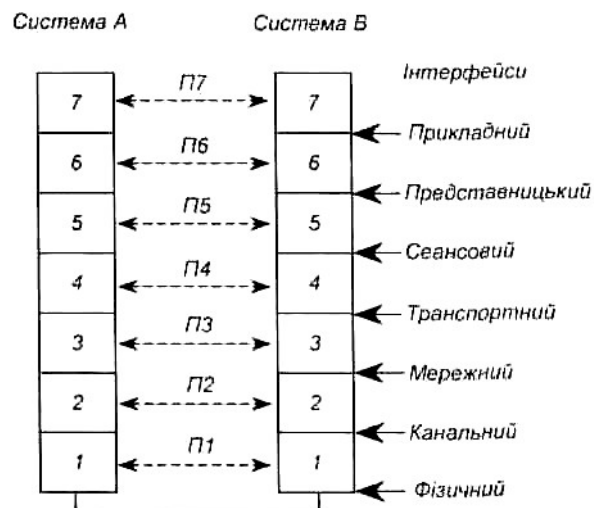


Рисунок 1.17 – Схема взаємодії процесів на базі домережних протоколів і інтерфейсів

сформоване на рівні $n+1$, у разі оброблення на рівні n супроводжується додатковою інформацією у вигляді заголовка Z_n і закінчення K_n . Це ж саме повідомлення, надходячи на нижчий рівень, у черговий раз забезпечується додатковою інформацією - заголовком Z_{n-1} і закінченням K_{n-1} . У разі передавання від нижчих рівнів до вищих повідомлення звільняється від відповідного обрамлення. Отже, кожен рівень оперує власними заголовком і закінченням, а послідовність символів, що міститься між ними, розглядаються як дані більш високого рівня. Завдяки цьому забезпечується незалежність даних, що стосуються різних рівнів управління передаванням повідомлень.

Пояснимо цей процес. Супроводження повідомлень об'єктами - процедура аналогічна вкладанню листа в конверт, який використовується у поштовому зв'язку. Всі дані, потрібні для передачі повідомлення, вказуються на конверті. Якщо повідомлення передається на нижчий рівень, воно вкладається в новий конверт, забезпечений відповідними даними. Повідомлення, що надходить у систему, проходить від нижніх рівнів до верхнього (рис. 1.17). Засіб управління нижнього рівня оперує даними, зазначеними в об'єкті, так само як і з даними на конверті. Коли ж дані передаються на вищий рівень, то повідомлення звільняється від "конверта", внаслідок чого на наступному рівні обробляється черговий "конверт". Таким чином, кожен рівень управління оперує не з самими повідомленнями, а з "конвертами", в які "упаковані" повідомлення. Тому склад повідомлень, що формуються на верхніх рівнях, ніяк не впливає на функціонування нижніх рівнів управління передачею. Процес передавання повідомлення відбувається послідовно з рівня 7 на рівень 1, а процес прийому, навпаки, з рівня 1 на рівень 7.

Протоколи в інформаційних мережах

Гнучкість організації і простота реалізації мереж досягається, зокрема, за рахунок того, що обмін повідомленнями (даними) допускається тільки між процесами одного рівня. Це означає, що прикладний процес може взаємодіяти тільки з прикладним процесом, а процеси управління передаванням повідомлень на рівнях 1,2, ...7 – тільки з процесами однойменних рівнів. Ця схема взаємодії процесів (рис. 1.17), як і процедура об'єкту повідомлень, необхідна умова логічної незалежності рівнів інформаційних мереж.

Прикладний процес у системі *A* (рівень 7) формує повідомлення прикладного процесу в системі *B*, пристосовуючись тільки до логіки взаємодії цих двох прикладних процесів, але не до організації мережі. Фактично повідомлення, сформовані процесом у системі *A*, проходять послідовно через рівні 6, 5, ..., 1, зазнаючи процедури послідовного об'єкту, передаються по каналу зв'язку, і потім через рівні 1, 2, ..., 6, на яких з повідомлень послідовно знімаються об'єкти, надходять до процесу в системі *B* повністю розконвертованими. Аналогічно процес управління транспортуванням повідомлень у базову мережу (рівень 4) відправляє власні дані в об'єкті повідомлення. Всі дані, що містяться поза об'єктом, не мають ніякого значення для цього процесу. Таким чином, процеси одного рівня в різних системах обмінюються даними, здебільшого за допомогою заголовків і закінчень повідомлень. Системний процес може послати власне повідомлення іншому процесу такого самого рівня в установленому порядку. При цьому весь текст повідомлення належатиме однойменному процесу в іншій системі. Такі повідомлення називаються *керуючими* і використовуються в основному на рівнях 2...5.

Процедура взаємодії процесів однойменних рівнів двох різних систем на основі обміну повідомленнями (даними) називається *протоколом*. Для процесів кожного рівня використовуються протоколи рівнів 1, 2, ..., 7.

Процедура взаємодії різних рівнів в одній системі називається *інтерфейсом*.

Описуючи протокол, виділяють його логічну і процедурну характеристики. *Логічна характеристика протоколу* – це структура (формат) і зміст (семантика) повідомлень. Логічна характеристика задається переліком типів повідомлень та їх змістом. Правила виконання дій, запропонованих протоколом взаємодії,

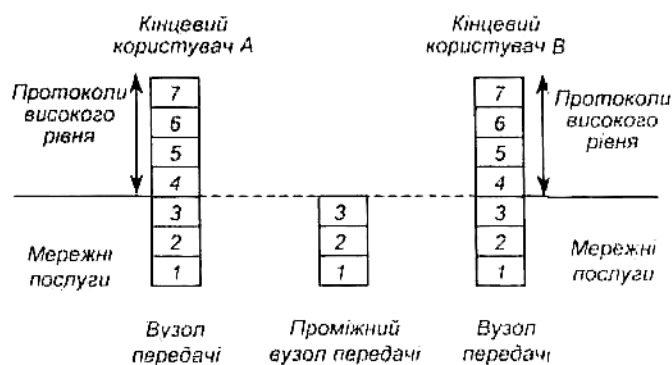


Рисунок 1.18 – Архітектура багаторівневого зв'язку

називаються *процедурною характеристикою протоколу*. Ця характеристика може зображуватися в різній математичній формі: операторними схемами алгоритмів, автоматними моделями, мережами Петрі та ін.

Логіка організації інформаційної мережі більшою мірою визначається протоколами, які встановлюють як тип і структуру повідомлень, так і процедури їх оброблення – реакцію на вхідні повідомлення і генерацію власних повідомлень. Кількість рівнів управління і типи використовуваних протоколів багато в чому визначають архітектуру мережі.

Можна зробити висновок, що рівневі протоколи спрямовані на виконання таких завдань: логічну декомпозицію складної мережі на менші, більш зрозумілі частини (рівні); реалізацію стандартних інтерфейсів між мережними функціями, наприклад, стандартних інтерфейсів між модулями програмного забезпечення; забезпечення симетрії функцій, реалізованих у кожному вузлі мережі. Кожен рівень у деякому вузлі мережі виконує ті самі функції, які виконуються аналогічним рівнем в іншому вузлі; реалізацію засобів передбачення змін і управління змінами, що можуть бути внесені в мережну логіку (програмне забезпечення); застосування простої стандартної мови комунікації розробників мереж, адміністраторів і користувачів, використовуваної під час обговорення мережних функцій.

Разом з тим загальна проблема зв'язку, яка полягає в забезпеченні своєчасної, правильної доставки даних кінцевому користувачеві, зайнятому в сеансі зв'язку в мережі або в кількох мережах, поділяється на дві частини. Перша стосується мережі зв'язку: дані, що передаються кінцевому користувачеві з мережі, мають надійти за призначенням в правильному вигляді та своєчасно. Другу частину проблеми – дані, що надійшли зрештою за призначенням кінцевому користувачеві, мають розпізнаватися і володіти

належною формою для їх правильного використання, – можна вирішити уведенням протоколів високого рівня. Повна архітектура, орієнтована на кінцевого користувача, містить у собі і мережні протоколи, і протоколи високого рівня. Як приклад на рис. 1.18 показано схему зв'язку між користувачами *A* і *B* через проміжний вузол мережі. До цього вузла можуть приєднуватися кінцеві користувачі, а з ними можуть бути зв'язані протоколи високого рівня, але функцією проміжного вузла є тільки надання відповідних мережних послуг.

У свою чергу, дві групи протоколів – ті, що надають мережні послуги, і протоколи високого рівня - звичайно поділяються далі на окремі рівні. Кожен рівень вибирається для надання певної послуги за змістом названих основних завдань: правильністю і своєчасністю доставлення даних у формі, за якою їх можна розпізнати.

Зв'язок між рівнями

Як уже зазначалося, кожний рівень є постачальником сервісу і може складатися з декількох сервісних функцій. Наприклад, один із рівнів може забезпечувати сервісні функції за кодовими перетвореннями.

Функція – це деяка підсистема рівня (деяка реальна підпрограма в якійсь програмі). Кожна підсистема може складатися з *логічних об'єктів* – деяких спеціалізованих модулів.

Основна ідея обміну між вузлами полягає в тому, що на кожному рівні послуги цього рівня додаються до послуг, які забезпечуються нижніми рівнями. Отже, верхній рівень, що взаємодіє безпосередньо з прикладним програмним продуктом кінцевого користувача, має повний набір послуг усіх нижніх рівнів. Верхні рівні диктують нижнім, які послуги мають бути викликані.

На рис. 1.19 показано стандартний обмін даними з рівнем або постачальником сервісу. За допомогою *точок доступу до сервісу* (ТДС, або *SAP*) здійснюється виклик до рівня або з рівня чотирьох транзакцій, які називаються **примітивами** (деякі сеанси не вимагають усіх транзакцій). Користувачем сервісу застосовуються такі примітиви:

- *запит* – призначений для виклику деякої функції;
- *індикація* – застосовується для виклику функції або для повідомлення про те, що функція була викликана деякою точкою доступу до сервісу *SAP*;
- *відповідь* – використовується для завершення функції, раніше викликаній індикацією в *SAP*.

Примітиви звичайно мають додаткові параметри для передавання інформації до рівня або з рівня.

Прикладний програмний продукт користувача або термінал викликає функцію постачальника сервісу посиланням запиту в суміжний нижній рівень (рис. 1.19, *a*). Цей запит на послугу підтверджується постачальником сервісу надсиланням підтвердження. Якщо послуга має надати іншому користувачеві Функцію (у даному разі користувачеві *B*), постачальник послуг повинен

направити користувачеві *B* індикацію, після чого від нього очікується відповідь.

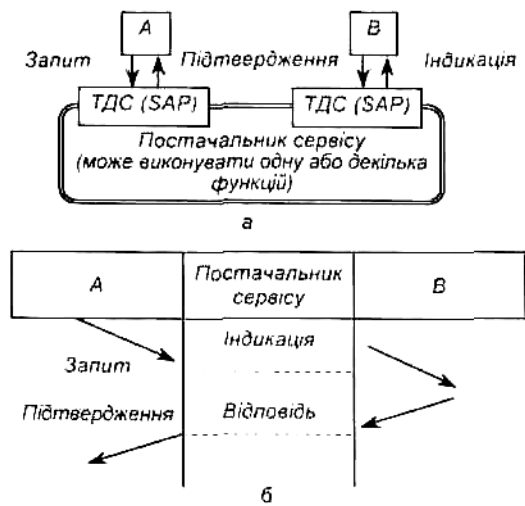


Рисунок 1.19 – Варіанти обміну даними з використанням рівневих протоколів

Якщо постачальником сервісу є деякий рівень, він здійснює зв'язок користувачів *A* і *B* за допомогою рівневих точок доступу до сервісу *SAP*. Користувачі *A* і *B* повинні знати відповідну точку *SAP*, щоб одержати деяку послугу від постачальника сервісу. Точка *SAP* містить адресу конкретної сервісної функції.

Можливим є й інший варіант проходження цього процесу (рис. 1.19, б) спрямовуються постачальнику сервісу, що надає індикацію користувачеві *B*. Користувач *B* дає відповідь, яка передається через постачальника сервісу користувачеві *A* як підтвердження. У цьому процесі подано метод, що дає можливість рівням "розмовляти" один з одним, навіть якщо рівні реалізовані з використанням систем різних фірм. Нагадаємо, що постачальником сервісу може бути рівень, функція або логічний об'єкт усередині рівня, а процес - це організація обміну даних між рівнями.

Приблизно таким самим способом на основі загального підходу люди спілкуються один з одним: устанавлюють зв'язок за допомогою вітання, наприклад "вітаю"; дотримуються прийнятих умовностей у розмові (і вислуховуванні); завершують розмову прощальною фразою, наприклад, "до побачення".

Розподіл компонентів інформаційних мереж за характером взаємодії відкритих систем

Інформаційну мережу за характером ВВС можна подати у вигляді трьох типів систем: абонентські, адміністративні й асоціативні.

Абонентські системи призначені для оброблення прикладних процесів користувачів, тому в області взаємодії вони розділяються на сім рівнів і на

Процес керування системою

Рисунок 1.20 – Структура абонентської й адміністративної систем

базі комунікаційної підмережі мають структуру, показану на рис. 1.2. Паралельно в системі реалізується ієрархія протоколів, що підтримує прикладні процеси управління мережею. Ці протоколи можуть бути такими самими, як і в ієрархії, що підтримує прикладні процеси користувачів, але можуть і відрізнятися від них. Усі рівні в системі зв'язані процесом управління системою.

Якщо є можливість, то слід звільнити користувальницьку ЕОМ абонентської системи від виконання функцій в області взаємодії, щоб надати їй можливість ефективно виконувати прикладні процеси. З цією метою абонентську систему поділяють на дві частини (рис. 1.21): *термінальне обладнання і станцію*. Термінальне обладнання є основною частиною системи, що виконує прикладні процеси, а якщо є потреба, то і протоколи верхніх рівнів. Станція — допоміжна частина системи, яка реалізує протоколи нижніх або всіх рівнів. Залежно від кількості протоколів, що реалізуються, станцію називають каналною, транспортною або абонентською.

Канальна станція виконує протоколи рівнів 1 і 2, транспортна – протоколи рівнів 1...4. Абонентська станція реалізує всі сім рівнів області.

Станція й термінальне обладнання з'єднуються каналом або шиною. В обох випадках це з'єднання має бути реалізовано спеціальним фізичним 1 і каналним 2 протоколами. Перший з них визначає характеристики каналу (шини), а другий описує процедури управління каналом (шиною) і передавання ними блоків даних. *Спеціальні протоколи 1' і 2' не є стандартними для ВВС. Вони залежать від конкретних вибраних каналів (шин), методів зв'язку зі станціями.*

Канальна станція (рис. 1.21) є найпростішою, тому що реалізує лише протоколи двох (1-го і 2-го) рівнів взаємодії. Проте ця простота вимагає значного завантаження абонента, який має виконувати функції, що описуються протоколами інших п'яти рівнів.

А б о н т с ь к а с и с т е	Прикладні процеси	Термінальне обладнання	Прикладні процеси	Термінальне обладнання	Прикладні процеси	Термінальне обладнання
	7	Канальна станція	7	Транспортна станція	2	Абонентська станція
	6		6		1	
	5		5		1	
	4		2		2	
	3		1		7	
	2		1		6	
	1		2		5	
	1'		4		4	
	2'		3		3	
2	2		2			

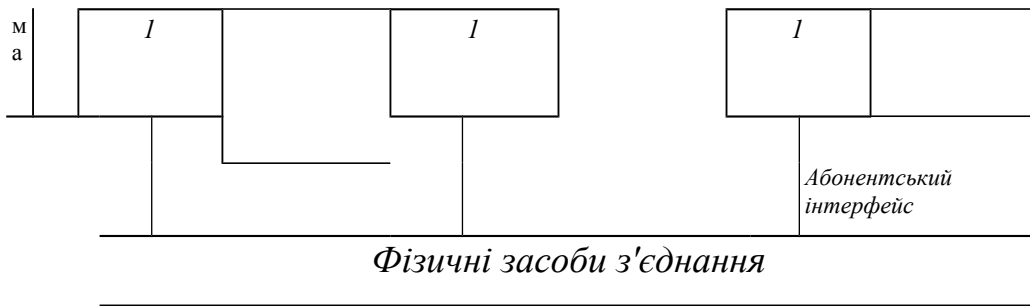


Рисунок 1.21 – Поділ абонентської системи на термінальне обладнання та станцію залежно від їх функцій

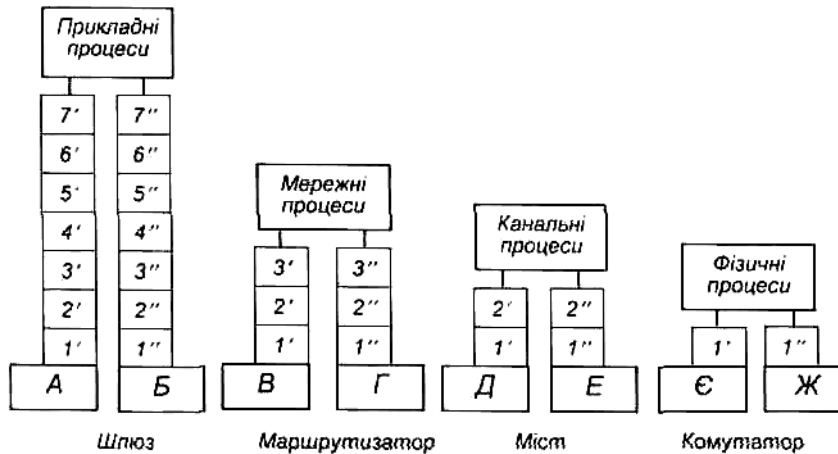


Рисунок 1.22 – Типи асоціативних систем

Ефективною є *абонентська станція*, яка повністю розвантажує термінальне обладнання від виконання функцій, що забезпечують взаємодію в мережі прикладних процесів. Однак у складному термінальному обладнанні часто працюють кілька комплексів прикладних процесів. Обмін же інформацією між ними відбувається через сеансовий рівень. Тому тоді, коли рівень 5 перебуває в станції, робота термінального обладнання залежить від надійності, завадостійкості та пропускнуої здатності каналу (шини) і станції, що є не завжди прийнятним.

З огляду на це найчастіше використовується *транспортна станція*. Вона виконує всі функції, пов'язані з передаванням інформації між комплексами термінального обладнання через усю комунікаційну підмережу. Що стосується термінального обладнання, то воно забезпечує виконання прикладних процесів, які підтримуються прикладним, представницьким і сеансовим протоколами.

Абонентські системи є основними компонентами інформаційної мережі. Ці системи будуються на основі різноманітних ЕОМ, що виготовляються виробниками різних країн. Тому для кожного типу комутаційної підмережі розробляється абонентський інтерфейс (рис. 1.21), що визначає параметри і процедури взаємодії всіх абонентських систем із комунікаційною підмережею.

Адміністративна система має таку саму структуру, що й абонентські (рис. 1.20, 1.21), але замість прикладних процесів користувачів виконуються прикладні процеси управління мережею або її частиною.

Асоціативна система, на відміну від абонентської й адміністративної, не здійснює оброблення інформації для потреб користувачів й управління мережею. Вона призначена для з'єднання в одне ціле частин інформаційних мереж і забезпечення взаємодії цих мереж між собою.

За характеристиками об'єднаних частин мереж і різних мереж розрізняють чотири типи асоціативних систем (рис. 1.22). Найскладнішою з них є *шлюз*. Він забезпечує взаємодію двох або більше інформаційних мереж з різними наборами протоколів семи рівнів. Так, на рис. 1.22 показано два набори: 1'...7' і 1''...7'', зв'язані спеціальними прикладними процесами. Ці процеси перетворюють один семирівневий набір протоколів в інший, забезпечуючи необхідну взаємодію.

Слід зазначити, що шлюзи найчастіше використовуються тоді, коли потрібно об'єднати інформаційні мережі, створені за різними фірмовими стандартами. Коли ж проектується група мереж відповідно до стандартів ВВС, доцільним є інший підхід: в мережах, що з'єднуються, протоколи рівнів 4...7 слід реалізовувати однаковими. Це дає можливість для з'єднання мереж використовувати не шлюзи, а більш асоціативні системи – *маршрутизатори та мости*.

Функція *маршрутизатора* – забезпечення взаємодії комунікаційних підмереж. Оскільки комунікаційні підмережі характеризуються лише трьома рівнями протоколів, логічна структура маршрутизатора має вигляд, показаний на рис. 1.22. Як бачимо, маршрутизатор не має протоколів рівнів 4...7 і є прозорим для них. Його завдання – перетворення протоколів трьох нижніх рівнів. Іноді в інформаційних мережах маршрутизатори зв'язують частини комунікаційної підмережі, в яких використовуються однакові протоколи рівнів 1...3. Такі маршрутизатори мають назву *вузлів комутації пакетів*. Перетворення протоколів у них не виконується: мережні процеси здійснюють лише комутацію і маршрутизацію інформації. У з'єднаних вузлами підмережах має здійснитись загальна адресація абонентських систем.

Мости (рис. 1.22) призначені для з'єднання частин мереж, різноманітних типів каналів передавання даних. Будь-який канал визначається протоколами рівнів 1 і 2, тому логічна структура моста має дворівневу структуру. Канальні процеси в цьому випадку перетворюють протоколи обох рівнів. У разі використання мостів у з'єднаних підмережах мають бути погоджені структура адреси і розмір кадрів.

Більш складні, або інтелектуальні, мости крім зазначених функцій виконують також роль фільтрів, що не пропускають пакети, не адресовані іншій частині мережі.

У кожному інтелектуальному мосту міститься невеличка база даних, до якої вносяться: адреси систем обох підмереж; контрольна сума, призначена для перевірки кадру, що використовується не тільки на вході моста, але й на його виході. Це дає можливість запобігати появі помилок усередині моста. Завдяки простоті виконуваних функцій застосовуються мости з відносно нескладною структурою, вони працюють з високою швидкістю. Формати передаваних блоків даних і розміри цих блоків міст не змінює.

Мости не мають механізмів управління потоками. Тому, якщо вхідний потік кадрів більший ніж вихідний, буфери переповнюються і "надлишкові" кадри не розглядаються. Нерідко кадри, що протягом установленого інтервалу часу не могли бути передані, також видаляються.

Мости можуть з'єднувати значну кількість мереж. Однак слід уникати такого з'єднання, за якого з'являються петельні тракти (рис. 1.23). У цьому разі інформація, проходячи послідовно через фізичні засоби з'єднання і мости M_1, M_2, M_3 може нескінченно циркулювати по утвореному колу.

Разом з тим застосування схеми з'єднання мереж, що зумовлює появу петельних трактів, забезпечує високу надійність взаємодії мереж. Так, один із мостів під час нормальної роботи може вимикатися, а вмикатися тільки тоді, коли один із двох інших мостів вийшов із ладу.

Отже, асоціативні системи реалізують міжмережні, мережні, каналні та фізичні процеси. Вони виконують функції, у тому числі й перетворення, потрібні для з'єднання частин мереж або цілих мереж.

Об'єднання мереж здійснюється установленням з'єднання або без нього. Об'єднання з установленням з'єднання дає змогу заздалегідь розподіляти буфери та інші ресурси системи. При цьому забезпечується просте і надійне управління потоками інформації, що проходять з однієї мережі в іншу, а також передаються повідомлення про втрату блоків даних й упорядкування послідовностей цих блоків. Проте організація і підтримка міжмережних з'єднань потребує виконання складних протоколів.

Об'єднання мереж без установлення між ними з'єднань характеризується простотою протоколів і високою швидкістю роботи асоціативної системи.

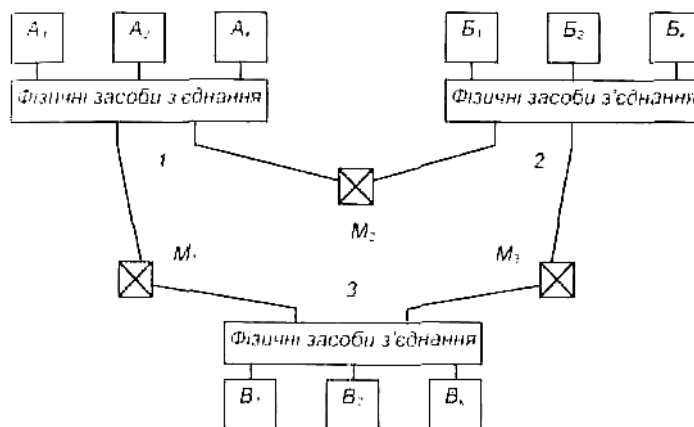


Рисунок 1.23 – Група мереж, з'єднаних мостами

Але цей спосіб не має тих переваг, які притаманні об'єднанням з установленням з'єднання. Тому для забезпечення якісного передавання інформації абонентські системи обох мереж повинні мати потужні версії транспортних протоколів.

Відповідно до цього при об'єднанні мереж застосовуються дві моделі. Перша з них – *протокольна* – характеризується тим, що у верхній частині

мережного рівня розташовується міжмережний протокол, завдяки якому обидві об'єднувальні мережі можуть працювати практично як одна загальна мережа. У цьому разі асоціативна система забезпечує комутацію інформації, що проходить через систему. Другою моделлю об'єднання мереж є *естафетна*. У такій моделі міжмережний протокол практично відсутній і передавання керуючої інформації через асоціативну систему не відбувається. Внаслідок цього в кожній мережі проводиться розпізнавання глобальних адрес, на основі якого вибираються маршрути передавання інформації.

1.3 Способи комутації в інформаційних мережах

1.3.1 Основні способи комутації

Для передавання дискретних повідомлень через мережу можуть установлюватися з'єднання двох видів – *довгострокові* й *оперативні*. Відповідно до цього розрізняють два види мереж передавання повідомлень – з довгостроковою й оперативною комутаціями.

Довгостроковою, або *кросовою*, *комутацією* називається такий спосіб комутації, за якого між двома точками мережі установлюється пряме постійне з'єднання цілодобово або з великим інтервалом часу. Канали, що беруть участь в організації таких з'єднань, називаються *виділеними*.

Після закінчення чергового сеансу зв'язку з'єднання не руйнується і перед початком сеансу не установлюється заново. Інакше кажучи, між двома користувачами обмін підтримується постійно по тому ж самому каналу. Кросові з'єднання реалізуються за допомогою спеціальних розподільних пристроїв.

Застосування кросової комутації доцільне тільки тоді, коли вимоги користувачів є винятково високими, і вони не можуть бути задоволені застосуванням оперативної комутації. При цьому слід враховувати, що зі зростанням кількості абонентських пунктів кількість необхідних ліній і оснащеність вузлів збільшуються дуже швидко, тому *мережа з кросовою комутацією є найнеекономічнішою*.

В основному в мережах передавання дискретних повідомлень застосовується *оперативна комутація*, за якої між двома точками мережі організовується тимчасове з'єднання. Розрізняють чотири види оперативної комутації: каналів, повідомлень, пакетів і змішану.

Важливим завданням архітектури відкритих мереж є *комутація інформації*, тобто прокладення в мережах трактів, потрібних для доставлення послідовностей блоків даних абонентським системам-адресатам.

Блоки даних, що передаються від джерела до одержувача, називаються *пакетами*, а процес їх передавання – *комутацією пакетів*. Джерелами й одержувачами можуть бути термінали користувачів, комп'ютери, принтери або будь-які інші пристрої передавання й оброблення даних.

У мережах іншого типу застосовується техніка *комутації каналів*, зокрема, у широко розповсюджених і звичних нам *телефонних мережах*. У

таких мережах, якими звичайно передаються мова і дані, між будь-якою парою або групою користувачів, що намагаються зв'язатися один з одним, установлюється окремий шлях передавання. Він утримується стільки часу, скільки потребує передача даних.

Останнім часом починають розгортатися інтегральні мережі, які поєднують два види оперативної техніки: комутації пакетів і комутації каналів.

Найтипівіші види навантаження створюють: передавання даних в інтерактивному режимі, коли між терміналами або між терміналами і комп'ютерами передаються короткі пачки повідомлень, що містять від 400 до 1000 знаків; передавання файлів – у цьому разі між комп'ютерами або між накопичувачами масивів даних передається до мільйона знаків (чи байтів); *всезростаюче цифрове передавання мови*.

Передавання мови і сьогодні залишається найпоширенішим в усьому світі видом зв'язку, який характеризується невеликими капіталовкладеннями на устаткування. Телефонні мережі, створені для передавання мови, охоплюють усі регіони земної кулі. Згідно з прогнозами, мова залишатиметься і надалі джерелом найбільшого навантаження засобів зв'язку в усьому світі, в тому числі і в Україні.

Телефонний зв'язок у реальному часі завжди здійснюється з комутацією каналів, хоча значна увага приділяється і можливостям передачі мови в реальному часі у формі пакетів. Дослідження цього виду мовного зв'язку тривають.

Іноді, наприклад в управлінні виробничими процесами, потрібно, щоб затримка доставки адресатові кожного блока, що передається, не перевищувала визначеного максимуму. Але найчастіше така вимога не ставиться, і блоки даних можуть у розумних межах проходити з випадковим запізненням. Природно, що в цьому разі устаткування і програмне забезпечення комутації інформації є значно простішими.

1.3.2 Комутація каналів

У мережах з значною кількістю каналів застосовується їх комутація. Для з'єднання в комунікаційній підмережі установлюється один комутатор або потрібна їх кількість. Ці комутатори називаються *вузлами комутації каналів*. Кожен з них з'єднує потрібні пари каналів передавання даних, завдяки чому створюються *тракти* – послідовності каналів, через які забезпечується взаємодія пар абонентських систем. Спрощену схему комутації каналів, за якою блоки даних проходять через комутатор без оброблення, показано на рис. 1.24, а.

У разі роботи в режимі комутації каналів перед початком взаємодії потрібно виконати ряд попередніх процедур, пов'язаних зі створенням тракту, тобто необхідної послідовності каналів. Для цього абонентська система – ініціатор взаємодії – має сформулювати і надіслати найближчому комутатору запит на прокладання крізь комунікаційну підмережу необхідного тракту. Після утворення тракту дві абонентські системи (тільки дві) використовують його під час усного сеансу взаємодії для передавання одна одній послідовностей блоків даних.

Як показує досвід, під час сеансу послідовність каналів використовується відносно недовго, більшу частину часу канали простоюють, особливо у разі діалогу користувача з прикладними процесами, коли користувач обмірковує отримані результати і повільно (за допомогою клавіатури) передає черговий запит. Іншим недоліком комутації каналів є значна тривалість створення тракту, бо для цього треба дочекатися моменту, коли в комунікаційній підмережі буде вільною вся необхідна послідовність каналів. При коротких сеансах час створення тракту часто перевищує тривалість передавання блоків даних.

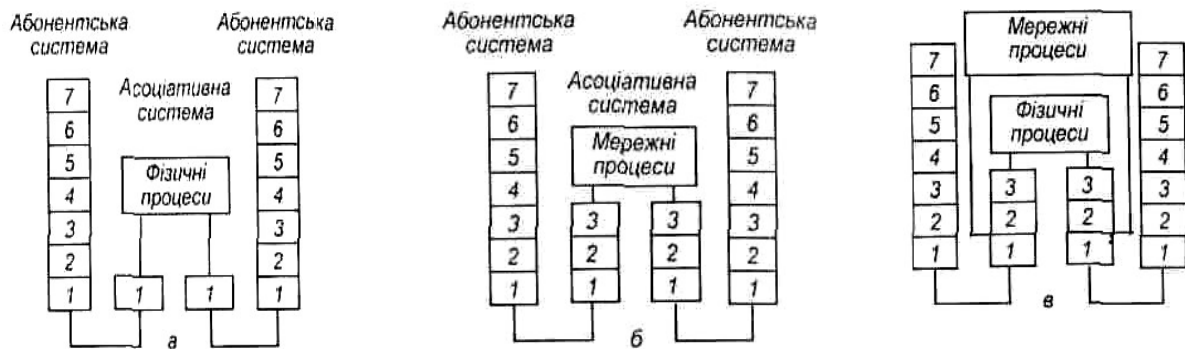


Рисунок 1.24 – Схеми комутації: *а* – каналів; *б* – пакетів; *в* – змішана; 1...7 – рівні моделі ВСС

Усе це призводить до того, що комутація каналів стає найнеефективнішим способом комутації інформації, унаслідок чого її частіше за все використовують для передавання великих масивів інформації або тоді, коли потрібно передати блоки даних із заданим терміном їх доставки (наприклад, для передавання мови або в технологічних процесах).

Водночас, незважаючи на зазначені недоліки, режим комутації каналів найширше використовується в сучасних системах і мережах зв'язку. Це зумовлено здебільшого тим, що домінуючою концепцією побудови телефонних мереж є саме комутація каналів на основі сучасних комутаційних систем. Альтернативні методи швидкої комутації пакетів і комп'ютерної телефонії застосовуються меншою мірою.

1.3.3 Комутація повідомлень

Комутація, за якої у кожному центрі комутації провадиться прийом повідомлень, їх нагромадження і подальше передавання адресатам, називається *комутацією повідомлень*. Крім інформаційної частини повідомлення містить адресу пункту призначення і різні службові ознаки. Процес переприймання реалізується в усіх центрах комутації повідомлень (ЦКп), що знаходяться на шляху проходження повідомлення.

На ранній стадії розвитку мереж із комутацією повідомлень повідомлення комутувалися в центрах комутації з використанням системи ручного переприймання. Поява в 1940-х рр. реперфораторів уможливила здійснення

напівавтоматичного переприймання. сьогодні такі системи застосовуються у телеграфних мережах загального користування. Наприкінці 1950-х і початку 1960-х рр. почалося впровадження повністю автоматизованих систем комутації повідомлень. На перших етапах автоматизації операції переприймання виконувались електромеханічними пристроями, пізніше - електронними. Починаючи із середини 1960-х рр., ЦКп створюють в основному на базі систем з програмним управлінням. Основним елементом ЦКп у цей період є електронна обчислювальна машина (ЕОМ).

Швидке технічне переозброєння ЦКп з появою ЕОМ визначилося тим, що обчислювальна машина зі швидкодією в кілька сот тисяч операцій за секунду може використовуватися як керуюча система в ЦКп, до якої приєднано кілька сот і навіть тисяч каналів передавання дискретних повідомлень.

Застосування принципу переприймання дає змогу реалізувати динамічний метод розподілу ресурсів, у тому числі і зв'язаних, між безліччю користувачів. Тепер обсяг устаткування, на відміну від мереж із комутацією каналів, не повинен визначатися з розрахунку обслуговування максимального навантаження. Повідомлення, що надійшли в години найбільшого навантаження і не передані користувачеві, розміщуються в накопичувачах ЦКп і передаються в період часу, коли навантаження спадає. Разом з тим мережа з комутацією повідомлень має дуже суттєвий недолік, зумовлений саме принципом переприймання: час затримки в таких мережах є величиною змінною і має випадковий характер. На тривалість затримки впливають такі основні фактори: пропускну здатність каналів, швидкодія ЦКп (характеристики детерміновані) та інтенсивність потоку повідомлень, що надходять у мережу (величина випадкова). Другий недолік мережі з комутацією повідомлень - неможливість організації діалогу між користувачами через відсутність прямого з'єднання між абонентськими пунктами.

Зазначених недоліків принципу передавання з проміжним нагромадженням немає в мережах із комутацією пакетів.

1.3.4 Комутація пакетів

Особливістю методу комутації пакетів є одночасне колективне використання каналів значною кількістю абонентських систем. Тут фізичні тракти не створюються і жоден канал не віддається в монопольне володіння парі абонентських систем. Кожним з каналів у міру надходження передаються блоки даних, що посилаються різними абонентськими системами.

Оскільки всі канали комутаційної підмережі функціонують автономно, то кожен з них описується двома рівнями протоколів (рис. 1.24, б). Фізичний рівень 1 характеризує канал, а каналний рівень 2 забезпечує керування передаванням блоків даних по цьому каналу.

Для послідовного передавання блоків від однієї абонентської системи до іншої потрібно було увести в асоціативних системах рівень 3. Тому в підмережі замість однорівневих комутаторів почали використовувати трирівні нові маршрутизатори (рис. 1.24, б). Завданням мережних процесів є виконання

операцій комутації інформації і прокладання маршрутів руху послідовностей блоків даних. Завдяки цим процесам по кожному каналу передаються будь-які комбінації і послідовності блоків даних, що належать різним парам одночасно взаємодіючих абонентських систем. Унаслідок цього завантаження каналів різко підвищилося.

Проте комутація пакетів не забезпечує доставки послідовностей блоків даних у точно визначений час. А отже, використання цього способу у випадках, коли цей час потрібно гарантувати, виявилось неможливим або дуже складним.

Між іншим, використанням комутації пакетів у режимі діалогу забезпечується передавання не тільки даних, але й мови, хоча з деякими труднощами. Труднощі пов'язані з тим, що мова "упаковується" в послідовності блоків даних, інтервали часу між якими через затримки в підмережі при прийманні не повинні перевищувати певних меж. Для передавання мови безперервний сигнал перетворюється в послідовність бітів (приблизно зі швидкістю, не меншою за 8000 біт/с). Із потоку бітів вибирається послідовність блоків даних, яка передається через підмережу. Абонент, одержавши послідовність блоків, виконує перетворення у зворотному порядку, відновлюючи природну форму розмови.

Зауважимо, що, передаючи мову, можна використовувати її надлишковість в інформативному відношенні. Завдяки цьому частина запізнілих блоків даних може бути викинута без суттєвих спотворень мови. Так, дослідження фірми Веіі показали, що при втраті до 10 % блоків розмова все ще має прийнятну якість.

Випадковий час доставлення блоків даних є недоліком методу комутації пакетів. Однак економічні переваги розглянутого методу зумовлюють пошук шляхів розширення його використання. Цьому сприяє постійне збільшення швидкостей оброблення даних у маршрутизаторах і створення фізичних засобів з'єднання, завантажуваних в середньому не більше ніж на дві третіх їхньої теоретичної пропускної здатності.

Досвід і розрахунки показують, що економічно вигідно одними і тими самими каналами передавати будь-яку інформацію – і ту, що потребує визначеного часу доставки, і ту, яка допускає появу випадкових величин запізнювання. Саме через це виникла потреба у створенні змішаної комутації, що забезпечує на базі однієї й тієї самої множини каналів комутацію як каналів, так і пакетів. Комутація пакетів вносить у процес передавання затримку. Комутація каналів звичайно надає обслуговування з можливістю блокувань, тобто відмови користувачам у доступі до мережі: якщо мережні ресурси недоступні, користувачі одержують з мережі сигнал зайнятості.

Для порівняння в табл. 1.1 наведено основні характеристики мереж з різними способами комутації.

Таблиця 1.1 – Характеристика мереж з різними способами комутації

Функція мережі	Спосіб комутації		
	каналів	повідомлень	пакетів
Наявність електричного з'єднання	Тимчасова	Немає	Немає
Накопичення повідомлень	Немає	У зовнішньому запам'ятовуючому пристрої	Невеликі частини повідомлень у запам'ятовуючому пристрої
Можливість діалогу	Можливий	Неможливий	Неможливий
Організація тракту	На інтервал тривалості одного з'єднання	Для кожного повідомлення лише ЦКп	Для кожного пакета чи на час сеансу
Процес виникнення затримки	Основна затримка під час установлення з'єднань	Основна затримка під час передавання	Дуже малі затримки під час установлення з'єднань і передавання
Режим роботи мережі	З відмовами	З очікуванням	З очікуванням і відмовами
Режим перевантаження	З відмовами	Зростають затримки на доставку	Затримки на доставку значно менші, ніж у мережах з комутацією повідомлень. Імовірність відмов на порядок менша за ймовірність у разі комутації каналів
Режим захисту повідомлень	Виконується користувачем	Основні функції реалізуються в мережі	Основні функції реалізуються в мережі
Можливість перетворень швидкостей, кодів і форматів	Неможливі	Можливі	Можливі
Обсяг навантажень, за яких досягається економічність мережі	Малий	Великий	Великий

1.3.5 Змішана та інтегральна комутація

При змішаній комутації (рис. 1.24, в) використовуються рівні та процеси, застосовувані як у комутації каналів (рис. 1.24, а), так і в комутації пакетів (рис. 1.24, б). Існуючі канали віддають, насамперед, для створення трактів, що з'єднують абонентські системи. Вільні канали не простоюють і використовуються для комутації пакетів. Природно, що в цьому разі у підмережі устанавлюються комбіновані вузли. Вони відіграють роль і комутаторів каналів, і комутаторів пакетів.

Змішана комутація набуває широкого застосування для одночасного передавання по одних і тих самих групах каналів і даних, і мови.

Одним з найважливіших науково-технічних напрямів у галузі електрозв'язку є створення інтегральних цифрових мереж зв'язку. Інтегральна мережа має об'єднати існуючі мережі передавання інформації, в першу чергу телефонні, телеграфні та мережі передавання даних, а потім включити у свій склад і мережі передавання зображень.

Необхідність побудови інтегральної мережі визначається потребою підвищення ефективності використання мережних ресурсів, забезпечення доступу користувачів до широкого набору послуг у рамках однієї мережі. Досвід експлуатації окремих мереж передавання інформації, дослідження вимог користувачів до послуг електрозв'язку показують, що засоби зв'язку як складова частина інфраструктури для суспільства можуть стати ефективними тільки за умови інтеграції всіх засобів електрозв'язку у вигляді єдиної системи.

Інтегральна комутація

Як і змішана, інтегральна комутація призначена для забезпечення передавання інформації із заданим і випадковим часом доставки блоків даних. Проте інтегральна комутація відрізняється від змішаної: у разі інтегральної комутації комутація каналів і комутація пакетів здійснюються одночасно в кожному фізичному каналі.

Для забезпечення інтегральної комутації в кожному такому каналі прокладається група віртуальних каналів. Будь-який з них працює так, що створюється враження, ніби пара взаємодіючих абонентських систем, яка використовує віртуальний канал, передає блоки даних за призначеним для них фізичним каналом.

Інтегральна комутація інформації здійснюється різними способами, одним з яких є *асинхронне часове мультиплексування (АЧМ)*. Суть цього способу така. Для кожного фізичного каналу мережі час поділяється на повторювані цикли (рис. 1.25). По каналу передаються розділювачі, кожен з яких повідомляє про початок чергового циклу. Після цього в кожному циклі виділяються n інтервалів часу, потрібних для створення n віртуальних каналів (рис.1.26).

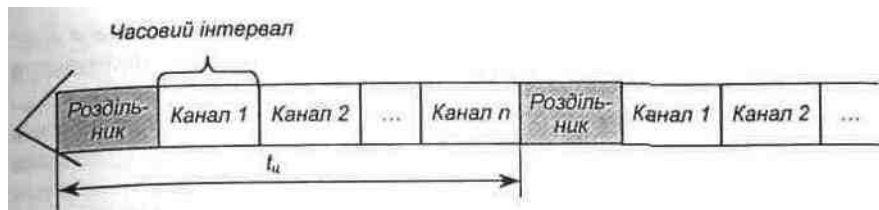


Рисунок 1.25 – Структура циклу асинхронного мультиплексування, ($t_{ц}$ - тривалість циклу)

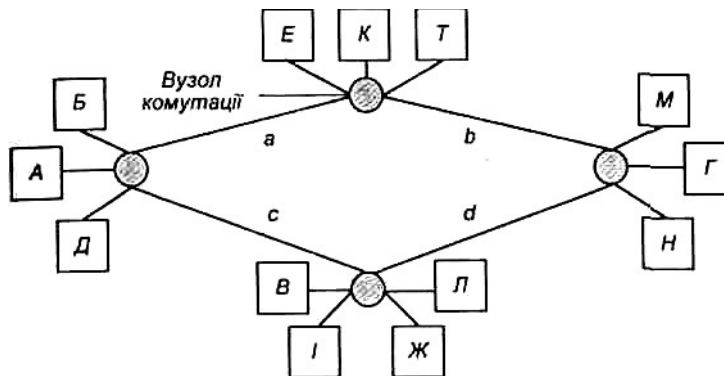


Рисунок 1.26 – Схема організації віртуальних каналів

Основою створення віртуальних каналів є часові інтервали. Так, інтервали "Канал 1" у послідовності циклів утворюють віртуальний канал 1, наданий парі абонентських систем. Аналогічно з інтервалів i , де $i = 2, \dots, n$, утвориться віртуальний канал i .

Розглянемо приклад, показаний на рис. 1.26. У мережі є чотири магістральні канали a, b, c, d , що зв'язують чотири вузли (маршрутизатори). У цих каналах час розподілений на цикли, кожен з яких містить до чотирьох часових інтервалів.

Таблиця 1.2 – Організація віртуальних каналів

Номер каналу	Взаємодіючі абонентські системи	Віртуальні канали	Номер каналу	Взаємодіючі абонентські системи	Віртуальні канали
1	$A-E$	a_1	3	$Д-М$	$c_i + d_i$
2	$Б-К$	a_2	4	$І-Т$	$d_2 + b_1$

Нехай потрібно організувати одночасно взаємодію чотирьох пар абонентських систем, відомості про які наведено в табл. 1.2. Ця взаємодія має забезпечити роботу в режимі комутації каналів (у прозорому режимі). З цією метою в порядку надходження замовлень для системи $A-E$ у фізичному каналі a у кожному циклі до закінчення сеансу взаємодії виділяється перший віртуальний канал (перший часовий інтервал), позначений a_1 . Отже, система $A-E$ одержує через кожні $t_{ц}$ (див. рис. 1.25) часовий інтервал для передавання

блоків даних, тобто передавання інформації відбувається зі швидкістю p/t_u блоків за секунду, де p - кількість блоків.

Аналогічно системам $B-K$ у тому самому каналі надається другий віртуальний канал a_2 . Для системи $D-M$ виділяється послідовність, що складається з каналів $c_i + d_i$. Система $I-T$ одержує послідовність каналів $d_2 + b_1$.

Між системами, розташованими в мережі (рис. 1.26), можливі й інші тракти взаємодії. Так, системи $A-E$ можуть взаємодіяти не тільки через фізичний канал a , але також через послідовність фізичних каналів c , d , b . Системи $D-M$ можуть зв'язуватись через фізичні канали a і b .

По фізичних каналах, що з'єднують абонентські системи з вузлами комутації, також можуть передаватися повторювані цикли, показані на рис. 1.26. Тоді кілька прикладних процесів однієї системи можуть одночасно взаємодіяти з групою процесів інших абонентських систем.

Після того, як часові інтервали розподілені за запитами на комутацію каналів, здійснюється друга частина управління комутацією інформації. Часові інтервали, які залишилися, використовуються для передавання по черзі блоків даних, що направляються будь-якими абонентськими системами. Інакше кажучи, у ці часові інтервали здійснюється комутація пакетів. Так, у стані віртуальних каналів, показаному в табл. 1.2, для комутації пакетів використовуються вільні ділянки. Природно, що картина запитів на комутацію каналів увесь час змінюється. Відповідно до цього змінюється і список часових інтервалів, що залишаються для комутації пакетів.

Отже, за інтегральної комутації уже фактично немає в класичному розумінні ні комутації каналів, ні комутації пакетів. Тут обидва види комутації злилися в один спосіб передавання інформації з гарантією або без гарантії часу доставки блоків даних.

Важливо відзначити, що для комутації інформації способами, розглянутими раніше, потрібна була наявність не менше трьох каналів у комунікаційній підмережі. *Що ж стосується інтегральної комутації, то вона може здійснюватися і за наявності в підмережі тільки одного фізичного каналу*, наприклад моно-каналу. Завдяки інтегральній комутації забезпечується передавання інформації будь-яких видів: даних, графіків, факсиміле, мови і навіть телебачення.

Ретрансляція кадрів

Ретрансляція кадрів (*Frame Relay*) визначається як служба пакетного режиму (*packet mode service*). Вона передбачає, що дані організуються в адресовані індивідуальним чином блоки, а не містяться у фіксованих тимчасових слотах. Однак на відміну від технології комутації пакетів ретрансляція кадрів цілком виключає будь-яку обробку на мережному рівні моделі взаємодії відкритих систем. Більше того, вона використовує лише частину функцій другого рівня – так звані основні аспекти, які містять вимогу повторного передавання у разі їх виявлення. Інакше кажучи, такі протокольні функції, як послідовна нумерація пакетів, контроль перевантаження за

допомогою використання вікна передачі, функції підтвердження і передавання керуючих кадрів, у мережі *Frame Relay* не використовуються.

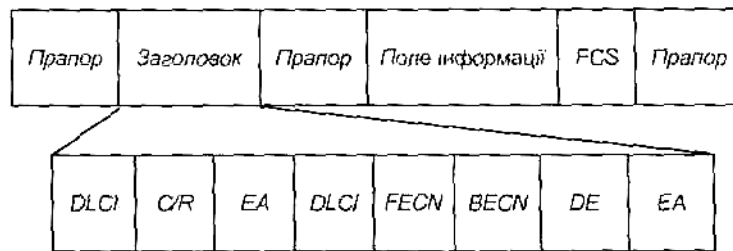


Рисунок 1.27 – Структура кадру *Frame Relay* і формат заголовка для мереж ретрансляції кадрів: *FCS (Frame Check Sequence)* – перевірна послідовність кадру; *C/R (Command/Response)* – біт команда/відповідь; *EA (Extended Address)* – біт розширена адреса; *FECN (Forward Explicit Congestion Nitification)* – біт повідомлення про явне перевантаження; *BECN (Backward Explicit Congestion Nitification)* – біт повідомлення про перевантаження у зворотному напрямку; *DE (Discard Eligibiti)* – біт вибіркоче скидання

Однією з особливостей мережі *Frame Relay* є використання змінної довжини кадрів – від кількох до тисячі і більше символів. Цю властивість мають також і мережі з комутацією пакетів, що важливо для спільного функціонування мережі ретрансляції кадрів із джерелами, які потребують кадрів змінної довжини. Проте використання таких кадрів ускладнює передавання даних, які є чутливими до затримок, особливо до змінних. З цієї причини мережі *Frame Relay* не забезпечують якісного передавання мови і стиснутого відео зображення. Структуру кадру *Frame Relay* показано на рис. 1.27.

Заголовок кадру мережі ретрансляції кадрів містить десятибітовий номер -ідентифікатор з'єднання канального рівня *DLCI (Data Link Connection Identifier)*, який є номером віртуального з'єднання в цій мережі, що відповідає конкретному приймачеві. У разі міжмережної взаємодії типу *LAN (Local Area Network – корпоративна локальна мережа) - WAN (Wide Area Network – глобальна мережа передавання даних)* ідентифікатор *DLCI* позначає порт, до якого приєднана локальна мережа – приймач (рис. 1.28). Ідентифікатор *DLCI* уможливує відправлення даних з вузла по мережі усього за три кроки (рис. 1.28).

Крок 1. За допомогою перевірконої послідовності кадру *FCS* перевіряється його цілісність. Якщо виявлена помилка, то кадр скидається.

Крок 2. Виконується пошук ідентифікатора *DLCI* у таблиці. Якщо для даного каналу ідентифікатор *DLCI* не визначений, кадр скидається.

Крок 3. Кадр транслюється в напрямку до приймача за адресою, обумовленою таблицею маршрутизації.

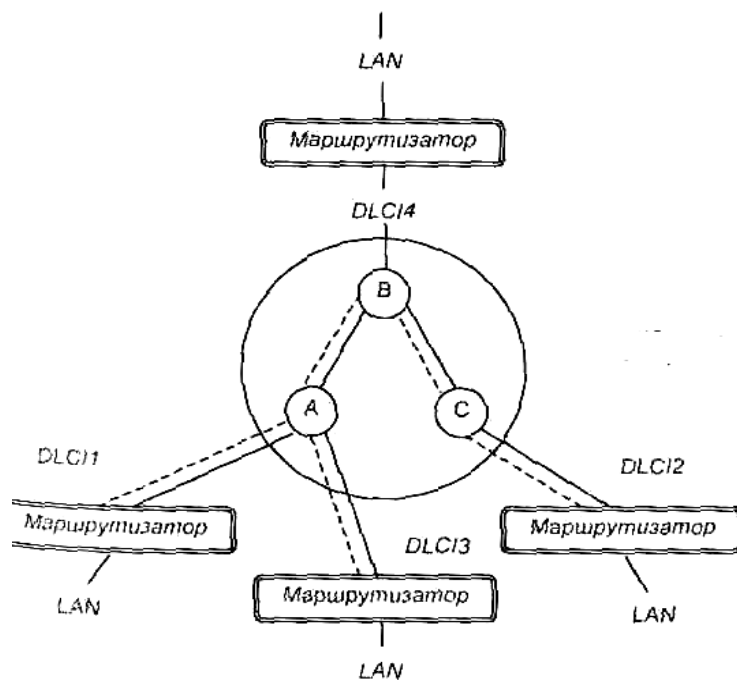


Рисунок 1.28 – Структура передавання в мережі ретрансляції кадрів

Зазначимо, що вузол мережі ретрансляції кадрів здатний обробляти інформацію великого обсягу, як це має місце у разі застосування багатофункціональних протоколів, наприклад протоколів комутації пакетів.

Віртуальні канали в мережі ретрансляції кадрів – це постійні віртуальні канали (*Permanent Virtual Circuit - PVC*). Вони установлюються адміністративним оператором мережі через систему мережного управління, а не за командами користувача мережі, переданими у потоці звичайних даних. Канал *PVC* мережі ретрансляції кадрів, як правило, визначає з'єднання між двома мережами *LAN*. Новий віртуальний канал стає необхідним лише тоді, коли в мережу додається нова *LAN*. Отже, для мережі ретрансляції кадрів віртуальні канали *PVC* – саме той варіант, що зручний для багатьох допоміжних програмних продуктів.

У разі використання *Frame Relay* повторне передавання кадрів з метою усунення помилок здійснюється тільки по наскрізному каналу, тобто між кінцевими пристроями користувачів (функція виявлення і виправлення помилок винесена на межу мережі). Щоб не завантажувати канали передачею кадрів, в яких є помилки, на рівні ланки даних лише виявляються помилки і кадри, в яких вони виявлені, стираються.

Зараз протокол *Frame Relay* використовується в багатьох пакетних мережах для забезпечення високошвидкісного передавання даних.

Швидка комутація пакетів і асинхронний режим перенесення інформації. Основною ідеєю *швидкої комутації пакетів* є пакетна комутація з мінімумом функцій, виконуваних вузлами комутації на рівні ланки для підвищення часової прозорості мережі.

Найменування "асинхронний режим перенесення інформації" – *ATM* (*Asynchronous Transfer Mode*) рекомендовано МСЕ. Крім абревіатури *ATM* у науково-технічній літературі використовуються терміни "асинхронний режим доставки" та "асинхронний режим перенесення". Іноді зустрічаються й інші терміни: *ATD* (*Asynchronous Transfer Division*) – асинхронний режим часового ущільнення, *FPS* (*Fast Packet Switching*) – швидка комутація пакетів. Зважаючи на те, що термін *ATM* рекомендований МСЕ, в науково-технічній літературі він використовується найчастіше.

Вибираючи фіксовану або змінну довжину пакета для *ATM*, враховують такі основні фактори:

- ефективність використання пропускнуої здатності цифрових трактів зв'язку;

- досягнення високої продуктивності комутаційного устаткування, точніше кажучи, досягнення компромісу між швидкістю комутації і складністю реалізації комутаційних пристроїв;

- тривалість затримки пакета.

У загальному випадку ефективність використання пропускнуої здатності цифрових трактів зв'язку із застосуванням пакетів змінної довжини дещо вища, ніж із застосуванням пакетів постійної довжини. Однак ця перевага, не є визначальною. Варіант із пакетами постійної довжини кращий як за швидкістю роботи комутаційного устаткування, так і за обсягом буферного простору.

Експерти МСЕ зробили висновок про доцільність використання пакетів фіксованої довжини. Щоб підкреслити, що йдеться саме про прийняту фіксовану довжину, термін "пакет" змінили на "клітинка" (cell).

Після прийняття рішення про використання пакетів постійної довжини потрібно було вибрати інший розмір. На вибір довжини чарунки вплинуло кілька факторів, а саме: ефективність використання пропускнуої здатності цифрових трактів; затримки при заповненні пакета інформацією користувача (під час пакетування), у черзі, на депакетуванні, а також коливання цих затримок (джиттер); умови реалізації.

Європейські вчені виступали за розмір клітинки 32 октети (32 x 8 двійкових розрядів) для усунення ехозагороджувачів під час передавання мови, а вчені США і Японії запропонували клітинку розміру 64 октети для досягнення ефективнішого використання цифрових трактів. Був досягнутий компроміс, і за довжину чарунки (ячейки – *рос.*) прийняли 53 октети.

2 ЦИФРОВА МЕРЕЖА ІНТЕГРАЛЬНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ (ISDN)

2.1 Принципи функціонування мережі

Цифрова мережа інтегрального обслуговування *ISDN* – це *єдина цифрова мережа для передавання всіх видів інформації*. Інтегральна мережа характеризується складною архітектурою, до якої входять інтерфейси з абонентськими системами, пристрої передавання та маршрутизації інформації, засоби надійного функціонування й управління мережею, набір сервісних функцій і засобів. Архітектура мережі передбачає також широкий спектр послуг, у тому числі передавання мови, даних і графічних зображень, що забезпечується наскрізними трактами, наданими взаємодіючими абонентськими системами. В аналізованій мережі реалізується новий підхід до проблем передавання різних видів інформації. Для приєднання абонентських систем тут немає потреби (як у телефонних мережах) використовувати модеми. Цифрові форми подання усіх видів інформації дають змогу тими самими каналами одночасно передавати мову, дані й зображення.

Інтегральна мережа має *комбінований функціональний профіль*, який виконує три важливі завдання (рис. 2.1).

Перше завдання пов'язане зі створенням прозорих послідовностей каналів, що з'єднують пари взаємодіючих абонентських систем. Для виконання цих робіт у мережі використовується тільки рівень 1 і забезпечується режим комутації каналів. Друге завдання інтегральної мережі обумовлене рівнями 1...3 і пов'язане з виконанням комутації пакетів. Отже, при виконанні перших двох завдань *основного сервісу* інтегральна мережа описується одно- або трирівневим базовим функціональним профілем. Спираючись на цей профіль, можна побудувати будь-яку відкриту інформаційну мережу.

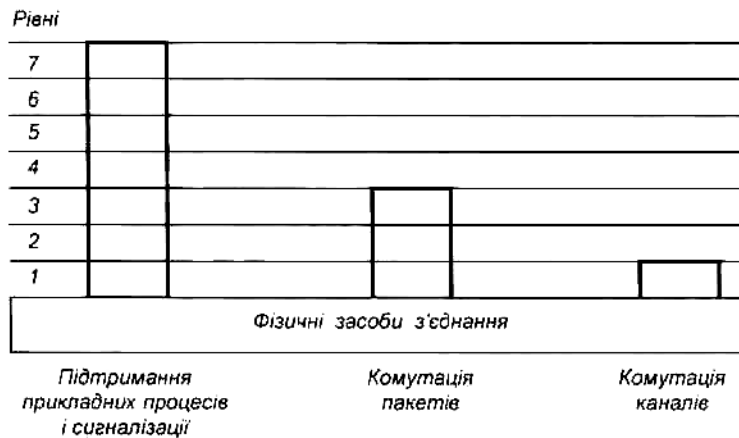


Рис. 2.1 – Структура функціонального профілю

Водночас інтегральна мережа виконує *телесервіс*, що описується повним набором протоколів семи рівнів (третє завдання). Отже, у даному разі мережа має повний профіль, який характеризує не лише процес передавання даних, а й кінцеві пристрої – спеціальні абонентські системи. До таких систем належать, наприклад, телекс, відеотекс, факс. Повний профіль використовується і для сигналізації, пов'язаної з роботою мережі.

Інтегральна мережа надає широкий спектр різних видів сервісу. Використання нею концепції цифрової мережі не тільки забезпечує передавання інформації, але й надає користувачам можливість зберігати й обробляти її. Такі можливості забезпечуються послугами електронної пошти, факсиміле, передавання музики й відеозображень.

Стандартизація інтегральної мережі, що здійснювалася поетапно МСЕ у чотирьох напрямках, установила модель мережі, загальні принципи її структури, інтерфейси абонентів (систем) і сервіс, надаваний цим абонентам. Перший стандарт інтегральної мережі з'явився в 1984 р. Він стосувався загального абонентського інтерфейсу, призначеного для передавання мови, цифрових даних і сигналізації.

Рекомендації I.100 описують інтегральну мережу з можливістю виконання таких загальних функцій: застосування мережі для передавання мовної та не-мовної інформації; забезпечення комутації пакетів і каналів; виконання різноманітних видів сервісу, технічного обслуговування та управління; доступ до мережі, який зумовлюється рівневою протокольною структурою; здатність мережі розвиватися (поява нових функцій і видів сервісу).

Рекомендації I.200 визначають види сервісу, що надаються інтегральною мережею користувачам, які працюють з нею. Ці стандарти забезпечують сумісність зазначених видів сервісу з міжнародними, що дає змогу користувачам одержувати один і той самий сервіс у будь-якій національній інтегральній мережі.

Рекомендації I.300 описують еталонну модель інтегральної мережі, яка ґрунтується на еталонній моделі ВВС і містить сім рівнів ВВС. Модель ВВС спирається на фізичні засоби зв'язку і забезпечує сервіс для двох груп прикладних процесів: взаємодії користувачів і системи управління мережею.

Усіма рівнями системи керує спеціальний процес. У цих Рекомендаціях особлива увага приділяється адресації, селекції кінцевого пристрою та маршрутизації інформації.

Рекомендації I.400 визначають інтерфейси на межі інтегральної мережі в точках, до яких приєднуються абонентські системи. Стандартизація інтерфейсів забезпечує можливість приєднання до мережі різних за розмірами і структурами систем. Більше того, одну й ту саму абонентську систему можна вводити в різні інтегральні мережі. Рекомендації встановлюють також типи каналів, що використовуються мережею.

Рекомендації I.500 встановлюють інтерфейси міжмережного з'єднання інтегральної мережі з іншими мережами – телефонною мережею з комутацією каналів, мережі з комутацією пакетів.

Рекомендації I.600 описують принципи обслуговування інтегральної мережі.

Еталонна модель інтегральної мережі

Еталонна модель інтегральної мережі призначена для *опису потоків інформації*, що надходять до цієї мережі і проходять нею. Аналізована модель ґрунтується на принципах рівневої взаємодії, визначених базовою еталонною моделлю ВВС, яка спочатку створювалася для обміну даними, у тому числі мовними й графічними повідомленнями.

Відповідно до Рекомендацій I.320, модель інтегральної мережі передбачає широкий діапазон режимів і можливостей передавання інформації: комутацію каналів під керуванням сигналізації; передавання інформації на основі комутації пакетів; сигналізацію між користувачами та засобами мережі, наприклад, відеотексом, базами даних, довідником; наскрізну (в усій мережі) сигналізацію між користувачами; комбінацію зазначених режимів.

Моделювання цих процесів дало змогу, спираючись на базову еталонну модель ВВС, розглянути питання, пов'язані з архітектурою протоколів, та розробити засоби інтегральної мережі. Було вивчено найрізноманітніші потоки інформації, з передаванням яких пов'язане виконання комплексу завдань. До таких завдань, насамперед, належать: вибір характеристик установлених з'єднань; переузгодження, коли це потрібно, зазначених характеристик; тимчасове припинення та відновлення роботи з'єднань; адміністративне управління й технічне обслуговування мережі; комутація пакетів користувачів; передавання мови, графіки, відеотексту, телетексту й рухомих відеозображень.

Під час розгляду семирівневої ієрархії протоколів у моделі інтегральної мережі проаналізовано випадки, коли деякі з рівнів є порожніми, тобто не містять протокольних функцій. При цьому сервіс, надаваний вищому рівню, є ідентичним сервісу, одержуваному порожнім рівнем знизу. Інакше кажучи, порожній рівень транслює вгору одержуваний ним сервіс.

Рівнева організація протоколів в інтегральній мережі розглядається з двох позицій. З погляду користувачів, головним завданням є передавання інформації між прикладними процесами, а з позиції управління системою - передавання

інформації між прикладними процесами та всередині системи. Разом з цим одним з головних завдань управління є забезпечення взаємодії прикладних процесів.

Еталонна модель інтегральної мережі установлює її структуру, параметри та характеристики. Для цього всі частини мережі подаються у вигляді взаємозалежних функціональних блоків, які мають ієрархічну рівневу структуру. Інтегральна мережа – вузлова і складається з компонентів чотирьох типів:

вузлової комутації, груп магістральних та абонентських каналів, а також спеціальних абонентських систем, які забезпечують сервіс передавання інформації (відеотекст, факс і т. д.).

Призначенням *вузлів комутації* є виконання процесів, що забезпечують комутацію і каналів, і пакетів. Важливо зазначити, що на відміну від інших типів мереж в інтегральній мережі передавання інформації між парою абонентських систем здійснюється не одним каналом, а відразу групою їх. Тому вузли комутації з'єднуються один з одним і з абонентськими системами групами каналів.

Основним компонентом інтегральної мережі є вузол комутації, рівнева структура якого відповідає моделі ВВС. Вузол комутації як система описується семирівневою ієрархією протоколів (рівні 1...7), над якими розташовуються допоміжні *прикладні процеси управління мережею*. Всі рівні системи взаємодіють із процесом управління самою системою.

Процес управління системою складається з керуючого ядра і семи підпроцесів управління відповідно до рівнів протоколів. Кожен підпроцес взаємодіє з певним рівнем системи. Крім цього, підпроцеси пов'язані один з одним і з ядром процесу. Така структура процесу управління забезпечує контроль функціонування вузла комутації на всіх її рівнях.

Інтегральна мережа ставить чіткі вимоги до абонентських систем, що приєднуються до неї. Ці вимоги стосуються фізичних інтерфейсів груп каналів, протоколів рівнів 1...3 і характеру виконання абонентською системою частини прикладних процесів управління аналізованою мережею. Відповідно до цього структура абонентської системи має звичайний для відкритої мережі вигляд. Аналізована мережа має семирівневу структуру протоколів.

Для прикладних процесів користувачів ієрархія протоколів може бути іншою, ніж для прикладних процесів управління мережею, які, аналогічно процесам управління системою, відіграють ту саму роль, що й у вузлі комутації, виконуючи при цьому інші функції.

Ядром функціональної структури вузла комутації (рис. 2.2) є *комутаційне поле*, яке забезпечує маршрутизацію та комутацію пакетів між групами каналів, що підходять до вузла. Над комутаційним полем розташовуються адміністративні функції та протоколи вищих рівнів, які підтримують їх.

До вузла комутації підходять *магістральні й абонентські групи каналів*. Магістральні канали з'єднують вузли, які мають абонентський інтерфейс.



Рисунок 2.2 – Вузол комутації:
(а, б, с - абоненти; штрихові лінії - процеси логічного з'єднання;
суцільні - процеси фізичного з'єднання)

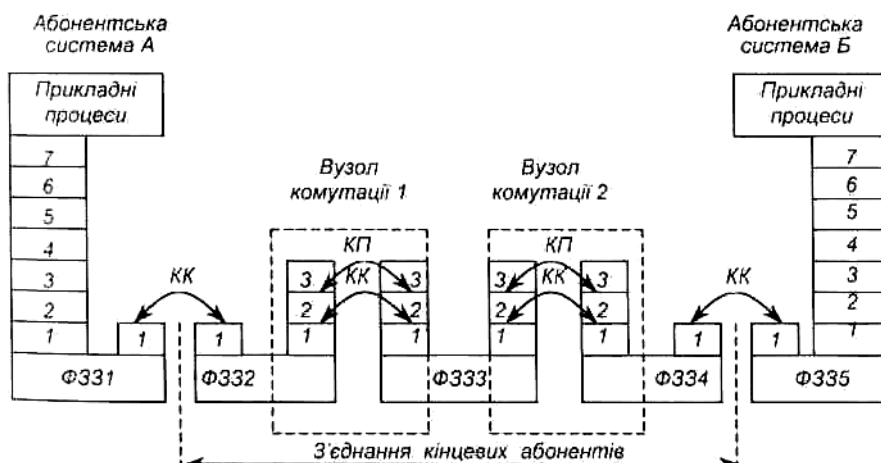


Рисунок 2.3 – Схема взаємодії вузлів і систем:

КК – комутація каналів; *КП* – комутація пакетів; *Ф33* – фізичні засоби з'єднання

З'єднання кожної групи магістральних і абонентських каналів з комутаційним полем забезпечується *кінцевим пристроєм абонента або магістралі*, а також *кінцевим керуючим елементом*. Кінцевий пристрій абонента здійснює передавання пакетів, а кінцевий керуючий елемент забезпечує сигналізацію, необхідну при комутації каналів (рис. 2.3). Кінцевий пристрій абонента або магістралі разом з кінцевим керуючим елементом утворюють відповідно *абонентський або магістральний блок*. У реальному вузлі комутації таких блоків може бути досить багато (рис. 2.4).

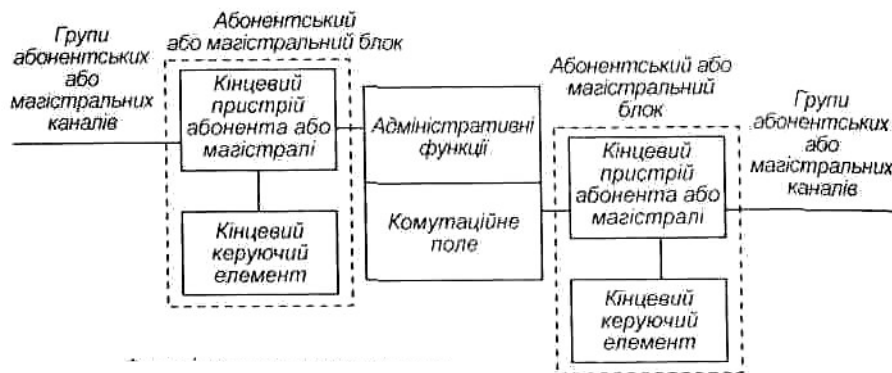


Рисунок 2.4 – Функціональна структура вузла

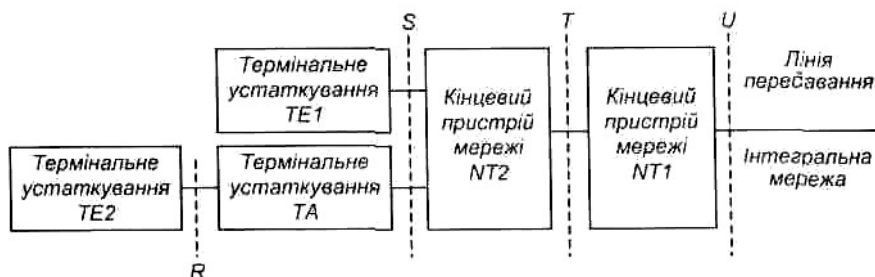


Рисунок 2.5 – Функціональні блоки підтримання інтерфейсів

Взаємодія абонентських і магістральних блоків через комутаційне поле обумовлюється *внутрішнім пакетом-протоколом*. Відповідно до цього протоколу блоки вузла комутації обмінюються один з одним інформацією з використанням пакетів. Для забезпечення високої ефективності передавання даних вибирають великі розміри цих пакетів. Внутрішній пакетний протокол забезпечує прокладання через комутаційне поле множини одночасно працюючих віртуальних з'єднань між будь-якими парами абонентських і магістральних блоків.

Структуру стикування термінального устаткування з інтегральною мережею зображено на рис. 2.5. Для приєднання до мережі термінального устаткування *TE1* і *TE2* використовуються допоміжні функціональні блоки кінцевих пристроїв мережі *NT1* і *NT2* та блок термінального адаптера *TA*. Точки між зазначеними блоками визначають інтерфейси фізичного рівня:

S, R, T, U. Інтерфейси *S* і *T* називаються абонентськими й установлюються Рекомендаціями I.311, I.412 і I.430. Зазначимо, що в конкретних рішеннях подаються не всі ці інтерфейси (рис. 2.6).

Інтерфейс *U* визначає точку закінчення лінії передавання (абонентського фізичного каналу інтегральної мережі). Чітке й надійне передавання двобічне спрямованих потоків сигналів цією лінією є досить складним процесом, який відрізняється від взаємодії функціональних блоків абонентської системи. Тому для розвантаження цієї системи від виконання не властивих їй функцій у структуру схеми, зображеної на рис. 2.5, уводять кінцевий пристрій мережі *NT1*, який забезпечує на фізичному рівні передавання потоків сигналів і перетворення інтерфейсу *U* в інтерфейс *T* (див. рис. 2.6). Кінцевий пристрій

NT1 виконує функції фізичного рівня еталонної моделі ВВС, які пов'язані з виконанням таких завдань, як надання фізичного абонентського інтерфейсу *T* і мультиплексування на фізичному рівні.

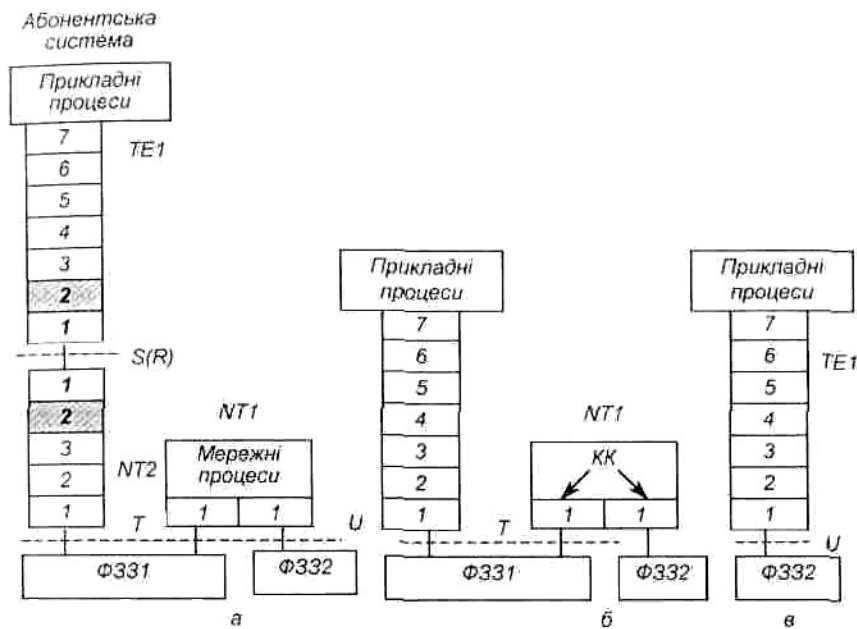


Рисунок 2.6 – Приєднання термінального устаткування TE1:

а) з інтерфейсом *T* і *U*; б) з інтерфейсом *T*; в) з інтерфейсом *U*

Для більшого розвантаження термінального устаткування від виконання функцій передавання інформації та для приєднання кількох комплектів термінального устаткування в структуру схеми, зображеної на рис. 2.5, вводять кінцевий пристрій *NT2*. Він забезпечує функції фізичного рівня, але може виконувати також завдання каналного і мережного рівнів абонентської системи. Наприклад, у разі приєднання простого термінального устаткування пристрій *NT2* виконує функції всіх трьох нижніх рівнів. Кінцевий контролер, що виконує функції рівня 3, може забезпечуватися пристроєм *NT2*, який виконує функції рівнів 1 і 2, та мультиплексором, який може працювати з *NT2*, що виконує лише функції фізичного рівня.

Функціями кінцевого пристрою *NT2* є надання фізичного абонентського інтерфейсу *S*, виконання протоколів каналного і мережного рівнів, мультиплексування на рівнях 2 і 3 та комутація інформації.

Нерідко пристрої *NT1* і *NT2* об'єднують в один кінцевий пристрій мережі *NT*, інтерфейс *T* при цьому не використовується.

Фізичне приєднання термінального устаткування (див. рис. 2.6) до кінцевого пристрою мережі *NT2* визначається інтерфейсом *S*. На цьому інтерфейсі до однієї шини або каналу може приєднуватися до восьми одиниць термінального устаткування. Тут же приєднується й термінальний адаптер *TA*, який перетворює інтерфейс *S* в інтерфейс *R*.

Інтерфейс R не є стандартом інтегральної мережі. Він використовується тоді, коли потрібно приєднати термінальне устаткування $TE2$, фізичний інтерфейс якого не відповідає стандартам інтегральної мережі. Інтерфейс цього пристрою визначається Рекомендацією X.21 або Рекомендацією X.21-біс.

У моделі інтегральної мережі передбачаються три способи приєднання термінального устаткування $TE1$. За першим способом устаткування приєднується через два кінцеві пристрої мережі - $NT2$, який виконує функції мережної станції, та $NT1$, який виконує функції комутатора (рис. 2.6, а). Щоб реалізувати між ними інтерфейс T , у термінальне устаткування $TE1$ та в кінцевий пристрій мережі $NT2$ додають два допоміжні рівні (на рис. 2.6, а затемнені).

За другим способом термінальне устаткування реалізує в абонентській структурі всі сім рівнів області взаємодії (рис. 2.6, б). Система має інтерфейс T і в даному разі не має кінцевого пристрою $NT2$ та інтерфейсу S .

Поряд із розглянутими схемами останнім часом для складних абонентських систем використовують структуру (рис. 8.6, в), в якій немає обох кінцевих пристроїв мережі, у зв'язку з чим відпадає потреба в інтерфейсі T .

У розглянутих структурах не все термінальне устаткування виконує протоколи рівнів 4...7. Наприклад, телефонний апарат реалізує лише простий протокол транспортного рівня.

2.2. Типи інформаційних каналів

Характерною рисою інтегральної мережі є те, що в ній для передавання інформації між будь-якою парою систем формується не один, а група каналів. Тому в усіх фізичних засобах з'єднання паралельно прокладають відразу кілька каналів.

Рекомендації I.412 установлюють п'ять типів інформаційних каналів -В, D, E, HD і H1. Швидкості передавання даних цими каналами прийняті кратними 64 кбіт/с. Винятком є D-канал, який у ряді випадків працює зі швидкістю 16 кбіт/с.

Інформаційний В-канал розрахований на синхронне передавання зі швидкістю 64 кбіт/с пакетів для потреб широкого кола користувачів (наприклад, на передавання мови, кодованої зі швидкістю 64 кбіт/с, та даних ЕОМ, а також на комбіноване передавання даних і мови, кодованої зі швидкістю менше 64 кбіт/с). Використовується В-канал в режимах комутації пакетів, комутації каналів та ін.

Декілька різних потоків пакетів можуть мультиплексуватися в одному В-каналі. Відповідно до цього В-канал призначений для прозорого передавання дискретної інформації користувачів, напівпрозорого передавання мови та комутації пакетів. Прозорість передавання означає, що система-передавач "бачить" лише систему-приймач, а інтегральна мережа залишається для неї невидимою. Напівпрозорість передавання мови пов'язана з тим, що інформація кодується, а потім декодується, що потребує виконання в інтегральній мережі певних функцій. Нарешті, передавання інформації в режимі комутації пакетів є

непрозорим. Це пов'язано з тим, що інтегральна мережа під час цього процесу має виконувати протоколи рівнів 2 і 3.

D-канал працює з різними швидкостями. Він призначений насамперед для сигналізації про процес, який забезпечує комутацію каналів при використанні В-каналів. Крім того, у режимі комутації пакетів *D-канал* може використовуватися також для передавання низькошвидкісних пакетів.

Сигналізація - це процес, що управляє (в режимі комутації каналів) функціонуванням груп каналів, які створюються в інтегральній мережі. Сигналізація надає засоби для установаження, підтримання і припинення мережних з'єднань, що прокладаються через мережу, та виконує функції, пов'язані з розподілом мережних ресурсів і вибором каналів, якими передаватиметься інформація.

Важливо зазначити, що *В-* і *D – канали* інтегральної мережі легко стикуються з відомими стандартами інформаційних мереж.

E-канал працює зі швидкістю 64 кбіт/с і призначений передусім для передавання сигналізації зі швидкісною комутацією множини В-каналів. Він також використовується у структурі мультиплексованих каналів.

H-канали поділяються на канали Н0 і Н1. Канал Н1 має дві модифікації – Н11 і Н12. Канали працюють зі швидкостями: Н0 - 384, Н11 - 1536, Н12 -1920 кбіт/с. Найшвидкісніші Н-канали використовуються для передавання відеоінформації, а також для високошвидкісного передавання даних у режимах комутації пакетів і комутації каналів.

Будь-яка абонентська система приєднується до інтегральної мережі групою каналів різних типів. Кожна з таких груп називається **інтерфейсною структурою**. В інтегральній мережі використовуються дві інтерфейсні структури - основна і первинна (табл. 2.1). Основна структура застосовується для передавання відносно невеликих масивів інформації, а первинна – на напрямках, що характеризуються величезними потоками блоків даних. У кожній конкретній інтегральній мережі необов'язково мають використовуватися всі інтерфейсні структури. І кожна абонентська система не повинна працювати з усіма інтерфейсними структурами, використовуваними в мережі.

Таблиця 2.1 – Інтерфейсні структури, використовувані в інтегральній мережі

Тип структури	Назва	Передавальний канал
2В+D	Основна	D
23В +D або 30В+D	Первинна	D
23В+E або 30В+E	"	E
3Н0+D або 5Н0+D	"	D
Н11+D абоН12+D	"	D

Канали типів В, Н0, Н11, Н12 передають інформацію незалежно один від одного. Сигналізація про інформацію, яка потрібна для забезпечення режиму комутації каналів, передається каналами типу D (16 чи 64 кбіт/с) або E (64 кбіт/с). Під час здійснення режиму комутації пакетів сигналізація не потрібна, тому канали типів D і E можуть також використовуватися для передавання інформації користувачів.

Отже, використання в інтегральній мережі різних інтерфейсних структур дає змогу передавати різноманітну інформацію зі швидкостями в одній структурі від 144 кбіт/с до 2...8 Мбайт/с.

Інтерфейсні інтегральні мережі створюються для обслуговування різних абонентських систем. Зокрема, для приєднання невеликої персональної ЕОМ використовується інтерфейсна структура 2В+D. У цій структурі може забезпечуватись одночасне передавання даних між ЕОМ та мови між телефонами або іншими терміналами.

Оскільки В-канал має швидкість 64 кбіт/с, а D-канал – 16 кбіт/с, то в структурі 2В+D загальна швидкість передавання інформації становить 144 кбіт/с, причому два В-канали можуть використовуватися незалежно один від одного. Передавання будь – якої інформації здійснюється кадрами.

У разі взаємодії телефонних апаратів в інтерфейсній структурі 2В+D по D-каналу передається необхідна сигналізація, а В-каналами – мова. Якщо використовується простий телефон, то один із В-каналів не працює. Сьогодні застосовується багатofункціональний телефон - з додатковим сервісом, який працює на двох В-каналах. Застосування такого апарата забезпечує проведення телеконференцій, почерговий зв'язок з кількома абонентами тощо.

Якщо до інтегральної мережі приєднується абонентська система великої продуктивності, наприклад, значна ЕОМ, то можна використати первинну інтерфейсну структуру 23В+D або 30В+D (див. табл. 2.1). Кожна з цих структур забезпечує передавання інформації через інтегральну мережу зі швидкістю близько 2 Мбіт/с, тобто в цьому разі інформація передається паралельно відповідно 23 або 30 каналами.

Первинні структури працюють з двома різними швидкостями. Справа у тому, що в Європі ще до появи міжнародних стандартів застосовувалася швидкість 2048 кбіт/с, а в Північній Америці – 1544 кбіт/с. Через це нині використовуються різні структури кадрів і різні методи синхронізації.

Північноамериканська первинна структура, яка має швидкість 1544 кбіт/с, містить 24 канали по 64 кбіт/с і один – на 8 кбіт/с, 23 з них є В-каналами, а 24-й – D – або E-каналом. Загальна довжина кадру – 193 біти, тобто на 1 біт більше, ніж потрібно для 24 каналів. Цей додатковий F-біт, перший у структурі кадру, створює додатковий канал зі швидкістю 8 кбіт/с. Внаслідок цього кадри організуються в мультикадрову структуру по 24 кадри, де F-біти забезпечують синхронізацію кадрів.

Протоколи мережі

Будь-яка інформація передається через інтегральну мережу у вигляді пакетів. Це стосується й мови. Тому, перш ніж передавати мовну інформацію, її

з аналогової форми перетворюють у послідовність двійкових сигналів, які потім декодуються і відновлюються в аналогову форму.

Відповідно до моделі інтегральної мережі передавання інформації і сигналізація здійснюються різними каналами, тобто в мережі створюються **інформаційні канали та канали сигналізації**. Інформаційними каналами є канали В, D, H0, H11 та H12, а каналами сигналізації- D і E (табл. 2.2). Канали D і E використовують різні способи сигналізації, які необхідні лише для комутації. Така організація інтегральної мережі зумовлює застосування протоколів трьох ієрархій, що збігаються один з одним на деяких рівнях. Насамперед вони узгоджуються в точках інтерфейсів S і T(див. рис. 2.6).

Таблиця 2.2 – Режими використання наявних каналів і засобів комутації

Режим комутації	Інформаційний канал	Канал сигналізації
Комутація каналів з традиційною сигналізацією	В	Е
Комутація каналів із загальним каналом сигналізації	В, H0, H11	D
Комутація пакетів	В, 0, H0, H12	D

Для **трьох режимів використання каналів і засобів комутації** на інтерфейсі T Рекомендації I.430 та I.431 установлюють єдиний фізичний протокол. Рекомендації описують характеристики фізичного рівня для основної та первинної інтерфейсних структур. Кожна інтерфейсна структура утворюється в певних фізичних засобах з'єднання. Зокрема, Рекомендація I.430 передбачає, що швидкість передавання у фізичному каналі має дорівнювати 192 кБіт/с.

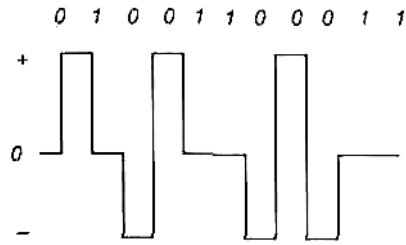


Рисунок. 2.7 – Псевдотрійкове кодування

У разі передавання електричних сигналів "металевим середовищем" використовується псевдотрійкове кодування (рис. 2.7), яке здійснюється так, що одиниця відповідає відсутності сигналу, а нуль - позитивному або негативному імпульсу. Полярність імпульсу має чергуватися, тобто після позитивного імпульсу має бути негативний і навпаки. У формі утворюваного електричного сигналу не лише кодується передана інформація, але й забезпечується синхронізація роботи фізичного каналу.

Рекомендація I.430 описує також характеристики протоколів фізичного рівня абонентських інтерфейсів *S* і *T*. Фізичний рівень надає каналному рівню сервіс, який здійснює такі функції: з'єднання для передавання бітів у порядку, в якому вони передаються з каналного рівня на фізичний; індикацію стану каналу; передавання блоків даних.

У режимі комутації каналів з традиційною сигналізацією інтегральна мережа прозора для всіх переданих через неї пакетів. Тому функціонування інформаційного В-каналу обумовлюється лише фізичним протоколом. Робота каналу сигналізації описується всіма "сімома рівнями" ієрархії протоколів (рис. 2.8). Слова "сімома рівнями" взяті в лапки, тому що ці протоколи використовувалися в мережах зв'язку ще тоді, коли не було еталонної моделі ВВС зі рівневим розподілом її функцій. *Тому поділ на рівні в цій ієрархії не зовсім збігається із сучасною базовою еталонною моделлю.*

Аналізований режим використовує систему сигналізації №7, яка описується Рекомендацією Q.700. Ця сигналізація призначена для прокладання через мережу груп каналів, які зв'язують абонентські системи (термінальне устаткування). Сигналізація проходить від системи, що ініціює зв'язок, через усю мережу і досягає системи-адресата. Після прокладання груп каналів система сигналізації управляє цією послідовністю, здійснюючи ефективне передавання блоків даних.

Загальний канал сигналізації № 7 (ЗКС-7) утворюється чотирма множинами функціональних блоків (на рис. 2.8 обведені штриховою лінією). Перша з цих множин – "Мережне обслуговування" - охоплює рівні 1, 2 і частково 3. Функціональний блок "Канал сигналізації" реалізує двоспрямоване передавання даних між двома системами і визначає канал сигналізації. Блок "Керування каналом сигналізації" забезпечує надійне доставлення даних. Блок "Функції сигналізації" передає через інтегральну мережу керуючу інформацію, наприклад, повідомлення про вихід з ладу каналу, переповнення вузлів

комутації блоками даних тощо. Усі три функціональні блоки забезпечують мережне обслуговування сигналізації.

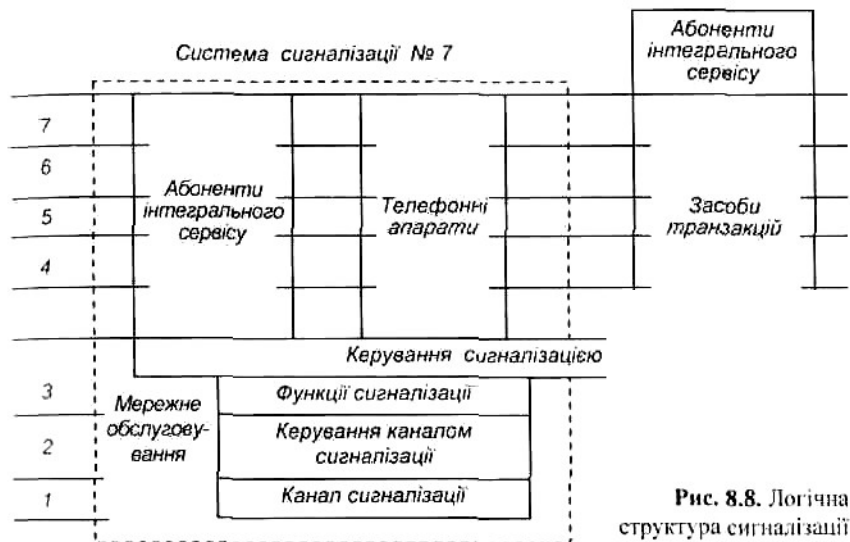


Рисунок 2.8 – Логічна структура сигналізації

Блок "Управління сигналізацією" утворює друга підмножина, яка забезпечує декілька категорій орієнтованого та неорієнтованого на з'єднання сервісу. Над цими блоками розташовуються третя і четверта множини, які обумовлюють роботу сигналізації на верхніх рівнях, – "Абоненти інтегрального сервісу" і "Телефонні апарати". Абоненти інтегрального сервісу, наприклад електронні машини, користуються широким спектром можливостей інтегральної мережі при комутації каналів і створенні їх прозорої послідовності. Телефонні апарати використовують обмежений сервіс мережі.

Три нижні рівні (1...3) протоколів сигналізації потрібні прикладним процесам управління мережею і частині, пов'язаній з комутацією каналів. Це функції, що визначають операційне обслуговування та підтримуючі його засоби транзакцій.

Для *режиму комутації каналів із загальним каналом сигналізації* (див. табл. 2.2) характерне використання широкої номенклатури каналів і загального каналу сигналізації ЗКС-7. Рівневу структуру протоколів цього режиму показано на рис. 2.9. При комутації каналів здійснюється наскрізне передавання пакетів через інтегральну мережу, тому функціонування інформаційних каналів забезпечується лише *протоколом фізичного рівня*. Що стосується D-каналу (див. табл. 2.2), то він передає сигналізацію. Цьому сприяє семирівнева ієрархія протоколів. У її нижній частині розташовані фізичний протокол, протокол управління каналом передавання даних (LAPD) і протокол управління викликом абонента - прикладного процесу, розташованого в абонентській системі.

7	Наскрізна сигналізація
6	
5	
4	
3	Керування викликом абонента
2	Протокол LAPD
1	Фізичний протокол

Рисунок. 2.9 – Рівнева структура сучасної сигналізації при комутації каналів

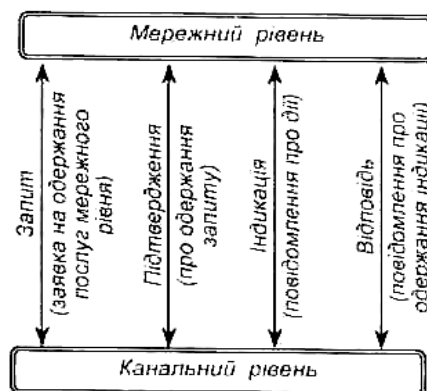


Рисунок. 2.10. – Обмін повідомленнями між каналним і мережним рівнями

Протокол каналного рівня описується Рекомендацією I.440. Відповідно до цього протоколу *LAPD* призначений для виконання численних функцій, пов'язаних з управлінням D-каналом. Насамперед він забезпечує мультиплексування і кодування інформації, контроль за послідовністю її передавання та діагностування каналів.

Основними функціями протоколу *LAPD* є такі:

- забезпечення функціонування кількох логічних з'єднань у кожному каналі;
- розмежування, синхронізація і створення прозорості з'єднань (у тому числі відокремлення з'єднань одне від одного, розпізнавання кадрів);
- управління послідовностями бітів, що передаються;
- виявлення помилок у кадрах і знищення кадрів з помилками;
- відновлення з'єднань після усунення збоїв і помилок;
- передавання без підтвердження нумерованих кадрів і з підтвердженням нумерованих.

Завдяки протоколу *LAPD* створюється дуплексний синхронний канал, який надає мережному рівню чотири види сервісу - запит, підтвердження, індикацію і відповідь (рис 2.10). *Запит* призначений для подавання мережним рівням заявки на необхідний сервіс. *Підтвердження* є повідомленням каналного рівня про одержання заявки на сервіс. *Індикація* забезпечує оповіщення мережного рівня про дії, проведені каналним рівнем за заявкою на сервіс. *Відповідь* – це інформація про одержання індикації, переданої мережним рівнем.

Канальний протокол *LAPD* багато в чому подібний до протоколу *LAPB*, який використовується в Рекомендації X.25. Більше того, він сумісний з X.25/3 -мережним рівнем, який описується Рекомендацією X.25. Протокол *LAPD* відрізняється від *LAPB* переважно тим, що може обслуговувати не один канал (як *LAPB*), а одночасно групу паралельних каналів. Для цього *LAPD* виконує мультиплексування переданої інформації. З цією метою в каналі забезпечується декілька з'єднань для одночасної роботи кількох комплектів термінального

устаткування. У цій схемі адреса кадру LAPD ідентифікує не лише канал, а й номер адресата

Протокол управління викликом абонента (див. рис. 2.9) визначений Рекомендацією I.450 і орієнтований на передавання спеціальних повідомлень. Ці повідомлення узгоджують види сервісу, що використовуються під час сигналізації, і сповіщають про результати перевірки сумісності цього сервісу у взаємодіючих абонентських системах.

3	<i>Мережний рівень X. 25/3</i>
2	<i>Протокол LAPB або LAPD</i>
1	<i>Фізичний протокол</i>

Рисунок 2.11 – Рівнева структура комутації пакетів

Наскрізна сигналізація (через інтегральну мережу) забезпечується протоколами рівнів 4...7.

Другий режим комутації каналів відрізняється від першого (див. табл. 2.2) більш сучасною методологією, тому перший режим застосовується в діючих (несучасних) мережах, а у створюваних (нових) інтегральних мережах для сигналізації рекомендується використовувати D-канал.

Інтегральною мережею передаються пакети, що упаковуються в кадри. Під час комутації каналів утворюється послідовність їхніх груп, якими направляються ці кадри.

У разі комутації пакетів (див. табл. 2.2) у кожному вузлі комутації вони переупаковуються в нові кадри, передані черговою групою каналів. Рекомендація I.440 установлює дві форми передавання інформації з кожного каналу – одно- і багатоканальну. Абонентська система вибирає одну з цих форм або по чергово використовує обидві. Так само передається підтвердження про одержання без помилок одного кадру або їх групи.

Ієрархію протоколів у третьому режимі зображено на рис. 2.11, з якого випливає, що при комутації пакетів використовується протокол LAPD або широко застосовуваний у мережах із комутацією пакетів протокол LAPB. На мережному рівні використовується Рекомендація X.25/3.

2.3 Характеристика технології синхронних режимів перенесення

Донедавна розвиток телекомунікаційних мереж визначався, головним чином, потребами людства в телефонному зв'язку. Технічною і технологічною платформою їхнього створення була електротехніка, через що й мережі дістали назву мереж електрозв'язку.

Дані статистики останніх років свідчать, що середньорічні темпи приросту ємності телефонних мереж становлять всього лише 4...5 %, мереж передавання даних - 20...25 %, факсиміле - 40...50 %, локальних мереж - 50 % і більш. Рекордсменом є глобальна комп'ютерна мережа Internet, трафік якої збільшується на 20...25 % щомісяця. Загальна кількість комп'ютерів в діловому

і домашньому секторах в 2005 році сягатиме 2,5 мільярдів. Таким чином, потреба в обміні комп'ютерною інформацією стала визначальною в розвитку сучасних телекомунікацій.

Відомо, що зростання швидкодії персональних комп'ютерів відбувається за експонентою, сягаючи 175 % кожні два роки. Необхідність попереджувального, відносно швидкодії ЕОМ, зростання пропускної здатності телекомунікаційних мереж була причиною такого швидкого розвитку комунікаційної індустрії.

Стратегія протидії зростаючим обсягам передаваної інформації сьогодні будується на залученні оптичного волокна. Застосування мідних ліній як середовища передавання практично виключене при будівництві нових магістралей а при реконструкції та збільшенні потужності існуючих - надто обмежене.

Оптичне волокно на сьогодні вважається найсучаснішим фізичним середовищем передавання інформації, а також найперспективнішим середовищем для передавання великих потоків на значні відстані. Воно успішно використовується для побудови як протяжних телекомунікацій (мереж *WAN*, *MAN*), так і локальних мереж *LAN*. Волоконна оптика знаходить застосування практично у всіх задачах, пов'язаних з передаванням та обробкою інформації. Підключення персонального комп'ютера до інформаційної мережі стало можливим з використанням волоконно-оптичного мінікабелю. Це дало поштовх до розвитку нових концепцій побудови мереж абонентського доступу. Економічний аспект оптичного волокна також говорить на його користь: воно виготовляється з кварца, тобто по суті з піску, запаси якого ще дуже великі (порівняно з міддю).

Зрозуміло, сучасна економічна ситуація не дозволяє відкидати з рахунку велику кількість електричного кабелю, прокладеного в епоху неподільного панування аналогової телефонії. Обмежена пропускна здатність у поєднанні із завантаженістю кабельної каналізації в містах, високі експлуатаційні витрати на підтримку робочого стану кабелю примушують шукати шляхи розв'язання задач, що стоять перед телекомунікаційними мережами, які базуються на інтенсифікації існуючих кабельних ліній. Тут на допомогу приходять телекомунікаційні технології. Це передусім цифровізація мереж зв'язку на основі загального використання цифрових систем передавання й комутації, а також розробка нових режимів перенесення інформації в цифрових з'єднувальних трактах передавання.

Цифровізація телекомунікаційних мереж, зокрема телефонної, стала базою створення цифрової мережі інтегрального обслуговування *ISDN*. Така мережа на основі уніфікованих засобів передавання, розподілу, обробки, зберігання й доставки інформації забезпечила можливість надання користувачам широкого спектра інформаційних послуг.

З переходом до цифрової мережі виникають технології, спеціально розроблені для організації високошвидкісного цифрового зв'язку по існуючих мідних лініях, наприклад, технологія *DSL (Digital Subscriber Loop)*, що почала свій розвиток створенням пристроїв базового доступу *BRA ISDN*. Однак стан телефонної мережі не повністю задовольняє потребам, які пред'являються до

неї як до транспортного середовища телекомунікаційної системи. Власне кажучи телефонна мережа взагалі не призначена для передавання дискретних повідомлень. Такі характеристики мережі, як нерівномірність амплітудно-частотної характеристики загасання і групового часу затримки, короткочасні перерви зв'язку, імпульсні завади, тремтіння фази, істотно впливають на правильність передавання цифрових потоків. Коефіцієнт помилок при трансляції повідомлень через АТС електромеханічних систем в окремих випадках може сягати сотих часток, що є неприпустиме. Різке зниження швидкості передавання спостерігається при проходженні ділянок міських телефонних мереж (МТС) з аналоговими системами передавання.

Мережі документального зв'язку (телеграфного, низькошвидкісного ПД) можуть використовуватися лише за своїм прямим призначенням.

Вузька спеціалізація мереж по видах зв'язку (окремих службах) – телефонній, телеграфній, ПД тощо - є наслідком реалізації концепції ЄАМЗ (Єдиної автоматизованої мережі зв'язку), що визначала розвиток зв'язку на території колишнього Радянського Союзу. Результатом такої спеціалізації стала наявність великої кількості виділених мереж, які є вторинними відносно до первинної мережі лінійних трактів, мережних вузлів кросових з'єднань лінійних трактів і мережних станцій, де здійснювалося виділення каналів для організації мереж, що транспортують інформацію конкретних служб. Всі побудовані таким чином мережі зв'язку, з точки зору розгляду їх як транспортних підсистем, мають цілу низку недоліків, найважливішими з яких є:

- залежність від виду транспортованої інформації;
- відсутність гнучкості до зміни обсягів передаваної інформації, швидкості передавання, часу доставлення й правильності;
- низька ефективність використання ресурсів. Чимало з цих недоліків зберігаються при переході до вузькосмугової *ISDN*.

З системних позицій концепція побудови телекомунікаційної мережі повинна базуватися на побудові єдиної транспортної системи, здатної єдиним способом транспортувати всі види інформації, розподіляючи свої мережні ресурси оптимальним чином на динамічній основі.

У традиційних мережах електрозв'язку, побудованих на базі існуючих кабельних, коаксіальних ліній зв'язку, вузьким місцем, з точки зору пропускної здатності, є з'єднувальний тракт від абонента до абонента, що забезпечує передавання цифрового потоку зі швидкістю 64 кБіт/с (із застосуванням мережних технологій – до 2 Мбіт/с).

Досягнення в галузі волоконно-оптичних систем, надвеликих інтегральних схем, а також розвиток нових мережних технологій, які дозволяють сьогодні створити транспортні системи, що забезпечують швидкості передавання цифрових потоків 155 Мбіт/с, 622 Мбіт/с, 2,5 Гбіт/с і більше при дуже низькій імовірності помилок, висувають на перший план створення високопродуктивних систем комутації. Все це, в свою чергу, стимулює розробки як синхронних, так саме й асинхронних режимів перенесення інформації із застосуванням просунених технологій.

Використовувана технологія й режим перенесення є визначальними чинниками при оцінці придатності тієї чи іншої телекомунікаційної мережі як і транспортного середовища при побудові сучасних інформаційних мереж.

Технології синхронних режимів перенесення

Синхронне часове мультиплексування

Режим комутації часових каналів, що базується на принципі синхронного часового мультиплексування при транспортуванні інформації від одного вузла комутації до іншого, відомий як **синхронний режим перенесення *STM* (Synchronous Transfer Mode)**.

Під **мультиплексуванням** в цифрових мережах розуміється об'єднання n низькошвидкісних цифрових потоків в один високошвидкісний потік. Мультиплексування застосовується з метою більш ефективного використання пропускну здатності лінії зв'язку, в зв'язку з чим у зв'язківській термінології існують ще поняття "ущільнення", "розділення" лінії зв'язку.

Вихідні цифрові потоки, що формуються внаслідок роботи різних мережних додатків (від різних служб), можуть істотно відрізнитися за природою. Це і передавання постійного бітового потоку, передавання файлів даних, мовних і відеосигналів в цифровій формі. Таким чином, мультиплексування забезпечує ще й адаптацію середовища передавання лінії зв'язку відразу під безліч різномірних мережних додатків.

Цифровий потік кожного додатка являє собою сигнал, відповідний передаваному інформаційному повідомленню. Часове синхронне мультиплексування полягає в тому, що вся смуга середовища поширення лінії зв'язку на короткий проміжок часу, тривалістю τ , по чергово надається сигналам n додатків. Вказаний проміжок часу називається "**тайм-слот**". Інтервал $T_n = n\tau$, відповідний n тайм-слотам, називається **циклом передавання**.

Характерною особливістю **синхронного часового мультиплексування** є той факт, що в мультиплексованому сигналі кожному вихідному сигналу відповідає тайм-слот зі строго фіксованим порядковим номером в межах циклу передавання T_n . Слід зазначити, що при мультиплексуванні для сигналу додатка мультимедіа (голос + відео + дані) виокремлюється підряд відразу декілька тайм-слотів.

Пристрій, що приймає декілька потоків (різних сигналів) і передає їх в лінію у вигляді мультиплексованого сигналу, називається **мультиплексором *MUX***, а пристрій, що виконує зворотну функцію на іншому кінці лінії, - **демультиплексором *DEMUX***. ***MUX*** і ***DEMUX*** повинні працювати синхронно і синфазно, оскільки тайм-слоти відносно T_n на вході й на виході лінії зв'язку мають збігатися. З цією метою використовуються пристрої з високим стандартом частоти, називані **таймерами**. Зазвичай в системах двонапрявленого (дуплексного) зв'язку функції мультиплексування й демультимплексування об'єднуються в одному пристрої, який також називається мультиплексором.

Сучасні мультиплексори розділення часу є каналотворювальним обладнанням. Їхня основна відмінність від традиційних систем ущільнення з імпульсно-ковою модуляцією полягає в наступному:

- мультиплексори дозволяють передавати в лінію цифрові потоки різних швидкостей (вони називаються гнучкими мультиплексорами);
- мультиплексори, що мають властивість "додання/виділення" (drop & insert), дозволяють виокремити із загального потоку частину сигналів або додавати сигнали до загального лінійного потоку. Це дає можливість будувати мережі складної топології.

Мультиплексування мовних сигналів

Мовний сигнал за природою є аналоговим і для передавання в інформаційній мережі перетворюється в цифрову форму.

Відомо, що основна смуга частот мовного сигналу була оптимізована за індексом артикуляції (прийнятим дорівнюваням 0,7), що відповідає рівню розбірливості слів 85...90 % і становить 3100 Гц. Ця смуга розміщується в діапазоні 0,3...3,4 кГц й відповідає стандартизованій смузі каналу тональної частоти (ТЧ).

Враховуючи, що вказана смуга повинна фільтруватися реальним аналоговим смуговим фільтром, що має кінцеву крутість спаду частотної характеристики в перехідній смузі, запропоновано використати смугу 4 кГц як розрахункову ширину смуги стандартного каналу тональної частоти, що забезпечує захисну смугу поміж двома сусідніми каналами 900 Гц.

Перетворення мовного сигналу в цифрову форму здійснюється на основі імпульсно-кової модуляції (ІКМ).

Схема цього перетворення включає наступні кроки (рис. 2.10).

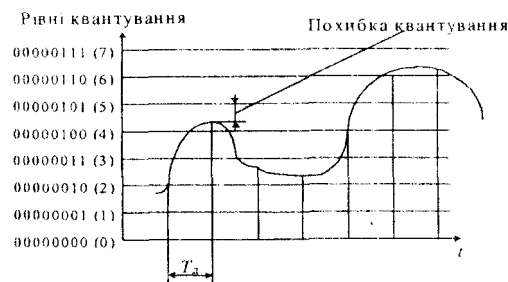


Рисунок 2.10 – Перетворення безперервного сигналу в ІКМ сигнал

Крок 1 – дискретизація аналогового сигналу. Відповідно до теореми Котельникова, частота дискретизації аналогового сигналу, що забезпечує його відновлення без спотворення, дорівнює подвоєній максимальній частоті спектра сигналу. Виходячи з верхньої межі діапазону мовного сигналу частота дискретизації $F_d = 2 \times 4 \text{ кГц} = 8 \text{ кГц}$, що відповідає періоду дискретизації $T_d = 1/8 = 125 \text{ мкс}$.

Крок 2 – квантування амплітуд дискретних відліків сигналу за рівнем, тобто поділ миттєвої амплітуди на певне число рівнів (рівнів квантування). Для якісного передавання мови приймається 256 рівнів квантування. Як величина

амплітуди дискретного відліку мовного сигналу вибирається найближчий до її значення рівень квантування. Різниця між значеннями амплітуди сигналу і найближчим рівнем квантування визначає похибку перетворення мовного сигналу в цифрову форму і називається *помилкою квантування* Δ .

Крок 3 – кодування квантованих амплітуд дискретних відліків мовного сигналу. Якщо номери рівнів квантування подати у двійковому коді, то процес кодування зводиться до вибору номера найближчого до значення дискретної амплітуди сигналу рівня квантування. Номер рівня квантування в двійковому коді й передається в лінію. Кількість позицій двійкового коду цифрового номера рівня квантування дорівнює 8 (один байт), що забезпечує можливість закодувати номер самого верхнього рівня квантування $255 \rightarrow 11111111$.

Кодова комбінація, відповідна одному дискретному відліку амплітуди мовного сигналу, називається **вибіркою**. Враховуючи, що вибірки мовного сигналу надходять в лінію з частотою 8 кГц, послідовно одна за одною, дістаємо цифровий потік зі швидкістю $C = 8 \text{ біт} \times 8 \text{ кГц} = 64 \text{ кбіт/с}$. Швидкість 64 кбіт/с визначена Міжнародним Союзом Електрозв'язку (ITU-T, секція телекомунікації Т) як швидкість основного цифрового каналу, котрий називається ще потоком нульового рівня *DSO (Digital Service/of Level 0)*.

Імпульсно-кодова модуляція є основою побудови цифрових систем передавання (ЦСП). Існує декілька реалізацій цифрових систем, визнаних за стандартні:

- ІКМ-30/32 (СНД) 30-канальна;
- СЕРТ (Європа) - 30-канальна;
- Bell D1 (США) - 24-канальна;
- D2 (Bell, США)- 24-канальна;
- U.K. (Англія) - 24-канальна.

Принцип побудови ЦСП показано на рис. 2.10

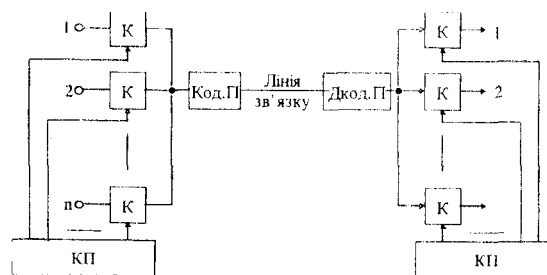


Рисунок 2.10 – Структурна схема ЦСП:

К – електронні ключі, що забезпечують дискретизацію безперервних інформаційних сигналів; КП – керувальні пристрої, що керують станом (замкнено, розімкнено) ключів; Код.П – кодувальний пристрій, в якому груповий сигнал зазнає квантування й кодування; ДКод.П – декодувальний пристрій, що перетворює ІКМ сигнал зворотно в груповий амплітудно-імпульсний сигнал (АІМ сигнал)

Функціонування такої системи пов'язане з розбиттям часу передавання на повторювані цикли тривалістю $T_{ц}$. Кожний цикл, у свою чергу, розбивається на тайм-слоти, число яких дорівнює кількості організованих в лінії каналів.

Розглянемо структуру (формат) багатоканального сигналу, що отримується на виході 30-канальної ЦСП.

Апаратура ІКМ-30/32 утворює в лінії 32 цифрових канали, з яких 30 призначено для передавання інформаційних сигналів, один - для синхронізації й один - для сигналізації (передавання службових сигналів перед сеансом зв'язку). Час циклу $T_{ц}$ в ІКМ-30/32 відповідає періоду дискретизації $T_{д} = 125$ мкс. Для того, щоби впродовж цього часу передати 32 цифрових потоки зі швидкостями 64 кбіт/с кожний, в лінії зв'язку необхідно забезпечити швидкість

$$C_{л} = 64 \text{ кбіт/с} \times 32 = 2048 \text{ кбіт/с.}$$

Тривалість тайм-слота при цьому

$$\tau = 125 \text{ мкс} / 32 = 3,90625 \text{ мкс}$$

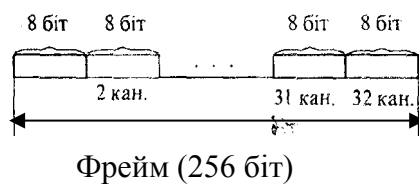


Рисунок 2.11 – Формат лінійного сигналу ІКМ-30/32

Впродовж цього часу послідовно в кожному з 32-часових каналів передається 1 байт. За період циклу $T_{ц}$ передається відповідно: $8 \text{ біт} \times 32 = 256$ біт. Формат сигналу в 256 біт показано на рис. 2.11. Він називається **кадром, або фреймом**.

Кількість бітів, відповідна до конкретного часового каналу (тайм-слоту) в загальному форматі фрейма носить назву поле, **або нібл (nibble)**. Положення кожного поля строго фіксоване в структурі фрейма. Це досягається застосуванням в ЦСП синхронізації. Синхронізація здійснюється передаванням спеціального синхросигналу (наприклад, 11111111) каналом синхронізації (наприклад, 31-м). Оскільки сигнал синхронізації в такому разі передається зовнішнім (по відношенню до інформаційних) каналом, говорять, що виконується ідеальне мультиплексування.

3 АСИНХРОННИЙ МЕТОД ПЕРЕНЕСЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ (АТМ)

3.1 Принципи функціонування систем зв'язку за технологією АТМ

Асинхронний метод перенесення інформації АТМ відіграватиме центральну роль в еволюції існуючих мереж. Він має ряд важливих переваг перед технологіями передавання даних у локальних і глобальних мережах і дає змогу реалізувати на високих швидкостях передавання відеоінформації, комп'ютерних даних і мовних сигналів одночасно однією фізичною лінією зв'язку. Це один з найважливіших факторів побудови локальних мереж і об'єднання офісів у корпоративні мережі з інтеграцією послуг.

Метод АТМ застосовується з усіма типами мережного трафіка - комп'ютерними даними, аудіо-відео- і телевізійними сигналами, - розділяючи пакети, що надходять (сегментація і складання пакетів), на 53-байтові (октетні) чарунки. Керуюча інформація уможлиблює визначення типу трафіка і його пріоритету, цілісності чарунки та її маршрутизації. Цей трафік, що направляється комутаторами, може передаватися частинами або повністю. Комутатори відправляють дані будь-яким доступним фізичним шляхом, що значно підвищує швидкість передавання.

Протоколи АТМ орієнтовані на попереднє установлення з'єднань з підтриманням постійного віртуального з'єднання PVC. При цьому в користувача формується ілюзія виділеного каналу, який з'єднує дві кінцеві точки (віртуальні з'єднання). У АТМ-мережах користувачі звільняються від оплати виділених ліній, які часто є незайнятими. Крім того, фіксована довжина чарунки дає змогу випускати надшвидкісні комутатори, а невеликий її розмір гарантує формування кадрями, які надають голосову інформацію або відеоконференцію, рівномірного трафіка, завдяки чому вони передаватимуться в реальному масштабі часу.

Без технології АТМ не можна обійтися при створенні багатьох допоміжних програмних продуктів, які потребують високої пропускної здатності і не можуть базуватися на жодній іншій мережній технології. *АТМ – це яскравий приклад інтеграції систем передавання та комутації і можливість створення потужної єдиної транспортної мережі для передавання й розподілу інформації будь-якого виду.*

Міжнародна спілка електрозв'язку почала обговорювати стандарти ISDN у 1985 р. з метою перетворення вузькосмугової мережі (2 Мбіт/с) на широкосмугову ISDN для застосування мультимедіа та засобів передавання даних. Ранні пропозиції стосувалися користувача АТМ – структури мережного інтерфейсу. Існувала спільна угода щодо багаторазового використання вузькосмугової ISDN і визначення інтерфейсу багатостороннього обслуговування, але деякі угоди могли мати інформацію про точний характер такого інтерфейсу. Головним було питання про те, що використовувати у структурі інтерфейсу - синхронний спосіб передавання STM, який замінив би традиційне устаткування, чи АТМ. Метод STM мав прихильників, які доводили перевагу наявних систем і враховували досвід розробників тодішніх систем передавання та комутації.

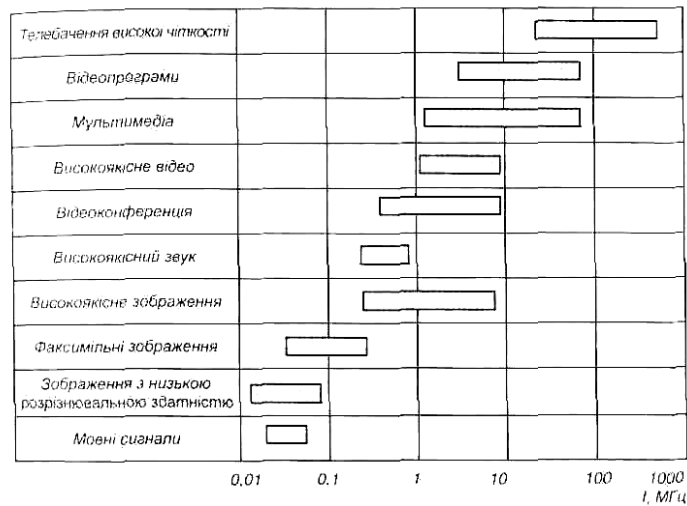


Рисунок 3.1 – Ширина смуги каналу для різних служб

Проте з ряду причин було обрано метод АТМ. Основні з них такі:

- єдиний універсальний пакет АТМ стикається з багатьма типами служб -відео, передавання даних і мови;
- інфраструктура організації мережі не залежить від послуг, що надаються;

– за допомогою АТМ ширина смуги каналу (рис. 3.1) адаптується до потреб користувачів і динамічно пристосовується до задоволення змінних характеристик трафіка, що надає широкі можливості для найефективнішого використання пропускної здатності мережної смуги;

– крім збільшеної пропускної здатності, АТМ сприяє автоматизації оброблення трафіка, управління мережею та ін.;

– за допомогою технології АТМ створюється економічна мережа. Оскільки основу АТМ мала забезпечувати пакет на технологія, то потрібно було установити розмір пакета (у термінах Міжнародної спілки електрозв'язку чарунка АТМ) – фіксований чи змінний. Було обрано фіксований розмір чарунки, щоб спростити функцію комутації в мережі АТМ. Недоліком цього рішення було те, що збільшувалася службова частина, потрібна для пристосування різноманітних потоків даних до чарунки фіксованого розміру. Після тривалого обговорення у 1989 р. визначили остаточні розміри чарунки АТМ: 48 байтів корисної інформації і 5 байтів заголовка.

3.2 Мережа АТМ

Однією з найважливіших переваг АТМ є можливість передавання в полі даних чарунок будь-якої інформації. АТМ не дотримується певної швидкості передавання і може працювати з надвисокими швидкостями. Отже, для АТМ розроблено концепцію віртуальних з'єднань замість виділених фізичних зв'язків між кінцевими точками в мережі.

Чарунка складається з двох частин: заголовка розміром 5 байтів і поля даних розміром 48 байтів. Заголовок містить інформацію для маршрутизації чарунки в мережі. Поле даних несе корисну інформацію, яку й потрібно передати мережею.

Мережні пристрої АТМ аналізують інформацію в заголовку та вибирають і спосіб і шлях проходження чарунки мережею. Вони не аналізують змісту поля даних, який є суттєвим лише для допоміжних програмних продуктів.

Автоматичне перенесення інформації забезпечує високу ефективність функціонування мереж і підтримує особливу ієрархію сигналів для роботи з високими швидкостями. Технології притаманні необмежені можливості нарощування та будь-яка архітектура. Отже, це транспортний механізм, орієнтований на установа з'єднання для передавання різноманітної інформації. Крім того, це метод передавання та комутації двійкової інформації будь-якого типу (голос, дані, зображення) у вигляді пакетів фіксованої довжини. Діючи в режимі, орієнтованому на з'єднання, чарунки прямують одним маршрутом, обумовленим віртуальним з'єднанням між передавачем і приймачем. Він розділений на рівні, визначені в моделі ВВС.

Поле корисного навантаження переносить інформацію, надану джерелом. Ця інформація має бути адаптована до вимог перенесення її АТМ поділом на 48-байтові блоки і подальшим розбиранням цих блоків. Інші функції потрібні для того, щоб інформація досягала адресата в зручній формі, а сервіс був якісним. До них входять визначення і корекція помилок, усунення втрат чарунок, відновлення часу та ін. Функції адаптації виконує устаткування кінцевих станцій, які передають і приймають інформацію за допомогою рівнів адаптації АТМ і повинні визначатися в полі корисного навантаження. Тому для інформації користувача виділяється менше 48 байтів.

У поле корисного навантаження інформація уводиться динамічно залежно від діючого графіка, фактично створеного джерелом. Наслідком цього є те, що ресурси мережі використовуються лише в разі потреби. У цьому полягає відмінність АТМ від синхронних технологій.

Чарунки, утворені різними передавачами, мультиплекуються в ланцюжки, як правило, з високою фізичною бітовою швидкістю. Це мультиплексування досягається завдяки чергам. Результат мультиплексування - це нескінченна послідовність чарунок. Деякі з них, що містять універсальний ідентифікатор, інформації не несуть. Мультиплекс АТМ синхронний на фізичному рівні, але асинхронний на інформаційному, тому що вміст поля корисного навантаження не займає строго визначеної позиції в кожній чарунці.

Черга - це суттєва ознака, яка зумовлює всі властивості АТМ. Мережа АТМ фактично стоїть у черзі. Оскільки вона має певну довжину, то може переповнюватися, коли надходить надто інтенсивний трафік, який перевищує очікувані межі. Це викликає втрату чарунки одного або більше з'єднань, яка пересувається чергою. Практично мережа АТМ допускає таку довжину черги, за якої ймовірність згаданої події незначна, тобто менша від заданої величини. Є декілька типів черг залежно від того, як обробляються чарунки.

Для будь-якої черги ймовірність переповнення залежить від її довжини, тривалості чарунки (часу обслуговування), середньої кількості чарунок, прийнятих протягом цього часу (завантаження черги), а також стохастичного закону, який визначає надходження чарунок, оскільки ймовірність втрати залежить також від виду служби.

Черга уводить джитер у з'єднаннях, які проходять через чарунку, тому що тривалість переміщення чарунки (тривалість проходження черги плюс тривалість обслуговування) змінюється відповідно до заповнення черги. Це наслідок того, що немає наскрізного визначення часу і тривалість обслуговування не переноситься рівнем АТМ. У разі потреби цей час відновлюється спеціальним рівнем адаптації АТМ.

Мультиплексування АТМ дуже гнучке, оскільки не є ієрархічним і діє динамічно на всіх типах трафіка і служб.

Мультиплекс АТМ з чарунками обслуговування та керування може передаватися безпосередньо будь-якими фізичними засобами з забезпеченням ефективності коду. Завдяки асинхронності він може перемішуватися в *PDH*-кадрах або в *SDH*-контейнерах. Це викликає додавання бітової надшвидкості. У цьому разі використовуються певні функції, які виконуються фізичними рівнями *PDH* або *SDH*, особливо для керування та контролю якості бінарних потоків і для зміни форми з'єднань на випадок аварії.

Якщо АТМ – це глобальний спосіб інтеграції перенесення та комутації, то постає важливе запитання: чи справді АТМ не може застосовуватись для передавання типу "точка-точка" без комутації?

Комутація АТМ асинхронна за часом і впливає на чарунку або, що рівнозначно, на віртуальні з'єднання. Чарунки перемикаються між вхідним портом і одним або більше вихідними портами залежно від ідентифікатора і після того, як підтвердиться правильність їх контрольної послідовності. Коли кілька чарунок від різних з'єднань мають одночасно направлятися в той самий вихідний порт, виникає суперечлива ситуація, і деякі чарунки мають бути нагромаджені в буфері перед пересиланням. Це означає, що будь-який комутатор АТМ містить черги, а велика різноманітність архітектур дає змогу оптимізувати затримку і вартість.

До складу вузла керування комутатора входить таблиця відповідності, яка завантажена при установленні з'єднань і служить для маршрутизації вхідних чарунок до різних вихідних портів. Порожні чарунки вилучаються на вході і не надходять до комутатора. Якщо немає інформації, то порожні чарунки формуються на виході. Чарунки швидко формуються тому, що на відміну від традиційної пакетної комутації діють фізичні компоненти без будь-якого протоколу на програмних засобах.

З'єднання "точка-точка" установлює зв'язок між приймачем і передавачем через мережу, а з'єднання "точка-група точок" – між передавачем і кількома приймачами.

Дуалізм ідентифікатора чарунки дає змогу визначити два типи віртуальних з'єднань: шлях, визначений лише *VPI*, та канал, визначений парою *VPI+VCI*.

Віртуальний шлях містить певну кількість віртуальних каналів і тракт передачі може мати кілька віртуальних шляхів. Залежно від того, що він аналізує (лише *VPI* чи пару *VPI+VCI*), вузол вмикає віртуальний шлях або віртуальний канал. У першому випадку віртуальні канали переміщуються за типом "з кінця - в кінець" усередині віртуальних шляхів, зберігаючи свій

ідентифікатор. З'єднання визначається каскадом ідентифікаторів для досягнення послідовності фізичних ланок між вузлами мережі. Віртуальне з'єднання створюється оператором мережі з центру керування (це напівпостійні, випадкові або резервні з'єднання; вузол є крос-конектором) або самими користувачами (у реальному часі і для певної тривалості) з використанням спеціальної мови сигналізації.

Вузол є оперативним комутатором, який функціонує під керуванням користувача.

3.3 Сутність технології АТМ

Технологія АТМ (рис. 3.2) передбачає **транспортування всіх видів інформації пакетами (чарунками) фіксованої довжини**, коли потоки їх від різних користувачів асинхронно мультиплексується в єдиному цифровому тракті. За протокольну одиницю в АТМ прийнято пакет фіксованої довжини, до якого входять заголовок та інформаційне поле. Застосування коротких пакетів (53 байти), мінімізація виконуваних під час комутації функцій та використання елементної бази за технологіями інтегральних схем і великих інтегральних схем уможливили досягнення продуктивності комутаторів АТМ 10 Гбіт/с і більше.

Основною перевагою методу АТМ є можливість транспортування інформації незалежно від швидкості передавання, вимог до семантичної й часової прозорості мережі та пульсування чарункового трафіка. Це зумовило появу рішення Міжнародної спілки електрозв'язку про те, що АТМ є режимом транспортування інформації для широкосмугової цифрової мережі з інтегральним обслуговуванням (ШЦМІО). Мережі АТМ не мають недоліків мереж з іншими режимами перенесення інформації. Саме технологія АТМ забезпечує гнучкість мережі, ефективність використання мережних ресурсів та можливість створення єдиної універсальної мережі для всіх нинішніх і майбутніх служб.

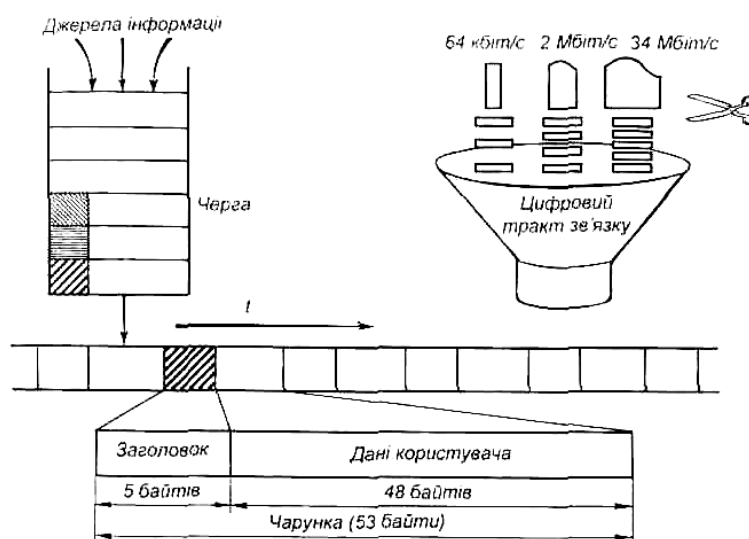


Рисунок 3.2 – Схема автоматичного перенесення інформації

Технологія АТМ підтримується будь-якою цифровою системою передавання, тому що створює протоколи на рівнях, вищих від фізичного. Гнучкість мережі забезпечується за рахунок того, що будь-яке джерело може генерувати інформацію з потрібною швидкістю. Це дає змогу постійно удосконалювати алгоритми кодування та стиснення інформації для зменшення потрібної смуги пропускання і появи нових служб.

Наявні ресурси мережі можуть використовуватися всіма службами, а це уможлиблює їх оптимальний розподіл за статистичною основою, отже, дає змогу забезпечити високу ефективність використання мережних ресурсів.

Транспортування різних видів інформації одним методом зумовлює проектування, створення, впровадження в експлуатацію, контроль, керування і технічне обслуговування лише однієї мережі, що скорочує загальні витрати на її створення і робить її найбільш економічною мережею електрозв'язку.

Асинхронний метод перенесення інформації характеризується відсутністю захисту від помилок і керування потоком даних на рівні ланки, орієнтацією на з'єднання, обмеженою кількістю функцій, які несе заголовок пакета АТМ, та відносно невеликою довжиною інформаційної частини чарунки.

Висока якість систем передавання цифрових трактів зв'язку і дуже низька ймовірність помилки за біт дають змогу відмовитися від виявлення та виправлення помилок у пакеті на канальному рівні. Щоб уникнути перевантажень, на рівні ланки не передбачено керування потоком даних.

Фазі передавання інформації в мережах АТМ передує фаза **установлення віртуального з'єднання**, під час якого перевіряється достатність обсягу мережних ресурсів для якісного обслуговування установлених і створюваних віртуальних з'єднань. Якщо мережних ресурсів недостатньо, то кінцевому пристрою видається відмова на установлення з'єднання.

Після закінчення фази передавання інформації віртуальне з'єднання руйнується, а мережні ресурси можуть використовуватися для забезпечення іншого віртуального з'єднання. Отже, завдяки режиму перенесення інформації, орієнтованого на з'єднання і визначення розмірів черг, здійснюється контроль за втратами пакетів через переповнення буферних пристроїв комутаторів. У мережах АТМ імовірність втрати пакета в комутаційному пристрої становить 10^{-8} - 10^{-12} .

Для зменшення часу затримання пакета у вузлах комутації функції пакетного заголовка дуже обмежені. Основною його функцією є ідентифікація віртуального з'єднання за допомогою ідентифікатора і забезпечення гарантії правильної маршрутизації. Заголовок також уможлиблює мультиплексування різних віртуальних з'єднань в одному цифровому тракті.

Помилка в заголовку може призвести до неправильної маршрутизації, що зумовлює ефект розмноження помилок: один спотворений біт у заголовку може призвести до втрати пакета або доставлення його не за адресою. Щоб зменшити ефект розмноження помилок через неправильну маршрутизацію, в заголовку пакета АТМ передбачається їх виявлення та виправлення.

Через обмеженість функцій, виконуваних заголовком, обслуговування пакета АТМ вважається досить простою процедурою, що здійснюється на надвисоких швидкостях, які забезпечують незначне затримання пакетів у черзі буферних пристроїв комутаторів АТМ. Для зменшення розмірів внутрішніх буферів у вузлах комутації та обмеження тривалості затримок довжину інформаційного поля чарунки передбачено відносно невеликою. Малі розміри інформаційного поля обумовлюють незначну тривалість затримки на пакетизацію, що разом з відносно невеликими розмірами буферних пристроїв вузлів комутації, які забезпечують незначне затримання і коливання затримки, характеризує часову прозорість мереж АТМ для служб, які функціонують у реальному масштабі часу.

Створення ШЦМІО на базі технології АТМ є принципово новим методом побудови мереж зв'язку. Замість стандартних і численних мереж телефонного, телеграфного, факсимільного зв'язку і мереж передавання даних, кожна з яких розрахована на забезпечення лише одного виду зв'язку певним способом перенесення інформації, передбачається побудувати єдину цифрову мережу на базі широкого використання волоконно-оптичних ліній і єдиного методу транспортування мережею всіх видів інформації за допомогою технології асинхронного режиму перенесення пакетів фіксованої довжини.

Завдяки технології АТМ усе комутаційне устаткування стає однорідним і таким, що виконує для всіх видів інформації одне завдання – швидко комутацію фіксованих пакетів (чарунок) та асинхронний часовий розподіл ресурсів, за якого численні віртуальні з'єднання з різними швидкостями асинхронно мультиплекуються в єдиному фізичному каналі зв'язку – цифровому тракті.

Мережа АТМ, яка спроможна транспортувати єдиним методом усі види інформації, забезпечує:

- високу гнучкість і адаптацію щодо зміни вимог користувачів до обсягу, швидкості, якості доставляння інформації та щодо появи вимог про надання нових послуг, які потребують наявності в мережі інтелекту;
- підвищення ефективності використання мережних ресурсів внаслідок статистичного мультиплексування множини джерел з пачковим трафіком;
- зниження загальних витрат на проектування, будівництво й експлуатацію мережі.

Проте основною проблемою, що виникає в мережах АТМ, є задоволення вимог різних служб до часової й семантичної прозорості мережі та їх адаптації до єдиного методу перенесення.

Можна зробити висновок, що АТМ, передбачаючи інтегроване передавання мови, даних, рухомих і нерухомих зображень методом статистичного мультиплексування в єдиному цифровому тракті, дає змогу побудувати ефективну мережу. Передавання всіх видів інформації пакетами фіксованої довжини сприяє відмові від традиційної форми розподілу ресурсів у вигляді каналів з постійною смугою пропускання і переходу до розподілу за вимогою, коли кожен споживач у будь-який момент часу отримує той мережний ресурс, який йому потрібний у вигляді віртуального каналу зі

змінною швидкістю передавання. Отже, *технологія АТМ характеризується одночасною реалізацією двох принципів – пакетної комутації та встановлення віртуальних з'єднань.*

Еталонна модель протоколів АТМ

Описуючи еталонну модель протоколів АТМ, фактично розглядатимемо модель протоколу широкопугової цифрової мережі інтегрального обслуговування (ШЦМІО), тому що технологія АТМ виникла завдяки створенню адекватної транспортної мережі для потреб ШЦМІО, а потім стала використовуватись як універсальна транспортна мережа. Проте в Рекомендаціях Міжнародної спілки електрозв'язку модель АТМ описана як складова протоколу ШЦМІО.

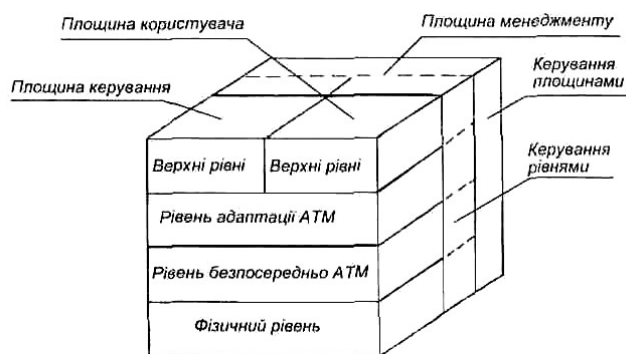


Рисунок 3.3 – Еталонна модель протоколів ШЦМІО

Дотримуючись Рекомендацій Міжнародної спілки електрозв'язку (модель протоколів ШЦМІО є розподілом моделі, описаної в Рекомендації I.320), подамо загальний вигляд еталонної моделі протоколів ШЦМІО за технологією АТМ (рис. 3.3).

До складу моделі входять три площини: користувача, керування, менеджменту.

Площина користувача (U-plane) забезпечує транспортування всіх видів інформації разом з механізмами захисту від помилок, контролю і керування потоком, обмеження навантаження тощо. Площина користувача має рівневу структуру.

Площина керування (C-plane) визначає протоколи установа, контролю і роз'єднання зв'язку. Їй належать усі функції сигналізації, крім протоколів метасигналізації. Площина керування також має рівневу структуру.

Площина менеджменту (M-plane) забезпечує виконання функцій двох типів – менеджменту (керування) площинами і менеджменту (керування) рівнями.

Функції керування площинами передбачають координацію протоколів між усіма "гранями" моделі і належать до всієї ШЦМІО, зв'язуючи її в одне ціле. Ділянка керування площинами не має рівневої структури.

Функції керування рівнями забезпечують розподіл мережних ресурсів, узгодження їх з параметрами трафіка, оброблення інформації, експлуатацію й технічне обслуговування мережі, керування нею. Процедури метасигналізації

також належать до функцій керування рівнями. Ділянка керування рівнями має рівневу структуру.

Рівні еталонної моделі протоколів ШЦМІО визначені Рекомендаціями I.321 і I.413. На даний час детально обгрунтовані функції тільки перших трьох рівнів моделі, якими є фізичний, безпосередньо АТМ, де структуруються чарунки, та адаптації АТМ, який підтримує послуги верхніх рівнів (емуляцію каналів, високошвидкісне передавання даних без установаження з'єднання, ретрансляцію кадрів тощо), рис. 3.4.

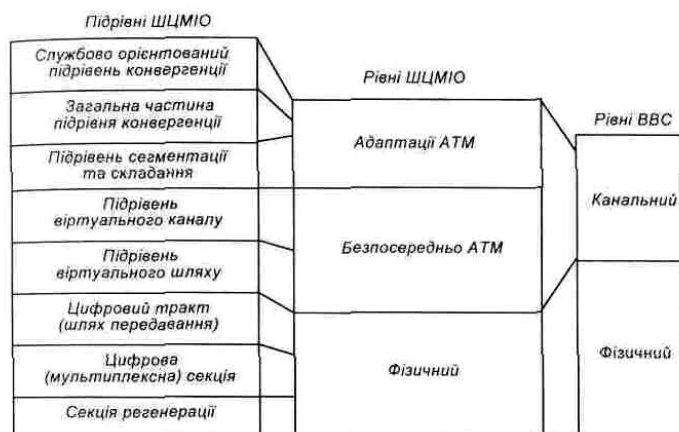


Рисунок 3.4 – Рівні та підрівні ШЦМІО та їх співвідношення з рівнями моделі ВВС

Фізичний рівень моделі протоколів ШЦМІО відповідає 1-му (фізичному) рівню еталонної моделі ВВС, рівень безпосередньо АТМ і частина рівня адаптації АТМ – 2-му (каналному) рівню ВВС, а верхні рівні – мережному і вищим рівням ВВС. На рис. 3.4 показано співвідношення рівневих структур ШЦМІО та еталонної моделі ВВС, а також поділ рівнів ШЦМІО на підрівні (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Основні функції рівнів еталонної моделі протоколів ШЦМІО

Рівень	Підрівень	Основні функції
Адаптації АТМ	Конвергенції Сегментації та складання	Конвергенція до служби Сегментація інформації та складання чарунок
Безпосередньо АТМ	Віртуального каналу та віртуального шляху	Загальне керування потоком; генерація та вилучення заголовка чарунки; перетворення ідентифікаторів віртуальних каналів і шляхів; мульти-плексування та демультиплексування чарунок
Фізичний	Конвергенції до системи передавання	Узгодження швидкості потоку чарунок; формування поля контролю помилок; виявлення та виправлення помилок; адаптація потоку чарунок до кадру системи передавання та виділення чарунок; генерація кадру системи передавання та відновлення кадру
	Конвергенції до фізичного середовища	Синхронізація; передавання двійкового сигналу в даному середовищі

Фізичний рівень АТМ

Функції фізичного рівня

Фізичний рівень РНУ є нижнім рівнем протокового стека АТМ, який забезпечує інтерфейс між рівнем безпосередньо АТМ і фізичним середовищем.

Фізичний рівень поділяється на підрівень конвергенції до фізичного середовища РМД та підрівень конвергенції до системи передавання ТС.

Підрівень конвергенції до фізичного середовища визначає швидкість передавання бітового потоку через дане фізичне середовище, а також забезпечує синхронізацію між передаванням і прийманням інформації. На цьому рівні здійснюється лінійне кодування і, якщо потрібно, електронно-оптичне та оптико-електронне перетворення сигналів. Як фізичне середовище поширення сигналу найчастіше застосовується одно- або багатомодове оптичне волокно. Можливе також застосування коаксіального кабеля, екранованої або неекранованої мідної пари та радіоканалу високої якості.

Підрівень конвергенції до системи передавання зумовлює порядок передавання чарунок АТМ у бітовому потоці й виконує такі функції:

- генерацію кадру системи передавання та його відновлення на приймальній стороні;
- адаптацію потоку чарунок до кадру на приймальній стороні та вилучення чарунок з кадру на приймальній стороні;
- формування поля контролю помилок у заголовку на приймальній стороні і виявлення та виправлення, якщо це можливо, одиночних помилок на приймальній стороні;
- узгодження швидкості потоку чарунок.

Основну увагу тут приділимо підрівню конвергенції з системою передавання, а саме:

- розміщенню чарунок у кадрах систем синхронної та плезіохронної цифрової ієрархії й у системах передавання чарункового типу;
- формуванню поля контролю помилок у заголовку, виявленню і виправленню помилок;
- розмежуванню чарунок;
- узгодженню швидкості потоку чарунок.

Вилучення чарунок – це процес, що дає змогу на приймальному боці відновлювати їхні межі. Цей механізм описаний у Рекомендації I.432. Для захисту механізму вилучення інформаційне поле чарунки перед передаванням скремблюється.

З приймального боку формується **послідовність контролю помилок у заголовку НЕС**. Така послідовність вміщується у відповідне поле заголовка чарунки. На приймальному боці значення цієї послідовності підраховується і порівнюється з тим значенням, яке надійшло. У разі розбіжності помилка, якщо це можливо, виправляється або чарунка стирається.

Узгодження швидкості потоку чарунок полягає в тому, що коли з боку рівня безпосередньо АТМ потік чарунок менший за пропускну здатність системи передавання, то підрівень конвергенції фізичного рівня з

передавального боку додає чарунки, які не містять інформації, а приймач відкидає їх. Такі чарунки називаються порожніми. Рекомендація I.321 покладає виконання цієї функції на підрівень конвергенції фізичного рівня за допомогою порожніх чарунок, а в інших документах вважається, що узгодження швидкості відбувається на рівні безпосередньо АТМ з використанням не призначених для цього чарунок. Це свідчить про потенційну можливість несумісності на фізичному рівні двох систем, які використовують різноманітні типи чарунок для узгодження швидкості.

Міжнародна спілка електрозв'язку стандартизувала *два типи інтерфейсу "користувач-мережа"* для ШЦМІО за технологією АТМ. Інтерфейс першого типу організовується на швидкості 155 Мбіт/с. Він може бути реалізований з використанням двох коаксіальних або одного, або двох оптичних кабелів. Цей інтерфейс, як правило, симетричний за швидкістю передавання бітів у обох напрямках. Інтерфейс другого типу формується на швидкості 622 Мбіт/с, являє собою об'єднання чотирьох інтерфейсів першого типу і для його реалізації застосовується переважно оптичний кабель. Цей інтерфейс може бути симетричним і асиметричним. Для обох типів інтерфейсу "користувач-мережа" можуть використовуватись кадри синхронної цифрової ієрархії або безперервного потоку чарунок.

Як цифрові можуть застосовуватись системи передавання синхронної або плезіохронної цифрової ієрархії з власною структурою кадру. У цьому разі потрібен спеціальний механізм упакування чарунок у поле корисного навантаження кадру систем передавання синхронної або плезіохронної цифрової ієрархії. Крім того, в інтерфейсі "користувач-мережа" Міжнародна спілка електрозв'язку запропонувала спеціальну структуру, в якій кадр еквівалентний чарунці. Така система передавання дістала назву чарункової.

До Міжнародної спілки електрозв'язку надійшли пропозиції щодо стандартизації інтерфейсів "користувач-мережа" з нижчими швидкостями передавання пакетів АТМ. Доцільність стандартизації цих інтерфейсів пояснюється такими основними причинами:

- зниження швидкості передавання розширює можливості використання існуючих цифрових мереж і мереж доступу;
- успіхи в техніці стиснення сигналів сприяють забезпеченню ширококутових послуг на нижчих швидкостях без помітного погіршення якості переданої інформації;
- інтерфейси на нижчих швидкостях забезпечують економічнішу реалізацію термінального устаткування і лінійних споруд між мережним закінченням і комутатором доступу.

Зазначимо, що фізичний рівень АТМ особливо ефективний, оскільки обладнання АТМ можна застосовувати як з SDH, так і автономно, тобто така властивість функціонування в різних режимах дуже зручна для реалізації технології АТМ при побудові різних мереж.

ЗАКІНЧЕННЯ

Всі види операційної діяльності організовані у складі організацій зв'язку. Організації зв'язку України діють відповідно до Законів України та мають *головною метою* задоволення споживачів (клієнтів) в усіх послугах зв'язку. Всі види послуг електрозв'язку надають організації – оператори та провайдери, які керують мережами зв'язку, процесами управління мережами та процесами взаємодії мереж та користувачів послуг зв'язку.

Оператор телекомунікацій – суб'єкт господарювання, який має право на здійснення діяльності у сфері телекомунікацій із правом на технічне обслуговування та експлуатацію телекомунікаційних мереж. До операторів відносяться усі організаційно–виробничі структури, які отримали Ліцензію на право володіння системами та мережами телекомунікацій та надання послуг, наприклад, ВАТ “Укртелеком”, Концерн радіозв'язку, радіомовлення та телебачення (КРРТ), ЗАО “УТЕЛ”, СП “Київстар”, СП “Інфоком”, ВАТ “Телекомінвест” тощо.

Провайдер телекомунікацій – суб'єкт господарювання, який має право на здійснення діяльності у сфері телекомунікацій без права на технічне обслуговування та експлуатацію телекомунікаційних мереж і надання в користування каналів електрозв'язку. До провайдерів відносяться усі організаційно–виробничі структури, які отримали ліцензію на право оренди систем та мереж телекомунікацій та надання послуг, наприклад, фірми з надання послуг Інтернет, такі як “OPTIMA Telecom”, “Телематика” тощо.

Організаційно-виробнича структура управління операторів та провайдерів електрозв'язку визначається розміром організації, який характеризується кількістю працівників, територією надання послуг, кількістю видів послуг, що надає організація, обсягами прибутків, витрат та вартістю основного капіталу.

Продаж послуг є основою існування операторів зв'язку, сервіс-провайдерів і контент-провайдерів, а головна мета їхньої діяльності – задоволення трьох основних потреб: доступу до мереж, доступу до інформації і комунікації.

Служби електрозв'язку — це організаційно-технічна структура на базі мережі зв'язку, що дозволяє користувачам одержувати від оператора зв'язку визначений набір *послуг*. *Послуга електрозв'язку* — результат діяльності оператора зв'язку, зв'язаної з прийомом, передачею і доставкою повідомлень. Приміром, послуга телефонного зв'язку полягає в передачі мовної інформації між кінцевими пристроями телефонної мережі, що комутуються, у реальному часі. *Послуга передачі даних* (ПД) полягає в передачі даних між кінцевими пристроями різних мереж, як спеціалізованих, так і інших, зокрема телефонних (наприклад, за допомогою модемів). *Послуга ТМ (телевізійного мовлення)* має на увазі передачу сигналів багатoprogramного ТВ віщання по спеціалізованих мережах (кабельне телебачення).

У міжнародному масштабі служби електрозв'язку загального користування визначаються і стандартизуються МСЕ разом з національними Адміністраціями зв'язку. Приватним користувачам дозволяється визначати і стандартизувати свої служби електрозв'язку. Широко поширені також інформаційно-

обчислювальні мережі (ІОМ), у яких термінальними пристроями є різні засоби обчислювальної техніки, що використовують протоколи і надають послуги, не стандартизовані МСЕ.

Надання послуги електрозв'язку може бути реалізовано за участю кількох операторів (провайдерів), які взаємодіють один з одним, виконуючи кожний свою функцію у спільному процесі надання послуги кінцевому користувачеві. Прикладом можуть бути послуги міжміського, міжнародного телефонного зв'язку або забезпечення роумінгу абонентів мобільного зв'язку. При цьому існує проблема управління взаємодією, взаємоз'єднанням та взаєморозрахунками за спеціально надану послугу. Ці проблеми можна вирішити умовно поділивши послугу на взаємозв'язані фрагменти (операції) і розглядати кожний фрагмент окремо, враховуючи взаємозв'язок. Розглядання таких процесів можна здійснити за допомогою моделей процесів діяльності при виконанні практичних вправ з дисципліни “Організація операційних процесів в галузі електрозв'язку”.

Література

1. Горелкина С.Б., Молдованова О.А., Богатырёва Л.Д. Менеджмент предприятий связи: Учеб. пособие. – Одеса: ОНАС им. А.С.Попова, 2002. – 74 с. Часть 1.
2. Горелкина С.Б., Молдованова О.А., Богатырёва Л.Д. Менеджмент предприятий связи: Учеб. пособие. – Одеса: ОНАС им. А.С.Попова, 2002. – 74 с. Часть 2.
3. Гэлловэй Лес. Операционный менеджмент. – СПб: Питер, 2001. – 320 с. – (серия «Теория и практика менеджмента»).
4. Зайченко О.Г., Захаренко С.Є. Головні положення Концепції розвитку зв'язку до 2010 року // Зв'язок.-2000.-№1.-с.4-7.
5. Закон України “Про телекомунікації”, 18 листопаду 2003 року, № 1280-IV
6. Кравченко В. Ф., Кравченко Е. Ф., Забелин П. В. Организационный инжиниринг. – М.: «Издательство ПРИОР», 1999. – С. 32.
7. Менеджмент в телекоммуникациях / Под ред. Н.П. Резниковой, Е.В. Деминой. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 392с.:ил.
8. Никитюк Л.А. Архитектура информационных сетей: Учеб. пособие / Под ред. Н.В. Захарченко – Одесса: Изд. УГАС им. А.С. Попова, 2000. – 62 с.
9. Никитюк Л.А. Телекоммуникационные технологии цифровых сетей: Учеб. пособие / Под ред. Н.В. Захарченко – Одесса: Изд. УГАС им. А.С. Попова, 2000. – 64 с.
10. Петров В.І, Дяченко І.А. Загальнодоступні телекомунікаційні послуги: концептуальні положення // Зв'язок - 2004, № 8.
11. Современные телекоммуникации. Технологии и экономика. Под ред С.А. Довгого. ЭКО-Трендз, –М.: 2003.
12. Стеклов В.К., Кільчицький Є.В. Основи управління мережами та послугами телекомунікацій. Підруч. для студ. вищ. навч. закл за напрямом “Телекомунікації” / За ред. проф. Стеклова В.К. – К.:2002. – 438 с.
13. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Нові інформаційні технології: Транспортні мережі телекомунікацій. – К.: Техніка, 2004. – 488 с.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Архітектура – характер будови мережі.

Байт (англ. byte) – одиниця кількості інформації, якою цифрова обчислювальна машина може оперувати як одним цілим. Байт дорівнює 8 бітам.

Біт (від англ. binary – двійковий + digit – знак, цифра) – одиниця кількості інформації у двійковій системі; відповідає інформації, яку одержують під час здійснення однієї з двох рівноймовірних подій.

Віртуальний (від лат. virtualis – сильний, здібний) – можливий; той, що може проявитися за певних умов.

Дисперсія (від лат. dispersio – розсіяння) – міра розсіяння випадкової величини навколо її середнього значення.

Додаток – спеціалізоване програмне забезпечення, орієнтоване на виконання будь-якої послуги.

Ентропія (від грец. εν – в, всередині + τροπή – зміна, перетворення) – в теорії інформації – міра невизначеності ситуації; у математиці – міра невизначеності випадкової функції.

Ієрархія – у широкому розумінні розташування частин або елементів цілого в порядку від вищого до нижчого.

Інтелектуальна мережа – мережа, що здатна надавати і формувати будь-які послуги на базі різноманітних транспортних мереж.

Інтерактивні служби – служби, які виконуються за запитом.

Інтерфейс (від англ. interface – з'єднання) – точка з'єднання двох елементів або загальна межа між двома взаємозв'язаними системами (чи рівнями однієї системи), яка забезпечує сумісність пристроїв незалежно від їх типу та виробника.

Канал – сукупність технічних засобів і середовища передавання, за допомогою яких інформація передається від джерела (передавача) до отримувача (приймача) або навпаки.

Кластер – група суміжних чарунок, в яких набори каналів не повторюються.

Комутаційний вузол мережі – сукупність технічних засобів, призначених для комутації каналів відповідно до отриманої адресної інформації з метою передавання повідомлень.

Контролер (від англ. controller – регулятор, перемикач) – погоджувальний пристрій, який управляє роботою пакета, каналу тощо та контролює її.

Контейнер – пристрій для зберігання (вміщення) інформації.

Мультиплекс – пристрій, який виконує функцію об'єднання.

Мультиплексування – процес об'єднання.

Октет (від лат. okto - вісім) – 8 бітів.

Операційні процеси в організаціях електрозв'язку – процеси надання послуг, організаційні процеси та соціальні процеси.

Організація електрозв'язку – сукупність людей і засобів, які функціонують відповідно до цілей діяльності.

Операційна функція – головна функція організації спрямована на підвищення її ефективності та раціональності

Пакет – частина повідомлення, яка використовується на мережному рівні.

Підрівень – частина рівня.

Порт (введення-виведення) – одна або більше адрес пам'яті, що використовуються для приймання і передавання інформації.

Провайдери Інтернету – організації, які надають користувачам послуги з доступу в Інтернет.

Протокол – набір правил і форматів (стандартів), які регламентують процедуру взаємодії однойменних рівнів двох різних рівноправних об'єктів на основі обміну інформацією і дають змогу спростити складний процес між об'єктами різних моделей і типів.

Процес – сукупність взаємозв'язаних та взаємодіючих видів діяльності, що перетворюють входи у виходи.

Процес діяльності організації – включає технологічні процеси, виробничі процеси, організаційні та соціальні процеси, процеси прийняття рішень.

Рівень – набір угод або протоколів, яких відправник і одержувач строго дотримуються.

Роумінг (від англ. roaming - мандрування, блукання) – переведення користувача на обслуговування у разі переміщення його в зону функціонування іншої однотипної системи рухомого (мобільного) зв'язку.

Семирівнева модель – еталонна модель взаємодії відкритих систем (ВВС).

Сервер (від англ. server - подавати) - пристрій, за допомогою якого абонент може отримати послуги будь-якої мережі.

Сервіс (від англ. servise – служити, обслуговувати) – надання послуг.

Сесія (сеанс) – період взаємодії абонентів, який складається з трьох фаз: установлення з'єднання, передавання інформації та завершення з'єднання.

Сигналізація – процес повідомлення про всі керовані процеси, які відбуваються в мережі (нормальне функціонування, помилки або переривання).

Синхронізація – приведення двох або кількох періодично змінюваних явищ до точної взаємної відповідності періодів їх перебігу.

Термінал – пристрій або робоче місце оператора, користувача мережею.

Транзакція – набір операцій, які виконуються одночасно як одна операція.

Трафік – навантаження (суцільність потоку даних) лінії зв'язку або каналу.

Чарунка (рос. ячейка) – мала робоча зона; частина інформації.

Список скорочень

АСП – аналогова система передавання
АТС – автоматична телефонна станція
ВВС – взаємодія відкритих систем
ВВС – взаємодія відкритих систем
ВЦМІО – вузькосмугова цифрова мережа інтегрального обслуговування
ГП – глобальна інформаційна інфраструктура
ЄАМЗ – єдина автоматизована мережа зв'язку
КУД – кінцеве устаткування даних
МОС – Міжнародна організація стандартизації
МОС – Міжнародна організація стандартизації
МСЕ – Міжнародний союз електрозв'язку
МСЕ – Міжнародний союз електрозв'язку
МСЕ-Т – Міжнародний союз електрозв'язку - сектор стандартизації
ПЦІ – плезіохронна цифрова ієрархія
СЦІ – синхронна цифрова ієрархія
ТДС – точка доступу до сервісу
ТфМЗК – телефонна мережа загального користування
ЦКСМ – центр комутації стільникової мережі
ЧРК – частотний розподіл каналів
ЧсРК – часовий розподіл каналів
ЦКп – центр комутації повідомлень
ШЦМІО – широкосмугова цифрова мережа інтегрального обслуговування
ANT (Access Network Transport) – транспортні мережі доступу
ATM (Asynchronous Transfer Mode) – асинхронний режим передавання довжиною хвилі (низької щільності) мобільного зв'язку
DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – щільне мультиплексування за довжиною хвилі
GSM (Global System for Mobile Communications) – глобальна система
ISDN (Integrated Services Digital Network) – цифрова мережа інтегрального обслуговування
PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) – плезіохронна цифрова ієрархія
SDH (Synchronous Digital Hierarchy) – синхронна цифрова ієрархія
SNA (System Network Architecture) – мережна архітектура систем
SONET (Synchronous Optical Network) – синхронна оптична мережа
WDM (Wavelength Division Multiplexing) – мультиплексування за

Навчальний посібник

ГОРЕЛКІНА Світлана Борисівна,
СТРЕЛЬЧУК Євгеній Миколайович,
ЗАБОРСЬКА Наталія Костянтинівна

**ОРГАНІЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ
В ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗКУ**

Редактор

Л.А. Кодрул

Комп'ютерна верстка
та макетування

Є.С. Корнійчук