



---

---

---

**К.П. СТОРЧАК  
О.М. ТКАЛЕНКО**

# **СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЇ**

**Навчальний посібник**

К.П. СТОРЧАК, О.М. ТКАЛЕНКО

# СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЇ



НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Київ  
ДУТ  
2018

УДК 621.395.57  
681.334  
ББК 32.895

Розглянуто та затверджено  
на засіданні кафедри Інформаційних систем та технологій  
протокол №10 від 30 квітня 2018 року

Навчальний посібник призначений для студентів денної та заочної форм навчання за спеціальностями 126 Інформаційні системи та технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, а також може бути корисним для аспірантів, викладачів навчальних закладів відповідних спеціальностей, фахівців, які обслуговують інформаційно-комунікаційні мережі зв'язку.

**Сторчак К.П., Ткаленко О.М. Системи розподілу інформації.** Навч. посібник, підготовлено для студентів вищих навчальних закладів – Київ: ДУТ, 2018. – 98с.

У посібнику розглянуті принципи розподілу інформації в системах інтегрованого доступу, принципи розподілу інформації на міських мережах та мережах сільських адміністративних районів, загальні основи побудови систем комутації та розподілу інформації. Описаний склад і види сигналів сигналізації, що використовуються в системах комутації та розподілу інформації, синхронізація цифрової місцевої мережі зв'язку. Розглянуті принципи передавання голосової інформації по мережі Інтернет, сигналізація в IP-мережі. Приведені принципи побудови трирівневої моделі NGN, розглянута архітектура моделі Softswitch.

Рецензенти:

**Зайка В.Ф.** - завідувач кафедри Телекомунікаційних систем та мереж Державного університету телекомунікацій, доктор технічних наук, доцент.

**Кунах Н.І.** – доктор технічних наук, професор Київського коледжу зв'язку.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА.....</b>	<b>5</b>
<b>1 ТЕОРІЯ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЇ.....</b>	<b>6</b>
1.1 Основні поняття та визначення.....	6
1.2 Модель системи розподілу інформації. Задачі теорії розподілу інформації.....	7
1.3 Принципи розподілу інформації.....	12
1.4 Еталонна модель ВВС (модель OSI).....	14
<b>2 РОЗПОДІЛ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ ІНТЕГРОВАНОГО ДОСТУПУ.....</b>	<b>16</b>
2.1 Поняття телекомунікаційної та інформаційної мережі.....	16
2.2 Системний опис мережі.....	19
2.3 Способи комутації абонентів в системах розподілу інформації. Рівні мультисервісної мережі.....	23
2.4 Організаційна структура мережі.....	29
<b>3 СТРУКТУРА МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ.....</b>	<b>33</b>
3.1 Елементи мереж зв'язку.....	33
3.2 Принципи розподілу інформації на міських телефонних мережах.....	34
3.3 Принципи розподілу інформації на телефонних мережах САР.....	36
3.4 Тракт передачі голосової інформації, його складові частини. Структура комутаційного вузла.....	41
<b>4 СИГНАЛІЗАЦІЯ ТА СИНХРОНІЗАЦІЯ НА МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ....</b>	<b>45</b>
4.1 Загальні основи побудови систем комутації та розподілу інформації.	45
4.2 Склад і види сигналів сигналізації. Системи сигналізації, що використовуються в системах комутації та розподілу інформації.....	49
4.3 Синхронізація цифрової місцевої мережі зв'язку.....	65
<b>5 ПЕРЕДАВАННЯ ГОЛОСОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ.....</b>	<b>68</b>
5.1 Принципи передавання голосової інформації.....	68
5.2 Передавання голосової інформації по мережі Інтернет.....	69
5.3 Сигналізація в IP-мережах.....	72
5.4 VoIP-шлюзи.....	74
<b>6 NGN – СИСТЕМА РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЇ.....</b>	<b>77</b>
6.1 Побудова мережі NGN.....	77
6.2 Трирівнева модель NGN.....	80
6.3 Класифікація обладнання NGN.....	85

<b>7 ГНУЧКИЙ КОМУТАТОР SOFTSWITCH.....</b>	<b>86</b>
7.1 Модель архітектури Softswitch.....	86
7.2 Складові частини сучасної концепції Softswitch.....	88
7.3 Системи сигналізації.....	91
<b>ЛІТЕРАТУРА</b>	<b>94</b>

## ПЕРЕДМОВА

Одним з основних елементів архітектури мереж нового покоління, визначених у специфікаціях консорціуму 3GPP, є платформа IP Multimedia Subsystem (IMS). Її завдання - забезпечити створення широкого спектру нових послуг, розрахованих на одночасне використання різних типів трафіку, таких як голос і дані. В її основу покладені розробки в області інтернет-технологій і телекомунікацій таких організацій, як комітет IETF і консорціум 3GPP. Архітектура IMS виконує дві основні функції. По-перше, з її допомогою створюється опорна мережа, незалежна від способів і протоколів доступу. По-друге, вона служить середовищем створення нових послуг, в якому їх розробка і впровадження вимагають мінімальних узгоджень між оператором та розробниками.

IMS (IP Multimedia Subsystem) - це стандартизована архітектура, основана на IP-протоколі, яка дозволяє здійснити конвергенцію пристроїв фіксованого та мобільного зв'язку, інтегрувати різні види мереж і мультимедіа-додатків. Її завдання - забезпечити створення широкого спектру нових послуг, розрахованих на одночасне використання різних типів трафіку, таких як голос і дані. Архітектура IMS виконує дві основні функції. По-перше, з її допомогою створюється опорна мережа, незалежна від способів і протоколів доступу. По-друге, вона служить середовищем створення нових послуг, в якому їх розробка і впровадження вимагають мінімальних узгоджень між оператором і розробниками.

Впровадження IMS в інфраструктурі оператора дозволить вирішити наступні завдання продуктового маркетингу одночасно: IMS як сервісна платформа дозволить операторам розширити спектр послуг, що надаються, збагачуючи призначений для користувача досвід абонентів і знижуючи їх відтік; функціональність послуг на базі IMS, описаних затвердженими стандартними специфікаціями, успішно конкурує з можливостями OTT-послуг, а значить, дозволить оператору утримати свою абонентську базу від міграції на OTT-послуги; стандартизація послуг дозволить забезпечити можливість спілкування їх користувачів з користувачами аналогічних послуг у інших операторів, що підвищує проникнення таких послуг в абонентську базу. За допомогою платформи IMS оператори можуть надавати цілий ряд нових послуг відповідно до очікувань їх абонентів, з можливістю одночасного передавання мови, даних і мультимедійного трафіку.

# 1. ТЕОРІЯ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЇ

## 1.1 Основні поняття та визначення

**Система** (system – ціле, складене з частин) – це сукупність елементів, які взаємодіють один з одним і утворюють визначену цілісність, єдність.

**Інформаційна система (ІС)** - система, яка призначена для зберігання, пошуку та обробки інформації та відповідні організаційні ресурси (людські, технічні, фінансові тощо), які забезпечують і розповсюджують інформацію. Невід'ємними компонентами *інформаційної системи* є дані, технічне і програмне забезпечення, а також персонал і організаційні заходи.

**Процеси**, що забезпечують роботу інформаційної системи будь-якого призначення, складаються з наступних блоків:

- введення інформації із зовнішніх або внутрішніх джерел;
- обробка вхідної інформації і представлення її у зручному вигляді;
- виведення інформації для представлення користувачам або передавання в іншу систему;
- зворотний зв'язок - це інформація, яка перероблена людьми даної організації для корекції вхідної інформації.

Основні **види інформації** по її формі представлення, способам її кодування та зберігання:

- графічна;
- звукова (акустична);
- текстова;
- числова;
- відеоінформація.

Інформація класифікується по видам. Таких класифікацій існує декілька. Для систем розподілу інформації головним є те, яким чином інформаційні процеси реалізуються засобами обчислювальної техніки. Тому, в системах розподілу інформації прийнята наступна класифікація видів інформації (рис.1).



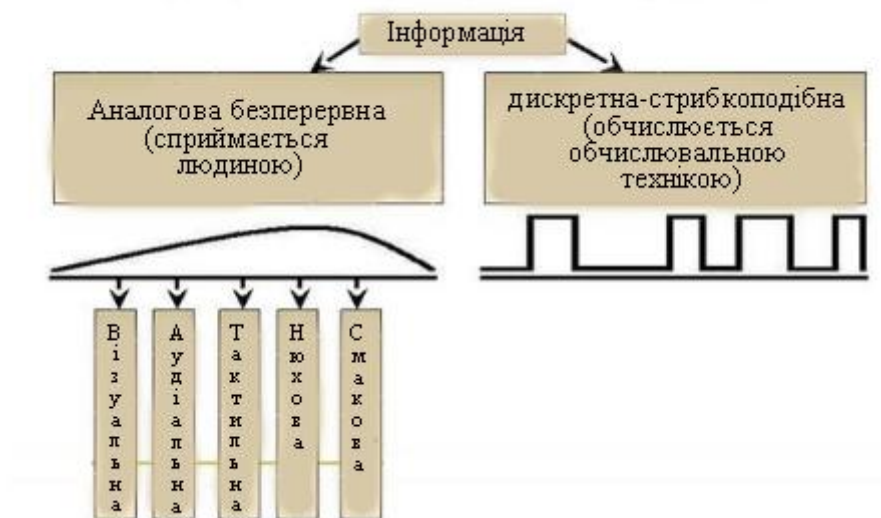


Рисунок 1 – Види інформації та форми представлення

**Мультимедіа.** Сучасні цифрові технології, які дають можливість поєднувати досягнення аудіовізуальної техніки (тексти, звуки, відеозображення, графіка і т.д.) і забезпечують інтерактивну взаємодію користувача з комп'ютером. *Мультимедіа* (англ. multimedia) - контент або вміст, в якому одночасно представлена інформація у різних формах - звук, анімована комп'ютерна графіка, відеоряд.

## 1.2 Модель системи розподілу інформації. Задачі теорії розподілу інформації

**Теорія розподілу інформації** використовується для вивчення і проектування систем телекомунікацій (телефонія, комп'ютерні мережі). *Предметом теорії розподілу інформації* є кількісна сторона, тобто чисельні характеристики процесів обслуговування потоків повідомлень (викликів) в **системах розподілу і обробки інформації**. Теорія розподілу інформації, як математична теорія, оперує з математичними моделями систем розподілу інформації. **Математична модель системи розподілу інформації** включає наступні три основних елементи:

- вхідний потік викликів (вимоги на обслуговування);
- систему розподілу і обробки інформації;



- дисципліну обслуговування потоку викликів.

### Вхідні потоки викликів

Вхідні процеси - телефонні виклики, що надходять в систему розподілу інформації, або інтернет-потоки.

### Системи розподілу і обробки інформації

Це сукупність комутаційних приладів, наприклад, аналогових, електронних або цифрових систем комутації, пакетних комутаторів; комутаційний вузол або одна або декілька його частин. Такі системи по певному алгоритму обслуговують вхідні потоки аналогових або цифрових інформаційних одиниць різного виду (телефонні, факсимільні, відео, дані ЕОМ, пакети, комірки та ін.).

### Дисципліна обслуговування

Дисципліна обслуговування описує взаємодію потоку викликів з системою розподілу інформації. У теорії розподілу інформації дисципліна обслуговування має, як мінімум, наступні характеристики:

- спосіб обслуговування викликів (із втратами, з очікуванням, комбіноване обслуговування);
- порядок обслуговування викликів (у порядку черговості, у випадковому порядку, обслуговування пакетами та ін.);
- режими шукання виходів схеми (вільний, груповий, індивідуальний);
- закони розподілу тривалості обслуговування викликів (показовий закон, постійна або довільна тривалість обслуговування);
- наявність переваг (пріоритетів) в обслуговуванні деяких категорій викликів;
- наявність обмежень при обслуговуванні всіх або деяких категорій викликів (тобто, обмеження по тривалості очікування, кількості викликів, які очікуються, тривалості обслуговування);
- закони розподілу ймовірностей виходу з ладу елементів схеми.

### Мета теорії розподілу інформації

Основна мета полягає у розробці методів оцінки якості функціонування систем розподілу інформації, тобто, у побудові математичних моделей, які відображають

реальні системи розподілу і обробки інформації, що дозволяє економічно проектувати системи і мережі зв'язку при заданій якості обслуговування.

### Задачі теорії розподілу інформації

Включають завдання аналізу, синтезу та оптимізації.

- Задачі аналізу полягають у знаходженні залежностей і значень величин, що характеризують якість обслуговування, від характеристик і параметрів вхідного потоку викликів, схеми та дисципліни обслуговування.
- Розвиток комутаційної техніки поставив перед теорією розподілу складні ймовірнісно-комбінаторні задачі синтезу, в яких потрібно визначити структурні параметри комутаційних систем при заданих потоках, дисципліні та якості обслуговування.
- Близькими до задач аналізу та синтезу є задачі оптимізації. Ці задачі при проектуванні систем розподілу інформації формулюються наступним чином: визначити такі значення структурних параметрів комутаційної системи (алгоритми функціонування), для яких:
  - при заданих потоках, якості та дисципліні обслуговування вартість або об'єм обладнання системи розподілу інформації мінімальні;
  - при заданих потоках, дисципліні обслуговування та вартості якісні показники функціонування системи розподілу інформації оптимальні.

Теорія розподілу інформації є теоретичною базою для побудови систем комутації, що визначає залежність між вимогами до обслуговування, якістю обслуговування і кількістю приладів або каналів, які обслуговуються. Теорія розподілу інформації розглядає методи розрахунку пропускної спроможності комутаційних схем та мереж зв'язку. Ці методи дозволяють розрахувати окремі схеми і вибрати оптимальні варіанти для їх побудови.

Телефонне навантаження виникає з ініціативи викликаючої лінії (абонента, з'єднувальної лінії від станції підприємства, закладу та ін.). Для кількісної оцінки інтенсивності телефонного повідомлення вводиться поняття *телефонного навантаження*, що являє собою сумарний час заняття з'єднувальних шляхів комутаційної системи за визначений проміжок часу. Розмірність телефонного

навантаження – час, щоб підкреслити, що величина навантаження складається з проміжків часу, які відповідають окремим заняттям, одиниця вимірювання телефонного навантаження – *часозаняття (ч.-зан.)*. Одне часозаняття – це навантаження, яке може бути створене одним джерелом навантаження при його неперервному занятті на протязі однієї години.

Якщо телефонне навантаження (яке надійшло або обслужене) віднести до тривалості періоду, для якого воно було розраховане або на протязі якого воно спостерігалось, отримують величину, яка називається *інтенсивністю навантаження*. Одиниця інтенсивності телефонного навантаження називається *Ерлангом*, на честь основоположника теорії телефонного повідомлення датського математика та інженера А. К. Ерланга. Один ерланг (*Ерл*)- це така інтенсивність навантаження, при якій на протязі одного часу буде обслужене навантаження в одне годино-заняття. Інтенсивність навантаження, яка виражена в Ерлангах, являє собою середню кількість одночасних занять на протязі інтервалу часу, що розглядається. Спостереження за величиною телефонного навантаження, яке створюється однією і тією ж групою джерел навантаження, показує, що інтенсивність телефонного навантаження змінюється у великих межах, особливо за добу. Кількість з'єднувальних пристроїв для всіх ступенів шукання прийнято визначати для ГНН. Під *годиною найбільшого навантаження (ГНН)* розуміють неперервний інтервал часу тривалістю в одну годину, на протязі якого інтенсивність навантаження, що надходить на систему комутації, набуває найбільшого значення.

Розрізняють навантаження, яке надходить, обслужене та втрачене.

*Обслуженим навантаженням*  $Y_{\text{ОБСЛ.}}(t_1, t_2)$  за проміжок часу  $[t_1, t_2]$  називається сумарний час заняття всіх  $V$  з'єднувальних шляхів комутаційної системи за цей проміжок часу. Таким чином:

$$Y_{\text{ОБСЛ.}}(t_1, t_2) = \sum_{i=1}^V Y_{\text{ОБСЛ.}i}(t_1, t_2),$$

де  $Y_{\text{ОБСЛ.}i}(t_1, t_2)$ - сумарний час заняття  $i$ -ого ( $1 \leq i \leq V$ ) з'єднувального шляху комутаційної системи.

*Навантаженням, яке надходить,  $Y(t_1, t_2)$  за проміжок часу  $[t_1, t_2]$  називається навантаження, яке було б обслужене, якщо б кожному виклику, що надійшов, був негайно наданий один із з'єднувальних шляхів комутаційної системи і з'єднання доведене до кінця:*

$$Y(t_1, t_2) = \sum_{i=1}^{V1} y_i(t_1, t_2),$$

де  $y_i(t_1, t_2)$  - сумарний час заняття  $i$ -ого з'єднувального шляху комутаційної системи без відмов. Тут  $V1 = \infty$ , оскільки кожен виклик, що надійшов, повинен негайно обслуговуватися.

*Втраченим навантаженням  $Y_{\text{пот.}}(t_1, t_2)$  за проміжок часу  $[t_1, t_2]$  називається частина телефонного навантаження, яке надходить, що не обслуговується із-за відсутності вільних з'єднувальних шляхів у комутаційній системі. Таким чином:*

$$Y_{\text{пот.}}(t_1, t_2) = Y(t_1, t_2) - Y_{\text{обсл.}}(t_1, t_2).$$

Оскільки з'єднувальні тракти утворюються, як правило, з декількох ступенів шукання, поняття навантаження, яке надходить, обслужене та втрачене навантаження можуть бути віднесені і до системи комутації в цілому, і до кожної ступені шукання окремо. Виклики, які виробляються джерелом навантаження (абонентами), завжди надходять на вхід першого ступеня шукання. Це навантаження, яке надійшло, розраховують виходячи із кількості джерел навантаження  $N$ , середньої кількості викликів  $C$  на одне джерело навантаження та середньої тривалості заняття комутаційних приладів першого ступеня шукання  $t$ . Тоді навантаження, яке надійшло:

$$Y = N * C * t.$$

При проектуванні систем розподілу інформації, розраховуючи величину інтенсивності навантаження, яке надходить, враховують наявність різних категорій джерел навантаження (ТА кварт., ТА підпр.), тобто враховують структуру джерел навантаження, так як середня кількість викликів і середня тривалість занять бувають різними для різних категорій джерел. Тоді:

$$Y = \sum_i N_i C_i t_i,$$

де  $Y$  - інтенсивність навантаження, яке надходить;  $N_i, C_i, t_i$  - відповідно кількість джерел, середня кількість викликів за одиницю часу та середня тривалість занять на одне джерело навантаження  $i$ -ої категорії.

### 1.3 Принципи розподілу інформації

До **пристроїв розподілу інформації** відноситься апаратура, що забезпечує комутацію між собою окремих каналів зв'язку та абонентських ліній. Каналоутворююча апаратура та пристрої розподілу інформації утворюють вузол комутації.

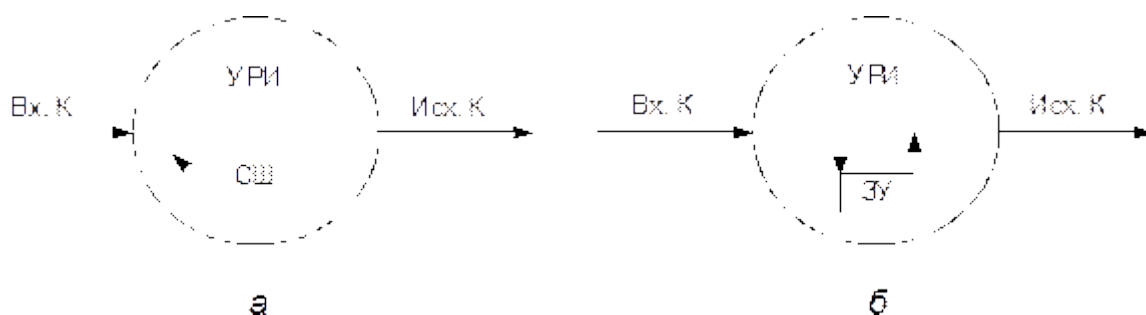


Рисунок 2 - Принципи організації зв'язку

Два і більше трактів передавання інформації, які скомутовані послідовно один за одним за допомогою пристроїв розподілу інформації утворюють **з'єднувальний тракт передачі інформації**. При створенні з'єднувального тракту між двома АП кажуть, що між ними скомутований канал зв'язку. Можлива комутація і багатоканальних ліній зв'язку.

*Комутація* - процес з'єднання абонентів комунікаційної мережі через транзитні вузли.

*Цифрова система комутації* характеризується тим, що її комутаційне поле комутує канали, по яким інформація передається у цифровій формі.

З метою організації обміну інформацією між багатьма джерелами та отримувачами інформації канали та системи передачі об'єднуються у **мережі зв'язку** - системи передачі та розподілу інформації (СПРІ). **Поняття розподіл інформації** охоплює задачі розподілу маршрутів передавання інформації і

пов'язані з цим задачі аналізу та синтезу мереж зв'язку і систем (вузлів) комутації. До складу СПРІ входять кінцеві пункти (КП), вузли комутації (ВК) і канали передавання, які взаємодіють між собою по визначеному регламенту, який визначається протоколами багаторівневої архітектури мереж передавання інформації (еталонної моделі ВВС).

Прикладом простої СПРІ є повнозв'язна мережа (рис.3), де кінцеві (абонентські) пункти (ОП) з'єднані один з одним по принципу «кожний з кожним».

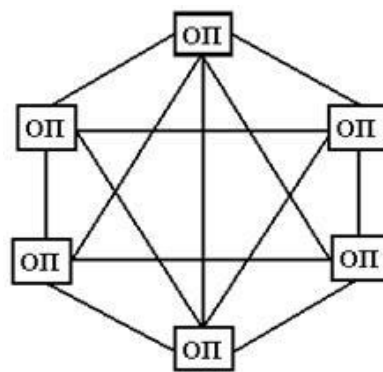


Рисунок 3 - Структура повнозв'язної СПРІ

Теорія **розподілу інформації** дозволяє встановити вимоги до **систем розподілу інформації** і кількості ліній, при яких гарантується задовільна якість зв'язку при заданому відсотку відмов або часу очікування.

При збільшенні числа ОП і великій території, охопленій ними, постає задача вибору структури мережі, розміщення вузлів комутації, визначення кількості з'єднувальних ліній (каналів). Оптимізація витрат за рахунок вибору кращого співвідношення між засобами передачі та комутації є однією з головних задач проектування мереж зв'язку. Більш перспективними є електронні вузли комутації на основі використання техніки ІКМ, які підвищують ефективність використання трактів передачі, тому що точки комутації між вхідною та вихідною ущільненими лініями займаються тільки на час канального інтервалу.

## 1.4 Еталонна модель взаємодії відкритих систем (модель OSI)

Для ефективної реалізації пропускної спроможності каналів передачі і комутаційних вузлів необхідно дотримуватися певного набору стандартних процедур (правил) взаємодії і програмних засобів, що забезпечують встановлення зв'язку, переривання зв'язку і т.д. Всі ці процедури і правила складають багаторівневу архітектуру зв'язку. Її основою є концепція еталонної моделі взаємодії відкритих систем (BBC). Еталонна модель BBC розроблена Міжнародною організацією по стандартизації (МОС) і призначена для виконання наступних функцій:

- представлення даних у стандартній формі;
- зв'язку між процесами інформаційного обміну та синхронізації їх роботи;
- управління інформаційно-обчислювальними ресурсами;
- контролю помилок і збереження даних;
- управління базами даних і запам'ятовуючими пристроями;
- підтримки програм, що забезпечують технологію передавання і обробки даних, тестування та ін.

Для спрощення розробки та реалізації мережевої архітектури кожна система розбивається на ряд функціональних рівнів. При цьому взаємодія систем у мережі представляється у вигляді взаємодії між логічними об'єктами систем одного функціонального рівня. *Еталонна модель BBC* складається з семи рівнів (рис.4). Три нижніх рівні надають мережеві послуги; чотири верхніх рівня - послуги самим кінцевим користувачам.



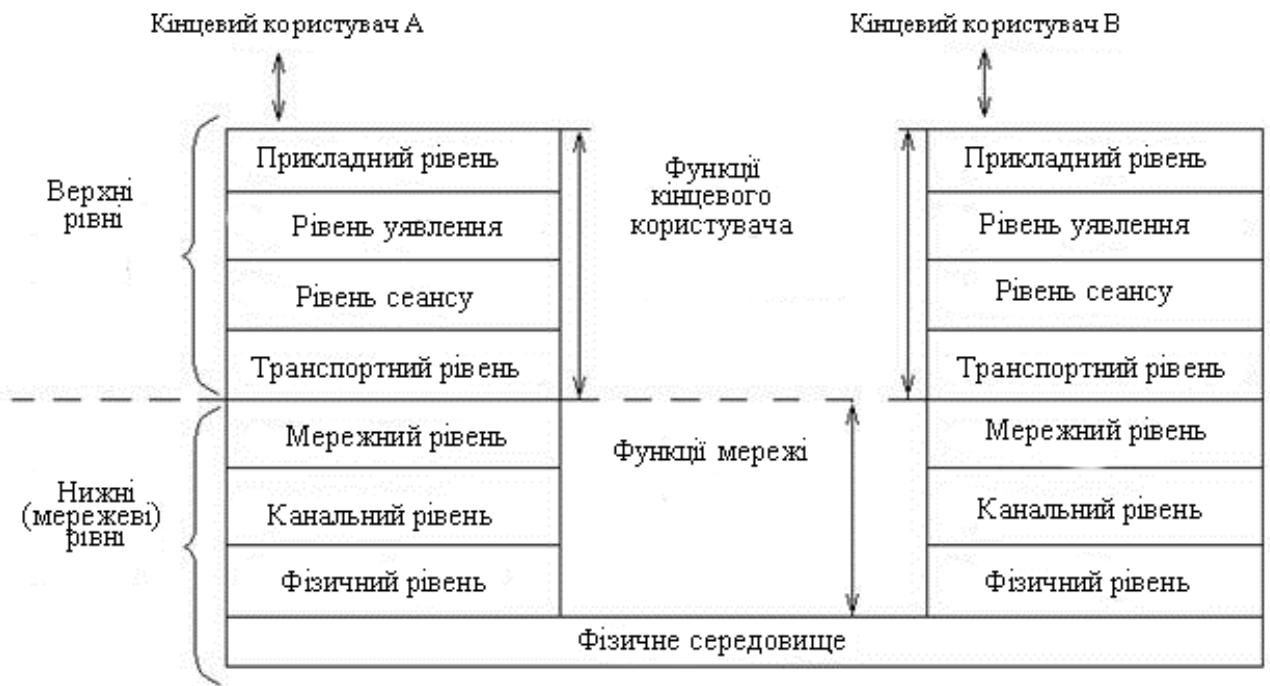


Рисунок 4 – Еталонна модель взаємодії відкритих систем

**Рівень каналу передавання даних** та **фізичний рівень**, який знаходиться під ним, забезпечують канал безпомилкового передавання між двома вузлами в мережі. Функція **мережного рівня** полягає в тому, щоб встановити адресу та маршрут для передавання пакету даних по мережі від вузла передавання до вузла призначення. Пакет може містити всі повідомлення або тільки частину.

Нижній з верхніх рівнів ВВС, **транспортний рівень**, забезпечує наскрізне передавання даних між абонентами мережі із заданою якістю обслуговування, яке є складовим параметром, що визначає характеристики взаємодії абонентів: максимальний час встановлення з'єднання, пропускну спроможність, час затримки, ймовірність помилки при передаванні повідомлень і т.д. **Рівень сеансу** забезпечує організацію діалогу між абонентами мережі, тобто управління черговістю передавання даних, їх пріоритетом, процедурою відновлення і т.д. **Рівень представлення** управляє і перетворює синтаксис блоків даних, якими обмінюються кінцеві користувачі (коди, формати даних, стиснення даних, машинні мови і т.д.). **Прикладний рівень** необхідний для виконання усіх інформаційно-обчислювальних процесів, що надаються користувачам через транспортну мережу: електронна пошта, телетекст, факс, електронний переказ

грошових коштів, пакетна передача мовних повідомлень та ін.

Правила взаємодії об'єктів одного рівня, які називаються **протоколами**, визначають логічну взаємодію. В еталонній моделі ВВС прийнята концепція, відповідно з якою взаємодія об'єктів одного рівня забезпечується надаванням йому послуг суміжним нижнім рівнем. Правила взаємодії об'єктів суміжних рівнів в одній системі, а також мережевого обміну називають **інтерфейсами**.

## **2. РОЗПОДІЛ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ ІНТЕГРОВАНОГО ДОСТУПУ**

### **2.1 Поняття телекомунікаційної та інформаційної мережі**

Сукупність телекомунікацій та вузлів, які їх з'єднують, що забезпечує взаємодію багатьох віддалених об'єктів, утворюють **телекомунікаційну мережу (Telecommunication Network)**. В якості віддалених об'єктів при цьому можуть використовуватися як кінцеві системи інформаційної мережі, так і окремі локальні та територіальні мережі. Телекомунікаційна мережа виконує функції транспортної системи у складі інформаційної мережі, а інформаційні процеси породжують потоки рухомої інформації.

Телекомунікаційні мережі прийнято оцінювати рядом показників, які відображають в цілому можливість та ефективність транспортування інформації в них.

Можливість передавання інформації у телекомунікаційній мережі пов'язана з її працездатністю в часі, тобто виконання заданих функцій у встановленому обсязі на необхідному рівні якості на протязі визначеного періоду експлуатації мережі або у будь-який момент часу.

Працездатність мережі пов'язана з поняттями *надійності* та *життєвості*.

**Надійність** мережі зв'язку характеризує її властивість забезпечити зв'язок, зберігаючи в часі значення встановлених показників якості в заданих умовах експлуатації.

Показниками надійності є, наприклад, відношення часу працездатності мережі до загального часу її експлуатації, кількість можливих незалежних шляхів

передавання інформаційного повідомлення між парою пунктів, ймовірність безвідмовного зв'язку і т.д.

**Життєвість** мережі зв'язку характеризується її можливістю зберегти повну або часткову працездатність при дії факторів, які знаходяться за межами мережі та призводять до розладів або значним пошкодженням деякої частини її елементів (пунктів або ліній зв'язку).

**Пропускна спроможність** можна оцінити величиною максимального потоку інформації, який можна пропустити між деякою парою пунктів (джерело-витікання).

**Якість обслуговування** будемо розуміти як сукупність характеристик, які визначають ступінь задоволення користувача мережі. До вказаних характеристик відносяться експлуатаційні характеристики мережі (швидкість передавання інформації, ймовірність помилок і т.д.), показники зручності користування послугами, повнота послуг (ці показники звичайно оцінюються у балах) та ін.

Поняття „**інформаційна мережа**” охоплює всю багатозначність інформаційних процесів, які виконуються у кінцевих системах, що об'єднуються телекомунікаційною мережею.

**Інформаційні процеси** у кінцевих системах можна розділити на дві групи. До першої з них відносяться **прикладні процеси** – процеси вводу, зберігання, обробки та видавання різних видів інформації для потреб користувачів. Прикладні процеси займають основне місце у мережі. Всі інші процеси є допоміжними та призначені для обслуговування прикладних процесів. Вони складають групу так названих **процесів взаємодії**, оскільки забезпечують взаємодію прикладних процесів. Прикладні процеси підтримуються прикладними програмами, а процеси взаємодії – операційними системами.

Таким чином, інформаційні мережі на відміну від телекомунікаційних мають ще цілий ряд можливостей, які пов'язані з накопиченням, зберіганням, переробкою всіх видів інформації та забезпечують механізми ефективного пошуку в будь-якому місці і в будь-який час.

Споживач інформації, який отримав доступ до інформаційної мережі, стає її

**користувачем (User).** В якості споживачів можуть виступати як фізичні особи, так і юридичні (фірми, організації, підприємства).

У загальному випадку під **інформаційною мережею** будемо розуміти сукупність територіально роззосереджених кінцевих систем, яка об'єднує їх телекомунікаційні мережі, забезпечує доступ прикладних процесів будь-якої із цих систем до всіх ресурсів мережі та їх сумісне використання.

**Прикладний процес (Application Process)** – це *процес у кінцевій системі мережі, який виконує обробку інформації для конкретної послуги зв'язку або прикладення.* Так, користувач, організуючи запит на надання тієї або іншої послуги, активізує у своїй кінцевій системі деякий *прикладний процес.*

**Кінцеві системи інформаційної мережі** можуть бути класифіковані як:

- **термінальні системи (Terminal System),** які забезпечують доступ до мережі та її ресурсів;
- **робочі системи (Server, Host System),** які надають мережний сервіс (керування доступом до файлів, програм, мережних пристроїв, обслуговування викликів і т.п.);
- **адміністративні системи (Management System),** які реалізують керування мережею та окремими її частинами.

**Ресурси інформаційної мережі** поділяються на *інформаційні, ресурси обробки та зберігання даних, програмні, комунікаційні ресурси.*

**Інформаційні ресурси** представляють собою інформацію та знання, які накопичуються у всіх галузях науки, культури та життєдіяльності суспільства, а також продукцію індустрії розваг. Все це систематизується у мережних банках даних, з якими взаємодіють користувачі мережі. Ці ресурси визначають цінність споживачів інформаційної мережі і повинні не тільки постійно створюватися і розширяться, але й своєчасно відновлюватися. Застарілі дані повинні знаходитися в архівах. Користування мережею забезпечує можливість отримувати актуальну інформацію тоді, коли виникає необхідність в ній.

**Ресурси обробки і зберігання даних** – це продуктивність процесорів мережних комп'ютерів та об'єми пам'яті їх запам'ятовуючих пристроїв, а також

час, на протязі якого вони використовуються.

**Програмні ресурси** являють собою програмне забезпечення, яке бере участь у наданні послуг та прикладень користувачам, а також програми провідних функцій. До останніх відносяться: виписування рахунків, облік оплати послуг, навігація (забезпечення пошуку інформації в мережі), обслуговування мережних електронних поштових скриньок, організація мосту для телеконференцій, перетворення форматів інформаційних повідомлень, що передаються, криптозахист інформації (кодування і шифрування), аутентифікація (електронний підпис документів, який підтверджує їх справжність).

**Комунікаційні ресурси** – це ресурси, які беруть участь у транспортуванні інформації та перерозподілу потоків в комунікаційних вузлах. До них відносяться ємності ліній зв'язку, комутаційні можливості вузлів, а також час їх зайняття при взаємодії користувача з мережею. Вони класифікуються у відповідності з типом телекомунікаційних мереж: ресурси комутуємої телефонної мережі загального користування (КТМЗК), ресурси мережі передавання даних з комутацією пакетів, ресурси мережі мобільного зв'язку, ресурси наземної сповіщальної мережі, ресурси цифрової мережі інтегрального обслуговування (ЦМІО) і т.д.

Всі перераховані ресурси інформаційної мережі є *розподіленими*, тобто можуть використовуватися одночасно декількома прикладними процесами.

Кінцева мета розвитку інформаційних мереж – створення Глобальної Інформаційної Інфраструктури.

**Глобальна Інформаційна Інфраструктура ГІІ** (Global Information Infrastructure) *надає користувачам набір комутаційних послуг, які забезпечують відкриту множину прикладень, що охоплюють всі види інформації та дають можливість її отримання в будь-якому місці, в будь-який час, по доступній вартості та з непоганою якістю.*

Створенню ГІІ сприяють конвергенція (зближення) технологій, які використовуються в області телекомунікацій, комп'ютерів та електроніці споживачів, а також нові можливості для бізнесу.

## 2.2 Системний опис мережі

Уява про те, як функціонує мережа, як вона побудована, може бути сформована із різних позицій.

Для взаємодії з мережею на рівні користувача, достатньо знати склад *служб мережі*, які забезпечують надання будь-яких комунікаційних послуг (рис.1). Іншими словами, для того, щоб мати представлення, яку роботу можна виконувати в мережі і як її виконувати, зовсім не потрібно знати побудову мережі та принципи її роботи. В цьому випадку говорять, що мережа повинна бути *прозорою* для користувача. Прозора, як лінзи бінокля, за допомогою якого можна спостерігати за частиною віддаленого життя або природи. Тому будь-яка мережа створюється таким чином, щоб всі її комунікаційні та програмні засоби були лише „лінзами”, які створюють користувачу відчуття, що всі необхідні йому ресурси інформаційної мережі знаходяться в його терміналі.

Провайдер, організуючи свою діяльність з надання послуг користувачам, повинен представляти для себе логіку роботи мережі як мінімум на рівні її *функціональної структури* та складу ресурсів. Знання правил організації взаємодії різних елементів мережі, які утворюють платформи надання послуг, забезпечує йому гнучкість взаємодії з мережними ресурсами.

Організація експлуатації мережі, інсталяція мережного обладнання відносяться до функцій оператора мережі. Для розумного виконання своїх функцій оператору мережі необхідно ясно уявляти собі її *фізичну структуру*, визначений склад обладнання, принцип його роботи та сумісної експлуатації, характеристики режимів роботи мережі, при яких забезпечується необхідна якість обслуговування користувачів.

Для того, щоб управляти господарською діяльністю мережі, планувати її розвиток, адміністрація мережі аналізує *організаційну структуру мережі, структури мережних служб, управління, обслуговування та ремонт* і т.д. Врешті-решт розробник мережі, якому необхідно побудувати мережу, повинен уявляти мережу у всіх перерахованих аспектах. Іншими словами, йому необхідно знати

архітектуру мережі.

**Архітектурою** називається системний опис мережі, який відображає всю різноманітність її елементів, зв'язків між ними та правил взаємодії.

Під системним описом розуміють багаторівневий опис об'єкту у вигляді моделей, кожна з яких відображає об'єкт у визначеному аспекті його розгляду (рівня абстрагування).



Рисунок 5 – Взаємодія користувача з мережею

**Модель** – це таке відображення об'єкту, яке дозволяє досліджувати його основні елементи, не звертаючи уваги на несуттєві, з точки зору поставленої мети, деталі. Рівні абстрагування звичайно розміщуються в ієрархічній послідовності (по старшинству).

Модельний опис мережі як складної системи (опис її *архітектури*) можна здійснити лише єдиним шляхом – розчленуванням її на множину структур, кожна з яких відображає взаємозв'язок визначеної групи елементів, які виділені на деякому рівні розгляду мережі. Цей процес має творчий характер і часто порівнюється з давнім мистецтвом проектувати та будувати – зодчеством.

Таким чином, архітектура є обширним поняттям, яке відображає взаємозв'язок різних структур мережі: конфігурації ліній, що з'єднують її пункти (топології); організаційної структури, яка відображає побудову мережі; функціональної структури, яка пояснює логіку роботи схеми; програмної структури, що характеризує склад занадто складного та багатоцільового програмного



забезпечення мережі; протокольної моделі мережі, що описує правила встановлення зв'язку та забезпечення інформаційного обміну; фізичної структури, яка дозволяє оцінити фізичні ресурси мережі, види використовуваного обладнання.

Таке багатобічне дослідження мережі необхідно проводити з позицій *системного підходу*, який оснований на методологічних принципах *системології* (науки, яка вивчає великі (складні) системи).

Мережа зв'язку має всі ознаки складних систем та підпорядковується властивим їм закономірностям. Перерахуємо деякі з них.

**Ієрархічність** – розміщення частин та елементів цілого від найвищого до найнижчого. Виходячи з цієї закономірності, ми можемо розчленовувати мережу на окремі підмережі (сегменти) нижчого порядку.

**Комунікативність** – закономірність, яка вказує на множину зв'язків (комунікацій) системи: зовнішніх – із середовищем та внутрішніх – з підсистемами та елементами. Це означає, що будь-яку мережу зв'язку можна розглядати як підмережу (підсистему) або елемент системи більш високого рівня (наприклад, як елемент Глобальної Інформаційної Інфраструктури) і в той же час вона може розглядатися як самостійна система, яка включає підсистеми (сегменти) більш низького рівня.

**Емергентність** – закономірність, яка полягає у виявленні системою інтегрованої якості – цілісності, що не властива окремим її елементам. Так, наприклад, у мережі зв'язку ми можемо виділити такі функціонально важливі та відносно незалежні підсистеми, як транспортна система, система розподілу інформації, система управління мережею. Жодну з перерахованих систем не можна ототожнювати з мережею зв'язку в цілому, і лише їх взаємозв'язок відображає це поняття. З іншого боку, розглядаючи та вивчаючи структури окремих підсистем, ми поглиблюємо своє уявлення про систему у будь-яких аспектах.

Поняття архітектури характеризує цілісне уявлення про побудову мережі і, як наслідок, відображає її емергентність.

Відповідно до вказаних вище закономірностей, можна будь-яку із підсистем

складної системи розглядати як самостійну систему із властивою їй архітектурою, що відображає її емергентну властивість. Так, в залежності від рівня розглядання в ієрархічному представленні систем, ми можемо говорити про архітектуру мережі в цілому, архітектуру термінального комплексу, архітектуру комутаційної системи, обчислювальної машини і навіть окремої інтегральної схеми.

Необхідно відмітити, що представлення про архітектуру мережі багато визначається професійною орієнтацією дослідника. Наприклад, оператор мережі, виконуючи аналіз архітектури мережі, перед усім бачить і розуміє, як уже зазначалося, її фізичну структуру. Проектувальник, аналізуючи архітектуру мережі, починає з дослідження таких її структур, як топологія, функціональна структура. Тому часто поняття „архітектура” застосовується в більш вузькому змісті, маючи на увазі, наприклад, топологію мережі, протокольну модель, програмне забезпечення та іншу модель нижчого рівня.

Для опису архітектури мережі можуть бути використані різні методи модельного представлення. Так, наприклад, для відображення топології мережі, взаємозв'язку підсистем та елементів використовуються *графові моделі*, для відображення роботи програмного забезпечення мережі – *алгоритмічні моделі*. Правила взаємодії елементів різних рівнів уявлення та деталізації мережі звичайно представляються так названими *протокольними моделями* багаторівневого опису мережі.

### **2.3 Способи комутації абонентів в системах розподілу інформації. Рівні мультисервісної мережі**

Телекомунікаційні мережі представляють собою комплекс апаратних та програмних засобів, які забезпечують передавання інформаційних повідомлень між абонентами з заданими параметрами якості. **Повідомлення**- форма представлення інформації, зручна для передавання на відстань. Повідомлення відображається зміною будь-якого параметру інформаційного сигналу (електромагнітні сигнали у мережах).

*Комутація* – процес з'єднання абонентів комунікаційної мережі через транзитні вузли (рис.6).

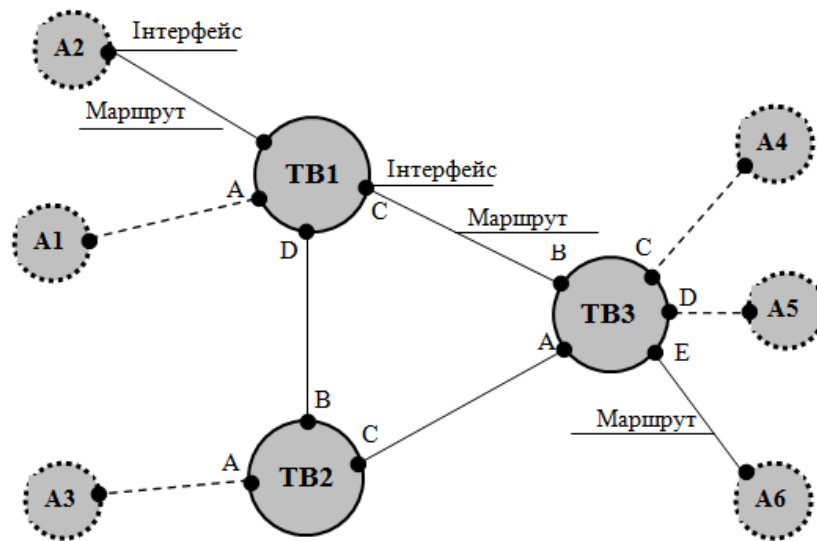


Рисунок 6 – Телекомунікаційна мережа

Комунікаційні мережі повинні забезпечувати зв'язок своїх абонентів між собою. Абонентами можуть виступати:

- ЕОМ;
- сегменти локальних мереж;
- факс-апарати;
- телефонні співрозмовники.

При створенні мереж телекомунікацій неможливо з'єднати всіх абонентів між собою окремими (виділеними) лініями зв'язку. Це недоцільно економічно і не підлягає виконанню практично. Тому з'єднання багатьох абонентів (А), які знаходяться на великій відстані, здійснюється через транзитні (телекомунікаційні) вузли (ТУ) зв'язку.

Таким чином, телекомунікаційна мережа утворюється сукупністю абонентів (А) та вузлів зв'язку, які з'єднані лініями (каналами) зв'язку. Вузли ТУ здійснюють комутацію повідомлення, яке надійшло, із вхідного порту (інтерфейсу) на вихідний. Наприклад, у мережі на рис.1 при передаванні повідомлення від абонента А2 абоненту А6 транзитний вузол ТУ1 здійснює комутацію повідомлення із вхідного інтерфейсу В на вихідний С, транзитний вузол ТУ3 – із вхідного інтерфейсу В на вихідний Е. При цьому формується

визначений маршрут, по якому передається повідомлення. Процес формування маршруту отримав назву *комутація*. *Комутацією* також називають передавання (просування) повідомлення із вхідного інтерфейсу на вихідний.

У деяких мережах всі можливі маршрути вже створені і необхідно тільки вибрати найбільш оптимальний. Процес вибору оптимального маршруту отримав назву **маршрутизація**, а пристрій, який її реалізує, - маршрутизатор. Вибір оптимального маршруту вузли здійснюють на основі таблиць маршрутизації (або комутації) з використанням визначеного критерію – метрики.

Оскільки у мережах загального доступу неможливо надати кожній парі абонентів власну фізичну лінію зв'язку, якою вони могли б монополювати володіти і використовувати у будь-який час, то в мережі завжди використовується певний **спосіб комутації** абонентів, що забезпечує розділення наявних фізичних каналів між декількома сеансами зв'язку та між абонентами мережі.

Основними способами комутації абонентів у мережах є:

1. Комутація каналів (circuit switching);
2. Комутація повідомлень (message switching);
3. Комутація пакетів (packet switching).

Таким чином, розрізняють мережі з *комутацією каналів*, коли телекомунікаційні вузли виконують функції комутаторів, і з *комутацією пакетів (повідомлень)*, коли телекомунікаційні вузли виконують функції маршрутизаторів. У мережах з комутацією каналів канал створюється для передавання повідомлення.

У мережах з **комутацією пакетів** від відправника до одержувача передаються короткі блоки даних, які називаються пакетами. **Пакет** – це частина повідомлення, яка представлена у вигляді блоку з заголовками, що має встановлений формат (структуру даних) і обмежену довжину, що передається по мережі як частина єдиного цілого. На теперішній час розроблені і впроваджуються пакетні методи передавання мовних сигналів.

1. *Комутація каналів* (КК, *circuit switching*) — організація складового каналу через декілька транзитних вузлів із декількох послідовно з'єднаних каналів на час

передавання повідомлення (*оперативна комутація*) або на більш тривалий термін (*постійна/довготривала комутація*).

2. *Комутація повідомлень* (КС, *message switching*) — розбиття інформації на повідомлення, які передаються послідовно до найближчого транзитного вузла, який, прийнявши повідомлення, запам'ятовує його та передає далі таким же чином (конвейером).

3. *Комутація пакетів* (КП, *packet switching*) — розбиття повідомлення на «пакети», які передаються окремо. Різниця між повідомленням та пакетом: розмір пакету обмежений технічно, повідомлення — логічно. При цьому, якщо маршрут просування пакетів між вузлами визначений раніше, говорять про *віртуальний канал* (із встановленням з'єднання). Приклад: комутація IP-пакетів. Якщо ж для кожного пакету завдання знаходження шляху вирішується заново, говорять про *датаграмний* (без встановлення з'єднання) *спосіб* пакетної комутації.

Кожний пакет облаштовується *заголовком*, в якому вказується як мінімум адреса вузла-отримувача та номер пакету. Передавання пакетів по мережі здійснюється незалежно один від одного. Комутатори такої мережі мають внутрішню буферну пам'ять для тимчасового зберігання пакетів, що дозволяє згладжувати пульсації трафіку на лініях зв'язку між комутаторами.

Відмінність комутації пакетів або повідомлень полягає в тому, що повідомлення може бути дуже великим. Тому, якщо в ньому виявляється помилка, повторно потрібно передавати всі повідомлення великого об'єму. У мережах з комутацією пакетів велике повідомлення попередньо розбивається на порівняно невеликі пакети (сегменти). Тому при втраті або спотворенні частини повідомлення повторно передається тільки втрачений пакет (сегмент).

4. *Комутація комірок* (КЯ, *cell switching*) — приватний випадок комутації пакетів з емуляцією віртуальних каналів (X.25, Frame Relay, MPLS), при комутації комірок пакети завжди мають фіксований і відносно невеликий розмір (Asynchronous Transfer Mode).

Всі види комутації можуть використовуватися у мережі. Кожний спосіб комутації має свої переваги та недоліки.

У мережі з *комутацією каналів* перед передаванням даних завжди потрібно виконати процедуру встановлення з'єднання, в процесі якої і створюється складовий канал. І тільки після цього можна починати передавати дані.

Комутація каналів може використовуватися як в аналогових, так і в цифрових мережах зв'язку, на відміну від комутації пакетів, яка можлива тільки в цифрових мережах.

Також *перевагами КК* є:

- постійна і відома швидкість передавання даних по встановленому між кінцевими вузлами каналу;
- висока стабільність параметрів каналу в часі;
- відсутність необхідності у передаванні службової інформації після встановлення з'єднання;
- низький і постійний рівень затримки передавання даних через мережу.

*Недоліки КК:*

- відмова мережі в обслуговуванні запиту на встановлення з'єднання;
- нераціональне використання пропускної спроможності фізичних каналів.

Низька ефективність використання каналів у мережі з КК пояснюється тим, що після встановлення з'єднання між кінцевими пристроями, ємність зкомутованого каналу та його складових частин недоступна іншим прикладенням під час сеансу зв'язку, навіть якщо дані не передаються.

*Переваги комутації пакетів*

1. Ефективність використання пропускної спроможності.
2. При перевантаженні мережі нікого не «відкидає» з повідомленням «мережа зайнята», мережа просто зменшує всім абонентам швидкість передавання.
3. Абонент, який використовує свій канал не повністю, фактично віддає пропускну спроможність мережі іншим.
4. Тому витрати менші.

*Недоліки комутації пакетів*

1. Складність пристроїв; без мікропроцесорної техніки пакетну мережу налагодити практично неможливо.

2. Пропускна спроможність витрачається на технічні дані.
3. Пакет може очікувати своєї черги у комутаторі.
4. Невизначеність швидкості передавання даних між абонентами мережі, яка обумовлена залежністю затримок в чергах буферів комутаторів мережі від загальної завантаженості мережі.
5. Змінна величина затримки пакетів даних, які можуть досягати значних величин у моменти миттєвих перевантажень мережі.
6. Можливі втрати даних із-за переповнення буферів.

Мережа з комутацією пакетів сповільнює процес взаємодії кожної визначеної пари вузлів, оскільки їх пакети можуть очікувати у комутаторах, поки передадуться інші пакети. Але загальна ефективність (обсяг даних, які передаються, за одиницю часу) при комутації пакетів буде вищою, ніж при комутації каналів.

На сьогоднішній день всі види трафіку передаються по єдиній мережі зв'язку у цифровій формі. Здійснюється конвергенція всіх існуючих мереж в єдину інформаційну мережу для передавання мультимедійної інформації. Користувачі такої мережі повинні мати широкий вибір послуг з гарантованою якістю, що забезпечується відповідним рівнем управління, транспортним рівнем та рівнем доступу користувачів до мультисервісної мережі (рис.7).

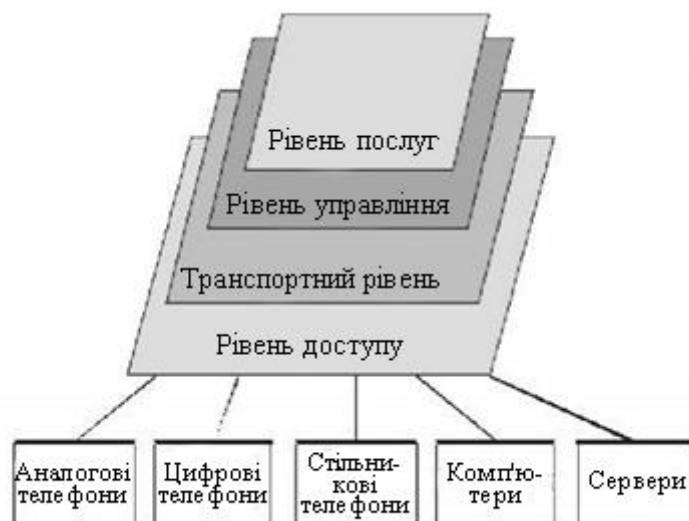


Рисунок 7 – Рівні мультисервісної мережі



Транспортний рівень мережі створюється на базі IP-мереж з розподіленою комутацією пакетів. Доступ до транспортної мережі здійснюється через відповідні пристрої та шлюзи.

Телекомунікаційні мережі нового покоління використовуються для передавання різних видів інформації: дискретних даних, аудіо- та відеоінформації.

Мережі з комутацією пакетів, в яких реалізовані методи забезпечення якості обслуговування, дозволяють одночасно передавати різні види трафіку, в тому числі такі важливі, як телефонний і комп'ютерний. Тому методи комутації пакетів сьогодні вважаються найбільш перспективними для побудови конвергентної мережі, яка забезпечить комплексні якісні послуги для абонентів будь-якого типу. Проте і методи комутації каналів не можна списувати з рахунків. Сьогодні вони з успіхом працюють не тільки в традиційних телефонних мережах, але і широко застосовуються для утворення високошвидкісних постійних з'єднань у первинних (опорних) мережах.

## 2.4 Організаційна структура мережі

**Організаційна структура** відображає побудову мережі в цілому, а саме: види, призначення, основні характеристики її елементів та композиційні принципи об'єднання елементів в структурні компоненти, які можна розглядати як окремі підмережі, так називаємі *сегменти* інформаційної мережі.

Елементами будь-якої мережі є пункти та лінії, які їх зв'язують.

Пункти мережі поділяються на *кінцеві* та *вузлові*.

В **кінцевих пунктах (КП)** розміщуються кінцеві системи інформаційної мережі. Функціональне призначення КП визначається типом кінцевої системи. КП, в яких встановлюються термінальні системи, призначені для забезпечення доступу до мережі.

Функція доступу може розглядатися в двох аспектах: забезпечення доступу користувача до мережі та організація доступу при об'єднанні різних сегментів

мережі.

Термінальні системи користувачів здійснюють введення/виведення інформації шляхом перетворення інформаційних повідомлень в сигнали та навпаки. КП, в яких встановлюються термінальні системи користувачів, називаються **абонентськими пунктами (АП)**.

КП, в яких організуються інформаційні банки, телевізійні і радіомовні студії, центри служб новин, навчання, довідкові служби і т.д., є **постачальниками основних інформаційних та обчислювальних ресурсів мережі**.

КП, в яких розміщуються адміністративні системи, називаються **центрами управління мережею**.

Пункт, в якому встановлюється кінцеве обладнання визначеної мережі, робоча система, є її кінцевим пунктом та називається **вузлом доступу (Access node)**. В ньому може бути встановлене *граничне комутаційне обладнання*, сервер доступу, а також спеціальне обладнання, яке виконує функції *міжмережного перетворювача (шлюзу)* при об'єднанні сегментів, які відрізняються за технологічними ознаками.

**Вузловий пункт**, або **вузол** мережі представляє собою пункт, в якому сходяться три та більше ліній зв'язку і який є проміжним (транзитним) на шляху прямування потоків інформації.

Призначення вузла в мережі визначається функціями, які він виконує. В якості функцій вузла можуть розглядатися *комутація, концентрація та мультиплексування*.

**Комутація** – це процес встановлення зв'язку між лініями, які збігаються у вузлі, при розподілі інформаційних потоків в мережі відповідно до схеми маршрутизації. Комутація може бути *оперативною* (на час одного сеансу зв'язку між парою абонентів) та *довготривалою*, яка здійснюється шляхом кросування ліній або групи каналів, які збігаються в вузлі. Вузол, який виконує функцію оперативної комутації, будемо називати **вузлом комутації (ВК)** або **комутатором**, а вузол, в якому здійснюється довготривала комутація (крос) –

**розподіленим вузлом, або розподілювачем.**

**Концентрація** – об'єднання декількох вхідних невеликих за потужністю інформаційних потоків з метою отримання більш потужного вихідного потоку, який забезпечує ефективне завантаження лінії. Пункт, що виконує таку функцію, називається **концентратором**.

**Мультиплексування** – це процес об'єднання незалежних сигналів декількох каналів для передавання по загальному каналу. **Мультиплексування** забезпечує можливість передавання декількох потоків інформації по одній лінії шляхом закріплення за кожним з них фіксованої частини ресурсу ліній. Фіксований розподіл лінійного ресурсу залишається незмінним навіть в періоди відсутності передаваної інформації, тобто функція концентрації тут відсутня. Такий пункт мережі називається, відповідно, **мультиплексором**.

У вузловому пункті мережі об'єднуються одночасно декілька перерахованих функцій.

**Лінії зв'язку** забезпечують передавання інформаційних потоків у вигляді сигналів і являють собою споруди, що включають середовище розповсюдження сигналів та комплекс каналоутворюючого обладнання.

В якості фізичного середовища можуть використовуватися мідні пари проводів, оптичне волокно, ефір. В залежності від середовища, по якому передаються сигнали, всі існуючі типи ліній зв'язку прийнято поділяти на дві групи: **проводові та безпроводові**.

До проводових відносяться всі типи ліній, в яких сигнали розповсюджуються вздовж штучно створеного направляючого середовища. В найпростішому випадку це фізичне коло, яке утворюється парою проводів, по якій передається сигнал у вигляді електричного струму. Проводові лінії, які утворені проводами, що мають ізоляційні покриття та розміщені в спеціальних захисних оболонках, називаються **кабельними лініями зв'язку (КЛЗ)**.

За умовами прокладання та експлуатації розрізняють **підземні та підводні** кабелі. Вони відрізняються конструкцією та матеріалом ізоляційних оболонок та захисних покривів. В землі та у воді прокладають кабелі броньовані сталевими

стрічками або проводом, які надають кабелю особливої механічної міцності. У містах кабелі прокладають в спеціально побудовану каналізацію, яка складається з трубопроводу та оглядових колодязів.

Для забезпечення необхідної дальності передавання сигналів, а це можуть бути тисячі кілометрів, в кабельних магістралях організуються підсилювальні пункти, які розташовані по трасі через визначені інтервали. Все перераховане називається **лінійно-кабельними спорудами (ЛКС)** та складає основну частину витрат при організації та експлуатації кабельних ліній зв'язку.

До провідних відносяться також лінії, які використовують в якості середовища розповсюдження діелектричні матеріали, особливо тонкі скляні волокна. В оптичному кабелі скловолокна вільно розміщуються всередині поліетиленових трубок, скручених навколо міцного пластмасового осердя.

Оптичні кабелі, як і звичайні, мають захисні поліетиленові оболонки та різні зовнішні покрови. Їх можна прокладати в землі, воді, приміщеннях. Вони не чутливі до електромагнітних перешкод і не потребують металевих екранів. Лінії зв'язку, які використовують оптичні кабелі, отримали назву **волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ)**. Характерною перевагою їх є відсутність в конструкції дефіцитних матеріалів: міді, алюмінію, свинцю та ін.

Термін **радіолінія** поширюється на всі типи ліній, в яких сигнали передаються у відкритому просторі без штучних направляючих середовищ у вигляді радіохвиль. Перевагою радіоліній є можливість їх швидкої організації та порівняно невелика вартість. Важливим є факт використання радіоліній для організації мобільного зв'язку (з рухомими об'єктами: автомобілями, літаками, поїздами, кораблями, космічними літальними апаратами).

Лінії радіозв'язку, які складаються з декількох або багатьох ділянок, в межах яких відбувається прийом сигналу, його підсилення та передавання до наступного пункту, називаються **радіорелейними лініями (РРЛ)**. Різновидом РРЛ є **супутникові радіолінії**.

### 3. СТРУКТУРА МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

#### 3.1 Елементи мереж зв'язку

*Мережа зв'язку* - це сукупність усіх систем, засобів і пристроїв зв'язку, що забезпечують передавання інформації. Це грандіозна, складна, багатофункціональна система, що безупинно розвивається і відновлюється, система із сотнями мільйонів споживачів.

У загальному випадку елементами мереж зв'язку є:

а) *Абонентські термінали (АТ)*, що забезпечують взаємодію користувачів з мережею по введенню, виведенню і первинній обробці повідомлень. АТ перетворюють інформацію споживача в сигнали електрозв'язку і розміщаються в *кінцевих пунктах (КП)*, що можуть бути стаціонарними або рухомими (мобільними).

б) *Вузли зв'язку*, що містять пристрої комутації, або переключень, які розподіляють повідомлення між споживачами по різних напрямках зв'язку. Вузли зв'язку роблять звичайно стаціонарними, але вони можуть бути і пересувними. Розрізняють *комутаційні та мережні вузли зв'язку*. Основна відмінність їх у тім, що комутаційні забезпечують короткочасне з'єднання (комутацію) каналів, а мережні довгострокове (т.зв. назване кросове з'єднання). Комутаційні вузли, у які включені абонентські термінали, називаються *комутаційними станціями*.

в) *Направляючі системи* (лінії зв'язку), що надають шляхи передачі повідомлень у мережі електрозв'язку.

г) *Системи передачі (СП)*, що забезпечують передачу і прийом повідомлень по направляючих системах.

д) *Системи керування мережею*, що виконують функції короткострокового планування мереж і контролю за їхньою роботою.

Крім перерахованих вище основних елементів будь-яка мережа електрозв'язку містить різноманітне додаткове устаткування, що забезпечує електроживлення, захист, синхронізацію, аварійну сигналізацію, виміри і тестування, тарифікацію й ін. функції.

Класифікація вторинних мереж електрозв'язку можлива за багатьма ознаками, наприклад:

- **територіальному:** міжнародні, міжміські або національні, зонові (внутрішньообласні), місцеві (міські та сільські), локальні, у тому числі і внутрішньовиробничі мережі;
- **приналежності:** загальнодержавні, відомчі і приватні;
- **структурі побудови** (топології): повнозв'язні, радіальні, радіально-вузлові, деревоподібні, кільцеві, сітчасті тощо. Припустима й змішана або комбінована структура мережі, що поєднує фрагменти різних топологій.
- **виду переданої інформації:** телефонні, телеграфні, передавання даних, звукового мовлення та ін.

### 3.2 Принципи розподілу інформації на МТМ

Міські мережі, що створюються на території міст або сільських районів, називаються **місцевими телефонними мережами**. Спосіб побудови місцевих телефонних мереж залежить від кількості абонентів місцевих телефонних мереж, розмірів території та розміщення абонентів на ній.

**Міська телефонна мережа (МТМ)** - це сукупність станційних та лінійних споруд, а також кінцевих абонентських пристроїв (телефонних апаратів), що призначена для забезпечення телефонним зв'язком абонентів міста. До основних станційних споруд МТМ належать: комутаційне обладнання автоматичних телефонних станцій (АТС), підстанції (ПС), установчо-виробничих АТС (УВАТС) та різноманітних вузлів автоматичної комутації, а також обладнання електроживлення та систем передачі, що встановлюються на цих станціях.

До складу лінійних споруд входять лінійні кабелі, телефонна каналізація, розподільчі шафи та коробки, проводки в абонентських пунктах та ін. На МТМ є абонентські лінії (АЛ), за допомогою яких телефонні апарати підключаються до АТС, ПС або УВАТС, а також з'єднувальні лінії (ЗЛ), які зв'язують між собою станції або вузли МТМ. Кожному телефонному апарату МТМ присвоєний

відповідний абонентський номер. Сукупність номерів всіх абонентів міста називають **нумерацією МТМ**.

При визначенні нумерації будемо вважати “0” найбільшою цифрою, так як при її наборі на АТС приймається найбільша кількість імпульсів – 10. Наприклад, в групі з 10 абонентів маємо нумерацію 1 – 0 (один, два, три... нуль), нумерація сотенної групи – 11 – 00 (одинадцять, дванадцять,... 00), тисячної – 111 – 000 (111, 112...009, 000).

**Значність** нумерації МТМ, що являє собою кількість цифр в номері, залежить від загальної ємності МТМ. Ємність – можлива кількість абонентських номерів. Якщо, наприклад, загальна ємність МТМ не перевищує 10 тис. номерів, то кожен номер може містити цифри тисяч Т, сотень С, десятків Д та одиниць О., тобто нумерація буде чотирьохзначною. Структуру чотирьохзначного номера позначають ТСДО.

Крім звичайних абонентських номерів, на МТМ використовують скорочені ( трьохзначні) номери, що присвоєні різноманітним спецслужбам. Номери всіх спецслужб починаються з цифри “1” (101, 102...), тому “1” не може бути першою цифрою абонентського номера. Абонентські номери не можуть починатися також з цифри 0, яка є індексом виходу на автоматичну міжміську телефонну станцію (АМТС). З урахуванням цього при чотирьохзначній нумерації ємність МТМ фактично не може перевищувати 8000 номерів, при п’ятизначній нумерації максимальна ємність МТМ дорівнює 80 000.

На мережах країни прийнято **зоновий** принцип нумерації абонентських ліній. В межах кожної зони (області) вводиться семизначна нумерація, при чому кожній стотисячній групі присвоюється двозначний код (ab). Таким чином, для здійснення міжміського телефонного зв’язку між абонентами різних зон абонент, що телефонує, повинен набрати 10 - значний номер: АВСabxxxxx. При встановленні з’єднання в межах своєї зони використовується сім цифр цього номера abxxxxx, що є семизначним зоновим номером абонента.

Для здійснення з’єднань в межах МТМ встановлюється місцева нумерація, яка може бути 5-,6- та 7- значною.



Оскільки основною одиницею ємності МТМ є десятитисячна АТС, то місцевий абонентський номер утворюється з 4- значного номера, якийзначається в межах десятитисячної групи, з додаванням перед цим номером станційного коду, що складається з однієї, двох або трьох цифр, що визначають номер десятитисячної групи, в яку ввімкнено лінію абонента.

При наявності на МТМ установчо-виробничих телефонних мереж, всі або частина абонентів якої повинні мати право виходу на мережу загального користування, із складу нумерації найближчої РАТС (таку РАТС називають “опорною”) виділяється група номерів, кратна 100. Кожному абоненту, крім внутрішнього номера, 2- або 3-значного, присвоюється номер МТМ з кількістю знаків, що прийнята на даній мережі.

Розрізняють районовану і нерайоновану мережу. Розглянемо приклад нерайонованої мережі.

На нерайонованій МТМ використовується тільки одна міська АТС (МАТС), що обслуговує всіх абонентів міста (при ємності до 5 – 6 тис. абонентів).

**Підстанцією** називають обладнання, “винесене” з міської АТС і розташоване у безпосередній близькості від достатньокомпактної групи абонентських пунктів. Застосування ПС дозволяє скоротити витрати на АЛ за рахунок зменшення їх довжини. Підстанція зв’язана з МАТС трьома пучками ЗЛ односторонньої дії: один пучок використовується для місцевого вихідного зв’язку від ПС на МАТС, другий - для місцевого вхідного зв’язку, третій пучок - для міжміського зв’язку. Всі види з’єднань абонентів ПС здійснюються через МАТС, тому в тракті взаємного зв’язку абонентів ПС беруть участь дві ЗЛ: вихідна і вхідна.

**Установчо-виробнича система (УВАТС)** обслуговує абонентів установи чи підприємства: вона зв’язана з МАТС трьома пучками ЗЛ. Для встановлення з’єднання з абонентом МАТС абонент УВАТС повинен набрати індекс зовнішнього зв’язку (як правило цифру 9), а потім повний абонентський номер. Взаємний зв’язок абонентів УВАТС здійснюється без заняття ЗЛ, набором скороченого номера, що містить декілька останніх цифр повного абонентського

номера абонента, який викликається.

Зв'язок АМТС з МАТС здійснюється по замовно-з'єднувальним лініям (ЗЗЛ) та міжміським з'єднувальним лініям (ЗЛМ).

Районована МТМ містить декілька районних АТС (РАТС) при максимальній ємності 50 - 60 тис. абонентів.

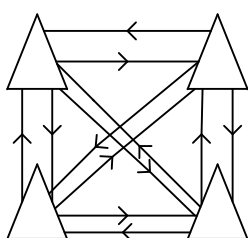
Розрізняють 4 основних способи побудови комутованих телефонних мереж без обхідних напрямків: повнозв'язний ("кожна з кожною"), радіальний, радіально-вузловий, комбінований.

**Повнозв'язний** - застосовується в тих випадках, коли інтенсивність навантажень між станціями має такі значення, при яких забезпечується достатньо високе використання каналів; має високу структурну надійність, що дає можливість при порушенні зв'язку між двома станціями не порушувати роботу всієї мережі. За таким способом будуються міські телефонні мережі середньої ємності.

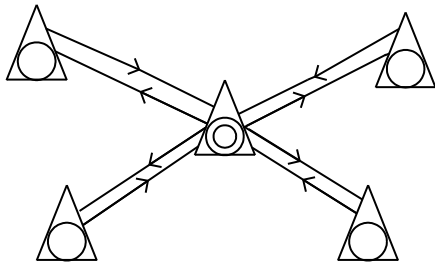
При **радіальній** побудові мережі має місце вузол, і тільки через нього можуть з'єднуватися будь-які дві станції. Недоліки: велика довжина каналів між територіально близько розташованими станціями і низька структурна надійність, тому що при виході з ладу вузла порушується зв'язність мережі. Цей спосіб застосовується при побудові сільських і внутрішньозонових телефонних мереж.

**Радіально-вузловий** спосіб усуває недоліки радіального. При такому способі будуються комутаційні вузли декількох класів і вводиться деяка ієрархія між вузлами, тобто визначається їх взаємопідлеглість при встановленні з'єднання.

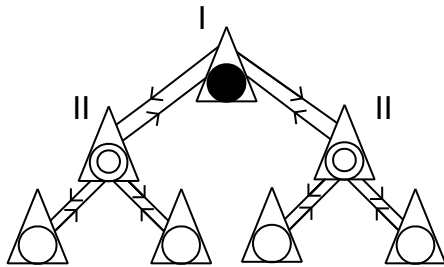
**Комбінований** спосіб використовується при побудові міжміської телефонної мережі, коли вузли першого класу об'єднуються між собою по принципу "кожен з кожним", являючи собою центри радіально-вузлової побудови.



### 1. Повнозв'язний спосіб



### 2. Радіальний спосіб



### 3. Радіально-вузловий спосіб

Рисунок 8 - Способи побудови районованих телефонних мереж

Із зростанням ємності телефонної мережі збільшується число РАТС, а інтенсивність навантаження між ними зменшується. Одним з методів підвищення пропускної спроможності міжстанційних ЗЛ на районованій мережі є утворення вузлових станцій.

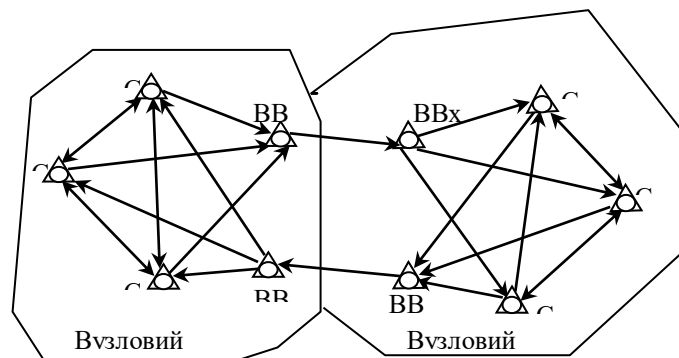


Рисунок 9

Вузлова станція - це сукупність комутаційних пристроїв, до входів та виходів яких підключені ЗЛ до кінцевих станцій, і за допомогою яких навантаження, що надходить з різних напрямків на входи вузла, розподіляється по іншим напрямкам, які ввімкнені у виходи вузла. Вузлова станція не має власних абонентів і, як правило, розміщується в одній будівлі з однією із кінцевих станцій. Вузол вихідного повідомлення ВВихП об'єднує вихідне навантаження від групи

близько розташованих станцій і розподіляє його по напрямках до інших РАТС чи груп РАТС.

Вузол вхідного повідомлення ВВП об'єднує вхідне до групи близько розташованих станцій навантаження і розподіляє його по напрямках до цих станцій. При цьому зв'язок всередині групи РАТС, що розглядається, може здійснюватись по принципу “кожна з кожною” або через свій вузол.

### 3.3 Принципи розподілу інформації на ТМ САР

ТМ САР обслуговують абонентів, що розташовані на території сільського адміністративного району. В склад СТЗ входять всі телефонні станційні та лінійні споруди районного центру, селищ та інших населених пунктів.

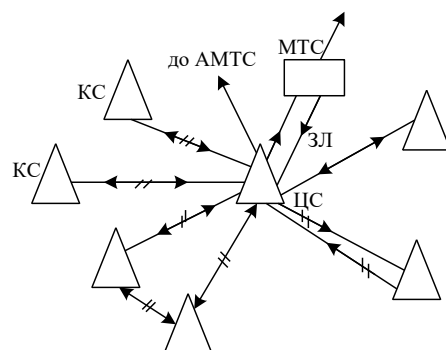
Абонентами СТЗ є бригади, ферми та інші внутрішньогосподарчі об'єкти, відділення зв'язку, лікарні та ін. В сільські АТС включаються також квартирні телефони.

Особливістю СТЗ є те, що мають місце невеликі абонентські групи, віддалені одна від одної на значні відстані.

На СТМ передбачено радіальну (одноступінчасту) та радіально-вузлову (одно- і двоступінчата схема) побудову з можливістю використання поперечних (прямих та обхідних) шляхів.

Одноступінчата схема побудови СТМ, представлена на рис.6, більш бажана, так як вона забезпечує нижче загасання з'єднувальних трактів, спрощує станційне обладнання, покращує якість розмовного тракту, прискорює процес встановлення з'єднань.

Основою СТМ є центральна станція (ЦС).



Центральною станцією сільської телефонної мережі району є телефонна станція райцентру. ЦС має зв'язок з міжміською станцією районного вузла зв'язку (МТС), через яку абоненти СТМ можуть виходити на міжміську мережу країни. Зв'язок між ЦС та МТС здійснюється по лініях односторонньої дії: замовним - для замовлення міжміської розмови та з'єднувальним - для здійснення цієї розмови та вхідних міжміських з'єднань. Абоненти СТМ мають можливість безпосереднього виходу через замовно-з'єднувальні лінії (ЗЗЛ) на автоматичну міжміську телефонну станцію (АМТС), яка, як правило, розміщується в обласному центрі. Через ЦС абоненти СТМ можуть викликати спецслужби райцентру (пожежну охорону, швидку медичну допомогу і т.д.).

В населених пунктах району встановлюються кінцеві станції (КС), що вмикаються в ЦС за допомогою з'єднувальних ліній двосторонньої або односторонньої дії. Така схема побудови мережі називається одноступеневою.

Кількість з'єднувальних ліній між двома сільськими АТС, як правило, невелика (від декількох ліній до 20 - 30), але довжина їх велика.

Для зменшення витрат на лінійні споруди застосовується двоступінчата побудова мережі (рис.10): віддалені від райцентра КС вмикаються у вузлові станції (ВС), що здійснюють безпосередній зв'язок з ЦС. Однак, двоступінчата схема застосовується тільки за умови техніко-економічної доцільності вузлоутворення.

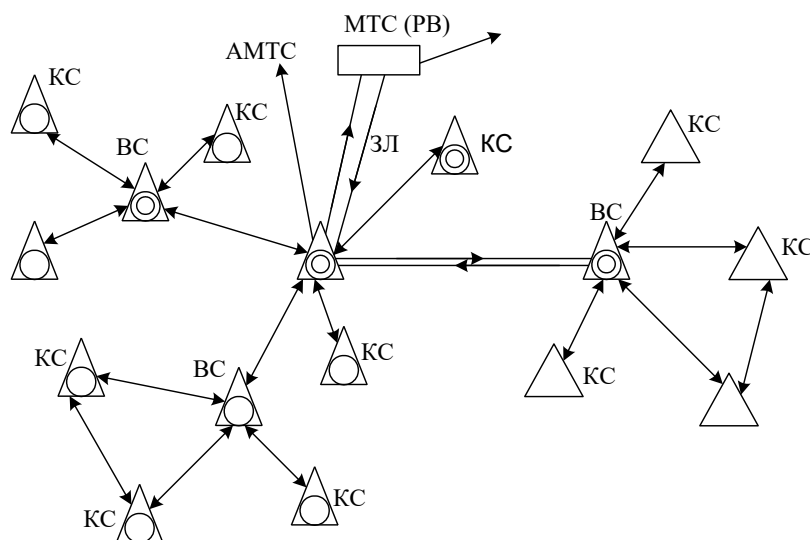


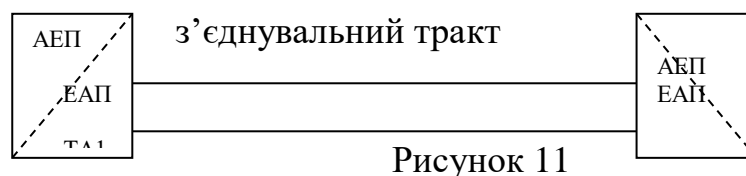
Рисунок 10 -

Двоступенева схема побудови ТМ САР

Звичайно КС має зв'язок тільки з ВС або ЦС. Але в деяких випадках виникає необхідність безпосереднього зв'язку між двома КС або ВС. Такі поперечні зв'язки передбачені в обладнанні сільських АТС.

### 3.4 Тракт передачі голосової інформації, його складові частини. Структура комутаційного вузла

Одним із найбільш розповсюджених видів зв'язку є телефонний зв'язок, який за допомогою електричної енергії дозволяє здійснювати передавання мови на великі відстані. Мова людини являє собою сукупність звукових коливань. При телефонному передаванні (рис.11) звукові коливання, збуджені джерелом звука-абонентом, який розмовляє, через акустичне середовище діє на акустично-електричний перетворювач АЕП (мікрофон) телефонного апарату (ТА1), який перетворює їх у відповідні коливання електричного струму. Енергія цих коливань через телефонний апарат ТА1 та з'єднувальний тракт направляється в тракті прийому на електроакустичний перетворювач ЕАП (телефон, гучномовець) ТА2. В ЕАП електрична енергія перетворюється в звукову та через акустичне середовище сприймається приймачем звуку ПЗ-вухом слухача. Для двостороннього телефонного передавання АЕП та ЕАП повинні встановлюватися в ТА обох абонентів.



До складу телефонного апарату входять:

- **прилади розмовного тракту (ПРТ)** – мікрофон і телефон, об'єднані конструктивно в мікротелефоні, та ряд схемних елементів (трансформатор, опори), що забезпечують можливість якісного ведення розмови;
- **прилади, що призначені для виклику (ВП)** – дзвінок, що служить для прийому сигналу про виклик, який надійшов;

- **комутаційні прилади** – важільний перемикач та номеронабирач, які необхідні для встановлення з'єднання.

Телефонні апарати з'єднуються через комутаційний вузол, до якого вони підключаються за допомогою ліній, які називаються абонентськими лініями (АЛ). Комутаційні вузли, в які включаються абонентські лінії, називаються *комутаційними станціями або автоматичними телефонними станціями* (АТС). Лінії, по яким АТС з'єднуються між собою, називаються з'єднувальними лініями (ЗЛ) (рис.12).

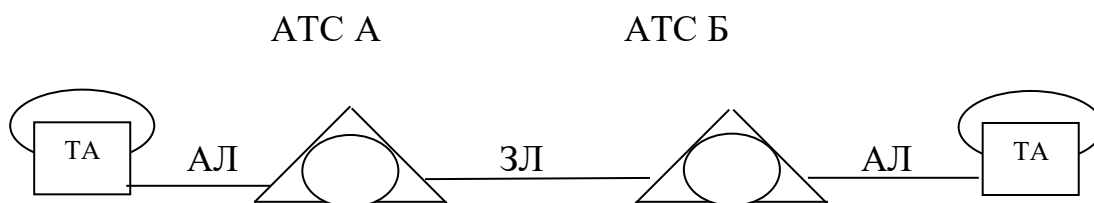


Рисунок 12 - З'єднувальний тракт

Особа, яка є власником ТА, що підключений до АТС, називається **абонентом**. Абонент, який є ініціатором виклику, називається викликаючим абонентом, або абонентом А. Абонент, до якого телефонують, називається викликаючим абонентом, або абонентом Б.

Комутаційні станції – сукупність технічних засобів, які забезпечують зв'язок між каналами і лініями зв'язку.

В залежності від виду передаваної інформації вузли і станції діляться на 2 групи: аналогові і цифрові. В аналогових вузлах і станціях комутуються канали і лінії, по яким передаються аналогові сигнали, в цифрових – канали і лінії, по яким передаються цифрові сигнали.

Аналоговий сигнал – безперервний сигнал довільної форми. До аналогових сигналів відносяться сигнали: мовні, телефонні, амплітудно-імпульсної модуляції (АІМ), широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) і фазово-імпульсної модуляції (ФІМ).

Цифровий сигнал – сигнал, який має перервну форму в часі і набір дозволених дискретних значень. До цифрових відносяться сигнали імпульсно-

кової модуляції ІКМ і дельта-модуляції ДМ.

Комутаційні станції можуть бути місцевими (міські і сільські) і міжнародними. АЛ включаються тільки в місцеві станції. Міжнародні комутаційні станції забезпечують комутацію транзитних з'єднань і тому являються транзитними.

Сукупність лінійних і станційних технічних засобів, призначених для з'єднання передавача і приймача інформації, називається з'єднувальним трактом.

Сукупність пристроїв, які входять в систему електричної передачі мови від передавача до приймача, називається трактом передачі телефонної інформації або просто телефонним трактом.

Основними вимогами до якості передавання мови по телефонному тракту є розбірливість, гучність та натуральність мови, що отримується на прийомному кінці тракту.

**Розбірливість** – відзначає виконання телефонним трактом своєї основної функції – забезпечення слухачу сприйняття смислу передаваного повідомлення.

**Гучність** – визначає необхідний рівень сигналів, що надходять, які б забезпечували б розбірливість мови без напруги слухового апарату з боку приймаючого.

**Натуральність** – оцінює здібність відтворювати не тільки смисл передаваної мови, але і її тембр, тобто дійсно звучання мови, що дозволяє абонентам пізнати один одного.

#### *Структура комутаційного вузла*

Комутаційний вузол (КВ) призначений для прийому, передачі і розподілення інформації, що надходить.



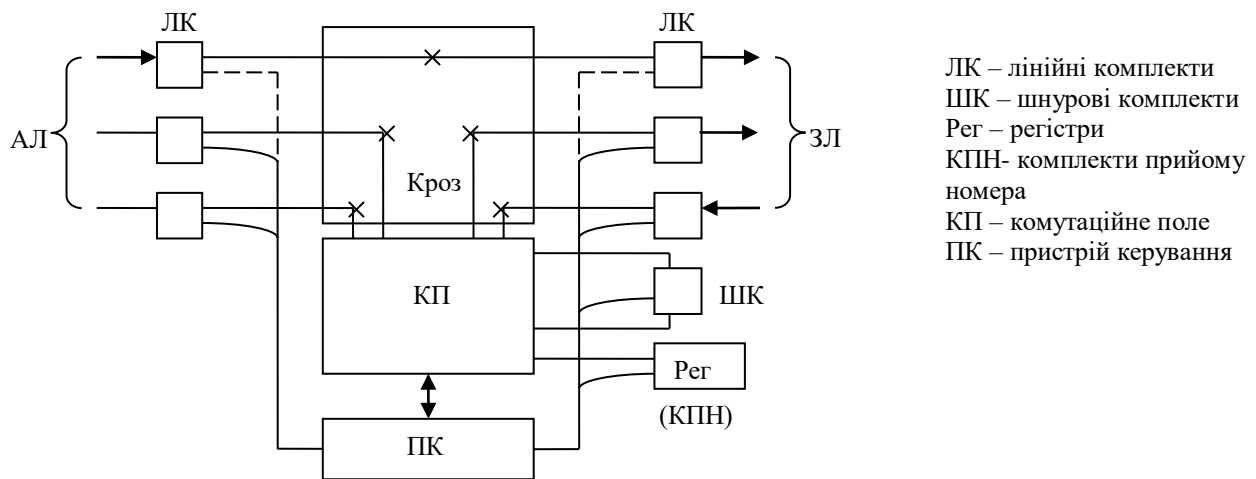


Рисунок 13 - Структура комутаційного вузла

Для виконання своїх функцій КВ повинен мати:

1. КП – комутаційне поле, що забезпечує з'єднання входних та вихідних ліній на час передачі інформації.
2. ПК –пристрій керування, що забезпечує встановлення з'єднання між входними та вихідними лініями через КП, а також прийом та передачу керуючої інформації.
3. ЛК – лінійні комплекти, що призначені для прийому та передачі лінійних сигналів по входним та вихідним лініям, для виділення ущільнених каналів, а також для прийому та передачі сигналів управління;
4. СК – станційні комплекти, що призначені для живлення мікрофону ТА, для прийому та передачі керуючих сигналів в процесі встановлення з'єднання.
5. Крозз – (комутаційно-розподільче обладнання засобів зв'язку) пристрій вводу та виводу ліній.
6. Джерела електроживлення.
7. Пристрої контролю.
8. Пристрої сигналізації і обліку параметрів навантаження.

Види з'єднань, які можуть бути встановлені на КВ:

1. Внутрішньо-станційне, коли з'єднання здійснюється між абонентами даної системи (Аб→Аб).

2. Вихідне, коли з'єднання встановлюється по ініціативі абонента даної системи з абонентом іншої системи через з'єднувальну лінію:  
 $Аб \rightarrow АК \rightarrow КП \rightarrow ЛК \rightarrow ЗЛ$ .
3. Вхідне, коли з'єднання встановлюється з абонентом даної системи по виклику, що надійшов по з'єднувальній лінії від іншої системи:  
 $ЗЛ \rightarrow ЛК \rightarrow КП \rightarrow АК \rightarrow АЛ$ .
4. Транзитне, коли на даній станції комутуються дві з'єднувальні лінії з метою з'єднання абонентів інших систем:  $ЗЛ \rightarrow ЛК \rightarrow КП \rightarrow ЗЛ$ .

## 4. СИГНАЛІЗАЦІЯ ТА СИНХРОНІЗАЦІЯ НА МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ

### 4.1 Загальні основи побудови систем комутації та розподілу інформації

В наш час на мережах зв'язку України використовуються наступні цифрові системи комутації:

- **MT-20/25** – розроблена фірмою *Telephon Tomson* (Франція).
- **EWSD** – поставляється фірмою *Siemens*. На сьогоднішній день цю систему виробляють також фірми *Bosh* – Німеччина, *Iskratel* – Словенія. Найбільш перспективні версії системи EWSD V.15 та V.17 – це системи з широкосмуговою комутацією та компактною апаратною частиною, а система V.17 – з пакетною комутацією. Крім того, система EWSD знаходить застосування в якості:

- комутаційного центру рухомого зв'язку (MSC) у мережах рухомого зв'язку. EWSD забезпечує реалізацію всіх специфічних для мобільного зв'язку функцій, які необхідні для роботи мережі рухомого зв'язку;
- пункту комутації послуг (SSP) в інтелектуальних мережах (IN);
- автономного транзитного пункту сигналізації (STP).

Основу Київської телефонної мережі складають чотири транзитних станції (ТС) системи EWSD, в яких здійснюється концентрація навантаження, що надходить з районних систем комутації.

- *Alcatel-1000 E-10, Alcatel-1000 S12* – на теперішній час обладнання системи Alcatel випускається в Німеччині, Бельгії, Франції.

- *5ESS* – система фірми *AT&T Network Systems International*, поставляється компанією *Alcatel-Lucent*. 5ESS – універсальна цифрова комутаційна система. Може використовуватися в якості міської кінцевої станції, функціонувати як вузлова система комутації, міжміська або міжнародна система комутації; використовуватися в якості комутаційного вузла для надання послуг інтелектуальної мережі; працювати як рухомий центр комутації.

- *C-32*.

- *SI 2000*, конвергентна система *SI 3000*. На сьогоднішній день SI 2000 шляхом заміни процесорної плати та використанням нового релізу (софту) піднімається до рівня IP. Потрібно знати, який кінцевий результат хоче отримати клієнт. Вартість такого рішення залежить від наступних факторів: хто клієнт, кількість абонентів, кількість пристроїв, які протоколи потрібно використовувати.

- *ATCE Φ*.

- *DX-200* – розроблена фірмою *Nokia Telecommunications* (Фінляндія).

- *AXE-10* – багатофункціональна комутаційна система, яка розроблена фірмою *Ericsson* (Швеція). На теперішній час система AXE-10 використовується як на телефонних мережах, так і на мережах з інтеграцією служб, інтелектуальних мережах (ІМ).

У Києві діють цифрові системи комутації виробництва *Siemens, Alcatel, Telephon Tomson*. Компанії *2N* (Чехія, Польща), *Iskratel* – утворилися завдяки компанії *Siemens*.

Всі ЦСК мають практично однакову структуру побудови, що є наслідком однакових задач та вимог, які необхідно вирішувати. Кожна з цих систем у своєму складі має наступні пристрої (рис.1):

- підсистему абонентського доступу (ПАД);
- цифрове комутаційне поле (ЦКП);
- управляючий пристрій (УП);
- підсистему міжстанційного зв'язку (ПМС);

- підсистему технічної експлуатації та обслуговування (ПТЕ та О);
- підсистему сигналізації та синхронізації (ПС та синхр);
- джерело живлення (ДЖ).

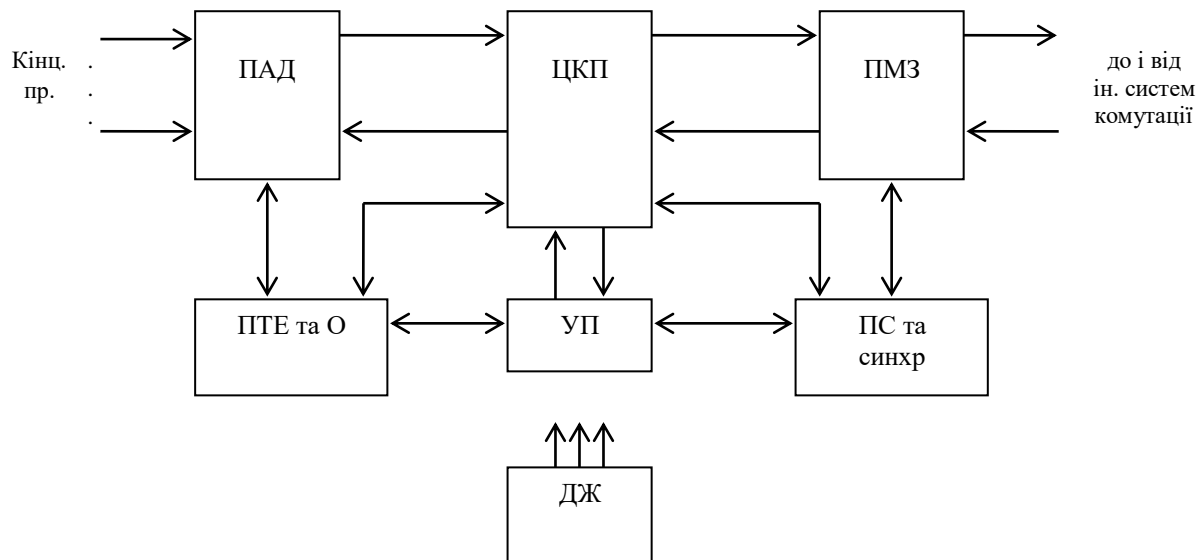


Рисунок 14 – Структура побудови ЦСК

ПАД – для узгодження сигналів, які надходять із кінцевих пристроїв, з комутаційним полем. ПАД передає сигнали до ЦКП, де відбувається комутація. До складу ПАД входять пристрої тестування та блоки, які забезпечують зв’язок при аварійних режимах роботи.

ЦКП призначене для організації з’єднувального тракту між абонентами та внутрішньостанційної організації з’єднувального тракту. ЦКП будується на основі блоків просторової (БПК) та часової комутації (БЧК), та їх сполученні. Організація з’єднувальних шляхів в БПК та БЧК здійснюється за допомогою управляючих пристроїв комутаційного поля у відповідності з інформацією, яка надходить з УП.

УП використовується для управління організацією з’єднувального тракту в комутаційній системі.

ПМЗ – для узгодження сигналів, які надходять від інших систем комутації. Міжстанційна мережа забезпечує підключення ЦСК до зовнішньої мережі зв’язку, загально-канальної сигналізації (ЗКС-7), до мережі передачі даних.

ПТЕ та О використовується для обслуговування системи комутації. ПТЕ та

О містить керуючий пристрій (ЕОМ), пульт аварійної сигналізації, адаптер зв'язку з підсистемами АТСЕ, адаптер ліній зв'язку з центром технічної експлуатації (ЦТЕ).

ПС та синхр забезпечує нормальну роботу системи комутації. Приймає сигнали сигналізації і забезпечує тактову та циклову синхронізацію. Сама система сигналізації працює по загально-канальній сигналізації (ЗКС). **Тактова синхронізація** необхідна для забезпечення рівності швидкостей обробки інформації на передачі та прийомі. Вона здійснюється шляхом виділення коливальних тактової частоти  $f_T=2048 \text{ кГц}$  із спектру групового сигналу. **Циклова синхронізація** необхідна для правильного розподілу декодованих АІМ сигналів по відповідним каналам прийомної частини системи.

Системи комутації, які працюють на основі TDM, з'єднуються між собою за допомогою потоків **Е1**. Їх може бути декілька.

**Е1** — стандарт цифрового передавання даних для Європи.

**Т1** — стандарт для Північної Америки. Американці пішли по своєму шляху, вони розробили свої стандарти і частково свої протоколи.

По стандарту Т1 для передавання інформації організовується 24 канальні інтервали по 64 кбіт/с кожний. Швидкість передавання інформації по з'єднувальному тракту складає 1,5 Мбіт/с.

Стандарт Е1, на відміну від Т1, має 32 канали — 30 каналів для голосу або даних і 2 канали для сигналізації. Один із каналів сигналізації служить для синхронізації кінцевого обладнання, інший — для передавання даних про встановлені з'єднання. Кожний кадр Е1 містить 256 біт, які розділені на 32 часових інтервали (тайм-слоти) по 8 біт у кожному. Швидкість передавання інформації по з'єднувальному тракту складає 2,048 Мбіт/с.

1,5 Мбіт/с 24 Т1

2,048 Мбіт/с 32 Е1

В TDM клієнти можуть підключатися як аналоговими лініями так і цифровими. Існують наступні цифрові інтерфейси доступу:

- **PRI (Primary Rate Interface)** – для більш великих клієнтів;
- **BRI (Basic Rate Interface)** – направлений на домашнє використання і малий бізнес.

$$\text{PRI}=30B+D+H$$

$$\text{BRI}=2B+D$$

Передбачені інтерфейси повинні забезпечувати підключення УВАТС будь-якої ємності і будь-якого типу при наявності визначених *систем сигналізації*. УАТС малої і середньої ємності підключаються з доступом  $2B+D$ . Кінцеві пристрої з підвищеною здатністю навантаження, наприклад, УАТС великої ємності, локальні мережі банків даних, концентратори та мультимплексори підключаються з первинним доступом  $30B+D$ .

Обидва інтерфейси включають в себе В-канали та D-канали. Канал Н не пишуть, тому що це службова інформація. Він переносить у собі виключно службову інформацію від точки А до точки Б. По В-каналам передається наш голос (звук), дані і т.д., D-канал служить для сигналізації.

Більш високих швидкостей можна досягти шляхом об'єднання пар PRI-каналів.

#### **4.2 Склад і види сигналів сигналізації. Системи сигналізації, що використовуються в системах комутації та розподілу інформації**

**Сигналізація** – обмін інформацією для встановлення і завершення з'єднання, а також для управління мережею та обслуговуванням викликів. Роль сигналізації порівнюють з функціями, які виконує нервова система людини.

З точки зору мережної ієрархії прийнято виділяти два види сигналізації: *абонентську* (так як до системи комутації підключаються різні види кінцевих пристроїв, такі як аналогові і цифрові телефонні апарати, ISDN абоненти, комутатори, ПК) та *міжстанційну* (так як комутаційна система працює в мережі зв'язку з іншими комутаційними системами). Часто вводиться ще один клас – *внутрішньостанційна сигналізація*.

Абонентська сигналізація передбачає передавання по абонентській лінії у бік комутаційної системи управляючої інформації, наприклад, сигналів набору номера, а у бік абонента – викличних і акустичних сигналів (рис.2).

Міжстанційна сигналізація забезпечує взаємодію комутаційних систем з мережею при встановленні і роз’єднанні з’єднання (рис.15).

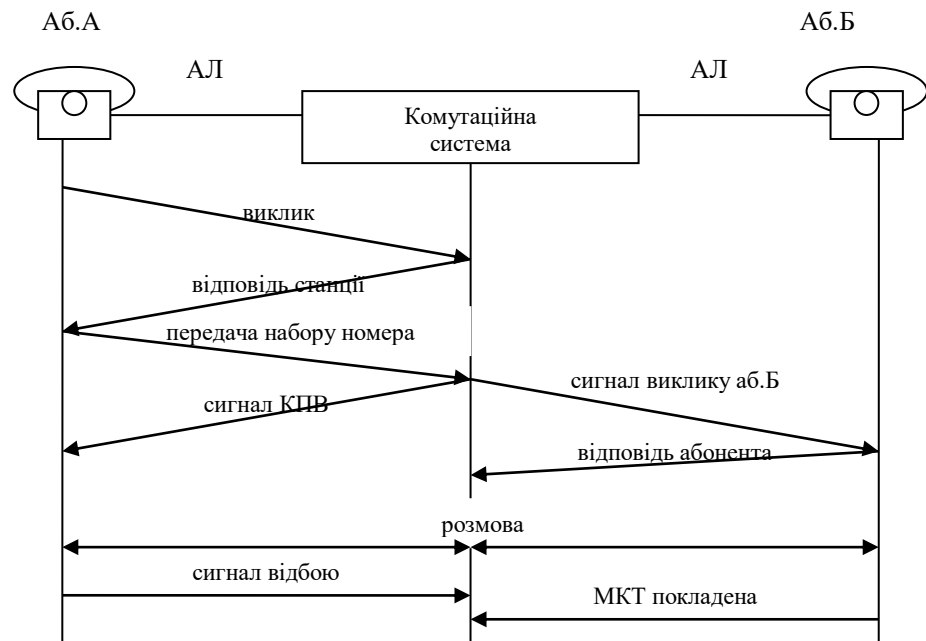


Рисунок 15 – Абонентська сигналізація (основні сигнали, що передаються між абонентами А і Б, підключених до КС)

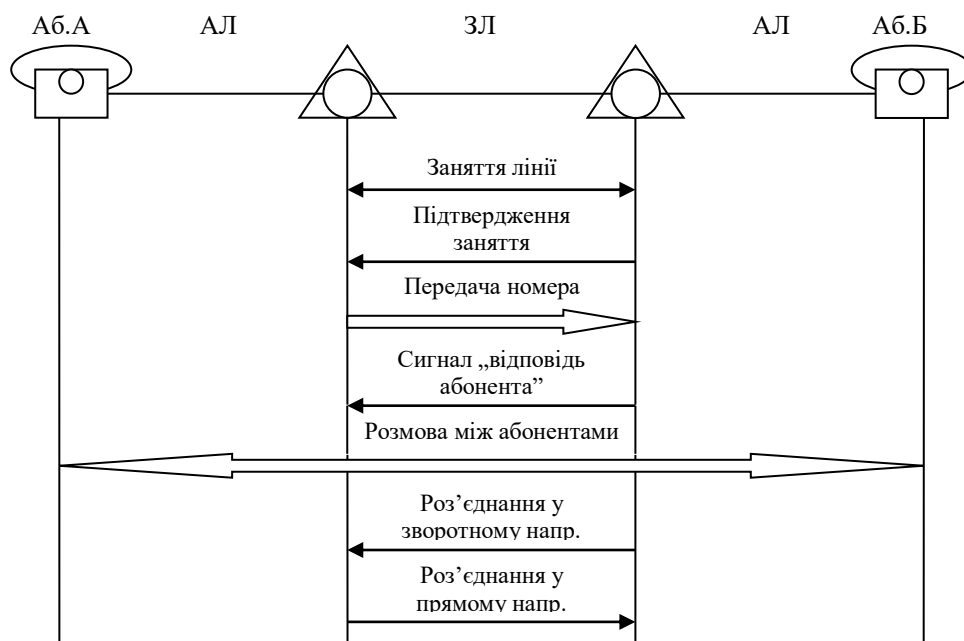


Рисунок 16 – Міжстанційна сигналізація

Ще один спосіб класифікації систем сигналізації оснований на функціях повідомлень, які передаються. З цієї точки зору за призначенням виділяють три види сигналів: *лінійні, управляючі та інформаційні (акустичні)*.

Лінійні сигнали призначені для фіксації в лінійних комплектах етапів встановлення з'єднання і передаються по каналах та ЗЛ від їх заняття до звільнення. Лінійні сигнали визначають стани каналів та пристроїв комутації в процесі встановлення та завершення з'єднання (наприклад, вихідне з'єднання, «Заняття», «Відповідь абонента», роз'єднання).

Управляючі сигнали призначені для передавання інформації між управляючими комплектами в процесі встановлення з'єднання. Управляючі сигнали містять інформацію про номер або адресу, яка необхідна для організації зв'язку (наприклад, номерна інформація абонента, категорія виклику, види з'єднання).

Інформаційні сигнали призначені для інформування абонента про початок встановлення з'єднання, вільності або зайнятості лінії. Ці сигнали сприймаються на слух, тому їх називають акустичними. Акустичні сигнали інформують абонента про основні фази обслуговування виклику (наприклад, «Відповідь станції», «Контроль посилки виклику»).

Для формування лінійних сигналів сигналізації в системах комутації використовуються частота і тривалість імпульсів. Управляючі сигнали сигналізації формуються у кінцевих пристроях за допомогою номеронабирачів. Інформаційні сигнали сигналізації формуються генератором тональних сигналів, який встановлений в генераторному обладнанні комутаційної системи.

Системи сигналізації, які використовуються в ЦСК, можна розділити на три групи:

- *децентралізовані способи сигналізації, які працюють по розмовних каналах (рис.4);*
- *децентралізовані способи сигналізації, які працюють по 16-му каналу (рис.5);*
- *централізовані способи сигналізації, які працюють по загальному каналу сигналізації (рис.8).*



На рис.17 представлений принцип сигналізації по розмовному каналу для встановлення з'єднання між терміналами двох систем А і Б. Розмовний і сигнальний канали утворені в одному і тому ж фізичному ланцюгу.

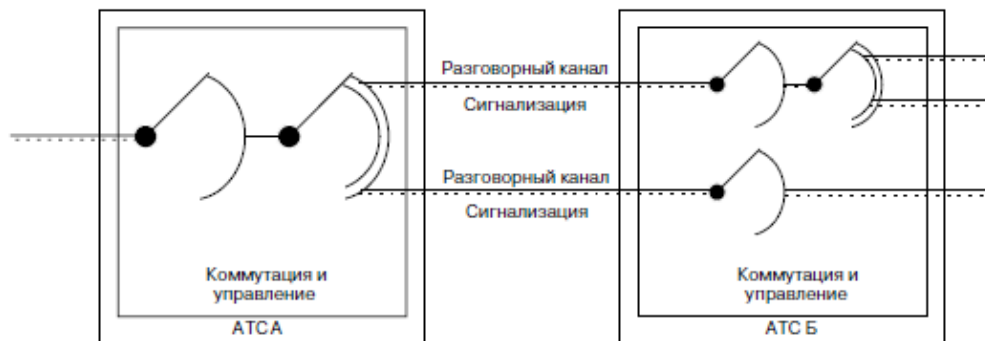


Рисунок 17 – Сигналізація по розмовному каналу

ВСК зв'язує між собою пристрої управління комутаційних систем А і Б (рис.18). Ця властивість наглядніше відображається у назві ВСК в англійській технічній літературі – Channel Associated Signaling (CAS).



Рисунок 18 – Обмін інформацією по виділеному сигнальному каналу

По 16-му каналу здійснюється обробка і аналіз сигналів сигналізації. У ЦСП ІКМ-30/32 за один цикл тривалістю  $T_{Ц}=125\text{мкс}$  організовується 32 каналних інтервали (рис.19). Канальний інтервал KI-0 використовується для передачі структур синхросигналу для циклової синхронізації, а KI-16 призначений для

передачі сигналів сигналізації. КІ-1÷КІ-15 і КІ-17÷КІ-31 використовуються для передачі розмовної інформації. У кожному КІ передається 8-бітова інформація. Для передачі сигнальної інформації 16-й КІ поділяється на дві половини по чотири біти і організовуються два сигнальні канали СК-1 і СК-2. Отже, в одному циклі у восьми розрядах передається сигнальна інформація двох каналів.

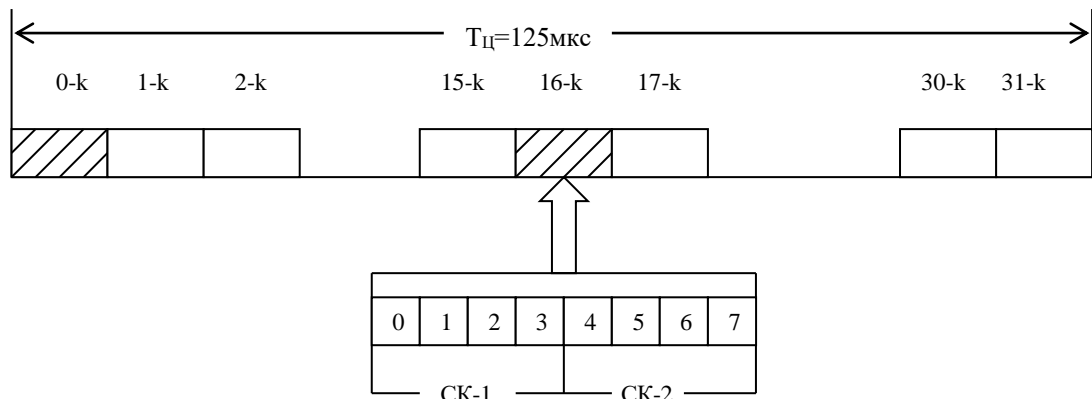


Рисунок 19 – Структура циклу ЦСП ІКМ-30/32

Для організації передачі сигнальної інформації про 30 інформаційних каналів необхідно організувати надцикл, який складається з 16 циклів (рис.20). Тоді, період одного надциклу  $T_{\text{нц}} = 16 \cdot T_{\text{ц}} = 2 \text{мс}$ . У нульовому циклі 16-м каналом передається синхросигнал для надциклової синхронізації, а в циклах 1÷15 16-м каналом передаються сигнали сигналізації.

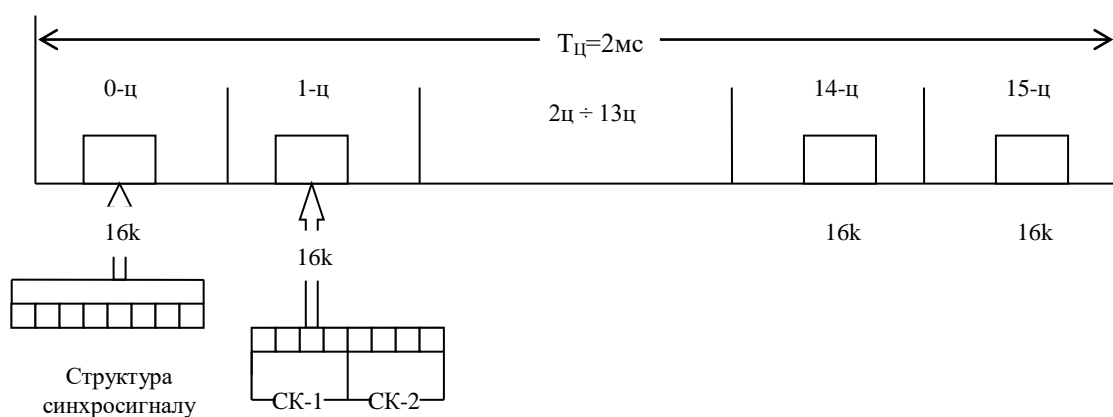


Рисунок 20 – Структура сигналу надциклу ЦСП ІКМ-30/32

В області сигналізації МСЕ прийняті рекомендації по використанню єдиної централізованої системи, що забезпечує швидкий, високопродуктивний і надійний обмін сигналами сигналізації. З цією метою між комутаційними системами

мережі організовується спеціальний загальний канал сигналізації (ЗКС), по якому передаються всі сигнали сигналізації, необхідні для встановлення з'єднань по одній або декількох групах каналів (рис.21). Кожному сигналу сигналізації додається адреса, що вказує до якого розмовного каналу відноситься даний сигнал, код сигналу, адреса та інша додаткова інформація для виявлення випадкових помилок в прийнятій інформації.

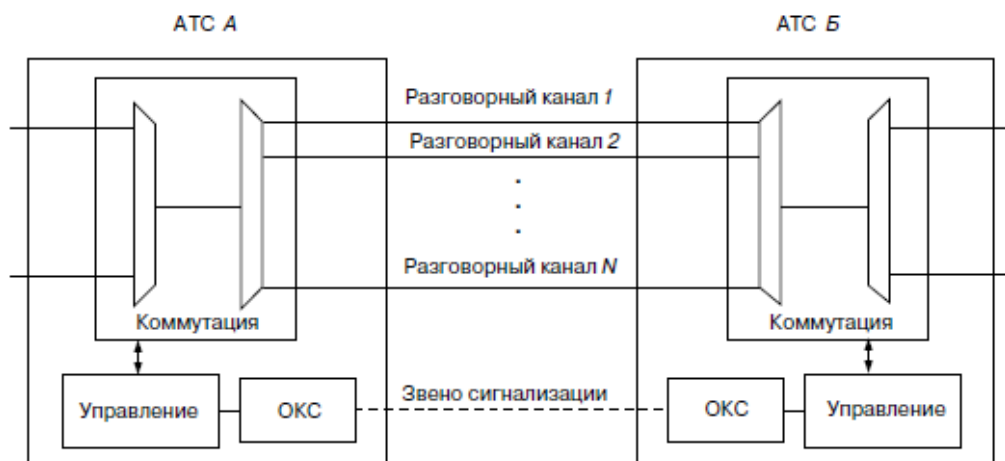


Рисунок 21 – Сигналізація по загальному каналу

Застосування ЗКС дозволяє повністю видалити всі елементи системи сигналізації із розмовного каналу. Передача сигналів по ЗКС полягає в наступному (рис.9).

Для кожного повідомлення ЕУК комутаційної системи формує який сигнал сигналізації повинен бути переданий. Для цього ЕУК вказує номер напрямку (адресу), номер ЗЛ, кодує цю інформацію і передає її в блок запам'ятовуючого пристрою (БЗП), де фіксується ця сигнальна інформація. Потім з БЗП інформація надходить в пристрій захисту від помилок (ПЗП), який залежно від поступаючої інформації і прийнятого способу захисту додає захисну інформацію і формує повідомлення, яке надходить на модем (М). Залежно від типу лінії зв'язку (ЛЗ) ЗКС організовує спосіб передачі інформації.

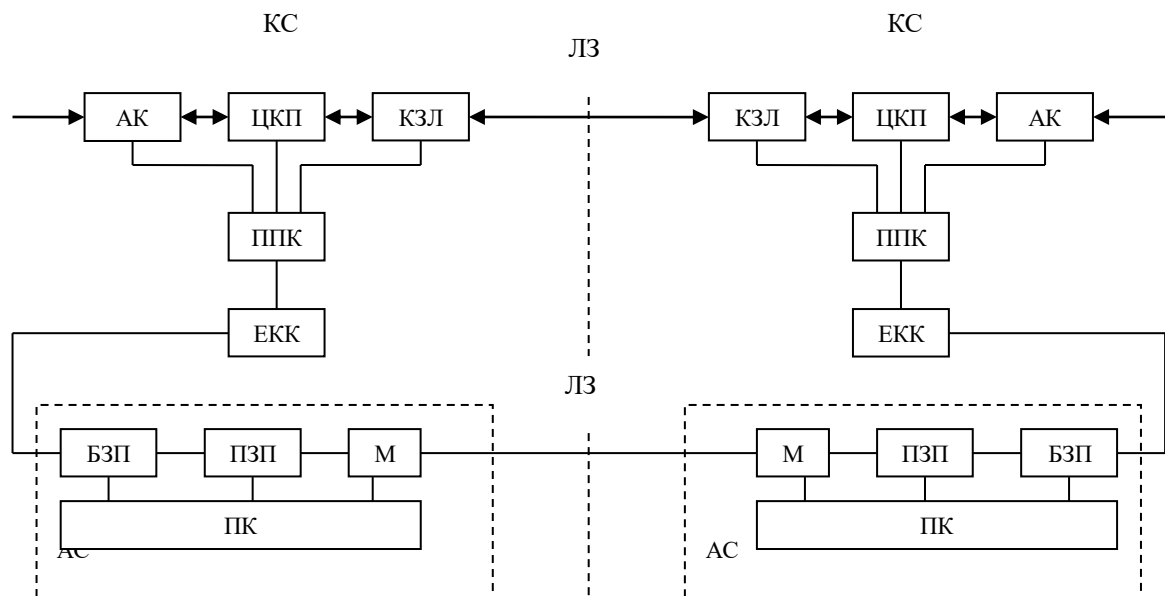


Рисунок 22 – Функціональна схема ЗКС

У ЦСК найбільше розповсюдження одержали централізовані системи сигналізації №6 і №7. Спочатку була розроблена специфікація, яка отримала назву ЗКС-6.

У ЗКС для кожного сигналу сигналізації формується одна або декілька сигнальних одиниць (СО). Якщо сигнал сигналізації можна розмістити в одній сигнальній одиниці, то вона називається одиночною сигнальною одиницею (ОСО). Якщо сигнал сигналізації не вдається розмістити в одній СО, то організовується декілька сигнальних одиниць, при цьому перша сигнальна одиниця називається початковою сигнальною одиницею (ПСО), інші – наступними сигнальними одиницями (НСО). У тому випадку, коли сигнальна інформація не передається, в канал посиляються синхронізуючі („порожні”) сигнальні одиниці (СО).

**Система сигналізації ЗКС-6** рекомендована для застосування між комутаційними системами з програмним управлінням на міжміських ділянках телефонної мережі. У системі використовується три види СО:

- основна сигнальна одиниця (ОСО);
- синхронізуюча сигнальна одиниця (ССО);
- сигнальна одиниця підтвердження (СОП).

Основна сигнальна одиниця може бути багатоодиничною і містити ПСО і

декілька НСО або одноодиничною (ООСО).

Кожна СО складається з 28 біт, з них 8 біт використовуються для захисту, заголовок містить 5 біт і визначає характер сигналу, для коду сигналу сигналізації відводиться 4 біта, для адреси – 7 біт і 4 біти – номер каналу в групі.



Рисунок 23 – Структура СО

Якщо передана інформація розміщується в декількох СО, то в цьому випадку організовується ПСО і НСО.

Використання системи сигналізації ЗКС №6 значно підвищує ефективність роботи і завадостійкість сигналів сигналізації. Проте, дана система сигналізації має обмежену структуру сигнальних розрядів, що складається з 28 розрядів.

Цифрові системи комутації працюють, використовуючи сигналізацію **ЗКС-7 (ОКС-7 (общий канал сигнализации №7))**. В Європі говорять **SS7** (англ. *Signaling System №7*), а у Північній Америці її називають **CCS7** (англ. *Common Channel Signaling 7*).

**Система сигналізації ЗКС-7** — набір сигнальних телефонних протоколів, які використовуються для налаштування більшості систем комутації у всьому світі.

**ЗКС-7** використовують в основному оператори зв'язку.

Якщо ж ми розглядаємо рівень прив'язки клієнтів до операторів зв'язку, то для цього в основному використовуються такі сигналізації, як **DSS1**.

Для корпоративних мереж була розроблена сигналізація **QSIG** (варіант DSS1). Різниця між ними полягає в тому, що QSIG надає більше можливостей в плані сервісу. Основні сервіси, які надає система комутації для операторів телефонії – це ДВО (додаткові види обслуговування).

Отже, QSIG надає ДВО і, на відміну від DSS, QSIG більш адаптована, тобто можна реалізувати більш гнучко представлення номеру.

**Додаткові види обслуговування (ДВО)** — відомий в телекомунікаційній індустрії термін для позначення сервісів, які надаються не ядром мережі, а додатковими платформами.

У зарубіжній літературі ДВО називається **VAS** (*Value Added Services* - послуги, які приносять додатковий прибуток).

Іншими словами, **додаткові види обслуговування (ДВО)** – це набір послуг, а також додаткові зручності та сервіс, які надаються абоненту системи комутації.

Абонент може за своїм бажанням активізувати (включати) та деактивізувати (виключати) будь-які із назначених послуг самостійно. Крім того, абонент може перевірити активізацію послуги. З абонентського телефонного апарату замовлення, перевірка та відміна послуг може здійснюватися будь-яке число разів.

У традиційній та цифровій телефонії (ISDN, VoIP) під ДВО розуміють такі послуги, як:

- утримання виклику («друга лінія»);
- переадресація виклику;
- можливість телеконференції;
- замовлення зворотнього виклику (CallBack);
- прямий виклик без набору номера;
- перенаправлення вхідного виклику на вказаний телефон;
- тимчасова заборона вхідного зв'язку (телефонна пауза);
- скорочений набір під управлінням абонента;
- повідомлення про надходження нового виклику без роз'єднання існуючого виклику;
- надання додаткового номеру;
- виклик групи абонентів;
- повідомлення про пропущений виклик;
- запис розмови;
- автоматична побудка;
- запит точного часу.

Доступ до різних ДВО визначається в автоматичному режимі на рівні взаємодії з білінговою системою.

В IP-телефонії використання тих або інших ДВО залежить від можливостей програмного комутатора – *Softswitch*.

**DSS-1** (*Digital Subscriber Signaling*) — протокол телефонної сигналізації в цифровій мережі, який визначає узгодження і взаємодію кінцевого абонентського обладнання з іншими пристроями, такими як УВАТС.

З точки зору моделі OSI, DSS-1 відповідає першим трьом рівням:

- **рівень 1 (фізичний):** формування каналів типу В і D, визначення електричних, функціональних, механічних і процедурних характеристик доступу і представлення фізичного з'єднання для передачі повідомлень інших рівнів. Представляє два види доступу: *базовий доступ* з двома В-каналами і 1 D-каналом (144 кбіт/с) і *первинний доступ* - включає 30 В-каналів і 1 D-канал (1920 кбіт/с для корисного навантаження і канал 64 кбіт/с для синхронізації);

- **рівень 2 (канальний):** забезпечує використання D-каналу для двостороннього обміну даними при взаємодії процесів в термінальному обладнанні з процесами в мережевому закінченні NT; мультиплексування і синхронізація циклів для кожної логічної ланки зв'язку (таймслоту). Формат сигналів – кадр;

- **рівень 3 (мережний):** управління базовим з'єднанням і додатковими послугами, а також деякі додаткові транспортні можливості для рівня 2 (наприклад, перенаправлення сигнальних повідомлень на альтернативний D-канал, в разі відмови основного).

**QSIG** (Q-Point Signalling System) - це симетричний протокол сигналізації для приватних телефонних мереж, прийнятий Європейським інститутом стандартів в галузі зв'язку (ETSI) і забезпечує узгоджену роботу будь-яких цифрових систем комутації. Іншими словами, сигналізація QSIG використовується для зв'язку з цифровими відомчими системами комутації та корпоративними мережами.

QSIG містить в собі два рівні: BC (basic call) «управління викликами» і GF (generic function) «основні функції». Рівень QSIG BC описує, як здійснювати виклики між приватними системами комутації. Рівень QSIG GF описує додаткові

сервіси для великомасштабних корпоративних, освітніх та урядових мереж, такі як: ідентифікація, впровадження викликів «call intrusion» і перенаправлення викликів «call forwarding». Таким чином, для великих або територіально розподілених компаній, яким потрібно безліч приватних АТС для організації телефонної мережі, користувачі можуть отримувати однаковий сервіс в межах всієї мережі, не піклуючись про те, до якого комутатора підключені їх телефони. Це істотно зменшує проблеми, пов'язані з управлінням великою мережею.

ЗКС-7 надає універсальну структуру для організації сигналізації, повідомлень, мережної взаємодії та технічного обслуговування телефонної мережі. Починаючи із встановлення з'єднання, протокол працює для обміну інформацією користувачів, маршрутизації дзвінків, взаємодії з білінгом та підтримки інтелектуальних послуг.

ЗКС-7 також важлива при стикуванні VoIP-мереж та телефонної мережі загального користування. На теперішній час сигналізація ЗКС-7 знайшла реалізацію у відомій платформі IP-телефонії *Asterisk* версії 13 та вище.

У порівнянні із ЗКС-6 має наступні переваги:

- *швидкість* – час встановлення з'єднання в більшості випадків не перевищує 1с;
- *висока продуктивність* – кожна ланка сигналізації здатна одночасно обслужити декілька тисяч телефонних викликів;
- *економічність* – скорочується обсяг необхідного обладнання в комутаційній системі;
- *надійність* – використання альтернативної маршрутизації в мережі сигналізації дозволяє значно підвищити надійність базової мережі;
- *гнучкість* – система передає будь-які дані – не тільки дані телефонії, але й дані цифрових мереж з інтеграцією служб, мереж рухомого зв'язку, інтелектуальних мереж.

ЗКС-7 є обов'язковим елементом наступних цифрових мереж зв'язку:

- телефонної мережі загального користування (ТМЗК);
- цифрової мережі з інтеграцією служб (ЦМІС);
- інтелектуальної мережі (ІМ);



- мережі зв'язку з рухомими системами (МЗРС).

Взаємодія даних мереж також здійснюється за допомогою ЗКС-7 з використанням спеціалізованих протоколів TUP, ISUP, MAP, INAP (рис.24).

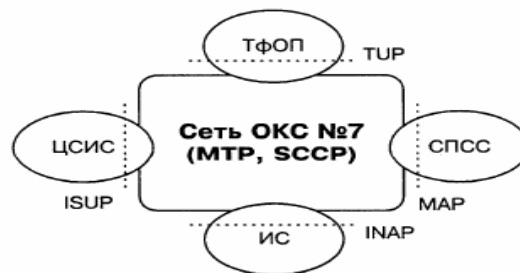


Рисунок 24- Взаємодія цифрових мереж по протоколам ЗКС №7

В системах комутації функції управління – не залежно від їх архітектури – покладаються на апаратно-програмні засоби, які можна розглядати як спеціалізовану ЕОМ або високопродуктивний комп'ютер.

Для ефективної взаємодії комутаційних систем необхідна пряма взаємодія тих комп'ютерів, які виконують функції систем управління. Таку взаємодію забезпечує пучок сигнальних ланок. Під *сигнальною ланкою* розуміють пару протилежно направлених ЗКС, які безпосередньо пов'язують дві комутаційні системи і забезпечують двосторонній обмін сигнальною інформацією між ними.

Загальні принципи загальноканальної сигналізації представлені на рис.8. Обладнання одного ЗКС використовується для пучка ЗЛ, який складається з  $N$ -розмовних каналів. Ця обставина дозволяє розглядати канал сигналізації як загальний.

Система ЗКС-7 розроблена з урахуванням її узгодження з еталонною **моделлю OSI**. Система ЗКС-7 також побудована по багаторівневому принципу, але рівні моделі ЗКС-7 не повністю ідентичні рівням еталонної моделі OSI. Нижні рівні ЗКС-7: ланка передавання даних сигналізації і канал передавання сигналізації – повністю узгоджуються з фізичним та канальним рівнями моделі OSI. Третій рівень ЗКС-7 – мережа сигналізації – не забезпечує всі функції мережного рівня моделі OSI: не виконуються повністю функції маршрутизації.

Всі три рівня ЗКС-7 разом називаються **підсистемою передавання повідомлень (Message Transfer Part – MTP)**. MTP описує транспортні протоколи,

включаючи мережні інтерфейси, обмін даними, обробку повідомлень та маршрутизацію їх на верхній рівень.

Порівняння архітектури OSI та системи ЗКС-7 приведене на рис.25.

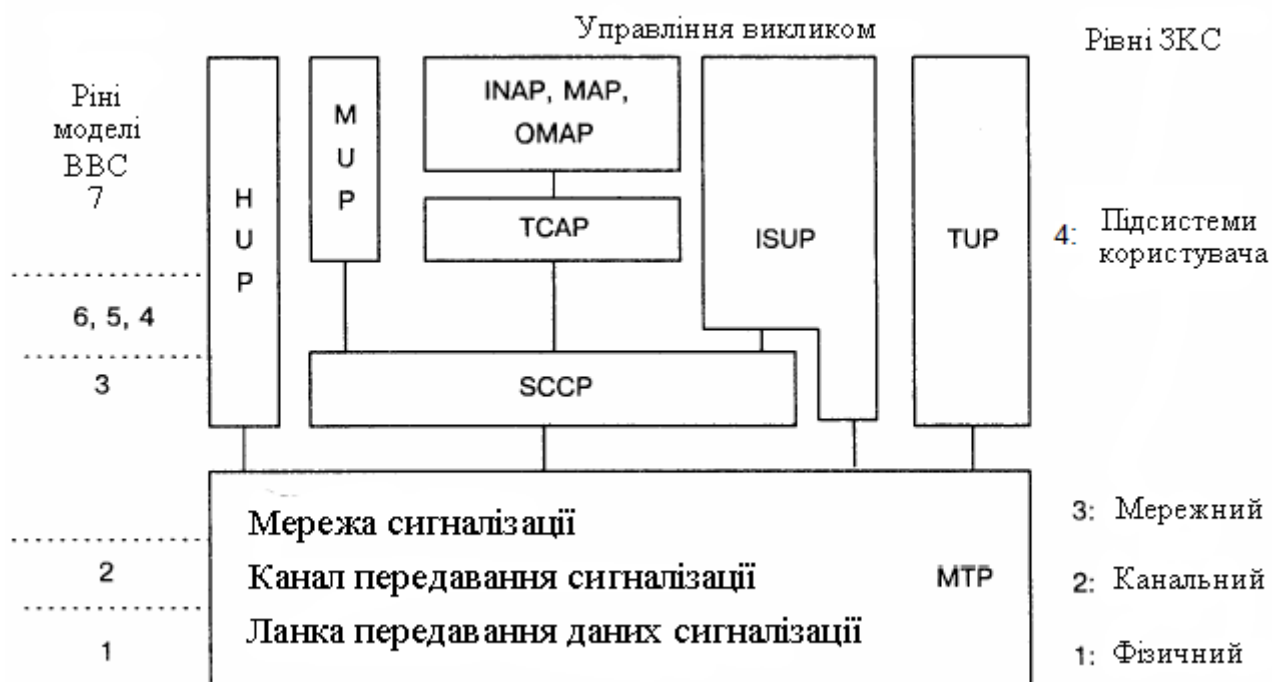


Рисунок 25 – Відповідність ЗКС-7 та моделі OSI

Для виконання всіх функцій мережного рівня у модель ЗКС-7 добавлена *підсистема управління з'єднанням сигналізації (Signalling Connection Control Part - SCCP)*, яка забезпечує звернення підсистеми передавання повідомлень до мережної послуги (як орієнтованої на з'єднання, так і без з'єднання). Підсистема передавання повідомлень МТР разом з підсистемою управління сигнальними з'єднаннями SCCP утворюють *підсистему мережних послуг (Network Service Part - NSP)*.

В цілому модель ЗКС-7 складається з двох основних частин (рис.26):

- підсистем користувачів і прикладень;
- підсистеми передавання повідомлень МТР.

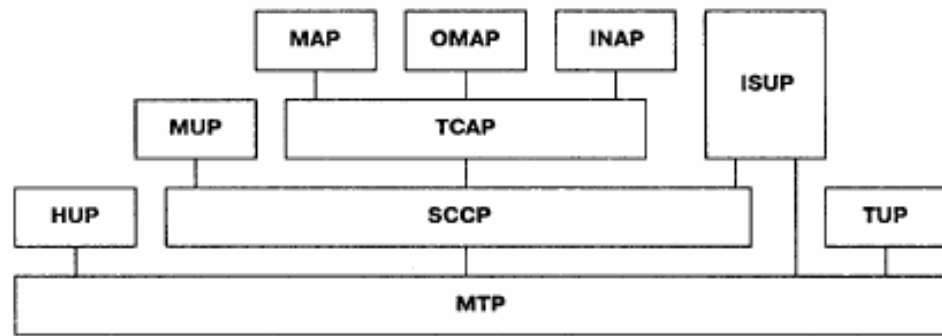


Рисунок 26 – Архітектура ЗКС-7

Підсистема передавання повідомлень МТР являється єдиною транспортною платформою, над якою розміщені підсистеми користувачів і прикладень (TUP, ISUP, MAP, MUP, HUP, INAP, OMAP, SCCP, TCAP), які призначені для забезпечення відповідних послуг зв'язку. Підсистеми користувачів отримують у своє розпорядження послуги підсистеми передавання повідомлень МТР з доставки інформації в мережі без встановлення з'єднання з упорядкованою послідовністю передавання.

МТР – підсистема передавання повідомлень;

SCCP – підсистема управління встановленням сигналізації;

TCAP – обробка транзакцій;

MAP – підсистема користувача рухомого зв'язку;

ISUP – підсистема користувача ЦМІС;

TUP – підсистема користувача телефонії;

MUP – підсистема користувача рухомого зв'язку (NMT);

HUP – підсистема передавання сигналів управління в процесі розмови (NMT);

INAP – підсистема користувача інтелектуальної мережі (IN);

OMAP – підсистема техобслуговування і експлуатації.

TUP — це система сигналізації «точка-точка» для обслуговування викликів.

ISUP — це ключовий протокол, який надає канално-орієнтований протокол для встановлення, підключення та завершення з'єднання під час виконання дзвінка. Виконує всі функції TUP та багато додаткових функцій.

TCAP використовується для створення запитів до бази даних і використовується при розширеній функціональності мережі або як сполучний протокол з

інтелектуальними мережами (INAP), мобільними службами (MAP) і т. д.

Функціональна архітектура ЗКС-7 включає чотири рівня, три з яких входять до складу підсистеми передавання повідомлень МТР. Підсистеми користувачів утворюють паралельні елементи на четвертому функціональному рівні (рис.27).

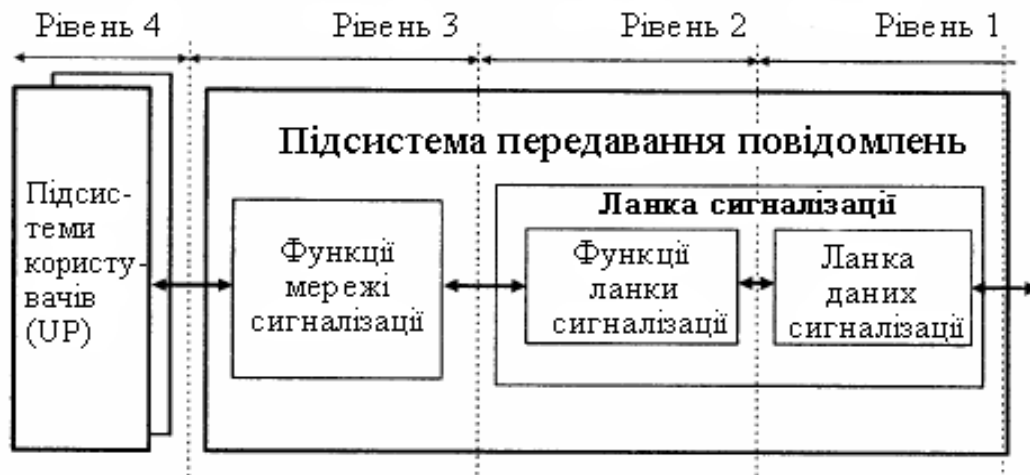


Рисунок 27 – Функціональні рівні ЗКС

**Рівень 1 (функції ланки даних сигналізації)** визначає фізичні, електричні та функціональні характеристики ланки даних сигналізації та засоби доступу до неї. Елементом рівня 1 являється канал зв'язку для ланки сигналізації.

**Рівень 2 (функції ланки сигналізації)** визначає функції і процедури, які відносяться до передавання сигнальних повідомлень по окремій ланці сигналізації. Функції рівнів 1 і 2 утворюють ланку сигналізації, яка забезпечує надійне передавання сигнальних повідомлень між двома пунктами мережі сигналізації.

Функціями ланки сигналізації являються розділення сигнальних повідомлень на сигнальні одиниці, виявлення помилок в сигнальних одиницях, виправлення помилок, виявлення відмови ланки сигналізації, відновлення ланки сигналізації.

**Рівень 3 (функції мережі сигналізації)** визначає функції і процедури передавання, які є загальними для різних видів ланок сигналізації і незалежними від роботи кожної з них. Ці функції поділяються на дві великі категорії:

- *функції обробки сигнальних повідомлень*, які при правильному передаванні повідомлення направляють його у ланку сигналізації або у відповідну підсистему користувача;

- *функції управління мережею сигналізації*, які на основі раніше визначених даних та інформації про стан мережі сигналізації управляють маршрутизацією повідомлень та конфігурацією засобів мережі сигналізації.

**Рівень 4 (функції підсистеми користувача)** складається з різних підсистем користувачів, кожна з яких визначає функції і процедури сигналізації, які характерні для визначеного типу користувача системи. Набір функцій підсистеми користувача може значно відрізнятися для різних категорій користувачів системи сигналізації. У загальному вигляді можна виділити дві групи користувачів:

- користувачі, для яких більшість функцій зв'язку визначена у системі сигналізації. Наприклад, функції управління викликами з відповідною підсистемою користувача;
- користувачі, для яких більшість функцій зв'язку визначена поза системою сигналізації. Наприклад, використання системи сигналізації для передавання інформації, яка стосується управління і техобслуговування.

Будь-яка інформація передається через ланку сигналізації за допомогою сигнальних одиниць (СО). СО складається з поля сигнальної інформації змінної довжини, в якому передається інформація, вироблена підсистемою користувача, декількох полів фіксованої довжини (допоміжна), в яких передається інформація, що служить для управління передачею, і перевірна інформація. Повідомлення починається спеціальним байтом (прапором), який є восьмибітовою комбінацією  $S=01111110$ .

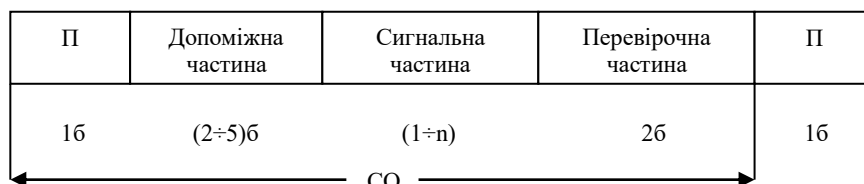


Рисунок 28 – Структура СО системи сигналізації ЗКС №7

СО змінної довжини дозволяють створити гнучку систему, легко пристосовану до вимог різних мереж зв'язку. Єдина процедура передачі і прийому СО різної довжини дозволяє легко розв'язати питання сумісності і уніфікації апаратури сигналізації. Тому, система сигналізації ЗКС №7 є

найперспективнішою системою централізованої сигналізації по ЗКС.

### Маршрутизація у мережі ЗКС №7

1. Маршрут повідомлень у мережі сигналізації повинен проходити через мінімальну кількість транзитних пунктів сигналізації.
2. У кожному пункті сигналізації маршрутування не повинне порушуватися маршрутами повідомлень, які використовуються аж до відповідного транзитного пункту сигналізації.
3. Коли доступні декілька маршрутів, потрібно розподілити навантаження між цими маршрутами.
4. Повідомлення, які відносяться до визначеної транзакції користувача і які надіслані у даному напрямку, передаються по тому ж маршруту повідомлення, щоб забезпечити правильний порядок прямування повідомлень.

### **4.3 Синхронізація цифрової місцевої мережі зв'язку**

**Синхронізація** – це процедура узгодження між функціональними елементами мережі зв'язку часу виконання деяких важливих процесів передавання, комутації та обробки інформації. Термін «синхронізація» використовується для опису різних процесів функціонування мережі зв'язку та її окремих елементів.

Синхронізація буває наступних видів:

- *тактова синхронізація;*
- *циклова синхронізація;*
- *мережна синхронізація.*

**Тактова синхронізація** оснований на виділенні сигналу синхронізації із загального потоку бітів. Вона необхідна для узгодження в часі роботи пристроїв передавання і прийому на рівні бітів (тактових інтервалів).

**Циклова синхронізація** необхідна для визначення у загальному потоці бітів початку та кінця блоків інформації, яка надходить з різних джерел, для правильного розподілу її на прийомі.

**Мережна синхронізація** підтримує задані показники довготривалої точності та

стабільності тактових сигналів у різних точках мережі (в тому числі, при міжнародних з'єднаннях) для забезпечення високої якості передавання інформації. Для мережної синхронізації використовуються кварцеві та атомні генератори, які виробляють еталонні сигнали з високою точністю.

Безпомилковий прийом інформації можливий при однакових частотах тактових генераторів передавальних і приймальних пристроїв генераторного обладнання цифрових комутаційних систем. На рис. 29 показана функціональна схема систем тактової синхронізації вузлів комутації «j» та «i».

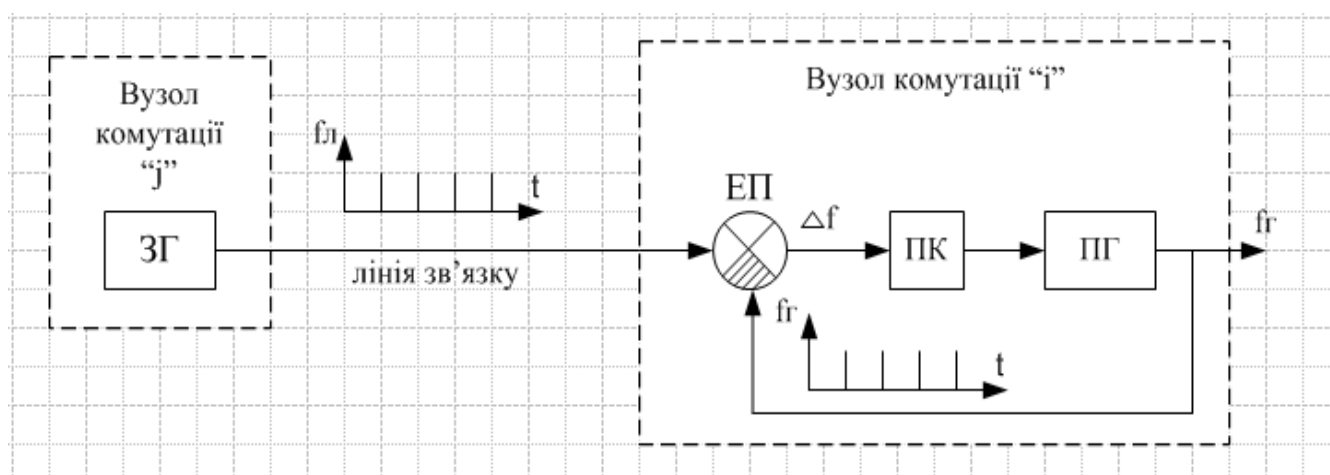


Рисунок 29 – Функціональна схема ЦСТС

Задаючий генератор (ЗГ) провідного вузла комутації «j» управляє підстроюваним генератором (ПГ) відомого вузла комутації «i». Обладнання прийому синхронізації «i» є цифровою системою тактової синхронізації (ЦСТС).

На вхід елементу порівняння (ЕП) ЦСТС надходить цифровий потік з частотою  $f_L$ , а на інший вхід ЕП надходить частота  $f_T$  від підстроюваного генератора (ПГ) вузла комутації  $i$ . В елементі порівняння відбувається порівняння двох частот  $f_L$  та  $f_T$ , тобто  $\Delta f = f_L - f_T$ . Пристрій керування (ПК) на величину  $\Delta f$  виробляє сигнал керування для підстроювання частоти підстроюваного генератора (ПГ) до величини  $f_T = f_L$ .

Відмінності в тактових частотах  $f_L$  і  $f_T$  призводять до появи «ковзань», внаслідок чого у груповому сигналі втрачається один або декілька бітів

інформації.

При  $f_L > f_T$  моменти запису інформації з лінії в запам'ятовуючі пристрої прийому, показані на рис.30 (а). Зрахування цієї інформації проводиться в моменти, що формуються генератором ПГ, частота якого нижче, ніж частота приймальних сигналів  $f_L$ .

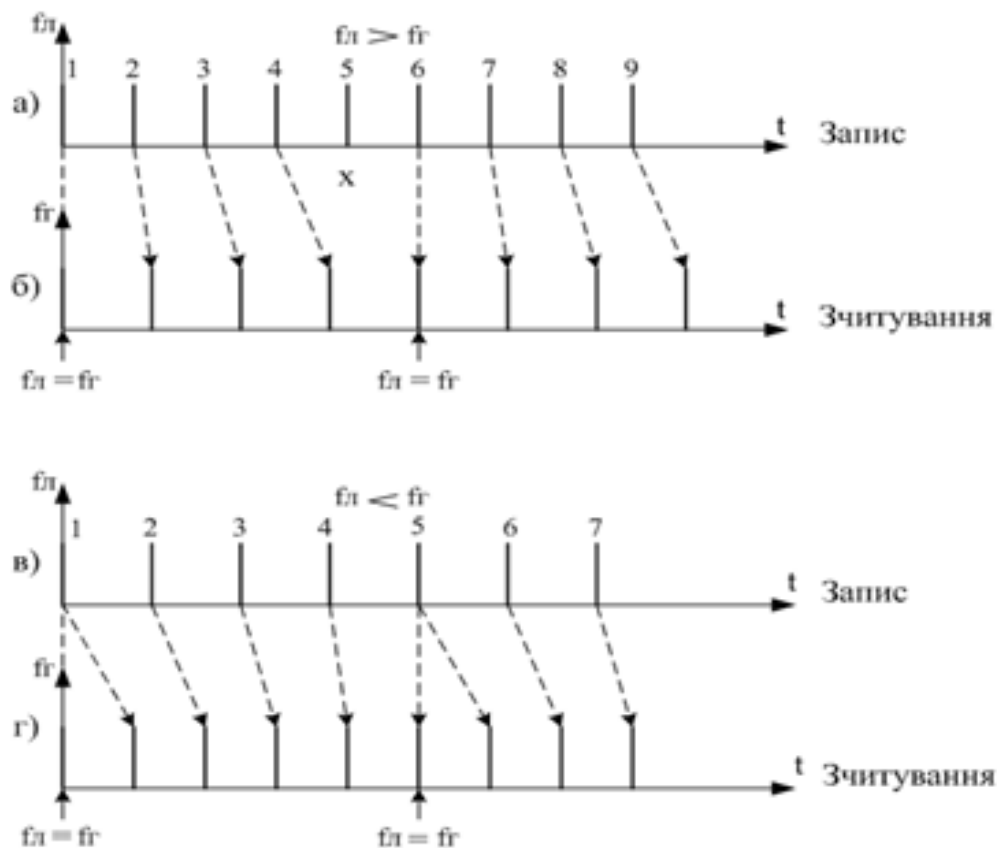


Рисунок 30 (а,б) – прослизання інформації на прийомі

З рис.17 (а) видно, що інформація, яка прийшла в п'ятому тактовому інтервалі, не зраховується і втрачається. В шостому тактовому інтервалі обидва вузли комутації « $j$ » і « $i$ » знову входять в синхронізм і наступна втрата біта інформації повториться в десятому тактовому інтервалі. Розглянутий вид прослизання називається *прослизанням I типу*.

Якщо тактова частота комутаційного вузла « $i$ » більша, ніж частота лінії, тобто  $f_L < f_T$  (рис.17 (б)), то в цьому випадку перший тактовий інтервал буде зраховуватися двічі, оскільки зрахування інформації проводитиметься швидше, ніж її запис. В результаті, час від часу з'являються зайві інформаційні біти. Такий



вид прослизання називається *прослизанням II типу*.

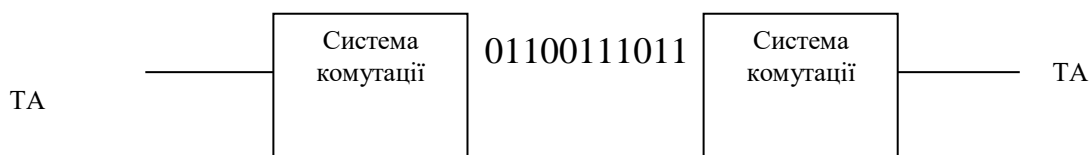
Втрата інформаційних бітів або поява зайвих інформаційних бітів, як помилкова інформація, впливає на якість інформації, що передається. Наприклад, при передаванні мовних сигналів це призводить до того, що в телефонному апараті чути коротке клацання. При передаванні цифрових даних лінійних і управляючих сигналів сигналізації прослизання бітів призводить до значного погіршення якості передавання інформації. Для усунення прослизання в цифрових системах комутації використовуються різні методи тактової синхронізації.

## 5. ПЕРЕДАВАННЯ ГОЛОСОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПО МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ

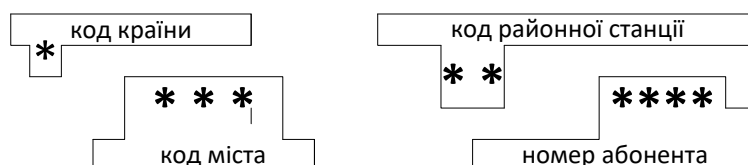
### 5.1 Принципи передавання голосової інформації

Телефон – пристрій передавання голосу на відстані. Звукові хвилі уловлюються мікрофоном і перетворюються у електромагнітні коливання, які передаються по проводам і відновлюються знову у звукові хвилі динаміком іншого телефону. Так голос передається від одного телефону до іншого.

Голос перетворюється у набір нулів і одиниць. Між системами комутації наша розмова передається набором бітів.



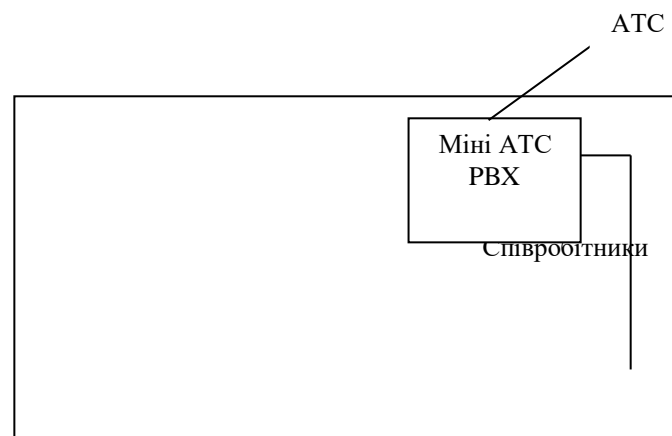
Щоб АТС дізналася, з яким телефоном нас з'єднати, існують системи сигналізації і нумерації.



Сигнали нашого телефону розшифровуються на АТС і, використовуючи АТС з магістральними каналами, передаються в інше місто, де починає дзвонити телефон.

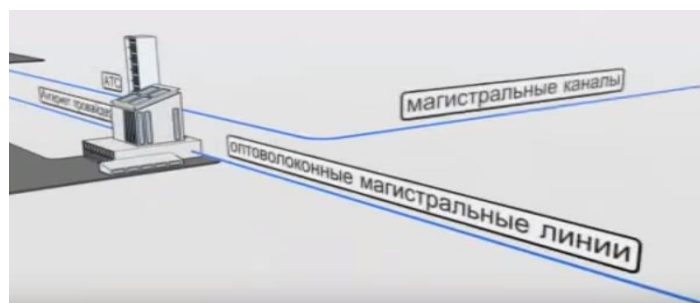
Сучасна телефонія дозволяє реалізувати і ряд додаткових функцій, наприклад, конференцзв'язок з декількома людьми одночасно, голосову пошту, переадресацію на мобільний.

До бізнес-телефонії висуваються особливі вимоги (при кількості співробітників приблизно 100). Щоб не проводити кожному співробітнику пряму міську лінію, у офісах встановлюються лінії АТС, до яких підключаються телефони співробітників і з'єднують мініАТС з міською АТС.



## 5.2 Передавання голосової інформації по мережі Інтернет

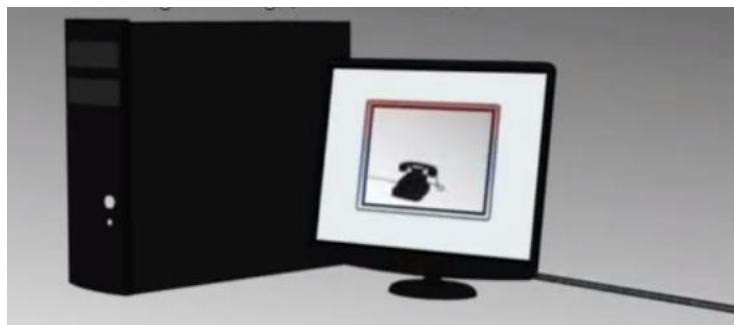
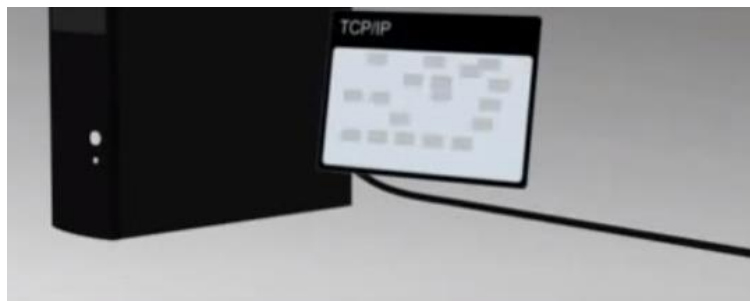
ІР-мережа Інтернет і телефонна мережа – це дві різні інфраструктури.



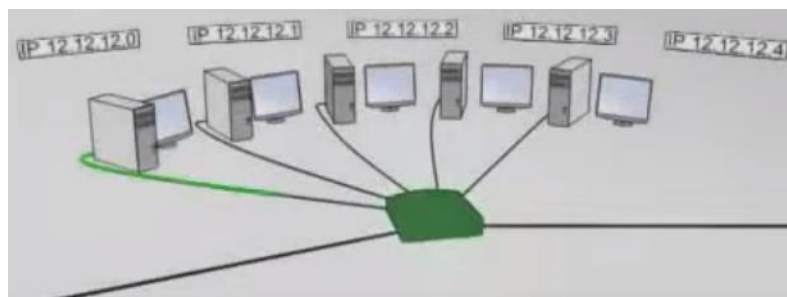
В інтернеті будь-які дані – картинки, тексти, голос передаються за допомогою ІР-пакетів. Наприклад, це відео розбивається на сервері на множину маленьких ІР-пакетів.



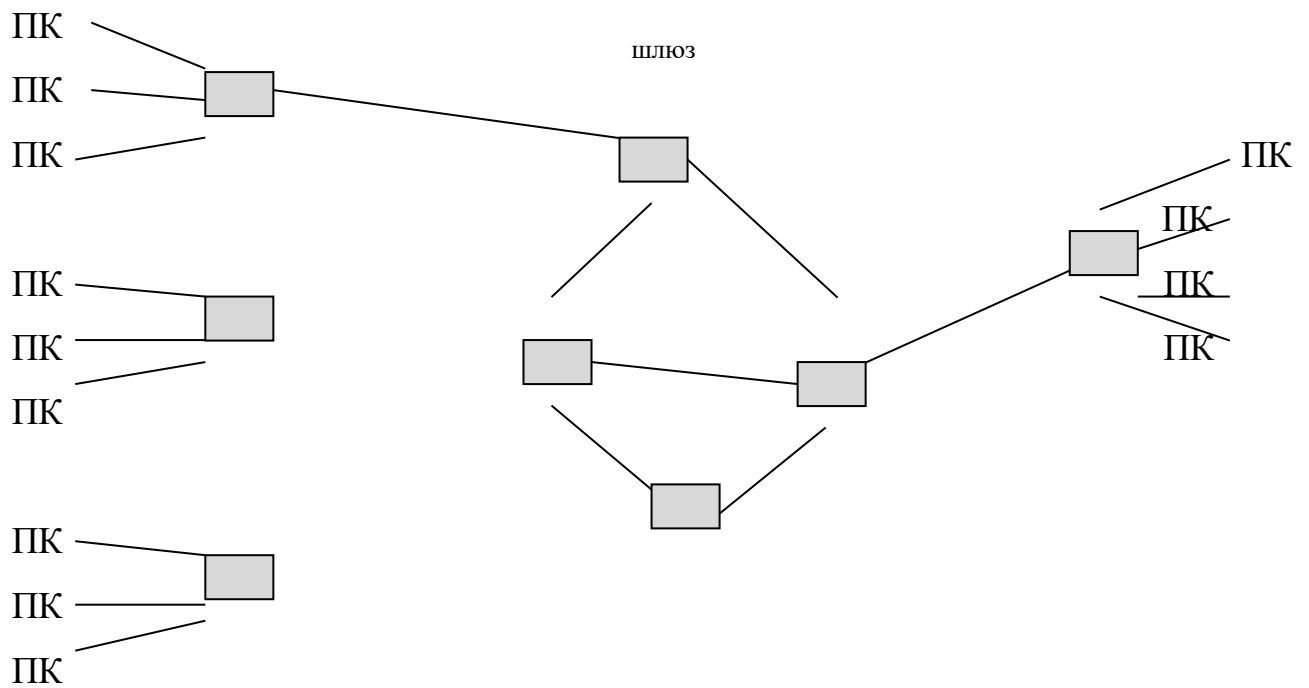
Кожний пакет має IP-адресу призначення і передається по мережі у двійковому вигляді. На комп'ютері призначення пакети збираються і з них витягується інформація, наприклад, це відео.



IP-пакети дізнаються про свій маршрут завдяки IP-адресі, яка є у кожного комп'ютера в мережі.

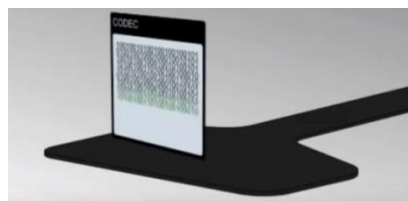


Формою запису IP-адреси є запис у вигляді чотирьох десяткових чисел 128.232.196.1, які переносять інформацію про номер мережі (128.232.196) та номер вузла (.1).



Між мережами IP-пакети переміщуються завдяки *шлюзам*, так як на своєму шляху до одержувача IP-пакет може пройти декілька мереж і шлюзів.

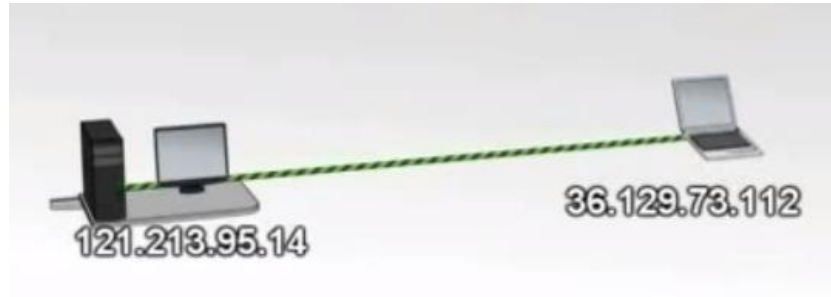
Подивимося, як за допомогою IP-мережі Інтернет можна передавати голос. Голос за допомогою мікрофону і звукової карти перетворюється в набір нулів і одиниць, після чого спеціальним голосовим кодеком здійснюється стискання, пакування в IP-пакети і передавання іншому IP-пристрою по мережі, наприклад, IP-телефону, який також підключений до мережі Інтернет. Тут відбувається зворотня процедура витягання голосу.



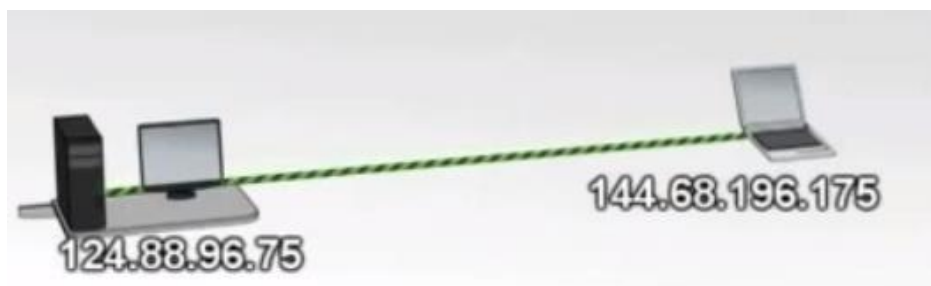
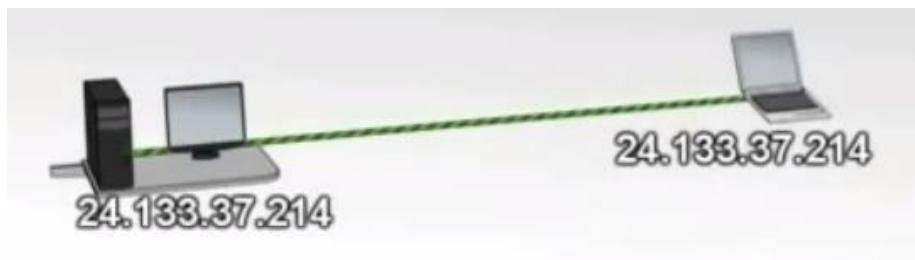
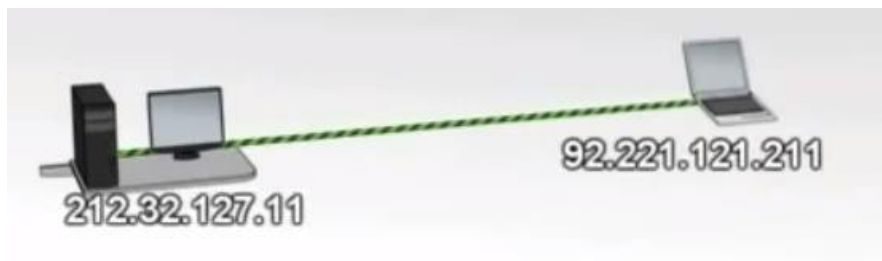
При передаванні голосу в реальному часі по IP-мережам можливі затримки і втрати пакетів і, як наслідок, поява спотворень голосу (Jitter). Голосові кодеки борються з цими явищами, створюючи буфери і відновлюючи інформацію.

### 5.3 Сигналізація в IP-мережах

Питання здається простим: ми знаємо IP-адресу комп'ютера співбесідника, туди і зателефонуємо.



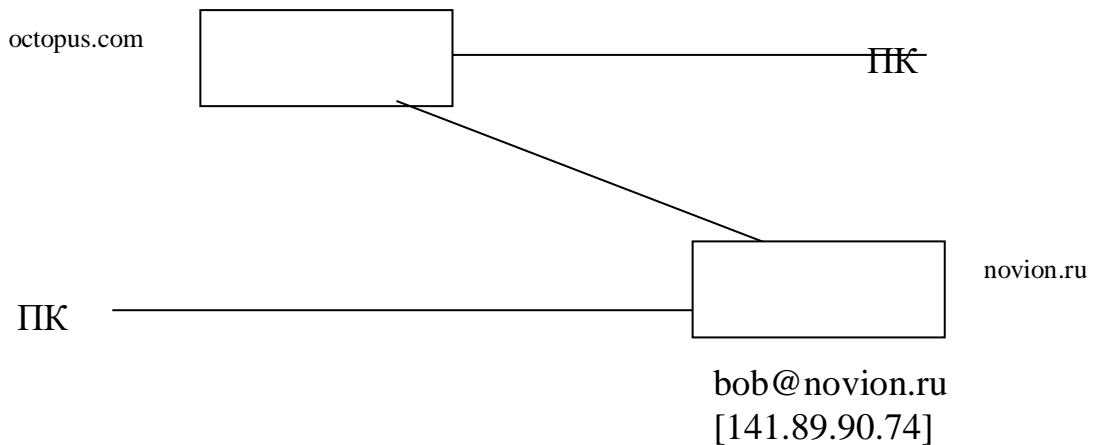
Але IP-адреси комп'ютерів звичайних користувачів дуже часто змінюються.



Також різні пристрої повинні встановлювати зв'язок, розуміючи, що вони хочуть повідомити один одному, коли почати розмову, як надіслати сигнал відбою.

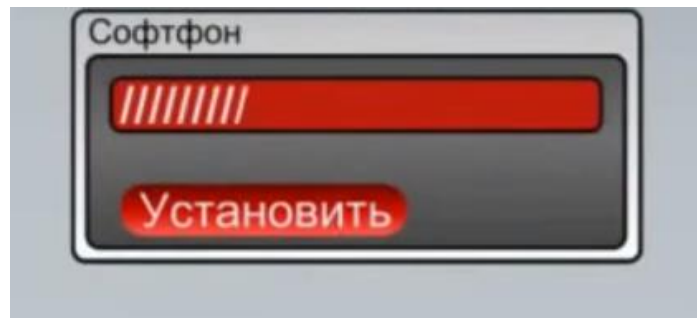
Для цього був придуманий протокол SIP, який дозволяє різним пристроям розуміти один одного. Ми реєструємося на SIP-сервері і отримуємо SIP-адресу виду `kat@octopus.com`.

kat@octopus.com  
[141.89.90.74]

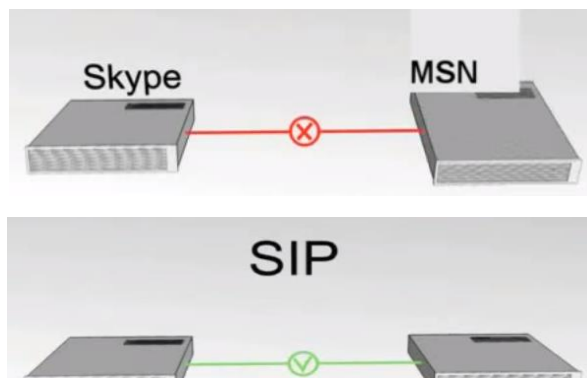


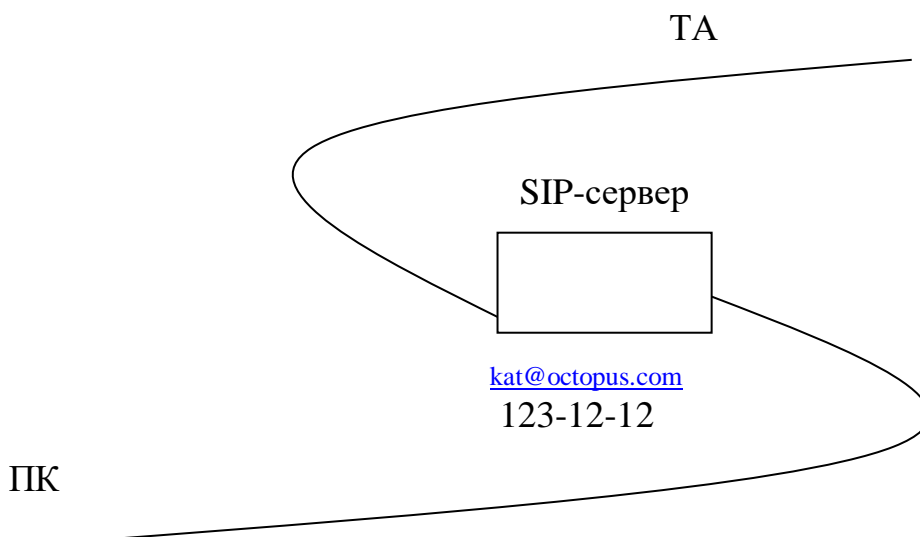
Коли ми телефонуємо на SIP-адресу bob@novion.ru два SIP-сервери домовляються один з одним: дізнаються про IP-адреси комп'ютерів, доступні кодеки та ін. і ми починаємо розмову по IP.

Для розмови використовуються спеціальні програми: SIP-софтфони, які підтримують зв'язок із SIP-сервером, на якому у вас обліковий запис і дозволяють телефонувати на інші SIP-акаунти.

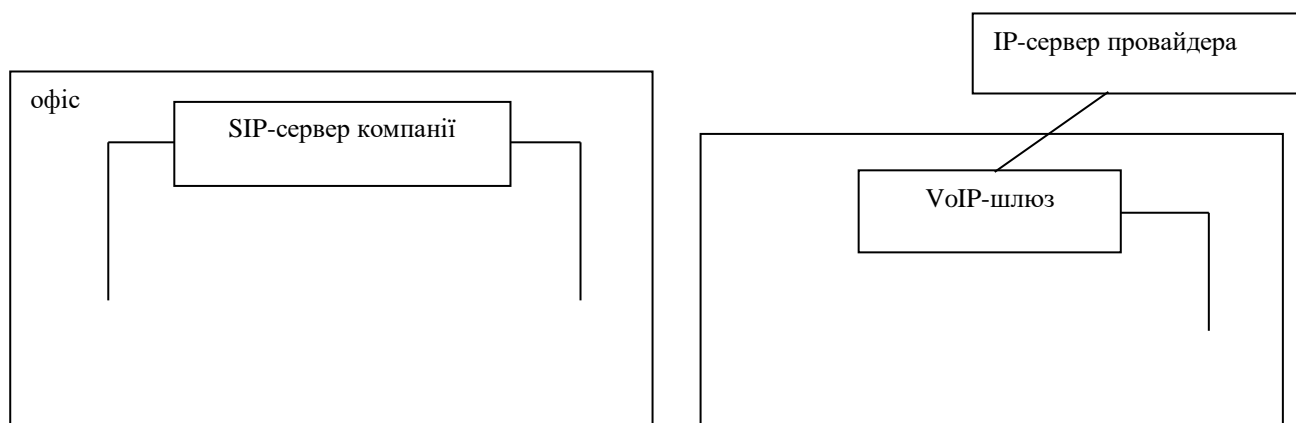


Існують і інші способи сигналізації і софтфони, наприклад, Skype і MSN. Але ці софтфони працюють тільки із собі подібними, а SIP – відкритий стандарт, який підтримується десятками софтфонів і IP-телефонів. І найважливіше – SIP підтримується великими телеком компаніями.





Ми можемо придбати міський номер, який підключений до мережі Інтернет через SIP-шлюз і телефонувати із свого комп'ютера на міські і мобільні телефони або приймати дзвінки на Нью-Йоркський номер, знаходячись у Києві. Бізнес все частіше обирає IP SIP-телефонію разом з міським SIP-номером і отримує цілий ряд переваг: дешевизна, єдина інфраструктура (телефон, інтернет), мобільність (wi-fi), завантаженість каналу 100%, масштабуємість.



## 5.4 VoIP-шлюзи

За допомогою VoIP-шлюзів можна дуже швидко, а найголовніше - дешево інтегрувати існуючу корпоративну мережу зв'язку будь-якої компанії з найактуальнішою і затребованою послугою IP-телефонії і, тим самим, отримати ефективний інструмент для багаторазового зменшення витрат на телефонні

розмови.

Сьогодні при побудові нових бізнес-центрів або відкритті нових офісів більшість компаній робить ставку на технології VoIP, вважаючи аналоговий зв'язок і телефонні розетки застарілими елементами. Повне переведення інфраструктури компанії на VoIP включає наступні базові моменти:

1. По-перше, встановлення IP-АТС;
2. По-друге, використання в якості офісних телефонів IP-телефонних апаратів та відеотелефонів;
3. По-третє, використання IP-мережі в якості каналу для передавання голосової інформації.



Рисунок 31

Зрозуміло, що підключення до ТМЗК і виділення для компанії номерної ємності здійснюється у такому випадку через оператора IP-телефонії. Все це дуже добре, коли ми будуємо мережу з початку (з нуля), але як здійснити перехід на VoIP, якщо корпоративна мережа зв'язку вже побудована, коли можливостей встановленої УАТС сповна достатньо, коли всі співробітники мають стаціонарні телефони, а вихід на міжміську та міжнародну мережу здійснюється через міську АТС і далі через операторів дальнього зв'язку.

Що ж тепер? Взяти викинути повністю працюючу інфраструктуру і вкласти багато коштів у VoIP? Якщо прибутки нам дозволяють, потрібно так і зробити. Великі компанії роблять саме так. Але, як бути малому і середньому бізнесу, які звикли рахувати кошти?

Бюджетних способів впровадження VoIP в існуючу мережу зв'язку як мінімум два.

Один з них – звернутися до продавця або виробника нашої телефонної станції і придбати додатковий модуль для підтримки VoIP. Такий модуль дозволить



офісній станції передавати телефонний трафік напряму в IP-мережу. Недоліки даного способу:

- по-перше, не всі УАТС мають можливість розширення;
- по-друге, вартість фірмового модуля розширення може досягати декількох сотень, а то й тисяч доларів;
- по-третє, за програмування офісної станції фірмою, яка її обслуговує, або інтегратору також потрібно сплатити не мало.

Таким чином, навіть, якщо телефонні станції і підтримують можливість розширення, впровадження VoIP таким способом є не дешевим задоволенням.

*Другий спосіб* впровадження VoIP в існуючу корпоративну мережу зв'язку в реалізації є значно дешевшим. Цей спосіб передбачає підключення до офісної АТС додаткового пристрою – VoIP-шлюзу.

VoIP-шлюз – це різновид зовнішнього пристрою, який підключається до телефонної станції і забезпечує переведення телефонного трафіку в IP-мережу. Основні переваги VoIP-шлюзів порівняно з модулями розширення АТС полягають у наступному:

- по-перше, VoIP-шлюзи забезпечують підключення до АТС практично будь-яких виробників;
- по-друге, вартість VoIP-шлюзів у декілька разів і навіть на порядок нижча, ніж модулів розширення;
- по-третє, витрати на встановлення, налаштування і обслуговування VoIP-шлюзів значно менші, ніж при використанні модулів розширення;
- в четвертих, витрати на модернізацію VoIP-шлюзів, тобто збільшення кількості каналів, також у декілька разів менші;
- по п'яте, виробник VoIP-шлюзів у більшості випадків піклується про сумісність з VoIP-обладнанням інших виробників, ніж виробники модулів для АТС. Це, в свою чергу, означає, що ймовірність отримати проблеми при узгодженні VoIP-шлюзів з обладнанням оператора IP-телефонії значно менші, ніж при використанні модуля розширення.



## 6. NGN–СИСТЕМА РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЇ

### 6.1 Побудова мережі NGN

Першими кроками до створення NGN справедливо можна вважати розвиток мереж IP-телефонії. В рамках розвитку мереж IP-телефонії важливою роботою стала мережна модель розподіленого шлюзу, яка фізично розділила функції мережі з управління викликом і функції з підтримки сесії обміну даними, розмістивши їх у різних апаратних елементах - контролерах шлюзів та медіашлюзах, відповідно.

Щоб запропонована модель була життєздатною, її доповнили повноцінним мережним рішенням – Softswitch.

На рис.1 представлено структурну схему NGN з її можливий вмістом та взаємодією рівнів.

На схемі на рівні доступу наведені:

- існуюча телефонна мережа загального користування, що складається з опорно-транзитних станцій (ОПТС), АМТС і декількох районних АТС;
- існуюча мережа передачі даних загального користування, яка має зв'язок з мережею Інтернет і з мережею широкосмугового доступу;
- мультисервісна мережа доступу, що має серію пристроїв інтегрованого доступу (серії IAD) для інтеграції послуг традиційної телефонії і широкосмугового доступу, а також доступу по технології IP.

Мережі доступу через обладнання шлюзування й агрегації пакетного трафіку (агрегація — це технологія об'єднання декілька фізичних каналів в один логічний гнучким вибором високошвидкісних з'єднань з комутаторами верхнього рівня) з опорною мережею IP/MPLS, які мають єдиний рівень мережного управління. На верхньому рівні представлені послуги і додатки. Представлена мережа має велику кількість вузлів, у яких здійснюється комутація всієї циркулюючої у мережі інформації.

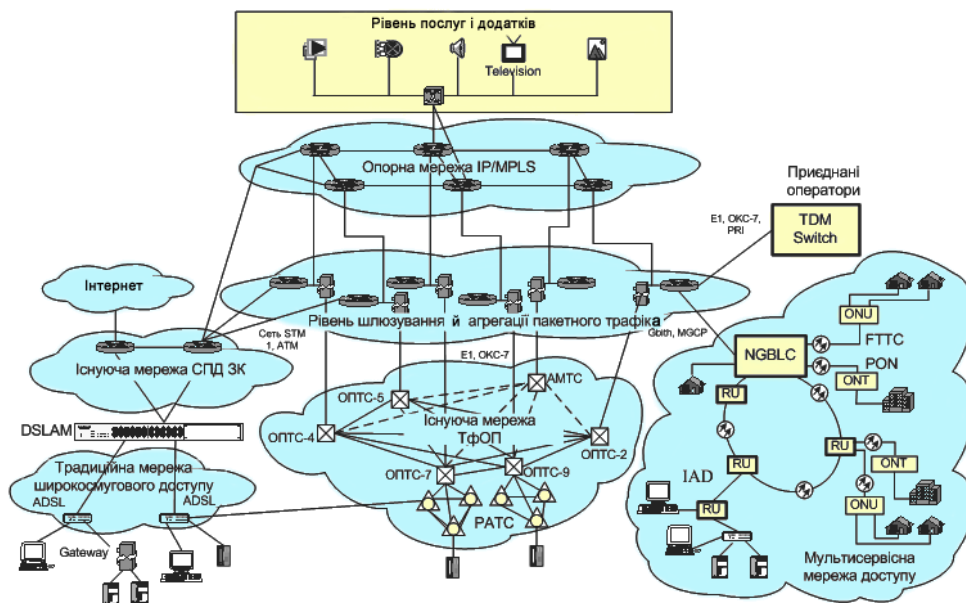


Рисунок 32 - Побудова мережі NGN

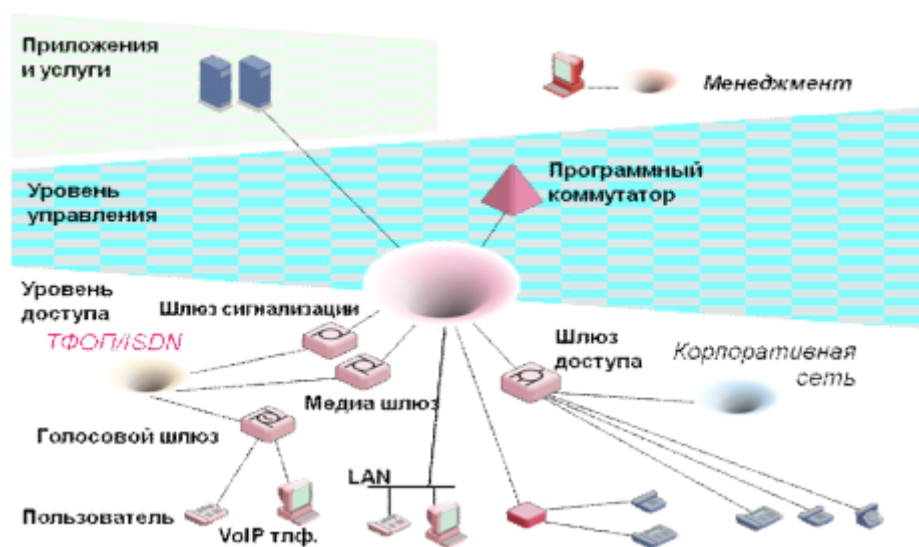


Рисунок 33 - Архітектура мережі NGN

Однією з основних відмінностей концепції NGN від реалізованих до цього мережевих інфраструктур є перехід до принципово іншої функціональної моделі. У класичній ТМЗК основними функціональними елементами були вузли доступу і вузли комутації різного рівня. При цьому обладнання вузла комутації вирішувало одночасно декілька задач: комутацію потоків інформації користувачів, обробка виклику та надання послуг. Реалізація інтерфейсів між цими функціями була внутрішньою справою виробника системи комутації і не підлягала регламентації. Розвиток класичної ТМЗК пов'язаний з появою технології ISDN, що дозволило розділити функції обробки сигналізації та комутації потоків інформації користувачів. Як результат, з'явилися нові функціональні елементи, такі як виділені пункти транзиту сигналізації (STP), а топологія сигнальної мережі стала відрізнятися від топології мережі комутації. З іншого боку, сигнальна мережа вирішувала питання транзиту сигнальних повідомлень, але задача обробки інформації рівня ISUP і управління комутацією, у будь-якому випадку вирішувалася у точці збігу топологій, тобто у системах комутації.

Концепція NGN, у першу чергу, характеризується чітким розподілом трьох рівнів з'єднання відповідно до їх функціональних завдань: для комутації та передавання мовної інформації використовується транспортний функціональний рівень, для передавання інформації сигналізації - рівень сигналізації, а надання послуг, відмінних від базових, здійснюється з боку рівня послуг. При цьому між рівнями визначені інтерфейси, які є об'єктом стандартизації. Отримавши таку незалежність один від одного, рівні у подальшому можуть розвиватися самостійно. Більш того, з точки зору адміністративного поділу мережі постає питання про те, щоб послуги різних рівнів надавалися різними операторами.

Другою особливістю інфраструктури NGN є використання універсальних технологій транспортної мережі, які базуються на технологіях пакетної комутації. У класичних мережах надання послуг ТМЗК базувалося на технології комутації каналів, а надання послуг доступу до мереж передавання даних і передавання даних передбачало або формування нової транспортної структури, або неефективне використання існуючого транспорту мережі з комутацією каналів.

Тоді як в мережах NGN пакетні технології, які визначені для передавання даних, використовуються для надання усіх видів послуг.

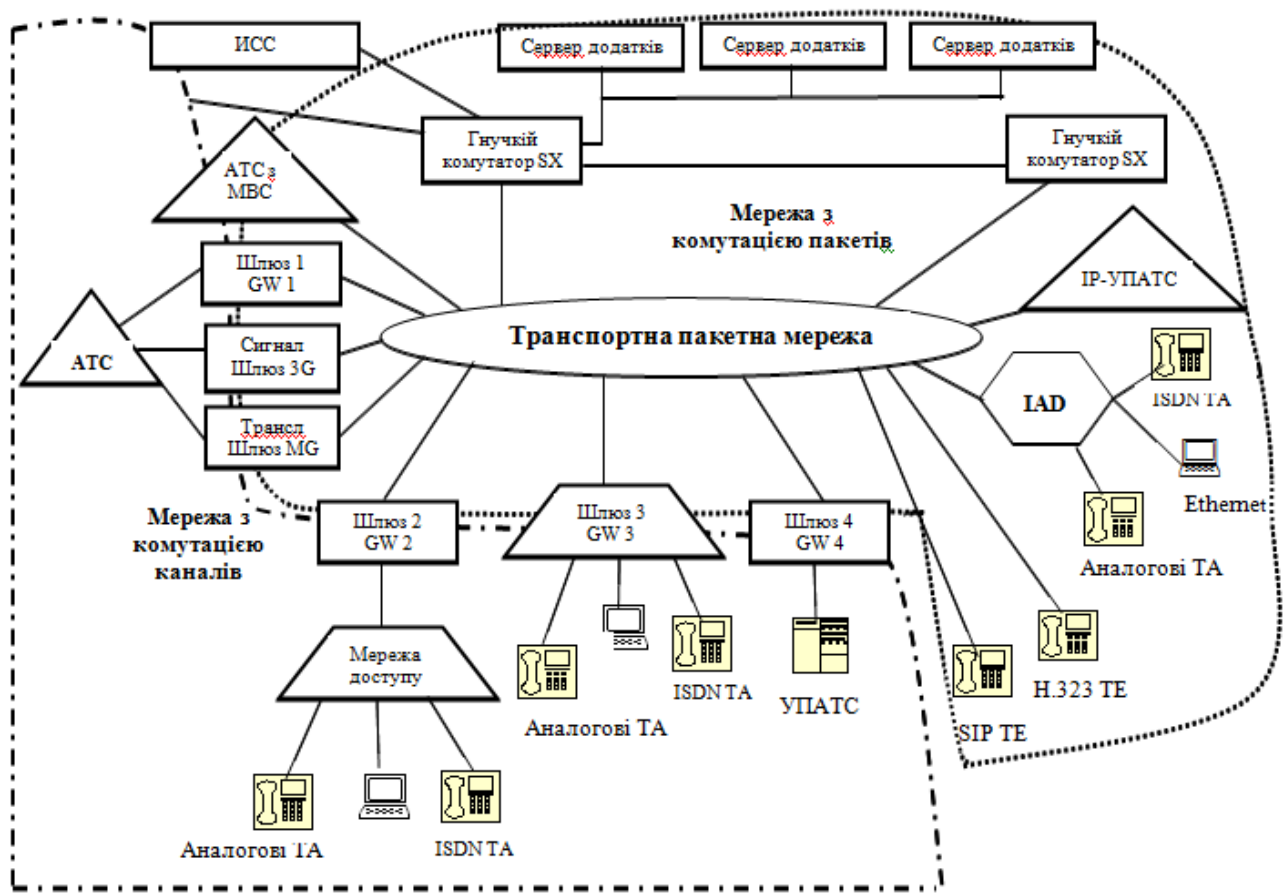


Рисунок 34

Основними елементами мережі NGN є:

- гнучкі комутатори (SoftSwitch);
- АТС з функціями контролера шлюзів сигналізації (MGC);
- шлюзи (Gateways);
- транспортна пакетна мережа;
- сервери додатків;
- термінальне обладнання.

## 6.2 Трирівнева модель NGN

По своїй архітектурі мережа NGN є трирівневою і складається з наступних рівнів:

- транспортного рівня;
- рівня управління комутацією та передаванням інформації;
- рівня послуг та управління послугами.

Завданням транспортного рівня є комутація та «прозоре» передавання інформації користувача.

Завданням рівня управління комутацією та передаванням є обробка інформації сигналізації, маршрутизація викликів та управління потоками.

Рівень управління послугами містить функції управління логікою послуг і додатків і представляє собою розподілене обчислювальне середовище, яке забезпечує:

- надання інформаційно-комунікаційних послуг;
- управління послугами;
- створення та впровадження нових послуг;
- взаємодію різних послуг.

Трирівнева модель мережі NGN представлена на рис.35.

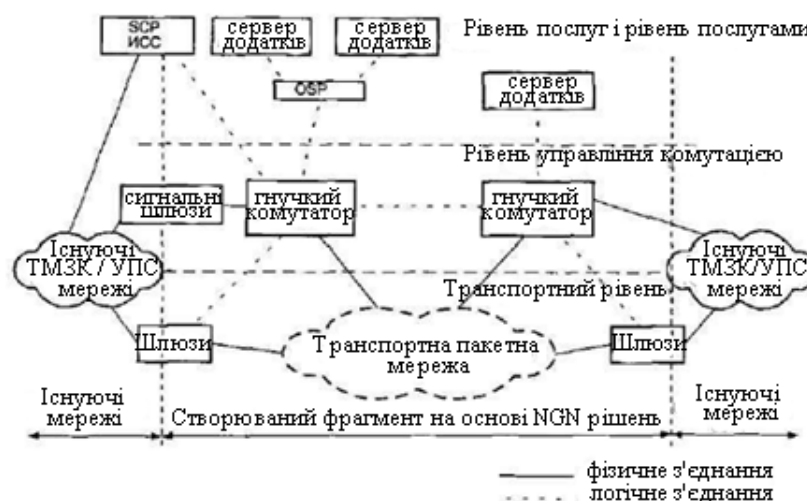


Рисунок 35 - Трирівнева модель мережі NGN

### *Транспортний рівень*

Транспортний рівень мережі NGN будується на основі пакетних технологій передавання інформації. Основною технологією, яка використовується, є IP.

Як правило, в основу транспортного рівня мультисервісної мережі «лягають» існуючі мережі ATM або IP, тобто мережа NGN може створюватися як накладена на існуючі транспортні пакетні мережі.

Мережі, які базуються на технології ATM, що має вбудовані засоби забезпечення якості обслуговування, можуть використовуватися при створенні NGN практично без змін. Використання в якості транспортного рівня NGN існуючих мереж IP вимагає реалізації в них додаткової функції забезпечення якості обслуговування.

У випадку, якщо на маршрутизаторі/комутаторі ATM/IP реалізується функція комутації під зовнішнім управлінням, то в них повинна бути реалізована функція управління з боку гнучкого комутатора з реалізацією протоколів H.248/MGCP (для IP) або BICC (для ATM).

Типова структура транспортної мережі представлена на рис.36.

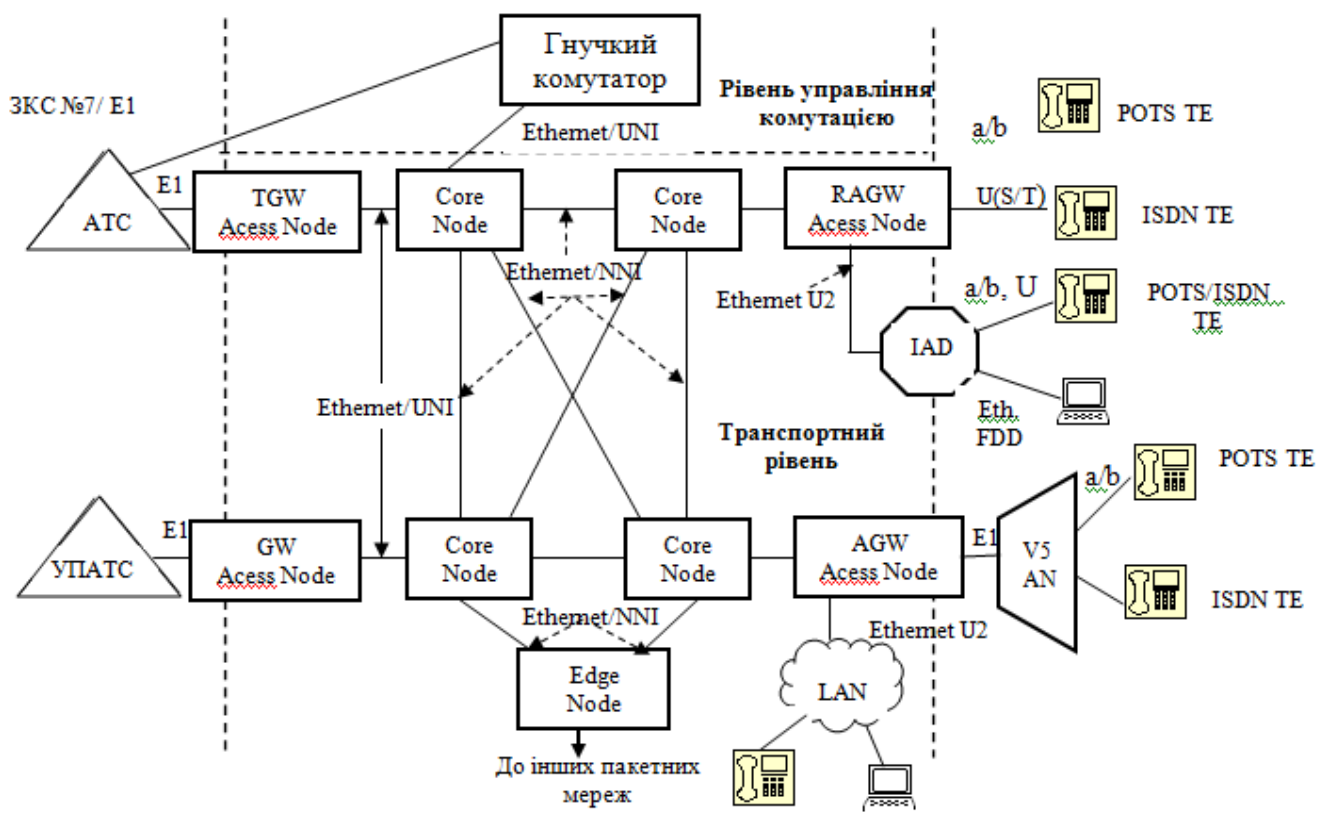


Рисунок 36 - Структура транспортного рівня фрагменту NGN

## *Рівень управління комутацією та обслуговуванням виклику*

Завданням рівня управління комутацією і передаванням є управління встановленням з'єднання у фрагменті NGN. Функція встановлення з'єднання реалізується на рівні елементів транспортної мережі під зовнішнім управлінням обладнання гнучкого комутатора. Винятком є АТС з функціями MGC, які самі виконують комутацію на рівні елементу транспортної мережі.

У випадку використання на мережі декількох гнучких комутаторів вони взаємодіють по міжвузловим протоколам (як правило, сімейство SIP-T) і забезпечують спільне управління встановленням з'єднання.

Гнучкий комутатор повинен здійснювати:

- обробку всіх видів сигналізації, що використовуються в його домені;
- зберігання і управління абонентськими даними користувачів, що підключаються до його домену безпосередньо або через обладнання шлюзів доступу;
- взаємодію з серверами додатків для надання розширеного списку послуг користувачам мережі.

При встановленні з'єднання обладнання гнучкого комутатора здійснює сигнальний обмін з функціональними елементами рівня управління комутацією. Такими елементами є всі шлюзи, термінальне обладнання мультисервісної мережі (інтегровані пристрої доступу (IAD), термінали SIP та H.323), обладнання інших гнучких комутаторів і АТС з функціями контролера транспортних шлюзів (MGC). Для передавання інформації сигналізації мережі ТМЗК через пакетну мережу використовуються спеціальні протоколи. Так, для передавання інформації сигналізації ЗКС-7, що надходить через сигнальні шлюзи від ТМЗК до обладнання гнучкого комутатора, використовується протокол MxUA технології SIGTRAN (у той же час в ряді реалізацій гнучкого комутатора передбачене безпосереднє введення сигналізації ЗКС-7).

На основі аналізу прийнятої інформації і рішення про подальшу маршрутизацію виклику обладнання гнучкого комутатора, використовуючи відповідні протоколи, здійснює сигнальний обмін по встановленню з'єднання з



мережним елементом призначення і управляє з використанням протоколу H.248 (для IP комутації) або BICC (для ATM комутації) встановленням з'єднання для передавання інформації користувачів. При цьому потоки інформації користувача не проходять через гнучкий комутатор, а замикаються на рівні транспортної мережі.

Структура рівня управління комутацією мультисервісної мережі представлена на рис.6.

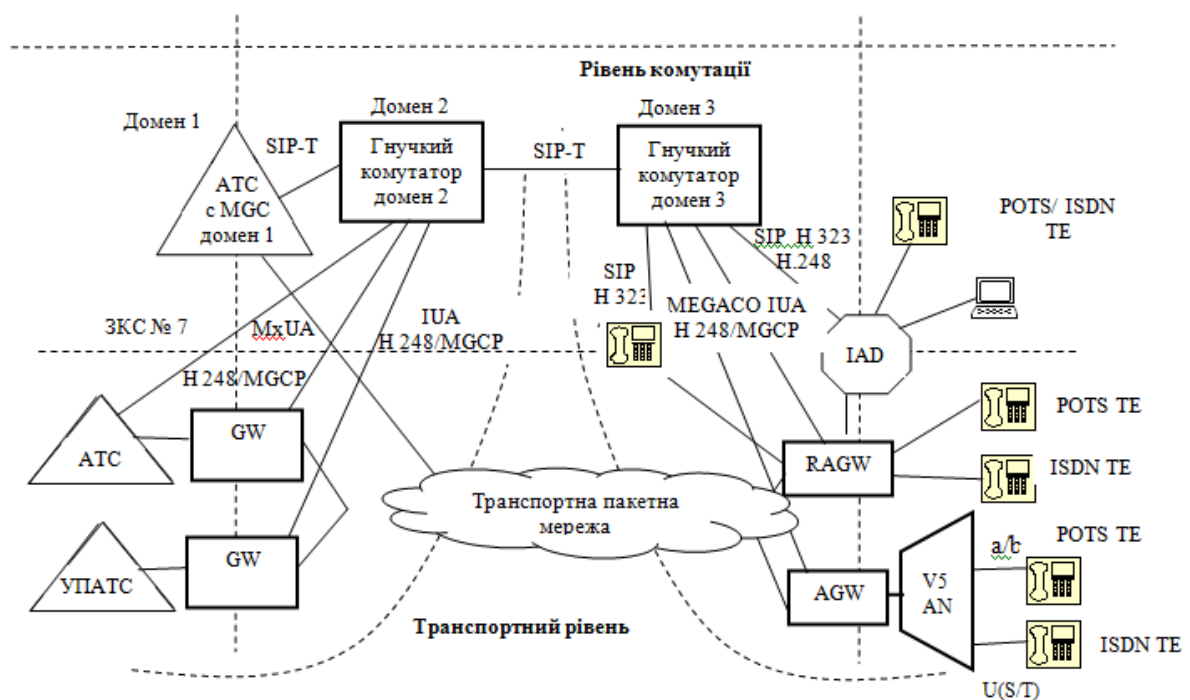


Рисунок 37 - Структура рівня управління комутацією

Термінальне обладнання пакетної мережі взаємодіє з обладнанням гнучкого комутатора з використанням протоколів SIP та H.323. Інформація користувачів від термінального обладнання надходить на рівень вузлів доступу пакетної мережі і далі маршрутизується під управлінням гнучкого комутатора.

Вся інформація, яка пов'язана із статистикою роботи мультисервісної мережі, обліком вартості за напрямками та обліком вартості для користувачів, накопичується і обробляється на рівні гнучкого комутатора для передавання у напрямку відповідних систем (ACP, TOiE).

## *Рівень послуг та управління послугами*

Основною послугою, що надається як у класичних мережах зв'язку, так і в мультисервісній мережі, є передавання інформації між користувачами мережі. Використання пакетних технологій на рівні транспортної мережі дозволяє забезпечити єдині алгоритми доставки інформації для різних видів зв'язку.

Крім послуг з доставки інформації, у мультисервісних мережах реалізована можливість підтримки надання розширених списків послуг.

Стосовно до послуги телефонії, точкою надання додаткових послуг є обладнання гнучкого комутатора або обладнання серверів додатків.

Для користувачів, які використовують термінали мультимедіа (SIP та H.323), можуть надаватися різні види мультимедійних послуг. Реалізація логіки обслуговування виклику в обмеженій кількості мережних точок дозволяє оптимізувати структуру доступу до послуг, що надаються з боку інтелектуальних мереж зв'язку. Для цієї мети на рівні гнучкого комутатора реалізується функція SSP. Використання пакетних технологій дозволяє забезпечувати спільне надавання розширеного списку послуг не залежно від виду доступу, що використовується користувачем.

### **6.3 Класифікація обладнання для NGN**

У мультисервісних мережах реалізується можливість надання однотипних послуг з різними параметрами класів обслуговування (QoS).

Як правило, різні виробники обладнання мультисервісних мереж пропонують власні набори розширених послуг зв'язку, що повинно враховуватися при виборі обладнання.

Слід зазначити, що на сьогодні питання взаємодії між гнучким комутатором і серверами послуг недостатньо опрацьований на рівні міжнародних стандартів, у зв'язку з чим можлива несумісність обладнання різних виробників.

Схема класифікації обладнання для NGN представлена на рис.38.



Рисунок 38 - Класифікація типів обладнання NGN

## 7. ГНУЧКИЙ КОМУТАТОР SOFTSWITCH

### 7.1 Модель архітектури Softswitch

Архітектура мережі завжди включає в себе:

- вузол управління викликом, який називається Softswitch;
- телефонний сервер;
- управляючий агент;
- шлюзове обладнання сполучення з пакетними мережами.

Softswitch є носієм інтелектуальних можливостей IP-мережі, він координує управління обслуговуванням викликів, сигналізацію та функції, які забезпечують встановлення з'єднання через одну або декілька мереж.

У процесі розвитку мереж телефонії і передавання даних була розроблена концепція NGN, яка передбачає конвергенцію мереж IP-телефонії з ТМЗК, ISDN, інтелектуальними мережами, мережами мобільного зв'язку та мережею Інтернет.

З метою взаємодії з усіма мережами і видами сигналізацій було розроблено обладнання Softswitch - програмний комутатор, який являється ядром мультисервісної мережі.

Модель архітектури Softswitch включає чотири функціональні площини:

- транспортну площину, яка відповідає за транспортування повідомлень по мережі зв'язку. Включає в себе домен IP-транспортування, домен взаємодії та домен доступу, відмінний від IP;
- площину управління обслуговуванням виклику і сигналізації - управляє основними елементами мережі IP-телефонії. Включає в себе контролер медіашлюзів, CallAgent, Gatekeeper;
- площину послуг і прикладень - реалізує управління послугами в мережі. Містить сервери додатків і сервери ДВО;
- площину експлуатаційного управління - підтримує функції активізації абонентів і послуг, техобслуговування, білінгу та інші експлуатаційні завдання.

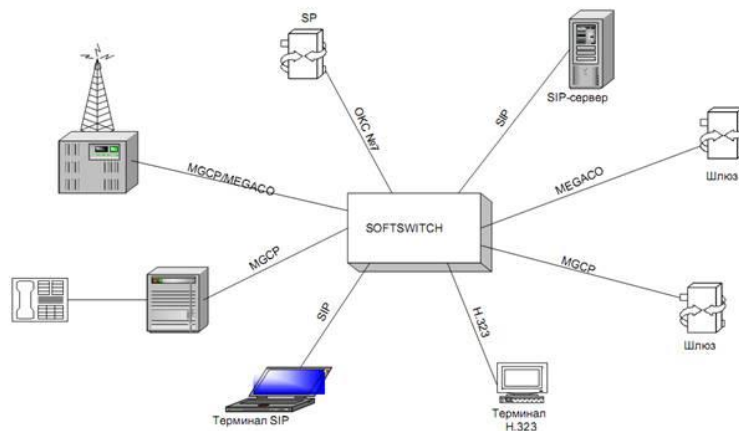


Рисунок 39 - Программный коммутатор Softswitch

Необхідно відзначити наступні важливі вимоги до систем Softswitch для застосування на ТМЗК:

- забезпечення базових і додаткових видів обслуговування;
- SSP функціональність з підтримкою протоколу INAP R;
- реалізація спеціальних функцій, прийнятих на взаємопов'язаній мережі зв'язку України;

- підтримка відкритих протоколів SIP, BICC, H.248;
- можливість використання існуючих систем передавання ІКМ для підключення абонентських концентраторів.

## 7.2 Складові частини сучасної концепції Softswitch

Ринковий успіх Softswitch полягає у здатності перетворювати різні *протоколи сигналізації* як мереж одного виду, наприклад, при сполученні мереж H.323 та SIP, так і мереж різних видів, наприклад, при сполученні мереж з комутацією каналів (протоколи стеку ЗКС-7) та IP-мереж (протоколи SIP, MGCP, MEGACO/H.248, H.323). Ця здатність Softswitch зберігається при організації спільної роботи транспортних шлюзів різних постачальників.

**Softswitch** є носієм інтелектуальних можливостей мережі, який координує управління обслуговуванням викликів, сигналізацію та функції, які забезпечують встановлення з'єднання через одну або декілька мереж.

У першу чергу Softswitch *управляє обслуговуванням викликів*, тобто встановленням і розірванням з'єднань, виконуючи функції *Call Agent*. До функцій управління обслуговування виклику *Call Agent* входять:

- розпізнавання і обробка цифр номеру для визначення пункту призначення виклику;
- розпізнавання моменту відповіді сторони, що викликається;
- розпізнавання моменту, коли один з абонентів кладе трубку;
- реєстрація цих дій для нарахування плати.

**Контролер транспортного шлюзу MGC** – управляє транспортними шлюзами і шлюзами доступу по протоколу H.248 та йому подібним.

Softswitch координує *обмін сигнальними повідомленнями між мережами*, тобто підтримує функції **Signaling Gateway (SG)**.

Softswitch координує дії, які забезпечують з'єднання з логічними об'єктами в різних мережах і перетворює інформацію у повідомленнях для того, щоб вони були зрозумілими на обох сторонах різних мереж.

Softswitch використовує відкриті стандартні інтерфейси між трьома основними функціями:

- комутацією;
- управлінням обслуговуванням викликів;
- управлінням обслуговуванням послуг та прикладень.

В такій відкритій, розподіленій структурі можуть вільно використовуватися функціональні компоненти різних виробників.

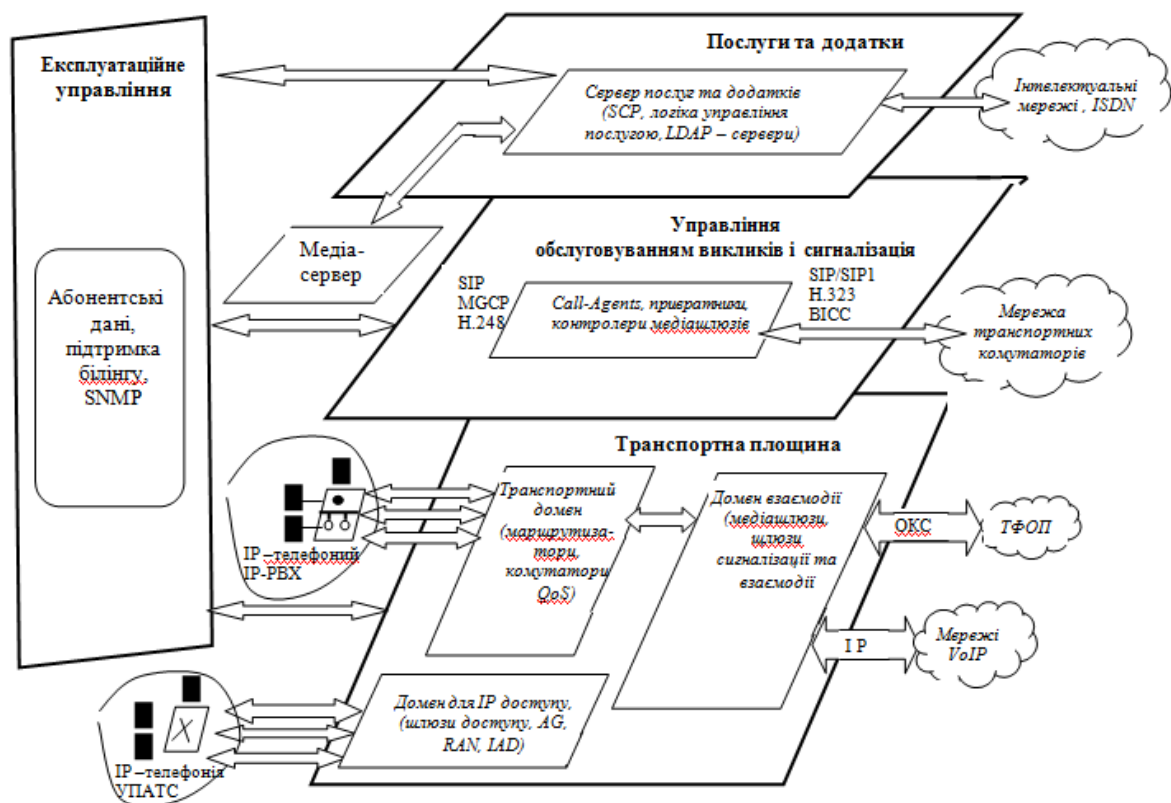


Рисунок 40 – Функціональні площини еталонної архітектури Softswitch

**Транспортні шлюзи** або **медіа шлюзи Media Gateways (MG)** виконують функції перетворення інформації користувачів між різними транспортними мережами і/або різними видами мультимедійних даних.

**Шлюзи взаємодії (Interworking Gateways)** забезпечують взаємодію різних протоколів сигналізації на одному транспортному рівні.

**Домен доступу** призначений для організації доступу до мережі IP-телефонії різних IP-несумісних терміналів. Він складається із шлюзів **Access Gateways** для

підключення установчих АТС, аналогових кабельних модемів, ліній xDSL, транспортних шлюзів для мобільної мережі радіодоступу стандарту GSM/3G, а також пристроїв інтегрованого абонентського доступу *IAD (Integrated Access Devices)* та інших пристроїв доступу. Стосовно IP-терміналів, наприклад, *SIP-телефонів*, то вони безпосередньо підключаються до домену транспортування по протоколу IP без участі Access Gateways.

**Площина управління обслуговуванням виклику та сигналізації** управляє основними елементами мережі IP-телефонії і, в першу чергу, тими, які належать транспортній площині. У цій площині ведеться управління обслуговуванням виклику на основі сигнальних повідомлень, які надходять з транспортної площини, встановлюються і порушуються з'єднання, які використовуються для передавання інформації користувачів по мережі. Площина управління обслуговуванням виклику та сигналізації включає до свого складу такі пристрої як:

- контролер медіашлюзів MGC (Media Gateway Controller);
- сервер управління обслуговуванням виклику Call Agent;
- приватник Gatekeeper;
- LDAP-сервер.

**Площина послуг та прикладень** реалізує управління послугами і/або прикладеннями у мережі IP-телефонії, їх логіку та виконання. Пристрої у цій площині містять логіку послуг і управляють цими послугами шляхом взаємодії із пристроями, які знаходяться у площині управління обслуговуванням виклику та сигналізації. Площина послуг та прикладень складається з наступних пристроїв:

- сервери прикладень Application Servers;
- сервери додаткових послуг Feature Servers.

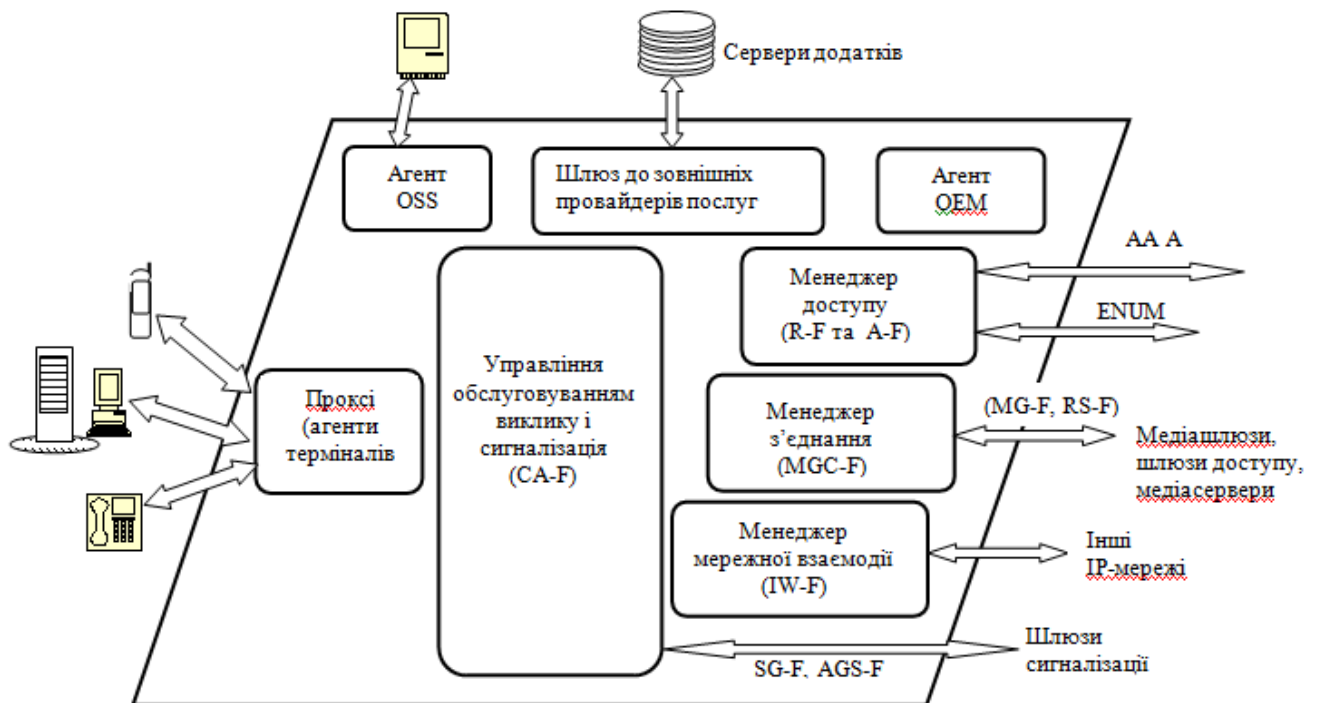
Площина послуг та прикладень може також управляти спеціалізованими компонентами передавання інформації користувачів, наприклад, медіасерверами, які виконують функції конференцзв'язку, IVR і т.д.

На **площині експлуатаційного управління** підтримуються функції активізації абонентів і послуг, техобслуговування, білінгу та інші функції експлуатаційного

управління мережею. Площина експлуатаційного управління може взаємодіяти з деякими або з усіма іншими трьома площинами або по стандартному протоколу (наприклад, по протоколу SNMP), або по внутрішнім протоколам та інтерфейсам API.

### Модуль контролера медіашлюзів

MGC – один із ключових елементів мережі IP-телефонії. MGC в залежності в різних реалізацій відомий під такими назвами: *Softswitch*, *Call Agent*, *Call Controller*, *Telephone Server* та ін. На рис.3 представлені деякі із множини можливостей функціонального компонування MGC.



У представлений на рис.41 контролер MGC входять функціональні блоки:

- менеджера сеансів з'єднання Connection Session Manager (MGC-F);
- управління обслуговуванням виклику та сигналізації (CA-F);
- менеджера взаємодії Interworking/Border Connection Manager (IW-F);
- менеджера сеансів доступу Access Session Manager (R-F/A-F);
- шлюз доступу до відкритих послуг Open Service Access Gateway;
- модулі-посередники прикладень (Proxies);
- агенти системи експлуатаційної підтримки OSS та OEM, які підключаються до зовнішніх менеджерів OSS/OEM, які розміщені в центрі експлуатаційної



підтримки, для забезпечення функцій мережного управління, підготовки до роботи послуг та мережі, техобслуговування і т.д.

### **7.3 Системи сигналізації**

Основна задача Softswitch - узгоджувати різні протоколи сигналізації як мереж одного типу, наприклад, при сполученні мереж H.323 і SIP, так і при взаємодії мереж комутації каналів з IP-мережами.

Основні види сигналізації, які використовує Softswitch, - це сигналізація для управління з'єднаннями, сигналізація для взаємодії різних Softswitch між собою і сигналізація для управління транспортними шлюзами. Основними протоколами сигналізації управління з'єднаннями на сьогодні є SIP-T, ЗКС-7 і H.323. В якості опції використовуються протокол E-DSS1 первинного доступу ISDN, протокол абонентського доступу через інтерфейс V5, а також все ще актуальна сигналізація по виділеним сигнальним каналам CAS.

Основними протоколами сигналізації керування транспортними шлюзами є MGCP і Megaco/H.248, а основними протоколами сигналізації взаємодії між комутаторами SoftSwitch є SIP-T і BICC.

З точки зору мережі комутації каналів, представлений на рис.4 Softswitch, замінює засоби управління обслуговуванням викликів АТС.

Щоб забезпечити надавання послуг абонентам, необхідно використовувати систему сигналізації ЗКС-7 або використати протокол SIP. На сьогоднішній день робочою групою Sigtran, яка входить в IETF, розроблені засоби транспортування повідомлень ЗКС-7 по IP-мережам. Це протокол передавання інформації для управління потоками SCTP (Stream Control Transmission Protocol), який підтримує перенесення сигнальних повідомлень між кінцевими пунктами сигналізації SP в IP-мережі.

На рис.42 представлена взаємодія Softswitch з різними існуючими і перспективними елементами мережі зв'язку загального користування (МЗЗК). Там же видно і розподіл функцій.

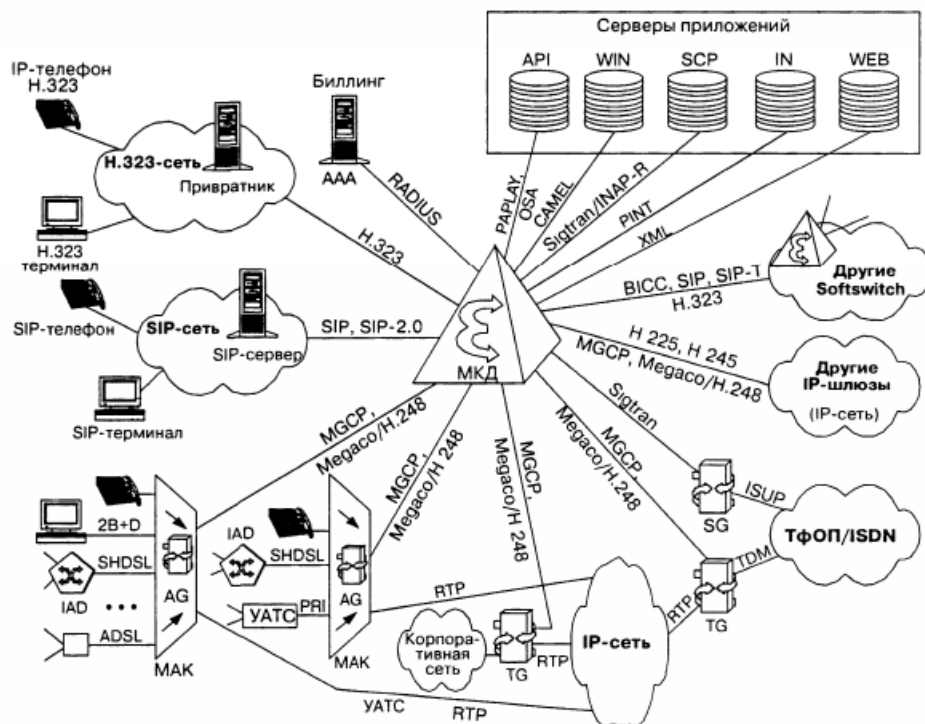


Рисунок 42 – Softswitch у складі мережі зв'язку загального користування

### *Послуги, які надаються*

За рахунок доступу до різних мереж та прикладень, на базі Softswitch набагато простіше організовувати різні види послуг і додаткових видів обслуговування:

- Повний набір сучасних послуг телефонії, таких як інтелектуальна маршрутизація викликів, в залежності від доступності абонента, очікування виклику, утримання і переведення викликів, трьохсторонні конференції, парковка та перехоплення викликів, багатолінійні групи абонентів і т.д.
- Призначення прямих міських номерів на будь-яку з ліній, дозвіл або заборона визначених видів вхідного/вихідного зв'язку на них, отримання статистики з'єднань.
- Широкі можливості активації і деактивації послуг та сервісів на визначеній телефонній лінії, за допомогою кодів активації, які набираються з телефону, за допомогою web-інтерфейсу, за допомогою звернення до голосового порталу IVR, за допомогою меню телефонного апарату.
- Голосові сервіси, такі як голосова пошта, з можливістю відправлення отриманого повідомлення на e-mail і т.д.

## *Softswitch class IV u class V*

На сьогоднішній день Softswitch прийнято розділяти по наявності/відсутності абонентської бази та взаємодії з апаратами кінцевих користувачів.

Softswitch class IV - призначений для організації транзитного центру в деяких операторських мережах. Він здійснює маршрутизацію і розподіл викликів в IP мережах на магістральному рівні, забезпечуючи транзит і перерозподіл трафіку, який отримано від регіональних сегментів.

Softswitch class V - програмні комутатори 5 класу відрізняються можливістю роботи безпосередньо з кінцевими абонентами мережі і надають їм як транспортні послуги, так і додаткові види обслуговування (ДВО).

Створенням програмних комутаторів Softswitch для мереж зв'язку наступного покоління (NGN) займаються багато відомих компаній: Nokia Siemens Networks, Alcatel-Lucent, Ericsson, Unify, Nortel, Cisco, Huawei, Samsung та інші.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Цифровые системы коммутации для ГТС/под ред. В.Г. Карташевского и А.В. Рослякова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 352с.
2. Гепко И.А., Олейник В.Ф., Чайка Ю.Д., Бондаренко А.В. Современные сети: состояние и перспективы их развития. – К.: «ЕКМО», 2009. – 672с.
3. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 345с.
4. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 104с.
5. Хоменок М.Ю., Данилевич А.В. Системы сигнализации в сетях телекоммуникаций: Учеб. пособие по курсу “Системы сигнализации в телекоммуникациях” для студентов специальности “Телекоммуникационные системы” - Мн.: БГУИР, 2000. – 112 с.
6. Дузь В.И. Системы коммутации и распределения информации. Учеб. пособ. / Дузь В.И., Соловская И.Н. – Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2013. – 168 с.
7. Никитюк Л.А., Шерепа И.В. Телекоммуникационные и информационные сети: Навч. Посібник / за редакцією М.В. Захарченка.- Одеса: УДАЗ ім. О.С. Попова, 2000. – 112с.
8. Живиця М.І., Грохольський Я.М., Шелепенко Ю.В., Наталенко П.П., Савінов О.П., Троцько О.О. Телекомунікаційні мережі з комутацією пакетів. Навчальний посібник. – К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2011. – 352с.
9. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи / Б.С. Гольдштейн; Т.1. Протоколы сети доступа. Т.2. – М.: Радио и связь, 2005.
10. Гольдштейн, Б.С. Протокол SIP / Б.С. Гольдштейн, А.А. Зарубин, В.В.Саморезов; Серия «Телекоммуникационные протоколы». – СПб. : БХВ – СПб, 2005.
11. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. SOFTSWITCH. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2006. – 368с.
12. Бакланов, И.Г. NGN: Принципы построения и организации / И.Г. Бакланов;

под ред. Ю.Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008.

13. Девідсон, Джеймс Пітерс, Манож Бхатія, Сатіш Калідінді, Судіпто М. Основи передачі голосових даних по мережах IP (IP Voiceover IP Fundamentals); Вільямс, 2012.

14. Мультиплексор ERM-MUX-PLUS. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Киев, 2014. – 98с.

15. Мультиплексор ETU02-MUX-PLUS. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Киев, 2014. – 74с.

16. Евсеенко Г.Н. Цифровые системы передачи: Учебное пособие. - Ростов-на-Дону: РКСИ, 2005. – 100с.

17. Атцик А.А. Протокол Megaco/H.248 / А.А. Атцик, А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн; Серия «Телекоммуникационные протоколы». – СПб. : БХВ – СПб, 2009.

18. Ткаленко О.М., Невдачина О.В. SIP-технологія в IP-мережах: навчальний посібник / О.М. Ткаленко, О.В. Невдачина // Київ: ДУТ, 2015.

