

Міністерство освіти і науки України  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**О. І. Романов, О. В. Гетьман**

# **ЕВОЛЮЦІЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І УПРАВЛІННЯ В ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОННИХ КОМУНІКАЦІЙ**

**Навчальний посібник**

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра  
за освітньою програмою «Інженерія та програмування в інфокомунікаціях»  
спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка»

Електронне мережеве навчальне видання

Київ  
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО  
2026

УДК 621.395

Автори: *Романов Олександр Іванович*, д-р техн. наук, проф.  
*Гетьман Олена Володимирівна*

Рецензент *Лисенко О.І.*, д-р техн. наук, проф.,  
НН ІТС КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний редактор *Скулиш М.А.*, д-р техн. наук, проф

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол № 6 від 03.04.2026)  
за поданням вченої ради за поданням вченої ради Навчально-  
наукового інституту телекомунікаційних систем (протокол  
№ 2 від 23.02.2026)*

**Романов О. І.**

B19 Еволюція телекомунікаційних технологій і управління в галузі електронних комунікацій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Інженерія та програмування в інфокомунікаціях» спец. G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка»/ О. І. Романов, О. В. Гетьман ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. –Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026. – 46 с.

Навчальний посібник призначений для студентів, які здобувають ступінь магістра в галузі знань G2 «Інженерія, виробництво та будівництво» зі спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка». У посібнику розглядаються питання теорії і практики розвитку технологій телекомунікаційних мереж.

У посібнику проаналізовано вимоги до телекомунікаційних платформ і шляхи їх вирішення на базі сучасних концепцій побудови телекомунікацій. Розглянуто шляхи створення загального телекомунікаційного середовища, яке б забезпечило взаємодію мереж на базі різних технологій. А також напрямки гармонійного розвитку телекомунікацій, при якому мережі, що використовують ефективні технології, захоплювали б все більший сегмент ринку, а мережі, що використовують застарілі технології, поступово відмирили. Розглянуто еволюцію технологій телекомунікаційних мереж. Проаналізовано історичні умови появи тієї чи іншої технології, проблеми, які вони дозволили вирішити, напрямки розвитку телекомунікаційного ринку, актуальність тієї чи іншої технології на сучасному етапі.

Навчальний посібник розрахований на студентів бакалаврату, але також може бути корисним для фахівців, які прагнуть підвищити свою кваліфікацію в галузі розробки веб-додатків та сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

УДК 621.395

Реєстр. № 25/26-275. Обсяг 2,2 авт. арк.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056  
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів  
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© О. І. Романов, О. В. Гетьман, 2026

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2026

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ЕВОЛЮЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ	
1.1. Вимоги до сучасних телекомунікаційних середовищ .....	5
1.2. Концепції побудови телекомунікаційних мереж .....	6
РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ НА БАЗІ	
КОНЦЕПЦІЇ NGN .....	7
2.1 Багаторівнева архітектура мережі NGN.....	7
2.2 Архітектура OSA / Parlay в мережі NGN .....	9
2.3 Рівень управління мережі NGN .....	9
2.4 Транспортний рівень мережі NGN.....	10
РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ НА БАЗІ	
КОНЦЕПЦІЯ IMS.....	12
3.1 Багаторівнева архітектура мережі IMS .....	12
3.2 Транспортний рівень мережі IMS.....	13
3.3 Рівень управління мережі IMS.....	14
РОЗДІЛ 4. ЕВОЛЮЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ МЕРЕЖ З КОМУТАЦІЄЮ КАНАЛІВ	
.....	16
4.1 Мережа ISDN (Integrated Services Digital Network) .....	16
4.2 Мережа загальноканалної сигналізації ЗКС №7 (SS №7) .....	18
4.3 Принцип побудови інтелектуальної мережі з комутацією каналів .....	20
РОЗДІЛ 5. ЕВОЛЮЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ МЕРЕЖ З КОМУТАЦІЄЮ ПАКЕТІВ	23
5.1 Мережі з технологією детермінованого доступу до середовища Token Ring і FDDI .....	23
5.2 Технологія Ethernet із розпізнаванням несучої і виявленням колізій CSMA / CD .....	25
5.3 Технології X.25, Frame Relay, ATM .....	25
5.4 Технологія MPLS .....	28
РОЗДІЛ 6. КОНЦЕПЦІЇ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ	
МЕРЕЖАМИ.....	31
6.1. Цілі і завдання впровадження систем управління телекомунікаційними мережами.....	31
6.2. Концепція TMN (Telecommunications Management Network - мережа управління телекомунікаціями) .....	32
6.3. Концепція Smart TMN .....	32
6.4. Концепція CORBA .....	33
6.5. Концепція IETF.....	34
6.6. Концепція TINA .....	35
6.7. Платформа мережевого управління TeMIP фірми Compaq .....	37
6.8. Платформа мережевого управління HP Open View фірми Hewlett - Packard .....	41
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	45

## ВСТУП

У посібнику розглядаються питання теорії і практики розвитку технологій телекомунікаційних мереж і систем управління ними. Проаналізовано вимоги до сучасних телекомунікаційних платформ і шляхи їх вирішення на базі концепцій NGN (Next Generation Network) і IMS (IP Multimedia Subsystem). Розглянуто шляхи створення загального телекомунікаційного середовища, яке б забезпечило взаємодію мереж на базі різних технологій. А також напрямки гармонійного розвитку телекомунікацій, при якому мережі, що використовують ефективні технології, захоплювали б все більший сегмент ринку, а мережі, що використовують застарілі технології, поступово відмирили. Розглянуто еволюцію технологій телекомунікаційних мереж. Проаналізовано історичні умови появи тієї чи іншої технології, проблеми, які вони дозволили вирішити, напрямки розвитку телекомунікаційного ринку, актуальність тієї чи іншої технології на сучасному етапі.

Багато уваги приділено концепціям побудови систем управління інфокомунікаційними мережами. Розглянуто основні вимоги наступних концепцій: TMN (Telecommunications Management Network), Smart TMN (форум управління телекомунікаціями TM Forum), Концепція CORBA, NMF (Network Management Framework Спеціальній комісії Інтернет-розробок IETF), TINA; TeMIP фірми Compaq. HP Open View фірми Hewlett - Packard.

Навчальний посібник розрахований на студентів магістратури, але також може бути корисним для бакалаврів і фахівців, які прагнуть підвищити свою кваліфікацію в галузі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій та методів управління мережами різних технологій .

## **РОЗДІЛ 1. ЕВОЛЮЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

У розділі розглядаються питання теорії і практики розвитку технологій телекомунікаційних мереж. Проаналізовано вимоги до сучасних телекомунікаційних мереж і шляхи їх вирішення на базі концепцій NGN (Next Generation Network) і IMS (IP Multimedia Subsystem).

Розглянуто еволюцію технологій телекомунікаційних мереж. Проаналізовано історичні умови появи тієї чи іншої технології, проблеми, які вони дозволили вирішити, напрямки розвитку телекомунікаційного ринку, актуальність тієї чи іншої технології на сучасному етапі.

### **1.1. Вимоги до сучасних телекомунікаційних середовищ**

На сучасному етапі розвитку телекомунікацій до мереж висуваються наступні основні вимоги:

- прозорість телекомунікаційного середовища, під якою розуміється забезпечення взаємодії мереж, побудованих на базі різнорідного обладнання;
- мультисервісність, під якою розуміється незалежність виду послуг, що надаються, від транспортних технологій;
- мультимедійність, під якою розуміється здатність передавати дані, відео та аудіо інформацію із синхронізацією в реальному масштабі часу;
- інтелектуальність, під якою розуміється можливість управління послугою або викликом, як з боку користувача, так і постачальника послуг;
- багатооператорність, під якою розуміється можливість участі кількох операторів в процесі надання послуги і поділ їх відповідальності відповідно до області діяльності;
- використання масштабованих технічних рішень при побудові телекомунікаційних мереж та інш.

## **1.2. Концепції побудови телекомунікаційних мереж**

Для забезпечення виконання до телекомунікаційних середовищ Міжнародним Союзом Електрозв'язку ІТУ розроблені дві концепції:

1. Концепція побудови мереж зв'язку наступного покоління NGN (Next Generation Network).
2. Концепція побудови IMS (IP Multimedia Subsystem).

## **РОЗДІЛ 2. ПОБУДОВА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ НА БАЗІ КОНЦЕПЦІЇ NGN**

Історично першою з'явилася концепція NGN. Вона розроблялася в умовах наявності великої кількості різнорідних мереж, побудованих на різних технологіях. Тому в рамках концепції NGN вирішувалися такі основні завдання [1,2]:

- створення спільного телекомунікаційного простору, яке б забезпечило взаємодію мереж незалежно від технологій, які в них використовуються;
- виділення рівнів, в рамках яких розвиток технологій міг би вестись фахівцями різних галузей знань незалежно один від одного;
- гармонійний розвиток телекомунікацій, при якому мережі, що використовують ефективні технології, захоплювали б все більший сегмент ринку, а мережі, що використовують застарілі технології, поступово відмирили;
- швидке впровадження нових сервісів із мінімальними витратами;
- підтримка мобільності абонентів та інш.

### **2.1 Багаторівнева архітектура мережі NGN**

Дослідження в області NGN показали, що в перспективних мережах повинно бути реалізовано чітке функціональне розмежування рівнів:

1. Рівень послуг та додатків.
2. Рівень управління.
3. Рівень базової транспортної мережі.
4. Рівень мереж доступу.

Спрощено модель архітектури мережі NGN можна представити в наступному вигляді (рис.2.1).

Розгорнута архітектура мережі NGN, на якій показані компоненти мереж, побудованих на різних технологіях, представлена на рис. 2.2.

Рівень послуг забезпечує:

1. Доступність послуг всім користувачам, незалежно від місця їх підключення, способу доступ і типу транспортної мережі, яка їх обслуговує.
2. Взаємодію з транспортною мережею через відкриті інтерфейси.



Рис. 2.1. Модель архітектури мережі NGN

3. Можливість розробки програмного забезпечення послуг і додатків, без втручання у функціонування інших рівнів.

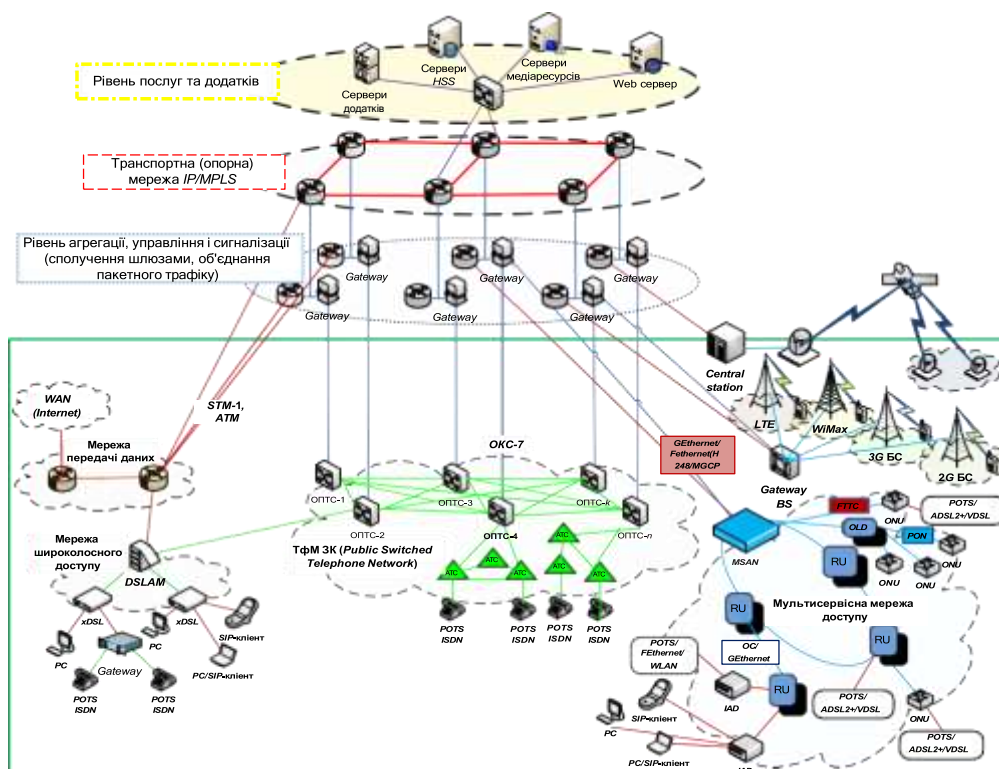


Рис. 2.2. Розгорнута архітектура мережі NGN

Використання такої архітектури мережі NGN дозволяє забезпечити створення спільного телекомунікаційного простору, яке забезпечує взаємодію різних мереж незалежно від технологій, які в них використовуються

## 2.2 Архітектура OSA / Parlay в мережі NGN

В якості механізму, що дозволяє швидко і гнучко розгортати послуги, була використана концепція OSA (Open Services Access). Одним із варіантів реалізації концепції OSA, було створення консорціумом Parlay Group відкритого інтерфейсу API (Application Programming Interface). На рис 2.3. представлена архітектура Parlay, де показано, що різні телекомунікаційні мережі мають різні мережеві елементи, які забезпечують виконання необхідних функцій для обслуговування мережевого навантаження.

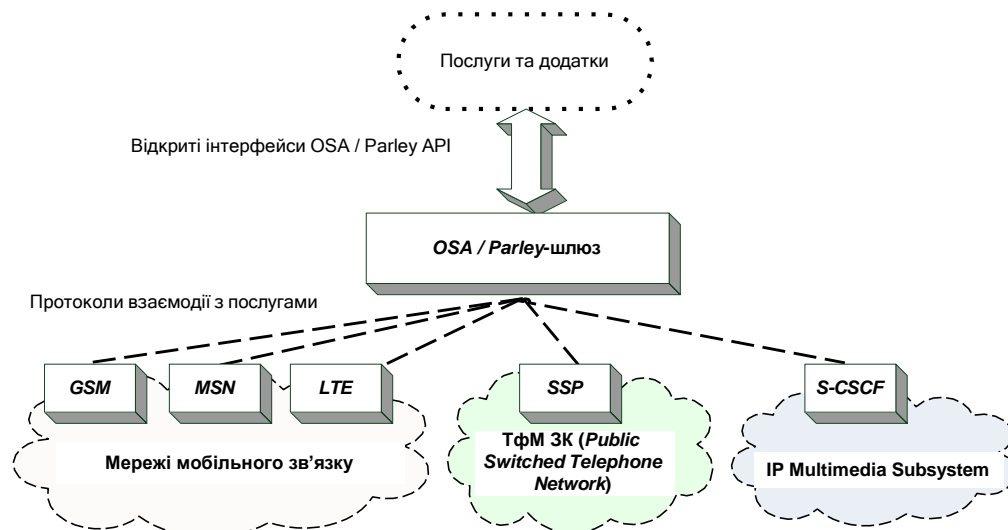


Рис. 2.3. Архітектура OSA / Parlay

Кожен з цих елементів виходить на шлюз (Gateway) за своїм протоколом, а завдання шлюзу OSA / Parlay полягає в тому, щоб звести всі протоколи до єдиних інтерфейсів API.

## 2.3 Рівень управління мережі NGN

На рівні управління вирішуються такі завдання:

1. Забезпечення взаємодії мереж.

2. Приведення транспортних потоків мереж з різними технологіями до єдиного вигляду.
3. Забезпечення взаємодії різних систем сигналізації.
4. Управління викликами і маршрутизація потоків.
5. Перетворення і забезпечення взаємодії різних систем сигналізації та ін.

Основним елементом рівня управління в мережі NGN є програмний комутатор - Softswitch. Крім того, можуть використовуватися Media Gateway (медіашлюзи), які перетворюють потоки інформації в формат мережі доступу і направляють їх в потрібні канали. Слід зазначити, що SoftSwitch різних виробників, виявилися несумісними між собою.

## 2.4 Транспортний рівень мережі NGN

Завданням транспортного рівня є комутація і прозора передача інформації користувачів. Транспортний рівень NGN розглядається як рівень, складовими частинами якого є мережа доступу і базова мережа. Під мережею доступу розуміється мережева інфраструктура, що складається з абонентських ліній, вузлів доступу і систем передачі, що забезпечують підключення користувачів до точки агрегації трафіку.

Особливістю NGN є використання універсальної базової мережі, що базується на технологіях пакетної комутації. Базова мережа – це універсальна мережа, яка реалізує функції транспортування і комутації. Базова мережа може бути представлена у вигляді трьох рівнів (рис. 2.4.):

- технології комутації пакетів (IP, ATM, MPLS);
- технології формування тракту (наприклад, SDH, Carrier Ethernet);
- середовища передачі сигналів (наприклад, оптичний кабель і використання технології xWDM [2]).

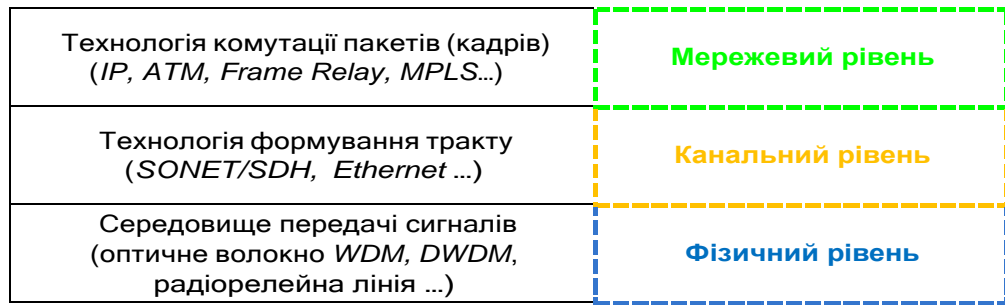


Рис. 2.4. Модель базової мережі

При виборі технологічної основи комутації найбільш перспективною вважається IP/MPLS.

Таким чином, концепція NGN забезпечує вирішення наступних завдань:

1. Впровадження нових послуг не залежить від транспортної структури.
2. Можливість інтеграції послуг різних провайдерів.
3. Використання уніфікованих відкритих інтерфейсів.
4. Інтеграція мереж фіксованого і мобільного доступу.
5. Ідентифікація абонентів у всіх сегментах доступу і єдиний абонентський профіль та інш.

## **РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ НА БАЗІ КОНЦЕПЦІЯ IMS**

У зв'язку з несумісністю обладнання SoftSwitch різних виробників, з'явилася концепція IMS (IP Multimedia Subsystem), в якій розроблені регламентуючі документи по трансформації NGN з мереж з пакетною передачею голосу в реальні мультисервісні мережі [2,3,4]. Суть переходу від концепції мереж NGN до концепції мереж IMS представлено на рис. 3.1. Архітектури NGN і IMS мають схожий розподіл за рівнями. Рівень послуг і додатків однаковий як в NGN, так і в IMS. Транспортний рівень теж має багато загального. У IMS транспортний рівень і рівень доступу мережі NGN об'єднані під назвою транспортний рівень IMS.

Основні відмінності NGN і IMS в реалізації рівня управління. В системі IMS класичний SoftSwitch, керуючий всім трафіком, заміщається мультисервісної платформою із набором проксі-серверів. Кожен сервер керує отриманням послуг певного типу, має власний інтерфейс для взаємодії із транспортною мережею і всі сервери підключені до єдиної бази даних, в яку заноситься вся інформація про трафік і отримані послуги. У базі є зовнішній інтерфейс, що дозволяє стороннім провайдерам отримувати інформацію, необхідну для взаєморозрахунків.

### **3.1 Багаторівнева архітектура мережі IMS**

Відповідно до концепції IMS відділяються три головні рівні (рис. 3.1):

- транспортний рівень;
- рівень управління;
- рівень послуг.

Архітектура IMS визначена в стандартах 3GPP (3rd Generation Partnership Project), Європейського інституту стандартів зв'язку. Розглянемо основне призначення і функції елементів IMS (рис. 3.2).

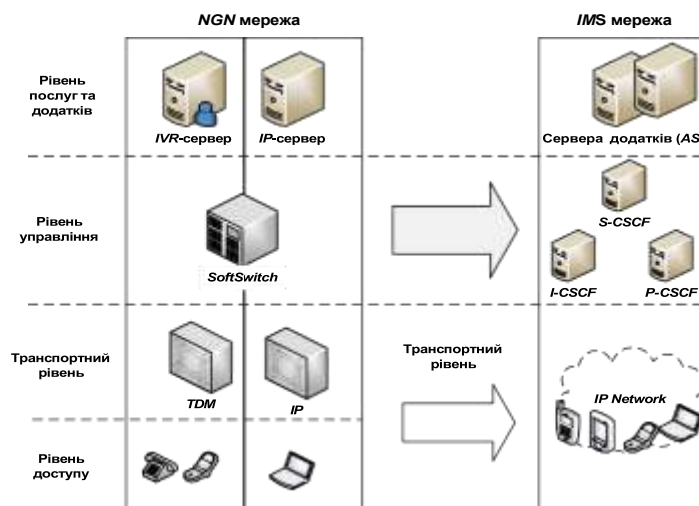


Рис. 3.1. Перехід мереж NGN до мереж IMS

### 3.2 Транспортний рівень мережі IMS

На транспортному рівні відбувається перетворення мови з аналогової або цифрової форми в IP-пакети з використанням протоколу RTP (Realtime Transport Protocol). На даному рівні функціонують медіа шлюзи, що перетворюють базові потоки VoIP в телефонний формат TDM. Медіа сервер надає різні медіа сервіси, в тому числі конференц-зв'язок, відтворення оповіщень, збір тонових сигналів, розпізнавання мови, синтез мови та інш.

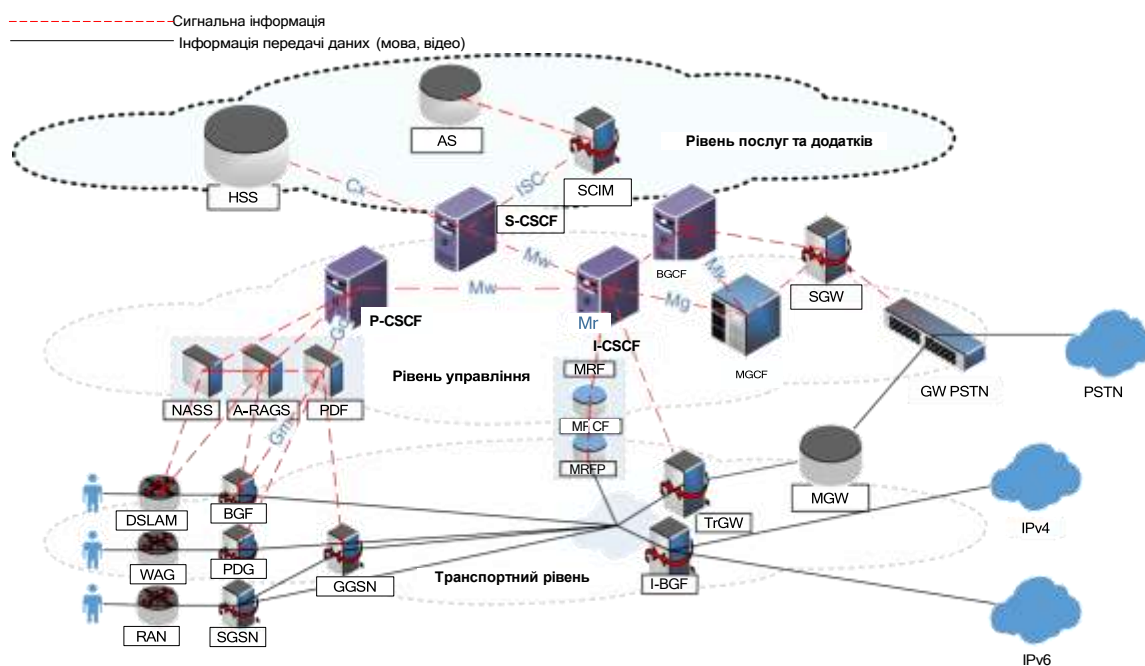


Рис. 3.2. Елементи архітектури IMS

Ресурси медіа сервера доступні всім додаткам. Тобто, будь-який

додаток (голосова пошта, безкоштовний номер 800, інтерактивні VXML-сервіси), якому потрібно відтворити сповіщення або отримати цифри номера, може використовувати загальний сервер. Медіа сервери підтримують і нетелефонні функції, наприклад, тиражування голосових потоків для надання сервісу миттєвого багатоточкового зв'язку. При використанні загального пулу медіа серверів відпадає необхідність у плануванні та інжинірингу медіа ресурсів для кожного окремого додатка.

На транспортному рівні вирішуються такі основні завдання:

1. Забезпечення доступу користувачів до транспортної мережі.
2. Створення середовища передачі сигналів.
3. Формування каналів і трактів для передавання інформації.
4. Комутація і розподіл інформації.

Для вирішення завдань на транспортному рівні використовуються наступні елементи: MGW (Media Gate Way), I-BGF (Interconnect Border Gateway Function), GGSN (Gateway GPRS Support Node), RAN (Radio Access Network), PDG (Packet Data Gateway), WAG (Wireless Access Gateway), A-BGF / BAS, DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer).

### **3.3 Рівень управління мережі IMS**

На рівні управління вирішуються завдання сигналізації, розподілу інформації і організації взаємодії телекомунікаційних мереж із різними технологіями. Він забезпечує вирішення таких завдань:

1. Приведення мереж різних технологій до використання в якості основного протоколу сигналізації протоколу SIP.
2. Приведення мереж різних технологій до використання в якості основного транспортного протоколу IP.
3. Використання єдиного сценарію обслуговування користувачів, як в стаціонарних, так і мобільних мережах.
4. Створення профілю користувачів в домашній базі даних HSS.
5. Створення єдиних принципів авторизації, ідентифікації та

тарифікації для мереж різних технологій.

Для вирішення завдань на рівні управління є наступні елементи: CSCF (Call Session Control Function), P-CSCF (Proxy Call Session Control Function), I-CSCF (Interrogating CSCF), S-CSCF (Serving-CSCF), BGCF (Breakout Gateway Control Function), MGCF (Media Gateways Control Function), SGW (Signaling Gateway), RACS (The Resource and Access Control), PDF (Policy Decision Function), NASS (Network Attachment Subsystem).

Центральним елементом архітектури IMS є блок функцій CSCF, який здійснює виконання всіх завдань управління. Ці завдання розподіляються між трьома функціональними блоками:

1. P-CSCF, який призначений забезпечити взаємодію всіх видів терміналів, запису профілю користувачів в домашній бази даних HSS.

2. I-CSCF, який призначений для взаємодії з іншими доменами IMS. Наприклад, однією з його основних завдань є визначення місця розташування абонента, якщо його HSS знаходиться в іншому домені IMS.

3. S-CSCF, який призначений для обробки всіх сигнальних SIP-повідомлень, а також для забезпечення доступу абонентів до серверів додатків відповідно до профілю обслуговування, який міститься в домашньому сервері абонента HSS.

Ці три типу функціональних блоки P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF працюють спільно при обслуговуванні кожної заявки. Їх кількість залежить від кількості завдань, об'єму і типу навантаження в мережі IMS [5]. Інші елементи вирішують часткові задачі:

Рівень послуг і додатків забезпечує надання різних послуг користувачам мережі. Послуги розгорнуті на базі серверів. Суть процесу надання послуги полягає в отриманні запиту від користувача на послугу і підключення його до необхідного сервера, який реалізує дану послугу.

Верхній рівень еталонної архітектури IMS містить набір серверів додатків, які, в принципі, не є елементами IMS. Ці елементи верхньої площині включають в свій склад як мультимедійні IP-додатки, що базуються на протоколі SIP, так і додатки, які реалізуються в мобільних мережах на базі віртуального домашнього середовища .

## РОЗДІЛ 4. ЕВОЛЮЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ МЕРЕЖ З КОМУТАЦІЄЮ КАНАЛІВ

На початковому етапі розвитку телекомунікацій будувалися аналогові мережі окремо для кожного виду інформації: телефонні, телеграфні, передачі даних, факсимільні та інші мережі. Недоліками цих мереж були: низька якість трактів, висока ймовірність помилки в каналах зв'язку, високі витрати на побудову і обслуговування, низький рівень уніфікації обладнання та стандартизації мереж. Перша технологія, яка дозволила зробити великий крок вперед у вирішенні цих проблем була технологія ISDN [6].

### 4.1 Мережа ISDN (Integrated Services Digital Network)

Мережа ISDN (Integrated Services Digital Network) забезпечила інтеграцію телефонної мережі і мережі передачі даних. Мережі ISDN забезпечили швидкість передачі даних 64 Кбіт/с при використанні одного і 128 Кбіт/с при використанні двох цифрових каналів зв'язку. Доступ в мережах ISDN забезпечувався ISDN-модемом, який працював по протоколу BRI (Basic Rate Interface – базовий доступ). Лінія ISDN містить 2 В-канали по 64 кбіт/с. Один канал може використовуватися для телефонної розмови, інший – для передачі даних (наприклад для доступу в Internet). Якщо в даний момент ніхто не говорить по телефону, швидкість доступу в Internet може становити 128 кбіт/с. Крім того, в BRI-доступі є D-канал сигналізації потужністю 16 кбіт/с.

На рис 4.1 показано, що в мережу ISDN підключено три пристрої: телефон, факс і комп'ютер. А в загальному випадку їх число може доходити до 7 і при цьому кожен пристрій може мати свою адресу. В аналогових мережах на одну абонентську лінію можна було підключити тільки один телефонний апарат з одним мережевим номером.

Крім того, було передбачено виконання функцій ISDN-модему комп'ютером, котрий забезпечував підключення звичайного аналогового телефону, факсу та іншого обладнання по BRI-лінії. З появою мереж ISDN вперше з'явилася можливість організації аудіо та відео конференц-зв'язку між віддаленими абонентами. На рис. 4.2 показана схема організації

відеоконференції. По лініях BRI в найпростішому випадку можлива організація відеозв'язку між двома учасниками. Для більшої кількості учасників вимагається сервер відеоконференцій, що підключається через спеціальний мультиплексор.

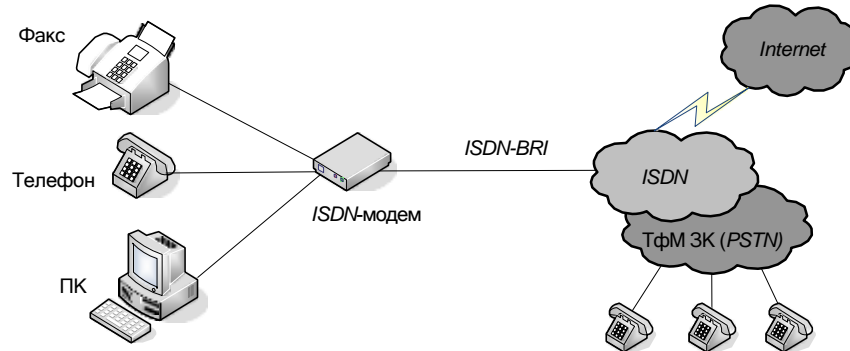


Рис. 4.1. Принцип підключення пристроїв користувача ISDN

У стандартах ISDN, крім BRI-доступу, передбачений PRI доступ (Primary Rate Interface – первинний доступ), який служить підключенню, наприклад, відомчих АТС. Він містить 30 В-каналів по 64 кбіт/с і канал сигналізації 64 кбіт/с. Сумарна пропускна здатність такої лінії 2,048 Мбіт/с.

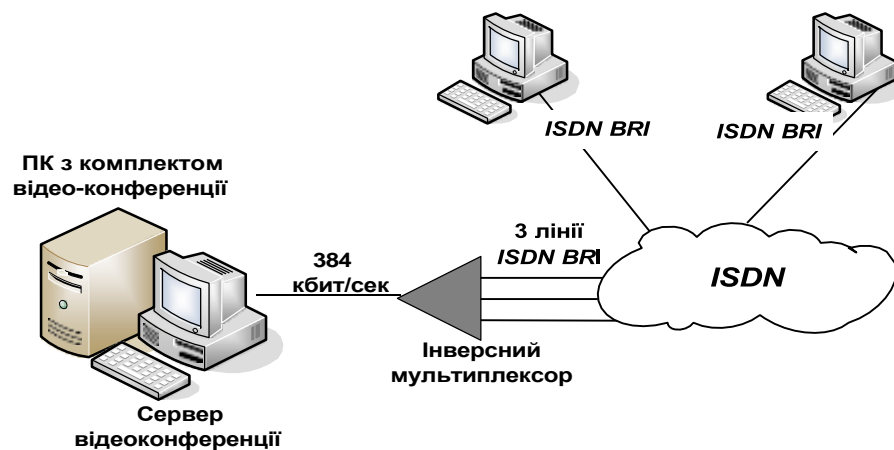


Рис. 4.2. Відеоконференція в ISDN-мережі

Великим досягненням розвитку технології ISDN було проведення стандартизації обладнання. Раніше кожен виробник випускав обладнання самостійно, не використовуючи загальноприйняті рекомендації. Тому часто однакові типи обладнання не взаємодіяли один з одним.

## 4.2 Мережа загальноканальної сигналізації ЗКС №7 (SS №7)

Сьогодні доля мережі ISDN виглядає мало перспективною. Але ще на довгі роки збережеться мережа загальноканальної сигналізації ЗКС №7 (Signalling System №7), яка створювалася як мережа сигналізації між віддаленими ISDN-абонентами (рис. 4.3.). Причому, даний тип сигналізації використовується, як в стаціонарній мережі загального користування, так і в мережах операторів мобільного зв'язку 2G і 3G [7]. На той час стався цікавий парадокс. Для цифрової мережі із комутацією каналів була створена мережа сигналізації з комутацією пакетів. Повідомлення в мережі ЗКС №7 (SS7) передаються між її елементами зі швидкістю 64 Кбіт/с. А на напрямках з великим завантаженням 2048 кбіт/с по двонаправленим каналах. Кожен пункт сигналізації STP в мережі ЗКС №7 однозначно розпізнається числовим кодом.

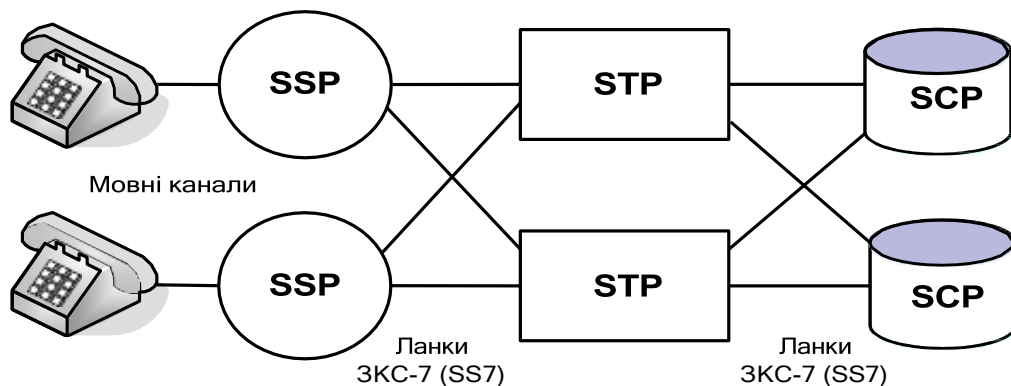


Рис. 4.3. Взаємодія SSP і SCP через пункти сигналізації ЗКС №7

Коди STP передаються в сигнальних повідомленнях. Кожен пункт сигналізації використовує таблицю маршрутизації, щоб вибрати відповідний маршрут сигналізації для кожного повідомлення.

На рис. 1.9 показані два елементи, які важливі як для мережі ISDN, так і для інтелектуальної мережі:

- комутатор послуг (SSP – service switching point);
- контролер послуг (SCP – service control point).

На рис. 4.4. приведено алгоритм встановлення з'єднання по протоколу ISUP.

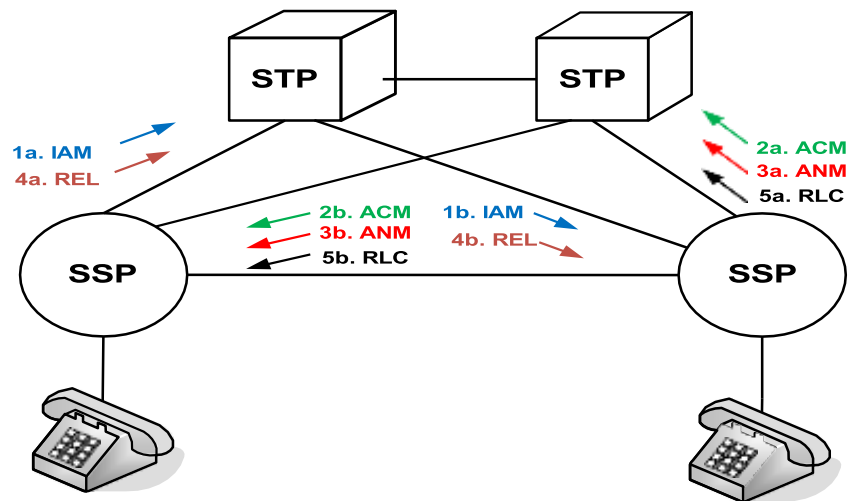


Рис 4.4. Алгоритм встановлення з'єднання по протоколу ISUP

Мережа ЗКС №7 критична до швидкості обробки виклику. Тому SCP і STP зазвичай об'єднуються в пари. Це дозволяє гарантувати виконання мережевої послуги в разі відмови на будь-якому елементі. Ланки між пунктами сигналізації також дублюються.

На що хотілося б звернути особливу увагу. На рис. 4.4. показано, що процес взаємодії двох абонентів йде по двох незалежних гілках. Верхня частина – це обмін сигнальними повідомленнями і визначення шляху передачі інформації. Нижня частина – це шлях проходження інформації між абонентами. Сигнальна інформація займає малий об'єм, але вимагає високої швидкості обробки. Інформація абонентів займає великий обсяг. За неї оператор отримує абонентську плату. Але вона не вимагає великої оперативності при обробці.

Суть процесу еволюції від ISDN-мережі до інтелектуальної мережі представлено на рис. 4.5 і рис. 4.6. На ранніх етапах розвитку телекомунікацій, пристрій управління АТС включало до свого складу контролер базових послуг, контролер додаткових видів обслуговування (ДВО) і блок управління системою сигналізації ЗКС-7. Як бачимо, надання базових послуг і ДВО забезпечували різні контролери (рис. 4.5).

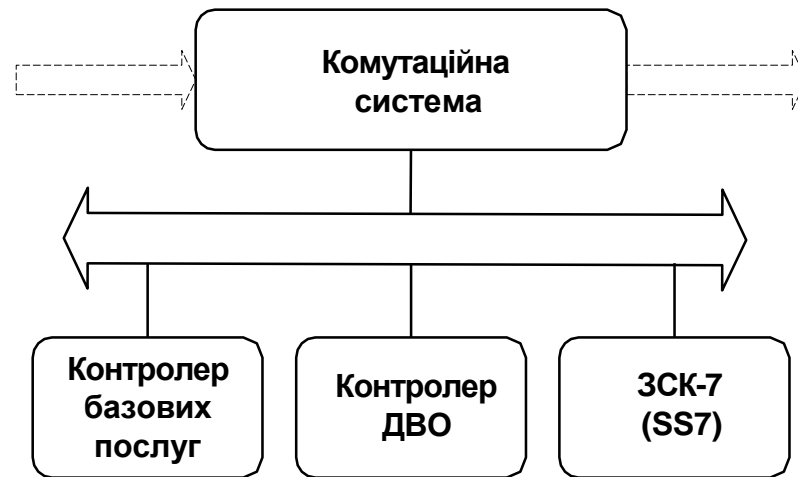


Рис 4.5. Принцип надання базових послуг і ДВО в мережі ISDN

Такий принцип надання послуг виявився дуже витратним. Послугами могли користуватися тільки ті абоненти, які включені в дану АТС. Обмежена доступність робило послугу дуже дорогою.

#### 4.3 Принцип побудови інтелектуальної мережі з комутацією каналів

В інтелектуальній мережі був змінений принцип надання послуг. Контролер ДВО був винесений зі складу АТС і став окремим елементом мережі. Доступ до контролера ДВО став здійснюватися по мережі ЗСК-7 [8,9]. Тепер послугами ДВО міг скористатися будь-який користувач мережі.

На рис. 4.6. показана концепція надання послуг в інтелектуальних мережах. Основним елементом надання послуг (ДВО) став загальномережевий контролер SCP, який доступний всім АТС (вони зветься: SSP1, ..., SSPn). Об'єкти – SSP і SCP взаємодіють по протоколу INAP, використовуючи мережу сигналізації ЗСК-7.

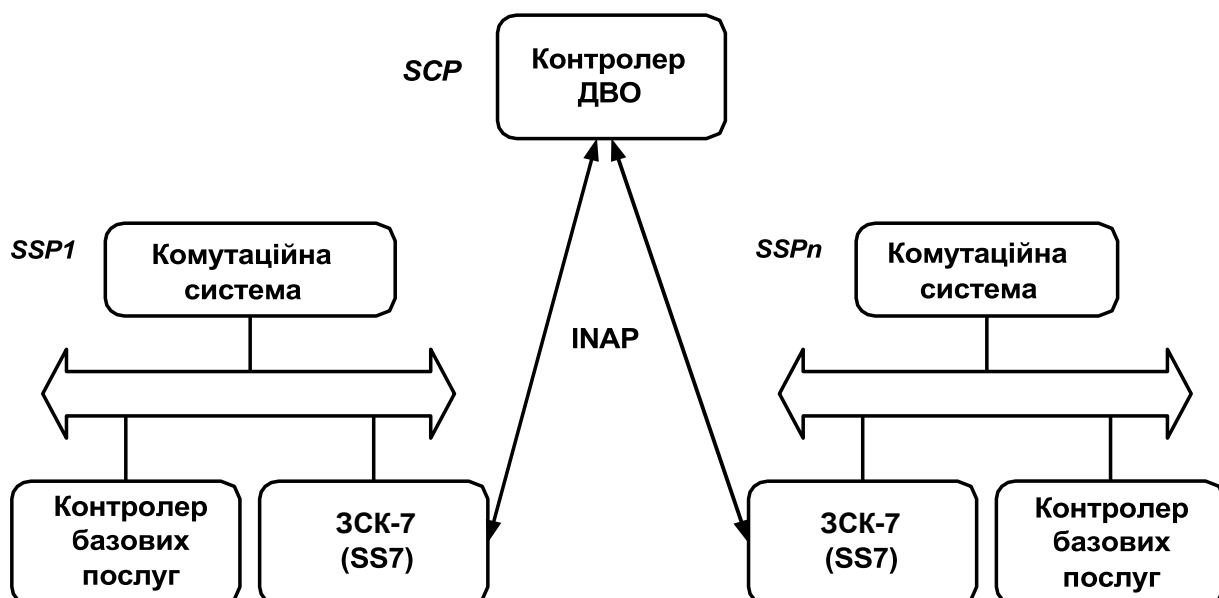


Рис 4.6. Структура інтелектуальної мережі

Надалі структура і склад інтелектуальної мережі були доопрацьовані і вона прийняла вигляд, представлений на рис. 4.7. Основним елементом інтелектуальної мережі є сервер (контролер послуг) з базою даних, в якій зберігаються дані про послуги. Контролер послуг містить програми надання додаткових послуг, наприклад: „передплачена телефонна карта”, „безкоштовний виклик”, „телеголосування” та інш. Цей контролер називається SCP контролером послуг. SCP, через мережу сигналізації ЗСК-7 по протоколу INAP, доступний всім АТС із властивостями SSP.

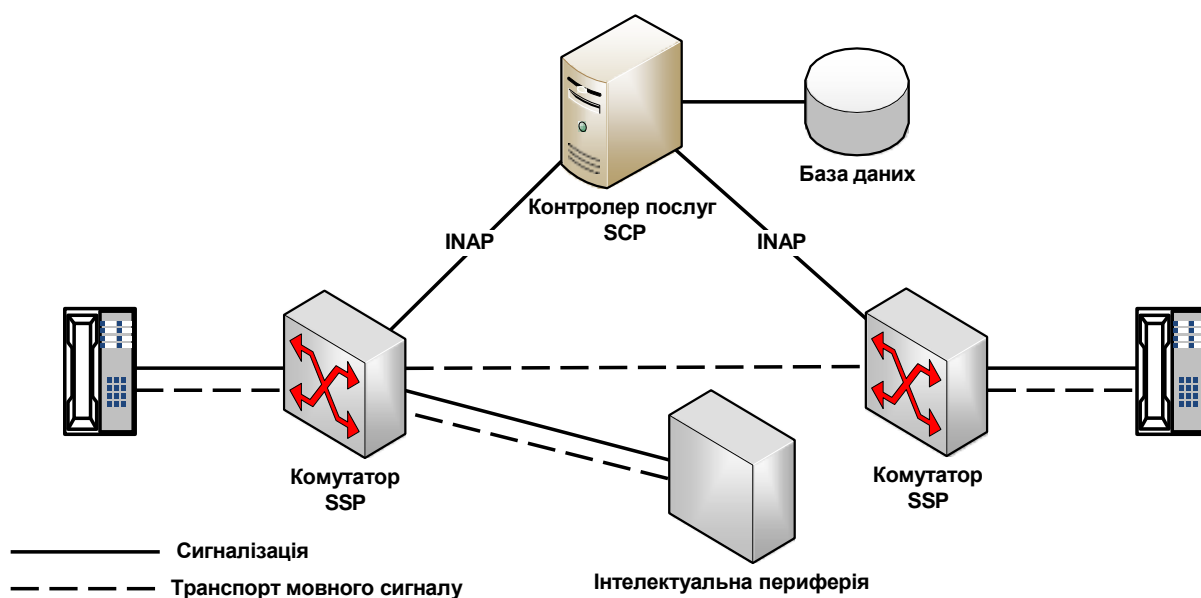


Рис 4.7. Спрощена структура інтелектуальної мережі

Важливу роль відіграє інтелектуальна периферія – аналог пристроїв механічного голосу в „старих” АТС. У мережі NGN цей вузол називається медіасервером. Інтелектуальна периферія за командами контролеру SCP „спілкується” із абонентом. Наприклад, просить ввести PIN-код, розпізнає його і повідомляє контролер SCP. Контролер SCP черпає також інформацію із бази даних і управляє наданням інтелектуальних (додаткових) послуг.

## **РОЗДІЛ 5. ЕВОЛЮЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ МЕРЕЖ З КОМУТАЦІЄЮ ПАКЕТІВ**

Мережі з комутацією пакетів почали розроблятися в 60-і роки. Основною метою таких розробок було створення комп'ютерної мережі, здатної вціліти в умовах ядерної війни. Американське агентство ARPA профінансувало розробку в області мереж з пакетною комутацією і в 1969 році була створена мережа ARPANET, попередник Internet [10]. До початку 80-х років був розроблений стек протоколів TCP/IP і мережа Internet об'єднала ряд університетів.

Перші мережі з комутацією пакетів охоплювали невеликі території і містили в своєму складі невелику кількість кінцевих пристроїв. Тому такі мережі отримали назву локальних мереж. По способу доступу до середовища передачі, технології локальних мереж можна розділити на детерміновані і випадкові. У разі використання детермінованих алгоритмів, доступ здійснюється в порядку черговості. У разі використання випадкового алгоритму, доступ здійснюється в випадкові моменти часу.

При використанні випадкового алгоритму є висока ймовірність колізії. Тобто ситуації, коли два або більше пристроїв, підключених до загального середовища, починають одночасно передавати дані. В результаті накладання сигналів при колізії дані губляться, і пристрої змушені повторювати передачу спочатку. Через наявність колізій корисна смуга пропускання становить не більше 60-70% смуги пропускання середовища передачі.

### **5.1 Мережі з технологією детермінованого доступу до середовища Token Ring і FDDI**

Технологія детермінованого доступу до середовища використовується в мережах Token Ring і FDDI.

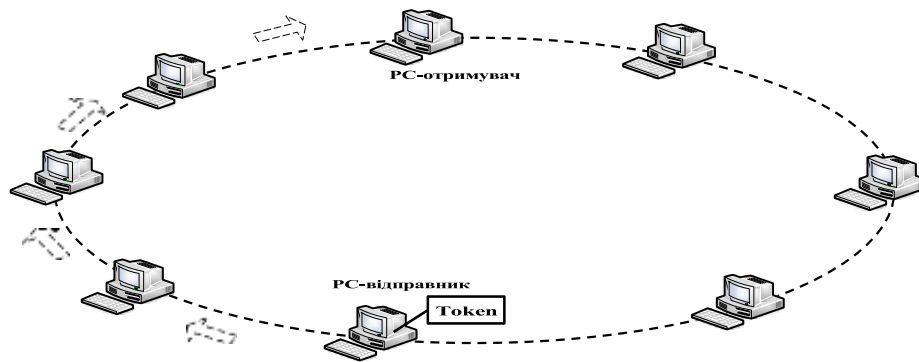


Рис.5.1. Структура мережі Token Ring

Token Ring будується на основі кільцевої топології (рис. 5.1.). Передача даних здійснюється послідовно по кільцю від 1-го вузла до 2-го, від 2-го до 3-му і так далі. У тому випадку, якщо передача даних відсутній, в мережі циркулює кадр спеціального формату – маркер (token). Якщо вузол повинен передати кадр даних, він очікує отримання маркера. Отримавши маркер, вузол замість маркера відправляє кадр даних по кільцю, який передається до одержувача, і далі від одержувача до відправника. Отримавши свій фрейм, відправник порівнює передану інформацію і прийняту, і в разі відсутності помилок, відправляє маркер в мережу. Після цього право на передачу даних може бути отримано іншим вузлом. Таким чином, право на передачу даних по черзі переходить від одного вузла до іншого. Як правило, смуга пропускання мереж Token Ring – 4 і 16 Мбіт / с, а кількість вузлів в одному логічному кільці – до 240.

Мережі FDDI також побудовані на основі маркерного доступу. З метою підвищення надійності, у мережах FDDI використовується два кільця – основне і резервне (рис. 5.1. а) довжиною 100 км. У разі розриву основного кільця відбувається об'єднання двох кілець в одне. При наступних розривах мережі, вона розпадається на ізольовані сегменти.

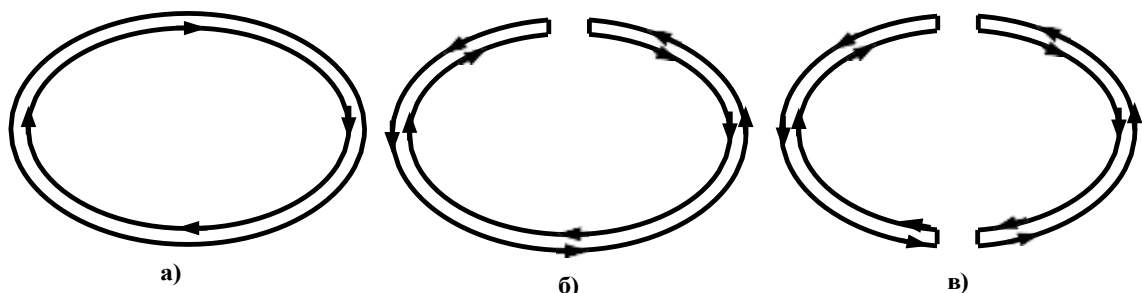


Рис. 5.1. а) Технологія FDDI; б) Порядок використання кільця після першого розриву; в) Порядок використання кільця після другого розриву.

## **5.2 Технологія Ethernet із розпізнаванням несучої і виявленням колізій CSMA / CD**

Відсутність колізій зумовило популярність Token Ring свого часу. Але в процесі розвитку Ethernet став домінуючою технологією локальних мереж.

Технологія Ethernet передбачає використання методу множинного доступу до середовища передачі із розпізнаванням несучої і виявленням колізій CSMA / CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). Всі вузли в мережі мають доступ до середовища передачі (кабель або радіоканал), які працюють в режимі колективного доступу. Безпосередньо перед відправкою фрейма станція, яка хоче здійснити передачу, прослуховує канал і якщо канал вільний, передає свій кадр. Кожен вузол приймає всі фрейми і порівнює свою MAC-адресу із MAC-адресою одержувача. Якщо MAC-адреса вузла збігається з MAC-адресою одержувача, то фрейм записується у внутрішній буфер.

Спроба одночасної передачі фрейму більш ніж одним комп'ютером призводить до стану колізії і спотворення фрейма. Після виявлення колізії вузол-відправник зобов'язаний припинити передачу фрейма і очікувати протягом короткого випадкового інтервалу часу, після закінчення якого знову здійснити повторну передачу фрейму.

Технологія Ethernet набула масштабного розповсюдження спочатку в локальних мережах, а після модифікації стала широко використовуватися і на магістральних сегментах телекомунікаційних мереж.

## **5.3 Технології X.25, Frame Relay, АТМ**

В базових телекомунікаційних мережах із комутацією пакетів можуть використовуватися технології X.25, Frame Relay, АТМ, MPLS та інш.

Технологія X.25 для передачі даних використовує стандартний протокол ІТУ-Т для зв'язку WAN мереж з комутацією пакетів [12]. Він отримав розвиток в 1970 роках, для аналогових телефонних ліній низької

якості із високим рівнем перешкод. Забезпечує передачу даних зі швидкістю до 64 Кбіт/с.

У мережі X.25 є 4 види пристроїв (рис. 5.2): кінцеве обладнання користувачів (DTE); кінцеве обладнання лінії передачі даних (DCE); пакетний асемблер-деасемблер (PAD); комутатор пакетів (PSE). DTE -це термінали, персональні комп'ютери або мережеві хости. PSE – це комутатори, що становлять основу мережі. Вони забезпечують обмін даними між DTE через X.25 PSN. DCE являють собою пристрої типу модемів і комутаторів. Їх основним завданням є забезпечення інтерфейсу між пристроями DTE и PSE. Пакетний асемблер-деасемблер (PAD) використовується в тому випадку, коли термінал простий і не забезпечує реалізацію повного складу функцій мережі X.25. Пакетний асемблер-деасемблер реалізує три основні функції: буферизацію і зберігання даних, формування із них пакетів і відправка їх в мережу, а деасемблер розбирає прийняті пакети перед відправкою їх в DTE (видалення X.25 заголовка).

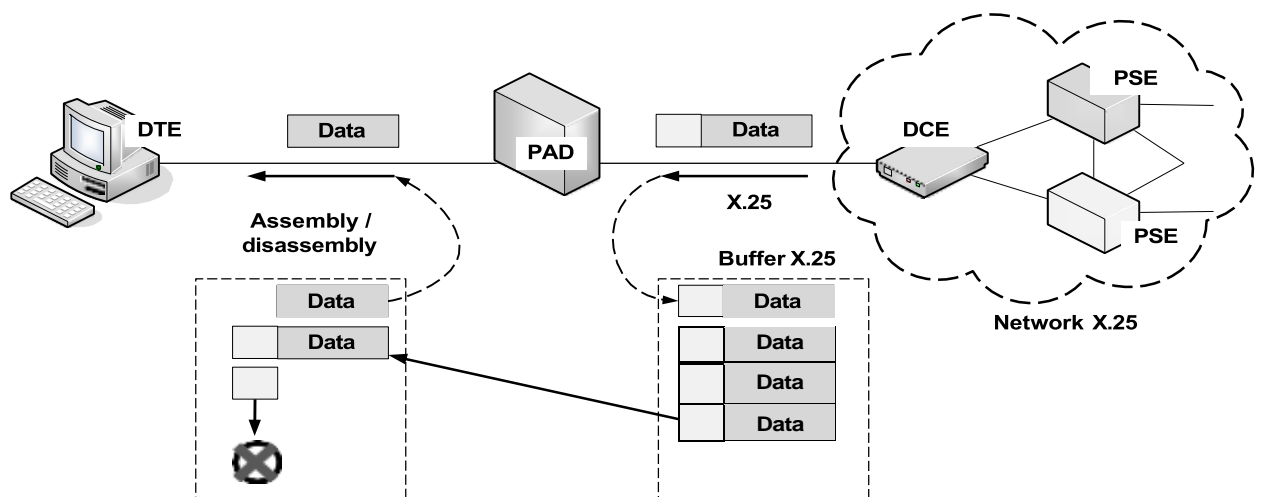


Рис. 5.2. Типи пристроїв мережі X.25

Обмін інформацією в мережі здійснюється по віртуальних каналах. Існує два види віртуальних каналів: комутовані і постійні. Комутовані віртуальні канали (SVC) є тимчасовими з'єднаннями, які використовуються для передачі даних одного повідомлення. Постійні віртуальні канали (PVC) – це кросове з'єднання.

Технологія Frame Relay (FR), як і технологія X.25 призначена для створення WAN мереж передачі даних з комутацією пакетів. Історично поява

цієї технології пов'язана із появою мереж з високоякісними високошвидкісними каналами з малою вірогідністю помилки –  $10^{-8}$  -  $10^{-10}$ . У мережах з такою якістю каналів технологія X.25 ставала неефективною. Принцип побудови і порядок обслуговування в мережах FR багато в чому нагадує мережу X.25. Дана технологія великого поширення не отримала, так як погано була пристосована для обслуговування навантаження реального часу, зокрема мови.

Технологія АТМ (Asynchronous Transfer Mode) – це технологія асинхронного режиму передачі трафіку. Вона призначена для магістральних мереж. Технологія АТМ об'єднала переваги мереж із комутацією каналів (гарантована смуга пропускання) і мереж із комутацією пакетів (гнучкість і ефективність для при обслуговуванні пульсуючого трафіку). Вона дозволяє масштабувати смугу пропускання від одиниць Мбіт/с до десятків ГГбіт/с.

Мережі АТМ орієнтовані на попереднє встановлення з'єднання. У мережах АТМ є три види обслуговування: постійні віртуальні канали (Permanent Virtual Circuit, PVC), комутовані віртуальні канали (Switched Virtual Circuit, SVC) і служба передачі даних без підтвердження з'єднання.

У мережі АТМ перед встановленням з'єднання необхідно замовити клас сервісу. Є 4 класу сервісу: CBR, VBR, UBR і ABR. Якість сервісу визначає величину доступної смуги пропускання, значення величини затримки і ймовірності втрат.

Технологія АТМ забезпечила рішення майже всіх проблем на мережах із комутацією пакетів. Їй пророкували велике майбутнє. Однак зі збільшенням пропускнуої спроможності мережі Internet, що використовує протокол IP, мережі АТМ стали все більше програвати за вартістю реалізації. Якийсь час мережі АТМ ще трималися за рахунок того, що забезпечували задані показники якості обслуговування, особливо відео і мови. Але з появою технології MPLS (Multiprotocol Label Switching), ця перевага була ліквідована. Сьогодні технологія MPLS дозволяє забезпечити всі вимоги до передачі трафіку без необхідності введення інших транспортних механізмів, протоколів маршрутизації і планів адресації. Тому вона займає провідні позиції при побудові телекомунікаційних мереж.

## 5.4 Технологія MPLS

Технологія MPLS – це технологія багатопроTOCOLьної комутації по мітках. Частина MP в скороченні MPLS означає, що протокол може транспортувати безліч інших протоколів. Частина LS в аббревіатурі означає, що транспортні протоколи інкапсулюються за допомогою мітки [13,14].

Розглянемо принцип побудови мережі MPLS (рис. 5.3.). Всю мережу можна умовно розбити на дві функціональні частини. Мережі клієнтів (споживачів), які розташовані по краях. І центральна (магістральна) мережа MPLS провайдера, яка об'єднує мережі клієнтів. Мережі споживачів працюють на основі IP-протоколу і складаються з робочих станцій і крайового маршрутизатора CE.

Мережа MPLS складається із маршрутизаторів із комутацією по мітках (Label Switch Router, LSR). Вони передають трафік по попередньо прокладених шляхах (Label Switching Path, LSP) відповідно до значень міток.

З точки зору завдань, що вирішуються, маршрутизатори в мережі MPLS можна розділити на два типи:

1. Маршрутизатор P (LSR), що розташовуються усередині домену MPLS.
2. Маршрутизатор PE, що розташовуються на кордоні домену MPLS. Вони отримали назву (Label Edge Router, LER) прикордонних маршрутизаторів.

Пристрій LSR є гібридом маршрутизатора IP і комутатора. При цьому від маршрутизатора IP береться здатність визначати топологію мережі за допомогою протоколів маршрутизації і вибирати раціональні шляхи проходження трафіку. А від комутатора – техніка просування пакетів із використанням міток і локальних таблиць комутації.

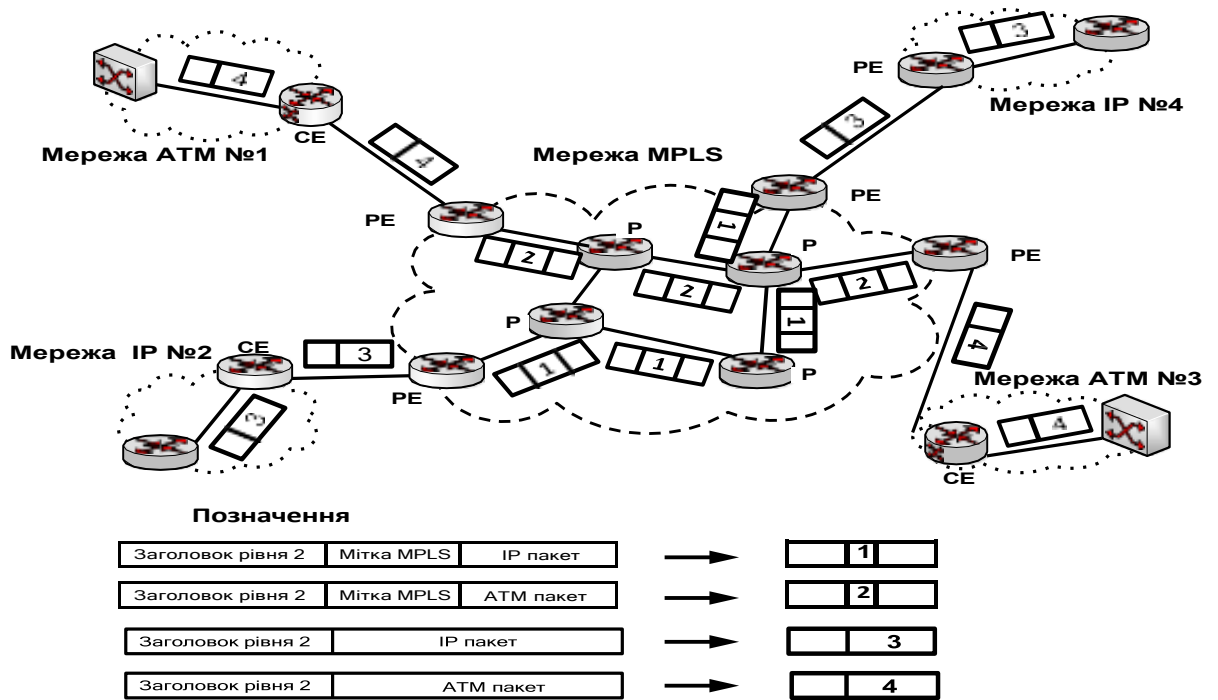


Рис. 5.3. Мережа MPLS

До прикордонних маршрутизаторів PE (Provider Edge router), через маршрутизатори CE, з одного боку підключаються сайти клієнтів. З іншого боку – внутрішні маршрутизатори магістральної мережі провайдера P (Provider router).

Взаємодія між мережами споживачів та провайдера забезпечується по лінії взаємодії маршрутизаторів PE і CE. Вони зазвичай пов'язані безпосередньо фізичним каналом, на якому працює будь-який протокол канального рівня – наприклад, PPP, FR, ATM або Ethernet. Спілкування між CE і PE йде на основі стандартних протоколів стека TCP / IP, підтримка MPLS потрібна тільки для внутрішніх інтерфейсів PE (і всіх інтерфейсів P).

Умовно можна уявити, що через маршрутизатори PE проходить межа між зоною клієнтських сайтів і зоною ядра мережі провайдера. По один бік розташовуються інтерфейси, через які PE взаємодіє з маршрутизаторами P. По інший – інтерфейси, до яких підключаються мережі клієнтів. З одного боку, на PE надходять оголошення про маршрути магістральної мережі, з іншого боку – оголошення про маршрути в мережах клієнтів.

Під кожен новий сайт клієнта PE створює окрему таблицю маршрутизації. Перевагою такого рішення є те, що адресація вузлів кожного

сайту може здійснюватися незалежним чином. Це можливо тому, що безліч вузлів одного сайту не має маршрутної інформації про інше сайту.

Обмін маршрутної інформацією між сайтами кожної окремої VPN виконується під управлінням протоколу MP-BGP (Multiprotocol BGP).

Таким чином, весь трафік, який передається до пограничних маршрутизаторів PE (LER), являє собою IP-пакети. У точці входу в мережу MPLS маршрутизатори PE додають в IP-пакет мітки. І всередині домену MPLS все IP-пакети мають мітку у вигляді заголовка MPLS.

У межах ядра мережі маршрутизатори Р комутують трафік, ґрунтуючись на інформації в мітках. Маршрутизатор Р повинен вміти приймати пакет зі вставленою міткою на будь-якому своєму інтерфейсі, відшукувати її в таблиці комутації, вставляти нову мітку у відповідному форматі і потім відправляти пакет через відповідний інтерфейс. Іншими словами, Р може комутувати пакет з міткою із будь-якого інтерфейсу на будь-який інший інтерфейс із заміною мітки. Цей підхід набагато гнучкіше, ніж в разі АТМ, так як він не обмежений виключно каналами передачі комірок.

У точці виходу із мережі MPLS маршрутизатори PE видаляють мітки. І в подальшому маршрут проходження пакетів визначається по IP заголовку. На рис. 5.3. пакети 1 та 2 мають MPLS-мітки, а IP-пакети з номером 3 не мають мітки і обслуговуються по IP-заголовку.

Різниця між MPLS і IP полягає в способі маршрутизації при передачі даних по мережі. В технології MPLS IP-пакети комутуються, а не маршрутизуються. Це значно збільшує швидкість передачі. Тому MPLS в порівнянні з іншими технологіями, на базі якої також будуються VPN, є найбільш ефективною для передачі мультимедійного трафіку та оптимальнішою для роботи IP-орієнтованих додатків.

## **РОЗДІЛ 6. КОНЦЕПЦІЇ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ**

Розглянемо суть основних концепцій управління телекомунікаційними мережами.

### **6.1. Цілі і завдання впровадження систем управління телекомунікаційними мережами**

Із збільшенням розмірності мереж, ускладненням устаткування і впровадженням нових технологій актуальним стає завдання ефективного управління мережею оператора. Нині на ринку продуктів для мережевого управління представлено безліч багатофункціональних платформ, що реалізують управління телекомунікаційними мережами (ТКМ). Кожен з виробників представляє свої варіанти побудови системи управління (СУ) ТКМ. Однак, проєктування і побудова систем управління телекомунікаціями оператора зв'язку здійснюється відповідно до документів міжнародних організацій, що займаються стандартизацією управління телекомунікаційними мережами [15, 16]. Ключовими концепціями, над якими працюють ці організації наступні, :

- концепція TMN (Міжнародний союз електрозв'язку - ІТУ);
- концепція Smart TMN (Форум управління телекомунікаціями TM Forum);
- концепція NMF (Network Management Framework Спеціальна комісія Інтернет розробок IETF);
- концепція фірми IBM;
- концепція TINA;
- концепція CORBA.

Ці концепції лягають в основу побудови сучасних платформ управління телекомунікаційними мережами. Зробимо короткий аналіз суті приведених концепцій управління телекомунікаціями.

## **6.2. Концепція TMN (Telecommunications Management Network - мережа управління телекомунікаціями)**

TMN (мережа управління телекомунікаціями) - окрема мережа для управління функціонуванням мереж телекомунікацій [15]. Архітектура і принципи побудови TMN забезпечують реалізацію завдань по управлінню, оперативному контролю і експлуатації різноманітного телекомунікаційного устаткування і систем зв'язки, обладнання яких виготовлені різними виробниками. Мережа TMN може бути логічною частиною ТКМ, або фізично незалежною окремою мережею. Одним з найбільш важливих завдань концепції TMN є побудова СУ інфраструктурою оператора в умовах різноманітної конвергентної мережі з використанням устаткування різних виробників [16,17].

Ця концепція найбільш досліджена і розроблено багато рекомендацій до рішення завдань управління. Ми з нею знайомитимемося більш детально в подальшій роботі.

## **6.3. Концепція Smart TMN**

Суть концепції Smart TMN викладена в документах TM Forum [16].

Необхідність розробки концепції Smart TMN обґрунтовується наступними причинами:

- необхідністю автоматизації повномасштабного управління процесами функціонування з моменту ініціалізації заявки до моменту завершення;
- організацією обміну інформацією між підпроцесами для забезпечення прозорості управління;
- технології, що розробляються, повинні ефективно забезпечувати побудову спеціалізованих систем (систем розрахунку користувачів, систем фінансового і бухгалтерського розрахунку і тому подібне) так, щоб програмні застосування різних виробників легко і надійно (по методу "plug and play") поєднувалися в єдиній системі управління. З точки зору управління бізнес-процесами ці застосування повинні сприйматися як органічні частини єдиного цілого і їх робота повинна виглядати "прозорою".

Концепція Smart TMN характеризується ширшим кругом використовуваних технологій в порівнянні з архітектурою TMN. Зокрема, транспортний рівень концепції Smart TMN побудований на базі об'єктної технології CORBA. В якості мови опису об'єктів використовуються - Java і XML. Для організації взаємодії різних систем управління, які використовують протоколи CMIP і SNMP і які побудовані на базі TMN, були розроблені окремі специфікації.

#### 6.4. Концепція CORBA

Технологія CORBA (Common Object Request Broker Architecture - узагальнена архітектура брокера об'єктних запитів) - це промисловий стандарт на засоби взаємодії в неоднорідних обчислювальних середовищах. Основою технології є архітектура управління об'єктами. Основним елементом технології CORBA є програма-брокер ORB (Object Request Broker), або об'єктна шина. ORB є посередником (брокером) між менеджером і агентом. ORB приймає запити від користувача і передає його об'єкту призначення. При цьому виконуються необхідні операції перетворення інформації, що забезпечують узгодження між середовищем програми, яка управляє, менеджером і агентом керованого об'єкту.

Опис інтерфейсів на базі технології CORBA можна знайти в [17, 18]. На рис. 6.1 показаний приклад використання цієї технології для реалізації завдань мережевого управління.

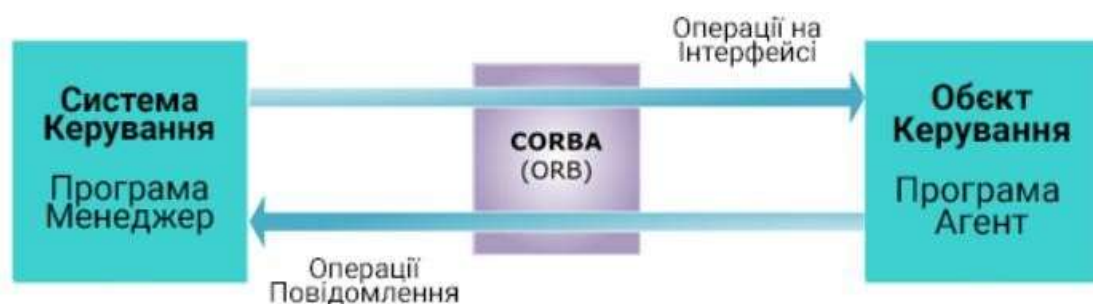


Рис. 6.1 Приклад реалізації завдань мережевого управління на основі CORBA.

## 6.5. Концепція IETF

Управління мережею згідно з документами IETF базується на моделі: "менеджер - агент". Менеджери - це програмно-апаратні засоби. Вони збирають інформацію від агентів, які знаходяться в об'єктах управління мережі, і безпосередньо взаємодіють з ними. Менеджери обслуговують базу параметрів управління MIB (Management Information Base) і на підставі отриманої інформації від агентів виконують дії, що управляють, по відношенню до елементів мережі. Інформаційні бази управління містять списки керованих параметрів, їх значення. Агенти забезпечують відповідність змісту баз даних реальному стану об'єктів.

Система управління має ієрархічну архітектуру, тобто кожен менеджер управляє групою агентів. У свою чергу менеджери можуть виступати в ролі агентів для менеджерів більш високого рівня.

Для реалізації моделі "менеджер - агент" в концепції IETF використовуються протоколи SNMP v1, 2, 3. Протокол SNMP - протокол прикладного рівня моделі OSI, який забезпечує передачу дії від менеджера до агента, а також передачу інформації управління у зворотному напрямі (рис. 6.2).

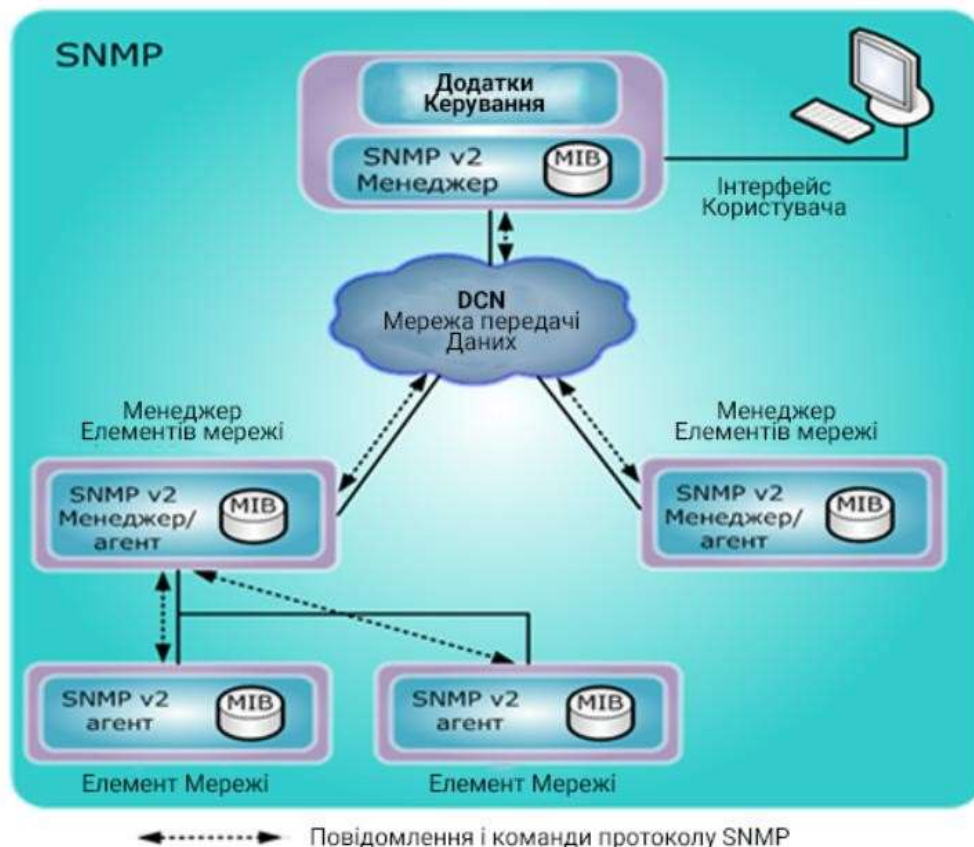


Рис. 6.2 Приклад реалізації моделі "менеджер - агент" з використанням SNMP

SNMP є досить гнучким і розширюваним протоколом управління. SNMP - агенти можуть розроблятися для управління специфічними пристроями, виконувати різні завдання, специфічні для різних класів пристроїв, забезпечувати стандартний механізм мережевого контролю і управління.

### 6.6. Концепція TINA

При побудові моделі управління згідно концепції TINA (Telecommunication Information Network Architecture), мережі і служби розглядаються як складові бізнес-процесів [19].

Основні принципи архітектури TINA :

- системи, які сумісні з архітектурою TINA, підтримуються стандартами OSI;
- передбачається використання існуючих видів устаткування різних виробників;
- неоднорідність системи, яка обумовлена різноманітністю її компонентів, не відчувається користувачами і розробниками програмного забезпечення;
- мережі, сумісні з TINA, відповідають вимогам сучасних інформаційних послуг (підтримують як традиційні послуги, так і нові).

Архітектура TINA складається з наступних компонентів (рис. 6.3) :



Рис. 6.3 Архітектура TINA

- архітектура послуг, яка визначає принципи організації, управління і надання послуг;
- мережева архітектура, яка описує взаємодію транспортної мережі з програмними продуктами;
- архітектура управління, яка описує принципи побудови програмних засобів для управління послугами, ресурсами і програмами;
- архітектура обчислень, яка призначена для побудови розподіленого програмного забезпечення.

Одним з важливих компонентів приведеної архітектури є телекомунікаційна система (TINA - TS), яка є набором апаратних і програмних ресурсів, здатних надавати послуги різним користувачам безпосередньо або з використанням інших систем. Типи послуг і мережевих технологій в TINA не обмежуються певними технологіями, що, у свою чергу, дозволяє використовувати цю архітектуру на існуючому устаткуванні різних виробників.

Розроблені інтерфейси дозволяють реалізувати взаємодію між системою управління мережі (Network Management System) і системою управління елементом мережі (Element Management System). Застосування таких інтерфейсів дозволяє:

- використовувати один і той же інтерфейс для управління мережами, що використовують різні технології (PDH, SDH, Ethernet, MPLS);

- виявляти ресурси управління, які знаходяться під контролем EMS як при введенні в експлуатацію так і при нормальному режимі роботи;
- конфігурувати мережеві елементи;
- визначати наявність фізичних ресурсів (стійкі, штативи, полиці, модулі);
- здійснювати контроль технічних характеристик, завантаження мережі та ін.

Використання ORB забезпечує взаємодію між додатками управління, які розташовані на різних машинах в розподіленому середовищі. З використанням технології CORBA, ПЗ агентів (керованих елементів) і менеджерів (систем управління) можуть складатися з елементів, розподілених по декількох мережевих вузлах, що дозволяє раціонально використовувати машинні ресурси і підтримувати управління складними територіально - розподіленими мережами зв'язку.

### **6.7. Платформа мережевого управління TeMIP фірми Compaq**

Платформа TeMIP (Telecom Management Information Platform) і сімейство додатків TeMIP Solution Sets, які забезпечують управління, були розроблені в середині 1990 років.

Продукти Compaq TeMIP реалізовані у вигляді архітектури «клієнт-сервер», що працюють під управлінням операційної системи Tru64Unix і використовують у своїй роботі СУБД Oracle.

Продукти TeMIP відповідають мережевому і сервісному рівням ієрархічної архітектури TMN. Вони дозволяють управляти наступними елементами:

- магістральними мережами SONET/SDH/PDH;
- безпроводними GSM, PCS мережами;
- мережами з системою сигналізації SS7;
- ATM - магістралями;
- каналами xDSL.

Платформа TeMIP має об'єктно-орієнтовану розподілену архітектуру і поєднує базові принципи адміністрування, які визначені стандартами TMN і OSI. Вона забезпечена різноманітними засобами контролю доступу до додатків адміністрування і службової інформації. Підтримує різні графічні інтерфейси (X Window, OSF/Motif, Windows NT). Допускає одночасну роботу декілька сотень операторів, контролюючих функціонування декількох мільйонів об'єктів.

До складу TeMIP входить стандартизована бібліотека інтерфейсів. Це дозволяє цій платформі підтримувати найбільш популярні комутатори, пристрої передачі даних і засоби управління ними від провідних світових виробників.

Подібно до інших сімейств TMN - продуктів, TeMIP надає в розпорядження користувачів об'єктно-орієнтоване середовище розробки додатків і набір відкритих API -інтерфейсів. Це полегшує впровадження нових послуг і інтеграцію системи з розробками інших компаній.

Сімейство TeMIP є комплектом з двох основних продуктів:

1. TeMIP Network Management Solution;
2. TeMIP Service Management Solution.

TeMIP Network Management Solution реалізує функції системи управління мережею. Забезпечує виконання і підтримку операцій моніторингу, конфігурації, адміністрування ресурсів, обробку помилок відповідно до специфікацій FCAPS. Стосовно концепції TMN, продукт TeMIP надає можливості управління мережевими елементами (NEL), мережею TMN (NML) і сервісами в мережі (SLM). Через модуль адаптації TeMIP Network Management Solution підтримує широкий набір технологій передачі даних - SDH, PDH, X.25, ATM, GSM, UMTS, Frame Relay, SS7 та ін.

Основу сімейства TeMIP Network Management Solution складає інтегроване середовище TeMIP OSS Framework. З точки зору організації сервера TeMIP продукт складається з наступних структурних блоків:

1. Рівень доступу (Access Layer). Забезпечує інтерфейси до елементів телекомунікаційної мережі NE, QA, MD, OSS.

2. Блок відображення і перетворення (Mapping and Translation). Відповідає за збір інформації про пристрої і представлення фізичної і логічної топології мережі. Для вирішення завдання розташування на карті пристроїв різної природи цей блок виконує функції трансляції інформації, яка управляє.

3. Набори засобів розробки для інтеграції компонентів (Toolkits) призначені для налаштування базових компонентів TeMIP, а також для створення прототипів пристроїв у разі їх відсутності в базі даних TeMIP;

4. Блок обробки сигналів (Alarm Handling). Здійснює генерацію і візуалізацію сигналів на базі аналізу подієвої інформації, що надходить від об'єктів мережі.

Основні функції, які реалізовані в TeMIP OSS Framework, дозволяють виконувати наступні завдання:

1. Виявлення пристроїв в мережі (AutoDiscovery).
2. Побудова карти мережі (Topology Management).
3. Обробка збоїв (Fault Management).
4. Управління конфігурацією пристроїв (Configuration Management).
5. Інвентаризація мережевих ресурсів (Inventory).

TeMIP Service Management Solution призначений для реалізації функцій контролю за станом сервісів і підтримує моніторинг сервісів Internet, VPN, широкопasmової передачі даних, та ін. TeMIP Service Management Solution містить у своєму складі наступні компоненти:

1. Fault Management - управління обробкою збоїв і відмов.
2. Performance Management - моніторинг завантаження каналів і вузлів мережі.
3. SS7 Traffic Mgmt - моніторинг завантаження каналів зв'язку і пристроїв, які підтримуються SS7.
4. Transmission & Structure Management - управління каналами SDH/SONET/DWDM/PDH/TDM;
5. Broadband & Service Managemnt - управління широкопasmовими мережами.

6. Internet Service Monitor - моніторинг стану сервісів HTTP, IMAP, POP3, SMTP, NNTP, LDAP, ftp, DNS, RADIUS та ін.

Рівень адаптації TeMIP реалізований на базі технології "модулів доступу" (Access Modules, AM). Вони виконують функції адаптера QA і локального NEM для конкретного пристрою, до якого звертається і з яким взаємодіє AM. Продукт TeMIP поставляється з бібліотекою модулів доступу, де міститься набір інформації про особливості і принципи роботи конкретного пристрою NE або програми управління для його NEM. Уся специфіка роботи прихована усередині модуля доступу. Завдяки використанню різних AM об'єктами мережі можна управляти з використанням різних комунікаційних протоколів і технологій - SNMP, OSI/CMIP, ASCII, CORBA, TL/1 та ін.

Сімейство продуктів TeMIP містить широкий набір компонентів, який дозволяє будувати на його основі потужні і гнучкі системи управління телекомунікаційною структурою великого оператора. Додаткові модулі призначені як для розширення сфери використання продуктів TeMIP, так і для вирішення спеціалізованих завдань. Приклади спеціалізованих модулів:

1. TeMIP WEB Center - портал, через який можливо отримати доступ до усієї інформації, що зберігається в базі даних TeMIP. При цьому доступ до даних регламентується стандартними засобами безпеки TeMIP.

2. Correlator - блок пошуку першопричини збоїв, що сталися в мережі. Окрім власного пошуку, він виявляє сигнали помилкового спрацьовування і подвійних помилок. Застосування технології аналізу першопричини дозволяє значно скоротити час пошуку реальної причини несправності в телекомунікаційній мережі.

3. Trouble - Ticketing System (TTS) - модуль, який розширює функціональність блоків обробки сигналів і здійснює кореляцію подій з метою пошуку першопричини збоїв. При появі сигналів і повідомлень про виникнення проблем в мережі модуль TTS автоматично вибирає з бази даних TeMIP інформацію, що стосується такого типу подій (сигналів), і формує повідомлення для фахівців служби підтримки. Воно може бути передане по мережі, на голосову пошту, стільниковий телефон та ін.

Система управління TeMIP - потужний і добре продуманий засіб, на основі якого можна будувати розподілені центри управління. Користувачу надаються широкі можливості по організації управління телекомунікаційною інфраструктурою, засобами стаціонарного і мобільного зв'язку, багатьма іншими пристроями.

Прагнучи не відстати від останніх віянь в телекомунікаційній галузі, Compaq пропонує альтернативним операторам і провайдерам нової хвилі комплект додатків TeMIP Solution Sets. Як і основна платформа, він здатний працювати в різних дротяних і безпроводних мережах, реалізуючи управління відмовами і наданням послуг, контроль за трафіком і якістю сервісу. Розраховані на компанії малого і середнього розміру, додатки TeMIP Solution Sets відрізняються простотою в установці і налаштуванні, а значить, адміністратор зможе швидко перейти від процедури інсталяції до продуктивної роботи з цими продуктами.

## **6.8. Платформа мережевого управління HP Open View фірми Hewlett - Packard**

Компанії Hewlett - Packard і Vertel винесені в самостійний розділ огляду не стільки із-за сформованого ними альянсу, скільки через вагу цих фірм на ринку TMN -продуктов. Проте якщо говорити про базові платформи управління мережами зв'язку, то в цій області у Hewlett - Packard вже з'явилися конкуренти.

Осінь 1997 р. ознаменувалася воістину сенсаційною подією на ринку TMN -продуктов. 15 вересня компанії Hewlett - Packard і Vertel, два видатні виробники відповідно платформи і засобів розробки додатків для управління мережами зв'язку, підписали десятирічну угоду про співпрацю. Результати діяльності альянсу, що сформувався, не змусили себе довго чекати. Вже в жовтні того ж року увазі телекомунікаційного співтовариства були запропоновані перші плоди спільної роботи двох компаній - пакет програм, інструментарій, що об'єднав можливості для створення TMN -приложений і інтегровану платформу для їх розгортання. До його складу увійшли чотири основні продукти.

ПЗ TMN Designer, яке містить графічні засоби, що полегшують швидке складання прототипів (практично без написання коду на C++) і перевірку коректності інформаційних моделей для централізованого управління гетерогенними мережевими елементами.

Назви програм TMN Manager і TMN Agent говорять самі за себе. В них об'єднані інтерфейси і інструментарій, для створення менеджерів і агентів управління, що автоматизують процес управління територіально-розподіленими мережами. Ці засоби розробки відповідають специфікації TMN/C++ API, прийнятим консорціумом Network Management Forum, і дозволяють повною мірою реалізувати можливості протоколу CMIP, а також функції зіставлення і фільтрації подій. Модуль TMN C++ Object Compiler, що входить до їх складу, автоматично генерує початковий код C++ по вхідних файлах у форматах GDMO (Guidelines for the Definition of Managed Objects) і ASN.1.

Нарешті, програмне забезпечення TMN Proxy Developer формує розподілену платформу для стикування процедур управління, передбачених протоколом CMIP, з повідомленнями мови Transaction Language 1 (TL1). В результаті відкривається можливість інтеграції в єдину систему управління мережових елементів, успадкованих від колишньої мережової архітектури. Графічні засоби і компоненти, реалізовані в TMN Proxy Developer, спрощують проектування конфігурації і тестування проху -сервера, що погоджує мову TL1 з інтерфейсом Q3.

Нові інструментальні засоби частково замінили, а частково доповнили інші розробки фірми Vertel – TMN Access (сімейство продуктів, що формують своєрідну проміжну платформу між керованими і шлюзовими мережевими елементами, а також системами OSS), TMN Simulator (імітація поведінки керованого елемента з інтерфейсом Q3) та ін. В той же час вони стали істотним розширенням TMN - продуктів, що традиційно асоціювалися з ім'ям Hewlett - Packard. Серед останніх провідну роль грає середовище HP OpenView Element Management Framework (OEMF), яке реалізує функції управління, визначені в рекомендаціях M.3400 Міжнародного союзу електрозв'язку. В першу чергу сюди відноситься управління помилками (включаючи генерацію застережливих повідомлень) і продуктивністю. Ряд додаткових областей адміністрування (управління конфігурацією, облік

ресурсів та ін.) покривається розробками партнерів HP. Таким чином, з функціональної точки зору OEMF займає проміжне положення між другим і третім рівнями TMN -піраміди.

У структурі OEMF чи не центральне місце належить платформі HP OpenView Fault Management Platform (FMP). Серед інших складових частин цього середовища адміністрування - Performance Management Server, Configuration Management Server і Trouble Ticketing System. Детальний опис архітектури перерахованих продуктів виходить за рамки справжнього огляду, проте деяке уявлення про роботу сервера FMP дозволяє скласти рис. 6.4.

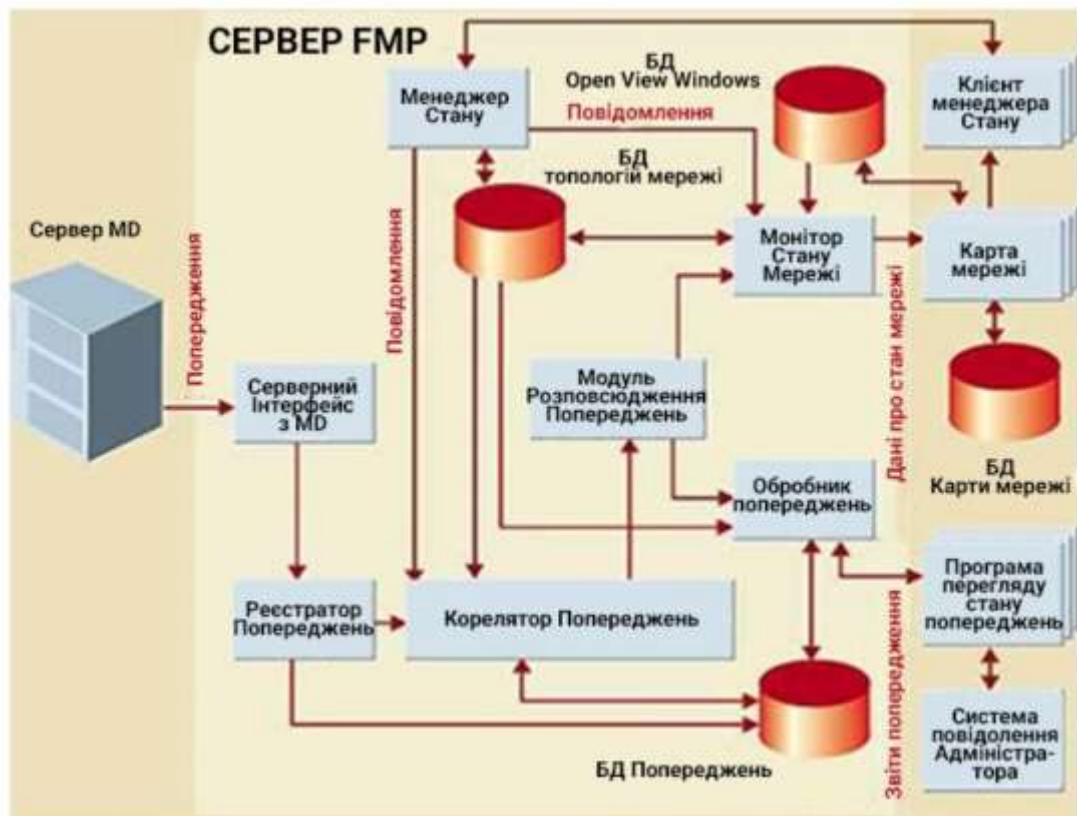


Рис.6.4. Функціональна схема сервера FMP (MD - посередницький пристрій)

Взаємодія між компонентами OEMF в мережі TMN показана на рис. 6.5.

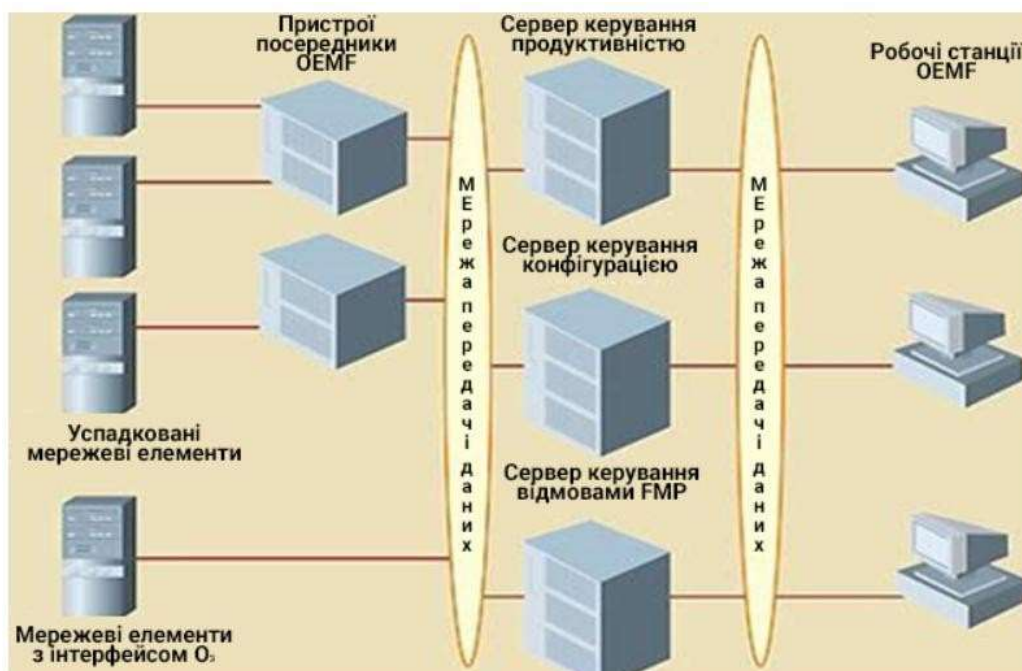


Рис. 6.5. Фізична архітектура середовища OEMF

Залишається додати, що і до вступу в альянс з Vertel компанія Hewlett - Packard пропонувала різноманітні інструментальні засоби для створення застосувань, що управляють. Прикладами можуть служити платформа HP OpenView Distributed Management (DM), розрахована на розробку переносимих програм, які відповідають стандартам TMN, і HP GDMO Modeling Toolset, орієнтована на побудову моделей мережевих об'єктів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Досягнення в телекомунікаціях 2019/ за наук. ред. М.Ю. Ільченка, С.О. Кравчука: монографія .- Київ : Інститут обдарованої людини НАПН України, 2019.-336 с.
2. Ананченко , В., & Лютюк , Ю. (2024). Концепція Next Generation Network (NGN) для побудови мереж спільного використання між різними операторами зв'язку. Матеріали конференцій МНЛ, 29 березня 2024 р., м. Кривий Ріг, 69–72. Вилучено з <https://archive.liga.science/index.php/conference-proceedings/article/view/859>
3. Романов О.І., Нестеренко М.М. Еволюція технологій телекомунікаційних мереж / Досягнення в телекомунікаціях 2019 / за наук. ред. М.Ю. Ільченка, С.О. Кравчука: монографія .- Київ : Інститут обдарованої людини НАПН України, 2019.- С 88-107.
4. Romanov O., Burlaka H., Mankivskiy V., Mikliaiev H. Directions for the Development of SDN Networks: Setting Tasks, Management Methods, Interfaces/2023 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo). DOI: 10.1109/UkrMiCo61577.2023.10380413
5. Petrosino A., Striccoli, D., Romanov, O., Boggia, G., Grieco, L.A. Fidelity for Internet of Things: A survey/ Optical Switching and Networking, Volume 48, March 2023, 100732, <https://doi.org/10.1016/j.osn.2023.100732>
6. Wikipedia. [https://it.wikipedia.org/wiki/Integrated\\_Services\\_Digital\\_Network](https://it.wikipedia.org/wiki/Integrated_Services_Digital_Network)
7. К.П. Сторчак, О.М. Ткаленко. Системи розподілу інформації. - 2018. <https://duikt.edu.ua/ua/lib/1/category/1670/view/2017>
8. Berk M L., Varabash O. Інтелектуальна система управління для інфокомунікаційних мереж/ 2022, Системи управління навігації та зв'язку Збірник наукових праць 3(69):С. 54-59, DOI:10.26906/SUNZ.2022.3.054
9. Romanov O.I., Oryschuk M.V., Hordashnyk Y.S. Computing of influence of stimulated Raman scattering in DWDM telecommunication systems // Proceedings of the 2016 IEEE International Scientific Conference "RadioElectronics & InfoCommunications" (UkrMiCo'2016), 11-16 September 2016, Kyiv, Ukraine. IEEE Conference Publications, (IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/UkrMiCo.2016.7739622), 2016. – P. 1-4
10. Wikipedia/ <https://en.wikipedia.org/wiki/ARPANET>
11. Networks: Token Ring and FDDI/ chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://web.cs.wpi.edu/~rek/Undergrad\\_Nets/C04/Token\\_Ring.pdf](https://web.cs.wpi.edu/~rek/Undergrad_Nets/C04/Token_Ring.pdf)
12. Wikipedia. X.25/ It.wikipedia <https://it.wikipedia.org/wiki/X.25>
- 13 Wikipedia. MPLS/ <https://uk.wikipedia.org/wiki/MPLS>
14. Романов О.І., Нестеренко М.М., Маньківський В.Б. Застосування регресійної моделі коефіцієнта використання каналів для формування плану розподілу навантаження в мережі // Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, № 67 (2016), с.34-42

15. European Standard Telecommunications Management Network (TMN); Management information model for the X-type interface between Operation Systems (OSs) of a Virtual Path/ Virtual Channel (VP/VC) cross connected network; Part 2: Fault management chrome-extension: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/300800\\_300899/30082002/01.02.01\\_20/en\\_30082002v010201c.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300800_300899/30082002/01.02.01_20/en_30082002v010201c.pdf)

16. TMF GB910: "Smart TMN Telecom Operations Map (Release 2.1)". <http://www.tmforum.org>

17. Romanov O., Nesterenko M., Mankivskyi V., Zhuk O. Principles of Building Modular Control Plane in Software-Defined Network// Part of the Lecture Notes in Networks and Systems book series (LNNS, volume 548), 2023, p. 333-355, DOI:10.1109/ELNANO54667.2022.9927005

18. ITU-T Q.816 CORBA-based TMN services

19. Кривуца В.Г., Беркман Л.Н., Стеклов В.К. та ін. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій. - К.: Техніка, 2007. - 384 с.