

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

**Пояснювальна записка**

до бакалаврської роботи

на тему: “**Розробка архітектури надання мультисервісних послуг на базі мобільної мережі**”

Виконав: студент 5 курсу, групи  
РТЗ-51  
спеціальності

172 Телекомунікації і радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Демчук Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_

Київ - 2021

## ВСТУП

Сучасні темпи розвитку у сфері надання мережевих послуг вимагають дослідження та розробки нових структур, здатних забезпечити якісний та економічно доцільний перехід від існуючих мереж до мереж наступного покоління. На нинішньому етапі головне завдання телекомунікаційного співтовариства – розробка архітектури мережі, здатної надавати послуги незалежно від їх типу і технологій впровадження.

Існує декілька концепцій щодо подальшого розвитку телекомунікаційних мереж, а саме: мережі наступного покоління (Next Generation Network), та мережі майбутнього (Future Network). Міжнародний союз електрозв'язку дає наступне визначення мережі наступного покоління: «NGN – це мережа з пакетною комутацією, що здатна надавати користувачам послуги електрозв'язку і використовувати для цього декілька широкосмугових технологій транспорту з можливістю встановлення якості обслуговування, де пов'язані з обслуговуванням функції не залежать від технологій, що забезпечують транспорт. NGN забезпечує вільний доступ користувачів до мереж телекомунікацій і конкуруючим постачальникам послуг, підтримує універсальну рухливість, яка забезпечує надання послуг користувачам в будь-якому місці і в будь-який час».

Визначення та основні положення мережі майбутнього наведені в рекомендації МСЕ Y.3001, яка прийнята в травні 2011 року. В рекомендації йдеться про еволюційний, а не революційний розвиток мережі наступного покоління з поступовим переходом до мережі майбутнього, розвиток глобальної інформаційної інфраструктури з використанням IP на базі мережі наступного покоління (IP NGN) [1]. Необхідність введення нового терміну полягає в безперервній зміні вимог до телекомунікаційних мереж, з'являються принципово нові прикладні області, що дозволяють дистанційно керувати побутовою та іншою технікою (Internet of things), створюються інтелектуальні мережі (smart grid), використовуються хмарні обчислення (cloud computing). Згідно з

визначенням МСЕ, мережа майбутнього – це глобальна інформаційна інфраструктура, що об'єднує в собі вже існуючі інформаційно-комунікаційні мережі з урахуванням компонентів.

Актуальність теми дипломної роботи полягає в дослідженні розроблених архітектур та технологій, здатних забезпечувати надання мультисервісних послуг, методів конвергенції нині існуючих мереж, та розробці архітектури мережі, здатної відповідати високим вимогам швидкодії та надійності функціонування.

Наукова новизна дипломного проекту полягає в пропозиціях стосовно архітектури мультисервісної мережі, яка дозволяє підвищити надійність функціонування та швидкодію завдяки розподіленню функцій мережі.

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ АРХІТЕКТУР ПОБУДОВИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

## 1.1 Огляд архітектури NGN

В даному розділі проводиться аналіз дослідження сучасного етапу розвитку телекомунікаційних мереж, технологій, що будуть використовуватись при проектуванні архітектури надання послуги, а саме, мереж наступного покоління NGN (Next Generation Network), та концепції мереж майбутнього покоління FGN (Future Generation Network).

З розвитком інфокомунікаційних послуг стали досить популярними обговорення різних варіантів архітектури NGN, які в рамках єдиної інфраструктури поєднують мережі ТфЗК, мобільного зв'язку, ресурси мережі Інтернет тощо. Відмінною рисою моделі NGN, запропонованої сектором стандартизації електрозв'язку ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication sector), є функціональний розподіл на два рівні: рівень послуг та транспортний рівень (рис. 1.1). Рівень послуг реалізує прикладні функції, пов'язані із вимогами щодо послуг, наприклад, з організації передачі мови, відеозображення або їхні комбінації. Транспортний рівень забезпечує виконання функції доставки інформації будь-якого типу між будь-якими двома географічно рознесеними терміналами. У загальному випадку на транспортному рівні може використовуватися довільна технологія комутації пакетів. Однак ITU-T вважає, що технологія IP є кращою для організації транспорту в NGN, оскільки має найбільшу повноту для реалізації завдань мереж наступного покоління [2].

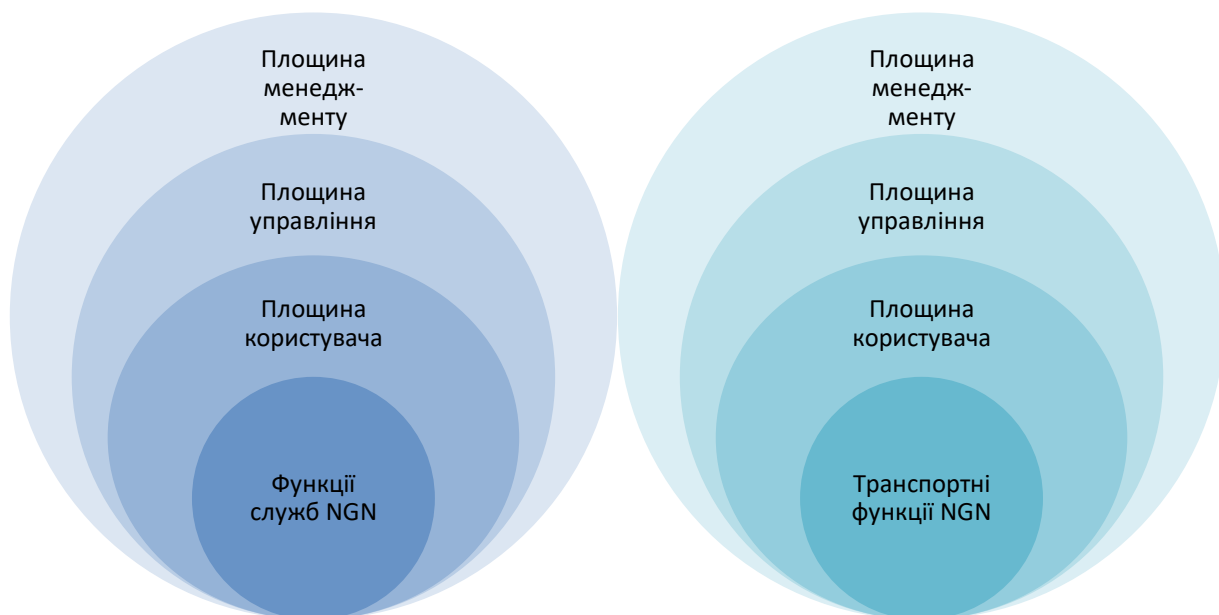


Рис. 1.1 Розподіл функцій транспорту й служб в архітектурі NGN

## 1.2 Особливості архітектури NGN

Незважаючи на рекомендації ITU-T, на практиці нині найбільшого поширення набула чотирирівнева архітектура NGN, у якій рівень послуг і транспортний рівень в свою чергу зазнали подальшої декомпозиції на такі рівні (рис. 1.2) [3]:

- рівень управління послугами (четвертий рівень);
- рівень мережевого контролю й управління (третій рівень);
- транспортний рівень (другий рівень);
- рівень доступу (перший рівень);
- термінальне обладнання (нульовий рівень).

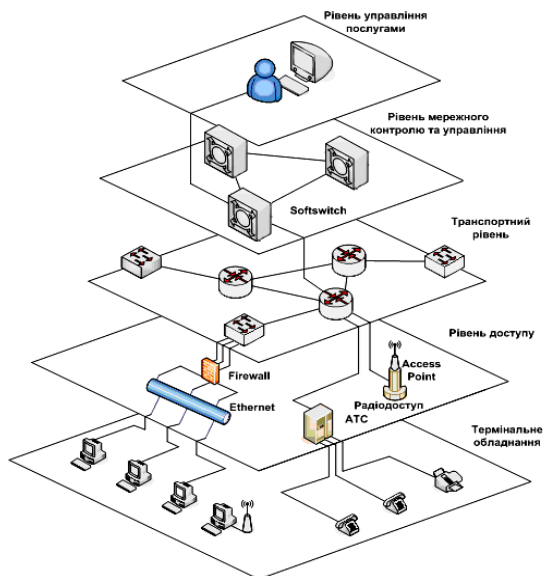


Рис. 1.2 Чотирирівнева архітектура мережі наступного покоління

Рівень управління послугами виконує функції управління логікою послуг і додатків, і являє собою розподілене обчислювальне середовище, що забезпечує:

- надання (підтримку) інфокомунікаційних послуг;
- безпосередньо управління послугами;
- створення й упровадження нових послуг;
- взаємодію різних послуг.

Цей рівень має реалізувати специфіку послуг і застосовувати одну й ту саму програму логіки послуг незалежно від типу транспортної мережі й способу доступу. Наявність цього рівня забезпечить також можливість введення на транспортній мережі нових послуг без втручання у функціонування інших рівнів.

Традиційна модель NGN (рис. 1.2) передбачає, що платформи для надання послуг підключаються до мережі зв'язку за допомогою стандартних інтерфейсів ЗКС№7, SIP, Parlay, H.323. Однак, при впровадженні послуг NGS (Next Generation Services) різні рівні функціональної моделі можуть зливатися (рис. 1.3). Послуги NGS — це нове поняття, у якого поки немає чіткого і загальновизнаного визначення. У NGS можна виділити деякі характерні властивості, а саме:

- інтеграція послуг ТфЗК, мереж радіозв'язку та Інтернету;

- можливість роумінгу послуг;
- необхідність модернізації мережної інфраструктури для впровадження нових послуг;
- винесення значної частини функціональності послуги до абонентського терміналу.

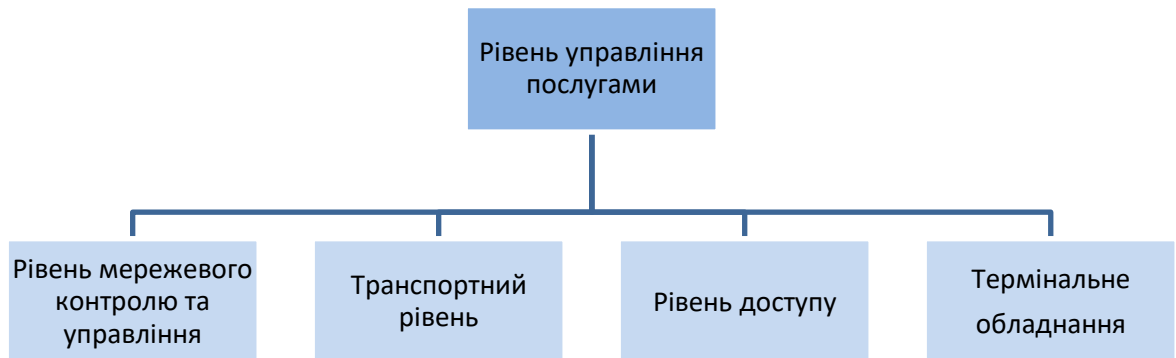


Рис. 1.3 Функціональна модель мережі NGN, адаптована для надання послуг NGS

Операторам зв'язку потрібні механізми, що забезпечують можливість швидко й гнучко розгортати, а також змінювати послуги залежно від індивідуальних потреб користувачів. Такі механізми передбачені відкритою сервісною архітектурою OSA (Open Services Access) — основною концепцією майбутнього розвитку мереж зв'язку щодо впровадження й надання нових додаткових послуг. При створенні систем на основі OSA мають бути такі ключові елементи:

- відкрите середовище для створення послуг;
- відкрита платформа управління послугами.

Рівень управління послугами відповідає за надання кінцевому користувачеві інформаційних послуг, і від того, наскільки ці послуги зацікавлять його, залежить подальший розвиток мережі. Сервери, що забезпечують надання послуг, можуть перебувати як всередині, так і за межами самої мережі (веб-сервери, сервери, що належать ASP-провайдерам). Важливою складовою рівня управління послугами

також є інформаційні центри або центри управління послугами (data centers, services control point) — це власні інформаційні ресурси мережі, на основі яких здійснюється обслуговування користувачів. У таких центрах може зберігатися інформація двох типів:

- інформація користувача, тобто ті дані, які безпосередньо цікавлять користувачів мережі;
- допоміжна службова інформація, яка дозволяє надавати користувачам додаткові послуги.

Прикладом інформаційних ресурсів першого типу можуть служити веб-портали, на яких розташована різноманітна довідкова інформація й новини, інформація електронних магазинів тощо. Раніше в телефонних мережах роль таких центрів відігравали служби екстреного виклику (наприклад, міліції, швидкої допомоги) і довідкові служби різних організацій і підприємств — вокзалів, аеропортів, магазинів тощо. У телевізійних мережах такими центрами були телестудії, які поставляли «живу» картинку або ж відтворювали раніше записані сюжети або фільми.

До ресурсів другого типу належать, наприклад, різні системи аутентифікації й авторизації користувачів, за допомогою яких організація, що володіє мережею, перевіряє права користувачів на одержання тих або інших послуг; системи білінгу, які в комерційних мережах підраховують плату за надані послуги; бази даних облікової інформації користувачів, які зберігають імена й паролі, а також переліки послуг, на які підписаний кожний користувач.

Концепція NGN багато в чому спирається на технічні рішення, які вже розроблені міжнародними організаціями зі стандартизації. Так, взаємодію серверів у процесі надання послуг передбачається здійснювати на базі протоколів, специфікованих IETF (MEGACO), ETSI (TIPHON), форумом 3GPP2 тощо. Для управління послугами використовуватимуться протоколи H.323, SIP і підходи, застосовувані в інтелектуальних мережах зв'язку.

Рівень мережевого контролю та управління має забезпечувати обробку інформації сигналізації, маршрутизації викликів і управління потоками. Цей



рівень підтримує логіку управління, яка необхідна для обробки й маршрутизації трафіка. Функція встановлення з'єднання реалізується на рівні елементів базової мережі під зовнішнім управлінням обладнання програмного комутатора (Softswitch). Виключенням є АТС із функціями контролера шлюзів (Media Gateway Controller, MGC), які самі виконують комутацію на рівні елемента транспортної мережі. У разі використання на мережі декількох Softswitch вони взаємодіють за допомогою відповідних протоколів (як правило, сімейство SIP-T) і забезпечують спільне управління встановленням з'єднання [4].

Softswitch має здійснювати:

- обробку всіх видів сигналізації, які використовуються у його домені;
- зберігання й управління даними користувачів, що підключені до його домену безпосередньо або через обладнання шлюзів доступу;
- взаємодію із серверами додатків для надання розширеного списку послуг користувачам мережі.

Завдання транспортного рівня - забезпечення прозорості передачі інформації користувача шляхом її комутації та маршрутизації. У NGN оператори отримують можливість нарощувати обсяги послуг, що у свою чергу приведе до росту вимог щодо надійності та продуктивності мереж транспортного рівня. Причому надійність виходить на перше місце, оскільки NGN мають забезпечувати передачу різноманітного трафіка, у тому числі чутливого до затримок, що раніше передавався за допомогою класичних систем передачі з часовим поділом каналів ієрархій SDH (Synchronous Digital Hierarchy) або PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy). У деяких випадках новітні транспортні мережі замінюватимуть собою частину інфраструктури існуючих традиційних мереж зв'язку.

ITU-T визначає такі вимоги до можливостей транспортного рівня:

- підтримка з'єднань у реальному часі й з'єднань, не чутливих до затримок;
- підтримка різних моделей з'єднань: «точка — точка», «точка — багатоточка», «багатоточка — багатоточка», «багатоточка — точка»;

- гарантовані рівні продуктивності, надійності, доступності, масштабованості.

Особливістю інфраструктури NGN є використання універсальної транспортної мережі, що базується на технологіях саме пакетної комутації. Сьогодні при виборі технологічної основи транспортної мережі перспективною вважається технологія IP, або її розвиток MPLS, оскільки:

- використання технологій IP/MPLS у середовищі Ethernet дозволяє підвищити масштабованість і якість обслуговування до рівня, необхідного для транспортних мереж;

- кількість додатків, які використовують протокол IP, зростатиме, відповідно частка IP-трафіка збільшуватиметься, і, як наслідок, неминучі проблеми технології АТМ, пов'язані з додатковими накладними витратами пропускної здатності при передачі IP-трафіка, внаслідок чого відбувається збільшення вартості реалізації мережевих рішень на базі АТМ.

До рівня доступу належать:

- шлюзи;
- вузли агрегування доступу;
- мережі доступу (МД), тобто мережі електровз'язку, які забезпечують підключення термінальних пристроїв користувачів до приграничного вузла транспортної мережі.

Для організації рівня доступу можуть використовуватися різні середовища передачі. Це може бути мідна пара, коаксіальний кабель, волоконно-оптичний кабель, радіоканал, супутникові канали або будь-яка їхня комбінація.

Мережа доступу, як і NGN у цілому, може складатися з декількох рівнів. Комутатори, установлені у вузлах нижнього рівня, мультиплексують інформацію, що надходить по численних абонентських каналах (що часто називаються абонентськими закінченнями, local loop), і передають її комутаторам верхнього рівня, щоб ті, у свою чергу, передали її комутаторам транспортного рівня. Кількість рівнів мережі доступу залежить від її розміру; невелика мережа доступу може складатися з одного рівня, а велика — із двох-трьох. Наступні рівні

здійснюють подальшу концентрацію трафіка, збираючи його та мультиплексуючи в більш швидкісні канали.

Доступ до ресурсів транспортної мережі здійснюється через граничні вузли, до яких підключається обладнання мережі доступу або здійснюється зв'язок з існуючими мережами. В останньому випадку граничний вузол виконує функції міжмережевого шлюзу. Одним з найважливіших критеріїв вибору технології транспортної мережі є її несуперечливість існуючим транспортним і комутаційним структурам, тобто здатність забезпечити підтримку традиційних видів сервісу. При проектуванні структури транспортної мережі й локалізації її вузлів необхідно враховувати не тільки потенційні можливості концентраторів і комутаторів у них, але й продуктивність вузлів агрегування інформаційних сервісів (рис. 1. 4).



Рис. 1.4 Взаємодія рівнів транспорту й доступу

Логіка агрегування доступу керується обмеженнями продуктивності комутатора транспортної мережі. Як правило, кожен вузол агрегування доступу обслуговує до 10000 абонентських закінчень. Виходячи з цього, вузли агрегування доступу об'єднуються за територіальною ознакою, вузли транспортної мережі закріплюються за відповідними мережами доступу, замикаючи відповідний трафік на себе. Однак забезпечення надійності послуг вимагає резервного з'єднання хоча б із ще одним вузлом магістральної мережі. Це забезпечить для кожного вузла агрегування доступу мінімум до двох точок входу до транспортної мережі, що, з одного боку гарантує безперебійність надання послуг навіть у разі фізичного розриву одного із з'єднань, а з іншого —

можливість перерозподілу абонентського навантаження по вузлах транспортної мережі. Залежно від характеру абонентів роль вузла абонентського доступу може взяти на себе вузол агрегування доступу (це характерно для мереж телефонії з комутаторами на 10000 номерів). Вузол абонентського доступу може виконувати функції вузла агрегування та шлюзувати різнорідний трафік у мультисервісне середовище (така ситуація частіше зустрічається в мережах пакетної комутації).

Можна відзначити, що з розвитком технологій зв'язку стає усе проблематичніше провести чітку межу між транспортним рівнем і рівнем доступу. Так, наприклад, цифровий абонентський мультиплексор доступу DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) може бути віднесений і до того, і до іншого рівня.

Рівень термінального обладнання включає різні типи кінцевих (термінальних) вузлів, мережі терміналів — обладнання, встановленого у користувачів (абонентів, клієнтів), за допомогою яких користувач використовує через мережі доступу ресурс транспортного рівня. У комп'ютерній мережі кінцевими вузлами є комп'ютери, телефонній — телефонні апарати, а телевізійній або радіомережі — відповідні теле- і радіоприймачі.

Хоча багато документів міжнародних організацій спрямовані на стандартизацію різних аспектів побудови NGN, але жоден документ не пов'язаний з питаннями реалізації мережі NGN як результату еволюції телекомунікаційної системи. Подібні питання ITU й ETSI належать до компетенції адміністрацій зв'язку кожної країни. Розглянемо варіанти існуючих структур мультисервісної мережі в Україні.

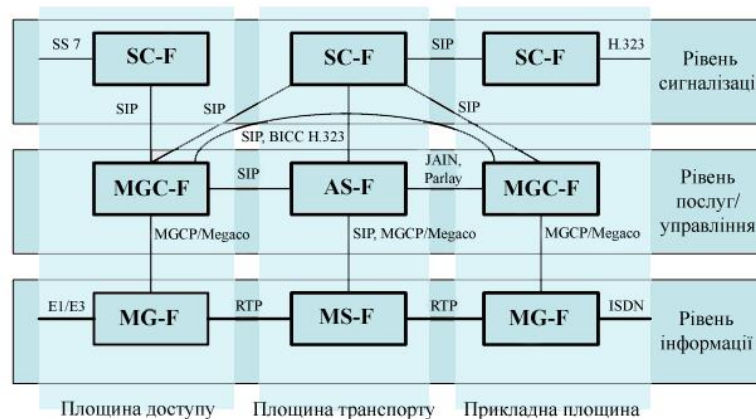
### **1.3 Варіант структури мультисервісної мережі NGN в Україні**

Відповідно до положень «Концепції конвергенції телефонних мереж і мереж з пакетною комутацією в Україні» визначена функціональна архітектура та складові NGN, зображені на рис. 1.5, а на рис. 1.6 - її фізична реалізація.

Функціональна архітектура NGN поділяється на три функціональні площини та чотири функціональні шари. Функціональними площинами NGN є:

площина транспорту, площина доступу та прикладна площина. У цій градації втілено основний принцип NGN — впровадження послуг, що не залежать від систем доступу до них, і відокремлення транспорту від систем доступу й обслуговування.

Площина транспорту забезпечує зв'язок між двома іншими площинами. Вона відповідає за доставку інформації (як медіапотоків, так і сигналізації виклику та команд управління пристроями). Відповідно, технологія транспорту, що використовується, має підтримувати всі види трафіка, для обслуговування якого призначається NGN.



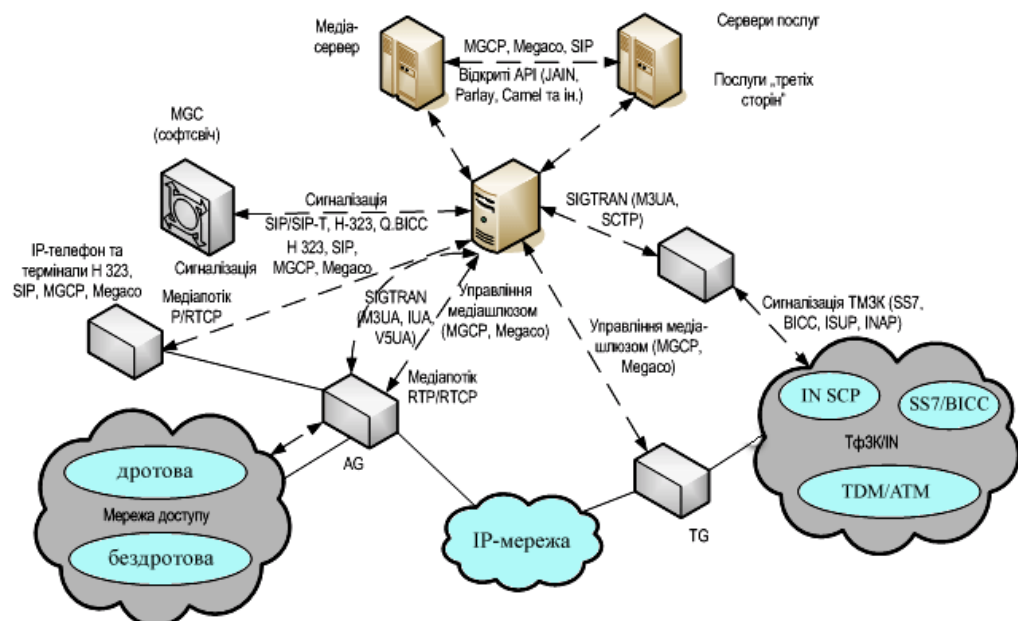
- AS-F — функція сервера прикладних програм;
- BICC — незалежний від середовища протокол виклику;
- E1/E3 — тип потоку, який визначає швидкість;
- ISDN — цифрова мережа з інтеграцією послуг;
- JAIN, Parlay — відкриті інтерфейси прикладного програмування;
- MGC-F — функція контролера медіашлюзів;
- MGCP/Megaco — протоколи управління медіашлюзами;
- MG-F — функція медіашлюзу;
- MS-F — функція медіасerverа;
- RTP — протокол передавання в реальному часі;
- SC-F — функція перетворення сигналів;
- SIP — протокол управління з'єднанням.
- SS7 — система загальноканальної сигналізації ЗКС№7;

Рис. 1.5 Функціональна архітектура NGN

У площині доступу здійснюється адаптація різноманітних технологій перенесення інформації для передавання через транспортну площину. У цій площині, зокрема, здійснюється конвертація потоків з часовим розподілом сигналів у пакетний формат і перетворення сигналізації ТфЗК у сигналізацію транспортної мережі.

Прикладна площина відповідає за надання користувачам послуг шляхом маніпулювання інформаційними та сигнальними потоками у мережі.

За типом інформації, що передається, функціональні об'єкти NGN поділяються на чотири рівні: сигналізації, послуг/управління, інформації та мережевого управління. Компонентами функціональних рівнів є функції, основними з яких є: функція медіашлюзу, функція контролера медіашлюзів, функція сервера прикладних програм, функція медіасerverа, функція перетворення сигналізації та функція тарифікації. Ці функції можуть бути фізично реалізовані як окремі пристрої, або ж один пристрій може поєднувати декілька функцій.



AG — шлюз доступу;

BICC — сигнальний протокол управління викликом;

INAP — прикладна частина протоколу сигналізації №7 інтелектуальної мережі;  
 ISUP — частина протоколу сигналізації ЗКС№7 користувача;  
 MGC — контролер медіашлюзу;  
 RTP/RTCP — протоколи передавання в реальному часі;  
 SCP — вузол управління послугами;  
 SG — шлюз сигналізації;  
 SIGTRAN — протокол транспортування сигналізації;  
 TG — транзитний медіашлюз.

Рис. 1.6 Фізична реалізація архітектури NGN

Рівень послуг/управління здійснює управління послугами та виконанням сервісної логіки, забезпечуючи обробку викликів та надання різних за складністю послуг. До пристроїв цього рівня належать так званий софтверний контролер медіашлюзів — MGC) та сервер прикладних програм AS. Для реалізації послуг ці пристрої взаємодіють з пристроями рівнів інформації та сигналізації. Взаємодія між шлюзом і контролером здійснюється через протокол MEGACO (H.248) або MGCP.

Контролер медіашлюзів управляє роботою одного або кількох медіашлюзів, що забезпечують взаємодію мереж на нижчих рівнях, і зосереджує у собі інтелект пари «шлюз — контролер», яка виконує функції місцевої або міжміської АТС.

#### **1.4 Архітектура NGN, запропонована компанією Lucent Technologies**

В архітектурі NGN, запропонованою компанією Lucent Technologies, виділяють такі рівні (рис. 1.8):

- рівень послуг, який виділяється в самостійний елемент архітектури мережі. Він займає верхню площину в розглянутій моделі. Певною мірою виділення самостійного рівня послуг подібно рішення, що запропоновано в концепції інтелектуальної мережі;
- рівень управління, який розташовується на другій площині. У моделі NGN цей рівень містить сукупність функцій щодо управління всіма процесами в

телекомунікаційній системі, а також нарахування плати за послуги зв'язку й технічну експлуатацію. Для реалізації функцій, які виконує цей рівень, використовується Softswitch;

- рівень середовища обміну інформацією, який перебуває на третій площині. Функції, виконувані цим рівнем, включають процедури встановлення з'єднань між користувачами мережі та міжмережеву взаємодію. Типовим прикладом обладнання, що реалізує ці функції в мережі NGN, служать апаратно-програмні засоби транспортного шлюзу (Media Gateway).

- рівень доступу й транспорту, який розташовується на четвертій площині. Основні функції цього рівня — перенесення інформації між кінцевими користувачами мережі NGN. Як засоби доступу в концепції мережі NGN розглядаються практично всі використовувані в цей час варіанти, засновані на різних технологіях.

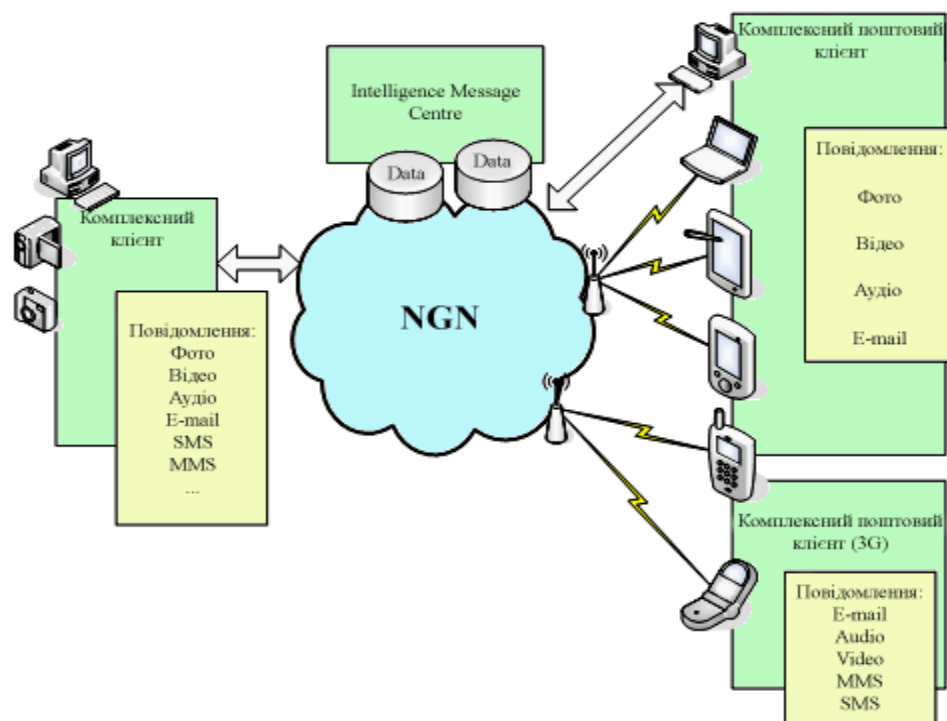


Рис. 1.7 Архітектура NGN, запропонована компанією Lucent Technologies

Підсумовуючи викладене, узагальнену модель побудови мереж наступних поколінь, можна уявити у вигляді двох паралелепіпедів (рис. 1.9), у яких



фронтальні грані відображають класичний поділ моделі на площини транспорту та послуг. Всю модель поділено на п'ять (на відміну від трьох, в класичній моделі) планів (відповідно до наведеного вище переліку взаємних вимог площин послуг та транспорту), а на боковій грані відображено різні аспекти побудови мереж та послуг, які мають враховуватись під час проектування та розробки.

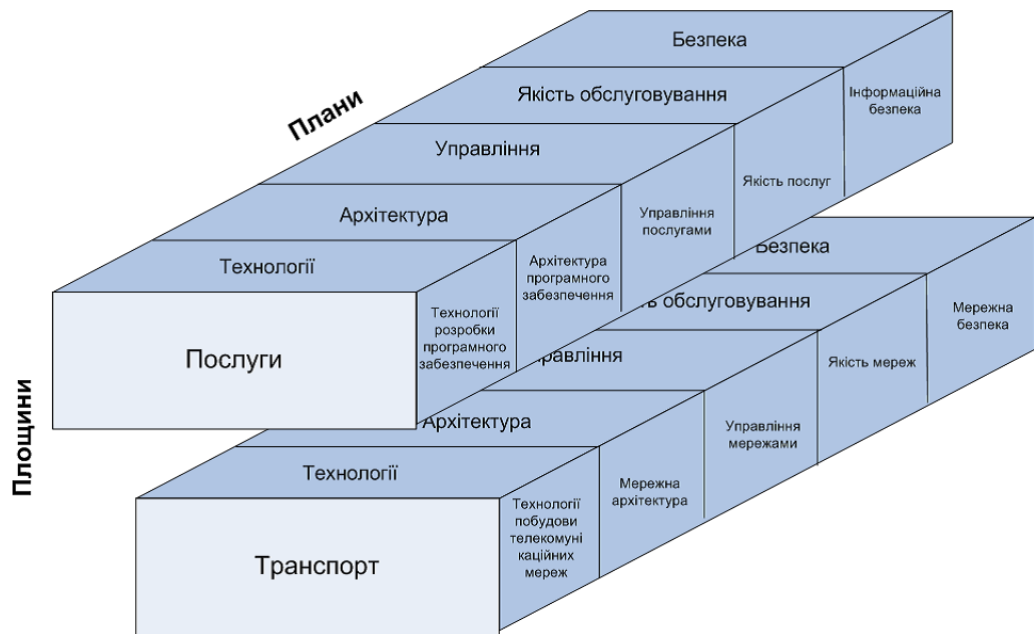


Рис. 1.8 Узагальнена модель побудови мереж наступних поколінь

Серйозною термінологічною проблемою, пов'язаною з NGN, є підміна поняття NGN. Окремі компанії пропонують послуги та механізми ISDN або Ethernet по традиційних TDM-мережах, аргументуючи це тим, що ця служба дозволяє передавати мовлення і дані.

Окрім того, до основних проблем, які гальмуватимуть впровадження NGN-мереж на вітчизняному ринку, слід віднести недостатню зрілість послуг, особливо бізнес-послуг; повільне нарощування пропускної здатності транспортної пакетної мережі NGN; забезпечення сумісності мережевих компонентів різних виробників у комплексних рішеннях; нестача фахівців високої кваліфікації в основних компаній-операторів. Слід також відзначити, що створення якісної потужної інфраструктури для мережі NGN потребує в 1,3 рази більше засобів, ніж покупка

самої телефонної станції. Додатковою проблемою, яка стримує впровадження NGN, є практична відсутність широкого попиту на контент нового покоління послуг - застосунків геоінформаційних систем, систем позиціонування та пошуку, відстеження транспорту в реальному часі тощо.

Проте ключова організаційна проблема щодо NGN полягає у відсутності проблемно-орієнтованої нормативно-правової бази, що є одним з основних факторів, які стримують упровадження NGN-рішень в Україні. Проблеми регулювання ринку NGN стосуються аспектів ліцензування операторської діяльності, побудови мереж, приєднання до інших мереж, нумерації тощо.

Сьогодні практично всі великі постачальники телекомунікаційних рішень пропонують комплекси NGN-обладнання, у першу чергу різні версії програмних комутаторів. Серед основних постачальників платформ на базі softswitch — Alcatel, Lucent, Nortel, Ericsson, Siemens, Huawei, Italtel, Wireless Networks і Cisco Systems. Однак слід зазначити, що всі корпоративні платформи підтримують власні технології, несумісні між собою ні за функціями, ні за інтерфейсами. Це звичайна проблема нових технологій, особливо складних і багаторівневих, для яких важко апріорно виявити оптимальні варіанти реалізації. Так відбулося і з NGN для яких «декларація про наміри» не була вчасно підтримана розробкою відкритих стандартів на міжрівневі й зовнішні інтерфейси. Самі виробники, зацікавлені в продажах комплексних рішень і прив'язці клієнтів до своїх технологій, спочатку не виявляли ініціативи в розробці таких стандартів.

Тобто основна технологічна проблема NGN — це складність реалізації системи експлуатаційного управління при конвергенції різних технологій в рамках однієї мережі. За підвищення ефективності й гнучкості використання мережевих ресурсів у результаті міграції існуючих мереж до NGN оператори «розплачуються» неймовірним ускладненням механізмів, для адекватної підтримки яких потрібні найсучасніші інформаційні технології. Наприклад, сьогодні умова доступності організовується: у телефонії softswitch, у передачі даних — сервером, хоча вже існують рішення для спільного надання цих послуг. Надалі розвиток softswitch у бік єдиної платформи приведе до того, що

«supersoftswitch» майбутнього забезпечить на рівні комутації принцип виконання умов NGN.

## 2 АРХІТЕКТУРА ПОБУДОВИ МЕРЕЖ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

### 2.1 Дослідження архітектури мережі мобільного зв'язку GSM

У стандарті GSM (Global System for Mobile Communications) використовується вузькосмуговий багатостанційний доступ з тимчасовим поділом каналів (NB TDMA). У структурі TDMA (Time Division Multiply Access) кадру міститься 8 часових позицій на кожній із 124 несучих [9].

Для захисту від помилок в радіоканалах при передачі інформаційних повідомлень застосовується блокове та згорткове кодування з перемешуванням (interleaving). Підвищення ефективності кодування і перемешування при малій швидкості переміщення рухомих станцій досягається повільним перемиканням робочих частот (SFH) у процесі сеансу зв'язку зі швидкістю 217 кроків в секунду.

Для боротьби з інтерференційними завмираннями прийнятих сигналів, викликаними багатопроменевим поширенням радіохвиль в умовах міста, в апаратурі зв'язку використовуються еквалайзери, що забезпечують вирівнювання імпульсних сигналів зі середньоквадратичним відхиленням часу затримки до 16мкс.

Система синхронізації розрахована на компенсацію абсолютного часу затримки сигналів до 233мкс, що відповідає максимальній дальності зв'язку або максимальному радіусу чарунки (стільнику) 35км.

У стандарті GSM обрана гаусівська двохпозиційна частотна маніпуляція з мінімальним зсувом (GMSK). Обробка мови здійснюється в рамках прийнятої системи переривчастої передачі мови (DTX - Discontinuous transmission), яка забезпечує включення передавача тільки при наявності мовного сигналу і відключення передавача в паузах і наприкінці розмови. В якості пристрою перетворення мови обраний мовний кодек з регулярним імпульсним збудженням, довгостроковим передбаченням і лінійним предикативним кодуванням з

передбаченням (RPE/LTR-LTP-кодек). Загальна швидкість перетворення мовного сигналу - 13кбіт /с.

У стандарті GSM високий ступінь безпеки передачі повідомлень досягається шифруванням повідомлень за алгоритмом шифрування з відкритим ключем (RSA).

В цілому система зв'язку, діюча в стандарті GSM, розрахована на її використання в різних сферах. Вона надає користувачам широкий діапазон послуг і можливість застосовувати різноманітне обладнання для передачі мовних повідомлень і даних, викличних та аварійних сигналів; підключатися до телефонних мереж загального користування (PSTN), мереж передачі даних (PDN) і цифрових мережах з інтеграцією служб (ISDN).

### **2.1.1 Архітектура системи GSM**

Основні компоненти мережі GSM показані на рисунку 2.1. У користувача є мобільна станція (MS), яка може взаємодіяти по радіоканалу з базовою станцією прийомо-передачі (BTS). BTS містить передавальне і приймаюче обладнання, такі як антени та підсилювачі, а також компоненти для обробки сигналізації та протоколів зв'язку. Для збереження компактних розмірів базові станції функції контролю і підтримка протоколів покладається на контролер базової станції (BSC). Він містить, наприклад, функції протоколу для розподілу радіоканалу, налагодження каналів та керування хендоверами. Як правило, декілька базових станцій прийомо-передачі керуються одним BSC. На практиці, BTS і BSC пов'язані фізичними лініями або радіоканалами типу крапка-крапка. BTS і BSC разом утворюють мережу радіодоступу [10].

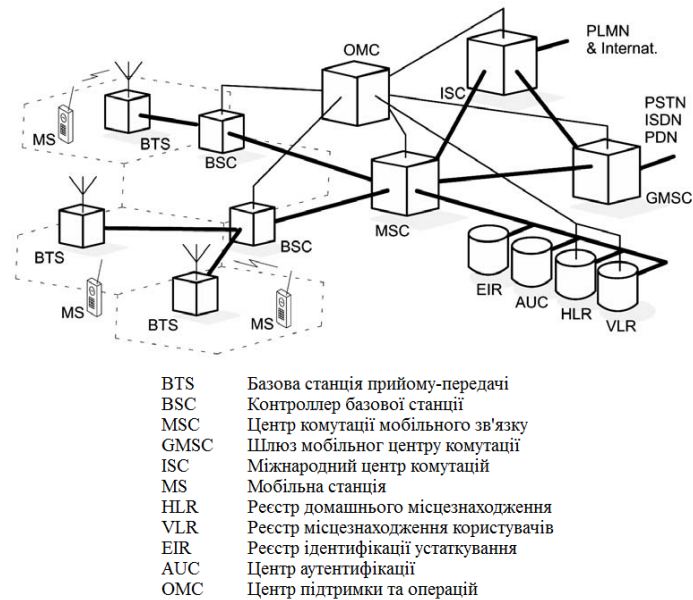


Рис. 2.1 Архітектура системи GSM

Комбінований трафік користувачів прямує через комутатор, що зветься центром комутації мобільного зв'язку (MSC – Mobile Switching Center). Він виконує всі функції перемикання з вузла комутації на фіксовану телефонну мережу, наприклад, на цифрову мережу з інтегрованими службами (ISDN). Це також включає в себе пошук маршруту, перенаправлення даних і обробку службових функцій. Мобільна мережа може мати декілька MSC, кожен з яких відповідає за частину мережі.

### 2.1.2 Компоненти мережі GSM

HLR (The Home Location Register) — база даних, що зберігає інформацію про кожного користувача мережі стільникового зв'язку. Як правило, HLR реалізується як кластер з декількох серверів. HLR зберігає інформацію про статус послуг, що пов'язані з деякою SIM-карткою. Приклад інформації, що зберігається в HLR:

- Номер телефону (MSISDN) абонента, що пов'язаний з даною SIM карткою;

- GSM сервіси, що доступні користувачеві;
- Місце знаходження користувача (VLR та SGSN);
- Налаштування переадресації.

VLR (Visitors Location Register) — тимчасова база даних абонентів, які знаходяться в зоні дії певного центру комутації мобільного зв'язку (MSC). Кожна базова станція в мережі приписана до певного VLR, так що абонент не може бути присутнім в декількох VLR одночасно.

Дані, збережені в VLR, беруться як з HLR, так і з самої мобільної станції. На практиці, для збільшення продуктивності, більшість виробників інтегрують базу VLR в комутатор (V-MSC) або з'єднують VLR з MSC через виділений інтерфейс.

Збережені в VLR дані включають:

- IMSI;
- дані аутентифікації;
- MSISDN (телефонний номер абонента);
- перелік доступних абоненту GSM сервісів;
- точку доступу для GPRS;
- адресу HLR, в якій зберігаються дані на абонента.

Окрім цього, ці реєстри зберігають профілі користувачів, які потрібні для тарифікації і виставлення рахунків. Ще дві бази даних виконують функції безпеки:

- Центр аутентифікації (AUC) зберігає дані, що стосуються безпеки користувачів таких як ключі, використовувані для аутентифікації і шифрування.;
- Реєстр ідентифікації устаткування (EIR) реєструє дані обладнання.

Управління мережею відбувається з центру підтримки та операцій (EIR). У його функції входить управління даними абонентів, терміналів, даними тарифікації, конфігурацією мережі, експлуатацією, моніторинг продуктивності та обслуговування мережі. Функції по експлуатації та обслуговуванню засновані на концепції управління мережею електровз'язку (TMN), що описаний в стандарті ITU-T серії M.30.

Таким чином, мережу GSM можна розділити на три підмережі:

- мережу радіодоступу;
- базову мережу;
- мережу управління.

Стандарт GSM визначає ці підмережі підсистемами, які називаються, відповідно:

- підсистема радіомережі оператора (BSS);
- підсистема комутації мереж (NSS);
- підсистема експлуатації та технічного обслуговування (OMSS).

Рис. 2.2 підсумовує ієрархічні відносини між компонентами мережі MSC, BSC і BTS. Вся мережа розділена на MSC регіони. Кожен з них складається щонайменше з однієї зони (Location Area), яка, в свою чергу, складається з декількох груп комірок.

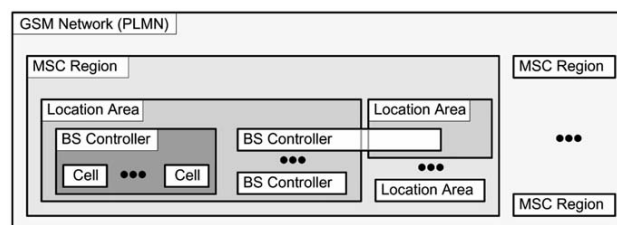


Рис. 2.2 Ієрархія системи GSM

Переваги стандарту GSM:

- Хороша якість зв'язку при достатній щільності розміщення базових станцій;
- Велика ємність мережі, можливість великого числа одночасних з'єднань;
- Низький рівень індустріальних перешкод в даних частотних діапазонах;
- Ефективне кодування (стиснення) мови алгоритмом GSM-EFR;
- Широке поширення технології по всьому світу, великий вибір обладнання;
- Функція роумінгу.
- Недоліки стандарту GSM:
- Спотворення мови при цифровій обробці і передачі;



- Зв'язок можливий на відстані не більше 120км від найближчої базової станції навіть при використанні підсилювачів і направлених антен.

## **2.2 Аналіз особливостей побудови і функціонування мереж UMTS**

### **2.2.1 Архітектура системи UMTS**

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) - універсальна система мобільних телекомунікацій - це один із стандартів , що розробляється ETSI для впровадження 3G в Європі. UMTS - це високошвидкісна передача даних, мобільний інтернет, різні додатки на основі Інтернету, інтранету та мультимедіа. Ключовою технологією для UMTS є широкосмуговий багатостанційний доступ з кодовим поділом (WCDMA) . Ця технологія радіо доступу підтримує всі мультимедійні послуги 3G. Системи WCDMA/UMTS включають вдосконалену базову мережу GSM і радіоінтерфейс за технологією WCDMA. Мережі радіодоступу цієї системи зв'язку забезпечують швидкості передачі даних до 144кбіт/с для абонентів з високою мобільністю (швидкість руху до 120км/год), 384кбіт/с для абонентів з низькою мобільністю (швидкість до 3км/год) і 2,048Мбіт/с (пікосоти). Основна відмінність UMTS від GSM полягає у використанні широкосмугових сигналів в діапазоні 2 ГГц, що дозволяє домогтися більш високого в порівнянні з GSM якості обслуговування завдяки підвищенню швидкості передачі даних, а також завдяки впровадженню пакетної архітектури мережі, яка підтримує функції передачі голосу і даних. Наприклад , всього одна несуча WCDMA шириною 5МГц забезпечить надання змішаних послуг, що вимагають швидкостей передачі від 8кбіт / с до 2Мбіт/с. А мобільні термінали , сумісні з WCDMA зможуть відповідно до рекомендацій ITU працювати відразу з декількома послугами.

Концепція архітектури мережі UMTS, як багаторівневої ієрархічної системи, передбачає об'єднання фізичних рівнів системи на основі доменів (структурних підсистем) і об'єднання функціональних рівнів на основі поділу на

шари вертикального і горизонтального рівнів. Розподіл системи UMTS на домени, показані на рисунку 2.3, є результатом виконання вимог щодо забезпечення еволюції існуючої мережевої інфраструктури, наприклад, інфраструктури GSM, N-ISDN, B-ISDN або PDN [11].

Взаємодія між доменами мережі UMTS як відкритої багаторівневої складної системи забезпечується введенням опорних точок входу і виходу взаємодіючих підсистем, що погоджує підсистеми в єдину систему за сукупністю стандартизованих вхідних і вихідних інформаційних, технічних і мережевих параметрів. Сукупність опорних точок мережі UMTS включає:

- $C_u$  - опорну точку між доменом модуля ідентифікації абонента (USIM) і доменом обладнання рухомого зв'язку (ME);
- $I_u$  - опорну точку між доменом мережі доступу і доменом мережі обслуговування;
- $U_u$  - опорну точку між доменом абонентського обладнання і доменом інфраструктури, радіоінтерфейс UMTS;
- $Y_u$  - опорну точку між доменом мережі обслуговування і доменом транзитної мережі;
- $Z_u$  - опорну точку між доменом мережі обслуговування і доменом домашньої мережі.

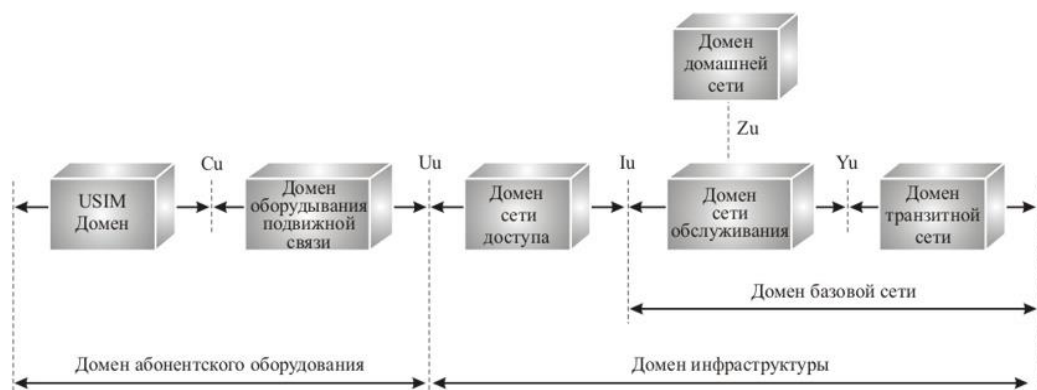


Рис. 2.3 Підсистеми мережі UMTS

Крім того, відповідно до концепції IMT-2000 системна архітектура мереж 3G підрозділяється на дві складові частини: мережу радіодоступу та базову мережу.

На рис. 2.4 представлена системна архітектура UMTS із зазначенням основних інтерфейсів. У структурі системи виділені наступні функціональні підсистеми: UE - абонентське обладнання, UTRAN - мережа радіодоступу, CN - базова мережа, а також зовнішні мережі. Розглянемо функціональні елементи, що входять до кожної з підсистем.

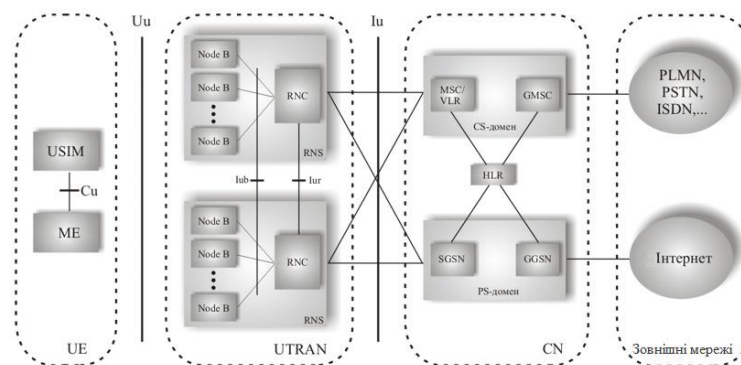


Рис. 2.4 Системна архітектура UMTS

Абонентське обладнання (або абонентські станції) UE являє собою мобільні термінали, які за допомогою радіоінтерфейсу Uu взаємодіють з базовими станціями мережі. Основна відмінність абонентських станцій мережі UMTS від аналогічних пристроїв мереж 2G полягає в їх розширеній функціональності, що забезпечуються завдяки високим швидкостям передачі інформації.

Абонентське обладнання включає два елементи:

- абонентський термінал ME для радіопослуга Uu;
- модуль ідентифікації абонента USIM, що представляє інтелектуальну карту з ідентифікаційними даними абонента і виконує алгоритми впізнання, зберігання та ідентифікації абонента.

Мережа радіодоступу UTRAN також включає два типи елементів:

- базові станції (Node B);

- контролери радіомереж (RNC).

Базові станції (БС) Node B здійснюють організацію радіоканалів по радіоінтерфейсу Uu з абонентським обладнанням. У функції базової станції входить:

- обробка сигналу на фізичному рівні (канальне кодування та перемежування, вирівнювання швидкостей потоків даних, розширення спектра сигналу та ін.);
- виконання деяких завдань управління радіоресурсом (таких як управління потужністю в закритому контурі та ін.);
- конвертування транспортних потоків даних між інтерфейсами Iub і Uu.

У типовій конфігурації БС обслуговує до шести секторів, надаючи до трьох несучих на один сектор.

Контролер радіомережі (RNC) виконує функції управління радіоресурсами UTRAN, основними з яких є:

- управління завантаженням і контроль перевантаження сот;
- управління допуском в мережу і виділення кодів для нових з'єднань з використанням радіоінтерфейсу;
- регулювання пріоритетності та черговості з'єднань;
- управління з'єднаннями і моніторинг стану радіоінтерфейсу.

Контролери радіомережі RNC з'єднуються з базовими станціями і можуть підтримувати від декількох БС до декількох десятків БС. Контролер RNC разом з підключеними до нього БС утворює підсистему радіодоступу, сукупність яких утворює мережу радіодоступу UTRAN (рис. 2.5).

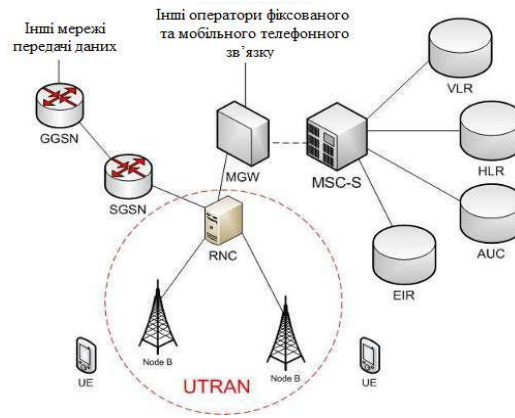


Рис. 2.5 Архітектура мережі радіодоступу UTRAN

Базова мережа CN включає ряд елементів, основними з яких є:

- центр комутації (MSC/VLR), в якому об'єднані комутатор мобільного зв'язку (MSC) і база даних переміщення абонентів (VLR);
- зональний центр комутації (GMSC);
- сервісний вузол пакетного трафіку (SGSN);
- шлюзовий сервісний вузол пакетного трафіку (GGSN);
- база даних місця розташування абонентів (HLR).

Центр комутації MSC/VLR є центральним елементом мережі, що обслуговує декілька підсистем радіодоступу RNS і забезпечує всі види зв'язків. Функції комутатора мобільного зв'язку MSC полягають у:

- здійсненні з'єднань для режиму з комутацією каналів (CS-режиму), включаючи обмін між різними мережевими елементами всередині мережі UMTS, в тому числі між елементами мережі радіодоступу UTRAN;
- забезпеченні з'єднання з іншими центрами комутації, зокрема, з зональними центрами комутації GMSC та іншими службами;
- роботі в якості шлюзу до зовнішніх мереж для CS-режиму.

База даних переміщення абонентів VLR містить копію списку підключених послуг зв'язку для візитних абонентів, а також точну інформацію про місцезнаходження абонентської станції в рамках обслуговуючої системи.

Зональний центр комутації GMSC здійснює комутацію між мережею UMTS і зовнішніми CS - мережами.

База даних місця розташування абонентів HLR є довідковою базою даних про постійно зареєстрованих у мережі абонентах. У ній містяться ідентифікаційні номери і адреси, а також параметри автентичності абонентів, список підключених послуг зв'язку, спеціальна інформація про маршрутизацію і дані про роумінг абонента.

Пакетна передача даних у мережі UMTS забезпечується вузлами SGSN і GGSN. Сервісний вузол пакетного трафіку SGSN виконує функції, аналогічні функціям MSC, але для режиму з комутацією пакетів (PS-режиму). Шлюзовий сервісний вузол пакетного трафіку GGSN є інтерфейсним вузлом, що забезпечує маршрутизацію пакетних даних системи UMTS в зовнішні PS-мережі і назад. MSC/VLR і GMSC утворюють CS-домен базової мережі, що забезпечує режим передачі даних з комутацією каналів, а SGSN і GGSN утворюють PS-домен базової мережі, що забезпечує режим передачі даних з комутацією пакетів.

Сукупність UTRAN і CN складають систему рухомого зв'язку UMTS, на базі якої створюють мережу наземного рухомого зв'язку загального користування (PLMN). Мережі PLMN можуть бути з'єднані як один з одним, так і з іншими зовнішніми мережами.

Зовнішні мережі з якими взаємодіє UMTS можна розділити на два типи:

- Працюючі в режимі комутації каналів (наприклад, телефонна мережа загального користування (PSTN) або інтегрована мережа передачі даних (ISDN));
- Працюючі в режимі комутації пакетів (наприклад, мережа Інтернет).

Архітектура мережі UMTS побудована для забезпечення роботи мережі радіодоступу UTRAN з урахуванням вимог забезпечення м'якого хендовера, що забезпечує з'єднання мережі з абонентом через дві або більше базових станцій, і особливостей алгоритмів WCDMA з управління радіоресурсами (RRM);

- Архітектура мережі забезпечує максимальну уніфікацію для режимів передачі даних з комутацією каналів і комутацією пакетів;
- Максимально забезпечена уніфікація з архітектурою мереж GSM;

- АТМ-технологія транспортування даних використана як головний механізм транспортування даних в мережі радіодоступу UTRAN.

### **2.2.2 Організація каналів передачі інформації в UTRAN**

Мережа UTRAN використовує трирівневу організацію каналів, а саме: логічні, транспортні та фізичні канали, показані на рисунку 2.6.

Під фізичними каналами (PCH) в UMTS розуміються канали передачі даних утворені за рахунок використання радіоінтерфейсу WCDMA. Кожен фізичний канал має свій широкосмуговий код, який дозволяє розрізнити кожен фізичний канал серед інших фізичних каналів. Абонентський термінал (АТ) користувача дозволяє працювати з виділеними і загальними фізичними каналами або з обома відразу. Виділеним фізичним каналом може користуватися тільки конкретний АТ, а використання загальних фізичних каналів доступно безлічі АТ в обслуговуваній соті.

Транспортні канали (TCH) UMTS є канали, що надаються з фізичного рівня мережі UMTS для транспортування даних на рівень 2 (транспортний рівень). Канали TCH перетворюються в канали PCH з використанням процедур BRP, які мають свою специфіку в лініях вгору і вниз.

Логічні канали UMTS представляють канали, що надаються на підрівні управління медіа доступом (MAC), що належить до рівня 2 (канальному рівню) мережі UMTS, для рівнів управління вищого порядку.

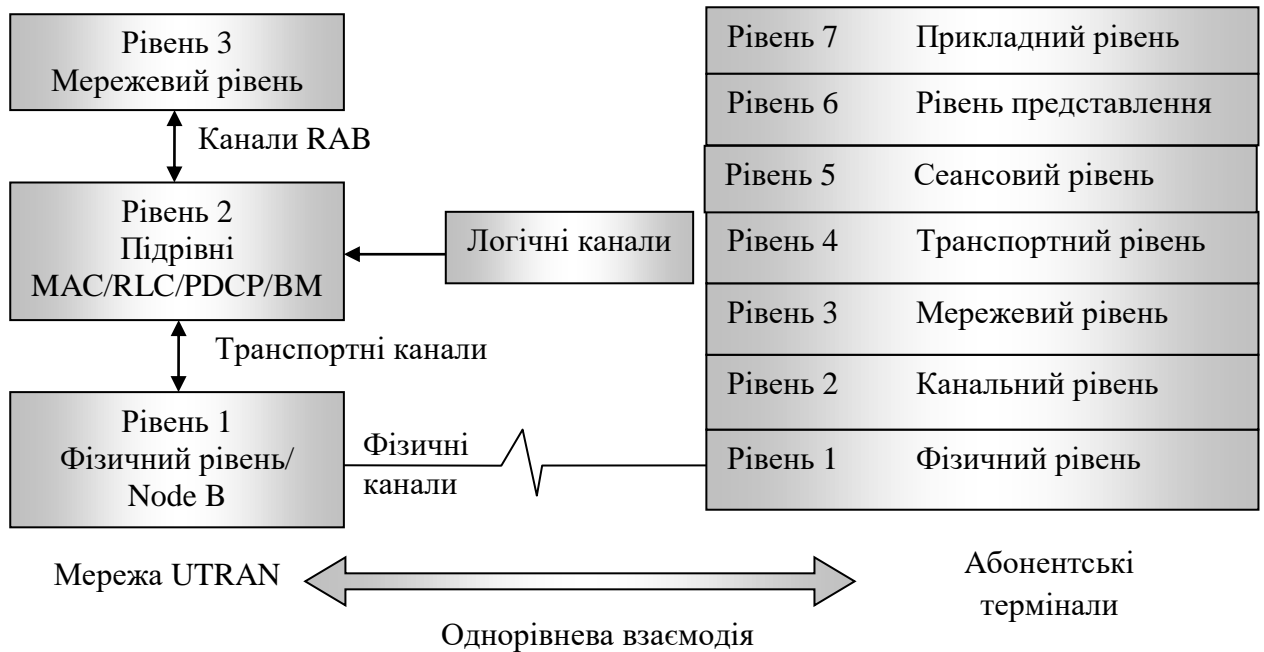


Рис. 2.6 Взаємодія каналів UTRAN

Служба обміну даними мережі радіодоступу (RAB) UMTS також представлена сукупністю каналів, що надаються рівнем 2 мережі для більш високих рівнів управління мережі UMTS в інтересах інших користувачів або забезпечення управління даними.

### 2.2.3 Огляд архітектури мережі доступу GERAN

GERAN є терміном, визначеним стандартом 3GPP для мережі радіодоступу GSM/EDGE. Загальна архітектура системи GERAN представлена на рис. 2.6. GSM є частиною еволюції бездротового мобільного зв'язку, яка включає GPRS (General Packet Radio System) і EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution). GSM використовує цифрову радіопередачу, щоб забезпечити передачу голосу, даних і мультимедійних послуг зв'язку. GSM має свій власний набір комунікаційних протоколів, інтерфейсів і функціональних об'єктів. Система GSM координує взаємодію між мобільними станціями, базовими станціями і мобільними комутаційними центрами. GPRS мережі забезпечують використання пакетного



радіоінтерфейсу поверх мережі з комутацією каналів GSM. Ця функція дозволяє підвищити ефективність використання радіочастотного спектра, оскільки радіоканал використовується тільки тоді, коли пакети передаються або приймаються [12].

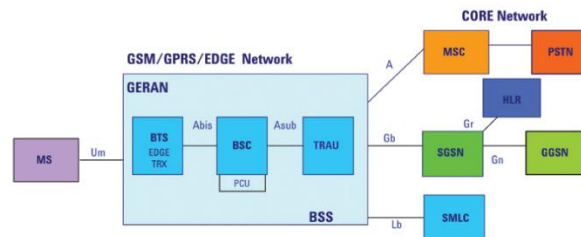


Рис. 2.7 Архітектура мережі доступу GERAN

Система GPRS забезпечує доступ до стандартних мереж передачі даних, таких як TCP/IP і X.25. GPRS забезпечує швидкість передачі даних до 160 кбіт/сек. GPRS мережа складається з двох основних елементів мережі: обслуговуючий вузол підтримки GPRS (SGSN) і шлюзовий вузол підтримки GPRS (GGSN). Так як GPRS використовує радіоресурс GSM тільки тоді, коли користувачі передають або приймають дані, декілька користувачів можуть успішно спільно використовувати один канал, який займається ними для короточасних з'єднань. GPRS покращує використання ресурсів радіозв'язку, пропонує більш високі швидкості передачі, більш короткий час доступу і спрощує доступ до мереж пакетної передачі даних.

GERAN включає GSM, GPRS, і EDGE технології, щоб забезпечити необхідну пропускну здатність для високошвидкісних послуг передачі даних і більш високої якості голосових послуг. GERAN мережі дозволяють користувачам підтримувати віртуальний зв'язок з бездротовою мережею для передачі голосу і даних.

### 2.3 Дослідження архітектури LTE

LTE (Long Term Evolution - еволюція в довгостроковій перспективі) - технологія побудови мереж бездротового зв'язку, створена в рамках проекту

співпраці у створенні мереж третього покоління 3GPP. Основними цілями розробки технології LTE є: зниження вартості передачі даних, збільшення швидкості передачі даних, можливість надання більшого спектру послуг за нижчою ціною, підвищення гнучкості мережі і використання вже існуючих систем мобільного зв'язку. Головна відмінність стандарту LTE від інших технологій мобільного зв'язку полягає в повній побудові мережі на базі IP-технологій. Радіоінтерфейс LTE забезпечує покращені технічні характеристики, включаючи максимальну швидкість передачі даних понад 300Мбіт/с, час затримки пересилання пакетів менше 5мс, а також значно вищу спектральну ефективність в порівнянні з існуючими стандартами бездротового мобільного доступу третього покоління (3G) [13].

При розробці архітектури мережі LTE були прийняті до уваги наступні загальні принципи:

- Логічно розділені транспортні (під)мережі передачі даних користувача та службової інформації;
- Мережа радіодоступу і базова пакетна мережа повністю звільнені від транспортних функцій. Схеми адресації, використовувані в цих мережах, не повинні бути пов'язані зі схемами адресації, використовуваними при реалізації транспортних функцій. Той факт, що деякі функції мережі радіодоступу або базової пакетної мережі фізично реалізовані в тому ж обладнанні, що й деякі транспортні функції, не говорить про те, що транспортні функції є частиною зазначених мереж;
- Управління мобільністю абонентів і/або абонентський терміналів повністю покладено на мережу радіодоступу;
- Функціональний поділ інтерфейсів мережі радіодоступу повинен мати кілька можливих опцій;
- Інтерфейси повинні базуватися на логічній моделі блоку, керованого даними інтерфейсом;
- Один фізичний елемент мережі може реалізаційно містити в собі кілька логічних блоків.

Архітектуру мережі LTE можна назвати плоскою [14], оскільки практично вся мережева взаємодія відбувається між двома вузлами: базовою станцією (БС), яка в технічних специфікаціях називається В-вузлом (ENode-B, eNB) і блоком управління мобільністю БУМ (MME, Mobility Management Entity), який, як правило, включає і мережевий шлюз (GW, Gateway), тобто мають місце комбіновані блоки MME/GW. БУМ працює тільки зі службовою інформацією - мережевою сигналізацією, так що IP-пакети, що містять користувацьку інформацію, через нього не проходять.

Серед всіх мережевих шлюзів окремо виділені два:

- обслуговуючий шлюз ОШ (S-GW, Serving Gateway);
- шлюз пакетної мережі (P-GW, Packet Data Network Gateway), або пакетний шлюз (ПШ).

ОШ функціонує як блок управління локальною мобільністю, приймаючи і пересилаючи пакети даних, що відносяться до БС. ПШ є інтерфейсом між набором БС і різними зовнішніми мережами, а також виконує деякі функції IP-мереж, такі, як розподіл адрес, забезпечення користувацьких політик, маршрутизацію, фільтрацію пакетів і ін.

PCRF (вузол виставлення рахунків абонентам - Policy and Charging Rules Function) також може бути розділений на 2 функції:

- контроль шлюзу (gating control);
- контроль якості.

Під контролем шлюзу (gating control) розуміється своєчасність і безпомилковість визначення таких подій як початок надання, зміна параметрів, завершення надання послуги тощо. Управління якістю включає в себе безперервний моніторинг і підтримку заданих абонентськими параметрами характеристик якості надання послуг (QoS) причому не тільки для голосових з'єднань, але і для пакетних сесій.

HSS (Home Subscriber Server - сервер абонентських даних мережі) являє собою велику базу даних і призначений для зберігання даних про абонентів. HSS фактично замінює набір реєстрів (VLR, HLR, AUC, EIR), які використовувалися

в мережах 2G і 3G. HSS генерує дані, необхідні для здійснення процедур шифрування, аутентифікації та ін. Мережа LTE може включати один або кілька HSS . Кількість HSS залежить від географічної структури мережі і числа абонентів.

В основу принципів побудови мережі LTE покладено поділ двох аспектів: фізичної реалізації окремих мережевих блоків і формування функціональних зв'язків між ними. При цьому завдання фізичної реалізації вирішуються, виходячи з концепції області (domain), а функціонального зв'язку розглядаються в рамках шару (stratum). Первинним поділом на фізичному рівні є розділення архітектури мережі на область користувацького обладнання (UED, User Equipment Domain) і область мережевої інфраструктури (ID, Infrastructure Domain). Остання, в свою чергу (див. рис.2.8), поділяється на підмережу радіодоступу (E-UTRAN, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) і базову (пакетну) мережу (EPC, Evolved Packet Core).

На рисунку 2.9 показана узагальнена архітектура мережі LTE, з якої видно наявність двох шарів функціональних зв'язків: шару радіодоступу (AS, Access Stratum) і зовнішність шару радіодоступу (NAS, Non-Access Stratum). Показані на рисунку овали зі стрілками позначають точки доступу до послуг.

Стик між областю UE користувацького обладнання та областю мережі радіодоступу UTRAN називається Uu-інтерфейсом; стик між областю мережі радіодоступу і областю базової мережі EPC - S1-інтерфейсом. Склад і функціонування різних протоколів, що відносяться до інтерфейсів Uu і S1, розділені на дві площині: користувацьку площину (UP, User Plane) і площину управління (CP, Control Plane). Ці дві площини утворюють відповідний різновид трафіка, і на рисунку 2.9 вони позначені суцільними та пунктирними лініями відповідно.

Поза шаром доступу діють механізми управління мобільністю в базовій мережі (EMM, EPC Mobility Management).

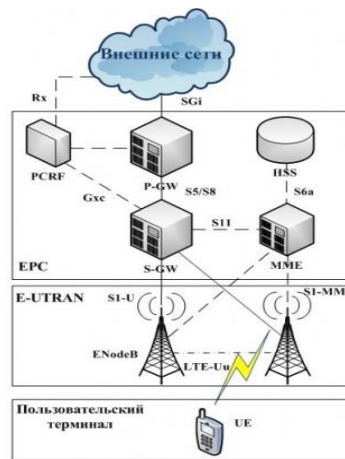


Рис. 2.8 Загальна структура мережі LTE

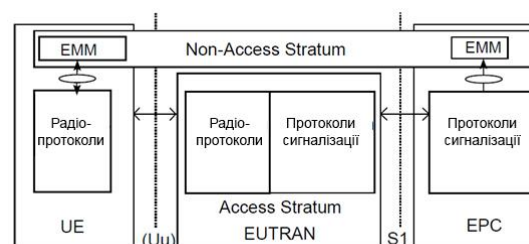


Рис. 2.9 Узагальнена архітектура мережі LTE

Область мережі радіодоступу логічно розділена на два рівні: рівень радіомережі (RNL, Radio Network Layer) і рівень транспортної мережі (TNL, Transport Network Layer). Взаємодія БС, що входять в мережу радіо доступу, здійснюється на основі X2-інтерфейсу (рис. 2.10). Крім того, має місце транзитне з'єднання між базовими станціями і базовою мережею через блок управління мобільністю (S1-MM-інтерфейс) або обслуговуючий вузол (S1-U-інтерфейс). Таким чином, можна стверджувати, що S1-інтерфейс підтримує множинні відношення між набором БС і блоками БУМ/ОУ.

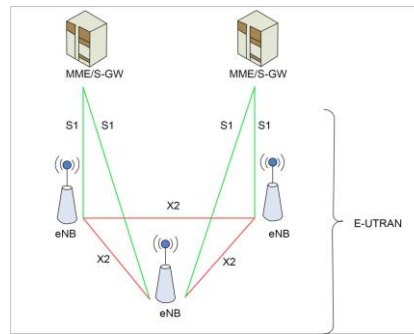


Рис. 2.10 З'єднання функціональних вузлів мережі радіодоступу

Розглянемо стеки протоколів, канали та послуги, реалізовані на різних рівнях. На рисунку 2.11 показаний стек протоколів, розділений на наступні рівні:

- фізичний (PHY) рівень;
- рівень управління доступом до середовища MAC (Medium Access Control);
- рівень управління радіоканалом RLC (Radio Link Control);
- рівень протоколу конвергенції (злиття) пакетних даних PDCP (Packet Data Convergence Protocol);
- рівень управління радіоресурсами RRC (Radio Resource Control);
- підрівень протоколу, функціонуючого поза шаром доступу (NAS-протокол).

Як видно з рис. 2.11, на підрівнях MAC і RLC в користувацькій площині виконуються такі ж функції, що і в площині управління. Функції підрівня RRC обмежені тільки площиною управління: це мовлення системної інформації, виклик, управління радіоканалом, управління з'єднанням на даному підрівні, забезпечення управління мобільністю, управління та складання звітів про вимірювання параметрів користувацького терміналу (КТ).

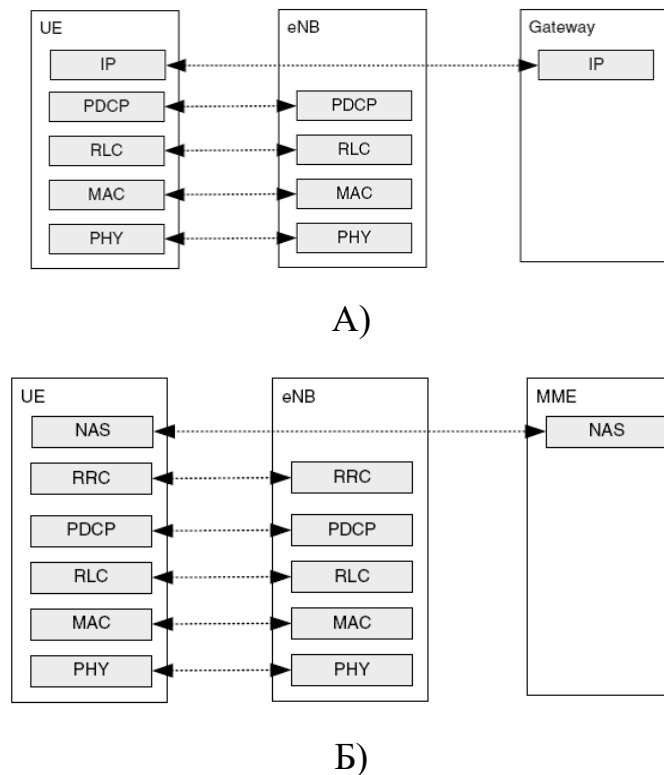


Рис. 2.11 Стек протоколів в користувальницькій площині (А) і в площині управління (Б)

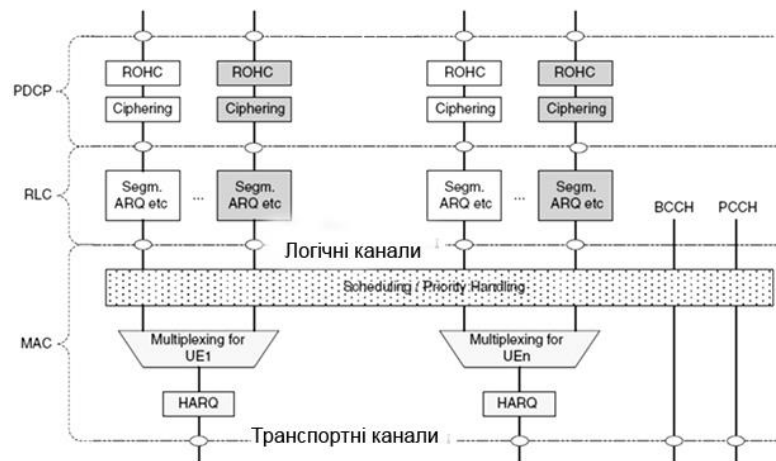
Також в площину управління віднесений протокол обміну інформацією поза шаром доступу (протокол NAS) і локалізований між БУМ і КТ. Він призначений для вирішення завдань, не пов'язаних з питаннями радіодоступу: управління наскрізним каналом передачі даних, аутентифікація та захист даних користувача та ін.

На нижньому, фізичному рівні, званому також Рівнем 1 (L1, Layer 1) реалізовані послуги з передачі даних на більш високі рівні.

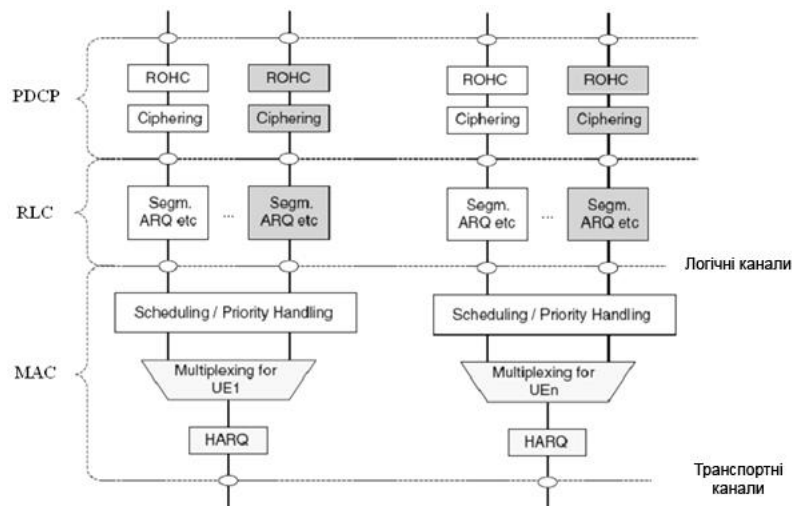
Точки доступу до послуг між фізичним рівнем і MAC-підрівнем забезпечуються транспортними каналами, а між MAC-підрівнем і RLC-підрівнем - логічними каналами.

На рисунку 2.12 показана структура канального рівня, званого також Рівнем 2 (L2, Layer 2) у низхідному і висхідному напрямку; відмінність структур в тому, що в низхідному напрямку на MAC-підрівні відбувається управління пріоритетом

декількох КТ, в той час як у висхідному напрямку таке управління відноситься тільки до одного КТ.



А)



Б)

Рис. 2.12 Структура каналного рівня в низхідному (А) і висхідному (Б) напрямках

У мережах LTE (також, як і в мережах UMTS) вводиться поняття наскрізного каналу (end-to-end bearer) між двома кінцевими точками: або між двома користувачами, або, наприклад, між користувацьким терміналом і яким-небудь інтернет-сервером. Має місце поняття каналу, що переносить ряд параметрів якості обслуговування, встановлюваного між КТ і шлюзом пакетної мережі (рис. 2.13); в LTE-специфікаціях такий канал називається EPS-канал (EPS



bearer, EPS - Evolved Packet System, виділена пакетна система). Кожен IP-потік, наприклад, голосовий трафік, що передається за допомогою IP-протоколу (VoIP), пов'язаний з індивідуальним EPS-каналом, і, у відповідності до цього, мережа здатна встановлювати різним абонентам різні пріоритети. Коли IP-пакет приходить ззовні (зовнішня IP-мережа, інтернет), він класифікується обслуговуючим вузлом за якістю обслуговування на основі попередньо встановлених параметрів, відображається у відповідний EPS-канал і далі передається по радіоканалу між БС і КТ. Таким чином, існує відповідність між EPS-каналом і радіоканалом.

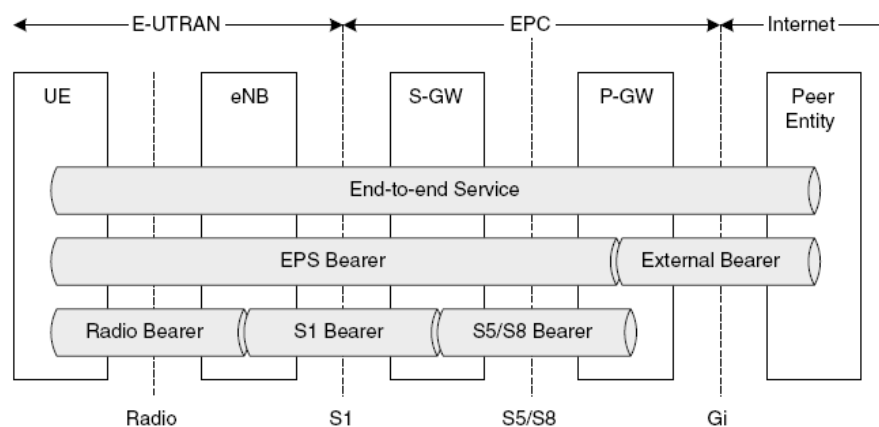


Рис. 2.13 Архітектура наскрізного каналу

Архітектура мережі LTE розроблена таким чином, щоб забезпечити підтримку пакетного трафіку з так званою "гладкою" ("безшовною", seamless) мобільністю, мінімальними затримками доставки пакетів і високими показниками якості обслуговування.

Мобільність як функція мережі забезпечується двома її видами: дискретною мобільністю (роумінг) і безперервною мобільністю (хендовер). Пакетна передача дозволяє забезпечити всі послуги, включаючи передачу абонентського голосового трафіку.

## 3 АРХІТЕКТУРА МЕРЕЖ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ

### 3.1 Принципи пакетної передачі мови

У технічній літературі використовуються три основні терміни для позначення технології передачі мови по мережах з пакетною комутацією на базі протоколу IP (Internet Protocol):

- IP-телефонія (IP Telephony);
- голос по IP-мереж (Voice over IP - VoIP);
- Інтернет-телефонія (Internet Telephony).

Під IP-телефонією мають на увазі технологію, що дозволяє використовувати будь-яку мережу з пакетною комутацією на базі протоколу IP (наприклад, мережа Інтернет) як засіб організації і ведення міжнародних, міжміських і місцевих телефонних розмов і передачі факсів в режимі реального часу [15].

Класичні телефонні мережі засновані на технології комутації каналів (рис. 3.1) яка для кожної телефонної розмови вимагає виділеного фізичного з'єднання. Отже, одна телефонна розмова являє собою одне фізичне з'єднання телефонних каналів. У цьому випадку аналоговий сигнал шириною 3,1 кГц передається на найближчу АТС, де він мультиплексується за технологією тимчасового розділення з сигналами, які надходять від інших абонентів, підключених до цієї АТС. Далі груповий сигнал передається по мережі міжстанційних каналів. Досягнувши АТС призначення, сигнал демультиплексується і доходить до адресата. Основним недоліком телефонних мереж з комутацією каналів є неефективне використання смуги каналу - під час пауз в мові канал не несе ніякого корисного навантаження.

Перехід від аналогових до цифрових технологій став важливим кроком для виникнення сучасних цифрових телекомунікаційних мереж. Одним з таких кроків в розвитку цифрової телефонії став перехід до пакетної комутації. У мережах пакетної комутації по каналах зв'язку передаються одиниці інформації, що не

залежать від фізичного носія. Такими одиницями можуть бути пакети або кадри (залежно від протоколу), але в будь-якому випадку вони передаються по мережі, що розділяє канали (рис. 3.2). Кожен пакет ідентифікується заголовком, який може містити інформацію про використовуваний ним каналі, його походження (тобто про джерело або відправника) та пункт призначення (про одержувача або приймача).

Процес передачі голосу по IP-мережі складається з декількох етапів. На першому етапі здійснюється оцифровування голосу. Потім оцифровані дані аналізуються і обробляються з метою зменшення їх фізичного об'єму для передачі одержувачу. Як правило, на цьому етапі відбувається усунення непотрібних пауз і фонового шуму, а також компресування.

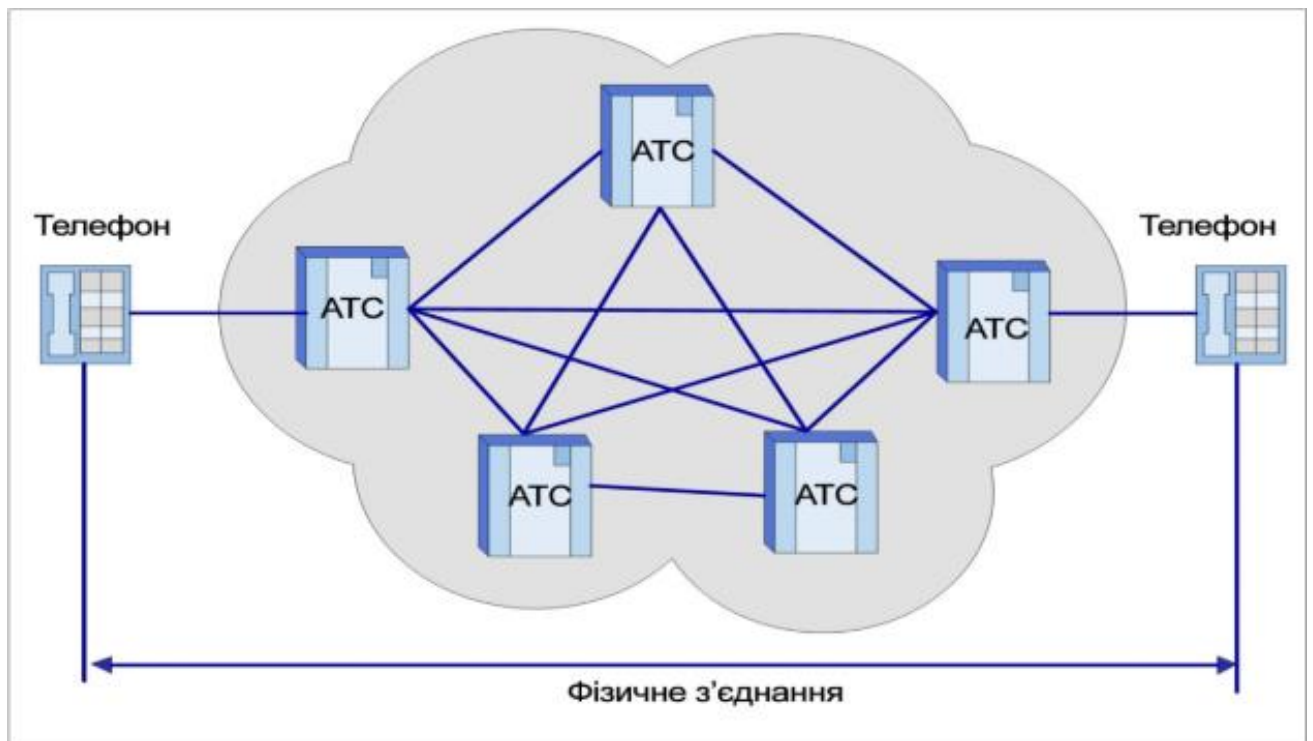


Рис. 3.1 Сполучення в «класичній» телефонній мережі

На наступному етапі отримана послідовність даних розбивається на пакети і до неї додається протокольна інформація - адреса одержувача, порядковий номер пакету на випадок, якщо вони будуть доставлені не послідовно, і додаткові дані для корекції помилок. При цьому відбувається тимчасове накопичення необхідної

кількості даних для утворення пакету до його безпосереднього відправлення в мережу.

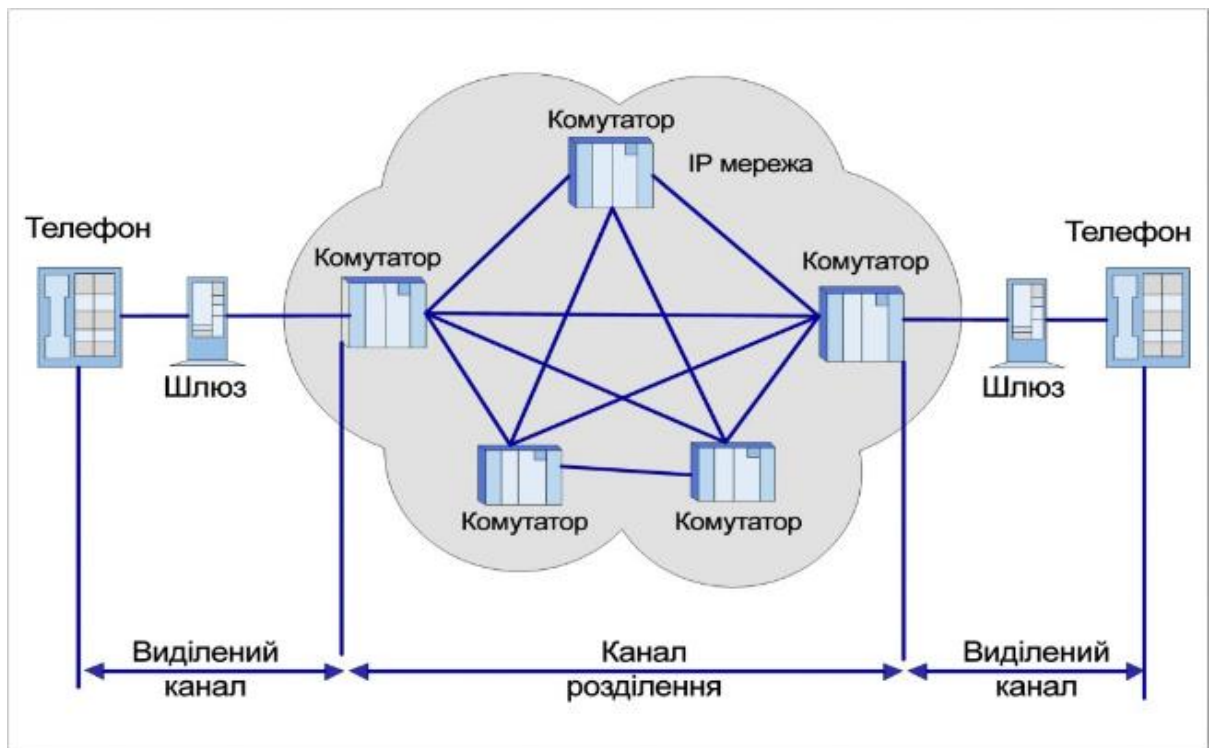


Рис. 3.2 З'єднання в мережі з комутацією пакетів

Приймом переданої голосової інформації з отриманих пакетів також відбувається в кілька етапів. Коли голосові пакети приходять на термінал одержувача, то спочатку перевіряється їх порядкова послідовність. Оскільки IP-мережі не гарантують час доставки, то пакети зі старшими порядковими номерами можуть прийти раніше, більше того, інтервал часу отримання також може коливатися. Для відновлення початкової послідовності і синхронізації відбувається тимчасове накопичення пакетів. Однак, деякі пакети можуть бути взагалі втрачені при доставці, або затримка їх доставки перевищить допустиму похибку. У звичайних умовах приймальний термінал запитує повторну передачу помилкових або втрачених даних. Але передача голосу занадто критична до часу доставки, тому в цьому випадку або включається алгоритм апроксимації, що дозволяє на основі отриманих пакетів приблизно відновити втрачені, або ці втрати просто ігноруються, а пропуски заповнюються даними випадковим чином.

Отримана таким чином невідновлена послідовність даних декомпресується і перетворюється безпосередньо в аудіо сигнал, що несе голосову інформацію одержувачу.

В IP-телефонії існує два основних способи передачі голосових пакетів по IP-мережі [16]:

- через глобальну мережу Інтернет (Інтернет-телефонія);
- використовуючи мережі передачі даних на базі виділених каналів (IP - телефонія).

У першому випадку смуга пропускання напряму залежить від завантаженості мережі Інтернет пакетами, що містять дані, голос, графіку і т.д., а значить, затримки при проходженні пакетів можуть бути різними. При використанні виділених каналів виключно для голосових пакетів можна гарантувати фіксовану (або майже фіксовану) швидкість передачі. Зважаючи на широке розповсюдження мережі Інтернет особливий інтерес викликає реалізація системи Інтернет-телефонії, хоча слід визнати, що в цьому випадку якість телефонного зв'язку оператором не гарантується.

Загальний принцип дії телефонних серверів Інтернет-телефонії такий: з одного боку, сервер пов'язаний з телефонними лініями і може з'єднатися з будь-яким телефоном світу. З іншого боку, сервер пов'язаний з Інтернетом і може зв'язатися з будь-яким комп'ютером в світі. Сервер приймає стандартний телефонний сигнал, оцифровує його (якщо він початково не цифровий), значно стискає, розбиває на пакети і відправляє через Інтернет за призначенням з використанням протоколу IP. Для пакетів, що приходять з мережі на телефонний сервер і що йдуть в телефонну лінію, операція відбувається в зворотному порядку. Обидві складові операції (вхід сигналу в телефонну мережу і його вихід з телефонної мережі) відбуваються практично одночасно, що дозволяє забезпечити повнодуплексну розмову. На основі цих базових операцій можна побудувати багато різних конфігурацій. Наприклад, дзвінок «телефон-комп'ютер» або «комп'ютер-телефон» може забезпечувати один телефонний сервер. Для організації зв'язку телефон (факс)-телефон (факс) потрібно два сервера.

Основним стримуючим фактором на шляху масштабного впровадження IP-телефонії є відсутність у протоколі IP механізмів забезпечення гарантованої якості послуг, що робить його поки не найнадійнішим транспортом для передачі голосового трафіку. Сам протокол IP не гарантує доставку пакетів, а також час їх доставки.

З точки зору масштабованості IP-телефонія представляється цілком закінченим рішенням. Оскільки з'єднання на базі протоколу IP може починатися і закінчуватися в будь-якій точці мережі від абонента до магістралі, відповідно, IP-телефонію в мережі можна вводити ділянка за ділянкою. Для рішень IP-телефонії характерна певна модульна: кількість і потужність різних вузлів можна нарощувати практично незалежно.

### **3.2 Принципи побудови і функціонування мереж IP-телефонії**

Мережа IP-телефонії являє собою сукупність кінцевого обладнання, каналів зв'язку і вузлів комутації. Мережі IP-телефонії будуються за тим же принципом, що і мережі Інтернет. Однак на відміну від мереж Інтернет, до мереж IP-телефонії пред'являються особливі вимоги щодо забезпечення якості передачі мови. Одним зі способів зменшення часу затримки мовних пакетів у вузлах комутації є скорочення кількості вузлів комутації, що беруть участь в з'єднанні. Тому при побудові великих транспортних мереж в першу чергу організовується магістраль, яка забезпечує транзит трафіку між окремими ділянками мережі, а кінцеве обладнання (шлюзи) включається в найближчий вузол комутації (рис. 3.3). Оптимізація маршруту дозволяє поліпшити якість надаваних послуг. При підключенні до мережі інших операторів їх обладнання також підключається до найближчого вузла комутації [17].

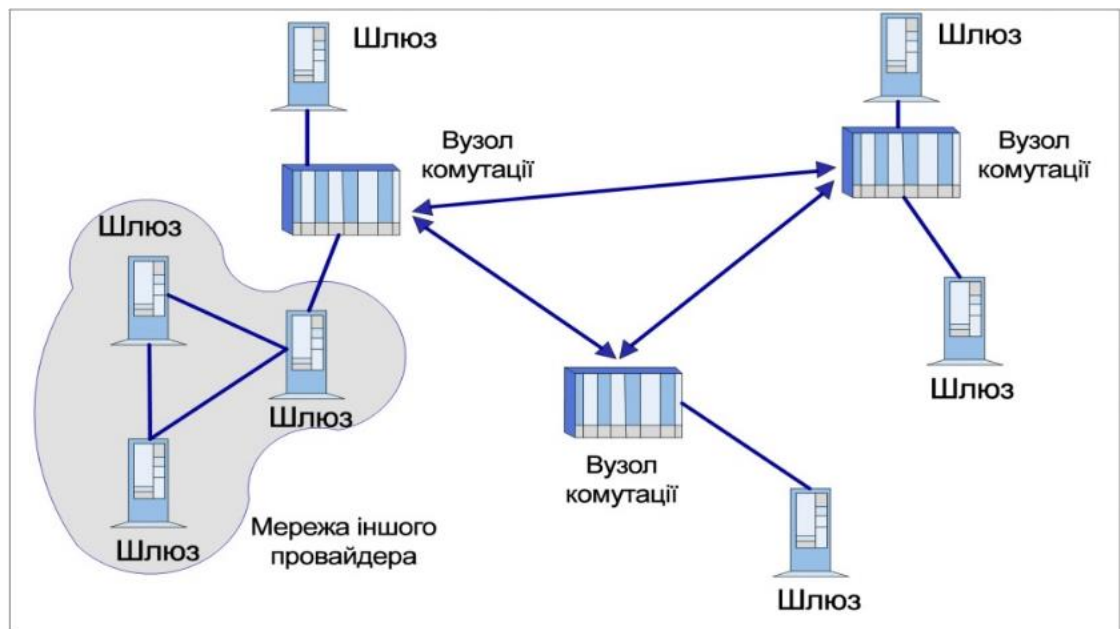


Рис. 3.3 Приклад побудови мережі IP-телефонії з використанням магістралі

Для зв'язку між пристроями всередині мережі та з пристроями інших мереж IP-телефонії використовуються виділені канали або мережу Інтернет. За способом зв'язку кінцевих пристроїв між собою мережі IP-телефонії можна розділити на виділені, інтегровані та змішані.

У виділених мережах (рис. 3.4) зв'язок між кінцевими пристроями здійснюється по виділених каналах, і пропускна здатність цих каналів використовуються тільки для передачі мовних пакетів. Найчастіше провайдери IP-телефонії не будують власну мережеву інфраструктуру, а орендують канали у провайдерів первинної мережі. Це дозволяє зменшити витрати на експлуатацію мережі і збільшити окупність вкладень.

Головна перевага виділеної мережі - це висока якість передачі мови, так як такі мережі призначені тільки для передачі мовного трафіку. Крім того, для забезпечення гарантованої якості надання послуг у цих мережах, крім протоколу IP, застосовуються й інші транспортні протоколи: ATM та Frame Relay.

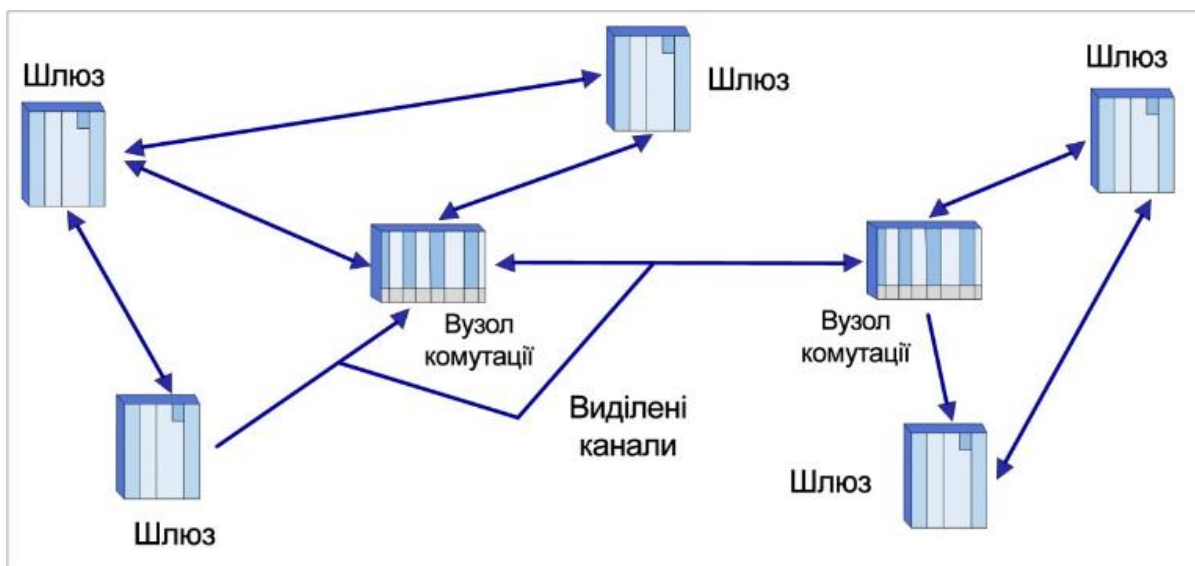


Рис. 3.4 Приклад побудови виділеної мережі IP- телефонії

В інтегрованих мережах IP-телефонії для зв'язку між пристроями використовується глобальна мережа Інтернет. Це може

бути вже існуюча власна мережа або доступ до мережі Інтернет через провайдерів. Якщо оператор має власну мережу Інтернет, то для надання послуг IP-телефонії він лише встановлює додаткове обладнання, яке забезпечує перетворення мови в дані і навпаки, і модернізує вже наявне обладнання, щоб забезпечити якість надаваних послуг. Якщо оператор IP-телефонії користується послугами провайдерів Інтернет, то якість послуг такої мережі може бути низьким, так як звичайні мережі Інтернет не розраховані на передачу інформації в реальному масштабі часу.

З різних причин оператори мереж IP-телефонії для об'єднання своїх пристроїв у мережі можуть використовувати виділені канали та мережу Інтернет. Такі мережі можна назвати мережами змішаного типу (рис. 3.5). Питання про те, які канали використовувати для зв'язку пристроїв між собою, вирішується оператором індивідуально залежно від можливостей.

Якщо оператор (зазвичай використовують виділені канали) з яких-небудь причин не може орендувати канал до кінцевого пристрою, він вдається до послуг провайдерів Інтернет. Якщо оператор IP-телефонії, що використовує мережу



Інтернет, не має можливості отримати доступ в Інтернет в конкретній точці, або якість послуг через мережу Інтернет дуже низька, то для підключення кінцевого пристрою до мережі використовується виділений канал. До побудови мережі за змішаним типом вдаються рідко, тільки коли немає іншого варіанту. Найчастіше, таким способом більш великі оператори підключають до себе більш дрібних операторів.

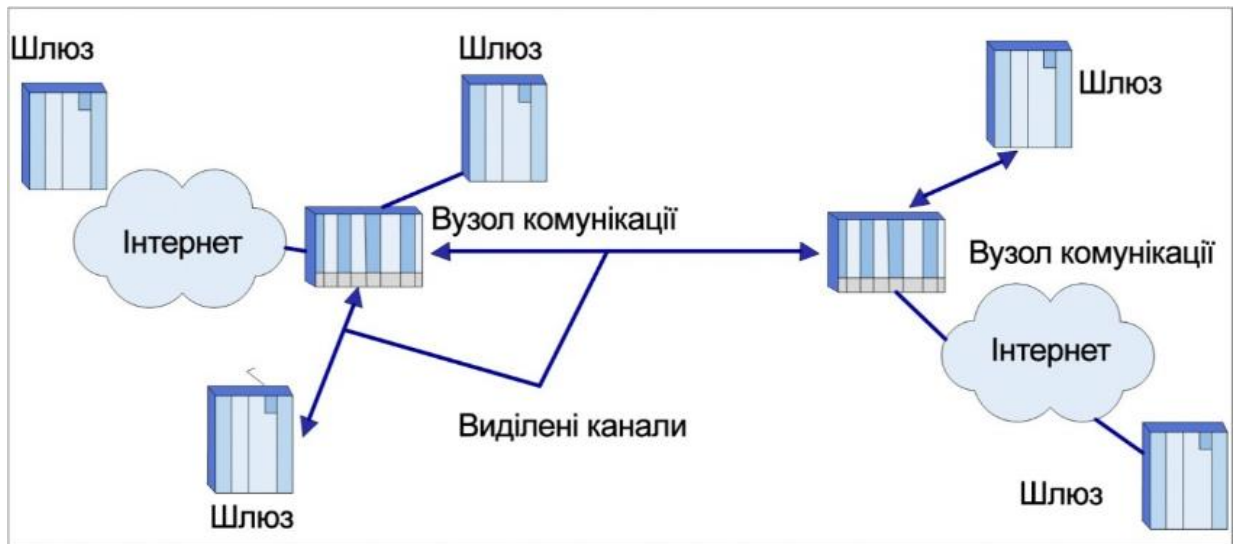


Рис. 3.5 Приклад побудови змішаної мережі IP-телефонії

За своїм масштабом всі мережі IP-телефонії можна розділити на міжнародні, регіональні і місцеві.

### 3.3 Архітектура IP-мережі на базі стандарту H.323

Рекомендація H.323 розроблена сектором стандартизації телекомунікацій Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ-Т) і містить описи термінальних пристроїв, обладнання та мережевих служб, призначених для здійснення мультимедійного зв'язку в мережах з комутацією пакетів (наприклад, в корпоративній інтрамережі або Інтернет). Термінальні пристрої та мережеве обладнання стандарту H.323 можуть передавати дані, мову та відеоінформацію в масштабі реального часу. У Рекомендації H.323 не визначені мережевий

інтерфейс, фізичне середовище передачі інформації і транспортний протокол, що використовується в мережі. Мережа, через яку здійснюється зв'язок між терміналами H.323, може являти собою сегмент або безліч сегментів зі складною топологією. Термінали H.323 можуть бути інтегровані в персональні комп'ютери або реалізовані як автономні пристрої. Підтримка мовного обміну - обов'язкова функція для пристрою стандарту H.323 [18].

У рекомендації H.323 описуються чотири основні компоненти (рис. 3.6):

- термінал;
- gatekeeper (контролер зони);
- шлюз;
- пристрій керування багатоточковою конференцією (MCU).

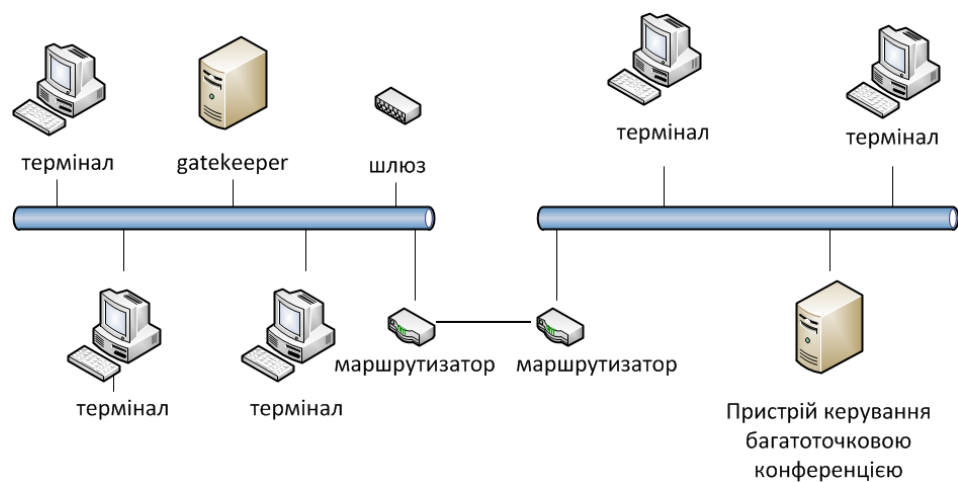


Рис. 3.6 Зона H.323

Всі перераховані компоненти організовані в так звані зони H.323. Одна зона складається з gatekeeper і декількох кінцевих точок, причому gatekeeper керує всіма кінцевими точками своєї зони. Зоною може бути і вся мережа постачальника послуг IP-телефонії або її частина, що охоплює окремий регіон. Поділ на зони H.323 не залежить від топології пакетної мережі, але може бути використаний для організації накладеної мережі H.323 поверх пакетної мережі, що використовується винятково в якості транспорту.

## 4 НАДАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ ПОСЛУГ НА БАЗІ МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ТА РОЗРАХУНОК ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИСЕРВІСНОГО ТРАФІКУ

### 4.1 Схема проходження мультисервісного трафіку

Для будь-якої топології мереж IP та MPLS (рис. 4.1) проходження трафіку забезпечується керуючими протоколами. Для мереж IP вони є наступними:

- Interior Gateway Protocol (IGP) - протокол маршрутизації, розроблений компанією Cisco, для своїх багатопрокольних маршрутизаторів в середині 80-х років для маршрутизації в межах автономної системи (AS), що має складну топологію і різні характеристики смуги пропускання і затримки. IGRP є протоколом внутрішніх роутерів з вектором відстані.

- Border Gateway Protocol (BGP) - протокол граничного шлюзу. Основний протокол динамічної маршрутизації в Інтернет. BGP відрізняється від інших протоколів динамічної маршрутизацією, його призначення - обмін інформацією про маршрути не між окремим маршрутизаторами, а між цілими автономними системами, і тому, крім інформації про маршрути в мережі, переносить також інформацію про маршрути на автономні системи. BGP не використовує технічні метрики, а здійснює вибір найкращого маршруту виходячи з правил, прийнятих в мережі.

Архітектура мережі містить рівень ядра (Р обладнання), та пограничний рівень (PE обладнання). Кожен елемент фізично є, насправді, подвійним компонентом, між елементами якого є двосторонній зв'язок.

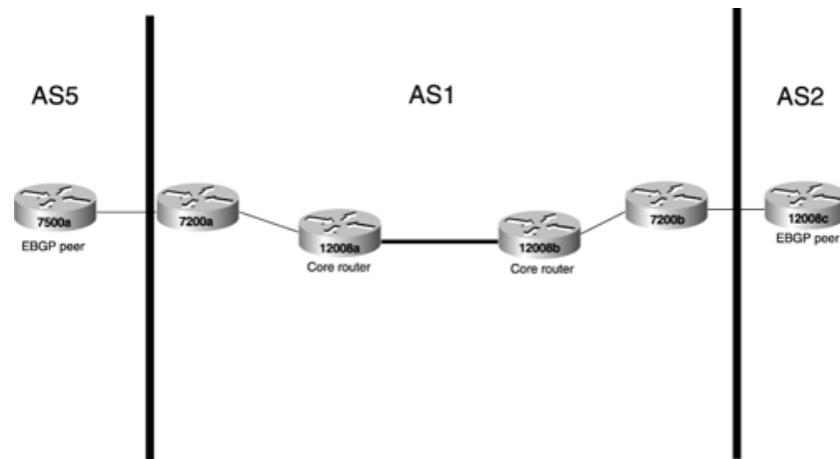


Рис. 4.1 Архітектура ядра (AS1) та граничної зони (AS2) мережі

Таке рішення впливає з погляду надійності мережі. Кожен елемент утворює рівень зв'язки з елементами інших компонентів, у повнозв'язній топології (рис. 4.2). Таким чином, утворюється два шари забезпечення з'єднання.

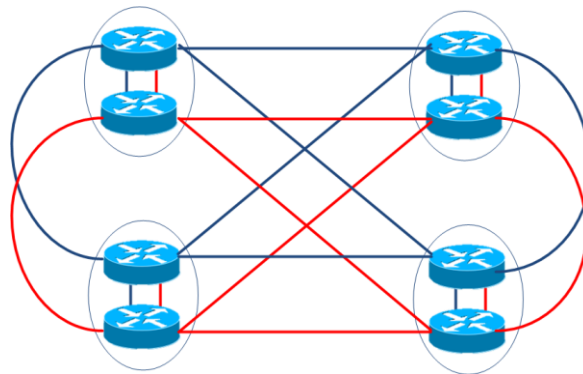


Рис. 4.2 Принцип фізичного зв'язку в мережі (логічна топологія)

В мережі MPLS керуючі протоколи наступні:

- IGP – цей протокол не відрізняється у використанні від IP мережі.
- Протокол розподілення міток LDP- це протокол, за допомогою якого два LER (Label Edge Router - граничний маршрутизатор міток) в MPLS мережі обмінюються інформацією про відображення міток. Трьома основними протоколами розсилки міток в MPLS мережі є:

- Tag Distribution Protocol (TDP);

- Label Distribution Protocol (LDP);
- RSVP.

RSVP використовується для транспортної інженерії. TDP і LDP є насправді дві різні версії одного і того ж протоколу. Прийmemo протокол LDP для розподілу міток, так як, на відміну від TDP, він є стандартизованим.

Трафік в мультисервісній мережі поділяється на чотири основних типи, які ще називаються класами QoS [22]:

- Розмовний клас (conversational class);
- Поточковий клас (streaming class);
- Інтерактивний клас (interactive class);
- Фоновий клас (background class).

Основною відмінною рисою між цими класами QoS є їх чутливість до затримки: conversational class призначений для трафіку, який дуже чутливий до затримки у той час як background class є найбільш нечутливим до затримок.

Conversational та streaming - класи призначені, головним чином, для передачі трафіку реального часу. Основна відмінність між ними – час допустимої затримки. Для мереж UMTS та класу Conversational затримка не має перевищувати 100 мсек. Interactive class і background class, в основному, ризначені для використання традиційних інтернет-додатків, таких як WWW, електронна пошта, Telnet, FTP. Основна відмінність між Interactive і Background режимами в тому, що інтерактивний клас в основному використовується для інтерактивних програм, в той час як фоновий режим призначений для фонового трафіку, наприклад завантаження повідомлень електронної пошти або скачування файлу.

Трафік мультисервісної мережі на мережевому рівні можна представити як сукупність цих класів (рис. 4.3).

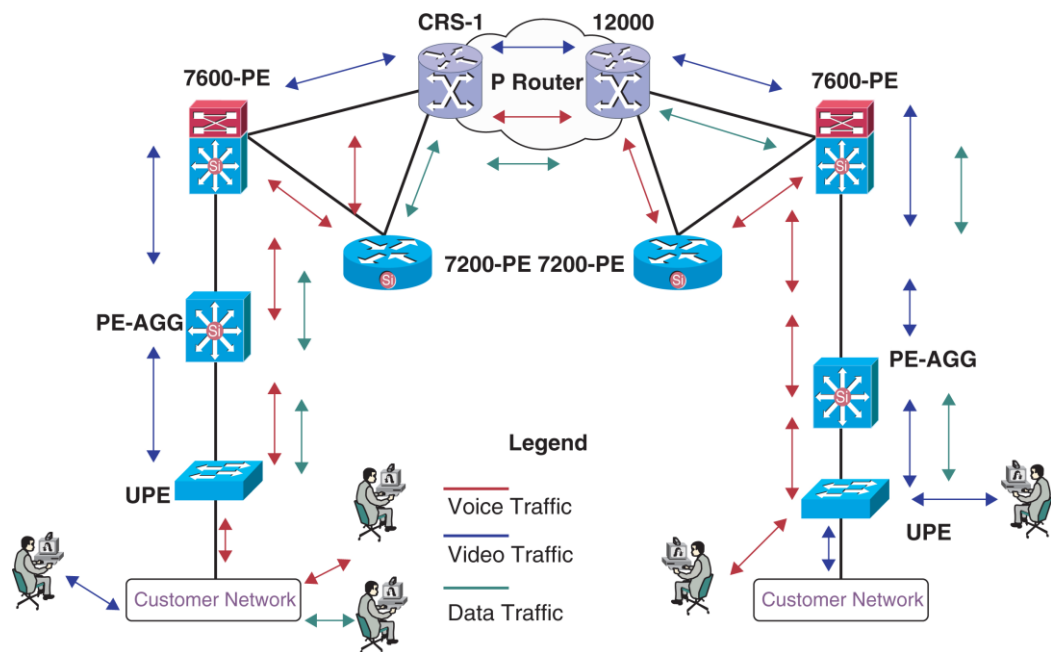


Рис. 4.3 Схема проходження трафіку в мережі IP NGN

Так, на рис. 4.3, ядро IP NGN складається з маршрутизатора (P) Cisco CRS-1 і Cisco 12000, а граничними маршрутизаторами (PE) є Cisco 7600 і 7200. Пристрої PE-AGG є маршрутизаторами Cisco 7600, а пристрої UPE - комутатори Cisco Catalyst Ethernet.

Іншою площиною класифікації трафіку є розподіл на:

- Трафік даних;
- Трафік сигналізації.

На рис. 4.4 зображено схему проходження трафіку сигналізації, голосового потоку та обов'язкові компоненти на шляху виклику. Голосовий трафік входить в мобільну мережу через БС на границі мережі радіо доступу, потім проходить до регіонального контролеру BSC. Потім голосовий трафік проходить через BSC до MSC, який буде направляти виклик іншим користувачам в мережі мобільного зв'язку або через шлюз MSC (G-MSC) до PSTN інших мобільних операторів, якщо це потрібно.

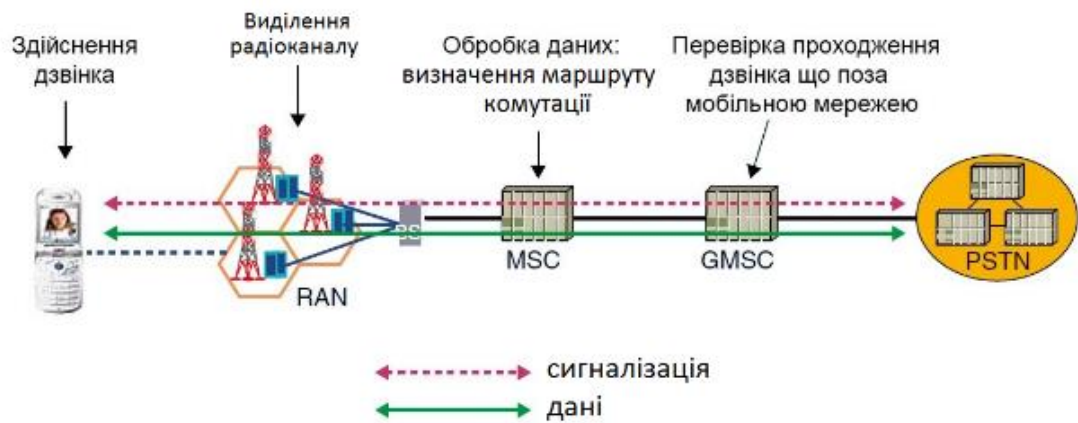


Рис. 4.4 Схема проходження голосового трафіку в мобільній мережі

Всі голосові дзвінки та сигналізація з комутацією по TDM на основі T1/E1 або мікрохвильової інфраструктури, як правило, підтримуються шаром SONET/SDH на граничній RAN, RAN ядрі та ядрі мережі, де потрібна G-MSC.

## 4.2 Затримка серіалізації

Затримка серіалізації - це час, витрачений на підготовку пакетів в мережевому обладнанні до надсилання в канал. Ця необхідність виникає у зв'язку з тим, що розміри пакетів, що надходять від кодексів голосу або відео є різними, і необхідно доповнити їх до необхідного розміру фрейму, або накопичувати, доки фрейм не заповниться. Затримка серіалізації пропорційна розміру пакета і обернено пропорційна швидкості з'єднання (4.1):

$$\text{Затримка серіалізації} = \frac{\text{розмір пакету}}{\text{швидкість з'єднання}} \quad (4.1)$$

Затримку серіалізації в цілому можна вважати незначною на швидкості вище 155 Мбіт, як на магістральних каналах зв'язку, але вона може бути значною

на низько швидкісних каналах. Затримка серіалізації для пакетів розміром 1500 байт зі швидкістю зв'язку від 64 кбіт/сек до 10 Гбіт/сек показано на рис. 4.5.

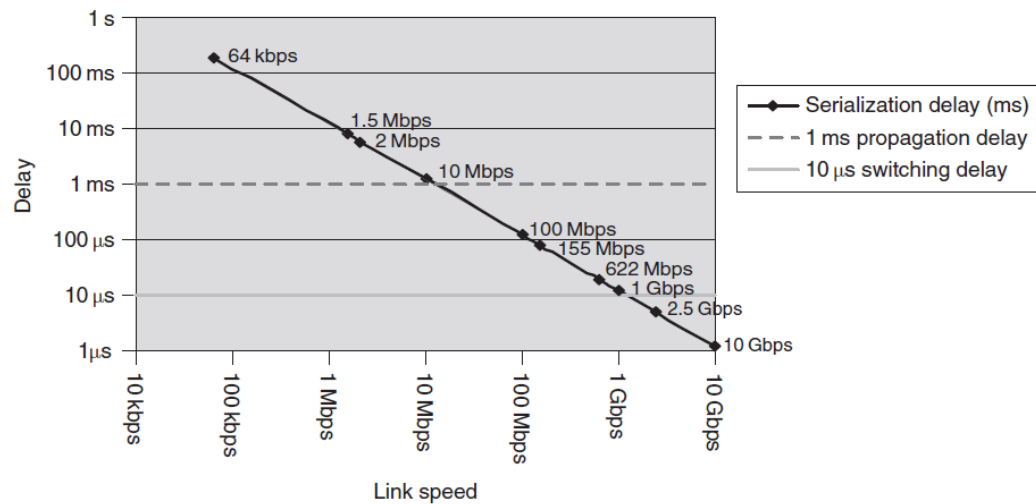


Рис. 4.5 Залежність затримки серіалізації від швидкості з'єднання

### 4.3 Моделювання потоку трафіку в мультисервісній мережі

Розрахуємо проходження потоку відеотрафіка, згідно даних на графіку рис. 4.5, класу conversational на основі кодека MPEG-4 через буфер комутатора. На рис. 4.6 показано ймовірнісний розподіл пакетів по розміру, що проходять через буфер.

Як бачимо, розміри трафіку зосереджені в крайніх діапазонах (рис. 4.7), що зумовлює значну затримку серіалізації внаслідок неоднорідності заповнення буфера.

Відповідне моделювання проведемо для трафіку класу streaming. Пакети генеруються на основі кодеку MPEG-4. Дослідження проводилось перехопленням трафіку програмою Wireshark з подальшим аналізом пакетів. Розподіл довжин пакетів відеотрафіку класу streaming та їх процентний розподіл приведені на рис. 4.8, та 4.9, відповідно.





Рис. 4.6 Розподіл довжин пакетів відеотрафіку класу conversational

Процентний розподіл довжини пакетів відео трафіку (кодек MPEG4)

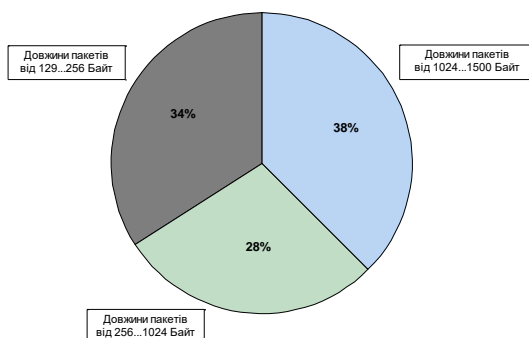


Рис. 4.7 Процентний розподіл довжин пакетів відеотрафіку класу conversational



Рис. 4.8 Розподіл довжин пакетів відеотрафіку класу interactive

Розподіл довжини пакетів для відео трафіку (послуга VoD, кодек MPEG4)

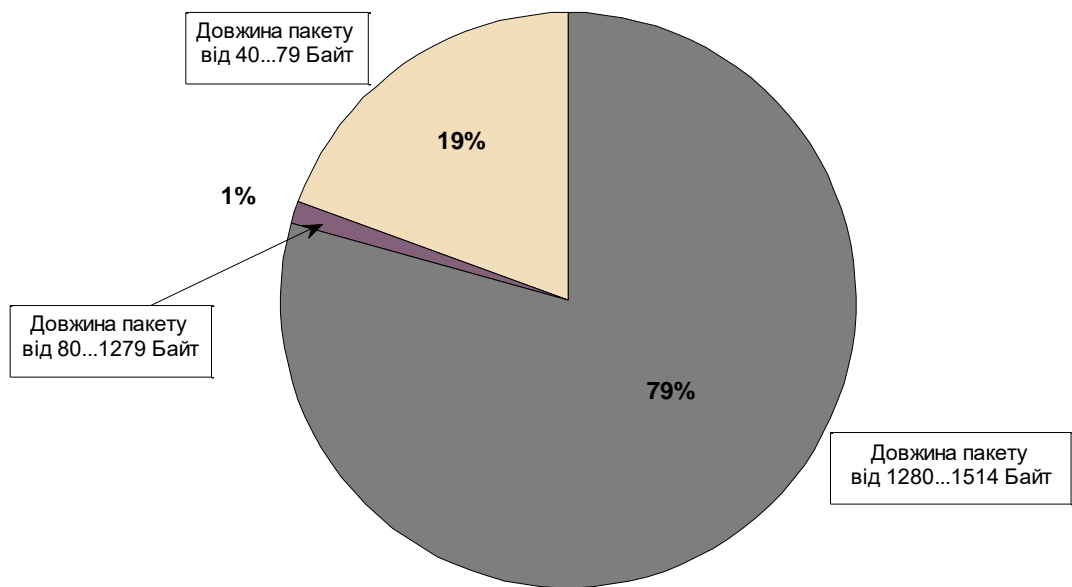


Рис. 4.9 Процентний розподіл довжин пакетів відеотрафіку класу interactive

Згідно з розрахунками, приведеними, приходимо до висновку, що розділення трафіку за його довжиною на потоки, що надходять в окремі буфери, знижує параметр затримки серіалізації, оскільки розмір буфера відповідає оптимальним значенням математичного очікування надходження трафіку, затримки обробки трафіку, та інтенсивності обробки.

## ВИСНОВКИ

В ході проведення роботи була досліджена концепція побудови мереж наступного покоління. На основі досліджених літературних джерел, рекомендацій та стандартів міжнародних організацій ETSI, ITU-T, групи 3GPP, був запропонований варіант побудови архітектури мережі наступного покоління на основі технологій мобільного зв'язку UMTS GERAN. В якості транспортної мережі однією з перспективних в розвитку є технологія MPLS, оскільки в ній відпрацьовані механізми забезпечення якості передавання мультисервісного трафіку.

В ході дослідження передачі трафіку по мультисервісній мережі була виявлена можливість удосконалення параметру якості передачі мультисервісного трафіку шляхом зменшення затримки серіалізації. Проведені розрахунки показують, що шляхом сортування трафіку за його розміром та обслуговування кожного типу окремим буфером, можна підібрати розмір кожного буфера та інтенсивність обробки пакетів таким чином, що можна скоротити час обробки пакетів в мережевому обладнанні.

Для реалізації цього механізму пропонується використання класифікації пакетів на основі їхніх довжин, використання для кожного з них окремого буфера, та розрахунок інтенсивності обробки.

Представлені дослідження охоплюють новітні технологічні рішення, дозволяють поліпшити показники якості мережі, доцільні до впровадження на сучасних системах телекомунікацій.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. ITU-T Recommendation Y.3001. Future networks: Objectives and design goals, 2011, - 26 p.
2. ITU-T Recommendation Y.2011. Global information infrastructure, internet protocol aspects and next generation networks, 2004. - 34 p.
3. Wu W., Yang F. C. Service support environment in NGN/Telecommunication Technology, 2004.
4. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации/под ред. Ю.Н. Чернышова. М.: Эко-Трендз, 2008. - 400 с.
5. Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России. Версия 4., 2001. - 35 с.
6. ITU-T Recommendation. NGN JRG/13 – Lucent Technologies. Management and Control for NGN, 2004. - 9 p.
7. Alcatel-Lucent Submission to Commerce Commission. Discussion Paper on Next Generation Networks, 2009. - 17 p.
8. Kankkunen A. Network convergence, 2005 (SATNAC2005), Cape Town, South Africa, 2005.
9. 3GPP TS 23.002 V10.2.0 (2011-03). Network architecture. 2011. - 93 p.
10. J. Eberspächer, H.-J. Vögel, C. Bettsetter and C. Hartmann. GSM – Architecture, Protocols and Services Third Edition. © 2009 John Wiley & Sons, Ltd. 2009. -327 p.
11. QoS and QoE Management in UMTS Cellular Systems Edited by David Soldani, Man Li and Renaud Cuny © 2006 John Wiley & Sons.
12. Х. Кааранен, А. Ахтиянен, Л. Лаитинен, С. Найян, В.Ниemi. Сети UMTS. Пер. Николай Бирюков.: Техносфера - Мир связи, 2007. - 464 с.
13. Гельгор А.Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб. пособие / Гельгор А.Л., Попов Е.А. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. - 205 с.
14. 3GPP TR 25.913. Rel. v.9. Requirements for Evolved UTRA (E-UTRA) and Evolved UTRAN (E-UTRAN), 2009.

15. А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шибаета IP-телефония. - М.: Эко-Трендз, 2003. - 252 с.
16. Б.С. Гольдштейн, А. В. Пинчук, А. Л. Суховицкий. IP – телефония. М.: Радио и связь, 2003.- 336с.
17. А.Г. Жданов, Д. А. Рассказов, Д. А. Смирнов, М. М. Шипилов Передача речи по сетям с коммутацией пакетов / Вестник связи, 2000. №9.
18. Recommendation ITU-T H.323. Packet-based multimedia communications systems. 2009. - 320 p.
19. Романчева Н.И. Современные Интернет технологии: Учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2007. - 108 с.
  
20. Олвейн, Вивек. Структура и реализация современной технологии MPLS/Пер. с англ. - М. Издательский дом “Вильямс”, 2004. - 480 с.
21. Deploying IP/MPLS in Mobile Networks.- [www.alcatel-lucent.com](http://www.alcatel-lucent.com)
22. ETSI TS 123 107 V11.0.0 Quality of Service (QoS) concept and architecture

## **ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ**