

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
(м. Київ)

Факультет _____ інформаційних технологій та електроніки _____
(повне найменування факультету)

Кафедра _____ електронних апаратів _____
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту (роботи)

освітньо-кваліфікаційного рівня _____ бакалавр _____
(бакалавр, спеціаліст, магістр)
спеціальності _____ 172 Телекомунікації та радіотехніка _____
(шифр і назва напрямку підготовки)

на тему

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ НАДАННЯ ПОСЛУГ ЗВ'ЯЗКУ
В МЕРЕЖАХ NGN**

Виконав: студент групи
РЕА-19з

А.С.Уманець

Керівник _____

І.С. Тюндер

Завідувач кафедри _____

Ю.Е. Паеранд

Рецензент _____

Ж.Г. Самойлова

Київ - 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра електронних апаратів
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність - 172 „Телекомунікації та радіотехніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕА
Паєранд Ю.Е.
“ ” 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Уманцу Артему Сергійовичу

1. Тема проекту (роботи) «Підвищення якості надання послуг зв'язку в мережах NGN.»
2. Керівник проекту (роботи) Тюндер І.С., ст. викл.
затверджені наказом вищого навчального закладу від
“ ” 2023 року № _____
3. Строк подання студентом проекту (роботи) 31.05.2023
4. Вихідні дані до проекту (роботи)
 - 4.1 Інструкція з охорони праці.
 5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
 - 5.1. Принципи побудови сучасних телекомунікаційних мереж
 - 5.2. Оцінка надійності та якості зв'язку в мережах NGN
 - 5.3. Моделі та методи покращення параметрів QoS в мережі NGN
 - 5.4. Висновки
 - 5.5. Перелік посилань
 6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Слайди презентації
7. Дата видачі завдання 10.02.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Примітки
1	Принципи побудови сучасних телекомунікаційних мереж	15.02.23	
2	Оцінка надійності та якості зв'язку в мережах NGN	10.03.23	
3	Моделі та методи покращення параметрів QoS в мережі NGN	29.04.23	
6	Оформлення пояснювальної записки дипломного проекту та презентації	25.05.23	

Студент _____ Уманець А.С.

Керівник проекту (роботи) _____ Тюндер І.С.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить:
67 листів, 12 рисунків, 23 джерел.

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНА МЕРЕЖА, ІНФОРМАЦІЙНА МЕРЕЖА,
ЯКІСТЬ НАДАННЯ ПОСЛУГ, МЕРЕЖІ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ,
АРХІТЕКТУРА, МОДЕЛІ, МЕТОДИ.

Об'єктом дослідження даної роботи є якість надання послуг зв'язку в мережах NGN.

Мета роботи - виконати оцінку надійності та якості зв'язку в мережах NGN, аналіз методів покращення параметрів QoS в мережі NGN.

Метод дослідження – теоретичний із застосуванням комп'ютерної техніки.

У процесі роботи були проведені оцінка надійності та якості зв'язку в мережах NGN, аналіз моделей та методів покращення параметрів QoS в мережі NGN.

					РДБ 172.01.01 ПЗ		
Зм	Л	№ докум.	Підп.				
Розроб.	Уманець А.С.			Підвищення якості надання послуг зв'язку в мережах NGN Пояснювальна записка	Літ.	Лист	Листів
Перев.	Тюндер І.С.				0	5	67
					СНУ гр.РЕА -19з		
Затв.	Паєранд Ю.Е.						

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	7
Вступ.....	8
1 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ.....	9
МЕРЕЖ	9
1.1 Етапи еволюції телекомунікаційних мереж. Аналіз відомих моделей..	9
побудови телекомунікаційних мереж наступних поколінь.....	9
1.2 Архітектура сучасних систем NGN.....	11
1.3 Параметри функціонування мережі NGN	18
1.4 Основні особливості інформаційно-комунікаційних послуг мережі..	20
NGN	20
2 ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ В МЕРЕЖАХ NGN...25	25
2.1 Якість обслуговування в мережі NGN	25
2.2 Моделі забезпечення QoS	30
2.3 Рівень якості послуг зв'язку	33
2.4 Методи оцінки надання послуг зв'язку	35
2.5 Аналіз метода вирішення задач управління послугами в мережах	38
NGN	38
3 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ QoS	42
В МЕРЕЖІ NGN.....	42
3.1 Методи аналізу та синтезу систем розподілу інформації.....	42
3.2 Математичні моделі трафіка телекомунікаційних мереж	45
3.3 Моделі та метод покращення якості в мережі NGN	48
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- AS (Application Servers) - сервери додатків
- PSTN (Public Switched Telephone Network) - громадська комутована телефонна мережа
- ISDN (Integrated Service Digital Network) – цифрова мережа з інтеграцією служб
- IN (Intelligent Network) – інтелектуальна мережа
- ITU (International Telecommunication Union) - Міжнародний союз телекомунікацій
- IMS (IP-Multimedia Subsystem) - IP-підсистема мультимедійного зв'язку
- IP (Internet Protocol) – інтернет протокол
- IS (Internet Services) – сервіси мережевого рівня
- ISO (International Organization for Standardization) – Міжнародна організація стандартизації
- OSI (Open System Interconnection) – еталонної моделі взаємодії відкритих систем
- NGN (Next Generation Network) — мережа зв'язку наступного покоління
- SCE (Service Creation Environment) - середовище створення послуг
- SCF (Service Control Functions) - функція управління послугами
- SCP (Service Control Point) - вузол керування послугами
- SDP (Service Delivery Platform) - платформа надання інтелектуальних послуг
- SSF (Service Switching Function) - функція перемикання послуг
- SSP (Service Switching Point) - вузол комутації послуг
- SIP (Session Initiation Protocol) - протокол ініціалізації сеансів зв'язку
- Softswitch – гнучкий програмний комутатор, один з основних елементів мережі зв'язку наступного покоління NGN
- QoS (Quality of Service) – режим якісного обслуговування

ВСТУП

У наступне десятиліття завершиться конвергенція інформаційних і телекомунікаційних технологій, що приведе до створення єдиної галузі інфокомунікацій.

Зростатимуть проблеми регулювання ринку інфокомунікаційних послуг, визначення тарифів і ціноутворення та пов'язане з цим розподілене врахування витрат.

Ще більше зростатиме вплив інфокомунікацій на всі сфери життя суспільства: розвиток науки й освіти, економіки, екології, охорони здоров'я, протистояння надзвичайним ситуаціям, удосконалення громадянського суспільства. Набуватимуть дальшого розвитку електронне врядування, дистанційна освіта, телемедицина, наука та ін.

Для залучення до процесу регулювання і контролю широких верств населення треба створити електронне регуляторне середовище (ERC). Усе це можна забезпечити зростаючими можливостями технологій інфокомунікацій та інфокомунікаційних мереж. Перехід до NGN змінює концепцію надання послуг. Якість гарантується на рівні операторських мереж, на рівні технологій, дотриманням вимог до стандартів. Для виконання цих угод необхідна відповідність поточних параметрів якості обслуговування QoS (Quality of Service) мережі нормованим параметрам, таким як смуга пропускання, затримка, варіація затримки та рівень втрати пакетів.

Саме тому тема дипломної роботи «Підвищення якості надання послуг зв'язку в мережах NGN», що передбачає дослідження надійності та якості зв'язку в мережах NGN, є на даний час досить актуальною.

1 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

1.1 Етапи еволюції телекомунікаційних мереж. Аналіз відомих моделей побудови телекомунікаційних мереж наступних поколінь.

Телекомунікаційна мережа (ТкМ) – це сукупність систем передавання, комутаційних систем та інших технічних засобів, об'єднаних у єдиному технологічному процесі, що забезпечує утворення з'єднань між двома і більше пунктами та підтримує процес надання користувачам телекомунікаційних послуг. Основними складовими є територіально рознесені мережі доступу і транспортна мережа, що їх з'єднує.

За історію свого існування (з моменту винайдення телефонного зв'язку в 1876 р. пройшло більше 140 років), телекомунікаційна мережа в різні часи будувалася на базі кількох ідеологій побудови та функціонування (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Етапи еволюції телекомунікаційних мереж

Довгий час варіант організації телекомунікаційної мережі опирався на поняттях первинної та вторинної мереж. Первинна мережа складалася з сукупності каналів та трактів передавання, створених обладнанням вузлів та ліній передавання, що з'єднували ці вузли. Первинна мережа надавала канали в експлуатацію вторинним мережам. Вторинна мережа складалася з каналів зв'язку первинної мережі, обладнання комутації та розподілу з метою організації зв'язку між абонентськими пристроями користувачів.[2]

Наступним етапом еволюції телекомунікаційної мережі (ТкМ) була розробка концепції цифрової мережі з інтегрованими службами (ISDN), що передбачала надання численних послуг на базі цифрових каналів з швидкостями від 64 до 2048 кбіт/с. Подальше збільшення кількості послуг ТкМ виконувалося шляхом запровадження послуг інтелектуальної мережі (ІМ). Архітектура ІМ дозволяла розширити функціональність ТкМ шляхом її доповнення системою комутації послуг (SSP) та пунктів управління послугами (SCP).

Загальним недоліком трьох вищенаведених етапів еволюції ТкМ була її побудова на базі аналогових та цифрових систем передавання з комутацією каналів. Їх загальним недоліком була невисока ефективність використання пропускну здатності систем передавання та відсутність достатньої гнучкості у виборі типів цифрових каналів для надання послуг. Всі недоліки були враховані при розробці та впровадженні мультисервісних мереж, що базувалися на принципах комутації пакетів.

Мультисервісна мережа (МсМ) це єдина пакетна мережа, яка здатна передавати голос, відеозображення та дані з використанням єдиної інфраструктури. Основним стимулом до появи та розвитку цих мереж була підтримка складних мультимедійних програм, зменшення вартості обладнання мережі та його обслуговування. Концепція МсМ включає в себе кілька наступних аспектів:

- конвергенція завантаження мережі, яка визначає передавання різноманітного трафіку за допомогою єдиного формату представлення даних (пакети);
- конвергенція протоколів, що передбачає перехід від великої кількості різноманітних протоколів до одного загального (наприклад, IP);
- фізична конвергенція, що передбачає використання єдиної мережної інфраструктури для передавання різних типів трафіку;
- конвергенція пристроїв, яка приводить до інтеграції в одному корпусі обладнання комутації (Ethernet та АТМ) і маршрутизації IP. В додаток до цього, пристрої можуть виконувати функції по обробці даних та підтримувати пакетну телефонію.

Всі ці, а також багато інших переваг мультисервісної мережі були покладені в основу концепції мереж наступних поколінь. [2]

1.2 Архітектура сучасних систем NGN

Мережа наступних поколінь – це мережа з пакетною комутацією, придатна для надання послуг електрозв'язку і для використання декількох широкосмугових технологій транспортування із включеною функцією QoS, у якій пов'язані з обслуговуванням функції не залежать від застосованих технологій, що забезпечують транспортування. Забезпечує вільний доступ користувачів до мереж і конкуруючих постачальників послуг/або обраними ними послугам. Підтримує універсальну мобільність, яка забезпечує постійне і повсюдне надання послуг зв'язку.

Для задоволення вищезазначених вимог архітектура мережі NGN передбачає використання зв'язаних між собою кількох груп функцій, взаємодія між якими визначає функціональну архітектуру мережі. Вона включає наступні принципи:

- підтримка численних технологій доступу з метою формування гнучкості на мережах доступу;
- розподілене керування, необхідне для адаптації до розподіленої природи мереж з комутацією пакетів та підтримки прозорості розташування при розподілених обчисленнях;
- відкрите керування, що вимагає відкритості обладнання контролю мережі з метою підтримки можливості створення послуг, відновлення та можливості підключення сервісних послуг третіми особами;
- поліпшений захист і безпека як базовий принцип відкритої архітектури для захисту інфраструктури мережі шляхом використання відповідних механізмів.

Однією з вимог NGN є зв'язність (connectivity, англ.) – прямо або за допомогою інших мереж (рис. 1.2). Дана схема передбачає використання наступних стандартних інтерфейсів. [2]

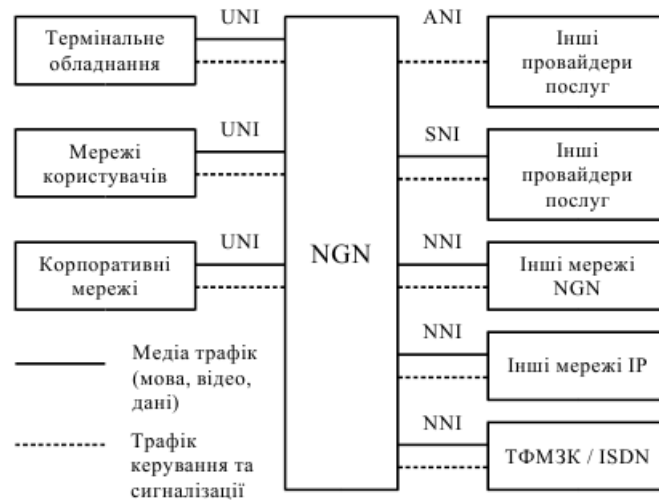


Рисунок 1.2 – Зв'язність мережі NGN

Інтерфейс користувач – мережа (User – network interface, UNI) використовується для відімкнення до термінального обладнання, мереж користувачів або корпоративних мереж.

Інтерфейс мережа – мережа (Network – network interface, NNI) використовується для підімкнення NGN до інших мереж NGN (на рівні послуг або транспорту), існуючих мереж на базі IP протоколу або ТФМЗК/ISDN.

Інтерфейс додаток – мережа (Application – network interface, ANI) служить для організації обміну між NGN і додатками, що виконуються на обладнанні сторонніх провайдерів послуг.

Мережний інтерфейс послуг (Service network interface, SNI) забезпечує канал взаємодії та обміну між NGN та іншими провайдерами послуг, наприклад провайдерами контенту [ITU-T Y.1910].

Функціональна архітектура мережі NGN показана на рис. 1.3 [Рек. Y.2 на на рис. 1.3 [Рек. Y.2012].

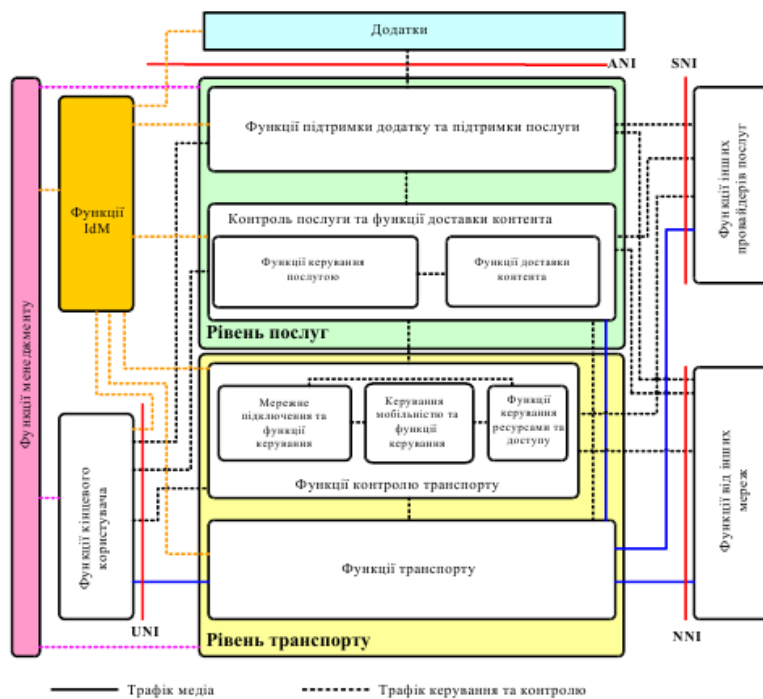


Рисунок 1.3 – Функціональна архітектура мережі NGN

Вона підтримує описані раніше еталонні точки UNI, NNI, ANI and SNI.

Функції NGN поділяються на функції рівня транспорту, рівня послуг та керування (рис. 1.4). Рівень транспорту забезпечує наступні з'єднання: користувач – користувач, користувач – платформа надання послуг (сервісна платформа) і сервісна платформа – сервісна платформа.

У загальному випадку, на рівні транспорту можуть бути використані типи технологій передачі згідно з рекомендаціями ITU G.805 і G.809:

- з встановленням з'єднання та комутацією каналів (connection-oriented circuit-switched, CO-CS);
- з встановленням з'єднання та комутацією пакетів (connection-oriented packet-switched, CO-PS);
- без встановлення з'єднання та комутацією пакетів (connectionless packet-switched, CLPS).

Обмін даними, керування і сигналізація здійснюється за допомогою протоколу IP.

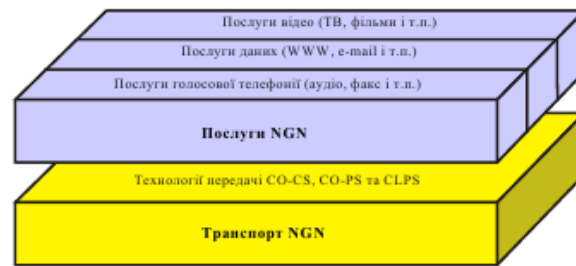


Рисунок 1.4 – Розподіл функцій надання послуг і транспорту в NGN

Крім відповідних функцій, обидва ці рівні включають функції керування і контролю. Тому в літературі з NGN часто описується трирівнева модель мережі. [2]

Згідно з цією моделлю транспортний рівень NGN базується на IP-мережі, в якій реалізовано механізми комутації (наприклад, комутація пакетів, міток, віртуальних каналів тощо). Існуючі телефонні мережі загального користування (ТМЗК) та системи рухомого зв'язку (СРЗ) приєднуються до транспортної системи NGN через медіа-шлюзи. Рівень управління викликами і сигналізації забезпечує маршрутизацію викликів, резервування ресурсів для кожного з'єднання й управління потоками. Взаємодія телефонних мереж і СРЗ на рівні управління реалізується за допомогою сигнальних шлюзів і гнучких комутаторів.

Слід враховувати, що функції рівня транспорту реалізуються обладнанням транспортної мережі (транспортного ядра NGN) і мереж доступу. Тому рівень транспорту розділяється на два підрівні: транспортного ядра і доступу. У випадку виділення цих підрівнів у якості окремих рівнів, отримуємо чотирирівневу архітектуру мережі NGN: рівень транспорту, доступу, надання послуг і керування (рис.1.5)

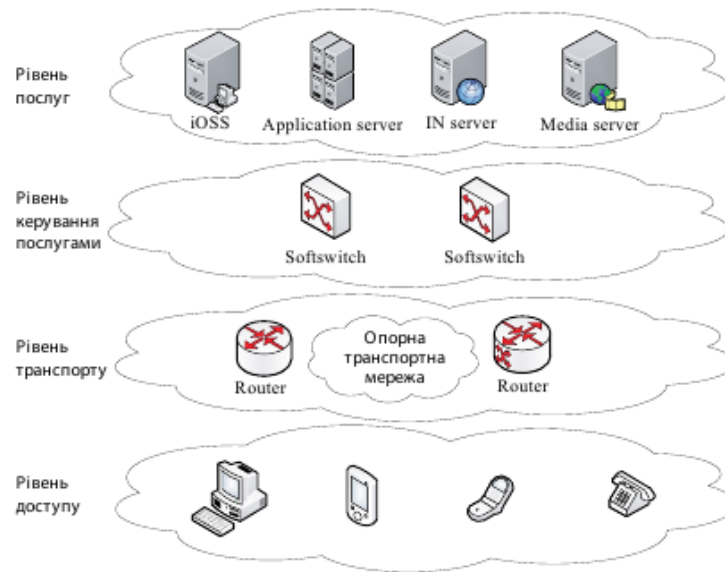


Рисунок 1.5 - Типова архітектурна модель мережі NGN

Модель на рис. 1.5 близька за змістом до описаної вище тривірневої моделі. Вона відрізняється тим, що в ній з транспортного рівня виділено окремо підрівень доступу. Таке розділення на підрівні транспорту та доступу виправдане тим, що технології мереж доступу мають істотні відмінності порівняно з технологіями транспортних мереж. У чотирирівневій моделі (рис. 1.36, головною загальною особливістю є наявність самостійного рівня управління з'єднаннями (рівень керування послугами)).

На рівні доступу виконується підключення абонентів і терміналів до мережі на базі широкого спектра технологій та перетворення формату даних до початку передачі. Під терміном «доступ» тут передбачається дуже широке поняття від цифрових абонентських ліній до прикордонних шлюзів і конвертерів сигналізації. Доступ у загальному випадку – це все те обладнання, яке пов'язує мережу NGN з традиційними TDM-мережами і невеликими локальними мережами передачі даних.

Рівень транспорту містить такі пристрої, як маршрутизатори і комутатори 3-го рівня, що розміщуються в магістральній та міській мережах. На цьому рівні виконується комутація і «прозора» передача інформації користувача. Транспортний рівень мережі NGN будується на основі пакетних технологій передачі

інформації. Абонентам надається загальна інтегрована платформа передачі даних з такими характеристиками: висока надійність, забезпечення QoS, висока продуктивність. Від технологій, що використовуються на транспортному рівні, багато в чому залежить рівень роботи всієї мережі наступного покоління і кількість сервісів, що надаються.

На рівні керування послугами використовується технологія програмної комутації, або Softswitch. Вона забезпечує первинне управління викликами в режимі реального часу та керування з'єднаннями. Крім того, Softswitch надає голосові та мультимедійні послуги.

Усе різноманіття пристроїв, що транслюють і комутують трафік, перетворюють інформацію, закладену в пакети, у стандартну телефонну сигналізацію і з'єднання, сполучають цифрові мережі різної природи, термінують на собі різні види трафіка, управляється з одного потужного ядра. Це третій рівень NGN – керування послугами. Зазначений рівень часто пов'язують з таким поняттям, як Softswitch.

Рівень послуг містить функції управління логікою послуг та програм і являє собою розподілене обчислювальне середовище, що забезпечує надання інфокомунікаційних послуг, управління послугами, створення та впровадження нових послуг, взаємодію послуг. Здебільшого для реалізації рівня послуг виділяються окремі сервери і бази даних. Сервери, що забезпечують надання послуг, можуть бути як усередині, так і за межами самої мережі (Web-сервери, сервери, що належать ASP-провайдерам). Рівень послуг дозволяє реалізовувати специфіку послуг і застосовувати ту ж саму програму логіки послуги незалежно від типу транспортної мережі та способу доступу. Наявність цього рівня дозволяє також вводити на мережі будь-які нові послуги без втручання у функціонування інших рівнів. Цей рівень може мати безліч незалежних підсистем («мереж послуг»), що базуються на різних технологіях, мають своїх абонентів і використовують свої, внутрішні системи адресації.

Наявність і особлива роль рівня управління з'єднаннями об'єднує більшість відомих моделей NGN. Цей рівень позиціонується як надбудова над транспортним рівнем. При цьому транспортний рівень розглядається як інкапсу-

ляція різних видів і типів трафіка в IP-пакети, тобто як спосіб дейтаграмної пакетної передачі IP-мережами.

У моделях NGN, що містять виділений окремо рівень управління, є внутрішня суперечність. Справді, нині чинна модель мережі Інтернет (стек TCP/IP) розглядає дейтаграмну передачу пакетів не як транспортний, а як мережний рівень. Сам по собі мережний рівень не реалізовує в цілому обсязі транспортної функції мережі. Передача дейтаграм, тобто окремих, незалежних IP-пакетів, мережею Інтернет здійснюється при мінімальних гарантіях якості сервісу. А саме гарантується (з високим ступенем вірогідності), що якщо до одержувача прибув пакет, то цей пакет прибув за призначенням. Сам факт доставки пакетів, а також цілісність інформації в ньому при цьому не гарантуються.

Іншою поширеною моделлю мережі NGN є модель у вигляді набору площин (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 - Модель мережі NGN у вигляді набору площин

Якщо уявити топологію мережі NGN у вигляді набору площин (рис. 1.6), то внизу виявиться площина абонентського доступу, далі йде площина комутації (комутації каналів та/або комутації пакетів). У зазначеній площині розміщується і структура мультисервісних вузлів доступу. Над ними розташовуються програмні комутатори Softswitch, складові площини програмного керування, вище

якої – площина інтелектуальних послуг і експлуатаційного керування послугами. Якщо в рамках наведеної моделі поєднати площину доступу з площиною керування, а площину керування послугами із площиною послуг, то з'явиться модель з двома площинами – транспорту та послуг.

Різні виробники телекомунікаційного обладнання та розробники програмного забезпечення бачать модель мережі NGN по-різному, відштовхуючись, перш за все, від можливостей вироблених лінійок продукції. Вони намагаються подати моделі таким чином, щоб при побудові мережі можна було використовувати їх продукцію на всіх рівнях мережі, при цьому рекламують свої готові рішення як найкращі. При цьому можливий природний в таких випадках варіант розвитку подій, при якому власникам мережі доведеться, справді використовувати обладнання одного виробника, зважаючи на те, що через неоднакове бачення моделі мережі різними виробниками може виникнути проблема сумісності обладнання. Буде логічно припустити, що оптимальним є варіант побудови мережі на базі обладнання різних виробників з використанням на кожному конкретному рівні мережі обладнання, яке максимально задовольняє вимогам певного рівня. Проте через різне бачення моделі мережі виробниками стає неможливим використовувати різне обладнання.

З огляду на вищесказане, виникає необхідність введення узагальненої моделі мережі NGN, яка б максимально диференціювала функції, що покладаються на мережу.

1.3 Параметри функціонування мережі NGN

При проектуванні мереж NGN одним з важливих параметрів, який повинен братися до уваги, є забезпечення якості обслуговування. Завдання забезпечення якості послуг зв'язку на даний час є актуальним і вирішенням цього питання займається близько 12 великих міжнародних організацій, такі як: MCE-T, ETSI, 3GPP, DSL Forum, CableLab та ін.

В Рекомендації ITU приведені такі визначення: «Якість послуги (Quality-of-service, QoS) - сукупність характеристик телекомунікаційної послуги, що

відносяться до здатності задовольнити встановлені і передбачувані потреби користувача послугою (визначення запозичене зі стандарту ISO 8402)»

NP (Network Performance), параметри функціонування мережі – це параметри функціональності мережі здатність надати функціональність, що забезпечує взаємодію користувачів.

«Якість сприйняття (Quality-of-experience, QoE) - прийнятність послуги або програми в цілому, суб'єктивно сприймається кінцевим користувачем.

Якість сприйняття враховує вплив всіх аспектів і учасників надання послуги (користувач, термінал, мережа і т.д.) ». Від очікувань користувача, як правило, може залежати прийнятність послуги.

На якість сприйняття послуг впливають такі параметри:

- коефіцієнт мережевий ефективності (NER),
- затримка надання послуги,
- якість наданої медіа-інформації (MOS / R-фактор).

Рівень якості послуги, який необхідний клієнту, визначається вимогами клієнта до QoS (Customer's QoS requirements).

QoS, пропонуване оператором (QoS offered by provider), - це перелік чітких однозначно певних вимог, які можуть бути використані: як основа для формування SLA (Service Level Agreement); для декларування оператором рівня якості доступного користувачам; як основа для планування і підтримки послуги на заданому рівні; як основа для користувачів при виборі оператора, що забезпечує найбільш прийнятний рівень якості послуги.

QoS, досягнуте оператором (QoS achieved by provider), - це рівень якості послуги, фактично наданий оператором. Може використовуватися як основа для порівняння пропонуваного оператором рівня якості.

QoS, сприйняте клієнтом (QoE, Customer's QoS experience), - це якість послуги, яка сприймається клієнтом і виражається у вигляді оцінки. Ця оцінка базується на опитуваннях клієнтів і висловлює думку клієнта про якість отриманих послуг. Згодом ці дані застосовуються для аналізу і порівняння з пропонуваним рівнем якості послуги та визначення причин відхилень; планування коректив.

Кожен клас обслуговування визначається трьома характеристиками, а саме: загальною оцінкою якості передачі (R), якістю мови, більш прийнятною слухачем (якістю односторонньої неінтерактивної передачі мови з кінця в кінець); затримкою від краю до краю (односторонньої). З метою забезпечення необхідної якості передачі інформації.

1.4 Основні особливості інформаційно-комунікаційних послуг мережі NGN

Існують випадки, коли при доставці інформації необхідно переходити від однієї технології комутації до іншої, наприклад, від КК (комутація каналів) до КП (комутація пакетів), для цього в IP мережі слід встановлювати буфер, його роль полягає в тому що він згладжує джиттер (варіацію) затримки пакетів. Як правило в цьому буфері пакети відчувують затримку в 10 - 20 мс. Таким чином, при чотирьох переходах з однієї технології на іншу ($NG = 4$) норма на середню затримку IPTD зменшується з 100 мс до 20 - 60 мс. Отже, системні принципи модернізації грають важливу роль з точки зору ефективного застосування IP технологій.

У деяких технологіях доставки інформації, наприклад, Frame Relay, використовується режим з встановленням з'єднання (Connection-oriented, CO).

Служба АТМ може реалізовуватись в обох режимах.

Послуги перенесення надаються багато-протокольною транспортною мережею і полягають в прозорій передачі інформації користувача між мережевими закінченнями (Network Terminal, NT) без будь-якого аналізу або обробки її змісту.

Послуга перенесення, орієнтована на з'єднання, призначена для передачі інформації використовуючи протоколи, що вимагають попереднього встановлення з'єднання (АТМ, Frame Relay, X.25 і т.д.), або для передачі інформації в режимі емуляції синхронних цифрових каналів.

Щодо послуги перенесення, яка не призначена на з'єднання, використовується для передачі інформації із застосуванням технологій, в яких не потребують встановлення з'єднання, наприклад, IP, Ethernet, Token Ring. Дана послуга передбачає реалізацію в транспортній мережі функцій сервера CLS (Connectionless Server), основне завдання якого полягає в обробці адрес одержувачів (включаючи групові адреси) і управлінні доставкою інформації користувача через багато-протокольну транспортну мережу.

До основних особливостей, що відрізняє інформаційно-комунікаційні послуги від послуг електрозв'язку, відносяться:

- в комплекс включають послуги всіх рівнів моделі взаємозв'язку відкритих систем (BBC), в той час як послуги електрозв'язку надаються на третьому (мережному) рівні;
- більшість інформаційно-комунікаційних послуг функціонує за принципом «клієнт-сервер», клієнтська частина реалізується в устаткуванні користувача, а серверна - в спеціальному мережевому вузлі, званім вузлом служб (Service Node, SN);
- інформаційно-комунікаційні послуги припускають передачу мультимедіа інформації, при цьому, додатки, що створюють навантаження, висувають високі вимоги до швидкості передачі і характеризуються несиметричністю обсягів вхідного і вихідного інформаційних потоків;
- інформаційно-комунікаційні послуги припускають перетворення інформації з одного виду в інший, наприклад, факс-текст, голос-текст і т.д.;
- для ефективного надання інформаційно-комунікаційних послуг можуть вимагатися складні багато точкові конфігураційні з'єднання;
- для інформаційно-комунікаційних послуг характерно широке розмаїття прикладних протоколів і можливості по управлінню послугами з боку користувача;
- при наданні інформаційно-комунікаційних послуг потрібно перетворення логічного номера, що присвоюється абоненту мультисервісної мережі, в фізичний номер для маршрутизації виклику по багато-протокольній транспортній мережі;

- при наданні доступу до інформаційно-комунікаційних послуг повинна здійснюватися автентифікація користувача.

Важливим для інформаційно-комунікаційних послуг є поняття «додаток». Dodatok це послуга, функціональність якої розподілена між устаткуванням постачальника послуги і кінцевим обладнанням користувача.

Як наслідок - кінцеве обладнання бере участь в наданні інформаційно-комунікаційних послуг.

Інформаційно-комунікаційні послуги, що функціонують за принципом «клієнт-сервер», відносяться до категорії додатків.

До інформаційно-комунікаційних послуг, перш за все, слід віднести послуги мультимедіа.

Відповідно до Рекомендацій ITU-T, класифікація послуг мультимедіа така:

- мультимедіа конференції (Multimedia Conference services);
- збору та накопичення інформації мультимедіа (Multimedia collection services);
- діалогові (Conversational services);
- передачі повідомлень (Message services);
- послуги з вибіркою інформації (Retrieval services);
- послуги з розподілом (Distribution services) з індивідуальним управлінням наданням інформації з боку користувача і без такого управління.

На початковому етапі створення і експлуатації мультисервісної мережі основною послугою, що надавалась користувачам, буде широкосмуговий доступ до Internet і пов'язані з ним послуги Web і FTP хостингу. Разом з тим, у міру розвитку мультисервісної мережі, отримують поширення та інші послуги, такі як організація віртуальних приватних мереж (VPN), IP-телефонія, електронна комерція, послуги служби універсальних повідомлень (Unified messaging), додаткові телефонні лінії поверх ADSL, відео / аудіо за запитом, інтерактивні ігри, відео-конференції зв'язок, телемедицина, теленавчання.

Потоки інформації складають все більшу частину потоків в мультисервісних мережах, які чутливі до затримок. Максимальна затримка не по-

винна перевищувати декількох десятих часток секунди, але сюди входить час, який потрібен для обробки інформації на кінцевій станції.

Також необхідно звести до мінімуму варіацію затримки. Крім того, необхідно враховувати, що при стисненні (компресії) інформації, обмін який повинен відбуватися в реальному часі, вона стає більш чутливою до помилок, які виникають при передачі і їх не можна виправляти шляхом перезапиту саме через необхідність передачі в реальному часі.

Телефонна розмова - це інтерактивний процес, який не допускає великих затримок. Відповідно до рекомендації ITU-T G.114, для більшості абонентів затримка мовного сигналу на 150 мс прийнятна, а затримка на 400 мс - неприпустима.

Загальна затримка мовної інформації ділиться на дві основні частини - затримка при кодуванні і декодуванні мови в шлюзах або термінальному обладнанні користувачів і затримка, яку вносить самою мережею. Зменшити загальну затримку можна двома шляхами:

- створювати інфраструктуру мережі таким чином, щоб затримка доставки була мінімальною;
- зменшувати час обробки мовної інформації в шлюзі.

Щоб зменшити затримку в мережі необхідно скоротити кількість транзитних маршрутизаторів і з'єднати їх між собою високошвидкісними каналами. Механізми резервування мережевих ресурсів використовують як метод згладжування варіації затримки.

У мережі можуть виникати локальні і глобальні перевантаження. Перевантаження призводять до зниження якості послуг, що надаються. Причини перевантаження різноманітні. Вони можуть бути пов'язані:

- з відмовами елементів мережі (ліній, ЦСП, вузлів);
- з непередбаченим зростанням інтенсивності в мережу призначених для користувача вимог;
- з недоліками проекту мережі;
- з некваліфікованим втручанням технічного персоналу.

Концепція системи управління мережею може бути реалізована на одній із таких стратегій:

- статичне управління ресурсами;
- динамічне управління ресурсами.

Концепція статичного управління мережею не може бути застосована в цифровій мережі, в якій інтегровано безліч служб.

Динамічне управління мережею являє собою доступність даних про адреси об'єктів з відмовами і перевантаженнями, про характеристики мережі в будь-який момент часу:

- про повну загально середню затримку часу пакетів в потоці;
- про джиттером;
- про ймовірність втрати пакетів при різних значеннях пріоритету перевантаження.

Контроль характеристик інформаційних потоків дозволяє ефективно протистояти перевантаженням і підвищувати частку обслугованого трафіку у вступнику трафіку користувачів.

Переваги динамічного управління мережею загальновідомі:

- висока ефективність використання мережевих ресурсів;
- висока швидкість локалізації відмов і перевантажень і ефективне використання цих даних для нормалізації роботи мережі;
- висока стійкість роботи мережі в нестандартних умовах завдяки оперативному використанню резерву пропускної здатності трактів і продуктивності вузлів;
- гарантії передачі потоку користувача з необхідною швидкістю і якістю.

2 ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ В МЕРЕЖАХ NGN

2.1 Якість обслуговування в мережі NGN

Науково обґрунтоване планування й оптимізація телекомунікаційних систем та мереж, які забезпечують надання запитуваних послуг із заданими показниками якості обслуговування, є дуже складною науково-технічною й економічною проблемою, без вирішення якої неможливе створення інформаційної інфраструктури, що відповідає потребам розвинутого суспільства. В розвитку бізнесу окремих телекомунікаційних компаній цей фактор є найважливішим при обґрунтуванні дій адміністрації, спрямованих на підвищення ефективності роботи мережі і якості обслуговування користувачів.

Вирішення даної проблеми ґрунтується на розв'язанні задач аналізу і синтезу телекомунікаційних систем. Комплексне розв'язання цих задач дозволяє оптимізувати структуру мережі на тривалу перспективу. В умовах розвитку телекомунікацій у відповідності до основних положень концепції мереж наступного покоління NGN, які забезпечують надання необмеженого набору послуг із заданими характеристиками якості обслуговування QoS, зазначені питання стають ще більш актуальними. Обрана технологія розподілу інформації в NGN визначає ступінь складності вузлів комутації, що, безумовно, впливає на якість обслуговування обміну інформацією між терміналами користувачів. Крім того, якість обслуговування потоків інформації впливає й на самі характеристики передачі інформації (наприклад, затримки пакетів IP-телефонії призводять до зниження якості телефонного зв'язку). Таким чином, розширення спектру надаваних послуг та зростаюча складність телекомунікаційних систем і мереж вимагає вирішення проблеми розробки адекватних методів аналізу і синтезу цих систем з метою отримання достовірних оцінок їх характеристик, реалізації задач їх оптимізації щодо обраного критерію якості обслуговування та розробки відповідних алгоритмів керування ними.

Процеси функціонування мереж та систем зв'язку можна представити тією чи іншою сукупністю систем масового обслуговування (СМО), для яких визначаються характеристики QoS. Одним із класів СМО в телекомунікаціях є системи розподілу інформації (СРІ), до яких належать мережі зв'язку в цілому або окремі комутаційні вузли чи, наприклад, пакетні комутатори, що обслуговують за певним алгоритмом повідомлення телекомунікаційних служб.

Кількісна сторона процесів обслуговування потоків повідомлень (трафіка) у СРІ є предметом теорії телетрафіка. Ця теорія, як самостійна наукова дисципліна, являє собою набір імовірнісних методів вирішення проблем проектування нових та експлуатації діючих систем телекомунікацій.

Пропускна здатність СМО тісно пов'язана з оцінкою показників якості обслуговування трафіка, що вимагає обліку багатьох факторів для побудови адекватних, науково обґрунтованих методів їх розрахунку. Методи оцінки характеристик якості обслуговування базуються на математичних моделях СРІ.

Різноманіття видів та топологій мереж, структур систем та способів виділення мережного ресурсу для обслуговування трафіка вимагає розробки моделей, які враховують ще й реальний характер потоків повідомлень і деталі обслуговування мультисервісного трафіка різних комунікаційних додатків (мова, відео, дані). Через те неможливо побудувати єдину модель, яка б давала відповіді на всі питання стосовно функціонування нових мереж зв'язку. Саме на основі застосовуваних моделей СРІ розробляються методи оцінки характеристик QoS, достовірність яких залежить від адекватності моделі реальній ситуації, що може виникнути при проектуванні та експлуатації.

Оцінка якості обслуговування трафіка є одним із найважливіших наукових напрямом в дослідженнях телекомунікаційних мереж. На цьому базується продумана та цілеспрямована стратегія модернізації сучасних мереж на етапі їх конвергенції та заміни технології комутації каналів на комутацію пакетів. Принципи функціонування мережі обумовлені режимами переносу інформації, а якість обслуговування – реальним характером трафіка. За цих обставин необхідна розробка нових методів аналізу і синтезу СРІ, що адекватно віддзеркалюють реальні процеси обміну інформацією в мережі. Це надасть

подальший розвиток теорії телетрафіка та збагатить практичний інструментарій середовища проектування інфокомунікаційних мереж, що в свою чергу дозволить забезпечити відчутну економію витрат на будівництво та експлуатацію мереж зв'язку. Завдяки більш точним розрахункам підвищиться якість обслуговування й пропускна здатність СРІ. Нові методи оцінки характеристик QoS необхідні в системах динамічного керування мережами для перерозподілу їх ресурсів та оптимізації трафіка і мережі в цілому на основі заданої (нормованої) якості обслуговування.

Таким чином, при системному підході до проблеми планування й оптимізації телекомунікаційних систем та мереж неможливо обійтися без математичних методів аналізу, синтезу та оцінки якості надання інформаційних послуг в умовах реальних потоків повідомлень. Відсутність таких методів призводить до прийняття неоптимальних рішень у процесі розробки, проектування й експлуатації телекомунікаційних систем, та мереж оскільки виникає різка невідповідність між очікуваними (проектними) показниками та реальною якістю обслуговування.

Очевидно, що оцінка якості обслуговування або пропускної здатності СРІ потребує врахування всіх елементів її моделі. Найбільш складним при цьому є врахування математичної моделі вхідного потоку вимог. Саме з цієї причини весь пакет задач аналізу й синтезу СРІ для будь-яких із її схем та дисциплін обслуговування вирішено тільки для випадку найпростішої моделі трафіка – моделі пуассонівського потоку. Для цієї моделі відомі всі аналітичні формули розрахунку основних характеристик якості обслуговування в системах розподілу інформації [1–3].

Якість обслуговування (Quality of Service, QoS) є предметом активних досліджень і стандартизації на протязі всієї історії розвитку телекомунікацій.

Істотний внесок у розвиток різних аспектів концепції QoS вніс Міжнародний союз електрозв'язку, включаючи, в тому числі, розробку норм і вимог до показників якості обслуговування, стандартизацію мережевих механізмів, що забезпечують необхідні показники QoS, а також формулювання основних визначень[9].

Поміж стандартів, які присвячені якості обслуговування в мережах NGN, однією з головних є Рекомендація МСЕ E.800. В цій рекомендації якість обслуговування визначається як "Сумарний ефект робочих характеристик обслуговування, який визначає ступінь задоволеності користувача цією службою". Збільшуючи концепцію якості обслуговування, яка відповідає Рекомендації E.800, Рекомендація МСЕ G.1000 поділяє робочі характеристики обслуговування на функціональні компоненти і пов'язує їх з мережевими характеристиками, які фіксовані в ряді рекомендацій МСЕ - таких як I.350, Y.1540 і Y.1541.

Стандартні мережі IP використовують метод доставки, який абсолютно виключає будь-яку форму організації з'єднань, фізичних та віртуальних.

Такий метод доставки заснований на передачі пакетів-дейтаграм. Якість доставки в традиційних мережах базується на принципі так званої "найкраща можливість" (Best effort). Концепція "найкращою можливістю" завбачає, що користувачі належним чином поділяють доступні мережеві ресурси, трафік передається зі швидкістю, яка максимально можлива в цих умовах завантаження потоків мережі, але водночас не гарантується забезпечення. Зрозуміло, що якщо брати такий підхід до обслуговування, то з'являються певні недоліки, а саме: відсутня різниця між різними видами трафіку, немає чіткої впевненості в доставці пакетів в правильному порядку, і те що він взагалі буде доставлений в необхідний конкретний час або взагалі буде доставлений.

Концепція "найкращою спроби" була дуже ефективною для додатків, де можна надсилати і отримувати дані не в реальному часі (електронна пошта, передача файлів).

Мультисервісною мережею називають інформаційну-комунікаційну структуру. Мультисервісна мережа надає клієнту можливість отримувати різні типи послуг по одній абонентській лінії: IPTV, VoIP, Інтернет.

Для повноцінного функціонування, до каналу зв'язку висувають певні вимоги (див. таблицю 2.1).

Таблиця 2.1 - Вимоги до QoS для кожної категорії сервісів

Тип послуги	Параметри QoS	Втрати пакетів P, %	Затримка T, мс	Джитер J, мс	Пропускна здатність C, кбіт/с
IP-телефонія		0,1	<300	<150	64
Відео-конференція		0,8	<100	<30	2048
IPTV		1,5	500	50	10240
Дані		0,1	1000	1000	2048
Відео за запитом		0,05	1000	30	4096

Як тільки виникає нестача ресурсів, що веде до збільшення ймовірності втрат пакетів і зростання їх затримок, для додатків реального часу необхідні показники якості обслуговування не можуть бути забезпечені.

Сьогодні мережі з комутацією каналів і пакетів еволюціонували у напрямку створення загальної інфраструктури, що базується на протоколах сімейства IP. Цей процес отримав назву конвергенції. Інфраструктура, що виникла в результаті конвергенції, повинна забезпечувати транспортування трафіку телефонних мереж, мереж телебачення і трафіку додатків, традиційно використовують мережі Інтернет. Подібний сценарій конвергенції пропонує як економічний вигравш, отримуваний завдяки об'єднанню технологій, так і визначає розвиток сектора телекомунікацій через створення нових послуг.

Поділ ресурсів і процеси управління трафіком повинні бути скоординовані в умовах існування великої кількості різних додатків, які суттєво відрізняються вимогами до робочих характеристик мережі (див. таблицю 2.2) [13].

Таблиця 2.2. - Чутливість різних додатків до мережевих характеристик

Тип трафіку	Рівень чутливості до мережевих характеристик			
	Смуга пропускання	Втрати	Затримка	Джитер
Голос	Низький	Середній	Високий	Високий
Електронна пошта	Низький	Високий	Низький	Низький
Відеоконференція	Високий	Середній	Високий	Високий
Передача даних	Високий	Середній	Низький	Низький
IPTV	Високий	Високий	Середній	Високий
Електронна комерція	Низький	Високий	Високий	Низький

2.2 Моделі забезпечення QoS

Негарантована доставка (Best Effort Service). Вважається, що найкращим механізмом забезпечення QoS є збільшення пропускнуої здатності.

В принципі, це правильно, однак деякі види трафіка (наприклад такі як, відеоконференція) чутливі до затримок. У разі різких сплесків трафіку може виникати перевантажень, навіть при наявності великих резервів. Для забезпечення відповідного QoS в IP-мережах міжнародна організація IETF (Internet Engineering Task Force) визначила дві основні моделі: Integrated Services (IntServ) і Differentiated Services (DiffServ).

Робоча група Integrated Services Working Group розробляла модель надання інтегрованих послуг (або IntServ), засновану на принципі інтегрованого резервування ресурсів. Модель IntServ була розроблена для підтримки додатків реального часу, чутливих до затримок. Механізми, які реалізують модель інтегрованих послуг, повинні забезпечувати взаємодію всіх мережевих пристроїв для підтримки будь-якого рівня QoS уздовж шляху передачі певного потоку пакетів[20].

Найбільш детально серед механізмів групи IntServ опрацьований протокол RSVP (Resource ReSerVation Protocol). Механізми групи IntServ відносяться до групи методів, які гарантують "жорстку" або абсолютну якість обслуговування. Протокол RSVP є найбільш відомим представником групи механізмів інтегрованого обслуговування. По суті, RSVP є протокол сигналізації, відповідно до якого здійснюється резервування і управління ресурсами з метою гарантії "жорсткої" якості обслуговування. Резервування проводиться для певного потоку пакетів перед початком передачі цього потоку. Ідентифікація потоку (визначення пакетів, що належать одному потоку) здійснюється за спеціальною міткою, що розміщується в основному заголовку кожного пакета IPv6. Після резервування шляху починається передача пакетів даного потоку, що обслуговуються на всьому з'єднанні з заданою якістю[13].

Протокол RSVP є тільки протоколом сигналізації. Для забезпечення необхідної якості обслуговування на фазі перенесення пакетів трафіку він повинен бути доповнений одним з існуючих протоколів маршрутизації, а також набором механізмів управління трафіком, що включають управління допустимістю з'єднань, класифікацію трафіку, управління і планування черг, а також інші механізми, що становлять основу архітектури механізмів підтримки QoS. Попри можливості протоколів класу IntServ в сенсі забезпечення певних показників QoS, реалізація методів інтегрованого обслуговування пов'язані з деякими складнощами, насамперед в територіально розподілених мережах. Зокрема, необхідно враховувати можливість перевантаження маршрутизаторів і переповнення накопичувачів в мережевих вузлах при великій кількості одночасно обслуговуваних потоків. Необхідно також визнати, що протоколи групи IntServ не відповідають вимогам масштабованості.

Модель диференційованих послуг (Differentiated Services, DiffServ) є логічним продовженням робіт IETF над архітектурою IntServ. Недоліки, закладені в самому принципі моделі IntServ (жорсткі гарантії якості обслуговування, низький рівень масштабування) привели до необхідності створення більш гнучких механізмів забезпечення QoS.

Основна ідея механізмів DiffServ полягає в наданні диференційованих послуг для набору класів трафіку, що відрізняються вимогами до показників якості обслуговування.

Архітектура DiffServ представляє існування зв'язаних областей мережі (DiffServ-доменів), в межах кожної з яких проводиться єдина політика по класифікації служб передачі пакетів. Класифікація проводиться на основі аналізу заголовків пакетів, але при цьому можуть братися до уваги і інші параметри, передбачені виробником маршрутизатора. В результаті виконання класифікації кожного пакету ставиться у відповідність номер деякого класу обслуговування, реалізованого в даному DiffServ-домені.

Такий номер класу обслуговування називається DiffServ CodePoint (DSCP).

Вибране значення DSCP записується в заголовок IP-пакета в поле ToS. Для кожного класу обслуговування адміністратор DiffServ-домену може встановити набір вимог до параметрів QoS. Після класифікації прикордонні пристрої призводять параметри інформаційних потоків, які надходять в DiffServ-домен у відповідність до вимог, встановлюються для обраних класів обслуговування. При цьому частина пакетів може бути поміщена в чергу або відкинута, якщо інформація надходить швидше, ніж це дозволено для даного класу обслуговування. Названа процедура необхідна, так як майже завжди DiffServ-домен може забезпечити передачу по струму інформації відповідно до деякого класу обслуговування, тільки якщо під час вступу цей потік також відповідає деякому набору параметрів. Маршрутизатор DiffServ-домена обробляють значення DSCP і відповідно до його значення пересилають пакет наступному маршрутизатору, гарантуючи при цьому дотримання певного набору характеристик (Per-Hop Behavior - PHB), які забезпечуються на ділянці передачі між двома сусідніми маршрутизаторами. В DiffServ PHB є мінімальними будівельними блоками, з яких будуються різні класи обслуговування, реалізовані в DiffServ-доміні. Конкретні механізми, які можуть бути використані для будівлі різних PHB, відрізняються в маршрутизаторах різних моделей або виробників. Як правило, PHB налаштовуються на основі механізмів нижчого рівня, таких як, наприклад, черги з пріоритетами або черги з вагами. Практично підтверджено: архітектура DiffServ дійсно дозволяє організувати всередині DiffServ-домена кілька так званих віртуальних служб передачі інформації, які призначені для виконання пересилання потоків даних, забезпечуючи при цьому максимально можливу відповідність параметрів передачі відповідних класів обслуговування (але не гарантуючи повної відповідності) [6].

Потрібно відмітити, що в DiffServ не передбачено будь-яких механізмів повідомлення мережевих пристроїв з боку додатків про те, скільки ресурсів їм потрібно або скільки потоків вони планують пересилати. В цьому плані архітектура DiffServ відповідає традиційній архітектурі мережі Інтернет, коли на мережевих пристроях не запам'ятовується інформація про активні

потоки, при цьому в мережевих пристроях зберігаються тільки правила обробки пакетів, а в кожному пакеті міститься вся інформація, необхідна для його доставки одержувачу. Коректна передача пакетів забезпечується за рахунок того, що всі проміжні пристрої виконують ідентичний алгоритм обробки пакетів [6].

2.3 Рівень якості послуг зв'язку

Забезпечення якості послуг (QoS - Quality of Service) - найбільш важлива і складна проблема в сфері телекомунікацій. Саме за показниками якості телекомунікаційних послуг опосередковано оцінюється ступінь задоволення споживачів цих сервісів.

У Концепції розвитку телекомунікацій в Україні визначено, що "телекомунікаційні послуги повинні надаватися споживачам з встановленим рівнем (системою показників) якості на основі міжнародних стандартів і відповідати рівню розвитку телекомунікаційних мереж та платоспроможності споживачів телекомунікаційних послуг в Україні.

Споживачі повинні мати право вибору телекомунікаційних послуг з їх якістю та ціною, а також отримувати від операторів або провайдерів телекомунікацій інформацію про показники якості та умови надання послуг".

Вимоги до суб'єктів ринку, які надають телекомунікаційні послуги (операторам та провайдерам телекомунікацій) щодо забезпечення встановленого рівня якості надаваних телекомунікаційних послуг, відображені в Законі України "Про телекомунікації", а також в "Правилах надання та отримання телекомунікаційних послуг".

Права споживачів телекомунікаційних послуг захищає Закон України "Про захист прав споживачів". Крім того, демонополізація телекомунікаційного ринку, впровадження сучасних технологій в телекомунікаційних мережах України диктують підвищення якості телекомунікаційних послуг, що на сучасному етапі розглядається як метод

залучення нових споживачів і абонентів. В таких умовах оператори і провайдери змушені перебудовувати свої відносини зі споживачами послуг.

Для цього можна застосувати системні підходи, засновані на вимогах стандартів ISO серії 9000: 2000. І якщо в світовій практиці організація діяльності підприємств сфери телекомунікацій на основі систем управління якістю стала масовим явищем, то для України це явище унікальне, зважаючи на наявність цілого ряду нормативних документів у сфері телекомунікацій.

Проблема полягає у відсутності системного підходу до визначення "рівня якості надаваних телекомунікаційних послуг", оскільки в термін "якість телекомунікаційних послуг" в різних нормативних документах вкладається різний зміст.

Для початку варто розібратися в термінології.

Ліцензійні умови зобов'язують операторів-ліцензіатів дотримуватися вимог нормативно-правових актів та галузевих нормативних документів, які регулюють діяльність у сфері телекомунікацій, в тому числі визначають:

- технічні норми і параметри каналів електрозв'язку та обладнання телекомунікацій;
- норми на показники якості надання телекомунікаційних послуг.

Дуже часто, говорячи про ці характеристики, узагальнюють і застосовують один термін - "якість телекомунікаційних послуг". Природно, технічні норми і параметри технічних засобів телекомунікацій, каналів і телекомунікаційної мережі в цілому впливають на показники якості послуги, але споживач не може і не повинен знати технічні норми мережі, проте, користуючись інтегральними характеристиками послуг, може визначити ступінь задоволення своїх потреб.

Споживчі властивості послуги - це інтегральні характеристики одного або декількох властивостей послуги, які визначають її якість і які повинні піддаватися аудиту як з боку операторів регулюючих органів, так і з боку споживачів послуг, і можуть бути отримані за результатами вимірювань, обробки статистичних даних та опитувань.

Показники якості послуги - це кількісні характеристики одного або декількох властивостей телекомунікаційної послуги, що визначають її якість і сукупність технічних показників, які повинні піддаватися аудиту як з боку операторів регулюючих органів, так і з боку споживачів послуг, і можуть бути отримані за результатами вимірювань, обробки статистичних даних і опитувань.

Показники якості роботи мережі - це кількісні характеристики, технічні показники, отримані в результаті випробувань і вимірювань параметрів телекомунікаційної мережі, каналів електрозв'язку, технічних засобів телекомунікацій.

З урахуванням сформованої практики під терміном "якість телекомунікаційних послуг" слід розуміти сукупність споживчих властивостей і показників послуги, котрі визначають можливість задовольнити встановлені або передбачувані потреби споживача телекомунікаційних послуг.

2.4 Методи оцінки надання послуг зв'язку

Розглянемо один з стандартів, який був розроблений для сфери телекомунікацій - ETSI ETR 003, він відображає головні принципи системного підходу до методу оцінки якості телекомунікаційних послуг. Такі принципи демонструють необхідність забезпечення повної оцінки якості послуг зі сторони їх споживача і виробника (оператора телекомунікацій), а також координування суб'єктивних оцінок споживачів з оцінками оператора, для того щоб досягти якості послуг, яка задовольняє споживачів.

При розробці системи показників якості телекомунікаційних послуг перший етап - це діагностика, збір і систематизація вимог споживачів.

Користувач, здебільшого, приймає участь у формулюванні вимог до різних телекомунікаційних послуг, також користувач оцінює результат виконання цих вимог. Збір вимог і думок споживачів про якість послуг здійснює провайдер послуг. З точки зору споживачів / абонентів якість послуги (QoS)

визначається такими характеристиками, які в більшій мірі пов'язані з споживачами / абонентами, а не з функціонуванням мережі.

Задоволення вимог споживачів - кінцева ціль введення різних оцінок якості. Змістовність оцінки забезпечується формуванням набору показників якості, цей набір повинен характеризувати ступінь задоволення всіх або більшості споживчих властивостей послуг.

У згоді з практикою ЄС, в формулюванні запитів споживачів і їх коригування при необхідності можуть брати участь служби, які займаються збором інформації від споживачів, провайдер послуг, що регулюють організації або самі споживачі.

ETSI запропонована схема (шаблон) для збору вимог споживачів / абонентів, застосування якої дозволяє врахувати вимоги споживачів до конкретної послуги (рис.2.1).

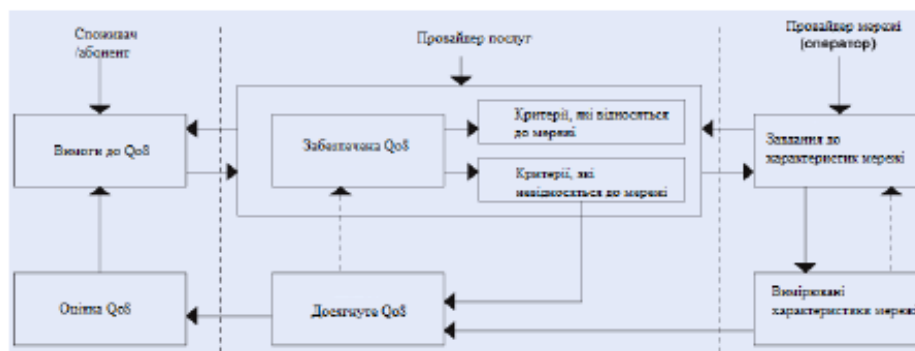


Рисунок 2.1 - Взаємодія учасників процесу оцінки якості послуг (QoS)

Збір вимог здійснюється за основними функціями послуги та критеріям якості. Функції послуги включають в себе всі специфічні дії служби електророзв'язку, які і представляють телекомунікаційну послугу. Функції згруповані в наступні блоки:

- продажі - їх завершення і є укладення контракту;
- управління послугою, що включає в себе функції поставки і підключення до мережі, сервісну підтримку послуги і т.д.;
- функції, які стосуються технічної якості виклику, являють собою власне функції телекомунікацій;

- функції, пов'язані з розрахунками за телекомунікаційні послуги;
- критерії якості (точність, доступність, надійність, захист і безпеку, простота, гнучкість).

Якість сприйняття (Quality-of-experience, QoE) - прийнятність послуги або програми в цілому, суб'єктивно сприймається кінцевим користувачем.

Якість сприйняття зважає на вплив всіх аспектів і кінцевих користувачів надання послуги (користувач, термінал, мережа і т.д.).

Прийнятність послуги може залежати від сподівань користувача. Параметри, які можуть впливають на якість сприйняття послуги:

- коефіцієнт мережевий ефективності (NER);
- затримка надання послуги;
- якість наданої медіа-інформації (MOS / R-фактор).



Рисунок 2.2 - Загальна класифікація алгоритмів та методів оцінювання QoE

Провайдери зв'язку активно розгортають multiplay мережі для передачі голосу, відео і даних через конвергентну інфраструктуру.

Виробники мережного обладнання постійно розробляють і тестують пристрої, які включають якість обслуговування (QoS) на цих мережах. Механізми QoS дозволяють пристроям застосовувати політики до різних типів трафіку, представленим на мережі, з метою переконатися, що кожен з них обробляється найбільш підходящим способом. Голосовий трафік, наприклад, зазвичай отримує найвищий пріоритет, тому що він найбільш чутливий до за-

тримок. Трафік даних, такий як web або email не чутливий до тимчасових атримків і тому не вимагає пріоритетів в обслуговуванні.

Звичайно, споживачів не цікавить пріорітезація трафіка і дроп пакетів. Вони хочуть, що б їх телефонні розмови були чистими від сторонніх шумів, а IPTV програми гладкими і вільними від візуальних спотворень. З цієї точки зору почуття задоволеності користувача (QoE) дійсно має значення.

Згідно з методикою MOS (Mean Opinion Score) якість мовлення, що досягається при проходженні сигналу від джерела через систему зв'язку до слухача (приймач), оцінюється як арифметичне середнє від усіх оцінок, виставлених експертами після прослуховування випробованого тракту передачі. Експертні оцінки визначаються відповідно до такої п'ятибальної шкали: 5 - відмінно, 4 - добре, 3 - задовільно, 2 - погано, 1 - неприйнятно.

Оцінки 3,5 бали і вище відповідають стандартному і високій якості, 3,0 - 3,5 - прийнятної якості, 2,5 - 3,0 синтезованого звуку. Для передачі мови з гарною якістю доречно орієнтуватися на значення MOS вижче 3,5 балів.

2.5 Аналіз метода вирішення задач управління послугами в мережах NGN

Зміна парадигми в концепції послуг, яке було пов'язане із загальною модифікацією концепції NGN, як правило ролі оператора і користувача значно змінилися. Нині користувач і оператор працюють в єдиному процесі інформатизації, і ця співпраця можна вважати лейтмотивом еволюції сучасних послуг.

Отже, розробляючи систему управління послугами доцільно використовувати системний підхід: питання забезпечення якості потрібно вирішувати в єдності з навколишнім середовищем тобто з користувачем.

Виконання вимог користувача включає в себе як технічні аспекти (параметри якості функціонування мережі), так і нетехнічних (обслуговування користувачів). У процесі управління послугами необхідно відстежувати як відпо-

відність характеристик послуг нормативним показникам, так і виробляти при необхідності корекцію нормативів.

Формування якості послуги включає в себе як об'єктивну оцінку мережевих характеристик, так і суб'єктивну експертну і призначену для користувача оцінку. І в той час як параметри роботи мережі можна визначити за допомогою відповідного обладнання, врахування думки клієнтів про якість отриманих послуг здійснюється шляхом співвідношення QoS, пропонованого оператором, і QoS, сприйнятого клієнтом, або QoE. При цьому в мережі повинні функціонувати пристрій, який порівнює різницю між необхідним рівнем якості і фактичним, і, якщо вона перевищує допустиме значення - визначає, які зміни конфігурації мережі необхідні, і формує відповідні сигнали. Важливим аспектом є час відгуку мережі на думку користувача, скоротити яке можливо при постійному моніторингу QoE і здатності системи управління мережею прогнозувати відгук користувачів.

Мережа повинна запам'ятовувати і аналізувати стан мережі і відповідну оцінку якості послуг клієнтом і вміти коректувати конфігурацію мережі на підставі отриманого досвіду. Даний підхід може бути реалізований шляхом введення штучного інтелекту (ШІ) в систему управління (СУ) послугами [15].

Головна ідея використання ШІ полягає у зміні парадигми мережевої інфраструктури: тепер не користувач зі своїм додатком підлаштовується під можливості мережі, а мережа змінює свої налаштування з урахуванням вимог користувача. Конфігурація мережі і функціональність мережевого обладнання автоматично змінюються в залежності від вимог користувача.

Мережа не тільки реагує на поточні запити користувача, але також аналізує його переваги і поточне оточення, надаючи відповідну інформацію СУ.

Одним з ефективних підходів до реалізації ШІ в управлінні інтелектуальних послуг (ІП) є застосування сучасних методів - нечіткої логіки і нейронних мереж. Найважливішою гідністю нейронних мереж є можливість їх навчання та адаптації, а також те, що не потрібні повні знання про об'єкт управління (наприклад, його математична модель). На основі вхідних і заданих (еталонних) сигналів нейронна мережа може навчитися управляти об'єктом.

Нейронні мережі можуть включати величезну кількість взаємопов'язаних простих обробних елементів (нейронів), що в результаті дає величезну обчислювальну потужність при використанні паралельної обробки інформації [15].

Нечітке управління (Fuzzy Control, Fuzzy-управління) на сьогодні є однією з найперспективніших інтелектуальних технологій, що дозволяють розроблювати високоякісні системи управління. Головною перевагою методу нечіткої логіки є можливість подання суб'єктивних категорій в математичній формі. Система приймає рішення на основі правил, записаних у формі імплікації IF-THEN. Найпростіший підхід до проектування таких систем полягає в формулюванні правил управління і функції приналежності за результатами спостереження за процесом управління, які здійснюються людиною або вже існуючим регулятором, з подальшим оцінюванням коректності функціонування такої системи. Якщо проект виявляється невдалим, то функцію приналежності і / або правила управління можна легко модифікувати [15].

3 МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ QoS В МЕРЕЖІ NGN

3.1 Методи аналізу та синтезу систем розподілу інформації

Зростаюча складність телекомунікаційних систем (ТКС) та мереж вимагає вирішення проблеми розробки адекватних методів розрахунку цих систем з метою отримання достовірних оцінок їх характеристик, реалізації завдань оптимізації щодо вибраного критерію якості обслуговування та розробки відповідних алгоритмів керування ними.

Математичні моделі телекомунікаційних систем та мереж, як правило, будуються на основі теорії систем масового обслуговування (СМО). У загальному випадку СМО обслуговують вимоги, що надходять до системи через випадкові інтервали часу, причому тривалість обслуговування також може бути випадковою. Методами теорії СМО досліджується вплив випадкових факторів на процеси функціонування системи. Одним із класів СМО є системи розподілу інформації (СРІ), які характеризуються наявністю розподільної мережі подібно до транспортних систем або систем енергопостачання. При передаванні інформації розподільною мережею є телекомунікаційна мережа, яка складається з каналів передачі інформації та вузлів комутації. Каналами зв'язку передається інформація, яка безпосередньо є предметом передачі й розподілу, і допоміжна, яка необхідна в процесі керування роботою всієї системи. Вузли комутації забезпечують з'єднання каналів передавання інформації і в них за певними алгоритмами обслуговуються повідомлення телекомунікаційних служб мережі. При цьому обслуговування повідомлення ототожнюється з вимогою на його передачу або обробку і прикладами таких вимог можуть бути виклики телефонної станції або пакети пакетного комутатора. Як СРІ може розглядатися не тільки мережа зв'язку в цілому, а й пучок каналів або ліній, окремий комутатор або комутаційний вузол.

Кількісна сторона процесів обслуговування потоків вимог (трафіка) в СРІ

досліджується теорією розподілу інформації ТРІ (інакше – теорією телетрафіка).

Предметом ТРІ є встановлення залежностей між характером потоку вимог, кількістю каналів обслуговування, продуктивністю одного каналу та ефективним обслуговуванням для визначення найкращих шляхів керування цими процесами.

Завдання ТРІ полягає у встановленні залежності результативних показників роботи СРІ (наприклад, середньої кількості вимог, що обслуговуються; середньої кількості вимог, що очікують обслуговування в черзі, тощо) від вхідних показників (кількості каналів та комутаторів у системі, параметрів вхідного потоку вимог тощо). Результативними показниками, або досліджуваними характеристиками СРІ, є показники ефективності, що описують, чи здатна ця система впоратися із заданим потоком вимог.

Методами ТРІ можна розв'язувати завдання оптимізації, які спрямовані на визначення такого варіанта системи, за якого буде забезпечено мінімум сумарних витрат від очікування обслуговування, втрат часу і ресурсів на обслуговування та простоїв каналів обслуговування при заданій якості обслуговування.

ТРІ являє собою набір імовірнісних методів аналізу, синтезу та оптимізації СРІ і вирішення проблем проектування нових та експлуатації діючих мереж зв'язку.

Завдання аналізу – це встановлення залежностей і значень величин, які характеризують якість обслуговування, від характеристик і параметрів вхідного потоку вимог, схеми і дисципліни обслуговування. Завдання аналізу виникає в тих випадках, коли телекомунікаційна мережа або система вже побудована і функціонує. Цілями аналізу є отримання реальних характеристик СРІ, порівняння їх із проектними характеристиками, надання об'єктивних оцінок якості роботи системи. Аналіз дозволяє визначити причини зниження якості обслуговування і видати рекомендації щодо усунення цих причин. Іноді аналіз робиться після внесення змін у систему або після підключення нових джерел навантаження (реконструкції). Розробка методів оцінки якості функціонування телекомунікаційних мереж та систем є основною метою теорії розподілу інформації.

Завдання синтезу – це визначення структурних параметрів мережі або, наприклад, схеми комутаційного вузла цієї мережі при заданих потоках, дисциплі-

ні та якості обслуговування. Задача синтезу певною мірою є зворотною до задачі аналізу. Синтез (проектування) телекомунікаційних мереж може складатися з кількох етапів. З позицій системної методології основними етапами вирішення задачі синтезу мереж та систем зв'язку є аналіз проблеми, визначення системи, визначення цілей, критеріїв, ресурсів, визначення альтернативних варіантів, оцінка, порівняння і вибір варіантів; реалізація рішення. Задачі проектування та планування телекомунікаційних мереж виникають з необхідності завчасного вибору технічних засобів, що забезпечують задоволення потреб у передаванні інформаційних повідомлень. Метою проектування є оптимальна структура мережі на тривалу перспективу з урахуванням поточного стану розвитку телекомунікаційної техніки і технологій.

Завдання оптимізації є близькими до завдань аналізу і синтезу. Як правило, при проектуванні телекомунікаційних мереж та систем вони формулюються в такий спосіб: визначити структурні параметри або алгоритми функціонування мережі (системи), для яких:

- при заданих потоках, якості та дисципліні обслуговування вартість або обсяг мережі (системи) мінімальні;
- при заданих потоках, дисципліні обслуговування та вартості мережі (системи) її якісні показники функціонування оптимальні.

При експлуатації телекомунікаційних мереж та систем завдання оптимізації формулюється як завдання керування потоками вимог або структурою мережі для досягнення найкращих показників якості функціонування. Як правило, завдання оптимізації телекомунікаційних мереж та систем є складними.

Аналіз, синтез і оптимізація СРІ здійснюються із застосуванням теорії ймовірностей, математичної статистики, комбінаторних і алгебраїчних методів, теорії множин, теорії графів, принципів системного підходу та ін.

Основними методами розв'язання завдань у теорії розподілу інформації є аналітичний і числовий методи та метод статистичного (імітаційного) моделювання.

Аналітичні методи дозволяють розв'язувати завдання теорії розподілу інформації в тих випадках, коли структура системи, характеристики потоку і дис-

ципліна обслуговування порівняно прості. При цьому розглядаються всі можливі стани системи, обумовлені, наприклад, положенням кожної точки комутації або кількістю зайнятих каналів. Такі стани називаються мікростанами системи. Щораз, коли надходить нова вимога, закінчується яка-небудь фаза роботи керуючого пристрою зі встановлення з'єднання або закінчується з'єднання, система змінює свій мікростан. Для кожного мікростану записується рівняння статистичної рівноваги. Розв'язуючи систему таких рівнянь, знаходять точне вирішення задачі в межах прийнятої моделі.

Числові методи використовують спеціальні алгоритми, що дозволяють знаходити наближені рішення ітераційними або іншими методами. Вони застосовуються для складних систем, де кількість мікростанів настільки велика, що розв'язати систему рівнянь статистичної рівноваги неможливо навіть за допомогою швидкодіючих ЕОМ. Тому застосовується так званий макропідхід. У складній системі з дуже великою кількістю мікростанів є та або інша ознака, за якою мікростани поєднуються в класи-макростани. Шляхом усереднення визначаються інтенсивності переходів з одних макростанів в інші. Для кожного макростану записується рівняння статистичної рівноваги. У результаті розв'язання системи таких рівнянь виводяться наближені формули для ймовірностей макростанів.

Методи статистичного (імітаційного) моделювання є найбільш універсальними методами, які придатні для розв'язання задач практично будь-якої складності. Метод полягає в побудові математичної моделі системи, реалізація якої здійснюється у вигляді програми для ЕОМ. Моделювання дозволяє одержати числові результати, що характеризують якість обслуговування при заданих параметрах потоку, структурі системи та дисципліні обслуговування.

Для детального аналізу досліджуваних СРІ можливе поєднання аналітичних і числових методів з методом статистичного моделювання. Наприклад, якщо за малих (обмежених) значень параметрів системи вдається отримати рішення точними аналітичними методами і проаналізувати граничні випадки при асимптотичній поведінці характеристик досліджуваної системи, то потім отримані відомості доповнюються результатами статистичного моделювання в області реальних значень параметрів системи.

Модернізація інформаційних і телекомунікаційних мереж немислима без достовірної оцінки реальної якості обслуговування (QoS – Quality of Service) трафіка в цих мережах. При цьому неможливо обійтися без точних математичних методів аналізу та синтезу СРІ за умов реальних потоків. Природа формування потоків і їх обслуговування залежить від конкретного виду системи, мережі та інших факторів. Деякі із задач аналізу і синтезу СРІ можна сформулювати та розв'язати за допомогою теорії масового обслуговування методами сучасної математики. Однак чимало задач не вдається розв'язати аналітично за допомогою відомих, що стали вже класичними, методів теорій масового обслуговування та розподілу інформації. Сфера застосування цих методів визначається кількістю неекспонентно розподілених величин, що характеризують поведінку елементів досліджуваної системи. Якщо всі функції розподілу експонентного або ерлангового виду, то систему можна описати за допомогою однорідних безперервних марковських ланцюгів або навіть за допомогою однорідних процесів народження та загибелі. У цьому випадку застосування методів 1–5 наведеного списку буде коректним і дозволить успішно розв'язати поставлені задачі аналізу системи розподілу інформації або розрахунку параметрів QoS.

3.2 Математичні моделі трафіка телекомунікаційних мереж

Стрімкий розвиток телекомунікаційних технологій, нові принципи побудови мереж зв'язку, зміна структурного складу абонентів і спектру наданих послуг – все це дуже позначається на характері трафіка в мережах.

Ці фактори, насамперед, збільшують нерівномірність інтенсивності потоків вимог, яка вимірюється дисперсією інтенсивності. Результати статистичних вимірів, виконуваних на різних етапах еволюції розвитку мереж і послуг, дають змогу виділити 3 типи трафіка, до яких слід вживати певні математичні моделі:

І тип – в моносервісних мережах з однорідним трафіком. Такими є суто телефонні мережі з єдиною послугою телефонного зв'язку, що й зумовило однорідність трафіка. Найпростіша модель пуассонівського потоку, в основ-

ному, відповідає таким умовам, а значення інтенсивності трафіка та її дисперсії співпадають або достатньо близькі.

II тип – в мультисервісних мережах з різномірним трафіком. Інтегральний характер мультисервісної мережі з розширеним спектром надаваних послуг зумовлює різномірність трафіка, яка сильно змінює його параметри та математичну модель. Реальним потокам властива підвищена нерівномірність трафіка, за якої дисперсія інтенсивності трафіка перевищує її математичне сподівання від 2 до 15 раз. Іноді дане перевищення буває й більшим, але це відбувається або за межами ГНН, або на невеликих пучках каналів [4].

Параметрами трафіка є інтенсивність навантаження Λ (середня кількість вимог, що надійшла до системи за середню тривалість обслуговування) та дисперсія інтенсивності навантаження σ^2 . Математичною моделлю трафіка є ймовірнісна функція розподілу випадкової величини кількості вимог i за середню тривалість обслуговування.

У математичній моделі пуассонівського потоку вимог інтервал часу між вимогами z розподілений за експонентним законом. Ступінь відхилення інших потоків від моделі пуассонівського потоку можна оцінити за коефіцієнтом варіації v_z функції розподілу інтервалу z . Для експонентного розподілу $v_z \equiv 1$. Модель пуассонівського потоку не завжди адекватно описує реальні потоки вимог в телекомунікаціях, і тому необхідно вибирати інші розподіли для їхнього опису, що забезпечують кращу згоду з даними вимірів. Заміна експонентного розподілу будь-якими іншими функціями набагато ускладнює математичну модель, а складні моделі не завжди піддаються аналітичному розв'язанню.

Реальні потоки вимог у мультисервісних мережах зв'язку формуються множиною джерел з різною питомою інтенсивністю навантаження (різномірні потоки). У процесі створення потоку вимог беруть участь джерела, що належать до тієї або іншої групи споживачів сервісів з близькими інтенсивності навантаження. Значення інтенсивності результуючого потоку вимог кожної миті залежить від того, до якої групи за інтенсивністю навантаження належить джерело і яке співвідношення кількості цих джерел з іншими. Отже, адекватно описати по-

тік або розподіл інтервалів часу між вимогами можна не експонентним розподілом (M), а їх сумішшю – гіперекспонентним розподілом (HM)

$$P(z) = \sum_{i=1}^k p_i \lambda_i e^{-\lambda_i z}$$

при

$$\sum_{i=1}^k p_i = 1$$

Зазначеному розподілу відповідає перервний пуассонівський потік k -го порядку. Практичні виміри свідчать, що реальні потоки достатньо апроксимувати з $k = 2$. Цей розподіл описує більший розкид величини інтервалу часу між вимогами z і забезпечує значення коефіцієнтів $vz \geq 1$, а це, у свою чергу, дозволяє описувати реальні потоки з дисперсією інтенсивності навантаження σ^2 , що перевищує її математичне сподівання Λ від одиниць до десятків разів. Співвідношення σ^2 та Λ визначає пікфактор трафіка.

Гіперекспонентний інтервал часу між вимогами приводить до такого розподілу кількості вимог, що надходять до системи за середню тривалість їх обслуговування, який добре апроксимується нормальним (Гауса) законом. Для реальних потоків вимог мультисервісних мереж зв'язку адекватною є математична модель з гіперекспонентним розподілом інтервалу часу між вимогами, що апроксимується нормальним розподілом інтенсивності навантаження Λ .

III тип – в пакетних мережах з мультисервісним трафіком. Трафік має довгострокові залежності в інтенсивності та ще більш суттєво відрізняється від пуассонівського потоку. Адекватною моделлю потоків в таких мережах є самоподібні процеси. В мультисервісних пакетних мережах трафік є різно-рідним і з певними вимогами до QoS. Тут передачу потоків різних служб забезпечує одна і та ж сама мережа з єдиними протоколами та законами управління. Оскільки джерела кожної служби можуть мати різні швидкості передавання інформації або змінювати її в процесі сеансу зв'язку, то об'єднаному потоку пакетів властива так звана «пачковість» трафіка (burstness), вимірювана коефіцієнтом пачковості [1]. Ця пачковість обумовлює ще більшу

нерівномірність трафіка, за якої дисперсія інтенсивності трафіка перевищує її математичне сподівання від 20 до 60 раз і більше.

Трафік мультисервісних мереж з комутацією пакетів характеризується наявністю довгострокових залежностей в інтенсивності навантаження й істотною відмінністю статистичних властивостей потоків пакетів від пуассонівського потоку. Адекватною моделлю потоків в таких мережах вважаються самоподібні (self-similarity) процеси, де вхідний потік описується фрактальним броунівським рухом (модель fBM). Однак дослідження характеристик якості обслуговування СРІ в цих умовах є дуже складною математичною задачею. Причиною цьому є слабка формалізованість моделі самоподібних потоків, внаслідок чого і неможливо отримати аналітично обґрунтовані результати для оцінки параметрів QoS у системах розподілу інформації.

Незалежно від способу надання математичної моделі потоку вимог вибрана модель обов'язково має бути адекватною реальним потокам трафіка телекомунікаційних мереж, оскільки від цього суттєво залежить точність розрахунку характеристик якості обслуговування та пропускну здатності СРІ при їх аналізі, синтезі та оптимізації.

3.3 Моделі та метод покращення якості в мережі NGN

Сумарний час обслуговування всіх вхідних вимог є навантаженням для серверів (приладів, ліній, каналів) СМО. Чим більший цей час – тим більше навантаження „обслуговують” сервери системи. В теорії телетрафіка розрізняють вхідне (traffic offered), обслужене (traffic carried) та надлишкове (overflow traffic) навантаження. Надлишкове навантаження – це різниця між вхідним і обслуженим навантаженнями, яка для систем з втратами буде втраченим навантаженням.

3.3.1 Визначення та інтенсивність навантаження

Навантаження вимірюється в години-заняттях. Наприклад, навантаження в одне години-заняття (1 г.-зан.) утворюється безперервним обслуговуванням

вимог одним сервером протягом однієї години або двома серверами терміном по півгодини кожний і т.д. Тому параметр „навантаження” не дає чітких відомостей щодо напруженості роботи системи, оскільки невідомо, за який час воно виконане. Сумарний час обслуговування всіх вимог, який дорівнює, наприклад, 20 г.-зан. може свідчити про роботу в системі 1 сервера протягом 20 годин або 20 серверів протягом 1 години кожний. Тому введено поняття інтенсивності обслуженого навантаження Y , яка визначається як приведений час навантаження. Він розраховується як сумарний час обслуговування всіх вимог x_i на деякому інтервалі часу $t_2 - t_1$, поділений на величину цього інтервалу ($t_2 - t_1$) може дорівнювати, наприклад, одній годині), поділений на величину цього інтервалу

$$Y = \frac{\sum x_i}{t_2 - t_1}$$

Кількість серверів системи, що має бути залученою до обслуговування вимог вхідного потоку, теж є навантаженням для системи. При надходженні вимоги у систему один із серверів займається, а в наприкінці її обслуговування цей сервер звільняється і вимога «виходить із системи». Через випадковість цих подій у моменти надходження вимог або моменти їх виходу в системі буде задіяна різна кількість серверів. Таким чином, кожної миті кількість залучених серверів системи або кількість одночасно обслуговуваних вимог визначає миттєве значення обслуговуваного навантаження. Оскільки ця кількість є випадковою, то основною характеристикою обслуговуваного навантаження є його середнє значення, що називається інтенсивністю обслуженого навантаження Y .

Інтенсивність обслуженого навантаження – це приведений час сумарного обслуговування всіх вимог (2.37) або середнє значення кількості зайнятих серверів (2.38). Обидва способи визначення інтенсивності обслуженого навантаження використовуються в засобах вимірювання параметрів навантаження на мережах зв'язку. Середня кількість зайнятих серверів є завантаженістю системи.

За одиницю виміру інтенсивності навантаження прийнято 1 Ерланг (1 Ерл), яку названо на честь засновника теорії телетрафіка А.К. Ерланга.

Навантаження на сервери системи є результатом спільного процесу надходження та обслуговування вимог. Оскільки вимоги надходять до системи через випадкові інтервали часу (або кількість вимог за умовну одиницю часу є випадковою) і тривалість обслуговування також може бути випадковою, то і навантаження є випадковою величиною. У зв'язку з цим інтенсивність вхідного навантаження Λ (це не інтенсивність потоку вимог λ) нормується середнім часом обслуговування вимог \bar{x} . Ця інтенсивність визначається відповідно до другого способу подання математичної моделі вхідного потоку вимог, але при цьому за умовну одиницю часу t береться середня тривалість обслуговування вимог \bar{x} .

Таким чином, інтенсивність вхідного навантаження

$$\Lambda = \lambda \bar{x}.$$

Отже інтенсивність вхідного навантаження Λ , вимірювана в Ерлангах, це середня кількість вимог, що надходить до системи за середній час обслуговування однієї вимоги. Інакше, це є інтенсивність потоку надходження вимог λ , яка віднесена до середньої тривалості обслуговування \bar{x} .

Інтенсивність вхідного навантаження можна визначати як інтенсивність обслуженого навантаження у припущенні того, що втрати вимог вхідного потоку відсутні, тобто кожній вимозі, що надійшла, надається вільний сервер за будь-яких умов (наприклад, у системі нескінченна кількість серверів). В основному при дослідженнях розглядаються стаціонарні потоки вимог.

У цьому випадку як вхідне, так і обслуговуване навантаження описуються стаціонарними випадковими процесами і їхні статистичні параметри у ймовірнісному змісті не залежать від часу.

Інтенсивність вхідного навантаження Λ – це середня кількість вимог, що надходить до системи за середній час обслуговування однієї вимоги.

Інтенсивність обслуговуваного навантаження Y – це середня кількість зайнятих серверів. В обох випадках дані інтенсивності є оцінками навантажень, які є випадковими величинами.

У відповідності до (1.1) математичне сподівання, а отже й середню кількість вимог, що надходить до системи за середній час обслуговування однієї вимоги, можна розрахувати та

$$\Lambda = \sum_{i=0}^{\infty} iP_i$$

де P_i – імовірність того, що за інтервал часу $t = x$ до системи надійде точно i вимог, де $i = 0, \dots, \infty$.

Для будь-якої телекомунікаційної системи важливою є оцінка ступеня задоволення потреби в обслуговуванні, або якість обслуговування (QoS – Quality of Service). В теорії телетрафіка якість обслуговування потоку вимог характеризується можливістю негайного обслуговування вимоги або тривалістю очікування початку обслуговування. З математичної моделі СРІ випливає, що ці можливості визначаються обраною дисципліною обслуговування вимог. Через те для кожної дисципліни обслуговування вимог властивий певний набір основних і допоміжних характеристик якості обслуговування.

3.3.2 Модель віртуалізації ресурсів пакетного маршрутизатора

З розвитком технологій збільшується і розмір трафіку при базовій місткості мереж, це означає сильне збільшення мережевих ресурсів, змушує розвивати та знаходити ефективні механізми надання якості обслуговування як комплексного програмно-апаратного метода рішення в маршрутизаторах та комутаторах.

Це завдання пропонується вирішити завдяки використанню методів віртуалізації ресурсів, щоб реалізувати в одному фізичному маршрутизаторі декількох віртуальних, які будуть виконувати індивідуальну обробку послуг одного класу із певними вимогами до QoS. Основна концепція роботи полягає у створенні моделі віртуального маршрутизатора, завдяки яким в мультисервісній інфраструктурі можна буде забезпечити ефективний розподіл між різними мережевими потоками. Це також дасть нам змогу підвищити якість обслуговування потоків в передачі реального часу із наданням певного гарантованого рівня QoS сервісів, які будуть чутливі до втрат і нечутливих до затримок. Для того щоб підтвердити або спростити гіпотезу віртуалізації

мережевого пристрою з цілю надання гарантованого рівня QoS в роботі потрібно виконати порівняльний аналіз існуючих технічних рішень при використанні стандартного маршрутизатора та прототипом експериментального маршрутизатора, який розроблений у роботі і який використовує технологію віртуалізації ресурсів. Перед тим як приступити до розроблення маршрутизатора з віртуалізацією ресурсів нам необхідно зрозуміти основні поняття і принципи функціонування вже розроблених стандартних маршрутизаторів.

Сьогодні комутація пакетів застосовує високошвидкісні інтерфейси. Збільшення пропускної спроможності та покращення їх характеристик в мультисервісній мережі є основною вимогою до комунікаційного обладнання. Потреба в забезпеченні можливості статистичного мультиплексування потоків, котрі проходять через комутаційні системні модулі, передавання відмінних типів трафіку з різними вимогами до кількісних характеристик функціонування мережі – це складне завдання.

Мережеві пристрої керують трафіком, буферизують і маршрутизують завдяки роботі інтегрованих модулів.

Комутацію інформаційних потоків виконує маршрутизатор, з'єднуючи відповідні вхідні та вихідні порти. Завдання комутації/маршрутизації полягає в з'єднанні кінцевих вузлів через мережу транзитних вузлів - яка представляється у вигляді послідовності взаємозв'язаних завдань:

- формулювання інформаційних потоків;
- формулювання маршрутів передавання потоків в мережі;
- повідомлення про знайдені маршрути вузлам мережі;
- розпізнавання сервісів і локальна комутація на кожному транзитному вузлі;
- мультиплексування і де-мультиплексування потоків;
- забезпечення необхідної якості обслуговування (Quality of service, QoS).

До мережевих пристроїв надходить повідомлення через один інтерфейс, потім вони розпізнають отримувача певній таблиці і вже тоді передають його на інший інтерфейс. Саме спосіб побудови таблиць є однією з голо-

вних відмінностей між маршрутизатором і будь-яким другим комутатором повідомлень. Маршрутизатор відправляє повідомлення мереж, а таблиці мостів і комутаторів включають в себе список адрес підрівні MAC.

У маршрутизатора існує дві основні функції, який він виконує, а саме: переключати трафік і обслуговувати середовище, в якій виконується робота.

Не обов'язково реалізовувати ці дві функції на одному і тому ж процесорі. Як правило перемикання трафіку виконує окремий інтерфейсний процесор чи процедура обробки переривань ядра, а в цей час у фоновому режимі виконується процес обслуговування середовища.

Завдання QoS вирішується в таких просторах: організація додатків з пріоритетом трафіку; обмеження за потребою інтенсивності користувацького трафіку; управління чергами з черговістю обробки пакетів в мережевих вузлах; маршрутизація.

Завдання розподілу ресурсів каналів між потоками даних реалізується встановленням певного порядку обслуговування пакетів і формуванням черг.

Завдяки чергам та алгоритмам їх обробки виконується управління переваженнями маршрутизатора. Черги - простір пам'яті, в якому групуються одно пріоритетні пакети. Передача пакетів з черги реалізовується за алгоритмом її обслуговування. Для того щоб забезпечити найкраще обслуговування високо пріоритетного трафіку необхідно застосовувати алгоритми.

FIFO (First In – First Out) це елементарний механізм обслуговування, за яким пакети передаються на вихід у тому самому порядку, в якому вони надійшли на вхід. У всіх пристроях з комутацією пакетів він є алгоритмом за замовчуванням. Основними перевагами є простота реалізації та відсутність конфігурування. Проте недоліком є неможливість диференційованої обробки пакетів відмінних потоків.

PQ (Priority Queuing), пріоритетне обслуговування. Цей метод припускає наявність вихідних підрозділів черг з низьким, середнім, і високим пріоритетом обслуговування. В рамках черги пакети обробляються за FIFO.

Обслуговування черг за пріоритетом гарантує нам високу якість обслуговування а також мінімальний рівень затримок пакетів з черги, які ма-

ють найвищий пріоритет. Але виникає необхідність чіткого контролю трафіку на етапі доступу в мережу заради належного надання пріоритету.

Також недоліком є відсутність верхньої межі для всіх рівнів пріоритету; потоки з найвищим пріоритетом при великій кількості пакетів можуть чинити придушення низько пріоритетних потоків.

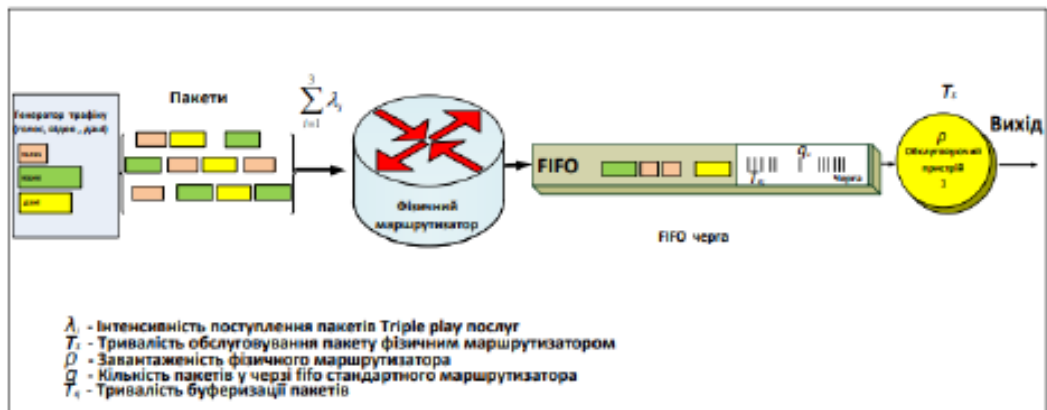


Рисунок 3.1 - Схема моделі пакетного маршрутизатора без пріоритетних черг

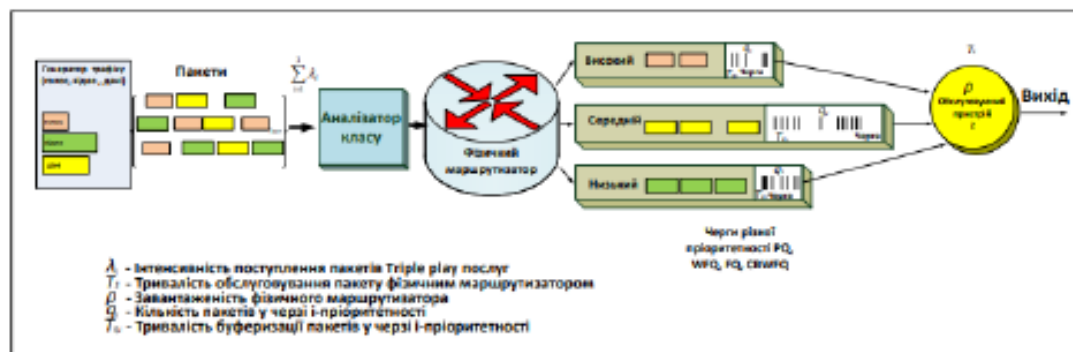


Рисунок 3.2 - Схема моделі пакетного маршрутизатора з пріоритетними чергами

NGN мережа з віртуалізацією ресурсів – це мережа в якій на одному або декількох мережевих пристроях використовується режим роботи з віртуалізацією. Щоб забезпечити віртуалізацію мережевого пристрою потрібно реалізувати два або більше віртуальних мережевих машин, які будуть відповідати функціям маршрутизатора з індивідуальним обслуговуванням пакетів. У цьому випадку для простоти реалізації моделі віртуального маршрутизатора

демонструється передавання трьох типів сервісів: голос, відео і дані, так званих послуг Triple play. Отже при розроблені структури мережевого пристрою з віртуалізацією ресурсів, розгорнуто три віртуальні маршрутизатори, які в свою чергу призначені для індивідуального обслуговування потоків одного типу, надаючи їм необхідний рівень QoS згідно вимог, за допомогою виділення фізичних ресурсів апаратного пристрою для конфігурації потрібної продуктивності віртуальних маршрутизаторів обслуговування потоків послуг Triple play.

На вхід віртуального маршрутизатора поступає агрегований потік пакетів з інтенсивністю

$$\Delta = \lambda \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

В такому випадку сумарний потік складається з n частинних потоків, де $n=3$ (послуги Triple play), кожний з яких визначається власними параметрами і розподілом. Потім цей вхідний потік пакетів з сумарною інтенсивністю, надходить до мережевого пристрою, тоді обробляться і ділиться на $N=3$ мережевих віртуальних пристроїв згідно з пріоритетом поля сервісу Type of Service (ToS), DSCP. Поділ на віртуальні пристрої здійснюється блоком аналізатор класу, що працює на основі аналізу IP заголовка і в залежності від вмісту DSCP чи ToS поля буде зчитувати код, який вказуватиме на належний тип сервісу та відправлятиме їх на обслуговування віртуальними маршрутизаторами класового призначення. Такий принцип розподілу на маршрутизатори є близьким до механізму розподілу пакетів на черги з різними пріоритетами системи пріоритетного обслуговування. Через це, технічно при віртуалізації мережевого пристрою, функції блоку класифікації залишаються без змін, але спрямований під інше завдання.

Основним чинником по ступеню впливу на виникнення черг, які стають причиною до важкого прогнозу затримок буферизації пакетів є коефіцієнт завантаження віртуального пристрою – це співвідношення середньої інтенсивності вхідного потоку λ_i до середньої інтенсивності передавання пакетів на вихідний інтерфейс μ_i (в моделі під таким параметром розуміється

TS_i - тривалість обслуговування пакету i -го потоку віртуальним маршрутизатором).

Плюсом даної моделі є те, що коли використовується блок менеджера управління ресурсів, з'являється можливість статично та динамічно виокремлювати обчислювальні ресурси мережевого пристрою для віртуальних маршрутизаторів в залежності від вимог QoS потоку. Концепція запропонованого способу забезпечення якості обслуговування у вузлах NGN мережі полягає в керуванні обчислювальними ресурсами в залежності від інтенсивності навантаження навантаження пакетів різноманітних пріоритетних класів, а також дозволених вимог щодо якості їх обслуговування.

Для реалізації цього в мережевому вузлі потрібно керування, яке буде виконувати головні функції:

- регулярний контроль основних показників якості обслуговування (затримки, втрати пакетів різних пріоритетних класів);
- постійне прийняття рішення на зміну обчислювальних ресурсів віртуальних маршрутизаторів, які залежать від вхідного навантаження і підходящих показників якості обслуговування затвердженим нормам.

3.3.3 Представлення параметрів якості обслуговування віртуальної інфраструктури

Будемо вважати, що загальна пропускна здатність вузла NGN мережі складає C і загальний розмір буфера Q . У такому випадку для простоти реалізації моделі використаємо такі позначення: $a(t)$ – обсяг вхідного трафіку, $l(t)$ – обсяг відкинутого трафіку, $r(t)$ – інтенсивність обслуговування в момент часу t . Крім того, впровадимо поняття кривої прибуття, вхідної та вихідної кривої для трафіку на протязі часового інтервалу $[t_1, t_2]$. Крива прибуття A і вхідна крива R^{in} визначаються як

$$A(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} \lambda(x) dx, \quad (3.1)$$

де $\lambda(t)$ є миттєвою інтенсивністю прибуття пакетів в момент часу t

$$R^{in}(t_1, t_2) = A(t_1, t_2) - \int_{t_1}^{t_2} \xi(x) dx, \quad (3.2)$$

де $\xi(x)$ є інтенсивністю відкидання пакетів в певний момент часу t .

З формули 3.1 різниця між кривою прибуття і вхідною є обсяг відкинутого трафіку. Вихідна крива R^{out} характеризує переданий трафік протягом часового інтервалу $[t_1, t_2]$, і визначається як

$$R^{out}(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} r(x) dx, \quad (3.3)$$

де $r(t)$ є інтенсивністю обслуговування пакетів в момент часу t .

З цього моменту, ми будемо використовувати наступні скорочення для позначення кривих прибуття, вхідної і вихідної в моменти часу t , відповідно

$$\begin{aligned} A(t) &= A(0, t), \\ R^{in}(t) &= R^{in}(0, t), \\ R^{out}(t) &= R^{out}(0, t). \end{aligned} \quad (3.4)$$

На рисунку 3.3. зображено вертикальну та горизонтальну відстані між вхідною і вихідною кривою, які окреслюють довжину черги Q та затримку D в мережевому пристрої. Затримка D є періодом обслуговування пакетів переданих в певний момент часу t . Згідно з чим, довжина черги та затримка визначаються в момент часу t за формулами

$$Q(t) = R^{in}(t) - R^{out}(t), \quad (3.5)$$

$$D(t) = \max\{x \mid R^{out}(t) \geq R^{in}(t - x)\}. \quad (3.6)$$

Середню затримку можна досягнути шляхом усереднення миттєвої затримки $D(t)$ протягом часового вікна тривалістю τ

$$D(\tau) = \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau}^t D(x) dx \quad (3.7)$$

Введемо інтенсивність втрат $P(t)$, що буде виражати частину втраченого трафіку від початку поточного періоду зайнятості в момент часу t_0 . Період зайнятості - це часовий інтервал протягом якого, здійснюється максимальне

завантаження буфера вузла. Тоді, $P(t)$ описує частку трафіку, втраченого на інтервалі часу $[t_0, t]$, і визначається як

$$P(t) = \frac{\int_{t_0}^t l(x) dx}{\int_{t_0}^t a(x) dx} \quad (3.8)$$

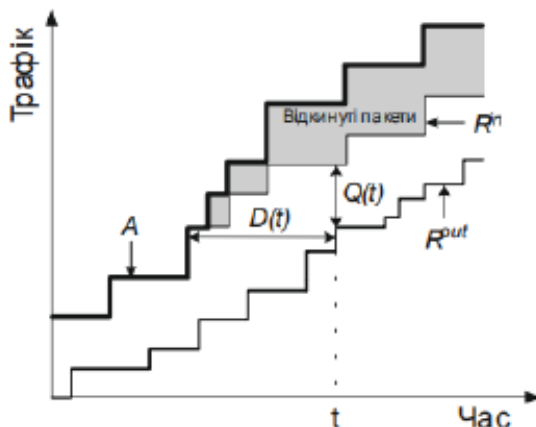


Рисунок 3.3 - Графічне відображення зміни довжина черги, затримки та втрати пакетів

3.3.4 Покращення параметрів QoS на основі методу адаптивного управління структурними параметри віртуальних маршрутизаторів

В NGN мережах великого попиту набули методи управління ресурсами та динамічної зміни параметрів мережі в залежності від зміни вхідного впливу (йдеться про мережевий трафік, що створюється різними застосуваннями та агрегується рівнем доступу). Проте, дуже обмежене група авторів розглядає задачу планування ресурсів мережі, необхідних для гарантованого передавання певного обсягу трафіку. Тобто, йдеться про задачу визначення мінімального обсягу ресурсів для забезпечення гарантованих параметрів якості обслуговування.

Ймовірність втрати пакету – визначається як кількість втрачених пакетів до загальної кількості пакетів. Втрати мережі $P_{\text{мережі}}$ обумовлені помилками в каналі (з впровадженням волоконно-оптичної лінії зв'язку втрати в

каналі мають величини порядку 10⁻⁹, і ними можна знехтувати з урахуванням норм на втрати в мережі) і втратами у вузлах мережі і $P_{\text{вузла}}$.

Втрати у віртуальних вузлах мережі і $P_{\text{вузла}}$ визначаються інтенсивністю трафіка, розміром буфера, застосовуваної політикою обслуговування черг і використовуваними методами запобігання перевантаження [20].

$$P_{\text{вузла}} = \frac{1}{X_i} \times \sum_k X_{ki} \quad (3.9)$$

де $P_{\text{вузла}}$ – ймовірність втрати пакету в i – му віртуальному маршрутизаторі;

X – загальна кількість пакетів переданих на i – й віртуальний маршрутизатор;

X_{ki} – кількість втрачених пакетів за k -тий період в i – му віртуальному маршрутизаторі.

Затримка $t_{\text{вузла}}$ – це тривалість обслуговування пакета в i – му віртуальному маршрутизаторі і визначається як сума часу опрацювання пакета і очікування обслуговування в буфері.

$$t_{\text{вузла}_i} = t_{\text{буфер}_i} + 2 \frac{L_{\text{пакі}} \times 8}{C_{\text{інтерфейсу}}} + t_{\text{проц.обробки}_i} \quad (3.10)$$

де $C_{\text{інтерфейсу}}$ – пропускна здатність вхідного та вихідного інтерфейсу (прийнято, що пропускна здатність вхідного і інтерфейсу рівні) ;

$t_{\text{буфер}}$ – час очікування пакетом у буфері i – му віртуальному маршрутизаторі;

$L_{\text{пак}}$ – довжина пакета, що обробляється в i – му віртуальному маршрутизаторі;

$t_{\text{проц.обробки}}$ – час обробки пакета у процесорі віртуального обслуговуючого пристрою.

Джитер – визначається, як різниця між середнім значенням затримки та конкретною затримкою.

$$dt_i = \frac{1}{N_i} \sum t_{\text{сер } i} - t_{ji} \quad (3.11)$$

Де dt_i – середнє значення джитера;

t_{ji} – затримка i -ого пакету;

$t_{\text{сер } i}$ – середнє значення затримки.

На основі дослідження властивостей інформаційних потоків в мульти-сервісних телекомунікаційних системах можна зробити висновок, що завдяки використанню моделей самоподібних процесів (потоків) можна більш точно описувати трафік, що передається в даних системах. Тепер необхідно описати модель обслуговуючого пристрою з віртуалізацією. Що стосується NGN мереж, то навіть його структура не є заздалегідь однозначно відомою. Завдяки моделюванню отримуємо найбільш точні результати у випадку врахування якомога більшої кількості параметрів реальної системи обслуговування. Важливими факторами є і структура (наявність певної кількості вхідних/вихідних інтерфейсів, можливість паралельної обробки даних з декількох інтерфейсів, можливість пріоритетної обробки певних класів мережевого трафіку), а також функціональні параметри (швидкодія внутрішньої вхідної/вихідної шини, швидкодія обслуговуючого пристрою, швидкість перемикання між інтерфейсами, обсяг буфера, імовірність відкидання пакетів при перевищенні заданих буферних порогів.) Для того, щоб модель обслуговуючого пристрою була адекватною, необхідно забезпечити верифікацію заданих функціональних параметрів кожного елемента конкретного мережевого вузла (із врахуванням можливих допусків виробництва) [20].

Тепер розглянемо буфер, який є структурним параметром вузла для управління QoS. При віртуалізації загальний розмір буфера ділитиметься між віртуальними маршрутизаторами, оптимальне використання буферного ресурсу віртуальними пристроями забезпечить необхідну якість потокам з різними вимогами. Окремим аспектом обслуговування є врахування моделі поведінки черг системи обробки інформації (обслуговуючого вузла). Стан черги визначається розміром буфера, завантаженістю системи та значеннями порогів відкидання пакетів для боротьби з перевантаженнями. Модель загального стану черги

(без розподілу по пріоритетах класів трафіку, що винесено в окрему задачу) із врахуванням завантаженості буфера можна представити рядом наступних умов:

Сума ємності віртуальних черг в критичному випадку не може перевищувати загального розміру буфера при низьких коефіцієнтах використання попереднього сегменту мережі.

$$\sum_{i=1}^n q_{\text{черги } i} \leq Q_{\text{буф}} \quad (3.12)$$

де $q_{\text{черги } i}$ – довжина віртуальних черг пакетів;

$Q_{\text{буф}}$ – загальний обсяг буферної пам'яті.

В розділі запропоновано модель адаптивного управління загальним буферним ресурсом для виділення оптимальних ємностей віртуальних черг в умовах яких забезпечується необхідна якість обслуговування інформаційних потоків.

$$\begin{cases} t_{\text{поточне } i} \leq T_{\text{допустиме } i} \\ p_{\text{поточне } i} \leq P_{\text{допустиме } i} \rightarrow q_{\text{черги } i} \in Q_{\text{буф}} \\ dt_{\text{поточне } i} \leq dT_{\text{допустиме } i} \end{cases} \quad (3.13)$$

де $t_{\text{поточне } i}$ – поточна затримка буферизації потоку в i віртуальному маршрутизаторі;

$T_{\text{допустиме } i}$ – допустима затримка потоку у i віртуальному буфері маршрутизатора згідно встановлених рекомендації ;

$p_{\text{поточне } i}$ – імовірність відкидання пакетів в буфері i - го віртуального маршрутизатора;

$P_{\text{допустиме } i}$ – допустимі втрати потоку у i віртуальному буфері маршрутизатора згідно встановлених рекомендації ;

$dt_{\text{поточне } i}$, – поточний джитер буферизації потоку в i віртуальному маршрутизаторі;

$dT_{\text{допустиме } i}$ – допустимий джитер потоку у i віртуальному буфері маршрутизатора згідно встановлених рекомендації.

$$\sum_{i=1}^n CPU_i \leq CPU \quad (3.14)$$

$$\begin{cases} t_{\text{поточне } i} \leq T_{\text{допустиме } i} \\ p_{\text{поточне } i} \leq P_{\text{допустиме } i} \\ dt_{\text{поточне } i} \leq dT_{\text{допустиме } i} \end{cases} \rightarrow CPU_i \in CPU \quad (3.15)$$

$$\sum_{i=1}^n RAM_i \leq RAM \quad (3.16)$$

$$\begin{cases} t_{\text{поточне } i} \leq T_{\text{допустиме } i} \\ p_{\text{поточне } i} \leq P_{\text{допустиме } i} \\ dt_{\text{поточне } i} \leq dT_{\text{допустиме } i} \end{cases} \rightarrow RAM_i \in RAM \quad (3.17)$$

де CPU_i – частота процесора i - го віртуального маршрутизатора;

CPU – номінальна частота процесора фізичного маршрутизатора;

RAM – оперативна пам'ять фізичного маршрутизатора,

RAM_i , – оперативна пам'ять i - го віртуального маршрутизатора.

Залежно від структурно-функціонального типу мережевого вузла можлива зміна структури вихідного трафіку в порівнянні з вхідним. Тому необхідно застосувати методи підбору математичної моделі (густини розподілу) вихідного трафіку, щоб мати можливість аналізувати вхідний вплив на наступний вузол обслуговування. Тому необхідно записати невідому модель трафіку, в якій відомі тривалості пакетів та інтервали між ними.

Більш адекватною моделлю потоків у таких мережах є самоподібні процеси, проте дослідження характеристик якості обслуговування систем розподілу інформації в цих умовах є дуже складною математичною задачею. У мультисервісних пакетних мережах трафік є різномірним і з певними вимогами до QoS. Тут передачу потоків різних служб забезпечує одна і та ж сама мережа з єдиними протоколами та законами управління. Через те, що джерела кожної служби можуть мати різні швидкості передавання інформації та змінювати її в процесі сеансу зв'язку (максимальна та середня швидкості), то об'єднаному потоку пакетів властиве так зване «пачкування» трафіка (burstness), вимірюване коефіцієнтом пачкування. Це пачкування обумовлює ще більшу нерівномірність трафіка, за якої дисперсія інтенсивності трафіка перевищує її математичне сподівання від 20 до 60 разів і більше [20].

При розгортанні віртуальних маршрутизаторів топологія фізичної NGN мережі стає віртуальною моносервісною. Це в свою чергу дає змогу, спро-

стити розв'язок задачі побудови адекватної математичної моделі вхідного потоку в моносервісних мережах з однорідним трафіком. Такими, наприклад, є суто телефонні мережі з єдиною послугою телефонного зв'язку, що й зумовлює однорідність трафіка.

Найбільш важливим є питання забезпечення параметрів якості сервісу вузлом. Змінюючи параметри структурно-функціональної моделі обслуговуючого вузла, можемо спостерігати за змінами кількісних та часових параметрів якості обслуговування. Завдання планування ресурсів зводиться до вибору параметрів структурно-функціональної моделі вузла обслуговування, які забезпечують дотримання бажаних (заданих, необхідних) часових та кількісних параметрів якості обслуговування.

Сформовано залежність між структурно функціональними параметрами та параметрами якості обслуговування.

ВИСНОВКИ

Все більш актуальним стає корпоративне використання Інтернету для віддаленого доступу до даних, інформаційного пошуку, обміну електронними повідомленнями та інших застосувань. Все це призводить до появи нових комплексних програм з високими вимогами до пропускну здатності мережі та її інтелектуальності, тобто здатності якісно обробляти різнотипний трафік (дані, голос, відео) з метою максимально ефективного використання існуючої смуги пропускання і надання необхідної якості сервісу клієнтам.

Основна відмінність мереж наступного покоління від традиційних мереж в тому, що вся інформація, що циркулює в мережі, розбита на дві складові. Це сигнальна інформація, що забезпечує комутацію абонентів і надання послуг, і безпосередньо призначені для користувача дані, що містять корисне навантаження, призначені абоненту (голос, відео, дані). Шляхи проходження сигнальних повідомлень і призначеної для користувача навантаження можуть не збігатися. На сьогоднішній день, основним пристроєм для голосових послуг в мережах NGN є Softswitch - так називається програмний комутатор, який управляє VoIP сесіями. Також важливою функцією програмного комутатора є зв'язок мереж наступного покоління NGN з існуючими традиційними мережами ТМЗК, за допомогою сигнального- і медіа-шлюзів, які можуть бути виконані в одному пристрої.

В основу концепції NGN закладена ідея про створення універсальної мережі зв'язку наступного покоління (Next Generation Network), що забезпечує надання необмеженого набору послуг з гнучкими настройками по їх управлінню, персоналізації, створення нових послуг за рахунок уніфікації мережевих рішень.

Проаналізовано та виконано аналіз головних параметрів, що характеризують QoS IP мережах, які є стандартними при забезпеченні послуг абонентів в мультисервісній мережі та виконано аналіз факторів, що визначають ефективність NGN мережі і використання мережевих ресурсів.

Існуючі міжнародні нормативи за показниками якості мають рекомендаційний і методологічний характер і в основному орієнтовані на якість послуг. Застосування штучного інтелекту дозволить максимально ефективно здійснювати управління послугами в умовах зростаючого спектру послуг мережею послуг, а також проводити корекцію логіки надання різних послуг, безперервно аналізуючи ступінь задоволеності користувачів мережі.

Виходячи з проведеного порівняльного аналізу, можна зробити висновок, що на даний момент не існує оптимальної універсальної технології QoS, яка може задовольнити одночасно всі вимоги для побудови NGN мереж.

Розглянуто модель віртуалізації ресурсів пакетного маршрутизатора, яка дає змогу створювати віртуальні пристрої з оптимальними параметрами для забезпечення необхідного рівня QoS в процесі надання послуг. Використання віртуальних мережевих пристроїв в існуючій мережевій інфраструктурі дало змогу ефективно розподіляти наявні мережеві ресурси в умовах високої завантаженості мережі з великою кількістю видів послуг.

Основним питанням є забезпечення параметрів якості сервісу вузлом. При зміні параметру структурно-функціональної моделі обслуговуючого вузла, водночас спостерігаємо за змінами кількісних та часових параметрів якості обслуговування. Завдання планування ресурсів зводиться до вибору параметрів структурно-функціональної моделі вузла обслуговування, які забезпечують дотримання необхідних часових та кількісних параметрів якості обслуговування. Сформовано залежність між структурно функціональними параметрами та параметрами якості обслуговування.

В даній роботі було розглянуто параметри якості обслуговування в мережах NGN та завдання підвищення надійності та якості цих параметрів за допомогою розроблення моделей віртуалізації мережевого пристрою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : Підручник [для вищих навчальних закладів] /. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.
2. Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління: концепт лекцій. Модуль 5.2 / Педяш В.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2017. – 76 с.
3. Б.С. Гольдштейн, Н.А. Соколов, Г.Г. Яновский. Сети связи, Підручник для ВНЗ. СПб .: БХВ Санкт-Петербург, 2010. - 400 с.
4. ITU-T Rec. E.800 (09/2008) Definitions of terms related to quality of service.
5. Н.І. Листопад, І.О. Величкевич. Обеспечение качества обслуживания в сетях с коммутацией пакетов.
6. А.А. Букатов, О.В. Шаройко, методи розподілу ємкості телекомунікаційних каналів і забезпечення якості мережевої обслуговування, 344090.
7. Enterprise QoS Solution Reference Network Design Guide.
8. Gersiy O. (2018). Дослідження моделей забезпечення якості функціонування мультисервісних мереж. Транспортні системи і технології.
9. Гранатуров В.М. Управление услугами зв'язку: Учебный пособие / В.М. Гранатуров, І.В. Литовченко.
10. Quality of Service i IP-networks. Karl Ahlin.
11. International Journal "Information Models and Analyses" Vol.2 / 2013, Number 4, Управление якістю послуг в телекомунікаційних мережах Анастасія Кальченко.
12. Довгий С.О., Воробієнко П.П., Гуляєв К.Д. Сучасні телекомунікації: Мережі, технології, безпека, економіка, регулювання. - / За загальною ред. Довгого С.О.

13. Vegesna S. Качество обслуживания в сетях IP. – М.: «Вильямс», 2003, 366 с.
14. Якість обслуговування у мережах IP, Г.Г. Яновский, Журнал «Вісник зв'язку», №1, 2008.
15. Я.І. Антоненко, Магістерська дисертація на здобуття освітнього ступеня «магістр», Національний технічний університет України КПІ імені Ігоря Сікорського.
16. В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев Телекоммуникационные системы и сети. Современные технологии, Том 3 Мультисервисные сети. М.: Горячая линия-Телеком. 2005. 592 с.
17. Кривуца В. Г. Основи інфокомунікацій: навч. посібник для загальноосвіт. навч. закладів: 11-й клас / Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Лапінський В. В.; за ред. В. Г. Кривуци.— К.:ДУІКТ, 2011.— 276 с.
18. Герцій О. А., Гребінь Р. О. Методи забезпечення якості зв'язку мультисервісних мереж. // Збірник наук. праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 20. – К.: ДЕТУТ, 2012. – с.191-196
19. Симонина О. А. Автореферат диссертации на тему «Модели расчета показателей QoS в сетях следующего поколения».
20. Червенець В.В. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук на тему «Підвищення якості передачі потокового трафіку в мультисервісних мережах».
21. Recommendation ITU-T Y.2016. Functional requirements and architecture of the NGN for applications and services using tag-based identification. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2016/en>.
22. Рекомендация МСЭ-Т Y.2021. IMS для сетей последующих поколений. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2021/en>.
23. Рекомендация МСЭ-Т Y.2012. Functional requirements and architecture of next generation networks (Функціональні вимоги та архітектура для Мереж Наступного Покоління).