

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут телекомунікаційних систем

Кафедра Телекомунікаційних систем

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Л.О. Уривський

«__» _____ 20__ р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

**на тему: «Підвищення надійності надання послуг зв'язку в мережах
NGN»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ТС-71

Мандалина Павло Олександрович _____

Керівник:

Доцент кафедри ТС, к.т.н.

Гаттуров Виктор Кавич _____

Рецензент:

професор кафедри ТК, к.т.н., професор

професор Якорнов Євген Аркадійович _____

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут телекомунікаційних систем

Кафедра Телекомунікаційних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Леонід УРИВСЬКИЙ

«___» _____ 20__ р

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Мандалині Павлу Олександровичу

1. Тема роботи «Підвищення надійності надання послуг зв'язку в мережах NGN», керівник роботи доцент кафедри ТС, к.т.н. Гаттуров В.К., затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом роботи _____
3. Вихідні дані до роботи: мережі NGN, якість обслуговування (QoS) мультисервісного трафіку - як один з важливих показників надійності мереж NGN, параметри QoS.
4. Зміст роботи: Огляд послуг зв'язку мережі NGN. Оцінка якості послуг зв'язку. Методи підвищення якості надання послуг зв'язку в мультисервісній мережі NGN.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) 1) Еволюція телекомунікаційної мережі; 2) Вимоги до транспортних мереж; 3) Надання послуг зв'язку в мережі NGN; 4) Якість обслуговування в мережі NGN; 5) Методи оцінки надання послуг зв'язку та метода вирішення задач управління послугами в мережах NGN; 6) Віртуалізації ресурсів пакетного маршрутизатора із статичним та динамічним виділенням

обчислювальних ресурсів; 7) Покращення параметрів QoS 8) Висновки по роботі.

6. Дата видачі завдання 5.10.2020р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за даною темою.	15.03.2021	
2	Еволюція телекомунікаційної мережі. Інформаційно-комунікаційні послуги в мережі NGN.	10.04.2021	
3	Надійність та якість зв'язку в мережі NGN.	01.05.2021	
4	Метод покращення параметрів якості обслуговування в мережі NGN.	20.05.2021	
5	Підведення підсумків.	04.06.2021	

Студент

Мандалина П.О.

Керівник роботи

Гаттуров В.К.

АНОТАЦІЯ

Робота містить 55 сторінок, зокрема 7 ілюстрацій, 4 таблиці та 18 джерел інформації.

Мета роботи полягає в дослідженні основних особливостей інформаційно-комунікаційних послуг мережі NGN.

У дипломній роботі проведено огляд послуг зв'язку в мережах NGN та їх особливості. Розглянуті основні параметри, що характеризують якість обслуговування трафіку та забезпечення якості надання послуг в мережах NGN. Запропонована модель віртуального маршрутизатора, яка дає змогу забезпечення підвищення якості обслуговування трафіку.

Ключові слова: ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ, МЕРЕЖІ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ, ЕЛЕКТРОЗВ'ЯЗОК

ABSTRACT

The diploma contains: 55 pages, 7 figures, 4 tables and 18 sources.

The purpose of the work is to study the main features of information and communication services of the NGN network.

The thesis reviews the communication services in NGN networks and their features. The main parameters characterizing the quality of traffic service and quality assurance in NGN networks are considered. The model of the virtual router which allows to provide increase of quality of service of traffic is offered.

Key words: QUALITY OF SERVICE, NEXT GENERATION NETWORK, ELECTRICAL COMMUNICATION

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ПОСЛУГ ЗВ'ЯЗКУ В МЕРЕЖАХ NGN	10
1.1 Еволюція телекомунікаційної мережі	10
1.2 Надання послуг зв'язку в мережі NGN	13
1.3 Вимоги, що пред'являються до засобів доставки інформації в NGN	15
1.4 Параметри функціонування мережі NGN	17
1.5 Основні особливості інформаційно-комунікаційних послуг мережі NGN	18
1.6 Висновки до розділу 1	23
2 ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ В МЕРЕЖАХ NGN	25
2.1 Якість обслуговування в мережі NGN	25
2.2 Моделі забезпечення QoS	27
2.3 Рівень якості послуг зв'язку	31
2.4 Методи оцінки надання послуг зв'язку.	33
2.5 Аналіз метода вирішення задач управління послугами в мережах NGN	36
2.6 Висновки до розділу 2	38
3 МОДЕЛІ ТА МЕТОД ПОКРАЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ QoS В МЕРЕЖІ NGN	40
3.1 Модель віртуалізації ресурсів пакетного маршрутизатора із статичним та динамічним виділенням обчислювальних ресурсів	40
3.2 Представлення параметрів якості обслуговування віртуальної інфраструктури	45
3.3 Покращення параметрів QoS на основі методу адаптивного управління структурними параметрами віртуальних маршрутизаторів	47
3.4 Висновки до розділу 3	52
ВИСНОВКИ	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	54

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

AS	Application Servers - сервери додатків
DSCP	Differentiated Service Code Point - Диференційований пункт обслуговування коду
PSTN	Public Switched Telephone Network - Громадська комутована телефонна мережа
ISDN	Integrated Service Digital Network – цифрова мережа з інтеграцією служб
IP	Internet Protocol - інтернет протокол
ITU	International Telecommunication Union - Міжнародний союз телекомунікацій
IMS	IP-Multimedia Subsystem - IP-підсистема мультимедійного зв'язку
IN	Intelligent Network - інтелектуальна мережа
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
SMP	Service Management Point - система експлуатаційного керування
QoS	Quality of service - якість обслуговування

ВСТУП

Стрімкий прогрес в області телекомунікаційних та інформаційних технологій призвів до появи мереж, характерною особливістю яких є неоднорідність трафіку. Неоднорідність трафіку полягає в передачі по телекомунікаційній мережі пакетів декількох типів (відео, аудіо, мовних та текстових пакетів і т.д.), до яких пред'являються різні вимоги. Такі мережі дістали назву NGN (Next Generation Network – мережі наступного покоління), тобто мереж, які здатні надати будь-які телекомунікаційні та інформаційні послуги.

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. Для одночасного забезпечення різних вимог QoS в NGN необхідно використовувати засоби управління трафіком, які в свою чергу повинні враховувати особливості різних класів трафіка і забезпечувати ефективне розподілення ресурсів мережі.

Управління QoS - нетривіальне завдання, особливо коли необхідно конфігурація великого числа черг на кожному інтерфейсі і виконання вимог, визначених користувачем. Управління мережею за заданими правилами - підхід до вирішення цього складного завдання.

Мережевий оператор, який обслуговує замовника, або сервіс-провайдер, повинен бути в першу чергу стурбований тим, як трафік входить в домен - зазвичай через граничний маршрутизатор. Цей маршрутизатор застосовує механізми управління трафіком для узгодження параметрів трафіку між сервіс-провайдерами на кожній стороні кордону домену.

Мережевий оператор також повинен уважно відслідковувати процес передачі трафіку всередині домену і вихід трафіку з домена. Таким чином, в кожній фазі проходження потоку Trір через домен пакети можуть стикатися з безліччю механізмів управління трафіком: фільтрацією, класифікацією, заданих правил і т.д., що, безсумнівно, впливає на якість сервісу, що надається.

Якість обслуговування (QoS) стало основними критеріями для здійснення Triple-Play послуг. Підвищення якості обслуговування розглядається сьогодні як один з найбільш важливих засобів для підвищення лояльності абонентів і забезпечення успішного зростання послуг.

1 ОГЛЯД ПОСЛУГ ЗВ'ЯЗКУ В МЕРЕЖАХ NGN

1.1 Еволюція телекомунікаційної мережі

Історичний розвиток мереж і послуг зв'язку представляє собою такі етапи: PSTN, ISDN, IN, NGN.

PSTN (Public Switched Telephone Network) - телефонна мережа загального користування. Сьогодні PSTN складається з телефонних ліній, оптоволоконних кабелів, ліній мікрохвильової передачі, стільникових мереж, супутників зв'язку і підводних телефонних кабелів, об'єднаних комутаційними центрами. Все це дозволяє реалізувати міжнародні голосові і SMS-з'єднання.

Цифрова мережа з комплексними послугами ISDN (Integrated Service Digital Network) являє собою стандартну мережеву систему для передачі даних по телефонних мідних лініях. Через цю лінію зв'язку можуть передаватися різні види даних, включаючи пакети Інтернет-даних, голосові дані і сигналізація для підключень. Мережева система ISDN використовує мережу з комутацією каналів, але також підтримує пакетну комутацію для передачі даних.

Інтелектуальна мережа IN (Intelligent Network). Це мережа зв'язку, при якій управління абонентськими сполуками і підтримка надання послуг розділені. Завдяки такій архітектурі мережі, окремі послуги налаштовуються оператором, виходячи з індивідуальних потреб конкретного клієнта, можна створювати цілі мережі, виходячи із специфіки споживача або запитів бізнесу корпорації. Основна відмінність IN від попередніх мереж - в гнучкості і економічності надання послуг. В області інтелектуальної мережі існує два способи розробки інфраструктури для забезпечення інтелектуальних послуг:

- на базі "класичної" інтелектуальної мережі. Її архітектура передбачає наявність таких елементів, як вузол комутації послуг (SSP), вузол управління послугами (SCP);

- мережеві рішення на основі вузлів послуг (Service Node). Але через недоліки, а саме складність протоколу між SCP і SSP, концепція IN не реалізувала бажаного різноманіття послуг.

Наступним розвитком стала побудова мереж зв'язку наступного покоління (NGN - Next Generation Network). Мережі наступного покоління - це мультисервісні мережі зв'язку, ядром яких є опорні IP-мережі, що підтримують повну або часткову інтеграцію послуг передачі мови, даних і мультимедіа.

Основа ідеології NGN - це відкриті стандарти консорціуму 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Відкриті стандарти дозволяють операторам використовувати вже придбане обладнання, що підтримує дані стандарти, і при необхідності міняти тільки необхідні вузли мережі, дають можливість не прив'язуватися до одного постачальника обладнання, а для кожного вузла мережі вибирати найбільш підходящого.

Існують дві концепції переходу до мереж NGN:

- оператори будують відразу NGN мережі на базі IMS (IP Multimedia Subsystem);
- спочатку оператори впроваджують програмні комутатори (Softswitch) в існуючі мережі, згодом здійснюється поступовий перехід до IMS.

Основна відмінність таких підходів починається з основної концепції систем. Softswitch - це в першу чергу обладнання конвергентних мереж. Функція управління шлюзами є в ньому домінуючою. IMS проектувалася в рамках мережі 3G, повністю базується на IP. Основним її протоколом є SIP (Session Initiation Protocol - протокол ініціалізації сеансів), що дозволяє встановлювати однорангові сесії між абонентами і використовувати IMS як систему, яка надає сервісні функції з безпеки, авторизації, доступу до послуг і т.д.

В архітектурі NGN системи надання послуг знаходяться в IP домені і призначені для надання інтелектуальних (без участі оператора) послуг. Це

можуть бути, як голосові послуги, такі як Автоінформатор (IVR) або Голосова Пошта (Voice Mail), так і відео послуги і мультимедійні сервіси.

IMS представляє собою програмно-апаратний комплекс, який є ключовим компонентом практично всіх IP-мереж наступного покоління (Next Generation Network, NGN).

IMS-мережа дозволяє створити кілька ключових механізмів взаємозв'язку між мережами замість створення окремих угод на кожну послугу окремо. Це дозволяє уникнути дублювання функцій і знизити витрати операторів.

Основні переваги IMS:

- Забезпечення взаємодії різного типу мереж;
- Забезпечення якості надання послуг (QoS);
- Точне виставлення рахунків;
- Зниження витрат на експлуатацію;
- Масштабованість рішень.

Архітектура IMS зазвичай ділиться на три горизонтальних рівня:

Транспортний рівень, який організовує сеанс зв'язку за допомогою сигналізації протоколу ініціації сеансу і забезпечує транспортні послуги з зміною голосу з аналогового або цифрового сигналу в IP-пакети використанням протоколу RTP.

Рівень управління викликами і сеансами здійснює управління сеансами зв'язку.

Рівень послуг містить набір серверів додатків, які вже можуть не бути елементами IMS, і включає до свого складу як мультимедійні IP-додатки, що базуються на протоколі SIP-телефонія (SIP, Session Initiation Protocol), так і додатки, які реалізуються в мобільних мережах на базі віртуальної домашньої середовища.

У порівнянні з інтелектуальними мережами зв'язку IN, новим елементом мережі IMS є HSS (Home Subscriber Server) сервер домашніх абонентів, в якому зберігаються дані абонентів.

NGN забезпечує абонентам послугу Triple-Play (передача мови, даних і відео), що створюються шляхом модернізації існуючих мереж електрозв'язку.

1.2 Надання послуг зв'язку в мережі NGN

Концепція NGN в чомусь спирається на технічні рішення, міжнародних організацій стандартизації. В процесі надання послуг зв'язку взаємодію серверів передбачається здійснювати на базі таких специфікованих протоколів: ETSI, 3GPP2, IETF, і т.д. Управління послугами забезпечується використанням протоколів SIP, H.323 та підходи, які застосовуються в мережах IN.

У сучасній архітектурі NGN передбачено чотири основних рівня (рис.1.1): рівень доступу, рівень управління, транспортний рівень і рівень послуг.



Рисунок 1.1 - Архітектура мережі наступного покоління

Кожен з цих рівнів об'єднує різного роду блоки і забезпечує необхідну функціональність для вищих і нижчих рівнів.

Завданням рівня доступу для мультисервісної мережі є надання користувачеві будь-якого зручного способу отримання інформаційно-комунікаційних послуг.

Завданням транспортного рівня є комутація і прозора передача інформації користувача через широкосмугову пакетну транспортну мережу. Надійність виходить на перше місце, так як NGN повинні забезпечувати передачу різноманітного трафіку, в тому числі чутливого до затримок.

Завданням рівня управління комутацією і передачею є обробка інформації сигналізації, маршрутизація викликів і управління потоками.

Рівень управління послугами містить функції управління логікою надання послуг і додатків, управління послугами, створення і впровадження нових послуг, взаємодії різних послуг.

Існує два способи системного управління:

- Централізована система управління (ЦСУ);
- Децентралізована система управління (ДСУ)

ЦСУ застосовує єдиний центр управління, в якому знаходиться вся сервісна логіка і необхідна інформація. При ДСУ передбачено існування окремої інтелектуальної надбудови, що представляє собою по суті мережу сигналізації. У цю мережу входять кілька центрів управління, кожен з яких містить тільки логіку обслуговування і дані, які необхідні саме для певного класу.

Сучасні мережі NGN застосовують централізована система управління (рис.1.2).

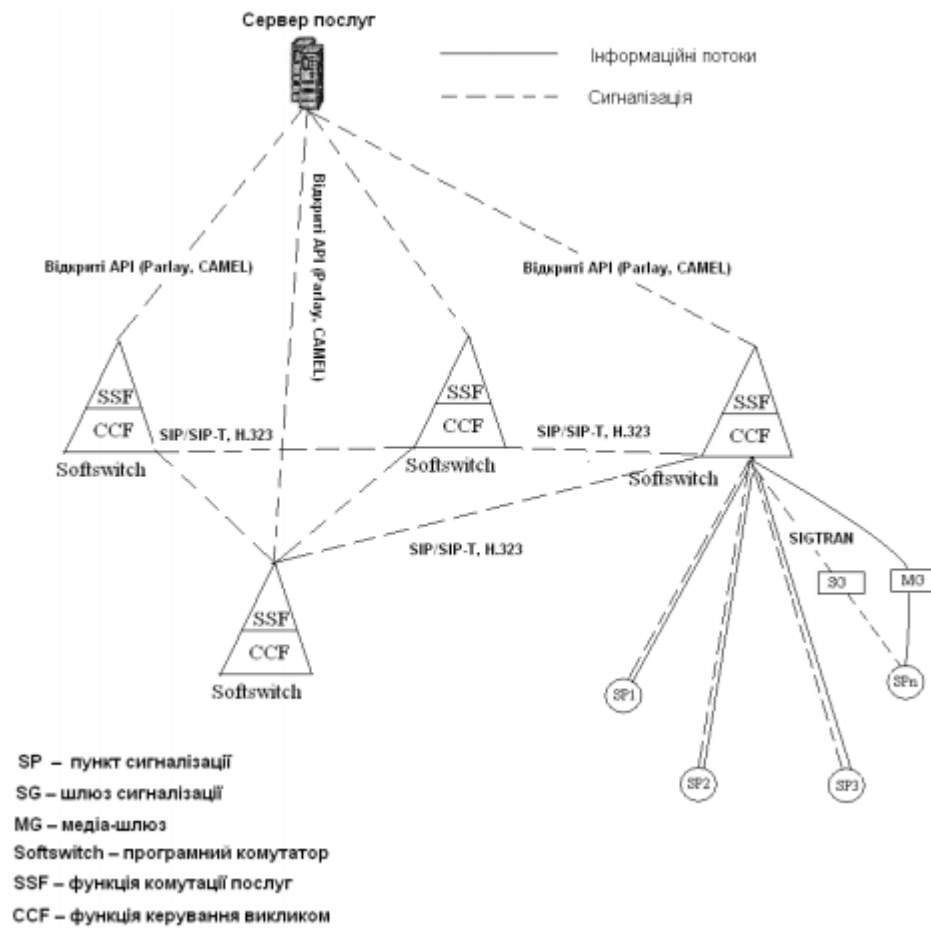


Рисунок 1.2 - Архітектура мережі NGN з використанням централізованої системи управління.

При інтенсивності надходження заявок, меншої інтенсивності їх обслуговування на сервері, більш якісно функціонує ЦСУ. При інтенсивності надходження заявок, рівною або більшою, ніж інтенсивність їх обслуговування на сервері, краще застосовувати ДСУ.

1.3 Вимоги, що пред'являються до засобів доставки інформації в NGN

Мультисервісна мережа обслуговує трафік всіх видів служб. Пред'являти однакові вимоги до показників якості доставки інформації для всіх видів служб не є розумним з технічних і економічних міркувань.

ITU-T в рекомендації Y.1541 визначив наступні 6 класів обслуговування IP-трафіку і відповідні додатки для цих класів:

- Клас 0 - Додатки реального часу, чутливі до джиттеру, що характеризуються високим рівнем інтерактивності (VoIP і відео конференції в режимі емуляції каналів)
- Клас 1 - Додатки реального часу, чутливі до джиттеру, інтерактивні (VoIP і відео конференції з поділом ПП між декількома абонентами)
- Клас 2 - Транзакції, що характеризуються високим рівнем інтерактивності (наприклад, сигналізація, управління)
- Клас 3 - Транзакції, інтерактивні дані
- Клас 4 - Додатки, що допускають низький рівень втрат (короткі транзакції, масиви даних, потокове відео)
- Клас 5 - Традиційні застосування мереж IP (BE - Best Effort).

У цій же рекомендації були визначені нормативні значення показників якості для цих шести класів, які наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Показники якості доставки інформації в мережі з пакетною комутацією

Клас якості доставки	IPTD	IPDV	IPLR	IREP
0 (пріоритет 1)	100 мс.	50 мс.	10^{-3}	10^{-4}
1 (пріоритет 1)	400 мс.	50 мс.	10^{-3}	
2 (пріоритет 2)	100 мс.	U	10^{-3}	
3 (пріоритет 2)	400 мс.	U	10^{-3}	
4 (пріоритет 3)	1 с.	U	10^{-3}	
5 (пріоритет 3)	U	U	U	U

Значення визначається для таких показників:

- IPTD - затримка доставки пакета IP;
- IPDV - варіація затримки пакета IP;
- IPLR - коефіцієнт втрати пакетів IP;
- IPER - коефіцієнт помилок пакетів IP.

1.4 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, пропоноване 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 пропонованого 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 пропонованим 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.

1.5 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-протоковою 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-протоколову 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 ІТУ-Т, 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, отримають 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-конференц зв'язок, теле-медицина, теле-навчання.

Потоки інформації складають все більшу частину потоків в мультисервісних мережах, які чутливі до затримок. Максимальна затримка не повинна 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 пропускну здатності трактів і продуктивності вузлів;
- гарантії передачі потоку користувача з необхідною швидкістю і якістю.

1.6 Висновки до розділу 1

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 корисну навантаження, призначену 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.

2 ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЗВ'ЯЗКУ В МЕРЕЖАХ NGN

2.1 Якість обслуговування в мережі NGN

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 всякого рівня якості обслуговування.

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 Р, %	Затримка Т, мс	Джитер J, мс	Пропускна здатність С, кбіт/с
ІР-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 ІР. 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 виграш, 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) [11].

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[18].

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[11].

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 мережеских 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-домені. 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) [4].

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 [4].

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,

незважаючи 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 електрозв'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)

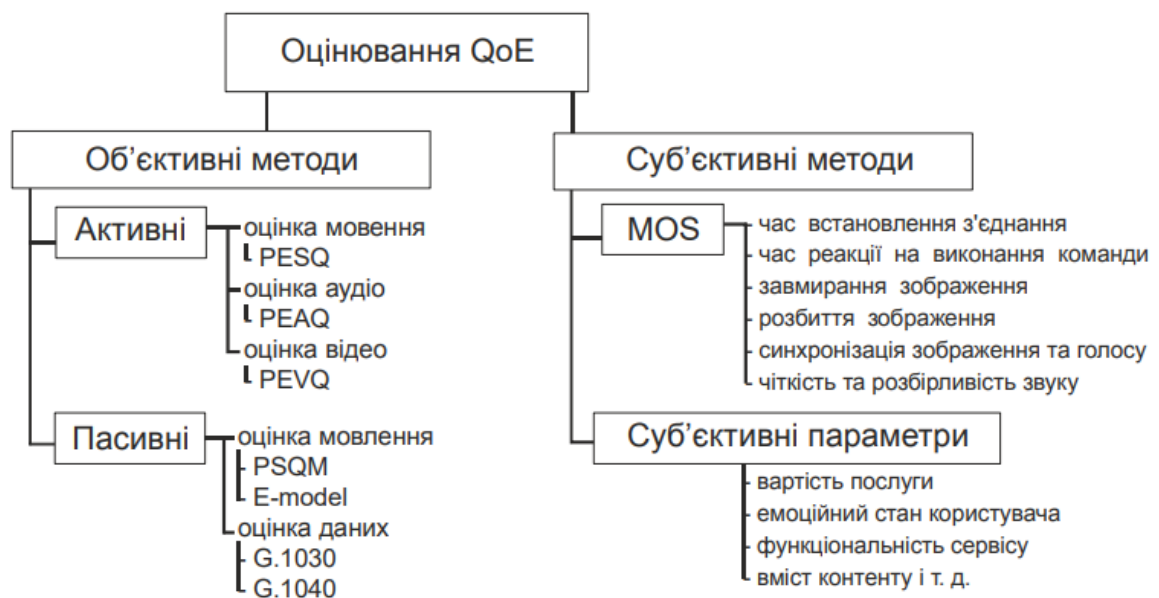


Рисунок 2.2 - Загальна класифікація алгоритмів та методів оцінювання QoE

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

Звичайно, споживачів не цікавить пріоритезація трафіка і дроп пакетів. Вони хочуть, щоб 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 вище 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 відповідність характеристик послуг нормативним показникам, так і виробляти при необхідності корекцію нормативів.

Формування якості послуги включає в себе як об'єктивну оцінку мережових 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 повинний 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 [13].

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 ІІІ в управлінні інтелектуальних послуг (ІІІ) 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 [13].

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 [13].

2.6 Висновки до розділу 2

В розділі 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.

З МОДЕЛІ ТА МЕТОД ПОКРАЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ QoS В МЕРЕЖІ NGN

3.1 Модель віртуалізації ресурсів пакетного маршрутизатора із статичним та динамічним виділенням обчислювальних ресурсів

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 забезпечені 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'єднання 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 головних 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 перевантаженнями 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 мають 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.

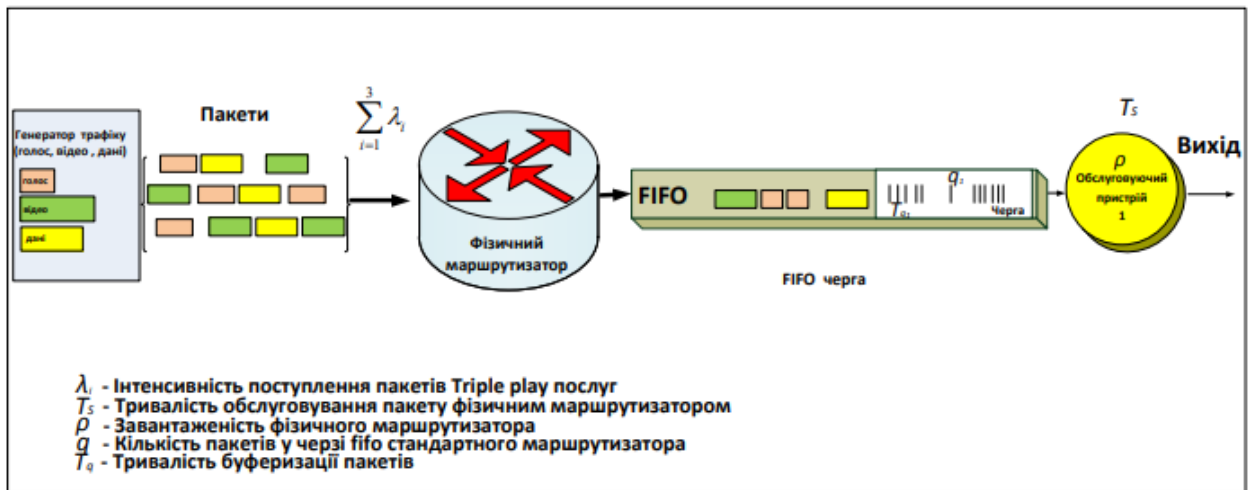


Рисунок 3.1 - Схема моделі пакетного маршрутизатора без пріоритетних черг

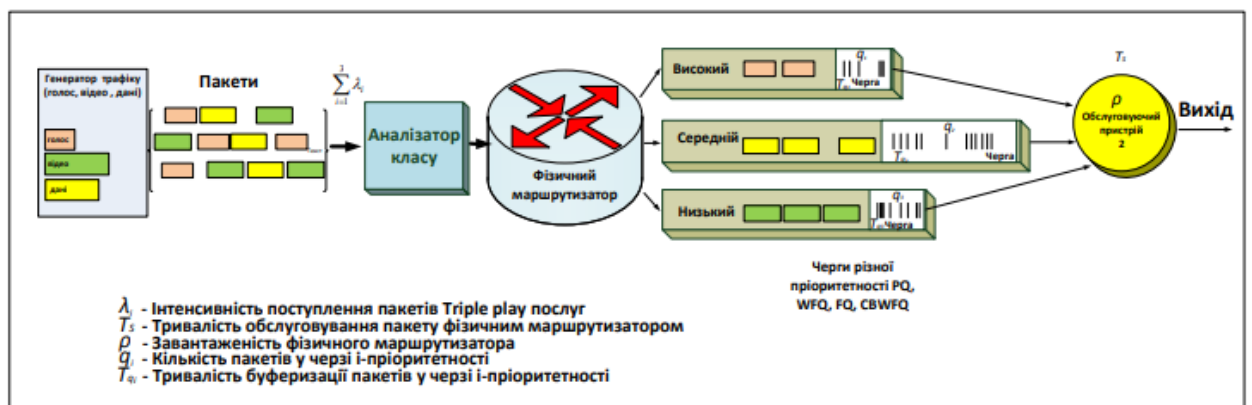


Рисунок 3.2 - Схема моделі пакетного маршрутизатора з пріоритетними чергами

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

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

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 обробляється 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 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.

3.2 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

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

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

$$A(t) = A(0, t),$$

$$R^{\text{in}}(t) = R^{\text{in}}(0, t), \quad (3.4)$$

$$R^{\text{out}}(t) = R^{\text{out}}(0, t)$$

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:

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

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

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:

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

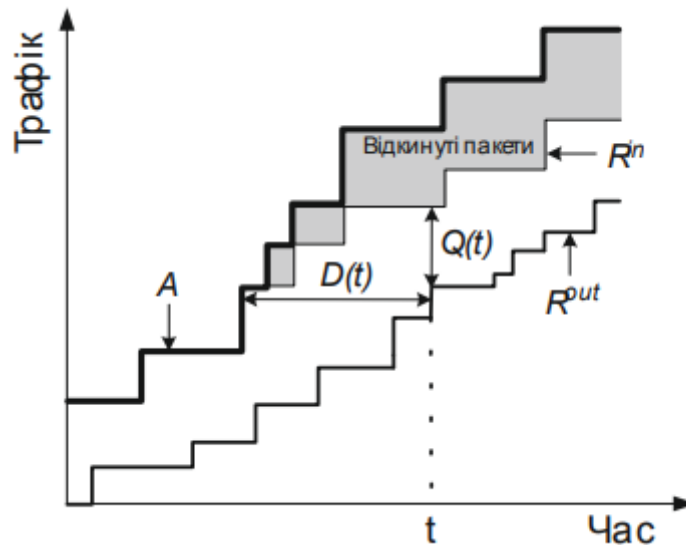


Рисунок 3.3 - Графічне відображення зміни довжини черги, затримки та втрати пакетів

Таким чином, за допомогою вище записаних виразів можна формально відображати характеристики якості обслуговування віртуальної інфраструктури.

3.3 Покращення параметрів QoS на основі методу адаптивного управління структурними параметрами 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 [18].

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

$P_{\text{вузла}}$ – 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.

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

$C_{\text{інтерфейсу}}$ – 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;

$t_{\text{проццообробки}}$ – час обробки пакета у процесорі віртуального обслуговуючого пристрою;

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

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

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 мультисервісних телекомунікаційних системах можна зробити висновок, що завдяки використанню моделей само-подібних 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) [18].

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

поток у і 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 і - го віртуального маршрутизатора;

CPU – номінальна частота процесора фізичного маршрутизатора;

RAM – оперативна пам'ять фізичного маршрутизатора,

RAM_i , – оперативна пам'ять і - 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 різнорідним 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 [18].

При розгортанні віртуальних маршрутизаторів топологія фізичної NGN мережі стає віртуальною моно-сервісною. Це в свою чергу дає змогу, спростити 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.

3.4 Висновки до розділу 3

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.

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.

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.

Розроблено модель віртуалізації ресурсів пакетного маршрутизатора зі статичною та динамічною ре-конфігурацією ресурсів, 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.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Б.С. Гольдштейн, Н.А. Соколов, Г.Г. Яновский. Сети связи, Підручник для ВНЗ. СПб .: БХВ Санкт-Петербург, 2010. - 400 с.
2. ITU-T Rec. E.800 (09/2008) Definitions of terms related to quality of service.
3. Н.И. Листопад, И.О. Величkevич. Обеспечение качества обслуживания в сетях с коммутацией пакетов.
4. А.А. Букатов, О.В. Шаройко, методи розподілу ємкості телекомунікаційних каналів і забезпечення якості мережевої обслуговування, 344090.
5. Enterprise QoS Solution Reference Network Design Guide.
6. Gersiy O. (2018). Дослідження моделей забезпечення якості функціонування мультисервісних мереж. Транспортні системи і технології.
7. Гранатуров В.М. Управление услугами зв'язку: Учебный пособие / В.М. Гранатуров, И.В. Литовченко.
8. Quality of Service i IP-networks. Karl Ahlin.
9. International Journal "Information Models and Analyses" Vol.2 / 2013, Number 4, Управление качеством услуг в телекоммуникационных сетях Анастасия Кальченко.
10. Довгий С.О., Воробієнко П.П., Гуляєв К.Д. Сучасні телекомунікації: Мережі, технології, безпека, економіка, регулювання. - / За загальною ред. Довгого С.О.
11. Vegesna S. Качество обслуживания в сетях IP. – М.: «Вильямс», 2003, 366 с.
12. Якість обслуговування у мережах IP, Г.Г. Яновский, Журнал «Вісник зв'язку», №1, 2008.

13. Я.І. Антоненко, Магістерська дисертація на здобуття освітнього ступеня «магістр», Національний технічний університет України КПІ імені Ігоря Сікорського.
14. 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.
15. 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.
16. 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
17. Симонина О. А. Автореферат диссертации на тему «Модели расчета показателей QoS в сетях следующего поколения».
18. Червенець В.В. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук на тему «Підвищення якості передачі потокового трафіку в мультисервісних мережах».