

Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
«Національний гірничий університет»

Інститут електроенергетики  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
дипломної роботи

*магістра*  
(ступінь підготовки)

галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації  
(шифр і назва галузі знань)

напрямок підготовки  
(спеціальність) 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(код і назва напрямку підготовки)

спеціалізація  
(освітня програма) Телекомунікаційні системи та мережі  
(код і назва спеціальності)

ступінь підготовки магістр  
(назва освітнього рівня)

кваліфікація Професіонал в галузі електроніки та телекомунікацій  
(код і назва кваліфікації)

на тему: Забезпечення якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку

Виконавець: студент 6 курсу, групи 172М-16-1

Гвоздик Наталія Ігорівна  
(підпис) (прізвище ім'я по-батькові)

Керівники роботи	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
розділів:	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.		
спеціальний	д.т.н., проф. Корнієнко В.І.		
економічний	к.е.н., доц. Романюк Н.М.		
Рецензент			
Нормоконтроль	к.ф.-м.н., доц. Гусєв О.Ю.		

Дніпро  
2018

Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
«Національний гірничий університет»

---

---

Інститут електроенергетики  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
безпеки інформації та телекомунікацій  
\_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Корнієнко В.І.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
на виконання кваліфікаційної роботи магістра

напряму підготовки  
(спеціальності)

*172 Телекомунікації та радіотехніка*

(код і назва спеціальності)

студенту

*172м-16-1*

(група)

*Гвоздик Наталії Ігорівни*

(прізвище ім'я по-батькові)

Тема дипломної роботи *Забезпечення якості обслуговування при передачі  
мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку*

**1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ**

Наказ ректора Державного ВНЗ «НГУ» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

**2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ**

Об'єкт досліджень *мультимедійний трафік в локальних обчислювальних  
мережах (ЛОМ).*

Предмет досліджень *характеристики якості мультимедійного трафіку*

Мета НДР *забезпечення якості обслуговування при пакетній передачі  
мультимедійного трафіку в локальних обчислювальних мережах (ЛОМ).*

Вихідні дані для проведення роботи *результати та матеріали з виробничої,  
переддипломної практики з телекомунікаційних та інформаційних  
мереж.*

**3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ**

**Наукова новизна** встановлено, що послідовності інтервалів часу між пакетами і послідовності тривалостей пакетів для трафіку мультимедійних додатків є самоподібними (мультифрактальними);  
досліджені закони розподілів інтервалів часу між пакетами і тривалостей пакетів самоподібного (фрактального) мультимедійного трафіку та запропоновані їх апроксимації;  
отримані характеристики якості обробки самоподібного мультимедійного трафіку.

**Практична цінність** полягає у розробленні:  
алгоритму обробки мультимедійного IP-трафіку;  
методики оцінки характеристик якості обслуговування реалізацій мультимедійного трафіку глобальної мережі.

#### **4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

Результати досліджень мають бути подані у вигляді, що дозволяє безпосереднє використання для ідентифікації та прогнозування сигналів і процесів у телекомунікаційних мережах.

#### **5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ**

<b>Найменування етапів робіт</b>	<b>Строки виконання робіт (початок-кінець)</b>
Огляд джерел за темою та напрям досліджень	18.09.17-06.10.17
Методи досліджень	07.10.17-24.11.17
Результати досліджень	25.11.17-15.12.17
Виконання економічного розділу	16.12.17-29.12.17
Оформлення пояснювальної записки	30.12.17-10.01.18

#### **6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ**

**Економічний ефект** економія досягається завдяки одноразовим витратам на розробку алгоритму обробки мультимедійного IP-трафіку.

**Соціальний ефект** застосування вдосконаленого алгоритму дозволяє покращити якість обробки мультимедійного IP-трафіку.

#### **7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ**

Завдання видав \_\_\_\_\_  
(підпис)

Корнієнко В.І.  
(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв  
до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис)

Гвоздик Н.І.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 01.09.17р.

Термін подання дипломної роботи до ДЕК 16.01.18р.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: \_\_\_ с., \_\_\_ рис., \_\_\_ табл., \_\_\_ додатків, \_\_\_ джерела;

Об'єкт дослідження: мультимедійний трафік в локальних обчислювальних мережах (ЛОМ).

Предмет дослідження: характеристики якості мультимедійного трафіку.

Мета дипломної роботи: забезпечення якості обслуговування при пакетній передачі мультимедійного трафіку в локальних обчислювальних мережах (ЛОМ).

У першому розділі дипломної роботи були проаналізовані різні вимоги QoS послуг, що надаються в мультисервісних мережах, до каналу зв'язку; оцінка якості обслуговування в мережах передачі даних.

У другому розділі проаналізовані особливості роботи алгоритмів моніторингу, управління навантаженням і перевантаженнями в архітектурі DiffServ. Основним алгоритмом є алгоритм Token Bucket.

У роботі наведені: статистичні особливості структури мережевого трафіку; основні теоретичні відомості, що визначають особливості трафіку мультисервісної мережі; архітектура мережевих механізмів забезпечення якості обслуговування в мережах IP.

В економічному розділі виконаний розрахунок витрат, пов'язаний з реалізацією проекту розробки програмного продукту.

Наукова новизна роботи полягає в отриманні характеристики якості обробки самоподібного мультимедійного трафіку алгоритмами управління та моніторингу навантаження.

ТРАФІК, СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ, АВТОКОРЕЛЯЦІЙНА ФУНКЦІЯ, СПЕКТРАЛЬНА ГУСТИНА, ФРАКТАЛ.

## РЕФЕРАТ

Пояснительная записка: \_\_\_ с., \_\_\_ рис., \_\_\_ табл., \_\_\_ приложений, \_\_\_ первоисточника.

Объект исследования: мультимедийный трафик в локальных вычислительных сетях (ЛВС).

Предмет исследования: характеристики качества мультимедийного трафика.

Цель дипломной работы: обеспечение качества обслуживания при пакетной передаче мультимедийного трафика в локальных вычислительных сетях (ЛВС).

В 1 разделе дипломной работы были проанализированы различные требования QoS услуг в мультисервисных сетях, к каналу связи; оценка качества обслуживания в сетях передачи данных.

В 2 разделе проанализированы особенности работы алгоритмов мониторинга, управления нагрузкой и перегрузками в архитектуре DiffServ. В современных сетях применяется несколько алгоритмов, обеспечивающих мониторинг и управление нагрузкой. Основным алгоритмом является алгоритм Token Bucket.

В работе приведены: статистические особенности структуры сетевого трафика; основные теоретические сведения, определяющие особенности трафика мультисервисной сети; архитектура сетевых механизмов обеспечения качества обслуживания в сетях IP.

В экономическом разделе выполнен расчет затрат, связанный с реализацией проекта разработки программного продукта.

Научная новизна работы заключается в получении характеристик качества обработки самоподобного мультимедийного трафика алгоритмами управления и мониторинга нагрузки.

ТРАФИК, СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ, АВТОКОРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ, СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ, ФРАКТАЛ.

## ABSTRACT

Explanatory note: \_\_\_ p., \_\_\_ pic., \_\_\_ table, \_\_\_ appendices, \_\_\_ sources;

Object development: multimedia traffic in local area networks (LANs).

Subject of research: quality characteristics of multimedia traffic.

The purpose of research paper: ensure quality of service in packet transmission of multimedia traffic in local area networks (LANs).

In the 1 part degree work analyzed various QoS requirements of multi-service networks to the communication channel; evaluation of the quality of service in data networks.

In the 2 part of the features of the algorithms are analyzed to monitor, manage stress and overload in architecture DiffServ. In today's networks, several algorithms are applied to ensure the monitoring and management of stress. The basic algorithm is an algorithm Token Bucket.

The paper contains the: statistical features of network traffic; basic theoretical information defining features of multiservice network traffic; network architecture mechanisms to ensure quality of service to network IP.

In the economic section estimations of costs associated with the project design software.

Scientific novelty of the work is to obtain a self-similar processing characteristics of quality multimedia traffic control algorithms and load monitoring.

PACKET TRAFFIC, SPECTRAL ANALYSIS, AUTOCORRELATION FUNCTION, SPECTRAL DENSITY, FRACTAL.

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

CDV	–	Cell Delay Variation;
CER	–	Cell Error Ratio;
CLR	–	Cell Loss Ratio;
CMR	–	Cell Misinsertion Rate;
CTD	–	Cell Transfer Delay;
DCD	–	Duty Cycle Distortion;
DDJ	–	Data Dependent Jitter;
DPS	–	Data protocol server;
FIFO	–	First Input – First Output;
IP	–	Internet Protocol;
IPTV	–	Internet Protocol Television;
LIFO	–	Last Input – First Output;
MOS	–	Mean Opinion Score;
MPLS	–	Multiprotocol Label Switching;
NMS	–	Network Management System;
OTU	–	Optical Transport Unit;
QoS	–	Quality of service;
RAND	–	Random;
RFC	–	Request for Comments;
RJ	–	Random Jitter;
RTD	–	Round-trip Delay;
SECBR	–	Severely – Errored Cell Block Ratio;
SLA	–	Service-level Agreement;
STM	–	Synchronous Transport Module;
VoIP	–	Voice over IP;
MCE	–	Міжнародний союз електрозв'язку;
СМО	–	Система масового обслуговування;
СПД	–	Мережі передачі даних;
ЧНН	–	Час найбільшого навантаження.

## ЗМІСТ

	с.
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ІР-ТРАФІКУ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ .....	13
1.1 Основні особливості ІР-трафіку .....	13
1.2 Технологія інтерактивного телебачення ІРТV.....	15
1.3 Якість обслуговування ІР-трафіка.....	21
1.4 Технологія забезпечення QoS в системах ІР .....	28
1.5 Класифікація ІРТV-систем за складністю побудови.....	29
1.5.1 Найпростіша ІРТV-система.....	29
1.5.2 Найпростіша ІРТV-система с TV–приставками .....	30
1.5.3 ІРТV-система с middleware .....	34
1.6 Постановка задачі.....	35
1.7 Висновок .....	36
РОЗДІЛ 2. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ В ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЗВ’ЯЗКУ .....	38
2.1 Структура досліджуваної системи .....	38
2.2 Дослідження стохастичних характеристик ІР–трафіку.....	48
2.2.1 Реалізація мережевого трафіку .....	48
2.2.2 Аналіз автокореляційної функції.....	48
2.2.3 Спектральний аналіз .....	49
2.2.4 Розрахунок фрактальних параметрів .....	50
2.3 Встановлення ІР пріоритетів.....	51
2.4 Опис проведених експериментів .....	52
2.5 Розрахунок теоретичних значень параметрів QoS роботи мережі .....	57
2.6 Визначення швидкості обслуговування із застосуванням теорії масового обслуговування.....	63
2.7 Розрахунок середнього часу відгуку мережі.....	69



2.8 Дослідження впливу структури трафіку на характеристики якості обслуговування.....	73
2.9 Аналіз ефективності роботи алгоритмів управління та забезпечення QoS ..	75
2.10 Висновок .....	83
РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	85
3.1 Особливості розробки методів управління мультимедійним трафіком.....	85
3.2 Визначення трудомісткості експериментальних досліджень мультимедійного трафіку .....	86
3.3 Розрахунок витрат на розробку алгоритму .....	87
3.4 Висновок .....	91
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	93
ДОДАТОК А .....	97
ДОДАТОК Б .....	98
ДОДАТОК В .....	99

## ВСТУП

У сучасних телекомунікаційних мережах постійно змінюється характер і обсяг переданого трафіку і, відповідно, наданих інфокомунікаційних послуг.

Найважливішу роль у такому процесі відіграють послуги передачі даних, відео, голосу: такі мультимедійні послуги, як IP-телебачення, надання відео за запитом, IP-телефонія, відео-та аудіо-конференції та ін. Ясно, що для надання перерахованих послуг необхідно дотримуватися ряд вимог до параметрів якості обслуговування, таких як ймовірність втрати пакетів, затримка передачі, джитер та інші. Найчастіше незнання статистичних характеристик трафіку може привести до неефективного використання мережевих ресурсів операторів, а отже, до низької якості наданої послуги або до низької кількості обслуговуваних абонентів.

Якість обслуговування Quality of Service (QoS) активно досліджується і стандартизується на протязі багатьох років вивчення історії розвитку галузі телекомунікацій. Величезний внесок у розвиток і вдосконалення різних принципів якості обслуговування вніс Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ). МСЕ розробив вимоги і норми до різних показників QoS, провів велику роботу по стандартизації численних мережевих механізмів, які забезпечують необхідні показники QoS, а також формулюють основоположні поняття та визначення [1].

На сьогоднішній день в сучасних телекомунікаціях однією з найбільш актуальних задач є передача трафіку з дотриманням низки вимог щодо якості обслуговування [2]. Неефективне використання ресурсів мережі, велика кількість абонентів, а також жорсткі вимоги до параметрів якості обслуговування можуть стати причинами зниження якості наданих послуг в мультисервісних мережах передачі даних (МПД). Незважаючи на те, що з даної тематики існує не одна публікація, поєднання макро-характеристик (обсяги інформації за додатками, розподіл потоків і т.д.) з мікро-характеристиками (розподіл довжин пакетів, їх втрат та інші), практично, ніколи не виконується

для однієї мережі в конкретний проміжок часу. У зв'язку з цим, виникає задача отримання повної статистичної картини трафіку, яка дозволила б за рахунок обробки детальної інформації отримати як загальні тренди зміни трафіку, так і уточнити мікро-характеристики потоків. Отримані в магістерській роботі результати використовуються для подальшого підстроювання параметрів мережі під існуючі тенденції.

Метою роботи є забезпечення якості обслуговування при пакетній передачі мультимедійного трафіку в локальних обчислювальних мережах (ЛОМ).

Для досягнення мети поставлені і вирішені наступні завдання:

- аналіз методів забезпечення якості обслуговування (QoS) в умовах самоподібного мультимедійного трафіку;
- підготовка і проведення експериментальних досліджень мультимедійного трафіку з метою аналізу впливу статистичних та фрактальних характеристик реалізацій трафіку мережі Інтернет для різних видів мультимедійних додатків на показники якості обслуговування;
- розробка рекомендацій з управління трафіком з урахуванням його самоподібності шляхом реалізації в мережевих пристроях механізмів, що дозволяють забезпечити показники якості обробки на заданому рівні.

Об'єктом дослідження є мультимедійний трафік в локальних обчислювальних мережах (ЛОМ).

Предметом дослідження є характеристики якості мультимедійного трафіку.

Новизна отриманих результатів:

- встановлено, що послідовності інтервалів часу між пакетами і послідовності тривалостей пакетів для трафіку мультимедійних додатків є самоподібними (мультифрактальними);
- досліджені закони розподілів інтервалів часу між пакетами і тривалостей пакетів самоподібного (фрактального) мультимедійного трафіку та запропоновані їх апроксимації;
- отримані характеристики якості обробки самоподібного

мультимедійного трафіку алгоритмами управління та моніторингу навантаження.

## РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ІР-ТРАФІКУ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ

### 1.1 Основні особливості ІР-трафіку

У зв'язку із зростанням телекомунікаційних мереж особливої актуальності набувають питання, що стосуються якості послуг, які надаються у цих мережах. Для забезпечення різних вимог параметрів QoS мультисервісних послуг в системах передачі даних необхідно впроваджувати алгоритми та механізми управління трафіком, які повинні враховувати особливості різних видів послуг, а також забезпечувати ефективне використання ресурсів мережі та вузлів обслуговування. Відповідно, одними з основних та найбільш важливих і критичних є буферний ресурс, та механізми управління чергами і перевантаженням.

Основним завданням будь-якого оператора зв'язку є збільшення доходу з клієнта (ARPU, average revenue per user). Для цього оператору доводиться впроваджувати нові додаткові послуги - IPTV, Video on Demand, IP-телефонію і ряд інших, менш відомих, але при цьому не менш значущих послуг.

Для того, що б якісно надати перераховані вище послуги, необхідна мережа, яка змогла б конвергентно надавати абоненту всі сервіси, і при цьому не перевантажувати його технічними нюансами.

На сьогоднішній день в Україні провайдери Інтернет використовують кілька базових способів надання послуги абонентам – PPPoE, PPTP і в рідкісних випадках «простий IP». Всі ці технології в загальному випадку змушують користувача замислюватися про якісь технічні питання, крім цього вони не дозволяють провайдеру абстрагуватися від типу надаваної послуги – будь то передача даних (доступ в Інтернет), multicast-відео, відео за запитом, телефонія.

Майбутнє мультисервісних мереж за технологіями, які дозволяють прозора надавати користувачеві весь спектр послуг з використанням будь-якого середовища доступу – xDSL, Ethernet, WiFi / WiMAX. Це технології, які

базуються на концепції IPoE – наприклад Cisco ISG, Huawei SSG, Redback IP sessions.

При будь-якому значному числі користувачів мультисервісній мережі потрібна складна інтелектуальна система управління трафіком. Кількісне нарощування пропускної здатності мережі в даному випадку безглуздо, оскільки теоретичний максимальний обсяг трафіку, що генерується всіма користувачами одночасно, виходить далеко за всі мислимі межі. Традиційні статистичні методи розрахунку навантаження телефонних мереж в цьому випадку теж малозастосовні, оскільки призначені для однорідного трафіку і дають лише імовірнісний результат. У мультисервісній мережі звичайна постановка задачі типу «ймовірність отримання сигналу « зайнято » не більше деякої кількості відсотків» принципово неприйнятна: якщо клієнт уклав контракт, що передбачає гарантоване з'єднання, то мережа зобов'язана надати йому таке з'єднання за будь-яку ціну, хай навіть за рахунок відключення когонебудь з низько пріоритетних користувачів. Також у мережі існує безліч різнотипних і нерівномірних потоків одночасно, причому для кожного з них потрібно безумовне дотримання одних параметрів і допускаються більш-менш серйозні поступки по інших.

Така структура трафіку не може не призводити до періодичного виникнення перевантажень, мережа ж повинна самостійно усувати їх, автоматично вирішуючи, чим можна пожертвувати: для одного з'єднання – смугою пропускання (скинути всі пакети і не приймати наступні), для іншого – часом доставки (затримати пакети в проміжних буферах до усунення перевантаження), для третіх – цілісністю інформації (частково скинути, наприклад, прострочені звукові комірочки).

Ефективні засоби управління трафіком дозволять істотно змінити роботу користувачів. Наприклад, користуючись просторами мережі на швидкості 16 Кбіт/с, економний користувач зможе на деякий час замовити для себе смугу пропускання 2 Мбіт/с, щоб завантажити великий файл, а потім повернутися в звичайний режим. Коли ж він не працює в мережі, його поштовий клієнт зможе

раз на годину автоматично підключатися в найповільнішому (дешевому) режимі, щоб прийняти і передати нові листи. Аналогічні рішення для статичних ресурсів вже пропонують великі Інтернет-провайдери: користувач може самостійно за допомогою браузера змінити обсяг дискового простору для персональної Web-сторінки, перейти на інший тарифний план, створити додаткові поштові скриньки і т. п. Те ж саме можна буде робити і з транспортними мережевими ресурсами, причому в режимі реального часу.

## 1.2 Технологія інтерактивного телебачення IPTV

Для передачі зображення і звуку як правило використовується спеціалізований канал зв'язку. В аналоговому ефірному телебаченні такий канал організовується за допомогою електромагнітних хвиль і модуляцій АМ та ЧМ. У кабельному телебаченні використовується та ж модуляція, але електромагнітні хвилі поширюються не у вільному ефірі, а в кабелі. Основна особливість каналу зв'язку аналогового телебачення полягає в тому, що він не призначений для передачі будь-якої іншої інформації крім відео і звуку (за рідкісним винятком), а значить, не є універсальним. Трохи краще ситуація з цифровим телебаченням DVB, але й там можливість передачі інформації будь-якого виду дуже обмежена.

До того ж, в каналах зв'язку ефірного цифрового телебачення відсутня маршрутизація, що накладає обмеження на пропускну здатність каналу - кожен абонент приймає всю інформацію, яка передається по мережі, оскільки технічно неможливо передати якісь конкретні біти на конкретну приставку. Вся інформація передається всім абонентам, а далі кожна приставка вибирає з загального потоку те, що їй потрібно.

Тепер розглянемо з іншого боку – моделі клієнт-сервер. Як відомо, існує дві технології взаємодії постачальника і покупця – push (штовхати) і pull (тягти). У першому випадку клієнт обирає послугу зі строго обмеженого списку, попередньо сформованого постачальником послуги. У другому випадку клієнт і постачальник формують послугу, взаємодіючи один з одним. Тенденції

останнього часу – рух від push до pull. Від «нав'язаної» послуги до запитуваної і формованої покупцем. Проте в чистому вигляді обидві технології зустрічаються рідко. Перехід від push до pull пов'язаний з появою різноманітних послуг.

Аналогове ефірне телебачення – це класичний push-сервіс, в якому клієнт позбавлений свободи вибору. Є телевізійна програма, і, якщо новини починаються в 21:00, то в цей час їх треба дивитися. Цифрове телебачення надає більшу кількість каналів. Але головне – сітка мовлення залишається в руках програмного директора телекомпанії, хоча призначена вона для глядача.

Мережі IP (до них відноситься і Ethernet) – широко поширений універсальний спосіб передачі цифрової інформації, які завоювали весь світ завдяки своїй простоті. Універсальність IP-мереж, з точки зору передачі інформації, полягає в тому, що вони дозволяють передавати будь-яку цифрову інформацію. Маючи в будинку аналогову телевізійну антену, ви отримуєте можливість дивитися аналогове телебачення, кабель – кабельне телебачення. А от наявність точки підключення до IP-мережі забезпечує доступ практично до будь-якого джерела інформації, у тому числі і телебаченню.

Технології передачі відео-та аудіоінформації по мережах IP скорочено називаються IPTV. Отже, мережі IP крім відео-та аудіоінформації можуть бути використані для передачі додаткової інформації. Тому поняття «телекомпанія» або «радіостанція» в таких мережах незастосовні і замість них вживається універсальний термін «постачальник сервісу», або «постачальник контенту». При цьому слово «сервіс» необхідно тлумачити розширено, воно визначає те, що пропонується абоненту: телепрограма, гра, телемагазин, інтерактивне шоу тощо.

У мережах IP інформація може бути передана не тільки від постачальника сервісу до глядача, а й у зворотному напрямку, що необхідно для застосування технології pull, яка дозволяє глядачеві брати участь у формуванні персональної сітки мовлення, інтерактивних телепередачах і т. п..



Крім того, в мережах IP можлива маршрутизація, а це дає можливість ефективніше використовувати ресурс мережі. Якщо в DVB-T2 максимальна пропускна здатність, яку можна отримати, становить 50 Мбіт/с на всіх абонентів у зоні роботи передавача, то мережа 1GB Ethernet дає набагато більшу. Серед пропозицій операторів передачі даних тарифи з гарантованою швидкістю трафіку 8 Мбіт/с не рідкість. Щоб мати таку гарантію за швидкістю трафіку в разі DVB-T2 в зоні дії одного передавача має бути не більше шести-семи абонентів.

Для передачі сервісів в IPTV, як правило, використовуються Multicast-потоки в діапазоні локально адміністрованих адресів. Unicast-сервіси можуть застосовуватися для передачі індивідуально замовлених сервісів, наприклад CoD - контенту на вимогу. Надалі для стислості при розгляді multicast або unicast адреси матиметься на увазі адрес і порт, за допомогою яких здійснюється адресація сервісу.

Існує кілька різних стандартів, що мають відношення до IPTV - відкритих і пропріетарних (авторських), нижче будуть розглянуті тільки відкриті. Кілька стандартів IETF визначають набір протоколів для передачі інформації IPTV, до них відносяться RTP, RTSP, SDP, SAP та інші.

Окрім стандартів IETF існують широко відомі стандарти MPEG2, що визначають транспортний потік, в який можуть бути інкапсульовані дані, а також спосіб компресії відео і аудіо. Останнім часом повсюдно набув поширення стандарт відеокompresії ITU H.264. Для компресії відео і аудіо можуть бути використані й інші способи (MPEG-1, H.261, H.263 та ін.).

Крім зазначених вище стандартів, розроблений великий набір стандартів ETSI і консорціуму DVB під назвою DVB-IP1, який стосується способів організації мережевих процедур, необхідних для роботи IPTV, представлення інформації (включаючи метадані) і організації додаткових сервісів в IPTV (наприклад, електронного гіда програм). Існує ще специфікація Nordig (члени Nordig - Данія, Ісландія, Норвегія, Фінляндія, Швеція), однак, в частині IPTV ця специфікація практично повторює DVB-IP1.

Крім технічних стандартів існують кілька бізнес-моделей, які можуть бути активно використані, а в традиційному телебаченні їх застосувати складно. Крім класичних «за все платить абонент» або «за все платить телекомпанія», існує модель pay-per-view, коли абонент оплачує певний час користування сервісом (наприклад, протягом якого йшов футбольний матч) або перегляд зі свого депозиту у постачальника контенту та інші. На відміну від класичної push-моделі в IPTV відкриваються широкі можливості для організації гнучких комерційних сервісів будь-якого характеру. Вище вже згадувався сервіс CoD - «Контент на вимогу», який з'явився з більш вузькоспеціального VoD - «Відео на вимогу».

Для організації з'єднання потрібно, щоб абонент знав адресу, за якою потрібно відправляти запит на отримання контенту. У мережі їм може служити, наприклад, адреса Multicast-групи або URL-сервера. Ця адреса передається абоненту різними способами - Multicast-потокм з використанням протоколу SAP, який в якості навантаження несе протокол SDP, а також публікацією адрес в Інтернеті або друкованих виданнях.

Власне, передача адреси - це звичайна реклама. IANA реєструє Multicast адреси для поширення анонсів конкретних операторів зв'язку і постачальників контенту. Інформацію про них можна отримати на сайті IANA. Для анонсів DVB-сервісів зареєстрований адресу 224.0.23.14, однак оператор може призначати і будь-який інший адрес у своїй мережі в діапазоні локально адміністрованих адресів.

Коли абонент дізнався адрес сервісу, він за допомогою програмного забезпечення приставки або комп'ютерної програми може запросити бажану інформацію. Ця операція виконується із застосуванням протоколів IGMP або TCP залежно від того, яку технологію використовує постачальник контенту. IGMP необхідний для побудови маршруту Multicast-потокм, за допомогою якого буде доставлений сервіс. IGMP використовується для відправки на маршрутизатор запит, за яким він передає Multicast-потік абоненту, або запитує інші маршрутизатори в мережі про наявність підключеного джерела сервісу,

потрібного абоненту. Останній запит виконується між маршрутизаторами з використанням протоколу РІМ.

Після того, як абонент надіслав запит і в мережі знайдено джерело запитуваного сервісу, він отримує запитаний сервіс. Можливі різні способи отримання: unicast потоком по протоколах UDP або RTP, Multicast-потоком через протокол UDP або RTP, Multicast-потоком через протокол UDP або RTP у вигляді транспортного потоку MPEG (так званого MPEG over IP), за допомогою протоколу TCP, в який інкапсульований транспортний потік MPEG та інші.

Якщо абонент використовує сервіси за запитом, які генеруються сервером постачальника контенту або оператора зв'язку, то абонентське обладнання може застосовувати протокол RTSP для керування таким сервером. Подібне керування полягає в посилці сервера команд, які він виконує. Найпростіший приклад - контент на вимогу.

Абонент дивиться замовлений фільм і при цьому має можливість управляти показом за допомогою кнопок «Вперед», «Стоп», «Перемотка» та інші. Слід підкреслити, що мережа IP - складна структура, вона може містити різні фільтри, які пропускають тільки певні типи протоколів. У самій популярній мережі IP - Інтернеті надійність доставки може бути забезпечена за допомогою протоколу TCP, а в локальній мережі досить протоколу UDP або RTP. RTP протокол потрібен, коли в мережі можливе поширення кількома шляхами або коли в абонентській приставці необхідно відновити синхронізацію кодера. Протокол RTP відрізняється від протоколу UDP тільки двома полями: порядковим відносним номером пакету і показанням годин кодера в момент генерації цього пакета. Перше поле допомагає поставити отримані по мережі пакети в правильному порядку, а друге поле - запустити декодер з тією ж швидкістю, з якою працює кодер. Якщо мережа, в якій проводиться поширення IPTV, має складну структуру, то краще використовувати RTP, якщо вона проста - підійде і UDP. Ще одна корисна властивість RTP - за допомогою поля з показаннями годин можна виміряти мережевий джитер, який згідно стандарту ISO 13818-9 не повинен перевищувати 20 мс.

Приклад стека протоколів, використовуваних при організації IPTV за допомогою транспортного потоку MPEG TS наведено на рисунку 1.1.

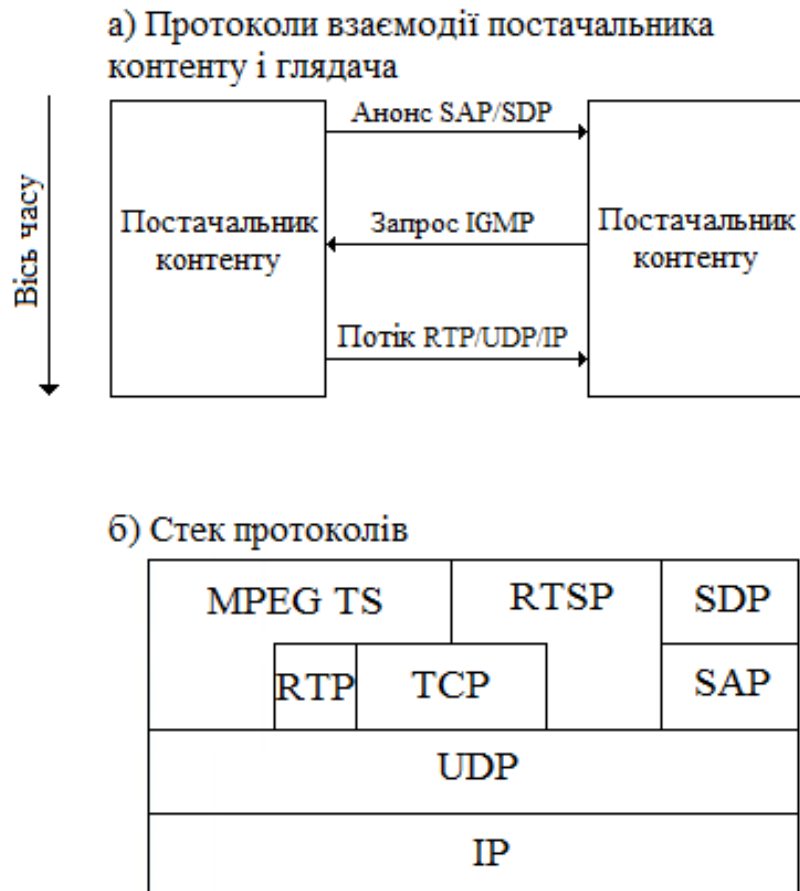


Рисунок 1.1 – а) Протоколи взаємодії постачальника контенту і глядача;  
б) Стек протоколів

Передані сервіси можуть бути інкапсульовані в транспортний потік MPEG-2. У цьому випадку для опису сервісів може бути використаний PSI / SI - гнучкий спосіб опису змісту транспортного потоку MPEG, який наведено в стандартах консорціуму DVB та ISO 13818-1.

Спосіб передачі декількох сервісів в складі транспортного потоку також називається «багатопрограмний транспортний потік» - MPTS. Можлива передача кожного сервісу в окремому транспортному потоці, в цьому випадку спосіб називається SPTS - «однопрограмний транспортний потік». У разі використання MPTS необхідний один Multicast-адреса для передачі всіх сервісів всередині MPTS і один анонс SAP на весь потік. У разі застосування

SPTS кожен сервіс передається на своїй Multicast-адресі і, відповідно, може мати індивідуальний анонс SAP. Абонентський пристрій знаходить повідомлення SAP в мережі і таким чином дізнається, які потоки (і сервіси) доступні [10].

І останнє, що слід розглянути, – це забезпечення платежів абонентів за використання сервісів. Оскільки маршрутизатори, які підтримують маршрутизацію IGMP, достатньо дорогі, побудувати мережу, де абонент отримуватиме доступ на сеансовому рівні, досить складно.

Замість цього можна застосовувати системи умовного доступу CAS (Conditional Access System), які здійснюють скремблювання переданих сервісів. Відповідно, абонентський пристрій виконує дескремблювання сервісів на підставі наявного в приставці критерію доступу – якоїсь умови, «ключа», за допомогою якого здійснюється доступ. Цей «ключ» може бути різним у залежності від розробника системи умовного доступу. Консорціумом DVB розроблені стандарти, що дозволяють уніфікувати системи умовного доступу і навіть застосовувати кілька систем одночасно до кожного сервісу (так звана технологія Simulcrypt).

Поширені реалізації дескремблерів на базі CAM-модулів, які загальновідомі. Крім CAS, оператор зв'язку має білінгову систему з інтерфейсом до CAS, формуючи інформацію, необхідну для створення та розповсюдження критеріїв доступу.

Найголовнішою перевагою IPTV перед іншими системами передачі відео і звуку залишається його універсальність. Абонент теоретично може отримати будь-який контент, який захоче. Тому широке впровадження IPTV сприятиме активізації виробників контенту, вони почнуть конкурувати один з одним, що послужить на благо глядачів-абонентів.

### 1.3 Якість обслуговування IP-трафіка

Якість доставки в традиційних мережах IP базується на принципі так званої «найкращої спроби» (Best effort). Концепція «найкращої спроби» передбачає, що користувачі справедливо поділяють доступні мережеві ресурси,

трафік передається зі швидкістю, максимально можливою в даних умовах завантаження ресурсів мережі, але при цьому не гарантується забезпечення будь-якого попередньо визначеного рівня якості обслуговування. Очевидно, що такий підхід до обслуговування означає наступне: відсутні відмінності між різними видами трафіку, немає гарантії в доставці пакетів в правильному порядку, і що він буде доставлений в необхідний час або взагалі буде доставлений, і т. д. [2].

Концепція «найкращої спроби» була достатньо ефективною для додатків, де можна передавати дані не в реальному часі (електронна пошта, передача файлів). Крім того, з урахуванням надлишку мережевих ресурсів у транспортних мережах, побудованих на базі волоконно-оптичних ліній зв'язку, принцип «найкращої спроби» певною мірою дозволяє забезпечити сьгодні вимоги телефонії (голос поверх IP) та інших додатків реального часу [1].

В останні роки з'явилися і стрімко розвиваються нові види послуг: мобільний зв'язок, послуги мережі Інтернет, IP-телефонія, високошвидкісна передача даних, послуги інтелектуальних мереж.

Впровадження цих послуг стало можливим завдяки появі обладнання нового покоління, оснований на пакетній комутації, що прийшла на зміну комутації каналів. На відміну від згаданих вище технологій в класичних мережах IP застосовується метод доставки, який повністю виключає будь-яку форму організації з'єднань – як фізичних, так і віртуальних. Цей метод заснований на розсилці пакетів-дейтаграм.

Технології пакетної комутації дозволяють надати користувачеві ряд нових інфокомунікаційних послуг:

- дистанційне навчання;
- телемедицина;
- передача за запитом відеоінформації;
- віддалений моніторинг і управління об'єктами;
- участь в інтерактивних іграх;
- аудіо-відео конференції;

- маршрутизація викликів на інші телефонні номери;
- універсальна пошта та інші.

Сьогодні поступово створюється загальна конвергована інфраструктура, що базується на протоколах сімейства IP. Інфраструктура, яка виникла внаслідок конвергенції, забезпечує транспортування трафіку додатків, традиційно використовують мережі Інтернет, трафіка телефонних мереж, а також мереж телебачення. Подібний сценарій конвергенції завдяки об'єднанню технологій економічно вигідний, і визначає розвиток сектора телекомунікацій через створення нових інфокомунікаційних послуг.

Однак процес конвергенції протікає досить повільно, оскільки одним з головних гальмуючих чинників у процесі конвергенції мереж і послуг та побудові єдиної мережі на базі IP є проблема забезпечення необхідної якості обслуговування. Ця єдина мережа розглядається сьогодні як мережа наступного покоління (Next Generation Network - NGN) або мультисервісна мережа. Для того, щоб повністю реалізувати всі додатки, реалізовані кінцевими користувачами [1].

При цьому процеси управління трафіком і поділ ресурсів необхідно скоординувати в умовах великої кількості різноманітних додатків, які суттєво відрізняються вимогами до робочих характеристик мережі. У табл. 1.1 наведена чутливість різних додатків до мережевих характеристик.

Таблиця 1.1 – Чутливість різних додатків до мережевих характеристик

Тип трафіка	Рівень чутливості до мережевих характеристик			
	Смуга пропускання	Втрати	Затримка	Джиттер
Голос	Дуже низький	Середній	Високий	Високий
Електронна комерція	Низький	Високий	Високий	Низький
Транзакції	Низький	Високий	Низький	Низький
Електронна пошта	Низький	Високий	Середній	Низький
Telnet	Низький	Середній	Середній	Низький
Постійний пошук в мережі	Середній	Високий	Високий	Низький
Пересилання файлів	Високий	Середній	Низький	Низький
Відеоконференція	Високий	Середній	Високий	Високий
Мультикастінг	Високий	Високий	Високий	Високий

З появою нетрадиційних послуг підхід до показників оцінки якості дещо видозмінюються, так як з'являються нові споживчі властивості послуг.

Одні показники стають менш значущими, а інші набувають більшого значення. Крім того, виникає необхідність у розробці та використанні нових показників оцінки якості.

Забезпечення високої якості послуг відрізняється від принципів класичної телефонії внаслідок використання системи та комутації пакетів. Розглянемо гарантовану якість обслуговування. Новий підхід забезпечує необхідну для користувачу якість послуг. Він отримав назву QoS (Quality of Service). Підхід, відносно якості послуг, передбачає, що головними і першорядними є вимоги користувача: користувач подає службі заявку на послуги з необхідною йому якістю, в той час служба або повинна виконати цю заявку, або повідомити про неможливість її реалізації, але цей варіант вже є надзвичайною ситуацією [3].

Необхідна якість послуг при QoS досягається не надмірним збільшенням пропускної здатності мережі, а за допомогою нижчеперелічених заходів:

- пріоритезація користувачів та їх заявок;
- створення системи управління навантаженням, комутацією і передачею пакетів.

Система керування регулює та мережі, і бізнес, і елементи мереж, та послуги (служби), тобто є єдиною. За допомогою системи управління забезпечується управління потоками, скорочення черг в маршрутизаторах, можливість оптимального розподілу смуги частот між заявками з урахуванням їх пріоритетів, скорочення часу передачі пакетів і його флуктуації (джитера), скорочення втрат пакетів і їх числа з помилками.

У результаті існування системи управління QoS користувачеві гарантується якість послуг, які він замовив, незалежно від його власного трафіку і трафіку інших користувачів. Звичайно, у ряді випадків це може привести до деякого зниження якості послуг у низькопріоритетних користувачів. Зрозуміло, що число високопріоритетних користувачів повинно



бути відносно невеликим порівняно із загальним їх числом, а послуги для таких клієнтів повинні надаватися за вищими тарифами.

Найбільш важливим є забезпечення QoS в багатофункціональних мультисервісних мережах, по яким одночасно передаються різнотипні повідомлення, і в мультимедійних службах за двома основними причинами:

1) мережі зв'язку не є індиферентними до різних видів інформації, і для різних послуг не може бути забезпечена однакова якість. Мережі зв'язку з різними системами комутації та передачі мають різні характеристики за часом поширення сигналів і його флуктуації, достовірності. Використані в мережах методи комутації та передачі інформації спочатку створювалися до конкретного виду зв'язку, який висуває певні вимоги до характеристик якості послуг;

2) інтеграція служб реалізується на основі єдиної мережі з характеристиками, які більш сприятливі для служб одних видів зв'язку і менш - для інших.

Технологія QoS поширена в службах АТМ. На вході в мультиплексор АТМ утворюється черга різного виду повідомлень з різними вимогами і характеристиками до системи.

Міжнародним Спілка Електрозв'язку (МСЕ) було визначено чотири класи послуг залежно від необхідності синхронізації, типу переданого трафіку і наявності або відсутності орієнтації на з'єднання:

- клас 1: трафік, орієнтований на з'єднання, що вимагає синхронізації, з постійною смугою пропускання (наприклад, режим емуляції синхронних цифрових каналів);
- клас 2: трафік, орієнтований на з'єднання, що вимагає синхронізації, зі змінною смугою пропускання (наприклад, передача компресованої мовної та відеоінформації);

- клас 3: трафік, орієнтований на з'єднання, що не вимагає синхронізації, зі змінною смугою пропускання (наприклад, передача кадрів X.25, Frame Relay);

- клас 4: трафік, що не орієнтований на з'єднання і не вимагає синхронізації, зі змінною смугою пропускання (наприклад, передача IP-пакетів).

Кожному класу обслуговування поставлені відповідні значення параметрів QoS (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – QoS параметри

Клас QoS	QoS параметри						
	CTD	CDV	CLR <sub>(0+1)</sub>	CLR <sub>(0)</sub>	CER	CMR	SECBR
QoS1	400 мс	3 мс	$3 \cdot 10^{-7}$	-	$4 \cdot 10^{-6}$	1 комірка в день	$10^{-4}$
QoS2	Н	Н	$10^{-7}$	-	$4 \cdot 10^{-6}$	1 комірка в день	$10^{-4}$
QoS3	Н	Н	Н	$10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-6}$	1 комірка в день	$10^{-4}$
QoS4	400 мс	6 мс	Нет	$3 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-6}$	1 комірка в день	$10^{-4}$

В таблиці 1.2 використовуються такі терміни як:

- CTD (Cell Transfer Delay) – час затримки переносу комірок;
- CDV (Cell Delay Variation) – відхилення часу затримки переносу комірок;
- CLR (Cell Loss Ratio) – коефіцієнт втрати комірок;
- CER (Cell Error Ratio) – коефіцієнт помилкових комірок;
- CMR (Cell Misinsertion Rate) швидкості надходження комірок;
- SECBR (Severely – Errored Cell Block Ratio) – коефіцієнт хибних блоків;

- індекси 0 та 1 означають пріоритети втрат - відповідно високий і низький;
- Н – не визначено.

У зв'язку з тим, що на сьогоднішній день необхідно задовольнити кожен запит користувача, мультисервісні мережі, для яких характерна якість обслуговування QoS, пред'являють до системи управління нові вимоги. Однак, перед тим як приступити до виконання чергового запиту користувача, система управління повинна перевірити право на отримання замовленої їм послуги за договором і наявність на його рахунку достатніх коштів для оплати, тобто аутентифікувати його.

Далі, щоб задовольнити потрібну послугу з необхідним QoS, система управління повинна перевірити власні ресурси. Тільки після отримання позитивної відповіді система може приступити до обслуговування користувача.

У разі, якщо раптом запропонована якість буде недостатньою, то системі управління необхідно мобілізувати всі наявні ресурси, включаючи виділені і для інших користувачів.

Може скластися враження, що перехід до QoS означатиме, що не потрібно визначати оптимальну номенклатуру параметрів якості і встановлювати норми на них. Але ці норми необхідні для всіх (для розробників апаратури і транспортних систем, для провайдерів і операторів, контрольних органів, проектних і будівельних організацій), тому що без них не можна забезпечити сприятливе спільне використання однотипних компонентів систем електрозв'язку. Підтвердженням цьому служить наявність подібних норм для АТМ мереж, які побудовані за технологією QoS.

Існують традиційні методи нормування якості послуг тільки для провайдерів і операторів, у зв'язку з цим вони повинні також доповнюватися зручними для користувачів характеристиками, як це частково реалізовано в АТМ.

#### 1.4 Технологія забезпечення QoS в системах IP

У IP-мережах (версія IPv4) повідомлення передаються методом «відправ і молися», тобто без гарантії і впевненості, що повідомлення потрапить до одержувача. При цьому немає перевірки ні на наявність пріоритету у повідомленні, ні на готовність мережі до його передачі. Незалежно від типу пакетів (дані, аудіо або відео), вони передаються за принципом «перший прийшов – перший пішов» [11].

Оскільки таке обслуговування для мультимедійного трафіку не підходить, сьогодні ведуться роботи зі створення нових протоколів. Організація з стандартизації в системі Інтернет ще в середині минулого століття розробила протокол RSVP (протокол резервування ресурсів), який містить у собі основні принципи QoS. Поряд з традиційними послугами він містить два нових класи обслуговування: контрольованої затримки і гарантованого обслуговування.

Другий гарантує певну смугу пропускання, затримку і відсутність втрат у разі переповнення черг, але не зменшує величину розкиду затримок джитера). Клас контрольованої затримки забезпечує аналогічне обслуговування, але на відміну від останнього, при збільшенні навантаження QoS залишається незмінною.

З'явилися так звані справедливі моделі, що забезпечують рівномірний розподіл пропускнуої здатності всіх потоків.

Наступним етапом раціоналізації стека протоколів IP стало встановлення абсолютних пріоритетів для пакетів тих видів інформації, які негативно реагують на великі затримки і джитер. Відзначимо протокол зваженої справедливої черговості – WFQ, згідно з яким кожному потоку виділяється частка пропускнуої здатності, пропорційна заданому ваговому коефіцієнту.

Для запобігання перевантажень мультиплексорів вводилася система примусового скидання пакетів при збільшенні трафіку вище певного значення.

Ці та інші протоколи хоча і наблизили технологію IP до вимог QoS, але не відповідали їм повністю з двох основних причин. По-перше, для їх впровадження потрібна повна переробка мережевого обладнання та

математичного забезпечення, отже – багато часу й істотні капіталовкладення. По-друге, в протоколі IP відсутній механізм маршрутизації, заснований на вимогах QoS [12].

В даний час протоколи IP-маршрутизації вибирають маршрут лише на основі кількості переходів або вартості з'єднання до точки призначення, а не на базі розміру доступної смуги пропускання, значення затримки або її варіації. Таким чином, протокол RSVP резервує ресурси на шляху, обраному без урахування параметрів, необхідних для забезпечення QoS. Навіть якщо маршрут з оптимальними параметрами QoS існує, протокол маршрутизації не має можливості його використовувати.

Ще один крок у напрямку врахування вимог QoS був зроблений після введення п'яти класів обслуговування: з низькою затримкою, високою пропускнуою здатністю, високою надійністю, низькою ціною, стандартного. Ці протоколи забезпечують «відносне QoS».

## 1.5 Класифікація IPTV-систем за складністю побудови

### 1.5.1 Найпростіша IPTV-система

Найпростіша IPTV-система складається із стримера та комп'ютерів з встановленою програмою-плеєром.

Залежно від типу стримера IPTV-система володіє наступними можливостями:

- проведення On-line презентацій;
- перегляд супутникових чи ефірних каналів;
- перегляд зображення з камер спостереження.

Крім стримера потрібно виконати ще одну вимогу: локальна мережа повинна забезпечувати роботу з мультикастпотокми, тобто підтримувати протокол IGMP-snooping.

- побудувати мапу з зазначенням місць якісного прийому стільникового сигналу, достатньої якості та поганої або взагалі відсутнього прийому сигналу;

- обрати обладнання для встановлення у торговельному центрі з метою посилення сигналу стільникового зв'язку.

### 1.5.2 Найпростіша IPTV-система з TV -приставками

На відміну від попереднього варіанту в систему додаються TV-приставки.

Для кожної TV-приставки вручну призначаються телевізійні канали. TV-приставки дозволяють значно розширити можливості звичайного телевізора. Замість перегляду традиційного ефірного телебачення, де телеглядач фактично позбавлений можливості впливати на перегляд, не рахуючи перемикання каналів, ви отримаєте абсолютно новий досвід інтерактивного телеперегляду.

STB (Set Top Box) – Універсальна високотехнологічна приставка до телевізора для використання абонентом послуг мультисервісної мережі без використання персонального комп'ютера.

Управління приставкою виконується за допомогою ІЧ пульта дистанційного керування, комплекту бездротової клавіатури або маніпулятором.

Споживання і керування послугами здійснюється через меню користувача STB.

#### Загальні вимоги до STB

- Низька вартість. Звідси вимога до ОС та периферійного ПЗ STB - розповсюдження по ліцензії GPL;
- Гнучкість. Можливість роботи без жорсткого диска, тобто необхідна підтримка завантаження всього ПЗ STB по мережі, в тому числі ядра операційної системи. Можливість зберігання налаштувань користувача. Можливість оновлення ПЗ STB без вторгнення в простір користувача. Конфігурація STB і наповнення меню повинне здійснюватись повністю на стороні серверів мережі, це дозволяє досягти необхідної гнучкості STB і виключити вторгнення в простір користувача, що є принципово важливим моментом;

- Масштабування. Можливість виконання рішення з різними опціями (жорсткий диск, оптичний привід, бездротові пристрої та інші);
- Достатня продуктивність ЦП для програвання відео в тому числі в HDTV;
- Достатній обсяг оперативної пам'яті для одночасної роботи меню, програвача, браузера. Як наслідок - однорідного графічного середовища;
- Стабільність;
- Підтримка сучасних форматів інкапсуляції і декомпресії аудіо і відео (кодеки);
- Підтримка широкого набору методів виведення графічної інформації (картинки). Різні відео роз'єми;
- Низький рівень споживання електроенергії і, як наслідок, низьке тепловиділення і шум;
- Можливість підключення додаткових пристроїв (USB 2.0, PCI, додаткові модулі оперативної пам'яті, SATA / IDE пристрою, ІЧ порт, Bluetooth).

Вимоги до програмної частини STB:

1) Операційна система:

- Ліцензія GPL;
- Стабільність;
- Продуктивність;
- Підтримка графічного інтерфейсу;
- Підтримка мережі і всіх сучасних апаратних пристроїв (відповідність стандартам);
- Великий набір бібліотек та програмного забезпечення (поширеність і відповідність стандартам);
- Багатозадачність;
- Програмна безпека (поділ адресного простору програм, розмежування доступу на рівні користувачів, груп і ресурсів);

- Мережева безпека;
- Добре документована;
- Підтримка завантаження ядра ОС з мережі;
- Підтримка корня файлової системи розташованого віддалено на сервері мережі.

## 2) Програвач:

- Ліцензія GPL;
- Підтримка корня файлової системи розташованого віддалено на сервері мережі;
- Висока продуктивність;
- Низьке споживання оперативної пам'яті;
- Управління з клавіатури всіма основними функціями;
- Підтримка всіляких кодеків, форматів і методів інкапсуляції відеопотоку;
- Підтримка HDTV;
- Підтримка протоколів HTTP, MMSH, RTP, RTSP, UDP, TCP і multicast.

## 3) Браузер:

- Ліцензія GPL;
- Висока продуктивність;
- Низьке споживання оперативної пам'яті;
- Управління з клавіатури всіма основними функціями, у тому числі навігацією;

- Підтримка таблиць, фреймів, JavaScript;

- Підтримка закладок.

## 4) Меню користувача:

- Висока продуктивність;
- Низьке споживання оперативної пам'яті;
- Управління з клавіатури всіма основними функціями;



- Забезпечення доступу до всіх сервісів мережі Ергономічність;
- Сучасний графічний інтерфейс (GUI);
- Можливість фільтрації контенту за жанром для обмеження доступу дітей.

#### 5) ПЗ підтримки ІЧ пульта ДК:

- Ліцензія GPL;
- Висока продуктивність;
- Низьке споживання оперативної пам'яті;
- Сумісність із стандартними ІЧ пультами;
- Гнучкість у налаштуванні;
- Можливість перетворення подій ІЧ пульта в події клавіатури графічного сервера ОС;
- Підтримка набору тексту подібного тому що реалізований в мобільних телефонах (T9).

#### Операційна система для STB

Операційна система Linux, неперевершена по своїй гнучкості, стабільності та продуктивності. Linux дозволяє організувати бездискові станції з віддаленим завантаженням ядра і корня файлової системи по мережі.

ОС Linux безкоштовна (під ліцензією GPL), підтримує весь спектр сучасних периферійних апаратних пристроїв, а також у своїй великій кількості дистрибутивів має все мислиме і немислиме програмне забезпечення, яке також розповсюджується безкоштовно за ліцензією GPL.

Крім того, Linux створена в результаті творчості незалежних програмістів по всьому світу і тому має чудове API для програмування, крім того, в світі є величезна кількість бібліотек для Linux; все це прискорює процес створення. Сказати, що Linux дуже добре документований - не сказати нічого. Він просто детально розписаний співтовариством FSF (Free Software Foundation).

Linux підтримує сучасний і суперсучасний графічний інтерфес. Суперсучасний має на увазі можливість використання тривимірних графічних прискорювачів для відтворення тривимірного інтерфейсу доступу до

системи. При цьому в кодї існуючих програм не потрібно ніяких змін. Відображення звичайних програм в тривимірному просторі здійснюється графічним сервером ОС.

Linux створений за подобою ОС UNIX, яка, як відомо була народжена для роботи в мережі. За мережеву безпеку в Linux відповідає вбудований брандмауер / файрвол IPTABLES [14].

### 1.5.3 IPTV-система с middleware

Це повноцінна система, що забезпечує надання абонентам всіх типів послуг, за умови, що вдасться домовитися з правовласниками контенту.

Middleware – проміжне програмне забезпечення для управління комплексом IPTV. Це основний компонент IPTV рішення, так як він, в кінцевому результаті, визначає набір послуг, доступний абоненту, користувацький інтерфейс, логіку переходів і алгоритм управління. На Middleware покладається роль координатора в процесі взаємодії практично всіх компонентів комплексу.

Ядро підсистеми управляє зовнішніми компонентами комплексу, підтримує базу даних абонентів і наданих їм послуг, займається аутентифікацією і авторизацією абонентських пристроїв, взаємодіє з системою обліку послуг (система управління майном, в готелі – система прийому-поселення PMS).

Абонентський портал (інша назва: Інтерфейс користувача абонента, Subscriber User Interface, SUI) – обличчя всього комплексу, інтерфейс, який бачить абонент на своєму екрані, і завдяки якому він користується послугами.

У базі даних MW (Middleware) зберігаються назви фільмів, опис, постери, список акторів і т.п., для відображення на абонентському порталі. Так само вона зберігає шлях до файлу на відео-сервері, щоб віддати його клієнту, якщо він вирішить подивитися фільм.

## 1.6 Постановка задачі

Сьогодні активно розвиваються різні послуги передачі даних: IP-телефонія, IPTV (Internet Protocol Television), відео за запитом., аудіо-та відео - конференції, VoIP (Voice over IP) та інші. За останній час обсяг IP - трафіку в усьому світі різко збільшиться, а більшу частину цього обсягу займають сервіси реального часу [4]. Згодом це призводить до того, що користувачам послуг потрібен, канал зв'язку, який задовольняє вимоги QoS наданих послуг. У зв'язку з тим, що різні послуги використовують одні й ті ж канали транспортної мережі і при цьому кожна послуга висуває до каналу зв'язку свої вимоги, то виникає завдання розподілу ресурсу каналу зв'язку між різними сервісами мережі. Найчастіше однократний розподіл ресурсу каналу, призводить до неефективного використання каналу зв'язку, отже, розподіл ресурсів в мережі має відбуватися постійно, періодично, в залежності від інтенсивності використання різних послуг [16].

У сучасних телекомунікаційних мережах постійно змінюється характер і обсяг переданого трафіку і, відповідно, надаються інфокомунікаційні послуги. Найважливішу роль у такому процесі відіграють послуги передачі даних, голосу, відео: такі мультимедійні послуги, як IP-телебачення, надання відео за запитом, IP-телефонія, відео-та аудіо-конференції та інші. Зрозуміло, що для надання перерахованих послуг необхідно дотримуватися низки вимог до параметрів якості обслуговування, таких як ймовірність втрати пакетів, затримка передачі, джитер та інші. Найчастіше незнання статистичних характеристик трафіку призводить до неефективного використання мережевих ресурсів операторів, низької якості наданої послуги або до малої кількості обслугованих абонентів.

Передача трафіку з дотриманням вимог щодо якості обслуговування є однією з найбільш актуальних задач у сучасних телекомунікаціях. Неефективне використання ресурсів мережі велике число абонентів і жорсткі вимоги до параметрів QoS можуть ставати причинами зменшення якості надаваних послуг в мультисервісних мережах передачі даних (МПД).

Незважаючи на велику кількість публікацій з даної тематики, сполучення макро-характеристик (обсяги інформації за додатками, розподіл потоків та інші) з мікро-характеристиками (розподіл довжин пакетів, їх втрат та інші), практично, ніколи не виконується для однієї мережі в конкретний відрізок часу. В зв'язку з цим, виникає задача отримання повної статистичної картини трафіку, яка дозволила б за рахунок обробки детальної інформації отримати як загальні тренди зміни трафіку, так і уточнити мікро-характеристики потоків. Отримані результати можуть бути використані для подальшого підстроювання параметрів мережі під існуючі тенденції.

Метою магістерської роботи є оцінка статистичних параметрів системи для поліпшення якості надання послуг в мультисервісних мережах передачі даних.

Для того, щоб досягти поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати різні вимоги QoS послуг, що надаються в мультисервісних мережах, до каналу зв'язку;
- дослідити ефективність існуючих методів покращення якості надання послуг в мультисервісних телекомунікаційних мережах;
- оцінити якість обслуговування в мережах передачі даних;
- зібрати статистичні дані про трафік на діючій мережі передачі даних;
- проаналізувати і обробити результати експерименту;
- визначити структури та пріоритети трафіку;
- розробити метод, що дозволяє поліпшити якість послуг і ефективно використовувати ресурси каналу;
- виконати адаптацію параметрів системи під існуючий трафік мультисервісної мережі передачі даних.

## 1.7 Висновок

У першому розділі були розглянуті методи управління мережевими ресурсами з метою оптимізації роботи комп'ютерних мереж в умовах

самоподібності обслуговуваного трафіку. Наведені основні теоретичні відомості, що визначають особливості трафіку мультисервісної мережі. Розглянуто архітектуру мережевих механізмів забезпечення якості обслуговування в мережах IP. Також в розділі розглянута технологія IPTV, описані характеристики IPTV-мереж і класифікація IPTV-систем за складністю побудови.

## РОЗДІЛ 2. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ В ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ

### 2.1 Структура досліджуваної системи

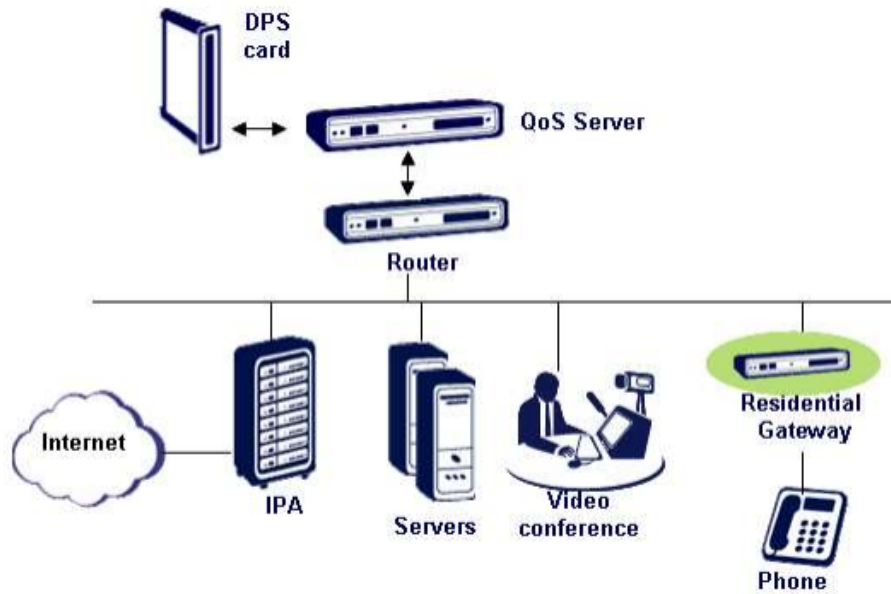
У дослідженні була використана система управління мережею NMS (Network Management System). Використовуючи протокол TCP/IP, NMS взаємодіє з обладнанням через LAN. Також NMS з'єднаний з одним з IP портів інкапсулятора (IPE). Це з'єднання дозволяє оператору NMS проводити перевірку і контролювати стан обладнання, збирати статистичні дані, завантажувати програмне забезпечення для всіх компонентів мережі. Оператор NMS може контролювати та ініціювати всі можливі дії в мережі.

Сервер протоколу даних (Data Protocol Server (DPS)) виступає в якості інтерфейсу між IP мережею користувача і постачальником послуг (оператором). Він з'єднаний з одного боку з IP мережею користувача і опціонально мережею Інтернет, з іншого боку з IPE.

Сервер DPS побудований на карті PowerPC. Для подолання проблеми продуктивності сервер DPS локально обробляє призначені для користувача протоколи (наприклад, TCP), видаляє протокольні заголовки і інкапсулює лише дані користувача.

У доповненні до прискорення трафіку TCP/IP, опціонально сервер DPS має програмний модуль для підтримки покращених можливостей, таких як шифрування і стиснення, а також підтримки Virtual Private Network (VPN). На рисунку 2.1 показана схема з'єднання сервера з IP-мережею користувачів.

DPS направляє пакети в мережу Інтернет через сервер QoS (FairShare) і маршрутизатор. Дані з мережі Internet / Intranet проходять через сервер QoS (FairShare) і потрапляють в DPS.



*Рисунок 2.1 - Схема з'єднання сервера з IP-мережею*

Система підтримує широкий діапазон протоколів зв'язку. Такі спільні протоколи маршрутизації, як RIP v1 і v2, протокол DHCP, NAT, IGMP і IRDP. Вона також включає набір IP функцій дозволяє працювати в середовищі з декількома IP-пристроями, включаючи встановлення пріоритетів IP, вхідні / вихідні QoS, IP Access Lists і логічне групування IP. Сервер DPS являє собою інтерфейс між IP-мережею клієнта і мережею оператора.

Мережа Інтернет базується на "наборі протоколів TCP/IP". Фактично, його популярність може бути пояснена наявністю цих різноманітних протоколів.

Розробляється протягом останніх трьох десятиліть років TCP/IP дозволяє різним комп'ютерам (званим «хости» мовою TCP/IP), приєднаним до різних мереж, підтримувати зв'язок один з одним та обмінюватися інформацією.

Для підтримки всіх цих різних мереж, TCP/IP складається з декількох протоколів (ось чому він називається набором протоколів), які працюють в модульному режимі. Наприклад, для підтримки мережі нового типу повинен бути розроблений тільки такий модуль, який має прямий доступ в апаратне забезпечення мережі. Також можуть бути розроблені нові програми, що

забезпечують під'єднання до інших модулів. Ця модульність частково несе відповідальність за широке використання TCP/IP.

Розглянемо фізичне з'єднання пристроїв мережі. Інтерфейси DPS і терміналу підтримують IP з використанням підключення до локальної мережі Ethernet. У DPS з'єднання являє собою інтерфейс 100 Base T. У терміналі вбудований RJ-45 забезпечує з'єднання 100BaseT. Опціонально, в деякі моделі терміналів, може бути встановлена плата розширення 4-портовий LAN комутатор, що забезпечує 4 сполуки 100Base T RJ-45.

Маршрутизація. Кожен маршрутний компонент, тобто DPS або термінал, ініціює свою таблицю маршрутизації при запуску. Для кожного маршрутизатора таблиці маршрутизації можуть конфігуруватися статично або динамічно з використанням протоколу RIP.

Протокол маршрутної інформації (Routing Information Protocol) – один з найпростіших протоколів маршрутизації. Застосовується в невеликих комп'ютерних мережах, дозволяє маршрутизаторам динамічно оновлювати маршрутну інформацію (напрямок і дальність в “хопах”), отримуючи її від сусідніх маршрутизаторів.

Протоколом в наборі протоколів TCP/IP, відповідальним за надійну наскрізну передачу даних, є протокол TCP.

Протокол TCP призначений для запобігання перевантаження мережі, при якій мережа тимчасово не може проводити обробку всього трафіку від усіх хостів, що вимагають доступу. Для запобігання перевантаження мережі, протокол TCP досліджує мережу шляхом відправки обмеженої кількості даних і визначення часу, протягом якого ці дані досягають свого місця призначення, а потім відправляє додаткові дані.

TCP передбачає, що велика затримка вказує на затор в мережі і для того, щоб уникнути посилення затору, він направляє нові дані в мережу з більш повільною швидкістю.

Кожен термінал діє як маршрутизатор групового розсилання, періодично відправляючи підключеним до нього хостам запити IGMPv2. DPS діє як хост,



що реагує на запити IGMP від маршрутизаторів в IP-мережі клієнта або мережі Інтернет.

У IGMP DPS складає список всіх підтримуваних Multicast груп. Для оновлення цього списку DPS періодично ширококомовно пересилає повідомлення з інформацією про всі групи, підтримуваних в даний момент. Це повідомлення за метою схоже з звичайним запитом про приналежність IGMP. Якщо термінал отримав звіт про приналежність IGMP (зовнішнього IGMP) від хоста, направляючого звіти про приналежність групі, яка не була включена в повідомлення DPS, термінал (після випадкового періоду часу) спрямовує повідомлення із запитом IGMP.

Система управління мережею (NMS) – це центральний пункт управління, що дозволяє повністю контролювати мережу як локально, так і віддалено за допомогою програмного забезпечення «клієнт управління».

Всі компоненти Центру Управління Мережею (ЦУМ) мають «гарячий» резерв. Стан усіх компонентів ЦУМ відстежується програмним забезпеченням з інтелектуальним алгоритмом, який автоматично перемикає управління на резервний компонент у разі виходу з ладу основного.

Підтримка автоматичного резервування забезпечує безперербійне функціонування мережі з мінімальними перервами в разі виникнення несправності. Радіочастотне обладнання і складові компоненти мають резерв за схемою 1:1, решта основні компоненти ЦУМ резервуються або за схемою 1:1, або за схемою 1:N. Модульне виконання ЦУМ дозволяє системному оператору робити заміну несправних компонентів без переривання трафіку в мережі.

Якщо який-небудь компонент вийшов з ладу, система управління мережею (NMS) видасть відповідне попередження, і несправний компонент може бути замінений в режимі гарячої заміни (hot-swap), без потреби вимикання всієї мережі.

Спадний процес розробки, приділяв величезну увагу питанням гнучкості та модульності всієї мережі. При розробці та тестуванні різних алгоритмів використання процедури відповідності стандарту ISO-9000. Це відноситься як

до алгоритмів передачі голосу, так і до алгоритмів передачі даних, а також і до алгоритмів керування.

Розробники базувалися на базі, отриманої від існуючих ліній продуктів - добре зарекомендували себе технологій, які пройшли випробування на різноманітних мережах, в різних конфігураціях і з різними додатками. Можливості нового програмного забезпечення стали результатом доданих можливостей в NMS, які піклуються про передачу через систему голосу і даних.

Особливості програмного забезпечення включають:

- 1) програмне ліцензування – тепер потрібно тільки купити необхідну функцію, і Ви отримуєте нові можливості й уміння системи;
- 2) віддалена активація ліцензії – позбавляє від необхідності відвідування віддалених станцій у разі оновлення або додавання нової функції;
- 3) відновлення попередньої конфігурації – дозволяє повернутися до попередньої конфігурації робочої системи, у разі якщо що-небудь піде не так в момент оновлення програмного забезпечення.

Система управління мережею (NMS) охоплює кожен компонент системи. Об'єднуючи обидві сторони (дані і голос) на одній загальній платформі, були покращені функції управління NMS. Поміж потужних функцій управління NMS:

- 1) об'єднана, на основі стандарту, архітектура клієнт-сервер;
- 2) роки експлуатаційного досвіду стали результатом впровадження таких засобів управління:
  - «Template» шаблон - легке і швидке копіювання існуючої конфігурації терміналу й любого іншого елемента мережі;
  - «Commit» - визначте оновлені параметри, збережіть їх і визначте час, коли система застосує оновлення;
  - «Compare» порівняти - порівняння нової та існуючої конфігурації елементів і шаблонів;
  - повне, безперервне якість сервісу (End-to-end QoS);

- співіснування кількох SLA;
- вивід аварійних та інформаційних повідомлень на основі визначених правил дозволяє виробляти аналіз первинних помилок на всіх компонентах мережі;
- деталізований CDR - для формування даних, необхідних білінговим системам. Комп'ютер, з встановленим ПЗ клієнта NMS підключається к серверу NMS через локальну мережу LAN.

NMS дозволяє оператору управляти і контролювати телекомунікаційну мережу. За допомогою NMS можна переглядати і модифікувати окремі компоненти мережі. Модель клієнт-сервер дозволяє здійснювати доступ до системи декільком операторам. NMS сервер розташований на стороні оператора, в той час як NMS клієнт може працювати віддалено. Інтерфейс користувача NMS використовується для конфігурації мережі, управління користувачами, контролю та управління мережею, надає аварійні повідомлення і події мережі, збір статистики, збір повідомлень мережі та генерування LOG і CDR файлів.

Адміністратор мережі може налаштувати різні рівні доступу для операторів, дозволяючи різним операторам здійснювати операції контролю і конфігурації мережі згідно їх рівню доступу. NMS дозволяє оператору конфігурувати і контролювати DPS.

Система NMS має ієрархічний, об'єктно-орієнтована зручний користувальницький графічний інтерфейс GUI ( Graphical User Interface ).

Іконки і вікна представляють мережеві компоненти та групи. При необхідності оператор може переносити мережеві елементи між групами. Іконки використовуються для взаємодії з компонентом, включаючи конфігурацію, передачу команд, опитування статусу, збір статистики та надання звітів. Якщо компонент складається з підкомпонентів, доступ до цих компонентів відбувається через компонент верхнього рівня. Колір іконки повідомляє поточний статус компонента.

Дуже високий рівень ефективності передачі підтримується автоматичною адаптацією до змін у типі трафіку і завантаженні (без втручання оператора). Цей механізм адаптації також допомагає підтримувати стабільність каналу, незважаючи на збільшення завантаження трафіку.

Клієнт-серверна система управління мережею (NMS) дає операторам можливість здійснювати централізоване багатозадачне управління і контроль над всією мережею зв'язку.

Оператор може переглядати, модифікувати і завантажувати окремі елементи конфігурації мережі. Доступ до сервера NMS здійснюється через однорідний користувальницький інтерфейс, що запускається на віддаленому клієнті мережі. Функціональні можливості NMS забезпечують конфігурацію мережі, управління з боку оператора, моніторинг та контроль мережі, відображення аварійних сигналів і подій, збір статистики, журнальну реєстрацію подій, а також збір «Записів Даних» про виклики (CDR) для білінгу.

Мережевий адміністратор призначає рівні авторизації, таким чином оператори виконують тільки дозволені дії з моніторингу, контролю або конфігуруванню мережі. Вони можуть переглядати, модифікувати або завантажувати конфігураційні елементи для системи.

Репозиторій програмного забезпечення – зберігає всі визначені в системі версії програмного забезпечення в NMS. Інформація про версію програмного забезпечення складається з: номера версії, програмного забезпечення і файлів XML, в яких описана конфігурація мережі. Всі конфігураційні зміни елементів мережі зберігаються в базі даних NMS.

Оператор може редагувати ці зміни, за потребою, а операція Commit (виконати) приводить їх у виконання. Функціональні можливості включають в себе операцію скасування змін і можливість планування часу виконання операції. Кожен елемент має показник стану виконання.

Додаткові інструменти конфігурування:

- експорт / імпорт - конфігурація елемента в / із файла;
- дублювання - можливість дублювання елемента мережі;

- порівняння - дозволяє здійснювати порівняння термінів і значень між існуючими елементами, версіями, конфігураціями існуючих і нових елементів, виконаних конфігураційних змін з невиконаними змінами;
- «Майстер» конфігурації (Configuration wizards) - дозволяє легко і просто конфігурувати елементи мережі.

Мультисервісна МПД включає в себе поліпшену систему управління несправностями, яка дозволяє спостерігати за мережею і повідомленнями в NMS (рис. 2.2).

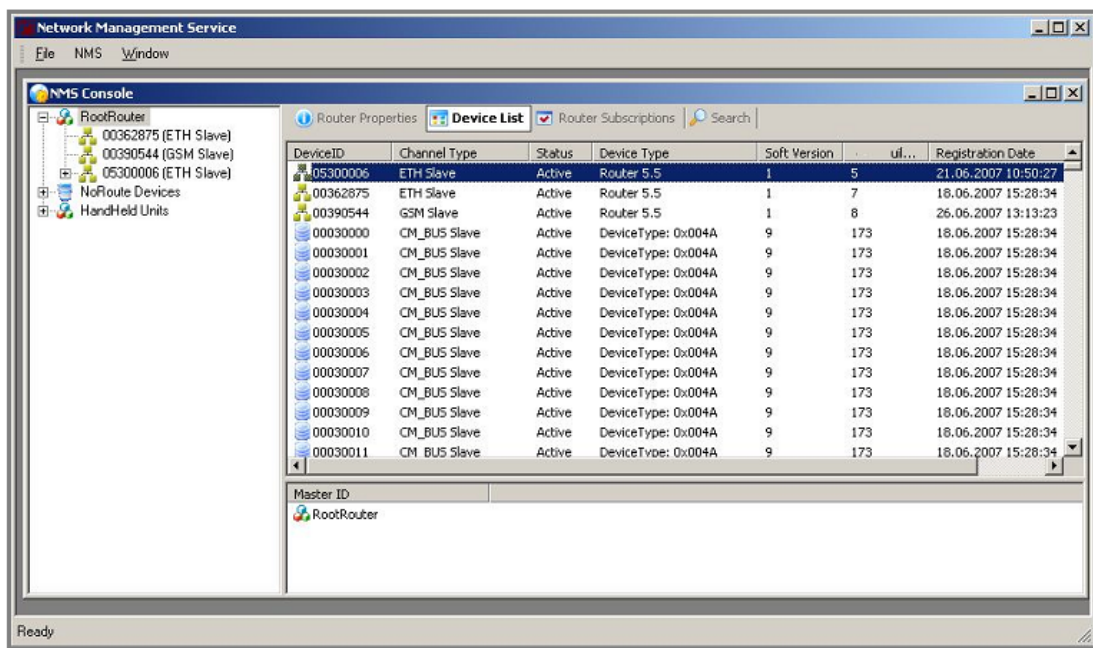


Рисунок 2.2 - Система NMS

Деякі характеристики системи управління несправностями:

- аварійні повідомлення та події показують будь-які зміни в стані елемента мережі у вигляді графічної іконки з кольоровим кодуванням тексту;
- засновані на системі правил (rule-based reasoning (RBR)) метод складається з фактів (подій) і правил (бази знань);
- аналіз основних причин визначає взаємовідношення між подіями на підставі правил, аналізуючи основну причину, та ініціює лише відповідні аварійні повідомлення;
- фільтрація відображення подій браузером спрощує перегляд та управління браузером, використовується в тих випадках, коли швидкість

походження подій висока, або адміністратор бажає відфільтрувати несуттєві або які не мають відношення події.

Клієнт може вибрати придбання різних варіантів, виходячи з потреб кінцевого користувача. Після первинного розгортання мережі можна з легкістю додати додаткові опції, просто активізуючи їх за допомогою відповідного ключа для ліцензування програмного забезпечення. Механізм ліцензування програмного забезпечення використовує файл ліцензії для ідентифікації NMS основного комп'ютера і ліцензування опції програми.

Автоматичне резервування бази даних планується на певний час і з частотою, зручною для кожного користувача. Подібне прозоре резервування (виконується без втручання оператора або переривань в мережі). Резервування рекомендується здійснювати в нічний час для отримання надійної і новітньої конфігурації на випадок необхідності перезавантаження старої бази даних. Підтримка Простого Протоколу Управління Мережею (Simple Network Management Protocol (SNMP)) дозволяє мережі взаємодіяти з керуючими системами сторонніх мереж і створювати єдину точку управління.

Сервер NMS працює під управлінням операційної системи Windows Server 2008 на базі с PCI. Клієнт NMS працює під управлінням операційної системи Windows 7 на базі ПК. Відмінною рисою NMS є наявність ReportEdge - сервера звітів на основі Web, який запускається на виділеному комп'ютері:

- надає Web-доступ до комплексу звітів, які можуть бути активовані через базу даних NMS. Звіти можна переглянути, роздрукувати або зберегти файл у декількох стандартних форматах;
- звіти включають в себе дані аналізу стану мережі, подій, аварійних повідомлень і статистику;
- активація звіту може бути ініційована користувачем або запланована;
- ReportEdge відрізняється наявністю бази даних з історією звітів.

Завжди є пакети, які занадто маленькі чи занадто великі для точнішої відповідності розміру оптимізованого тимчасового інтервалу. При використанні поліпшеного формування пакету фактичний фактор заповнення тимчасових

інтервалів збільшується на 5% - 15%, залежно від трафіку мережі. Поліпшення особливо ефективно в мережах з декількома додатками в кожному вузлі або в мережах доступу до Інтернет з декількома ПК в вузлі.

Для підтримки додатків з великим потоком даних, наприклад, відеоконференцзв'язок або завантаження файлів, система підтримує режим потоку даних. Пакети користувача розташовуються каскадом один за іншим і потім фрагментуються так, що вони точно відповідають величині тимчасового інтервалу. Останні байти одного користувальницького пакета можуть бути включені в початок наступних пакетів, тим самим, зменшуючи загальну кількість пакетів і питомої ваги службової інформації в потоці даних користувача.

Для прийому IP пакетів від компонентів мережі, маршрутизатор використовує чотири типи інтерфейсів (портів):

- IP Forwarding – стандартний порт, який діє також як і будь який комутатор 3-го рівня – направляє пакети за призначенням, базуючись на сконфігурованих підмережах або таблиці маршрутизації;

- Ethernet IP Forwarding In – цей порт приймає IP пакети. Базуючись на таблиці перенаправлення, визначає, які пакети інкапсулювати в формат MPE. Порт IP Forwarding In виступає вхідним портом для перенаправлення трафіку типу: Sync і MC & C (Management, Command & Control);

- UDP-In – цей порт використовує UDP тунель для передачі потоку даних, дуже схожий на взаємодію між DPS та HSP. Відправник посилає трафік на специфічний UDP порт. Порт UDP-In служить логічним портом для прийому голосових пакетів для подальшої їх передачі;

- TCP-In – приймає дані, які будуть передані через TCP з'єднання. Це забезпечує надійність передачі даних і контроль потоку даних через стандартні механізми TCP.

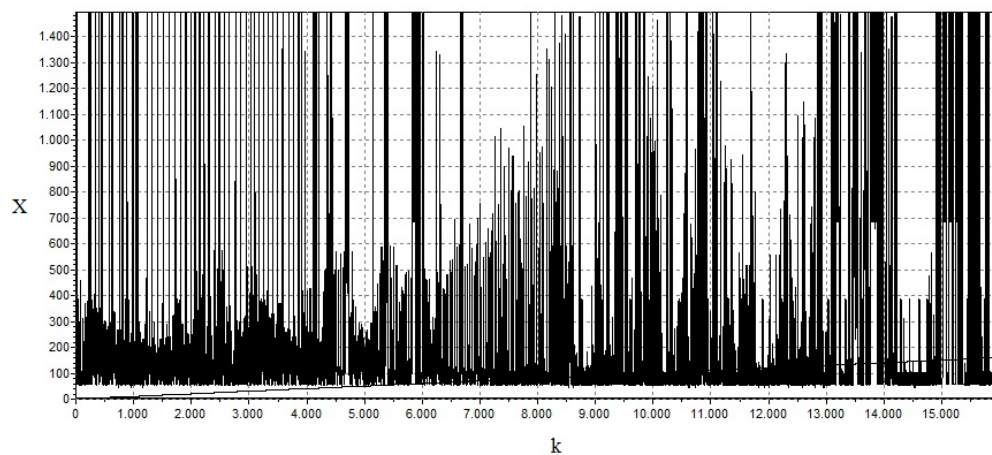
Якщо відбувається конфлікт, то пакети даних передаються повторно (за відсутності жодного підтвердження через певний проміжок часу) на довільно вибраній частоті в наступний часовий інтервал з метою максимального

зменшення ймовірності другого конфлікту. Цей режим роботи з використанням довільного доступу підходить для інтерактивного трафіку, який характеризується короткими повідомленнями і невеликим завантаженням каналу. Смуга пропускання, виділена для мережі, спочатку полягає на аналізі трафіку і переглядається у міру необхідності з метою відповідності нового навантаження мережі або вимогам продуктивності.

## 2.2 Дослідження стохастичних характеристик IP – трафіку

### 2.2.1 Реалізація мережевого трафіку

Для дослідження обрана одна з реалізацій мережевого трафіку, отримана в лабораторних умовах ДВНЗ «НГУ» м. Дніпропетровська. Вимірювання проводилися протягом 20 робочих днів. Отримано понад 50 000 відліків (для дослідження було взято 16 000 відліків). Вимірялося кількість прийнятих і переданих IP-пакетів об'ємом 10 Gb (рис. 2.3). У схемі експерименту використаний ADSL-доступ (100 Mbps, Ethernet) і операційна система Windows 7.



*Рисунок 2.3 - Вид досліджуваної реалізації трафіку*

### 2.2.2 Аналіз автокореляційної функції

Розглянемо, чи має часовий ряд повільно спадну залежність (ПУЗ) або швидко спадну залежністю (ШСЗ). Процес з ПУЗ характеризується автокореляційною функцією, яка убиває по степеневому закону при збільшенні



тимчасової затримки (лага). На відміну від процесу з ПУЗ, процес з ШСЗ володіє експоненціально спадаючої автокореляційною функцією (АКФ). Обчислення АКФ виконано за допомогою програми Fractan 4.4 за формулою (2.1):

$$r(k) = \frac{\sum_{i=1}^{k-\tau} (X_i - \bar{X})(X_{i+k} - \bar{X})}{(k-\tau)\sigma^2(X)}, \quad (2.1)$$

де  $\bar{X}$  - вибіркове середнє ряду  $X$ ,  $\sigma^2(X)$  - вибіркова дисперсія ряду  $X$ ,  $k = 0, 1, \dots$

Автокореляційна функція часового ряду наведена на рисунку 2.4. Це коливальний процес, який не звертається в нуль при великих значеннях  $k$ , що говорить про повільне убивання АКФ та присутності ПУЗ в досліджуваному трафіку.

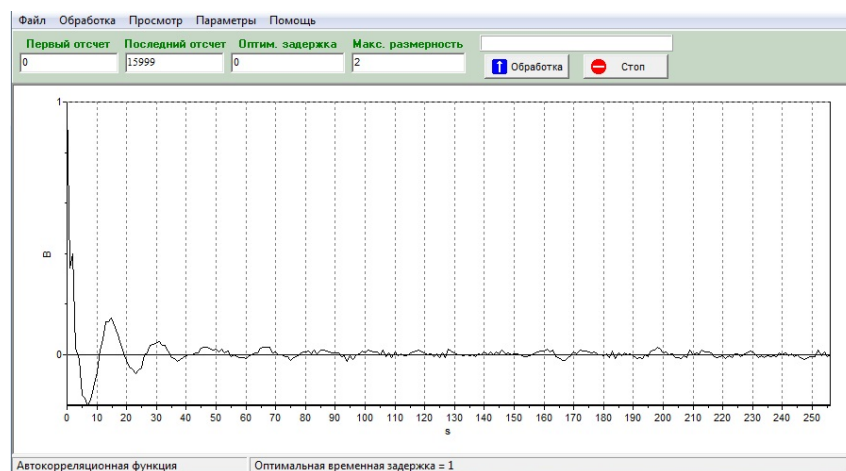


Рисунок 2.4 - АКФ часового ряду

### 2.2.3 Спектральний аналіз

Розрахуємо енергетичний спектр досліджуваного часового ряду. Відомо [1], що в частотній області ПУЗ призводить до степеневому закону поведінки спектральної щільності процесу. Процес  $X$  володіє ПУЗ, якщо для спектральної щільності виконується  $S(f) \sim f^{-b} \cdot L_2(f) + C_2$ , де  $f \rightarrow 0$ ,  $0 < b < 1$  і  $L_2$  - повільно змінювана в нулі функція,  $C_2 = \text{const}$ .

Таким чином, з точки зору спектрального аналізу процес з ПУЗ володіє спектральною щільністю з особливістю в нулі (тобто спектральна щільність

такого процесу прямує до нескінченності, по мері того як частота  $\lambda$  прямує до нуля). Такий процес часто називають « $1/S$  - шум» або «флікер-шум» (рис. 2.5).

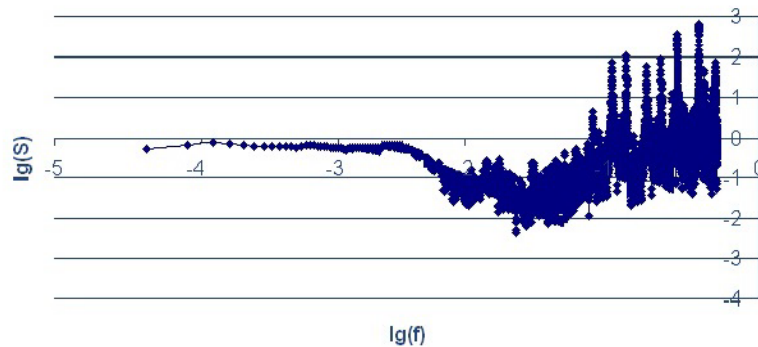


Рисунок 2.5 - Спектральна щільність

#### 2.2.4 Розрахунок фрактальних параметрів

Показник  $H$  (коефіцієнт Херста) [1] зв'язаний з раніше розглянутим при вивченні АКФ параметром  $\beta$  (кореляційний параметр) наступним співвідношенням (2.2):

$$H = 1 - \frac{\beta}{2}, \quad \beta = 2(1 - H), \quad (2.2)$$

$$\beta = 2(1 - 0,601) = 0,798.$$

Спектральний показник  $b$  розраховується за формулою (2.3):

$$b = 2H + 1, \quad (2.3)$$

$$b = 2 \cdot 0,601 + 1 = 2,202.$$

Фрактальний показник  $\alpha$  розраховується за формулою (2.4):

$$\alpha = 3 - 2H, \quad (2.4)$$

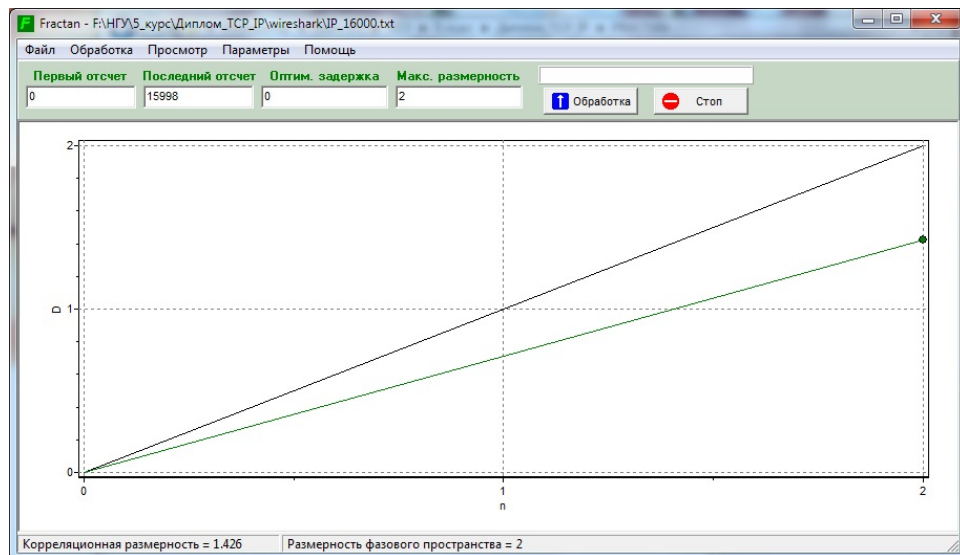
$$\alpha = 3 - 2 \cdot 0,601 = 1,798.$$

Кореляційна розмірність розраховується за формулою (2.5):

$$D = 2 - H, \quad (2.5)$$

$$D = 2 - 0,601 = 1,399.$$

Або за допомогою програми Fractan 4.4. (див. рисунок 2.6).



*Рисунок 2.6 - Визначення кореляційної розмірності*

### 2.3 Встановлення IP пріоритетів

У той час, як бажано надати всім користувачем в мережі найкращої якості послуг, ресурси для цієї мети можуть бути не завжди доступні. У таких випадках якість погіршується. Система дозволяє оператору мережі встановлювати пріоритети IP-трафіку так, що додатки, найбільш сприйнятливі до погіршення якості матимуть пріоритет у порівнянні з іншими додатками. Підтримується два рівня пріоритетів: високий і низький. Коли для доступу до каналу конкурують трафік високого і низького пріоритету, DPS передасть спочатку деяку кількість пакетів з високою пріоритетністю, а потім меншу кількість пакетів з низькою пріоритетністю.

IP-трафік може отримати високий пріоритет на основі різних критеріїв:

- протокол: TCP, UDP, ICMP та IGMP;
- номер порту призначення TCP або UDP, або діапазон портів;
- до десяти комбінацій вихідного IP-адреса і протоколу.

При встановленні з'єднання TCP поводитья як хороший гравець, він не хоче наповнювати мережу даними, які можуть не надійти на інший кінець з'єднання, відоме під назвою «зондування мережі». Спочатку, як тільки встановлено з'єднання, TCP відправляє один пакет даних і очікує їх підтвердження. Розмір вікна передачі встановлюється рівним 1 (розмір вікна в

TCP виражається в байтах), таким чином, фактичним значенням є кількість відправлених байтів. В більшості випадків максимальний розмір сегмента, дозволений каналним рівнем (для ясності, розмір вікна) буде виражений в пакетах). Якщо прийом першого пакету підтверджується, TCP направляє два пакети, встановлюючи вікно передачі рівним 2 і очікує підтвердження від приймаючої TCP. По мірі просування процесу розмір вікна збільшується вдвічі кожен раз. Як видно, «повільний старт» не є таким вже повільним, збільшуючись експоненціально. Для передачі файлів великого розміру або інших додатків це може бути несуттєвим, але при роботі інтерактивних програм така затримка вельми неприємна. Наприклад, web-браузер відкриває нове TCP з'єднання для кожного об'єкта на сторінці; для невеликих графічних файлів передача буде завершена до того, як вікно досягне свого максимального розміру. Зрештою, всі ці мілісекунди складаються разом.

Якщо втрати пакетів не відбуваються, вікно буде збільшуватися до розміру, який готовий буде прийняти приймаючий кінець з'єднання з можливим обмеженням розміра буфера. Кількість даних, які готовий прийняти приймаючий кінець з'єднання називається вікном прийому; воно використовується TCP для контролю потоку. Вікно прийому це не тільки лічильник, підтримуваний кожним хостом, але фактично це 16-бітове поле в заголовку TCP (де воно називається просто вікном).

Якщо пакети були загублені або пошкоджені, щоб уникнути проблеми перевантаженості розміру вікна використовується другий метод. Це інший, більш складний і повільний спосіб збільшення розміру вікна, який сповільнюється тривалими затримками, пов'язаними з підтвердженням прийому.

Так як TCP є наскрізним протоколом, цей механізм застосовується тоді, коли пакети загублені десь на протяжності каналу.

#### 2.4 Опис проведених експериментів

Експеримент був проведений на мережі дніпропетровського провайдера «Фрегат». Компанія забезпечує доступ в Інтернет, надає послуги передачі мови

по протоколу IP, відеопослуги (відеоконференції по протоколу IP) для корпоративних клієнтів. Схема вимірювань трафіку представлена на рис. 2.7.

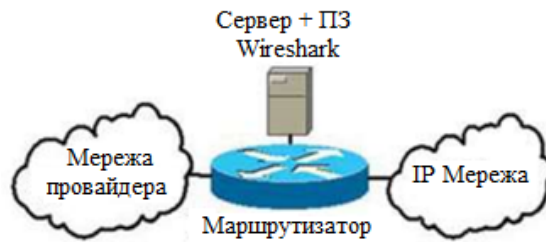


Рисунок 2.7 - Схема вимірювань трафіку на МПД провайдера

Поступаючий на маршрутизатор трафік віддзеркалюється на порт, до якого підключений сервер з активованою програмою Wireshark 1.8.0. Загальна тривалість вимірювань на мережі провайдера склала 20 діб, протягом яких були зафіксовані дані про 50000 пакетів. Файли даних розміром по 200 Мбайт по черзі обробляються утилітою TShark, що входить до складу пакету Wireshark.

Для добового інтервалу зібраної статистики був обраний час найбільшого навантаження (ЧНН) за кількістю переданих байт по протоколу http. На рисунку 2.8 представлено розподіл обсягів трафіку за типами транспортних протоколів (OSI Layer4). Як видно з рисунка, найбільший обсяг трафіку передається з використанням стека TCP/IP (67,88%), на частку UDP/IP доводиться 31,23%.

Ці дані були також зняті програмою Wireshark (Рисунок 2.8).

Protocol	% Packets	Packets	% Bytes	Bytes	Mbit/s	End Packets	End Bytes	End Mbit/s
Frame	100,00 %	341756	100,00 %	369369484	0,388	0	0	0,000
Ethernet	100,00 %	341756	100,00 %	369369484	0,388	0	0	0,000
Internet Protocol Version 4	100,00 %	341756	100,00 %	369369484	0,388	0	0	0,000
Transmission Control Protocol	100,00 %	341756	100,00 %	369369484	0,388	314842	337844479	0,355
Hypertext Transfer Protocol	2,01 %	6881	1,80 %	6648960	0,007	4300	4836239	0,005
Secure Sockets Layer	5,66 %	19341	6,69 %	24728687	0,026	18943	24240539	0,025
Data	0,16 %	549	0,01 %	30195	0,000	549	30195	0,000
Malformed Packet	0,04 %	143	0,03 %	117163	0,000	143	117163	0,000

Рисунок 2.8 – Статистична ієрархія протоколів

Подальший аналіз проведений окремо по додаткам, що використовують TCP/IP та UDP/IP. Картина розподілу протоколів використовує стек TCP/IP представлена на рисунку 2.9.

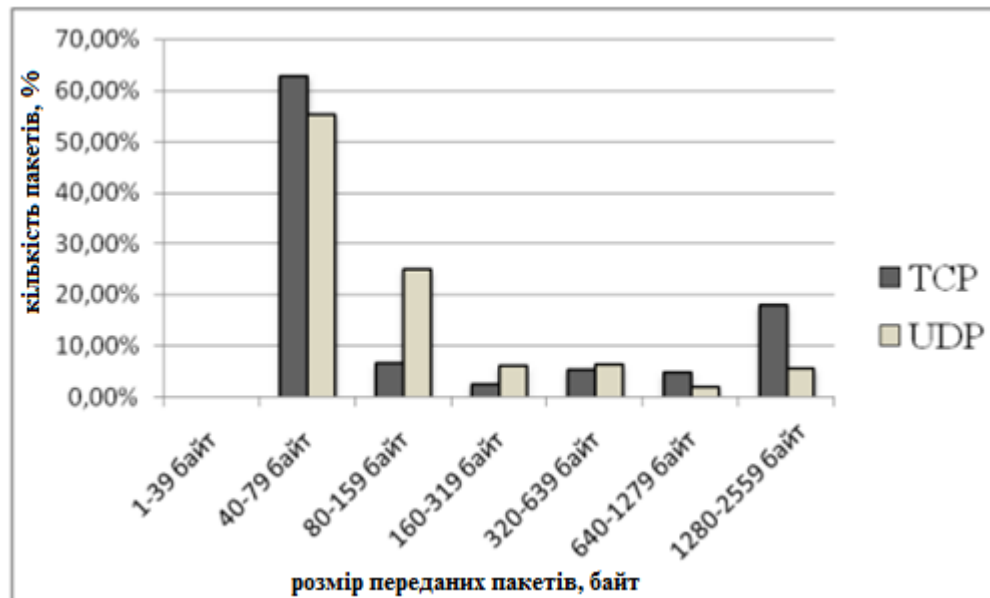
Protocol	% Packets	Packets	% Bytes	Bytes	Mbit/s	End Packets	End Bytes	End Mbit/s
Frame	100,00 %	341756	100,00 %	369369484	0,388	0	0	0,000
Ethernet	100,00 %	341756	100,00 %	369369484	0,388	0	0	0,000
Internet Protocol Version 4	100,00 %	341756	100,00 %	369369484	0,388	0	0	0,000
Transmission Control Protocol	100,00 %	341756	100,00 %	369369484	0,388	314842	337844479	0,355
Hypertext Transfer Protocol	2,01 %	6881	1,80 %	6648960	0,007	4300	4836239	0,005
eXtensible Markup Language	0,23 %	778	0,14 %	517893	0,001	778	517893	0,001
Media Type	0,03 %	113	0,02 %	78762	0,000	113	78762	0,000
Line-based text data	0,15 %	512	0,09 %	335669	0,000	512	335669	0,000
Portable Network Graphics	0,07 %	235	0,05 %	166486	0,000	228	158272	0,000
Malformed Packet	0,00 %	3	0,00 %	3241	0,000	3	3241	0,000
Hypertext Transfer Protocol	0,00 %	4	0,00 %	4973	0,000	0	0	0,000
Portable Network Graphics	0,00 %	1	0,00 %	1464	0,000	1	1464	0,000
Compuserve GIF	0,00 %	2	0,00 %	2015	0,000	2	2015	0,000
Malformed Packet	0,00 %	1	0,00 %	1494	0,000	1	1494	0,000
Compuserve GIF	0,09 %	306	0,04 %	152530	0,000	304	150719	0,000
Hypertext Transfer Protocol	0,00 %	1	0,00 %	317	0,000	1	317	0,000
Malformed Packet	0,00 %	1	0,00 %	1494	0,000	1	1494	0,000
JPEG File Interchange Format	0,16 %	544	0,12 %	460113	0,000	543	458619	0,000
Hypertext Transfer Protocol	0,00 %	1	0,00 %	1494	0,000	0	0	0,000
Portable Network Graphics	0,00 %	1	0,00 %	1494	0,000	1	1494	0,000
JavaScript Object Notation	0,01 %	21	0,00 %	6829	0,000	2	828	0,000
Line-based text data	0,01 %	19	0,00 %	6001	0,000	19	6001	0,000
Hypertext Transfer Protocol	0,02 %	58	0,02 %	76182	0,000	48	61988	0,000
Hypertext Transfer Protocol	0,00 %	10	0,00 %	14194	0,000	10	14194	0,000
Online Certificate Status Protocol	0,00 %	4	0,00 %	3317	0,000	4	3317	0,000
Malformed Packet	0,00 %	10	0,00 %	14940	0,000	10	14940	0,000
Secure Sockets Layer	5,66 %	19341	6,69 %	24728687	0,026	18943	24240539	0,025
Data	0,16 %	549	0,01 %	30195	0,000	549	30195	0,000
Malformed Packet	0,04 %	143	0,03 %	117163	0,000	143	117163	0,000

Рисунок 2.9 - Розподіл обсягів даних за додатками, що використовує стек TCP/IP

З представленої діаграми видно, що електронна пошта займає в загальному обсязі 12,41% (за протоколами smtp та ssl), дані (data) - 61,77%, обсяги даних обміну мереж класу Peer-to-Peer (bittorrent) - 2,69%, тоді як дані по протоколу прикладного рівня передачі даних http складають щонайменше 19,37%, частка http-трафіку перевищила частку Peer-to-Peer-мереж, з яких майже половина - це передача потокового відео і звуку. Основну частину даних такого трафіку становить перегляд користувачами www сторінок і передача файлів за допомогою протоколу http.

Розгляд потоків на рівні пакетів проведено з урахуванням використовуваного стека протоколів. З'ясувалося, що в чисельному вираженні

короткі пакети становлять більшу частку від загального числа переданих пакетів, тому доцільно від нормувати кількість пакетів конкретної довжини відповідно до обсягу перенесених даних. На рисунку 2.10 представлена діаграма розподілу довжин пакетів додатків, що використовують стеки TCP/IP та UDP/IP.

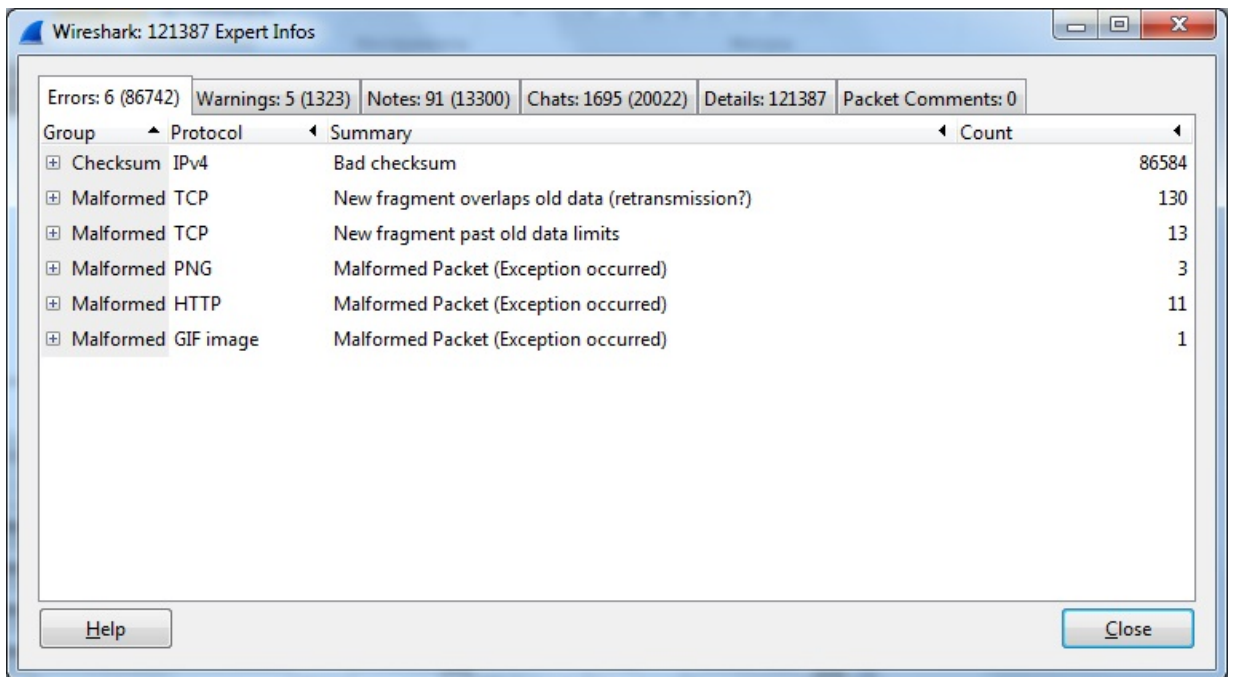


*Рисунок 2.10 - Розподіл переданого трафіку по довжинам IP пакетів для стека TCP/IP та UDP/IP*

Як видно з представленої діаграми, більше 60 % переданих обсягів даних по стеку TCP/IP переноситься пакетами розміром 40 - 80 байт. Аналіз розподілу довжин пакетів для додатків, що використовують стек UDP/IP, показує, що більша частина даних (більше 50 %) переноситься пакетами довжиною також 40-80 байт, а в цілому близько 80 % переноситься пакетами розміром 40-160 байт. Дійсно, більшу частину потоку цих додатків складають телефонні виклики VoIP із застосуванням кодека G.723.1, довжина пакета для якого становить: 20-24 байт (мова - 30 мс) + 20 байт (заголовок RTP) + 16 байт (заголовок UDP) + 20 байт (заголовок IP) = 80 байт. Таким чином, при визначенні політик забезпечення QoS слід орієнтуватися на довжини пакетів, що переносять велику частку трафіку даного додатка.

У ході експерименту проведено аналіз впливу довжини блоку даних на якість переданих пакетів даних. Для цього довжину вікна для прийому блоку

даних зменшили до 160 байт. Довжина вікна встановлюється на сервері DPS (Data Protocol Server - сервер протоколу даних) за допомогою системи управління мережею NMS (Network Management System). Проведено аналіз впливу розмірів блоку даних на кількість помилкових пакетів. На рисунку 2.11 (а, б) представлено, якого типу спостерігаються помилки. Результати експерименту наведені на рисунку 2.11.



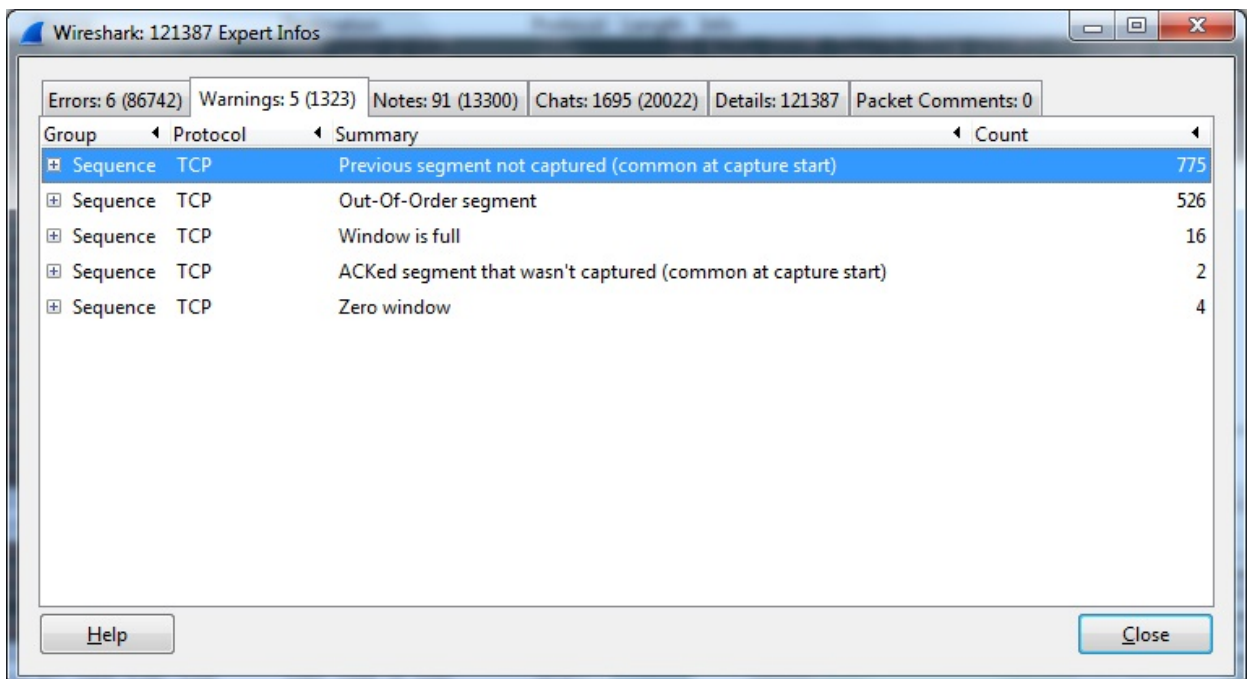
Wireshark: 121387 Expert Infos

Errors: 6 (86742) | Warnings: 5 (1323) | Notes: 91 (13300) | Chats: 1695 (20022) | Details: 121387 | Packet Comments: 0

Group	Protocol	Summary	Count
+	Checksum	IPv4 Bad checksum	86584
+	Malformed	TCP New fragment overlaps old data (retransmission?)	130
+	Malformed	TCP New fragment past old data limits	13
+	Malformed	PNG Malformed Packet (Exception occurred)	3
+	Malformed	HTTP Malformed Packet (Exception occurred)	11
+	Malformed	GIF image Malformed Packet (Exception occurred)	1

Help Close

а) помилки протоколів



Wireshark: 121387 Expert Infos

Errors: 6 (86742) | Warnings: 5 (1323) | Notes: 91 (13300) | Chats: 1695 (20022) | Details: 121387 | Packet Comments: 0

Group	Protocol	Summary	Count
+	Sequence	TCP Previous segment not captured (common at capture start)	775
+	Sequence	TCP Out-Of-Order segment	526
+	Sequence	TCP Window is full	16
+	Sequence	TCP ACKed segment that wasn't captured (common at capture start)	2
+	Sequence	TCP Zero window	4

Help Close

б) попередження протоколів



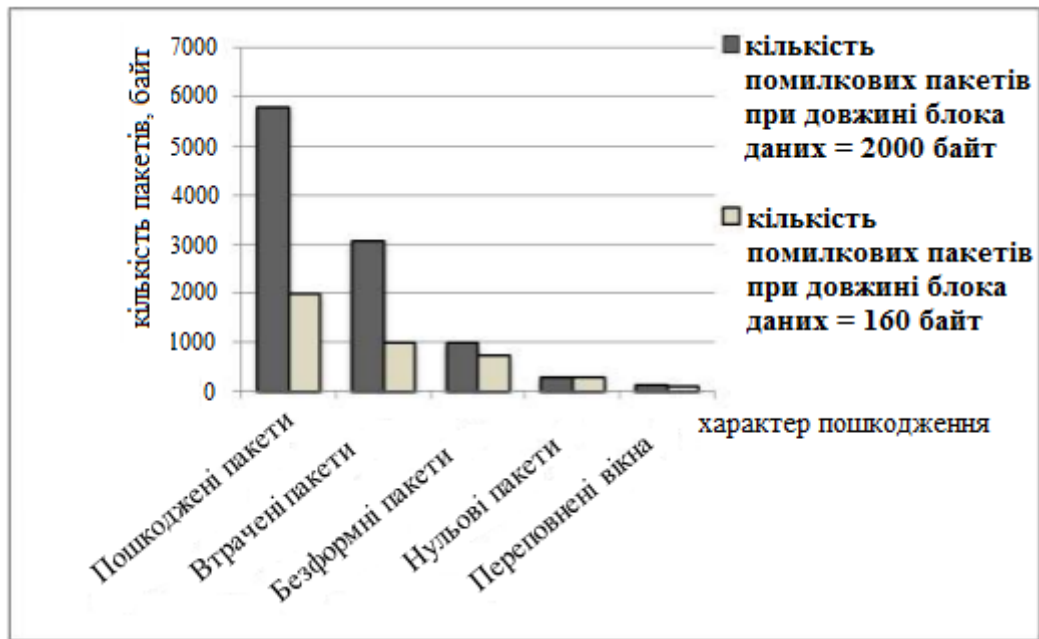


Рисунок 2.11 - Аналіз впливу розмірів блоку даних на кількість помилкових пакетів

З рисунка 2.11 видно, що зі зменшенням розмірів блоку даних кількість пошкоджених і втрачених пакетів знизилася майже в три рази.

Дослідження показали, що близько 80% переданих обсягів даних по стекам TCP/IP та UDP/IP переноситься короткими пакетами (40 - 160 байт), основну частину яких складає передача потокового відео та звука за допомогою протоколу http. Кількість помилкових пакетів помітно скоротилося при зменшенні розмірів блоку даних. В результаті можна стверджувати, що спостерігається поліпшення якості надаваних послуг в мультисервісних МПД.

## 2.5 Розрахунок теоретичних значень параметрів QoS роботи мережі

Сучасна тенденція конвергенції різних типів мереж призвела до необхідності перенесення мережею різного виду трафіку. Характеристики QoS (Quality of Service) особливо важливі в разі, коли мережа передає одночасно трафік різного типу, наприклад, голосовий трафік і трафік web-додатків. Це пов'язано з тим, що різні типи трафіку висувають різні вимоги до характеристик QoS.

У зв'язку з тим, що постійно збільшується обсяг мультисервісної інформації (дані, голос, відео), переданої в сучасних мультисервісних МПД, зростають вимоги до якості обслуговування трафіку, який генерується користувачами, абонентськими системами та самою мережею.

Важливими характеристиками в тесті QoS є наступні параметри:

- кругова затримка (round trip delay);
- коливання пакетів (jitter);
- втрата пакетів (packet lost).

Для розрахунку тимчасової затримки на мережі враховуються такі параметри як довжина оптичного кабелю і його тип, втрати у волокні, дані по дисперсії, відношення оптичний сигнал/шум, частота і рівень каналу, тип і параметри обладнання, в тому числі транспондерів, кількість мережевих елементів і точок регенерації. Основна величина затримки вноситься довжиною оптичного кабелю. Затримка, що вноситься обладнанням, незначно відображається на загальній величині тимчасової затримки каналу.

Вимірювання зазначених параметрів може проводитися для різних класів сервісу: real-time (реального часу), business critical (критичний для бізнесу) і best effort (найкращою спроби).

Розрахуємо теоретичні значення параметрів QoS. Розрахункові параметри QoS можуть бути використані при укладанні угоди про рівень обслуговування (SLA) зі сторонніми операторами в забезпеченні заданої якості обслуговування в наскрізному з'єднанні (end-to-end) для різних видів трафіку.

Необхідно визначити наступні параметри:

- кругова затримка;
- затримка розповсюдження;
- час очікування пакета в черзі на маршрутизаторі;
- затримка, яку вносить активне обладнання;
- втрата пакетів;
- коливання пакетів (jitter).

1) Кругова затримка

Кругова затримка (RTD - round-trip delay) – це сумарний час, необхідний для передачі пакета від джерела до одержувача і назад.

У загальному випадку кругова затримка включає в себе наступні види затримок:

- затримка розповсюдження сигналу;
- очікування пакета в черзі на маршрутизаторі;
- затримка, яку вносить активне обладнання.

За умови, що маршрутизація симетрична (використання одного маршруту від джерела до одержувача і назад) і проходить по найкоротших шляхах, кругова затримка розраховується наступним чином:

$$RTD = 2 \cdot (D_p + \sum D_{Qi} + \sum D_{a.e.i}), \quad (2.6)$$

де RTD - кругова затримка;

$D_p$  - затримка розповсюдження;

$D_Q$  - час очікування пакета в черзі на маршрутизаторі;

$D_{a.e.}$  - затримка, яку вносить активне обладнання.

2) Спочатку розрахуємо затримку поширення ( $D_p$ ).

Затримка поширення сигналу залежить від протяжності маршруту і швидкості поширення світлового потоку в оптичному волокні. Таким чином, затримка розповсюдження дорівнює:

$$D_p = \frac{R \cdot k}{c}, \quad (2.7)$$

де  $D_p$  - затримка розповсюдження;

$c$  - швидкість світла у вакуумі (м/с);

$R$  - протяжність маршруту (м);

$k$  - коефіцієнт заломлення матеріалу сердечника оптичного волокна, значення якого лежить в межах від 1,45 до 1,55 (ближче до 1,5).

3) Розрахуємо затримку поширення на 3000 км, при  $k = 1,5$ :

$$D_p = \frac{R \cdot k}{c} = \frac{3 \cdot 10^6 \text{ м} \cdot 1,5}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 15 \text{ мс},$$

У разі якщо протяжність маршруту R невідома, то значення R можна розрахувати з використанням коефіцієнтів, які оцінюються з D (air distance – пряма відстань між вузлами), відповідно до рекомендації ІТУ (G.826), в якій зазначено (див. таблицю 2.1):

Таблиця 2.1 – Розрахунок R відповідно з рекомендацією ІТУ (G.826)

Пряма відстань між вузлами (D)	Довжина маршруту (R)
$D < 1000$ км	$R = 1,5 \cdot D$
$1000 \text{ км} \leq D \leq 1200$ км	$R = 1500$ км
$D > 1200$ км	$R = 1,25 \cdot D$

4) Розраховуємо час очікування пакета в черзі на маршрутизаторі ( $D_Q$ ) за формуло:

$$D_Q = \frac{b}{r} \cdot \frac{1}{1-u}, \quad (2.8)$$

де b - середня довжина пакета (біт);

r - швидкість передачі каналу (біт/с);

u - середній коефіцієнт використання каналу.

При швидкості 100 Мбіт/с, довжині пакета 2000 байт = 16000 біт і середньому коефіцієнті використання каналу рівному 0,9 час очікування пакета в черзі становить:

$$D_Q = \frac{16 \cdot 10^3}{10^8} \cdot \frac{1}{1-0,9} = 1,6 \text{ мс.}$$

При швидкості 100 Мбіт/с, довжині пакета 160 байт = 1280 біт і середньому коефіцієнті використання каналу рівному 0,9 час очікування пакета в черзі становить:

$$D_Q = \frac{1280}{10^8} \cdot \frac{1}{1-0,9} = 0,28 \text{ мс.}$$

Чим менше довжина пакета, тим менший час очікування пакета в черзі. Це відноситься до одного маршрутизатора на шляху від джерела до

одержувача. В цілому, затримки на маршрутизаторах завжди менше 1 мс, якщо канали не перевантажені.

5) Знайдемо затримку, внесену активним обладнанням ( $D_{a.e.}$ ).

Затримка, що вноситься активним обладнанням ( $D_{a.e.}$ ) – це сумарне значення затримок внесених наступним обладнанням:

- компенсаторами дисперсії;
- транспондерами;
- 3R регенераторами;
- іншим активним обладнанням.

Значення затримок, що вносяться активними елементами мережі та використовуються для розрахунку, наводяться постачальниками в технічній документації до обладнання.

$$D_{a.e.общ.} = D_{a.e.1} + D_{a.e.2} + \dots + D_{a.e.n} = \sum D_{a.e.i}. \quad (2.9)$$

Наприклад, для обладнання Cisco дані по затримці, що вноситься компенсаторами дисперсії такі (див. таблицю 2.2):

Таблиця 2.2 – Затримка у волокні компенсаторів дисперсії

<b>DCM module</b>	<b>Propagation delay (µs)</b>
DCM-2.5	1
DCM-5	3
DCM-7.5	5
DCM-10	7
DCM-20	15
DCM-30	22
DCM-40	30
DCM-50	38
DCM-60	45
DCM-70	53
DCM-80	61
DCM-90	68

Затримка, що вноситься транспондером, залежить від того, чи є транспондер одночасно і концентратором (мультиплексор - TRBC) та характером клієнтського сигналу (чи розміщений клієнтський сигнал в OTU чи ні). Внесена затримка береться з наступних даних:

- TRBD UNI = 150  $\mu$ s (приклад OTU2 лінійний інтерфейс, STM64/10GE клієнтський інтерфейс);
- TRBC UNI = 150  $\mu$ s (приклад OTU2 лінійний інтерфейс, STM16 клієнтський інтерфейс);
- TRBD NNI = 160  $\mu$ s (приклад OTU2 лінійний інтерфейс, OTU-2 клієнтський інтерфейс);
- TRBC NNI = 175  $\mu$ s (приклад OTU2 лінійний інтерфейс, OTU-1 клієнтський інтерфейс);
- Затримку на транспондері потрібно вважати на всіх транспондерах від клієнтського до клієнтського інтерфейсу: на прийомі, на передачі, на проміжних R3 регенераторах.

б) Розрахуємо втрату пакетів. Рівень втрати пакетів визначається кількістю пакетів, що відкидаються мережею під час передачі. Одними з основних причин втрати пакетів є перевантаження мережі і пошкодження пакетів під час передачі по лінії зв'язку. Також відкидання пакетів може бути викликано недостатнім розміром вхідного буфера [18].

Коефіцієнт втрати пакетів визначається наступною формулою (2.10):

$$K_{\text{втрат}} = \frac{N_{\text{втрат}}}{N_{\text{втрат}} + N_{\text{отриманих}}} \cdot 100\%, \quad (2.10)$$

де  $N_{\text{втрат}}$  - кількість втрачених пакетів;

$N_{\text{отриманих}}$  - кількість пакетів, отриманих успішно.

Кількість переданих пакетів 115303, втрачених (або пошкоджених) - 488, при цьому кількість доставлених пакетів 114800, то коефіцієнт втрати пакетів буде наступний:

$$K_{\text{втрат}} = \frac{488}{488 + 114800} \cdot 100\% = 0,4\%.$$

### 7) Коливання пакетів (jitter)

Параметр визначається в RFC 3393 як різниця наскрізних затримок проходження двох пакетів. Значення jitter для і-ого та j-того пакетів буде розраховуватися за формулою (2.11):

$$D_{i,j} = (R_j - R_i) - (S_j - S_i) = (R_j - S_j) - (R_i - S_i), \quad (2.11)$$

де R - час відправки пакета (с);

S - час доставки пакета (с).

## 2.6 Визначення швидкості обслуговування із застосуванням теорії масового обслуговування

Модель системи масового обслуговування (СМО) є однією з основних моделей, які використовуються інженерами-зв'язківцями. Вона розглядається в теорії черг або в теорії масового обслуговування. Отже, в теорії масового обслуговування поширена термінологія, запозичена з телефонії (заявки, вимоги, канали обслуговування, виклики і т.д.).

Теорія СМО пов'язана безпосередньо з математичними моделями (з їх розробкою і аналізом), що описують процес обслуговування деяких об'єктів, які надходять у вигляді деякого потоку на вхідний пристрій обслуговуючого приладу, і в загальному випадку утворюючого там чергу. У зв'язку з тим, що розглядаються абстрактні (математичні) моделі, природа обслуговуваних об'єктів абсолютно не важлива, а також їх фізичні властивості (чи будуть це виклики, інформаційні кадри в мережах зв'язку або покупці в магазині).

Важливим є правила та математичні закони обслуговування цих об'єктів, моменти їх появи, так як від цих законів і моментів залежить, чи адекватно відобразиться еволюція модельованого об'єкта в часі. Методи аналізу черг припускають абстрактні (математичні) моделі, а з контексту ми завжди повинні розуміти, досліджуючи яку реальну систему необхідно застосовувати ці моделі.

Використання системи масового обслуговування як моделі має на меті аналізу якості функціонування вищевказаних оригінальних систем.

Мережі масового обслуговування (MeMo) використовуються для визначення найбільш важливих системних характеристик інфокомунікаційних систем: часу доставки пакетів, продуктивності, ймовірності блокування у вузлах мережі і втрати повідомлень, допустимі значення навантаження, при яких виконується забезпечення необхідної якості обслуговування QoS та ін.

Фундаментальним в теорії MeMo є поняття стану мережі. Найважливішою характеристикою MeMo є ймовірності їх станів. Щоб визначити ймовірності станів MeMo необхідно досліджувати випадковий процес, що протікає в мережі.

За моделі протікаючих процесів в MeMo найчастіше використовуються марковські та напівмарковських. Функціонування експоненційних MeMo описує марківський процес з безперервним часом. Експонентна мережа - це мережа, в якій входять до кожної СМО потоки вимог пуассонівські, а час всіх етапів обслуговування, які реалізується на будь MeMo, мають експоненційний розподіл. Отже, можна вважати, що етапи обслуговування не залежать один від одного, від параметрів вхідного потоку, від стану мережі.

Теорія експоненційних MeMo найбільш розроблена. Вона широко застосовується як для дослідження МПД, так і для дослідження мультипроцесорних обчислювальних систем (ОС). Глибокий аналіз немарковских моделей систем зв'язку являє собою значні труднощі, які обумовлені, перш за все, відсутністю незалежності тривалості вимог у різних вузлах моделі систем зв'язку з нестандартними дисциплінами. При досить реалістичній, на перший погляд, гіпотезі про те, що довжина вимоги зберігається постійною в процесі передачі його через мережеві вузли, необхідно відстежувати шлях кожної вимоги, що представляє неможливим аналітичний розрахунок характеристик для мережі з кількістю вузлів  $M > 2$ .

Аналіз, присвячених розрахунку чи дослідженню немарковских моделей, робіт показав, що рішення алгоритмічно виходять, застосовуючи складні



чисельні розрахунки з методом перетворень Лапласа-Стілтєса. Програмна реалізація, рішення дуже трудомістка, при великому та середньому навантаженні мають місце значні похибки при оцінці показників продуктивності інфокомунікаційних систем (ІС). У зв'язку з вищезазначеним, для моделювання МеМо, які виходять з класу мультиплікативних, використовуються наближені методи.

Аналітичні методи розрахунку характеристик інфокомунікаційних систем базуються на аналізі експоненційних МеМО. Використовуючи даний математичний апарат, можна прийти до аналітичних моделей для вирішення великого кола задач дослідження СМО. СеМО, насамперед, являють собою сукупність взаємопов'язаних СМО.

Основні особливості цих систем:

- Вимоги (заявки) на обслуговування надходять через випадкові чи постійні інтервали часу. Канали (прилади) використовуються для обслуговування цих заявок.

- Процес обслуговування триває деякий постійний або випадковий час. Коли заявка надходить і в цей час всі канали зайняті, то вона відправляється в буфер і чекає початку обслуговування. Заявки, які знаходяться в буфері, утворюють чергу на обслуговування. У разі якщо осередки буфера всі зайняті, то система відповідає заявці відмовою в обслуговуванні і вона втрачається. Однією з основних характеристик СМО є ймовірність відмови (ймовірність втрати заявки). СМО розрізняють за обсягом буфера: СМО змішаного типу, де буфер має кінцеве число заявок, СМО з очікуванням, де буфер не обмежений і з відмовами, де відсутній буфер. У СМО з очікуванням - немає втрат заявок, в СМО з відмовами відсутні черги, в змішаному СМО можливо і те й інше.

- Заявки також розрізняють за пріоритетом. У першу чергу обслуговуються заявки з більш високим пріоритетом. Абсолютний пріоритет дає можливість зупинити на деякий час обслуговування неважливої заявки, а також в приладі або в буфері зайняти її місце. Витіснена заявка втрачається або чекає в буфері, коли її обслужать. Але при цьому вже потрібно відновити

обслуговування раніше витісненої заявки спочатку, не продовжуючи з точки переривання. Однак, якщо заявка з буфера витіснена, вона, звичайно, втрачається. В обчислювальних системах, наприклад, абсолютний пріоритет мають команди оператора. Відносний же пріоритет дає право першим зайняти звільнившись прилад. Однак він не дає право витіснити заявку з буфера або приладу. Відносний й абсолютний пріоритети розрізняються також моментом дії: відносний реалізується, коли звільняється прилад, а абсолютний - в момент надходження.

- Бувають фіксовані і динамічні пріоритети. Найчастіше фіксовані пріоритети називаються дисципліною обслуговування. Вона задає порядок вибору заявок однакового пріоритету в звільнившись прилад з черги. Виділимо наступні основні дисципліни: RAND (Random): випадковий вибір з черги, LIFO (Last Input - First Output): останнім прийшов – першим обслужений, FIFO (First Input - First Output): першим прийшов – першим обслужений. У побутових умовах найчастіше має місце дисципліна FIFO.

- LIFO здійснюється в буфері, який організований за принципом стека. Ця дисципліна може бути доцільною, наприклад, при передачі інформації, якщо її цінність з часом швидко падає. У теорії СМО важливе місце займає поняття випадкового потоку. Випадковий потік – це деяка послідовність подій, що входять у випадкові моменти часу. Він зазвичай задається функцією розподілу величини інтервалу (проміжку) між часом настання подій. Відзначимо, що в пуассоновском потоці відсутні після дії. Якщо крім цього виконуються умови ординарності і стаціонарності, то пуассоновский потік вважається найпростішим [20].

Відомо, що розподіл для стаціонарного потоку не залежить від положення інтервалу на осі часу, а залежить тільки від його тривалості. Відсутність післядії говорить про незалежність кількості подій в не перекриваючихся інтервалах. Властивість ординарності полягає в тому, що ймовірність появи більше однієї події на нескінченно маленькому інтервалі має порядок малості вище, ніж вірогідність появи однієї події на цьому ж інтервалі.

З метою позначення типу СМО Башарінім і Кендаллом запропонована система позначень виду  $\Delta|\Theta|\Xi|\Omega$ .

Звідси  $\Delta$  – значення закону розподілу ймовірностей для інтервалів надходження,  $\Theta$  – значення закону розподілу ймовірностей для часу,  $\Xi$  – число каналів обслуговування,  $\Omega$  – число місць у черзі.

Закони зазвичай позначаються буквами з наступного списку:

- M – експоненціальний закон;
- R – рівномірний закон;
- $E^k$  – закон Ерлангу порядку k;
- G – довільний (будь-якого виду);
- D – детермінований (постійна величина) та інші.

Якщо число місць у черзі необмежено, то позиція  $\Xi$  не вказується.

Наприклад, M | M | 1 означає звичайну СМО – ці розподіли експонентні, канал обслуговування один, черга не обмежена. Позначки R | D | 2 | 100 означають, що СМО з рівномірним розподілом інтервалів надходження викликів, фіксованим часом їх обслуговування, двома каналами і 100 мест в черзі. В даній СМО заявки, надходять тоді коли всі місця в черзі зайняті, втрачаються (тобто залишають систему).

Приміром, використовуючи математичний апарат теорії СМО, можна обчислити залежність часу передачі кадрів від швидкості роботи Інтернету без підключення до реальної мережі. Подібні обчислення дозволяють відповісти на велику кількість запитань, що стосуються продуктивності мережі. Стає зрозумілим, яким є середній час затримки кадрів на маршрутизаторі, як може вплинути зростання швидкості роботи каналу зв'язку глобальної мережі на величину цих затримок і при яких умовах зростання швидкості обміну інформацією по каналах глобальної мережі не приведе до істотного зростання продуктивності моста/маршрутизатора. Розрахуємо швидкість обслуговування у мережі [22].

Кількість станцій – 300 (з урахуванням підключення резервних і додаткових терміналів). Число кадрів або транзакцій від однієї станції - 500.

Режим роботи 24 години на добу (цілодобовий). У ЧНН від всього числа переданих кадрів передається 20 %. Розрахунки зробимо для різних розмірів кадру - 2000 байт і 160 байт.

Загалом, через HUB в годину проходить:

- при нормальному розподілі:

$$N = 300 \cdot 500 / 24 = 6250 \text{ кадрів};$$

- при Гауссівському розподілі:

$$N = 300 \cdot 500 \cdot 0.2 = 30000 \text{ кадрів.}$$

Щоб визначити швидкість надходження кадрів, необхідно розділити отримані числа 3600:

- при нормальному розподілі  $6250 / 3600 = 1,736$  кадрів в секунду;
- при Гауссівському розподілі  $30000 / 3600 = 8,333$  кадрів в секунду.

Для того, щоб розрахувати швидкість обслуговування, необхідно задати значення швидкості роботи глобальної мережі. І при цьому абсолютно неважливо, наскільки швидкість обміну інформацією по глобальній мережі, взята в якості початкового наближення, близька до оптимальної, тому що обчислення можна з легкістю повторити для іншого значення швидкості. Швидкість обміну інформацією дорівнює 64 кбіт/с. Необхідний час для передачі одного кадру довжиною 2000 байт, складе 0,25 секунди.

Таким чином, очікуваний час обслуговування дорівнює 0,25 секунди. Далі отримуємо середню швидкість обслуговування, взявши її обернену величину, яка складає всього лише 4 кадри в секунду. З вищевикладених розрахунків бачимо, що при Гауссівському розподілі швидкість надходження кадрів перевищує швидкість обслуговування, що неприпустимо. Таким чином, даний канал не справляється з поступаючим трафіком [26].

Тепер розрахуємо час для передачі одного кадру довжиною 160 байт.

$$1280 / 64000 = 0,02 \text{ (секунди).}$$

Таким чином, очікуваний час обслуговування дорівнює 0,02 секунди. Далі отримуємо середню швидкість обслуговування, яка становить 50 кадрів в

секунду. З вищевикладених розрахунків бачимо, що швидкість обслуговування перевищує швидкість надходження кадрів. Таким чином, даний канал справляється з поступаючим трафіком. Знайдемо степінь використання технічних можливостей обслуговуючого пристрою ( $P$ ) в одно канальній однофазній системі, поділивши середню швидкість надходження замовлень на середню швидкість обслуговування:

- при нормальному розподілі  $P = 1,736 / 50 = 0,03472 = 3,5 \%$  ;
- при Гауссівському розподілі  $P = 8,333 / 50 = 0,16666 = 16,7 \%$ .

Тепер, знаючи ступінь використання обслуговуючого пристрою, визначимо ймовірність відсутності обслуговуваних кадрів (замовлень) в даний момент часу. Позначимо цю ймовірність як  $P_0$ . Вона рівна одиниці мінус ступінь використання каналу ( $P_0 = 1 - P$ ).

- при нормальному розподілі  $P_0 = 1 - 0,03472 = 0,96528 = 96,5 \%$ ;
- при Гауссівському розподілі  $P_0 = 1 - 0,16666 = 0,83334 = 83,3 \%$ .

Застосувавши цей метод розрахунку ми визначили, що при Гауссівському розподілі навантаження на канал його швидкість повинна складати 64 кбіт/с. Ймовірність відсутності кадрів в системі - 83,3 %. Ступінь використання каналу 16,7 %.

## 2.7 Розрахунок середнього часу відгуку мережі

У роботі подано фрагмент мережі без встановлення з'єднання з комутацією пакетів, що складається з двох вузлів, які з'єднують їх дуплексні канали. Інтенсивність потоку у вхідному вузлі  $\lambda = 50$  пак/с, пропускна здатність дуплексного каналу між вузлами дорівнює:

$$C_T = N \cdot C_L, \quad (2.12)$$

де  $N$  – число вихідних каналів;

$C_L = 64.0$  кбіт/с – пропускна здатність абонентської лінії.

Кожен прийнятий пакет генерує окреме підтвердження фіксованої довжини  $L_1 = 60$  байт = 1280 біт,  $m_c = 4000$  байт 32000 біт – поле випадкової довжини. Знайдемо середній час відгуку  $T_D$  від вузла до вузла.

Розробимо програму для розрахунку даного параметра, а також побудуємо залежність середнього часу відгуку  $T_D$  від величини поля випадкової довжини  $m_c$ .

У мережі передачі даних, не орієнтованих на з'єднання, кожен пакет доставляється індивідуальним маршрутом, і передача пакета вважається завершеною тільки після отримання підтвердження про його прийом.

Мережа складається з двох вузлів і з'єднуючих їх дуплексних каналів.

Для порівняння результатів з мережею із комутацією каналів будемо вважати повну інтенсивність потоку у вхідному вузлі, рівною  $\lambda$ , пропускну здатність дуплексного каналу між вузлами рівною  $C_T = N \cdot C_L$  в кожному напрямку, де величина  $C_L$  визначає максимальну швидкість доступу до сайту від індивідуального абонента (пропускна спроможність абонентської лінії). У цій мережі принципово відсутні витрати часу на встановлення з'єднання, однак, в якості накладних витрат виступає час на отримання підтверджень про прийом пакету. Розглянемо два способи передачі підтверджень. Перший полягає в передачі від вузла. В окремих пакетах з інформацією про підтвердження, а другий передбачає, що в інформаційні пакети зворотного напрямку вбудовуються спеціальні поля бітів підтвердження про прийом пакетів зустрічного напрямку [29].

Розглянемо спочатку перший спосіб. Нехай кожен прийнятий пакет генерує окреме підтвердження фіксованої довжини  $L_1$  біт. Тим самим у кожному вузлі утворюється потік пакетів змінної довжини, що складаються з деякого фіксованого поля довжини  $L_1$  і поля випадкової довжини з середнім значенням  $m_c$ . Такі пакети надходять в чергу на вхідному вузлі і обслуговуються в порядку надходження. Зрозуміло, що тут ми повинні використовувати модель СМО з довільним розподілом часу обслуговування в силу специфіки структури пакетів. Поставимо задачу: знайти середній час

відгуку  $T_D$  від вузла до вузла, використовуючи модель M/G/1. Знайдемо середнє значення часу обслуговування на один пакет. Оскільки весь вихідний потік вузла зчитується в канал зі швидкістю  $C_T$ , то час на передачу дорівнюватиме:

$$\frac{(L_I + m_c)}{C_T} = t_h + t_m, \quad (2.13)$$

Перша складова являє собою час на передачу «заголовків», а друга складова - час на передачу власне даних. Середня довжина підтверджень також дорівнює  $t_h$ . Таким чином, середній «еквівалентний» час обслуговування в системі M/G/1 слід прийняти рівним:

$$M(\tau) = \frac{1}{2} \cdot (t_h + t_m) + \frac{1}{2} \cdot t_h. \quad (2.14)$$

Оскільки надходження двох типів вхідних повідомлень рівноймовірні, і обслуговування відбувається у порядку надходження, можна вважати, що коефіцієнт використання для даної системи буде визначатися як:

$$\rho = 2 \cdot \lambda \cdot M(\tau) = \lambda \cdot (2 \cdot t_h + t_m) = \rho_M \left( \frac{1 + 2 \cdot t_h}{t_m} \right). \quad (2.15)$$

Був введений параметр  $\rho_M = \lambda \cdot t_m$  - ефективний коефіцієнт використання переданих через канал бітів. Його зміст повністю збігається з введеним вище позначенням коефіцієнта для мережі з комутацією каналів. Дійсно з співвідношень:

$$\rho_M = \frac{\lambda \cdot T_M}{N}, \quad (2.16)$$

$$T_M = \frac{m_c}{C_L}, \quad (2.17)$$

$$t_m = \frac{m_c}{C_T}, \quad (2.18)$$

$$C_T = N \cdot C_L \Rightarrow t_m = \frac{T_M}{N}, \quad (2.19)$$

Таким чином, ми ввели для мережі з комутацією пакетів параметр порівняння, що співпадає з параметром мережі, орієнтованої на з'єднання [30].

Для СМО типу M/G/1 середній час очікування залежить від другого моменту розподілу часу обслуговування. Знайдемо

$$M(\tau^2) = 0.5 \cdot (t_h^2 + (t_m + t_h)^2 + t_m^2). \quad (2.20)$$

Використовуючи формули Полячека-Хінчина, отримуємо вираз для середнього значення часу очікування пакету в системі:

$$I(W) = \frac{\lambda}{2} \frac{[t_h^2 + (t_m + t_h)^2 + t_m^2]}{1 - \rho}, \quad (2.21)$$

$$I(W) = \frac{\rho_M [t_h^2 + (t_m + t_h)^2 + t_m^2]}{1 - \rho}.$$

У кінцевому рахунку загальний час відгуку від вузла до вузла складається з щойно отриманого часу затримки в черзі у вузлі А й затримки в черзі підтверджень у вузлі В, а також середнього часу передачі пакету і часу передачі підтвердження.

Шуканий час дорівнює:

$$T_D = t_m + 2 \cdot t_h + 2 \cdot M(W). \quad (2.22)$$

За отриманими результатами побудуємо залежність середнього часу відгуку мережі від поля випадкової довжини (див. рисунок 2.12).

У даній роботі представлено характеристики якості обслуговування в мультисервісних СПД і розраховали основні якісні показники, такі як середній час відгуку від вузла до вузла (0,307 с) при пропускну́й здатності абонентської лінії  $C_L = 64$  кбіт/с.

Також в даній роботі була побудована залежність часу відгуку від поля випадкової довжини пакету. З'ясувалося, що при збільшенні поля випадкової довжини, починаючи з довжини, що дорівнює 25000 біт, відбувається різке збільшення часу відгуку (сумарний час затримки на передавальному вузлі, затримки в черзі підтвердження на приймальному вузлі і середнього часу передачі пакету і часу підтвердження).





Рисунок 2.12 - Залежність часу відгуку від поля випадкової довжини

## 2.8 Дослідження впливу структури трафіку на характеристики якості обслуговування

В якості фрагмента мережі, модельованої в ns2, обрана схема рис. 2.13.

Дана схема розглядається як базова. Схема ( рис. 2.13) організована таким чином, щоб імітувати ситуації в реальній мережі. Досліджуваний трафік передається між джерелом 2 (source2) і одержувачем 2 (destination2). В якості конкуруючих з даним потоком передається трафік від джерела 1 (source1) до одержувача 1 (destination1), створюваний завантаженням текстових файлів, від джерела 3 (source3) до одержувача 3 (destination3) - трафік передачі голосу.

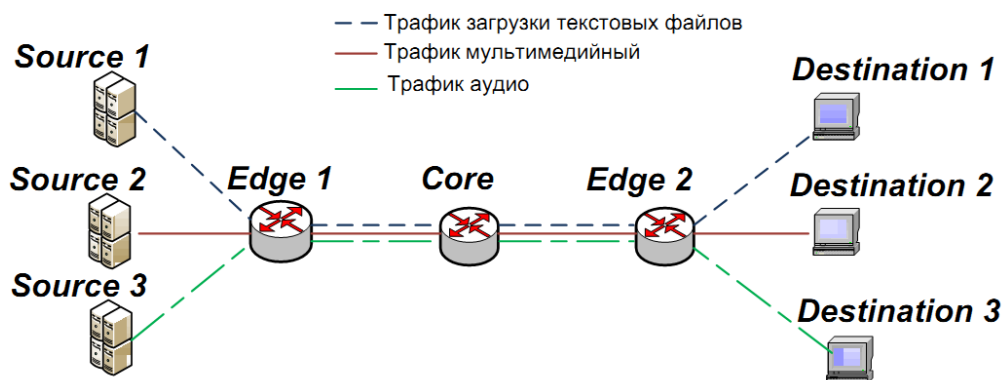


Рисунок 2.13 - Схема локальної обчислювальної мережі

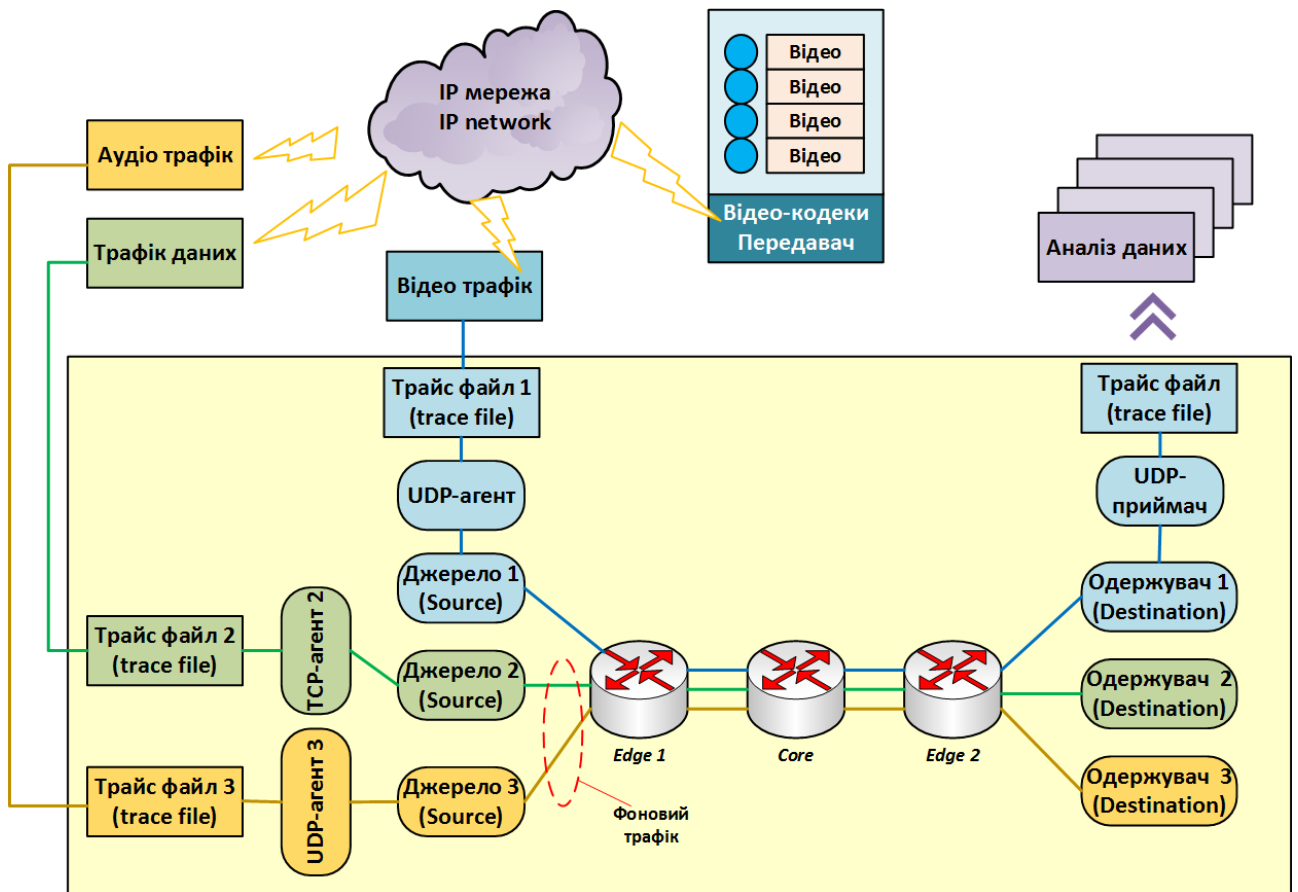


Рисунок 2.14 - Схема локальної обчислювальної мережі (програмна реалізація)

Дані потоки є фоновими для досліджуваного трафіку. Кожному потоку призначається свій пріоритет. Збір реалізацій фонових трафіків був проведений аналогічно збору досліджуваних трафіків. Моделювання та обробка даних з використанням схеми (рис. 2.14) програмно реалізується згідно зі схемою (рис. 2.13).

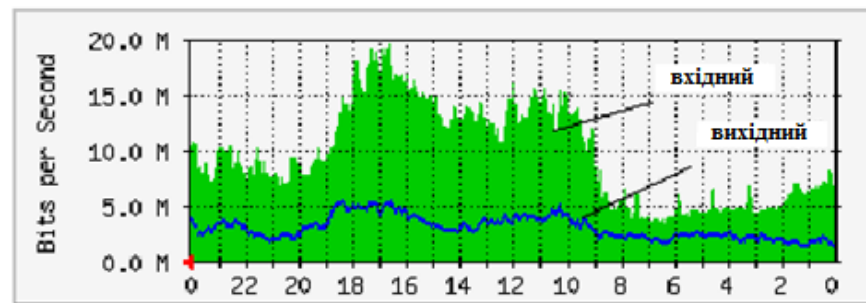
Функції якості обслуговування в мережах IP (IP QoS) полягають у забезпеченні гарантованого та диференційованого обслуговування мережевого трафіку шляхом передачі контролю за використанням ресурсів і завантаженням мережі її оператору [32]. QoS являє собою набір вимог, що пред'являються до ресурсів мережі при транспортуванні потоку даних. QoS забезпечує наскрізну

гарантію передачі даних і заснованих на системі правил контролю за засобами підвищення продуктивності IP-мережі, такими, як механізм розподілу ресурсів, комутація, маршрутизація, механізми обслуговування черг і

механізми відкидання пакетів. Саме за рахунок описаних вище функцій IP QoS дозволить забезпечити необхідну якість послуг реального часу в умовах перевантажень магістрального каналу. [6]

На рисунку 2.15 показані показники добового навантаження абонентів протягом, записані на користувачі в системі NMS – Network Management System.

На графіку помітно, що години найбільшого навантаження (ГНН) за часом припадають на 16:00-18:00 год., але розподіл вхідного і вихідного трафіку істотно розрізняється. Такий же ГНН був зафіксований програмою Wireshark. Абоненти в основному є користувачами послуги, та їх трафік в основному – вхідний, відносно рідше надає послугу, і менша частина трафіку відповідно – виходить. У той же час з точки зору споживача WEB-послуга більш вимоглива до якості – транспортні затримки викликають помітний дискомфорт.



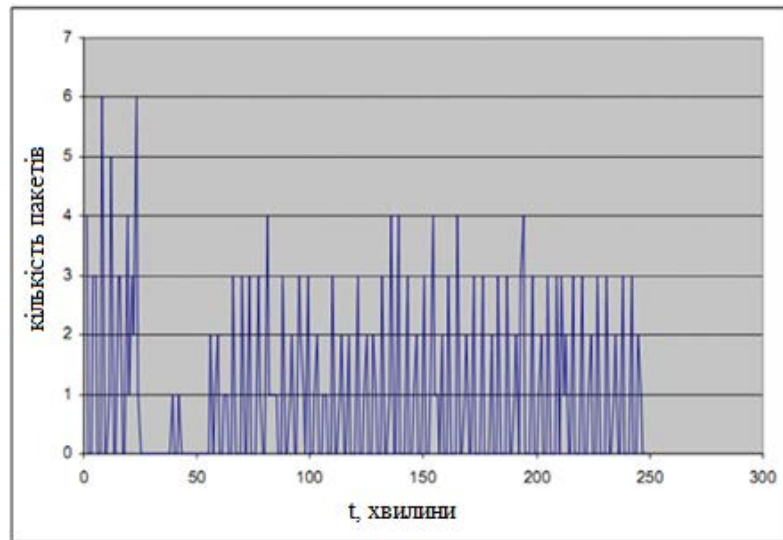
*Рисунок 2.15 - Добовий трафік по системі NMS*

## 2.9 Аналіз ефективності роботи алгоритмів управління та забезпечення QoS

Розглянемо аналіз статистичних характеристик реального трафіку пакетів окремих протоколів (однорідного) і всього трафіку (мультисервисного) в цілому.

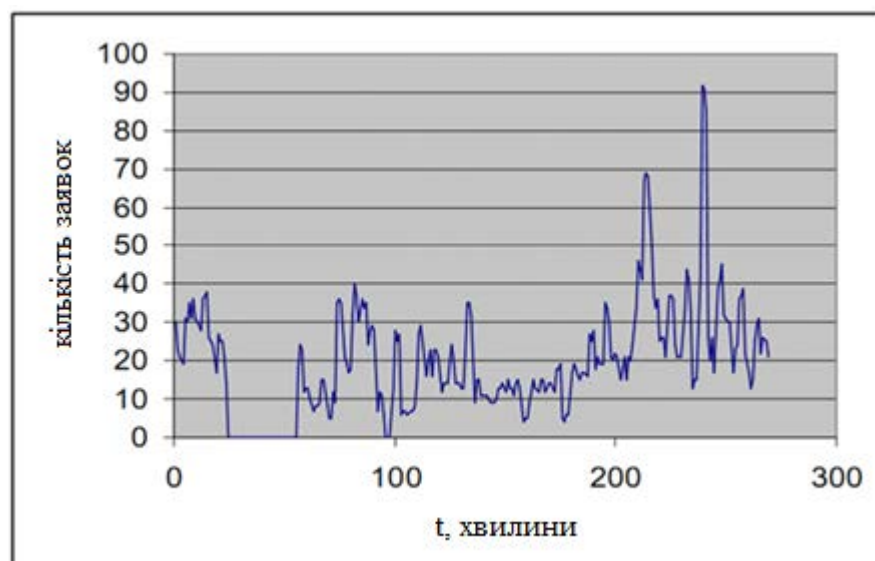
Реальний потік сформований великою кількістю джерел: DHCP, IGMP, MPEG-1 Audio, MPEG video-stream, ARP, STP, UDP та інші. Вимірювані дані

свідчать про те, що для мультисервісного трафіку характерна сильна нерівномірність інтенсивності надходження заявок і пакетів. Заявки і пакети розосереджені в різних інтервалах часу і можуть групуватися в «пачки» в одних інтервалах, а також повністю відсутніми в інших інтервалах часу (рис. 2.16 та рис. 2.17).



*Рисунок 2.16 - Інтенсивність надходження пакетів IGMP*

У пачковому трафіку при невеликому середньому значенні інтенсивності надходження пакетів (інтенсивність трафіку) присутня достатня кількість відносно великих викидів. Наприклад, для трафіку IGMP, середнє значення становить 0,94 пакетів в хвилину за інтервал 267 хвилин, а окремі викиди досягають до 6 пакетів на хвилину.



*Рисунок 2.17 - Інт енсивніст ь надходж ення пакет ів MPEG-1 Audio*

Для потоку MPEG-1 Audio середня інтенсивність надходження становить 19,8 пакетів в хвилину за інтервал 270 хвилин, а окремі викиди складають 92 пакетів в хвилину. У табл. 2.3 представлені розраховані кількісні характеристики реального трафіку.

Таблиця 2.3 – Статистичні характеристики реального трафіку

Найменування	IGMP	MPEG-1 Audio	DHCP	ARP	Загальний
Математичне очікування	0,88755	19,32932	1,012	1,895	0,002116
Дисперсія	196,338	502,1232	270,963	865,28	0,000227
Середньоквадратичне відхилення	14,0403	22,4081	16,4609	29,415	0,015067
Коефіцієнт варіації	15,8191	1,159	16,46	15,51	7,12
Інтенсивність	0,0155	0,3308	0,0169	0,03	17,195

З рис. 2.16 та рис. 2.17 видно, що інтенсивність трафіку являє собою випадковий процес, флуктуації який можна оцінити такими характеристиками, як пачковість та пік-фактор. При цьому навіть протокол TCP, що гарантує надійну передачу послідовності пакетів, може не забезпечити якість обслуговування в «моменти» пікового навантаження мережі [38].

Діапазон інтервалу часу між вимогами визначається за формулою:

$$S = \frac{\sigma^2}{\Lambda}, \quad (2.23)$$

де  $S$  – коефіцієнт скупченості навантаження або пік-фактор трафіку;

$\Lambda$  – інтенсивність;

$\sigma^2$  – середньоквадратичне відхилення.

Аналіз коефіцієнта скупченості однорідних потоків показав, що  $\sigma^2$

перевищує  $\Lambda$  від десятків в сотні разів.

Через це в пачковому трафіку при порівняно невеликому середньому значенні інтенсивності надходження пакетів присутня певна кількість відносно великих викидів. Абоненти, що створюють трафік, відрізняються між собою значеннями питомої інтенсивності навантаження і джерела кожної служби мають різні швидкості передачі інформації або змінюються в процесі сеансу зв'язку.

Об'єднаному потоку пакетів властива «пачковість» трафіку (burstness), вимірювана коефіцієнтом пачковості, що обумовлює ще більшу нерівномірність загального трафіку.

Дослідження об'єданого трафіку реального часу на самоподібність методом нормованого розмаху вказують, що параметр Херста  $H$  дорівнює 0,9; для однорідних потоків ARP і DHCP показник  $H$  дорівнює відповідно 0,85 і 0,86.

Для опису трафіку в мультисервісних IP-мережах найбільш широко використовують розподіл з важким хвостом, зокрема, розподіл Парето, в яких параметр потоку  $\alpha$  характеризує «тяжкість» хвоста розподілу і визначає пачкову структуру процесу.

Для вимірних трафіків запитів ARP і DHCP визначені «тяжкість хвоста»  $\alpha$  рівний відповідно 1,5453 та 1,434.

На основі розроблених в програмному середовищі NS2 імітаційних моделей що надходять на маршрутизатор потоку показано, що зі збільшенням параметра  $H$  мультисервісного потоку, пропускна здатність каналу не справляється з самоподібним навантаженням і ростуть затримки, тобто збільшується час, який потрібен пакету для його передачі з одного пункту в інший. На рис. 2.18 показано, що зі збільшенням параметра  $H$  зростає затримка обробки трафіку маршрутизатором [40]. Час затримки, що вноситься мережею можна зменшити за рахунок пріоритетного обслуговування відповідних вимог або раціональним вибором типу маршрутизатора.

Результати дослідження імітаційних моделей наведені в табл.2.4.



Рисунок 2.18 - Залежність часу затримки від завантаження пропускної здатності маршрутизатора самоподібним потоком

Таблиця 2.4 - Результати дослідження імітаційних моделей

Завантаження	Без пріоритету		З пріоритетом	
	Сер. довжина черги, клієнтів	Сер. час у черзі, с	Сер. довжина черги, клієнтів	Сер. час у черзі, с
0,70	0,056	55,585	0,024	9,4
0,75	0,493	589,979	0,061	24,2
0,8	1,207	1305,915	0,172	68,4
0,85	3,831	4050,937	0,617	245,3
0,9	18,271	19313,67	3,223	1282,2

На рис. 2.19 та рис. 2.20 показані залежності часу очікування в черзі від пропускної здатності маршрутизатора при самоподібному трафіку.

Для управління і моніторингу навантаженням на основі алгоритму Token Bucket розроблені три алгоритми: TSWTCM-алгоритм, керуючий навантаженням на основі параметра PIR (пікова швидкість), srTSM алгоритм, керуючий навантаженням на основі параметрів PIR (пікова швидкість), CIR

(здійснювальна швидкість) і EBS (надлишковий розмір пачки), trTCM-алгоритм, керуючий навантаженням на основі параметрів PIR, PBS (піковий розмір пачки), CIR, CBS. За результатами моделювання був зроблений аналіз ефективності роботи алгоритмів керування та моніторингу з використанням TSWTCM, srTCM, trTCM та забезпечення QoS трафіку iVoD і Internet TV.

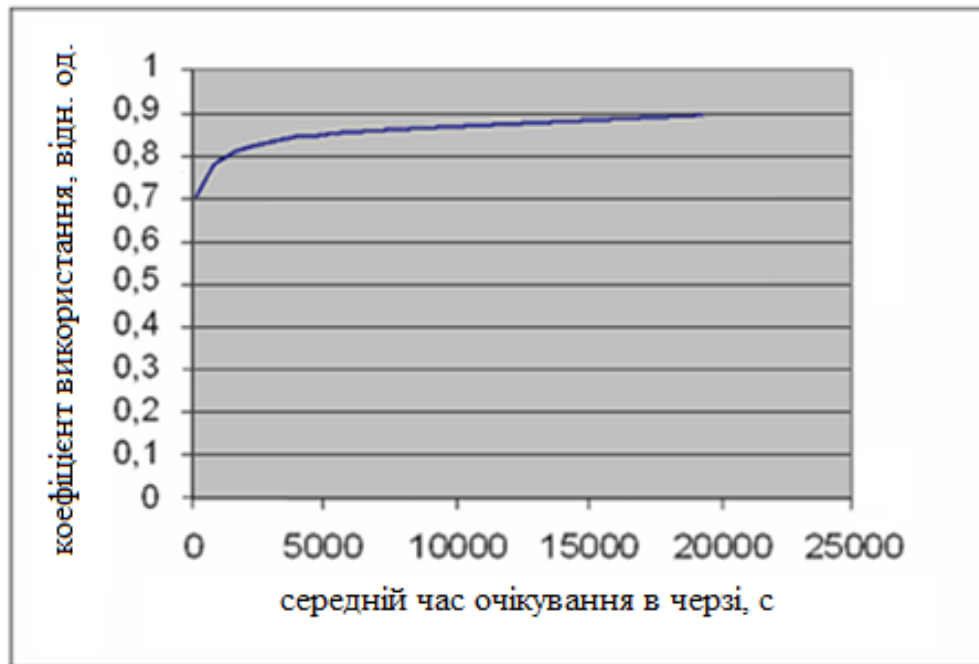


Рисунок 2.19 - Час затримки обслуговування без пріоритетів у

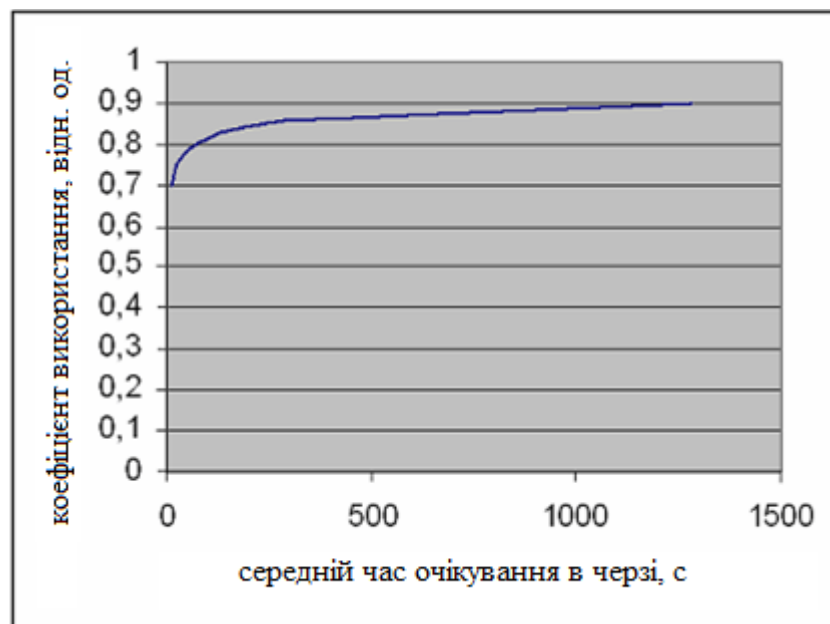


Рисунок 2.20 - Час затримки трафіку маршруту ізат ором при обслуговуванні з пріоритетом



При аналізі використовувалися дві схеми:

- кожен з трьох потоків (досліджуваний трафік і два фонових) обслуговується в окремій фізичній черзі;
- усі три потоки обслуговуються в одній фізичній черзі з віртуальною паралельною структурою (розділені на три окремі віртуальні черги).

При обробці досліджуваних трафіків в загальному потоці з фоновією статистикою інтервалів часу між пакетами зсуваються в область менших значень (незалежно від вибору алгоритму), оскільки потік мультиплексується, отже, змінюється структура кожного оброблюваного трафіку. При передачі мультимедійного трафіку будь-якого типу важливим є утримання на належному рівні затримки і варіації затримки (джитер).

Затримка передачі пакета в програмі ns2 визначається співвідношенням:

$$D_i = (R_i - S_i), \quad (2.24)$$

де  $R_i$ ,  $S_i$  час прийняття та відправлення  $i$ -го пакета.

Джиттер пакета визначається формулою:

$$J_i = [(R_{i+1} - S_{i+1}) - (R_i - S_i)]. \quad (2.25)$$

Вірогідність втрати пакета при передачі можна визначити виходячи з отриманих статистичних даних:

$$P_{loss} = N_s / N_{loss} \cdot 100 \% , \quad (2.26)$$

де  $N_s$  – загальне число відправлених джерелом пакетів,

$N_{loss}$  – загальне число втрачених в процесі передачі пакетів. За результатами моделювання були отримані значення параметрів якості трафіку iVoD, наведені в таблиці 2.5.

На рис. 2.21 показана зміна затримки пакетів від часу для трафіку iVoD, що обслуговується в мультиплексованому потоці кожним з алгоритмів. При обробці трафіку в мультиплексованому потоці максимальний джиттер знижується на 28%, середні значення дещо вище, максимальна затримка

зменшується на 68%, середня - на 6%, проте втрати пакетів перевищують значення, одержані при обробці в окремих чергах.

Таблиця 2.5 – Значення параметрів якості трафіку iVoD

Параметр	TSWTCM 3 черги	TSWTCM 1 загальна черга	srTCM 3 черги	srTCM 1 загальна черга	trTCM 3 черги	trTCM 1 загальна черга
Ср. J, мс	0,99	1,1	0,99	1,02	0,99	1,03
Max. J, мс	47,7	34,5	47,7	34,5	47,6	34,5
Ср. D, мс	30,5	28,6	30,5	27,3	30,5	27,4
Max.D, мс	93,8	65,2	93,7	65,0	93,9	65,0
$P_{loss}$ , %	0,1	1,0	0,03	5,0	0,3	0,3

Характеристики якості обслуговування для трафіку iVoD при обробці алгоритмами TSWTCM, srTCM, trTCM мають практично однакові значення. Відмінність лише у втраті пакетів – найбільше спостерігається у разі застосування srTCM. При всіх інших практично рівних значеннях параметрів QoS, кращим буде алгоритм TSWTCM, оскільки він є більш простим в реалізації та налаштуванні.

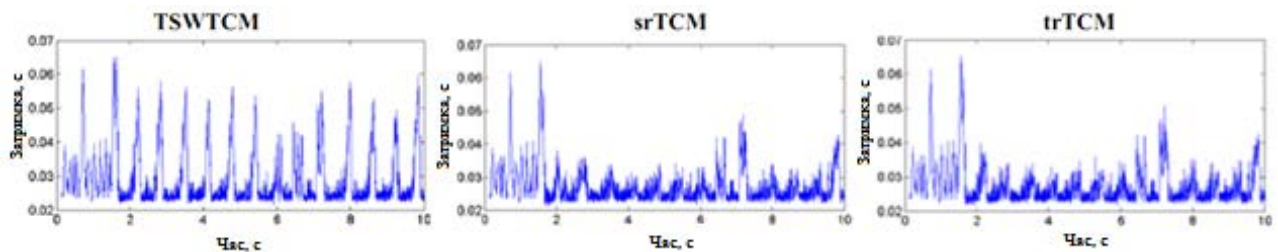


Рисунок 2.21 - Змінення затримки пакетів від часу

Для трафіку Internet TV (табл. 2.6) у разі обробки в мультиплексованому потоці застосування алгоритму srTCM дає вигреш за середнім значенням джитера 5% в порівнянні з TSWTCM (за максимальним значенням до 23%), має рівні значення у випадку алгоритма trTCM. Величина втрат пакетів при реалізації алгоритму srTCM менше на 36% в порівнянні з TSWTCM, 8% в порівнянні з trTCM. На середні значення затримки застосування досліджуваних

алгоритмів не робить істотного впливу. Зміна затримки в часі при обробці трафіку алгоритмом srTCM в мультиплексованому потоці показана на рис. 2.22.

Таблиця 2.6 – Значення параметрів якості трафіку Internet TV

Параметр	TSWTCM 3 черги	TSWTCM 1 загальна черга	srTCM 3 черги	srTCM 1 загальна черга	trTCM 3 черги	trTCM 1 загальна черга
Ср. J, мс	1,76	1,44	1,67	1,37	1,68	1,37
Max. J, мс	28,08	21,06	28,1	16,2	29,1	20,3
Ср. D, мс	34,52	31,27	34,2	31,54	34,49	31,6
Max.D, мс	147,5	69,99	136,98	70,82	156,7	71,6
$P_{loss}$ , %	1,0	9,28	1,0	5,0	1,0	6,4

Отже, для трафіку Internet TV найбільш ефективним алгоритмом моніторингу та управління навантаженням є srTCM.

Налаштування роботи алгоритмів обробки з поділом трафіку на три окремі фізичні черги для кожного обслуговуваного потоку не доцільна. Обробка мультимедійного трафіку в мультиплексованому потоці дає цілком прийнятні за показниками QoS значення, при незначному перевищенні втрати пакетів.

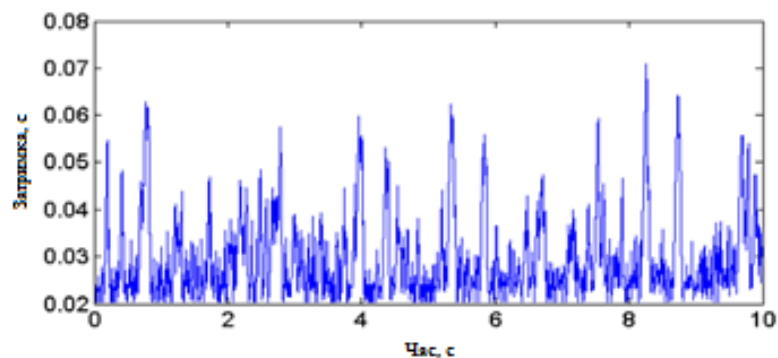


Рисунок 2.22 - Зміна затримки пакетів від часу

## 2.10 Висновок

За результатами проведеного дослідження були вирішені задачі забезпечення необхідної якості обслуговування в мультисервісних МПД, які можна досягти прямим шляхом – на основі підвищення ефективності

мережевих пристроїв – маршрутизаторів і шлюзів, надання гарантованої смуги пропускання, використання магістральних мереж з високою пропускнуою здатністю. Однак, найбільш доцільним, вважається використання більш гнучких методів, що забезпечують необхідні показники якості обслуговування, при цьому ефективно використовуються ресурси мережі для величезного набору різних додатків і послуг. Виміри проводилися на існуючій мережі оператора зв'язку. Дослідження показали, що близько 80% переданих обсягів даних по стекам TCP/IP і UDP/IP переноситься короткими пакетами (40 - 160 байт), основну частину яких складає передача потокового відео і звуку за допомогою протоколу http.

Зі збільшенням параметра Херста мультисервисного потоку канал зв'язку не здатний пропустити самоподібний трафік затримки переданої інформації, а також зростає час затримки відпрацювання трафіку маршрутизатором.

Для трафіку iVoD найбільш ефективним є алгоритм TSWTCM, значення QoS: середні значення затримки - 28,6 мс, джитера - 1,1 мс, втрата пакетів 1%. Для трафіку Internet TV найбільш прийнятний алгоритм sgTCM, значення QoS: середні значення затримки - 31,54 мс, джитера - 1,37 мс, втрата пакетів 5%. Максимальний вигреш за середнім значенням джитера становить 5% порівняно з TSWTCM (за максимальним значенням вигреш до 23%), при рівних значеннях з алгоритмом trTCM. Затримки приблизно на одному рівні для всіх трьох алгоритмів.

## РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

В економічному розділі проводяться розрахунки витрат на дослідження та розробку алгоритмів управління та забезпечення QoS. Таким чином з'явиться можливість зменшити час затримки, внесений каналом зв'язку та мережею зв'язку при самоподобному трафіку шляхом підвищення широкосмуговості каналу зв'язку за рахунок встановлення пріоритетів обслуговування трафіку.

### 3.1 Особливості розробки методів управління мультимедійним трафіком

Розробка методів управління мультимедійним трафіком – складний процес, який має специфічні особливості. Його розробка, створення і апробація здійснюються за фазами життєвого циклу. Він включає три стадії: розробка (проектування), моделювання (створення) і використання (оцінка ефективності розробленої експериментальної моделі). Кожна стадія поділяється на етапи:

- проектування;
- реалізація;
- тестування і випробування алгоритму;
- аналіз результатів тестування.

Виходячи з часу виконання дипломного проектування, був розроблений графік виконання завдання. До етапу «проектування» відноситься аналіз технічного завдання на розробку але, перш за все, аналіз та дослідження особливості IP-трафіку мультисервісної мережі. З пояснювальної записки сюди потрібно віднести написання вступу і першого розділу.

До етапу «реалізація» відносяться пошук та обґрунтування шляхів забезпечення якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку. З пояснювальної записки на цьому етапі проводиться написання другого розділу.

На етапі «тестування» проводиться дослідження впливу структури трафіку на характеристики якості обслуговування та аналіз ефективності роботи алгоритмів.

### 3.2 Визначення трудомісткості експериментальних досліджень мультимедійного трафіку

Трудомісткість продукції – показник, який характеризує витрати робочого часу на виробництво будь-якої споживчої вартості або на виконання конкретної технологічної операції.

Трудомісткість розробки алгоритму можливо розрахувати по формулі:

$$t = t_O + t_A + t_L + t_P + t_H + t_D, \text{ год.}, \quad (3.1)$$

де  $t_O$  – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

$t_A$  – аналіз особливостей IP-трафіку мультисервісної мережі;

$t_L$  — тривалість вивчення літературних джерел за темою тощо;

$t_P$  – витрати праці на пошук та обґрунтування методів забезпечення якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку;

$t_H$  – витрати праці на оцінку ефективності роботи алгоритмів управління та забезпечення QoS;

$t_D$  – витрати праці на оформленням документації (за умови роботи однієї людини).

Оцінка витрат праці на кожен показник залежить від конкретних умов і визначається тривалістю окремого робочого процесу (табл. 3.1). Зважаючи на той факт, що дослідження, пов'язані з обробкою складних сигналів в телекомунікаційних системах, охоплюють великий пласт інформації, приймаємо:

Таблиця 3.1 – Тривалість робочих процесів

Назва робочого процесу	Тривалість, год.
підготовка і опис поставленого завдання	$t_O = 6$
аналіз особливостей IP-трафіку мультисервісної мережі	$t_A = 25$
вивчення літературних джерел	$t_L = 75$
пошук та обґрунтування методів забезпечення якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку	$t_P = 45$
оцінка ефективності роботи алгоритмів управління та забезпечення QoS	$t_H = 15$
підготовка документації по завданню	$t_D = 30$

Таким чином, визначивши трудомісткість окремих показників, розрахуємо сумарну трудомісткість розробки експериментальної моделі по формулі 3.1:

$$t = 6 + 25 + 75 + 45 + 15 + 30 = 196, \text{ год.}$$

### 3.3 Розрахунок витрат на розробку алгоритму

Витрати на розробку алгоритму  $K_{EK}$  включають витрати на заробітну плату інженерів телекомунікацій  $Z_{ЗП}$  і вартість машинного часу  $Z_{МЧ}$ , необхідного для розробки алгоритму та імітаційної моделі, і розраховуються за формулою:

$$K_{IM} = Z_{ЗП} + Z_{МЧ}, \text{ грн.} \quad (3.2)$$

Заробітна плата – винагорода, обчислена, у грошовому виразі, яку за трудовим договором власник або уповноважений ним орган виплачує працівникові за виконану ним роботу. Розмір зарплати залежить від складності та умов виконуваної роботи, професійно-ділових якостей працівника, результатів його праці та господарської діяльності підприємства.

Заробітна плата виконавців визначається за формулою:

$$Z_{зп} = t \cdot C_{зп}, \text{ грн.} \quad (3.3)$$

де  $t$  – загальна трудомісткість розробки алгоритму та імітаційної моделі, яка визначається за формулою 3.1, годин;

$C_{зп}$  – середньогодинна заробітна плата інженера в галузі телекомунікацій, (основна і додаткова), з урахуванням відрахувань на соціальні потреби, грн/годину.

Визначення мінімальної середньої годинної оплати інженера телекомунікацій обчислюється з урахуванням 8-ми годинного робочого графіку на добу і 5-ти денної робочої неділі, та знаючи його середній щомісячний оклад.

На 01.12.2017 року оклад складає 5000 грн. Єдиний соціальний внесок складає 22%, тобто 1100 грн. Отже, з урахуванням премій (20%), можливих надбавок (10%) і відрахувань на соціальні потреби, заробітна плата інженера телекомунікацій складає 6500 грн.

Таким чином, середня заробітна плата за одну годину роботи становить:

$$C_{зп} = 6500/176 = 37, \text{ грн/год.}$$

Таким чином, витрати на оплату праці розробника, з урахуванням формули 3.3, складають:

$$Z_{зп} = 196 \cdot 37 = 7252, \text{ грн.}$$

Розрахунок вартості машинного часу, необхідного для розробки розробки методів управління мультимедійним трафіком включає витрати на необхідне програмне та апаратне забезпечення і витрати на електроенергію, і здійснюється за формулою 3.4:

$$Z_{мч} = C_o + C_{ел}, \text{ грн.,} \quad (3.4)$$

де  $C_o$  – витрати на обладнання. Відповідні дані наведені в таблиці 3.2;

$C_{ел}$  – витрати на електроенергію, грн.



Таблиця 3.2 – Вартість необхідного програмного та апаратного забезпечення

Найменування	Вартість, грн
Ноутбук	7500,00
Миша	300,00
Операційна система Windows 8.1 64-bit	3157,00
Разом:	10957,00

Витрати на електроенергію ( $C_{EL}$ ) залежать від часу роботи на ЕОМ ( $T_{EOM}$ ) та собівартості машино-години роботи ЕОМ ( $C_{MЧ}$ ), і розраховується за формулою:

$$C_{EL} = C_{MЧ} \cdot T_{EOM}, \text{ грн.} \quad (3.5)$$

Розрахунок вартості машино-години ЕОМ проведемо по формулі 3.6:

$$C_{MЧ} = W \cdot C_{EL}, \text{ грн/год.}, \quad (3.6)$$

Де  $W$  – потужність ЕОМ,  $W=0,5 \text{ кВт/год.}$ ;

$C_{EL}$  – вартість 1кВт за годину електроенергії.

Поточні тарифи на електроенергію для населення України, встановлені відповідно до постанови НКРЕКУ України № 220 від 01.03.2017 року (діючі з 1 березня 2017 року) представлені на рисунку 3.1.

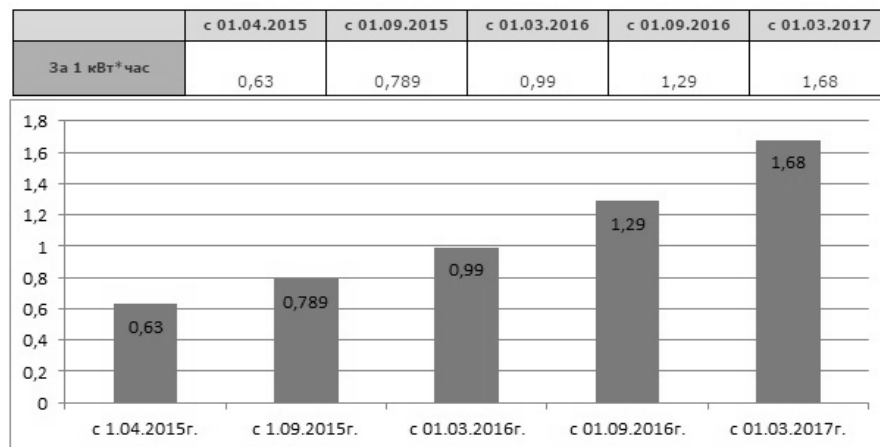


Рисунок 3.1 – Тарифи на електричну енергію, для технічних цілей, яка витрачається в багатоквартирних будинках та гуртожитках.

Таким чином, вартість машино-години ЕОМ за формулою 3.6 складе:

$$C_{MЧ} = 0.5 \cdot 1.68 = 0.84, \text{ грн} / \text{ год.}$$

Час роботи на ЕОМ складає фактичні витрати часу на розробку алгоритму та імітаційної моделі. Згідно з рисунком 3.1, тривалість зайняла 18 тижнів або 126 днів. З урахуванням того, що ЕОМ працювала в середньому по 5 годин на добу отримуємо:

$$T_{EOM} = 126 \cdot 5 = 630 \text{ год.}$$

Таким чином вартість електроенергії, за формулою 3.5, складатиме:

$$C_{EL} = 0.84 \cdot 630 = 529, \text{ грн.}$$

Враховуючи відому вартість витрат на обладнання та витрачену електроенергію проведемо розрахунок вартості машинного часу, який є необхідним для розробки алгоритму та імітаційної моделі на ЕОМ за формулою 3.4:

$$З_{MЧ} = 10957 + 529 = 11486, \text{ грн.}$$

Отже, витрати на вдосконалення алгоритму розподілу піднесучих в системі мобільного зв'язку LTE складають, виходячи з формули 3.2:

$$K_{ПЗ} = 7252 + 11486 = 18738, \text{ грн.}$$

Визначені таким чином витрати на пошук і обґрунтування методів забезпечення якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку є одноразовими капітальними витратами і складають 18738 грн.

Також до затрат треба віднести витрати на «матеріали», які враховують: витрати на носії даних, папір для друкувальних пристроїв і архівну обробку документації. В процесі розробки було потрібно:

- CD-диск вартістю 8 грн.;
- Аркуші паперу формату А4 для друку документації, вартість одного аркуша 0,6 грн. Загальна сума склала 55 грн.;
- Обкладинка документів, вартість за роботу 75 грн.

Загальна вартість витрат на матеріали складає:

$$Z_M = 8 + 55 + 75 = 138, \text{ грн.}$$

Діаграма відображає вагу обчислених значень вартості розробки експериментальної (рис. 3.2)



Рисунок 3.2 – Склад витрат пошук та обґрунтування методів забезпечення якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку

### 3.4 Висновок

В економічному розділі розраховано час пошуку та обґрунтування методів забезпечення якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку та аналіз ефективності роботи алгоритмів управління і забезпечення QoS, заробітну плату робітників інженерів телекомунікацій, затрати на матеріали. Встановлено, що затрати та розробку методів управління мультимедійним трафіком складають 18738 грн.

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі була отримана повна статистична картина трафіку, яка дозволила за рахунок обробки детальної інформації отримати загальні тренди зміни трафіку, уточнити мікро-характеристики потоків. Виміри проводилися на існуючій мережі оператора зв'язку. Дослідження показали, що близько 80% переданих обсягів даних по стекам TCP/IP та UDP/IP переноситься короткими пакетами (40-160 байт), основну частину яких складає передача потокового відео і звуку за допомогою протоколу http.

Зі збільшенням параметра Херста мультисервисного потоку канал зв'язку не здатний пропустити самоподібний трафік затримки переданої інформації. Також при збільшенні параметра Херста зростає час затримки відпрацювання трафіку маршрутизатором.

В результаті можна стверджувати, що спостерігається поліпшення якості надаваних послуг в мультисервисних МПД. Також були зроблені необхідні розрахунки параметрів якості, представлені графічні результати вимірювань і розрахунків.

Для визначення загальних витрат пов'язаних з реалізацією проекту розробки програмного продукту були виконані розрахунки у економічному розділі.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет//СПб, Наука и Техника. 2004.
- 2 Ключева Т.Качество предоставления услуг телекоммуникаций в Казахстане – актуальность проблемы. Информационные телекоммуникационные сети, 2008.
- 3 Pavlou,G. SurreyUniv.,Guildford Traffic Engineering and Quality of Service Management for IP-based NGNs, Network Operations and Management Symposium, 2006. NOMS 2006. 10th IEEE/IFIP,3-7 April 2006
- 4 Яновский Г.Г. Качество обслуживания в сетях IP-СПб.: Вестник связи № 1, 2008.
- 5 Т.Ключева. Качество предоставления услуг телекоммуникаций в Казахстане – актуальность проблемы. Информационные телекоммуникационные сети, 2008.
- 6 Вегешна Шринивас. Качество обслуживания в сетях IP / Вегешна Шринивас. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. - 368 с.
- 7 Global Bandwidth Research Service [Электронный ресурс] - Режим доступа к статье: <http://www.telegeography.com/product-info/gb/index.php>
- 8 Филимонов А.Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet. СПб.: БХ В-Петербург, 2007. – 592 с.
- 9 Гусев А.Ю., Обора И.О. Исследование стохастических характеристик IP – трафика // Научная мысль информационного века – 2014. 30 – я Международная научно-технической конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. - Wiedza Powszechna, 2014 – С. 56-61.
- 10 Трещановский П.А. Оптимизация стохастической модели трафика для мультисервисных сетей // Инженерный вестник Дона. - 2011. - № 3. - С. 1-8.
- 11 Crovella M., Krishnamurthy V. Internet Measurement: Infrastructure, Traffic and Applications. John Wiley&Sons, Ltd., 2006. — 495 p.
- 12 Деарт В.Ю., Пилюгин А.В., Маньков В.А. Оценка влияния реальных

характеристик веб-трафика на качество обслуживания в мультисервисной сети доступа // T-Comm. Специальный выпуск по итогам 3-й отраслевой научной конференции «Технологии информационного общества» в 3-х частях. – М.: Медиа паблишер, 2009. – Ч.1. – С.8-13.

13 C. Fraleigh, S. Moon, B.Lyles, C. Cotton, M. Khan, D. Moll, R. Rockell, T.Seely and C. Diot. Packet-level traffic measurements from the Sprint IP backbone. IEEE Network, 2003.

14 Маньков В.А., Пилюгин В.А. Особенности работы TCP в мультисервисных сетях ADSL доступа//Труды конференции «Телекоммуникационные и вычислительные системы» – М.: МТУСИ, 2009.- С.15

15 McDysan. QoS and Traffic Management in IP and ATM Networks // McGraw-Hill. 2000.

16 Р. Кох, ГГ. Яновский. Эволюция и конвергенция в электросвязи//М., Радио и связь. 2001.

17 МСЭ-T Recommendation Y.1540. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters//December 2002.

18 МСЭ-T Recommendation Y.1541. Network Performance Objectives for IP-Based Services//May 2002.

19 Трещановский П.А. Методика расчета коэффициента использования мультисервисных сетей // Инфокоммуникационные технологии. - 2011. - Т. 9, № 3. - С. 47-52.

20 Трещановский П.А. Методы управления качеством обслуживания в мультисервисных сетях абонентского доступа //Известиявысших учебных заведений. Электроника. - 2010. - № 3(83). - С. 68-73.

21 Трещановский П.А. Метод управления ресурсами мультисервисной сети на основе стохастического подхода // Труды 66-ой Всероссийской конференции, посвященной Дню радио. - М.: РНТОРЭС имени А.С. Попова, 2011. - С. 23-25.

22 Трещановский П.А. Метод определения коэффициента

использования мультисервисных сетей с интегрированным обслуживанием // Микроэлектроника и информатика - 2011. 18-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. - М.: МИЭТ, 2011. - С. 242.

23 Трещановский П.А. Передача мультимедийного трафика в многоканальных сетях абонентского доступа на основе Ethernet-технологий // Микроэлектроника и информатика - 2010. 17-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. - М.: МИЭТ, 2010. - С. 266.

24 Трещановский П.А. Организация передачи видео-трафика в сетях абонентского доступа // Радиоэлектроника, Электротехника и энергетика. 16-ая международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов. Тезисы докладов. - М.: МЭИ, 2010. - С. 180-181.

25 Трещановский П.А. Стохастический подход к организации многоканального мультисервисного абонентского доступа // Сборник тезисов докладов участников Международной научно-технической конференции, посвященной 40-летию образования МГТУ ГА. - М.: МГТУГА, 2011. - С. 234.

26 Трещановский П.А. Алгоритмы автоконфигурирования в синхронных последовательных интерфейсах // Микроэлектроника и информатика - 2006. 13-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. - М.: МИЭТ, 2006. - С. 88.

27 Трещановский П.А. Особенности управления трафиком в мультисервисных сетях Микроэлектроника и информатика - 2008. 15-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. - М.: МИЭТ, 2008. - С. 214.

28 Трещановский П.А. Оптимизация прямого доступа к памяти в сетевых процессорах // Микроэлектроника и информатика - 2009. 16-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов: Тезисы докладов. - М.: МИЭТ, 2009. - С. 254.

29 Гончаров А. А. Исследование условий обеспечения гарантированного качества обслуживания в сети Интернет: Дис. к.т.н. 05.12.13. Москва, 2007. – 118 с.

30 Филимонов А.Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 592 с.

31 Вегешна Шринивас. Качество обслуживания в сетях IP / Вегешна Шринивас. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. - 368 с.

32 Кравцова Н.А. Модель оценки качества обслуживания в мультисервисных сетях передачи данных, позволяющая описать агрегированный поток информации, потери и задержки // Известия ОрелГТУ №4-3/272(550), 2007 – 74-78 с.

33 Е.А. Сорокина, О.В. Яровикова. Методы моделирования мультисервисных сетей связи. Техника радиосвязи, 2009

34 Т. Ключева. Качество предоставления услуг телекоммуникаций в Казахстане – актуальность проблемы. Информационные телекоммуникационные сети, 2008

35 JungYul Choi; Seung-Hoon Kwak; Mi-Jeong Lim; Taeil Chae; Byoung-Kwon Shim; Jae-Hyoung Yoo. Service traffic management system for multiservice IP networks: lessons learned and applications. Communications Magazine, IEEE, Volume: 48 , Issue: 4 Page(s): 58 – 65, April 2010

36 Pavlou, G. Surrey Univ., Guildford Traffic Engineering and Quality of Service Management for IP-based NGNs, Network Operations and Management Symposium, 2006. NOMS 2006. 10th IEEE/IFIP, 3-7 April 2006

37 Фаерберг О.И., Шварцман В.О., Качество услуг связи. – М.:ИРИАС, 2005. – 152 с.

38 Макаров В.В. Телекоммуникации России: состояние, тенденции и пути развития. – Монография – М.:ИРИАС, 2007. – 296 с.

39 Артюхова Е.А. Как обеспечить QoS в телефонных сетях с коммутацией пакетов//ИКС – 2005. – № 9.



## ДОДАТОК А. Перелік матеріалів дипломної роботи

- 1 Титульна сторінка.doc
  - 2 Завдання.doc
  - 3 Реферат.doc
  - 4 Список умовних скорочень.doc
  - 5 Зміст.doc
  - 6 Вступ.doc
  - 7 Розділ 1.doc
  - 8 Розділ 2.doc
  - 9 Розділ 3.doc
  - 10 Висновки.doc
  - 11 Список використаної літератури.doc
  - 12 Додаток А.doc
  - 13 Додаток Б.doc
  - 14 Додаток В.doc
- Презентація.pptx

**ДОДАТОК Б. Відгуки керівників розділів****Б.1 Відгук керівника економічного розділу**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Керівник розділу

---

(підпис)

---

(ініціали, прізвище)

**ДОДАТОК В. ВІДГУК****на дипломну роботу магістра на тему:*****«Забезпечення якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку»***

студентки групи 172м-16-1

Гвоздик Наталія Ігорівна

Дипломна робота студентки Гвоздик Наталії Ігорівни представлена пояснювальною запискою на \_\_\_ стор., містить \_\_\_ рис., \_\_\_ табл., \_\_\_ додатків, \_\_\_ джерела.

Метою даної дипломної роботи є забезпечення якості обслуговування при пакетній передачі мультимедійного трафіку в локальних обчислювальних мережах.

У ході виконання роботи були вирішені наступні завдання: досліджено вплив структури трафіку на характеристики якості обслуговування, а також були обрані алгоритми управління та забезпечення QoS для телекомунікаційної системи, які забезпечують підвищення якості обслуговування абонентів.

В економічному розділі виконаний розрахунок витрат, пов'язаний з реалізацією проекту. Економічний ефект виникає в результаті скорочення експлуатаційних витрат шляхом підвищення точності передавання інформації, зменшенні отриманих помилок, ліквідації затримки передачі інформації.

В якості недоліків слід відзначити наступне: недотримання графіка проведення розробки, нечіткість окремих висновків і визначень.

За час дипломування Гвоздик Н.І. проявила здатність до самостійної роботи.

В цілому дипломна робота виконана у відповідності до вимог, які пред'являються до дипломних работ магістрів і заслуговує оцінки “ \_\_\_\_\_ ”.

Керівник дипломної роботи,

д.т.н., проф.

Корнієнко В.І.

## РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу магістра на тему:

*«Забезпечення якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку в локальних мережах зв'язку»*

студентки групи 172М-16-1

Гвоздик Наталія Ігорівна

Пояснювальна записка складається зі вступу, трьох розділів і висновків, розташованих на \_\_\_ сторінках, та містить \_\_\_ рисунків, \_\_\_ таблиць і \_\_\_ джерел.

Метою даної дипломної роботи є забезпечення якості обслуговування при пакетній передачі мультимедійного трафіку в локальних обчислювальних мережах.

У ході виконання роботи були вирішені наступні завдання: проаналізовано різні вимоги QoS послуг, що надаються в мультисервісних мережах, до каналу зв'язку; досліджено ефективність існуючих методів покращення якості надання послуг в мультисервісних телекомунікаційних мережах; оцінено якість обслуговування в мережах передачі даних; зібрано статистичні дані про трафік на діючій мережі передачі даних; проаналізовано результати експерименту; визначено структури та пріоритети трафіку; розробило метод, що дозволяє поліпшити якість послуг і ефективно використовувати ресурси каналу; виконано адаптацію параметрів системи під існуючий трафік мультисервісної мережі передачі даних.

В економічному розділі виконаний розрахунок витрат, пов'язаний з реалізацією проекту. Економічний ефект виникає в результаті скорочення експлуатаційних витрат шляхом підвищення точності передавання інформації, зменшенні отриманих помилок, ліквідації затримки передачі інформації.

В якості недоліків слід відзначити наступне: нечіткість окремих висновків і визначень.

В цілому дипломна робота виконана у відповідності до вимог, які пред'являються до дипломних робіт магістрів і заслуговує оцінки “ \_\_\_\_\_ ”.

**Рецензент**