

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: «Оптимізація продуктивності мережі методом  
виявлення та аналізу несправностей за допомогою  
програмних методів»

на здобуття освітнього ступеня магістра  
зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія  
(код, найменування спеціальності)  
освітньо-професійної програми Комп'ютерні системи та мережі  
(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають  
посилання  
на відповідне джерело*

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Олександра ГУНЬКО  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав:  
здобувач вищої освіти  
група КСДМ-61

Олександра ГУНЬКО

Керівник:  
науковий ступінь,  
вчене звання

Артем АНТОНЕНКО  
К.Т.Н., доцент

Рецензент:  
науковий ступінь,  
вчене звання

\_\_\_\_\_

Київ 2023

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій**

Кафедра Комп'ютерної інженерії

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма Комп'ютерні системи та мережі

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Комп'ютерної

інженерії

\_\_\_\_\_ Наталія ЛАЩЕВСЬКА  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

\_\_\_\_\_ Гунько Олександрі Сергіївні

*(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)*

1. Тема кваліфікаційної роботи: Оптимізація продуктивності мережі методом виявлення та аналізу несправностей за допомогою програмних методів.

керівник кваліфікаційної роботи Артем АНТОНЕНКО к.т.н., доцент,  
*(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ науковий ступінь, вчене звання)*

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «19» жовтня 2023р. №145

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «29» грудня 2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література, дані про мережу, відомості про ефективність мережі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Дослідження сучасних методів оптимізації продуктивності мережі  
Аналіз алгоритму оптимізації продуктивності мережі  
Розробка механізму виявлення та аналізу несправностей мережі за допомогою програмних методів

5. Перелік графічного матеріалу: *презентація*

1. Мережа
2. Механізми оптимізації продуктивності мережі
3. Алгоритми оптимізації продуктивності мережі
4. Механізму виявлення та аналізу несправностей мережі

6. Дата видачі завдання «19» жовтня 2023 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз наявної науково-технічної літератури	19.10-05.11.23	
2	Дослідження сучасних методів оптимізації продуктивності мережі	05.11-12.11.23	
3	Вивчення механізмів оптимізації продуктивності мережі	13.11-19.11.23	
4	Аналіз алгоритмів оптимізації продуктивності мережі	20.11-25.11.23	
5	Розробка механізму виявлення та аналізу несправностей мережі за допомогою програмних методів	27.11-03.12.23	
6	Верифікація результатів	04.12-10.12.23	
7	Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат	11.12-20.12.23	
8	Розробка демонстраційних матеріалів	21.12-29.12.23	

Здобувач вищої освіти  
ГУНЬКО

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олександра

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник  
кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Артем АНТОНЕНКО

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 80 стор., 2 табл., 24 рис., 25 джерел.

*Мета роботи* – дослідження оптимізації продуктивності мережі методом виявлення та аналізу несправностей за допомогою програмних методів

*Об'єкт дослідження* – програмні методи оптимізації продуктивності мережі.

*Предмет дослідження* – механізм підвищення оптимізації продуктивності мережі

*Короткий зміст роботи:* У роботі проведено дослідження механізмів підвищення оптимізації продуктивності мережі. Проаналізовано основні методи та механізми оптимізації продуктивності мережі. Розроблено механізм виявлення та аналізу несправностей мережі за допомогою програмних методів..

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ОПТИМІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ, ПРОДУКТИВНІСТЬ МЕРЕЖІ, МЕХАНІЗМ ВІЯВЛЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ, ПРОГРАМНІ МЕТОДИ.

## **ABSTRACT**

Text part of the master's qualification work: 80 pages, 2 tables, 24 figures, 25 sources.

The purpose of the work research the optimization of network performance by detecting and analyzing faults using software methods.

Object of research – software methods for optimizing network performance.

Subject of research – mechanism for improving network performance optimization.

Summary of the work: The paper investigates the mechanisms for improving network performance optimization. The main methods and mechanisms for optimizing network performance are analyzed. A mechanism for detecting and analyzing network faults using software methods is developed.

**KEYWORDS: NETWORK OPTIMIZATION, NETWORK PERFORMANCE, FAULT DETECTION MECHANISM, SOFTWARE METHODS.**

## ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	6
ВСТУП .....	7
<b>1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕРЕЖІ</b> .....	10
1.1 Мережа: поняття, сутність, структура.....	10
1.2 Продуктивність мережі .....	22
1.3 Проблематика та постановка завдань дослідження .....	26
Висновки до розділу .....	28
<b>2 МЕТОДИ ТА МЕХАНІЗМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ</b> <b>МЕРЕЖІ</b> .....	30
2.1 Сучасні методи оптимізації продуктивності мережі .....	30
2.2 Механізми оптимізації продуктивності мережі .....	43
2.3 Алгоритм оптимізації продуктивності мережі .....	53
Висновки до розділу .....	66
<b>3 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕРЕЖІ</b> .....	67
3.1 Розробка механізму виявлення та аналізу несправностей мережі за допомогою програмних методів.....	67
3.2 Верифікація результатів.....	77
Висновки до розділу .....	84
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	86
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	88

## ВСТУП

*Актуальність дослідження.* Сучасний підхід до побудови мереж спирається на екстенсивне нарощування доступної пропускної здатності, що має великі труднощі в умовах зазначеного зростання обсягів і непередбачуваних коливань інтенсивності переданого трафіку. Застосування поточних емпіричних правил, які передбачають роботу на недовантажених каналах, веде до зниження ефективності використання мережевої інфраструктури. Наслідком згаданої нестабільності навантажень в даному випадку буде пошук компромісу між неефективним (як технічно, так і економічно) використанням мережевої інфраструктури і погіршенням якості послуг, що надаються мережею.

Дослідники відзначають, що сучасні мережі страждають від нестачі пропускної здатності [1, 11]. Згідно з проведеними дослідженнями близько 20-30% сполук глобальної мережі направляються через перевантажені ділянки.

При цьому відзначається значна нерівномірність розподілу завантаження каналних ресурсів, що свідчить про неефективність застосовуваних механізмів керування трафіком в нинішніх умовах. Виходом зі сформованої ситуації є застосування спеціальних методів балансування трафіку, що дозволяють ефективно розподіляти навантаження у відповідності з наявними незадіяними ресурсами.

Незважаючи на те, що в цілому зазначена область досліджується досить активно, ряд питань залишається відкритим. Необхідно відзначити об'єктивно малу кількість робіт, присвячених методам балансування мережного трафіка, що поєднує оперативність реакцій на зміни, що відбуваються зі стабільністю неоперативних систем, а також методів інжинірингу трафіку, здатним функціонувати незалежно від використовуваних мережних технологій.

Актуальність проблеми оптимізації продуктивності мережі методом виявлення та аналізу несправностей за допомогою програмних методів визначила основні напрями даного дослідження.

**Мета та завдання.** Метою даного дослідження виступає оптимізація продуктивності мережі методом виявлення та аналізу несправностей за допомогою програмних методів. Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно виконати низку завдань:

- дослідити сучасні методи оптимізації продуктивності мережі;
- описати механізми оптимізації продуктивності мережі;
- навести алгоритм оптимізації продуктивності мережі;
- розробити механізм виявлення та аналізу несправностей мережі за допомогою програмних методів;
- здійснити верифікацію результатів.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Об'єктом роботи виступають програмні методи оптимізації продуктивності мережі.

Предметом є процес дослідження механізмів підвищення оптимізації продуктивності мережі.

**Методи дослідження.** Вивчення та аналіз наукової літератури. Системний та порівняльний аналіз. Дедукція - вид умовиводу від загального до окремого, від абстрактного до конкретного. Моделювання. Конструювання та проектування.

**Наукова новизна роботи** полягає в наступному:

- уперше розроблено алгоритм оптимізації продуктивності мережі;
- удосконалено механізм структурування шляхів розподілення трафіку та комутації пакетів;
- досліджено вплив методів виявлення та аналізу несправностей.

**Обґрунтованість і достовірність положень, висновків і рекомендацій.** Усі положення, висновки, рекомендації, наведені в роботі, є



обґрунтованими і достовірними, бо спираються на реальні науково-теоретичні матеріали, що викладені в багатьох працях учених.

**Наукове значення результатів роботи.** Теоретичні положення та висновки можуть бути використані у вигляді окремих положень навчального курсу «Комп'ютерні системи та мережі», «Інформаційні системи» для студентів вищих навчальних закладів, а також для подальшого дослідження алгоритмів оптимізації продуктивності мережі.

**Практичне значення отриманих результатів.** Окремі висновки та положення, сформульовані автором, можуть використовуватись сучасними науковцями в розкритті деяких питань щодо особливостей механізмів оптимізації продуктивності мережі.

**Особистий внесок здобувач** полягає у виборі напрямку дослідження, постановці проблеми, вивченні методології дослідження, визначенні мети, об'єкта, предмета дослідження, аналізу та обґрунтуванні теоретичного матеріалу за темою дослідження, систематизації та узагальненні фактичного матеріалу, розробці алгоритму оптимізації продуктивності мережі, експериментальній перевірці роботи розробленого алгоритму, інтерпретації отриманих даних, формулюванні висновків, написанні тексту кваліфікаційної роботи.

#### ***Апробація результатів кваліфікаційної роботи***

**Структура та обсяг роботи.** Структуру роботи складають перелік умовних скорочень, вступ, три розділи, висновки та список використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 74 сторінки.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕРЕЖІ

## 1.1 Мережа: поняття, сутність, структура

Глобальні мережі, охоплюючи мільйони людей, повністю змінили процес поширення та сприйняття інформації.

Глобальні мережі (Wide Area Network, WAN) – це мережі, призначені для об'єднання окремих комп'ютерів та локальних мереж, розташованих на значній відстані (сотні та тисячі кілометрів) одна від одної. Глобальні мережі об'єднують користувачів, розташованих у всьому світі, використовуючи найрізноманітніші канали зв'язку.

Сучасний Інтернет – дуже складна і високотехнологічна система, що дозволяє користувачеві спілкуватися з людьми, які перебувають у будь-якій точці земної кулі, швидко і комфортно відшукувати будь-яку необхідну інформацію, публікувати для загальної інформації дані, які він хотів би повідомити всьому світу.

Насправді Internet не просто мережа, – це структура, що поєднує звичайні мережі. Internet – це «мережа мереж».

У своїй книзі «The Matrix: Computer Networks and Conferencing Systems Worldwide» Джон Квотерман описує Internet як «метасет, що складається з багатьох мереж, що працюють згідно з протоколами сімейства TCP/IP, об'єднані через шлюзи і використовують єдиний адресний простір і простір імен».

В Інтернеті немає єдиного пункту підписки або реєстрації, натомість користувач контактує з постачальником послуг, який надає доступ до мережі через місцевий комп'ютер. Наслідки такої децентралізації з погляду доступності мережевих ресурсів також дуже значні. Середовище передачі в Internet не можна розглядати лише як павутину проводів чи оптоволоконних ліній. Оцифровані дані пересилаються через

маршрутизатори, які з'єднують мережі та за допомогою складних алгоритмів вибирають найкращі маршрути для інформаційних потоків (рис.1.1).

На відміну від локальних мереж, у складі яких є свої високошвидкісні канали передачі інформації, глобальна (а також регіональна і, як правило, корпоративна) мережа включає підмережу зв'язку (інакше: територіальну мережу зв'язку, систему передачі інформації), до якої підключаються локальні мережі, окремі компоненти та термінали (засоби введення та відображення інформації) (рис.1.2).

Підмережа зв'язку складається з каналів передачі інформації та комунікаційних вузлів, які призначені для передачі даних по мережі, вибору оптимального маршруту передачі інформації, комутації пакетів та реалізації низки інших функцій за допомогою комп'ютера (одного або кількох) та відповідного програмного забезпечення, що є в комунікаційному вузлі. Комп'ютери, за якими працюють користувачі-клієнти, називаються робочими станціями, а комп'ютери, які є джерелами ресурсів мережі, що надаються користувачам, називаються серверами. Така структура мережі отримала назву вузлової.



Рисунок 1.1 – Схема взаємодії у мережі Інтернет

Інтернет – це глобальна інформаційна система, яка:

- логічно взаємопов'язана з простором глобальних унікальних адрес, заснованих на Інтернет-протоколі (IP);
- здатна підтримувати комунікації з використанням сімейства протоколу управління передачею – TCP/IP або його подальших розширень та/або інших IP-сумісних протоколів;
- забезпечує, використовує або робить доступними на громадській чи приватній основі високорівневі послуги, надбудовані над комунікаційною та іншою пов'язаною з нею інфраструктурою.



Рисунок 1.2 – Інфраструктура мережі Інтернет

Інфраструктура Інтернет (рис.1.2):

- 1) магістральний рівень (система пов'язаних високошвидкісних телекомунікаційних серверів).
- 2) рівень мереж та точок доступу (великі телекомунікаційні мережі), підключених до магістралі.

- 3) рівень регіональних та інших мереж.
- 4) ISP – інтернет-провайдери.
- 5) користувачі.

До технічних ресурсів мережі Інтернет належать комп'ютерні вузли, маршрутизатори, шлюзи, канали зв'язку та інші.

Стек TCP/IP спочатку був розроблений для глобальної мережі Інтернет і тому має ряд особливостей, які дають йому перевагу над іншими протоколами при побудові мереж з глобальними з'єднаннями. Зокрема, дуже корисною особливістю, яка робить його придатним для використання у великих мережах, є можливість фрагментації пакетів. Насправді, складні композитні мережі часто складаються з мереж, побудованих на абсолютно різних принципах. Кожна з цих мереж може мати свою максимальну довжину одиниці даних, що передаються (кадру). У цьому випадку при переході з мережі з великою максимальною довжиною кадру в іншу мережу з меншою максимальною довжиною кадру може виникнути необхідність розбити переданий кадр на кілька частин.

Ще однією особливістю технології TCP/IP є її гнучка система адресації, яка дозволяє легше об'єднувати мережі інших технологій в інтерконект (взаємопов'язану мережу), ніж інші протоколи аналогічного призначення. Ця особливість також полегшує використання стека TCP/IP для побудови великих гетерогенних (різнорідних) мереж.

Проте, в основу архітектури мереж покладено багаторівневий принцип передачі повідомлень. Формування повідомлення здійснюється на верхньому рівні моделі ISO/OSI. Потім (при передачі) воно послідовно проходить всі рівні системи до самого нижнього, де і передається по каналу зв'язку адресату. У міру проходження кожного з рівнів системи повідомлення трансформується, розбивається на порівняно короткі частини, які забезпечуються додатковими заголовками, що забезпечують інформацією аналогічні рівні на вузлі адресата. У цьому вузлі повідомлення проходить від нижнього рівня до верхнього, знімаючи із

себе заголовки. В результаті адресат приймає повідомлення у початковому вигляді.

Еталонна модель (ISO/OSI) базується на таких принципах:

- кількість рівнів протоколів не повинна бути занадто великою, щоб не ускладнювати проектування та реалізацію мережі. Також, ця кількість не повинна бути занадто малою, щоб не перевантажувати логічні модулі на кожному рівні;

- рівні повинні бути чітко розмежовані за логічними модулями та функціями (об'єктами), що виконуються на них;

- функції та протоколи одного рівня можуть бути модифіковані, якщо вони не порушують інші рівні;

- обсяг інформації, що передається через інтерфейс між рівнями, повинен бути мінімальним;

- якщо є потреба локально зосередитися на певній функції в межах рівня, рівень можна додатково структурувати, розбивши його на підрівні.

Фізичний рівень визначає електричні, механічні, процедурні та функціональні специфікації для встановлення, підтримки та розриву фізичних з'єднань між кінцевими системами. Фізичний рівень також визначає процедури передачі сигналів в каналі прийому сигналів з каналу. Він призначений для передачі двійкового потоку сигналів (бітових рядків) у формі, придатній для передачі по конкретному фізичному середовищу, що використовується.

Фізичне середовище, що використовується. Фізичним середовищем передачі може бути канал тональної частоти, лінія зв'язку, радіоканал або щось інше.

Канальний рівень відповідає за якість передачі даних між двома точками, з'єднаними фізичним каналом, з урахуванням характеристик середовища передачі. Канальний рівень також виявляє та виправляє помилки, тобто забезпечує "безпомилкову передачу".

Мережевий рівень - це складний рівень, який забезпечує функцію встановлення з'єднання і вибору маршрутів між двома кінцевими системами. Основна функція мережевого рівня - маршрутизація.

Вона визначає шлях передачі даних, що надсилаються від однієї кінцевої системи до іншої, і те, як здійснюється комутація (відповідно до певного маршруту) між входами і виходами мережевих пристроїв, розташованих у проміжних точках мережі.

У мережах з віртуальними з'єднаннями маршрут вибирається щоразу, коли встановлюється віртуальне з'єднання.

Для вибору мережі для конкретного віртуального з'єднання використовується алгоритм маршрутизації.

Всі пакети на віртуальному з'єднанні безперервно використовують цей маршрут, поки віртуальне з'єднання не буде розірвано або для нього з будь-якої причини не буде обрано інший маршрут.

Є кілька причин, чому маршрутизація є складною.

По-перше, вона вимагає координації всіх вузлів підмережі, а не лише набору модулів, таких як протоколи каналного і транспортного рівнів.

По-друге, система маршрутизації має бути нечутливою до недієздатності трафіку і баз даних, які використовує система.

По-третє, для досягнення найкращої продуктивності алгоритми маршрутизації можуть змінювати маршрути, коли певні ділянки мережі перевантажені.

Дві основні функції, які виконує алгоритм маршрутизації, - це вибір маршрутів для різних пар відправник-одержувач і забезпечення правильної доставки повідомлень до місця призначення після того, як маршрут обрано.

Остання функція реалізується за допомогою різних протоколів і структур даних (таблиць маршрутизації).

Алгоритми маршрутизації мають значний вплив на дві ключові характеристики: пропускну здатність (кількість послуг) і середню затримку пакетів (якість обслуговування).

Маршрутизація пов'язана з управлінням потоком при визначенні характеристик через механізми зворотного зв'язку.

Відносно невеликий трафік, що надходить в підмережу із зовнішніх джерел, повністю приймається в мережу, в даному випадку пропускну здатність - вхідне навантаження.

Якщо навантаження надмірне, частина його відкидається алгоритмом керування потоком. Це означає, що пропускну здатність - це отримане навантаження мінус відкинута навантаження.

Трафік, що надходить до мережі, має середню затримку пакетів, яка залежить від маршруту, обраного алгоритмом маршрутизації. Однак на пропускну здатність також сильно впливає алгоритм маршрутизації.

Це пов'язано з тим, що вони працюють на основі досягнення балансу між пропускну здатністю і середньою затримкою. Наприклад, вхідне навантаження може швидко стати неприйнятним, якщо затримка буде занадто великою. Тому для того, щоб алгоритм маршрутизації підтримував низьку затримку.

Якщо алгоритм маршрутизації більш успішний у підтримці низької затримки, алгоритм управління потоком може приймати більше трафіку в мережу. Точний баланс між затримкою і пропускну здатністю встановлюється алгоритмом управління потоком, але ефективна маршрутизація в умовах високого попиту на трафік призводить до кращого співвідношення затримка/пропускну здатність, яким алгоритм управління потоком може маніпулювати.

Існує кілька способів класифікувати алгоритми маршрутизації. Один з них - розділити всі алгоритми на централізовані та розподілені. У централізованих алгоритмах всі маршрути вибираються центральним вузлом, в той час як в розподілених алгоритмах всі маршрути вибираються



вузлами мережі. При цьому вузли можуть, за необхідності, здійснювати обмін інформацією.

Функція транспортного рівня полягає у забезпеченні надійного передавання даних мережею. Транспортний рівень відповідає за створення блоків даних та їх нумерацію, а також за безперервні потоки даних з блоків даних.

Для реалізації різних типів передачі даних, які можуть знадобитися як транспортному рівню, так і роботі різних мереж, транспортний протокол OSI передбачає п'ять класів з'єднань.

Рівень сеансів встановлює, керує та завершує сеанси між прикладними задачами.

Сеансовий рівень забезпечує функції управління сеансами зв'язку з акцентом на наскрізну передачу повідомлень, такі як встановлення і завершення сеансу, управління порядком і режимом передачі даних (однонаправлений, напівдуплексний, двонаправлений), синхронізація, управління активністю сеансу і повідомлення про аварійні ситуації. Разом з сеансовим рівнем цей рівень забезпечує протоколи, орієнтовані на з'єднання, і протоколи, які надають надійні послуги без з'єднання для вищих рівнів.

Рівень представлення інтерпретує дані, що передаються мережею, і перетворює їх у тип, який розпізнається процесами прикладного рівня, і навпаки. Він забезпечує представлення даних в узгоджених форматах і синтаксисі, переклад та інтерпретацію програм різними мовами, шифрування та стиснення даних.

У територіальних мережах управління обміном даних здійснюється протоколами верхнього рівня моделі ISO/OSI. Незалежно від внутрішньої конструкції кожного конкретного протоколу верхнього рівня їм характерна наявність спільних функцій: ініціалізація зв'язку, передача і прийом даних, завершення обміну. Кожен протокол має засоби для ідентифікації будь-якої робочої станції мережі на ім'я, мережеву адресу або на обох цих

атрибутах. Активізація обміну інформацією між взаємодіючими вузлами починається після ідентифікації вузла адресата вузлом, що ініціює обмін даними. Ініціююча станція встановлює один із методів організації обміну даними: метод дейтаграм або метод сеансів зв'язку. Протокол надає засоби для приймання/передавання повідомлень адресатом і джерелом. При цьому зазвичай накладаються обмеження на довжину повідомлень.

В даний час існує кілька підстандартів технології Fast Ethernet:

#### 1. 100Base-TX

У якості топології виступає топологія пасивна зірка. Для побудови мережі використовується кручена пара UTP5 або STPType1. Кількість пар кабелю – 2. Максимальна довжина сегмента – 100 метрів. Для підключення мережного кабелю до адаптера і концентратора використовуються 8-контактні роз'єми типу RJ-45 [1]. Максимальна кількість точок підключення до сегменту – 1024. Максимальна кількість вузлів мережі – 3072 вузла.

#### 2. 100Base-T4

У якості топології виступає топологія зірка. Для побудови мережі використовується кручена пара UTP3, UTP4, UTP5. Кількість пар кабелю – 4 (3 – обмін даними, 1 – визначення колізій). Максимальна довжина сегмента – 100 метрів. Для підключення мережного кабелю до адаптера і концентратора використовуються 8-контактні роз'єми типу RJ-45. Максимальна кількість точок підключення до сегменту – 1024. Максимальна кількість вузлів мережі – 3072 вузла.

#### 3. 100Base-TF

Максимальна довжина сегмента 400 метрів у напівдуплексному режимі (для гарантованого виявлення колізій) або 2 кілометри у повнодуплексному режимі по багатомодовому оптичному волокну та до 32 кілометрів по одномодовому.

#### Gigabit Ethernet

1. 1000BASE-T, IEEE 802.3ab – Стандарт Ethernet 1 Гбіт/с. Використовується кручена пара категорії 5e або категорії 6. У передачі даних беруть участь усі 4 пари. Швидкість передачі даних – 250 Мбіт/с по одній парі.

2. 1000BASE-TX, - Стандарт Ethernet 1 Гбіт/с, що використовує тільки кручену пару категорії 6. Практично не використовується.

3. 1000Base-X – загальний термін для позначення технології Гігабіт Ethernet, що використовує в якості середовища передачі даних оптоволоконний кабель, включає 1000BASE-SX, 1000BASE-LX і 1000BASE-CX.

4. 1000BASE-SX, IEEE 802.3z – 1 Гбіт/с Ethernet технологія, використовує багатомодове волокно дальність проходження сигналу без повторювача до 550 метрів.

5. 1000BASE-LX, IEEE 802.3z – 1 Гбіт/с Ethernet технологія, використовує багатомодове волокно дальність проходження сигналу без повторювача до 550 метрів. Оптимізована для далеких відстаней при використанні одномодового волокна (до 10 кілометрів).

6. 1000BASE-CX – Технологія Гігабіт Ethernet для коротких відстаней (до 25 метрів), використовується спеціальний мідний кабель (Екранована кручена пара (STP)) з хвильовим опором 150 Ом. Замінений стандартом 1000BASE-T і зараз не використовується.

7. 1000BASE-LH (LongHaul) – 1 Гбіт/с Ethernet технологія, використовує одномодовий оптичний кабель, дальність проходження сигналу без повторювача до 100 кілометрів.

### 10 Gigabit Ethernet

Новий стандарт 10 Гігабіт Ethernet включає сім стандартів фізичного середовища для LAN, MAN і WAN. В даний час він описується поправкою IEEE 802.3ae та входить до ревізії стандарту IEEE 802.3.

1. 10GBASE-CX4 – Технологія 10 Гігабіт Ethernet для коротких відстаней (до 15 метрів), використовується мідний кабель CX4 та конектори InfiniBand.

2. 10GBASE-SR – Технологія 10 Гігабіт Ethernet для коротких відстаней (до 26 або 82 метрів, залежно від типу кабелю), використовується багатомодове оптоволокно. Він також підтримує відстань до 300 метрів з використанням нового багатомодового оптоволокна (2000 МГц/км) [2].

3. 10GBASE-LX4 – використовує ущільнення по довжині хвилі для підтримки відстаней від 240 до 300 метрів по багатомодовому оптоволокну. Також підтримує відстань до 10 кілометрів при використанні одномодового оптоволокна.

4. 10GBASE-LR та 10GBASE-ER – ці стандарти підтримують відстані до 10 і 40 кілометрів відповідно.

5. 10GBASE-SW, 10GBASE-LW та 10GBASE-EW – ці стандарти використовують фізичний інтерфейс, сумісний за швидкістю та форматом даних з інтерфейсом OC-192/STM-64 SONET/SDH. Вони подібні до стандартів 10GBASE-SR, 10GBASE-LR і 10GBASE-ER відповідно, тому що використовують ті ж типи кабелів і відстані передачі.

6. 10GBASE-T, IEEE 802.3an-2006 – прийнятий у червні 2006 року після 4 років розробки. Використовує екрановану кручену пару. Відстань – до 100 метрів.

#### Технології WLAN

Ці технології описуються стандартами 802.11 (відомі під торговою маркою WIFI) та 802.16 (WiMax).

Раніше технології WIFI проектувалися для мобільних користувачів у рамках ЛОМ:

802.11 a (1999 р): 54 Мбіт/с; 5ГГц

802.11 b (1999 р): 11 Мбіт/с; 2.4 ГГц

802.11 g (2001р): 54 Мбіт/с; 2.4 ГГц

Основні характеристики та специфікації описуються для вбудованих антен, але можуть працювати із зовнішніми антенами, що сприяє збільшенню діаметра. За архітектурою бездротові локальні мережі можуть працювати в 2 режимах [3]:

1. з фіксованою структурою (з базовою станцією – AP: Access Point).  
(Рис. 1.3 (ліворуч))

2. без базової станції: Ad Hoc (з довільною структурою) (Рис. 1.3 (рисунок) праворуч))

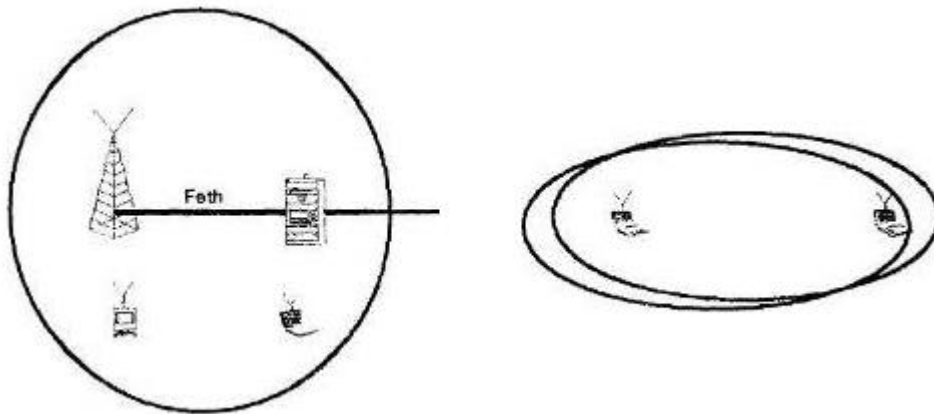


Рисунок 1.3 – Топології побудови WLAN засобами WiFi

### Технології доступу до Інтернету

В наш час конкурентоспроможними є 2 технології доступу до Інтернету ADSL/ADSL2+ та FTTB (Fiber to the Building).

Технологія волоконно-оптичних кабелів.

При наданні доступу до Інтернету по волоконно-оптичному каналу оператори зв'язку можуть використовувати різні технології всередині своєї мережі (SDH – Synchronous Digital Hierarchy, PDH – Plesiochronous Digital Hierarchy, оптичний Ethernet та інші), але на рівні кінцевого користувача це не має великого значення, так як і всі сучасні оптичні технології мають порівняні характеристики надійності. Найважливішими характеристиками для користувача в даному випадку будуть швидкість доступу до мережі по цьому каналу і тип інтерфейсу для підключення обладнання користувача

[4]. Використання волоконно-оптичного середовища надає найбільшу надійність, гнучкість та практично необмежену швидкість передачі.

xDSL.

Останнім часом для забезпечення більшої швидкості та надійності каналу, організованого з використанням мідних проводів, широкого поширення набули технології так званої xDSL. На основі загальної технології DSL (Digital Subscriber Line) розроблено безліч різних варіантів для різного застосування: HDSL, MSDSL, SDSL, ADSL та інші. Як правило, xDSL-технології використовуються, коли потрібно отримати відносно високу швидкість та залишити телефон вільним. Найбільш широко використовуються SDSL-і ADSL-технології, оскільки вони не вимагають використання дорогого обладнання з боку провайдера і водночас забезпечують високу якість каналу. Обидві ці технології не забезпечують гарантованої швидкості передачі інформації, вони автоматично підлаштовуються під фізичні характеристики мідних проводів, що використовуються. Основна їх відмінність між собою: ADSL забезпечує різну швидкість передачі та прийому інформації, а SDSL – однакову (від англійських слів *Asymmetric* і *Symmetric*) [5]. Підключення приватних користувачів зазвичай здійснюється за технологією ADSL. Стандартні телефонні дроти знаходять дуже широке застосування, так як, по-перше, за їх допомогою можна забезпечити досить високу надійність і швидкість передачі і, по-друге, мідні кабелі доходять практично до кожної будівлі в місті (хоча є і винятки). Величина швидкості передачі даних при цьому залежить від довжини та якості телефонної лінії.

## **1.2 Продуктивність мережі**

За допомогою систем аналізу та управління мережею можна виявити неполадки та зниження рівня продуктивності. Сучасні системи аналізу та діагностики дозволяють не тільки зібрати статистичні дані про роботу

мережі, але й автоматично пропонують способи усунення проблем. Ці можливості базуються на базі даних служби технічної підтримки, що постійно оновлюється.

Аналіз мережі спрямовано на досягнення двох цілей [1].

1) Визначення базових показників мережевої продуктивності, куди відносяться:

- утилізація (параметри використання) смуги пропускання зв'язків глобальних мереж та сегментів локальних мереж;
- показники використовуваних протоколів глобальних локальних мереж;
- середній та піковий час відгуку мережі;
- шаблони мережного трафіку, що проходить через сегменти, шлюзи та сервери;
- характеристика прикладних мережевих служб;
- статистика передачі пакетів канального та мережевого рівнів.

2) Усунення неполадок та підвищення продуктивності за рахунок налаштування параметрів. Налаштування продуктивності передбачає зміну конфігурації та структури мережі по рентам моніторингу. У багатьох випадках з'ясувати причину та усунути проблеми можна шляхом порівняння поточних показників із базовими показниками.

Базові показники продуктивності мережі є точкою відліку з метою оцінки виконання різних мережевих операцій. Через рівні проміжки часу слід збирати дані роботи мережі. Це дозволить відстежити тенденції зміни продуктивності. Ідея полягає у порівнянні поточних показників із базовими показниками.

Тривалість дослідження залежить кількості сегментів канального рівня. До широкого впровадження мережевих комутаторів вимірювання базових показників не мало труднощів. Комутатори коригують обрізані та спотворені пакети, що впливає на ширококомвні пакети мережного рівня. Вибір дати та часу вимірювання залежить від графіка використання

мережі. Наприклад, як правило, наприкінці місяця мережа переповнюється повідомленнями електронної пошти, отже, це найбільш вдалий час для вимірювання базових показників. Бажано мати значення базових показників:

- на початку робочого дня,
- після обідньої перерви,
- під час роботи систем резервного копіювання.

При цілодобовому графіку роботи мережі вимірювання краще проводити щогодини.

Відношення реальної пропускної спроможності сегмента, каналу або пристрою до ефективної пропускної здатності називається коефіцієнтом використання сегмента, каналу або пристрою відповідно.

Загальна утилізація смуги пропускання характеризується трьома показниками: середньою, піковою та мінімальною утилізацією.

Середня утилізація задає пропускну спроможність мережі через середній рівень переданих усереднених пакетів або кадрів. Середня утилізація мережного сегмента вимірюється при реєстрації пропускної спроможності сегмента за певний період часу (зазвичай 30...60 хв). Середня утилізація – це одиночне чисельне значення, отримане аналізатором протоколу або засобом мережного моніторингу, що служить для збору даних шаблону трафіку. Будь-який з цих інструментів обчислює середню утилізацію середньої пропускної здатності на заданому шаблоні даних, що пересилаються.

Пікова та мінімальна утилізація вимірюються на тому ж шаблоні даних, що і для середньої мережевої утилізації. Однак ці значення є графіком залежності від часу.

Всі три характеристики утилізації засновані на дослідженні пересилання шаблону трафіку, а не на довготривалому моніторингу, тому для точного визначення середньої, пікової та мінімальної утилізації мережного сегмента необхідно виміряти декілька шаблонів. Вимірювання



слід проводити у різний час дня та періодично повторювати їх протягом певного календарного періоду, що дозволить зібрати статистичні дані щодо утилізації.

Отримавши достатньо вимірювань, можна побудувати графіки залежно від часу, які покажуть тренди зміни базових показників.

Розробивши графік зміни утилізації (профіль), потрібно порівняти отримані дані із даними для звичайного режиму експлуатації мережі. Це дозволить з'ясувати, що необхідно змінити у мережевих магістралях та топології для підвищення продуктивності. Середня, пікова та мінімальна утилізація можуть змінюватись у різних мережах, оскільки ці величини залежать від шаблонів трафіку, додатків та кількості користувачів у мережі.

Для оцінки «нормальної» середньої мережевої продуктивності підійдуть статистичні значення, що розглядаються як продовжені стандарти. Якщо виміряні дані суттєво відрізняються від базових показників, що визначаються промисловими стандартами, слід вживати заходів для оптимізації роботи мережі.

При налаштуванні мережі необхідно розрізняти номінальну та ефективну пропускну здатність протоколу.

Під номінальною пропускну здатністю зазвичай розуміється бітова швидкість передачі, підтримувана на інтервалі передачі одного пакета.

Ефективна пропускну спроможність протоколу – це середня швидкість передачі даних користувача, тобто даних, що містяться в полі даних кожного пакета. У загальному випадку ефективна пропускну спроможність протоколу буде нижчою за номінальну через наявність у пакеті службової інформації, а також через наявність у пакеті службової інформації, а також через пауз між передачею окремих пакетів.

Існує два типи оцінок пропускну спроможності:

- пропускну спроможність на каналному рівні (вимірюється у FPS – Frames Per Second, кадри в секунду);

- пропускна здатність на мережному рівні (вимірюється в PPS – Facials Per Second, пакети в секунду).

Результати спостереження за продуктивністю часто використовуються службою технічної підтримки Microsoft під час діагностики неполадок. Діючий компонент системи генерує дані про продуктивність. Найчастіше для спостереження системними компонентами використовуються такі об'єкти, доступні за умовчанням: кеш, пам'ять, об'єкти, файл підкачки, фізичний диск, процес, процесор, сервер, система, потік. Можна підвищити продуктивність комп'ютера шляхом зміни режиму використання ресурсів часу процесора та пам'яті системою Windows, який виділяє системні ресурси відповідно до параметрів налаштування та відповідно керує роботою пристроїв.

### **1.3 Проблематика та постановка завдань дослідження**

У новоствореній локальній мережі можуть спостерігатися проблеми зі стабільністю та швидкістю роботи, яка виявляється нижчою за потенційно можливу швидкість для мережі даного типу. Ці проблеми можуть виникнути також у майбутньому під час підключення нового обладнання, встановлення нового програмного забезпечення або при підключенні даної мережі до іншої. Ті, хто відчують дискомфорт через уповільнення часто виконуваних операцій пересилання файлів або при мережному друку, кінцеві користувачі звертаються до мережного адміністратора. Можливими причинами виникнення зазначених проблем є:

- недоліки використовуваного ПЗ та апаратного забезпечення;
- неправильне налаштування мережевих ОС;
- несправності у кабельній системі;
- несправності на рівні мережевих протоколів через несумісність або несправність мережевих пристроїв або їх неправильне налаштування;

- неправильна організація локальної мережі, наприклад недостатнє сегментування в мережах типу Ethernet, що призводить до виникнення додаткових колізій пакетів.

Значна частина цих проблем пов'язані з помилками, допущеними на попередніх етапах проектування мережі. Оскільки вирішення цих проблем знаходиться в компетенції мережного адміністратора (або спеціально запрошеного фахівця), то знову немає сенсу розглядати в деталях усі можливі засоби та методи. Кінцевим користувачам локальних мереж цілком достатньо загального ставлення до них. Найзагальніші міркування у тому, що з локалізації несправностей доцільно вносити зміни одне одним, використовувати кількісні показники продуктивності мережі, спеціальну апаратуру і ПЗ. Розумно також дотримуватися певної стратегії пошуку, перевіряючи спочатку існування найімовірніших і порівняно легко усуваються несправностей (у вказаному порядку їх перерахування).

Недоліки використовуваного ПЗ простіше усунути його заміною (переходом до більш апробованої, можливо, попередньої версії), ніж у разі більш дорогого апаратного забезпечення, яке може утворювати так званий ефект «пляшкової шийки» (bottleneck). Це означає, що один із комп'ютерів у мережі (у тому числі сервер) або будь-який мережний пристрій за своїми характеристиками поступається іншим комп'ютерам або пристроям і «гальмує» роботу мережі в цілому. У цьому випадку потрібна модернізація (upgrade) або заміна пристрою.

Актуальність оптимізації параметрів мережевих ОС пов'язана з тим, що початкові налаштування (налаштування за умовчанням) цих параметрів можуть не відповідати конфігурації та інтенсивності даних, що передаються по мережі (трафіку).

Найпростішим доступним засобом перевірки цілісності з'єднань у мережі є використання команди ping, яка працює в ОС UNIX, OS/2 та різних версіях Windows. Команда ping перевіряє стан з'єднання з іншим комп'ютером або комп'ютерами, надсилаючи ехо-пакети та аналізуючи

отримані відповіді. Для роботи цієї команди потрібна підтримка Інтернету, тобто протоколів TCP/IP. У межах локальної мережі використання команди ping (з IP – адресою віддаленого комп'ютера як параметр) дозволяє, окрім перевірки наявності з'єднання, встановити час відгуку та виявити вузькі місця у мережі.

Для пошуку несправностей у кабельній системі застосовуються також стандартні та спеціальні прилади – від найпростіших тестерів для визначення обривів та коротких замикань у мідних кабелях до мережевих аналізаторах, призначених для еталонного тестування кабелів різних категорій.

Якщо попередні перевірки не дозволили виявити несправності, доводиться припустити існування проблем лише на рівні мережевих протоколів.

Метою даного дослідження виступає оптимізація продуктивності мережі методом виявлення та аналізу несправностей за допомогою програмних методів. Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно виконати низку завдань:

- дослідити сучасні методи оптимізації продуктивності мережі;
- описати механізми оптимізації продуктивності мережі;
- навести алгоритм оптимізації продуктивності мережі;
- розробити механізм виявлення та аналізу несправностей мережі за допомогою програмних методів;
- здійснити верифікацію результатів.

### **Висновки до розділу**

У рамках першого розділу розкрито поняття мережі, сутність та структуру, описано продуктивність мережі та окреслено проблематику дослідження.

За допомогою систем аналізу та управління мережею можна виявити неполадки та зниження рівня продуктивності. Сучасні системи аналізу та діагностики дозволяють не тільки зібрати статистичні дані про роботу мережі, але й автоматично пропонують способи усунення проблем. Ці можливості базуються на базі даних служби технічної підтримки, що постійно оновлюється.

## 2 МЕТОДИ ТА МЕХАНІЗМИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕРЕЖІ

### 2.1 Сучасні методи оптимізації продуктивності мережі

Численні дослідження процесів у мережі Інтернет показали, що статистичні характеристики трафіку мають властивість тимчасової масштабної інваріантності (самоподібності) [1-4]. Причина такого ефекту – в особливостях розподілу файлів по серверах, їх розмірах, а також у типовій поведінці користувачів. Виявилось, що потоки даних, що спочатку не виявляють властивостей самоподібності, пройшовши обробку на вузлових серверах і активних мережевих елементах, починають подавати яскраво виражені ознаки самоподібності. Самоподібний трафік має особливу структуру, що зберігається на багатьох масштабах – у реалізації завжди присутня деяка кількість дуже великих викидів за відносно невеликого середнього рівня трафіку. Ці викиди викликають значні затримки та втрати пакетів, навіть коли сумарна потреба всіх потоків далека від максимально допустимих значень. У класичному випадку для пуассонівського вхідного потоку нам буде достатньо буферів помірного розміру: черга може утворитися в короткостроковій перспективі, але за довгий час буфери очистяться. Однак при самоподібному навантаженні утворюються черги набагато більшої довжини.

Трафік комп'ютерних мереж за високих коефіцієнтів використання виявляє властивості самоподібності. Через це можливе швидке навантаження буферів пристроїв при невеликих коефіцієнтах використання. Особливо це проявляється, якщо розмір буферів розрахований для навантаження з класичними розподілами потоків.

Для більшості мереж реальною є ситуація, коли навантаження, що надходить ззовні, може стати більше того, яке може бути обслужене навіть при оптимальній маршрутизації. При цьому, якщо не вжити заходів щодо

обмеження трафіку, черги на найбільш навантажених лініях будуть необмежено зростати і врешті-решт перевищать розміри буферів у відповідних вузлах. Це призводить до того, що пакети, що знову надходять у вузли, які не мають вільного місця в буфері, будуть скинуті і повинні будуть передаватися повторно, що призводить до нераціональної витрати ресурсів мережі. Таким чином, при збільшенні навантаження, що надходить, реальна пропускна здатність мережі зменшується, а затримка інформації зростає.

Очевидно, що для підвищення якості мережі потрібне зниження кількості втрачених пакетів до мінімально можливого рівня.

Найбільш простий, але в той же час найдорожчий метод – збільшення ширини смуги пропускання каналу зв'язку, підключеного до маршрутизатора, та збільшення швидкодії маршрутизатора.

Дешевшими і не менш ефективними засобами організації ефективного обміну інформацією в мережі є методи комутації, маршрутизація та управління інформаційними потоками.

Можливо домогтися поліпшення пропускної спроможності з'єднання, застосовуючи спеціальні методи організації черг. Ці методи можна розбити на три основні групи: спеціальні стратегії організації черг, шейпінг трафіку та обмеження швидкості.

Організація черг. Утворення черг відбувається лише у випадку, коли інтерфейс надто зайнятий. Якщо він вільний, то пакети передаються без будь-якої додаткової обробки. Усі стандартні черги працюють за принципом FIFO (first in, first out): пакет, який прийшов раніше за всіх, буде переданий першим і т.д. Якщо черга заповнена вщент і приходять нові пакети, то відбувається «відкидання хвоста». Більш витончені методи організації черг часто використовують кілька черг. Пакети класифікуються відповідно до потреб користувача та потім сортується за відповідними чергами. Потім при звільненні інтерфейсу за допомогою спеціального алгоритму вибирається черга, пакет з якої буде відправлений. Наприклад,

маршрутизатори Cisco підтримують кілька стратегій організації черг: FIFO, WQF, RED за пріоритетом довільні. Слід зазначити, що це спеціальні методики організації черг дають ефект лише у випадках, коли неможливо негайно відправити пакет через інтерфейс. Якщо ж інтерфейс вільний і в черзі не знаходяться пакети, новий пакет пересилається відразу ж.

У своїй найпростішій формі черга FIFO, також відома як FCFS (first come, first served), передбачає буферизацію та пересилання пакетів у порядку їх надходження.

FIFO не застосовує поняття пріоритету або класу трафіку і тому не приймає рішень щодо пріоритету пакетів. Існує лише одна черга, і всі пакети обробляються однаково. Пакети передаються через інтерфейс в порядку їх надходження.

Якщо використовується FIFO, поведінковий ресурс може використовувати всю смугу пропускання, перевантажений ресурс може затримувати чутливий до часу або важливий трафік, а важливий трафік може падати, коли некритичний трафік заповнює чергу.

Всі інтерфейси, крім послідовних інтерфейсів нижче E1 (2,048 Мбіт/с), використовують FIFO за замовчуванням, якщо не налаштовано іншу стратегію черги (послідовні інтерфейси нижче E1 використовують WFQ за замовчуванням).

Як найшвидший метод керування чергою, FIFO корисний для великих каналів з малою затримкою і низьким рівнем перевантаження. Якщо перевантаження каналу дуже незначне, черга FIFO може бути єдиною чергою, яку слід використовувати.

WFQ - це метод динамічного планування, який забезпечує справедливий розподіл пропускну здатності для всього мережевого трафіку. WFQ застосовує пріоритети або ваги до ідентифікованого трафіку, класифікує трафік на розмови і визначає допустиму пропускну здатність кожної розмови порівняно з іншими розмовами. WFQ - це



алгоритм на основі потоку, який одночасно планує інтерактивний трафік на чолі черги, щоб зменшити час відгуку, і справедливо розподіляє решту пропускної здатності для високошвидкісних потоків. Іншими словами, WFQ гарантує, що низькооб'ємний трафік, такий як сеанси Telnet, має пріоритет над високооб'ємним трафіком, таким як сеанси FTP. WFQ гарантує, що одночасна передача файлів використовує пропускну здатність збалансовано. Це означає, що якщо передається кілька файлів, для них буде виділено однакову пропускну здатність.

WFQ усуває серйозні обмеження черг FIFO: коли FIFO увімкнено, трафік пересилається в порядку надходження, незалежно від використання пропускної здатності або пов'язаної з цим затримки. Як наслідок, передача файлів та інші мережеві додатки з високою пропускну здатністю часто створюють серії пов'язаних пакетів даних. Ці зв'язані пакети відомі як пакетні потоки. Пакетна черга - це група пакетів, які мають тенденцію до спільної передачі мережею. Ці пакети використовують усю доступну пропускну здатність і можуть забирати пропускну здатність у іншого трафіку.

WFQ забезпечує управління пріоритетами трафіку, яке динамічно сортує трафік на повідомлення, що складають розмову; розділяючи пакетний потяг всередині розмови, WFQ гарантує, що пропускну здатність справедливо розподіляється між окремими розмовами і що трафік з меншим об'ємом доставляється вчасно.

WFQ класифікує трафік на різні потоки на основі адрес заголовків пакетів, включаючи мережеві або MAC-адреси джерела та призначення, протокол, номери портів джерела та призначення, номери сокетів сеансу, значення ідентифікатора Frame Relay Data Link Identifier (DLCI), значення ToS та інші характеристики. Існує дві категорії потоків: сеанси з високою пропускну здатністю і сеанси з низькою пропускну здатністю. Трафік з низькою пропускну здатністю фактично має пріоритет над трафіком з високою пропускну здатністю, і послуги передачі розподіляються

пропорційно відповідно до ваги, присвоєної трафіку з високою пропускною здатністю. Потоки трафіку з низькою пропускною здатністю, які складають більшість трафіку, отримують пріоритетну обробку, щоб гарантувати, що всі запропоновані корисні навантаження будуть передані вчасно. Потокам трафіку з високою пропускною здатністю буде пропорційно розподілено решту пропускної здатності.

WFQ розміщує пакети, що складаються з різних розмов, у справедливій черзі перед передачею. Порядок видалення з справедливої черги визначається віртуальним часом доставки останнього біта кожного отриманого пакета.

Нові повідомлення у високошвидкісних потоках відкидаються, коли досягається поріг для завантажених повідомлень. Однак, потоки з низькою пропускною здатністю, що містять контрольні повідомлення, продовжують надходити до черги даних. В результаті, справедлива черга іноді буде містити більше повідомлень, ніж поріг.

WFQ може обробляти двонаправлені потоки даних, наприклад, між парами додатків, або однонаправлені потоки даних, наприклад, голос або відео.

Алгоритм WFQ також вирішує проблему варіацій затримки в обох напрямках. Коли активні декілька дзвінків високої пропускної здатності, швидкість передачі і час між прибуттями стають більш передбачуваними, і WFQ може бути використаний для поліпшення можливостей SNA (системної мережевої архітектури), LLC (управління логічними зв'язками) і TCP, серед іншого, для боротьби з перевантаженнями і повільним запуском. Це значно покращує алгоритми.

WFQ на основі потоку використовується як режим черги за замовчуванням на більшості послідовних інтерфейсів, сконфігурованих нижче E1 (2,048 Мбіт/с).

WFQ забезпечує рішення для ситуацій, коли бажано забезпечити однаковий час відгуку як для інтенсивних, так і для легких користувачів

без додавання надмірної пропускної здатності WFQ автоматично адаптується до мінливих умов мережевого трафіку.

WFQ не підтримує тунелювання та шифрування, оскільки ці функції змінюють інформацію про вміст пакета, необхідну WFQ для класифікації.

Незважаючи на те, що WFQ автоматично адаптується до мінливих умов мережевого трафіку, він не пропонує такого ступеня точності керування розподілом пропускної здатності, який пропонують CQ і CBWFQ.

Випадкове раннє виявлення (RED) ідеально підходить для високошвидкісних транзитних мереж; Cisco IOS QoS включає в себе реалізацію RED, яка, при налаштуванні, контролює, коли маршрутизатори скидають пакети.

Суть механізму RED полягає в припущенні, що більша частина трафіку проходить через програми передачі даних, які чутливі до втрат і тимчасово сповільнюють роботу при втраті частини трафіку; TCP реагує (навіть надійно) на падіння трафіку шляхом відповідного сповільнення його передачі, тому поведінка падіння трафіку RED діє як ефективний механізм сигналізації для запобігання заторів.

TCP є найбільш широко використовуваним мережевим транспортом; враховуючи повсюдну присутність TCP, RED забезпечує широко розповсюджений і ефективний механізм уникнення заторів.

При оцінці корисності RED там, де переважає надійний транспорт, такий як TCP, важливо враховувати значні негативні наслідки використання RED там, де значна частина трафіку не є надійною з точки зору втрати пакетів.

RED має на меті контролювати середній розмір черги, вказуючи кінцевим хостам, коли вони повинні тимчасово уповільнити передачу пакетів.

RED використовує переваги механізму контролю перевантажень TCP. Довільно відкидаючи пакети перед періодом високого завантаження,

RED повідомляє джерелу пакетів зменшити швидкість передачі. Якщо припустити, що джерело пакетів використовує TCP, він зменшуватиме швидкість передачі, доки всі пакети не досягнуть місця призначення, що вказує на те, що перевантаження зникло. Ви можете використовувати RED як спосіб змусити TCP уповільнити передачу пакетів. TCP не тільки призупиняє, але й швидко перезапускає та адаптує швидкість передачі до швидкості, яку підтримує мережа.

RED розподіляє втрати в часі та підтримує зазвичай низьку глибину черги, поглинаючи спайки. Якщо ввімкнено на інтерфейсі, RED починає скидати пакети, коли виникає перевантаження зі швидкістю, яку ви вибираєте під час налаштування.

Імовірність відкидання пакета базується на мінімальному пороговому значенні, максимальному пороговому значенні та знаменнику ймовірності позначки.

Коли середня глибина черги перевищує мінімальний поріг, RED починає відкидати пакети. Швидкість відкидання пакетів зростає лінійно зі збільшенням середнього розміру черги, поки середній розмір черги не досягне максимального порогу.

Мінімальне порогове значення має бути достатньо високим, щоб максимізувати використання зв'язку. Якщо мінімальний поріг занадто низький, пакети можуть бути відкинуті без потреби, і канал передачі не використовуватиметься повністю.

Різниця між максимальним порогом і мінімальним порогом має бути достатньо великою, щоб уникнути глобальної синхронізації хостів TCP (глобальна синхронізація хостів TCP може відбуватися, оскільки кілька хостів TCP знижують свої швидкості передачі). Якщо різниця між максимальним і мінімальним пороговими значеннями занадто мала, багато пакетів можуть бути відкинуті одночасно, що призведе до глобальної синхронізації.

Шейпінг. При застосуванні шейпінгу відбувається підрахунок трафіку конкретного інтерфейсу. Шейпінг може застосовуватися до всього трафіку або тільки до того, який задовольняє будь-якому списку. Це відбувається незалежно від того, чи вільний інтерфейс, чи в черзі знаходяться пакети. Коли трафік досягає деякого заданого користувачем значення, наступні пакети, що надходять, стають в чергу і затримуються. Таким чином, споживана пропускна здатність обмежується на значення, що налаштовується.

Обмеження швидкості, що іноді називається також обмеженням трафіку, схоже на шейпінг. Відмінність полягає в тому, що надмірний трафік обробляється окремо від звичайного, за правилами, що настроюються користувачем. Найбільш поширений спосіб обробки зайвого трафіку – відкидання його, але існують інші способи, наприклад, зменшення значення поля пріоритету в IP-заголовку.

Комутація інформаційних потоків у мережах. Розрізняють такі види комутацій інформаційних потоків у мережах:

- комутація каналів, яка у загальному випадку може здійснюватися на фізичному чи логічному рівнях;
- комутація повідомлень;
- комутація пакетів.

Комутація каналів (КК) передбачає закріплення каналу, який зв'язує абонентів мережі, весь час сеансу зв'язку.

При комутації каналів між вузлами, яким необхідно встановити зв'язок один з одним, забезпечується організація безперервного складеного каналу, що складається з послідовно з'єднаних окремих каналів між вузлами. Окремі канали з'єднуються між собою комутуючим устаткуванням (комутаторами).

Перед передачею даних необхідно виконати процедуру встановлення з'єднання, у процесі якої створюється складений канал.

До недоліків методу комутації каналів можна віднести: неможливість трансформації швидкостей та кодів, що визначає необхідність використання одноступінчастої кінцевої апаратури; проблеми організації багатоадресної і циркулярної передачі; втрату заявок на встановлення з'єднання у разі відсутності вільних каналів або мале корисне завантаження каналів за необхідності забезпечити досить малу ймовірність втрат.

Від цих недоліків практично вільні мережі з комутацією повідомлень, в яких повідомлення, що підлягає передачі надходить з каналу, що сходить, в пам'ять, а потім видається в необхідний вихідний канал. Мережі з комутацією повідомлень, особливо при високих коефіцієнтах використання каналів зв'язку, вимагають великих обсягів запам'ятовуючих пристроїв у вузлах комутації [3].

Метод комутації пакетів (КП) зберігає основні переваги методу комутації повідомлень, але значно знижує вимоги обсягу ЗУ у вузлах комутації, так як розмір пакета значно менше розміру повідомлення.

Під комутацією повідомлень розуміється передача єдиного блоку даних між вузлами мережі з тимчасовий буферизацією цього блоку кожним із транзитних вузлів. Повідомленням може бути текстовим файлом, файлом із графічним зображенням, електронним листом - повідомлення має довільний розмір, обумовлений винятково його змістом, а не тими або іншими технологічними міркуваннями.

При комутації пакетів всі передані користувачем дані розбиваються передавальним вузлом на невеликі (до декількох кілобайт) частини – пакети (packet). Кожний пакет оснащується заголовком, у якому вказується, як мінімум, адреса вузла-одержувача й номер пакета. Передача пакетів по мережі відбувається незалежно один від одного. Комутатори такої мережі мають внутрішню буферну пам'ять для тимчасового зберігання пакетів, що дозволяє згладжувати пульсації трафіка на лініях зв'язку між комутаторами.

До переваг методу КП слід віднести:

можливість ефективного використання пропускної здатності мережі при передачі коротких порцій інформації;

можливість забезпечення малого часу затримки пакетів без закріплення для взаємодіючих абонентів пропускної спроможності каналів;

високу надійність і живучість, пов'язані з можливістю використання альтернативних маршрутів при виході з ладу окремих каналів зв'язку чи вузлів мережі, – збільшення скритності передачі, так як окремі пакети сполучення прямують своїми маршрутами і через проміжні вузли повідомлення у повному обсязі не проходить.

Водночас для методу КП характерні й певні недоліки [7]:

– за деяких умов роботи мережі (наприклад за великого графіка) часи доставки інформації можуть бути занадто великими;

– метод не забезпечує прозорості у часі під час передачі інформації, тобто середньоквадратичне відхилення часу доставки окремих пакетів може бути не нульовим, а у разі комутації дейтаграм окремі пакети можуть прибувати до одержувача з порушенням їхньої послідовності;

– у певних умовах метод КП поступається методу КК за показником використання пропускної спроможності.

Аналіз показує, що області ефективного використання різних методів комутації залежать від довжини повідомлень, що передаються, від рівня завантаження мережі, часу поширення в каналі, часу обробки у вузлі комутації і т.п.

Прагнення подолати недоліки "чистих" методів комутації викликало появу великої кількості гібридних методів комутації, що є синтезом методів КК і КП, а також методів адаптивної комутації, за якої алгоритм комутації динамічно змінюється залежно від стану мережі в даний момент [7].

Маршрутизація та управління інтенсивністю. У загальнодоступному значенні слова маршрутизація означає передавання інформації від джерела до пункту призначення через об'єднану мережу. При цьому, як правило, на шляху зустрічається принаймні один вузол.

Маршрутизація включає в себе два основних компоненти:

- визначення оптимальних трактів маршрутизації;
- транспортування інформаційних груп (зазвичай званих пакетами) через об'єднану мережу.

Рішення про маршрутизацію можуть ґрунтуватися на різних метриках (значеннях, отриманих в результаті алгоритмічних обчислень для однієї змінної, наприклад, довжини маршруту) або на комбінації метрик.

Програмні реалізації алгоритмів маршрутизації обчислюють метрики маршруту, щоб визначити найкращий маршрут до пункту призначення.

Щоб полегшити процес визначення маршруту, алгоритм маршрутизації ініціалізує та підтримує таблицю маршрутизації, яка містить інформацію про маршрут.

Можливі різні критерії класифікації методів маршрутизації, які присутні у інформаційних мережах. Один із них полягає у поділі всіх методів маршрутизації за ознакою централізації управління на централізовані, розподілені (децентралізовані) та зонові.

У централізованих методах вибір маршрутів здійснюється у центральному вузлі (ЦВ), а розподілених – у вузлах мережі. При цьому вузли можуть обмінюватись один з одним деякою службовою інформацією.

У разі централізованих методів маршрутизації кожен вузол мережі передає повідомлення про свій стан ЦВ, який становить глобальну картину стану мережі. На основі цієї інформації ЦП може визначати найкращі маршрути розподілу інформаційних потоків через мережу.



Методи зонової маршрутизації ґрунтуються на розбиття всієї мережі на зони та використання в межах кожної зони та між зонами своїх (можливо різних) методів маршрутизації.

Щоб поєднати переваги централізованих та децентралізованих методів маршрутизації, було запропоновано гібридні методи маршрутизації, коли ЦВ стежить за глобальною ситуацією, а інші вузли оперативно реагують на локальні зміни графіка та компонентів мережі. При цьому кожен вузол може самостійно вирішувати, яким з дозволених ЦВ альтернативних шляхів направити пакет з урахуванням поточної локальної обстановки.

Інша класифікація методів маршрутизації ґрунтувала на тому, чи змінюються маршрути в залежності від інтенсивності вхідних потоків. У статичних (фіксованих) методах маршрутизації шлях, використовуваний парою "відправник – одержувач інформації", фіксований і залежить від коливань графіка. Він може змінюватись лише у разі виходу з ладу будь-якого вузла чи лінії зв'язку, тобто за зміни топології мережі. Такий спосіб маршрутизації може бути рекомендований або для дуже простих мереж, або коли ефективність роботи мережі несуттєва, так як при ньому не може бути досягнуто великої пропускної спроможності мережі при варіації вхідного графіка [1].

Деяке проміжне положення між статичними та динамічними (адаптивними) методами маршрутизації займають квазістатичні методи [8]. Якщо в статичних методах маршрут кожного повідомлення (пакета) відомий заздалегідь до його входу в мережу, а в динамічних методах він заздалегідь не відомий, і напрямок подальшої передачі в кожному вузлі вибирається, виходячи з поточної інформації про стан мережі, то в квазістатичних методах сукупність локальних маршрутних таблиць кожного вузла не фіксована і змінюється (хоча й відносно повільно), за зміни інтенсивностей вхідних потоків [2], [4].

Крім цього, всі методи маршрутизації можна умовно розділити на дві групи: засновані на використанні деякого математичного апарату для отримання оптимальних за вибраним критерієм маршрутів та евристичні методи маршрутизації.

Конкретний метод маршрутизації зазвичай реалізується у межах протоколу мережного рівня, який управляє пакетами за їх рухом мережею до місця призначення.

Керування потоком може знадобитися на ділянках передачі між абонентами та вхідним вузлом мережі або між двома вузлами мережі [1].

Цілями управління потоками в мережі можуть бути:

- збереження середньої затримки в мережі на розумному рівні;
- дотримання справедливості по відношенню до всіх абонентів;
- недопущення переповнення буферів та зменшення пропускної спроможності мережі.

Однак, жоден з перерахованих вище методів запобігання перевантаженню не дає достатньо високої якості обслуговування. До того ж, вони не враховують параметри вхідного потоку, які впливають на виникнення черг при проходженні трафіку через систему зв'язку.

Імітаційне моделювання. Для створення умов експлуатації, що відповідають інтенсивному навантаженню та перевантаженню в мережі, необхідні інструменти, які можуть легко змоделювати реальний трафік та його проходження через мережу необхідної конфігурації. Імітаційне моделювання дозволяє досліджувати поведінку мережі за різних варіацій навантажень і конфігураціях мережі.

За допомогою імітаційного моделювання можна будувати та аналізувати системи, розробляти механізми забезпечення стійкості систем, принципи управління для систем із параметрами, що змінюються, можна побудувати регулятор, що забезпечує оптимальне управління за заданими критеріями. Тому імітаційне моделювання є основним інструментом аналізу комп'ютерних мереж.

Для побудови адекватної моделі потрібна інформація про об'єкти моделювання. Мережа з фізичного боку є об'єднанням однією системою деякого числа комп'ютерів, комутаторів і маршрутизаторів, з'єднаних між собою лініями зв'язку. Виділимо окремі ланки в цій системі, виходячи із завдань, які вони виконують у системі:

1. комп'ютер – джерело та приймач сигналу з можливістю управління та буферизації даних;
2. лінія зв'язку (кабелі, хаби) – ланка затримки;
3. комутатор, модем, сервер – ланка затримки з можливостями керованості та буферизації;
4. маршрутизатор – ланка, керує потоком даних із можливістю буферизації.

Під буферизацією розуміється можливість зберігання деякого обсягу даних, що передаються всередині пристрою. Основну частину системи - "виконавчий механізм" займає сервер та маршрутизатор. З фізичного боку вони є вхідним буфером – ємнісний елемент, елемент комутації пакетів і вихідні буфера.

При імітаційному моделюванні комп'ютерних мереж у якомусь пакеті Network simulator (NS, Opnet, Netwiser, Simulink та ін..) задаємо всі існуючі характеристики комп'ютерної мережі, її елементів, включаючи методи організації черг комутації, управління інформаційними потоками, маршрутизацію та параметри вхідного трафіку.

## **2.2 Механізми оптимізації продуктивності мережі**

Продуктивність мережі один із ключових аспектів, що визначає успішну роботу організації. У наш час, коли багато бізнес-процесів реалізуються онлайн і вимагають високої швидкості передачі даних, важливо дбати про максимальну ефективність мережі.

Одним із основних механізмів, що дозволяють збільшити продуктивність мережі, є оптимізація трафіку. Це процес, який дозволяє зменшити обсяг даних, що передаються через мережу, і знизити час їх обробки. Оптимізація трафіку включає такі методи, як стиснення даних, кешування і компресія, які дозволяють істотно знизити навантаження на мережу і підвищити швидкість передачі інформації.

Ще одним ефективним механізмом, що сприяє підвищенню продуктивності мережі, є поділ мережі на віртуальні локальні мережі (VLAN). VLAN дозволяють розділити мережевий трафік на кілька незалежних сегментів, що дозволяє знизити навантаження на мережу та підвищити безпеку передачі даних.

Мережі відіграють ключову роль у сучасному світі, і їхня продуктивність має величезне значення для бізнесу та задоволення потреб користувачів. Від швидкості передачі даних та стабільної роботи мережі залежать ефективність роботи компанії, терміни виконання проектів та якість послуг.

Для забезпечення оптимальної продуктивності мережі необхідно впровадження ефективних механізмів, які дозволять збільшити пропускну здатність та знизити затримку передачі даних. Важливо використовувати передові технології та оптимальну конфігурацію мережного обладнання.

Одним із ключових механізмів, які можуть бути використані для підвищення продуктивності мережі, є кешування. Кешування дозволяє зберігати копії даних, що використовуються часто, у найближчому до користувача або сервері місці. Це зменшує час передачі і збільшує швидкість доступу до них. Кешування можна реалізувати на різних рівнях мережі – на клієнтських комп'ютерах, проксі-серверах або на мережному обладнанні.

Ще одним ефективним механізмом підвищення продуктивності мережі є компресія даних. Компресія даних дозволяє зменшити обсяг даних, що передаються шляхом видалення повторюваної або непотрібної

інформації. Це дозволяє знизити пропускну здатність мережі, знизити затримки передачі даних та збільшити швидкість завантаження сторінок та файлів.

Також для підвищення продуктивності мережі важливо регулярно проводити моніторинг та оптимізацію роботи мережного обладнання. Це дозволить виявити вузькі місця в мережі та вжити заходів щодо їх усунення. Також варто звернути увагу на оптимальне розміщення серверів, використання балансування навантаження та інші сучасні технології, які дозволяють покращити продуктивність мережі.

Отже, впровадження ефективних механізмів підвищення продуктивності мережі грає ключову роль бізнесі і забезпечує якісну роботу мережі користувачам. Кешування, компресія даних та оптимізація мережного обладнання є важливими інструментами, які допоможуть збільшити пропускну здатність, знизити затримки та покращити користувацький досвід.

Для підвищення ефективності роботи мережі та збільшення продуктивності необхідно оптимізувати мережне обладнання. Наступні механізми допоможуть досягти цієї мети:

Оновлення обладнання: Один із перших кроків у оптимізації мережі – це оновлення застарілого обладнання. Нове обладнання має більш високі технічні характеристики і може справлятися з вищими навантаженнями. При виборі нового обладнання важливо звернути увагу на його пропускну здатність, час відгуку, підтримку останніх стандартів та протоколів.

Управління трафіком: Оптимізація продуктивності мережі може бути досягнута шляхом правильного керування трафіком. Один із способів керування трафіком – використання Quality of Service (QoS). QoS дозволяє пріоритизувати різні типи трафіку на основі їх важливості, забезпечуючи оптимальне використання доступної пропускну здатності.

QoS зазвичай застосовується до мереж, які передають трафік для ресурсоемних систем; до поширених послуг, які вимагають QoS,

відносяться телебачення за протоколом IP (IPTV), онлайн-ігри, потокове передавання медіа, відеоконференції, відео за запитом (VOD) і передача голосу через IP (VoIP).

Затримок передачі можна уникнути, якщо спланувати трафік в мережі і змінити спосіб маршрутизації пакетів до Інтернету та інших мереж. Це також дозволяє організаціям досягти очікуваної якості обслуговування для своїх додатків і забезпечити очікуваний користувацький досвід.

Технологія мережевого QoS працює шляхом маркування пакетів для визначення типів послуг і налаштування маршрутизаторів для створення окремих віртуальних черг для кожної програми на основі її пріоритету. В результаті пропускна здатність резервується для критично важливих додатків і веб-сайтів, яким виділяється пріоритетний доступ.

Налаштування маршрутизаторів та комутаторів: Налаштування маршрутизаторів та комутаторів є важливою частиною оптимізації мережного обладнання. Це включає правильне конфігурування інтерфейсів, маршрутних таблиць і протоколів, таких як OSPF і BGP, а також відключення непотрібних сервісів і функцій.

Моніторинг та аналіз: Регулярний моніторинг та аналіз продуктивності мережі є невід'ємною частиною її оптимізації. Використання інструментів моніторингу, таких як SNMP, для відстеження трафіку, завантаження пристроїв, затримок та інших показників продуктивності. Аналізування отриманих даних та вживання відповідних заходів для усунення проблем та оптимізації мережного обладнання.

Дотримання цих рекомендацій щодо оптимізації мережного обладнання допоможе підвищити продуктивність мережі, забезпечити більш ефективне використання ресурсів та покращити якість обслуговування користувачів.

Використання якісних мережевих кабелів для підвищення ефективності передачі даних

Якісні мережеві кабелі мають ряд переваг у порівнянні з дешевшими та низькоякісними варіантами. По-перше, вони забезпечують більш низький опір, що дозволяє передавати дані на великі відстані без втрат і спотворень сигналу.

По-друге, якісні кабелі мають вищу швидкість передачі. Це особливо важливо для мереж з високими вимогами до пропускнуї спроможності, наприклад, передачі відео або обробки великих обсягів даних. Вища швидкість передачі дозволяє скоротити час виконання завдань, підвищити ефективність роботи мережі та поліпшити користувацький досвід.

Крім того, використання якісних мережних кабелів сприяє зниженню ймовірності виникнення помилок мережі. Більш надійні кабелі зменшують ризик втрати даних або їх пошкодження, що є критичним для мереж, де службова інформація або чутливі дані потребують особливого захисту.

Однак не завжди достатньо просто вибрати найдорожчі та якісні кабелі. Необхідно також враховувати специфіку мережі та інфраструктури, щоб вибрати оптимальне рішення під завдання та вимоги мережі. Для цього можна проконсультуватися з професіоналами, ознайомитися з рекомендаціями виробників та вивчити досвід інших організацій.

У цілому нині, використання якісних мережевих кабелів одна із ключових чинників підвищення ефективності передачі у мережі. Вони забезпечують надійність, швидкість і стабільність роботи, що в результаті позитивно позначається на роботі всієї інфраструктури та досвіді користувача.

Основна мета сегментації мережі – ізолювати різні типи трафіку та групи пристроїв, щоб покращити продуктивність. Шляхом розбиття мережі на логічні сегменти можна організувати окремі сегменти для різних підрозділів, видів трафіку або класів обслуговування. Це дозволяє оптимізувати використання пропускнуї спроможності мережі та забезпечити ефективне управління ресурсами.

Застосування технології сегментації мережі може також підвищити безпеку мережі. Ізоляція різних сегментів мережі дозволяє обмежити доступ між ними, що зменшує можливість розповсюдження шкідливих програм або несанкціонованого доступу до даних. Крім того, сегментація мережі полегшує застосування політик безпеки, таких як контроль доступу та шифрування даних.

Для досягнення максимальної продуктивності при застосуванні сегментації мережі слід звернути увагу на наступні моменти:

Визначте цілі сегментації: перед початком сегментації мережі необхідно визначити цілі та вимоги, щоб вибрати правильні сегментаційні стратегії та технології.

Враховуйте різні вимоги до продуктивності: при розбитті мережі на сегменти необхідно врахувати різні вимоги до продуктивності різних підрозділів чи видів трафіку. Деяким сегментам, наприклад, може знадобитися більша пропускна здатність і надійність, ніж іншим.

Забезпечте ефективне керування трафіком: використання мережних пристроїв, таких як комутатори або маршрутизатори мережного рівня, може полегшити керування трафіком між сегментами. Наприклад, мережні пристрої можуть використовувати QoS (Quality of Service) для пріоритету трафіку.

Приділяйте увагу безпеці: при розбитті мережі на сегменти обов'язково облік безпеки та запобігання несанкціонованому доступу. Використання фаєрволів та інших засобів захисту допоможе убезпечити сегменти.

Застосування технології сегментації мережі може суттєво покращити продуктивність та безпеку мережі. Сегментація дозволяє більш ефективно управляти ресурсами, покращити пропускну спроможність та забезпечити безпеку даних, що особливо актуально у сучасних складних корпоративних мережах.



Для досягнення максимальної ефективності налаштування мережного обладнання можна розпочати з оптимізації параметрів мережного з'єднання. Це включає налаштування швидкості та дуплексного режиму підключення кабелів Ethernet, а також перевірку наявності помилок з'єднання та їх виправлення.

Важливим кроком оптимізації налаштувань є налаштування якості обслуговування (QoS) на мережних комутаторах і маршрутизаторах. QoS дозволяє визначити пріоритети для різного мережного трафіку, такого як голосовий, відео або даних, та керувати пропускну здатністю та затримками для цих видів трафіку. Це може значно збільшити продуктивність мережі.

Також необхідно оптимізувати параметри мережевих портів, таких як розміри буферів, можливість автоматичного визначення швидкості з'єднання (auto-negotiation) та використання керування потоком. Це дозволяє адаптувати мережні порти до вимог мережі та підвищити продуктивність передачі даних.

Іншим важливим аспектом оптимізації є налаштування маршрутизації та VLAN. Маршрутизація дозволяє оптимізувати передачу даних між мережами та хостами, а VLAN дозволяє розділити мережу на віртуальні локальні мережі, що дозволяє більш ефективно використовувати пропускну спроможність мережі та підвищити безпеку.

Не менш важливо також оновлювати вбудоване програмне забезпечення (firmware) мережевих пристроїв, щоб отримати останні виправлення помилок, оптимізацію та нові функції. Оновлення firmware може підвищити стабільність, продуктивність та безпеку мережного обладнання.

Крім того, слід оптимізувати налаштування безпеки, включаючи налаштування брандмауера та доступу до мережі. Це допоможе запобігти несанкціонованому доступу, атакам і втраті даних.

Впровадження механізмів керування трафіком для оптимізації продуктивності мережі

Основне завдання механізмів керування трафіком – контроль та балансування трафіку, що проходить через мережу. Це досягається шляхом поділу трафіку на різні класи та застосування різних методів обробки для кожного класу.

Одним з найчастіше використовуваних механізмів керування трафіком є Quality of Service (QoS) або якість обслуговування. QoS дозволяє пріоритизувати деякі види трафіку перед іншими, що забезпечує більш високу пропускну здатність та мінімізує затримки для критично важливих програм, таких як відеоконференції або голосовий зв'язок.

Ще одним ефективним механізмом керування трафіком є Traffic Shaping (TS) або формування трафіку. TS дозволяє контролювати швидкість передачі даних у мережі, особливо у тих випадках, коли мережа перевантажена або коли потрібно запобігти переповненню буферів у роутерах.

Один із методів TS – використання буферів та черг, які дозволяють тимчасово зберігати пакети даних перед їхньою передачею. Завдяки цьому трафік може бути рівномірно розподілений і затримки мінімізовані. Крім того, можна використовувати пріоритетність пакетів для розподілу доступної пропускну здатності між різними класами трафіку.

Однак, для досягнення оптимальної продуктивності мережі необхідно враховувати не лише класифікацію та пріоритети трафіку, але й додаткові фактори, такі як політики мережі, пропускну здатність з'єднань, стан мережі та інші. Тому впровадження ефективних механізмів управління трафіком вимагає аналізу та конкретного підходу, щоб досягти оптимального балансу між продуктивністю та надійністю мережі.

Загалом, впровадження механізмів управління трафіком є важливим кроком у оптимізації продуктивності мережі. Вони дозволяють ефективно використовувати доступні ресурси та забезпечити мінімальні затримки та

втрати даних. Разом з іншими заходами, такими як підвищення пропускної спроможності мережі та оптимізація зв'язків, механізми управління трафіком сприяють підвищенню продуктивності мережі та поліпшенню досвіду користувача.

Використання протоколів та алгоритмів маршрутизації для підвищення ефективності передачі даних також є можливим. Один із найпопулярніших протоколів маршрутизації – протокол OSPF (Open Shortest Path First). Він використовує алгоритм Дейкстри знаходження найкоротших шляхів передачі. OSPF надає механізми визначення вартості з'єднань і вибору оптимального шляху передачі даних.

Ще один важливий протокол маршрутизації – протокол BGP (Border Gateway Protocol). Він використовується для маршрутизації між автономними системами Інтернету. BGP дозволяє вибрати оптимальні маршрути на основі різних факторів, таких як вартість з'єднання, пропускна здатність та навантаження на мережу.

BGP використовує підхід під назвою векторні маршрути, який є розвитком підходу векторів відстаней; BGP-сусіди надсилають вектори маршрутів один одному. На відміну від векторів відстані, вектори шляху містять не тільки адреси мереж і відстані, але також адреси мереж і список атрибутів шляху, які представляють різні характеристики шляху від маршрутизатора до вказаної мережі.

Він включає в себе наступне. Для скорочення, набір даних мережевих адрес і атрибутів шляху будемо називати маршрутом до вказаної мережі.

Одним із ефективних алгоритмів маршрутизації є алгоритм ESMR (Equal-Cost Multi-Path). Він дозволяє використовувати кілька паралельних шляхів передачі даних і розподілити навантаження рівномірно з-поміж них. Це дозволяє підвищити пропускну здатність та знизити затримку в мережі.

Для забезпечення безпеки даних можна використовувати протокол IPsec (Internet Protocol Security). Він забезпечує шифрування та автентифікацію даних на рівні IP-пакетів. IPsec дозволяє захистити інформацію від несанкціонованого доступу та підробки.

Нарешті, протоколи та алгоритми маршрутизації забезпечують динамічну адаптацію мережі до змін у топології та навантаженні. Вони дозволяють автоматично налаштовувати шляхи передачі даних та виявляти несправності в мережі. Це дозволяє підвищити стійкість до відмов і надійність мережі.

Встановлення механізмів захисту мережі для забезпечення високої продуктивності та безпеки також виступає механізмом оптимізації продуктивності.

Одним із першочергових механізмів захисту мережі є фаєрвол. Він контролює трафік, що проходить через мережу, блокує небажані з'єднання та запобігає несанкціонованому доступу. Встановлення та налаштування фаєрволу повинні бути проведені грамотно та регулярно оновлюватись, щоб відображати сучасні загрози.

Додатково до фаєрволу рекомендується встановити систему виявлення вторгнень (IDS) або систему запобігання вторгненням (IPS). Ці механізми монітують мережевий трафік щодо потенційних атак і реагують на них відповідно до заздалегідь визначених правил. Установка IDS/IPS допомагає виявляти та блокувати атаки раніше, ніж це зможе зробити фаєрвол і тим самим підвищує безпеку та продуктивність мережі.

Ще одним важливим механізмом захисту є система контролю доступу (ACL). ACL визначає правила для доступу до ресурсів і обмежує його лише певним користувачам або групам. Установка ACL допомагає запобігти небажаним підключенням, перевантаженню мережі та підвищує загальну продуктивність системи.

Крім цих основних механізмів важливо також враховувати фізичні аспекти захисту мережі. Встановлення відповідних фізичних перешкод,

таких як замки на серверні шафи або контроль доступу до приміщень з обладнанням, допомагає запобігти фізичним атакам на мережу та підвищує безпеку.

Загалом встановлення механізмів захисту мережі є важливою складовою забезпечення високої продуктивності та безпеки. Ці механізми мають бути обрані, встановлені та налаштовані з особливою увагою до деталей, щоб гарантувати ефективну роботу мережі та захист від потенційних загроз.

### **2.3 Алгоритм оптимізації продуктивності мережі**

Існує ряд завдань, що потребують величезних обчислювальних витрат і мають обмеження за часом розв'язання. Вирішення таких завдань виконують на спеціалізованій обчислювальній системі, що складається з кількох центрів обробки інформації [1].

Існує клас задач, що рідко повторюються. Створювати під кожен їх нову обчислювальну систему немає сенсу. Простіше такі завдання вирішувати на легкодоступному обладнанні. Найбільш прийнятним варіантом є використання для вирішення завдань звичайної комп'ютерної мережі, що складається з декількох машин, що обмінюються між собою пакетами даних за будь-якою мережевою технологією [2]. Рішення може бути здійснено шляхом розподілу між кількома комп'ютерами слабо пов'язаних за даними обчислювальних модулів завданнями.

Для організації обчислення весь обчислювальний процес завдання ділять на обчислювальні модулі і завдання представляється у вигляді графа, де обчислювальні модулі – вершини графа, маршрути передачі – зв'язки між вершинами. Граф комп'ютерної мережі поєднують із графом завдання. Вибирають комп'ютер мережі та йому (вершині графа мережі), згідно з графом завдання, призначають один обчислювальний модуль. При цьому накладення графа завдання на граф комп'ютерної мережі, що

включає різні комп'ютери, має випадковий характер. Завдання може бути вирішено на такій обчислювальній системі, але час її вирішення дуже залежить від отриманого варіанта випадкового поєднання вершин графів задачі та мережі, виконаного без урахування продуктивності вершин графа мережі та обчислювальної складності вершин графа задачі.

За такої організації обчислення виникають труднощі, пов'язані з тим, що комп'ютери використовувані на вирішення завдання можуть мати продуктивності поряд, що відрізняються друг від друга, так як будь-яка мережа є безліччю комп'ютерів з різним апаратним забезпеченням. Це може значно збільшити час розв'язання [2].

Створена система може виконати завдання і за прийнятний час, якщо структура системи на етапі підготовки до рішення заздалегідь оптимізована за продуктивністю за рахунок розподілу обчислювальних модулів між комп'ютерами з урахуванням їх апаратних особливостей та обчислювального об'єму вершин графа завдання, що виконується.

Для оптимізації використовують виділений комп'ютер, який у цьому випадку є адміністратором процесу оптимізації структури системи та керуючим всією системою у процесі виконання завдання. Такий варіант має істотний недолік – керуючий вузол повинен значний час займати канал зв'язку між комп'ютерами, збільшуючи загальний час розв'язання задачі.

Пропонується інший підхід, заснований на використанні принципу колективного прийняття рішення мультиагентною системою, що швидко розвивається останнім часом.

Під мультиагентною системою розуміється безліч незалежних програмних об'єктів – агентів, кожен з яких працює по тому самому алгоритмі. Для її функціонування достатньо звичайної комп'ютерної мережі. Кожен агент розташовується в окремому вузлі мережі, що входить в обчислювальну систему, що організується. Результатом колективного ухвалення рішення є скорочення часу вирішення системою завдання.

У функції агента входить:

- контроль за виконанням свого обчислювального модуля;
- виконання обміну керуючою інформацією – передачу даних іншим агентам, які мають з ним зв'язки згідно зв'язків графа задачі.

Існують алгоритми з використанням мультиагентної системи, що виконують оптимізацію на етапі підготовки системи до розв'язання задачі. Оптимізація структури зменшення часу виконання здійснюється шляхом перебору пар агентів з метою перепризначень між ними виконуваних модулів. При цьому ведеться пошук найбільш оптимального призначення кожному комп'ютеру мережі обчислювального блоку розв'язання задачі [3].

Недоліком є збільшення загального рішення. Необхідний при цьому часовий ресурс розв'язання задачі оптимізації може збільшити на стільки, що воно значно перевищить допустимий. Є і ще важливий недолік – низький ступінь живучості створюваної обчислювальної системи, оскільки при виході з ладу одного з центрів обробки даних у ході розв'язання задачі призводить до зупинення процесу розв'язання.

На основі принципу прийняття колективного рішення мультиагентною системою пропонується алгоритм оптимізації розподілу обчислювальних модулів між комп'ютерами системи, що дозволяє скоротити час обробки даних при їх проходженні через обчислювальну систему. Його особливістю є те, що він дозволяє виконати оптимізацію конфігурації системи безпосередньо під час процесу вирішення задачі.

Структура графа складного завдання є сукупністю підмножин пов'язаних вершин. Ці підмножини утворюють структуру у кілька рівнів.

Найвищий рівень – вершина графа, яка отримує вхідні дані. Підмножини утворюють вузол найвищого рівня та вузли нижнього рівня, яким передаються дані.

Інші підмножини утворює кожна вершина нижнього рівня пов'язаними з нею вершинами нижчого рівня і т.д.

Сам нижнім рівнем є вершина, що передає вихідні дані.

Робота в мережі передбачає використання розділеного середовища передачі даних. У ній кожен комп'ютер з'єднується з іншими, тому граф передачі між комп'ютерами по графу завдання є умовним. Це середовище використовується для отримання даних, передачі результатів оброблених даних, обміну даними між агентами в процесі обробки даних.

Обмін даними включає у собі як передачу оброблюваних даних, так і службову інформацію.

Вихідні дані приходять обробку порціями (пакетами). Такими порціями між агентами передається вся інформація. Обробку одного пакета даних можна вважати одним кроком процесу обробки даних всією мережею.

За рахунок передачі даних пакетами при обробці дані передаються від вхідного комп'ютера до вихідного в режимі пульсуючого. У звільненій від оброблених даних агент передається нова порція даних, йде наступний крок обробки. Кроком це отримання даних, обробка та передача результату наступному агенту.

На кожному кроці комп'ютер передавального агента посилає оброблені дані комп'ютера агента, що знаходиться на вищому рівні, і обмінюється з ним службовою інформацією. Потім отримує від комп'ютера агента нижчого рівня дані та обмінюється з ним службовою інформацією. Обмін службовою інформацією проводиться між агентами, розташованими тільки на цих комп'ютерах.

З точки зору агента розташованого на комп'ютері параметром є час обробки даних за один крок та час передачі оброблених даних іншому агенту. Останній параметр дуже залежить не так від комп'ютера, як від застосовуваної мережевої технології.

Тому основним параметром є час обробки пакета даних на одному кроці. Час обробки даних у комп'ютері залежить від параметрів комп'ютера та властивостей програмного забезпечення, а також від характеру обробки даних. Зазвичай оцінку цих параметрів виконують або в результаті



виконання тестової задачі, або отримують необхідний параметр приблизно, спираючись на інформацію про апаратну частину комп'ютера.

Перший метод реалізується для завдань, які мають спрощений граф рішення.

Другий метод дає усереднений результат, що дуже часто розходиться з дійсними значеннями.

Критерієм оптимального призначення обчислювальних блоків графа завдання обробки даних є мінімальний час обробки однієї порції даних всією системою.

При виконанні складного завдання початок обробки даних у кожній вершині графа починається лише тоді, коли буде виконано передачу з усіх пов'язаних з нею агентів нижнього рівня оброблених даних.

Якщо це один агент, обробка починається відразу після отримання даних та обміну службовою інформацією, якщо їх кілька, то обробка нового пакета починається після прийому даних від усіх пов'язаних з ним агентів. Тоді час початку обробки даних на комп'ютерах агентів поточного рівня буде вважатися час прийому останнього необхідного пакета даних і це буде час закінчення обробки даних поточного кроку  $n$  і  $t$ , на попередньому нижньому рівні  $n$ . Аналогічно і на інших рівнях.

На графі завдання можна відзначити кілька шляхів передачі та обробки даних від вхідного комп'ютера до вихідного. З них можна виділити той шлях передачі даних від агента нижнього рівня до агента найвищого рівня визначає час обробки даних всією обчислювальною системою. Такий шлях називається критичним шляхом:

$$T_{кр} = \max(T_1, T_2, \dots, T_i, \dots, T_k) \quad (2.1)$$

де  $k$  – кількість шляхів між вхідним агентом  $a_{вх}$  і вихідним агентом  $a_{вих}$ .

У гаданому алгоритмі оптимізується підбір призначення графа завдання на граф мережі.

Це завдання можна розбити на ряд завдань мінімізації часу обробки даних на кожному рівні графа задачі  $G$ .

Вся безліч вершин графа задачі розбивається на підграфи, що не перетинаються  $g_1, g_2, g_3, \dots, g_j$  шляхом їх розмальовки. Для забарвлення графа використовуються функціональні ознаки обчислювальних блоків.

Агенти кожної підграфи обмінюється інформацією з агентом наступного старшого рівня. Підграфи утворюють ієрархічну структуру та можуть містити різну кількість агентів. Підграфи нижнього і верхнього рівнів виконують функції відповідно вхідного і вихідного обчислювальних блоків. Таким чином вони повторюють основну структуру графа задачі  $G$  з інформаційними потоками.

При цьому час, що витрачається агентами підграфу на оптимізацію, не залежить від потужності підграфу, що дозволяє відвести під процес оптимізації у всіх підграфах фіксований проміжок часу.

При наступному обміні інформацією між агентами сусідніх підграфів виконується оптимізація між сусідніми підграфами, аналогічна до оптимізації виконуваної в підграфах.

Ці процеси оптимізації між агентами у підграфі багаторазово чергуються з оптимізацією між агентами у сусідніх підграфах. Вони повторюються, оскільки за алгоритмом процес має виконуватися при кожній передачі даних між агентами обчислювальних блоків і виконуваного завдання. Час, витрачений на оптимізацію, зводиться до мінімуму.

Для оптимізації при обміні інформацією між агентами сусідніх підграфів виконується передача даних щодо оцінки продуктивності комп'ютерів сусідніх підграфів. До цієї інформації включаються всі зібрані дані про комп'ютери інших підграфів, що дозволяє прискорити та покращити процес оптимізації. Через кілька кроків після початку вирішення завдання кожен агент матиме інформацію про всі комп'ютери

обчислювальної мережі. Кількість необхідних кроків визначається формулою  $O*2+1$  де  $O$  – кількість рівнів ієрархічної структури графа  $G$ .

Ця кількість кроків є достатньою для пошуку оптимального варіанту призначення графа завдання на граф мережі та зменшення часу критичного шляху.

Алгоритм агента.

1. Прийом інформації від агентів рівня  $n-1$ .
2. Прийом службової інформації від агентів рівня  $n+1$ .
3. Визначення критичного шляху.
4. Підбір варіанта обміну для агента на  $T_{кр}$ .
5. Чи всі варіанти обміну використані? Якщо «Так», то перейти до п.7, інакше перейти до п.6.
6. Передача службової інформації агентам рівня  $n-1$ .
7. Обробка даних.
8. Обробку даних закінчено? Якщо "Так", то перейти до п.9, якщо "ні", то перейти до п.7
9. Передача всієї інформації агентам рівня  $i+1$ .
10. Перехід до п.1.

Повторення цього алгоритму оптимізації відповідності вершин графа завдання  $G$  комп'ютерам мережі під управлінням мультиагентної системи дозволяє виконувати оптимізацію за будь-якого початкового призначення графа  $G$  на мережу  $P$ . Алгоритм вимагає попередньої оптимізації призначення. Оптимізація виконується під час вирішення самої задачі, використовуючи при цьому реальні дані.

Обмін інформацією про оцінки продуктивності комп'ютерів триває протягом вирішення основного завдання. Це дозволяє підвищити живучість обчислювальної системи, оскільки при виході з ладу комп'ютерів оптимізованої обчислювальної системи, обчислювальні блоки, що звільнилися, будуть розподілені між працездатними комп'ютерами, а

розроблений алгоритм оптимізації оптимізує обчислювальну систему з новою конфігурацією.

Математичну модель мережі представимо у вигляді неорієнтованого зваженого зв'язного графу

$$Network = (Nodes, Links, Weights), \quad (2.2)$$

де  $Nodes = (Controllers, Switches, Hosts)$ ,  $Controllers$  – безліч контролерів мережі,  $|Controllers| = C$ ,  $Switches$  – безліч комутаторів мережі,  $|Switches| = N$ ,  $Hosts$  – безліч хостів або кінцевих вузлів,  $|Hosts| = H$ ,  $Links$  – безліч каналів зв'язку,  $|Links| = M$ ,  $Weights$  – множина ваг або метрик каналів зв'язку (вартість каналів зв'язку, пропускна здатність, затримка передачі, відсоток втрати пакетів або композитна метрика).

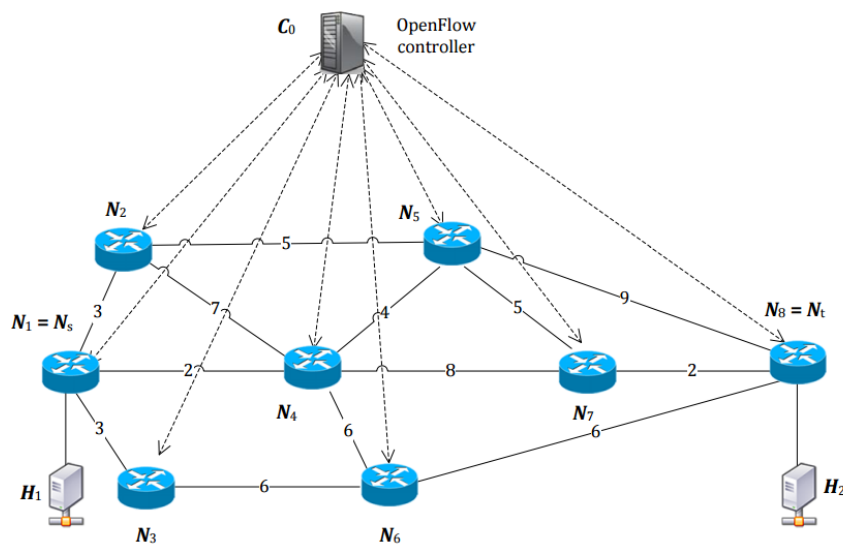


Рисунок 2.1 – Топологія мережі

Різні варіанти сегментації структури мережі наведені на рис. 2.2. Кожна з них відрізняється механізмом структуризації каналів. Статистичні дані сегментації наведено у таблиці 2.1.

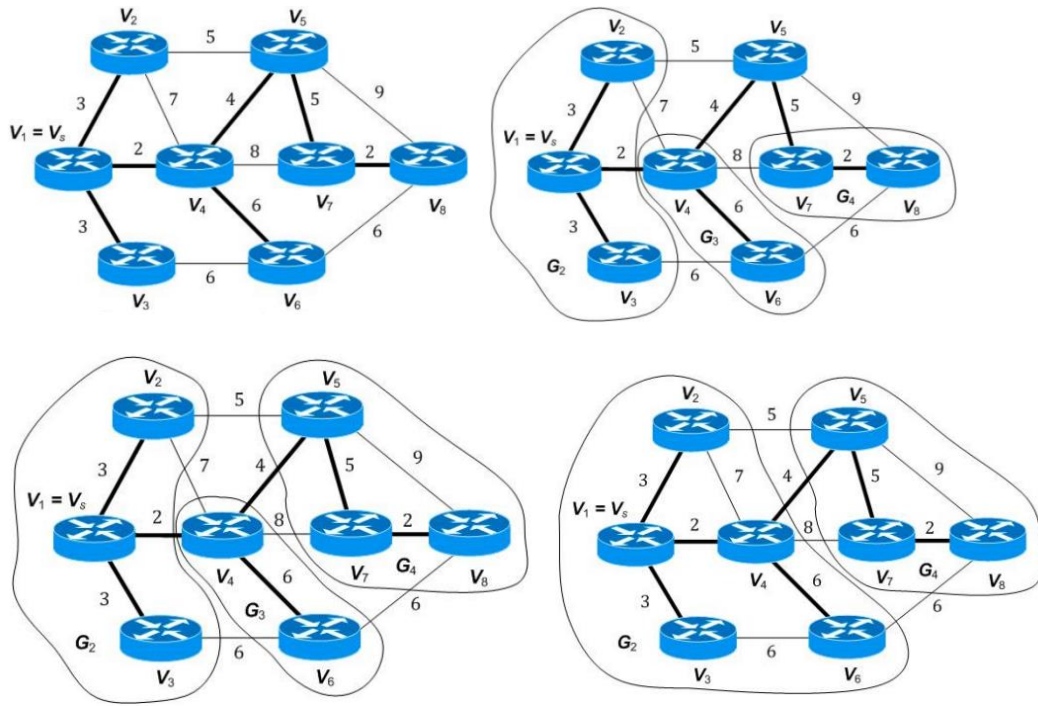


Рисунок 2.2 – Сегментація структури мережі

Таблиця 2.1 – Статистичні дані сегментації

#	N	M	R	D	Dmin	Dmax	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Mout	Mout min	Mout max	Q
1	10	18	2	2	1	2	3	4	2	2	11	4	9	0,3
	10	18	1	2	2	2	10	10	19	19	0	0	0	0,5
	10	18	1	2	2	2	10	10	19	19	0	0	0	0,7
2	20	34	3	5	1	3	3	8	3	11	12	3	9	0,3
	20	34	3	5	1	3	3	8	3	11	11	3	9	0,5
	20	34	2	5	1	3	3	8	3	11	8	3	9	0,9
3	30	52	6	7	1	4	2	7	1	8	20	3	10	0,3
	30	52	4	7	2	4	7	7	8	10	14	4	11	0,5
	30	52	4	7	2	4	7	7	8	10	14	4	10	0,7
4	50	113	9	9	1	5	2	9	2	14	45	4	13	0,3
	50	113	6	9	1	5	2	9	2	14	38	4	14	0,5
	50	113	5	9	2	5	7	9	9	14	35	10	14	0,7
5	100	182	18	13	1	4	2	9	1	11	80	3	17	0,3
	100	182	13	13	3	5	4	16	2	24	67	4	17	0,5
	100	182	11	13	3	6	4	17	2	24	55	4	18	0,6
6	200	405	28	20	1	9	2	15	1	17	172	3	30	0,3
	200	405	24	20	1	8	3	19	3	26	158	5	27	0,5
	200	405	13	20	3	12	4	40	5	60	116	2	43	0,6
7	500	1003	65	35	1	8	2	17	1	22	423	5	30	0,3
	500	1003	53	35	3	10	4	17	2	26	389	5	30	0,5
	500	1003	39	35	3	14	4	28	5	36	337	5	35	0,6

Проведемо моделювання трафіку у програмному забезпеченні на двадцяти роутерах з позначенням довжини лінії (рис. 2.3)

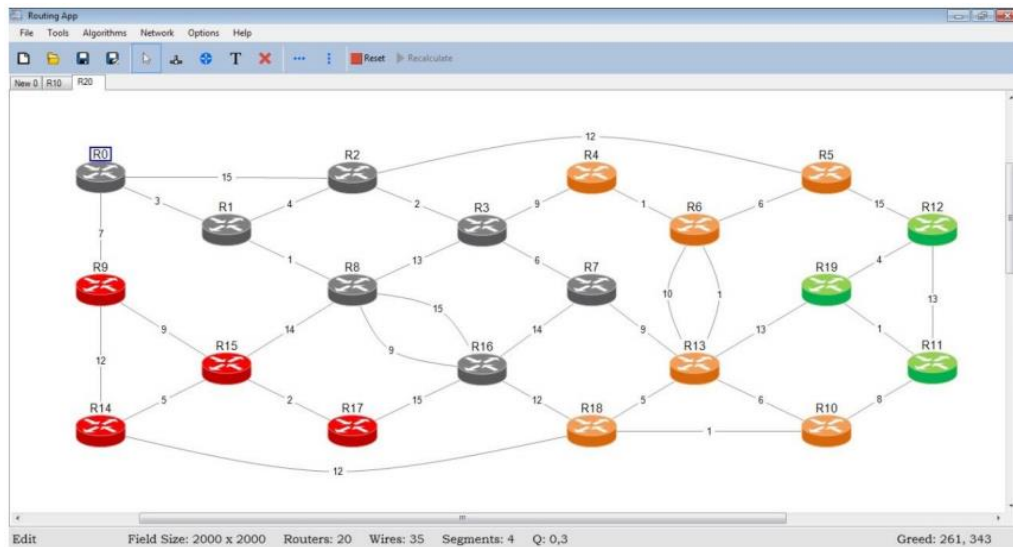


Рисунок 2.3 – Результат моделювання

Далі виконаємо структуризацію мережі на десяти роутерах із загальним завантаженням 0,3 результат представимо на рис. 2.4

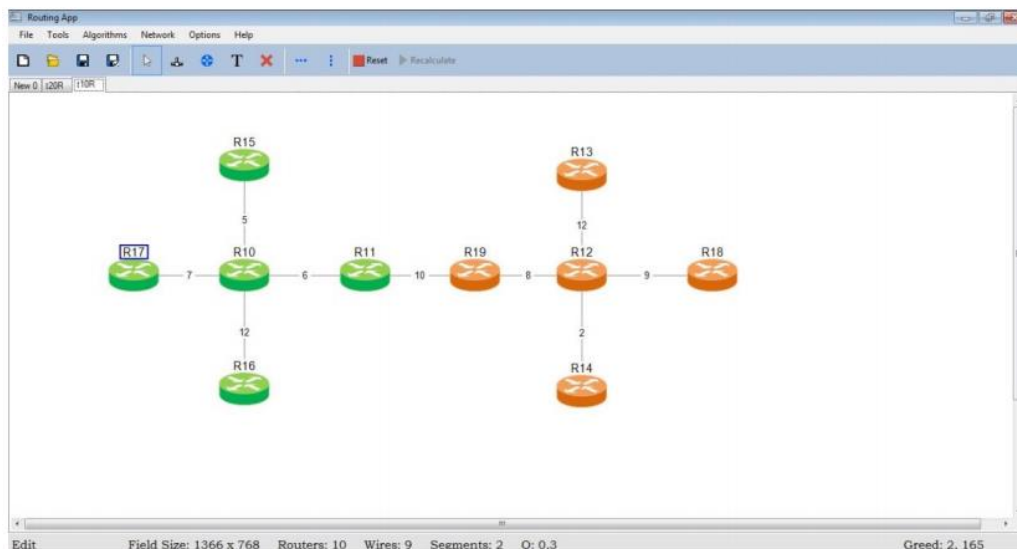


Рисунок 2.4 – Результат моделювання

Розбиття множини вершин графа на непересічні підмножини вершин з максимально пов'язаними між собою каналами і мінімальною сумарною вагою ребер, що проходять між підмножинами отриманих вершин, вирішує завдання формування оптимальних структур мережі. Розбиваємо мережу на сегменти та формуємо остови (рис. 2.5)

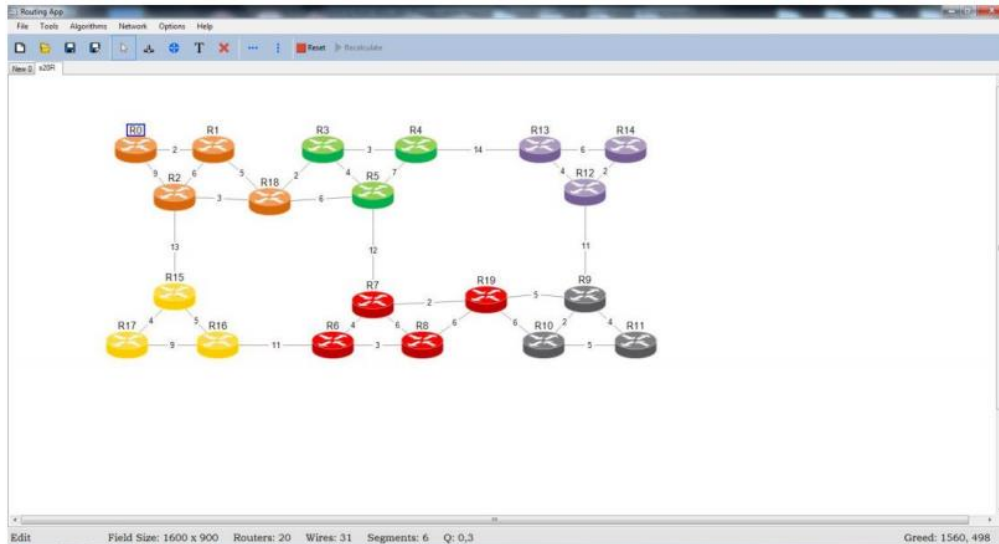


Рисунок 2.5 – Результат моделювання

Далі формуємо різні варіанти мережі, у складу загального розподілу з виділенням остовів та формуванням найбільш вигідного маршруту. На основі тридцяти роутерів рис. 2.6 та на основі двадцяти роутерів рис. 2.7.

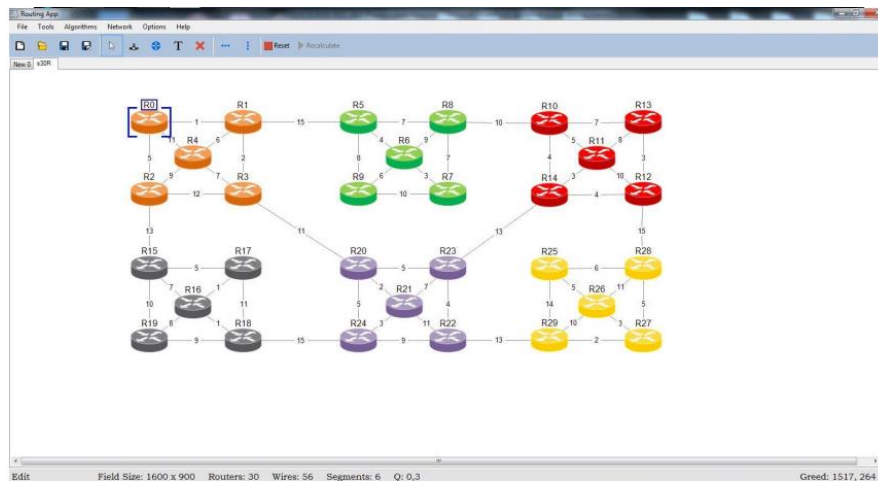


Рисунок 2.6 – Результат моделювання



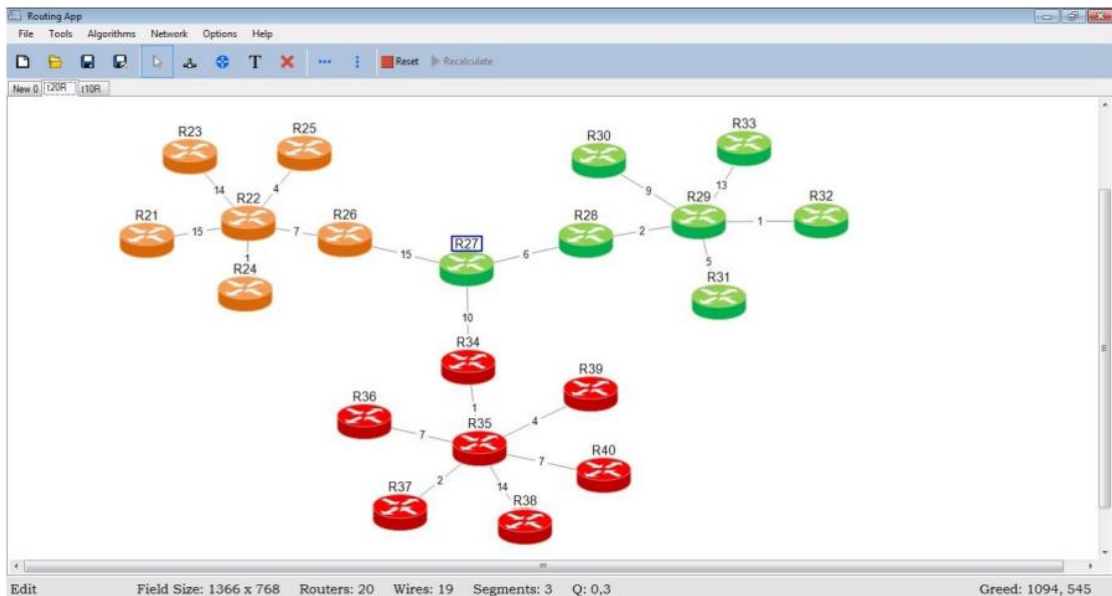


Рисунок 2.7 – Результат моделювання

Далі по кожному варіанту розглядаємо показники, які програма виводить окремим вікном (рис. 2.8), та досліджуємо найбільш продуктивні канали.

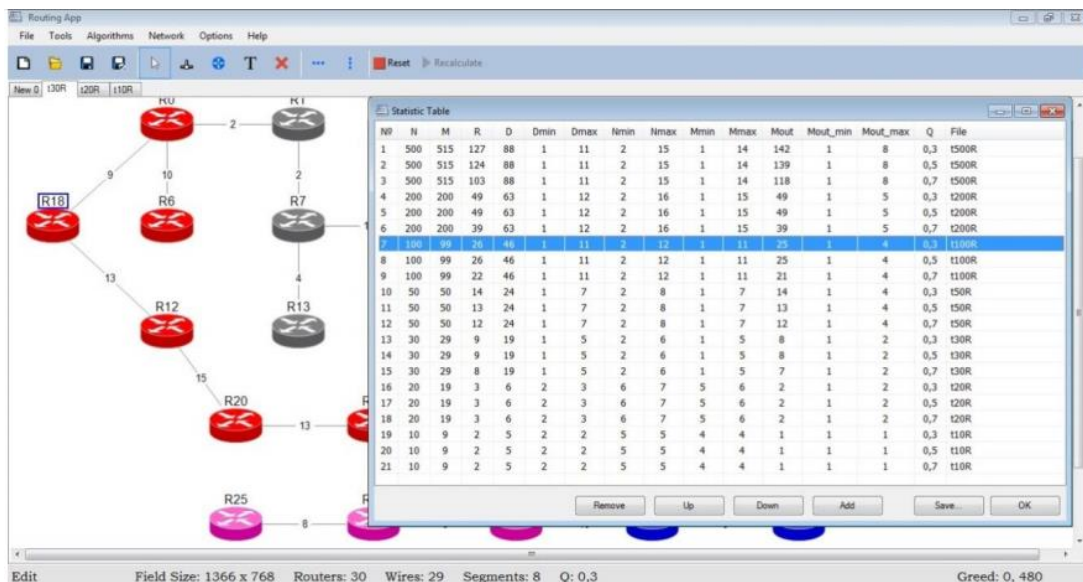


Рисунок 2.8 – Результат моделювання

Отримані результати показують, що при зміні ваги каналу зв'язку, що входить в дерево оптимальних маршрутів або ваги каналу зв'язку, що знаходиться у відношенні парного переходу до каналу з дерева

оптимальних маршрутів, необхідно переглянути списки оптимальних маршрутів та їх маршрутів заміни до кожного вузла зв'язку, куди входить канал, вага якого змінилася. Наведений розподіл показує ефективність застосованих параметрів.

### **Висновки до розділу**

У рамках другого розділу розкрито сучасні методи та механізми оптимізації продуктивності мережі, наведено алгоритм оптимізації продуктивності мережі.

Управління даними дозволяє покращити якість обслуговування мережі та уникнути переповнення буферної пам'яті у вузлах зв'язку. Цей підхід базується на визначенні гранично допустимого навантаження каналу шляхом моніторингу вхідного трафіку.

При зміні ваги каналу зв'язку, що входить в дерево оптимальних маршрутів або ваги каналу зв'язку, що знаходиться у відношенні парного переходу до каналу з дерева оптимальних маршрутів, необхідно переглянути списки оптимальних маршрутів та їх маршрутів заміни до кожного вузла зв'язку, куди входить канал, вага якого змінилася.

## 3 ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕРЕЖІ

### 3.1 Розробка механізму виявлення та аналізу несправностей мережі за допомогою програмних методів

Кожному трафіку з множини  $Z$  зіставимо ряд параметрів:

$d_z$  – інтенсивність  $z$ -го трафіку в каналі зв'язку ,

$s_z$  – маршрутизатор-відправник пакетів  $z$ -го трафіку,

$t_z$  – маршрутизатор-одержувач  $z$ -го трафіку.

Для оцінки частки  $z$ -го трафіку, що протікає в каналі, використовуємо керуючу змінну  $x_{i,j}^z$ .

Згідно з фізикою розв'язуваної задачі на змінні накладаємо такі обмеження:

$$0 \leq x_{i,j}^z \leq 1 \quad (3.1)$$

Для обліку можливих втрат на інтерфейси маршрутизатора і мережі в цілому передбачено умову збереження потоку:

$$\sum_{j:(i,j) \in E} x_{i,j}^z - \sum_{j:(i,j) \in E} x_{i,j}^z (1 - p_{i,j}^z) = 0, z \in Z, i \neq s_z, t_z \quad (3.2)$$

$$\sum_{j:(i,j) \in E} x_{i,j}^z = 1, z \in Z, i \neq s_z \quad (3.3)$$

$$\sum_{j:(i,j) \in E} x_{i,j}^z (1 - p_{i,j}^z) = \varepsilon^z, z \in Z, i = t_z \quad (3.4)$$

де  $\varepsilon^z$  – частка інтенсивності  $z$ -го трафіку, обслугованого мережею;  
 $p_{i,j}^z$  - ймовірність втрат  $z$ -го трафіку на  $j$  –інтерфейс  $i$ -го маршрутизатора  
через його перевантаження.

Для забезпечення керованості процесом перевантаження каналів  
необхідно виконання умови:

$$\sum_{z \in Z} d_z x_{i,j}^z \leq \alpha c_{i,j}, 0 \leq \alpha \leq 1, (i, j) \in E \quad (3.5)$$

де  $\alpha$  – динамічно керований поріг максимального завантаження  
каналів мережі зв'язку.

У ході рішення задачі перерозподілу потоків необхідно забезпечити:  
 $\min \alpha$

Кожному трафіку з множини  $Z$  зіставимо ряд параметрів:

$w_{i,j}^z$  – маршрутна метрика  $z$ -го трафіку в каналі зв'язку ,

$s_z$  – маршрутизатор-відправник пакетів  $z$ -го трафіку,

$t_z$  – маршрутизатор-одержувач  $z$ -го трафіку.

Для оцінки частки  $z$ -го трафіку, що протікає в каналі,  
використовуємо керуючу змінну  $x_{i,j}^z$ .

Згідно з фізикою розв'язуваної задачі на змінні накладаємо такі  
обмеження:

$$0 \leq x_{i,j}^z \leq 1$$

Маршрутну метрику оптимального маршруту між маршрутизатором-  
джерелом і маршрутизатором-одержувачем пакетів даних  $z$ -го трафіку  
визначимо за виразом:

$$d_t = \sum_{z \in Z} \sum_{(i,j) \in \pi_t} w_{i,j} x_{i,j}^z \quad (3.6)$$

Тоді маршрутну метрику  $k$ -го маршруту з наявних маршрутів між маршрутизатором-джерелом і маршрутизатором-одержувачем визначимо за виразом:

$$d_{k,t} =, \text{ для всіх } k \in K \quad (3.7)$$

де  $w^k_{i,j}$ - маршрутна метрика каналу зв'язку, що з'єднує вузли з номерами  $i$  та  $j$ , і входить в маршрут з номером  $k$  до вузла зв'язку з номером  $t$ ;

$K$  – загальна кількість маршрутів між маршрутизатором-джерелом і маршрутизатором-одержувачем.

Сумарну маршрутну метрику всіх наявних маршрутів між маршрутизатором-джерелом і маршрутизатором-одержувачем визначимо наступним чином:

$$D_t = \sum_{k=1}^K d_{k,t}, \text{ для всіх } k \in K \quad (3.8)$$

Для виконання балансування навантаження між наявними маршрутами визначимо частку інформації, що проходить по кожному з маршрутів:

$$y_{k,t} = \frac{P_{k,t}}{P_t}, P_{k,t} = \frac{D_t}{d_{k,t}}, P_t = \sum_{k=1}^K p_{k,t}, \text{ для всіх } k \in K \quad (3.9)$$

На змінні  $y_{k,t}$ , накладемо додаткові обмеження:

$$\sum_{k=1}^K y_{k,t} = 1; 0 \leq y_{k,t} \leq 1 \quad (3.10)$$

Для управління процесом балансування трафіку мережі необхідно виконати умову:

$$\sum_{(i,j) \in E} w_{i,j} x_{i,j}^z \leq \alpha c_{i,j}; 0 \leq \alpha \leq 1; (i,j) \in E \quad (3.10)$$

де  $w(i,j)$  – маршрутна метрика каналу зв'язку,

$c(i,j)$  – максимально-допустиме навантаження каналу зв'язку,

$\alpha$  – коефіцієнт балансування трафіку або динамічно керований поріг максимального завантаження каналів зв'язку мережі.

Для забезпечення оптимальності процесу балансування навантаження між різними маршрутами необхідно забезпечити мінімізацію максимального завантаження каналів зв'язку, що входять у маршрут

$$\min \alpha = \frac{\sum_{z \in Z} \sum_{(i,j) \in \pi_{k,t}} w_{i,j}^k x_{i,j}^z}{c(i,j)} \quad (3.11)$$

При оцінці якості кінцевих рішень скористаємося такими показниками як, величина відхилення від довжини оптимального маршруту і середня затримка передачі. У першому випадку спочатку визначається значення відхилення від довжини оптимального маршруту, а потім перед балансуванням відкидаються всі маршрути, які не відповідають даним показникам. Для цього використовуємо наступний вираз:

$$Q(M) = \{d(\pi_k)\} - \{d(\pi_k)\} \quad (3.12)$$

У другому випадку визначається середня затримка пакетів вздовж маршруту з безлічі маршрутів  $\Pi \{ \pi_1; \pi_2; \dots; \pi_k; \dots; \pi_K \}$ , де  $K$  – кількість маршрутів між маршрутизатором-джерелом і маршрутизатором-одержувачем:

$$\tau(\pi_k) = \sum_{(i,j) \in \pi_k} \tau_{i,j} \quad (3.13)$$

Далі виконується розрахунок затримки за допомогою виразу:

$$T(M) = \{\tau(\pi_k)\} \quad (3.14)$$

Оцінку якості розподілу пакетів, здійснимо за допомогою формули:

$$J(M) = \{\tau(\pi_k)\} - \{\tau(\pi_k)\} \quad (3.15)$$

Дана формула застосовується для найбільш точного визначення якості розподілу пакетів.

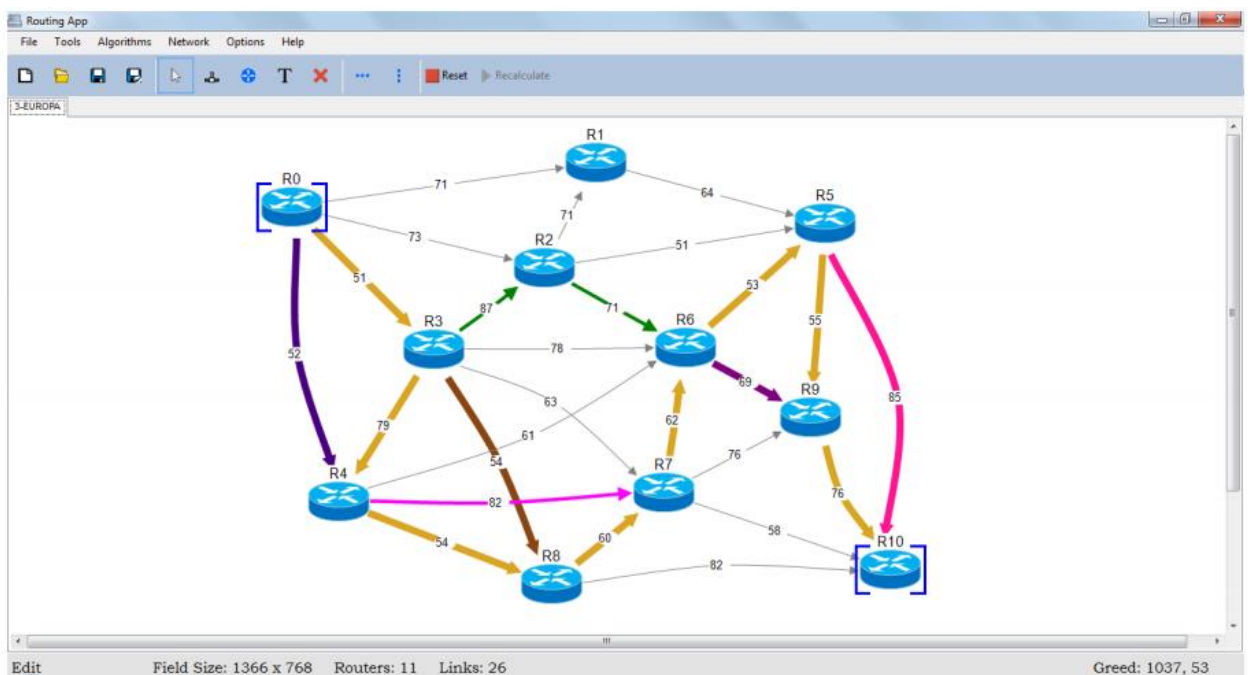


Рисунок 3.1 – Інтерфейс програмної системи

Метрика протоколу OSPF може враховувати завантаженість каналів зв'язку маршруту, у разі активації коефіцієнта  $K_2$ . Таким чином, при

$$K_1 = K_2 = K_3 = 1$$

Формула для розрахунку метрики буде мати вигляд:

$$M_p = \left( B_{\min}^p + \frac{B_{\min}^p}{256 - L_{\max}^p} + D_{sum}^p \right) \cdot 256, \quad (3.16)$$

враховуючи те, що у сучасних маршрутизаторах  $L_{sum}^p \in [0; 255]$ .

Є можливість вирахувати  $L_{sum}^p$ :

$$L_{sum}^p = \frac{255 \cdot \lambda_p}{\min_{i \neq j} (B_{i,j}^p)}, \quad (3.17)$$

де  $\lambda_p$  – потік трафіку на певному маршруті  $p$ ,  $\left[ \frac{\text{Кбіт}}{\text{с}} \right]$ ;

$\min_{i \neq j} (B_{i,j}^p)$  – найменша пропускна здатність одного з каналів зв'язку у маршруті  $p$  при передачі інформації між вузлами  $i, j$ ,  $\left[ \frac{\text{Кбіт}}{\text{с}} \right]$ .

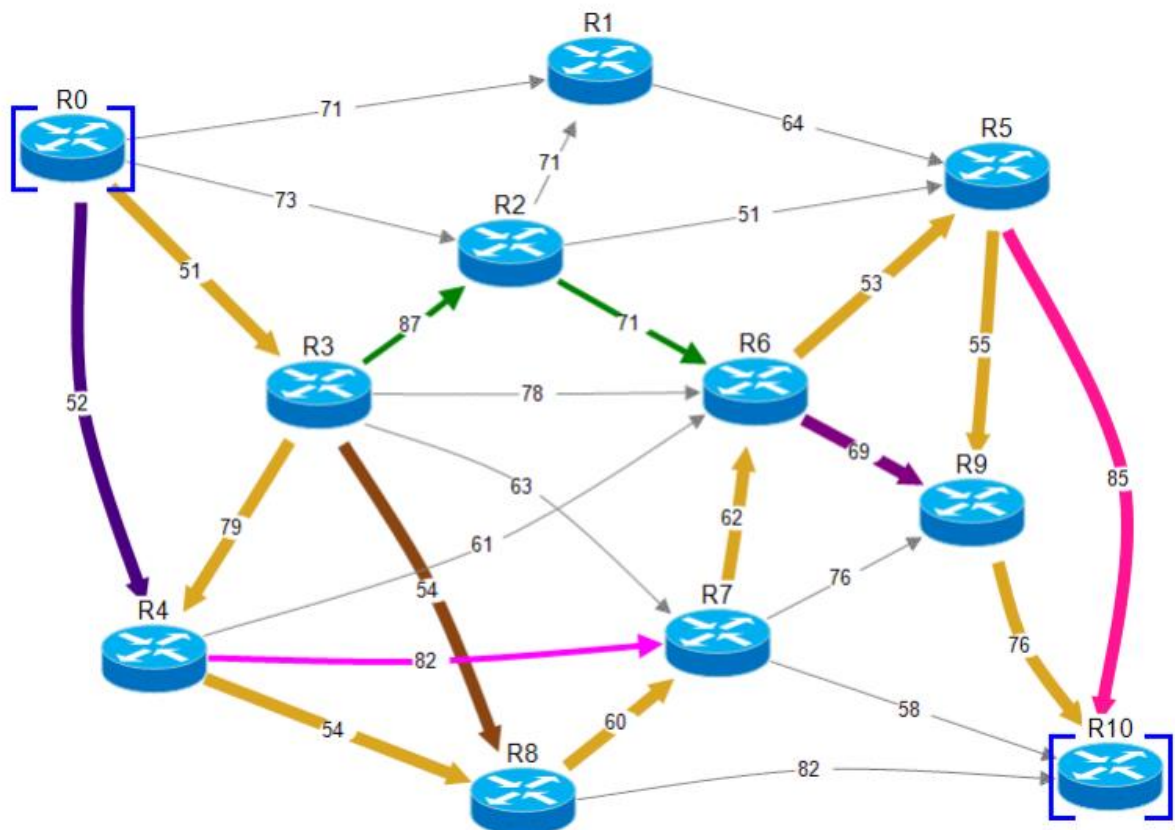




Рисунок 3.2 – Композитна метрика, до балансування навантаження: якість навантаження = 67%, після балансування навантаження: якість навантаження = 14%

Для перевірки даного методу було проведено моделювання. За основу обрано топологію, представлена на рис. 3.1. Моделювана ситуація враховувала тільки напівдуплексний режим передачі інформації в одну сторону. Вхідний потік трафіку в мережу  $\lambda$  збільшувався на кожній ітерації моделювання  $70 \left[ \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}} \right]$ . Результати зведено до таблиці 3.1.

Композитна метрика, до балансування навантаження: якість навантаження = 67%, після балансування навантаження: якість навантаження = 14% наведена на рис. 3.2.

Таблиця 3.1 – Результати моделювання процесу балансування трафіку

Метрика маршруту $M_{p_1}$	Метрика маршруту $M_{p_2}$	Завантаженість маршруту $L_{\max}^{p_1}$	Завантаженість маршруту $L_{\max}^{p_2}$	Потік трафіку на маршруті $\lambda_{p_1}$	Потік трафіку на маршруті $\lambda_{p_2}$	Загальний потік трафіку $\lambda$
3336	6158	5	7	20	22	42
3336	6158	10	22	65	65	130
3337	6159	20	35	100	99	199
3337	6159	35	43	144	133	277
3337	6159	44	55	165	165	330
3339	6159	51	69	200	206	406
3339	6162	59	78	235	236	471
3341	6162	68	89	278	274	552
3342	6162	79	100	305	305	610
3344	6165	89	108	345	343	688
3344	6166	99	119	379	379	758
3345	6169	100	131	413	416	829
3345	6169	113	146	445	444	889
3348	6175	122	159	480	480	960
3348	6177	131	169	515	517	1032
3352	6179	144	174	559	558	1117
3353	6179	152	187	594	585	1179
3354	6196	159	190	622	628	1250
3358	6222	169	211	658	659	1317
3362	6227	179	222	695	696	1391
<b>3233</b>	<b>6200</b>	<b>259</b>	<b>220</b>	<b>1123</b>	<b>555</b>	<b>1678</b>
3365	6277	185	234	729	724	1453
3369	6379	194	247	764	763	1527
3380	7198	222	259	799	796	1595
3468	9398	222	298	875	856	1731
5897	6333	267	233	1229	638	1867

За результатами отриманих даних, які наведені у з табл. 3.1 варто стверджувати, що розподіл потоку трафіку за маршрутами відбувається рівномірно, це пов'язано з тим, що метрики  $M_{p1}$  та  $M_{p2}$  не змінюються настільки, щоб змінити числові показники розподілу пакетів за маршрутами  $N_{p1}$  та  $N_{p2}$  на маршрутизаторі

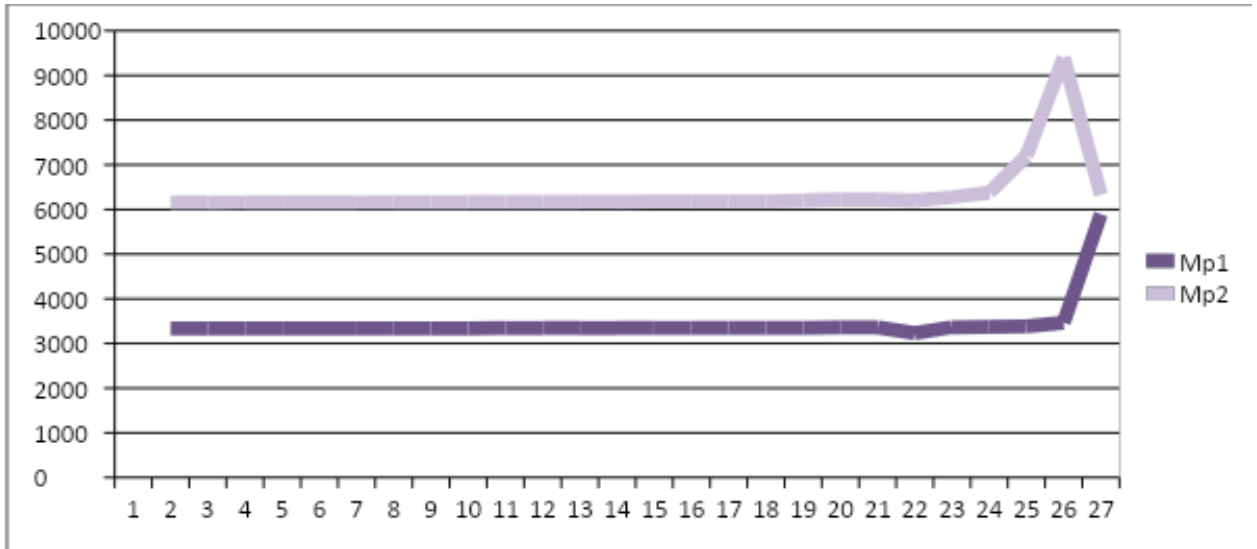


Рисунок 3.3 – Графік залежності метрик двох маршрутів

Однак з наведених даних видно, що на двадцять першій ітерації спостерігається перше переповнення каналу зв'язку між маршрутизаторами. Це відбулося за рахунок того, що метрика першого маршруту  $M_{p2}$  стала більшою за метрику другого маршруту  $M_{p1}$ , мінімум у два рази, що призвело до зміни цілочисельних показників розподілу пакетів за маршрутами  $N_{p1}=2$  та  $N_{p2}=1$ . Наступні випробування системи показали, що після інциденту спостерігається постійне переповнення якогось каналу зв'язку, що, згодом, викликає порушення передачі керуючих пакетів і, як наслідок, може, призвести до втрати сусідства.

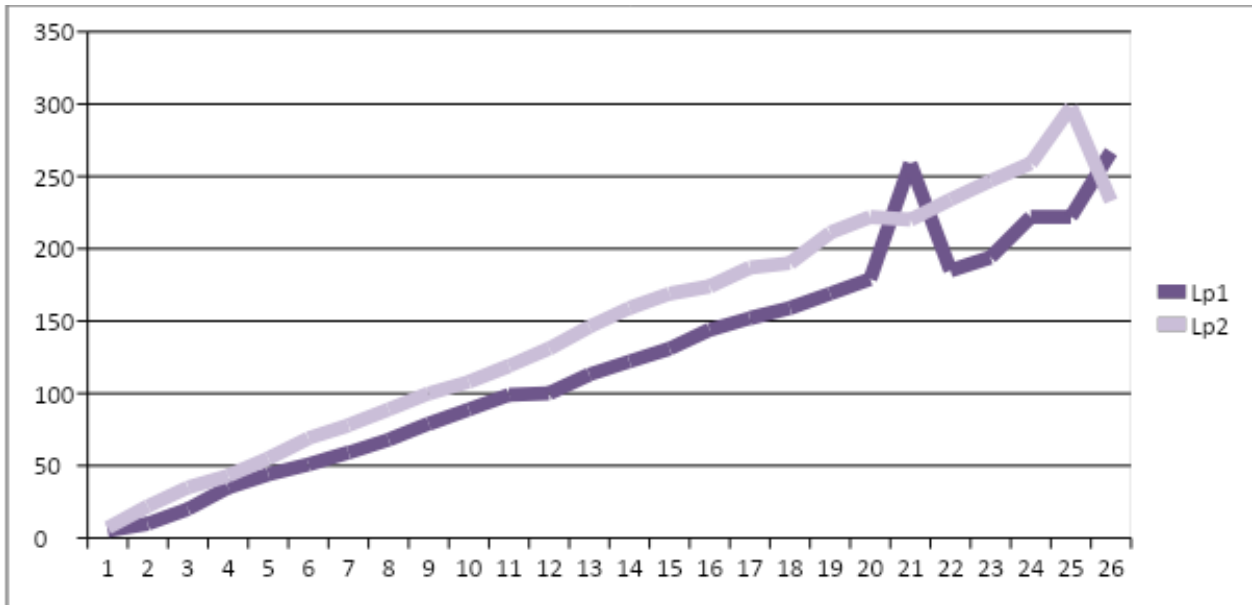


Рисунок 3.4 – Графік завантаженості маршруту

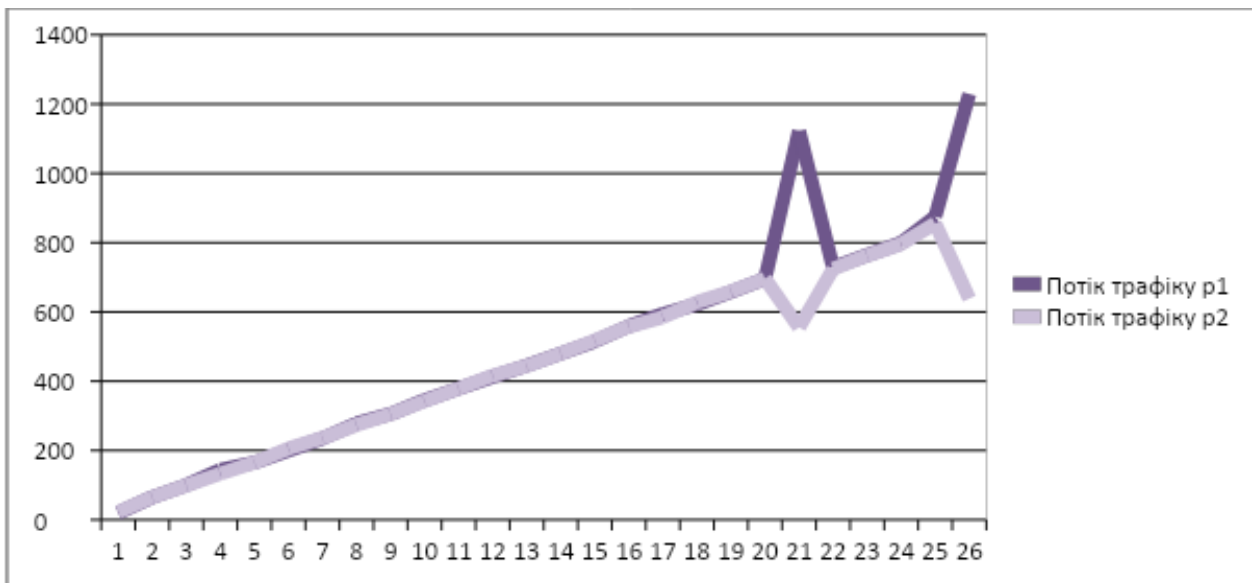


Рисунок 3.5 – Графік потоку трафіку

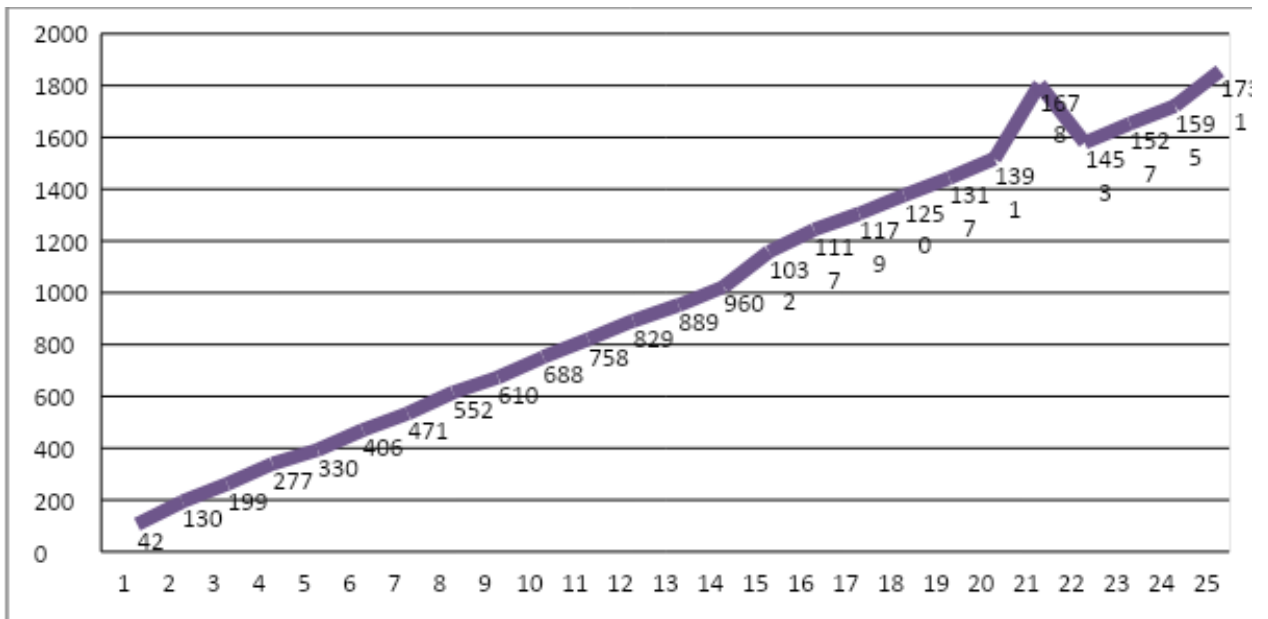


Рисунок 3.6 – Графік загального потоку трафіку

Таким чином, отримані результати говорять, що застосований метод не усуває можливість перевантаження одного з каналів зв'язку маршруту при балансуванні трафіку.

### 3.2 Верифікація результатів

З метою більш раціонального використання ресурсів мережі пропонується змінити формулу розрахунку коефіцієнта балансування, який відповідає за те, скільки пакетів буде відправлено по певному каналу зв'язку. Це допоможе запобігти перевантаження каналів зв'язку, в той же час, забезпечить максимально пропорційний розподіл пакетів між лініями зв'язку. Алгоритм наступний:

1. Ввести математичне обмеження пропорційного розподілу пакетів по каналах зв'язку:

I. Записати пропускні спроможності каналів зв'язку, які будуть використані при балансуванні трафіку

II. Знайти найбільший спільний дільник чисел з пункту I.

З метою більш раціонального використання ресурсів мережі пропонується змінити формулу розрахунку коефіцієнта балансування, який відповідає за те, скільки пакетів буде відправлено по певному каналу зв'язку. Це допоможе запобігти перевантаження каналів зв'язку, в той же час, забезпечить максимально пропорційний розподіл пакетів між лініями зв'язку. Алгоритм наступний:

1. Ввести математичне обмеження пропорційного розподілу пакетів по каналах зв'язку:

I. Записати пропускні спроможності каналів зв'язку, які будуть використані при балансуванні трафіку

II. Знайти найбільший спільний дільник чисел з пункту I.

$$\begin{aligned} \text{НЗД}(B_{i,1}; B_{i,2}) &= Z_{i,2}, \\ \text{НЗД}(Z_{i,2}; B_{i,3}) &= Z_{i,3}, \\ &\dots \\ \text{НОД}(Z_{i,j-1}; B_{i,j}) &= Z_{i,j}, \end{aligned} \quad (3.18)$$

де  $B$  – пропускна здатність каналу зв'язку [Мбіт/с]

$i$  – маршрутизатор, який здійснює балансування,

$j$  – канали зв'язку  $i$ -го маршрутизатора, які беруть участь у балансуванні навантаження;

НЗД – операція пошуку найбільшого загального (спільного) дільника;

$Z_{i,j}$  – результат НЗД операції на кожному з кроків для  $i$ -го маршрутизатора,

$Z_{i,j}$  – кінцева відповідь, то є найбільший спільний дільник.

Операція НЗД може бути реалізована і, як Евклідовим алгоритмом, так і методом розкладання на прості множники.

Кількість пакетів, які слід передавати по певному каналу зв'язку, пропонується розраховувати за такою формулою:

$$N_{i,j} = \frac{B_{i,j}}{Z_{i,j}}, \quad (3.19)$$

де  $N_{i,j}$  – кількість пакетів, які будуть передаватися  $i$ -м маршрутизатором по  $j$ -му каналу зв'язку, який приймає участь у балансуванні навантаження.

Виконаємо моделювання відповідно до наведених формул.

Внаслідок застосування формули (3.19) до маршрутизатора в топології на рис. 3.7 виходять наступні результати:

$$\text{НЗД}(1000;800) = 200,$$

$$N_{R1, R1 \leftrightarrow R2} = \frac{B_{R1, R1 \leftrightarrow R2}}{Z_{R1, R1 \leftrightarrow R2}} = \frac{1000}{200} = 5,$$

$$N_{R1, R1 \leftrightarrow R3} = \frac{B_{R1, R1 \leftrightarrow R3}}{Z_{R1, R1 \leftrightarrow R3}} = \frac{800}{200} = 4.$$

Виходячи з наведеного алгоритму впливає, що по першому каналу зв'язку маршрутизатор буде відправляти кожні 5 пакетів, в той же час, по другому каналу зв'язку він буде відправляти 4 пакети. Таким чином, навіть при завантаженні 1,8 Гбіт/с маршрутизатор зможе без перевантажень розподіляти трафік пропорційно по всіх каналах зв'язку.

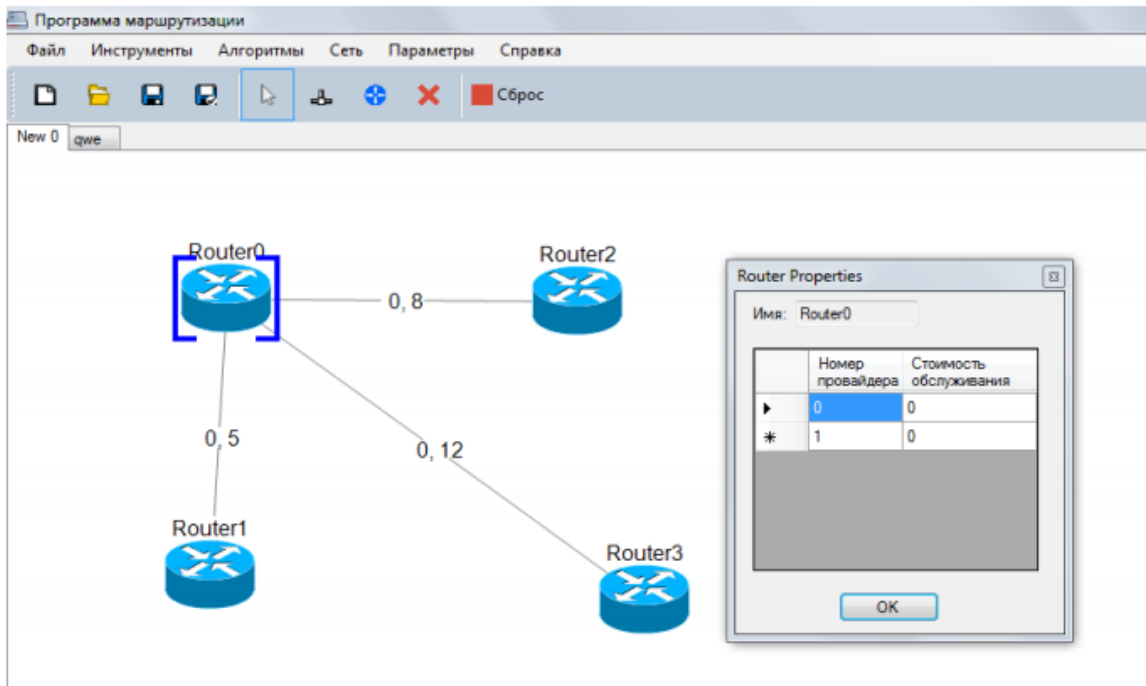


Рисунок 3.7 – Розподіл навантаження

Однією з проблем даного підходу може стати можливість того, що пропускні спроможності каналів зв'язку на маршрутизаторі, який приймає рішення про балансування навантаження, будуть досить великими, однак один з каналів зв'язку в середині маршруту може мати меншу пропускну здатність. Приміром, подібна ситуація могла б виникнути, у разі, якщо в топології на рис. 3.7 канал зв'язку між двома маршрутизаторами мав би пропускну здатність 1 ГБ/с, а канал зв'язку між двома сусідніми – 800 Мбіт/с. У разі такого випадку:

$$N_{ЗД}(1000;1000) = 1000 ,$$

$$N_{R1, R1 \leftrightarrow R2} = \frac{B_{R1, R1 \leftrightarrow R2}}{Z_{R1, R1 \leftrightarrow R2}} = \frac{1000}{1000} = 1 ,$$

$$N_{R1, R1 \leftrightarrow R3} = \frac{B_{R1, R1 \leftrightarrow R3}}{Z_{R1, R1 \leftrightarrow R3}} = \frac{1000}{1000} = 1 .$$



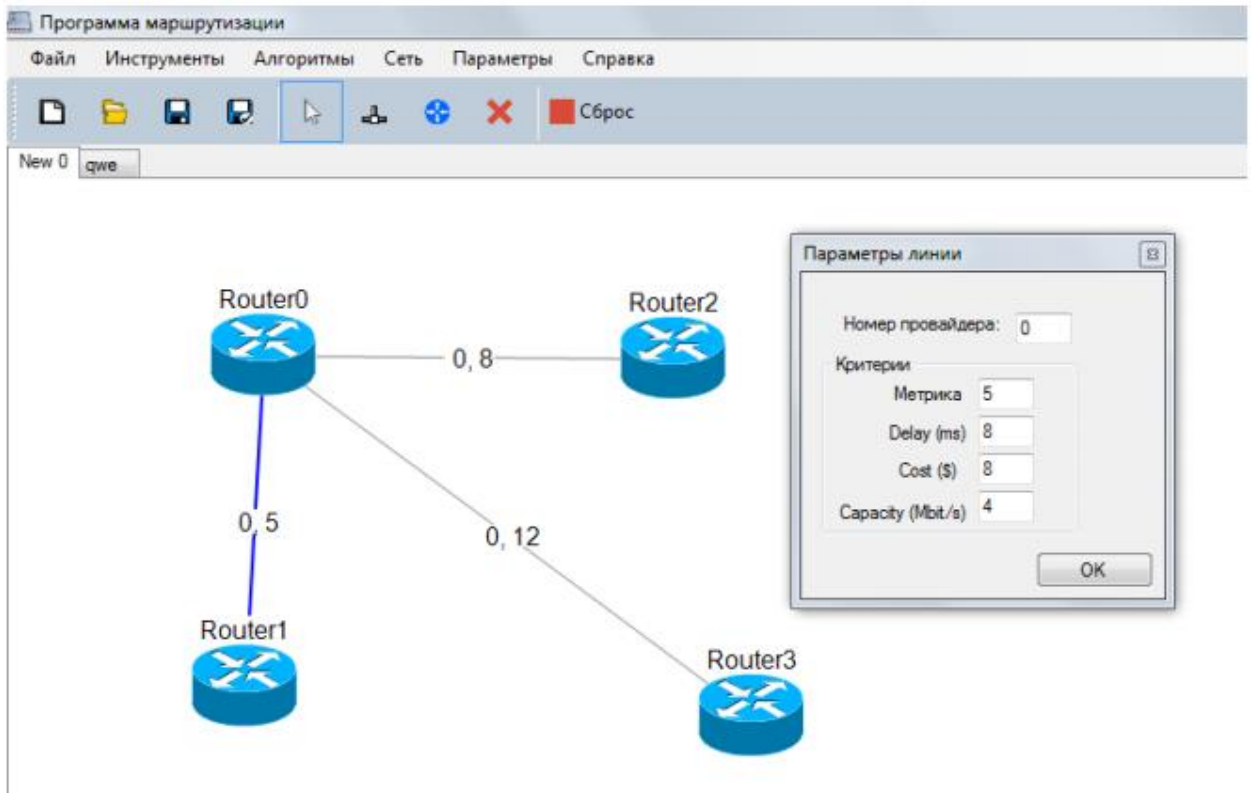


Рисунок 3.8 – Розподіл навантаження

Далі виконаємо моделювання топології мережі, для наглядного дослідження якості розподілу навантаження. На рис. 3.9 наведено вікно створення топології мережі.

У такому разі виникає ефект «пляшкового горлечка», так як канал зв'язку з меншою пропускнуою здатністю в середині шляху не здатний справлятися з навантаженням.

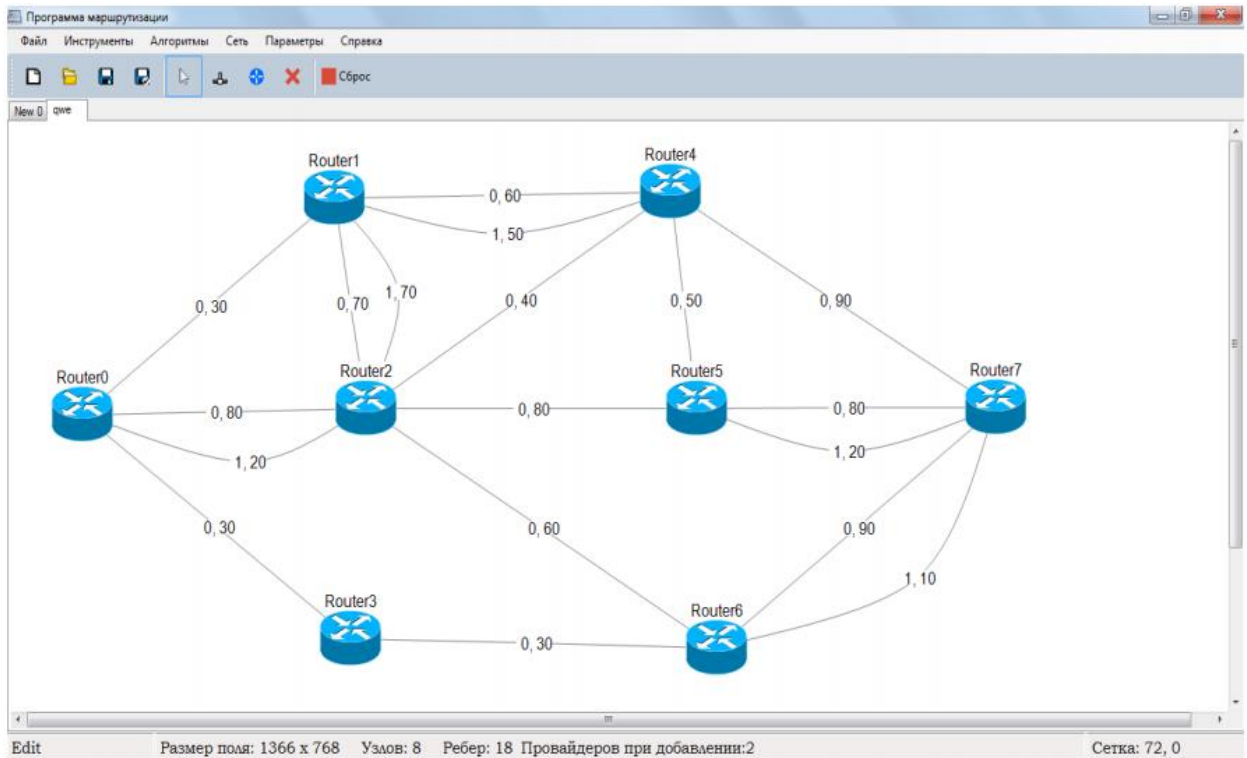


Рисунок 3.9 – Вікно створення топології мережі

Рішенням даної проблеми може послужити функція самого протоколу OSPF. У заголовках пакетів OSPF поряд з іншою інформацією поширюється також і інформація про найменшу пропускну здатність для певного оцінюваного маршруту – ця інформація потрібна для розрахунку метрики сусідніми маршрутизаторами (рис. 3.10).

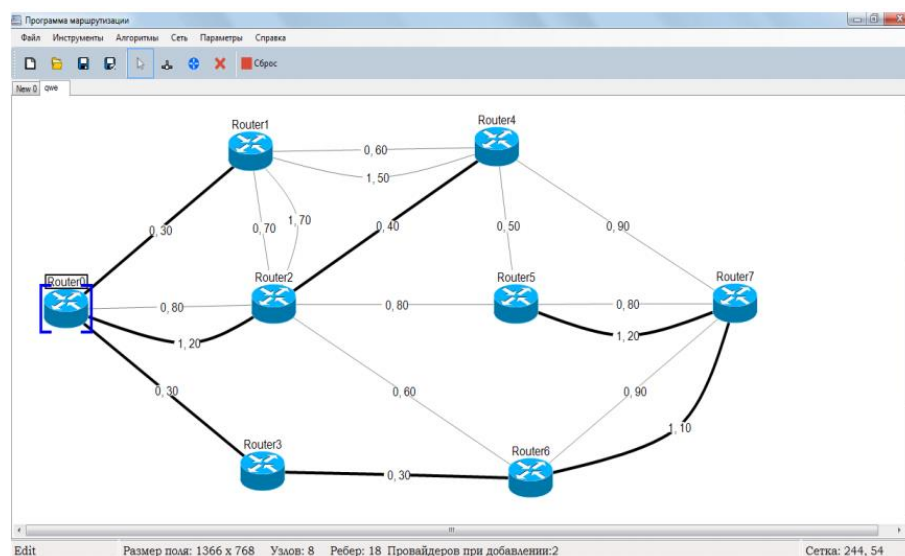


Рисунок 3.10 – Результати роботи

Таким чином, метод, представлений в даному розділі, слід застосувати до мінімальних пропускних здібностей, які існують в маршрутах, по яких буде проводитися балансування трафіку.

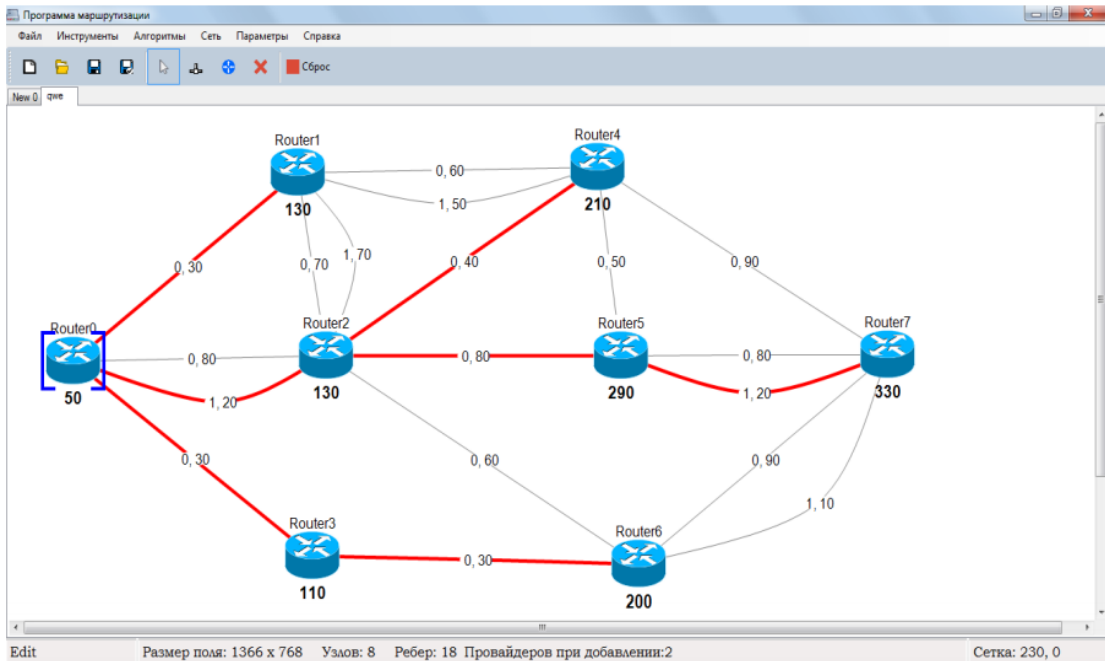


Рисунок 3.11 – Результаты работы

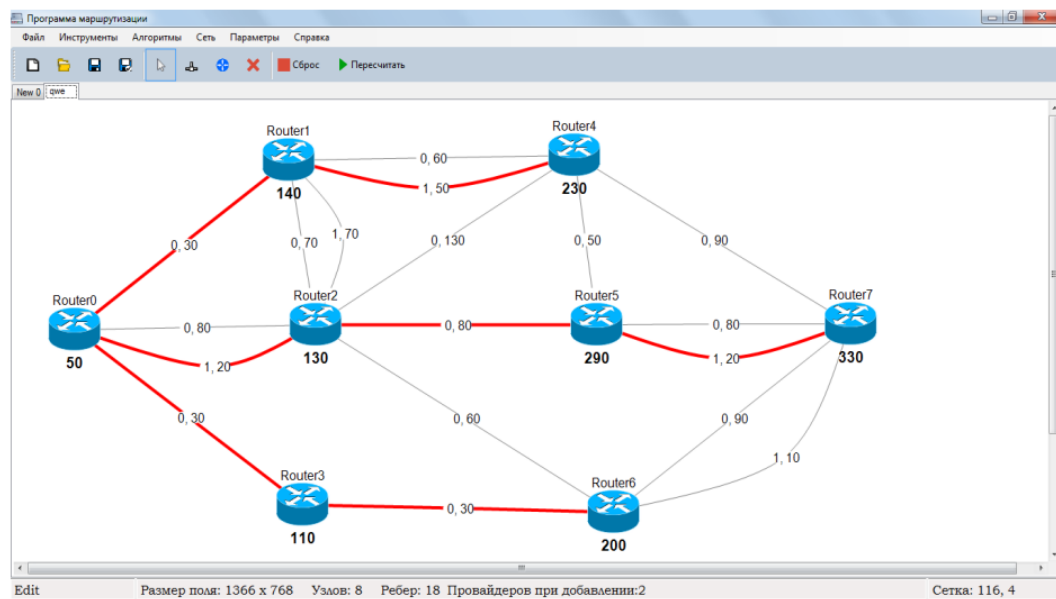
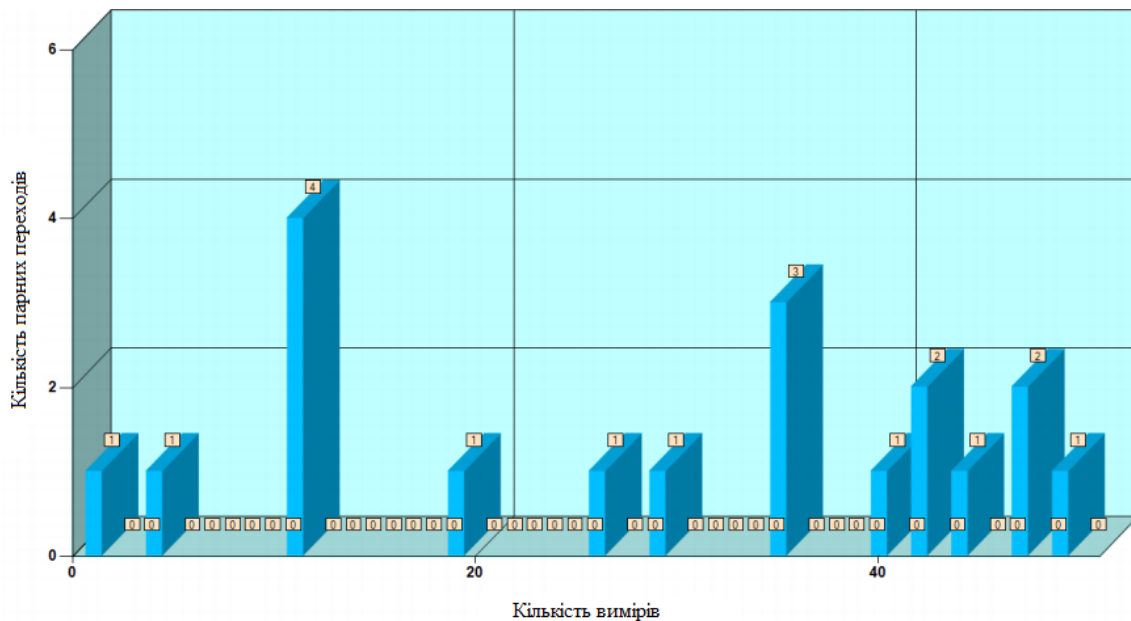


Рисунок 3.12 – Результаты работы

Варто зазначити, що максимальна пропускна здатність досягається за рахунок розрахунку коефіцієнта балансування навантаження не на основі метрики маршруту, а на основі пропускної здатності каналів зв'язку балансуєчого маршрутизатора шляхом знаходження найбільшого загального дільника.



Для забезпечення оптимальності процесу балансування навантаження між різними маршрутами необхідно забезпечити мінімізацію максимального завантаження каналів зв'язку, що входять у маршрут. При оцінці якості кінцевих рішень основними показниками є, величина відхилення від довжини оптимального маршруту і середня затримка передачі. У першому випадку спочатку визначається значення відхилення від довжини оптимального маршруту, а потім перед балансуванням відкидаються всі маршрути, які не відповідають даним показникам. Використання показника завантаженості каналів зв'язку не виключає можливості перевантажень одного з каналів зв'язку при балансуванні трафіку нерівноцінним розподілом;

Максимальна пропускна здатність досягається за рахунок розрахунку коефіцієнта балансування навантаження не на основі метрики маршруту, а на основі пропускної здатності каналів зв'язку балансуючого маршрутизатора шляхом знаходження найбільшого загального дільника.

Сфера застосування – мінімальні пропускні здібності, які існують в маршрутах, по яких буде проводитися балансування трафіку.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання даної кваліфікаційної роботи виконано оптимізацію продуктивності мережі методом виявлення та аналізу несправностей за допомогою програмних методів.

За допомогою систем аналізу та управління мережею можна виявити неполадки та зниження рівня продуктивності. Сучасні системи аналізу та діагностики дозволяють не тільки зібрати статистичні дані про роботу мережі, але й автоматично пропонують способи усунення проблем. Ці можливості базуються на базі даних служби технічної підтримки, що постійно оновлюється.

Управління даними дозволяє покращити якість обслуговування мережі та уникнути переповнення буферної пам'яті у вузлах зв'язку. Цей підхід базується на визначенні гранично допустимого навантаження каналу шляхом моніторингу вхідного трафіку.

При зміні ваги каналу зв'язку, що входить в дерево оптимальних маршрутів або ваги каналу зв'язку, що знаходиться у відношенні парного переходу до каналу з дерева оптимальних маршрутів, необхідно переглянути списки оптимальних маршрутів та їх маршрутів заміни до кожного вузла зв'язку, куди входить канал, вага якого змінилася.

Для забезпечення оптимальності процесу балансування навантаження між різними маршрутами необхідно забезпечити мінімізацію максимального завантаження каналів зв'язку, що входять у маршрут. При оцінці якості кінцевих рішень основними показниками є, величина відхилення від довжини оптимального маршруту і середня затримка передачі. У першому випадку спочатку визначається значення відхилення від довжини оптимального маршруту, а потім перед балансуванням відкидаються всі маршрути, які не відповідають даним показникам. Використання показника завантаженості каналів зв'язку не

виключає можливості перевантажень одного з каналів зв'язку при балансуванні трафіку нерівноцінним розподілом;

Максимальна пропускна здатність досягається за рахунок розрахунку коефіцієнта балансування навантаження не на основі метрики маршруту, а на основі пропускної здатності каналів зв'язку балансуючого маршрутизатора шляхом знаходження найбільшого загального дільника.

Сфера застосування – мінімальні пропускні здібності, які існують в маршрутах, по яких буде проводитися балансування трафіку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Цвіркун Л.І. Розробка програмного забезпечення комп'ютерних систем. Програмування: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Л.І. Цвіркун, А.А. Євстігнєєва, Я.В. Панферова ; під заг. ред. проф. Л.І. Цвіркуна ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – 568 с.
2. Цвіркун, Л.І. Розробка програмного забезпечення комп'ютерних систем. Програмування: навч. посібник / Л.І. Цвіркун, А.А. Євстігнєєва, Я.В. Панферова, під заг. ред. Л.І. Цвіркуна. – 3-є вид., випр. – Д.: Національний гірничий університет, 2016. – 223 с. – ISBN 978-966-350-595-4.
3. Цвіркун Л.І. Глобальні комп'ютерні мережі. Програмування мовою PHP: навч. посібник / Л.І. Цвіркун, Р.В. Липовий, під заг. ред. Л.І. Цвіркуна. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 239 с. – ISBN 978-966-350-417-9.
4. Computer Emergency Response Team of Ukraine [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://cert.gov.ua/?page\\_id=207](http://cert.gov.ua/?page_id=207). (24.11.23)
5. Кінзерявий В.М. Базові показники ефективності роботи команд реагування на кіберінциденти / В.М. Кінзерявий, В.О. Гнатюк // Безпека інформації. – Том 20, №2. – 2014. – С. 193-196.
6. Vinogradov M., Ivanchenko Ye., Gnatyuk V. Method for efficiency assessment of cyberincidents processing by CSIRT // Ukrainian Scientific Journal of Information Security, 2017, vol. 23, issue 1, p. 56-62.



7. Computer Emergency Response Team of Ukraine [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://cert.gov.ua/?page\\_id=207](http://cert.gov.ua/?page_id=207). (24.10.23)

8. Gizun A. Approaches to Improve the Activity of Computer Incident Response Teams / A. Gizun, V. Gnatyuk, N. Balyk, P. Falat // Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications" (IDAACS'2015), Warsaw, Poland, September 24-26, 2015: Vol. 1. – Pp. 442-447.

9. Карпінський М.П. Інтегрована модель представлення кризових ситуацій та формалізована процедура побудови еталонів ідентифікуючих параметрів / М.П. Карпінський, А.О. Корченко, А.І. Гізун // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2015. – В.1 (29). – С. 76-85.

10. Gizun A.I. Base parameters of forecasting and identification of computer attacks in information and communication systems / A.I. Gizun, S.I. Topcheev, M.O. Ryabyu // Proceedings the sixth world congress «Aviation in the XXI-st century». «Safety in Aviation and Space Technologies». – Vol. 1. – К.: NAU, 2014. – P. 1.11.40-1.11.44.

11. Байбурин В.Б., Бровкова М.Б. Введення в захист інформації. Навчальний посібник (Серія "Професійна освіта "). – К.: "Наука", 2013. – 628 с.

12. Богуш В. М. Інформаційна безпека: термінологічний навчальний довідник / В. М. Богуш, В. Г. Кривуца , А. М. Кудін. – К.: ДВК, 2004. – 508 с.

13. Бочкін Т.А. Безпека корпоративних мереж. Навчальний посібник / під ред. Л.Г.Островського – К.: ІТМО, 2013. 461 с.

14. Валецька Т. М. Комп'ютерні мережі. Апаратні засоби. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. 208 с.

15. Зайченко Ю.П. Комп'ютерні мережі: Навчальний посібник. – К.: Слово, 2003. – 286 с.
16. Кожем'яко В. П., Тимченко Л. І., Яровий А. А. Паралельно-ієрархічні мережі як структурно-функціональний базис для побудови спеціалізованих моделей образного комп'ютера. – Вінниця: Універсум, 2005. – 162 с.
17. Лозікова Г.М. Комп'ютерні мережі. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 128 с.
18. Нові комп'ютерні засоби, обчислювальні машини та мережі: Збірник наукових праць. Т.1. – К.: НАНУ, Ін-т кіберн. ім. В.М. Глушкова, Наук. рада НАН з проблеми «Кібернетика», 2001. – 170 с.
19. Information Security Management. Audit Check List for SANS Електронний ресурс. / Електрон, текстові дан. и граф. дан.– [S. 1.: s. п.]– Режим доступу: <http://www.sans.org/score/checklists/ISO17799checklist.pdf> (по состоянию на 24.10.23)
20. Фіногєєв А.Г. Мережеві технології. Частина 1: Навчальний посібник. – Харків: Вид-во ПГУ, 2013. – 107 с.
21. Юринець В. Є., Юринець Р. В. Комп'ютерні мережі. Інтернет. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2006. – 322 с.
22. A Taste of Computer Security. Security in Solaris 10 Електронний ресурс. / Електрон, текстові дан. и граф. дан. – [S. 1.: s. п.]. – Режим доступу: <http://www.kernelthread.com/publications/security/solaris.html> (по состоянию на 24.10.23).
23. Chi, S.-D. Network Security Modeling and Cyber Attack Simulation Methodology Text. / S.-D. Chi, J. S. Park, K.-C. Jung, J.-S. Lee // Lecture Notes in Computer Science. – Berlin : Springer Verlag, 2001. – Vol. 2119.

24. Hack Attack Testing– How to Conduct Your Own Security Audit Text. / J. Chirillo. – [S. 1.]: Wiley Publishing, 2003.

25. Chung, M. Simulating concurrent intrusions for testing intrusion detection systems Text. / M. Chung, B. Mukherjee, R. Olsson// Proceedings of the 1995 National Information Security Conference. – [S. 1.], 1995. –P. 173-183.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО- КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра комп'ютерної інженерії

Кваліфікаційна робота

Оптимізація продуктивності мережі методом виявлення та аналізу  
несправностей за допомогою програмних методів

Науковий керівник:  
Антоненко Артем Васильович  
Роботу виконала:  
Студентка групи КСДМ-61  
Гулько Олександра Сергіївна

**Мета**

Розробка та впровадження програмних методів для оптимізації продуктивності мережі та виявлення несправностей

**Завдання**

Розробка алгоритму оптимізації продуктивності мережі методом виявлення та аналізу несправностей за допомогою програмних методів

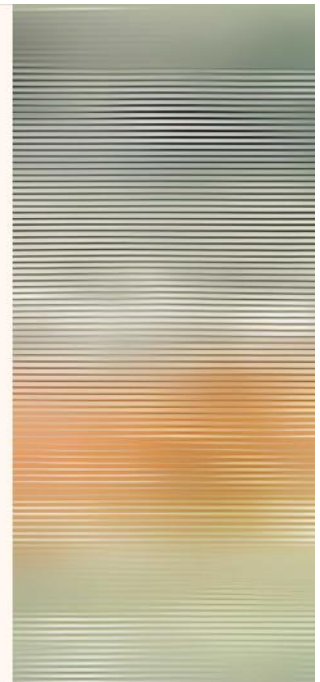
**Метод**

Метод розподілу навантаження для забезпечення кращої продуктивності мережі

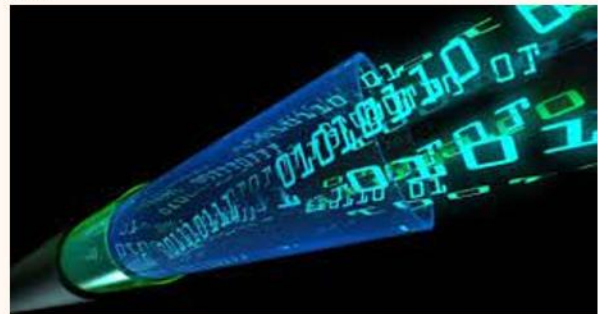
Численні дослідження процесів у мережі Інтернет показали, що статистичні характеристики трафіку мають властивість тимчасової масштабної інваріантності (самоподібності). Причина такого ефекту – в особливостях розподілу файлів по серверах, їх розмірах, а також у типовій поведінці користувачів. Виявилося, що потоки даних, що спочатку не виявляють властивостей самоподібності, пройшовши обробку на вузлових серверах і активних мережевих елементах, починають подавати яскраво виражені ознаки самоподібності.



Трафік комп'ютерних мереж за високих коефіцієнтів використання виявляє властивості самоподібності. Через це можливе швидке навантаження буферів пристроїв при невеликих коефіцієнтах використання. Особливо це проявляється, якщо розмір буферів розрахований для навантаження з класичними розподілами потоків.



Можливо домогтися поліпшення пропускної спроможності з'єднання, застосовуючи спеціальні методи організації черг. Ці методи можна розбити на три основні групи: спеціальні стратегії організації черг, шейпінг трафіку та обмеження швидкості.



Для оптимізації використовують виділений комп'ютер, який у цьому випадку є адміністратором процесу оптимізації структури системи та керуючим всією системою у процесі виконання завдання. Такий варіант має істотний недолік – керуючий вузол повинен значний час займати канал зв'язку між комп'ютерами, збільшуючи загальний час розв'язання задачі.

Пропонується інший підхід, заснований на використанні принципу колективного прийняття рішення мультиагентною системою, що швидко розвивається останнім часом.

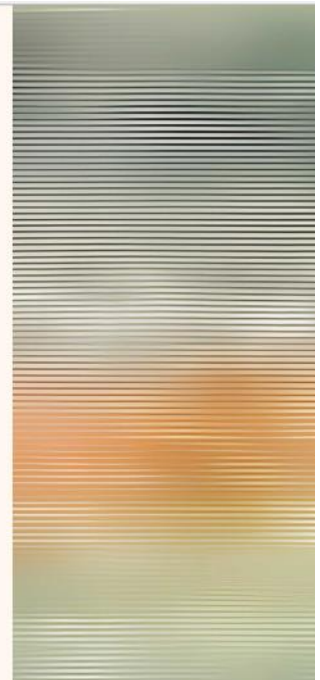


Під мультиагентною системою розуміється безліч незалежних програмних об'єктів – агентів, кожен з яких працює по тому самому алгоритмі. Для її функціонування достатньо звичайної комп'ютерної мережі. Кожен агент розташовується в окремому вузлі мережі, що входить в обчислювальну систему, що організується. Результатом колективного ухвалення рішення є скорочення часу вирішення системою завдання.



На основі принципу прийняття колективного рішення мультиагентною системою пропонується алгоритм оптимізації розподілу обчислювальних модулів між комп'ютерами системи, що дозволяє скоротити час обробки даних при їх проходженні через обчислювальну систему. Його особливістю є те, що він дозволяє виконати оптимізацію конфігурації системи безпосередньо під час процесу вирішення задачі.

Структура графа складного завдання є сукупністю підмножин пов'язаних вершин. Ці підмножини утворюють структуру у кілька рівнів.



Ця кількість кроків є достатньою для пошуку оптимального варіанту призначення графа завдання на граф мережі та зменшення часу критичного шляху.

Алгоритм агента:

1. Прийом інформації від агентів рівня  $n-1$ .
2. Прийом службової інформації від агентів рівня  $n+1$ .
3. Визначення критичного шляху.
4. Підбір варіанта обміну для агента на  $T_{кр}$ .
5. Чи всі варіанти обміну використані? Якщо «Так», то перейти до п.7, інакше перейти до п.6.
6. Передача службової інформації агентам рівня  $n-1$ .
7. Обробка даних.
8. Обробку даних закінчено? Якщо "Так", то перейти до п.9, якщо "ні", то перейти до п.7
9. Передача всієї інформації агентам рівня  $i+1$ .
10. Перехід до п.1.

## Висновки

Розроблений алгоритм агента є потужним засобом для оптимізації продуктивності мережі та виявлення несправностей у режимі реального часу. Цей підхід базується на визначенні гранично допустимого навантаження каналу шляхом моніторингу вхідного трафіку. Алгоритм може бути застосований у різних галузях, де вимагається постійне управління мережами та їх ефективність.



## Публікації:

1. Гунько О., Антоненко А., Лемешко А. Оснащення готельно-ресторанних комплексів мережевим обладнанням. Перспективні світові наукові напрямки: Інформатика, Архітектура, Інноваційні технології, Екологія. Монографічна серія «Європейська наука». Книга 19. Частина 2. 2023.
2. Гунько О. С., Антоненко А.В., Сорочинський О. О. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ПРИВАТНОГО МЕРЕЖЕВО-СЕРВЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ OPENNEBULA
3. Гунько О., Антоненко А., Лемешко А. Оснащення готельно-ресторанних комплексів мережевим обладнанням. Доповідь.