

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра Комп'ютерної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ
ДЛЯ ПОБУДОВИ НАДІЙНИХ ТА ШВИДКИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ»

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

зі спеціальності 123- комп'ютерна інженерія
(код, найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Комп'ютерна інженерія
(назва)

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

(підпис)

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

Виконав: здобувач вищої освіти гр.КІД-41
Запороженко К.Р.

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: Владислав Сосновий
науковий ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Рецензент:
науковий ступінь,
вчене звання

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ – 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/П	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пошук та збір теоретичної інформації	02.02-10.02. 2024	
2	Методи маршрутизації в комп'ютерних мережах	12.02-20.02.2024	
3	Роз'яснення які існують протоколи маршрутизації	05.03.-10.03.2024	
5	Аналіз та порівняння протоколів маршрутизації	15.03-20.04.24	
6	Розробка демонстраційних матеріалів	01.05-10.05.24	
7	Захист	11.06.24	

Студентка _____ Запороженко К.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Сосновий В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Текстова частина бакалаврської роботи 63 с., 22 рис., 1 табл., 30 джерел.

Мета роботи: проаналізувати та порівняти протоколи маршрутизації. За допомогою протоколів маршрутизації збільшити продуктивність та оптимізувати роботу комп'ютерних мереж.

Об'єкт дослідження: використання протоколів маршрутизації.

Предмет дослідження: комп'ютерні мережі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПК, OSPF, RIP, BGP, ПЗ, EIGRP, IS-IS

ABSTRACTS

The text part of the master's thesis 63 p., 22 figures, 1 table, 30 sources

Purpose: analyze and compare routing protocols. Use routing protocols to increase performance and optimize the operation of computer networks.

Object of research: computer networks use of routing protocols.

Subject of research: computer networks.

KEYWORDS: PC, OSPF, RIP, BGP, И3, EIGRP, IS-IS

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1 ТЕОРИТИЧНІ ВІДОМОСТІ.....	14
1.1 Основні поняття, для розуміння маршрутизації, та метрик передачі даних.....	15
1.1.1Параметри метрик маршрутизації.....	16
1.2 Класифікація протоколів маршрутизації.....	17
1.3 Статична та динамічна маршрутизація.....	18
1.4 Протоколи маршрутизації, які використовують класову адресацію, та ті, які використовують безкласову адресацію.....	19
1.4.1 Класова маршрутизація.....	20
1.4.2 Безкласова маршрутизація.....	21
1.5 Маршрутизація, яка враховує стан каналів, базується на інформації про стан кожного з каналів мережі для вибору оптимальних маршрутів.....	22
1.5.1 Особливості протоколу, що базується на стані каналів.....	24
1.5.2 Методи маршрутизації, що базуються на стані каналів.....	25
1.5.3 Переваги та недоліки маршрутизації на основі стану каналів...	26
1.6 Дистанційно-векторна маршрутизація.....	26
1.6.1 Особливості дистанційно-векторної маршрутизації.....	28
1.6.2 Переваги та недоліки дистанційно-векторної маршрутизації....	29
2 АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ АВТОМАТИЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ.....	31
2.1 Вимоги до протоколу маршрутизації у корпоративних комп'ютерних мережах.....	31
2.2 Основні критерії, пор яким порівнюють протоколи маршрутизації.....	32
2.3 Відомості про найрозповсюдженіші протоколи маршрутизації.....	36
3 ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ	48
3.1 Аналіз протоколів маршрутизації.....	48

3.2	Опис середовища для проведення експерименту.....	52
3.2.1	Модель мережі та інструменти впровадження.....	52
3.3	Моделювання протоколів та аналіз ефективності.....	56
ВИСНОВКИ.....		60
Додаток А ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (ПРЕЗЕНТАЦІЯ).....		64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПК – Персональний комп'ютер

OSPF – Open Shortest Path First

RIP – Routing Information Protocol

BGP – Border Gateway Protocol

EIGRP – Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

IS-IS – Intermediate System to Intermediate System

ВСТУП

Стабільність мережі та час, необхідний для збірки даних після змін у мережі, залишаються все більшими для загальної ефективності мережі. Тому важливо провести порівняльний аналіз продуктивності різних протоколів маршрутизації, щоб зрозуміти проблеми, пов'язані з часом адаптації мережі до змін, та врахувати майбутні потреби. У корпоративних мережах велике значення має стабільний зв'язок з віддаленими філіями. Для забезпечення цього зв'язку у разі відмови основного каналу необхідно мати резервний канал зв'язку. Постачальники Інтернет-послуг (ISP) не можуть гарантувати безперервне мережеве підключення. Для включення перебоїв у мережу роботи підприємство використовує резервну лінію зв'язку, віддаючи перевагу провайдеру Інтернету, що забезпечує можливість резервного підключення до вашої мережі.

Маршрутизація справжній шлях як ключовий елемент комунікаційної мережі, після чого ви шукаєте передачу даних. Без неї дані були б обмежені в межах підмережі, з якої вони виходять. Тому вибір відповідних протоколів маршрутизації є меншим для забезпечення оптимального та надійного зв'язку в будь-якій мережевій інфраструктурі. Існують різні протоколи з унікальною структурою та алгоритмами маршрутизації, які застосовуються для забезпечення надійного та ефективного зв'язку з іншими функціями та рівнями продуктивності.

Для створення безпечної та масштабованої комунікаційної інфраструктури критично важливо обрати відповідні протоколи маршрутизації, які забезпечать необхідні результати. У корпоративних мережах дані переміщуються між локальними та глобальними мережами через різні мережеві топології та обробляються різними протоколами як всередині, так і поза межами різних автономних систем. Таким чином, вибір належних протоколів зв'язку має вирішальне значення для створення безпечної та масштабованої платформи зв'язку. Це є критичним аспектом у побудові та підтримці ефективних комп'ютерних

мереж, особливо враховуючи динамічний характер Інтернет-з'єднань та взаємодії автономних мереж.

У сучасному світі мало яка компанія обходиться без мережевої інфраструктури, практично всі сучасні мережі використовують маршрутизацію. Зі зростанням розмірів мережі компанії змушені переходити від статичної маршрутизації до динамічної, і використання одного з протоколів динамічної маршрутизації стає необхідним.

Ефективність протоколу маршрутизації при прокладанні шляху даних відіграє важливу роль у забезпеченні високої продуктивності доставки даних у мережі. Протоколи маршрутизації автоматично оновлюють свої таблиці маршрутизації відповідно до змін у мережі. Наприклад, збої зв'язку або маршрутизаторів можуть змінити оптимальні маршрути до певних місць призначення. Час, який потрібен протоколу маршрутизації для переходу до нових стабільних оптимальних маршрутів після зміни мережі, називається конвенцією. Важливо, щоб час конвенції був коротким, щоб уникнути втрат пакетів через часові чорні діри маршрутизації, які можуть виникнути, коли маршрутизатори під час маршрутизації використовують нефункціональні маршрути. Протоколи маршрутизації з коротким часом конвенції важливі для створення високопродуктивних та стабільних мереж.

Оскільки вибір протоколу маршрутизації суттєво впливає на продуктивність і надійність роботи мережі організації в цілому, він повинен бути обдуманим і обґрунтованим.

Завдання дослідження:

- Проаналізувати основні характеристики та методи маршрутизації в комп'ютерних мережах;
- Провести огляд протоколів динамічної маршрутизації;
- Надати рекомендації по вибору найбільш ефективних протоколів для роботи в комп'ютерних мережах.

Опис протоколів маршрутизації значно полегшить проектування сучасних, надійних та швидких комп'ютерних мереж. Протоколи маршрутизації дозволяють ефективно маршрутизувати дані через мережу, забезпечуючи оптимальне використання доступних ресурсів. Це допомагає уникнути перевантажень та забезпечити плавний потік трафіку, що є критично важливим для бізнес процесів. Правильно налаштовані протоколи маршрутизації дозволяють побудувати надійну мережу, яка може автоматично адаптуватися до змін у топології мережі або збоїв у пристроях. Це допомагає забезпечити стабільну роботу бізнес-процесів та уникнення втрати даних. Протоколи маршрутизації дозволяють мережам масштабуватися з ростом обсягу даних та збільшенням кількості користувачів. Це дозволяє компаніям легко розширювати свою мережеву інфраструктуру у відповідь на зростання бізнесу. Аналіз та порівняння протоколів маршрутизації покаже які протоколи надають більш ефективну роботу мережі з меншою втратою пакетів під час відмови роботи якогось маршрутизатора в мережі.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В комп'ютерних мережах, протоколи маршрутизації зазвичай використовуються для передачі інформації про маршрутизацію пакетів між взаємопов'язаними вузлами.

Всі протоколи маршрутизації спрямовані на досягнення таких цілей:

1. Забезпечення комунікації між різними маршрутизаторами, які знаходяться в різних місцях.
2. Прийняття правильних та ефективних рішень щодо маршрутизації пакетів.
3. Обмін інформацією між сусідніми роутерами.
4. Створення безпомилкових таблиць маршрутизації.
5. Вивчення існуючих маршрутів та їх характеристик.

Маршрутизатори використовуються для передачі даних між різними підмережами та обміну інформацією про маршрути між ними. Основна мета "протоколів маршрутизації" полягає в побудові найкращого можливого шляху передачі інформації від джерела до призначення. Протоколи маршрутизації можна класифікувати наступним чином [1]:

- Link State Routing Protocols,
- Distance Vector Routing Protocols
- Hybrid Routing Protocols.

Основні характеристики протоколів маршрутизації включаютьв себе найбільш оптимальні маршрути, найшвидшу конвергенцію параметри безпеки та уникнення петель. Ці характеристики спрямовані на забезпечення швидкої та надійної роботи мережі.

1.1 Основні поняття, для розуміння маршрутизації, та метрик передачі даних

Метрику можна просто розглядати як критерій, за яким будь-який протокол маршрутизації приймає рішення щодо вибору маршруту. Усі протоколи мають власні критерії для визначення найкращого маршруту. Наприклад, у випадку RIP метрикою є кількість проміжних маршрутизаторів (hop count). RIP використовує кількість проміжних маршрутизаторів як метрику, шукаючи шлях з найменшою кількістю проміжних маршрутизаторів; EIGRP використовує складену метрику, що враховує різні фактори, такі як пропускна здатність, надійність, затримка тощо, для визначення найкращого маршруту. У OSPF метрикою є витрати на пропускну здатність, OSPF використовує цю метрику для визначення найкоротшого шляху до призначення, враховуючи витрати на пропускну здатність кожного шляху. BGP використовує метрику атрибути шляху. BGP використовує різні атрибути шляху, такі як AS-PATH (AS шлях), NEXT-HOP (наступна точка), LOCAL_PREF (місцевий пріоритет) і т.д., для прийняття рішення про вибір найкращого маршруту. IS-IS може використовувати необов'язкову метрику, яка враховує різні аспекти мережі, такі як пропускна здатність або затримка, для вибору найкращого маршруту.

Зазвичай метрики встановлюють найкращий шлях, коли для одного призначення існує більше одного доступного маршруту. Кожен протокол маршрутизації має свої власні методи обчислення найкращого шляху та показників для цього.

1.1.1 Параметри метрик маршрутизації

Кожен протокол маршрутизації використовує метрику для оцінки та упорядкування маршрутів на базі маршрутизатора, розташованих від найкращого до гіршого, від найбажанішого до найменш бажаного. Різні протоколи маршрутизації застосовують різноманітні методи та параметри для визначення різних метрик[1].

перефразуй :Зазвичай використовуються наступні метрики для визначення найкращих шляхів за допомогою будь-якого протоколу маршрутизації:

- затримка: визначає кількість часу, необхідного для подорожі від однієї точки до іншої. Вона залежить від різних параметрів, наприклад; використання пропускної здатності каналу, фізичної відстані і черги порту;

- вартість: може базуватися на будь-якій окремій метриці або комбінації метрик, яку можна визначити за найкоротшою відстанню або маршрутом з найменшим трафіком. Вона нормально керується адміністраторами мережі;

- навантаження: обчислюється трафіком на конкретних вузлах. Протокол маршрутизації зазвичай використовує навантаження для розрахунку найкращого маршруту;

- підрахунок стрибків: підраховує кількість маршрутизаторів, через які має пройти пакет, щоб досягти місця призначення;

- пропускна здатність: також відіграє важливу роль в ідентифікації шляху, яка зазвичай спонукає до вибору каналу з високою пропускною здатністю замість низької продуктивності;

- надійність: можна розрахувати, посилаючись на попередні несправності або кількість попередніх помилок.

1.2 Класифікація протоколів маршрутизації

Протоколи маршрутизації можна розподілити на дві основні групи: статичний маршрут і динамічний маршрут. Статичні маршрути налаштовуються адміністратором мережі і завжди мають адміністративну відстань рівну 1. Це означає, що у мережі існує статичний маршрут, який, крім того, завжди розглядається як найкращий, оскільки має меншу адміністративну відстань порівняно з будь-яким протоколом маршрутизації. Динамічні маршрути вибираються за допомогою протоколу маршрутизації і також можна поділити на дві основні категорії.

- протоколи маршрутизації всередині мережі між шлюзами;
- протоколи маршрутизації поза межами мережі між шлюзами.

Протоколи внутрішньої маршрутизації між шлюзами використовуються для визначення шляхів всередині однієї автономної системи. Серед найпоширеніших протоколів Interior Gateway Protocol таких, як RIP, OSPF, IS-IS і EIGRP. Кожен з цих протоколів має свої власні метрики та адміністративні відстані. Протоколи зовнішньої маршрутизації між шлюзами використовуються для маршрутизації між різними автономними системами. Основними прикладами таких протоколів є протоколи пограничної маршрутизації між шлюзами. Класифікацію протоколів маршрутизації можна представити у вигляді, як показано на рис. 1.1.

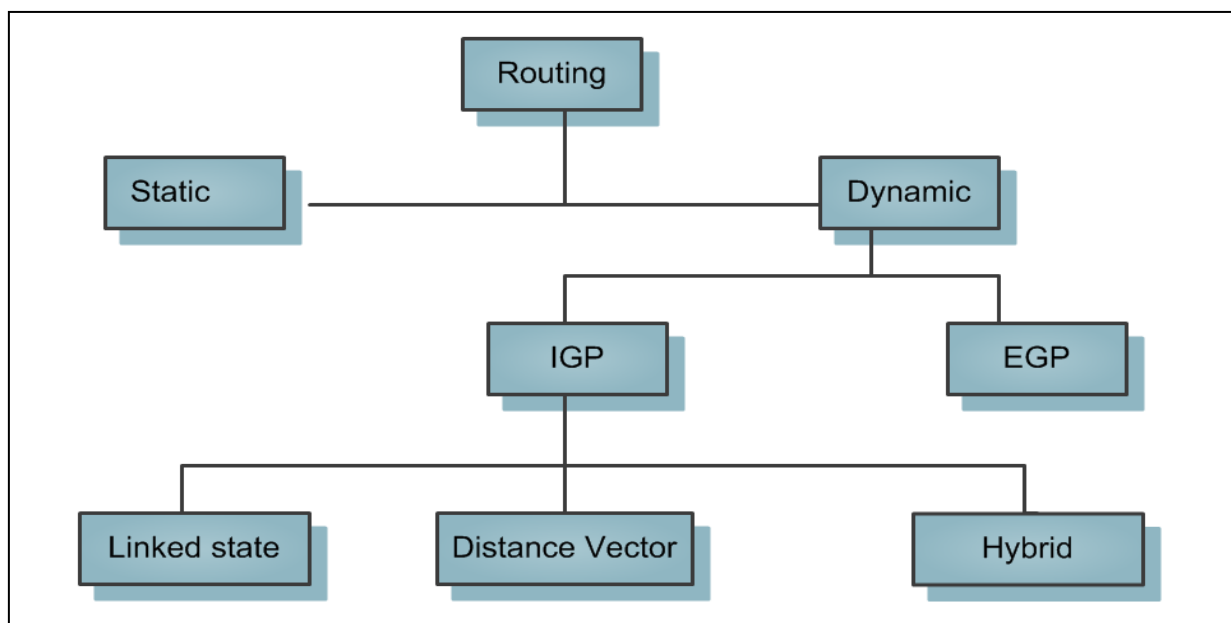


Рисунок 1.1 – Класифікація протоколів маршрутизації

1.3 Статична та динамічна маршрутизація

У статичній маршрутизації адміністратор мережі вручну встановлює всі маршрути. Це означає, що для кожного нового додавання в мережі або зміни топології потрібно вручну налаштовувати нові записи маршрутизації. Якщо вузол видаляється, також потрібно здійснити відповідні зміни вручну. Статична маршрутизація зазвичай застосовується в малих мережах, де адміністратор має більший контроль і розуміння мережі.

У порівнянні з протоколами динамічної маршрутизації, статична маршрутизація простіша для налаштування і використовує менше ресурсів процесора та пам'яті [2]. Однак вона стає проблемою при зміні топології мережі, оскільки вимагає переналаштування маршрутів вручну, що може бути часом і трудомістким.

У динамічній маршрутизації таблиці маршрутизації формуються автоматично на основі протоколу маршрутизації та алгоритмів розрахунку шляху. Протоколи динамічної маршрутизації використовують власні методи визначення найкращого шляху, що зазвичай поєднують статичні та гібридні протоколи дистанційно-векторної маршрутизації. Вони зберігають таблицю топології з усіма можливими шляхами до призначення, що дозволяє адміністратору мережі зручно користуватися протоколом динамічної маршрутизації.

1.4 Протоколи маршрутизації, які використовують класову адресацію, та ті, які використовують безкласову адресацію

Протоколи маршрутизації розділені на два протоколи маршрутизації на базі маски підмережі на класові та безкласові.

Класові протоколи маршрутизації використовуються для маршрутизації даних в мережах, де використовується класова адресація IP. У цих мережах IP-адреси розділяються на класи (A, B, C, D, E), кожен з яких має свої певні діапазони адрес. Класові протоколи маршрутизації роблять припущення про структуру мережі, основу на класах IP-адрес. Наприклад, у протоколах класової маршрутизації, таких як RIP (Routing Information Protocol) та IGRP (Interior Gateway Routing Protocol), адреси класифікуються за типом класу (A, B, C) і застосовуються певні алгоритми для визначення шляхів маршрутизації.

Натомість, безкласові протоколи маршрутизації не базуються на класах IP-адрес, а дозволяють використовувати більш гнучку адресацію, що дозволяє ефективніше використовувати IP-адреси та маршрутизувати трафік у складних мережах. Протоколи, які підтримують безкласову маршрутизацію, такі як OSPF

(Open Shortest Path First) та BGP (Border Gateway Protocol), працюють з мережами, що використовують змішаний тип адресації, де IP-адреси можуть бути розподілені не за класами, а вільно. Це дозволяє більш точно керувати адресним простором та оптимізувати маршрутизацію в складних мережних топологіях.

1.4.1 Класова маршрутизація

Клас А, який охоплює діапазон від 1 до 126. В класі А перший октет використовується для ідентифікації мережі, а решта три октети - для хостів. Маска підмережі класу А складає 255.0.0.0.

Клас В, який охоплює діапазон від 128 до 191. В класі В перші два октети використовуються для ідентифікації мережі, а два інші - для хостів. Маска підмережі класу В становить 255.255.0.0.

Клас С, який охоплює діапазон від 192 до 223. У класі С перші три октети призначені для ідентифікації мережі, а останній октет - для хостів.

На прикладі мережі, яка показана на рисунку 1.2, використовується маршрутизація класів з однаковою мережевою маскою у всіх мережних розташуваннях.

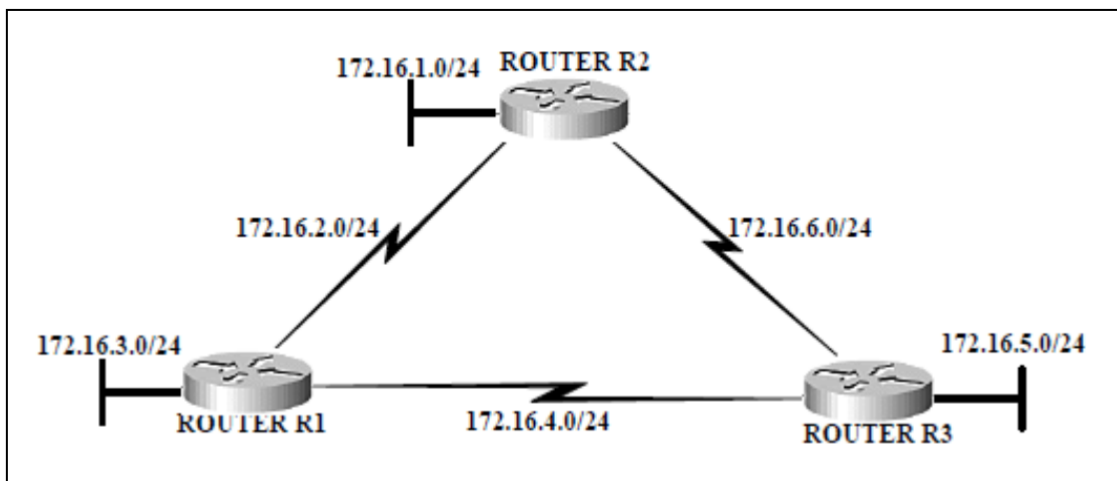


Рисунок 1.2 - Мережа, побудована використовуючи класову маршрутизацію та маску підмережі .

Маршрутизатори використовують одну і ту ж маску підмережі для ідентифікації мережевої адреси, прямо пов'язаної з інтерфейсом основної мережі. Якщо роутер не з'єднаний безпосередньо з інтерфейсом тієї ж самої основної мережі, він застосовує класову маску підмережі для маршруту[3]. Протоколи класової маршрутизації мають декілька недоліків і не є популярними в сучасних мережах:

- Вони не підтримують маски підмереж змінної довжини (VLSM).
- Вони не можуть обробляти розривні мережі.
- Ці протоколи не можуть адекватно оновлювати таблиці маршрутизації і, таким чином, не підходять для використання в мережах з підмережами.

1.4.2 Безкласова маршрутизація

Задані обмеження IPv4 адрес створюють численні причини для цього обмеження. Крім того, комерційні класи адрес не є безоплатними, і кожен, хто має

намір використовувати ці адреси, повинен оплатити їх. Це робить досить складним завдання отримання публічних адрес в усіх розташуваннях, таких як розподіл адрес IPv4.

На сьогоднішній день однією з найбільш важливих характеристик будь-якого протоколу маршрутизації є його здатність підтримувати маскування підмереж змінної довжини. У рисунку 1.3 представлена безкласова мережа, де використовується маскування підмереж змінної довжини в кожному розташуванні.

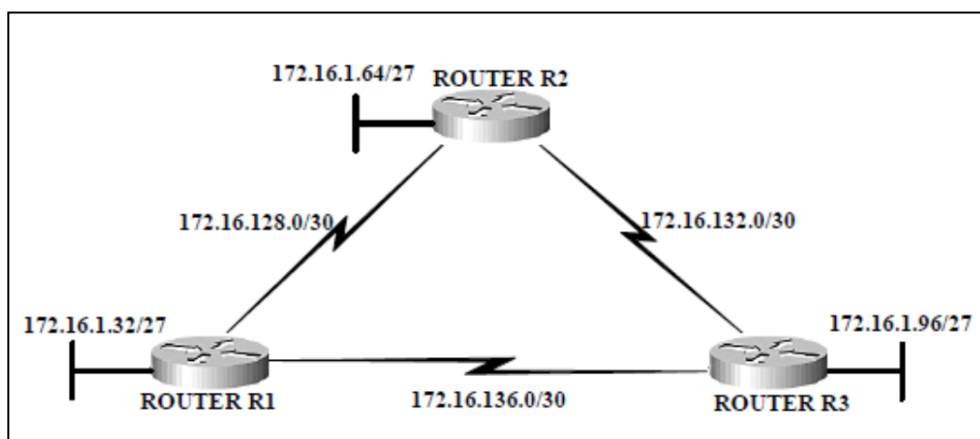


Рисунок 1.3 - Мережа, налаштована з використанням протоколів безкласової маршрутизації

1.5 Маршрутизація, яка враховує стан каналів, базується на інформації про стан кожного з каналів мережі для вибору оптимальних маршрутів

Потреба у вирішенні проблем, пов'язаних із протоколом дистанційної векторної маршрутизації, стимулювала розробку протоколу маршрутизації, який базується на стані каналів. Протоколи маршрутизації на основі стану каналів мають такі особливості:

- Швидка реакція на зміни у мережі, натомість періодичних оновлень.
- Використання активованих оновлень у разі, коли протокол маршрутизації враховує стан каналів.
- Швидка реакція на будь-які зміни в мережі.
- Відновлення мережевого маршруту не працює автоматично.

Протокол маршрутизації на основі стану каналів надсилає оновлення лише при виникненні змін у мережі, що дозволяє ефективно використовувати пропускну здатність. Коли стан будь-якого каналу змінюється, відправляється повідомлення про стан каналу.

Інформація обмінюється між усіма вузлами за допомогою повідомлень про стан каналу. Кожне таке повідомлення містить інформацію про сусідні пристрої. Зміни в каналі сповіщаються через повідомлення про стан каналу, що розсилається лавинним методом. Усі вузли можуть мати спільну базу даних для всіх маршрутів, відому як таблиця топології. Ці бази даних надають послідовну інформацію про вартість каналу в мережі, що дозволяє сформувати таблицю маршрутизації [3].

Ця таблиця маршрутизації включає інформацію про вартість каналу, їхні шляхи та стосовно всіх сусідніх вузлів. Для визначення шляхів та вартості кожного каналу використовується алгоритм Дейкстри. Вартість каналу встановлюється оператором мережі та виражається як вага або довжина цього конкретного каналу. Балансування навантаження досягається після призначення вартості каналу, що дозволяє уникнути перевантаження ресурсів мережі. Оператори мережі можуть змінювати маршрутизацію, змінивши вартість каналу. Зазвичай витрати на канал залишаються стандартними значеннями, і рекомендується змінити зворотний канал, а потім розподілити вагу на каналі. Хоча протоколи на основі стану каналу є більш гнучкими, вони складніші порівняно з протоколами DV. Алгоритм маршрутизації на основі стану каналу зображено на рисунку 1.4.

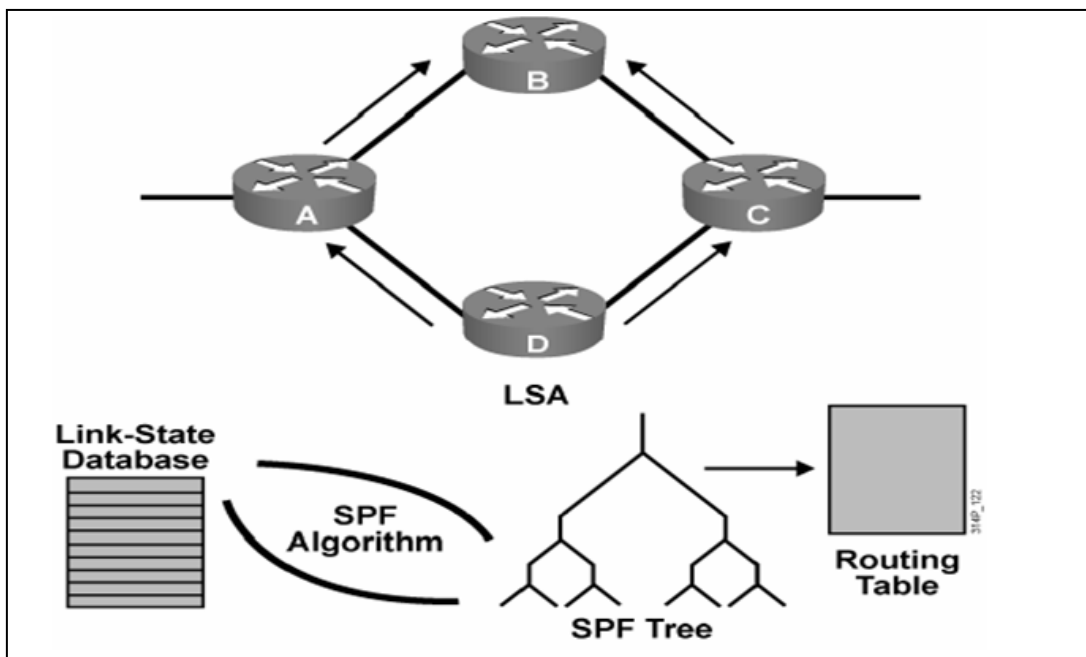


Рисунок 1.4 – Алгоритм маршрутизації, що використовує інформацію про стан каналу

OSPF (Open Shortest Path First) та IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) – це два протоколи маршрутизації на основі стану каналів. Обидва протоколи використовують алгоритм SPF (Shortest Path First), який також відомий як алгоритм Дейкстра. Однак протокол IS-IS використовує тільки SPF.

1.5.1 Особливості протоколу, що базується на стані каналів

Характеристики протоколу, базованого на стані каналів, включають наступне:

- У кожного маршрутизатора однакова база даних.
- Він створює ієрархічну структуру.

- Включає та підтримує кілька шляхів у таблиці топології до кінцевого пункту призначення.
- Забезпечує ефективну та швидку збіжність без утворення петель.
- Має більш точні показники.

1.5.2 Методи маршрутизації, що базуються на стані каналів

Маршрутизація на основі стану каналів включає наступні кроки [4]:

- Кожен маршрутизатор отримує дані про безпосередні мережі та канали, які з ними пов'язані.
- Кожен маршрутизатор зберігає інформацію, отриману від сусідніх маршрутизаторів, про стан каналу.
- Маршрутизатор визначає шлях мінімальної вартості для всієї мережевої топології.
- Кожен маршрутизатор повинен мати з'єднання зі своїм безпосереднім сусіднім маршрутизатором у мережі, що часто забезпечується через взаємний обмін пакетами ARP.
- Кожен маршрутизатор надсилає інформацію про стан каналу.

1.5.3 Переваги та недоліки маршрутизації на основі стану каналів

У протоколах маршрутизації на основі стану каналів, маршрутизатори незалежно обчислюють маршрути та функціонують автономно у відношенні до проміжних маршрутизаторів. Сильні сторони цих протоколів включають наступне:

- Швидка реакція на будь-які зміни в мережі.
- Малий розмір пакетів.

Однак основні недоліки протоколів маршрутизації на основі стану каналів включають:

- Інтенсивне використання пам'яті.
- Складність налаштування та розуміння.
- Використання складних алгоритмів.
- Потреба у більшій обчислювальній потужності процесора.
- Зазвичай вразливі до несприятливих змін у стані каналів.

1.6 Дистанційно-векторна маршрутизація

Один з основних прикладів протоколів дистанційно-векторної маршрутизації - це протокол маршрутної інформації (RIP). У цьому типі маршрутизації використовуються два ключові параметри для визначення оптимального маршруту: відстань та вектор. Відстань вказує, наскільки далеко знаходиться маршрут, а вектор вказує напрямок. Як правило, RIP версії 1 і RIP версії 2

застосовують алгоритм Беллмана-Форда. Адміністративна відстань RIP становить 120, що визначає ступінь надійності цього протоколу маршрутизації[5].

Чим менша адміністративна відстань, тим вища надійність протоколів маршрутизації. Метрикою для цих протоколів є "кількість переходів". Вона визначається як критерій для прийняття рішень в протоколах маршрутизації. RIP, який часто використовується в невеликих мережах, має межу стрибків, що становить 15.

Маршрутизатори, що використовують метод вектору відстані, мають доступ лише до інформації, що передається сусіднім маршрутизаторам. Протоколи на основі вектору відстані використовують періодичні оновлення замість активних оновлень.

Протокол дистанційно-векторної маршрутизації має декілька проблем. Одна з таких проблем, яка пов'язана з протоколом на основі вектору відстані, полягає в тому, що маршрутизатор не має повної інформації про топологію мережі.

На рисунку 1.5 показано, як протоколи дистанційно-векторної маршрутизації вивчають маршрути, що допомагає краще зрозуміти проблеми, пов'язані з протоколами на основі вектору відстані, такі як "розщеплений горизонт", "псування маршруту" і т.д.

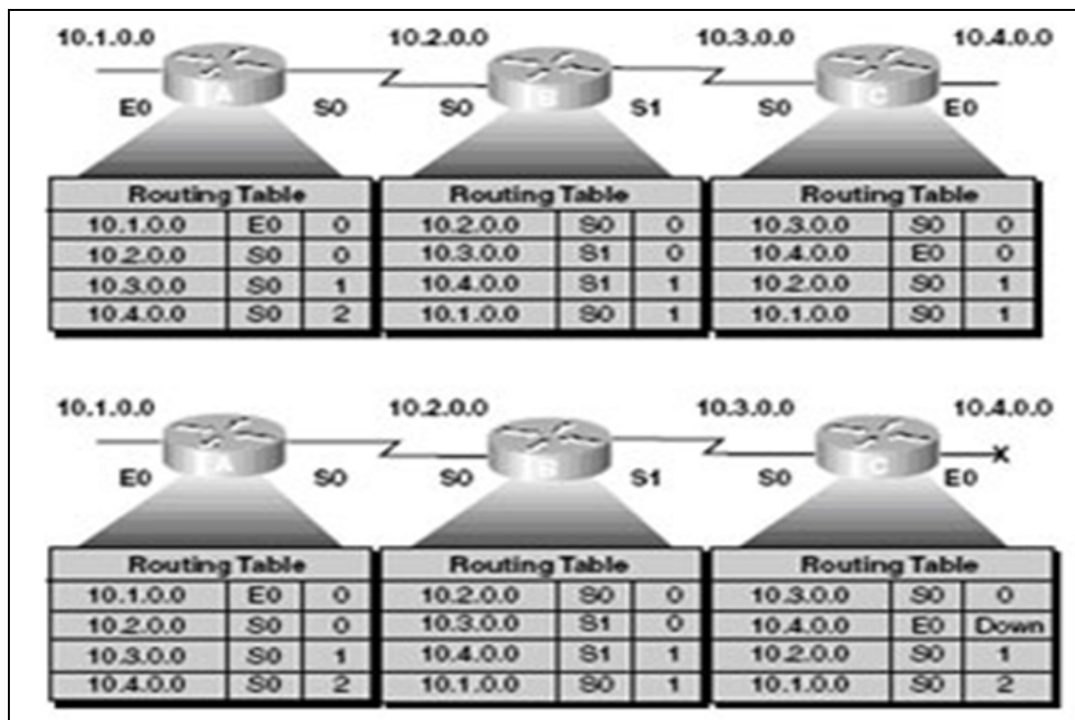


Рисунок 1.5 Маршрутизація основана за рахунок вектору відстані

1.6.1 Особливості дистанційно-векторної маршрутизації

Характеристики протоколу дистанційно-векторної маршрутизації включають наступне [6]:

- Протокол формує власну таблицю маршрутизації, в якій вказані всі сусідні маршрутизатори, що безпосередньо з'єднані з даною таблицею, протягом певного постійного періоду.
- Нову інформацію треба негайно додавати до кожної таблиці маршрутизації, коли маршрути стають недоступними.

- Протоколи дистанційно-векторної маршрутизації є простими та ефективними в невеликих мережах і, таким чином, потребують мінімального управління.
- Маршрутизація на основі вектору відстані переважно заснована на векторі кількості переходів.
- Алгоритм "Вектор відстані" є ітеративним.

1.6.2 Переваги та недоліки дистанційно-векторної маршрутизації

Переваги протоколів дистанційно-векторної маршрутизації включають наступне:

- Вони не вимагають складних алгоритмів та ефективно працюють для невеликих мереж;
- Легко реалізуються;
- Вони потребують менше пам'яті та обчислювальних ресурсів, ніж протоколи маршрутизації на основі стану каналів.

Протокол дистанційно-векторної маршрутизації має низку проблем, таких як псування маршрутів, розділений горизонт, рахування до нескінченності та петлі маршрутизації. Використання алгоритмів Беллмана-Форда, характерних для дистанційно-векторної маршрутизації, не є оптимальним.

Деякі з найпоширеніших проблем дистанційно-векторної маршрутизації включають таке:

- Можливість утворення петель маршрутизації;
- Використання періодичних оновлень, які потребують часу для збігу;

- Обмеженість кількості переходів у протоколах дистанційно-векторної маршрутизації;
- Не використовуються розширені метрики, які доступні у протоколах на основі стану зв'язку.

2 АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ АВТОМАТИЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

У даному розділі висвітлені основні аспекти порівняння протоколів та фактори, які впливають на їх вибір у корпоративній мережі. Також наведено короткий огляд протоколів та деякі загальні рекомендації стосовно їх використання.

2.1 Вимоги до протоколу маршрутизації у корпоративних комп'ютерних мережах

Як відомо, протоколи динамічної маршрутизації у IP-мережах забезпечують автоматичне формування оптимальних таблиць маршрутів між різними вузлами мережі та їх динамічне оновлення відповідно до змін у топології мережі. Вибір конкретного протоколу маршрутизації значною мірою залежить від наступних чинників[7]:

- **Структура та складність мережі.** Важливо передбачати наявність резервних зв'язків у мережі для забезпечення її надійного функціонування у випадку відмов обладнання або магістральних ліній. Наприклад, у деревоподібних мережах з "кореневим маршрутизатором" можливості динамічної маршрутизації можуть бути обмеженими;

- **Розмір мережі та потреба у масштабуванні.** Деякі протоколи можуть бути обмежені у своїх можливостях щодо масштабування великих мереж;

- **Навантаження мережі.** Для мереж з високим обсягом трафіку важлива здатність протоколу перерозподіляти дані для оптимізації використання доступних ресурсів;
- **Надійність мережі.** Терміни простою та нестабільності в мережі внаслідок відмов вузлів можуть мати серйозні фінансові та виробничі наслідки;
- **Захист інформації в мережі.** Вимоги до безпеки мережі визначаються ступенем ризику витоку конфіденційної інформації;
- **Підключення маршрутизованого сегмента до існуючої мережі.** Важливо враховувати сумісність протоколів маршрутизації для успішного інтегрування нових сегментів;
- **Можливість використання програмних маршрутизаторів.** У деяких випадках, використання програмного забезпечення на загальнопризначених комп'ютерах може бути ефективнішим за апаратне рішення, але це може залежати від складності протоколу та ресурсів комп'ютера;
- **Особисті переваги та кваліфікація обслуговуючого персоналу.** Складність налаштування та адміністрування мережі залежить від обраного протоколу та досвіду адміністратора.

2.2 Основні критерії, пор яким порівнюють протоколи маршрутизації

В конкретній мережі потрібно провести порівняльний аналіз провідних протоколів динамічної маршрутизації. Протоколи маршрутизації поділяються на дві основні категорії: протоколи внутрішніх шлюзів (Interior Gateway Protocols - IGP) та протоколи зовнішніх шлюзів (Exterior Gateway Protocols - EGP). Протоколи

класу IGP призначені для обміну інформацією про мережі та підмережі всередині однієї автономної системи (АС) або між маршрутизаторами, які знаходяться під одним адміністративним контролем та використовують один й той же протокол маршрутизації. Такими мережами можуть бути мережі провайдерів Інтернету, великих розробних чи научних організацій, або корпоративних конгломератів. Протоколи EGP, з іншого боку, служать для обміну інформацією про маршрутизацію між сусідніми маршрутизаторами різних автономних систем. На сьогоднішній день, домінуючим EGP-протоколом є протокол граничної маршрутизації версії 4 (BGP-4). Цей протокол використовується для обміну інформацією про маршрути між автономними системами мережі Інтернету.

Протоколи IGP поділяються за методом розподілу маршрутної інформації на дистанційно-векторні та протоколи, що використовують облік стану каналів зв'язку. У дистанційно-векторному методі кожен маршрутизатор періодично надсилає оновлення своєї таблиці маршрутизації сусіднім маршрутизаторам. Ця інформація розповсюджується по всій мережі, дозволяючи кожному маршрутизатору розраховувати відстань до всіх мереж і підмереж у корпоративній мережі. Популярними протоколами цього типу є RIP (Routing Information Protocol) і IGRP (Interior Gateway Routing Protocol). У протоколах, що використовують облік стану каналів зв'язку, кожен маршрутизатор надсилає інформацію про свої прямі підключення до мереж і маршрутизаторів іншим маршрутизаторам. Отримавши інформацію про всі локальні з'єднання в мережі, кожен маршрутизатор може побудувати свій топологічний граф і застосувати алгоритм вибору найкоротшого шляху (SPF), щоб заповнити свою таблицю маршрутизації.

Серед популярних протоколів даного типу є OSPF (Open Shortest Path First) і IS-IS (Intermediate System to Intermediate System). Ще існують гібридні протоколи, котрі комбінують переваги декількох методів розподілу маршрутної інформації. Гібридним протоколом в даному випадку можна представити протокол EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)[8].

Протоколи, які використовують метод вектору відстані, потребують менше обчислювальних ресурсів маршрутизатора порівняно з протоколами, що використовують SPF та їх складні алгоритми. У той же час, протоколи з збереженням стану використовують меншу пропускну здатність мережі (окрім начального процесу вивчення топології мережі), так як вони передають тільки інформацію про зміни, а не всю таблицю маршрутизації. Це є особливо важливо для великих комп'ютерних мереж.

Додаткові параметри з оцінки і порівняння протоколів динамічної маршрутизації складаються з:

- **Швидкість збирання.** Ця характеристика визначає період часу, протягом якого протокол виявляє недоступний маршрут, вибирає новий маршрут та поширює цю інформацію по мережі. Швидкість реагування на зміни в топології мережі особливо важлива для критично важливих додатків, які вимагають надійності мережі. Протоколи, що використовують метод вектору відстані, зазвичай потребують більше часу для збору інформації про новий маршрут, оскільки інформація передається між маршрутизаторами безпосередньо через проміжних вузлів під час періодичних оновлень;

- **Можливість урахування різних аспектів маршруту в метриці (критеріях) для вибору найбільш оптимального маршруту.** Показники можуть бути розраховані на основі різних характеристик маршруту, таких як кількість переходів, пропускну здатність каналів зв'язку, затримка пакетів, надійність каналів, завантаженість маршрутизаторів та каналів, а також ціна, яку встановлює адміністратор на основі різних факторів, включаючи фінансові. Використання метрик, що базуються на кількох показниках, забезпечує гнучкість у виборі маршруту. Можливість протоколу підтримувати кілька метрик одночасно дозволяє задовольнити вимоги різноманітних програм з різними вимогами щодо якості обслуговування (QoS);

– **Можливість розподілу навантаження між різними маршрутами.** Збереження в таблицях маршрутизації декількох шляхів до однієї мережі (з однаковими або різними параметрами) дозволяє маршрутизатору рівномірно розподіляти навантаження на лініях зв'язку, відправляючи пакети через кожен з маршрутів по черзі. Важливо відзначити, що розподіл навантаження може викликати проблеми у випадку використання програм, які користуються протоколами на рівнях каналу та транспорту, які не нумерують пакети та не змінюють їх порядок, як, наприклад, транспортний протокол із встановленням з'єднання TCP;

– **Можливість комбінування маршрутів на перекриваючихся ділянках.** Ця функція сприяє спрощенню структури великої мережі, зменшенню обсягу записів у таблицях маршрутизаторів і прискоренню пошуку в них. Для використання агрегації маршрутів необхідно, аби протокол маршрутизації підтримував маски підмережі змінної довжини та знав як передавати інформацію про маску мережі разом з інформацією про мережеві маршрути;

– **Можливість масштабування мережі обмежується максимальною кількістю маршрутизаторів, що її складають.** Це обмеження непрямо пов'язане з іншими параметрами протоколу маршрутизації, такими як швидкість зближення, частка пропускної здатності мережі, необхідна для передачі службових повідомлень протоколу, які впливають на його ефективність у великих мережах;

– **Необхідність попередньої логічної організації мережі.** Деякі протоколи маршрутизації для досягнення певного рівня масштабованості (зменшення використання обчислювальних ресурсів маршрутизаторів і пропускної здатності мережі) передбачають створення логічних сегментів в мережі та їх взаємозв'язку. Використання цих протоколів може потребувати докладного проектування мережі, включаючи її топологію та схему адресації;

– **Забезпечення безпеки під час обміну маршрутною інформацією.** Якщо в мережі відбувається обмін інформацією про маршрутизацію між підмережами,

які з'єднані глобальним зв'язком, така інформація може стати вразливою для атак зловмисників, які можуть використовувати її для злочинних дій. В даних ситуаціях підтримка протоколом маршрутизації методів автентифікації джерела та кодування даних про маршрутизацію стає надзвичайно важливою;

– **Наявність програмного забезпечення (ПЗ)**, яке реалізує протокол маршрутизації, може бути важливим аспектом. Отже, протоколи бувають відкритими, що дозволяє їх підтримку різними виробниками апаратних маршрутизаторів та програмним забезпеченням для загально призначених комп'ютерів. Інші протоколи можуть бути закритими та використаними тільки окремими організаціями;

– **Перспективність** полягає у впровадженні протоколу у майбутніх напрямках розвитку, таких як протокол IPv6 або підтримка інженерії трафіку.

2.3 Відомості про найрозповсюдженіші протоколи маршрутизації

В цьому розділі описані короткі відомості про протоколи маршрутизації : RIP, IGRP, EIGRP, OSPF, IS-IS та BGP.

Протокол RIP базується на алгоритмі вектора відстані, та в більшій кількості випадків використовує просту метрику - кількість існуючих маршрутизаторів до призначеної мережі. Трафік протоколу стабілізується швидко, відправляючи передачу пакета по інакшому з'єднанню, якщо виявляється низький мережевий рівень. Для досягнення позитивних результатів, дослідники, такі як Fulkerson (1962) та Bellman (1957), запропонували періодично оновлювати таблицю маршрутизації кожним маршрутизатором. Кожен існуючий маршрутизатор надсилає всю векторну інформацію у таблиці маршрутизації сусіднім

маршрутизаторам. Для оновлення таблиці маршрутизації в кожному маршрутизаторі, коли вектор відстані отримує дані від сусіднього маршрутизатора, протокол знаходить зміни порівняно з попереднім вектором відстані. Такий процес поліпшує маршрутизацію з використанням допомоги таймерів та процесу оновлення маршрутизації, так як топологія оновлює таблицю маршрутизації використовуючи таймери[9].

Переваги статичної маршрутизації з використанням протоколу RIP досить очевидні, однак оновлення не відбуваються автоматично, коли змінюється структура мережі. Головною перевагою даного протоколу виступає його простота налаштування, що не вимагає висококваліфікованого персоналу для обслуговування. Цей протокол відкритий та підтримується практично усіма виробниками мережевого обладнання. Крім того, існують реалізації цього протоколу в програмному забезпеченні (наприклад, пакети Zebro, Gawaga для Unix-подібних операційних системах) та підтримка у більшості операційних систем (таких як, у Windows, Unix-подібних, Cisco IOS).

Основні недоліки даного протоколу включають повільну конвергенцію та великий обсяг службового трафіку, оскільки маршрутизатори періодично надсилають повні копії своїх таблиць для адаптації до змін топології мережі. Це обмежує застосування RIP протоколу. Протокол відмінно підходить для мереж з невеликою кількістю маршрутизаторів (не більше п'ятнадцяти). У версії 2 протоколу RIP додана підтримка масок змінної довжини, багатоадресної розсилки замість широкомовної та заходи безпеки, такі як аутентифікація ключем MD5 та clear. На рисунку 2.1 наведено приклад корпоративної комп'ютерної мережі, побудованої на основі протоколу RIP.

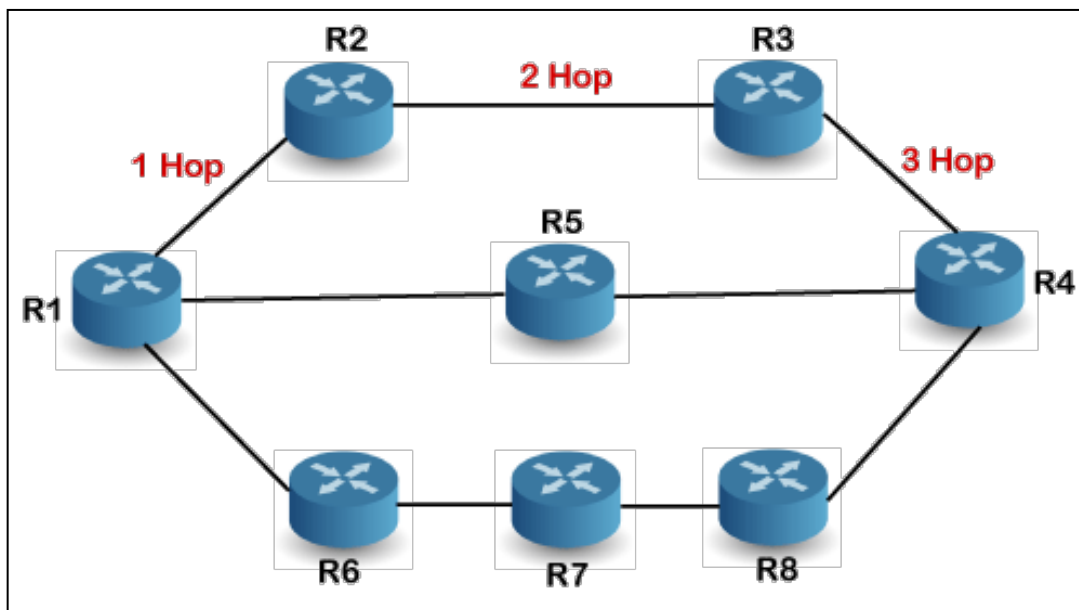


Рисунок 2.1 – Комп’ютерна корпоративна мережа з використанням протоколу RIP

Цей протокол широко використовується у невеликих локальних мережах, які не планують розширюватися, також мають низькі вимоги до надійності мережі та не мають кваліфікованого персоналу мережевих адміністраторів. В оновленій версії Ripping існує підтримка протоколу IPv6.

IGRP – це векторний протокол віддаленої відстані, розроблений компанією Cisco Systems, який був створений з метою усунення недоліків RIP та поліпшення підтримки великих мереж, що можуть містити до 255 маршрутизаторів і різні типи зв'язку з різною пропускнуою здатністю і затримкою. Цей протокол використовує різні показники, такі як затримка, пропускна здатність, надійність і завантаження маршруту, і встановлює вагові коефіцієнти для кожного з них, щоб користувач міг налаштувати їх з урахуванням конкретних вимог. Індикатори затримки та пропускнуої здатності налаштовуються заздалегідь для кожного з'єднання, тоді як показники надійності та навантаження можна розрахувати в реальному часі під час обробки мережевого трафіку. Для підтримки різних вимог до якості обслуговування різних додатків можуть бути створені різні таблиці маршрутизації з різними ваговими значеннями метрик[10].

За базовою структурою, IGRP використовує набір метрик, що включають секторну затримку та мінімальну пропускну здатність сегмента. Наприклад, максимальна кількість переходів становить 255 (а по заводським налаштуванням 100), і маршрути оновлюються кожні 1 хвилину та 30 секунд. Для мереж, що використовують IGRP, зарезервовано Протокол № 9.

Так як IGRP не має в собі поле маски підмережі, протокол вважає, що всі адреси підмережі в мережах класу А, В та С мають однакову маску підмережі. Однак це ніяк не стосується протоколів маршрутизації безкласового типу, які можуть використовувати маски підмережі різної довжини.

Протокол IGRP забезпечує швидку конвергенцію, в на відміну з RIP, завдяки використанню миттєвого розподілу пакетів оновлення: інформація про зміни в мережі передається відразу, на скільки швидко вона стає доступною, без очікування часу на наступне оновлення. Цей протокол дозволяє балансувати навантаження між різними маршрутами, навіть коли їхні значення відрізняються, та знаходяться у межах певного діапазону оптимальних значень. При цьому обсяг даних, який надсилається про кожний маршрут, пропорційний його метриці. На прикладі корпоративної мережі з використанням протоколу IGRP це можна побачити на рисунку 2.2.

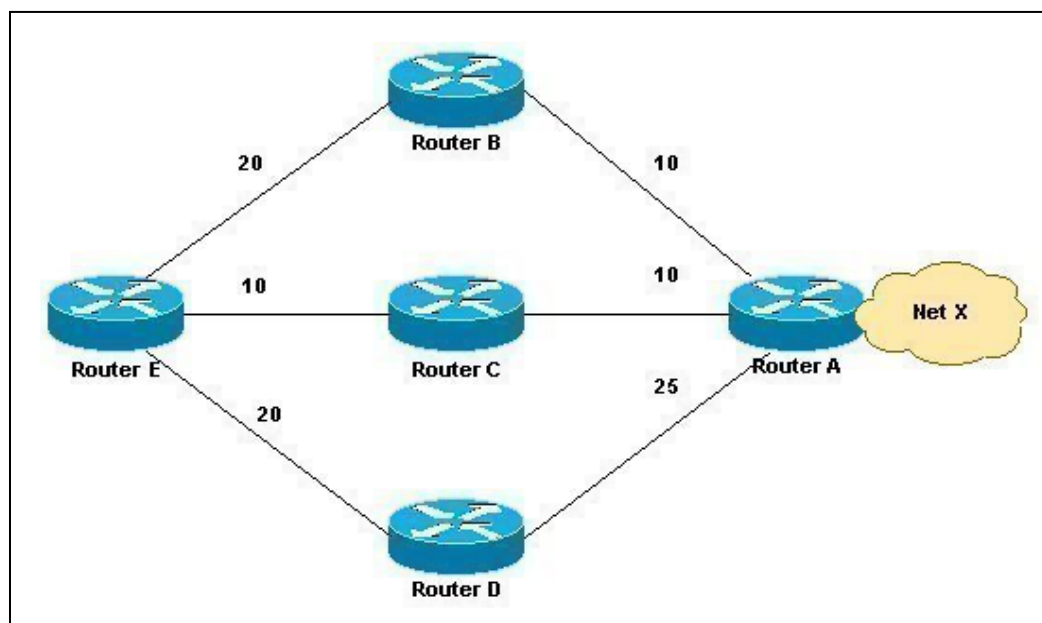


Рисунок 2.2 – Комп'ютерна корпоративна мережа з використанням протоколу IGRP

До недоліків протоколу відносимо відсутність підтримки масок підмереж змінної довжини і існування з'єднання маршрутів. Регулярні трансляції інформації про маршрутизацію на сусідні маршрутизатори відбуваються широкомовно. Безпека в таких мережах обмежена, оскільки відсутні засоби автентифікації під час обміну інформацією про маршрут. Хоча непрямим засобом захисту існує можливість приймати повідомлення про оновлення маршруту лише від маршрутизаторів, яких маршрутизатор визначає як "поряд стоячі", а також можливість вносити зміни у конфігурацію маршрутизатора тільки на основі пароля, який зберігається у зашифрованому вигляді. Даний протокол сумісний з RIP.

EIGRP, розроблений компанією Cisco Systems, є покращеною версією ініціативного протоколу IGRP. Цей гібридний протокол, що базується на алгоритмі дифузійного оновлення (DUAL), об'єднує переваги дистанційно-векторних протоколів (простоте рішення алгоритму досягнення найкращого маршруту) та протоколів стану каналів зв'язку (швидка конвергенція й економія пропускної здатності мережі за рахунок повідомлень про стан їх з'єднання й їх зміну). Всі трансляції протоколу можуть бути багатоадресними або одноадресними, що

дозволяє надсилати інформацію тільки для змін й в особливості таким маршрутизаторам, котрі їх стосуються. Для збільшення масштабованості протоколу підтягнута підтримка масок підмережі змінної довжини та можливість комбінування маршрутів. Маршрути розділяються на внутрішні й зовнішні, котрі можуть бути отримані з інших протоколів маршрутизації чи записані у таблицю статично[11].

Протокол IGRP, розроблений у 1992 році, використовує розширений вектор відстані й є частиною набору інструментів компанії Cisco для маршрутизаторів Cisco. Цей протокол й його покращена версія EIGRP можуть автоматично виявляти маршрутизатори, котрі під'єднані безпосередньо до мережі. Відмінність полягає в тому, що Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) не потребує періодичних оновлень для забезпечення конвергенції в топології, але використовує схему оголошення змін в топології. Дані протоколу присутні, подібно до тих, які використовуються у векторних протоколах відстані. Інформація про топологію обробляється з метою визначення найоптимальніших маршрутів для кожної мережі призначення. Вдосконалений протокол маршрутизації внутрішніх шлюзів (EIGRP) реалізує алгоритм під назвою Deployment Update Algorithm (DUAL). На рисунку 2.3 представлено приклад корпоративної комп'ютерної мережі, побудованої на базі протоколу EIGRP.

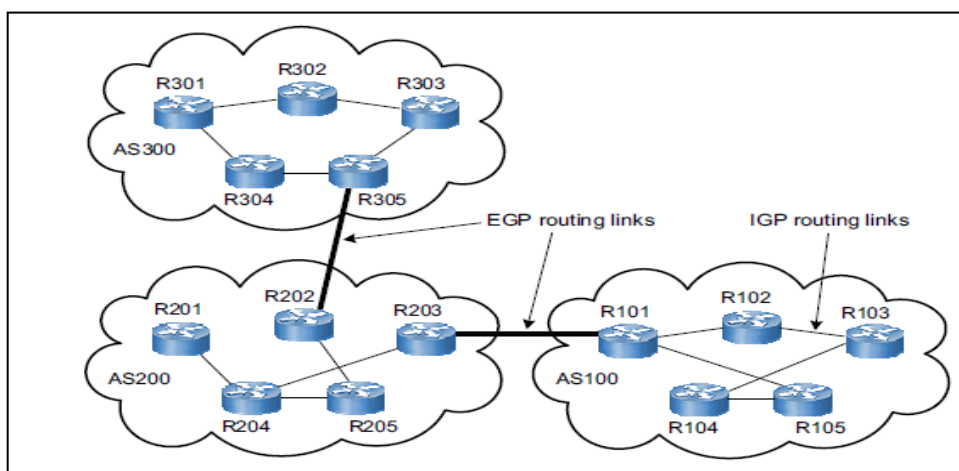


Рисунок 2.3 – Комп'ютерна корпоративна мережа з використанням протоколу EIGRP

Останні версії протоколу EIGRP включають заходи безпеки, які перешкоджають зловмисникам у додаванні недозволених записів до таблиць маршрутизації, використовуючи автентифікацію за ключем MD5. Більше того, в даний час працюється над реалізацією підтримки IPv6 для EIGRP, що свідчить про намір продовжувати розвиток цього протоколу. Основним недоліком EIGRP, так само як і його попередника, є те, що він є закритим та реалізується лише на обладнанні компанії Cisco Systems. Проте варто зазначити, що цей протокол добре сумісний з IGRP та RIP.

OSPF, або Open Shortest Path First Protocol, на даний момент вважається найбільш універсальним та гнучким протоколом динамічної маршрутизації у корпоративних мережах. Спочатку даний протокол був розроблений для використання у великих комп'ютерних мережах з використанням складної топології, дозволяючи працювати з до 76 242 маршрутизаторами. Протокол ґрунтується на алгоритмі стану каналів зв'язку, що в свою чергу забезпечує високу стійкість до змін в топології мережі й швидку конвергенцію. При виборі маршруту OSPF враховує показник пропускної здатності, спрямовуючи передачу даних по найшвидших каналах зв'язку у складній мережі.

SPF – це робоча група Інтернету (IETF), утворена комісією з внутрішнього маршрутизування (IGP) [12]. Вона була створена в 1988 році з метою розробки IGP на основі алгоритму найкоротшого шляху, який був вперше використаний.

Кожен маршрутизатор підключений до сусіднього маршрутизатора, і вибіркове розповсюдження передає пакети до призначеного маршрутизатора, оновлюючи їхню таблицю маршрутизації. Ця оновлення відбувається за допомогою внутрішнього механізму синхронізації, який активується кожні 30 хвилин.

Протокол може враховувати різні вимоги якості обслуговування IP-пакетів (QoS), такі як пропускна здатність, затримка і надійність, створюючи окрему таблицю маршрутизації для кожної з цих характеристик.

Цей протокол також має інші переваги, які є корисними у великих сучасних мережах. Серед них можна виділити можливість розподілу навантаження між каналами з однаковими метриками та підтримку різних методів аутентифікації, які включають незашифрований пароль і зашифрований за алгоритмом MD5 (за допомогою додавання ключа та тіла пакету до дайджест-пакету). Нумерація пакетів унікальна, що унеможливорює повторні атаки. Відкритий характер протоколу робить його сумісним з практично всіма виробниками мережевого обладнання, забезпечує впровадження в програмне забезпечення для різних операційних систем (наприклад, для Unix-подібних ОС - пакети Zebra, Kawaga тощо), а також пряму інтеграцію з різними операційними системами (наприклад, Windows Server, Open BSD, Cisco IOS, Solaris і так далі).

Недоліками цього протоколу є висока обчислювальна складність, яка створює великі вимоги до ресурсів маршрутизатора, особливо при збільшенні розміру мережі. Для забезпечення більшої масштабованості протоколу використовується поділ мережі на такі логічні області, котрі пізніше з'єднуються магістральною областю. Щоб зменшити розмірність таблиць маршрутизації та знизити службовий трафік під час оновлення топологічної інформації, потрібне об'єднання декількох мережевих адрес у одну, якщо вони мають спільний префікс, а також заміна широкомовних трансляцій на багатоадресні [13].

На рис. 2.4 показано приклад корпоративної комп'ютерної мережі з використанням протоколу OSPF.

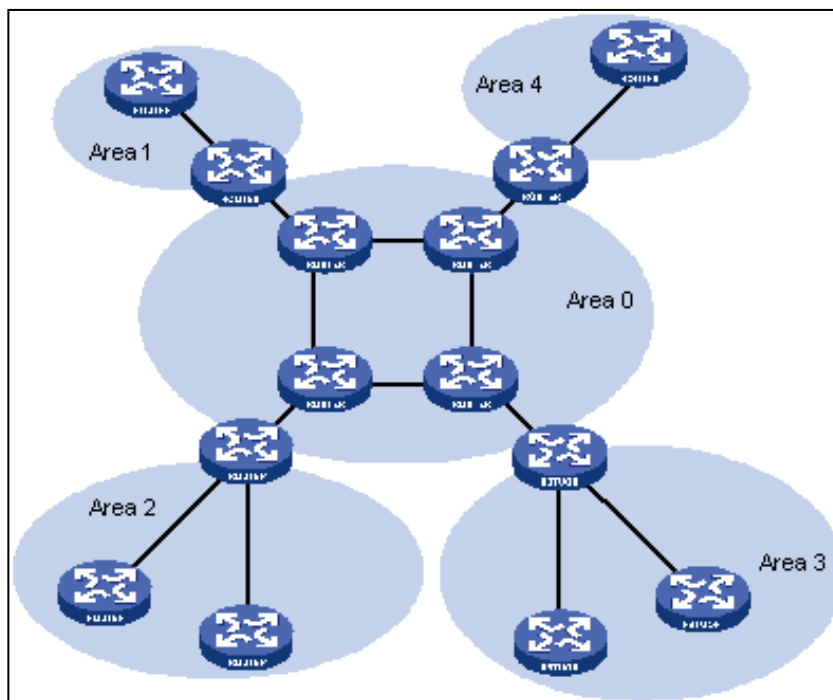


Рисунок 2.4 – Комп'ютерна корпоративна мережа з використанням протоколу OSPF

Для збереження IP-адрес у з'єднаннях "точка-точка" між маршрутизаторами не потрібно призначати адреси точкам призначення. Однак, за такі переваги доводиться платити складною конфігурацією та обов'язково у ретельному плануванні мережі для її нормальної роботи. Це означає розбивку на зони, вибір магістралі, розподіл функцій між всіма маршрутизаторами з урахуванням обчислювальної потужності, таких як загальні, виділені в зону, граничні тощо.

Основними перевагами OSPF є його здатність підтримувати протокол IPv6 та можливість вибору маршруту, зосередженого на поточному коефіцієнті завантаження каналів зв'язку. Розширена версія OSPF, яка відома як Constrained Shortest Path First (SSPF), покращує такі можливості. Також важливо відзначити, що цей протокол взаємодіє з RIP.

IS-IS, який базується на алгоритмі стану каналу, є протоколом, що передував OSPF. Прототип OSPF, IS-IS в наші дні не часто використовується в корпоративних комп'ютерних мережах, оскільки OSPF, який можна назвати його удосконаленою

версією, має явні переваги. На рисунку 2.5 представлено приклад корпоративної комп'ютерної мережі, де використовується протокол IS-IS.

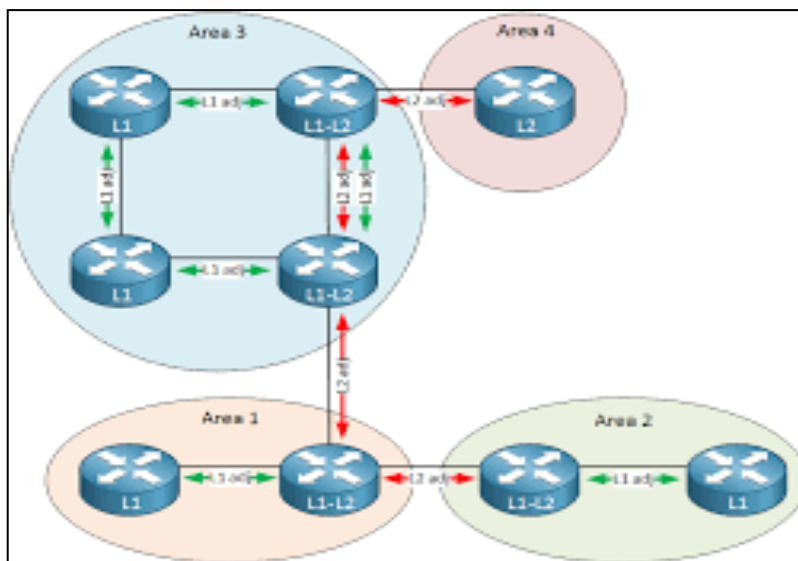


Рисунок 2.4 – Комп'ютерна корпоративна мережа з використанням протоколу IS-IS

Серед недоліків цього протоколу варто відзначити його недостатню підтримку масок підмереж змінної довжини, об'єднання маршрутів та широкомовний характер розсилок інформації сусіднім маршрутизаторам.

Усе це негативно впливає на швидкість конвергенції та використання ресурсів маршрутизаторів й пропускну здатність ліній зв'язку.

BGP-4 розроблений для управління маршрутизацією між автономними системами у глобальній мережі Інтернет, де максимальна кількість маршрутизаторів між AS становить 65534. Сьогодні в Інтернеті використовується версія 4 протоколу BGP-4. Навіть якщо цей протокол призначений для зовнішньої маршрутизації, часом його також використовують для внутрішньої маршрутизації[14].

BGP, хоч і орієнтований на вектор відстані, працює по-іншому порівняно з RIP і IGRP. Тут не потрібно періодично оновлювати всю таблицю маршрутизації. Повні таблиці обмінюються між маршрутизаторами тільки під час їх початкового підключення. Пізніше надсилаються тільки повідомлення з оновлення таблиці, та

лише маршрутизаторам, які точно вказані як сусіди. Одне оновлення BGP-4 може включати в себе анонс нового маршруту або відміну кількох застарілих маршрутів. Все це допомагає зменшити трафік мережі.

Метрика BGP представляє собою довільну кількість одиниць, що визначає перевагу конкретного маршруту та встановлюється адміністратором мережі. Ця метрика, як правило, базується на угодах і фінансових перевагах, можливо, з урахуванням інших факторів (зазвичай використовується мінімальна кількість проміжних AS за замовчуванням). Різні маршрутизатори можуть застосовувати різні стратегії маршрутизації. Хоча BGP зберігає таблицю маршрутизації для всіх можливих шляхів до певної мережі, він анонсує лише оптимальні маршрути у своїх повідомленнях про маршрутизацію. Наявність альтернативних маршрутів в таблиці допомагає маршрутизатору швидше реагувати на інформацію про недоступність основного шляху й навіть забезпечує можливість балансування навантаження. Оскільки BGP орієнтований на обмін даними між різними AS, де рішення щодо вибору маршрутів часто залежить від політичних, але не технічних чинників, процес балансування навантаження передбачає розумний розподіл маршрутів між альтернативними каналами шляхом налаштування відповідних параметрів протоколу.

Повідомлення про коригування BGP-4 містять послідовність автономних систем, яка вказує шлях до визначеної мережі, її IP-адреси та довжину маски префіксу (підтримується лише безкласова адресація SDR).

Цей протокол дозволяє об'єднувати маршрути. Використання списку автономних систем сприяє покращенню конвергенції, хоча його швидкість не надто висока[15].

Для забезпечення захищеності можна використовувати різноманітні методи перевірки автентичності маршрутизатора. Цей протокол має можливість співробітництва з RIP і OSPF. На рисунку 2.6 представлено приклад корпоративної мережі, де використовується протокол BGP.

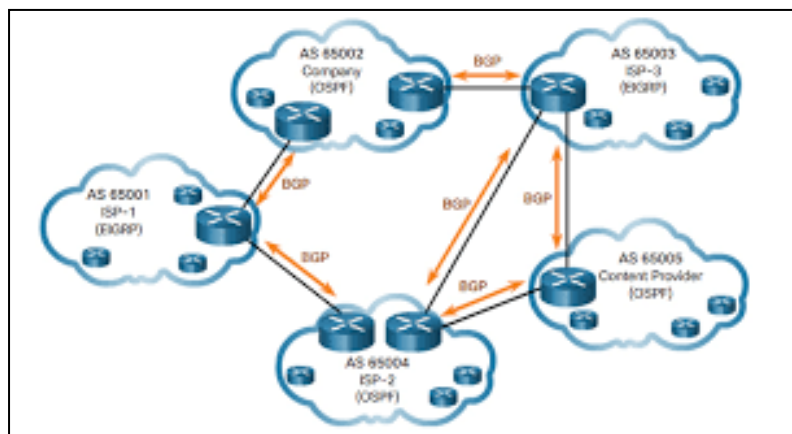


Рисунок 2.5 – Комп'ютерна корпоративна мережа з використанням протоколу BGP

3 ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ

3.1 Аналіз протоколів маршрутизації

Основне призначення маршрутизаторів полягає в пересиланні пакетів Інтернет-протоколу (IP). Для оперативного врахування змін у мережі протокол маршрутизації використовує різноманітні алгоритми, процеси та повідомлення [16]. Протоколи маршрутизації класифікуються на різні групи залежно від їхніх характеристик. На мережевому рівні існують дві категорії протоколів: протоколи раунду та протоколи маршрутизації. Протокол раунду відповідає за транспортування пакетів через мережу (мережі), тоді як протоколи маршрутизації забезпечують правильне транспортування пакетів від джерела до призначення. На мережевому рівні IP розглядається як протокол маршрутизації, а різні протоколи маршрутизації включають протокол інформації про маршрутизацію (RIP), протокол маршрутизації шлюзу Інтернету (IGRP), спочатку відкритий найкоротший шлях (OSPF) і протокол розширеної маршрутизації шлюзу Інтернету (EIGRP).

Для будь-якої структури мережі основна функція маршрутизатора полягає в тому, щоб отримувати пакети даних, перевіряти їх кінцевий пункт призначення та пересилати їх до наступного вузла через відповідний вихідний інтерфейс. Вибір наступного вузла, через який слід пройти пакет, здійснюється на основі таблиці маршрутизації. Ця таблиця містить інформацію про різні кінцеві пункти, яку отримав маршрутизатор. Якщо жоден запис у таблиці маршрутизації не відповідає адресату отриманого пакета, пакет буде відхилено. Таблиця маршрутизації складається з протоколів маршрутизації, які працюють по-різному залежно від

своїх алгоритмів. Вони поділяються на дві основні категорії: статичні та динамічні. Статичний протокол маршрутизації має фіксовані налаштування, тоді як динамічні протоколи маршрутизації можуть мати різноманітні види [17]

Згідно з представленою діаграмою, протоколи динамічної маршрутизації можна розділити на дві основні категорії: внутрішні та зовнішні. Внутрішні протоколи - це ті, що працюють всередині однієї автономної системи (AS) і відповідають за маршрутизацію пакетів всередині цієї системи. У той час як для маршрутизації пакетів між різними AS потрібно налаштувати зовнішній протокол. Протоколи внутрішньої маршрутизації, в свою чергу, поділяються на два основних класи: вектор відстані та стан зв'язку.

Протоколи вектора відстані включають протоколи інформації про маршрут, такі як RIP версії 1 і версії 2, протокол маршрутизації внутрішнього шлюзу (IGRP) і протокол розширеного внутрішнього шлюзу (EIGRP). Протоколи маршрутизації за станом зв'язку включають спочатку відкритий найкоротший шлях (OSPF) і протокол міжсистемного досягнення системи (IS-IS) [18].

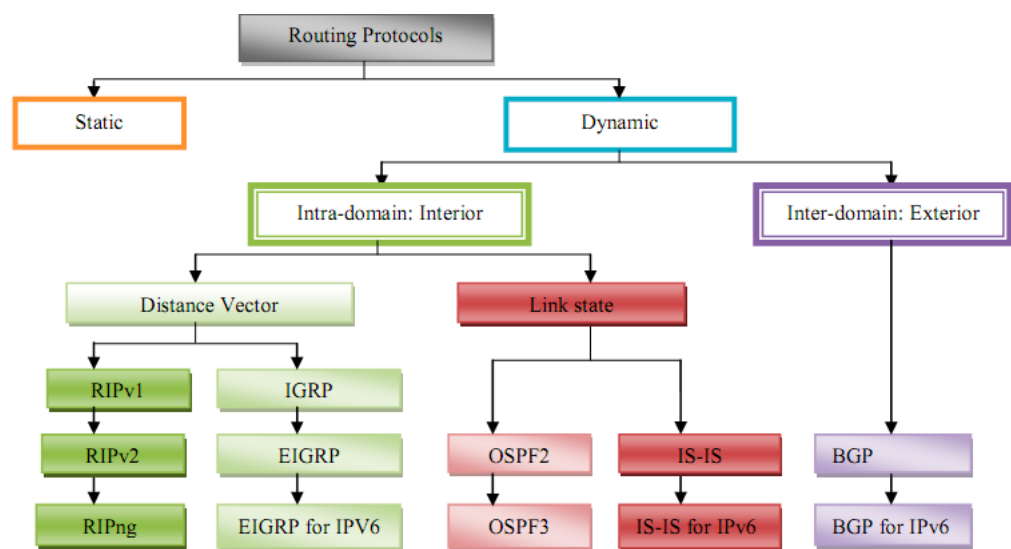


Рисунок 3.1 – Детальна класифікація протоколів маршрутизації

Протокол Border Gateway Protocol (BGP) служить прикладом зовнішнього маршрутизаційного протоколу, у відмінну від статичного маршрутизаційного протоколу; Протоколи динамічної маршрутизації мають версії для IPv4 і IPv6.

Спочатку компанія Cisco Systems розробила протокол віддаленого вектору маршрутизації під назвою "Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)", а в 1992 році випустила його розширену версію під назвою "Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)" [19]. У зв'язку з різними недоліками та тим, що протокол був класовим, IGRP було замінено на EIGRP після випуску IOS 12.3. EIGRP — це протокол віддаленого вектору маршрутизації, проте він має деякі особливості стану зв'язку, що призводить до його класифікації як гібридного маршрутизаційного протоколу.

Пакети використовуються для транспортування до адресата з джерела, що визначається в таблиці маршрутизації. RIP, визнаний як протокол вектора відстані, визначає вартість маршруту на основі кількості переходів. У випадку кількох доступних шляхів, RIP вибирає той, який має найменшу вартість (менше переходів). Оскільки RIP використовує лише кількість переходів як метрику, він не вимагає визначення шляху як найшвидшого. IGRP, розроблений Cisco для мереж середнього та малого розміру, також базується на дистанційно-векторному алгоритмі. Швидкий маршрут в IGRP вибирається на основі параметрів затримки, пропускної здатності, надійності та завантаження (хоча за замовчуванням використовуються пропускна здатність та затримка).

OSPF був розроблений Інтернет-інженерною робочою групою (IETF) у 1988 році та призначений для використання в мережах різного масштабу, від великих до малих (Cisco, 2003). У межах автономної системи (AS), OSPF передає інформацію між маршрутизаторами. Головною метою розробки OSPF було подолання проблем масштабованості, що виникали у протоколу RIP. Для своєї роботи OSPF використовує алгоритм стану зв'язку [20]. EIGRP, створений Cisco, є протоколом маршрутизації, що представляє собою розширену версію IGRP. Він використовує як характеристики стану зв'язку, так і алгоритм вектора відстані. EIGRP забезпечує високу ефективність та швидку конвергенцію. В таблиці 1 наведено порівняння протоколів RIP, IGRP, OSPF та EIGRP.

Таблиця 3.1 – Аналіз протоколів RIP, IGRP, OSPF і EIGRP

SI	особливості	RIP	IGRP	OSPF	EIGRP
1	Алгоритм	Вектор відстані	Вектор відстані	Стан посилення	I вектор відстані, і стан зв'язку
2	Метрика	Підрахунок стрибків	Залежить від затримки, пропускну здатності, зайнятості каналу та надійності шляху	Залежить від затримки пропускну здатності, пропускну здатності та RTT	Пропускна здатність, навантаження, затримка, кількість переходів і надійність
3	Максимальна відсутність стрибків	15-16 стрибків вважається нескінченністю	Максимум 255 (за замовчуванням 100)	Залежить від розміру таблиць маршрутизації	Максимум 255
4	Сегментація підсистеми	Автономна система розглядається як одна підсистема	Немає сегментації AS	Розриває автономну систему в областях	Система не поділена на зони
5	Цілісність	Немає автентифікації в RIP-1. До RIP-2 додано автентифікацію	Немає автентифікації	Підтримує автентифікацію	Підтримує автентифікацію
6	Складність	простий	Більш складний, ніж RIP	Відносно складний	Дуже складний
7	Протокол або порт	UDP520	IP 9	IP 89	IP 88

3.2 Опис середовища для проведення експерименту

У цьому розділі порівнюються різні методи, аргументуючи обрану стратегію. Для оцінки продуктивності протоколів у мережі розглядаються три підходи: математичний або аналітичний аналіз, пряме вимірювання та комп'ютерне моделювання. З урахуванням всіх обмежень та параметрів нашого дослідження математичне та комп'ютерне моделювання виявилися найбільш підходящими. Математичний аналіз має свої переваги, такі як вартість, час і здатність забезпечувати найкращі прогностні результати. Пряме вимірювання може бути вибраним методом, але воно може бути витратним і вимагати значних ресурсів. Вибір прямого вимірювання відзначається високою надійністю результатів, але може призвести до порушень у робочій мережі та складнощів у конфігурації операційної мережі, яка часто є витратною. Серед різних симуляторів, таких як NS-2, NS-3, Qualnet, Telnet, Omnet++, OPNET і т. д., для проведення симуляційної роботи було обрано симулятор OPNET після ретельного вивчення[20]. OPNET Modeler є об'єктно-орієнтованим мережевим симулятором, заснованим на системі дискретних подій (DES), який відомий своєю ефективністю, продуктивністю та надійністю.

3.2.1 Модель мережі та інструменти впровадження

Цей відрізок стосується різноманітних складових, що використовуються для створення мереж та визначення їх цілей. Наведено нижче складові, рекомендовані для мережевих моделей, які працюють у середовищі OPNET[21,22,23,24].

Конфігурація додатка - це вузол, призначений для встановлення додатка в мережі та визначення параметрів, таких як інформація рівня Асе та специфікації самого додатка, наприклад, перегляд веб-сторінок (HTTP), або кодування голосу.

Профільна конфігурація - це вузол, призначений для уявлення програм та їх обслуговування. Створені на цьому вузлі профілі користувачів використовуються на різних вузлах у мережі для генерації трафіку на рівні застосунків.

Крім того, конфігурація профілю також використовується для позначення моделей трафіку, якими користуються програми. Наприклад, CS_7000_6s_a_e6_fe2_fr4_slr4_tr4: ця модель відображає конкретну конфігурацію моделі шлюзу маршрутизатора на основі IP. Її технічні характеристики включають:

- **Ethernet_wkstn** - це модель вузла, яка імітує робочу станцію, що використовує програми клієнт-сервер та працює через протоколи TCP/IP та UDP/IP. Робоча станція може створювати базове з'єднання Ethernet зі швидкістю 10 Мбіт/с, 100 Мбіт/с та 1000 Мбіт/с.

- **PPP_DS3** - це канали повного дуплексу, які з'єднують два вузли IP. IOOBaseT - це канали повного дуплексу IOOBaseT, які використовуються для підключення мережі Ethernet. Ці з'єднання можуть об'єднувати будь-яку послідовність вузлів, таких як станція, концентратор, міст, комутатор і вузли локальної мережі.

- **Відновлення після відмови:** цей контролер вузла призначений для симуляції сценаріїв відновлення після відмови. У моделі представлені атрибути, які відображають час і статус об'єктів.

Для проведення аналізу симуляції було використано OPNET Modeler 14.5. У цьому розділі розглядається архітектура мережі та реалізація чотирьох протоколів у цій моделі. Далі представлено чотири сценарії мережі, які будуть детально розглянуті в наступних розділах. Сценарій 1 був створений як базовий сценарій для протоколу OSPF. Сценарій 2 був розроблений як базовий сценарій для протоколу

RIP. Аналогічно, сценарії 3 і 4 були побудовані для протоколів IGRP і EIGRP відповідно.

У моделі мережі використовується п'ять маршрутизаторів Cisco 7200 та два ПК (робочі станції). Це буде базова конфігурація програми, конфігурація профілю та компоненти відновлення після відмови. Для аналізу результатів інших сценаріїв (1, 2, 3 і 4) також використовуватимемо модель базової мережі, що складається з п'яти маршрутизаторів Cisco 7200, з'єднаних через канали rrr_ds3, і двох робочих станцій Ethernet. Два ПК у даній мережі призначені для проведення відеоконференцій.

На наступних рисунках 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 наведено чотири варіанти конфігурації мережі для аналізу різних протоколів, таких як RIP, IGRP, OSPF і EIGRP.

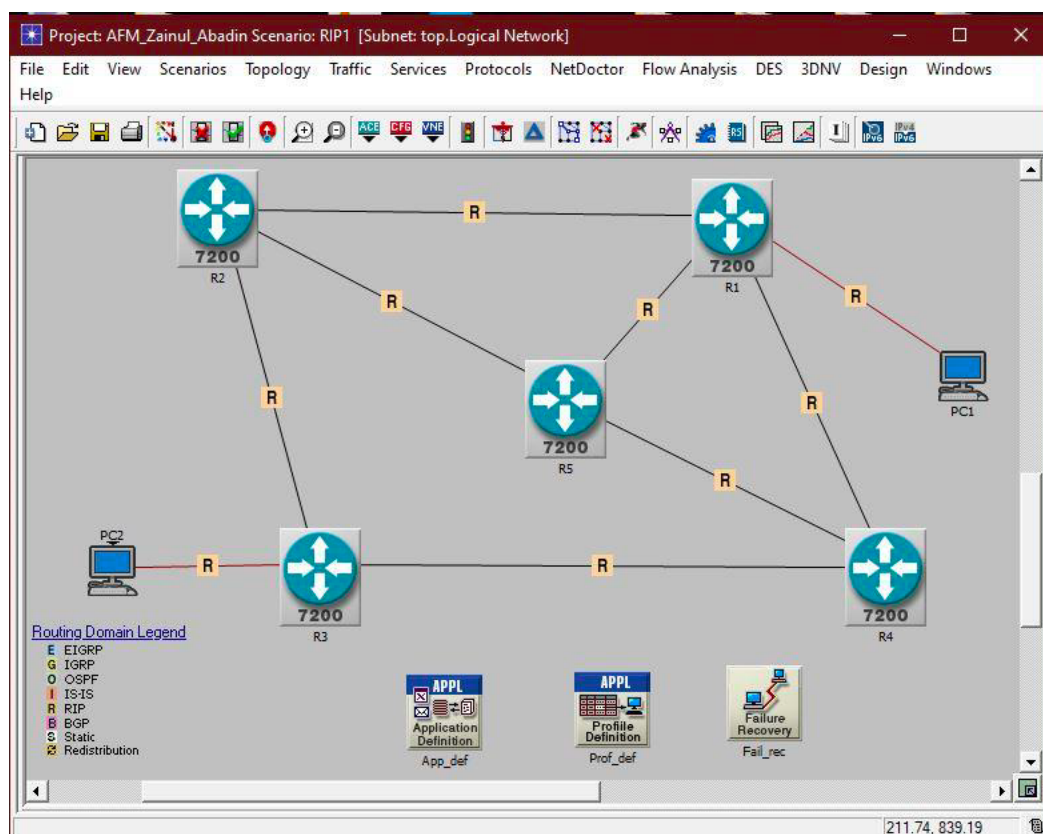


Рисунок 3.2 – конфігурація мережі з використанням протоколу RIP

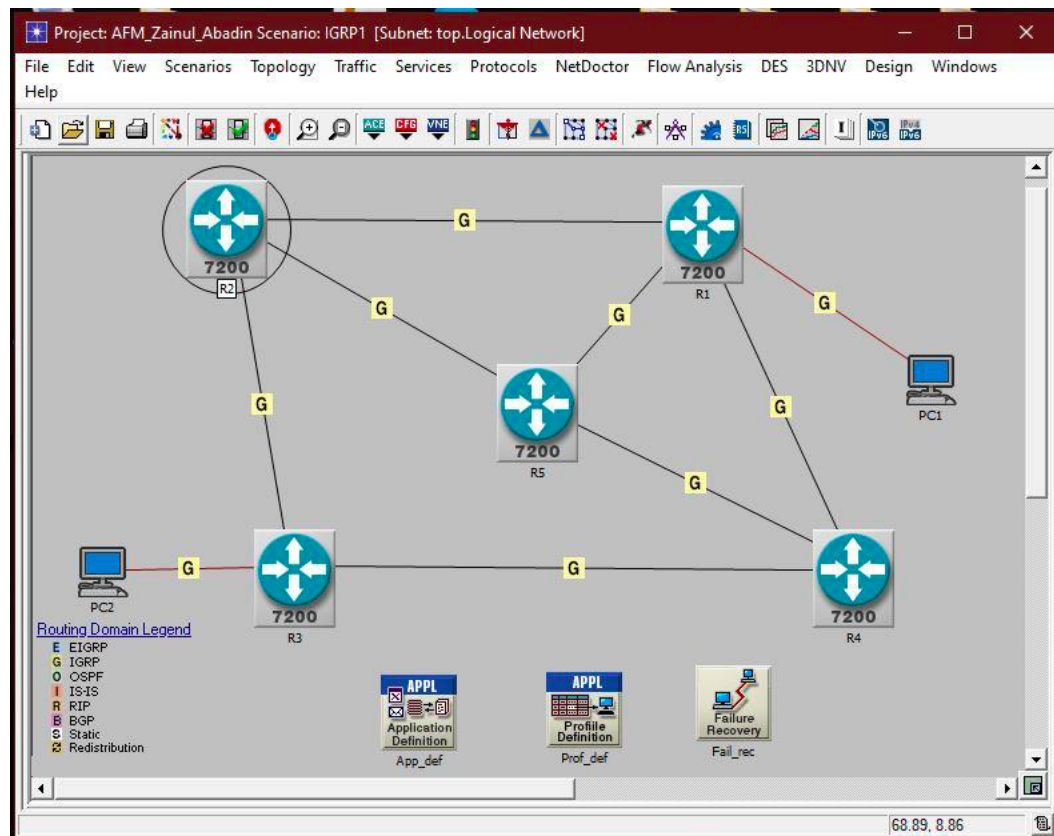


Рисунок 3.3 – конфігурація мережі з використанням протоколу IGRP

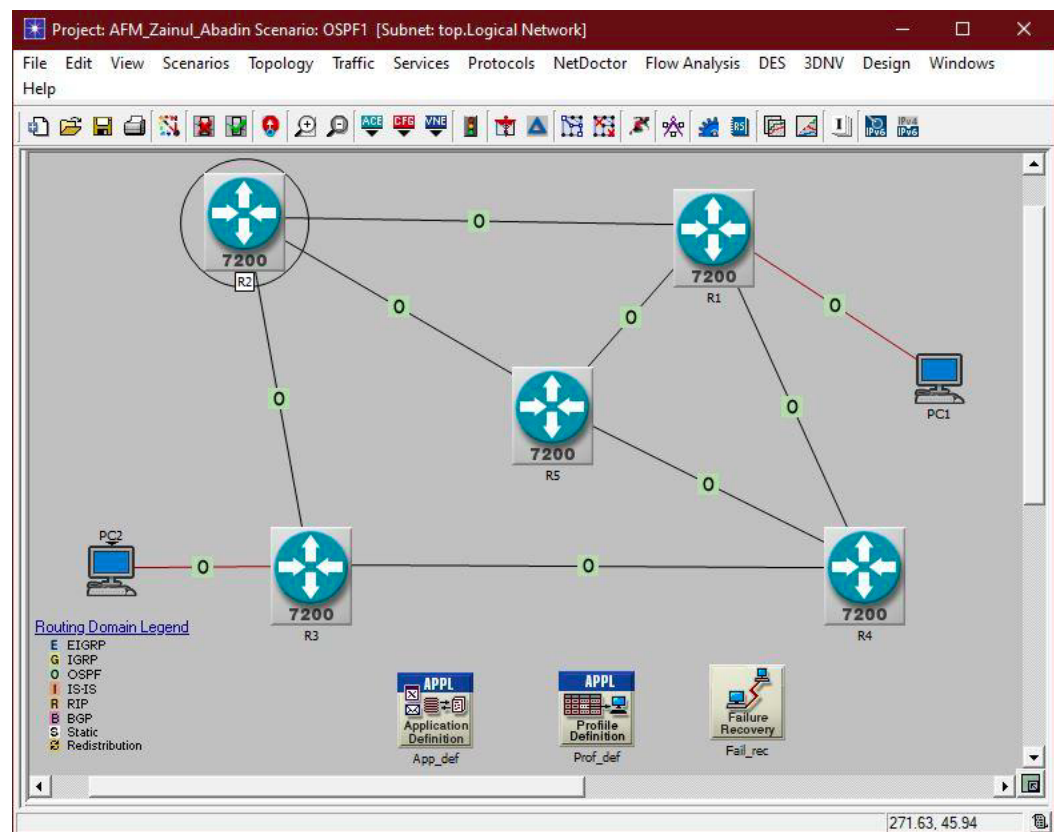


Рисунок 3.4 – конфігурація мережі з використанням протоколу OSPF

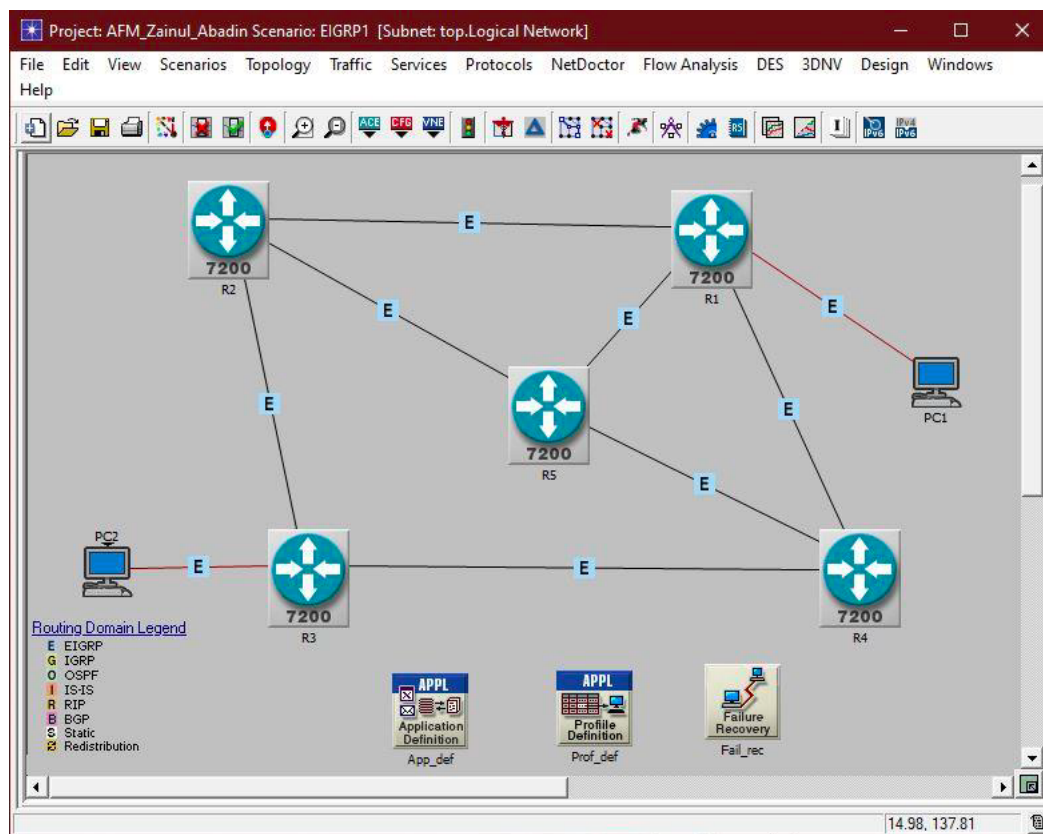


Рисунок 3.5 – конфігурація мережі з використанням протоколу EIGRP

3.3 Моделювання протоколів та аналіз ефективності

Було проведено дослідження продуктивності таких протоколів - RIP, IGRP, OSPF та EIGRP - у мережі з різними сценаріями. Під час моделювання мережі тривалістю 15 хвилин у випадку сценарію 1 та 6 хвилин у випадку сценарію 2 було проаналізовано час конвергенції для кожного з цих протоколів. На рисунках 3.6 та 3.7 - представлені результати конвергенції для окремих протоколів RIP, OSPF, IGRP та EIGRP у відповідних сценаріях.

Протоколи на основі відстані-вектора, як, наприклад, RIP і IGRP, відомі своєю повільною реакцією на зміни у топології мережі. Після внесення змін у

мережу і до того, як всі маршрутизатори адаптуються до них, існує ризик виникнення помилок маршрутизації та втрати даних. У порівнянні з цими протоколами, протоколи маршрутизації на основі стану зв'язку, такі як OSPF і EIGRP, працюють швидше. Незважаючи на те, що IGRP рекламується рідше і використовує менше пропускну здатності, ніж RIP, його процес адаптації значно уповільнюється.

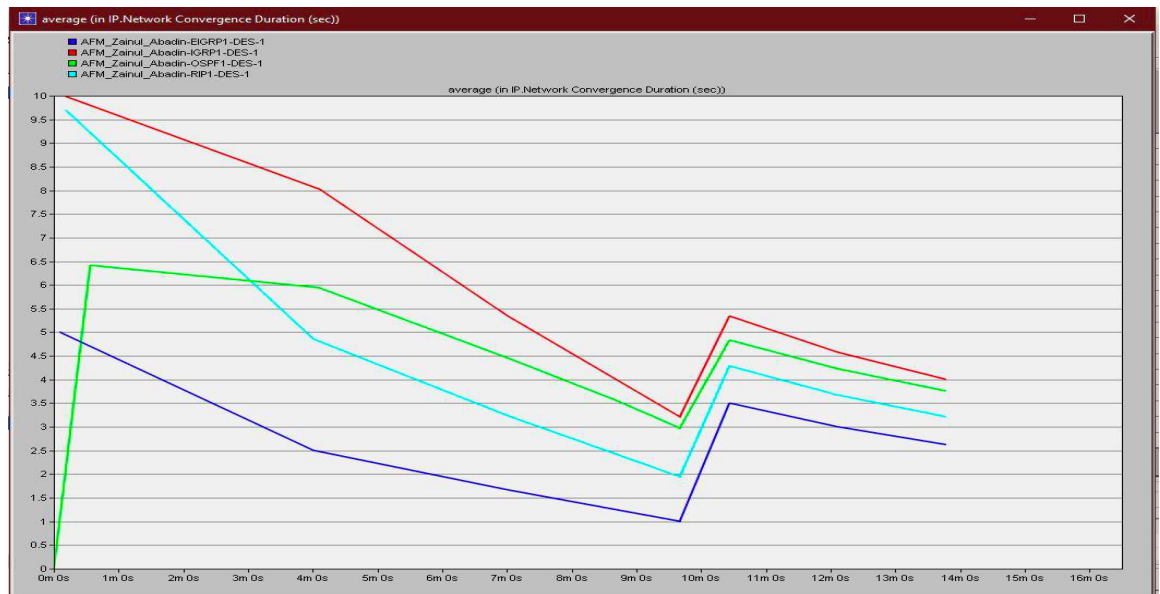


Рисунок 3.6 – Конвергенція у випадку ситуації 1

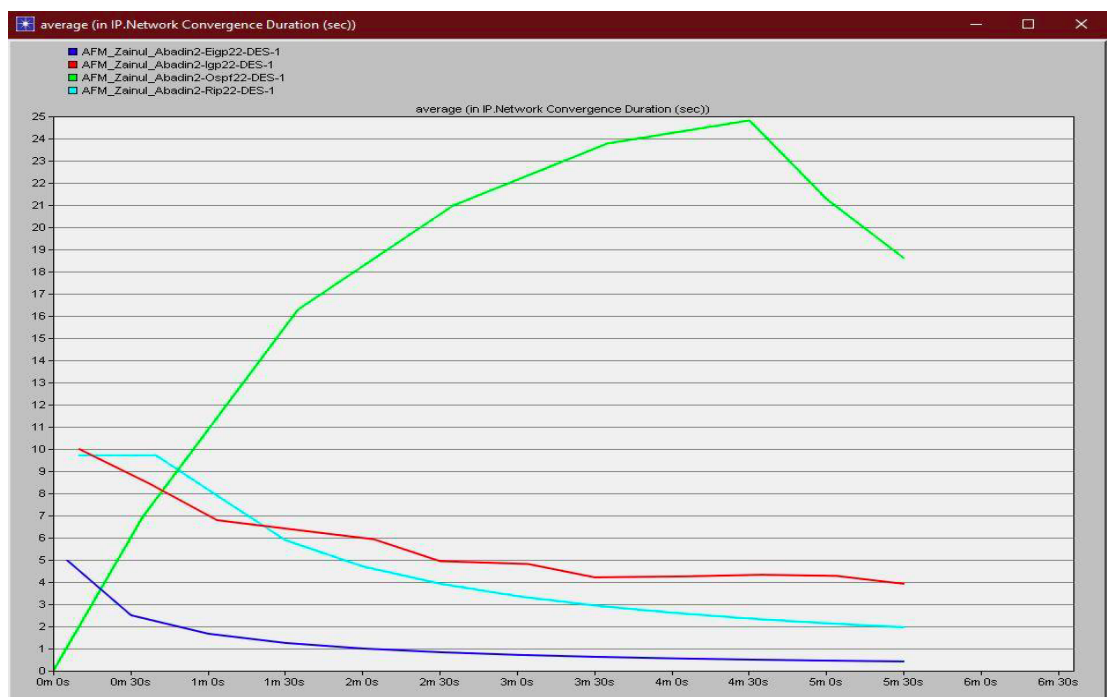


Рисунок 3.7 – Конвергенція у випадку ситуації 2

Процес адаптації за допомогою EIGRP відбувається швидше завдяки використанню подвійного алгоритму оновлення, відомого як DUAL, який виявляє маршрутизатор, що недоступний, та шукає альтернативні маршрути. У порівнянні з протоколами вектора відстані, кожен маршрутизатор OSPF зберігає копію бази даних топології та таблиці маршрутизації регіону, що дозволяє йому виявляти зміни швидше. Цей процес визначення альтернативних маршрутів є швидшим, ніж у протоколах вектора відстані. Аналізуючи параметри продуктивності, такі як пропускна здатність, використання та затримка, можна побачити, що EIGRP має найвищу пропускну здатність, за якою йдуть OSPF, IGRP і RIP, як видно на рисунку 3.8.

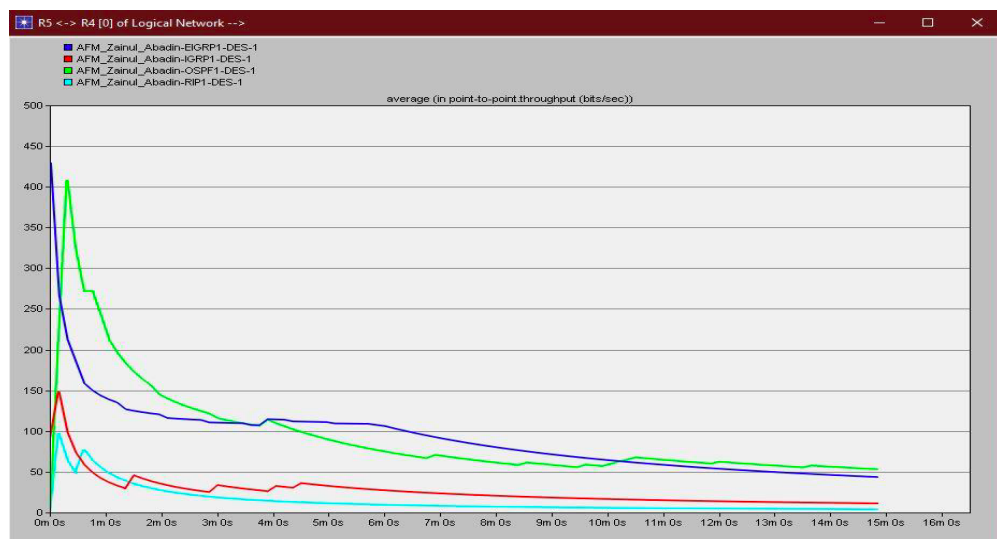


Рисунок 3.8 – Пропускна здатність точка-точка (біти/сек)

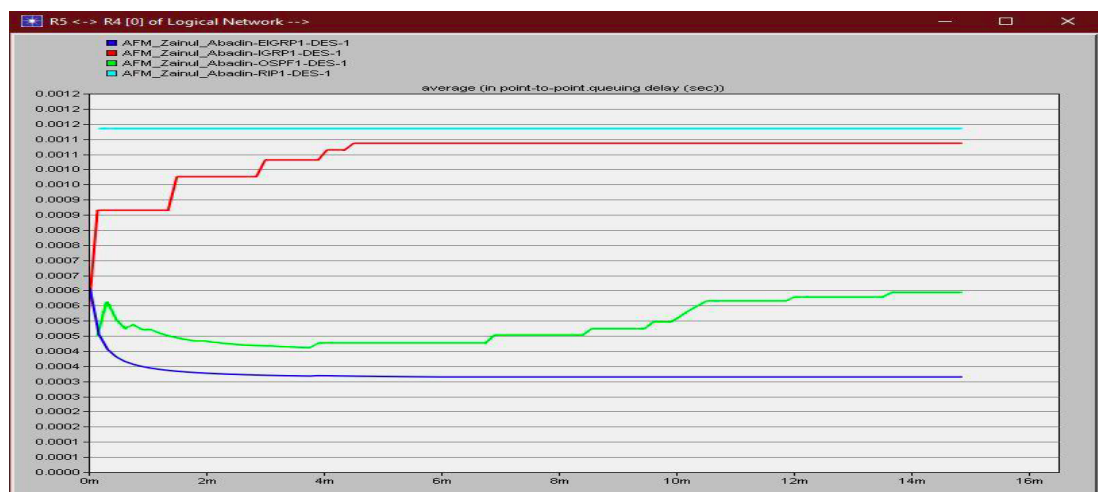


Рисунок 3.9 – Затримка в черзі точка-точка (сек)

У випадку чергової затримки, EIGRP демонструє найменшу затримку, за ним йдуть OSPF, IGRP і RIP, як показано на рисунку 3.9. Щодо використання каналу, в EIGRP спостерігається максимальне використання, після нього йдуть OSPF, IGRP і RIP, згідно з рисунками 3.10 та 3.11.

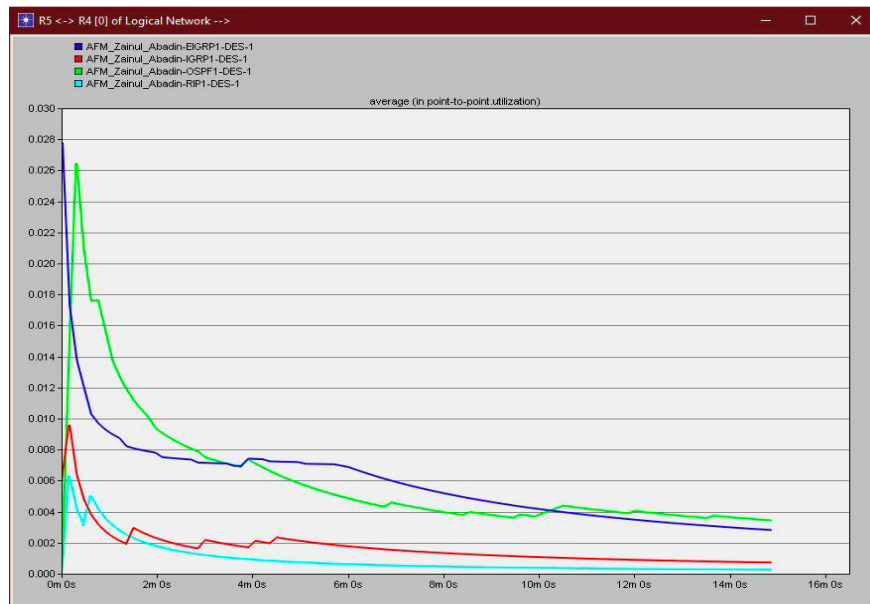


Рисунок 3.10 – Використання каналу точка-точка

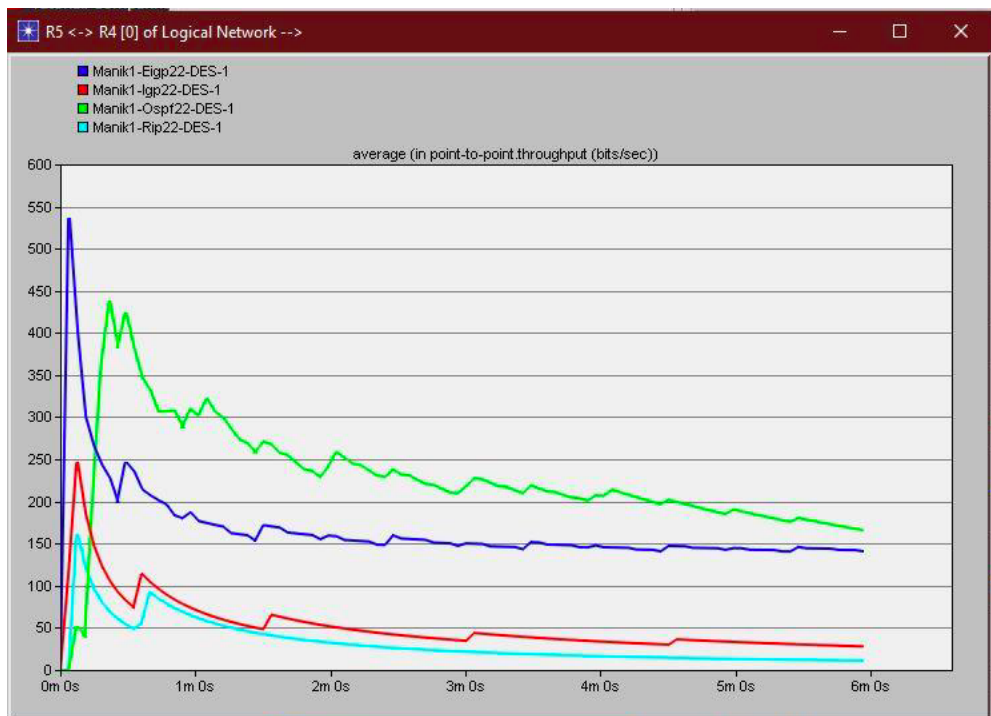


Рисунок 3.11 – Пропускна здатність точка-точка протягом 6 хвилин (біт/сек)

ВИСНОВКИ

Дослідження та аналіз, що проведені у бакалаврській роботі, допомагають зробити висновки щодо використання протоколів маршрутизації в комп'ютерній мережі мережі. В мережевій топології використовуються різні протоколи маршрутизації для передачі пакетів. Маршрутизатор управляє таблицею маршрутизації для успішної доставки пакетів від вихідного вузла до вузла призначення. З отриманих результатів моделювання різних протоколів маршрутизації, таких як OSPF, RIP, IGRP і EIGRP, щодо часу конвергенції, пропускної здатності, використання каналів і затримки в черзі, було визнано, що EIGRP показує найкращі результати. Після EIGRP, OSPF має наступне місце за рівнем використання каналів і пропускної здатності. Вибір між ними може бути складним. З цього можна зробити висновок, що для наведених сценаріїв EIGRP працює краще, але для інших критеріїв, таких як вартість передачі та витрати на маршрутизатор, OSPF може бути альтернативним вибором.

За результатами досліджень було опубліковано: Запороженко К.Р., Сосновий В.О. Порівняння продуктивності протоколів маршрутизації EIGRP, OSPF і RIP за допомогою Cisco Packet Tracer. Проблеми комп'ютерної інженерії, 2023.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A. Shaikh, Experience in black-box OSPF measurement. Proceedings of the 1st ACM SIGCOMM Workshop on Internet Measurement, 2021.
2. K.L. Calvert, et al., Modeling Internet Topology. IEEE Comm. Magazine, 2019.
3. E.W. Dijkstra, A Note on Two Problems in Connection with Graphs. Num. Math., Vol. 1, 2018.
4. H. El-Sayed, M. Ahmed, M. Jaseemuddin, Routing Software Performance Evaluation Framework. UAEU Tech Report, 2019.
5. J. McQuillan, I. Richer and E. C. Rosen, The New Routing Algorithm for the ARPANET. IEEE Transactions on Communications, COM-28(5); pp. 711- 719, May 2022.
6. J. Moy, OSPF: Anatomy of an Internet Routing Protocol. Addison-Wesley, February 2021.
7. J. Moy, OSPF Version 2. RFC 2328, April 2016.
8. V. Manral, R. White, and A. Shaikh, OSPF Benchmarking Terminology and Concepts, IETF Internet draft-ietf-bmwg-ospfconv-term-10.txt, June 2014
9. V. Manral, R. White, and A. Shaikh, Considerations When Using Basic OSPF Convergence Benchmarks. IETF Internet draft-ietf-bmwg-ospfconv-applicability07.txt, June 2015.
10. C. Labovitz, A. Ahuja, A. Bose, and F. Jahanian, “Delayed Internet routing convergence,” IEEE/ACM Trans. Networking, vol. 9, no. 3, pp. 293–306, 2021.
11. N. Kushman, S. Kandula, and D. Katabi, “Can you hear me now?! it must be BGP,” ACM SIGCOMM Computer Communications Review, Apr. 2017.
12. N. Kushman, S. Kandula, D. Katabi, and B. Maggs, “R-BGP: Staying connected in a connected world,” in Proc. USENIX NSDI, 2016.

13. P. B. Godfrey, M. Caesar, I. Haken, Y. Singer, S. Shenker, and I. Stoica, "Stabilizing route selection in BGP," tech.rep., University of Illinois at Urbana-Champaign, Jan. 2020. <http://hdl.handle.net/2142/14841>.

14. S. Kent, C. Lynn, and K. Seo, "Secure border gateway protocol (S-BGP)," Journal on Selected Areas in Communications, no. 18(4), pp. 582–592, 2019.

15. K. Butler, T. Farley, P. McDaniel, and J. Rexford, "A survey of BGP security issues and solutions," Proceedings of the IEEE, January 2022.

16. Мітра, Д., Саркар, С., Хаті, Д.. Порівняльне дослідження протоколів маршрутизації, Міжнародний науково-дослідний журнал передової техніки та науки, 2(1), 46-50.2016.

17. Cisco Systems, I., Програма мережевої академії Cisco. (2003/. CCNA 1 and 2 Companion Guide, Third Edition. Forouzan, BA (2010]. TCP IP Protocol Suite (4 ed.J. NEW DELHI, INDIA: McGraw Hill Education.

18. Фортц, Б., Рексфорд, Дж., і Торуп, М., Інженерія трафіку за допомогою традиційних протоколів IP-маршрутизації, журнал IEEE Communications, 118-124.

19. Karim.A, Khan, M., A. (2011). Поведінка протоколів маршрутизації для середніх і великих мереж, Австралійський журнал фундаментальних і прикладних наук, 5(6], 1605-1613.

20. Шехзад, Міннесота, і Наджам-Уль-Сахар, Моделювання протоколу маршрутизації OSPF за допомогою модуля OPNET (протокол маршрутизації на основі алгоритму стану зв'язку), Ісламабадський університет Ікра.

21. Посібник Opnet Modeler, доступний: <https://opnetprojects.com/opnet-manual>. 20 квітня 2021 р.

22. Питання продуктивності та міркування щодо оцінки веб-трафіку для протоколів динамічної маршрутизації RIP і OSPF для гібридних мереж з використанням OPNET, Міжнародний журнал перспективних досліджень у галузі комп'ютерних наук і розробки програмного забезпечення, 2(9).

23. Sood, A.. Проектування мережі за допомогою програмного забезпечення OPNET™ IT GURU Academic Edition. Rivier Academic Journal, 3(1).
24. L. Subramanian, M. Caesar, C. T. Ee, M. Handley, M. Mao, S. Shenker, and I. Stoica, “HLP: A next generation inter-domain routing protocol,” in Proc. ACM SIGCOMM, pp. 13–24, ACM, 2015.
25. X. Yang, D. Clark, and A. W. Berger, “NIRA: A New Inter-domain Routing Architecture,” IEEE/ACM Trans. Networking, vol. 15, no. 4, pp. 775–788, 2017.
26. P. B. Godfrey, I. Ganichev, S. Shenker, and I. Stoica, “Pathlet routing,” in Proc. ACM SIGCOMM, 2019.
27. J. P. John, E. Katz-Bassett, A. Krishnamurthy, T. Anderson, and A. Venkatarmani, “Consensus routing: The Internet as a distributed system,” in Proc. Networked Systems Design and Implementation, Apr. 2022.
28. J. Feigenbaum, V. Ramachandran, and M. Schapira, “Incentive-compatible interdomain routing,” in Proc. ACM Electronic Commerce, pp. 130–139, 2021.
29. D. Wendlandt, I. Avramopoulos, D. Andersen, and J. Rexford, “Don’t secure routing protocols, secure data delivery,” in Proc. Hotnets V, 2016.
30. O. Nordstrom and C. Dovrolis, “Beware of BGP attacks,” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 34, no. 2, pp. 1–8, 2020

**ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ
(ПРЕЗЕНТАЦІЯ)**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра комп'ютерної інженерії

ПРЕЗЕНТАЦІЯ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на тему
**“АНАЛІЗ ТА ПОРІВНЯННЯ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДЛЯ
ПОБУДОВИ НАДІЙНИХ ТА ШВИДКИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ”**

Виконала студентка групи КІД-41

Запороженко Катерина Русланівна

Керівник кваліфікаційної роботи :

Сосновий Владислав Олексійович,

Асистент кафедри КІ

Київ 2024

Мета роботи – проаналізувати та порівняти протоколи маршрутизації. За допомогою протоколів маршрутизації збільшити продуктивність та оптимізувати роботу комп'ютерних мереж

Об'єкт дослідження – використання протоколів маршрутизації для побудови швидких та надійних комп'ютерних мереж

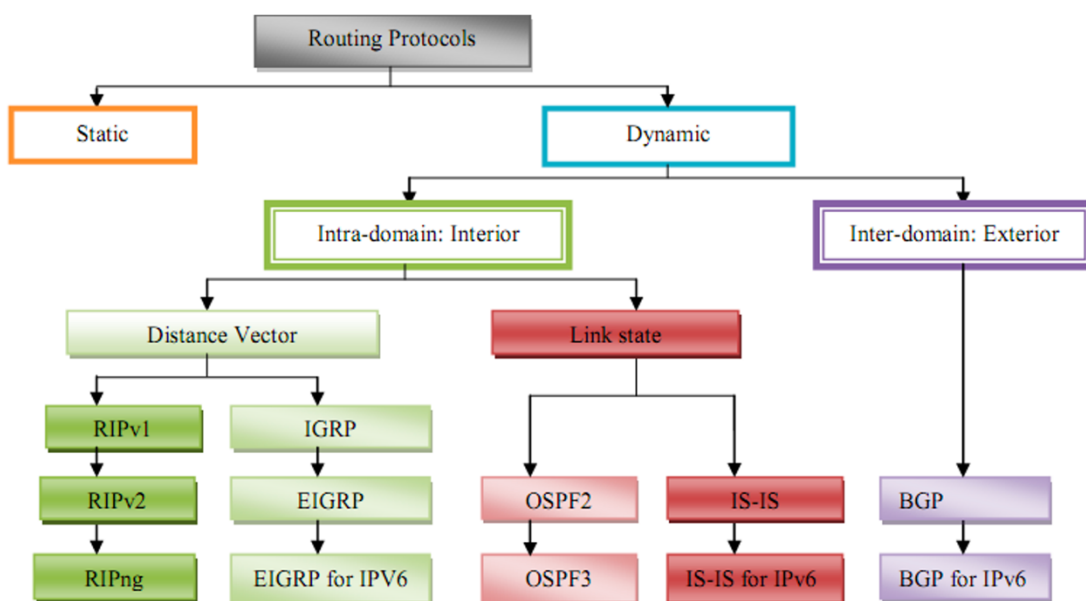
Предмет дослідження – комп'ютерні мережі.

Актуальність обраної теми

Для створення безпечної та масштабованої комунікаційної інфраструктури критично важливо обрати відповідні протоколи маршрутизації, які забезпечать необхідні результати. У корпоративних мережах дані переміщуються між локальними та глобальними мережами через різні мережеві топології та обробляються різними протоколами як всередині, так і поза межами різних автономних систем. Таким чином, вибір належних протоколів зв'язку має вирішальне значення для створення безпечної та масштабованої платформи зв'язку. Це є критичним аспектом у побудові та підтримці ефективних комп'ютерних мереж, особливо враховуючи динамічний характер Інтернет-з'єднань та взаємодії автономних мереж.

3

Детальна класифікація протоколів маршрутизації



4

Статичні протоколи маршрутизації

Static

У статичній маршрутизації адміністратор мережі вручну встановлює всі маршрути. Це означає, що для кожного нового додавання в мережі або зміни топології потрібно вручну налаштовувати нові записи маршрутизації. Якщо вузол видаляється, також потрібно здійснити відповідні зміни вручну. Статична маршрутизація зазвичай застосовується в малих мережах, де адміністратор має більший контроль і розуміння мережі.

5

Динамічна маршрутизація

Dynamic

У динамічній маршрутизації таблиці маршрутизації формуються автоматично на основі протоколу маршрутизації та алгоритмів розрахунку шляху. Протоколи динамічної маршрутизації використовують власні методи визначення найкращого шляху, що зазвичай поєднують статичні та гібридні протоколи дистанційно-векторної маршрутизації. Вони зберігають таблицю топології з усіма можливими шляхами до призначення, що дозволяє адміністратору мережі зручно користуватися протоколом динамічної маршрутизації.

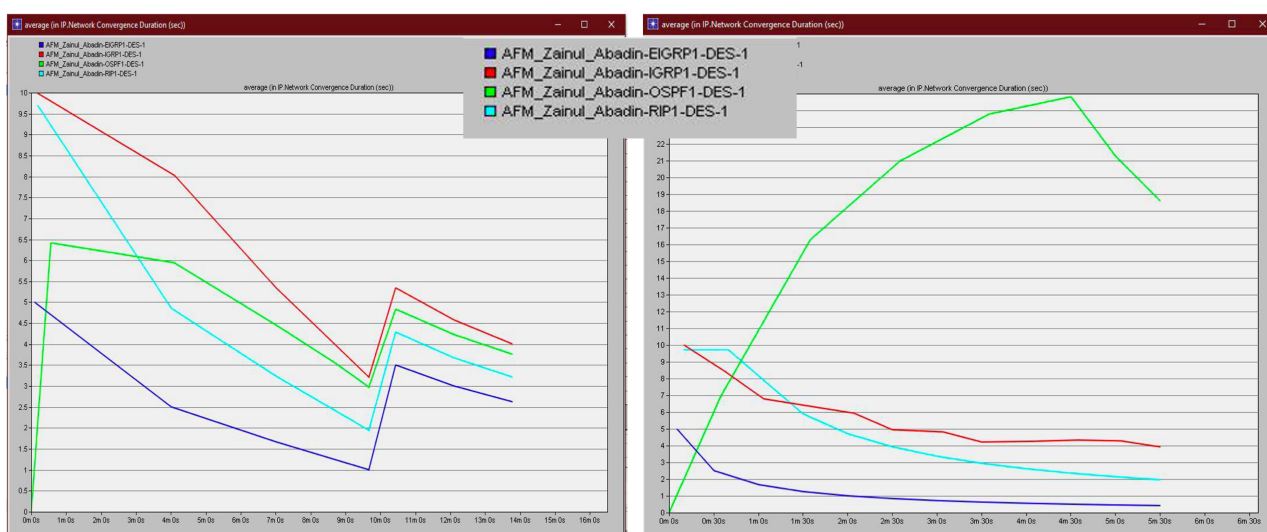
6

Опис дослідження

Було проведено дослідження продуктивності таких протоколів - RIP, IGRP, OSPF та EIGRP - у мережі з різними сценаріями. Під час моделювання мережі тривалістю 15 хвилин у випадку 1 та 6 хвилин у випадку 2 було проаналізовано час конвергенції для кожного з цих протоколів. На наступному слайді представлено результати конвергенції для окремих протоколів RIP, OSPF, IGRP та EIGRP у відповідних сценаріях.

7

Результати конвергенції для окремих протоколів RIP, OSPF, IGRP та EIGRP у відповідних сценаріях.



Конвергенція у першому випадку

Конвергенція у другому випадку

8

Протоколи на основі відстані-вектора та стану зв'язку

Протоколи на основі відстані-вектора, як, наприклад, RIP і IGRP, відомі своєю повільною реакцією на зміни у топології мережі. Після внесення змін у мережу і до того, як всі маршрутизатори адаптуються до них, існує ризик виникнення помилок маршрутизації та втрати даних. У порівнянні з цими протоколами, протоколи маршрутизації на основі стану зв'язку, такі як OSPF і EIGRP, працюють швидше.

9

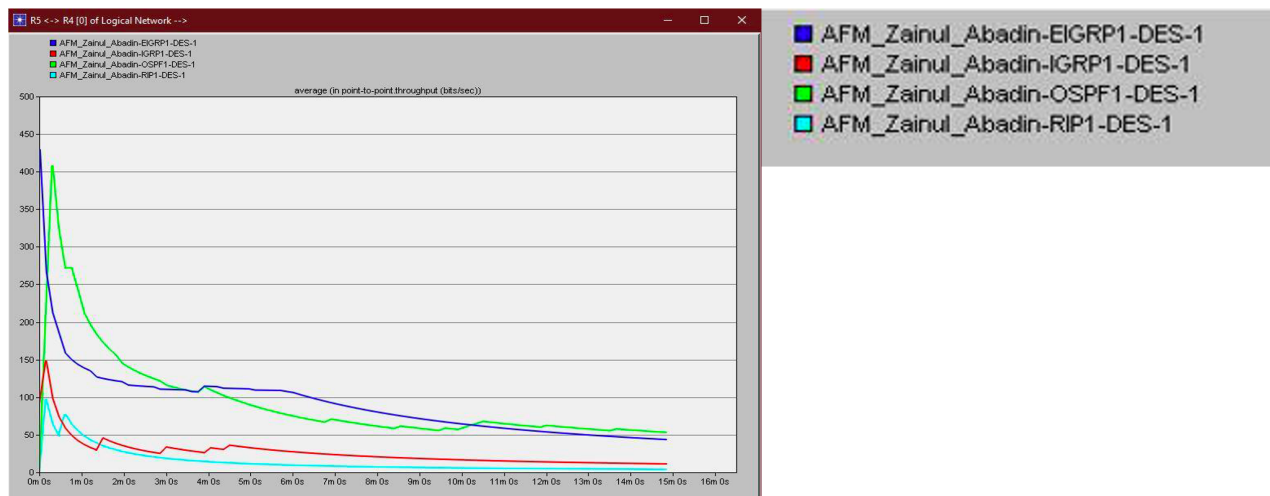
Процес адаптації та затримка в черзі

Процес адаптації за допомогою EIGRP відбувається швидше завдяки використанню подвійного алгоритму оновлення, відомого як DUAL, який виявляє маршрутизатор, що недоступний, та шукає альтернативні маршрути. У порівнянні з протоколами вектора відстані, кожен маршрутизатор OSPF зберігає копію бази даних топології та таблиці маршрутизації, що дозволяє йому виявляти зміни швидше. Цей процес визначення альтернативних маршрутів є швидшим, ніж у протоколах вектора відстані. Аналізуючи параметри продуктивності, такі як пропускна здатність, використання та затримка, можна побачити, що EIGRP має найвищу пропускну здатність, за якою йдуть OSPF, IGRP і RIP.

У випадку чергової затримки, EIGRP демонструє найменшу затримку, за ним йдуть OSPF, IGRP і RIP, як продемонстровано далі.

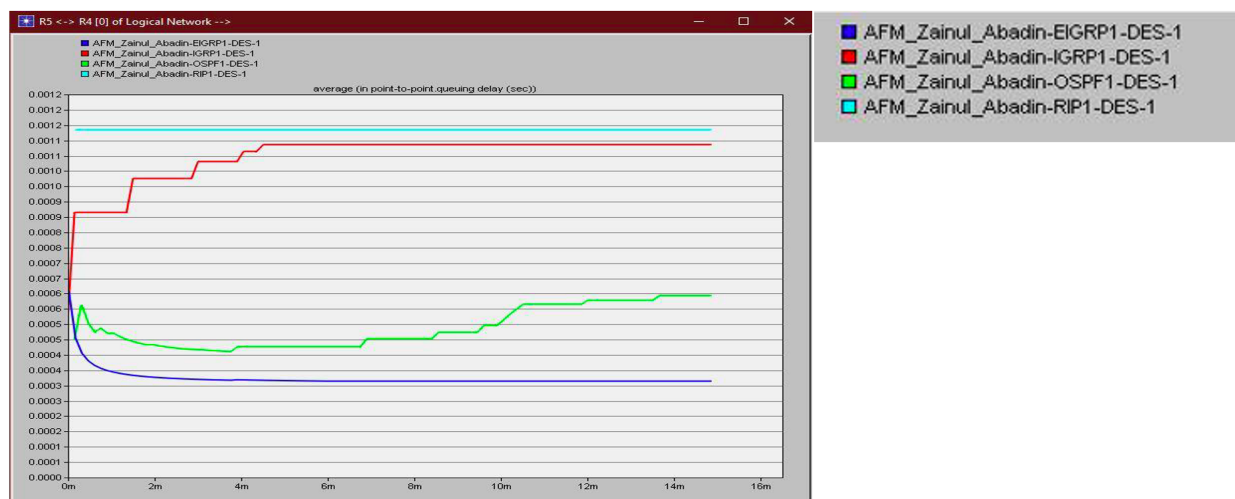
10

Результат моделювання пропускної здатності точка-точка (біти/сек)



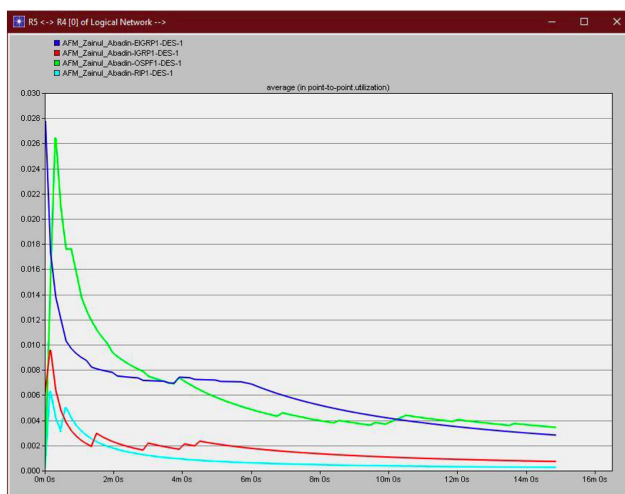
11

Результат перевірки затримка в черзі точка-точка (сек)

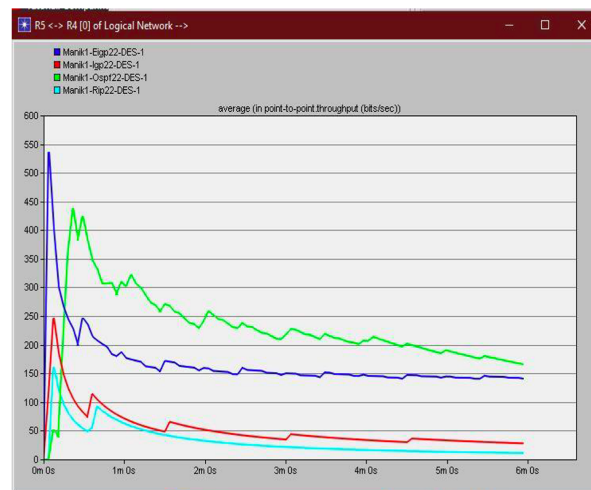


12

Використання каналу, в EIGRP спостерігається максимальне використання, після нього йдуть OSPF, IGRP і RIP, згідно з наступними графіками.



Використання каналу точка-точка



Пропускна здатність точка-точка
протягом 6 хвилин у (біт/сек)

13

ВИСНОВКИ

В роботі описано, проаналізовано та порівняно протоколи маршрутизації за такими параметрами : конвергенція для окремих протоколів RIP, OSPF, IGRP та EIGRP у відповідних сценаріях, пропускна здатність точка-точка, затримка в черзі точка-точка.

В мережевій топології використовуються різні протоколи маршрутизації для передачі пакетів. Маршрутизатор керує таблицею маршрутизації для успішної доставки пакетів від вихідного вузла до вузла призначення. З отриманих результатів моделювання різних протоколів маршрутизації, таких як OSPF, RIP, IGRP і EIGRP, щодо часу конвергенції, пропускної здатності, використання каналів і затримки в черзі, результати показали, що EIGRP показує найкращу продуктивність.

Протокол OSPF має наступне місце за рівнем використання каналів і пропускної здатності.

Отже, проведені в роботі експерименти показали, що по наведених сценаріях EIGRP працює краще, але для інших критеріїв, таких як вартість передачі та витрати на маршрутизатор, OSPF може бути альтернативним вибором.

14