

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Навчально-науковий інститут цивільного захисту
Кафедра інформаційних технологій та систем електронних комунікацій

«Допущено до захисту»

Начальник кафедри ІТтаСЕК

кандидат технічних наук

доцент

_____ Олександр ПРИДАТКО

“ _____ ” _____ 20__ року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему : «Дослідження сучасних методів маршрутизації пакетів
даних в комп'ютерних мережах об'єктів критичної інфраструктури»

Виконав:

здобувач ІV курсу, групи КН-41

спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва спеціальності)

_____ Святослав ДЗЮБА

(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Назарій БУРАК

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Львів – 2024 року

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Навчально-науковий інститут цивільного захисту

Кафедра інформаційних технологій та систем електронних комунікацій

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 122 “Комп’ютерні науки”

Освітня програма Комп’ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри ІТтаСЕК

підполковник служби

цивільного захисту

_____ Олександр ПРИДАТКО

“ ____ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу

Здобувачу Святославу ДЗЮБИ

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема «Дослідження сучасних методів маршрутизації пакетів даних в комп’ютерних мережах об’єктів критичної інфраструктури»

керівник роботи Назарій БУРАК, к.т.н., доцент

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛДУ БЖД від від “ ____ ” _____ 2024 року №__

2. Термін подання здобувачем роботи _____ 2024 року

3. Початкові дані до роботи:

1. Поняття "критична інфраструктура" [Електронний ресурс] / О. П. Єрменчук // Інформаційна безпека людини, суспільства, держави. - 2018. - № 1. - С. 20-28. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/iblsd_2018_1_5

2. Модифікація протоколу маршрутизації EIGRP на основі нечіткої логіки [Електронний ресурс] / А. Р. Врублевський, І. П. Лісовий // Моделювання та інформаційні технології. - 2014. - Вип. 73. - С. 215-220. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtit_2014_73_33

3. Оптимізація топології ядра комп’ютерної мережі OSPF на основі неявного балансування навантаження [Електронний ресурс] / В. С. Хандецький // Системні

технології. - 2017. - Вип. 1. - С. 135-141. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/st_2017_1_22

4. Критична інфраструктура та її функції [Електронний ресурс] / В. П. Кудряшов // Наукові праці НДФІ. - 2021. - Вип. 2. - С. 5-24. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npndfi_2021_2_2

4. Зміст кваліфікаційної роботи/проекту (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

Розділ 1. Поглиблений аналіз дослідження

Розділ 2. Розробка моделі комп'ютерної мережі

Розділ 3. Впровадження проектного плану та апробація його результатів

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи/проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Поглиблений аналіз дослідження		
2.	Розробка моделі комп'ютерної мережі		
3.	Впровадження проектного плану та апробація його результатів		

Здобувач _____
(підпис)

Святослав ДЗЮБА
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Назарій БУРАК
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Святослав ДЗЮБА «Дослідження сучасних методів маршрутизації пакетів даних в комп'ютерних мережах об'єктів критичної інфраструктури». Кваліфікаційна робота за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» складається з основної частини, що містить 3 розділи, 72 с., 44 рис., 10 табл., 20 джерел.

Об'єкт роботи – сучасні методи і принципи маршрутизації пакетів даних у мережевій архітектурі об'єктів критичної інфраструктури.

Мета роботи – порівняння та визначення передових методів маршрутизації для вибору найоптимальнішого маршруту потоку даних, щоб забезпечити надійне функціонування мережевих систем.

Проведено огляд функціонування архітектури комп'ютерних мереж об'єктів критичної інфраструктури, а також розглянуто підходи до передачі даних у таких моделях, а саме: роботу при навантаженнях, ефективність у непередбачуваних ситуаціях, пропускну здатність, сумісність із сучасним обладнанням, відповідність до вимог та потреб тощо. Результати аналізу вказали на актуальність дослідження у напрямку пошуку оптимального протоколу та методу маршрутизації пакетів даних для ефективної роботи таких об'єктів.

Обрано методології та визначено основні критерії порівняння протоколів маршрутизації, здійснено їх належне проектування та налаштування із відповідностями до сучасних потреб та вимог роботи комп'ютерної мережі досліджуваних об'єктів.

Реалізовано експериментні моделі розробленого проектного рішення за допомогою засобу віртуальної симуляції Cisco Packet Tracer, що дало змогу відтворити особливості реальних мереж і використати усі необхідні протоколи маршрутизації, а також здійснити послідовні тести над ними, щоб отримати результати їх роботи з метою визначення основних переваг та недоліків кожного з протоколів в різних сценаріях та умовах мережі.

МАРШРУТИЗАЦІЯ, ПЕРЕДАЧА ДАНИХ, ПРОТОКОЛИ, КРИТИЧНА ІНФРАСТРУКТУРА, ТОПОЛОГІЯ, ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ.

ANNOTATION

Svyatoslav Dziuba "Research of modern methods of data packet routing in computer networks of critical infrastructure facilities". Qualification work in the specialty 122 "Computer Science" consists of the main part, which contains 3 sections, 73 pages, 44 figures, 10 tables, 20 sources.

The object of the work is modern methods and principles of data packet routing in the network architecture of critical infrastructure facilities.

The purpose of the work is to compare and determine advanced routing methods for selecting the most optimal route for data flow to ensure reliable operation of network systems.

The article reviews the functioning of the architecture of computer networks of critical infrastructure facilities and considers approaches to data transmission in such models, namely: operation under loads, efficiency in unforeseen situations, throughput, compatibility with modern equipment, compliance with requirements and needs, etc. The results of the analysis pointed to the relevance of research in the direction of finding the optimal protocol and method of data packet routing for the efficient operation of such facilities.

The methodologies were selected and the main criteria for comparing routing protocols were determined, their proper design and configuration were carried out in accordance with the modern needs and requirements of the computer network of the studied objects.

Experimental models of the developed design solution were implemented using the Cisco Packet Tracer virtual simulation tool, which made it possible to reproduce the features of real networks and use all the necessary routing protocols, as well as to conduct sequential tests on them to obtain the results of their work in order to determine the main advantages and disadvantages of each protocol in different scenarios and network conditions.

ROUTING, DATA TRANSMISSION, PROTOCOLS, CRITICAL
INFRASTRUCTURE, TOPOLOGY, COMMUNICATION LINES

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ8

ВСТУП9

РОЗДІЛ 1. ПОГЛИБЛЕНИЙ АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕННЯ **Ошибка! Закладка не определена.**

1.1. Аналіз актуального стану маршрутизації в об'єктах критичної інфраструктури **Ошибка! Закладка не определена.**

1.2. Передові засоби моделювання комп'ютерних мереж **Ошибка! Закладка не определена.**

1.3. Стратегії побудови ефективної мережі **Ошибка! Закладка не определена.**

Висновки до розділу 1 **Ошибка! Закладка не определена.**

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛІ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ **Ошибка! Закладка не определена.**

2.1. Структура та складові проектного плану **Ошибка! Закладка не определена.**

2.2. Порівняльна характеристика застосованих протоколів маршрутизації **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3. Огляд технологій та підходів проектованої мережі **Ошибка! Закладка не определена.**

2.4. Розрахунок та налаштування концепції комп'ютерної моделі **Ошибка! Закладка не определена.**

Висновки до розділу 2 **Ошибка! Закладка не определена.**

РОЗДІЛ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТНОГО ПЛАНУ ТА АПРОБАЦІЯ ЙОГО РЕЗУЛЬТАТІВ **Ошибка! Закладка не определена.**

3.1. Проектування та сегментація мережі **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2. Конфігурація та впровадження комплектуючих елементів **Ошибка!**

Закладка не определена.

3.3. Реалізація методів маршрутизації пакетів даних та їх тестування **Ошибка!**

Закладка не определена.

Висновки до розділу 3 **Ошибка! Закладка не определена.**

ВИСНОВКИ13

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ15

ДОДАТКИ **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток А. Загальний вигляд мережі **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток Б. Логічний вигляд мережі **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток В. Комплектація серверної стійки **Ошибка! Закладка не определена.**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

IP - протокол інтернету

LAN - локальна мережа

WAN - глобальна мережа

SSID - ідентифікатор набору послуг

NAT – перетворення мережевих адрес

SSH – мережевий протокол рівня застосунків

ОС - операційна система

ПЗ - програмне забезпечення

ПК – персональний комп`ютер

КІ – критична інфраструктура

ВСТУП

У світі, який неупинно просувається в напрямку цифрової трансформації, комп'ютерні мережі стають невід'ємною частиною критичної інфраструктури. Ці мережі охоплюють широкий спектр галузей, від енергетики до транспорту, від телекомунікацій до охорони здоров'я. Ці системи повинні завжди працювати безперебійно, оскільки навіть незначні збої можуть мати серйозний вплив на життя людей та економіку.

Одним з ключових факторів, що впливають на надійність, безпеку та доступність мереж критичної інфраструктури, є метод маршрутизації пакетів даних. Пакетна маршрутизація - це процес перенаправлення пакетів даних від одного мережевого вузла до іншого, щоб вони досягли адресата. Вибір методу маршрутизації має значний вплив на продуктивність та безпеку мережі. На сьогоднішній день існує розмаїття протоколів та методів маршрутизації, які пропонують різні підходи до цього завдання, від традиційних алгоритмів до новітніх концепцій маршрутизації на основі штучного інтелекту та машинного навчання.

У зв'язку зі зростанням об'ємів передаваних даних, розширенням мереж та появою нових вимог у сфері безпеки, потреба в дослідженні та вдосконаленні методів маршрутизації стає все більш актуальною. Від цього залежить не лише швидкість та ефективність передачі даних, але й рівень надійності та стійкості мережі в умовах навантаження та потенційних загроз. Тому дослідження сучасних методів маршрутизації в контексті об'єктів критичної інфраструктури є важливою та актуальною задачею, що спрямована на забезпечення стабільності та безпеки сучасних систем управління.

Актуальність розроблення. Дослідження сучасних методів маршрутизації пакетів даних у комп'ютерних мережах, що обслуговують об'єкти критичної інфраструктури, надзвичайно важливе у сучасному цифровому світі. Оскільки різноманітні сфери, такі як енергетика, транспорт, медицина та комунікації, стають

все більш залежними від інформаційних технологій, необхідність забезпечити безперебійне та ефективне функціонування їхніх мереж вкрай актуальна.

З поширенням Інтернету речей та зростанням кількості підключених пристроїв збільшується обсяг передаваних даних. Ефективна маршрутизація стає ключовим елементом, що впливає на продуктивність та надійність мереж, оскільки вона визначає оптимальний шлях для передачі даних від джерела до призначення. При цьому важливо враховувати специфіку критичних об'єктів і забезпечити їхню високу доступність та надійність.

Зростання кількості підключених пристроїв і об'ємів передаваних даних викликає потребу в ефективній маршрутизації, яка забезпечить не тільки швидку передачу даних, але й оптимальне використання ресурсів мережі. При цьому особливо важливою стає маршрутизація даних у критичних об'єктах, де навіть маленький збій може мати серйозні наслідки для безпеки та ефективності функціонування.

Зростаюча кількість кіберзагроз та потенційних атак ставить перед мережевими інженерами складний виклик забезпечити безпеку передачі даних. Тому, дослідження нових методів маршрутизації спрямоване також на розробку та вдосконалення механізмів захисту мереж від кібератак.

Крім того, підвищена комплексність мереж критичної інфраструктури потребує розробки адаптивних та гнучких методів маршрутизації, які можуть адаптуватися до змін у мережевому середовищі та вирішувати проблеми, пов'язані зі збільшенням трафіку, змінами в топології мережі та іншими факторами.

Таким чином, дослідження сучасних методів маршрутизації пакетів даних у мережах об'єктів критичної інфраструктури відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності, безпеки та надійності цих мереж у сучасному цифровому світі. Це дозволить оптимізувати їхнє функціонування та забезпечити високий рівень захищеності від потенційних загроз.

Об'єкт роботи – сучасні методи і принципи маршрутизації пакетів даних у

мережевій архітектурі об'єктів критичної інфраструктури.

Предмет роботи - протоколи маршрутизації, які використовуються у комп'ютерних мережах на об'єктах із високим рівнем значення для ефективної та безперебійної передачі інформації.

Метою роботи є порівняння та визначення передових методів маршрутизації для вибору найоптимальнішого маршруту потоку даних, щоб забезпечити надійне функціонування мережевих систем.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- дослідити та проаналізувати існуючі методи маршрутизації даних, включаючи традиційні алгоритми та новітні технології, які застосовуються у комп'ютерних мережах об'єктів критичної інфраструктури;

- здійснити аналіз специфічних вимог, які ставляться до мереж із високим рівнем важливості з точки зору різних безпекових аспектів.

- вирішити завдання розробки та вдосконалення методів маршрутизації, спрямованих на покращення продуктивності, забезпечення безпеки та стійкості мереж досліджуваних об'єктів;

- провести експериментальні дослідження, а саме виконати впровадження та налаштування розробленого проектного рішення для оцінки ефективності за допомогою віртуальної емуляції Cisco Packet Tracer;

- проаналізувати результати експериментів, порівняти розроблені методи з існуючими, зробити висновки щодо їх ефективності та розробити рекомендації щодо впровадження;

- сформулювати висновки на основі отриманих результатів дослідження та запропонувати рекомендації щодо подальшого використання та розвитку методів маршрутизації в мережах об'єктів критичної інфраструктури.

Практичне значення отриманих результатів. Результати цього дослідження мають велике значення при конфігуруванні сучасних маршрутів передачі даних. Розуміння сильних і слабких сторін кожного із досліджуваних

протоколів може допомогти оптимізувати роботу мережі. Це сприятиме підвищенню продуктивності та ефективності комп'ютерних мереж об'єктів критичної інфраструктури.

ВИСНОВКИ

На підставі детального аналізу функціональних можливостей та продуктивності двох протоколів маршрутизації, OSPF та EIGRP, було встановлено декілька важливих висновків. Передусім слід підкреслити, що обидва протоколи продемонстрували здібність ефективно управляти мережею та забезпечувати безперервне сполучення між усіма вузлами. Протокол OSPF виявив високу надійність та швидкість у визначенні найкоротших маршрутів між вузлами в мережі, що сприяло ефективній передачі даних та оптимальному використанню мережевих ресурсів.

З іншого боку, протокол EIGRP вирізняється вищою гнучкістю та адаптивністю, що дозволяє йому ефективно адаптуватися до змін у мережевому середовищі та забезпечувати оперативне перемикання на альтернативні маршрути в разі виникнення проблем. Результати тестувань також свідчать, що EIGRP забезпечує вищу швидкість виявлення та відновлення мережевих з'єднань у порівнянні з OSPF, особливо в складних умовах та масштабних мережах.

Після детального аналізу метрик маршрутизації можна зробити висновок, що протокол EIGRP використовує значно складнішу метрику порівняно з іншими протоколами. Вона враховує не тільки відстань, але й такі важливі параметри, як ширина каналу, затримка, пропускна спроможність та рівень навантаження. Такий підхід дозволяє EIGRP адаптуватися до різних мережевих умов та вибирати найбільш ефективний маршрут для передачі даних.

Складність налаштування конфігурації відіграє ключову роль у виборі протоколу маршрутизації. Протокол OSPF потребує розробки більш складної архітектури, особливо в масштабних мережевих середовищах, що може стати суттєвим викликом. У порівнянні, EIGRP характеризується спрощеною конфігурацією, що полегшує процес розгортання мережі та знижує ризик виникнення помилок.

Технологічна підтримка в OSPF є досить універсальною, адже вона доступна на більшості сучасних маршрутизаторів та комутаторів. Водночас, EIGRP є пропрієтарною технологією компанії Cisco і зазвичай підтримується лише на обладнанні цього виробника. Цей аспект має вирішальне значення, оскільки забезпечення сумісності обладнання на об'єктах із критичною інфраструктурою вимагає використання спеціалізованих технологій, що відповідають вимогам даної галузі.

На підставі проведеного аналізу було ухвалено рішення застосувати протокол EIGRP у мережах критично важливої інфраструктури. Його адаптивність, висока швидкість реакції та високий рівень надійності роблять цей протокол ідеальним рішенням для забезпечення стабільного зв'язку та ефективного управління трафіком у кризових ситуаціях. Вибір цього протоколу заснований на детальному аналізі та обширному тестуванні, що дозволяє врахувати усі особливості та вимоги специфічної мережі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Оптимізація розподілу мережних ресурсів в маршрутизаторі телекомунікаційної мережі [Електронний ресурс] / К. О. Польщиков, М. О. Масесов, Ю. М. Здоренко, В. В. Шкіцькій // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. - 2013. - № 2. - С. 52-55. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2013_2_13
2. Еволюційні методи в задачах адаптивної маршрутизації даних [Електронний ресурс] / А. Р. Карпетян // Системи управління, навігації та зв'язку. - 2016. - Вип. 1. - С. 76-79. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2016_1_21
3. Критична інфраструктура та її функції [Електронний ресурс] / В. П. Кудряшов // Наукові праці НДФІ. - 2021. - Вип. 2. - С. 5-24. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npndfi_2021_2_2
4. Поняття "критична інфраструктура" [Електронний ресурс] / О. П. Єрменчук // Інформаційна безпека людини, суспільства, держави. - 2018. - № 1. - С. 20-28. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/iblsd_2018_1_5
5. Аналіз часу збіжності протоколів маршрутизації OSPFv2 і OSPFv3 [Електронний ресурс] / В. В. Максимов, Д. О. Кравченко, О. О. Литвин // Телекомунікаційні та інформаційні технології. - 2015. - № 3. - С. 31-36. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vduikt_2015_3_7.
6. Оптимізація топології ядра комп'ютерної мережі OSPF на основі неявного балансування навантаження [Електронний ресурс] / В. С. Хандецький // Системні технології. - 2017. - Вип. 1. - С. 135-141. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/st_2017_1_22
7. Буров Є. Комп'ютерні мережі. СП "Бак", Львів, 2002 - 536 сDooley, Michael & Rooney, Timothy. (2020). DHCP Reference. DOI:10.1002/9781119692263.ch18.
8. Модифікація протоколу маршрутизації EIGRP на основі нечіткої логіки [Електронний ресурс] / А. Р. Врублевський, І. П. Лісовий // Моделювання та

інформаційні технології. - 2014. - Вип. 73. - С. 215-220. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mtit_2014_73_33

9. Герговський О., Бурак Н.Є. Аналіз функціональних особливостей комутаторів Layer 2 та Layer 3. Інформаційна безпека та інформаційні технології ІБІТ-2022: збірних тез доповідей IV Міжнародної науковопрактичної конференції, 30 листопада 2022 року. – Львів, ЛДУ БЖД, 2022. – С.199-201

10. Розподілена маршрутизація за допомогою нейронної мережі [Електронний ресурс] / Л. І. Тимченко, В. М. Самойлов // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер. : Транспортні системи і технології. - 2007. - Вип. 12. - С. 127-130. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpdetut_tsit_2007_12_22

11. Комп'ютерні мережі : навчальний посібник / [Азаров О. Д., Захарченко С. М., Кадук О. В. та ін.] – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 371 с.

12. Маршрутизація пакетів з врахуванням пропускних здатностей каналів та кількості проміжних вузлів [Електронний ресурс] / К. Обельовська, В. Роман, О. Ліскевич // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні науки та інформаційні технології. - 2014. - № 800. - С. 78-82. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPKNIT_2014_800_14

13. Багатошляхова маршрутизація у мережах великої розмірності з регулярною фрактальною топологією [Електронний ресурс] / В. В. Воротніков // Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Інформатика, управління та обчислювальна техніка. - 2015. - Вип. 62. - С. 4-10. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkpi_iuot_2015_62_3

14. Маршрутизація в мережі сучасного підприємства [Електронний ресурс] / Д. І. Черкасов // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. - 2016. - Т. 190. - С. 46-51. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMAkn_2016_190_11

15. Критична інфраструктура. Моніторинг, взаємодія, захист [Електронний ресурс] / Я. Стадільна // Віче. - 2015. - № 23-24. - С. 28-29. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/viche_2015_23-24_18U
16. Одом "Офіційне керівництво Cisco по підготовці до сертифікаційним іспитів CCNA ICND2 200-101. Маршрутизація і комутація" (2016)
17. Горбатий І.В., Бондарев А.В. Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи. Львів: Львівська політехніка. 2016. 336с.
18. Жуков І.А., Дрововозов В.І., Махновський Б.Г. Експлуатація комп'ютерних систем та мереж. Київ: НАУ. 2007. 361с.
19. Cisco - Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.cisco.com/c/uk_ua/index.html
20. Валецька Т.М. Комп'ютерні мережі: Апаратні засоби. – Чернівці: Зелена Буковина, 2001. – 138 с.