

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Дослідження технологій мережевої віртуалізації»

«Research into network virtualization technologies»

Виконав: студент б курсу, групи бКСМ

напряму підготовки (спеціальності)

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Ващенко А. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Козел В. М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Захарченко Р. М.

(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2025 року

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення

Інформаційних технологій та дизайну

Кафедра, циклова комісія

Комп'ютерних мереж та систем

Освітньо-кваліфікаційний рівень

магістра

Напрямок підготовки

Спеціальність

123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

комп'ютерних систем та мереж

А.А. Григорова

« ____ » _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ващенко Андрію Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Дослідження технологій мережевої віртуалізації»

«Research into network virtualization technologies»

керівник проекту (роботи) доцент Козел Віктор Миколайович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від « ____ » 2025 року № ____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) методичні рекомендації до виконання, оформлення та захисту кваліфікаційної роботи магістра

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) Постановка задачі, опис технологій віртуалізації та їх архітектурних особливостей, дослідження та порівняльний аналіз протоколів мережевої віртуалізації, модель вибору за методом аналізу ієрархій

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанти	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Постановка задачі</i>	<i>08.09.2025</i>	
2	<i>Опис технологій віртуалізації та їх архітектурних особливостей</i>	<i>17.10.2025</i>	
3	<i>Дослідження та порівняльний аналіз протоколів мережевої віртуалізації</i>	<i>14.11.2025</i>	
4	<i>Модель вибору за методом аналізу ієрархій</i>	<i>26.11.2025</i>	
5	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>05.12.2025</i>	
6			

Студент

_____ (підпис)

Ващенко А.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Козел В. М.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	10
2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ ТА ЇХ АРХІТЕКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ.....	11
2.1 NVGRE.....	11
2.1.1 Причини появи NVGRE.....	11
2.1.2 Архітектура та структура.....	13
2.1.3 Застосування	16
2.1.4 Переваги та недоліки.....	18
2.2 VXLAN.....	21
2.2.1 Концепція VXLAN	21
2.2.2 Архітектура та принцип роботи	24
2.2.3 Інкапсуляція трафіку та взаємодія з існуючими протоколами	28
2.2.4 Переваги та недоліки.....	33
2.3 Geneve	36
2.3.1 Концепція Geneve та причини створення	36
2.3.2 Архітектура, структура заголовку та механізм розширюваності.....	40
2.3.3 Інкапсуляція та взаємодія з SDN-контролерами	43
2.3.4 Переваги та обмеження.....	47
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ МЕРЕЖЕВОЇ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ	51
3.1 Архітектура та структура.....	51
3.2 Масштабованість та функціональна гнучкість.....	53
3.3 Інтеграція з SDN та оркестрацією.....	55
3.4 Апаратна підтримка, апаратне прискорення та продуктивність	57
3.4.1 Offload та SmartNIC	57
3.4.2 NVGRE.....	58
3.4.3 VXLAN	59

3.4.4	Geneve	60
3.4.5	Гіпервізорна реалізація VTEP	60
3.4.6	Реалізація VTEP на основі SmartNIC.....	61
3.4.7	Підсумок	62
4	МОДЕЛЬ ВИБОРУ ЗА МЕТОДОМ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ	64
	ВИСНОВОК.....	72
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	74

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

VXLAN (Virtual Extensible LAN) – віртуальна розширювана локальна мережа;

VNI (VXLAN Network Identifier) – ідентифікатор логічної мережі у VXLAN;

MAC-адреса – унікальний ідентифікатор мережевого пристрою на канальному рівні;

ARP (Address Resolution Protocol) – протокол визначення фізичної адреси пристрою за IP;

L2 (Data Link Layer) – канальний рівень моделі OSI;

L3 (Network Layer) – мережевий рівень моделі OSI;

Ethernet – стандарт локальних мереж;

MTU (Maximum Transmission Unit) – максимальний розмір передаваного кадру;

MPLS (Multiprotocol Label Switching) – багатопрокольна маршрутизація з використанням міток;

SDN (Software Defined Networking) – програмно визначена мережа;

VTEP (VXLAN Tunnel Endpoint) – кінцева точка VXLAN тунелю;

Broadcast Domain – область розповсюдження ширококомовного трафіку;

ВСТУП

Розвиток обчислювальної інфраструктури, поширення хмарних сервісів і послуг із мультиарендністю висувають підвищені вимоги до масштабованості, ізоляції та гнучкості мережевих рішень у сучасних дата-центрах. Традиційні механізми L2-сегментації (наприклад, VLAN) виявляються недостатніми для забезпечення вимог масштабування та оперативного керування у великих розподілених середовищах. У відповідь на ці виклики у практику увійшли overlay-технології, що реалізують інкапсуляцію L2-трафіку над L3-інфраструктурою. Серед них протоколи VXLAN, NVGRE та GENEVE є найактуальнішими з огляду на їх поширення.

Останні тенденції розвитку апаратної платформи (поява програмованих SmartNIC, P4-парсерів), а також широке впровадження SDN/NFV-підходів змінюють баланс критеріїв при виборі інкапсуляційних рішень: апаратне прискорення стає доступнішим, водночас архітектурна гнучкість і інтеграція з оркестрацією залишаються критичними для підтримки динамічних сервісів. Отже, систематичне порівняння сучасних overlay-протоколів та формалізація підходу до вибору оптимального рішення є практично значущими для інженерів і архітекторів мереж.

Ціль роботи

Розробити аналітико-прикладний підхід для оцінки та вибору оптимального overlay-рішення (NVGRE, VXLAN або GENEVE) у контексті дата-центрів і корпоративних хмар, що поєднує: технічний аналіз протоколів, оцінку апаратної підтримки та формалізовану модель прийняття рішення на основі методу аналізу ієрархій.

Завдання роботи:

Для досягнення поставленої мети передбачено виконати такі завдання:

— проаналізувати принципи роботи та архітектурні особливості NVGRE, VXLAN і Geneve;

- дослідити механізми інкапсуляції та підтримку функціональних розширень;

- визначити й зіставити ключові технічні характеристики протоколів, включаючи масштабованість, інтеграцію з SDN, продуктивність і апаратну підтримку;

- розробити порівняльну модель на основі методу аналізу ієрархій (АНР);

- виконати формальний аналіз альтернатив та обґрунтувати вибір найдоцільнішого рішення.

Наукова новизна:

- Проведено систематичний огляд і класифікацію сучасних overlay-технологій NVGRE, VXLAN та Geneve, що охоплює архітектурні особливості, структуру заголовків, механізми інкапсуляції та підходи до розширюваності.

- Сформовано уніфікований набір критеріїв і підкритеріїв для комплексної оцінки протоколів, який поєднує архітектурні, функціональні та експлуатаційні параметри і адаптований до вимог сучасних дата-центрів.

- Розроблено адаптовану модель прийняття рішення на основі методу аналізу ієрархій для вибору оптимальної overlay-технології, що включає методіку формування парних порівнянь.

- Проведено багатокритеріальний порівняльний аналіз NVGRE, VXLAN та Geneve із застосуванням розробленої АНР-моделі, у результаті якого за визначеними експертними судженнями й критеріями GENEVE виявлено як кращий варіант.

Практичне значення:

Отримані результати можуть бути використані для:

- розробки рекомендацій при плануванні і проєктуванні мережевої інфраструктури дата-центрів з урахуванням вимог масштабованості, ізоляції та продуктивності;

- прийняття обґрунтованих рішень при виборі протоколу віртуалізації в корпоративних і хмарних розгортаннях;

Публікації:

Результати дослідження були представлені на науково-практичній конференції: Сучасні комп'ютерні системи та технології: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні» (24 листопада 2025 р., м. Херсон, м. Хмельницький) / за ред. А. А. Григорової. – Херсон: Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2025. – 229 с.

Структура й обсяг роботи:

Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків та переліку використаних джерел. Робота містить 78 сторінок машинописного тексту, 4 таблиць, 11 рисунків й 52 джерел посилання. У першому розділі формулюється постановка задачі; у другому — наведено огляд технологій та детальний опис NVGRE, VXLAN і GENEVE; третій розділ присвячено порівнянню за ключовими критеріями; четвертий — побудові моделі вибору на основі АНР; у висновках узагальнено результати.