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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

На тему Дослідження параметрів роботи технології MPLS для VPN мереж

Research of MPLS technology parameters For VPN networks

Виконав: студент 6 курсу, групи *6КСМ*
напряму підготовки (спеціальності)
123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Ботнар Андрій Олексійович
(прізвище та ініціали)

Керівник *Григорова Анжела Анатоліївна*
(прізвище та ініціали)

Рецензент *Лебеденко Ю.О.*
(прізвище та ініціали)

Хмельницький – 2024 року

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет, відділення *Інформаційних технологій та дизайну*

Кафедра, циклова комісія *Комп'ютерних систем та мереж*

Освітньо-кваліфікаційний рівень *магістр*

Напрям підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність *123 «Комп'ютерна інженерія»*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, голова циклової комісії
комп'ютерних систем та мереж
_____ А.А. Григорова
«___» _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Ботнарю Андрію Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Дослідження параметрів роботи технології MPLS для VPN мереж .*

керівник проекту (роботи) *Григорова Анжела Анатоліївна., к.т.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» жовтня 2024 року №569-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Методичні рекомендації до виконання дипломоного проекту.Матеріали практики*

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

1. Опис технології MPLS

2. Організації маршрутів в мережі MPLS

3. Огляд методів аналізу мереж VPN

4. Моделювання роботи VPN MPLS-мережі

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	*Аналіз стану питання за тематикою роботи*	*вересень 2024*	*виконано*
2.	*Опис технології MPLS*	*вересень 2024*	*виконано*
3.	*Організації маршрутів в мережі MPLS*	*жовтень 2024*	*виконано*
4.	*Огляд методів аналізу мереж VP*	*жовтень 2024*	*виконано*
5.	*Моделювання Роботи VPN MPLS-мережі*	*листопад 2024*	*виконано*
6.	*Оформлення пояснювальної записки*	*листопад 2024*	*виконано*
	кваліфікаційної роботи		
7.	*Захист кваліфікаційної роботи магістра*		

Студент _____ *А.Б. Ботнар*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ *А.А. Григорова*
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

КС — Комп’ютерна система;

КМ — Комп’ютерна мережа;

СТС — Складна технічна система;

CSPF — constrained shortest path first алгоритм вибору найкоротшого маршруту з обмеженнями);

ETSI — Європейського інституту стандартизації електрозв'язку;

FEC — Forwarding Equivalence Class (клас еквівалентності пересилання);

GRT — Global Routing Table (глобальної таблиці маршрутизації);

LER — MPLS edge router (прикордонний вузол мережі MPLS) ;

LSR — Label Switching Router (маршрутизатор комутації за мітками);

MPLS — Multiprotocol Label Switching (багатопротокольна комутація за мітками);

RSVP — Resource Reservation Protocol;

VPN — Virtual Private Network (Віртуальна приватна мережа);

QoS — Quality of service.

ВСТУП

Актуальність. Ринок телекомунікаційних послуг, зокрема послуг віртуальних приватних мереж (VPN), демонструє стабільне зростання. За прогнозами, до 2027 року світовий ринок VPN досягне обсягу 107,6 млрд доларів США, що свідчить про середньорічний темп зростання близько 14%.

Основною технологією, на яку поступово переходять VPN-сервіси, є MPLS-VPN (мультипротокольна комутація міток). У рамках MPLS-VPN маршрутизація здійснюється шляхом попереднього налаштування маршрутів на граничних маршрутизаторах. Далі, за допомогою протоколу резервування ресурсів RSVP-TE, відбувається автоматичне створення маршруту між цими вузлами.

Незалежно від обраної технології для організації VPN, критично важливо виконати попередній аналіз мережі та, за можливості, впровадити контроль за потоками даних. Це дозволяє гарантувати належний рівень якості обслуговування, що надається клієнтам.

Практична значимість кваліфікаційної роботи. Попри наявність численних методів і засобів для діагностики та усунення збоїв у корпоративних мережах, мережеві адміністратори досі стикаються з труднощами у впевненому вирішенні таких завдань. Сучасні корпоративні мережі активно інтегрують бездротові технології та волоконно-оптичні лінії зв’язку, що значно знижує ефективність традиційних підходів, розроблених для роботи з мідними кабелями. До того ж із впровадженням швидкостей передачі даних, що перевищують 100 Мбіт/с, класичні методики виявлення проблем часто виявляються застарілими, особливо у разі використання звичних мідних кабелів як середовища передачі.

Ключовою зміною у сфері корпоративних мереж стало поступове впровадження технологій комутації каналів замість Ethernet із поділом середовища передачі. У таких мережах окремі сервери чи робочі станції дедалі

частіше виступають у ролі комутованих сегментів, що суттєво змінює підходи до управління інфраструктурою та вирішення технічних проблем.

Метою роботи є аналіз процесів формування пакетів даних у контексті реалізації VPN-тунелів, а також вивчення ключових характеристик функціонування технології MPLS у VPN-мережах.

Віртуальні приватні мережі (VPN) — це послуги, які дозволяють провайдерам об’єднувати окремі мережі, що розташовані на відстані, в одну логічну інфраструктуру для обміну даними. Вони часто використовуються для з’єднання філій однієї організації, коли не вимагається суворе дотримання стандартів якості обслуговування (QoS). Для таких випадків, де важливим є лише базовий рівень з'єднання, підійде звичайний доступ до Інтернету через виділену лінію з використанням будь-якого тунельного протоколу. Однак, коли мова йде про використання в філіях голосових і відеосервісів, необхідність у підтримці механізмів QoS зростає. В таких випадках для створення VPN можуть бути застосовані виділені канали зв'язку на основі технологій SDH чи PDH, або ж інші рішення на рівнях каналу або мережі.

Сучасні тенденції в розвитку технологій управління трафіком і стандартизації протоколів, які реалізуються в концепції мереж нового покоління (NGN), свідчать про потребу централізованого підходу до вибору маршруту для обміну даними між точками входу і виходу з мережі. Такий підхід дозволяє ефективно відстежувати стан мережі в реальному часі та приймати оптимальні рішення щодо направлення пакету. З огляду на це, створення нових методів для аналізу і управління трафіком у мережах VPN набуває великої актуальності.

Існує безліч підходів до побудови VPN-мереж, які можна умовно поділити на дві основні категорії: перша стосується організації транспортування даних, друга — забезпечення їх безпеки. Для забезпечення захисту переданих даних використовуються різні алгоритми шифрування та аутентифікації, які налаштовуються за допомогою таких протоколів, як IPsec

або PPP. Щодо транспортування даних між підрозділами організації, то для цього достатньо використовувати будь-який тунельний протокол при наявності доступу до Інтернету, якщо при цьому не ставляться жорсткі вимоги до якості обслуговування (QoS). Якщо ж для передачі важливих даних необхідно гарантувати певну якість обслуговування, то на сьогоднішній день основним рішенням є застосування технології MPLS, що дозволяє забезпечити потрібний рівень QoS.

MPLS у поєднанні з динамічними маршрутизуючими протоколами, такими як OSPF або IS-IS, а також протоколом RSVP для резервування ресурсів, дозволяє створювати віртуальні канали зв'язку з фіксованою пропускною здатністю. Це стається завдяки інтеграції даних про мережеві шляхи, які зберігаються в маршрутизаторах, і включають відомості про смуги пропускання та інші важливі параметри, що допомагають приймати оптимальні маршрути для передачі даних. Алгоритм CSPF (Constrained Shortest Path First), який бере до уваги обмеження по пропускній здатності, обчислює оптимальний шлях для передачі даних. Далі, з використанням протоколу RSVP, відбувається резервування необхідних ресурсів, і відповідно, оновлюються таблиці маршрутизації для подальшої передачі інформації.

Попри те, що процес вибору маршруту є автоматизованим, він потребує налаштування тунельних інтерфейсів на граничних маршрутизаторах. Ці інтерфейси визначають необхідні параметри, зокрема адреси та смуги пропускання для встановлення з'єднання між двома точками мережі. Кількість таких тунелів і їх пропускна здатність визначаються вимогами мережі та можуть варіюватися в залежності від ситуації.

Використання технології MPLS дає змогу ефективно управляти ресурсами мережі, забезпечуючи необхідну пропускну здатність і високу якість обслуговування, що є критичним для сучасних корпоративних VPN-рішень, де забезпечення стабільної і безперебійної роботи є пріоритетом.

Технологія MPLS відкриває нові горизонти для розбудови великих IP-мереж. Завдяки своїй гнучкості та можливостям інтеграції, вона дозволяє значно покращити традиційні методи організації мереж, що використовують як IP-маршрутизатори, з'єднані через «точка-точка» канали, так і базуються на транспортних мережах, таких як Ethernet або SDH, з інтегрованими рішеннями на основі IP.

Завдяки MPLS, операторам стає доступною можливість одночасно пропонувати широкий спектр послуг, що включають не тільки стандартні IP-сервіси, а й інші додаткові послуги для корпоративних мереж. Це дозволяє значно розширити спектр пропонованих послуг, що робить постачальників більш конкурентоспроможними на ринку. Технологія також дозволяє оптимізувати трафік і покращити якість обслуговування, що є особливо важливим для сучасних комунікаційних і корпоративних мереж.

На даний момент багато великих технологічних компаній вже пропонують готові рішення на основі MPLS, які здатні не тільки підвищити ефективність мереж, але й значно розширити їх функціональні можливості, зокрема для організацій, що потребують стабільності і високої пропускної здатності при використанні великої кількості сервісів і додаткових функцій.

Робота складається з трьох розділів.

У вступі розглянуто актуальність використання VPN-тунелів, їхню практичну цінність, а також окреслено необхідність дослідження характеристик технології MPLS.

У першому розділі детально проаналізовано переваги MPLS перед IP-мережами. Основна відмінність полягає в підтримці QoS (якості обслуговування), що дає змогу використовувати різні класи обслуговування для ефективної передачі даних. Традиційні IP-мережі такої функціональності не пропонують.

Технологія MPLS забезпечує можливість управління навантаженням у мережі шляхом перерозподілу потоків (Traffic Engineering). Це сприяє більш раціональному використанню смуги пропускання, особливо на маршрутах з меншим завантаженням, що покращує QoS. Крім того, MPLS дає змогу провайдерам розробляти віртуальні приватні мережі (VPN), які об'єднують віддалені вузли єдиним магістральним каналом. На відміну від IP-мереж, MPLS не вимагає застосування дорогих рішень для шифрування, що робить організацію VPN більш економічно виправданою.

В другому розділі: розглянуто методи аналізу мереж VPN, включаючи ортогональний підхід, вузловий метод і контурний метод. З огляду на те, що багато компаній будують свою мережу на базі VPN, провайдери цих послуг зобов'язані забезпечити гарантовану якість обслуговування для кожного потоку трафіку. Зі зростанням кількості сайтів VPN і збільшенням складності інфраструктури управління трафіком стає більш трудомістким процесом. Однак запропонований метод аналізу ефективно моделює розподіл трафіку у великих системах за допомогою матричних обчислень, які зберігають свою точність незалежно від розміру топології мережі.

Крім того, операції з матрицями легко розпаралелюються, що дає змогу прискорити аналіз на багатопроцесорних обчислювальних системах. Однією з головних переваг цього підходу є простота створення математичної моделі. При цьому складність обчислень маршрутів між вузлами зростає пропорційно збільшенню числа каналів у мережі. Метод також дає змогу оцінювати можливості прокладання маршрутів окремими гілками мережі, що робить його зручним інструментом для аналізу та оптимізації мережі провайдера.

Якщо завдання полягає в пошуку маршруту, який задовольняє системі рівнянь, то накладення обмеження на відсутність петель маршруту між вузлами VPN ускладнює розв'язання задачі. Також слід підкреслити, що форма тензора перетворення інтенсивностей контурів мережі визначається матрицею лінійно незалежних циклів. У зв'язку з цим, під час дослідження мереж VPN з різною топологією контурний метод дає змогу сформулювати кілька

рекомендацій щодо вибору матриці лінійно незалежних циклів, що допоможе скоротити обчислювальні витрати.

Для тензора перетворення рекомендується використовувати матрицю фундаментальних циклів або матрицю лінійно незалежних циклів, у якій кожен цикл містить гілки джерела й одержувача. Ці припущення мають емпіричний характер, і для їх підтвердження потрібне додаткове дослідження, щоб установити залежність алгоритмічної складності від типу обраної матриці лінійно незалежних контурів.

В третьому розділі наведено порівняльні дані за якістю обслуговування трафіку в реальному часі в мережі MPLS з тунелями і без них, з аналізом основних критеріїв ефективності організації тунелів у цій мережі.

Висновки до роботи містять огляд результатів дослідження і аналізу, отриманих у ході її виконання.

Публікації

Тематика магістерської роботи була представлена у публікаціїях:

Ботнар А.О., Григорова А.А. Дослідження параметрів роботи технології MPLS для VPN мереж. // Матеріали VII Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції молодих вчених та студентів

Ботнар А.О., Григорова А.А. Використання VPN мереж на підприємствах // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції «Інформаційні технології та програмування»

Структура й об’єм роботи

Кваліфікаційна роботи магістра містить 89 сторінок тексту, 39 рисунків, 5 таблиць, 34 найменування джерел посилань.