Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра кібербезпеки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Остапчука Ігоря Руслановича

на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Метод оцінки впливу маршрутизації на надійність корпоративної мережі

Галузь знань 12 – Інформаційні технології
Спеціальність 125 – Кібербезпека та захист інформації
Освітня програма Кібербезпека та захист інформації

Шифр КРМКБЗІ.2301147.23.01.16 ПЗ

Виконав студент 2 курсу група КБЗІм-23-1 Ігор ОСТАПЧУК
Керівник доктор техн. наук, проф. Михайло КАСЯНЧУК
Нормоконтролер старший викладач Сергій МОСТОВИЙ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри кібербезпеки Юрій КЛЬОЦ

19 12 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Інформаційних технологій

Кафедра Кібербезпеки

Рівень вищої освіти Магістр

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 125 – Кібербезпека та захист інформації

Освітня програма Кібербезпека та захист інформації

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри кібербезпеки

Юрій КЛЬОЦ

2 09 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Остапчуку Ігорю Руслановичу

1 Тема роботи Метод оцінки впливу маршрутизації на надійність корпоративної мережі

Керівник роботи доктор техн. наук, професор Михайло КАСЯНЧУК

Затверджено наказом ректора університету від 26 08 2024 № 60

2 Строк подання студентом кваліфікаційної роботи на кафедру 27.11.2024р.

3 Вихідні дані до роботи Дослідити протоколи маршрутизації в корпоративних мережах для виявлення їх впливу на безпеку мереж, визначити ключові показники впливу на надійність мережі для розробки відповідного методу

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Визначити основні поняття, проаналізувати сучасні методи та засоби побудови корпоративних мереж. Провести огляд протоколів маршрутизації. Виділити ключові фактори, що впливають на надійність корпоративних мереж. Провести практичне дослідження впливу методів маршрутизації на надійність мережі. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

–

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7 Дата видачі завдання 2 09 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Ґрунтовне ознайомлення та дослідження предметної галузі		Виконано
Визначення змісту, структури кваліфікаційної роботи		Виконано
Підготовка першого розділу кваліфікаційної роботи		Виконано
Підготовка другого розділу кваліфікаційної роботи		Виконано
Підготовка третього розділу кваліфікаційної роботи		Виконано
Підготовка статті/тези за темою кваліфікаційної роботи		Виконано
Підготовка четвертого розділу кваліфікаційної роботи		Виконано
Підготовка та оформлення ілюстративного матеріалу		Виконано
Оформлення кваліфікаційної роботи		Виконано
Попередній захист кваліфікаційної роботи		Виконано
Захист кваліфікаційної роботи на засіданні ЕК		Виконано

Студент Ігор ОСТАПЧУК

Керівник кваліфікаційної роботи Михайло КАСЯНЧУК

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: Метод оцінки впливу маршрутизації на надійність корпоративної мережі

Автор роботи: Остапчук Ігор Русланович

Керівник роботи: доктор техн. наук, проф. Касянчук Михайло Миколайович

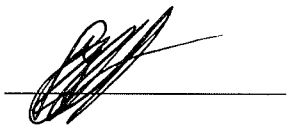
Загальний обсяг роботи: 89 сторінок, 23 рисунка, 2 додатки, 62 посилань.

Ключові слова: корпоративна мережа, маршрутизація в мережі, Вплив на надійність мережі.

Кваліфікаційна робота присвячена питанням оцінки впливу методів маршрутизації на надійність корпоративних мереж.

В роботі розглянути сучасні підходи до побудови корпоративних мереж, проаналізовано сучасні методи та протоколи маршрутизації,, відилені основні показники, що впливають на надійність мереж. За результатами аналізу розроблено метод оцінки впливу методів маршрутизації на надійнісь мереж. Проведено практичні розрахунки впливу різних протоколів маршрутизації на надійність мережі.

9.12.2024



ANNOTATION

Theme of qualification work: Method of assessing the impact of routing on the reliability of a corporate network

Author of the work: Ostapchuk Igor Ruslanovich

Mentor: Ph.D. Kasyanchuk Mykhailo Mykolayovych

Total volume of work: 89 pages, 23 figures, 2 appendices, 62 references

Keywords: corporate network, routing in the network, Impact on network reliability.

The qualification work is devoted to the issues of assessing the influence of routing methods on the reliability of corporate networks.

The work considers modern approaches to building corporate networks, analyzes modern routing methods and protocols, highlights the main indicators that affect the reliability of networks. Based on the results of the analysis, a method of assessing the influence of routing methods on the reliability of networks has been developed. Practical calculations of the influence of various routing protocols on network reliability have been carried out.

9.12.2024

ЗМІСТ

ВСТУП

Сьогодні ми спостерігаємо переломний момент у використанні технологій, які розширюють наші можливості спілкування. Швидкість глобалізації Інтернету перевершила всі очікування. Способи соціального, комерційного, політичного і особистого взаємодії дуже швидко змінюються, щоб не відставати від темпів еволюції глобальної мережі. На наступній стадії розробники будуть використовувати Інтернет в якості основи для створення нових продуктів і послуг, які використовують всі переваги мережі. У міру втілення в життя все нових і нових проектів, які здавалися раніше недосяжними, можливості об'єднаних мереж, що утворюють Інтернет, будуть грати все зростаючу роль в реалізації цих проектів.

Мережі дозволяють людям спілкуватися, співпрацювати і по-різному взаємодіяти. Мережі використовуються для відкриття веб-сторінок, спілкування через IP-телефони, участі у відеоконференціях, онлайн-ігор, здійснення покупок через Інтернет, дистанційного навчання та багато чого іншого.

Масштаб мереж даних, які ми використовуємо в повсякденному житті для навчання, роботи або в розважальних цілях, варіюється від невеликих локальних мереж до великих глобальних об'єднаних мереж. У домашніх умовах користувач може встановити маршрутизатор, а також два або більше комп'ютерів. В рамках організації мова може йти про використання декількох маршрутизаторів і комутаторів, що забезпечують обмін даними між сотнями або навіть тисячами комп'ютерів.

Маршрутизатор використовується для підключення однієї мережі до іншої. Маршрутизатор відповідає за доставку пакетів в різні мережі. Пунктом призначення для IP-пакета може бути веб-сервер, розташований в іншій країні, або сервер електронної пошти в локальній мережі.

Маршрутизатори виконують пересилання пакетів, використовуючи дані таблиці маршрутизації. Інформацію про маршрути до віддалених мереж маршрутизатор отримує за допомогою статичних і динамічних маршрутів.

У великій мережі, що складається з декількох мереж і підмереж,

налагодження та обслуговування статичних маршрутів між цими мережами вимагає частого адміністративного втручання і значних непродуктивних витрат. Непродуктивні витрати особливо зростають при необхідності внесення змін до мережі, наприклад, при збоях в роботі каналу або реалізації нової підмережі. Використання протоколів динамічної маршрутизації може зменшити обсяг завдань по налаштуванню і обслуговуванню і забезпечити більшу масштабованість мережі.

Актуальність теми обумовлена, розширенням цифрового середовища та існуючими відмовами в мережах, які порушують здійснення передачі мережевого трафіку до кінцевих користувачів

Ця кваліфікаційна робота присвячена визначенню базових теоретичних положень та реалізації методу оцінки впливу маршрутизації на надійність корпоративної мережі.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у забезпеченні надійності телекомунікаційної цифрової мережі та зменшення впливу аварійних ситуацій на надійність телекомунікаційної мережі за допомогою різних протоколів маршрутизації та додаткових мережевих протоколів.

Об'єктом дослідження є корпоративні мережі та методи маршрутизації в них

Предметом дослідження є функціональні можливості протоколів динамічної маршрутизації, їх вплив на надійність телекомунікаційної мережі та можливість підвищення надійності мережі за допомогою додаткового мережевого протоколу

Щоб реалізувати програму досліджень необхідно:

а) провести аналіз впливу топології на надійність мережі при побудові її архітектури;

б) провести аналіз впливу протоколів маршрутизації на надійність корпоративної мережі;

в) дослідити функціональні властивості протоколів маршрутизації та їх вплив на надійність корпоративної мережі;

г) дослідити функціональні властивості додаткових мережевих технологій та

їх вплив на надійність мережі при спільній роботі з протоколом маршрутизації;

Публікації. За темою магістерської роботи опубліковано 1 тезу за результатами доповідей на Всеукраїнській науково-практичній конференції.

1 НАДІЙНІСТЬ В КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖАХ

1.1 Принципи побудови сучасних корпоративних мереж

У наш час основною тенденцією проектування та побудови корпоративних мереж стала так звана «Трирівнева модель організації мережі».

Інженери розробили трирівневу ієрархічну модель мережі (рис.1.1). Вона логічна і за рахунок апаратної надмірності дає високу ступінь надійності.

Мережа була розділена на три рівні:

1. Ядро мережі (Core layer)
2. Рівень розподілу (Distribution layer)
3. Рівень доступу (Access layer)

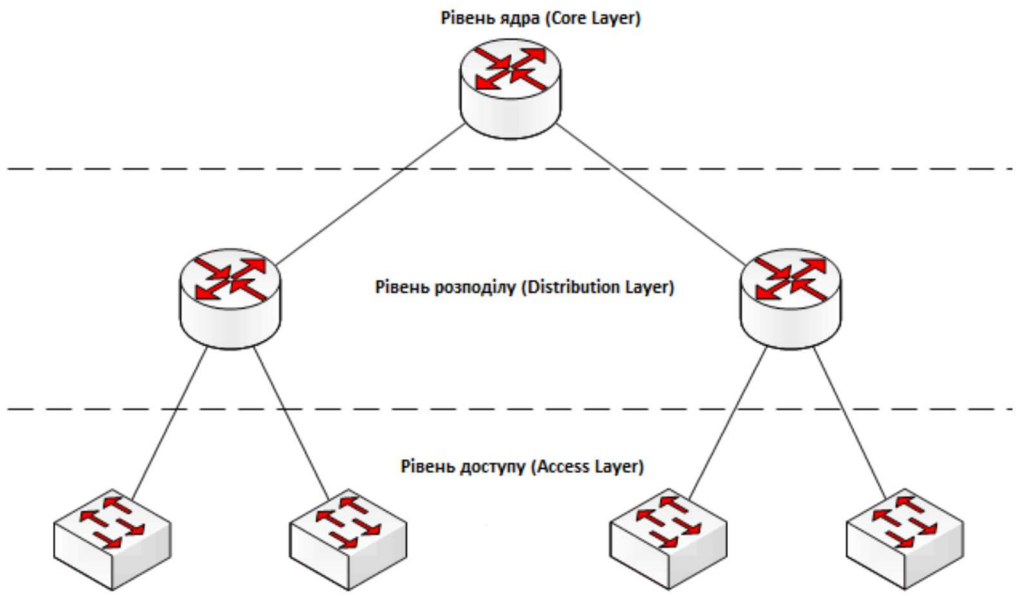


Рисунок 1.1 – Трирівнева ієрархічна модель організації мережі

1. Рівень ядра, базовий рівень - формує ядро мережі. На самому верху ієрархії цей рівень відповідає за швидку і надійну пересилку великих об'ємів трафіку та з’єднання мережі з мережами інших провайдерів.

Якщо відбувається помилка на базовому рівні, то вона впливає на всіх користувачів. Отже, важливо забезпечити високу надійність на базовому рівні. На цьому рівні обробляються великі обсяги трафіку, тому не менш важливо

враховувати швидкість і затримки. На цьому рівні доречно буде використовувати повнозв’язну топологію.

2. Рівень розподілу, рівень робочих груп - розташований між базовим рівнем(рівень ядра) та рівнем доступу.

Рівень розподілу зобов'язаний встановлювати найбільш швидкий спосіб обробки запитів до служб. Після визначення на рівні розподілу найкращого шляху доступу, запит може бути переданий на базовий рівень, де реалізований швидкісний транспорт запиту до потрібної служби.

Основні функції рівня розподілу складаються в маршрутизації, фільтрації і доступі до регіональних мереж, а також (якщо необхідно) у визначенні правил доступу пакетів до базового рівня. Топологія цього рівня – кільце або подвійне кільце.

3. Рівень доступу - на рівні доступу реалізовано управління користувачами і робочими групами при зверненні до ресурсів об'єднаної мережі. До рівня доступу безпосередньо фізично приєднуються самі користувачі.

Топологія цього рівня – деревовидна.

Під топологією мережі розуміється опис її фізичного розташування, а саме, як комп'ютери з'єднані один з одним в мережі, і за допомогою яких пристроїв входять в фізичну топологію. Існують чотири основних топології: шина (Bus), кільце (Ring), зірка (Star) і Mesh-мережі (Mesh). Інші топології зазвичай є комбінацією двох і більше головних типів.

Вибір типу фізичної топології для мережі є одним з перших кроків планування мережі. Вибір топології ґрунтується на безлічі факторів, у число яких входять ціна, відстані, питання безпеки, передбачувана мережева операційна система, а також чи буде нова мережа використовувати існуюче обладнання, проводку і т.п.

Фізична топологія "шина" (Bus), що іменується також лінійної шиною (Linear Bus), складається з єдиного кабелю, до якого приєднані всі комп'ютери сегмента (рис.1.2). Повідомлення надсилаються на лінії всім підключеним станціям незалежно від того, хто є одержувачем. Кожен комп'ютер перевіряє кожен пакет в

дроті, щоб визначити одержувача пакета. Якщо пакет призначений для іншої станції, комп'ютер відкине його. Відповідно, комп'ютер отримає і обробить будь-який пакет на шині, адресований йому.

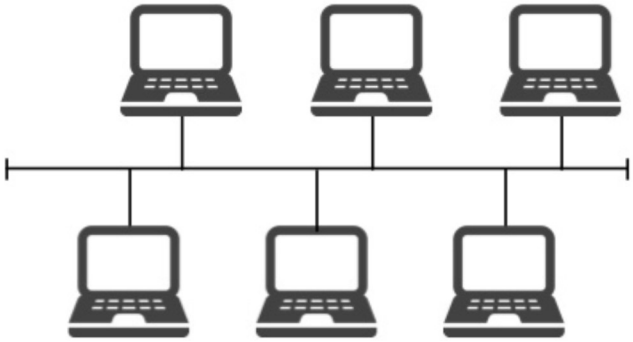


Рисунок 1.2 – Топологія «Шина»

Головний кабель шини, відомий як магістраль (backbone), має на обох кінцях заглушки (terminator) для запобігання відображення сигналу. Без правильно встановлених заглушок робота шини буде ненадійною або взагалі неможливою.

Шинна топологія представляє собою найшвидший і найпростіший спосіб установки мережі. Вона вимагає менше обладнання та кабелів, ніж інші топології, і її легше налаштовувати. Це хороший спосіб швидкого побудови тимчасової мережі. Це зазвичай кращий вибір для малих мереж (не більше 10 комп'ютерів).

Є кілька недоліків, про які треба знати при вирішенні питання про використання шинної топології для мережі. Неполадки станції або іншого компонента мережі важко ізолювати. Крім того, неполадки в магістральному кабелі можуть привести до виходу з ладу всієї мережі.

Топологія "кільце" (Ring) зазвичай використовується в мережах Token Ring і FDDI (волоконно-оптичних). У фізичної топології Ring лінія передачі даних фактично утворює логічне кільце, до якого підключені всі комп'ютери мережі (рис.1.3). На відміну від шинної топології, яка використовує конкурентну схему, щоб дозволити станціям отримувати доступ до мережевого носія, доступ до носія в кільці здійснюється за допомогою логічних знаків - "маркерів" (token), які

пускаються по колу від станції, до станції, даючи їм можливість переслати пакет, якщо це потрібно. Це дає кожному комп'ютеру в мережі рівну можливість отримати доступ до носія і, отже, переслати по ньому дані. Комп'ютер може посилати дані тільки тоді, коли володіє маркером.

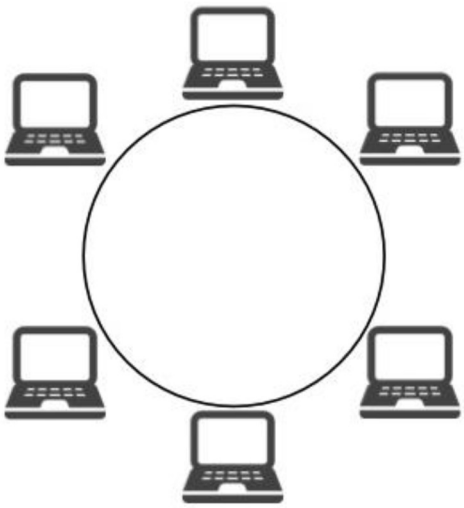


Рисунок 1.3 – Топологія «Кільце»

Так як кожен комп'ютер при цій топології є частиною кільця, він має можливість пересилати будь-які отримані ним пакети даних, адресовані іншій станції. Що виходять регенерація робить сигнал сильним і дозволяє уникнути необхідності в застосуванні повторителей. Так як кільце формує нескінченний цикл, заглушки не потрібні. Кільцева топологія щодо легка для установки і настройки, вимагаючи мінімального апаратного забезпечення.

Топологія фізичного кільця має кілька недоліків. Як і в разі лінійної шини, неполадки на одній станції можуть привести до відмови всієї мережі. Підтримувати логічне кільце важко, особливо в великих мережах. Крім того, в разі необхідності настройки і переконфігурації будь-якій частині мережі доведеться тимчасово відключити всю мережу.

Кільцева топологія дасть всім комп'ютерам рівні можливості доступу до мережевого носія.

У топології "зірка" (Star) всі комп'ютери в мережі з'єднані один з одним за

допомогою центрального концентратора (рис.1.4). Всі дані, які посилає станція, прямують прямо на концентратор, який потім пересилає пакет в напрямку одержувача. Як і при шинної топології, комп'ютер в мережі типу "зірка" може намагатися надіслати дані в будь-який момент. Однак на ділі тільки один комп'ютер може в конкретний момент часу проводити посилку. Якщо дві станції посилають сигнали на концентратор точно в один час, обидві посилки виявляться невдалими і кожному комп'ютеру доведеться почекати випадковий період часу, перш ніж знову намагатися отримати доступ до носія. Мережі з топологією Star зазвичай краще масштабуються, ніж інші типи.

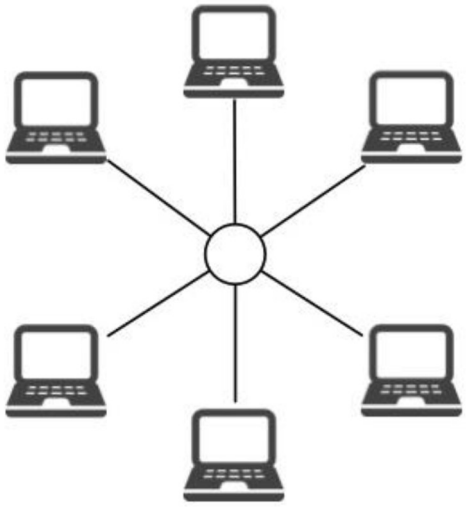


Рисунок 1.4 – Топологія «Зірка»

Головна перевага впровадження топології "зірка" полягає в тому, що на відміну від лінійної шини неполадки на одній станції не виведуть з ладу всю мережу. У мережах з цієї топологією простіше знаходити обриви кабелю та інші несправності. Це полегшує виявлення обриву кабелю з іншими проблемами. Крім того, наявність центрального концентратора в топології "зірка" полегшує додавання нового комп'ютера і реконфігурацію мережі.

Топології "зірка" притаманне кілька недоліків. По-перше, цей тип конфігурації вимагає більше кабелю, чим більшість інших мереж, внаслідок наявності окремих ліній, що з'єднують кожен комп'ютер з концентратором. Крім

того, центральний концентратор виконує більшість функцій мережі, так що вихід з ладу одного цього пристрою відключить всю мережу.

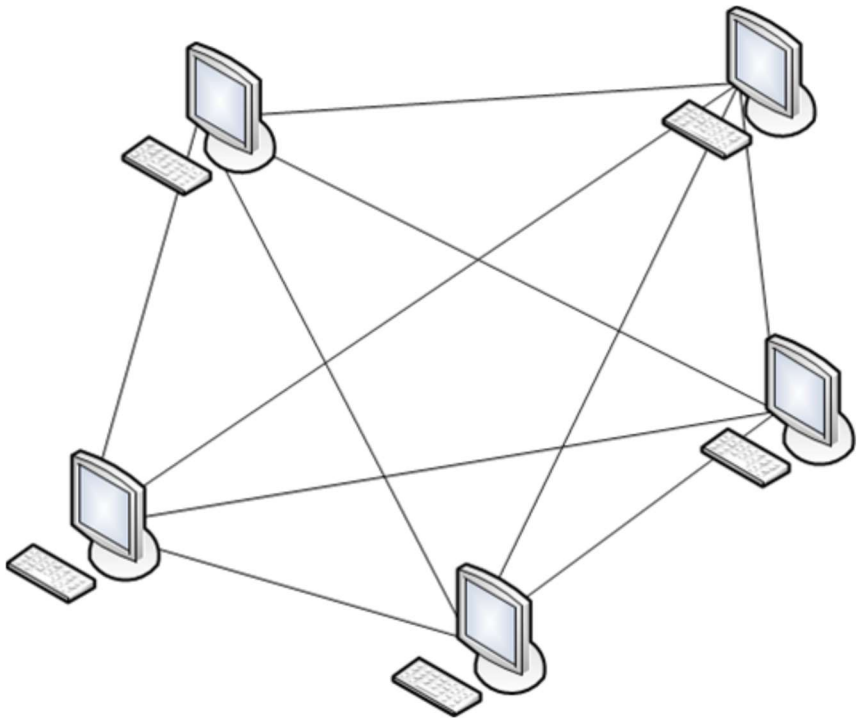


Рисунок 1.5 – Топологія «Комірчаста»

Mesh-мережі (Mesh) з'єднує всі комп'ютери попарно (рис. 1.5). Мережі повнозвязної топології використовують значно більше кабелю, чим будь-яка інша топологія, що робить їх дорожче. Крім того, такі мережі значно складніше встановлювати, ніж інші топології. Однак Mesh-мережі стійка до збоїв (fault tolerance). Стійкість до збоїв полягає в здатності працювати при наявності пошкоджень. У мережі з пошкодженим сегментом це означає обхід сегмента. Кожен комп'ютер має безліч можливих шляхів сполучення з іншим комп'ютером по мережі, так що окремий обрив кабелю не призведе до втрати з'єднання між будь-якими двома комп'ютерами.

1.2 Корпоративні мережі та їх класифікація

Телекомунікації - це будь-які форми зв'язку, способи передачі інформації на великі відстані. Телекомунікації - це також процеси передачі, отримання та обробки інформації на відстані із застосуванням електронних, електромагнітних, мережевих, комп'ютерних та інформаційних технологій.

Однією з основних характеристик корпоративної мережі є надання можливості отримання необхідної інформації для забезпечення діяльності фірми чи задоволення особистих потреб користувачів.

Проблема інформаційного наповнення корпоративних мереж стає все більш важливою в зв'язку тенденціями розвитку світової інформаційної інфраструктури. Існуючі на сьогоднішній день кілька десятків мереж не можуть набрати необхідну кількість абонентів для самоокупності та стабільної діяльності. Тому гостро постає питання про комплексне обслуговування користувача. Необхідно відзначити також проблему якості баз даних та інформаційно-пошукових систем.

Типи корпоративних систем.

За призначенням корпоративні системи групуються наступним чином:

- системи телемовлення;
- системи зв'язку (в т.ч. персонального виклику);
- комп'ютерні мережі.

За типом використовуваного середовища передачі інформації:

- кабельні (традиційні мідні);
- оптоволоконні;
- ефірні;
- супутникові.

За способом передачі інформації:

- аналогові;
- цифрові.

Системи зв'язку поділяються за мобільністю на:

– стаціонарні (традиційні абонентські лінії);

– рухливі.

Рухливі системи зв'язку поділяються за принципом охоплення зони обслуговування:

– на мікростільникові - GSM;

– стільникові - GSM, CDMA, GPRS, WCDMA, LTE;

– транкінгові - TETRA, SmarTrunk;

– супутникові.

Як показує практика, навіть підготовленому користувачеві дуже важко оцінити параметри представлених систем. Доводиться з жалем констатувати, що нерідко найвідоміші з реклами системи не є дійсно найкращими, так як іноді велика частина зусиль виробника інформаційної продукції зосереджена на організації рекламної діяльності, а проблеми якості товарів, що поставляються залишаються на другому плані. Тому безсумнівний інтерес для під час виборів інформаційних систем представляють дані, отримані досвідченими експертами на конкурсах інформаційних систем.

Для досліджень, буде використана модель цифрової комп’ютерної мережі.

1.3 Параметри надійності в корпоративній мережі

Корпоративні мережі характеризують за показниками, які відображають у цілому можливість і ефективність транспортування інформації. Можливість транспортування інформації в корпоративній мережі пов'язана зі ступенем її функціональності в часі, тобто виконанням заданих функцій в повному обсязі з необхідним рівнем якості протягом певного періоду експлуатації мережі або в конкретний момент часу.

Працездатність мережі пов'язана з поняттями надійності та живучості. Різниця між цими поняттями зумовлена, насамперед, відмінностями причин та

факторів, які порушують нормальну роботу мережі, та специфікою порушень.

Надійність мережі зв'язку характеризується здатністю забезпечувати зв'язок, зберігаючи в часі значення встановлених показників якості в заданих умовах експлуатації.

Вона відображає вплив на працездатність мережі передусім внутрішніх чинників: випадкових відмов технічних засобів, спричинених процесами старіння, дефектами технології виготовлення або помилками обслуговуючого персоналу. Показниками надійності є, наприклад, відношення часу працездатності мережі до загального часу її експлуатації, ймовірність безвідмовного зв'язку та ін.

Важливим показником є також кількість незалежних шляхів передавання інформаційного повідомлення, які можуть бути визначені між парою пунктів мережі.

Живучість мережі зв'язку характеризується здатністю зберігати повну або часткову функціональність під впливом руйнуючих причин, які виникають поза межами мережі й призводять до виходу з ладу чи значних пошкоджень деякої частини її елементів (пунктів і ліній зв'язку). Виокремлюють два типи таких причин: стихійні й навмисні. До стихійних чинників відносяться: землетрус, повіні та інші форсмажорні обставини, до навмисних – пошкодження мережі в наслідок злочинних дій.

Живучість мережі можуть характеризувати такі показники, які визначають: вірогідність того, що між будьякою заданою парою пунктів мережі можна передати обмежений обсяг інформації після впливу руйнівних факторів; мінімальну кількість пунктів, ліній мережі (або тих та інших), вихід з ладу яких призводить до порушення зв'язності мережі відносно довільної пари пунктів; середню кількість пунктів, які залишаються зв'язними при одночасному пошкодженні декількох ліній зв'язку та ін.

Пропускна здатність мережі. У тих випадках, коли мережа не може обслуговувати (реалізувати) необхідне навантаження, говорять про обсяг реалізованого навантаження в мережі. Величина реалізованого мережею навантаження визначає її пропускну здатність і в ряді випадків може бути оцінена

кількісно апріорі. Наприклад, можна визначити величину максимального потоку інформації між двома пунктами (джерело-стік), або пропускну спроможність перетину мережі, що є найвужчим місцем при поділі мережі між джерелом і стоком на дві частини. Оцінка пропускної здатності мережі значною мірою пов'язана з параметрами якості обслуговування, тому що реалізація конкретного навантаження має здійснюватися відповідно до заданих параметрів якості.

Якість обслуговування визначається сукупністю показників, які вказують на рівень відповідності корпоративної мережі нормам експлуатації та вимогам користувачів.

Рентабельність і вартість. Корпоративна мережа є рентабельною, як що витрати на її організацію і забезпечення працездатності окупаються доходом від наданих користувачам послуг. Основна економічна характеристика мережі - це зведені (загальномережеві) витрати, які визначають її вартість з урахуванням експлуатації й керування.

1.4 Методи для забезпечення та підвищення надійності корпоративної мережі

Отже, під надійністю прийнято розуміти комплекс властивостей інформаційних систем(ІС), які забезпечують виконання заданих функцій зі збереженням у часі і в заданих обмеженнях експлуатаційних характеристик. Характеристики визначаються показниками, які піддаються контролю і обліку.

В основному в комплекс властивостей надійності інформаційних систем, входять наступні властивості:

– безвідмовність - властивість зберігати працездатність протягом деякого часу;

– стійкість - властивість зберігати працездатність в умовах дії перешкод;

– корректність - властивість, що полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень та підтримці і відновленню працездатного стану шляхом доопрацювання і модернізації;

– захищеність - властивість про неможливість реалізації сторонніх втручань.

Наведені вище властивості надійності чисельно виражаються через показники надійності - кількісні характеристики одного або декількох властивостей, що визначають надійність ІС.

Сучасний етап розвитку територіально розподілених мереж передачі даних характеризується зростанням складності і масштабів інфраструктур, безперервним підвищенням вимог до якості послуг, що надаються зв'язку, доступу до сервісів. Мережа передачі даних повинна бути економічно ефективною, і при її проектуванні або модернізації має бути виконано відповідне обґрунтування та надані розрахунки щодо забезпечення надійності. До надійності мереж пред'являються все більш високі вимоги. Низька надійність призводить до втрати клієнтів, збитків і штрафних санкцій.

Підвищення надійності мережі пов'язано з додатковими витратами, які можуть перевищити прибуток, одержуваний від надання інфокомунікаційних послуг. У зв'язку з цим актуальною є задача досягнення необхідних характеристик надійності при проектуванні або модернізації мережі при мінімально можливих витратах на її забезпечення. Під терміном «надійність» розуміється властивість мережі зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах використання.

Надійність мережі забезпечується застосуванням надійного обладнання і внесенням надмірності в структуру мережі для підвищення готовності мережі, тобто, забезпечення її відмовостійкості.

Комплексне вирішення завдань забезпечення надійності включає обидва напрямки - забезпечення апаратної та структурної надійності. У першому випадку

вирішується проблема забезпечення надійності елементів мережі - мережевого обладнання, каналів передачі даних, програмного забезпечення. Структурна надійність забезпечує функції мережі, пов'язані з передачею даних. Для аналізу структурної надійності використовуються показники зв'язності граф-моделей мережі.

Порушити зв'язність може як відмова апаратури в вузлах мережі, так і відмова каналів передачі даних. При цьому відмова каналу може бути пов'язаний як з його механічним пошкодженням (обривом), так і з погіршенням його характеристик, в тому числі перевищенням його пропускної здатності. Для забезпечення зв'язності мережі застосовуються відмовостійкі мережеві технології, пов'язані з введенням надмірності реалізацією обхідних шляхів передачі інформації, і застосуванням протоколів, наприклад STP, автоматично забезпечують обхід відмовив ділянки.

Внесення надмірності в топологію корпоративних мереж дозволяє підвищити надійність маршрутизації великих обсягів трафіку, забезпечивши зв'язність з максимальним числом зовнішніх мереж.

Для реалізації підвищення надійності необхідно розвивати складні комп'ютерні мережі (КМ) як державного рівня, так і рівня підприємств. При цьому сегменти КМ можуть перебувати в різних регіонах країни на значній відстані один від одного. Створення окремої корпоративної мережі для кожної КМ не представляється можливим як з економічних, так і з технічних причин. Таким чином, необхідна інтеграція з мережею зв'язку загального користування і можна говорити про те, що переважна більшість сучасних комп’ютерних мереж інтегровані з мережею Інтернет.

Це призводить до серйозного підвищення ризику виходу елементів мережі з ладу в результаті впливу навмисних і ненавмисних перешкод. Наслідком відмови безлічі елементів мережі може стати руйнування комп'ютерної мережі та неможливість здійснювати інформаційний обмін.

Основними напрямками забезпечення надійності передачі інформації є: нарощування додаткових ресурсів в мережі передачі даних, різні способи

маршрутизації, порівняльний аналіз оцінки надійності структур на етапі проектування. Нарощування додаткових ресурсів з метою резервування каналу на випадок підвищення кількості переданих повідомлень є дорогим рішенням. Маршрутизація дозволяє розподіляти трафік по різних каналах і вузлів, компенсуючи його зростання.

1.5 Постановка задачі

В першому розділі, було розглянуто принципи побудови сучасних корпоративних мереж та типи фізичних топологій, які використовуються у наш час в цифровому просторі. Також, було розглянуто типи корпоративних мереж та їх классифікація.

Виходячи з вищесказаного, можливо зробити висновок, що для підвищення надійності мережі варто використовувати надійне обладнання одного вендора, яке буде повністю сумісним з мережевими технологіями, що використовуються для маршрутизації трафіку та забезпечують виконання заданих функцій мережі.

Було обгрунтовано, що надійність корпоративної мережі повинна забезпечувати клієнтам можливість обмінюватися інформацією і отримувати сервіси в умовах технічних відмов, експлуатаційних помилок, а також з урахуванням можливих загроз і ризиків, пов'язаних з атаками типу відмова в обслуговуванні. Для підвищення надійності мережі, пропонується метод внесення надмірності в структуру мережі, яка допоможе справлятися з раптовими аваріями в мережі, тобто, таким чином можна підвищити відмовостійкість мережі.

Для оцінки надійності мережі, буде використовуватися час відновлення вузла, шляхом використання ICMP запитів та фіксацією часу їх проходження по мережі, відправлених з одного вузла на інший при використанні різних протоколів маршрутизації та мережевих технологій.

2 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕРЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ

Маршрутизація є функцією третього рівня моделі OSI. Вона заснована на ієрархічній схемі, яка дозволяє групувати окремі адреси і працювати з групами як з єдиним цілим до тих пір, поки не буде потрібно встановити індивідуальну адресу для остаточної доставки даних.

Під терміном "маршрутизація" мають на увазі процес визначення найефективнішого шляху від одного пристрою до іншого. Основним пристрієм, що відповідає за здійснення процесу маршрутизації, є маршрутизатор.

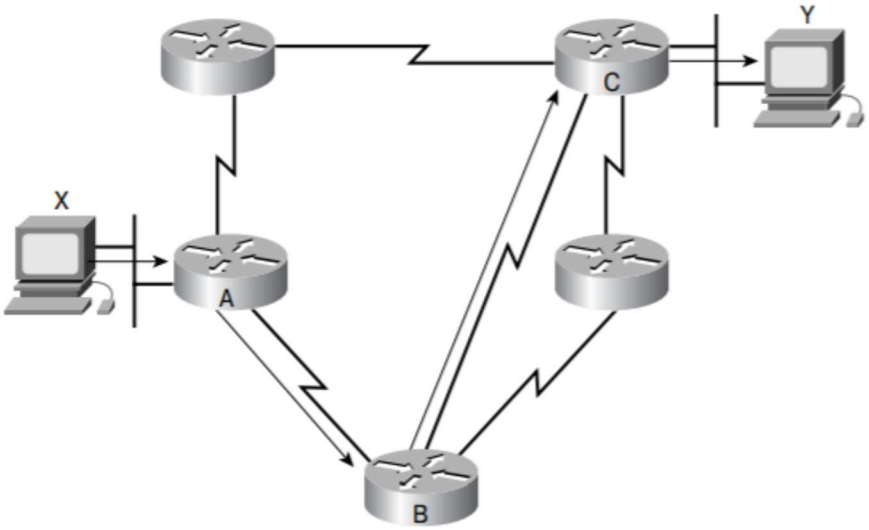


Рисунок 2.1 – Принцип дії протоколу мережевого рівня

Маршрутизатор виконує дві ключові функції:

- підтримує таблиці маршрутизації і обмінюється інформацією про зміни в топології мережі з іншими маршрутизаторами. Ця функція реалізується за допомогою одного або декількох протоколів маршрутизації для передачі мережевої інформації іншим маршрутизаторів;

- коли пакети приходять на один з інтерфейсів, маршрутизатор, керуючись таблицею маршрутизації, повинен визначити, куди саме слід відправити пакет. Він перенаправляє пакети на обраний інтерфейс, створює фрейми і потім пересилає їх.

2.1 Основні принципи маршрутизації

Для передачі даних між різними мережами використовується маршрутизатор. Даний мережевий пристрій працює на мережевому рівні моделі OSI. Основними завданнями маршрутизатора є вибір найкращого маршруту до мережі призначення і комутація пакетів для передачі.

Використання маршрутизаторів передбачає, що мережа матиме складну структуру з різними технологіями передачі даних на канальному і фізичному рівнях і безліччю маршрутів, в тому числі з надлишковими зв'язками.

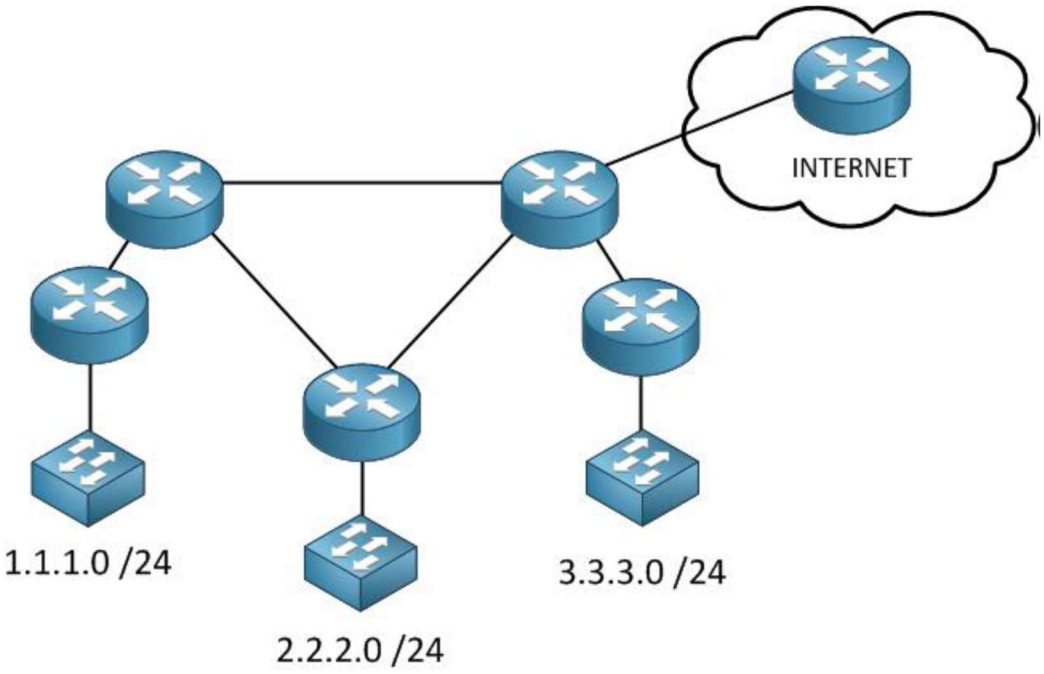


Рисунок 2.2 – Принцип дії маршрутизаторів

Виходячи з цього, можна сказати наступне:

1. Маршрутизатор будує таблицю маршрутизації на підставі інформації, отриманої через свої інтерфейси, від сусідніх маршрутизаторів.

2. Маршрутизатор приймає рішення про передачу пакета, грунтуючись лише на інформації, яка міститься в його таблиці маршрутизації.

3. У мережі, побудованій на маршрутизаторах, інформація, яка передається до місця призначення по одному маршруту, назад може передаватися по іншому

маршруту.

Коли пристрій має кілька шляхів для досягнення пункту призначення, воно завжди вибирає один шлях, вважаючи за краще його іншим. Цей процес вибору називається Routing. Маршрутизація виконується за допомогою спеціальних мережевих пристроїв, званих маршрутизаторами, або їх можна виконувати за допомогою програмних процесів. Маршрутизатор на основі програмного забезпечення мають обмежену функціональність і обмежену область дії.

Маршрутизатор завжди налаштований з певним маршрутом за замовчуванням. Маршрут за замовчуванням повідомляє маршрутизатора, куди пересилати пакет, якщо маршрут не найден для конкретного адресата. Якщо існує кілька шляхів для досягнення одного і того ж адресата, маршрутизатор може прийняти рішення на основі такої інформації:

- Кількість стрибків
- Пропускна здатність
- Метрика
- Довжина префікса
- Затримка

Мета маршрутизації - це вибір оптимального маршруту доставки даних з однієї мережі в іншу. Для забезпечення маршрутизації будуються спеціальні таблиці, які називаються таблицями маршрутизації.

Визначення маршруту може базуватися на різних показниках (величинах, результуючих з алгоритмічних обчислень по окремої змінної - наприклад, довжина маршруту) або комбінаціях показників. Програмні реалізації алгоритмів маршрутизації вираховують показники маршруту для визначення оптимальних маршрутів до пункту призначення.

Для полегшення процесу визначення маршруту, алгоритми маршрутизації ініціалізують і підтримують таблиці маршрутизації, в яких міститься маршрутна інформація. Маршрутна інформація змінюється в залежності від використовуваного алгоритму маршрутизації.

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

R 10.0.0.0/8 [120/1] via 192.168.1.2, 00:00:12, Serial0/0/0
R 11.0.0.0/8 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:02, Serial0/0/1
172.1.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C 172.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C 172.1.2.0 is directly connected, FastEthernet0/1
C 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R 192.168.3.0/24 [120/1] via 192.168.1.2, 00:00:12, Serial0/0/0
                 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:02, Serial0/0/1
R1#
```

Рисунок 2.3 – Приклад таблиці маршрутизації

На рисунку (2.3) представлений приклад таблиці маршрутизації маршрутизатора фірми "Cisco".

У верхній частині, знаходиться довідкова інформація про джерела маршрутної інформації (як запис про маршрут потрапила в таблицю).

Рядок «Gateway of last resort is not set» вказує на наявність маршруту за замовчуванням. Решта рядків вказують номера «відомих» маршрутизатора мереж з визначенням способу отримання маршрутної інформації та уподобань маршруту.

Розглянемо докладніше рядок з таблиці маршрутизації "R 10.0.0.0/8 [120/1] via 192.168.1.2, 00:00:12, Serial0/0/0".

Інформація про маршрут, яка знаходиться в таблиці маршрутизації, містить наступні дані:

– R - джерело отримання маршрутної інформації.

– 10.0.0.0/8 - номер (IP-адреса) мережі призначення і префікс (Маску).

– [120/1] - параметри маршруту (адміністративна дистанція «120» і метрика - «1»).

Адміністративна дистанція визначає ступінь довіри до джерела маршрутної інформації. Метрика визначає вартість маршруту до мережі призначення і

формується джерелом маршрутної інформації.

Якщо одне джерело маршрутної інформації отримає кілька маршрутів до мережі призначення, то в таблицю маршрутизації буде занесений маршрут з найменшою метрикою. Якщо до мережі призначення буде отримано кілька маршрутів від різних джерел, то в таблицю маршрутизації буде занесений маршрут з найменшим значенням даного параметра.

192.168.1.24 - IP-адреса інтерфейсу сусіднього маршрутизатора по шляху до мережі призначення (next hop).

00:00:12 - Час, що минув з моменту поновлення інформації по даному маршруту.

Serial0 / 0/0 - Ім'я вихідного інтерфейсу даного маршрутизатора для передачі пакета до мережі призначення.

Можна виділити три шляхи, по яких маршрутна інформація потрапляє в таблицю:

В першу чергу, в таблицю маршрутизації заносяться записи про мережах, які безпосередньо підключені до інтерфейсів маршрутизатора. Вони визначаються як «C» - connected (виділено зеленим). Вказується, що дана мережа є безпосередньо підключеної (is directly connected).

Зверніть увагу на те, що в цих маршрутах не вказані значення метрики і адміністративної дистанції. Для маршрутів даного типу значення цих параметрів дорівнюють нулю.

Другий шлях - за допомогою статичної маршрутизації. Маршрутизатор дізнається про маршрут, коли адміністратор налаштовує маршрут вручну (статично). В цьому випадку при зміні топології мережі записи про маршрутах повинні оновлюватися вручну. Тут так само не вказані значення метрики і адміністративної дистанції. Для маршрутів даного типу значення метрики - «0», а адміністративної дистанції (за замовчуванням) - «1».

Третій шлях - за допомогою динамічної маршрутизації.

Маршрутизатор динамічно вивчає маршрути, після того як на ньому налаштований протокол маршрутизації. Протокол маршрутизації автоматично

оновлює маршрути при отриманні інформації про зміну мережевої топології.

Маршрутизатор вивчає і підтримує маршрути до віддалених мереж, обмінюючись оновленнями маршрутної інформації з іншими маршрутизаторами в мережі.

Тепер розглянемо, в якому порядку встановлюються записи про маршрутах в таблиці маршрутизації. Всі записи встановлюються в порядку зростання номера мережі призначення.

При цьому, якщо префікс (маска) номера мережі відповідає класу мережі, то такий маршрут записується в таблицю без доповнень.

В даному прикладі це маршрути в мережі 10.0.0.0, 11.0.0.0 і 192.168.3.0.

Якщо префікс більше класової маски мережі, то в таблиці створюється додаткова запис з класової маскою і зазначенням кількості підмереж, які «відомі маршрутизатора» і належать даному класу. Такий запис можна назвати батьківський маршрут.

В даному прикладі це 150.160.0.0/24 і 172.1.0.0/16.

Ті маршрути, номери мереж яких є підмережами для батьківських, називаються - спадкоємці.

У префікс батьківського маршруту вказується значення префікса спадкоємців (підмереж), якщо у всіх спадкоємців префікси рівні. Якщо у спадкоємців префікси різні, то батькові записується класовий префікс. Якщо до мережі призначення відомо кілька маршрутів з однаковою метрикою, то вони записуються один за одним.

Існує багато способів вирішення задач пошуку оптимальних шляхів в мережі, що реалізовані в протоколах, за якими відбувається маршрутизація. Ці протоколи поділяються на дві категорії: протоколи внутрішньої маршрутизації (IGP, Interior Gateway Protocols): OSPF (Open Shortest Path First), Dual IS-IS (Intermediate System to Intermediate System), RIP (Routing Information Protocol), GGP (Gateway to Gateway Protocol); та протоколи зовнішньої маршрутизації (Exterior Gateway Protocols): BGP (Border Gateway Protocol), EGP (Exterior Gateway Protocol), InterAS Routing without Exterior Gateway; та статична маршрутизація (Static Routing).

З математичної точки зору протоколи маршрутизації виконують пошук найменшого зв’язного дерева по графу, ребер якого відповідають наявним лініям зв’язку, а ваги ребер обчислюються відповідно до адміністративно заданих критеріїв.

У маршрутних таблицях може міститися також і інша інформація. "Показники" забезпечують інформацію про бажаність якого-небудь каналу або тракту. Роутери порівнюють показники, щоб визначити оптамальние маршрути. Показники відрізняються один от одного в залежності від використаної схеми алгоритму маршрутизації. Далі в цій главі буде представлений і описаний ряд загальних показників.

Роутери повідомляються один з одним (і підтримують свої маршрутні таблиці) шляхом передачі різних повідомлень. Одним з видів таких повідомлень є повідомлення про "відновлення маршрутизації". Оновлення маршрутизації зазвичай включають всю маршрутну таблицю або її частину. Аналізуючи інформацію про відновлення маршрутизації, що надходить від усіх роутерів, будь-який з них може побудувати детальну картину топології мережі. Іншим прикладом повідомлень, якими обмінюються роутери, є "об'явлення про стан каналу". Об'явлення про стан каналу інформує інші роутери про стан кааналов відправника. Канальна інформація також може бути використана для побудови повної картини топології мережі. Після того, як топологія мережі стає зрозумілою, роутери можуть визначити оптимальні маршрути до пунктів призначення.

2.2 Вимоги мережі до протоколу маршрутизації

Як відомо, протоколи динамічної маршрутизації дозволяють маршрутизаторам IP-мереж автоматично створювати таблиці оптимальних (за обраним критерієм) маршрутів і динамічно модифікувати їх відповідно до змін, що відбуваються в топології мережі.

Визначення протоколу для впровадження його в мережу, залежить від

наступних факторів:

1. Фізична топологія мережі і її складність.

При побудові мережі, дуже важливо передбачити наявність резервних ліній зв'язку, які будуть забезпечувати надійне функціонування в разі відмов мережевого обладнання та основних ліній зв'язку.

2. Кількість мережевих вузлів в мережі і можливість її в масштабуванні в разі потреби.

Функціональні можливості деяких протоколів маршрутизації, можуть бути обмежені через розміри мережі.

3. Потенційна завантаженість мережі.

Велике значення має можливість протоколу маршрутизації до розподілу потоку трафіку по каналах зв'язку, в разі їх перевантаженості.

4. Певні вимоги до надійності функціонування мережі.

Час простоїв через відмови мережевих вузлів в мережі, залежить від роду діяльності організації, визначається можливими фінансовими збитками або порушенням виробничого циклу в компанії.

5. Вимоги до захисту інформації в мережі.

Ці вимоги визначаються ступенем ризику, пов'язаного з потраплянням кофеденціальной інформації про логічних маршрутах мережі і її мережевих вузлів в руки зловмисників, що особливо важливо для мереж, що мають зовнішні канали зв'язку.

6. Необхідність підключення маршрутизациї сегмента до вже існуючої мережі.

В цьому випадку слід звернути увагу на сумісність протоколів маршрутизації і засобів їх реалізації.

7. Можливість організації програмних маршрутизаторів.

При невеликому трафіку в мережі або на окремих її ділянках від маршрутизаторів не потрібна висока продуктивність. У таких випадках з економічної точки зору буває вигідніше використовувати замість апаратного маршрутизатора універсальний комп'ютер з декількома мережевими картами і

програмним забезпеченням з функціями протоколів маршрутизації.

8. Кваліфікація персоналу компанії і їх переваги.

Адміністрірірованіе мережі і рівень її складності, дуже залежить від типу мережевих протоколів, які будуть використовуватися в мережі. Важливо враховувати наявність досвіду адміністратора мережі в налаштуванні і впровадженні цих протоколів в мережу.

2.3 Аналіз використання протоколів динамічної маршрутизації

З метою вибору кращого протоколу маршрутизації по поставленому завданню про забезпечення і підвищення надійності мережі, необхідно враховувати їх недоліки та переваги.

Протоколи маршрутизації діляться на два основні класи: протоколи внутрішніх шлюзів (Interior Gateway Protocols - IGP) і протоколи зовнішніх шлюзів (Exterior Gateway Protocols - EGP). Протоколи класу IGP проектувалися для обміну інформацією про мережах і подсетях між внутрішніми маршрутизаторами однієї автономної системи (Autonomous System - AS), тобто між маршрутизаторами, що знаходяться під єдиним адміністративним керуванням, і використовують один протокол маршрутизації. Такими мережами можуть бути мережі провайдерів послуг Internet, великих урядових і науково-дослідних організацій, приватних комерційних концернів. Протоколи EGP проектувалися для обміну маршрутною інформацією між прикордонними маршрутизаторами різних автономних систем. Домінуючим EGP-протоколом сьогодні є протокол граничної маршрутизації версії 4 (Border Gateway Protocol version 4 - BGP-4). Цей протокол використовується для обміну маршрутною інформацією між AS мережі Internet. За методом поширення маршрутної інформації протоколи IGP діляться на дистанційно-векторні і стану каналів зв'язку. У методі вектора відстаней кожен маршрутизатор через рівні проміжки часу посилає сусіднім маршрутизаторам оновлення всієї або частини своєї таблиці маршрутизації.

У міру поширення маршрутної інформації в мережі кожен маршрутизатор може обчислити відстані від нього до всіх мереж і підмереж в межах внутрішньокорпоративної мережі. Найбільш поширеними протоколами даного типу є RIP (Routing Information Protocol) і IGRP (Interior Gateway Routing Protocol). У методі обліку стану каналів зв'язку кожен маршрутизатор корпоративної мережі посилає іншим маршрутизаторів інформацію про своїх безпосередніх з'єднаннях з мережами і маршрутизаторами. На основі отриманої інформації про всі локальних судинних в мережі, кожен маршрутизатор здатний побудувати її повний топологічний граф, а потім заповнити свою таблицю, використовуючи складний алгоритм вибору першого найкоротшого шляху (Shortest Path First - SPF). Найбільш відомими протоколами даного типу є OSPF (Open Shortest Path First) і IS-IS (Intermediate System to Intermediate System). Існують також гібридні протоколи, що поєднують в собі переваги обох методів поширення маршрутної інформації. Прикладом гібридного протоколу є EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol).

Протоколи, засновані на методі вектора відстані, вимагають менше обчислювальних ресурсів маршрутизатора, ніж протоколи з вибором станом каналів зв'язку з їх складними SPF-алгоритмами. З іншого боку, протоколи з вибором станом каналів зв'язку займають меншу частину смуги пропускання мережі (крім початкового етапу вивчення топології мережі) так, як вони поширюють тільки інформацію про зміни, а не всю таблицю маршрутизації, що особливо важливо для великих мереж.

В якості інших критеріїв порівняння протоколів динамічної маршрутизації можна виділити наступні.

1. Швидкість збіжності.

Ця характеристика протоколу визначає тривалість тимчасового інтервалу можливої нестабільної роботи мережі, в перебігу якого протокол виявляє недоступний маршрут, вибирає новий маршрут і поширює нову інформацію по мережі. Швидкість реакції на зміни в мережевий топології особливо важлива при підтримці важливих додатків, що вимагають високого ступеня готовності мережі.

Протоколи, засновані на методі вектора відстані, вимагають більшого часу для збіжності, ніж протоколи з вибором станом каналу зв'язку, тому що інформація про новий шляху передається від одного маршрутизатора до іншого побічно без вказівки джерела її походження в процесі періодичних розсилок.

2. Можливість обліку в метриці (критерії) вибору найбільш раціонального маршруту різних характеристик маршруту.

Метрика розраховується на основі однієї або кількох характеристик шляху. До найбільш вживаною характеристикам шляху відносяться: кількість переходів (проміжних маршрутизаторів в дорозі); пропускна здатність каналів зв'язку; затримка пакета в дорозі; надійність (частота виникнення помилок каналах зв'язку); навантаження (завантаженість маршрутизаторів і каналів зв'язку); вартість (довільне значення, яка призначається адміністратором на підставу як перерахованих вище, так і інших міркувань, наприклад фінансових). Метрики, що обчислюються на основі декількох показників, забезпечують більшу гнучкість при виборі маршруту. Можливості протоколу підтримувати одночасно кілька метрик дозволяють задовольняти вимоги QoS-трафіку (Quality of Service) різних додатків.

3. Можливість балансування навантаження між декількома маршрутами.

Можливість зберігання в таблицях маршрутизації декількох маршрутів до однієї мережі (з рівними або навіть відрізняються метриками) дає можливість маршрутизатора знижувати завантаження ліній зв'язку, шляхом поперемінної відсилання пакетів по кожному з маршрутів. Слід звернути увагу на те, що балансування навантаження може викликати проблеми в тих випадках, коли додаток використовує дейтаграммний протоколи канального і транспортного рівнів, що не нумерують і, отже, не відновлюють порядок проходження пакетів, як це робить, наприклад, транспортний протокол зі установленням з'єднання TCP.

4. Можливість об'єднання маршрутів на співпадаючих ділянках.

Наявність даної функції сприяє зниженню відносної складності великої мережі, скорочення кількості записів в таблицях маршрутизаторів і прискоренню пошуку в них. Об'єднання маршрутів вимагає, щоб протокол маршрутизації підтримував маски підмереж змінної довжини і був здатний поширювати

інформацію про мережеві масках разом з інформацією про мережевих маршрутах.

5. Максимальна кількість маршрутизаторів в мережі визначає можливості її масштабування.

Це обмеження побічно пов'язане з іншими характеристиками протоколу маршрутизації, що впливають на його здатність працювати у великій мережі (наприклад, швидкістю збіжності, часткою смуги пропускання мережі, необхідної для передачі службових повідомлень протоколу).

6. Необхідність попередньої логічної підготовки мережі.

Деякі протоколи маршрутизації для досягнення відповідного рівня масштабування (зменшення споживання обчислювальних ресурсів маршрутизаторів і пропускної здатності мережі) мають на увазі виділення в мережі логічних областей і зв'язків між ними. впровадження таких протоколів може зажадати серйозної інженерної проробки проекту мережі (її топології та схеми адресації).

7. Забезпечення безпеки при обміні маршрутною інформацією.

Якщо мережа підтримує обмін маршрутною інформацією між підмережами, з'єднаними глобальними зв'язками, то потрапляння такої інформації в руки зловмисників може становити загрозу безпеці мережі. У таких випадках підтримка протоколом маршрутизації методів аутентифікації джерела і шифрування маршрутної інформації набуває важливого значення.

8. Доступність програмного забезпечення (ПО) реалізації протоколу маршрутизації.

Проколи можуть бути відритими і підтримуватися різними виробниками апаратних маршрутизаторів і ПО для універсальних комп'ютерів, а можуть бути закритими і реалізуватися лише певними компаніями.

9. Перспективність - реалізація в протоколі перспективних можливостей (наприклад, протоколу IP6, підтримка трафік інжинірингу).

2.4 Висновки

В даному розділі було розглянуто, що таке маршрутизація і яку роль вона виконує в мережі. Було обгрунтовано, які основні принципи маршрутизації, використовує маршрутизатор для передачі трафіку по мережі, а саме:

Маршрутизатор будує таблицю маршрутизації на підставі інформації, отриманої через свої інтерфейси, від сусідніх маршрутизаторів. Це здійснюється за допомогою протоколу динамічної маршрутизації, який відправляє всім сусідам повідомлення про те, що маршрут змінився або в даний момент недоступний.

Маршрутизатор це пристрій, який приймає рішення про передачу пакета, грунтуючись лише на інформації, яка міститься в його таблиці маршрутизації. Тобто, якщо усі мережеві елементи які знаходяться в одному мережевому домені, та не встигнуть змінити свою таблицю маршрутизації, пакет може бути не доставлений до точки призначення.

В рамках дослідження впливу протоколів маршрутизації на надійність корпоративної мережі, пропонується метод нарощування надмірності мережі за допомогою резервних шляхів, шляхом штучного введення їх в мережу та віртуальних логічних каналів, які будуть утворені при використанні додаткових мережевих технологій. Трафік, який буде передаватися до місця призначення, зможе бути переданий і доставлений через різні шляхи. Також, було приведено короткий приклад маршрутної таблиці маршрутизатора для первісного ознайомлення та уявлення, як будується маршрут в мережі.

У розділі розповідається про вимоги мережі до протоколу маршрутизації для повноцінного розуміння при виборі протоколу маршрутизації та введенням його в єксплуатацію з якісною працездатністю в мережі. Основними вимогами при виборі протоколу маршрутизації, вважається:

1. Топологія і складність мережі.
2. Розміри мережі і необхідність в її подальшому масштабуванні.
3. Завантаженість мережі.
4. Вимоги до надійності мережі.

5. Вимоги до захисту інформації в мережі.

6. Необхідність підключення маршрутизації сегмента до вже існуючої мережі.

7. Можливість організації програмних маршрутизаторів.

8. Кваліфікація і суб'єктивні переваги обслуговуючого персоналу.

Також, було надано короткий порівняльний аналіз о протоколах динамічної маршрутизації, а саме дистанційно-векторних протоколів і протоколів за станом каналу. В якості основних критеріїв порівняння протоколів динамічної маршрутизації, було виділено наступні критерії:

1. Швидкість збіжності.

2. Можливість обліку в метриці (критерії) вибору найбільш раціонального маршруту різних характеристик маршруту.

3. Можливість балансування навантаження між декількома маршрутами.

4. Можливість об'єднання маршрутів на співпадаючих ділянках.

5. Максимальна кількість маршрутизаторів в мережі визначає можливості її масштабування.

6. Необхідність попередньої логічної підготовки мережі.

7. Забезпечення безпеки при обміні маршрутною інформацією.

8. Доступність програмного забезпечення (ПО) реалізації протоколу маршрутизації.

9. Перспективність - реалізація в протоколі перспективних можливостей (наприклад, протоколу IP6, підтримка трафік інжинірингу).

У наступному розділі буде розглянуто більш детально про можливості і функції протоколів динамічної маршрутизації, їх недоліки та переваги.

3 АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ В СИСТЕМАХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕРЕЖІ

3.1 Аналіз використання дистанційно-векторних протоколів маршрутизації

Алгоритм дистанційно-векторної маршрутизації визначає напрямок (вектор) і відстань (лічильник вузлів) для кожного з каналів зв'язку, що утворюють мережу.

При використанні цього алгоритму маршрутизатор періодично (наприклад, кожні 30 секунд) пересилає всю або частину своєї таблиці маршрутизації своїм сусідам.

Періодичні поновлення розсилаються маршрутизатором, що використовують дистанційно векторний алгоритм, навіть якщо не відбулися ніякі зміни в мережі. Отримавши таблицю маршрутизації від свого сусіда, маршрутизатор може перевірити вже відомі маршрути і внести необхідні зміни на основі отриманого поновлення. Такий процес іноді називають " маршрутизацією за чутками ", оскільки уявлення маршрутизатора про структуру мережі базується на даних його сусідів. Дистанційно-векторні протоколи маршрутизації засновані на алгоритмі Беллмана Форда (Bellman Ford) і використовують його для пошуку найкращого маршруту.

Дистанційно векторний алгоритм є основою для наступних протоколів:

– для протоколу маршрутної інформації (Routing Information Protocol RIP)

– одного з найбільш широко поширених протоколів IGP типу, що використовує в якості метрики лічильник вузлів;

– для протоколу маршрутизації внутрішнього шлюзу (Interior Gateway Routing Protocol IGRP); корпорація Cisco розробила цей протокол для маршрутизації в великих гетерогенних мережах;

– для вдосконаленого протоколу маршрутизації внутрішнього шлюзу (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol EIGRP), що представляє собою поліпшену версію IGRP від корпорації Cisco; цей протокол має виключно швидку

конвергенцію, працює значно ефективніше, ніж його попередник, і поєднує в собі всі переваги дистанційно векторних алгоритмів і протоколів з урахуванням стану каналів.

3.1.1 Протокол RIP

Протокол RIP використовує дистанційно-векторний алгоритм і в більшості випадків, використовує для маршрутизації найпростішу метрику - кількість проміжних вузлів до мережі призначення.

Перевагою протоколу RIP, є легкість його налаштування, яка не вимагає особливої кваліфікації в адмініструванні. Протокол маршрутної інформації (Routing Information Protocol - RIP) використовує лічильник кількості транзитних вузлів для визначення напрямку і відстані для будь-якого з каналів мережі.

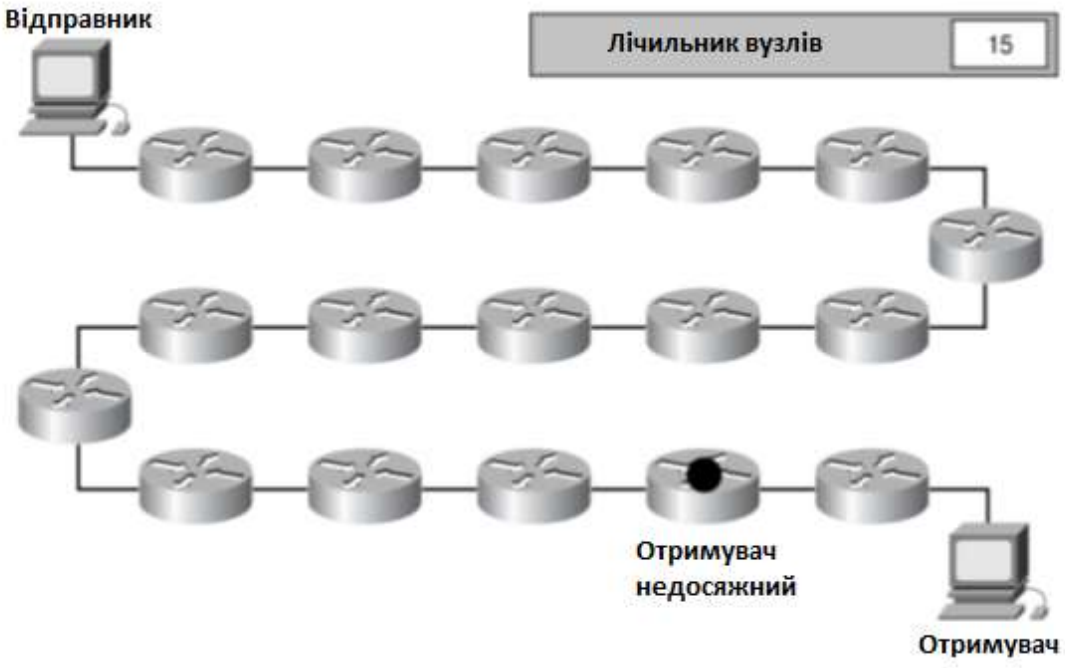


Рисунок 3.1 – Протокол RIP використовує в якості метрики лічильник транзитних вузлів

Якщо існують декілька маршрутів до одержувача, протокол RIP вибере той з них, який має найменше значення лічильника транзитних вузлів. Оскільки лічильник є єдиною метрикою, використовуваної протоколом RIP, обраний

маршрут далеко не завжди виявляється найкоротшим. Протокол RIP версії 1 дозволяє використовувати тільки класову (classfull) маршрутизацію. Це означає, що всі мережеві пристрої повинні мати однакову маску мережі, оскільки RIP версії 1 не включає в маршрутні поновлення інформацію про неї.

Протокол RIP версії 2 використовує так звану префіксну маршрутизацію (prefix routing) і пересилає маску мережі разом з анонсами таблиць маршрутизації: саме за рахунок цієї функції забезпечується підтримка безкласової маршрутизації. Завдяки протоколам безкласової маршрутизації можна використовувати підмережі з різної довжини масками всередині однієї і тієї ж мережі. Використання масок підмережі різної довжини всередині однієї мережі називається технологією масок змінної довжини (Variable Length Subnet Mask -VLSM).

3.1.2 Протокол IGRP

Закритий дистанційно-векторний протокол IGRP компанії Cisco Systems був спроектований для усунення ряду недоліків протоколу RIP, і мав на меті забезпечити кращу підтримку великих мереж (до 255 маршрутизаторів), які містять канали зв'язку з відмінними характеристиками смуги пропускання і величини затримки.

Протокол використовує комбіновану метрику, яка включає затримку, смугу пропускання, надійність і завантаженість маршруту. Вагові коефіцієнти, що визначають внесок цих характеристик в результуючу метрику, задаються користувачем, забезпечуючи гнучку адаптацію до його конкретним завданням. Показники затримки і смуги пропускання конфигурируются для кожної лінії зв'язку попередньо, а показники надійності і завантаженості можуть обчислюватися в процесі обробки реального трафіку в мережі.

Для підтримки вимог QOS різних додатків можна підготувати кілька маршрутних таблиць, побудованих на основі метрик з різними значеннями вагових коефіцієнтів.

Протокол IGRP забезпечує швидшу збіжність, ніж RIP завдяки застосуванню пакетів оновлення з миттєвою розсилкою (інформація про зміни в мережі відправляється відразу, як тільки стає доступною, не чекаючи чергового часу

поновлення). Протокол підтримує балансування навантаження між декількома маршрутами навіть в тому випадку, якщо їх метрики не рівні, але знаходяться в межах певного діапазону показників найкращого маршруту. При цьому співвідношення обсягів відправлених по кожній колії даних буде пропорційно співвідношенню їх метрик.

До недоліків протоколу можна віднести відсутність підтримки масок підмереж змінної довжини і можливості об'єднання маршрутів. Періодичні розсилки маршрутної інформації сусіднім маршрутизаторам залишаються широкомовними. Засоби забезпечення безпеки обмежені. Відсутні кошти аутентифікації при обміні маршрутною інформацією. Непрямим засобом захисту є можливість прийому повідомлень про оновлення маршрутів тільки від тих маршрутизаторів, які даний визначає як «сусідні», а також можливість внесення змін в конфігурацію маршрутизатора тільки на підставі пароля, який зберігається в зашифрованому вигляді.

3.1.3 Протокол EIGRP

Протокол EIGRP компанії Cisco Systems є поліпшену версію вихідного протоколу IGRP. Протокол є гібридним і заснований на алгоритмі поновлення Diffusing-Update Algorithm (DUAL). Він поєднує в собі кращі сторони дистанційно-векторних протоколів (простота алгоритму вибору оптимального маршруту) і протоколів стану каналів зв'язку (швидка збіжність і економія смуги пропускання мережі за рахунок повідомлень тільки про стан зв'язків і про їх зміну). Усі розсилки протоколу є мультікастними або індивідуальними. Таким чином, інформація розсилається тільки при змінах і тільки тим маршрутизаторам, яких вона стосується.

З метою підвищення масштабованності протоколу в нього додана підтримка масок підмереж змінної довжини і можливість об'єднання машрутів. Маршрути діляться на внутрішні і зовнішні - отримані від інших протоколів маршрутизації або записані в таблиці статично.

В останніх версіях EIGRP є засоби захисту, що не дозволяють зловмисникам дописувати елементи в таблицю маршрутизації, і аутентифікація по ключу MD5.

Крім того, в даний час для EIGRP розробляють засоби підтримки IPv6, так що цей протокол буде розвиватися надалі. Основним недоліком EIGRP, як і його попередника, є закритість і реалізація тільки на обладнанні Cisco Systems. Протокол добре сумісний з IGRP, а також з RIP.

3.1.4 Протокол BGP

Протокол граничного шлюзу (Border Gateway Protocol - BGP) є прикладом протоколу EGP типу. Протокол BGP розроблявся як зовнішній для організації маршрутизації між автономними системами в глобальній мережі Internet (максимальне число маршрутизаторів 65534 між AS). В даний час в Internet використовується 4-я версія протоколу BGP-4. Хоча протокол відноситься до зовнішніх протоколів маршрутизації, його іноді застосовують і для внутрішньої маршрутизації.

BGP є протоколом, що орієнтується на вектор відстані. Однак, на відміну від RIP і IGRP протокол BGP не вимагає періодичного оновлення всієї маршрутної таблиці. Обмін повними таблицями виконується між маршрутизаторами тільки при їх початковому підключенні. Надалі відсилаються тільки повідомлення про оновлення в таблицях, причому тільки тим маршрутизаторам, які явно вказані в якості сусідніх. В одному оновленні BGP-4 може бути оголошено про одне новий маршрут або анулювання декількох перестали існувати. Все це сприяє зниженню службового трафіку.

Метрика BGP є довільне число одиниць, що характеризує ступінь переваги конкретного маршруту, і встановлюються адміністратором мережі, в основному виходячи з міркувань договірних і фінансових переваг, можливо, з обліку інших факторів (за замовчуванням на підставі мінімального числа проміжних AS).

У різних маршрутизаторів може використовуватися різна маршрутна політика. Хоча BGP підтримує маршрутну таблицю всіх можливих шляхів до конкретної мережі, в своїх повідомленнях про коригування він оголошує тільки про оптимальні маршрути. Наявність в таблиці альтернативних маршрутів прискорює реакцію маршрутизатора на інформацію про недосяжність основного шляху, а також дозволяє підтримувати балансування навантаження. Оскільки протокол

орієнтований на обмін даними між різними AS, де при виборі маршрутів переважають, як правило, не технічні, а політичні міркування, то процес балансування навантаження на увазі осмислене розподіл маршрутів між альтернативними каналами за допомогою настройки відповідних параметрів протоколу.

Повідомлення BGP-4 про коригування містять послідовність AS, через які може бути досягнута зазначена мережа, її IP-адреса та довжина маски префікса (підтримується тільки безкласовості адресація CIDR). Протокол дозволяє об'єднувати маршрути. Перелік AS використовується для поліпшення збіжності, швидкість якої у протоколу не висока. Для забезпечення безпеки можуть застосовуватися різні способи аутентифікації маршрутизаторів. Протокол сумісний з RIP і OSPF.

3.2 Аналіз використання протоколів маршрутизації за станом каналів

Протоколи маршрутизації, що використовують алгоритм з урахуванням стану каналів, були розроблені для подолання обмежень, пов'язаних з використанням дистанційно-векторних протоколів. Алгоритм з урахуванням стану каналу дає можливість протоколам швидко реагувати на зміни мережі, розсилати оновлення тільки в разі появи змін і розсилати періодичні оновлення (Звані оновленнями стану каналу) через великі проміжки часу, приблизно один раз кожні 30 хвилин.

Коли стан каналу змінюється, пристрій, яке виявило таку зміну, формує повідомлення про стан каналу (Link State Andvertisement - LSA), що відноситься до цього каналу (маршруту), і розсилає його всім сусіднім маршрутизаторам. Кожен маршрутизатор отримує копію повідомлення про стан каналу і на цій підставі оновлює свою базу стану каналів (топологічну базу), після чого пересилає копію повідомлення всім своїм сусідам. Така масова розсилка сповіщення потрібна, щоб гарантувати, що всі маршрутизатори оновлять свої бази даних і створять оновлену

таблицю маршрутизації, яка відображає нову топологію.

База даних стану каналу використовується для виявлення найкращого мережевого шляху. Маршрутизація з урахуванням стану каналу заснована на алгоритмі першочергового визначення найкоротшого маршруту (Shortest Path First - SPF) Дейкстра (Dijkstra) для побудови SPF дерева, на основі якого приймається рішення про те, який маршрут є найкращим. Найкращий (найкоротший) маршрут вибирається з дерева першочергового визначення найкоротшого маршруту і поміщається в таблицю маршрутизації.

Прикладами протоколів, що використовують алгоритм з урахуванням стану каналів, є OSPF і IS-IS.

3.2.1 Протокол OSPF

Відкритий протокол пошуку найкоротшого шляху (Open Shortest Path First OSPF) використовує алгоритм маршрутизації станом каналів.

Найбільш універсальним і гнучким у налаштуванні протоколом динамічної маршрутизації в корпоративних мережах на сьогоднішній день є відкритий протокол вибору першого найкоротшого шляху (Open Shortest Path First Protocol - OSPF).

Протокол спочатку був орієнтований на роботу в великих мережах (до 65536 маршрутизаторів) зі складною топологією. Він заснований на алгоритмі стану каналів зв'язку і має високу стійкість до змін топології мережі і швидкої збіжністю. При виборі маршруту використовується метрика пропускної здатності складовою мережі (тобто передача даних по найбільш швидкісних каналів зв'язку). Протокол може підтримувати різні вимоги IP-пакетів на якість обслуговування (пропускна здатність, затримка і надійність) за допомогою побудови окремої таблиці маршрутизації для кожного з цих показників.

Протокол володіє і іншими достоїнствами, корисними в великих сучасних мережах. До них відносяться можливість балансування навантаження між каналами з рівними метриками і засоби аутентифікації як по нешифрований паролю, так і по шифрованому (шляхом додавання до пакету дайджесту ключа і тіла пакета за алгоритмом MD5). нумерація пакетів виключає їх повторюваність і

таким чином можливість повторної атаки. Відкритість протоколу визначає його підтримку практично всіма виробниками мережевого устаткування, реалізації в ПО під всі популярні ОС (наприклад, для Unix-подібних ОС - пакети Zebra, Quagga і ін.), а також безпосередню інтеграцію в ряд ОС (наприклад, Windows 2000 Server і вище, OpenBSD, Cisco IOS, Solaris 10 і т.д.).

До недоліків проколу слід віднести високу обчислювальну складність і, отже, високі вимоги, що пред'являються до ресурсів маршрутизатора. Обчислювальна складність OSPF зростає зі збільшенням розмірів мережі. Тому для збільшення масштабованості протоколу застосовується поділ мережі на логічні області, з'єднані магістральної областю. Внутрішня топологічна інформація між областями не віддається. Скорочення обсягів таблиць маршрутизації і зниження службового трафіку при оновленні топологічної інформації служить можливість об'єднання декількох адрес мереж в один при виявленні у них загального префікса, і заміна широкомовних розсилок мультікастінговимі. З метою економії IP-адрес в з'єднаннях типу «точка - точка» між маршрутизаторами призначати кінцевим точкам адреси не обов'язково. Платою за ці переваги є складність конфігурації і необхідність ретельного попереднього планування мережі для її оптимальної роботи (розбивка на області, виділення магістралі, розподіл функцій між маршрутизаторами з урахуванням їх обчислювальної потужності: рядові, виділені в зоні, прикордонні і т.д.).

В якості перспективних функцій OSPF слід назвати підтримку протоколу Ipv6 і можливість вибору маршруту на підставі поточного коефіцієнта завантаженості каналів зв'язку (розширена версія OSPF отримала назву Constrained Shortest Path First - CSPF).

3.2.2 Протокол IS-IS

Протокол обміну маршрутною інформацією між проміжними системами (Intermediate System to Intermediate System IS-IS) використовує алгоритм маршрутизації станом каналу для стека протоколів моделі OSI. Він поширює маршрутну інформацію для протоколу мережевого обслуговування (Connectionless Network Protocol - CLNP), для відповідних ISO служб мережевого обслуговування

без встановлення з'єднання (Connectionless Network Service - CLNS).

Інтегрований протокол IS-IS є варіантом реалізації протоколу IS-IS для маршрутизації декількох мережевих протоколів. Інтегрований протокол IS-IS об'єднує CLNP маршрути з інформацією про IP мережах і масках підмереж. Завдяки поєднанню ISO CLNS і IP маршрутизації в одному протоколі інтегрований протокол IS-IS надає альтернативу протоколу OSPF при використанні в IP мережах.

В даний час цей протокол дуже рідко використовується в корпоративних мережах. Це викликано повною перевагою над ним протоколу OSPF, який, по суті, є вдосконаленим IS-IS. До недоліків протоколу відноситься його нездатність підтримувати маски підмереж змінної довжини, об'єднувати маршрути, а також широкомовний характер розсилок сусіднім маршрутизаторам. Все це негативно впливає на швидкість збіжності, навантаження маршрутизаторів і завантаженість ліній зв'язку.

3.3 Аналіз застосування додаткових мережевих технологій для підвищення надійності мережі

Ефективним засобом захисту від збоїв служить побудова відмовостійких рішень. Особливо це актуально там, де найменший простий може обернутися серйозними втратами. Щоб такого не сталося, були розроблені спеціальні протоколи: всім відомий STP, різноманітні протоколи агрегації каналів, протоколи, що забезпечують відмовостійкість шлюзу. Однак, концентруючись на цю властивість, дуже часто не беруть до уваги безпеку.

Відмовостійкість - це властивість технічної системи зберігати свою працездатність після відмови одного або декількох складових компонентів. Уяви ситуацію, коли з мережі існує один-єдиний вихід у зовнішній світ і цей вихід є шлюзом за замовчуванням. Тоді в разі його падіння вже ніщо не допоможе - неважливо буде, наскільки якісно спроектована мережа, клієнти просто не зможуть вийти за межі своєї підмережі. Саме такі проблеми і покликані вирішувати

протоколи відмовостійкості. Але у них є свої нюанси, які можуть стати серйозною загрозою для безпеки системи.

3.3.1 Протокол HSRP

Hot Standby Router Protocol (HSRP) є Cisco власний протокол резервування для створення відмовостійкої шлюзу. Протокол встановлює зв'язок між шлюзами для досягнення за замовчуванням відновлення після збою шлюзу, якщо основний шлюз стає недоступним. HSRP шлюз відправки многоадресного вітання повідомлення іншим шлюзів, щоб повідомити їх про свої пріоритети (що є кращим шлюзом) і поточний статус (активний або резервний).

Первинний маршрутизатор з найвищим пріоритетом виступатиме в якості віртуального маршрутизатора з наперед визначеним IP - адреса шлюзу, і буде реагувати на ARP або ND запит від машин, підключених до локальної мережі за допомогою віртуального адреси MAC. Якщо основний маршрутизатор повинен зазнати невдачі, маршрутизатор з наступного найвищим пріоритетом буде взяти на себе IP - адреса шлюзу і відповідати на ARP - запити з тим же MAC - адреса, що дозволить досягти прозорого шлюзу перехід на інший ресурс.

HSRP має можливість ініціювати перехід на інший ресурс, якщо один або декілька інтерфейсів маршрутизатора знизитися. Це може бути корисно для двох філій маршрутизаторів кожного з одним зв'язком назад до шлюзу. Якщо посилання первинного маршрутизатора йде вниз, резервний маршрутизатор візьме на себе основні функціональні можливості і, таким чином, зберегти підключення до шлюзу.

Проте справи з безпекою HSRP йдуть не так вже й погано. Існує можливість використовувати MD5-хешування. MD5-хеш обчислюється в кожному HSRP-пакеті, і секретний ключ відомий тільки легітимним учасникам групи HSRP. Рядок з MD5-хешем відправляється в кожному пакеті; як тільки пакет отриманий, учасники перераховують хеш, і якщо значення збігається, то повідомлення приймається. Складність проведення атаки в таких умовах в тому, що хеш використовується не в якості ключа, а для перевірки справжності повідомлення.

3.3.2 Протокол ECMP

Протокол Equal-Cost Multi-Path (ECMP) описаний в стандарті IETF RFC-2992. ECMP працює спільно з протоколами маршрутизації, такими як RIP і OSPF, і дозволяє встановити кілька рівноцінних маршрутів для передачі даних.

ECMP може працювати спільно з такими протоколами маршрутизації як RIP, OSPF і BGP для визначення вартостей маршрутів і пошуку маршрутів з однаковою вартістю, які можуть бути використані для розподілу навантаження і оптимізації пропускної здатності мережі. Дані можуть одночасно передаватися не більш ніж по 4-м маршрутами, але якщо ECMP використовується спільно з MLT, то кількість фізичних каналів для передачі даних збільшується, так як кожне MLT з'єднання налаштовується як один ECMP маршрут.

При використанні ECMP в таблиці маршрутизації відображається до 4-х маршрутів до даної мережі, ці маршрути позначаються літерою "E", як маршрути ECMP. Використання протоколів маршрутизації без ECMP і використання їх же спільно з ECMP можна приблизно порівняти з використанням Spanning Tree проти використання MLT, якщо розглядати пропускну здатність мережі. З точки зору відмовостійкості, ECMP також як і MLT, забезпечує відновлення за частки секунди. Це потрібно для того, що б передані дані не губилися в транзитній мережі.

При проектуванні мережі, особливо центральної або магістральної її частини, деякі вважають за краще використовувати комутацію на рівні 2 (відповідно до моделі OSI), і, відповідно, MLT і SMLT, а інші маршрутизацію і ECMP. Вибір залежить від необхідності використання VLAN, члени якого знаходяться по всій мережі. Також в разі з'єднання мереж через прозору мережу Ethernet (наприклад, мережа Metro Ethernet), важливо бути впевненим, що включено наскрізне визначення відмов, або необхідно використовувати маршрутизацію.

3.3.3 Протокол SNMP

SNMP (англ. Simple Network Management Protocol - простий протокол мережевого управління) - стандартний інтернет-протокол для управління пристроями в IP-мережах на основі архітектур TCP / UDP. До підтримуючих SNMP пристроїв відносяться маршрутизатори, комутатори, сервери, робочі станції,

принтери, модемні стійки і інші.

При використанні SNMP один або більше адміністративних комп'ютерів (де функціонують програмні засоби, звані менеджерами) виконують відстеження або управління групою хостів або пристроїв в комп'ютерній мережі. На кожній керованій системі є постійно запущена програма, яка називається агент, яка через SNMP передає інформацію менеджеру.

Керовані протоколом SNMP мережі складаються з трьох ключових компонентів:

– Керована пристрій;

– Агент - програмне забезпечення, що запускається на керованому пристрої, або на пристрої, підключеному до інтерфейсу управління керованого пристрою;

– Система мережевого управління (Network Management System, NMS) - програмне забезпечення, яке взаємодіє з менеджерами для підтримки комплексної структури даних, що відбиває стан мережі.

Керований пристрій - елемент мережі (обладнання або програмний засіб), який реалізує інтерфейс управління (не обов'язково SNMP), який дозволяє односпрямований (тільки для читання) або двонаправлений доступ до конкретної інформації про елемент. Керовані пристрої обмінюються цією інформацією з менеджером. Керовані пристрої можуть ставитися до будь-якого виду пристроїв: маршрутизатори, сервери доступу, комутатори, мости, концентратори, IP-телефони, IP-відеокамери, комп'ютери-хости, принтери і т.п.

Агентом називається програмний модуль мережевого управління, що розташовується на керованому пристрої, або на пристрої, підключеному до інтерфейсу управління керованого пристрою. Агент має локальним знанням керуючої інформації і переводить цю інформацію в специфічну для SNMP форму або з неї (медіація даних).

До складу Системи мережевого управління (NMS) входить додаток, що відстежує і контролює керовані пристрої. NMS забезпечують основну частину обробки даних, необхідних для мережевого управління. У будь-який керованої

мережі може бути одна і більше NMS.

3.3.4 Протокол VRRP

VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) - мережевий протокол, призначений для збільшення доступності маршрутизаторів, що виконують роль шлюзу. Це досягається шляхом об'єднання групи маршрутизаторів в один віртуальний маршрутизатор і призначення їм загального IP-адреси, який і буде використовуватися як шлюз для комп'ютерів в мережі. Протокол VRRP призначений для збільшення доступності маршрутизаторів, які виконують роль шлюзу.

Для групи маршрутизаторів налаштовується їх приналежність віртуальному маршрутизатора. Фактично, віртуальний маршрутизатор - це група інтерфейсів маршрутизаторів, які знаходяться в одній мережі і розділяють Virtual Router Identifier (VRID) і віртуальний IP-адреса.

VRRP-маршрутизатор може перебувати в кількох віртуальних маршрутизаторах, кожен з унікальною комбінацією VRID / IP-адреса. Відповідності між VRID і IP-адресою повинні бути однаковими на всіх маршрутизаторах в одній мережі.

У будь-який момент часу тільки один з фізичних маршрутизаторів виконує маршрутизацію трафіку, тобто стає VRRP Master router, інші маршрутизатори в групі стають VRRP Backup router. Якщо поточний VRRP Master router стає недоступним, то його роль бере на себе один з VRRP Backup маршрутизаторів, той у якого найвищий пріоритет. Завдання пріоритету дозволяє визначити більш пріоритетні шляхи адміністративно.

Backup-маршрутизатор не буде намагатися перехопити на себе роль Master-маршрутизатора, якщо тільки у нього не вищий пріоритет, ніж у поточного Master-маршрутизатора. VRRP дозволяє адміністративно заборонити перехоплення ролі Master-маршрутизатора. Єдиний виняток з цього правила - VRRP-маршрутизатор завжди буде ставати Master, якщо він власник IP-адреси, який присвоєно віртуальному маршрутизатора.

У кожному віртуальному маршрутизаторі тільки Master відправляє

періодичні VRRP-оголошення на зарезервований груповий адресу 224.0.0.18. На канальному рівні в якості MAC-адреси відправника VRRP-оголошень використовується віртуальний MAC-адресу.

3.3.5 Протокол GLBP

GLBP (Gateway Load Balancing Protocol) - пропріетарний протокол Cisco, призначений для збільшення доступності маршрутизаторів виконують роль шлюзу і балансування навантаження між цими маршрутизаторами.

GLBP працює аналогічно, але не ідентично іншим протоколам резервування шлюзу, такими як HSRP і VRRP. Ці протоколи дозволяють декільком маршрутизаторів брати участь в сконфигурированной віртуальній групі маршрутизаторів із загальним віртуальним IP-адресою. Один член групи вибирається активним маршрутизатором, в той час як інші залишаються неактивними до тих пір, поки не відбудеться збій з активним маршрутизатором. При цьому ці резервні маршрутизатори мають ресурсами, які майже не використовуються протягом всього часу експлуатації цієї системи. GLBP забезпечує розподіл навантаження на декілька маршрутизаторів (шлюзів) використовуючи один віртуальний IP-адреса і кілька віртуальних MAC-адрес. Кожен хост налаштований з однаковим віртуальним IP-адресою і все маршрутизатори у віртуальній групі беруть участь в передачі пакетів.

Члени GLBP групи вибирають один шлюз який буде активним віртуальним шлюзом active virtual gateway (AVG) для цієї групи. Інші члени групи забезпечують резервування для AVG в разі якщо AVG стане недоступним. AVG призначає віртуальний MAC адреса для кожного члена GLBP групи. Кожен член групи бере участь в передачі пакетів, використовуючи віртуальний MAC адресу, виданий AVG. Цих членів групи називають active virtual forwarders (AVFs). AVG відповідальний за видачу відповідей по протоколу Address Resolution Protocol (ARP) на запити до віртуального IP-адресою. Розподіл навантаження досягається тим що AVG відповідає на ARP запити використовуючи різні віртуальні MAC-адреси.

GLBP Gateway Priority визначає роль, яку кожен маршрутизатор AVF грає в

групі. Тобто за допомогою цієї властивості можна визначити послідовність вибору нового AVG, якщо старий AVG стане недоступним. Пріоритет можна визначити на кожному маршрутизаторі значенням від 1 до 255 командою: glbp priority. Маршрутизатор з великим пріоритетом стає AVG. За замовчуванням схема вибору AVG тільки на основі пріоритету вимкнена. Запасний AVF стане AVG тільки якщо поточний AVG стане недоступним.

3.4 Висновки

У цьому розділі було обґрунтовано класифікацію протоколів маршрутизації, які діляться на два типи: дистанційно-векторні та за станом каналу. Серед широко відомих протоколів маршрутизації, розглядалися: RIP, IGRP, EIGRP, BGP, OSPF, IS-IS. Серед вищезазначених протоколів динамічної маршрутизації, кращими протоколами за показником збіжності і масштабованості, вважаються протоколи OSPF, EIGRP та IS-IS. Протоколи IS-IS і протокол EIGRP, вважаються пропрієтарними протоколами, тому впроваджувати їх в мережу, є не зовсім доцільним завданням, так як в більшості корпоративних мережах, вони не зможуть просто виконувати свої функції.

Протокол BGP використовується для зв'язку з різними автономними системами, в даному дослідженні, він не використовується, так як дане дослідження щодо впливу протоколів маршрутизації на надійність корпоративної мережі, проводиться всередині мережі без застосування зв'язку з іншими глобальними мережами.

Протокол RIP вже довгий час майже ніде не використовується, так як рівень його масштабованості дуже обмежений, але для порівняльного аналізу в дослідженнях, був обраний протокол RIP, щоб перевірити наскільки відрізняється час збіжності в мережі у порівнянні з іншими протоколами і чи здатний протокол RIP, підвищити надійність мережі.

Протокол IGRP вважається старою версією протоколу EIGRP. Даний

протокол використовується для маршрутизації трафіку, всередині однієї автономної системи. У протоколі RIP, метрикою, виступало кількість проміжних вузлів до мережі призначення. У протоколі IGRP все набагато цікавіше, в ньому використовується композитна метрика, що обчислюється на основі ширини смуги пропускання, затримки, рівня завантаження каналу і надійності каналу. Тому, в рамках другого дослідження, був обраний протокол IGRP, як більш простий протокол динамічної маршрутизації, але з більш широкою комбінованою метрикою і часом збіжності вузлів.

Для третього дослідження, було обрано протокол OSPF, який на даний момент, є кращим рішенням серед рівня масштабованості і часу побудови таблиці маршрутизації в разі зміни топології великих корпоративних мереж.

Для підвищення надійності корпоративної мережі, було запропоновано використовувати додатковий мережевий протокол для підвищення надмірності та відмовостійкості мережі, шляхом відтворення віртуального роутера, який буде забезпечувати резервування і надавати додатковий логічний шлях, мережевий інтерфейс в разі відмови вузла, або лінії зв’язку в мережі.

Для виконання поставлених завдань, щодо підвищення надійності, були обрані наступні мережеві технології, які будуть використанні при моделюванні комп’ютерної цифрової мережі: HSRP, GLBP, ECMP, SNMP, VRRP.

У наступному розділі проводиться дослідження зі застосуванням віртуального середовища Cisco Packet Tracer для моделювання мережі, з вище перерахованими технологіями і приведенням порівняльного аналізу на основі результатів досліджень.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ НА НАДІЙНІСТЬ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

В рамках проведення досліджень по підвищенню надійності корпоративної мережі пропонується метод дослідження впливу налаштування протоколів маршрутизації на надійність мережі.

Суть методу полягає в наступному: на основі обраних топологій мережі оцінити вплив різних конфігурацій мережі на час відновлення зв'язності мережі .

З певних вимог побудови і функціонування мережі, були обрані протоколи динамічної маршрутизації.

Модель мережі побудована згідно трирівневої ієрархічної архітектури (рис.4.1):

Рівень ядра - вузли 1, 2, 3;

Рівень розподілу - вузли 4, 5, 6, 7, 8 та резервні вузли 11, 12;

Рівень доступу - вузли 9, 10;

Користувачі мережі - вузли U1, U2.

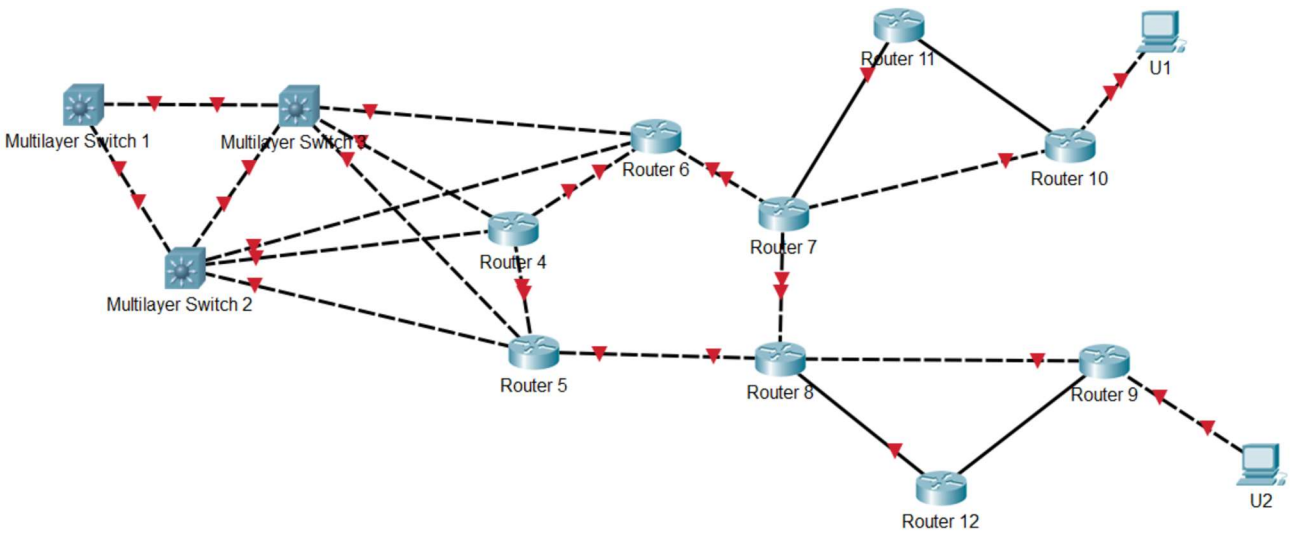


Рисунок 4.1 – Архітектура мережі у ПО Cisco PT

Обладнання, яке використовується у моделюванні:

Для рівня ядра, використовуються комутатори 3-го рівня - з використанням

програмного забезпечення Cisco IOS C3560 Software (C3560-ADVIPSERVICESK9-M), Version 12.2;

Для рівня розподілу, використовуються маршрутизатори - з використанням програмного забезпечення Cisco IOS XE Version 03.16.05.S;

Для рівня доступу, використовуються маршрутизатори - з використанням програмного забезпечення Cisco IOS C1900 (C1900-UNIVERSALK9-M), Version 15.1;

Користувачі мережі - звичайні комп'ютери.

Для проведення досліджень, було прийнято, відключити один або два вузла розподілу і перевірити, з якою швидкістю, протокол маршрутизації замінить вузол з відмовою на резервний. У дослідженнях використовується мережа, змодельована в програмному середовищі Cisco Packet Tracer.

Аварія штучно викликається шляхом відключення одного вузла мережі. Для кожної з аварій вимірюється час відновлення зв'язності між вузлами абонентів підключених до вузлів 9 та 10.

Вимірювання часу відновлення зв'язності проводиться шляхом використання ICMP запитів з вузла одного абонента до іншого вузла. Кожна відповідь вузла абонента на один запит позначається виводом на термінал консолі вузла знаку «!», а кожне пропущене повідомлення «.». Тайм-аут для повідомлення виставлений 2 с, отже час відновлення , де – кількість позначок «.» в поточному терміналі вузла абонента.

4.1 Дослідження впливу дистанційно-векторних протоколів маршрутизації

4.1.1 Модель з використанням протоколу RIP

В рамках досліджень, для першої моделі був обраний протокол RIP, як найпростіший протокол динамічної маршрутизації.

Протокол RIP заснований на дистанційно-векторному алгоритмі і в більшості реалізацій використовує найпростішу метрику - кількість проміжних

машрутизаторів до мережі призначення. У цьому протоколі всі мережі мають номери, а всі маршрутизатори - ідентифікатори. Протокол RIP широко використовує поняття "вектор відстаней". Вектор відстаней являє собою набір пар чисел, що є номерами мереж і відстанями до них в хопах.

До нових маршрутів маршрутизатори RIP пристосовується безболісно - вони передають нову інформацію в черговому повідомленні своїм сусідам і поступово ця інформація стає відома всім маршрутизаторам мережі.

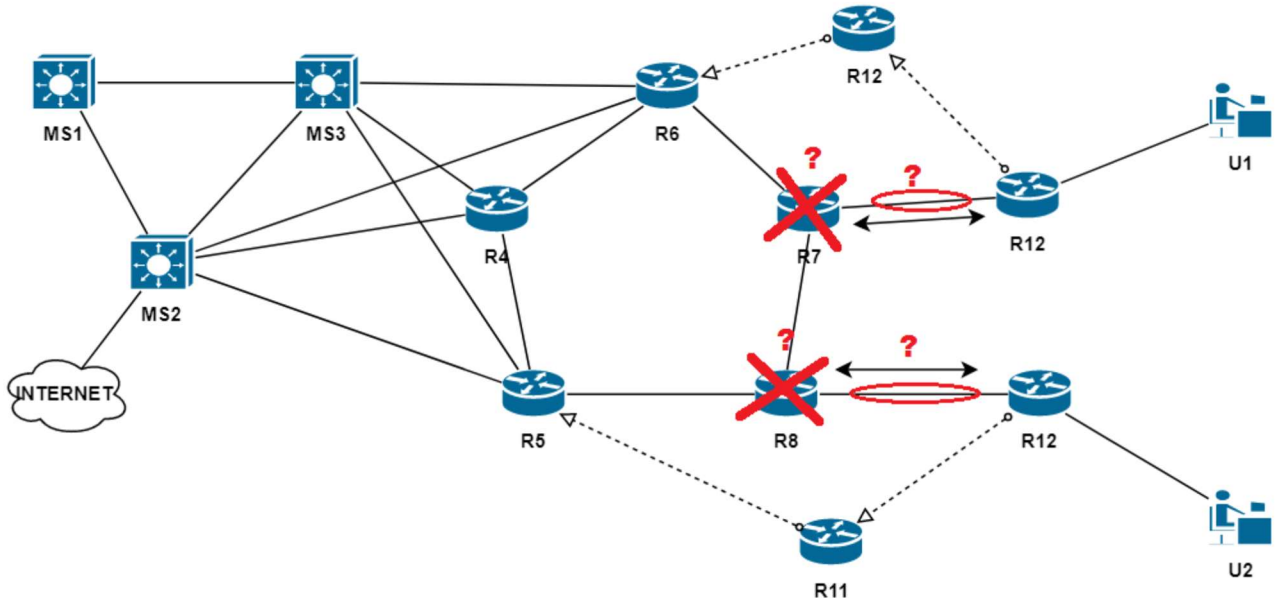


Рисунок 4.2 – Модель мережі з використанням протоколу RIP

В даному випадку, при відключенні одного вузла, користувач мережі (U1 або U2) втрачає доступ до мережі. Протокол RIP при втраті будь-якого маршруту справляється досить проблематично. Це пов'язано з тим, що в форматі повідомлень протоколу RIP немає поля, яке б вказувало на те, що шлях до даної мережі більше не існує.

Для повідомлення про те, що даний маршрут недійсний, використовуються механізм закінчення часу життя маршруту.

Механізм заснований на тому, що обмін таблицями маршрутизації в протоколі RIP відбувається раз в 30 секунд, час тайм-ауту - в 6 разів більше, тобто 180 секунд, і маршрутизатор, який отримав повідомлення з підтвердженням запису

маршруту, ставить таймер в початковий стан і якщо в плині часу тайм-ауту (180 секунд) підтвердження не спадає ще раз, то маршрут стає недійсним.

RIP вимагає багато часу для відновлення зв'язку після збою в маршрутизаторі. В процесі встановлення режиму можливі цикли. Заміна пристрою, що відповідає за доступ до мережі, буде виконана через тривалий проміжок часу на резервний маршрутизатор. Другим головним недоліком цього протоколу, є його непрацездатність працювати у великих(глобальних) мережах.

При використанні протоколу RIP в трирівневій ієрархічній мережі, час відновлення вузла дорівнюватиме 190 с.

4.1.2 Модель з використанням протоколу IGRP

В рамках дослідження, для другої моделі був обраний протокол IGRP, як більш оптимальний протокол динамічної маршрутизації для підвищення надійності мережі.

Закритий дистанційно-векторний протокол IGRP компанії Cisco Systems був спроектований для усунення ряду недоліків протоколу RIP, і мав на меті забезпечити кращу підтримку великих мереж (до 255 маршрутизаторів), які містять канали зв'язку з відмінними характеристиками смуги пропускання і величини затримки.

Протокол використовує комбіновану метрику, яка включає затримку, смугу пропускання, надійність і завантаженість маршруту.

Показники затримки і смуги пропускання конфігуруються для кожної лінії зв'язку попередньо, а показники надійності і завантаженості можуть обчислюватися в процесі обробки реального трафіку в мережі.

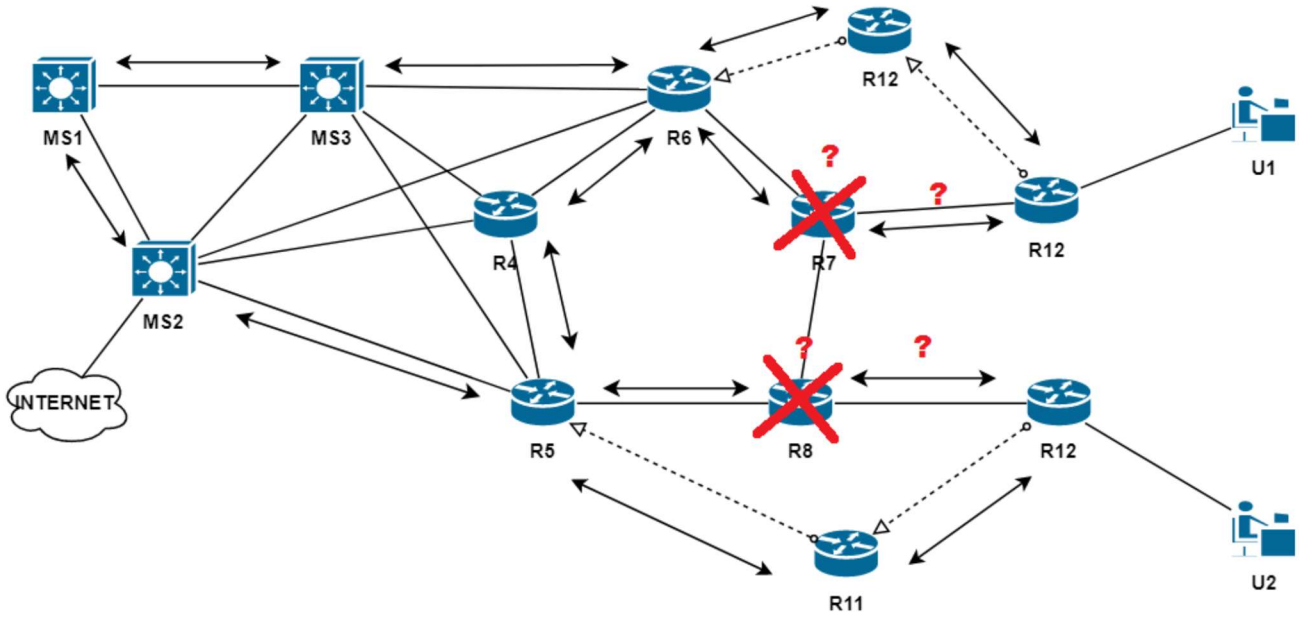


Рисунок 4.3 – Модель мережі з використанням протоколу IGRP

В даному випадку, при відключенні одного вузла, користувач мережі (U1 або U2) втрачає доступ до мережі. Протокол IGRP при втраті будь-якого маршруту справляється спокійно. IGRP використовує широкомовні розсилки повідомлень з використанням періодичних таймерів (90с). Розсилаються повні копії своїх маршрутних таблиць.

До недоліків протоколу можна віднести відсутність підтримки масок підмереж змінної довжини і можливості об'єднання маршрутів. Періодичні розсилки маршрутної інформації сусіднім маршрутизаторам залишаються широкомовними. Засоби забезпечення безпеки обмежені. Відсутні кошти аутентифікації при обміні маршрутною інформацією. Непрямим засобом захисту є можливість прийому повідомлень про оновлення маршрутів тільки від тих маршрутизаторів, які даний визначає як «сусідні», а також можливість внесення змін в конфігурацію маршрутизатора тільки на підставі пароля, який зберігається в зашифрованому вигляді.

При використанні протоколу IGRP в трирівневій ієрархічній мережі, час відновлення вузла дорівнюватиме 100 с.

4.2 Дослідження впливу протоколів маршрутизації за станом каналів

В рамках дослідження, для третьої моделі був обраний протокол OSPF, як один з найкращих протоколів динамічної маршрутизації на основі алгоритмів стану каналів.

Найбільш універсальним і гнучким у налаштуванні протоколом динамічної маршрутизації в корпоративних мережах на сьогоднішній день є відкритий протокол вибору першого найкоротшого шляху (Open Shortest Path First Protocol - OSPF).

Маршрутизатор під управлінням OSPF формує таблицю топології з використанням результатів обчислень, заснованих на алгоритмі найкоротшого шляху (SPF) Дейкстри. Алгоритм пошуку найкоротшого шляху ґрунтується на даних про сукупну вартість доступу до точки призначення.

Алгоритм пошуку найкоротшого шляху створює дерево найкоротших шляхів SPF шляхом розміщення кожного маршрутизатора в корені дерева і розрахунку найкоротших шляхів до кожного з вузлів. Після цього дерево найкоротших шляхів SPF використовується для розрахунку оптимальних маршрутів. Протокол OSPF вносить оптимальні маршрути в базу даних пересилання, яка застосовується для створення таблиці маршрутизації.

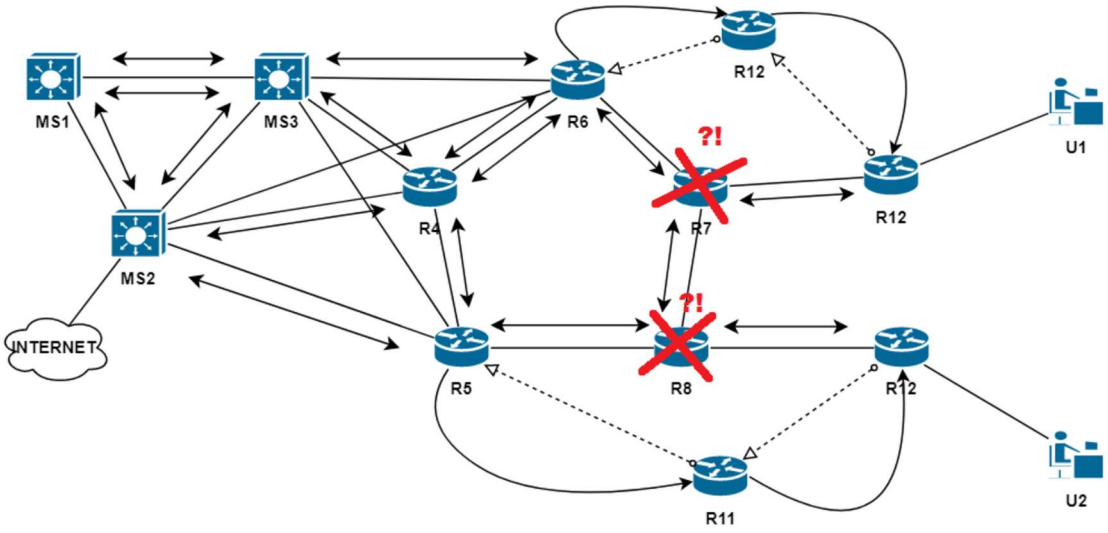


Рисунок 4.4 – Модель мережі з використанням протоколу OSPF

В даному випадку, при відключенні одного вузла, користувач мережі (U1 або U2) втрачає доступ до мережі. Протокол OSPF реагує на це дуже швидко, завдяки розсилці пакетів Hello сусіднім маршрутизаторам.

Для протоколів стану зв'язків дуже важливим є те, щоб LSDB всіх маршрутизаторів були синхронізовані. При зміні будь-якого зв'язку маршрутизатори використовують механізм розсилки для повідомлення усіх маршрутизаторів зони. Для цього використовуються LSU, які поширюють нову LSA.

Процес збіжності в мережі під контролем протоколу OSPF, складається з наступних основних операцій:

1) виявлення відмови елемента мережі;

2) генерування нового LSA-повідомлення для оповіщення про нещодавно трапився зміні;

3) лавинна розсилка LSA-повідомлень в мережі;

4) виконання алгоритму пошуку найкоротших шляхів SPF на кожному маршрутизаторі, який отримує LSA-повідомлення;

5) оновлення таблиць маршрутизації LSDB на кожному маршрутизаторі за підсумками перерахунку SPF.

При використанні протоколу OSPF в трирівневій ієрархічній мережі, час відновлення вузла дорівнюватиме 50 с.

Протокол спочатку був орієнтований на роботу в великих мережах (до 65536 маршрутизаторів) зі складною топологією. Він заснований на алгоритмі стану каналів зв'язку і має високу стійкість до змін топології мережі і швидку збіжність з сусідніми вузлами. Платою за ці переваги є складність конфігурації і необхідність ретельного попереднього планування мережі для її оптимальної роботи.

4.3 Порівняльний аналіз протоколів маршрутизації на основі досліджень з використанням ПС Cisco Packet Tracer

Виходячи з аналізу та досліджень протоколів маршрутизації, можна сказати, що дістанціонно-векторний протокол RIP поступається за цим параметром вдосконаленому протоколу IGRP. Ще більшою швидкістю збіжності має комбінований протокол EIGRP, який наближається до найбільш швидкісним протоколам OSPF і IS-IS, заснованим на алгоритмі обліку стану каналів зв'язку. Протокол BGP не відноситься до числа швидкісних, як через дистанційно векторного алгоритму, так і з огляду на його особливостей, пов'язаних з роботою в якості зовнішнього протоколу (різна маршрутна політика маршрутизаторів, використання надійного транспортного протоколу TCP і т.д.).

Дослідження показують, що найбільш досконалими внутрішніми протоколами динамічної маршрутизації є OSPF і IGRP. Протокол IS-IS по суті є більш ранній і менш функціональної версією протоколу OSPF, тому в даний час рідко використовується в корпоративних мережах. Переваги цих протоколів в повній мірі проявляються в складних великих мережах з сотнями і тисячами маршрутизаторів. Саме тут необхідна висока швидкість збіжності оптимальних маршрутів, гнучкість при виборі шляхів (з урахуванням різних характеристик, що складають маршрути каналів), підтримка вимог QoS для різних видів трафіку, економія смуги пропускання каналів (за рахунок зниження службового трафіку), зниження розмірів таблиць маршрутизації і швидкості пошуку в них інформації.

Ці вимоги виправдовують використання продуктивних апаратних маршрутизаторів з великими обсягами пам'яті і протоколів, що вимагають складної настройки. Однак такі великі мережі сьогодні є гетерогенними з точки зору виробників мережевого устаткування, тому лідируючі позиції тут займає відкритий протокол OSPF (EIGRP реалізується тільки на обладнанні Cisco Systems, і максимальну кількість маршрутизаторів не більше 255).

Протокол OSPF має кращу характеристику для роботи у великій мережі. Його принцип дії та адаптація, допомогає швидко знайти відмову у мережі. Якщо мережа

буде розширюватись, для протоколу OSPF це не є проблемою. OSPF використовує в таких випадках, поділ мережі на зони, що дозволяє зручно керувати розподіленими частинами великих мереж. Виходячи з досліджень, час відновлення вузла при використанні протоколу OSPF, дорівнюватиме 50 с.

4.4 Дослідження впливу на надійність корпоративної мережі та порівляльний аналіз додаткових мережевих технологій

Для дослідження щодо підвищення надійності корпоративної мережі з використанням додаткових мережевих технологій, був використаний протокол маршрутизації RIP, щоб протокол маршрутизації, не чинив великий вплив на час відновлення вузла.

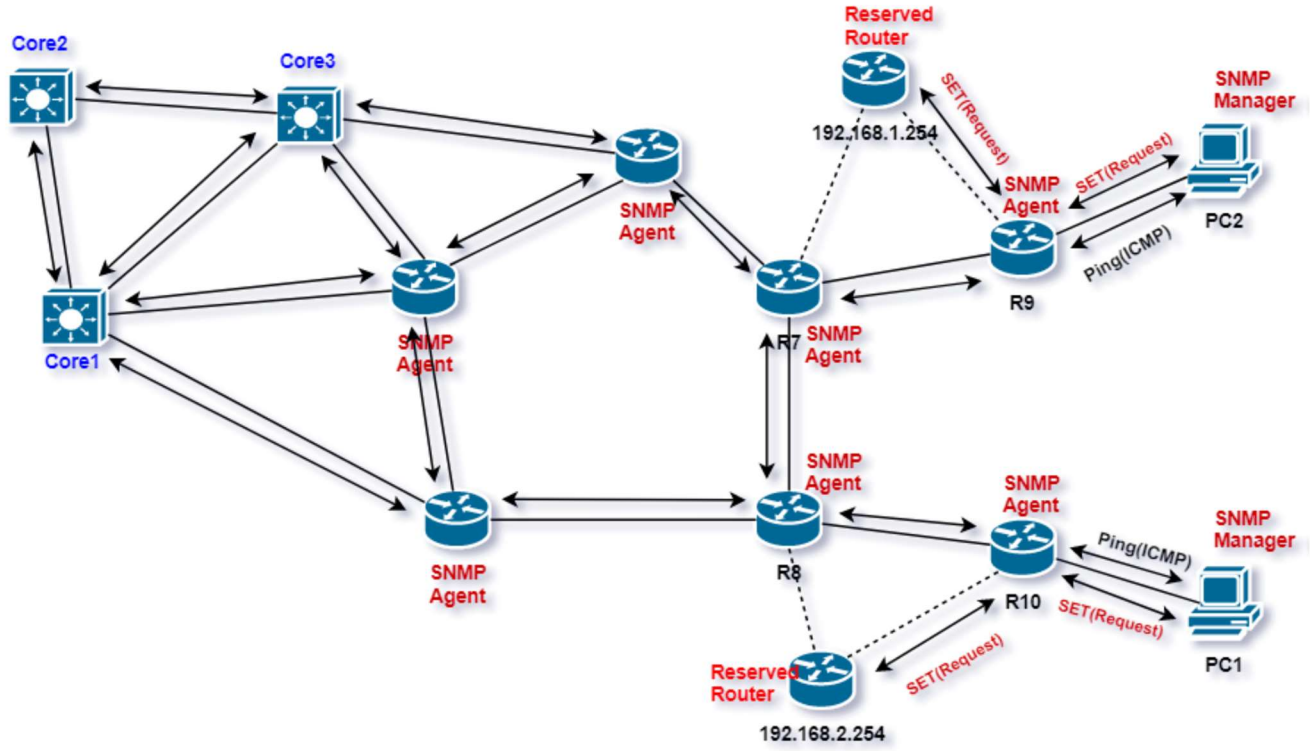


Рисунок 4.5 – Модель мережі з використанням технології SNMP

1) SNMP (Simple Network Management Protocol) - протокол, який

використовується для управління мережевими пристроями. За допомогою протоколу SNMP, програмне забезпечення для управління мережевими пристроями може отримувати доступ до інформації, яка зберігається на керованих пристроях.

Виходячи з даних використаних ICMP запитів, було побудовано графік.

В цьому графіку фіксується час відновлення вузла та проходження пакетів по каналам мережі.

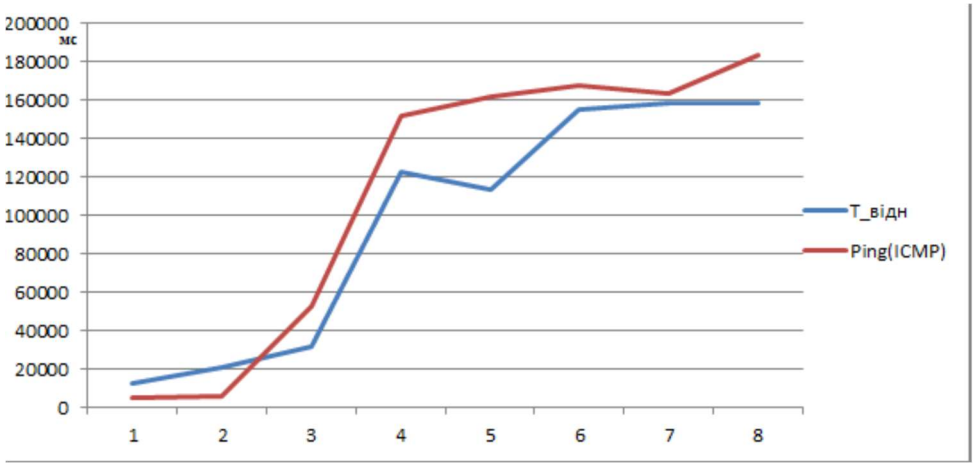


Рисунок. 4.6 – Діаграма часу відновлення вузла та проходження ICMP-запитів по мережі

Виходячи з досліджень і отриманих результатів, які відображені в діаграмі часу відновлення вузла і проходження ICMP-запитів по мережі, бачимо що час відновлення вузла дорівнюватиме 120с, але, насамперед, час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 160с.

2) ECMP (Equal-cost multi-path routing) - це механізм, або навіть стратегія, коли в цілях доставки безлічі пакетів до єдиного одержувача ці пакети йдуть не через один best path, і не розподіляються через субоптимальні маршрути, а йдуть через кілька best path - зазвичай визначаються по метриці.

ECMP підвищує надійність мережі, шляхом балансування трафіку через різні шляхи. Але у випадку, якщо нам потрібно підвищити відмовостійкість мережі, це є недуже гарним варіантом. Для даної моделі, не використовуються резервні

маршрутизатори.

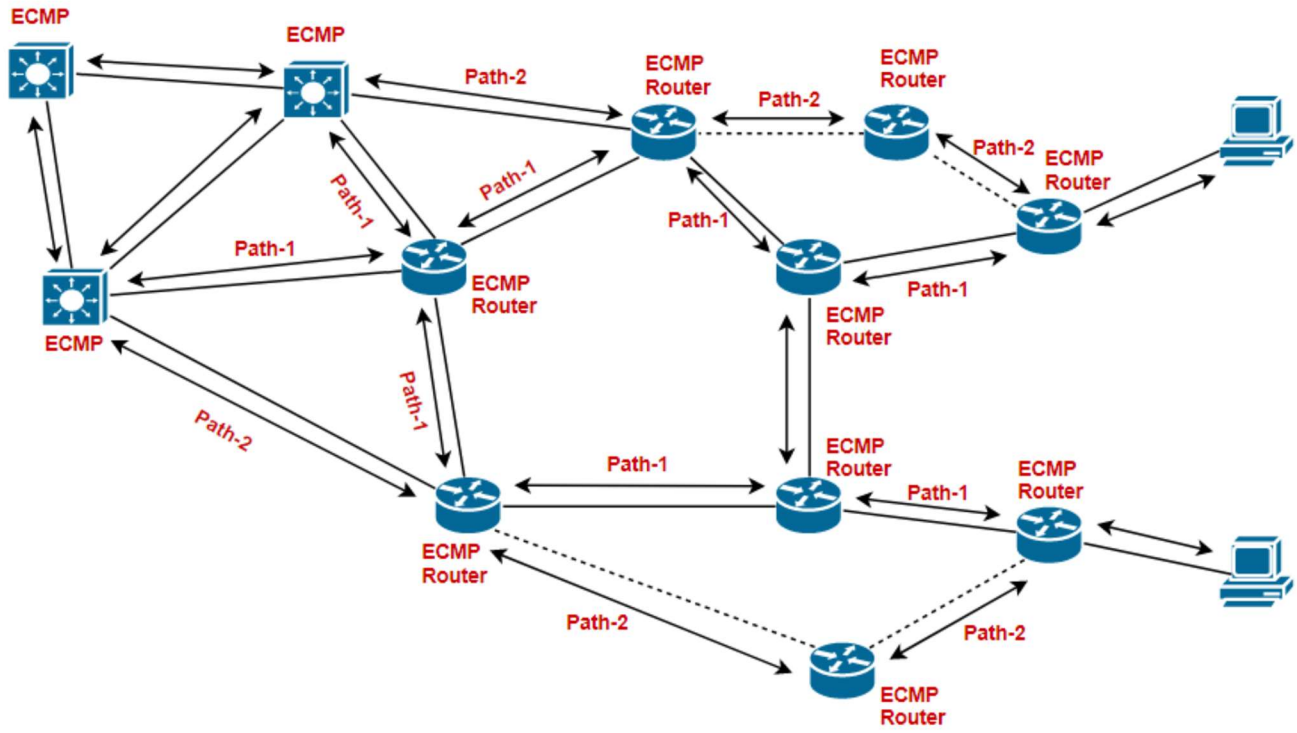


Рисунок 4.7 – Модель мережі з використанням технології ECMP

Інтерфейси роутера, налаштовані на два шляхи і в разі виникнення відмов і переповнення трафіком маршрутів, він буде використовувати функцію балансування навантаження.

Тобто, якщо роутер до якого прокладений шлях-1 вийде з ладу, другий роутер від якого прокладений шлях-1, розподілить трафік на шлях-2 і буде передавати трафік до того моменту, поки роутер до якого прокладений шлях-1 не почне знову працювати.

Виходячи з даних використаних ICMP запитів, було побудовано графік.

В цьому графіку фіксується час відновлення вузла та проходження трафіку по каналам мережі.

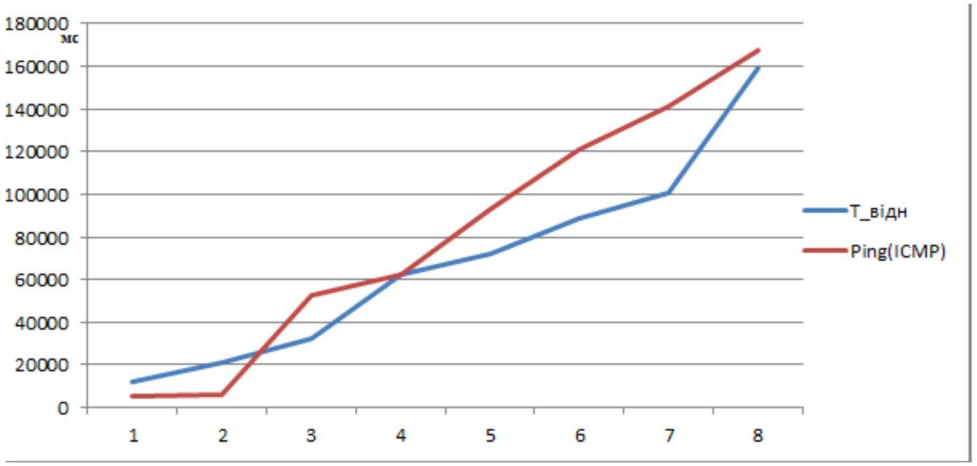


Рисунок 4.8 – Діаграма часу відновлення вузла та проходження ICMP-запитів по мережі

Виходячи з досліджень і отриманих результатів, які відображені в діаграмі часу відновлення вузла і проходження ICMP-запитів по мережі, бачимо що час відновлення вузла дорівнюватиме 60с, але, насамперед, час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 110с.

3)HSRP і VRRP

HSRP (Hot Standby Router Protocol) та VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) - це технології сімейства протоколів резервування першого переходу, іншими словами FHRP (FIRST HOP REDUNDANCY PROTOCOLS).

Дані технології були призначені для створення надмірності шлюзу. Загальною ідеєю для даних протоколів є об'єднання декількох маршрутизаторів в один віртуальний маршрутизатор із загальною IP адресою. Цей IP адрес буде призначатися на хостах як адрес шлюзу.

Схожість у даних технологій, дуже велика. Тому для даного дослідження, буде змодульована модель з використанням протоколу VRRP. Так як він, має більш високі переваги у зрівнянні з протоколом HSRP.

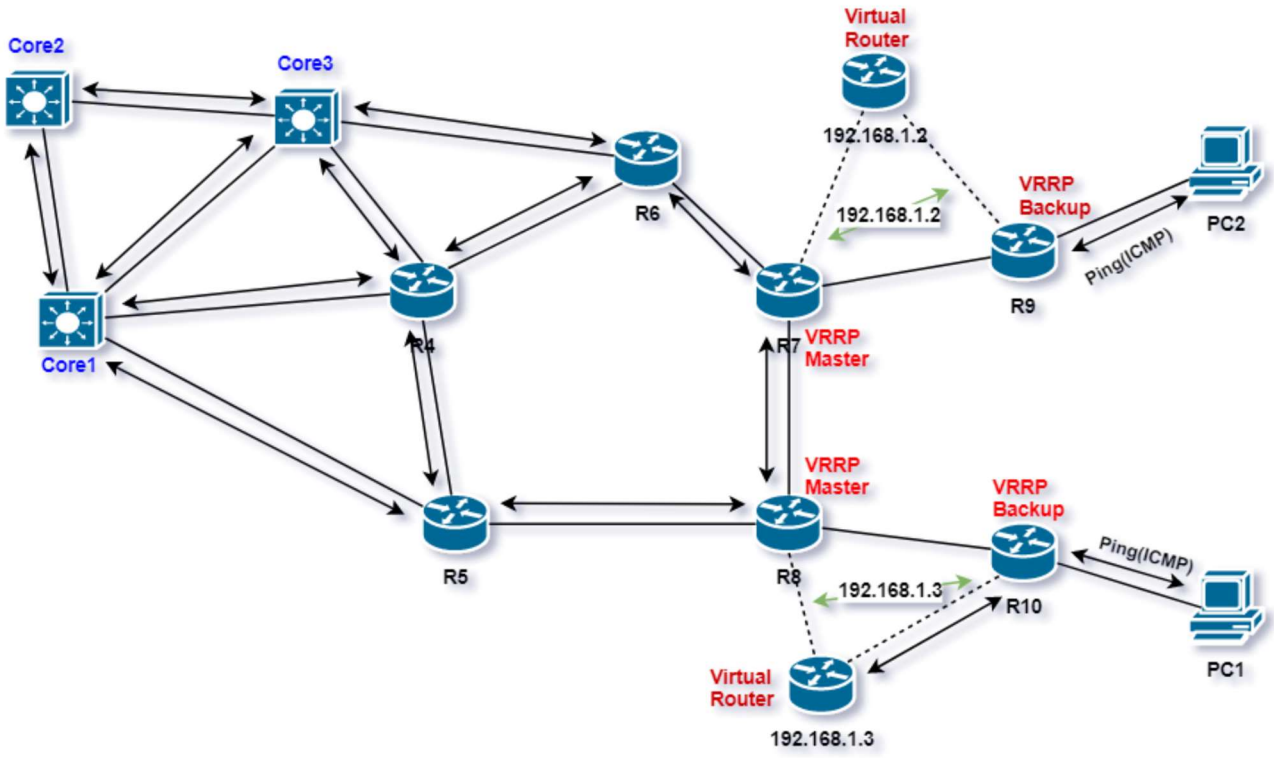


Рисунок 4.9 – Модель мережі з використанням технології VRRP

У даній моделі використовується по два роутера на групу для створення віртуального шлюзу. Для цього об'єднуються групи маршрутизаторів в один віртуальний маршрутизатор і призначаються їм загальний IP-адресу, яка буде використовуватися як шлюз для комп'ютерів в мережі.

Один член групи вибирається активним маршрутизатором, в той час як інші залишаються неактивними до тих пір, поки не відбудеться збій з активним маршрутизатором.

У разі відмови маршрутного інтерфейсу роутера, трафік буде передаватися на віртуальний шлюз, через інший фізичний інтерфейс роутера.

При цьому ці резервні маршрутизатори мають ресурси, які майже не використовуються протягом всього часу експлуатації цієї системи.

Таким чином, технологія VRRP та HSRP підвищують надійність мережі, завдяки реалізації резервного шляху та створенню віртуального роутера.

Виходячи з даних використаних ICMP запитів, було побудовано графік.

В цьому графіку продемонстровано фіксований час відновлення вузла та

проходження трафіку по каналам мережі.

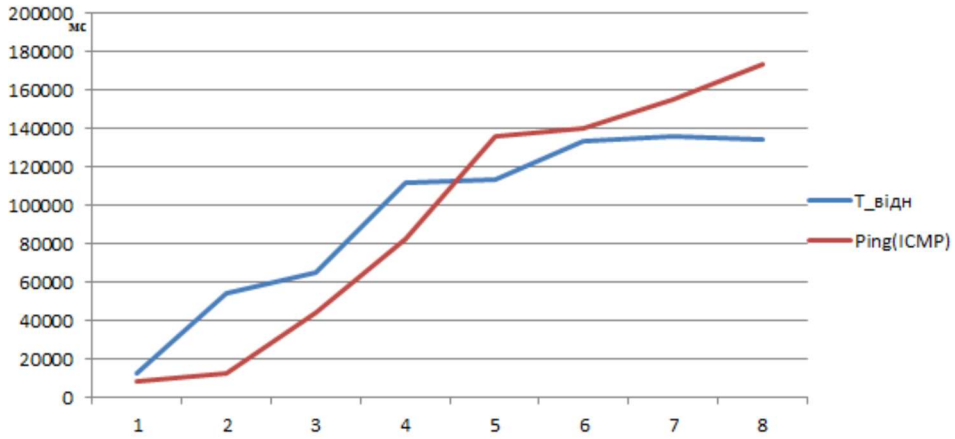


Рисунок. 4.10 – Діаграма часу відновлення вузла та проходження ICMP-запитів по мережі

Виходячи з досліджень і отриманих результатів, які відображені в діаграмі часу відновлення вузла і проходження ICMP-запитів по мережі, бачимо що час відновлення вузла дорівнюватиме 55с, але, насамперед, час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 100с.

4)GLBP (Gateway Load Balancing Protocol) - пропріетарний протокол Cisco, призначений для збільшення доступності маршрутизаторів виконують роль шлюзу і балансування навантаження між цими маршрутизаторами.

GLBP працює аналогічно, але не ідентично іншим протоколам резервування шлюзу, такими як HSRP і VRRP. Ці протоколи дозволяють декільком маршрутизаторів брати участь в сконфигурированной віртуальній групі маршрутизаторів із загальним віртуальним IP-адресою.

GLBP забезпечує розподіл навантаження на декілька маршрутизаторів (шлюзів) використовуючи один віртуальний IP-адрес і кілька віртуальних MAC-адрес. Кожен хост налаштований з однаковим віртуальним IP-адресою і усі маршрутизатори у віртуальній групі беруть участь в передачі пакетів.

Члени групи GLBP вибирають один шлюз в якості активного віртуального шлюзу (AVG) для цієї групи. Інші члени групи забезпечують резервну копію AVG

на випадок, якщо AVG стане недоступний. AVG призначає віртуальний MAC-адресу кожному члену групи GLBP. Кожен шлюз бере на себе відповідальність за пересилку пакетів, відправлених на віртуальний MAC-адресу, призначений йому AVG.

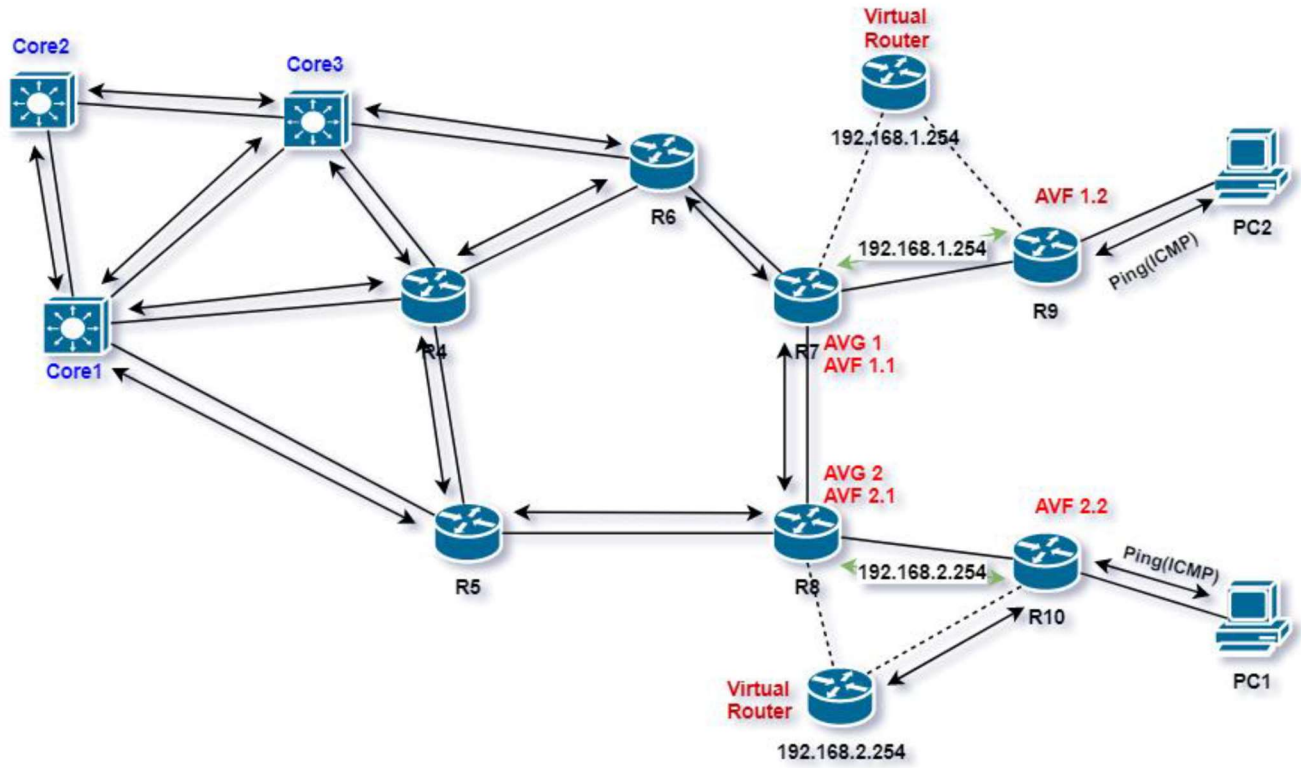


Рисунок 4.11 – Модель мережі з використанням технології GLBP

GLBP управляє надмірністю віртуального шлюзу так само, як HSRP. Один шлюз вибирається як AVG, інший шлюз вибирається як резервний віртуальний шлюз, а решта шлюзи переводяться в стан прослуховування. У разі збою AVG резервний віртуальний шлюз бере на себе відповідальність за віртуальний IP-адреса. Потім з шлюзів в стані прослуховування вибирається новий резервний віртуальний шлюз.

Резервування віртуального сервера пересилання схоже на резервування віртуального шлюзу за допомогою AVF.

У разі збою AVF один з вторинних віртуальних серверів пересилки в стані прослуховування приймає на себе відповідальність за віртуальний MAC-адресу.

Новий AVF також є основним віртуальним сервером пересилання для іншого номера сервера пересилання. GLBP переносить вузли зі старого номера сервера пересилання за допомогою двох таймерів, які запускаються, як тільки шлюз переходить в активний стан віртуального сервера пересилання. GLBP використовує привітальні повідомлення для передачі поточного стану таймерів.

Час перенаправлення - це інтервал, протягом якого AVG продовжує перенаправляти хости на старий MAC-адресу віртуального сервера пересилання. Після закінчення часу перенаправлення AVG припиняє перенаправлення хостів на віртуальний сервер пересилання, хоча віртуальний сервер пересилання буде продовжувати пересилати пакети, відправлені на старий MAC-адресу віртуального сервера пересилання.

Вторинне час утримання - це інтервал, протягом якого діє віртуальний сервер пересилання. Коли час вторинного утримання закінчується, віртуальний сервер пересилання видаляється з усіх шлюзів в групі GLBP. Номер віртуального сервера пересилання з вичерпаним терміном дії може бути перепризначений AVG.

Виходячи з даних використаних ICMP запитів, було побудовано графік.

В цьому графіку продемонстровано фіксований час відновлення вузла та проходження трафіку по каналам мережі.

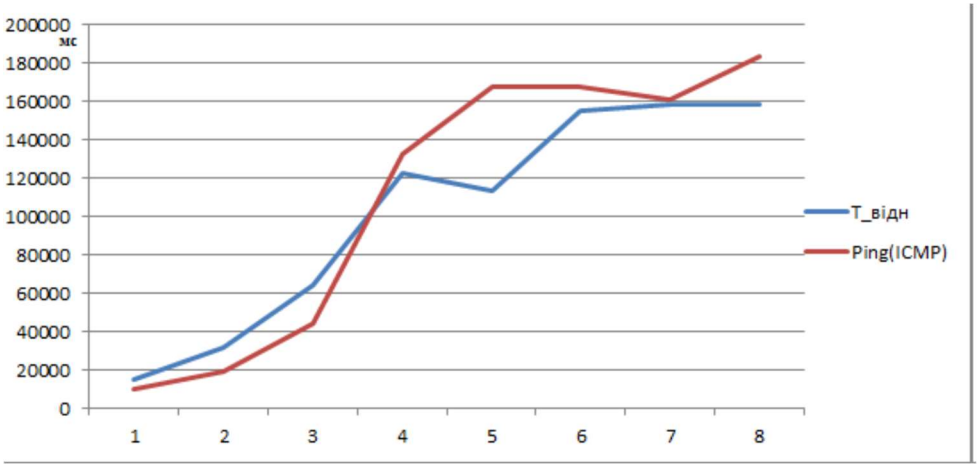


Рисунок 4.12 – Діаграма часу відновлення вузла та проходження ICMP-запитів по мережі

Виходячи з досліджень і отриманих результатів, які відображені в діаграмі часу відновлення вузла і проходження ICMP-запитів по мережі, бачимо що час відновлення вузла дорівнюватиме 50с, але, насамперед, час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 100с. 74

4.5 Дослідження впливу протоколу маршрутизації OSPF з використанням додаткового мережевого протоколу

В рамках заключного дослідження по завданню про підвищення надійності мережі, було запропоновано використовувати в зв'язці дві технології. Для маршрутизації трафіку і перестроювання таблиці маршрутизації в мережі, використовується протокол OSPF. Протокол OSPF, виходячи з досліджень, довів що він один з кращих протоколів динамічної маршрутизації, який досить швидко реагує на зміни в мережі і перебудовує топологію по всьому мережевому домену, шляхом використання широкомовної розсилки.

Для спільної роботи з протоколом OSPF та для підвищення надійності мережі використовується протокол GLBP. Дана технологія, дозволяє регулярно балансувати навантаження в мережі, в разі якщо якийсь канал зв'язку буде перевантажений. Також, дана технологія, істотно дозволяє підвищити відмовостійкість мережі. У разі обриву лінії або відмови вузла, дана технологія реалізує віртуальний роутер, шляхом об'єднання кількох мережевих інтерфейсів. Це створює можливість, мати в резерві ще один шлях, тобто, надає віртуальний логічний канал, по якому можливо передавати мережевий трафік.

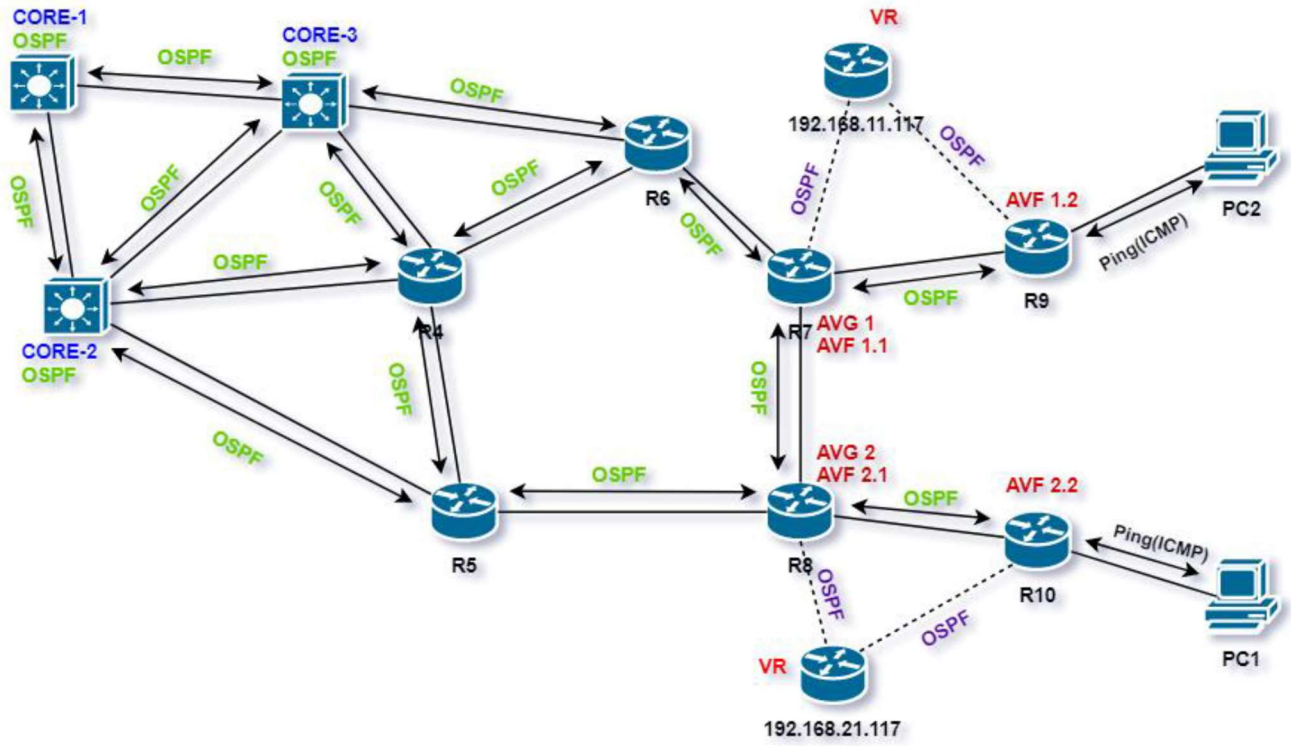


Рисунок 4.13 – Модель з використанням протоколу OSPF та GLBP

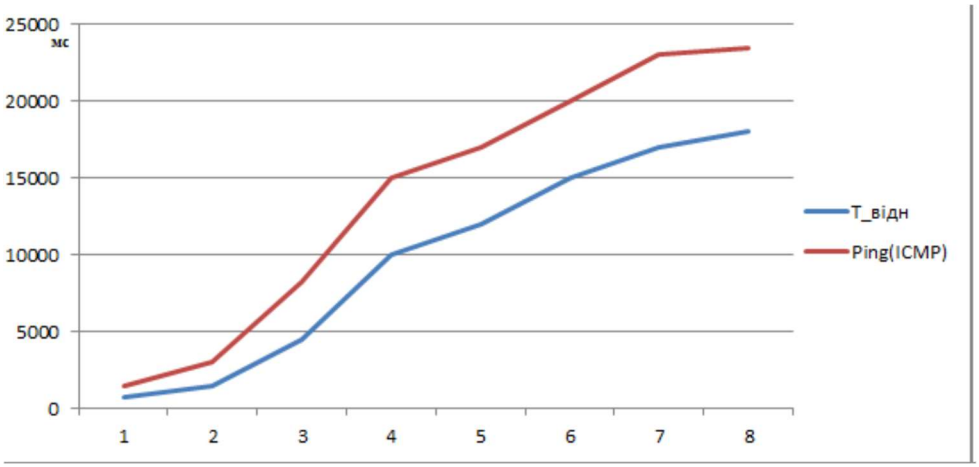


Рисунок 4.14 – Діаграма часу відновлення вузла та проходження ICMP-запитів по мережі

Виходячи з досліджень і отриманих результатів, які відображені в діаграмі часу відновлення вузла і проходження ICMP-запитів по мережі, бачимо що час відновлення вузла дорівнюватиме 10с, але, насамперед, час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 15с.

4.6 Висновки

В рамках досліджень, щодо впливу протоколів маршрутизації на надійність корпоративної мережі, була змодельована мережа в програмному середовищі Cisco Packet Tracer. При дослідженні, були використані протоколи динамічної маршрутизації, як за станом каналу, так і дистанційно векторні. Також, для підвищення надійності мережі, було запропоновано використовувати додаткову мережну технологію, яка буде впливати на відмовостійкість мережі, в разі ненавмисних збоїв або відмов мережевих вузлів.

Аварія створюється штучно, шляхом відключенням однієї лінії зв'язку. Після раптового виникнення аварії, протокол динамічної маршрутизації який використовується в мережі, створює широкомовну розсилку до всіх сусідніх маршрутизаторів про зміни топології в мережі. Після того, як кожен маршрутизатор отримує повідомлення про те, що маршрут в мережі був змінений, він починає процес реконфігурації таблиці маршрутизації. Також, в даному дослідженні, була поставлена задача, підвищити надійність корпоративної мережі. Даним показником при дослідженні, були обрані показники відмовостійкості мережі та її надлишковість у разі відмови лінії зв’язку.

Для цього дослідження, був використаний протокол GLBP, спільно з протоколом динамічної маршрутизації станом каналу OSPF. Ці дві технології, добре доповнюють один одного, при інтегруванні їх і взаємної роботі в мережі. Протокол OSPF, має найменший час збіжності в порівнянні з іншими протоколами маршрутизації і час зміни таблиці маршрутизації всередині одного мережевого домену або декількох. Для підвищення надійності мережі, протокол GLBP створює ряд переваг.

Протокол GLBP дозволяє декільком маршрутизаторів брати участь в віртуальній групі маршрутизаторів з загальною віртуальною IP-адресою. Один член групи вибирається активним маршрутизатором, в той час як інші залишаються неактивними до тих пір, поки не відбудеться збій з активним маршрутизатором. При цьому ці резервні маршрутизатори мають ресурси, які не використовуються

протягом всього часу експлуатації цієї системи. GLBP забезпечує розподіл навантаження на декілька маршрутизаторів (шлюзів) використовуючи один віртуальний IP-адреса і кілька віртуальних MAC-адрес.

Кожен хост налаштований з однаковою віртуальною IP-адресою і всі маршрутизатори у віртуальній групі беруть участь в передачі пакетів.

Виходячи з вищесказаного, при дослідженні впливу протоколів маршрутизації на надійність корпоративної мережі і поставленого завдання щодо підвищення надійності при використанні додаткових мережевих технологій, були отримані наступні результати:

1. При використанні додаткових технологій, сумісно з протоколом маршрутизації RIP, були отримані наступні результати:

– При використанні SNMP та протоколу RIP, час відновлення вузла дорівнюватиме 120с, а час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 160с.

– При використанні VRRP та протоколу RIP, час відновлення вузла дорівнюватиме 55с, а час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 100с.

– При використанні ECMP та протоколу RIP, час відновлення вузла дорівнюватиме 60мс, а час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 110мс.

– При використанні GLBP та протоколу RIP, час відновлення вузла дорівнюватиме 50мс, а час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 100мс.

2. При використанні протоколу OSPF за станом каналу і протоколу GLBP, були отримані наступні результати:

– При використанні GLBP та протоколу OSPF, час відновлення вузла дорівнюватиме 10с, а час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 15с.

ВИСНОВКИ

В рамках виконання магістерської дисертації на тему "Дослідження впливу протоколів маршрутизації на надійність корпоративної мережі", було розглянуто принципи побудови сучасних корпоративних мереж, їх класифікація та типи фізичних топологій, які використовуються у наш час в цифровому просторі.

Було обгрунтовано, що надійність корпоративної мережі повинна забезпечувати клієнтам можливість обмінюватися інформацією і отримувати сервіси в умовах технічних відмов, експлуатаційних помилок, а також з урахуванням можливих загроз і ризиків, пов'язаних з атаками типу відмова в обслуговуванні.

Було розглянуто, що таке маршрутизатор, які функції маршрутизатор виконує в мережі, на основі яких даних він будує свою таблицю маршрутизації та для чого вона використовується. Також, були розглянуті вимоги мережі до протоколу маршрутизації для повноцінного розуміння при виборі протоколу маршрутизації та введенням його в єксплуатацію з якісною працездатністю в мережі.

В рамках дослідження впливу протоколів маршрутизації на надійність корпоративної мережі, пропонується метод нарощування надмірності мережі за допомогою резервних шляхів, шляхом штучного введення їх в мережу та віртуальних логічних каналів, які будуть утворені при використанні додаткових мережевих технологій.

Для підвищення надійності корпоративної мережі, було запропоновано використовувати додатковий мережевий протокол для підвищення надмірності та відмовостійкості мережі, шляхом відтворення віртуального роутера, який буде забезпечувати резервування і надавати додатковий логічний шлях, мережевий інтерфейс в разі відмови вузла, або лінії зв’язку в мережі. 79

Для оцінки надійності мережі, буде використовуватися час відновлення вузла, шляхом використання ICMP запитів та фіксацією часу їх проходження по мережі, відправлених з одного вузла на інший.

Для кінцевого дослідження, був використаний протокол GLBP, спільно з протоколом динамічної маршрутизації за станом каналу OSPF. При використанні GLBP та протоколу OSPF, час відновлення вузла дорівнюватиме 10с, а час проходження пакета по мережі до вузла призначення, буде становити 15с. Тобто, виходячи з результатів досліджень, можна сказати, що протокол OSPF і протокол GLBP при сумісній роботі в мережі, можуть забезпечити і підвищити надійність корпоративної мережі. Єдиним недоліком є те, що протокол GLBP вважається пропрієтарним протоколом і працює виключно на обладнанні фірми CISCO.

В рамках магістерської дисертації з дослідження впливу протоколів маршрутизації на надійність мережі, була поставлена задача про забезпечення і підвищення надійності мережі. Виходячи з досліджень при використанні різних технологій, був проведений порівняльний аналіз і були наведені результати в діаграмі проходленія ICMP запитів. Виходячи з діграмми проходження ICMP запитів, завдання про забезпечення і підвищення надійності мережі, було успішно виконано.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. A Framework for IP Based Virtual Private Networks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.ietf.org/rfc/rfc2764.txt

2. Bollapragada V., Mohamed Kh., Wainner S. IPSec VPN Design. Cisco Press. (2005). 384 p.

3. Douglas Crawford. OpenVPN over TCP vs. UDP: what is the difference, and which should I choose? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.bestvpn.com/blog/7359/openvpn-tcp-vs-udp-differencechoose/

4. Harsh Kupwade Patil. Wireless Sensor Network Security: The Internet of Things [Електронний ресурс] / Harsh Kupwade Patil, Thomas M.Chen // Computer and Information Security Handbook. – 2017. – Third Edition, Chapter 18. – P. 317-337. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128038437000181.

5. IPSec – протокол захисту мережевого трафіку на IP-рівні. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.ixbt.com/comm/ipsecure.shtml

6. Mabrook Al-Rakhami. Saleh Almowuena Wireless Sensor Networks Security: State of the Art [Електронний ресурс] / Mabrook Al-Rakhami, Saleh Almowuena. – 2018. – Режим доступу: https://arxiv.org/abs/1808.05272.

7. Pure hardware VPNs uale high-availability tests [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://web.archive.org/web/20070923013848/http://www.networkworld.com/reviews/2000/1211rev.html

8. Security of Cyber-Physical Systems from Concept to Complex Information Security System / V. Dudykevych, G. Mykytyn, T. Kret, A. Rebets //Advances in Cyber-Physical Systems. – Volume 1, Number 2 (2016). – C. 67-75.

9. Tebogo Kgogo. Software defined wireless sensor networks security challenges // Tebogo Kgogo, Bassey Isong, Adnan M. Abu-Mahfouz // IEEE AFRICON. – 2017. – P. 1508-1513.

10. Tomic I. A Survey of Potential Security Issues in Existing WirelessSensor

Network Protocols / I. Tomić, J.A. McCann // IEEE Internet of Things Journal. – 2017. – Vol. 4, No. 6. – P. 1910-1923.

11. Virtual private network (VPN) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_private_network

12. VPN протоколы [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.cactusvpn.com/ua/beginners-guide-to-vpn/vpn-protocol/

13. Waleed Al Shehri. A Survey On Security In Wireless Sensor Networks // International Journal of Network Security & Its Applications (IJNSA). – 2017. – Vol. 9, No. 1. – P. 25-32.

14. Wassim Itani. Wireless Body Sensor Networks: Security, Privacy, and Energy Efficiency in the Era of Cloud Computing / Wassim Itani, Ayman Kayssi, Ali Chehab // International Journal of Reliable and Quality E-Healthcare (IJRQEH). – 2016. – Vol. 5, Issue 2. – P. 1-30.

15. Wireless Sensor Network Security for Cyber-Physical Systems / Saqib Ali, Taiseera Al, BalushiZia, NadirOmar, Khadeer Hussain // Cyber Security for Cyber Physical Systems. Studies in Computational Intelligence. – 2018. – Vol. 768. – P. 35-63.

16. Аналіз загроз та механізмів забезпечення інформаційної безпеки в сенсорних мережах / О.Г. Корченко, М.Б. Алєксандер, Р.С. Одарченко, А. Алі Наджі, О.Ю. Петренко // Захист інформації. – 6 – 2016. – Том 18. – № 1. – С. 48-56.

17. Базова реалізація бібліотек для роботи з IPsec для Unix-подібних систем [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://ipsectools. sourceforge.net/99

18. Бурячок В. Л. Технології забезпечення безпеки мережевої інфраструктури. [Підручник] / В. Л. Бурячок, А. О. Аносов, В. В. Семко, В. Ю. Соколов, П. М. Складанний. – К.: КУБГ, 2019. – 218 с

19. Василина А.В, Яловий М.М., Цибуляк Б.З. Захист кваліфікованих каналів зв'язку за допомогою систем віртуальних приватних мереж. Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». Збірник матеріалів. (Харків, 3-4 квітня 2013). Харків: Вид-во НУЦЗ України. (2013). С. 266- 268.

20. Волошко С.В. Інформаційна безпека в безпроводових сенсорних мережах

[Електронний ресурс] / С.В. Волошко, Д.О. Курца // Новітні інформаційні системи і технології. – 2018. – Випуск 9. – Режим доступу: http://journals.pntu.edu.ua/mist/article/view/1039/869.

21. Галкін В.В., Пархоменко І.І. «Використання VPN-технологій для захисту інформації в каналах корпоративних мереж» // Проблема кібербезпеки інформаційно-телекомунікаційних систем: матеріали наук.-техніч. конф.,(КНУ, Київ, Україна, 10 – 11 березня 2016). – К.: КНУ, 2016. – С. 66

22. Дудикевич В.Б. Квінтесенція безпеки кіберфізичних систем / В.Б. Дудикевич, Г.В. Микитин, А.І. Ребець // Інформаційні системи і мережі. – 2018. – № 887. – С. 58-69.

23. Загальні положення з захисту інформації в комп'ютерних системах від НСД: НД ТЗІ 1.1-002-99. [Чинний від 1999.04.28]. К. : ДСТСЗІ СБУ, 1999. № 22. (Нормативний документ системи технічного захисту інформації).

24. Захист інформації в комп'ютерних системах та мережах : навч. посібник / С. Г. Семенов [та ін.] ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – 251 с.

25. Захист інформації на об'єктах інформаційної діяльності. Створення комплексу технічного захисту інформації: НД ТЗІ 1.1-005-07. [Чинний від 2007.12.12]. К. : ДСТСЗІ СБУ, 2007. № 232. (Нормативний документ системи технічного захисту інформації).

26. Інформаційна безпека в середовищі безпроводових сенсорних мереж: монографія / М.Б. Александер, С.М. Балабан, М.П. Карпінський, С.А. Райба, В.М. Чиж. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 160 с.

27. Класифікація автоматизованих систем і стандартні функціональні профілі захищеності оброблюваної інформації від несанкціонованого доступу: НД ТЗІ 2.5-005-99. [Чинний від 1999.04.28]. К. : ДСТСЗІ СБУ, 1999. № 22. (Нормативний документ системи технічного захисту інформації).

28. Комплексні системи захисту інформації [Текст] : навч. посіб. / [Яремчук Ю. Є. Павловський П. В., Катаєв В. С., Сінюгін В. В.] ; Вінницький національний технічний університет. − Вінниця : ВНТУ, 2018. − 118 с

29. Критерії оцінки захищеності інформації в комп'ютерних системах від несанкціонованого доступу: НД ТЗІ 2.5-004-99. [Чинний від 1999.04.28]. К. : ДСТСЗІ СБУ, 1999. № 22. (Нормативний документ системи технічного захисту інформації).

30. Кулаков Ю.А., Луцкий Г.М. Локальные сети, - К.: Юниор, 2008. – 336с.

31. Лапонина О.Р. Основы сетевой безопасности: криптографические алгоритмы и протоколы взаимодействия: учебное пособие. – Киев: Издательство Интуит, 2010. − 608 с.

32. Медведев Н. Г. Аспекти інформаційної системи віртуальних приватних мереж / Медведев Н. Г., Пархоменко І.І., Галкін В.В., «Захист транзакцій в каналах корпоративних мереж за допомогою VPN технологій» // Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві і природокористуванні: матеріали наук.-техніч. конф.,(НУБіП, Київ, Україна, 23 – 24 червня 2016). – К.: НУБіП, 2016. – С.47 – 48.

33. Політика безпеки для Internet. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://lektsii.org/8-12435.html

34. Постанова Кабінету міністрів України від 29 березня 2006 р. N373 «Про затвердження Правил забезпечення захисту інформації в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах»

35. Построение защищенного узла доступа в интернет с применением технологии VPN и тунеллирования [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.opennet.ua/docs/UAS/vpn_solution/.

36. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах: Закон України від 05.07.1994 № 81/94-ВР//ВВР. 1994. № 31. С. 286.

37. Проект Концепції інформаційної безпеки України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mip.gov.ua/done_img/d/30-project_08_06_15.pdf.

38. Райан Норманн Выбираем протокол VPN [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.osp.ua/win2000/2001/07/175027/

39. Романов В.О. Вимоги до забезпечення функціональної та інформаційної безпеки бездротових сенсорних мереж / В.О. Романов, І.Б. Галелюка, В.О.

Остапенко // Комп’ютерні засоби, мережі та системи. – 2017. – № 16. – С. 106-117.

40. Термінологія в галузі захисту інформації в комп’ютерних системах від несанкціонованого доступу: НД ТЗІ 1.1-003-99. [Чинний від 1999.04.28]. К.: ДСТСЗІ СБУ, 1999. № 22. (Нормативний документ системи технічного захисту інформації).

41. Технічний захист інформації. Комп’ютерні системи. Порядок створення, впровадження, супроводження та модернізації засобів технічного захисту інформації від несанкціонованого доступу: НД ТЗІ 3.6-001-2000. [Чинний від 2000.12.30]. К.: ДСТСЗІ СБУ, 2000. № 60. (Нормативний документ системи технічного захисту інформації).

42. Что такое SSL? [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.ods.com.ua/win/uas/security/ssl.html.__

43. Трояновська Т. І. Побудова швидкісних мультисервісних мереж / Т. І. Трояновська, Л. А. Савицька, М. О. Максюта, Д. М. Поліщук // «Smart and Young». Київ, 2016. – №8, с. 72–78.

44. Теоретичний аналіз інформаційної безпеки в комп’ютерних мережах / М. П. Карпінський, Я. І. Кінах, О. С. Войтенко, В. Р. Паславський, І. З. Якименко, М. М. Касянчук // Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 2. — С. 81–82. — (Комп’ютерно-інформаційні технології та системи зв’язку).

45. Захист інформації на об’єктах інформаційної діяльності. Створення комплексу технічного захисту інформації: НД ТЗІ 1.1-005-07. [Чинний від 2007.12.12]. К. : ДСТСЗІ СБУ, 2007. № 232. (Нормативний документ системи технічного захисту інформації).

46. Jacek Rak, Mario Pickavet, Kishor S. Trivedi, Javier Alonso Lopez, Arie M. C. A. Koster, James P. G. Sterbenz, Egemen K. Çetinkaya, Teresa Gomes, Matthias Gunkel, Krzysztof Walkowiak & Dimitri Staessens. Telecommunication Systems. [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://link.springer.com/article/10.1007/s11235-015-9987-7

47. R. Hinden. RFC 3768 - Virtual Router Redundancy Protocol [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://tools.ietf.org/html/rfc3768

48. Cisco Systems. Gateway Load Balancing Protocol [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_2t/12_2t15/feature/guide/ft_glbp.html

49. J.Case., M. Fedor., M. Schoffstall., J. Davin. RFC 1157 - Simple Network Management Protocol [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://tools.ietf.org/html/rfc1157

50. C. Hopps. NextHop Technologies. RFC 2992 - Analysis of an Equal-Cost Multi-Path Algorithm [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://tools.ietf.org/html/rfc2992

51. T. Li., B. Cole., P. Morton., D. Li. RFC 2281 - Cisco Hot Standby Router Protocol [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://tools.ietf.org/html/rfc2281

52. Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall Computer Networks (5th Edition)» / Prentice Hall, 2010. 960 page.

53. Поняття про комп’ютерні мережі, їх призначення. Типи комп’ютерних мереж і мережної взаємодії [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://edufuture.biz /index.php?title=Поняття_про_комп’ютерні_мережі,_їх_призначення._Типи_комп’ютерних_мереж_і_мережної_взаємодії.

54. RFC 791 "Internet Protocol" [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt

55. RFC 1058 “Routing Information Protocol" [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://www.ietf.org/rfc/rfc1058.txt

56. "ISC Domain Survey: Number of Internet Hosts" [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://www.isc.org/solutions/survey/history

57. "Internet Multicast Addresses" [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://www.iana.org/assignments/multicastaddresses

58. "A Brief History of the Internet" [Електронний ресурс] - Режим доступу до

ресурсу: http://www.isoc.org/internet/history/brief.shtml

59. "Internet Protocol v4 Address Space" [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://www.iana.org/assignments/ipv4- address-space

60. RFC 1519 "Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy" [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://www.ietf.org/rfc/rfc1519.txt

61. RFC 1723 “RIP Version 2” [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://www.ietf.org/rfc/rfc1723.txt

62. RFC 2328 "OSPF Version 2" [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: http://www.ietf.org/rfc/rfc2328.txt

ДОДАТОК А

Копії наукових публікацій

УДК 004.77

ЮРІЙ КЛЬОЦ
Хмельницький національний університет
ORCID https://orcid.org/0000-0002-3914-0989
e-mail: klots@khmnu.edu.ua

СЕРГІЙ МОСТОВИЙ
Хмельницький національний університет
ORCID https://orcid.org/0000-0002-9505-3206
e-mail: sprmostovuy@gmail.com

ПАВЛО СІКОРСЬКИЙ
Хмельницький національний університет
ORCID немає
e-mail: sikorskiyp@khmnu.edu.ua

ІГОР ОСТАПЧУК
Хмельницький національний університет
ORCID немає
e-mail: ostapchuki@khmnu.edu.ua

СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У DNS-ЗАПИТАХ

Розглянуто теоретичні та практичні аспекти системи виявлення аномалій у DNS-запитах, яка є важливим інструментом забезпечення безпеки інтернет-інфраструктури. Проведено аналіз існуючих методів виявлення аномалій, включаючи статистичний, сигнатурний підходи та методи машинного навчання. Описано основні етапи розробки запропонованої системи, включаючи збір, обробку та аналіз даних, а також формування профілю нормальної активності для виявлення відхилень.

Основною метою дослідження є демонстрація ефективності комбінованого підходу до аналізу DNS-трафіку, який використовує сучасні алгоритми машинного навчання, такі як Isolation Forest, One-Class SVM та K-means. Запропонована система забезпечує високий рівень точності (92%) та повноти (90%) у виявленні аномалій, що підтверджується результатами тестування на наборі даних CAIDA Passive DNS Dataset.

Представлено опис модульної архітектури системи, яка дозволяє масштабувати її для використання у великих мережах із високим рівнем трафіку. Запропонований підхід є гнучким і адаптивним, що дозволяє інтегрувати його з існуючими мережевими інструментами безпеки та реагування на інциденти.

Ключові слова: аномалії у DNS-запитах, DNS-атаки, моніторинг DNS-запитів.

YURII KLOTS, SERHII MOSTOVYI, PAVLO SIKORSKIY, IHOR OSTAPCHUK
Khmelnytsky National University

ANOMALY DETECTION SYSTEM IN DNS QUERIES

Abstract. The theoretical and practical aspects of an anomaly detection system in DNS queries, which serves as a crucial tool for ensuring the security of internet infrastructure, are examined. An analysis of existing anomaly detection methods, including statistical, signature-based approaches, and machine learning methods, is conducted. The key stages of

the proposed system's development are described, including data collection, preprocessing, and analysis, as well as the creation of a normal activity profile for identifying deviations.

The primary goal of the study is to demonstrate the effectiveness of a combined approach to DNS traffic analysis, utilizing modern machine learning algorithms such as Isolation Forest, One-Class SVM, and K-means. The proposed system achieves a high level of accuracy (92%) and completeness (90%) in anomaly detection, as confirmed by testing results on the CAIDA Passive DNS Dataset.

A description of the modular architecture of the system is presented, which allows for scalability in large networks with high traffic levels. The proposed approach is flexible and adaptive, enabling integration with existing network security and incident response tools.

Keywords Anomalies in DNS queries, DNS attacks, DNS query monitoring.

Вступ

Система доменних імен (DNS) є одним із ключових компонентів інфраструктури Інтернету, що забезпечує трансляцію доменних імен у IP-адреси. Вона виконує роль інтерфейсу між користувачами та машинами, дозволяючи людям взаємодіяти з Інтернетом за допомогою зручних імен, а не складних числових адрес. DNS є децентралізованою системою, що складається з кореневих серверів, серверів верхнього рівня доменів (TLD), авторитетних серверів і рекурсивних резолверів. Ефективність DNS має критичне значення для функціонування Інтернету. Запити до DNS відбуваються щоразу, коли користувач завантажує вебсторінку, надсилає електронний лист або підключається до сервісу через API. Навіть невеликі затримки в роботі DNS можуть суттєво вплинути на продуктивність і час завантаження вебресурсів. У той же час, завдяки ієрархічній структурі та використанню кешування, DNS здатна обробляти мільярди запитів щодня, забезпечуючи швидкий і надійний доступ до ресурсів у будь-якій точці світу. Важливим аспектом є також масштабованість системи, яка дозволяє додавати нові домени та обслуговувати зростаючий обсяг трафіку.

У той же час DNS є потенційною точкою вразливості для мережі Інтернет. Зловмисники часто використовують її для атак, таких як DNS-спуфінг, DNS-ампліфікація чи атаки на відмову в обслуговуванні (DDoS). Для захисту від таких загроз впроваджуються розширення DNS, такі як DNSSEC, які забезпечують криптографічний захист даних. Важливу роль у безпеці також відіграють кешуючі резолвери, які мінімізують кількість запитів до зовнішніх серверів і тим самим знижують ризики атак.

Аномалії в DNS-запитах

Аномальний DNS-запит – це запит до системи доменних імен (DNS), який відхиляється від нормальної поведінки або очікуваних шаблонів взаємодії. Такі запити можуть мати нетипові характеристики, включаючи незвичну частоту, структуру, обсяг або джерело. Аномальними можуть вважатися запити до зловмисних або невідомих доменів, надмірно довгі імена доменів, запити з підробленими IP-адресами, або ті, що супроводжуються незвичними параметрами, наприклад, нехарактерними значеннями TTL. Аномальні DNS-запити часто пов’язані з кібератаками (наприклад, DDoS або DNS-ампліфікація), витоками даних, шкідливим програмним забезпеченням або спробами обійти мережеві обмеження через DNS-тунелювання.

Аномальні DNS-запити становлять серйозну загрозу для безпеки та стабільності мережі, оскільки вони можуть бути індикатором кібератак або зловмисної активності. Однією з найбільш поширених загроз є використання DNS для здійснення DDoS-атак, зокрема через механізм DNS-ампліфікації (Рис. 1.3). У такому випадку зловмисник надсилає великі обсяги запитів до відкритих DNS-рекурсорів, підробляючи IP-адресу джерела запиту. У відповідь сервери надсилають значно більші за обсягом відповіді на вказану IP-адресу жертви, перевантажуючи її мережу. Оскільки DNS-

запити є критично важливою частиною функціонування Інтернету, такі атаки можуть спричинити значні перебої в роботі сервісів, викликати відмову в обслуговуванні й уповільнення мережевого трафіку на рівні інфраструктури.

Аналіз DNS-запитів включає кілька ключових аспектів, які охоплюють джерела даних, типи зібраної інформації, способи їх отримання та специфіку використання цих даних у подальшому аналізі. Зібрані дані формують основу для побудови профілю нормальної поведінки, виявлення аномалій і аналізу мережевого трафіку.

Основним джерелом для збору даних є логи DNS-серверів. Для цього використовуються популярні DNS-сервери, такі як BIND, Unbound, PowerDNS та інші, які генерують журнали запитів у текстовому або структурованому форматі. Ці журнали містять інформацію про всі отримані, оброблені та переадресовані DNS-запити. Дані логів зазвичай включають IP-адресу клієнта, тип DNS-запиту (A, AAAA, MX, CNAME тощо), доменне ім'я, запитуване клієнтом (FQDN), час отримання запиту та тип відповіді сервера (успішна, помилка, відсутність даних тощо). Для підвищення ефективності аналізу рекомендується використовувати структуровані журнали в форматах JSON або CSV, що спрощує подальший аналіз.

Додатковим джерелом є дані мережевого моніторингу, отримані за допомогою інструментів аналізу трафіку, таких як Wireshark, Zeek (раніше відомий як Bro), Tcpdump або NetFlow. Ці інструменти дозволяють знімати та аналізувати пакети, які містять DNS-запити та відповіді. У таких даних зазвичай зберігаються не лише стандартні мета-дані DNS-запитів, а й інформація про рівень трафіку, час затримки між запитами та відповіді, використання різних протоколів (TCP або UDP). Це дає змогу не лише аналізувати окремі запити, але й виявляти більш складні патерни, наприклад, послідовні запити до одного домену або поведінку ботнетів.

Ще одним важливим джерелом є глобальні публічні списки доменів, наприклад Alexa Top 1M, Majestic Million, Cisco Umbrella Popularity List, які містять інформацію про популярні домени та їх ранжування за рівнем використання. Ці дані дозволяють ідентифікувати рідкісні або незвичайні домени в логах DNS-серверів, які можуть бути пов’язані із зловмисною активністю. Публічні списки зловмисних доменів, такі як Threat Intelligence Platforms (AbuseIPDB, Open Threat Exchange, VirusTotal), використовуються для перевірки, чи не належать запитувані домени до категорії потенційно небезпечних.

Геолокаційні бази даних, наприклад MaxMind GeoIP або IP2Location, використовуються для зіставлення IP-адрес клієнтів із їх географічними координатами. Це дозволяє ідентифікувати регіони, з яких надходить нетиповий трафік, або відслідковувати підозрілі запити з незвичних місць. Наприклад, якщо сервер отримує велику кількість DNS-запитів із країни, що зазвичай не має високого рівня трафіку до цієї мережі, це може бути ознакою ботнет-атаки.

Підходи до виявлення аномалій у DNS-трафіку

Класичні методи виявлення аномалій у DNS-трафіку включають статистичний аналіз і сигнатурний підхід. Статистичний аналіз базується на побудові моделей нормальної поведінки DNS-запитів із використанням показників, таких як частота запитів, довжина доменних імен, кількість рівнів домену, географічне походження запитів і середній час відповіді серверів. Відхилення від встановлених меж нормальних значень розглядаються як потенційно аномальні. Наприклад, різке зростання кількості запитів із одного джерела може сигналізувати про DDoS-атаку, тоді як запити до незвичайно довгих доменів можуть бути ознакою використання генераторів доменних імен (DGA). Хоча статистичний аналіз є простим у реалізації та обчислювально ефективним, він має обмеження у виявленні складних або раніше невідомих загроз. Сигнатурний підхід, зі свого боку, базується на ідентифікації аномалій шляхом зіставлення трафіку з базою відомих шкідливих шаблонів або доменів. Цей підхід є високоефективним для виявлення відомих загроз, але вразливий до нових атак, які не входять до бази сигнатур. Окрім того, сигнатурний підхід часто залежить від актуальності бази даних і не здатний адаптуватися до швидкозмінного середовища.

Сучасні методи машинного навчання пропонують більш гнучкий і адаптивний підхід до аналізу DNS-трафіку, включаючи класифікацію та кластеризацію. Класифікація спрямована на побудову моделей, які можуть відносити

кожен DNS-запит до однієї з категорій: нормальний або аномальний. Для цього використовуються алгоритми, такі як дерева рішень, SVM, логістична регресія або градієнтний бустинг. Класифікація ефективно працює з маркованими наборами даних, де є приклади нормальних і аномальних запитів, але її ефективність обмежується якістю й обсягом навчальних даних (Рис. 1.5). Кластеризація, навпаки, дозволяє виявляти аномалії в немаркованих даних, групуючи подібні запити у кластери та визначаючи ті, що не відповідають основним групам. Для цього часто використовуються алгоритми, такі як K-Means, DBSCAN або Gaussian Mixture Models. Кластеризація є корисною для виявлення нових загроз, але її точність залежить від вибору гіперпараметрів і метрики подібності.

Інноваційні методи, що базуються на глибокому навчанні та аналізі часових рядів, відкривають нові горизонти в автоматизованому виявленні аномалій у DNS-трафіку. Глибокі нейронні мережі, такі як рекурентні нейронні мережі (RNN) і згорткові нейронні мережі (CNN), використовуються для виявлення складних шаблонів у великих наборах даних, включаючи текстові та часові аспекти DNS-запитів. Наприклад, RNN добре підходять для аналізу послідовностей запитів, тоді як CNN можуть виявляти структурні аномалії у текстових представленнях доменних імен. Глибоке навчання дозволяє створювати моделі, які здатні самостійно виявляти нові загрози на основі великих обсягів даних, але вимагає значних обчислювальних ресурсів і якісних даних для навчання. Аналіз часових рядів з використанням методів, таких як LSTM-мережі або ARIMA-моделі, дозволяє виявляти аномалії, що виникають через відхилення у тимчасових патернах DNS-запитів, наприклад, несподівані піки активності або нерівномірний розподіл трафіку.

Структурна модель методу виявлення аномалій у DNS-запитах

Представимо структурну модель методу виявлення аномалій у DNS-запитах на рис. 1.

Рис.1 Структурна модель методу виявлення аномалій у DNS-запитах

Метод виявлення аномалій у DNS-запитах базується на етапному процесі, що охоплює збір даних, їх підготовку, побудову профілю нормальної активності та подальше виявлення відхилень для ідентифікації аномалій. Кожен етап виконує чітко визначені функції і є частиною єдиної системи, що аналізує DNS-трафік для визначення потенційно підозрілої активності, яка може вказувати на загрози чи порушення безпеки.

Першим етапом є збір даних, що передбачає отримання великого обсягу DNS-запитів від клієнтів мережі. Джерелами даних можуть слугувати DNS-сервери, логи запитів чи мережеві датчики, які фіксують кожен DNS-запит, його параметри, IP-адреси клієнтів і час виконання. Зібрані дані є основою для подальших етапів аналізу. У цьому процесі важливо враховувати як запити з нормального трафіку, так і ті, що можуть містити аномалії, щоб не втратити критичну інформацію для подальшого аналізу.

Після збору даних виконується їх підготовка, яка включає кілька підпроцесів обробки інформації. На цьому етапі дані очищуються від шумів і непотрібних записів, які не мають значущості для аналізу. Також проводиться нормалізація даних для забезпечення їх однорідності та форматування у відповідність до встановлених вимог моделі. Підготовка даних включає виділення ключових характеристик DNS-запитів, таких як доменні імена, частота звернень, тривалість запитів і типи використовуваних записів (A, AAAA, MX, TXT та інші). Ці параметри є критичними для створення профілю нормальної активності та визначення критеріїв аномалій.

На третьому етапі формується профіль нормальної активності, що є репрезентативною моделлю поведінки DNS-запитів у звичайному стані мережі. Побудова такого профілю виконується на основі аналізу великих обсягів зібраних та підготовлених даних, які дозволяють визначити типові закономірності, частоти й часові патерни. Профіль нормальної активності фіксує регулярну поведінку DNS-клієнтів, включаючи середню кількість запитів за одиницю часу, стандартні значення параметрів запитів, а також очікувану структуру доменних імен. Для цього застосовуються статистичні методи, машинне навчання або інші алгоритмічні підходи. Мета профілю полягає у створенні еталонного середовища для виявлення аномалій, що відхиляються від нормальної активності.

Наступний етап – виявлення аномалій, що полягає у порівнянні реальних DNS-запитів із профілем нормальної активності. Аномалії виявляються тоді, коли зафіксовані параметри запитів виходять за межі допустимих значень, визначених на основі побудованого профілю. У процесі виявлення можуть використовуватися різні методи аналізу, зокрема статистичні підходи для обчислення відхилень, а також алгоритми машинного навчання для ідентифікації шаблонів, які не відповідають нормі. Параметри аномалій можуть включати надмірну частоту DNS-запитів за короткий проміжок часу, підозріло довгі або випадкові доменні імена, нехарактерні типи записів чи інші нетипові ознаки запитів.

Завершальним етапом є ідентифікація аномалій, які можуть вказувати на потенційні загрози, такі як DNS-атаки, спроби витоку даних, шкідливе програмне забезпечення чи несанкціоноване використання ресурсів мережі. Виявлені аномалії підлягають додатковому аналізу для підтвердження їх дійсної природи та критичності. Результати цього етапу можуть бути передані системам реагування на інциденти або використані для підвищення безпеки мережі шляхом вдосконалення політик доступу та конфігурацій DNS-серверів.

Таким чином, структурна модель методу виявлення аномалій у DNS-запитах є послідовною системою, що охоплює процеси збору, підготовки та аналізу даних з метою виявлення відхилень від нормальної активності. Кожен етап є важливим для забезпечення точності та ефективності виявлення потенційних загроз у DNS-трафіку.

Процес виявлення аномалій

Представимо процес виявлення аномалій послідовністю кроків.

Крок 1. Ініціалізація моделей та завантаження підготовлених даних. На цьому кроці моделі машинного навчання Isolation Forest, One-Class SVM та K-means ініціалізуються для подальшої обробки даних. Завантажені підготовлені дані DNS-запитів одразу подаються у вигляді числових векторів ознак, сформованих під час етапу попередньої обробки. Ініціалізація моделей включає налаштування основних параметрів, які визначають їх поведінку під час обчислень. Для Isolation Forest встановлюється параметр contamination, що визначає частку очікуваних аномалій у даних. У моделі One-Class SVM налаштовується параметр nu, що контролює кількість точок, які можуть бути позначені як аномальні. Для алгоритму K-means визначається кількість кластерів, яка базується на аналітичних висновках попередніх етапів або задається емпірично.

Цей крок також включає перевірку, чи дані відповідають вимогам моделей, зокрема їх вимірність та відсутність невизначених значень. Моделі машинного навчання готові до подальшої обробки вхідних векторизованих даних.

Крок 2. Обчислення аномальних балів моделлю Isolation Forest. На цьому етапі Isolation Forest аналізує вхідні DNS-запити, поступово розділяючи їх у деревоподібній структурі. Алгоритм випадково вибирає ознаки, такі як частота запитів, довжина доменів та часові інтервали, для створення розділень даних на рівнях дерева. Під час обчислення модель присвоює кожному запиту аномальний бал на основі глибини, з якої він був ізольований у дереві. Запити, що швидко ізолюються на ранніх рівнях, отримують вищі бали аномальності, оскільки вони суттєво відхиляються від основної маси точок.

Модель виконує багаторазову побудову дерев для підвищення стабільності результатів. Після цього формується сумарний аномальний бал для кожного DNS-запиту. На виході цього кроку формується проміжний результат, який містить список DNS-запитів із їхніми аномальними балами. Запити з балами, що перевищують заданий поріг, позначаються як потенційно аномальні та переходять на подальший аналіз.

Крок 3. Виявлення відхилень за допомогою One-Class SVM. На цьому етапі модель One-Class SVM аналізує ті ж підготовлені дані, застосовуючи метод побудови гіперплощини у багатовимірному просторі ознак. Всі вхідні DNS-запити перевіряються на їх належність до "ядра нормальних даних", сформованого на етапі навчання. Запити, що виходять за межі цієї області, позначаються як аномальні.

One-Class SVM потребує попереднього масштабування ознак для забезпечення коректної роботи моделі, що було виконано під час попереднього етапу підготовки даних. Модель обчислює відстань кожного запиту до гіперплощини та позначає точки з максимальною відстанню як аномальні. На цьому кроці формується додатковий список DNS-запитів, які мають значні відхилення відповідно до результатів One-Class SVM.

Крок 4. Кластеризація даних алгоритмом K-means для виявлення аномалій. На четвертому кроці виконується кластеризація DNS-запитів з використанням методу K-means. Алгоритм групує дані у декілька кластерів на основі схожості ознак, таких як частота запитів, довжина доменів і часові характеристики. Центроїди кластерів обчислюються ітеративно для мінімізації відстані між точками та центром кластеру.

Після завершення кластеризації алгоритм аналізує розподіл DNS-запитів у кластерах. Точки, що належать до малих кластерів, а також точки з великою відстанню до центроїда основного кластера, позначаються як аномальні. Цей підхід дозволяє ідентифікувати запити, які не відповідають типовим групам поведінки. Результати кластеризації додаються до загального списку потенційно аномальних DNS-запитів.

Крок 5. Об'єднання та фільтрація результатів усіх методів. На цьому етапі результати, отримані від моделей Isolation Forest, One-Class SVM та K-means, об'єднуються для формування єдиного списку аномальних DNS-запитів. Запити, які були позначені як аномальні хоча б однією моделлю, піддаються додатковій фільтрації. Для цього використовуються порогові значення аномальних балів та евристичні правила, що дозволяють відсіювати потенційно помилкові спрацювання.

DNS-запити, які були позначені аномальними двома чи трьома методами одночасно, отримують вищий пріоритет для подальшого аналізу. Таким чином, комбінування результатів моделей забезпечує підвищену надійність та зниження рівня помилкових спрацювань.

Крок 6. Формування звіту про виявлені аномалії. Завершальним кроком є формування узагальненого звіту про виявлені аномалії у DNS-запитах. Для кожного запиту, позначеного як аномальний, надається повна інформація, включаючи його IP-адресу, часову мітку, тип запиту, довжину домену та аномальний бал, присвоєний моделями. Запити сортуються за пріоритетом, де на вершині списку розташовуються ті, які отримали найвищі оцінки аномальності.

Архітектура системи виявлення аномалій у DNS-запитах

Архітектура системи виявлення аномалій у DNS-запитах базується на послідовній обробці даних та інтеграції кількох функціональних компонентів, кожен з яких виконує певні завдання, пов’язані із збором, обробкою, аналізом

і виявленням аномалій у DNS-трафіку. Система розробляється таким чином, щоб забезпечити надійність, масштабованість та високу швидкість роботи навіть у великих мережах.

На рис. 4 представлено запропоновану архітектуру системи.

Модуль збору даних. Цей компонент відповідає за збирання DNS-трафіку з мережі. Джерелом даних є DNS-сервери та відповідним чином налаштовані маршрутизатори. Модуль фіксує основні параметри DNS-запитів, такі як IP-адреса клієнта, доменне ім'я, тип DNS-запиту, час запиту та розмір відповіді. Зібрані дані передаються до наступного компонента системи для подальшої обробки.

Модуль попередньої обробки даних. Основним завданням цього модуля є очищення, нормалізація та форматування зібраних DNS-запитів. Він видаляє некоректні або дубльовані записи, синхронізує часові мітки та нормалізує формат даних. На цьому етапі також здійснюється виділення основних характеристик запитів, які будуть використовуватися для аналізу, таких як частота запитів, довжина доменних імен, кількість піддоменів і типи DNS-записів.

Модуль побудови профілю нормальної активності. Цей компонент формує статистичну модель нормальної активності на основі зібраних та підготовлених даних. Профіль нормальної активності включає середні значення, розподіли та граничні показники для основних характеристик DNS-запитів. Він є основою для виявлення відхилень у поведінці трафіку. Модуль використовує алгоритми статистичного аналізу для визначення закономірностей і часових патернів у нормальному трафіку.

Модуль виявлення аномалій. Основний аналітичний компонент системи, який використовує комбінований підхід на основі кількох моделей машинного навчання. На цьому етапі підготовлені дані порівнюються з профілем нормальної активності за допомогою алгоритмів, таких як Isolation Forest, One-Class SVM та K-means. Модуль паралельно обробляє вхідні дані за кожним методом, після чого результати комбінуються для підвищення точності виявлення аномалій. DNS-запити, що суттєво відхиляються від нормального профілю, позначаються як потенційно аномальні.

Модуль обробки результатів. Цей компонент відповідає за зберігання та аналіз результатів, отриманих від модуля виявлення аномалій. Запити, які були позначені як аномальні, класифікуються за типами відхилень, такими як частотні порушення, підозрілі доменні імена або аномальні часові інтервали. Для кожної аномалії фіксуються її характеристики, такі як аномальний бал, присвоєний моделлю, IP-адреса клієнта, час виявлення та тип запиту.

Модуль формування звітів. Завданням цього компонента є створення зрозумілих і детальних звітів про виявлені аномалії. Звіти включають інформацію про час, місце та характеристики аномальних запитів, а також рекомендації щодо реагування на них. Вихідні дані можуть бути передані адміністраторам системи або інтегровані з іншими інструментами мережевої безпеки для автоматизованого реагування.

Інтерфейс моніторингу та керування. Цей компонент забезпечує взаємодію користувачів із системою. Інтерфейс дозволяє переглядати виявлені аномалії в реальному часі, здійснювати налаштування системи, аналізувати історичні дані та отримувати звіти. Інтерфейс моніторингу також може включати візуалізацію статистики DNS-трафіку, що допомагає адміністраторам швидко оцінити стан мережі.

Система починає роботу з отримання вхідного трафіку через модуль збору даних. Зібрані дані проходять через модуль попередньої обробки, де відбувається їх очищення та нормалізація. Потім підготовлені дані передаються до модуля побудови профілю нормальної активності, який визначає еталонні параметри для порівняння. У реальному часі або пакетному режимі модуль виявлення аномалій аналізує нові DNS-запити, використовуючи статистичні методи та моделі машинного навчання, та визначає, чи відповідають вони нормальному профілю.

Результати обробки передаються до модуля обробки результатів, де аномалії класифікуються та зберігаються для подальшого аналізу. Модуль формування звітів генерує структуровані звіти, які можуть бути використані для прийняття оперативних заходів. Адміністратори мережі або автоматизовані системи безпеки взаємодіють із системою через інтерфейс моніторингу, що забезпечує прозорість та контроль за роботою системи.

Архітектура системи є модульною, що дозволяє легко масштабувати її для роботи у великих мережах. Вона забезпечує гнучкість завдяки використанню різних методів аналізу, зокрема машинного навчання, що дозволяє адаптуватися до змін у поведінці мережевого трафіку. Реалізація кожного компонента як окремого модуля підвищує надійність та забезпечує легкість інтеграції з існуючими інструментами моніторингу та безпеки.

Така архітектура дозволяє ефективно ідентифікувати аномалії в DNS-запитах, що є важливим кроком до забезпечення стабільності та безпеки мережевої інфраструктури.

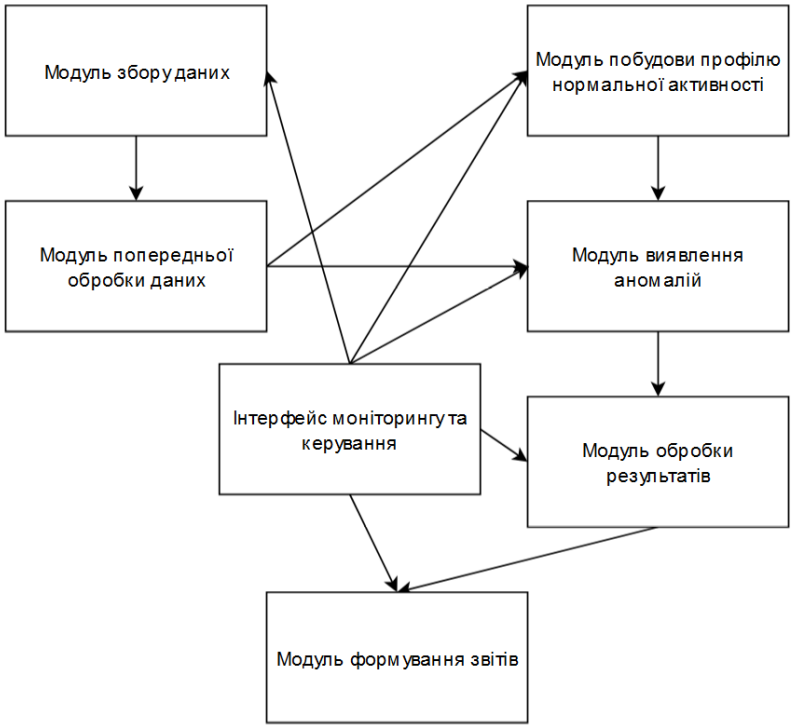


Рис. 1. Архітектура системи

Тестування системи

Для тестування методів аналізу DNS-запитів рекомендують використовувати набір даних CAIDA Passive DNS Dataset. Цей набір містить пасивні DNS-дані, зібрані Центром прикладного інтернет-аналізу (CAIDA). Він включає інформацію про відповідності між доменними іменами та IP-адресами, що дозволяє проводити детальний аналіз трафіку та виявляти аномалії. Дані забезпечують можливість досліджувати поведінкові закономірності у DNS-запитах, аналізувати відхилення від нормальної активності та ідентифікувати потенційно шкідливі домени. Набір даних підходить для тестування розроблених методів як у реальних умовах, так і у симуляціях.

Проведемо тестування запропонованої системи цим набором даних. Результати тестування представлено в таблиці 1.

Оцінимо точність та повноту отриманих даних шляхом визначення метрик точності та повноти.

Точність (precision) визначає відсоток коректно виявлених об'єктів серед усіх, які були ідентифіковані, тоді як повнота (recall) характеризує частку коректно виявлених об'єктів серед усіх, які фактично існують. Для обчислення цих метрик застосуємотакі формули:

$$Precision = \frac{TruePositive}{TruePositive + FalsePositive}$$

$$Recall = \frac{TruePositive}{TruePositive + FalseNegative}$$

Таблиця 1

Результати тестування систем виявлення аномального трафіку

Метод	Tp	Tn	Fp	Fn	Precision	Recall
Статистичний аналіз	80	85	15	20	0,84	0,80
Машинне навчання	85	88	12	18	0,88	0,83
Використання правил і порогових значень	75	80	20	25	0,79	0,75
Сигнатурний аналіз	78	82	18	22	0,81	0,78
Аналіз часових рядів	82	84	16	19	0,84	0,81
Методи, засновані на графах	79	83	17	21	0,82	0,79
Використання чорних списків доменів	74	78	22	26	0,77	0,74
Семантичний аналіз запитів	81	85	15	20	0,84	0,80
Інструменти аналізу DNS-логів	83	87	13	18	0,86	0,82
Моніторинг поведінкових патернів	80	86	14	19	0,85	0,81
Запропонований метод	90	92	8	10	0,92	0,90

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У цьому дослідженні було розглянуто систему виявлення аномалій у DNS-запитах, яка базується на інтеграції сучасних алгоритмів машинного навчання та традиційних методів аналізу. Запропонована система показала високу ефективність завдяки комбінованому підходу до аналізу трафіку. Вона включає декілька ключових етапів: збір даних, попередню обробку, формування профілю нормальної активності та виявлення аномалій за допомогою методів Isolation Forest, One-Class SVM та K-means. Кожен етап забезпечує цілісність аналізу, дозволяючи точніше ідентифікувати потенційні загрози.

Результати тестування на наборі даних CAIDA Passive DNS Dataset демонструють, що система досягає найвищих показників точності (92%) та повноти (90%) порівняно з традиційними підходами, такими як статистичний, сигнатурний аналіз чи використання правил. Це підтверджує, що запропонований підхід є надійним і здатним адаптуватися до нових типів атак і нетипових шаблонів DNS-запитів. Виявлено, що комбінування результатів різних моделей дозволяє зменшити кількість помилкових спрацювань та підвищити надійність системи.

Запропонована архітектура системи є модульною, що дозволяє інтегрувати її з існуючими мережевими інструментами моніторингу й аналізу. Гнучкість архітектури сприяє її масштабуванню для застосування у великих мережах із високим рівнем трафіку. Це робить систему придатною для використання як у наукових дослідженнях, так і в комерційних рішеннях з кібербезпеки.

У перспективі подальші дослідження можуть зосередитися на впровадженні глибокого навчання, зокрема RNN або CNN, для аналізу часових рядів і текстових шаблонів у DNS-запитах. Іншим важливим напрямом є автоматизація реагування на виявлені аномалії через інтеграцію із системами інцидент-менеджменту. Також важливо досліджувати можливості роботи із потоковими даними в режимі реального часу для забезпечення швидкого виявлення та нейтралізації загроз.

Література

1. Klots, Y.; Titova, V.; Petliak, N.; Cheshun, V.; Salem, A.-B.M. Research of the Neural Network Module for Detecting Anomalies in Network Traffic. CEUR Workshop Proceedings, 3156, 2022, pp. 378–389. URL: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57786856200

2. Vanin, P.; Newe, T.; Dhirani, L.L.; O'Connell, E.; O'Shea, D.; Lee, B.; Rao, M. A Study of Network Intrusion Detection Systems Using Artificial Intelligence/Machine Learning. Appl. Sci. 2022, 12, 11752. https://doi.org/10.3390/app122211752

3. Y. Klots, N. Petliak and V. Titova, "Evaluation of the efficiency of the system for detecting malicious outgoing traffic in public networks," 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/DESSERT61349.2023.10416502.

4. M. Almseidin, J. Al-Sawwa and M. Alkasassbeh, "Anomaly-based Intrusion Detection System Using Fuzzy Logic," 2021 International Conference on Information Technology (ICIT), Amman, Jordan, 2021, pp. 290-295, doi: 10.1109/ICIT52682.2021.9491742.

5. Кльоц, Ю.П., Петляк, Н. С. Виявлення аномального трафіку у загальнодоступних комп'ютерних мережах. Measuring and computing devices in technological processes, 2022р. №3, 79–86с. https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-71-3-9

6. Serhii Toliupa, Ivan Parkhomenko, Ruslana Ziubina, Olga Veselska, Stanislaw Rajba, Kornel Warwas. Detection of abnormal traffic and network intrusions based on multiple fuzzy rules, Procedia Computer Science, Volume 207, 2022, Pages 44-53, ISSN 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.036

7. S. S. Kim and A. L. N. Reddy, "Statistical Techniques for Detecting Traffic Anomalies Through Packet Header Data," in IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 16, no. 3, pp. 562-575, June 2008, doi: 10.1109/TNET.2007.902685.

8. Тестування обладнання корпоративної мережі / Т. М. Кисіль, Ю. П. Кльоц, Т. В. Бондаренко, Є. С. Шаховал // Тези доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції "Військова освіта і наука: сьогодення та майбутнє", 27 листоп. 2020 р. – Київ : ВІКНУ, 2020. – Т. 1. – С. 39–40.

9. Тітова В. Ю. Класифікація моделей загроз в комп'ютерних системах / В. Ю. Тітова, Ю. П. Кльоц, С. О. Савчук // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2020. – № 2. – С. 201-203.

10. Кльоц, Ю., Мостовий, С., Нічепорук, А., Савенко, О. Computer systems diagnostic for the metamorphic viruses based on the modified emulator. Electrotechnic and Computer Systems, 2016 №98, 366-370. Retrieved from https://eltecs.op.edu.ua/index.php/journal/article/view/1475

References

1. Klots, Y.; Titova, V.; Petliak, N.; Cheshun, V.; Salem, A.-B.M. Research of the Neural Network Module for Detecting Anomalies in Network Traffic. CEUR Workshop Proceedings, 3156, 2022, pp. 378–389. URL: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57786856200

2. Vanin, P.; Newe, T.; Dhirani, L.L.; O'Connell, E.; O'Shea, D.; Lee, B.; Rao, M. A Study of Network Intrusion Detection Systems Using Artificial Intelligence/Machine Learning. Appl. Sci. 2022, 12, 11752. https://doi.org/10.3390/app122211752

3. Y. Klots, N. Petliak and V. Titova, "Evaluation of the efficiency of the system for detecting malicious outgoing traffic in public networks," 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/DESSERT61349.2023.10416502.

4. M. Almseidin, J. Al-Sawwa and M. Alkasassbeh, "Anomaly-based Intrusion Detection System Using Fuzzy Logic," 2021 International Conference on Information Technology (ICIT), Amman, Jordan, 2021, pp. 290-295, doi: 10.1109/ICIT52682.2021.9491742.

5. Klots, Y.P., Petliak, N. S. Vyiavlennia anomalnoho trafiku u zahalnodostupnykh kompiuternykh merezhakh. Measuring and computing devices in technological processes, 2022p. №3, 79–86c. https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-71-3-9

6. Serhii Toliupa, Ivan Parkhomenko, Ruslana Ziubina, Olga Veselska, Stanislaw Rajba, Kornel Warwas. Detection of abnormal traffic and network intrusions based on multiple fuzzy rules, Procedia Computer Science, Volume 207, 2022, Pages 44-53, ISSN 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.036

7. S. S. Kim and A. L. N. Reddy, "Statistical Techniques for Detecting Traffic Anomalies Through Packet Header Data," in IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 16, no. 3, pp. 562-575, June 2008, doi: 10.1109/TNET.2007.902685.

8. Testuvannia obladnannia korporatyvnoi merezhi / T. M. Kysil, Y. P. Klots, T.V. Bondarenko, Ye. S. Shakhoval // Tezy dopovidei KhVI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Viiskova osvita i nauka: sohodennia ta maibutnie", 27 lystop. 2020 r. – Kyiv : VIKNU, 2020. – T. 1. – S. 39–40.

9. Titova V. Y. Klasyfikatsiia modelei zahroz v kompiuternykh systemakh / V.Y. Titova, Y.P. Klots, S.O. Savchuk // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – 2020. – № 2. – S. 201-203.

10. Klots, Y., Mostovyi, S., Nicheporuk, A., Savenko, O. Computer systems diagnostic for the metamorphic viruses based on the modified emulator. Electrotechnic and Computer Systems, 2016 №98, 366-370. Retrieved from https://eltecs.op.edu.ua/index.php/journal/article/view/1475

Завідувачу кафедри кібербезпеки
к.т.н., доц. Кльоцу Ю.П.
Остапчука Ігоря Руслановича
ПІБ здобувача вищої освіти

Студента ФІТ, 2 курсу, групи КБЗІм-23-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у хмельницькому національному університеті» від 31.08.2023, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

19.12.24
дата


підпис

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 3.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Помилок в документах: 8%**

	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
ID: 161315 Назва: Метод оцінки впливу маршрутизації на надійність корпоративної мережі Додано в БД: 2024-12-19 Автора: Остапчук Ігор Керівники: Касянчук М.М. Консультанти: Опоненти:	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	100873	734	8434 (8%)	67 (9%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Ігор Остапчук

Співавтор:

Назва: Метод оцінки впливу маршрутизації на надійність корпоративної мережі

Науковий керівник: Михайло Касянчук

Підрозділ: Кафедра кібербезпеки

Коефіцієнт подібності 1:14,6%

Коефіцієнт подібності 2:4%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2024-12-19 12:11:0.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

☐ **Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.**

☐ **Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.**

☐ **Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.**

Обгрунтування:

Дата експерт

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ

КАФЕДРИ КІБЕРБЕЗПЕКИ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:
Назва: Метод оцінки впливу маршрутизації на надійність корпоративної мережі

Автор: Остапчук Ігор Русланович
Спеціальність: 125 – Кібербезпека та захист інформації
Освітня програма: освітньо-професійна
Науковий керівник: Касянчук Михайло Миколайович, д.т.н, професор
Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Оригінальність тексту роботи за результатами перевірки системою StrikePlagiarism складає 85,4%, оригінальність тексту роботи за результатами перевірки системою Anti-Plagiarism v-15.257 складає 97%.

Згідно з правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у хмельницькому національному університеті» від 31.08.2023, авторська робота, обсяг оригінального тексту у відсотках до загального обсягу матеріалу в якій складає 90-100 %, визнається роботою з високою унікальністю тексту і допускається до захисту.

Керівник роботи _____ М.М. Касянчук

Гарант ОП _____ В.Ю. Тітова

Завідувач кафедри кібербезпеки _____ Ю.П. Кльоц

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»

Магістр Остапчук Ігор Русланович

Тема: Метод оцінки впливу маршрутизації на надійність корпоративної мережі

Галузь знань 12 Інформаційні технології Спеціальність 125 Кібербезпека та захист інформації денної форми навчання

Обсяг дипломної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»:

кількість листів креслень - ; кількість сторінок записки 89 ;

1. Короткий зміст КР та прийнятих рішень У кваліфікаційній роботі розглянуто питання оцінки впливу методів маршрутизації на надійність мережі. Проаналізовано сучасні підходи до вирішення цього питання, розглянуто методи маршрутизації. Розроблено метод оцінки вплву маршрутизації на надійність корпоративнихх мереж з врахуванням наявної інфраструктури.

2. Висновок про відповідність КР завданню Магістерська робота у повній мірі відповідає поставленому завданню як у теоретичній, так і практичній частині роботи

3. Характеристика виконання кожного розділу роботи, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У вступі обгрунтовується актуальність теми дослідження; її зв'язок із науковими програмами, планами, темами та сформульовано мету та основні завдання дослідження. У першому розділі було досліджено принципи побудови сучасних корпоративних мереж та показники, що впливають на їх надійність. У другому розділі розглянуто протоколи маршрутизації, вимоги до них та їх вплив на надійність мереж. У третьому розділі запропоновано метод оцінки впливу обраного способу маршрутизації на надійність мережі. У четвертому розділі представлено результати методу для різних методів маршрутизації для обраної топології корпоративної мережі

4. Позитивні сторони проекту полягають в підвищенні надійності корпоративних інформаційних систем від правильного вибору методів маршрутизації

5. Негативні сторони проекту: У роботі недостатньо висвітлено математичні розрахунки для методу.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи.

7. Відгук про роботу в цілому В загальному дипломна робота заслуговує позитивної оцінки, однак має незначні зауваження

8. Інші зауваження

9. Оцінка дипломної роботи Розглянувши позитивні та негативні сторони представленої дипломної роботи, можна зробити висновок, що дипломна робота заслуговує оцінки «задовільно».

РЕЦЕНЗЕНТ (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) д.т.н., проф. Мартинюк Валерій Володимирович.
Завідувач кафедри АКІТР, доктор технічних наук, професор.

« 18 » грудня 2024 . (підпис)