

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“ ____ ” _____ 2025 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему
“Дослідження та програмна реалізація системи SDN на основі
Huawei Cloud Fabric”

КБПЗ - 2025

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи КІ-24М
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Кривохижа В.Ю.
« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Дреєв О.М.
« ____ » _____ 2025 р.
Рецензент _____

АНОТАЦІЯ

Кривохижа В.Ю. Дослідження та програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2025.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Об'єктом дослідження є процес SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Предметом дослідження є методи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Методи дослідження базуються на методах теорії побудови комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Результат роботи – програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Python.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, SDN, Huawei Cloud Fabric

ABSTRACT

Kryvokhyzha V.Yu. Research and software implementation of the SDN system based on Huawei Cloud Fabric. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2025.

In this final qualification work for the second (master's) level of higher education, software has been developed, which is intended for the SDN system based on Huawei Cloud Fabric.

The purpose of the development is the research and software implementation of the SDN system based on Huawei Cloud Fabric.

The object of the research is the SDN process based on Huawei Cloud Fabric.

The subject of the research is the SDN methods based on Huawei Cloud Fabric.

The research methods are based on the methods of the theory of computer network construction, methods of mathematical statistics, and methods of software development.

The result of the work is the software implementation of the SDN system based on Huawei Cloud Fabric.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

A user-friendly interface has been developed. Instructions for working with software tools are provided.

The program can be used on PCs with Windows 10/11.

The program is developed in the Python environment.

Keywords: computer engineering, SDN, Huawei Cloud Fabric

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	3
ВСТУП.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	6
1.1 Призначення системи.....	6
1.2 Область застосування.....	6
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	10
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.....	10
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	16
2.3 Розгорнута постановка завдання	16
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	18
3.1 Опис функціонування системи	18
3.2 Розробка структурної схеми.....	22
3.3 Розробка функціональної схеми	28
3.4 Розробка діаграми процесів.....	36
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	38
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	38
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	52
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	56
6 НАУКОВА НОВИЗНА	62

						ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ		
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Кривохижа В.Ю.				Дослідження та програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Дресв О.М.					М	1	87
Н.контр.	Коваленко А.С.				ЦНТУ КІ-24М			
Затв.	Смірнов О.А.							

7	МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ	63
7.1	Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту	63
7.2	Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок ...	64
7.3	Вибір методу оцінки вартості ПЗ	64
7.4	Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості.....	65
7.5	Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ	67
7.6	Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ	68
7.7	Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту.....	69
8	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	70
8.1	Вступ.....	70
8.2	Аналіз санітарно-гігієнічних умов праці на робочому місці програміста ...	72
8.3	Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці.....	75
8.4	Розрахункова частина	76
8.5	Висновки до розділу.....	78
9	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	79
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81

КБПЗ-2025

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

ІБ	–	інформаційна безпека
ІТ	–	інформаційні технології
КВ	–	коефіцієнт варіації
КЗ	–	канал зв'язку
ПЗ	–	програмне забезпечення
ПС	–	програмна середа
СеМО	–	експонентна мережа масового обслуговування
СМО	–	система масового обслуговування
СПД	–	система передачі даних
ЦОД	–	центр обробки даних
DCI	–	міжмережева взаємодія центра обробки даних
SAN	–	мережеві системи зберігання даних
SDN	–	програмно-визначаємі мережі

КБПЗ-2025

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Актуальність теми. Бізнес усе активніше використовує віртуалізацію й хмарні технології для підвищення ефективності, удосконалювання процесів і одержання конкурентних переваг. Корпоративні центри обробки даних еволюціонують у напрямку хмарних середовищ на основі віртуалізації, що стала для бізнесу банальною необхідністю, а не якимось «ноу-хау». Логічний ланцюжок досить простий:

1. Віртуалізація обчислювальних ресурсів і ресурсів зберігання в сполученні з автоматизацією керування й оркестрації уможливили віртуалізацію робочого навантаження;

2. У свою чергу, віртуалізація робочого навантаження дозволяє менеджерам ІТ-систем і розроблювачам додатків швидко створювати нові екземпляри сервісів і додатків у центрі обробки даних.

Підвищення пропускної здатності при з'єднанні незалежних робочих навантажень і будь-яких зв'язаних сервісів через мережу до останнього часу було однієї з основних «точок росту», однак зрості темпи розвитку віртуалізованих ресурсів для обчислень і зберігання даних диктують нові правила гри.

Прихід програмно-визначаємих мереж (SDN) ініціював появу більш гнучких систем визначення й конфігурації мережевих шляхів і екстерналізації площини мережевого контролю від індивідуальних пристроїв. Дана «що виноситься в поза» площина керування, що визначає логічну топологію мережі, тепер представляє вид мережі «великим планом» і забезпечує гнучку оптимізацію мережі на основі критеріїв, адаптованих до операційних аспектів середовища.

З погляду зовнішньої інтеграції цей SDN-контролер більш кращий завдячуючі програмним інтерфейсам, які дозволяють системам працювати спільно й узгоджено з іншими компонентами центра обробки даних.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем SDN на основі Huawei Cloud Fabric.
- Дослідження системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.
- Програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Об'єктом дослідження є процес SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Предметом дослідження є методи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Методи дослідження базуються на методах теорії побудови комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

- Удосконалено метод SDN на основі Huawei Cloud Fabric.
- Розроблено вітчизняний продукт SDN на основі Huawei Cloud Fabric, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Достовірність наукових результатів підтверджена теоретичними викладеннями, даними комп'ютерного моделювання, коректними дослідженнями параметрів на функціонуючій обчислювальній мережі, а також відповідністю отриманих результатів окремим результатам, наведеним у науковій літературі.

Робота апробована на LVII Науково-технічній конференції здобувачів вищої освіти LV науково-технічної конференції «Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку» (2025 р.), основні положення випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти надруковані у статті збірника праць молодих науковців ЦНТУ, випуск №15.

Таким чином, виходячи з вищеперахованого, дослідження та програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Cloud Fabric – SDN-рішення Huawei для центрів обробки даних (ЦОД) – пропонує компаніям зручну у використанні й надзвичайно відкриту SDN-архітектуру, що може масштабуватися в ту або іншу сторону для роботи із середовищем ЦОД будь-якого розміру, при цьому забезпечуючи гнучкість інтеграції й інфраструктури, необхідну для швидкого розгортання нових додатків і сервісів.

Інтелектуальний центр системи – Agile Controller. Він забезпечує централізовані, високостійкі й інтелектуальні можливості керуючої площини для мережевої структури ЦОД, побудованої на комутаційній платформі CloudEngine від Huawei.

Agile Controller від Huawei для ЦОД розроблений як повністю відкрите рішення, що забезпечують ефективну інтеграцію з популярними промисловими рішеннями сторонніх розроблювачів через відкритий і стандартизований програмний інтерфейс (API).

1.2 Область застосування

Які ж ключові переваги спричиняє правильне застосування програмного мережевого підходу до інфраструктури центрів обробки даних у цілому, і SDN-рішення Cloud Fabric зокрема?

І самий головне – який вплив ці переваги можуть зробити на бізнес?

У першу чергу, появу програмно-визначаємих мереж принесло відчутне поліпшення IT-процесів у центрах обробки даних, що залежать від змін у мережі або її переконфігурації для розгортання комплексних сервісів або додатків.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Раніше планування мережі, проектування нових екземплярів додатків і їхня підготовка до змін, необхідним для підтримки, проводилося або вручну, або засобами грубої автоматизації. Але завдяки розвитку SDN стали доступні нові рівні інтегрованої автоматизації, підготовки й керування можливостями оркестрації мережі, які включають платформи віртуалізації обчислень і зберігання даних.

Виграш у витратах часу й ресурсів, необхідних для підготовки мережевих елементів і компонентів для нових додатків, варіюється від п'ятикратного до тридцятикратного.

Крім того, інтеграція SDN з усіма іншими ресурсами ЦОД утворить фундамент для створення справді приватних хмарних платформ самообслуговування, дозволяючи кінцевим користувачам самостійно запитувати й самостійно забезпечувати хмарні сервіси в рамках своєї корпорації. Зниження обсягу ручних процесів приводить до скорочення операційного перевантаження, прискоренню виводу на ринок нових додатків і сервісів, а також зниженню вартості розгортання.

Крім цього, поліпшений операційний контроль, що надає SDN-рішення Huawei Cloud Fabric (завдяки широкому збору телеметрії в масштабах всієї мережі в сполученні з аналізом Великих даних), забезпечує більше якісний рівень автоматизації в ресурсномістких завданнях по експлуатації й технічному обслуговуванні.

Широкомасштабне, високорівневе й разом з тим досить докладне бачення й інтелектуальний аналіз стану мережі за допомогою Agile Controller дозволяє виявляти, ізолювати й усувати наслідки помилок і збоїв швидше й ефективніше. Безпосереднє збільшення часу роботи без збоїв знижує негативні наслідки для бізнесу й скорочує потреба в людських ресурсах.

Поліпшення в IT-процесах ЦОД забезпечують природний приріст ефективності організації в цілому.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Крім росту операційної ефективності SDN дозволяє мережі самостійно забезпечувати внутрішній баланс і вносити коректування для оптимізації потоків трафіку через інфраструктуру.

При цьому можливість самооптимізації поширюється не тільки на локальну мережу ЦОД, але й зачіпає міжмережеву взаємодію центра обробки даних (DCI) при використанні SDN-архітектури Huawei.

2. Крім об'єднання корпоративних хмарних ресурсів, розподілених по різних географічних об'єктах, грамотно оптимізоване DCI забезпечує набагато більше високий коефіцієнт використання доступних ресурсів, збільшуючи його з 30% у середньому до 90%.

Як показала віртуалізація серверів, підвищення ефективності використання ресурсів прямо скорочує експлуатаційні витрати й при цьому значно збільшує життєвий цикл ресурсів ЦОД.

Швидкість і гнучкість, привнесені в корпоративні ЦОД з використанням SDN-рішення Huawei, створюють середовище, що зрушує технічний фокус із механізмів доставки сервісів і додатків на самі сервіси й додатки, і, отже, скорочує час виводу нових додатків на ринок. Ці додатки або сервіси можуть бути як внутрішніми, які сприяють удосконалюванню процесів, що поліпшують досвід кінцевого замовника, так і зверненими зовні, які збагачують взаємодію й відносини із замовником. Зсув фокуса із процесів на можливості дозволяє платформам швидко й інноваційно розвивати користувальницький досвід, даючи поштовх загальної конкурентоспроможності поза залежністю від галузі.

По своїй відкритості й інтеграційних можливостях SDN-рішення Huawei є передовим у галузі. Що це значить для бізнесу?

Справді відкрите SDN-рішення не тільки надає користувачеві базову інтеграцію на рівні інтерфейсу за допомогою стандартних API, але й надає взаємозамінні ключові компоненти в архітектурі рішення, при цьому як і раніше забезпечуючи високий рівень функціональності й надійності.

Це виходить за рамки простої реалізації стандартизованих інтерфейсів – мова йде про формування партнерської екосистеми випробуваних і

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

сертифікованих рішень від різних виробників, які можуть бути налаштовані під унікальні вимоги в будь-якому оточенні. Надаючи для різних мережевих компонентів, таких як контролер SDN-мережі або хмарна платформа оркестрації, можливість підключення на основі стандартних і відкритих технологій, відкрите рішення забезпечує не тільки адаптивність під конкретні вимоги, але й серйозний заділ на майбутнє для розвитку всієї системи.

У міру того, як технічні переваги SDN стають усе більше очевидні, зростає важливість розуміння того, як цей розвиток мережевих технологій може безпосередньо сприяти досягненню бізнес-цілей.

Незважаючи на те, що багато хто з перерахованих тут переваг характерні для технології SDN у цілому й властиві більшості SDN-рішень, дві важливих відмінності рішення Huawei для ЦОД виділяють його серед інших:

1. Параметри комплексного уніфікованого SDN-рішення Huawei Cloud Fabric забезпечують однакові інтеграційні можливості SDN як для локальної мережі ЦОД, так і для міжмережевих взаємодій (DCI) і в мережевих системах зберігання даних (SAN).

2. Широка взаємозамінність і відкритий характер як архітектури в цілому, так і підходу до кожного компонента рішення зокрема, забезпечують максимальні інтеграційні можливості, гнучкість і життєвий цикл інфраструктури в контексті великої екосистеми й галузевого партнерства.

У міру того, як на ринку з'являється багато постачальників SDN, що декларують аналогічні переваги, Huawei може запропонувати глобальне покриття, високий рівень зручності використання, корпоративну підтримку й партнерство, великі інвестиції в дослідження й відкритий підхід у масштабах всієї галузі.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

Ми розглянемо 3 рішення SDN, які, на наш погляд, варті уваги більшою мірою: що вони із себе представляють і які завдання можуть вирішувати. Отже, зустрічайте – Cisco ACI, VMware NSX і Nuage VSP.

Ми враховували безліч аспектів і характеристик рішень, але в першу чергу їхня надійність. Полею бою для SDN є ЦОД, тому ключові вимоги до подібним до розробок – це стабільність і виживаність системи. Оскільки більша частина SDN-продуктів – це стартапи або проекти відкритих співтовариств із короткою історією, при тестуваннях ми зустрічали безліч багів ПЗ й випадків непрацездатності системи в нетипових сценаріях використання.

Вищезгадані рішення – це розробки «акул» ринку, і цілком логічно, що саме вони найбільше технологічно зрілі на сьогоднішній день. Вони мають найбільш широкого функціонала і являють собою цілісні й самодостатні рішення. З їхніх технологічних можливостей варто відзначити реалізацію більшості мережевих функцій «з коробки», здатність інтегруватися з різними системами CMS, 3rd-party мережевими пристроями.

Нижче ми коротко охарактеризуємо ці продукти, оскільки у свій час уже порівнювали функціонала Cisco ACI і VMware NSX, упор же зробимо на завданнях, які їм під силу вирішити.

Cisco ACI

Cisco ACI (Application Centric Infrastructure, інфраструктура, орієнтована на додатки) – це архітектура мережі ЦОД нового покоління, як позиціонує рішення вендор. Інфраструктура ACI складається із двох компонентів –

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

контролера APIC і мережевої фабрики, побудованої на комутаторах Nexus 9K (поки підтримується тільки ця лінійка). Таким чином, Cisco інтерпретувала одну з головних ідей концепції SDN – «відкритість» системи й взаємозамінність апаратних компонентів – по-своєму. У той же час за рахунок використання власного заліза вдалося уникнути проблем інтеграції з мережевою фабрикою стороннього виробника (є маса нюансів, пов'язана з реалізаціями того ж стандартизованого протоколу OpenFlow на встаткуваннях різних вендорів).

Відповідно, характерною рисою Cisco ACI є необхідність використання у фабриці обмеженого кола «заліза». Втім, з урахуванням високого ступеня довіри замовників до рішень Cisco цей факт не став проблемою. Тому, на наш погляд, Cisco ACI доцільно розглядати в першу чергу для побудови інфраструктури ЦОД «з нуля» або ж при плановому відновленні всієї існуючої мережі ЦОД.

VMWare NSX

Якщо ви не готові піти на заміну всієї мережі ЦОД, має сенс подивитися у бік overlay-рішень (коли дані передаються по тунелях поверх існуючої мережевої фабрики). VMWare NSX – ще один погляд на програмно-визначаємі мережі, але через призму бачення вендору з миру серверної віртуалізації. Фактично історія NSX веде свій відлік з 2007 року, по суті, це саме «вікове» рішення SDN на ринку. З погляду архітектури продукт схожий з Nuage VSP – всі ті ж VXLAN-Тунелі для передачі трафіку по існуючій апаратній мережі. Відмінною рисою NSX є найбільш щільна інтеграція з екосистемою рішень для керування серверної віртуалізацією від VMware. У результаті замовник одержує можливість керування всією інфраструктурою ЦОД з одного вікна.

Nuage VSP

Альтернативним рішенням може бути платформа мережевої віртуалізації Nuage VSP компанії Nuage Networks (належить Alcatel Lucent, з недавніх пор – компанії Nokia). При розробці продукту був використаний значний досвід роботи Alcatel Lucent на ринку операторських мереж, а control-plane рішення реалізований на базі операційної системи флагманських маршрутизаторів ALU

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

SROS. Як відомо, мережі операторів відрізняються географічно розподіленою структурою, тому Nuage VSP разом з SROS успадкував здатність легко поєднувати мережі декількох площадок – одну зі своїх сильних сторін.

Кейси

Незважаючи на розходження реалізації, всі 3 рішення виконують ті самі, традиційні для SDN, завдання:

- автоматизація керування мережею;
- перехід від централізованої до більш гнучкої, розподіленої моделі надання мережевих сервісів;
- підвищення рівня мережевої безпеки ЦОД;
- подолання архітектурних обмежень традиційних мереж.

Але в той же час необхідно враховувати особливості кожного продукту. Які питання потрібно собі задати, якщо ви дивитесь у бік переходу до програмно-визначаємих мереж?

Перший – що являє собою ваша мережа ЦОД?

Якщо мережева фабрика побудована на встаткуванні Cisco, а конкретно на комутаторах Cisco Nexus 9000 (які, до слова, набрали певну популярність за останні кілька років завдяки цінній політиці вендору), те, зрозуміло, Cisco ACI – це те, що потрібно розглянути в першу чергу. В обмін на свідоме обмеження себе у виборі вендору для майбутнього розвитку мережі ви одержите ряд переваг. У випадку з Cisco ACI ні «розшарування» мережі на кілька рівнів – і апаратні платформи, і програмні компоненти функціонують як одна система. ACI інформована:

- про стан фізичної мережі;
- про статистику переданого трафіку;
- наявності помилок на інтерфейсах і т.п.

Якщо ж мережа побудована на встаткуванні різних вендорів, при цьому відповідає вашим вимогам по надійності й продуктивності, ефективніше використовувати overlay-рішення. За допомогою NSX або Nuage ви створите

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

відсутній «інтелектуальний» шар мережевої фабрики, зберігши інвестиції в «залізо». Фізичну мережу ви зможете продовжувати будувати на комутаторах будь-якого вендору – досить підтримки протоколу IP. Але, як наслідок, мережевим інженерам фактично прийдеться адмініструвати 2 мережі. І хоч фізична мережа стане статичною й зміни в неї буде потрібно вносити вкрай рідко, процес траблшутінгу ускладниться.

Крім того, overlay-рішення можуть сильно спростити життя якщо буде потреба злиття двох незалежних інфраструктур. Таке завдання останнім часом дуже часто встають перед компаніями фінансового сектора у зв'язку з поглинаннями й злиттями. Як правило, мережевим інженерам у цьому випадку доводиться вирішувати проблеми пересічної адресації, розходжень логічної архітектури існуючих мереж. Overlay-рішення будуть використовувати старі мережі лише як «транспорт», просто створюючи необхідні топології поверх них, у результаті вони дозволять здійснити плавну міграцію на цільову архітектуру.

У випадку будівництва нового ЦОД варто розглянути й перший, і другий підхід. При використанні overlay-мереж можна істотно заощадити на апаратній складовій фабрики. У загальному ж, залежно від реальних вимог, економічно більш привабливий може виявитися кожний з варіантів.

Друге питання має відношення до фізичної архітектури мережі: потрібно чи забезпечення географічної розподіленості?

Наявність, як мінімум, одного резервного ЦОД – основна умова побудови відказостійкої IT-інфраструктури. Тому переважна більшість компаній будує власний РЦОД або орендує інфраструктуру в комерційних дата-центрах. Якщо площадок ЦОД більше, ніж одна, і вам потрібно побудувати розподілену мережеву фабрику з «розтягуванням» логічних підмереж, встає питання організації DCI (Data Center Interconnect, модуль забезпечення взаємодії географічно рознесених ЦОД).

Сама по собі Cisco ACI не вирішує це завдання, і DCI потрібно реалізовувати окремо. Для цього вендор рекомендує побудова виділеного

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

наприклад, від Symantec, і NSX може самостійно переміщати заражені вірусами віртуальні машини в спеціальні ізольовані мережеві сегменти. Це перевага особливо привабливо для компаній з високими ІБ-вимогами, зокрема, для банків.

Cisco ACI і Nuage VSP надають більше широкі можливості автоматизації й візуалізації мережі. Рішення дозволяють створювати шаблони мережевих топологій і політик під типові додатки й багаторазово використовувати їх у роботі. В NSX автоматизація можлива за допомогою додаткових рішень vCloud або vRealize.

Ще одна відмінна риса Nuage – можливість використання рішення за межами ЦОД. Вендор пропонує зробити програмно-визначаємою і всю корпоративну мережу. Не секрет, що багато компаній не готові витратити гроші на зміст великого штату ІТ-фахівців у філіях, така ситуація характерна для ритейла. Так, у ритейлера є безліч магазинів у різних регіонах, при цьому виконувати прості дії по адмініструванню або рішенню проблем з мережею на місцях найчастіше просто комусь. Розгортання й керування філіальною мережею можна значно спростити за допомогою розширення платформи – Nuage VNS. У результаті навіть при уведенні в експлуатацію можна обійтися без мережевих інженерів на вилученій площадці. А при адмініструванні й мережа дата-центра, і локальні мережі вилучених офісів будуть видні через один інтерфейс керування.

Безсумнівно, рішення, що втілюють концепцію програмно-визначаємих мереж, забезпечують множину переваг у порівнянні із традиційними підходами. Але в той же час всі вони мають свою специфіку й обмеження. Сподіваємося, що нам удалося прояснити основні особливості розглянутих рішень, і ця інформація допоможе вам зорієнтуватися у виборі вектора подальшого руху в напрямку SDN.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Python – це потужна мова програмування, яка проста у вивченні. Він має ефективні структури даних високого рівня та простий, але ефективний підхід до об'єктно-орієнтованого програмування. Елегантний синтаксис і динамічна типізація Python разом з його інтерпретованим характером роблять його ідеальною мовою для створення сценаріїв і швидкої розробки додатків у багатьох сферах на більшості платформ.

Інтерпретатор Python і обширна стандартна бібліотека доступні у вихідному або двійковому вигляді для всіх основних платформ на веб-сайті Python <https://www.python.org/> і можуть вільно поширюватися. Цей же сайт також містить дистрибутиви та вказівники на багато безкоштовних сторонніх модулів Python, програм і інструментів, а також додаткову документацію.

Інтерпретатор Python легко розширюється за допомогою нових функцій і типів даних, реалізованих у C або C++ (або інших мовах, які можна викликати з C). Python також підходить як мова розширення для налаштовуваних програм.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

КБПЗ-2025

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Хмарне сервісне рішення Cloud Fabric для ЦОД

Інноваційне рішення Huawei для мереж програмно-визначаємих ЦОД забезпечує користувачам гнучкість адаптації до постійних змін у роботі хмарних сервісів. Рішення дозволяє прискорити цифрову трансформацію завдяки простоті, прозорості й гнучкості мереж хмарних ЦОД. Рішення Huawei CloudFabric Data Center Network Solution засноване на технології програмно-визначаємих мереж, що дозволяє розгорнути мережі хмарних ЦОД наступного покоління із сервіс-орієнтованою, відкритою архітектурою.

Мережа хмарних центрів обробки даних Huawei CloudFabric включає високопродуктивні базові комутатори CloudEngine 12800, стійкові комутатори верхнього рівня CloudEngine 8800/7800/6800/5800 і віртуальний комутатор CloudEngine 1800V. Застосування гнучкого контролера й технології SDN дозволяє розгорнути мережі ЦОД наступного покоління в автоматичному режимі, оперативно й гнучко застосовувати конструктивні рішення й використовувати переваги інтелектуальної системи експлуатації й обслуговування мережі.

Рішення автоматизованого розгортання мережі на базі технології CloudFabric SDN

Щоб поспівати за змінами попиту на ринку в епоху цифрових технологій необхідні засоби, які дозволять організаціям оперативно впроваджувати сучасні персоналізовані додатки. У звичайних центрах обробки даних, де мережа й послуги розділені, цей процес іде повільно. Якщо необхідно запуснути нові види послуг, розгортання мережі може зайняти від декількох тижнів до декількох місяців. Такі зміни вимагає перегляду безлічі політик, адаптація яких без засобів автоматизації відбувається неефективно. Мережа передачі даних може

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

поєднувати фізичні пристрої, віртуальні машини й контейнери. Управляти настільки різноманітними ресурсами – завдання не із простих.

Щоб залишатися конкурентоспроможними, підприємства повинні швидко реагувати на зміни ринкового попиту. Для цього завдання компанія Huawei пропонує своє рішення на базі технології CloudFabric SDN, що автоматизує процеси конфігурування мережі, впровадження додаткових послуг, а також оптимізує доступ до фізичних пристроїв, віртуальним машинам і контейнерам, а також до хмарних систем. Автоматизація даних процесів дозволить скоротити строки запуску послуг з декількох тижнів до декількох хвилин, підвищити гнучкість обслуговування й домогтися успіху в бізнесі.

Інтелектуальна система експлуатації й техобслуговування Fabric Insight

За рахунок стрімкого розвитку хмарних обчислень традиційні мережі центрів обробки даних перестали задовольняти потреби в ІТ-сервісах. Підвищення ефективності керування мережею, її експлуатації й техобслуговування стає основним завданням модернізації архітектури мережі і її технологій. Технологічна інновація, програмно-визначаєма мережа SDN, забезпечує віртуалізацію й гнучке планування мережевих ресурсів шляхом централізованого призначення політик і контролю їхнього виконання. Але дана технологія сполучена з більшими проблемами, пов'язаними з експлуатацією й обслуговуванням мереж.

У порівнянні із традиційними мережами, SDN відрізняються наступними особливостями:

– Збільшення масштабу центра обробки даних. Візуалізація приводить до лінійного збільшення числа керованих вузлів ЦОДа. Для більше ефективного керування мережа SDN повинна одержувати інформацію про міграцію віртуальних машин.

– Динамічний статус мережі. Об'єкти керування в SDN змінилися – замість мережевих елементів використовуються логічні й фізичні мережі. При

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

цьому стан мережі постійно змінюється у зв'язку з появою або зміною великої кількості послуг орендарів. Це робить тяжковимірюваною якість і доступність мережі.

– Відгук у реальному часі. У зв'язку з об'єднанням ресурсів центра обробки даних і ущільненням сервісів користувачам потрібно більш швидкий відгук мережі й оперативні методи відновлення після збоїв.

Рішення Fabric Insight Huawei з архітектурою платформи експлуатації й обслуговування наступного покоління забезпечує відгук у режимі реального часу у великих динамічних мережах, що допомагає вирішувати пов'язані з експлуатацією й техобслуговуванням проблеми в мережах SDN.

Рішення Fabric Insight забезпечує візуалізацію на фізичному, логічному й прикладному рівнях, інтелектуальні механізми локалізації несправностей і проактивну оптимізацію шляхом збору й аналізу Великих даних і використання додатків системи експлуатації й обслуговування. Це значно підвищує ефективність експлуатації й техобслуговування в мережах SDN.

Трирівнева візуалізація мережі, чітке відображення параметрів якості мережі

Рішення Fabric Insight підтримує відображення мережі на трьох рівнях – фізичн, логічному й прикладному, а також показує всі маршрути мережі. Крім того, дане рішення підтримує виявлення подій, що тривають усього декілька мілісекунд (наприклад, мікроперегони трафіку) і малі втрати пакетів (менш 10^{-4}), а також надмірно більші або надмірно маленькі потоки. Повна візуалізація стану мережі і її якостей дозволяє мережевим адміністраторам і користувачам підвищувати ефективність керування мережею.

Аналітика Великих даних, виявлення несправностей за кілька хвилин

Рішення Fabric Insight сканує всі маршрути. Періодично проводиться повне сканування маршрутів всієї мережі для своєчасного виявлення проблем, що викликають зниження якості. Результати перевірки допомагають мережевим адміністраторам визначати стан мережі й розпізнавати точки відмови.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Рішення Fabric Insight забезпечує моніторинг додатків для контролю всіх сервісних потоків мережі. При зниженні якості потоку послуг Fabric Insight швидко знаходить новий маршрут, на який переадресується потік, і, відслідковуючи зв'язку між сервісом і мережею, визначає причину зниження якості. Це скорочує час розпізнавання несправності до декількох хвилин.

Проактивна оптимізація, забезпечення високої якості послуг

Архітектура Fabric Insight надає можливості прогнозування несправностей, автоматичного аналізу й проактивної оптимізації. Платформа Великих даних використовується для розпізнавання можливих ризиків, таких як незбалансований розподіл трафіку й перевантаження по трафіку, не допускаючи впливу на послуги. На базі аналізу Великих даних рішення Fabric Insight визначає головну причину потенційних ризиків і генерує пропозиції по їхньому усуненню. Більші дані також допомагають прогнозувати трафік послуг мережі для реалізації політик динамічного розподілу навантаження (Dynamic Load Balancing; DLB) з метою забезпечення балансу трафіку.

Архітектура наступного покоління Fabric Insight Huawei використовується разом із платформами Великих даних для підвищення ефективності процесів експлуатації й обслуговування, а також скорочення витрат на реалізацію.

Agile Controller для мереж ЦОД

Рішення CloudFabric від Huawei з інтелектуальними функціями експлуатації й обслуговування спрощує розгортання мережі, надає можливість організації зверхширокополосних з'єднань і створення відкритої екосистеми для мереж центрів обробки даних нового покоління, що підтримують моментальний запуск корпоративних хмарних сервісів.

Автоматизація процесів

Agile Controller для мереж ЦОД дозволяє створювати логічні мережеві моделі й мережеві конфігурації на базі вимог до сервісів з наступною їхньою передачею на пристрої в пакетному режимі, завдяки чому період розгортання послуг скорочується з декількох тижнів до декількох хвилин.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Надійність

На базі Agile Controller для мереж ЦОД можливе створення високонадійного кластера. Agile Controller здатний обробляти послуги північного й південного інтерфейсів у режимі балансування навантаження, а робота в режимі активний/резервний забезпечує вилучене аварійне відновлення, що відповідає вимогам до надійності послуг центра обробки даних.

Безпека

Безпека з мінімальним рівнем гранулярності для мереж центрів обробки даних. Мікросегментація IP-адрес, імен хостів і імен віртуальних машин і деталізована ізоляція доменів для запобігання погроз і забезпечення безпеки.

3.2 Розробка структурної схеми

Cloud Fabric – сервісне рішення для ЦОД

Huawei Cloud Fabric має властивості:

- Гнучкість: висока масштабованість хмарних сервісів і канали для передачі Великих даних (Big Data).
- Спрощення процесів: хмарне рішення для мережі Huawei в 10 разів прискорює активацію хмарних сервісів.
- Відкритість: спрощення хмарних обчислень за рахунок безшовного підключення до основних хмарних платформ.

Рішення Huawei Cloud Fabric покоління допомагає створити гнучку, зручну в керуванні, відкриту мережу для стабільного розвитку хмарних сервісів.

Структурна схема рішення Huawei Cloud Fabric наведена на рисунку 3.1.

У міру росту популярності хмарних сервісів і додатків SDN центри даних еволюціонують у бік Великих даних, послуг і розмаїтості систем.

Але є кілька проблем:

- застосування Великих даних пов'язане з інтенсивним збільшенням мережевого трафіку;

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

автоматично зв'язує мережеві відхилення (напр. перевантаження) з ураженими сервісами, що допомагає клієнтам оперативно виявляти й виправляти помилки.

– 400-гігабітна платформа для ядра комутації із кращими експлуатаційними характеристиками в галузі.

– Комутатор CE12800 підтримує 36 400-гігабітних мережевих карт і 400-гігабітне наскрізна взаємодія. Це дозволяє уникати недочет пропускної здатності, знижує вартість трафіку на 20% і забезпечує можливість подальшого розвитку на найближчі 10 років, затверджують в Huawei.

Рішення Huawei Intent-Driven Networking для CloudFabric, в основі якого лежить концепція IDN, відкриває доступ до передових рішень і продуктів для сервісів-провайдерів, великих корпорацій і середнього бізнесу, дозволяючи виявляти бізнес-наміру й мети клієнтів і домогтися автоматичного й інтелектуального розгортання й роботи мережі. На думку Huawei, завдяки цьому центри обробки даних стануть центрами комерційного потенціалу.

20 вересня 2017 року компанія Huawei представила рішення CloudFabric, створене на основі концепції модульних мереж, оптимізоване для конкретних сценаріїв. CloudFabric допомагає створювати центри обробки даних зі зверхспрощеними дизайном, розгортанням, технічним обслуговуванням і експлуатацією.

Як пояснили в компанії, хмарні обчислення стали ключовим двигуном цифрової трансформації, у результаті від дата-центрів потрібно, щоб вони були орієнтовані на конкретні сценарії. Однак цьому перешкоджає низька операційна ефективність традиційних універсальних рішень. Huawei CloudFabric покликаний допомогти підприємствам швидко створити зверхспрощені хмарні мережі ЦОД.

Моделі фабрик

Huawei CloudFabric надає три сценарії-орієнтовані моделі фабрик:

– Модель «Фабрика високої доступності/відказостійкості» (High Availability Fabric) орієнтована на мережі ЦОД з підвищеними вимогами по надійності й безпеці, а також інтелектуальною системою технічного

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Нарешті, завдяки інтелектуальному мережевому аналізу й платформі FabricInsight продукт CloudFabric оптимізує прийняття рішень і скорочує строк виявлення збоїв від декількох годин до декількох хвилин.

5 вересня 2016 року компанія Huawei повідомила про випуск версії Cloud Fabric 5.0 для хмарних сервісів на платформі Huawei Fabric Insight Refined Operations and Maintenance (O&M).

Мережеве рішення для центра обробки даних Huawei Cloud Fabric

Серія комутаторів Huawei CloudEngine являє собою кілька лінійок комутаторів, що базуються на новітній апаратній архітектурі. Це найбільш продуктивні із представлених на ринку комутаторів базової мережі. Серія містить у собі чотири різні лінійки.

Лінійка PE12800 містить у собі високопродуктивні комутатори, які орієнтовані на експлуатацію в мережах центрів обробки даних і високошвидкісних мереж освітніх установ.

Ці комутатори базуються на новітній апаратній архітектурі й забезпечують комутаційну ємність 64 Тб/с. Кожний пристрій цієї серії укомплектовано 192 портами Ethernet 100 Гб, 384 портами Ethernet 40 Гб або 1536 портами Ethernet 10 Гб.

Інноваційна система охолодження забезпечує надійність корпоративного рівня. Крім того підтримується безліч передових технологій, що забезпечують економію споживаної енергії.

Лінійка CE7800 відмінно підходить для використання як основні комутатори або комутаторів агрегування в рамках університетських мереж або в центрах обробки даних.

Ці пристрої базуються на інноваційній архітектурі. Вони надають 40 високоплотних портів GE QSFP+, дозволяючи здійснювати комутацію другого й третього рівня зі швидкістю середовища передачі. Характеризуються відмінною енергоефективністю.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Лінійка CE6800 підтримує найвищу в галузі щільність 10 портів доступу GE. Підтримується реалізація великої кількості функцій ЦОД і можливість ефективного стекування. Інноваційна система охолодження, що дозволяє змінювати напрямок повітряного потоку, забезпечує надійну й стабільну роботу протягом тривалого часу.

Лінійка CE5800 – це перша в галузі серія комутаторів з 40 портами висхідної передачі GE. Інноваційний дизайн забезпечує виняткову щільність портів доступу. Це чудові комутатори для оптимізації мережевих інфраструктур рівня ЦОД або мереж університетів.

Серія комутаторів Huawei CloudEngine – це надійні, інноваційні й продуктивні рішення.

3.3 Розробка функціональної схеми

Однією із ключових цілей, які ставить перед собою компанія Huawei, є безустанне підвищення якості обслуговування клієнтів. На рішення цього глобального завдання орієнтована стратегія побудови екосистеми хмарних центрів обробки даних. Рішення Huawei Cloud Fabric активно підтримується провідними світовими постачальниками ІТ-сервісів і організаціями по стандартах. Завдяки такому глобальному співробітництву формуються комплексний ланцюжок підтримки технологій програмно-визначаємих мереж (SDN) і широкомасштабна хмарна екосистема.

Функціональна схема роботи рішення Huawei Cloud Fabric наведена на рисунку 3.2.

Елементи й учасники комплексної SDN-екосистеми Huawei для дата-центрів

Взаємодія із хмарними платформами

Ядро рішення Huawei Cloud Fabric, Agile Controller для мереж ЦОДів і комутатори CloudEngine для ЦОДів – це відкриті API, що дозволяють реалізувати

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

інтеграцію й взаємодію не тільки з Huawei FusionSphere, але й із хмарними платформами на базі відкритої платформи OpenStack, пропонованими сторонніми розроблювачами, серед яких такі компанії, як Microsoft, Hewlett Packard Enterprise і Red Hat. Інтеграція із хмарними платформами від різних виробників дозволяє замовникові реалізувати уніфіковане керування мережею й ІТ-ресурсами.

Взаємодія з контролерами й керуючим ПЗ

Комутатори CloudEngine від компанії Huawei можуть взаємодіяти з різними контролерами, серед яких як Huawei Agile Controller, так і продукти сторонніх виробників, такі як VMware NSX Controller, Brocade SDN Controller (колишня назва – Brocade Vyatta), а також керуюче ПЗ для автоматизації Puppet. Така інтеграція дає можливість для реалізації уніфікованої підготовки й надання ресурсів, а також оркестрації сервісів і автоматизації процесів керування як фізичними, так і віртуальними мережами. Важливо відзначити, що продукти Huawei побудовані на базі відкритої архітектури. Наприклад, Agile Controller сполучимо з відкритою платформою для організації роботи SDN-мереж OpenDaylight і Open Network Operating System (ONOS), операційною системою з відкритим кодом, призначеної для побудови рішень SDN/NFV. Крім того, комутатори Huawei CloudEngine стали першою у світі платформою для центрів обробки даних, що була сертифікована на відповідність інтерфейсу OpenFlow 1.3.

Взаємодія з мережевим устаткуванням

Завдяки тому, що Agile Controller підтримує відкриті API і південні інтерфейси для пристроїв, таких як OpenFlow, можлива його інтеграція зі сторонніми системами, серед яких, зокрема, контролери доставки додатків (ADC) від компанії F5 Networks, пристрою мережевої безпеки й брандмауери від компанії Check Point, а також і базові мережеві сервіси від компанії Infoblox. Таким чином, замовники можуть не тільки розгорнути в ЦОДі формуючі екосистему сервіси сторонніх розроблювачів, найбільш оптимальні по співвідношенню вартості й можливостей, але й конфігурувати їх відповідно до завдань і особливостями кожного мережевого середовища.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

замовники одержують інструмент для швидкого розгортання мережі центра обробки даних для рішення своїх бізнес-завдань.

Спільні рішення Huawei і VMware

Інтеграція VMware NSX

Комутатори Huawei CloudEngine підтримують стандартний протокол розширеної віртуалізації LAN Virtual Extensible LAN (VXLAN). Вони також можуть використовуватися як шлюзи VXLAN, що дозволяють класичним серверам в «чистому залізі» взаємодіяти з віртуалізованими серверами, які працюють у мережі VMware VXLAN. Контролер VMware NSX працює на платформі vSphere 6 по протоколі Open vSwitch Database (OVSDB), що дозволяє йому прямо взаємодіяти з комутаторами Huawei CloudEngine. Контролер VMware NSX відповідає за керування всім устаткуванням і ПЗ кінцевих пристроїв віртуальних тунелів (VTEP) і демонструє топологію VXLAN. Мультивендорне рішення, що включає в себе контролер VMware NSX і комутатори Huawei CloudEngine, не тільки надає замовникам гнучке ПЗ, але й дозволяє досягти дуже високого рівня продуктивності, реалізованого тільки апаратно. Сполучення двох ключових компонентів забезпечує високий рівень масштабованості, а також гнучкість і відмінні можливості міграції. Дане спільне рішення здатне підтримувати до 16 млн клієнтів.

Інтеграція VMware vCenter

Huawei Agile Controller взаємодіє із платформою для керування віртуальними машинами VMware vCenter, для цього використовуються відкриті API останньої. Цей варіант інтеграції дозволяє замовникам готувати обчислювальні ресурси, здійснювати активацію й деактивацію, а також міграцію віртуальних машин, використовуючи безпосередньо можливості платформи vCenter. Завдяки підключенню Huawei Agile Controller до VMware vCenter, адміністратори зможуть одержувати топологічну інформацію локацій з урахуванням такого навантаження віртуальних машин. Ця інформація дозволить Agile Controller постійно передавати асоційовані й релевантні дані мережевих

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

конфігурацій на комутатор CloudEngine. Останній, у свою чергу, реалізує політику й переадресацію для даної віртуальної машини. Застосування інтегрованого рішення Agile Controller і vCenter допомагає замовникові не тільки вирішити завдання розподілу обчислювальних ресурсів між мережевими пристроями Huawei і віртуальними машинами VMware, але й забезпечити разом із цим розумний розподіл і міграцію мережевих політик.

Спільне рішення Huawei і Microsoft

Huawei Agile Controller підтримує детальне зв'язування й інтеграцію з Microsoft Windows Server System Center (SCVMM) 2012 R2. Плагін SCVMM дозволяє Agile Controller одержувати дані як про створення й деактивації віртуальних машин, так і про події міграції. Також Agile Controller збирає інформацію про задіяний віртуальними машинами хостах: їхні ідентифікатори (ID), імена й MAC/ IP-адреси. Таким чином, при необхідності Agile Controller може для підтримки роботи з віртуальними машинами репродукувати й застосовувати будь-які мережеві конфігурації. Наявність настільки повної інформації про віртуалізованих ресурси дозволяє замовникові забезпечити однаковий контроль за всією інформаційно-обчислювальною інфраструктурою. Можливості Huawei Agile Controller по інтеграції з Microsoft Azure Pack за допомогою установки SDN Agent дозволять замовникам створювати й змінювати мережеві шаблони через інтерфейс Azure Pack, що спрощує налаштування мережі й підвищує ефективність її розгортання.

Спільне рішення Huawei і Brocade

Співробітництво компаній Huawei і Brocade привело до розробки спільного рішення, що забезпечує однакову оркестрацію сервісів центра обробки даних, а також автоматизує процеси розгортання й керування мережею, що підвищує надійність і безпека центрів обробки даних.

Однакове автоматизоване розгортання мережі

Brocade SDN Controller одержує дані від керуючої площини за допомогою потоку OpenFlow для програмування як фізичних пристроїв, таких як комутатори

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Huawei CloudEngine, так і віртуальних, таких як Brocade vSwitch, для досягнення автоматизації SDN-мережі.

Однакова оркестрація сервісів

Brocade SDN Controller за допомогою віртуалізації мережевих функцій (NVF) від Brocade і брандмауерів Huawei забезпечує однакову оркестрацію сервісів.

Однакова експлуатація й технічне обслуговування (O&M)

Brocade SDN Controller і система керування мережею від Huawei спільними зусиллями забезпечують однакове керування мережевою топологією, локалізацію неполадок, а також рішення безлічі інших завдань, що ставляться до області O&M.

Спільне рішення Huawei і Puppet

Співробітництво Huawei з компанією Puppet, лідером в області IT-автоматизації, сфальцьовано на розробці рішення по автоматизації мереж центрів обробки даних. На комутатори CloudEngine встановлюється клієнтське ПЗ для автоматизації від Puppet. Таким чином, замовники можуть застосовувати систему Puppet для автоматичного розгортання пакетів, налаштування й керування комутаторами. Це рішення відрізняється не тільки гнучкістю, простотою налаштування й роботи, але й винятковою зручністю впровадження новітніх інструментів розробки DevOps в організації.

Автоматизація розгортання мережі

У ПЗ Puppet реалізовані функції пакетної конфігурації комутаторів CloudEngine, що підвищує ефективність розгортання й знижує частоту помилок.

Прискорення підготовки сервісів

ПЗ Puppet використовує модель DevOps, що прийшла на зміну традиційним моделям розробки сервісів. Це дозволяє замовникам швидше готувати нові сервери.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Менеджер локального трафіку (LTM) від F5, для роботи сервісів рівня 3 на IP-адресації, може бути налаштований у кластері, що поєднує ЦОДи, з можливістю резервування N+M і анонсуванням керуючих маршрутів. Це необхідно для того, щоб забезпечити швидке резервне перемикання на найближчий доступний сервіс у випадку неприступності сервісу в конкретному ЦОДі. У такий спосіб досягається висока доступність сервісу LTM у рамках домену. Для сервісів на основі доменних імен кластер LTM, що поєднує різні ЦОДи, забезпечує високу доступність серверних балансувальників навантаження шляхом комутації трафіку через канали рівня 2.

Рішення для автоматичного відновлення мережі після збою

Менеджер локального трафіку (LTM) або менеджер глобального трафіку (GTM) від F5 у традиційних сценаріях гарячого й холодного резервування забезпечує автоматичне відновлення після збою. Коли виникає той або інший збій, трафік автоматично перенаправляється в резервний ЦОД, що знижує час комутації мережі. Що стосується гарячого резервування, то LTM стежить за станом сервісів на IP-адресації й управляє анонсуванням мережевих маршрутів, щоб дозволяти автоматичне перемикання між маршрутами доступу до сервісу. Для сервісів на основі доменних імен менеджери GTM і LTM будуть працювати спільно, з метою визначення стану додатків і забезпечення розпізнавання DNS-серверами тільки «здорових» IP-адрес. При неприступності сервісів у конкретному центрі обробки даних, всі вищеописані механізми дозволяють перемикати користувачів на доступні, розташовані на альтернативних площадках в інших ЦОДах.

Технологія програмно-визначаємих мереж (SDN) з'явилася майже 10 років тому – в 2008 році. Із цього моменту компанія Huawei, приймаючи саму активну участь, вносить значний вклад у роботу організацій, що займаються проробленням стандартів для SDN і NFV. Мова йде про такі структури, як ONF, ETSI, IETF і ITU. Популярність хмарних обчислень росте з кожним роком, і особливий інтерес замовники проявляють до мультивендорним середовищ,

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

створеним з обліком будь-яких специфічних вимог, а компанія Huawei фокусується на найбільш перспективних і рішеннях, що розвиваються. Huawei Cloud Fabric – це відкрита мережева архітектура, побудована на відкритих компонентах, відкритий контролер і відкрита партнерська екосистема, де в главу кута поставлений принцип повної взаємозамінності. Все це істотно полегшує завдання по інтеграції мережевих обчислювальних і дискових ресурсів, спрощує впровадження інновацій у хмарній сфері, а також прискорює підготовку до надання нових сервісів.

Розглянувши усі блоки функціональної схеми перейдемо до розгляду діаграми взаємодії процесів, які відбуваються у системі.

3.4 Розробка діаграми процесів

Розглянемо розроблену діаграму процесів яка зображена на рисунку 3.3. Основна будова діаграми процесів полягає у графічному представленні складу сукупностей даних, що характеризуються як співвідношення різних частин кожної з сукупностей.

Склад статистичної сукупності графічно може бути представлений як за допомогою абсолютних, так і відносних показників. Графічне зображення складу сукупності по абсолютними і відносними показниками сприяє проведенню більш глибокого аналізу і дозволяє проводити аналіз системи.

Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування).

Для розробника вважається звичним спочатку креслити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи.

Ця діаграма в подальшому підлягає уточненню шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Розглянемо реалізацію магістерської дипломної роботи. Були проведені розрахунки і підібрані набори тестових даних для перевірки правильності реалізації проектних рішень.

Було створено блок-схеми роботи системи. Перед їх розглядом необхідно провести роз'яснення який саме тип блок-схем використовується. Блок-схема це представлення задачі для її аналізу або розв'язування за допомогою спеціальних символів (геометричних образів), які позначають такі елементи, як операції, потік, дані тощо.

Блок вхідних та вихідних даних прийнято позначати паралелограмом, блок обчислень (обробки) даних – прямокутником, блок прийняття рішень – ромбом, еліпсом – початок та кінець алгоритму.

У інформаційних технологіях функціональна схема складається з функціональних блоків, які являють собою конструктивно відособлені частини (елементи або пристрої) автоматичних систем, які виконують певні функції. Функціональні блоки на схемі позначають прямокутниками, всередині яких надписують їх найменування відповідно до функцій, що виконуються. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються лініями зі стрілками, які вказують напрям впливів.

Функціональні схеми можуть виконуватися в укрупненому і розгорненому вигляді. У першому випадку на схемі зображають найважливіші блоки системи і зв'язки між ними.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

У другому варіанті схема відображається більш детально, що полегшує її читання та ілюструє принцип роботи.

Основні елементи схем алгоритму це термінатор, процес, рішення, зумовлений процес (підпрограма), дані та з'єднувач. Термінатор це елемент відображає вхід із зовнішнього середовища або вихід з неї (найчастіше застосування – початок і кінець програми). Всередині фігури записується відповідна дія.

Процес це виконання однієї або кількох операцій, обробка даних будь-якого виду (зміна значення даних, форми подання, розташування). Всередині фігури записують безпосередньо самі операції. Рішення це показує рішення або функцію перемикального типу з одним входом і двома або більше альтернативними виходами, з яких тільки один може бути обраний після обчислення умов, визначених всередині цього елемента.

Вхід в елемент позначається лінією, що входить зазвичай у верхню вершину елемента. Якщо виходів два чи три то зазвичай кожен вихід позначається лінією, що виходить з решти вершин (бічних і нижній). Якщо виходів більше трьох, то їх слід показувати однією лінією, що виходить з вершини (частіше нижній) елемента, яка потім розгалужується.

Відповідні результати обчислень можуть записуватися поруч з лініями, що відображають ці шляхи. Зумовлений процес (підпрограма) це символ відображає виконання процесу, що складається з однієї або кількох операцій, що визначені в іншому місці програми (у підпрограмі, модулі).

Всередині символу записується назва процесу і передані в нього дані. Дані це перетворення у форму, придатну для обробки (введення) або відображення результатів обробки (виведення).

Цей символ не визначає носія даних (для вказівки типу носія даних використовуються специфічні символи). З'єднувач це символ відображає вихід в частину схеми і вхід з іншої частини цієї схеми.

Використовується для обриву лінії та продовження її в іншому місці (приклад: поділ блок-схеми, що не поміщається на листі). Відповідні сполучні символи повинні мати одне (при тому унікальне) позначення.

Блок-схеми показують весь процес роботи системи з підсистемами та частково доказують правильність вибраних проектних рішень. Тому від точності і детальної блок-схеми залежить результат всієї програми.

При виборі початкової точки відліку при побудові схем було враховано, що виходячи з вибору мови програмування і інших технічних засобів, програма буде об'єктно-орієнтована що вимагає високого рівня декомпозиції задач на класи.

На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми, на рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми.

З яких видно що робота основної програми складається з початкових етапів ініціалізації ПЗ, перевірки наявності ресурсів системи, блоку початку основного циклу з чеканням запиту від користувача в якому відбувається виклик підсистеми та останньої стадії – перевірка поточного стану з завершенням роботи розробленого ПЗ. При роботі підпрограми виконується основний функціонал системи з циклічними послідовностями, перевіркою поточного стану та поверненням в основну програму прапорів стану виконання.

Було використано підходи з використанням UML, це уніфікована мова моделювання, використовується у парадигмі об'єктно-орієнтованого програмування. Є невід'ємною частиною уніфікованого процесу розробки програмного забезпечення. UML є мовою широкого профілю, це відкритий стандарт, що використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи, називаної UML-моделлю.

UML був створений для визначення, візуалізації, проектування й документування в основному програмних систем. UML не є мовою програмування, але в засобах виконання UML-моделей як інтерпретованого коду можлива кодогенерація.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

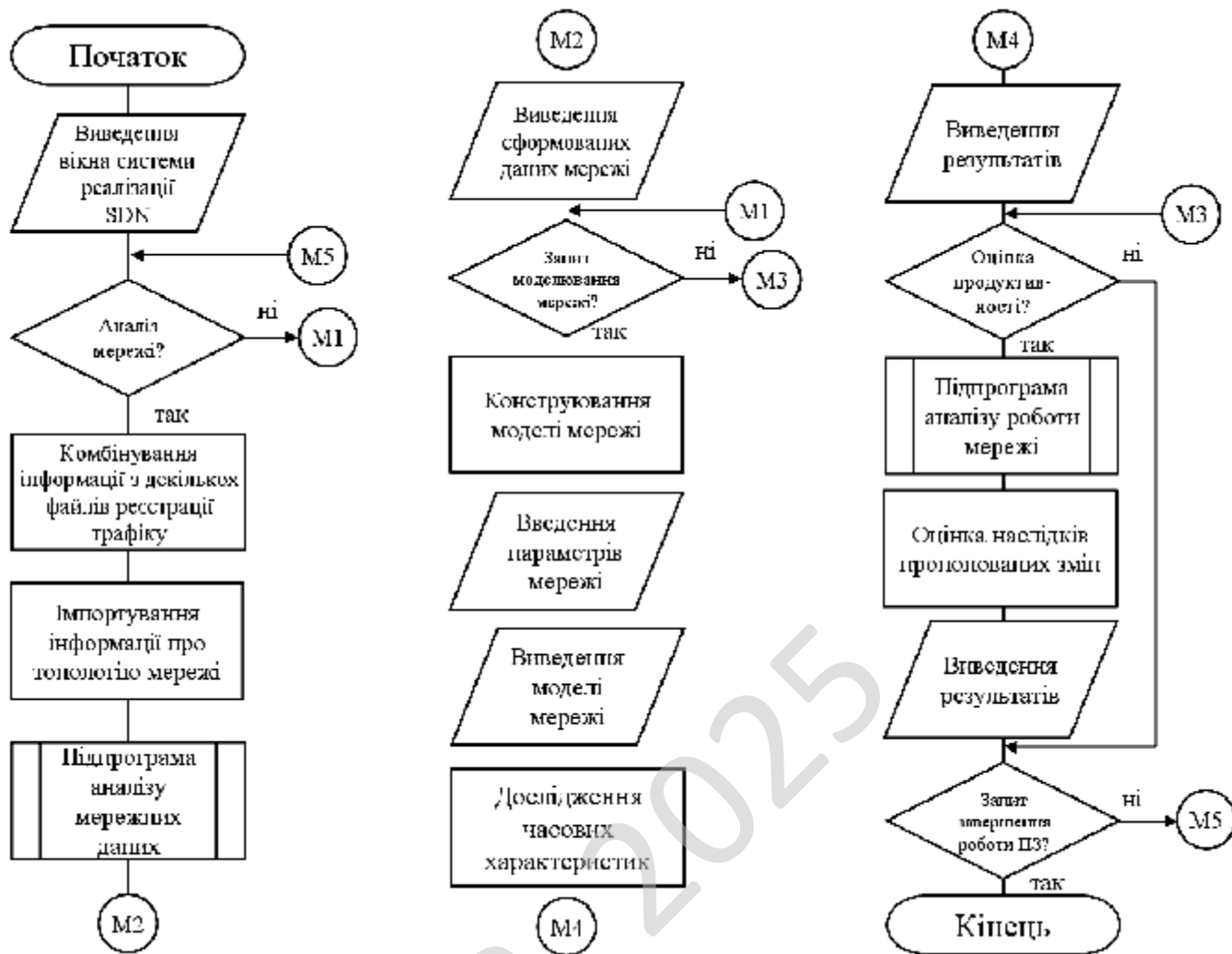


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

Було використано наступні підходи UML: діаграма діяльності (діаграми поведінки типу); діаграма прецедентів (діаграми поведінки типу); Діаграма класів; Діаграма компонент.

Діаграма діяльності. Це візуальне представлення графу діяльностей. Граф діяльностей є різновидом графу станів скінченного автомату, вершинами якого є певні дії, а переходи відбуваються по завершенню дій. Дія є фундаментальною одиницею визначення поведінки в специфікації. Дія отримує множину вхідних сигналів, та перетворює їх на множину вихідних сигналів.

Одна із цих множин, або обидві водночас, можуть бути порожніми. Виконання дії відповідає виконанню окремої дії. Подібно до цього, виконання

діяльності є виконанням окремої діяльності, буквально, включно із виконанням тих дій, що містяться в діяльності. Кожна дія в діяльності може виконуватись один, два, або більше разів під час одного виконання діяльності. Щонайменше, дії мають отримувати дані, перетворювати їх та тестувати, деякі дії можуть вимагати певної послідовності.

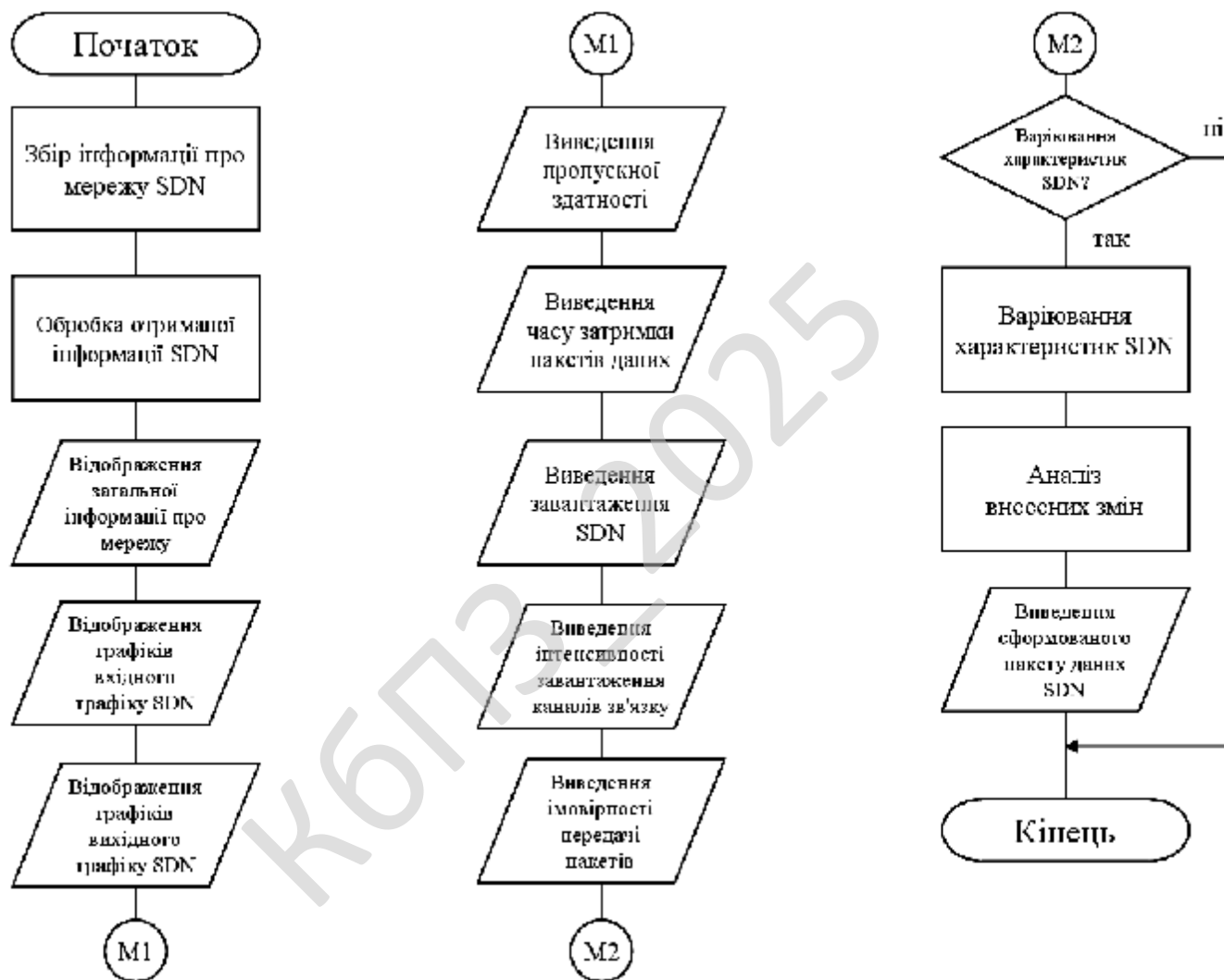


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Специфікація діяльності (на вищих рівнях сумісності) може дозволяти виконання декількох (логічних) потоків, та існування механізмів синхронізації для гарантування виконання дій у правильному порядку.

Діаграма прецедентів це діаграма, на якій зображено відношення між акторами та прецедентами в системі. Також, перекладається як діаграма варіантів використання.

Діаграма прецедентів є графом, що складається з множини акторів, прецедентів (варіантів використання) обмежених границею системи (прямокутник), асоціацій між акторами та прецедентами, відношень серед прецедентів, та відношень узагальнення між акторами. Діаграми прецедентів відображають елементи моделі варіантів використання.

Суть даної діаграми полягає в наступному: проєктована система представляється у вигляді безлічі сутностей чи акторів, що взаємодіють із системою за допомогою так званих варіантів використання. Варіант використання (use case) використовують для описання послуг, які система надає актору. Іншими словами, кожен варіант використання визначає деякий набір дій, який виконує система при діалозі з актором.

При цьому нічого не говориться про те, яким чином буде реалізована взаємодія акторів із системою.

У мові UML є кілька стандартних видів відношень між акторами і варіантами використання:

- асоціації (association relationship);
- включення (include relationship);
- розширення (extend relationship);
- узагальнення (generalization relationship).

При цьому загальні властивості варіантів використання можуть бути представлені трьома різними способами, а саме – за допомогою відношень включення, розширення і узагальнення.

Відношення асоціації – одне з фундаментальних понять у мові UML і в тій чи іншій мірі використовується при побудові всіх графічних моделей систем у формі канонічних діаграм.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

з незафарбованим ромбом з боку «цілого». Графічно агрегація представляється порожнім ромбом на блоці класу, і лінією, яка від цього ромба до міститься класу.

Композиція це більш суворий варіант агрегації. Відома також як агрегація за значенням.

Композиція має жорстку залежність часу існування екземплярів класу контейнера та примірників містяться класів. Якщо контейнер буде знищений, то весь його вміст буде також знищено. Графічно представляється як і агрегація, але з зафарбовани ромбиком.

Діаграма компонент в UML це діаграма, на якій відображаються компоненти, залежності та зв'язки між ними.

Діаграма компонент відображає залежності між компонентами програмного забезпечення, включаючи компоненти вихідних кодів, бінарні компоненти, та компоненти, що можуть виконуватись. Модуль програмного забезпечення може бути представлено в якості компоненти. Деякі компоненти існують під час компіляції, деякі – під час компонування, а деякі під час роботи програми. Діаграма компонент відображає лише структурні характеристики, для відображення окремих екземплярів компонент слід використовувати діаграму розгортання. Компоненти об'єднуються разом використовуючи структурні зв'язки (assembly connector) щоб об'єднати інтерфейси двох компонент. Це ілюструє зв'язок типу «клієнт-сервер». Структурна взаємодія – «зв'язок двох компонент, який передбачає, що один з них надає послуги, потрібні іншому компоненту».

При використанні діаграми компонент щоб показати внутрішню структуру компонента, клієнтські та серверні інтерфейси можуть утворювати пряме з'єднання з внутрішніми. Таке з'єднання називається з'єднанням делегації.

Визначення доступних ресурсів у мережі, яка досліджується. Отже, розглянемо функції, що надають нам інформацію про наші локальні ресурси й можливість їхнього контролю.

У системі програмно визначеної мережі на основі Huawei CloudFabric централізований контролер керує фабрикою датацентру за допомогою програмних інтерфейсів.

У промисловому варіанті рішення Huawei CloudFabric використовує комутатори CloudEngine та інтелектуальну платформу iMaster NCE, що забезпечує автоматизацію повного життєвого циклу від планування і розгортання до експлуатації та технічного обслуговування мережі центру обробки даних.

Підхід SDN відокремлює площину керування від площини пересилання та дозволяє програмно конфігурувати маршрути і політики з одного логічного центру керування.

У межах магістерської роботи програмна система на Python виконує роль прикладного оркестратора поверх Huawei CloudFabric. Система працює як клієнт північного інтерфейсу контролера, формує абстрактну модель фабрики, описує політики у вигляді намірів адміністратора, компілює їх у правила керування трафіком та контролює виконання вимог якості обслуговування.

Для демонстрації використовуються спрощені виклики API у режимі offline, які фіксують всі дії в журналі подій.

Архітектура програмної системи

Програмна система будується як набір логічних компонентів. Перший компонент моделює фабрику Huawei CloudFabric. Для цього створюється клас ролей пристроїв, клас вузла фабрики, клас каналу зв'язку та клас топології, який зберігає структуру мережі.

У класі DeviceRole програма фіксує логічні ролі обладнання фабрики. Значення SPINE відповідає магістральним комутаторам фабрики, LEAF відповідає комутаторам агрегування серверів, BORDER відповідає прикордонним вузлам, CONTROLLER використовується у разі логічного опису контролера.

Клас Device зберігає ідентифікатор пристрою, символічну назву вузла, адресу керування, роль та розташування. Додаткові атрибути зберігаються у словнику metadata, що дозволяє гнучко розширювати опис без змін інтерфейсу.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Клас Link описує логічне з'єднання між двома пристроями фабрики. У полі `capacity_gbps` система зберігає пропускну здатність каналу у гігабітах за секунду, а у полі `latency_ms` зберігається поточна затримка в мілісекундах. Метод `to_dict` у класах `Device` і `Link` перетворює екземпляри у словник Python, що полегшує серіалізацію у формат JSON для подальшого експорту та інтеграції з іншими підсистемами.

Клас `Topology` формує логічну модель SDN фабрики. Словник `devices` зберігає всі вузли за ідентифікатором, список `links` містить перелік каналів між вузлами. Метод `add_device` додає пристрій у модель, а `add_link` додає канал. Метод `get_neighbors` за ідентифікатором пристрою повертає список сусідів разом з об'єктами `Link`. Метод `export_json` формує серіалізоване представлення фабрики у форматі JSON, яке може використовуватися для відображення топології у графічному інтерфейсі або для експорту у файли конфігурації контролера.

Модуль політик та правил потоку

Другий логічний блок описує політики та правила керування трафіком. На рівні політик система працює з намірами адміністратора, на рівні правил працює з конкретними параметрами, які може інтерпретувати контролер Huawei CloudFabric.

Клас `FlowRule` зберігає назву орендаря мережі, логічні сегменти джерела та призначення, ідентифікатор застосунку, дію та пріоритет. Такий підхід відповідає концепції політик у SDN системах, де описуються умови та дія над потоками даних. Для інтеграції з контролером метод `to_dict` перетворює правило у словник з полями, які зручно перетворювати у структуру JSON.

Клас `IntentPolicy` відповідає за опис політики у термінах бізнес вимог. Імя політики використовується у журналі подій, `tenant` визначає логічного орендаря, `src_segment` і `dst_segment` визначають сегменти мережі, між якими діє політика, `app` визначає тип застосунку, а `sla_latency_ms` задає гранично допустиму затримку. Надалі ця інформація використовується для побудови конкретних правил `FlowRule`.


```

try:
    import requests
except ImportError:
    # Модуль requests може бути відсутній у середовищі виконання
    requests = None

logging.basicConfig(
    level=logging.INFO,
    format="% (asctime)s % (levelname)s % (message)s",
)

# Клас ролей пристроїв описує логічне призначення елементів фабрики
class DeviceRole:
    SPINE = "spine"
    LEAF = "leaf"
    BORDER = "border"
    CONTROLLER = "controller"

# Клас Device описує вузол фабрики CloudFabric і параметри керування
class Device(object):
    def __init__(self, device_id, name, mgmt_ip, role, location, metadata=None):
        self.device_id = device_id
        self.name = name
        self.mgmt_ip = mgmt_ip
        self.role = role
        self.location = location
        self.metadata = metadata or {}

    def to_dict(self):
        return {
            "device_id": self.device_id,
            "name": self.name,
            "mgmt_ip": self.mgmt_ip,
            "role": self.role,
            "location": self.location,
            "metadata": dict(self.metadata),
        }

# Клас Link описує логічне зеднання між пристроями фабрики
class Link(object):
    def __init__(self, src_id, dst_id, capacity_gbps, latency_ms):
        self.src_id = src_id

```

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

```

self.dst_id = dst_id
self.capacity_gbps = capacity_gbps
self.latency_ms = latency_ms

def to_dict(self):
    return {
        "src_id": self.src_id,
        "dst_id": self.dst_id,
        "capacity_gbps": self.capacity_gbps,
        "latency_ms": self.latency_ms,
    }

# Клас Topology зберігає опис фабрики і підтримує пошук сусідніх вузлів
class Topology(object):
    def __init__(self):
        self.devices = {}
        self.links = []

    def add_device(self, device):
        self.devices[device.device_id] = device
    def add_link(self, link):
        self.links.append(link)
    def get_neighbors(self, device_id):
        neighbors = []
        for link in self.links:
            if link.src_id == device_id:
                neighbors.append((link.dst_id, link))
            elif link.dst_id == device_id:
                neighbors.append((link.src_id, link))
        return neighbors

    def export_json(self):
        data = {
            "devices": [d.to_dict() for d in self.devices.values()],
            "links": [l.to_dict() for l in self.links],
        }
        return json.dumps(data, indent=2, ensure_ascii=False)

# Клас FlowRule моделює абстрактне правило керування трафіком
class FlowRule(object):
    def __init__(self, tenant, src_segment, dst_segment, app, action, priority):
        self.tenant = tenant

```

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

self.src_segment = src_segment
self.dst_segment = dst_segment
self.app = app
self.action = action
self.priority = priority
def to_dict(self):
    return {
        "tenant": self.tenant,
        "src_segment": self.src_segment,
        "dst_segment": self.dst_segment,
        "app": self.app,
        "action": self.action,
        "priority": self.priority,
    }

# Клас IntentPolicy описує політику на рівні намірів адміністратора
class IntentPolicy(object):
    def __init__(self, name, tenant, src_segment, dst_segment, app,
sla_latency_ms):
        self.name = name
        self.tenant = tenant
        self.src_segment = src_segment
        self.dst_segment = dst_segment
        self.app = app
        self.sla_latency_ms = sla_latency_ms

```

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Дані в програмі захищаються за допомогою використання алгоритму Md5. Він отримує на вході повідомлення довільної довжини і створює на виході дайджест повідомлення довжиною 128 біт. Алгоритм складається з наступних кроків:

1. Додавання недостаючих біт. Повідомлення доповнюється так, щоб його довжина стала рівна 448 по модулю 512 (довжина $448 \bmod 512$). Це означає, що довжина доданого повідомлення на 64 біта менше, ніж число, кратне 512. Додавання проводиться завжди, навіть якщо повідомлення має потрібну довжину. Наприклад, якщо довжина повідомлення 448 біт, воно доповнюється 512 бітами

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

до 960 біт. Таким чином, число біт, що додаються, знаходиться в діапазоні від 1 до 512.

Додавання складається з одиниці, за якою слідує необхідна кількість нулів.

2. Додавання довжини. 64-бітове представлення довжини початкового (до додавання) повідомлення в бітах приєднується до результату першого кроку. Якщо первинна довжина більша, ніж 264, то використовуються тільки останні 64 біта. Таким чином, поле містить довжину початкового повідомлення по модулю 264.

В результаті перших двох кроків створюється повідомлення, довжина якого кратна 512 бітам. Це розширене повідомлення представляється як послідовність 512-бітових блоків Y_0, Y_1, \dots, Y_{l-1} , при цьому загальна довжина розширеного повідомлення рівна $L * 512$ бітам. Таким чином, довжина отриманого розширеного повідомлення кратна шістнадцяти 32-бітовим словам.

3. Ініціалізація MD-буфера. У алгоритмі Md5 використовується 128-бітовий буфер для зберігання проміжних і остаточних результатів хеш-функції. Буфер може бути представлений як чотири 32-бітові регістри (A, B, C, D). Ці регістри ініціалізувалися наступними шістнадцятковими числами:

$$A = 01234567$$

$$B = 89abcdef$$

$$C = Fedcba98$$

$$D = 76543210$$

4. Обробка послідовності 512-бітових (16-словних) блоків. Основою алгоритму Md5 є модуль, що складається з чотирьох циклічних обробок, позначений як Hmd5. Чотири цикли мають схожу структуру, але кожен цикл використовує свою елементарну логічну функцію, ff , що позначається, fg , fh і fi відповідно.

Кожен цикл приймає на вхід поточний 512-бітовий блок Y_q , що обробляється в даний момент, і 128-бітове значення буфера ABCD, яке є проміжним значенням дайджесту, і змінює вміст цього буфера. Кожен цикл також

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

використовує четверту частину 64-елементної таблиці $T[1..64]$, побудованої на основі функції \sin . i -ий елемент T , $T[i]$, що позначається, має значення, рівне цілій частині від $232 * \text{abs}(\sin(i))$, i задане в радіанах. Оскільки $\text{abs}(\sin(i))$ є числом між 0 і 1, кожен елемент T є цілим, яке може бути представлене 32 бітами. Таблиця забезпечує “випадковий” набір 32-бітових значень, які повинні ліквідувати будь-яку регулярність у вхідних даних.

Для отримання $Mdq+1$ вихід чотирьох циклів складається по модулю 232 з Mdq . Складання виконується незалежно для кожного з чотирьох слів в буфері.

5) Вихід Md5. Після обробки всіх L 512-бітових блоків виходом L -ої стадії є 128-бітовий дайджест повідомлення.

Детальніше логіку кожного з чотирьох циклів виконання одного 512-бітового блоку розглянуто нижче. Кожен цикл складається з 16 кроків, що оперують з буфером $ABCD$.

$$A \leftarrow B + \text{Cls}(A + f(B, C, D) + X[k] + T[i]),$$

A, B, C, D – чотири слова буфера; після виконання кожного окремого кроку відбувається циклічне зрушення вліво на одне слово.

f – одна з елементарних функцій ff, fg, fh, fi .

CLSs – циклічне зрушення вліво на s біт 32-бітового аргументу.

$X[k] = M[q * 16 + k]$ – кодує 32-бітове слово в q -ому 512 блоці повідомлення.

$T[i]$ – i -е 32-бітове слово в матриці T .

$+$ – складання по модулю 232.

На кожному з чотирьох циклів алгоритму використовується одна з чотирьох елементарних логічних функцій. Кожна елементарна функція отримує три 32-бітові слова на вході і на виході створює одне 32-бітове слово. Кожна функція є безліччю побітових логічних операцій, тобто n -ий біт виходу є функцією від n -ого біта трьох входів. Елементарні функції наступні:

$$ff = (B \& C) \text{ (not } B \& D)$$

$$fg = (B \& D) \vee (C \& \text{not } D)$$

$$fh = B \ C \ D$$

$$fi = C \ (B \ \& \ \text{not } D)$$

Масив з 32-бітових слів $X [0..15]$ містить значення поточного 512-бітового вхідного блоку, який обробляється зараз. Кожен цикл виконується 16 разів, а оскільки кожен блок вхідного повідомлення обробляється в чотирьох циклах, то кожен блок вхідного повідомлення обробляється по схемі 64 рази. Якщо представити вхідний 512-бітовий блок у вигляді шістнадцяти 32-бітових слів, то кожне вхідне 32-бітове слово використовується чотири рази, по одному разу в кожному циклі, і кожен елемент таблиці T , що складається з 64 32-бітових слів, використовується тільки один раз.

Після кожного кроку циклу відбувається циклічне зрушення вліво чотирьох слів A, B, C і D . На кожному кроці змінюється тільки одне з чотирьох слів буфера $ABCD$. Отже, кожне слово буфера змінюється 16 разів, і потім 17-й раз в кінці для отримання остаточного виходу даного блоку.

КБПЗ-2025

					VKPM-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку 5.1 зображено розроблене у магістерської дипломної роботі програмне забезпечення системи реалізації SDN на основі Huawei Cloud Fabric. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.
- Верхнього меню: Оцінка продуктивності; Параметри; Довідка.
- Розділу обрання інтерфейсу.
- Розділу графічного виведення результату роботи системи.
- Функції представлені у графічному вигляді (іконки).

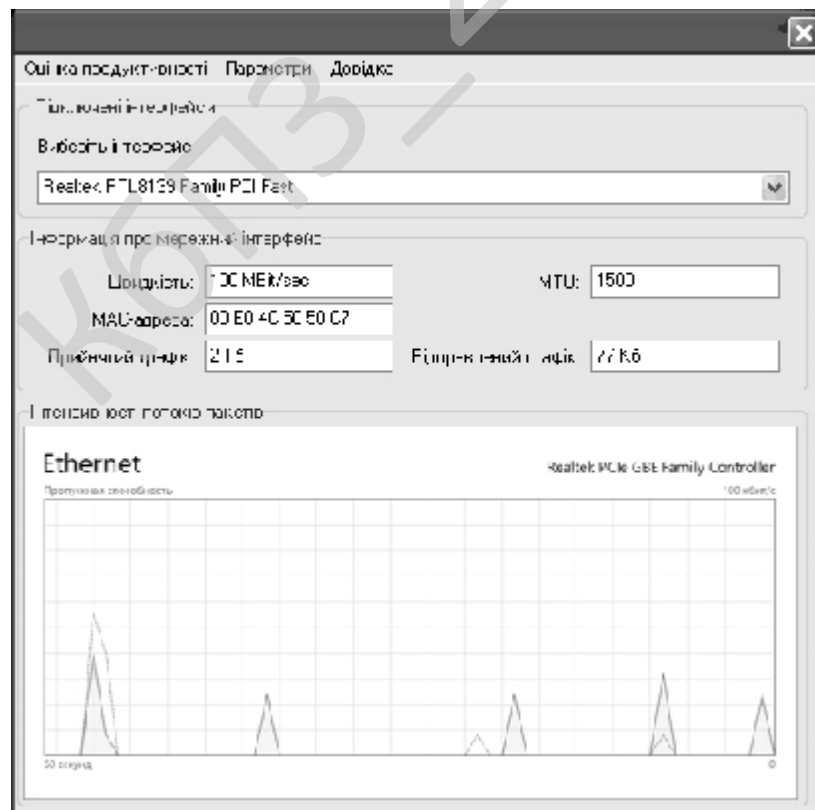


Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Широкомасштабне, високорівневе й разом з тим досить докладне бачення й інтелектуальний аналіз стану мережі за допомогою Agile Controller дозволяє виявляти, ізолювати й усувати наслідки помилок і збоїв швидше й ефективніше. Безпосереднє збільшення часу роботи без збоїв знижує негативні наслідки для бізнесу й скорочує потреба в людських ресурсах.

Розроблена програма має дуже простий і зрозумілий інтерфейс з користувачем. Кожен, хто в достатньому обсязі володіє операційним середовищем Windows без особливих складностей освоїть і цю програму, оскільки її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий. Якщо програма не видала ніяких помилок, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма.

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

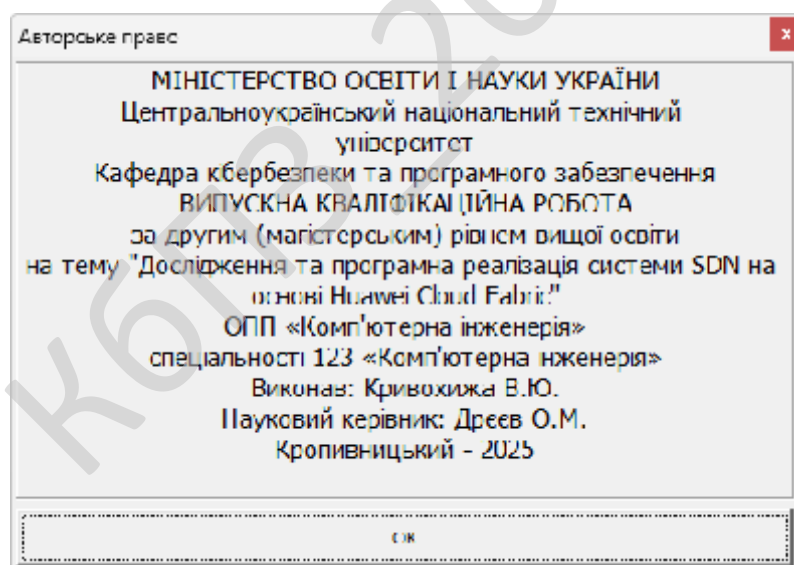


Рисунок 5.2 – Авторське право

Розглянемо процес впровадження програмного забезпечення, це процес налаштування програмного забезпечення під певні умови використання, а також навчання користувачів роботі з програмним продуктом. Впровадження

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

програмного забезпечення це усі дії, що роблять розроблену програмну систему готовою до використання. Даний процес є частинною життєвого циклу програмного забезпечення.

Загалом процес розгортання складається з кількох взаємопов'язаних дій із можливими переходами між ними. Ця активність може відбуватися як з боку виробника так і з боку споживача. Оскільки кожна програмна система є унікальною, то усі процеси та процедури під час розгортання важко передбачити. Тому, "розгортання" можна трактувати як загальний процес відповідно до певних вимог та характеристик. Розгортання може здійснюватись програмістом і в процесі розробки програмного забезпечення.

До діяльностей пов'язаних із розгортанням програмного забезпечення відносять:

- Випуск.
- Встановлення та активація.
- Деактивація.
- Адаптація.
- Обновлення.
- Вмонтування.
- Відстежування версій.
- Видалення.
- Вилучення з обігу.

При впровадженні програмного забезпечення потрібно урахувати наступні дії:

– Виділення критичних, з точки зору загального результату, процедур в діяльності організації. Коли набір таких процедур визначений, необхідно в першу чергу використовувати ІТ рішення для автоматизації операцій усередині саме цих процедур. Таким чином, розроблене ІТ рішення автоматично стає життєво важливим і затребуваним для організації, а також буде забезпечена публічність процесу впровадження;

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

– Розширення нормативної бази організації шляхом включення до неї регламентів, що описують порядок виконання процедур автоматизованих процесів. В іншому випадку є небезпека виникнення неузгодженості між автоматизованими процедурами та іншими процесами організації.

– Виконання робіт з загальної стандартизації існуючої діяльності організації, коли виділяються кращі практики виконання процедур і включаються в IT рішення за принципом найбільшої корисності для більшості учасників. Відсоток таких процедур щодо загального обсягу автоматизації може бути невеликий, але це надає процесу побудови рішення вагу в організації за рахунок збільшення його необхідності.

Під час роботи над програмою було проведено тестування програмного забезпечення, тобто технічне дослідження, призначене для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому воно має використовуватись.

Тестування включає як процес пошуку помилок або інших дефектів, так і випробування програмних складових з метою їх оцінки.

Проводилась оцінка:

- відповідності поставленим вимогам;
- правильна відповідь для усіх можливих вхідних даних;
- виконання функцій за прийнятний час;
- практичність;
- сумісність з ОС та стороннім ПЗ.

Оскільки число можливих тестів для програмних компонент практично нескінченне, тому стратегія тестування полягала в тому, щоб провести всі можливі тести з урахуванням наявного часу та ресурсів.

Як результат ПЗ тестувалось стандартним виконанням програми з метою виявлення помилок або інших дефектів.

Проводилось тестування форматом білої скриньки засноване на аналізі керуючої структури програми. Програма вважається повністю перевіреною, якщо проведено вичерпне тестування маршрутів (шляхів) її графа управління.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

програмісти вирішують припинити розробку, вони передають сирцевий код іншим програмістам, або ж спільності як вільне програмне забезпечення.

Дуже часто плутають поняття «безплатне програмне забезпечення» та «вільне програмне забезпечення», хоча вони суттєво відрізняються.

Безплатне програмне забезпечення можна безоплатно встановлювати та використовувати (іноді з певними обмеженнями, як, наприклад, «безплатне для домашнього або некомерційного вжитку»), в той час як вільне програмне забезпечення можна продавати за будь-яку суму, але при тому, у користувача, котрий його отримує, повинні бути права на вивчення, модифікацію та поширення сирцевих кодів одержаної програми.

КБПЗ_2025

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Об'єктом дослідження є процес SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Предметом дослідження є методи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Методи дослідження базуються на методах теорії побудови комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

- Удосконалено метод SDN на основі Huawei Cloud Fabric.
- Розроблено вітчизняний продукт SDN на основі Huawei Cloud Fabric, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

					VKPM-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ

7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту

Результати дослідження системи SDN на базі Huawei CloudFabric можуть бути цікавими насамперед великим підприємствам і організаціям, які мають складну мережеву інфраструктуру та прагнуть підвищити її ефективність. Це можуть бути компанії з галузей телекомунікацій, фінансових послуг, промисловості чи ІТ-аутсорсингу, де надійність і швидкість передачі даних мають вирішальне значення. Для таких організацій SDN дозволяє централізовано управляти мережею, автоматизувати процеси конфігурації та зменшити ризики збоїв, що на пряму впливає на бізнес-показники.

Також результати можуть зацікавити державні установи, які відповідають за національні інформаційні системи та критичну інфраструктуру. Впровадження SDN у цьому контексті допомагає підвищити стійкість мереж до кіберзагроз, покращити сегментацію трафіку та забезпечити гнучке масштабування мережевих ресурсів залежно від навантаження. Це особливо важливо в умовах цифрової трансформації державного сектору. Іншим потенційним колом зацікавлених сторін є компанії, що надають хмарні послуги (Cloud Service Providers). Для них SDN стає базовою технологією, яка дозволяє ефективно розподіляти ресурси між клієнтами, забезпечувати високий рівень SLA (Service Level Agreement) і мінімізувати операційні витрати. Крім того, навчальні заклади та дослідницькі центри у сфері ІТ-інфраструктур можуть використовувати розроблену систему як навчальний приклад сучасних мережевих технологій. Вона допомагає студентам і фахівцям розуміти, як працює концепція «програмно-визначених мереж» у реальних корпоративних умовах. Таким чином, проєкт має широкий спектр потенційних користувачів – від бізнесу до науки.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок

Для оцінки привабливості впровадження SDN-рішення Huawei CloudFabric було проведено опитування серед експертів у галузі інформаційних технологій, адміністраторів дата-центрів та аналітиків корпоративних мереж. Кожен експерт оцінював систему за ключовими критеріями: ефективність централізованого управління, рівень автоматизації, зручність інтеграції, масштабованість, рівень безпеки та вартість володіння.

За результатами експертного оцінювання система отримала середній бал 9 із 10. Експерти високо оцінили можливість інтеграції Huawei CloudFabric із різними платформами віртуалізації, зокрема VMware, OpenStack і Huawei Cloud. Особливий акцент зроблено на функції FabricInsight, що надає аналітику в реальному часі та допомагає швидко локалізувати проблеми у мережі, зменшуючи час усунення інцидентів.

Учасники оцінювання також підкреслили значення економічного аспекту. Хоча первинна інвестиція у впровадження SDN є суттєвою, більшість експертів відзначили швидку окупність завдяки зниженню операційних витрат, автоматизації рутинних завдань і зменшенню кількості персоналу, необхідного для обслуговування мережі.

Загалом результати експертного опитування показали, що система SDN на основі Huawei CloudFabric має високу інноваційну цінність, стабільну архітектуру та здатність забезпечити реальні конкурентні переваги компаніям, які прагнуть цифрової гнучкості й ефективності.

7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ

Для оцінки вартості впровадження системи SDN Huawei CloudFabric доцільно використати комбінований метод, який поєднує витратний і дохідний

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

підходи. Витратний метод дозволяє визначити усі прямі й непрямі витрати на створення системи – придбання обладнання, ліцензій, програмного забезпечення, навчання персоналу та технічну підтримку. Це необхідно для формування точного бюджету проєкту й подальшого фінансового планування.

У той же час дохідний метод дозволяє визначити економічний ефект від впровадження SDN. Наприклад, завдяки автоматизації конфігурацій знижується навантаження на адміністраторів, скорочується кількість помилок і час простоїв. У результаті підприємство отримує значну економію на обслуговуванні мережі та відновленні після інцидентів.

Застосування комбінованого підходу дозволяє отримати не лише розрахунок вартості, а й оцінити окупність і ефективність інвестицій. Це допоможе керівництву підприємства прийняти обґрунтоване рішення щодо впровадження, розуміючи не лише, скільки коштує система, а й яку вигоду вона приносить.

Такий підхід є особливо актуальним для великих компаній, де впровадження SDN є частиною стратегії цифрової трансформації. Він дає змогу обґрунтувати не тільки фінансову доцільність, а й стратегічну важливість переходу до програмно-визначених мереж.

7.4 Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості

Підприємство має розгалужену IT-інфраструктуру з кількома дата-центрами, мережею з понад 100 комутаторів, маршрутизаторів і серверів. До впровадження SDN мережеве управління здійснювалося вручну – через консольні налаштування, без централізованої політики безпеки та автоматизації. Це призводило до великих витрат часу IT-персоналу, високої ймовірності помилок конфігурації та обмежених можливостей масштабування.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Завданням проєкту є впровадження архітектури SDN Huawei CloudFabric, яка забезпечує централізоване керування мережею, динамічну маршрутизацію, автоматичне виявлення пристроїв, сегментацію трафіку, гнучке розподілення ресурсів і інтеграцію з хмарними платформами. Очікується зниження операційних витрат, покращення керованості та підвищення рівня безпеки. Вхідні дані зафіксовано в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	До впровадження	Після впровадження	Економічний ефект
Кількість адміністраторів мережі	6	3	-3
Середня заробітна плата адміністратора	45 000 грн/міс	45 000 грн/міс	—
Витрати на адміністрування (рік)	3 240 000 грн	1 620 000 грн	-1 620 000 грн
Час простою мережі через помилки конфігурації (год/рік)	50	10	-40
Вартість 1 години простою (втрати бізнесу)	30 000 грн	10 000 грн	-20 000 грн
Річні втрати від простоїв	1 500 000 грн	100 000 грн	-1 400 000 грн
Вартість впровадження SDN CloudFabric	—	3 200 000 грн	—
Річні витрати на обслуговування	—	300 000 грн	—

Розрахунок економічного ефекту демонструє наступне: економія на адмініструванні – 1 620 000 грн/рік, зменшення втрат від простоїв – 1 400 000 грн/рік, сукупний річний ефект – 3 020 000 грн/рік, чистий економічний ефект – 2 720 000 грн/рік, термін окупності – 1,18 року (~14 місяців), коефіцієнт рентабельності (ROI) – 85%.

Додаткові (немонетарні) переваги: централізоване управління мережею: адміністратори можуть вносити зміни з єдиного контролера, що зменшує ризик помилок, підвищення продуктивності ІТ-персоналу: автоматизація дозволяє швидше масштабувати інфраструктуру, покращення безпеки: сегментація трафіку й політики доступу на рівні додатків знижують ризики атак, підвищення гнучкості бізнесу: можливість швидко адаптувати мережеві ресурси під нові сервіси або проєкти, інтеграція з хмарними середовищами Huawei Cloud, VMware, AWS: спрощує управління гібридними інфраструктурами.

Таким чином, система SDN на основі Huawei CloudFabric не лише забезпечила економічну ефективність, а й створила передумови для подальшої цифрової трансформації підприємства, підвищивши його конкурентоспроможність на ринку.

7.5 Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ

Просування проєкту SDN Huawei CloudFabric варто почати з підготовки демонстраційного середовища або пілотного проєкту, який дозволить потенційним клієнтам побачити реальні результати автоматизації мережевих процесів. Демонстраційна платформа має імітувати роботу мережі підприємства, показуючи, як система скорочує час конфігурації, усуває помилки та покращує контроль за трафіком.

Наступним кроком є активна участь у галузевих заходах – ІТ-конференціях, виставках і вебінарах. Це дозволяє залучити увагу ІТ-директорів, аналітиків та інтеграторів, які приймають рішення щодо модернізації

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

інфраструктури. Важливу роль відіграє створення технічних матеріалів – кейсів, white papers, відеопрезентацій, які демонструють реальні приклади впровадження SDN на підприємствах.

Далі необхідно налагодити партнерські зв'язки з системними інтеграторами та постачальниками рішень Huawei. Завдяки партнерським програмам можна масштабувати впровадження та зробити продукт доступнішим для різних сегментів ринку.

Завершальним етапом є формування спільноти користувачів і технічних консультантів. Через серію навчальних курсів і сертифікацій можна підготувати фахівців, які стануть амбасадорами технології та забезпечать її популяризацію на ринку. Таким чином, просування SDN Huawei CloudFabric має будуватися на довірі, демонстрації ефективності та освітній підтримці клієнтів.

7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ

Оптимізацію каналів збуту SDN Huawei CloudFabric варто здійснювати через багаторівневий підхід. Основним напрямом має стати розвиток партнерської мережі з системними інтеграторами, які вже працюють у корпоративному сегменті та мають досвід у проєктах мережевої модернізації. Це дозволить швидше масштабувати реалізацію проєкту без потреби у значних витратах на прямий маркетинг.

Водночас необхідно посилити цифрову присутність продукту. Створення спеціалізованого вебпорталу, на якому клієнти зможуть ознайомитися з технічними можливостями, розрахувати потенційний економічний ефект і замовити консультацію, забезпечить ефективну комунікацію з ринком. Така платформа може містити інтерактивний ROI-калькулятор і демонстраційні відео.

Важливо розвивати модель "SDN-as-a-Service", коли підприємства отримують доступ до системи на умовах підписки. Це відкриє ринок середнього бізнесу, який не має можливості одразу інвестувати у повну інфраструктуру.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Крім того, оптимізації сприятиме організація навчальних вебінарів для ІТ-керівників і системних адміністраторів. Вони допоможуть підвищити обізнаність про переваги SDN і сформують довіру до продукту. Комбінація прямих продажів, цифрового маркетингу та освітніх ініціатив створить ефективну екосистему збуту.

7.7 Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту

Ключовими факторами успіху проєкту SDN Huawei CloudFabric є поєднання технологічної інноваційності, стабільності роботи та орієнтації на потреби клієнта. Система повинна забезпечувати реальні бізнес-результати – скорочення часу налаштування мережі, зменшення простоїв і підвищення ефективності управління. Саме практична користь визначає успіх технології на ринку.

Важливим фактором є гнучкість архітектури Huawei CloudFabric. Її здатність масштабуватися та інтегруватися з існуючими рішеннями робить систему універсальною для компаній різних розмірів і галузей. Це створює конкурентну перевагу порівняно з традиційними мережевими рішеннями.

Не менш значущим є людський фактор – професійна команда розробників, впроваджувачів і технічної підтримки. Від їхньої компетентності залежить швидкість адаптації системи на підприємстві та якість обслуговування користувачів.

І нарешті, успіх визначається постійним розвитком. Регулярне оновлення програмного забезпечення, розширення функціоналу й підтримка клієнтів після впровадження – це те, що формує довіру та утримує клієнтів у довгостроковій перспективі. Усе це робить SDN Huawei CloudFabric не просто технологією, а стратегічним інструментом цифрової еволюції бізнесу.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

8.1 Вступ

В охорону праці включають санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні та організаційно-технічні системи правових і соціально-економічних заходів.

В кожній ІТ компанії є трудові відносини з працівниками. Згідно закону України “Про охорону праці” [3] кожна компанія впроваджує заходи з охорони праці. Реалізується трудові відносини з вживанням необхідних засобів з охорони праці та розробки відповідних документів:

- Інструкцій з охорони праці по кожній професії і загальні.
- Положення про охорону праці.
- Накази з охорони праці.
- Журнали реєстрації та інструктажу.

Роботодавець створює відділ який працює відповідно до типового положення, яку затверджується центральним органом виконавчої влади і забезпечує виконання вимог державної політики у сфері охорони праці.

За недотриманням вимог, керівники ІТ компаній можуть бути притягнуті до відповідальності, яка виглядає у виді накладання штрафу. Якщо в результаті порушення умов охорони праці є постраждалі працівники то керівні особи ІТ компаній притягуються до кримінальної відповідальності.

Законом України “Про охорону праці” [3] регламентуються загальні положення державної політики в галузі охорони праці, а конкретизуються ці положення нормативно-правовими актами про охорону праці, зокрема Наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 № 207, який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за №508/31960 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

роботи з екранними пристроями» [5], яким затверджено нормативно-правовий акт з охорони праці НПАОП 0.00-7.15-18, «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», та «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2-007-98.

Програмісти у процесі роботи мають негативний вплив на органи зору, а також мають значну розумову напругою і нервово-емоційне навантаження. Руки (суглоби пальців та м'язи рук) при роботі з клавіатурою мають теж істотне навантаженням. До шкідливих факторів, які впливають на робітників галузі інформаційних технологій (ІТ) спеціалісти відносять високочастотні електромагнітні коливання (випромінювання) роботи апаратної частини ЕОМ та виділення шкідливих газів.

Ці шкідливі фактори можуть привести до професійних захворювань.

Розглянемо шкідливі чинники роботи програмістів керуючись наступними нормативно-правовими актами: «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2-007-98 [5], та «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» НПАОП 0.00-7.15-18.

Умови праці програміста включають наступні фактори:

- параметри повітряного середовища в приміщенні;
- вентиляція приміщення;
- освітлення приміщення;
- параметри повітряного середовища в приміщенні, тощо.

Щоб запропонувати заходи щодо зменшення негативного впливу комп'ютера на організм людини визначимо фактори, які можуть викликати професійне захворювання і впливають на працездатність програміста.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

8.2 Аналіз санітарно-гігієнічних умов праці на робочому місці програміста

Розглянемо умови праці у приміщенні, в якому працюють програмісти. Геометричні розміри приміщення наведено у таблиці 8.1.

У зазначеному приміщенні працюють 9 людей. За даними, які наведено у табл. 8.1, та табл. 8.2, можна зробити висновок, що площа та об'єм приміщення у розрахунку на одно робоче місце програміста не відповідають нормативним вимогам ДСанПіН 3.3.2-007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [2], але відповідають нормативним вимогам Наказу Міністерства соціальної політики України № 207, від 14.02.2018 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин»). Таким чином можна зробити висновок, що санітарно-гігієнічні умови праці на робочому місці програміста відповідають вимогам.

Таблиця 8.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення, м
Ширина	7
Довжина	8
Висота	3,3

Таблиця 8.2 – Площа та обсяг приміщення, на одного працюючого*

Геометрична характеристика	Одиниця виміру	Нормативне значення*	Фактичне значення
Площа, S	м ²	не менше 6.0	6,2
Об'єм, V	м ³	не менше 20.0	20,5

* Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 (Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин).

Температура повітря в приміщенні визначається впливом температури зовнішнього повітря і тепловою енергією, яка виділяється всередині приміщення. Джерелами виділення теплоти в даному приміщенні є електроустаткування, освітлювальні прилади, а також люди. У світлий час доби джерелом надлишкового тепла є сонячна радіація. Згідно Постанови № 42 від 01.12.1999 Головного державного санітарного лікаря України, робота, виконувана в даному приміщенні, відноситься до категорії Іа. В цьому випадку людина витрачає енергії до 120 ккал у годину. Вологість повітря в приміщенні визначається впливом багатьох факторів, серед яких: вологість атмосферного повітря, виділення вологи людьми (при диханні та випарами з поверхні шкіри).

Мікроклімат повітряного середовища в приміщенні характеризується запиленістю та загазованістю повітря. Мікроклімат приміщення визначається діючим на організм людини поєднанням, вологості, температури, швидкості руху повітря та інтенсивності теплового випромінювання. Аналіз мікроклімату складається з визначення зазначених вище факторів і порівняння результатів із встановленими нормами.

У таблиці 8.3 наведено оптимальні та фактичні значення параметрів мікроклімату як для категорії ваги робіт Іа, так і розглянутого приміщення. У приміщеннях, де встановлено ЕОМ, рекомендується застосування тільки оптимальних значень показників мікроклімату.

Проведений аналіз показує, що показники мікроклімату в приміщенні відповідають установленим нормам. Штучне опалення застосовується у холодний період року. В літню пору застосовується кондиціонер.

Для боротьби з пилом робляться регулярні провітрювання та вологі прибирання приміщенні.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

8.3 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці

Згідно аналізу умов праці в розглянутому приміщенні, ми одержали наступні результати:

- розмірі приміщення, у розрахунку на одному працюючого, відповідають нормативам;
- мікроклімат відповідає нормативному значенню;
- акустичні умови роботи не перевищують нормативних значень;

Таким чином, можна припустити, що основною причиною можливого зниження працездатності програміста є психофізіологічний фактор, тому основна пропозиція буде така: дотримання позитивної психологічної атмосфери в колективі та регламентованого режиму праці та відпочинку, організація робочого місця з урахуванням ергономічних вимог.

Рекомендовані заходи: регулярні періодичні наочні огляди персоналом шляхів для евакуації людей із приміщення, відповідно до плану евакуації (який повинен розташовуватись на видному місці у приміщенні), включення до колективного договору мінімально можливого вмісту аптечок з обов'язково наявністю масок-клапанів, або іншого спорядження для штучного дихання. Регулярна періодична перевірка параметрів заземлення та занулення (вимірювання опору ланцюга) [9].

Регулярна наочне знайомство персоналу із шляхами для евакуації людей із приміщення відповідно до плану евакуації, забезпечення розподільних щитів спеціальними розетками з заземлюючими контактами; організація заземлення всіх приладів і пристроїв, які працюють при нарузі вище 36 В.

Так як при ураженні електричним струмом у людини може статися фібриляція шлуночків серця, в організації бажано мати дефібрилятор і підготовлений персонал для роботи з ним.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

типом лампам) [8]. Підставимо всі значення у формулу, визначимо світловий потік: $F=60260$ Лм.

Для розрахунку будемо використовувати стельові *світлодіодні панелі* Призма-72 6400К, світловий потік яких $F_{л} = 7200$ Лм.

Число ламп визначається по формулі:

$$N=F/F_{л}$$

де:

F – світловий потік,

$F_{л}$ – світловий потік однієї лампи.

Підставимо всі значення у формулу та кількість світильників:

$$N= 60260 / 7200=8,3 \text{ шт.}$$

Приймаємо необхідну кількість *світлодіодних світильників* 9 шт.

8.5 Висновки до розділу

Дотримання всіх необхідних умов праці не лише сприяє збереженню здоров'я працівників, а також підвищує ефективність виробництва в цілому.

З цих міркувань було здійснено аналіз умов праці, призначеного для праці програмістів, проведено розгляд небезпечних та шкідливих факторів, що негативно впливають на програмістів під час роботи. Виконано розрахунок штучного освітлення, як одного з ключових факторів впливу на працездатність та здоров'я програміста. Розроблено заходи з охорони праці.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, призначено для системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем SDN на основі Huawei Cloud Fabric.
- Досліджена система SDN на основі Huawei Cloud Fabric.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання SDN на основі Huawei Cloud Fabric.

Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

При створенні програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Python. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм Md5.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

Проведено маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту, що дозволило визначити ключові фактори успіху даного проєкту.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кривохижа В.Ю. Дослідження та програмна реалізація системи SDN на основі Huawei Cloud Fabric // Збірник праць молодих науковців ЦНТУ. – Вип. 15. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025.
2. Wendell Odom. «CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 1». Cisco Press. 2020. – 848 p.
3. Wendell Odom. «CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 2 Premium Edition eBook and Practice Test». Cisco Press. 2020. – 624 p.
4. Scott Jernigan «CompTIA Network+ Certification All-in-One Exam Guide, Eighth Edition». 2022. – 976 p.
5. Doug Lowe «Networking For Dummies 12th Edition». 2020. – 480 p.
6. Ramon Nastase «Computer Networking: The Beginner’s guide for Mastering Computer Networking, the Internet and the OSI Model». 2018. – 186 p.
7. Russ White & Ethan Banks «Computer Networking Problems and Solutions: An Innovative Approach to Building Resilient, Modern Networks». 2017. – 832 p.
8. Вінтенко Б., Смірнов О., Миронець І., Смірнова Т., Смірнов С. «Імітаційна модель шляхів вхідних даних комп’ютерної інтелектуальної системи підтримки оператора енергоблоку АЕС». *Комбінаторні конфігурації та їхні застосування: Матеріали XXVII Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 125-річчю Національного університету «Запорізька політехніка» (Запоріжжя-Кропивницький-Київ, 4-6 червня 2025 р.)*. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С.82-91.
9. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Drieiev, O., Smirnov, O., Dorenskyi, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

10. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.
11. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.
12. Kuznetsov, O., Kryvinska, N., Ilchenko, O., Smirnova, T., Ulianovska, Y. «Comparative Analysis of Cryptocurrency Trading Platforms Using the Analytic Hierarchy Process». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 106-115.
13. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.
14. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchев, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.
15. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.
16. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи*, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.
17. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 3156, 2022, Pages 390-399.

18. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». *Проблеми інформатизації та управління*, № 2(70). 2022. С. 28-37.

19. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 3(69). С. 93-98.

20. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*, № 2 (307). С. 46-52. 2022.

21. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» *Системи управління, навігації та зв'язку*, 2022, № 1(67). С. 84-89.

22. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.

23. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

24. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and

cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.

25. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

26. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) *Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

27. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 125-136.

28. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2616, 2020, Pages 366-379.

29. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2608, 2020, Pages 633-645.

30. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». *International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019*; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.

31. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». *International Journal of Computing*; 2019,

Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.

32. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.

33. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.

34. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings*, Vol 2588, P. 90-106, 2019.

35. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT-2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019*, P. 395-399.

36. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.

37. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.

38. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special

Correlation Properties», *CEUR Workshop Proceedings* Volume 2353, *CEUR Workshop Proceedings* 2019, Pages 618-629.

39. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering*. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

40. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». *Сучасні інформаційні системи*. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95

41. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки*. №4. С. 103-110. 2020.

42. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. № 3(7). С. 43-62. 2020.

43. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.

44. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G» у *Кібербезпека та інформаційні технології: монографія*. – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.

45. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. № 2(33). с. 161-172, 2019.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

46. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.

47. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova., K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).

48. Смірнов О.А., Дреєва Г.М. Метод генерування фрактального трафіку за допомогою моделі генератора на графі. Монографія: Інформаційна безпека та інформаційні технології : монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Х. : Вид. Рожко С.Г. 2019. С. 123-139

49. Дреєва Г.М., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Метод генерування фрактальноподібної числової послідовності на основі скінченного автомату для моделювання трафіку у мережі. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 173-183, 2019.

50. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 184-194, 2019.

51. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К. Метод формування антивірусного захисту даних з використанням безпечної маршрутизації метаданих. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – Том 3 № 3. – Київ: КУ ім. Бориса Грінченка. – 2019. – С. 63-87.

52. Смірнов О.А., Гнатюк С.О., Кавун С.В., Терейковський І.А., Жмурко Т.О., Смірнов С.А., Коваленко А.С. Основи безпеки в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2018. – 177 с.

					ВКРМ-123.25.0047.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87