

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 керування
розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over
Fabrics”

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

Керівник проекту
доктор філософії (PhD)
_____ Дреєва Г.М.
« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент _____

АНОТАЦІЯ

Яковенко А.Е. Дослідження та програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральнотураїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2025.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Об'єктом дослідження є процес керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Предметом дослідження є методи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

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

Результат роботи – програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

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, NVMe over Fabrics

ABSTRACT

Yakovenko A.E. Research and software implementation of a distributed storage management system using the NVMe over Fabrics specification. 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 that is intended for a distributed storage management system using the NVMe over Fabrics specification.

The purpose of the development is the research and software implementation of a distributed storage management system using the NVMe over Fabrics specification.

The object of the research is the process of controlling a distributed storage management system using the NVMe over Fabrics specification.

The subject of the research is methods of controlling a distributed storage management system using the NVMe over Fabrics specification.

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 a software implementation of a distributed storage management system using the NVMe over Fabrics specification.

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 convenient user interface has been developed. Instructions for working with the software are provided.

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

The program was developed in the Python environment.

Keywords: computer engineering, NVMe over Fabrics

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	8
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.....	8
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	28
2.3 Розгорнута постановка завдання	33
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	34
3.1 Опис функціонування системи	34
3.2 Розробка структурної схеми.....	38
3.3 Розробка функціональної схеми	44
3.4 Розробка діаграми процесів.....	47
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	49
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	49
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	66
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	69
6 НАУКОВА НОВИЗНА	74

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Дослідження та програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Яковенко А.Е.					М	1	101
Перев.	Дресва Г.М.							
Н.контр.	Коваленко А.С.					ЦНТУ КІ-24М		
Затв.	Смірнов О.А.							

7	МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ	75
7.1	Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту	75
7.2	Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок ...	76
7.3	Вибір методу оцінки вартості ПЗ	76
7.4	Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості.....	77
7.5	Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ	79
7.6	Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ	80
7.7	Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту.....	81
8	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	82
8.1	Вступ.....	82
8.2	Пожежна безпека.....	82
8.3	Аналіз умов праці програміста	84
8.4	Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці.....	87
8.5	Розрахункова частина	88
9	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	92
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94

КБПЗ-2025

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ВСТУП

Актуальність теми. Багато компаній інвестують у NVMe-накопичувачі, очікуючи блискавичної швидкості, але вони все одно можуть зіткнутися зі зниженням продуктивності в мережі. Це пояснюється тим, що традиційні архітектури сховищ не розраховані на роботу з великими робочими навантаженнями сучасного часу, і, як наслідок, вони обмежують продуктивність.

На щастя, NVMe over Fabrics змінює все. Завдяки цій технології ви можете розкрити весь потенціал пристроїв NVMe Express у мережі, не витрачаючи інвестиції на застарілі протоколи.

NVMe поверх Fabrics дозволяє організаціям скорочувати час відгуку програм і масштабувати сховище незалежно від обчислень. Він навіть підтримує робочі навантаження штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (ML), які б перевершили традиційні мережі зберігання даних (SAN).

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

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

- Огляд існуючих систем керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- Дослідження системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- Програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Об'єктом дослідження є процес керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Предметом дослідження є методи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

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 керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

– Розроблено вітчизняний продукт керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

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 вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Головними сферами використання ранніх продуктів на базі NVMe-oF стали застосунки для аналітики великих даних у реальному часі. Принаймні одне робоче навантаження цього типу, за прогнозами IDC, до 2026 р. буде мати від 60 до 70% організацій зі списку Fortune 2000. Інтерес до NVMe-oF будуть генерувати також власники потужних баз даних, потребуючої низької затримки, зокрема, хмарні вендори, що ущільнюють і консолідуєть свої ресурси.

NVMe over Fabrics спочатку, очевидно, буде рости по лінії Fibre Channel, повторюючи аналогічну функціональність, представлену в нинішніх дата-центрах. У міру того, як люди будуть знайомитися з технологією, буде розширюватися й використань опцій на базі Ethernet.

1.2 Область застосування

NVMe-oF – це розширення NVMe, визначене специфікацією, яке забезпечує зв'язок на основі NVMe через з'єднання, відмінні від PCIe. Цей інтерфейс дозволяє підключати «зовнішні» корпуси сховищ до сервера безпосередньо або через комутатор, використовуючи NVMe як основний механізм зв'язку. Протокол NVMe-oF може передаватися через кілька різних фізичних з'єднань, включаючи такі транспортні засоби, як RoCE, InfiniBand та Fibre Channel. Незалежно від з'єднання, NVMe-oF не залежить від транспорту. Сервер і сховище зв'язуються через NVMe-oF, незалежно від базового транспортного засобу, який використовується для передачі протоколу NVMe-oF.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Особливо в мережах з підтримкою RDMA, таких як InfiniBand, де протокол fabric додає затримку лише приблизно 10 мкс на додаток до затримки NVMe, можна розгорнути рішення для зберігання даних з високою пропускнуою здатністю та низькою затримкою. NEC успішно розгорнула NVMe-oF з продуктивністю понад 1 ТБ/с із затримкою читання менше 100 мкс.

Таким чином, виходячи з вищеперахованого, дослідження та програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

КБПЗ - 2025

					VKPM-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

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

Порівняння: NVMe проти SSD

Швидкісні NVMe-диски з'явилися в 2013 році, але використовувати їх у своїй інфраструктурі ми зважилися тільки зараз, коли не залишилося сумнівів у надійності технології.

Дотепер SSD-диски були найшвидшим сховищем, доступним на віртуальних серверах. Тепер NVMe можуть заперечити це звання.

NVMe – це новий стандарт SSD-накопичувачів. Звичайні SSD працюють по інтерфейсі SATA, що передає інформацію повільніше, ніж на це здатно сам накопичувач. NVMe працює по інтерфейсі PCI Express, продуктивності якого вистачає з головою. Диск NVMe видає більшу швидкість читання-запису даних.

Інша особливість – протокол по якому відбувається взаємодія диска з іншим комп'ютером. SSD використовують застарілий протокол AHCI, що споконвічно розроблявся для твердих магнітних дисків. Він абсолютно не враховує особливості роботи твердотільного накопичувача, обмежує його. Для NVMe компанія Intel розробила власний інтерфейс – диски стали ефективніше працювати з більшою кількістю одночасних запитів, швидше звертатися в оперативну пам'ять за даними. Диск NVMe забезпечує обробку більшої кількості запитів в одиницю часу (IOPS).

Дружній проект 1DEDIC розмістив ледве більше технічних подробиць.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Кількість запитів у секунду (IOPS)

Виконаємо основний тест для перевірки продуктивності диска – заміримо кількість операцій читання/запису за одну секунду часу. Створимо файл розміром 10 Гб і виконаємо читання й запис блоками 4 Кб в 16 потоків.

Щоб одержати загальну продуктивність в одному числі, будемо використовувати й операції читання, і операції запису – у співвідношенні 75/25, тобто на кожні 3 операції читання одна операція на запис.

Результат SSD зі старого тестування:

- Комбінований запис: 6 173 операцій / сек.
- Комбіноване читання: 38 952 операцій / сек.

Результат NVMe (більше – краще):

- Комбінований запис: 21 300 операцій / сек.
- Комбіноване читання: 63 800 операцій / сек.

Результати тестів продуктивності NVMe

Висновок

По всіх тестах NVMe демонструє впевнена перевага над SSD. Звичайно, тести вийшли не дуже чистими – віртуалки з NVMe відкриваються на нових платформах Xeon Scalable. Вони продуктивніше серверів Xeon E5, які ми використовували до цього.

Огляд системи зберігання даних Lenovo DS6200

Портфоліо систем зберігання даних Lenovo для SAN розбито на три лінійки продуктів:

– DS Series. Двоконтролерні СЗД із блоковим доступом. Представлені трьома моделями, які відрізняються друг від друга продуктивністю й масштабованістю. Молодша модель DS2200 підтримує установку до 96 дисків і забезпечує продуктивність до 100 000 IOPS, у той час як середня DS4200 і старша DS6200 моделі масштабуються до 276 дисків і забезпечують до 325 000 або 600 000 IOPS відповідно. Всі СЗД цієї лінійки підтримують установку різних типів дисків і накопичувачів (2,5" або 3,5") і контролерів (SAS і конвергентні

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

FC/iSCSI). СЗД Lenovo серії DS використовують однакову модель віртуалізації стека зберігання даних з використанням дискових пулів. Забезпечується сучасний функціонал: снапшоти, асинхронна реплікація, тонке виділення ресурсів, ярусне зберігання даних, SSD-кеш на читання.

– V Series. Представлені системами початкового рівня v3700 V2 і v3700 V2 XP, а також більше продуктивними v5030 і v7000. Як і DS Series, дана лінійка теж використовує віртуалізацію на основі дискових пулів, але на базі іншої програмної платформи. Lenovo v3700 V2 XP докладно вивчалася в нашій лабораторії ледве більше роки тому. СЗД цього сімейства становлять особливий інтерес для компаній, що експлуатують системи попередніх поколінь від IBM. Крім знайомого інтерфейсу керування користувачам надається зручна можливість перенесення даних на нову СЗД.

– DX Series. Програмно-визначаємі системи зберігання даних, побудовані на базі стандартних стійкових серверів Lenovo ThinkSystem і партнерського програмного забезпечення. Системи подібного класу забезпечують блоковий, об'єктний або уніфікований доступ до даних, а одна з них, DX8200D, може віртуалізувати зовнішні СЗД інших виробників. На даний момент лінійка продуктів DX Series містить у собі три моделі: DX8200N з використанням ПЗ NexentaStor, DX8200C з ПЗ Cloudian HyperStore і DX8200D з ПЗ DataCore SANsymphony. Всі необхідні програмні компоненти передвстановлюються й передтестуються на заводі Lenovo під час виробництва, що гарантує їхню повну сумісність і працездатність. Крім того, Lenovo також виконує комплексну сервісну підтримку всіх цих систем.

Також варто відзначити, що до сімейства програмно-визначаємих СЗД у портфелі продуктів компанії можна віднести рішення Lenovo DSS-G, що побудоване на базі ПЗ IBM Spectrum Scale.

Основні технічні характеристики

У нашій розпорядженні виявилася старша модель лінійки DS – DS6200 з конвергентними контролерами, трансіверами FC 16 Гбіт і 24 твердотільними

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

накопичувачами по 3,84 ТБ. Докладні технічні характеристики наведені в таблиці 2.1.

DS6200 поставляється у двох варіантах – з контролерами SAS і з конвергентними контролерами FC/iSCSI. Варіант виконання – 2U, 24 диски SFF (2,5"). Диски LFF (3,5") можуть бути використані тільки у відповідних полках розширення. У комплект поставки входять телескопічні монтажні рейки (635-889 мм), коротке керівництво, кабель Mini-USB для підключення до послідовної консолі й силові кабелі.

Компоненти

У задній частині з боків розміщені два блоки живлення, вентилятори в які прохолоджують як самі блоки живлення, так і інші вузли СЗД. По центрі, один на іншим розташовані модулі контролерів.

Таблиця 2.1 – Докладні технічні характеристики

Форм-фактор	2U, монтаж у стійку.
Контролери	– контролер DS6200 SAS – контролер DS6200 FC/iSCSI СЗД поставляється тільки в 2-контролерній конфігурації. Обидва контролери в системі повинні бути ідентичними.
Підтримувані типи RAID	RAID 1, 5, 6, 10; Технологія Rapid Data Protection Technology (ADAPT).
Пам'ять	32 ГБ на систему (16 ГБ на контролер). Захист кеш-пам'яті (флеш + суперконденсатори). Високошвидкісне дзеркалювання кеш-пам'яті між контролерами.

Продовження таблиці 2.1

<p>Дискові відсіки</p>	<p>до 240 дисків SFF (2,5"):</p> <ul style="list-style-type: none"> – 24 диска SFF у СЗД – по 24 диска SFF у полках розширення DS Series SFF expansion unit, максимум 9 полиць <p>до 132 (24 SFF і 108 LFF) дисків</p> <ul style="list-style-type: none"> – 24 диска SFF у СЗД – по 12 дисків LFF у полках розширення DS Series LFF expansion unit, максимум 9 полиць <p>до 276 (24 SFF і 252 LFF) дисків</p> <ul style="list-style-type: none"> – 24 диска SFF у СЗД – по 84 дисків LFF у полках розширення D3284, максимум 3 полиці <p>Підтримуються змішані конфігурації з полиць розширення DS для SFF і LFF дисків. Змішані конфігурації з полиць розширення DS і полиць розширення D3284 не підтримуються.</p>
<p>Підключення дисків</p>	<p>Застосовуються двопортові диски SAS3 (12 Гбіт/с) СЗД із контролерами (порти на кожному з контролерів):</p> <ul style="list-style-type: none"> – 24 внутрішніх порту SAS3 (12 Гбіт/с) – один порт розширення 12 Гбіт/с SAS x4 (Mini-SAS HD SFF-8644) для підключення дискових полиць <p>Полки розширення DS із двома експандерними модулями (порти на кожному з модулів):</p> <ul style="list-style-type: none"> – 24 внутрішніх порту SAS3 (12 Гбіт/с) (полки SFF) – 12 внутрішніх порту SAS3 (12 Гбіт/с) (полки LFF) – три порти розширення 12 Гбіт/с SAS x4 (Mini-SAS HD SFF-8644). Два порти (А і С) для каскадного підключення інших дискових полиць, порт В не використовується.

Продовження таблиці 2.1

<p>Диски накопичувачі</p>	<p>й Диски SFF DS (2,5"):</p> <ul style="list-style-type: none"> – 300 ГБ, 600 ГБ, and 900 ГБ 15 тис. об/хв 12 Гбіт/с SAS HDD – 600 ГБ, 900 ГБ, 1,2 ТБ, 1,8 ТБ, 2,4 ТБ 10 тис. об/хв 12 Гбіт/с SAS HDD – 1 ТБ і 2 ТБ 7200 об/хв 12 Гбіт/с SAS HDD класу nearline – 3,84 ТБ, 7,68 ТБ, і 15,36 ТБ 12 Гбіт/с SAS SSD (ресурс 1 DWPD) – 400 ГБ, 800 ГБ, 1.6 ТБ 12 Гбіт/с SAS SSD (ресурс 3 і 10 DWPД) <p>Диски LFF DS (3,5"):</p> <ul style="list-style-type: none"> – 900 ГБ 10 тис. об/хв 12 Гбіт/с SAS HDDs – 2 ТБ, 4 ТБ, 6 ТБ, 8 ТБ, 10 ТБ, and 12 ТБ 7200 об/хв 12 Гбіт/с SAS HDD класу nearline – 400 ГБ 12 Гбіт/с SAS SSD (ресурс 3 і 10 DWPД) <p>Диски для полиць розширення D3284</p> <ul style="list-style-type: none"> – 4 ТБ, 6 ТБ, 8 ТБ, 10 ТБ, and 12 ТБ 7200 об/хв 12 Гбіт/с SAS HDD класу nearline – 400 ГБ 12 Гбіт/с SAS SSD (ресурс 3 і 10 DWPД) – 3,84 ТБ, 7,68 ТБ, і 15,36 ТБ 12 Гбіт/с SAS SSD (ресурс 1 DWPД)
<p>Дисковий простір</p>	<p>До 2 ПБ</p>

Продовження таблиці 2.1

Підключення	<p>Контролер DS6200 SAS: 4 порти 12 Гбіт/с SAS (Mini-SAS HD, SFF-8644).</p> <p>Контролер FC/iSCSI: 4 порти SFP/SFP+ у двох конвергентних групах (обидва порти в групі повинні мати однаковий тип підключення, групи можуть мати різні типи підключення).</p> <p>Варіанти конвергентних підключень:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 1 Гбіт iSCSI SFP (1 Гбіт, кручена пари UTP, RJ-45) – 10 Гбіт iSCSI SFP+ (1/10 Гбіт, SW-оптоволокну, LC) – 8 Гбіт FC SFP+ (4/8 Гбіт, SW-оптоволокну, LC) – 16 Гбіт FC SFP+ (4/8/16 Гбіт, SW-оптоволокну, LC) – 10 Гбіт iSCSI SFP+, кабелі прямого підключення (DAC)
Підтримка операційних систем	<p>Microsoft Windows Server 2012 R2 і 2016; Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 6 і 7; SUSE Linux Enterprise Server (SLES) 11 і 12; VMware vSphere 5.5, 6.0, і 6.5.</p>

КБПЗ-2012

Продовження таблиці 2.1

<p>Конфігураційні ліміти</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Максимальне число пулів зберігання: 2 (1 на контролер) – Максимальний обсяг пула зберігання: 1 ПіБ – Максимальне число логічних томів: 1024 – Максимальний обсяг логічного тому: 128 ТіБ – Максимальне число дисків в RAID-групі: 16 – Максимальне число RAID-груп: 32 – Максимальне число дисків у дисковій групі ADAPT: 128 (12 дисків мінімум) – Максимальне число дискових груп ADAPT: 2 (1 на кожний пул) – Максимальне число spare-дисків: 16 – Максимальне число ініціаторів: 8192 (1024 на кожний хост-порт контролера) – Максимальне число ініціаторів на хост: 128 – Максимальне число хост-груп: 32 – Максимальне число хостів у хост-групі: 256 – Максимальне число дисків у дисковій групі для SSD-кешу на читання: 2 (RAID-0) – Максимальне число дискових груп для SSD-кешу на читання: 2 (1 на кожний пул) – Максимальний обсяг SSD-кешу на читання: 4 ТБ – Максимальне число снапшотів: 1024 (з додатковою ліцензією) – Максимальне число вузлів реплікації: 4 (з додатковою ліцензією) – Максимальне число томів з реплікацією: 32 (з додатковою ліцензією)
------------------------------	---

Силові кабелі фіксуються в розніманнях блоків живлення пластиковими хомути для запобігання випадкового відключення. Випадково витягтися блок живлення теж не можна – металева скоба фіксується в закритому положенні пластиковою засувкою. Чотири світлодіодних індикатори на задній панелі блока живлення показують статус БП, стан вентилятора, вхідних і вихідних напруг.

Контрольний модуль являє собою типовий блок форм-фактора SBB. На панелі розміщене: рознімання SAS3 x4 SFF-8644 для підключення полиць розширення, рознімання RJ-45 для керування по мережі, рознімання mini-USB для підключення послідовної консолі (заклеєний етикеткою, що попереджає про необхідність установити драйвер перед підключенням кабелю), кілька сервісних рознімачів і інтерфейсні порти.

У даній комплектації встановлені конвергентні контролери із чотирма розніманнями SFP+, у два з яких встановлені трансівери 16 Гбіт FC. Контролери молодшої моделі DS2200 оснащені тільки двома розніманнями SFP+ або SAS, залежно від типу контролера.

Над хост-портами розташовані п'ять світлодіодних індикаторів: стан кешу, ідентифікатор, готовність контролера до добування. Порт для підключення полиць розширення й всі хост-порти оснащені індикацією лінку.

Лоток з диском. Міцна конструкція з металу й пластику. Більша довжина дискового лотка обумовлена тим, що СЗД Lenovo серії DS проектувалися у відповідності зі специфікацією SBB (Storage Bridge Bay), що описує форм-фактор контролерних модулів і спосіб їхнього підключення до об'єднавчої плати. Архітектура подібних СЗД вимагає використання двопортових дисків SAS для забезпечення доступу двох контролерів до кожного з дисків. Вибір дисків SAS під час розробки специфікації був обмежений, тому було передбачене підключення дисків SATA через додаткову плату-мультиплексор (інтерпозер), що забезпечувала для дисків SATA двопортове підключення. Розраховуючи на можливу установку такої плати довжина дискових лотків у специфікації була

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

збільшена. Для DS6200, як і для інших сучасних систем зберігання, пропонуються тільки диски SAS.

Тестуєма СЗД іде в комплекті з 24 твердотільними накопичувачами 01KP065 Lenovo Storage 3.84TB 1DWD 2.5" SAS SSD (PM1633a): обсяг 3,84 ТБ, ресурс 1 перезапис у день. Lenovo не приховує партномер OEM-виробника, для багатьох клієнтів важливо заздалегідь знати модель використовуваних накопичувачів і докладні специфікації. У цьому випадку це PM1633a, накопичувач виробництва Samsung на базі 3D TLC NAND.

Функціональні можливості

Стек віртуалізації зберігання

Стек віртуалізації зберігання даних у системах Lenovo Storage DS заснований на концепції пулів зберігань. На нижньому рівні перебувають фізичні диски й накопичувачі, поєднувані в дискові групи. Кілька дискових груп поєднуються в єдиний пул зберігання (по одному пулі на контролер), з пула виділяється простір для створення томів. На базі віртуальних пулів заснована робота безлічі функцій, надаваних системою зберігання: снапшоти, ярусне зберігання, кешування, масштабування продуктивності, тонке виділення дискового простору.

Дисковий пул – це не просто RAID-0 з декількох дискових груп. Розподіл даних у пулі є динамічним. При додаванні дискових груп у пул відбувається перерозподіл блоків з даними для вирівнювання навантаження. Можлива й зворотна операція – вивільнення дискової групи (наприклад, з метою зміни налаштувань або для переносу в іншу систему) при наявності достатнього вільного обсягу в пулі.

Дискові групи RAID

Для підвищення відказостійкості й продуктивності фізичні диски й накопичувачі поєднуються в дискові групи з використання традиційних рівнів RAID: 1, 10, 5 і 6. Максимальне число дисків у стандартних RAID-групах становить 16, для подальшого нарощування обсягу й продуктивності кілька

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

дискових груп поєднуються в загальний пул. У новій версії убудованого ПЗ додався ще один тип дискових груп – ADAPT.

Ярусне зберігання даних

Ярусне зберігання даних (storage tiering) – технологія, що дозволяє оптимізувати використання накопичувачів з різним рівнем продуктивності за рахунок динамічного перерозподілу блоків з даними залежно від навантаження між так званими ярусами, масивами з різним рівнем продуктивності. У даної СЗД існує три яруси: Archive (архівний) для дисків 7200 об/хв, Standard (стандартний) для дисків 10/15 тис. об/хв і Performance (продуктивний) для SSD, що вимагає придбання додаткової ліцензії. Існує можливість призначення пріоритету на рівні томів шляхом призначення прив'язки до архівного або продуктивного ярусу.

У керівництві до DS6200 рекомендується по можливості використовувати два яруси замість трьох для оптимізації продуктивності – SSD у сполученні з дисками 10/15 тис. об/хв або 7200 об/хв.

SSD-кеш

Альтернативним способом оптимізації продуктивності є кешування. Для цих цілей можна використовувати один або два SSD на кожний із двох пулів зберігання. SSD-кеш в DS6200 працює тільки на читання, але має ряд переваг у порівнянні з ярусним зберіганням:

– Механізм кешування влаштований простіше, він не створює додаткового навантаження на СЗД за рахунок відсутності необхідності переміщення даних.

– Кеш на читання не вимагає відказостійкості.

Поліпшення в прошиванні G265

Недавно Lenovo випустила нове прошивання версії G265, що істотно розширює функціональні можливості всіх СЗД серії DS.

Rapid Data Protection

Крім стандартних RAID-груп (0, 1, 10, 5, 6) тепер можна створювати дискові групи ADAPT (Rapid Data Protection Technology). Масив ADAPT за

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

рівнем захисту від збоїв відповідає RAID-6, допускається втрата до двох дисків, але на відміну від традиційних RAID розподіл блоків по дисках в ADAPT не є строго фіксованим. Система може перерозподіляти блоки з даними, блоки контрольних сум і резервний простір по всіх дисках у групі, що уможлиблює, наприклад, ефективне використання в одній групі дисків різного обсягу або додавання дисків у групу з наступним балансуванням розміщення даних. Основною перевагою дискових груп ADAPT є істотне скорочення часу на відновлення відказостійкості. Розрахунковий час відновлення групи з 96 дисків обсягом 4 ТБ при виході з ладу одного диска становить усього 70 хвилин проти 11 із зайвим годин в RAID-6. Єдиним недоліком ADAPT можна назвати обмеження на мінімальну кількість дисків – 12.

Реплікація

Асинхронна реплікація в новому прошиванні була істотно поліпшена. Крім підтримки реплікації по Fibre Channel з'явилася підтримка одночасної реплікації на кілька цільових вузлів, до чотирьох.

Безпека

Додано можливість гнучкого налаштування прав доступу користувачів до інтерфейсу СЗД на основі груп. Системні логи тепер можна вивантажувати по безпечному протоколі sFTP (Secure File Transfer Protocol).

Поліпшення продуктивності

Нове прошивання дозволяє одержати продуктивність до 600 000 IOPS при затримці менш 1 мс для систем DS6200 і до 325 000 IOPS для DS4200. Проведене нами тестування продуктивності, результати якого описані нижче, показує, що ці показники відповідають дійсності. Настільки високий ліміт продуктивності забезпечує Lenovo DS6200 істотна перевага перед конкурентами, Dell SC4020 (300 000 IOPS) і HP MSA2052 (200 000 IOPS).

Підтримка дискових полиць D3284

В умовах швидкого росту обсягу збережених даних стандартного форм-фактора, що дозволяє встановити 12 дисків 3,5" у корпус 2U, уже недостатньо.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Дискові полки з підвищеною щільністю розміщення, що досягається за рахунок вертикальної установки дисків і раціонального використання простору корпусу, є й в Lenovo. Дискава полиця D3284 дозволяє розмістити 84 диска в корпусі висотою 5U – майже в три рази більше дисків у перерахуванні на один юнит.

Донедавна дискові полки D3284 підтримувалися тільки як опції розширення до серверів Lenovo ThinkSystem, тепер же вони можуть підключатися й до СЗД серії DS. Нове прошивання дозволяє підключити до трьох D3284 до моделей DS4200 і DS6200.

EZ-Start

Інтерфейс керування систем Lenovo Storage DS і так є досить простим і зручним, але з додаванням функції EZ-Start користувач може виконати налаштування системи буквально за хвилину. EZ-Start являє собою спрощений варіант відповідних вкладок основного інтерфейсу. У підсумку весь процес від створення дискових груп до підключення томів до хостів можна виконати в кілька кліків.

Керування

Командний рядок

Основним засобом керування системами зберігання даних Lenovo серії DS є Lenovo Storage Manager – убудований додаток з web-інтерфейсом. За замовчуванням мережні інтерфейси керування СЗД настроєні на використання DHCP. Якщо DHCP у вашій мережі немає й потрібно настроїти інтерфейси перед підключенням, то на допомогу приходить послідовна консоль. Потрібно підключити Mini-USB кабель у відповідний порт першого контролера. Порт закритий наклейкою, що попереджає про необхідність установити драйвер перед підключенням кабелю. Драйвер потрібний тільки для Windows Server 2012 R2 і його можна скачати на сторінці технічної підтримки. Для Windows Server 2016 драйвер не потрібно, для Linux потрібно завантажити штатний модуль usbserial з додатковими параметрами, зазначеними в керівництві ThinkSystem DS6200/DS4200/DS2200/DS EXP Hardware Installation and Maintenance Guide.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Після запуску Tera Term з використанням зазначених у керівництві параметрів необхідно натиснути Enter для появи інтерфейсу консолі. Логін і пароль за замовчуванням – manage / !manage.

Крім налаштування службових інтерфейсів послідовна консоль потрібна для перемикання режиму роботи хост-портів у конвергентних контролерах FC/iSCSI. Через інтерфейс командного рядка можна виконувати будь-які дії по налаштуванню й моніторингу СЗД. Він доступний також по мережі, через Telnet і SSH, що дозволяє використовувати його для автоматизації.

Lenovo Storage Management Console

Після налаштування мережних портів можна підключитися до web-інтерфейсу – Lenovo Storage Management Console (далі – SMC). Інтерфейс головного екрана SMC буде зрозумілий будь-якому користувачеві, що працював з подібними блоковими системами зберігання даних.

У верхній частині головного екрана (вікно Hosts) можна побачити кількість зконфігурованих хостів і відповідних ініціаторів. У цьому випадку СЗД автоматично визначила два підключення до портів FC і відображає наявність двох ініціаторів.

У вікнах Ports A і Ports B відображається статус хост-портів першого й другого контролерів. У вікні Capacity показаний статус дискового простору: кількість дискових груп у пулах A і B, виділений на них обсяг. На незконфігурованій системі показаний сумарний сирий обсяг дисків.

У нижній частині екрана розміщені піктограми індикаторів стану компонентів, лічильники різних повідомлень і показники навантаження в IOPS і МБ/с. У лівій частині екрана перебуває кілька вкладок, що відповідають логічним компонентам системи.

Прийдемося до налаштування системи. Для початку потрібно переконатися у відсутності апаратних помилок. Вкладка System показує стан всіх компонентів системи, як наочне, у вигляді дублювання фізичних світлодіодних індикаторів, так і у вигляді таблиці (вкладка Table). Кнопка Turn On LEDs

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Після створення томів залишається налаштування маппинга – визначення доступу ініціаторів до томів. У даній конфігурації до СЗД підключений один хост із двома ініціаторами, перший підключений до контролера А, другий – до контролера В. У цьому випадку кожний із двох томів можна «примапити» через обоє ініціаторів, в операційній системі з'явиться два диски із двома шляхами до кожного. Снапшоти, зрозуміло, теж можна підключати до хостів, з доступом тільки на читання або на читання й запис.

Для правильної роботи багатошляхового вводу-виводу в Windows Server потрібно встановити компонент МРІО. На вкладці Discover Multi-Paths буде відображатися підключена СЗД, її потрібно виділити, натиснути кнопку Add для включення підтримки МРІО і перезавантажити ОС.

Наявність «оптимального» і «неоптимального» шляху до кожного з томів обумовлено архітектурою ALUA. Обидва контролери в СЗД із такою архітектурою здатні приймати запити від хосту до певного тому, але тільки один контролер у певний момент часу є «хазяїном» тому й безпосередньо займається обслуговуванням вводу-виводу, другий контролер лише пересилає йому дані по внутрішній шині. Доступ через основний контролер здійснюється швидше, ніж через «чужий», тому такий шлях вважається оптимальним, і вводу-вивід здійснюється тільки по оптимальних шляхах, і тільки при їхній відсутності (наприклад, при відключенні кабелю або проблемах із трансівером) перемикається на неоптимальні. У системах зберігання Lenovo DS всі томи пула А обслуговуються першим контролером (А), тому пула В – контролером В. Архітектура ALUA у порівнянні з Active-Passive дозволяє скоротити час перемикання шляхів при виникненні збоїти. Вкладка Performance дозволяє відслідковувати продуктивність системи. Навантаження відображається на рівні портів, дисків, дискових груп і пулів.

Продуктивність

Характеристики тестового сервера:

– Процесор: Intel Xeon E 5-2620 V4.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- Материнська плата: Supermicro X10 SRi-F, BIOS 3.0a.
- Пам'ять: 4x8 ГБ DDR 4-2400 ECC RDIMM.
- Системний диск: Intel S3700 100 ГБ.
- Операційна система: Microsoft Windows Server 2016.
- Генератор навантаження: FIO 3.2.
- Fibre Channel HBA: двопортовий 16 Гбіт Lenovo 00Y3343 (Qlogic QLE2662).

Заявлений ліміт продуктивності для використовуваного FC HBA становить 500 000 IOPS і 3200 Міб/с на порт. Тестувався том з одного пула, під час тестів обидва порти FC HBA були підключені до першого контролера. Тестувалась продуктивність дискової групи RAID-10 з 12 SSD Lenovo 01KP065 (Samsung PM1633a). Тестування проводилося після закінчення процесу ініціалізації RAID-групи.

Тестування

Для оцінки продуктивності використовувався наступний тест:

- Розмір блоку: 4096 байт.
- Доступ: випадковий (старе прошивання, прошивання G265), послідовний (прошивання G265).
- Співвідношення читання/запис: 100/0, 70/30, 0/100.
- Глибина черги: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128.
- Кількість потоків: 1, 2, 4, 8.
- Кількість раундів: 15.
- Тривалість раунду: 30 с.
- Прогрівочний інтервал раунду: 5 с.

Результати усереднялись по 4 раундам з обраного вікна сталого стану (лінійна апроксимація в межах вікна не виходить за межі 0,9/1,1 середнього значення). Тестувалась продуктивність одного контролера, з підключенням двох линков FC 16 Гбіт. На графіках наведені подвоєні значення IOPS. Перед кожною серією тестів тім заповнювався випадковими даними.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Середня затримка

DS6200 демонструє непогані показники продуктивності. Рівень середньої затримки з новим прошиванням G265 не перевищує 1 мс практично у всьому діапазоні навантаження. 100 тисяч IOPS при змішаному навантаженні із затримкою менш 0,3 мс – це відмінний результат для сучасної СЗД із SSD-накопичувачами.

Ми вирішили перевірити заявлені виробником характеристики в 600 тисяч IOPS при затримці <1 мс і випадковому доступі до даних. Удалося одержати близько 560 тисяч IOPS до досягнення середньої затримки в 1 мс – результат, досить близький до заявленого. Деяке відставання можна пояснити високою завантаженістю процесора (навантаження перевищило 65%) і інтерфейсу FC (інтерфейс SAS може забезпечити менший рівень затримки). Додатковий приріст продуктивності з підключенням через FC/iSCSI можна було одержати, дотримуючись ради з керівництва до системи: підключення до двох портів із чотирьох можна рознести по різних групах портів, тому що кожна із груп обслуговується своїм чипом, або задіючи всі доступні порти підключення.

99 і 99,99% перцентили затримки

DS6200 демонструє досить стабільні значення затримки. Середня затримка при невеликих навантаженнях не перевищує 300 мкс, що є відмінним результатом. Навіть 99, 99-перцентиль затримки не виходить за межі 3 і 20 мс при навантаженні з 100% і 70% читанням відповідно. Пікові значення починають рости тільки при доступі на запис при високому навантаженні з більшими чергами, що обумовлено характеристиками встановлених SSD.

Висновок

Lenovo Storage DS – сучасна лінійка двоконтролерних СЗД для малого й середнього бізнесу. Старша модель DS6200 забезпечує високий для даного класу рівень продуктивності. Lenovo має всі підстави рекомендувати DS6200 для використання із сучасними твердотільними накопичувачами. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дає можливість увести систему в експлуатацію за лічені

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

хвилини. Трирівневе ярусне зберігання й технологія розподілених масивів ADAPT істотно підвищують ефективність використання накопичувачів.

Варто відзначити й грамотну організацію всієї продуктової лінійки Lenovo Storage DS. Два варіанти контролерів забезпечують широкий вибір інтерфейсів підключення: SAS, iSCSI через гігабітний або 10-гігабітний інтерфейси, 8-8- або 16-гігабітний Fibre Channel. Додатковий функціонал (ярусне зберігання з використанням SSD, реплікація, збільшення максимальної кількості снапшотів) пропонується у вигляді додаткових ліцензій, за рахунок чого початкова вартість системи залишається дуже привабливою на тлі конкурентів.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Python – це об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня загального призначення з відкритим кодом. Це визначення може бути важким для новачків, тому розглянемо кожну характеристику окремо, щоб зрозуміти, що вона означає:

- Відкритий вихідний код: це безкоштовно та доступно для подальших покращень, таких як додавання корисних функцій або виправлення помилок.
- Об'єктно-орієнтована: заснована не на функціях, але в об'єктах з певними атрибутами й методами.
- Високий рівень: зручний для людини, а не для комп'ютера.
- Загальне призначення: можна використовувати для створення будь-яких програм.

Ця мова використовується в будь-якому програмному забезпеченні, про яке ви тільки можете подумати. Ви можете використовувати його для створення веб-сайтів, штучного інтелекту, серверів, програмного забезпечення для бізнесу та багато іншого. Також застосовується в науці про дані, аналізі даних,

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

машинному навчанні, інженерії даних, веб-розробці, розробці програмного забезпечення та інших галузях.

Переваги та недоліки Python

Переваги:

– Її легко читати, вчити та писати. Це мова програмування високого рівня з англійським синтаксисом. Це полегшує читання та розуміння коду. Її дійсно легко зрозуміти і вивчити, тому багато людей рекомендують Python новачкам. Вам потрібно менше рядків коду для виконання того ж завдання в порівнянні з іншими основними мовами, такими як C/C++ та Java.

– Підвищує продуктивність. Це дуже продуктивна мова. Завдяки її простоті розробники можуть зосередитися на розв'язанні проблеми. Їм не потрібно витрачати багато часу на розуміння синтаксису або поведінку мови програмування. Ви пишете менше коду та виконуєте більше завдань.

– Інтерпретована мова. Python мова, що інтерпретується, а це означає, що вона безпосередньо виконує код по рядку. Якщо сталася помилка, вона зупиняє подальше виконання та повідомляє про її виникнення. Вона показує лише одну помилку, навіть якщо у програмі їх кілька. Це спрощує налагодження.

– Динамічно типізована. Python не визначає тип змінної, доки ми не запустимо код. Вона автоматично надає тип даних, коли відбувається процес виконання. Фахівець може не турбуватися про оголошення змінних та типи даних.

– Безкоштовна та з відкритим вихідним кодом. Ця мова постачається під схваленою OSI ліцензією з відкритим вихідним кодом. Це робить його безкоштовним для використання та розповсюдження. Ви можете завантажити вихідний код, змінити його та навіть розповсюджувати свою версію. Це корисно для організацій, які хочуть використати свою версію для розробки.

– Підтримка великих бібліотек. Стандартна бібліотека Python є величезною, ви можете знайти майже всі функції, необхідні для вашого завдання. Таким чином ви не залежите від зовнішніх бібліотек.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

– Для веброзробки. У той час як для створення візуальної частини вебсайту ми переважно будемо використовувати такі мови, як HTML, CSS та JavaScript, для його невидимої частини ми часто вибираємо Python. Серед масштабних вебсайтів та програм, створених за допомогою цієї мови, варто згадати Google, Facebook, Instagram, YouTube, Dropbox та Reddit.

– Для автоматизації задач/скриптингу. Це відмінний інструмент для написання програм для автоматизації різних завдань, що повторюються. Цей процес називається скриптингом. Зокрема, можна робити скрипти для роботи з файлами та папками. Наприклад, можна створювати, перейменовувати, перетворювати, розділяти, об'єднувати або видаляти файли, перевіряти їх наявність помилок. Ви також можете використовувати автоматизацію Python для пошуку та завантаження інформації з Інтернету, заповнення та надсилання онлайн-форм та надсилання регулярних повідомлень або електронних листів.

Яким фахівцям потрібно володіти Python:

- Фахівець з даних.
- Аналітик даних.
- Інженер даних.
- Інженер з машинного навчання.
- Журналіст даних.
- Архітектор даних.
- Повний стек веб-розробника.
- Backend-розробник.
- DevOps-інженер.
- Інженер-програміст.

Можемо зробити висновок, що Python ще довго буде популярною мовою, хоч і має низку недоліків. Цю мову використовують для створення вебсайтів, штучного інтелекту, серверів, програмного забезпечення для бізнесу, аналізу даних, машинного навчання, інженерії даних та для багатьох інших областей. Це перспективна і затребувана навичка, яка необхідна у всіх галузях.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

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 керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

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. 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.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

NVMe over Fabrics – це протокол, який передає набір команд NVMe через високошвидкісні мережеві транспортні мережі, або «фабрики», завдяки чому хости можуть отримувати доступ до віддаленого сховища NVMe з майже локальною продуктивністю. Замість того, щоб обмежувати пристрої NVMe прямим підключенням PCIe, NVMe-oF дозволяє отримати доступ до такої ж блискавичної продуктивності в мережевих фабриках.

Масиви NVMe стають спільними ресурсами, оскільки кілька серверів можуть використовувати один і той самий високошвидкісний пул сховища, не жертвуючи часом відгуку в мікросекундах.

Специфікація NVMe over Fabrics також підтримує ті ж ефективні набори команд, що й локальний NVMe. Ви зберігаєте всі ті характеристики продуктивності, які роблять NVMe особливим:

- Архітектура паралельної черги.
- Оптимізований стек протоколів.
- Можливості прямого доступу до пам'яті.

В результаті, інфраструктура більше не обмежується одним корпусом, а це означає, що обчислювальні системи та системи зберігання даних можуть розташовуватися в різних стійках або навіть у різних будівлях.

NVMe-oF проти традиційного NVMe: ключові відмінності

Традиційний NVMe підключається безпосередньо через PCIe з одним диском та одним хостом, що просто, але обмежує можливості.

Сервери NVMe поверх Fabric змінюють це. Ваша специфікація NVMe тепер працює в мережах Ethernet, Fibre Channel або InfiniBand, забезпечуючи таку ж ефективність протоколу, але з розширеним охопленням.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Традиційний NVMe:

- Тільки локальний доступ.
- Один хост на диск.
- Обмежено доступністю слота PCIe.
- Масштабування означає купівлю більшої кількості серверів.

NVMe-oF:

- Доступ по всій мережі.
- Кілька хостів спільно використовують сховище.
- Необмежений потенціал масштабування.
- Додайте потужність, не торкаючись обчислювальних ресурсів.

Ця технологія по суті перетворює локальне сховище на мережеве без типового зниження продуктивності.

Основні компоненти архітектури NVMe-oF

Побудова інфраструктури NVMe-oF вимагає трьох критично важливих елементів, які безперервно працюють разом.

1. Підсистеми та контролери NVMe формують основу. Кожна підсистема керує колекцією просторів імен (уявіть їх як віртуальні диски). Контролери обробляють фактичні операції вводу/виводу, підтримуючи ті паралельні черги, які дають NVMe перевагу в швидкості.

Ваша підсистема може містити десятки просторів імен. Кожен хост підключається до певних просторів імен на основі вимог до доступу, і всі вони керуються через одну ефективну платформу.

2. Рівень Storage Fabric об'єднує все разом. Незалежно від того, чи ви оберете конвергентний Ethernet, мережі зберігання даних (SAN) чи спеціалізовані мережі, цей рівень передає команди NVMe по мережі.

3. Технологія віддаленого прямого доступу до пам'яті (RDMA) забезпечує зв'язок з наднизькою затримкою, минаючи традиційні накладні витрати мережевого стеку.

Існує три основні варіанти RDMA:

					БКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- RoCE NVMe поверх Fabric (RDMA поверх конвергентного Ethernet) – працює з існуючою інфраструктурою Ethernet.
- iWARP – сумісний з TCP/IP, але менш поширений.
- InfiniBand – максимальна продуктивність, але вимагає спеціального обладнання.

Пояснення транспортних протоколів

Вибір транспортного протоколу визначає складність розгортання та потенціал продуктивності.

NVMe через Fibre Channel використовує існуючі інвестиції в SAN. Ви можете зберегти своє зонування, комутатори та інструменти керування. Просто оновіть прошивку, і система готова до роботи.

NVMe через TCP не потребує спеціального обладнання, і будь-яка мережа Ethernet його підтримує. Продуктивність не зрівняється з опціями RDMA, але ви все одно побачите значні покращення порівняно з iSCSI. Він ідеально підходить для віддалених офісів або хмарних розгортань, де спеціалізоване обладнання непрактичне.

NVMe поверх RoCE забезпечує продуктивність, близьку до InfiniBand, у мережах Ethernet. Вам знадобляться мережеві карти з підтримкою RoCE та конфігурацією Ethernet без втрат. Хоча налаштування складніше, ніж TCP, інвестиції варті того для робочих навантажень, чутливих до затримки.

Ключові переваги NVMe над Fabrics для корпоративних ІТ-технологій

NVMe-oF пропонує кілька ключових переваг, які змінюють підхід до проектування рішень для корпоративних ІТ:

- Радикальне скорочення затримки. Затримка може становити всього 10 мікросекунд для віддаленого доступу до сховища, тоді як у застарілій мережі зберігання даних вона вимірюється мілісекундами. Це 100-кратне покращення для критичних робочих навантажень.
- Масовий паралелізм. Кожне з'єднання підтримує 65 535 черг з 65 535

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Традиційному Fibre Channel бракує ефективної структури команд NVMe. Навіть використовуючи одну й ту саму фізичну мережу, системи можуть мати суттєво різну продуктивність з NVMe-oF.

Масиви SAS/SATA досягають межі приблизно 100-200 тисяч IOPS. Кластери NVMe-oF забезпечують мільйони IOPS.

Міркування та проблеми розгортання

Незважаючи на всі переваги управління конфігурацією, успішне розгортання вимагає ретельного планування.

Ваша мережа повинна підтримувати передачу даних без втрат для протоколів RDMA. Комутатори потребують належного керування буфером та потоком. Сумісність драйверів та прошивок різних постачальників залишається складною, тому перед розгортанням у робочому середовищі ретельно протестуйте їх, порівнюючи веб- та хмарні рішення. Крім того, конфігурації з кількома шляхами потребують особливої уваги до NVMe.

Крім того, моделі безпеки відрізняються від традиційних мереж SAN, а варіанти шифрування під час роботи залежать від транспортного засобу. Тому важливо дотримуватися всіх застосовних правил кібербезпеки IT-інфраструктури та заздалегідь планувати стратегію автентифікації та шифрування.

3.2 Розробка структурної схеми

У середовищі Fibre Channel технологія NVMe-oF підтримує протокол зв'язку NVMe-oF на FC-SAN (мережі зберігання даних Fibre Channel) з використанням існуючих мережевих пристроїв Fibre Channel.

Щоб налаштувати систему, що складається з хоста та системи зберігання даних, використовуючи протокол зв'язку NVMe-oF, зареєструйте логічний том системи зберігання даних як простір імен у підсистемі NVM, а потім налаштуйте маршрут вводу/виводу даних від хоста до логічного тому.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

операції під час виконання операції вводу-виводу або монтування тома призведе до відключення системи зберігання даних та хоста:

- Увімкнення безпеки простору імен.

– Перш ніж виконувати наступні операції, переконайтеся, що хост не виконує операції вводу-виводу та що не змонтовано жодних томів:

- Видалення простору імен
- Видалення шляху доступу (шляху простору імен хоста) між NQN

хоста та простором імен

- Видалення порту підсистеми NVM
- Зміна швидкості передачі даних для порту Fibre Channel
- Зміна налаштування перемикача тканини
- Зміна топології
- Зміна режиму хоста
- Видалення групи хостів

– Перш ніж змінювати режим роботи порту, переконайтеся, що на порту каналу не виконуються такі операції:

- Додавання віддаленого шляху
- Додавання зовнішнього шляху
- Налаштування з'єднання між системою зберігання даних і сервером,

zareєстрованим у Storage Advisor Embedded

– Встановіть глибину черги хоста таким чином, щоб кількість множинних виконань команд становила 1024 або менше для кожного порту каналу. Значення вище 1024 може призвести до значного зниження продуктивності хоста, а потім до збою, такого як переривання завдання.

Налаштування NVMe через FC для хоста та системи зберігання даних

Щоб використовувати NVMe-oF як протокол зв'язку між хостами та системами зберігання даних, необхідно вказати певні параметри.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Рекомендації щодо керування підсистемою NVM як ресурсом керування сховищем

NVMe-oF вимагає реєстрації підсистеми NVM, яка не використовується у звичайних FC та iSCSI, як ресурсу керування сховищем. Ви несете відповідальність за створення груп ресурсів та розподіл ресурсів відповідно до операцій підсистеми NVM, таких як спільне використання або виключне використання підсистеми NVM користувачем або відділом сховища.

Дотримуйтесь цих інструкцій щодо керування підсистемою NVM як ресурсом сховища:

– Щоб включити підсистему NVM до групи ресурсів користувача, вкажіть ідентифікатор підсистеми NVM, який є номером керування підсистемою NVM у системі зберігання даних. Якщо ідентифікатор підсистеми NVM не переміщено до жодної групи ресурсів, підсистема NVM доступна як ресурс, призначений мета-ресурсом за замовчуванням.

– Щоб перенести ресурси, що використовуються для NVMe-oF, скористайтеся командою Command Control Interface `raidcom add resource`.

У наступному прикладі перенесено ідентифікатор 1 підсистеми NVM до групи ресурсів. `sql_srv`.

```
# raidcom додати ресурс -resource_name sql_srv -nvm_subsystem_id 1
```

Щоб отримати додаткові відомості про те, як виконати команду Command Control Interface та вказати опцію, див. Посібник користувача та довідник з Command Control Interface та Довідник з команд Command Control Interface.

– Віртуальні сховища не підтримують протокол NVMe-oF. Ресурси, що використовуються для NVMe-oF, не можна перемістити до групи ресурсів, для якої встановлено віртуальний ідентифікатор як віртуальне сховище.

Налаштування порту Fibre Channel, з яким взаємодіє підсистема NVM

Ви можете налаштувати порт Fibre Channel, з яким зв'язується підсистема NVM:

1. Перевірте розрив з'єднання між хостом та портом цільового каналу.
2. Встановіть режим роботи порту на режим NVMe.
3. Встановіть топологію та швидкість каналу порту.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема системи зображена на рисунку 3.2. З рисунку видно, що розроблена система складається з наступних блоків:

- Робота з ресурсами мережі розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- Робота з сесіями.
- Функції для роботи з мережею розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- Моніторинг трафіку розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- Робота з файлами.
- Монітор з'єднань.
- Статистика подій.

Розглянемо детальніше кожний з блоків.

Робота з ресурсами мережі розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics включає в себе:

- Визначення доступних ресурсів розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- Закриття локального ресурсу розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- Відкриття локального ресурсу розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- Приховання й показ ресурсів розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Система відображає наявні у мережі розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics ресурси у вигляді дерева. Пошук ресурсів розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics можна здійснювати по заданим умовам: локальні чи глобальні ресурси; всі ресурси,

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

тільки файли, чи тільки принтери, тощо.

Можна додавати до загальних ресурсів мережі розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics свої власні, а також закривати їх потім.

Робота з сесіями включає в себе:

- Одержання списку поточних сесій.
- Завершення сесій.

Програма дозволяє переглянути список відкритих сесій, що включає в себе: назву сесії, користувача, що її розпочав, номер сесії, час роботи та час очікування.

Моніторинг трафіку розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics включає в себе:

- Визначення підключених інтерфейсів.
- Визначення вхідного та вихідного трафіку розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Розроблена система відображає всі інтерфейси приєднані до комп'ютера, на якому запущена програма, їх MAC-адреси та вхідний і вихідний трафік на кожному з них.

Робота з файлами включає в себе:

- Одержання списку відкритих файлів.
- Закриття відкритого файлу.

Можна переглянути, які з Ваших файлів, що Ви відкрили для загального доступу, переглядають по мережі розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics. Програма відобразить список файлів та користувачів, які їх переглядають. Також можна відкрити чи закрити файл.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- UDP-протокол.
- IP-протокол.
- ICMP-протокол.

Статистика ведеться по цілому ряду параметрів. Наприклад для TCP-протоколу фіксується: Тип алгоритму повторної передачі, мінімальний тайм-аут, максимальний тайм-аут, максимальна кількість помилок з'єднання, активні з'єднання, пасивні з'єднання, невдалі спроби відкриття, скидання встановлених з'єднань, отримані сегменти, надіслані сегменти, повторно передані сегменти, помилки тощо.

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-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

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-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

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.

Було використано наступні підходи UML: Діаграма об'єктів; Діаграма розгортання.

Діаграма об'єктів в UML це діаграма, що відображає об'єкти та їх зв'язки в певний момент часу.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Діаграма об'єктів може розглядатись як окремий випадок діаграми класів, на якій можуть бути представлені як класи, так і екземпляри (об'єкти) класів. Схожою за змістом є діаграма взаємодії (collaboration diagram).

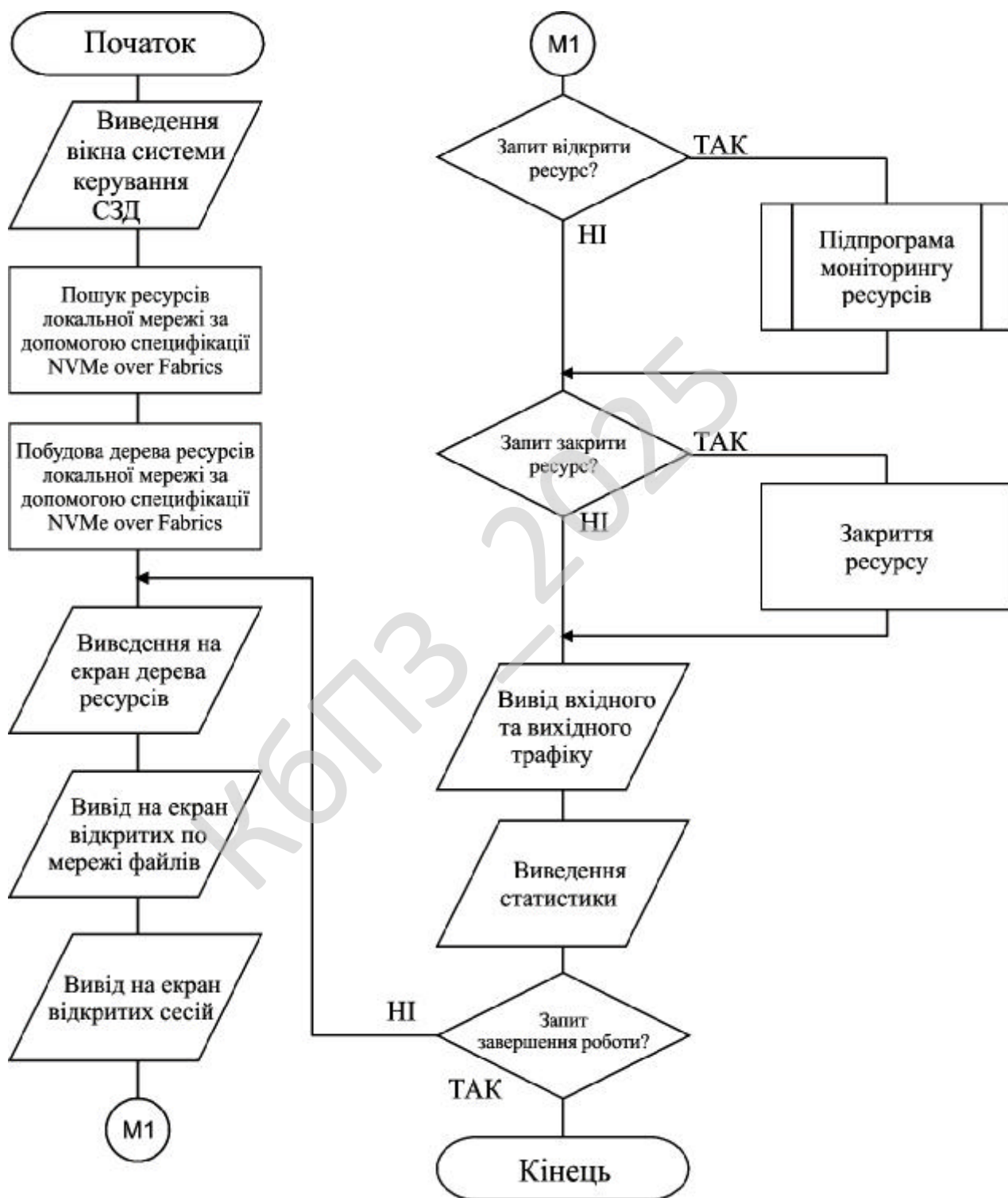


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

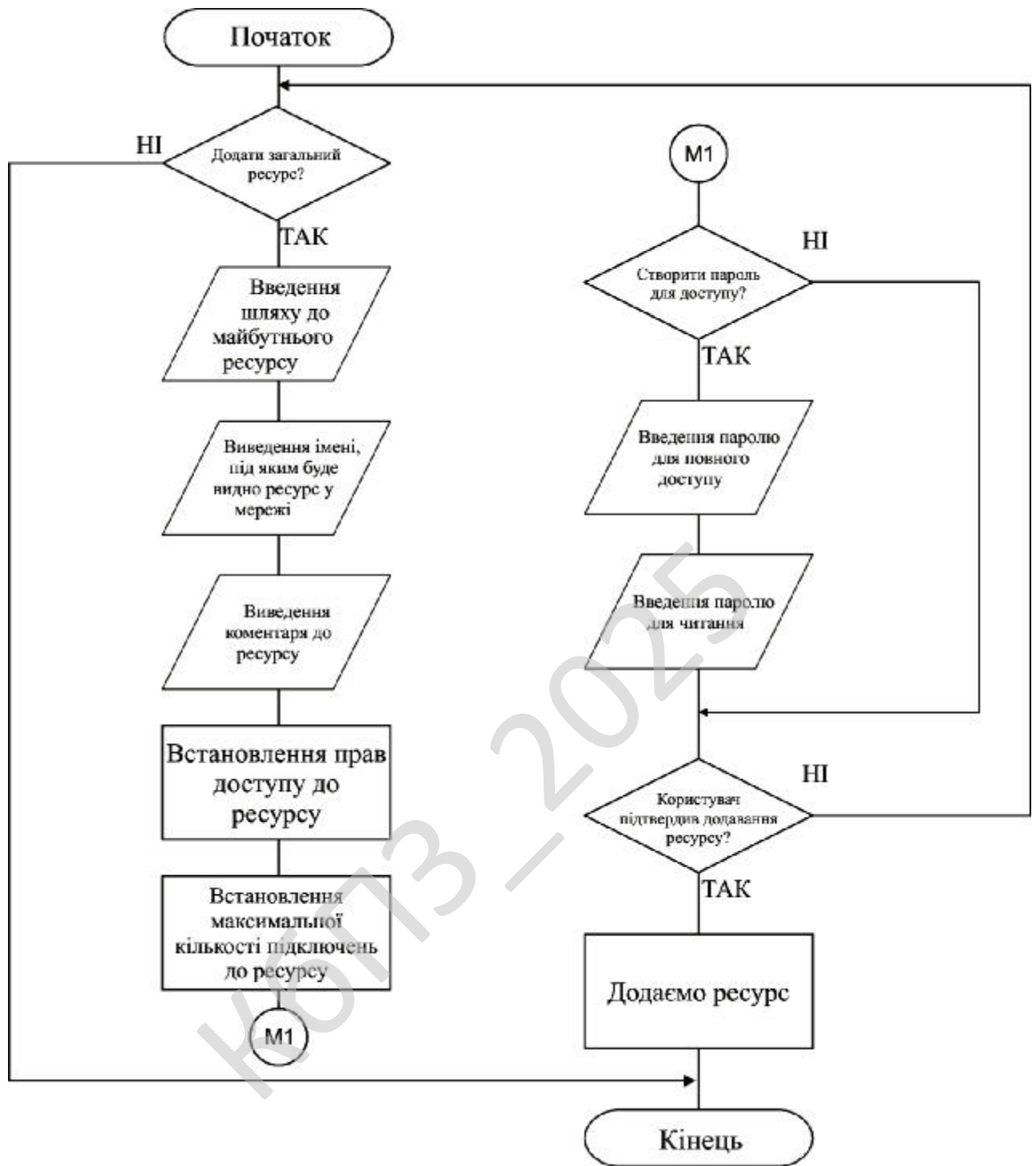


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Діаграми об'єктів не мають власної нотації. Оскільки діаграми класів можуть відображати об'єкти, то діаграма класів, на якій відображено лише об'єкти, та не відображено класи, може вважатись діаграмою об'єктів.

Діаграма об'єктів відображає об'єкти та зв'язки в певний момент роботи програми. Об'єкти можуть містити інформацію про власні значення а не про описання.

Для відображення загальних шаблонів об'єктів та зв'язків, що можуть багаторазово створюватись під час роботи програми, слід використовувати діаграму взаємодії, яка може відображати характеристики об'єктів та зв'язків. Екземпляр діаграми взаємодії створює діаграму об'єктів.

Діаграма об'єктів не відображає еволюцію системи під час роботи. Натомість, слід використовувати діаграми взаємодії з повідомленнями, або діаграми послідовності.

Діаграма розгортання (deployment diagram) це діаграма в UML, на якій відображаються обчислювальні вузли під час роботи програми, компоненти, та об'єкти, що виконуються на цих вузлах. Компоненти відповідають представленню робочих екземплярів одиниць коду. Компоненти, що не мають представлення під час роботи програми на таких діаграмах не відображаються; натомість, їх можна відобразити на діаграмах компонент. Діаграма розгортання відображає робочі екземпляри компонент, а діаграма компонент, натомість, відображає зв'язки між типами компонент.

Архітектура клієнт-сервер є одним із архітектурних шаблонів програмного забезпечення та є домінуючою концепцією у створенні розподілених мережних програм і передбачає взаємодію та обмін даними між ними. Вона передбачає такі основні компоненти:

- набір серверів, які надають інформацію або інші послуги програмам, які звертаються до них;
- набір клієнтів, які використовують сервіси, що надаються серверами;
- мережа, яка забезпечує взаємодію між клієнтами та серверами.

Сервери є незалежними один від одного. Клієнти також функціонують паралельно і незалежно один від одного. Немає жорсткої прив'язки клієнтів до серверів. Більш ніж типовою є ситуація, коли один сервер одночасно обробляє

запити від різних клієнтів; з іншого боку, клієнт може звертатися то до одного сервера, то до іншого. Клієнти мають знати про доступні сервери, але можуть не мати жодного уявлення про існування інших клієнтів.

Дуже важливо ясно уявляти, хто або що розглядається як «клієнт». Можна говорити про клієнтський комп'ютер, з якого відбувається звернення до інших комп'ютерів. Можна говорити про клієнтське та серверне програмне забезпечення. Нарешті, можна говорити про людей, які бажають за допомогою відповідного програмного та апаратного забезпечення отримати доступ до тієї чи іншої інформації.

Загальноприйнятим є положення, що клієнти та сервери – це перш за все програмні модулі. Найчастіше вони знаходяться на різних комп'ютерах, але бувають ситуації, коли обидві програми – і клієнтська, і серверна, фізично розміщуються на одній машині; в такій ситуації сервер часто називається локальним.

Модель клієнт-серверної взаємодії визначається перш за все розподілом обов'язків між клієнтом та сервером. Логічно можна відокремити три рівні операцій:

- рівень представлення даних, який по суті являє собою інтерфейс користувача і відповідає за представлення даних користувачеві і введення від нього керуючих команд;
- прикладний рівень, який реалізує основну логіку ПЗ і на якому здійснюється необхідна обробка інформації;
- рівень управління даними, який забезпечує зберігання даних та доступ до них.

Дворівнева клієнт-серверна архітектура передбачає взаємодію двох програмних модулів – клієнтського та серверного. В залежності від того, як між ними розподіляються наведені вище функції, розрізняють:

– модель тонкого клієнта, в рамках якої вся логіка ПЗ та управління даними зосереджена на сервері. Клієнтська програма забезпечує тільки функції рівня представлення;

– модель товстого клієнта, в якій сервер тільки керує даними, а обробка інформації та інтерфейс користувача зосереджені на стороні клієнта.

Товстими клієнтами часто також називають пристрої з обмеженою потужністю: кишенькові комп'ютери, мобільні телефони та ін.

Типовим прикладом клієнт-серверної взаємодії є WWW. Існує величезна кількість веб-серверів, на яких розміщується та чи інша інформація. У найпростішому випадку ця інформація являє собою набір веб-сторінок, які можуть зберігатися на сервері у вигляді файлів, розмічених за допомогою мови розмітки HTML. Але ситуація, як правило, є складнішою; значна частина веб-ресурсів на сучасному етапі є динамічними, тобто вони не існують в заздалегідь підготовленому вигляді, а створюються безпосередньо в процесі обробки запиту від користувача.

Для того, щоб людина, яка працює в Інтернеті, могла переглянути ту чи іншу сторінку, на її комп'ютері повинно бути встановлено відповідне програмне забезпечення. Програми для перегляду веб-сторінок називаються браузерями.

Але, крім браузерів, до серверів можуть звертатися і інші клієнти, а саме – автономні програми. Вони можуть передбачати взаємодію з людиною, а можуть працювати в цілком автоматичному режимі. Типовим класом таких програм є роботи, призначені для автоматичного перегляду веб-ресурсів. Зокрема, роботи є важливим елементом пошукових систем і використовуються ними для перегляду сторінок і збору інформації про них.

Для запиту до веб-сервера клієнтська програма повинна задати місцезнаходження комп'ютера, на якому розміщується серверна програма, назву потрібного документа і, можливо, інші дані, які специфікують запит. Мережа забезпечує знаходження сервера і передачу йому клієнтського запиту. Серверні програми обробляють цей запит, відповідь пересилається по мережі клієнтові.

Трирівнева клієнт-серверна архітектура, яка почала розвиватися з середини 90-х років, передбачає відділення прикладного рівня від управління даними. Відокремлюється окремий програмний рівень, на якому зосереджується прикладна логіка ПЗ. Програми проміжного рівня можуть функціонувати під управлінням спеціальних серверів ПЗ, але запуск таких програм може здійснюватися і під управлінням звичайного веб-сервера. Нарешті, управління даними здійснюється сервером даних.

Для роботи з системою користувач використовує стандартне програмне забезпечення –звичайний браузер. Це позбавляє його необхідності завантажувати та інсталювати спеціальні програми (хоча інколи така необхідність все-таки виникає).

Але користувачеві слід надати в розпорядженні інтерфейс, який дозволяв би йому взаємодіяти з системою і формувати запити до неї. Форми, що визначають цей інтерфейс, розміщуються на веб-сторінках та завантажуються разом з ними.

Веб-оглядач формує запит та пересилає його до сервера, який здійснює обробку. При необхідності сервер викликає серверні програмні модулі, які забезпечують обробку запиту і в разі потреби звертаються до сервера даних. Сервер даних здійснює операції з даними, що зберігаються в системі та складають її інформаційну основу. Зокрема, він може здійснити вибірку з інформаційної бази відповідно до запиту та передати її модулю проміжного рівня для подальшої обробки. Дані, з якими працює сервер даних, найчастіше організовані як реляційна база даних.

Найчастіше веб-сервер і серверні модулі проміжного рівня розміщуються на одному комп'ютері, хоч і являють собою окремі і логічно незалежні програмні модулі.

На сучасному етапі для програмування модулів проміжного рівня використовується мова серверних сценаріїв PHP, а для управління даними – СУБД MySQL. Таким чином, зв'язку PHP-MySQL слід розглядати як стандартний

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

інструмент для створення порівняно простих інтерактивних веб-сайтів та систем електронної комерції; близько 90% комерційних систем сьогодні створюється саме на цій основі. Водночас як засоби управління даними, так і middleware-засоби можуть бути найрізноманітнішими. Так, для створення серверних програм, крім PHP, широко застосовуються Java, Perl, Python, Delphi.

Взагалі, технології створення розподілених, зокрема веб-програм, стрімко розвиваються. Слід згадати про технології EJB (Enterprise Java Beans), CORBA, а також про .NET – порівняно нову ініціативу компанії Microsoft. Для зберігання даних та їх передачі часто використовується так звана розширювана мова розмітки XML (Extensible Markup Language).

Розширювана мова розмітки (Extensible Markup Language, скорочено XML) – запропонований консорціумом World Wide Web Consortium (W3C) стандарт побудови мов розмітки ієрархічно структурованих даних для обміну між різними застосунками, зокрема, через Інтернет. Є спрощеною підмножиною мови розмітки SGML.

XML-документ складається із текстових знаків, і придатний до читання людиною. Стандарт XML (Recommendation, перше видання від 10 лютого 1998, останнє, четверте видання 29 вересня 2006) визначає набір базових лексичних та синтаксичних правил для побудови мови описання інформації шляхом застосування простих тегів.

Цей формат достатньо гнучкий для того, аби бути придатним для застосування в різних галузях. Іншими словами, запропонований стандарт визначає метамову, на основі якої шляхом запровадження обмежень на структуру та зміст документів визначаються специфічні, предметно-орієнтовані мови розмітки даних. Ці обмеження описуються мовами схем (Schema), такими як XML Schema (XSD), DTD або RELAX NG. Прикладами мов, заснованих на XML, є: XSLT, XAML, XUL, RSS, MathML, GraphML, XHTML, SVG, а також XML Schema.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Основні поняття. Коректність.

Коректний документ (well-formed document) відповідає всім синтаксичним правилам XML. Документ, що не є коректним, не може називатись XML-документом.

Сумісний синтаксичний аналізатор (Conforming parser) не повинен обробляти такі документи.

Зокрема, коректний XML-документ має:

1. Лише один елемент у корені.
2. Непорожні елементи розмічено початковим та кінцевим тегами (наприклад, <пункт> Пункт 1</пункт>). Порожні елементи можуть позначатися «закритим» тегом, наприклад <IAmEmpty />. Така пара еквівалентна <IAmEmpty></IAmEmpty>.

3. Один елемент не може мати декілька атрибутів з однаковою назвою. Значення атрибутів перебувають або в одинарних ('), або у подвійних (") лапках.

4. Теги можуть бути вкладені, але не можуть перекриватись. Кожен некореневий елемент мусить повністю перебувати в іншому елементі.

5. Документ має складатися тільки з правильно закодованих дозволених символів Юнікоду. Єдиними кодуваннями, які обов'язково має розуміти XML-процесор, є UTF-16 та UTF-8. Фактичне та задеклароване кодування (character encoding) документа мають збігатись. Кодування може бути задекларовано ззовні, як у заголовку «Content-Type» при передачі по протоколу HTTP, або в самому документі використанням явної розмітки на самому початку документа. У разі відсутності інформації про кодування, документ має бути в кодуванні UTF-8 (або його підмножині ASCII).

Валідність

Документ називається валідним (valid), якщо він є коректним, містить посилання на граматичні правила та повністю відповідає обмеженням, вказаним у цих правилах (DTD або XML Schema або іншому подібному документі).

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

</revision>
</page>
</mediawiki>

Фізична структура

Сутності (Entity). Головною сутністю є зміст документа. Інші можливі сутності вказуються за допомогою. Посилання на сутності (&назва; в самому документі, та, наприклад %назва; у визначені його типу) можуть слугувати в ролі позначень спеціальних символів, посилань на спеціальні символи або окремих документів чи фрагментів тексту.

XML-декларація, в ній вказується версія XML, кодування та інша допоміжна інформація.

Декларація типу документа може застосовуватись для того, аби додавати нові типи сутностей та визначати логічну структуру документа.

Логічна структура

XML-документ має ієрархічну логічну структуру, і може представлятись у вигляді дерева. Вузлами цього дерева можуть бути: елементи, фізична структура яких складається із коректної пари відкриваючого та закриваючого тегів (<Назва-тега>) та (</Назва-тега>), або тега порожнього елемента (<Назва-тега />).

Атрибути, що мають вигляд пар ключ-значення (назва атрибута="значення атрибута") і знаходяться або у відкриваючому, або у порожньому тезі (подібно до метаданих).

Вказівки щодо обробки документа (Processing Instruction) (<?Обробник параметр ?>).

Коментарі (<!-- Текст коментаря -->).

Текст, або у вигляді простого тексту, або фрагментів CDATA (<![CDATA[довільний текст]]>).

XML-документ повинен мати лише один кореневий елемент. Решта елементів є піделементами цього кореневого елемента. Деякі веб-браузери здатні безпосередньо відображати XML-документи. Це може досягатись шляхом застосування таблиці стилів (Stylesheet). Вказані у таблиці стилів операції можуть

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

призводити до перетворення XML-документа в інший, відмінний від XML формат.

Коректність XML-документів

Залишивши назви, дозволена ієрархію, та значення елементів і атрибутів відкритою та можливою бути визначеною в спеціалізованих схемах або визначеннях типу документа (DTD).

XML утворює синтаксичну основу для створення спеціалізованих, заснованих на XML мовах розмітки даних.

Загальний синтаксис таких документів стабільний і наперед визначений – документи мають відповідати базовим вимогам XML, гарантуючи те, що довільне програмне забезпечення з підтримкою XML буде здатне щонайменше зчитати і відтворити відносну структуру інформації, що міститься в них.

Схема лише доповнює синтаксичні правила множиною обмежень. Зазвичай схеми обмежують назви елементів та атрибутів, дозволені типи значень і допустиму ієрархію елементів, наприклад, дозволяючи лише елементу з назвою «народження» містити під-елемент з назвою «місяць» та з назвою «день», і кожен із них мусить містити лише літери. Обмеження, вказані в схемі, можуть також включати присвоєння певних типів даних для впливу на те, як обробляється інформація; наприклад, дані елемента «місяць» можна визначити як такі, що містять лише місяць, як це визначено відповідно до використаної мови схем.

Коректний XML-документ, що відповідає обмеженням схеми або DTD, називається валідним.

DTD (Document Type Definition). Найдавнішим форматом схем для XML є успадкований від SGML формат визначення типу документа (Document Type Definition, DTD). У той час, як через включення до стандарту XML 1.0 DTD став поширеним форматом схем, він має такі обмеження:

1. Відсутність нових можливостей XML, із найважливішою з посеред них простори назв.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

2. Брак виразності. Деякі формальні аспекти XML-документів неможливо відобразити в DTD.

3. Використовується спеціалізований, заснований не на XML синтаксис для опису схем.

DTD все ще використовується в багатьох програмах, оскільки він вважається найпростішим форматом для аналізу та збереження.

XML Schema. На заміну DTD було розроблено нову мову схем – XML Schema (буквально – XML-схема), скорочено позначається як XSD (від XML Schema Definition). XSD набагато потужніші за DTD в описанні заснованих на XML мов. Вони використовують багатий набір типів даних, підтримують детальніші обмеження на структуру документів, та повинні оброблятися складнішими системами. XSD побудовано на основі XML, що робить можливим використання звичайних інструментів XML для їхньої обробки, хоча реалізації XSD вимагають набагато більше ніж просто можливість читати XML.

Серед недоліків XSD називають такі:

1. Специфікація дуже велика, що робить її складною для розуміння та реалізації.

2. Оснований на XML синтаксис додає надмірності мові, що ускладнює читання та запис XSD.

3. Валідація відносно схеми може бути дорогим додатком до синтаксичного аналізу XML-документів.

4. Можливості моделювання дуже обмежені, без можливості впливу значень атрибутів на вміст елементів.

5. Модель отримання типів даних є дуже обмеженою, зокрема в тому, що отримання шляхом розширення є рідко коли корисним.

6. Механізми ключа/посилання на ключ/унікальності не враховують тип даних.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

7. Концепція PSVI (Post Schema Validation Infoset) не має стандартного представлення або прикладного програмного інтерфейса, що працює проти незалежності від реалізації, якщо не виконується повторна валідація.

RELAX NG є іншою поширеною мовою схем для XML. Вперше RELAX NG було визначено стандартом OASIS, а тепер – міжнародним стандартом ISO (як частина DSDL). Ця мова схем має два формати: оснований на XML, та компактний, не-XML. Компактний синтаксис призначений для покращення можливості читання та написання схем, однак, оскільки існує точно визначений спосіб перетворення компактного формату в оснований на XML, і навпаки, не втрачаються переваги від використання стандартних XML-інструментів. RELAX NG має простіші системи для визначення та валідації у порівнянні з XML Schema, що робить її привабливішою для використання та реалізації. Також існує можливість використання модулів роботи з типом даних; наприклад, автор схеми RELAX NG може вказати, що значення XML-документа мають відповідати визначенням типам даних у форматі XML Schema Datatypes.

ISO DSDL та інші мови схем

Стандарт ISO DSDL (Document Schema Description Languages, мови описання схем документів) об'єднує широке коло малих мов схем, кожна із яких призначена для розв'язання окремих проблем.

До DSDL належить RELAX NG із повним та компактним синтаксисом, мова припущень Schematron, та мови для визначення типів даних, обмежень на літери, перейменування та розкривання мнемонік, та основане на просторах назв перенаправлення фрагментів документів у різні валідатори.

Мови DSDL все ще не мають підтримки як у XML Schema, і є, певною мірою, реакцією видавців на брак можливостей XML Schema для видавничої справи.

Деякі мови схем не тільки описують структуру певного формату XML-документів, а ще і мають обмежені можливості впливу на обробку документів цього формату. Як DTD, так і XSD мають цю можливість; наприклад, вони

можуть визначати значення для атрибутів «за замовченням». Натомість, як RELAX NG так і Schematron таких можливостей не мають.

Обробка XML-документів

До XML-обробки відносяться форматування, синтаксичний аналіз, редагування, перевірка коректності і перетворення в інші формати.

До традиційних технологій обробки XML-документів належать такі три технології:

1. Написання програм на мові програмування із використанням API SAX.
2. Написання програм на мові програмування із використанням API DOM.
3. Застосування механізму перетворення та фільтра.

До новіших технологій, що почали здобувати поширення останнім часом належать: Активний аналіз. Зв'язування даних.

Простий API для XML (SAX)

Простий програмний інтерфейс для XML (Simple API for XML, SAX) є основаним на подіях інтерфейсом лексичного аналізу. Відповідно до цієї моделі, документ аналізується послідовно, а вміст документа передається на обробники подій аналізатора користувача. SAX є порівняно швидким та легким для реалізації проте складним з точки зору задачі отримання інформації із різних частин XML-документів, оскільки розробник аналізатора мусить дбати про відстеження поточної частини документа. Запропонований SAX підхід краще підходить до ситуацій, коли певний тип інформації завжди обробляється однаково, попри те, в якій частині документа вона знаходиться.

Об'єктна модель документа (DOM)

Об'єктна модель документа (Document Object Model, DOM) є програмним інтерфейсом, який дозволяє здійснювати обхід цілого документа так, наче він є деревом, вузлами якого є об'єкти, що відтворюють зміст документа. Документ DOM може створюватись синтаксичним аналізатором або користувачами (з деякими обмеженнями).

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Типи даних вузлів DOM-дерев є абстрактними; реалізації мають власні, специфічні для мов програмування типи даних. Реалізації DOM мають тенденцію до інтенсивного використання пам'яті, оскільки зазвичай перед початком роботи документ має бути повністю завантажений, оброблений та перетворений на дерево об'єктів.

Перетворення документів

Extensible Stylesheet Language фільтр в родині XSL може перетворювати XML-документи на інші XML-документи, для перегляду на екрані або друку.

XSL-FO є декларативною, заснованою на XML мовою для макетування сторінок. XSL-FO процесор може перетворювати XSL-FO документ в інший, не заснований на XML формат, такий як PDF.

XSLT є декларативною, основою на XML мовою описання перетворення документів. XSLT-процесор може використовувати XSLT-стиль в ролі інструкції для перетворення дерева даних, представленого одним XML-документом на інше дерево, що може потім бути серіалізоване в XML, HTML, простий текст, або інший, підтримуваний процесором, формат.

XQuery є розробленою консорціумом W3C мовою для написання запитів, створення та перетворення XML-даних.

XPath є подібною до DOM моделлю дерева та мовою описання шляхів для вибору даних в XML-документах. XSL-FO, XSLT та XQuery використовують XPath. XPath також містить бібліотеку додаткових функцій.

Активний аналіз

З точки зору активного аналізу (Pull parsing) XML-документ розглядається як послідовність елементів, які зчитуються послідовно, використовуючи шаблон проектування ітератор.

Такий підхід дозволяє створення рекурсивних аналізаторів, у яких структура коду відображає структуру аналізованих XML-документів, проміжні результати аналізу можуть бути використані і розміщені у вигляді локальних

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

змінних в підпрограмах, що виконують аналіз, передані як параметри до підпрограм нижчого рівня або повернені до підпрограм вищого рівня.

До прикладів активних аналізаторів належать StAX у мові програмування Java, SimpleXML у PHP та System.Xml.XmlReader у .NET.

Активний аналізатор створює ітератор, що послідовно обходить різні елементи, атрибути та дані в XML-документі.

Код, що використовує цей «ітератор», може перевіряти поточний елемент (аби дізнатись, наприклад, чи є цей елемент стартовим, кінцевим або текстовим), та дізнаватись про його атрибути (локальна назва, простір назв, значення XML-атрибутів, зміст тексту тощо) і може пересунути ітератор на наступний елемент. Таким чином, код аналізатора може зчитувати інформацію із документа під час обходу.

Підхід рекурсивного спуску сприяє зберіганню даних у вигляді типізованих локальних змінних в коді аналізатора, в той час як SAX, наприклад, зазвичай вимагає, аби аналізатор явно зберігав проміжні дані в стеку елементів, що є вищими елементами від того, який зараз аналізується. Код активного аналізатора може бути більш прямолінійним та зрозумілим і простішим для підтримки, аніж код SAX аналізатора.

Зв'язування даних

Іншим підходом до обробки XML-документів є зв'язування даних (Data binding). Відповідно до цього підходу, XML-дані доступні у вигляді спеціальних, строго типізованих структур даних.

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Захист розробленого програмного забезпечення буде відбуватися за допомогою RC6 – симетричний блоковий криптографічний алгоритм, похідний від алгоритму RC5. Був створений Роном Рівестом, Меттом Робшау і Реєм Сіднеєм для задоволення вимог конкурсу Advanced Encryption Standard (AES).

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Алгоритм був одним з п'яти фіналістів конкурсу, був також представлений NESSIE і CRYPTREC. Є власницьким (пропріетарним) алгоритмом, і запатентований RSA Security, однак дія патентів сплила, і зараз алгоритм знаходиться у відкритому доступі. В той же час, "RC6" залишається зареєстрованою торговою маркою RSA.

Варіант шифру RC6, заявлений на конкурс AES, підтримує блоки довжиною 128 біт і ключі довжиною 128, 192 і 256 біт, але сам алгоритм, як і RC5, може бути налаштований для підтримки більш широкого діапазону довжин як блоків, так і ключів (від 0 до 2040 біт)^[1]. RC6 дуже схожий на RC5 за своєю структурою і також досить простий у реалізації.

Є фіналістом AES, проте одна з примітивних операцій – операція множення, повільно виконується на певному обладнанні і ускладнює реалізацію шифру на ряді апаратних платформ і, що виявилось сюрпризом для авторів, на системах з архітектурою Intel IA-64 також реалізована досить погано. В даному випадку алгоритм втрачає одну зі своїх ключових переваг – високу швидкість виконання, що стало причиною для критики і однією з перепон для обрання як нового стандарту.

Деталі RC6

Так само, як і RC5, RC6 – повністю параметризована сім'я алгоритмів шифрування. Для специфікації алгоритму з конкретними параметрами, прийнято позначення RC6-w/r/b, де

- W – довжина машинного слова в бітах.
- R – число раундів.
- B – довжина ключа в байтах. Можливі значення 0 .. 255 байт.

Для того щоб відповідати вимогам AES, блочний шифр повинен працювати з 128-бітовими блоками. Так як RC5 – виключно швидкий блочний шифр, розширення його, щоб працювати з 128-бітовими блоками, привело б до використання двох 64-бітових робочих регістрів. Але архітектура і мови програмування ще не підтримують 64-бітні операції, тому довелося змінити

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку зображено розроблене у магістерській дипломній роботі програмне забезпечення системи керування розподіленої СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Функціональних кнопок ПЗ: Відкрити ресурс; Закрити ресурс; Додати ресурс.
- Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.
- Розділу обрання групи обробки мережних даних.
- Розділу виведення результату роботи системи.

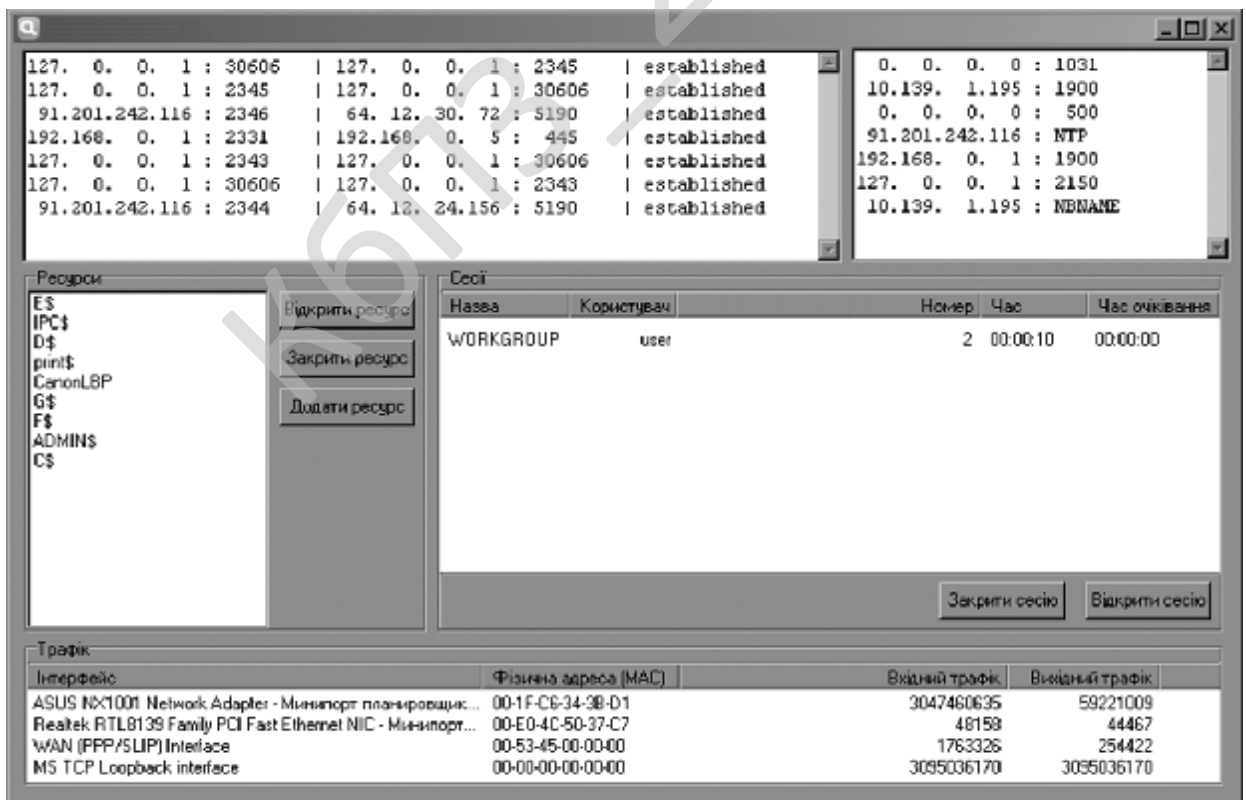


Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

Областю застосування є система зберігання даних (СЗД). Система зберігання інформації – основа успішного бізнесу:

– Сервери для зберігання даних – забезпечення інформаційної безпеки Вашого бізнесу, завдяки високому рівню конфіденційності, централізації даних, резервному копіюванню даних і т.д.

– Завдяки сучасним системам зберігання даних, збільшується швидкість обробки інформації, а також пошук необхідних даних у величезних інформаційних і дискових масивах.

– Ви завжди можете бути впевнені, що вся інформація, поза залежністю обсягу, буде повністю записана й надійно збережена на сервері для зберігання даних.

– Ви ніколи більше не зштовхнетеся із проблемою втрати важливої інформації.

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.

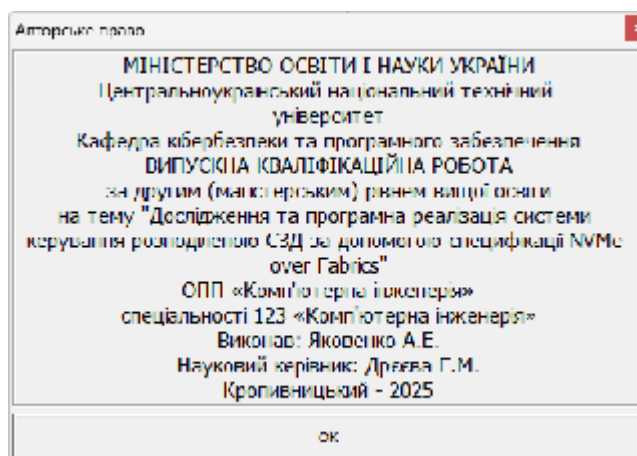


Рисунок 5.2 – Авторське право

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

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

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

процедур. Таким чином, розроблене ІТ рішення автоматично стає життєво важливим і затребуваним для організації, а також буде забезпечена публічність процесу впровадження;

– 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 ІТ 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.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Обрано умови розповсюдження – commercial software.

Програмне забезпечення, створене комерційною організацією з метою отримання прибутку від його використання іншими, наприклад, шляхом продажу копій.

Найважливішою особливістю комерційних програмних продуктів є підтримка великих компаній, прямо зацікавлених у поширенні програм. Багато організацій надають виключно платну підтримку своїх продуктів, такий підхід, як правило, використовують організації надають відкриті вихідні коди. Для продуктів, що розповсюджуються на комерційній основі діють зазвичай безкоштовні служби підтримки, покликані збільшити рівень довіри у клієнтів і потенційних покупців.

Далеко не завжди, але як правило терміни критично важливих змін в комерційних продуктах значно менше, ніж у некомерційних проектів. Це пов'язано з тим, що над комерційним продуктом працюють цілі групи розробників і ця робота є їх основним заняттям. Розробникам-початківцям як правило доводиться шукати додаткові способи заробітку, і це збільшує час, що витрачається на доповнення і зміни програм. Так як основним рушійним фактором створення комерційного ПЗ є одержання прибутку, то комерційні програмні продукти першими заповнюють вільні ніші та пропонують варіанти вирішення завдань відразу по мірі виявлення вакууму в будь-якому секторі ринку.

Окремий вид комерційних програм, коли їх розробка оплачується безпосередньо замовником. Такі програми найчастіше позбавлені всіх переваг комерційних продуктів, оскільки мають обмежений бюджет, але більш адаптовані до вимог замовника, ніж аналоги.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Об'єктом дослідження є процес керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Предметом дослідження є методи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

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 керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

– Розроблено вітчизняний продукт керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ

7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту

Результати цього дослідження можуть бути цікавими передусім підприємствам, які працюють із великими обсягами даних і потребують високошвидкісного доступу до них – це банки, хмарні провайдери, телекомунікаційні оператори, науково-дослідні центри, дата-центри та компанії, що займаються штучним інтелектом чи аналітикою великих даних. Для них впровадження NVMe over Fabrics відкриває можливості значного прискорення роботи сервісів, зменшення затримок у передачі інформації й підвищення ефективності використання серверних ресурсів.

Також розробка є цінною для компаній, які мають децентралізовану інфраструктуру з багатьма філіями або віддаленими сховищами даних. Завдяки NVMe-oF вони можуть об'єднати ресурси в єдину логічну систему, зберігаючи високу швидкість обміну між вузлами. Це особливо важливо для організацій, які прагнуть перейти до концепції програмно-визначених сховищ (Software Defined Storage).

Крім того, результати цієї роботи можуть бути використані у навчальних закладах технічного профілю, де студенти вивчають сучасні технології зберігання та передачі даних. Це не лише теоретичний матеріал, а й практична база для підготовки фахівців у сфері ІТ-інфраструктури. Такі системи також можуть зацікавити державні установи, що працюють із критичними даними, оскільки NVMe-oF забезпечує високу надійність і захист інформації.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок

Для оцінки привабливості цієї системи доцільно використати метод експертного оцінювання, у якому залучаються фахівці з IT-інфраструктури, мережевого адміністрування, кібербезпеки та фінансового менеджменту. Їм пропонується оцінити проєкт за кількома критеріями: швидкість доступу до даних, масштабованість системи, сумісність з існуючими рішеннями, рівень складності впровадження, вартість обслуговування та очікувана економічна ефективність.

Як приклад, експерти можуть дати середні оцінки за шкалою від 1 до 10. Якщо за швидкість і продуктивність система отримує 9 балів, за масштабованість – 8,5, за сумісність – 8, за рівень витрат – 7,5, а за потенційну економічну вигоду – 9, це свідчить про високий рівень інноваційності й практичну доцільність розробки. Середнє зважене значення у цьому випадку може становити близько 8,4 бала, що класифікує проєкт як високопривабливий для впровадження.

Такий підхід дає змогу визначити, наскільки система є конкурентною на ринку та чи виправдані витрати на її розгортання. Результати експертного аналізу також можуть бути використані для подальшого вдосконалення продукту – наприклад, для оптимізації витрат чи підвищення зручності адміністрування.

7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ

Для оцінки вартості найкраще застосувати метод сукупної вартості володіння (TCO – Total Cost of Ownership), який враховує всі етапи життєвого циклу системи – від закупівлі обладнання та ліцензій до обслуговування, модернізації та енергоспоживання. Цей метод дозволяє об'єктивно оцінити реальні фінансові витрати, не обмежуючись лише початковими інвестиціями.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Також варто розглянути порівняльний метод (Benchmarking), який полягає у співставленні вартості впровадження NVMe-oF із традиційними рішеннями на базі SAS або SATA. Завдяки цьому можна визначити, наскільки інноваційна технологія вигідна в довгостроковій перспективі. Наприклад, навіть якщо початкові витрати на NVMe-oF більші, зниження експлуатаційних витрат і підвищення продуктивності дозволяють окупили інвестиції вже через 2–3 роки.

У деяких випадках доцільно використовувати також метод дисконтованих грошових потоків (DCF), щоб оцінити майбутні вигоди від підвищення ефективності з урахуванням вартості грошей у часі. Це допоможе обґрунтувати економічну доцільність проєкту перед інвесторами або керівництвом компанії.

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

Підприємство експлуатує центр обробки даних (ЦОД), де використовується традиційна система зберігання на базі SAS/SATA SSD і протоколів iSCSI. Існуюча інфраструктура має обмежену пропускну здатність і високі затримки при обробці великих обсягів даних. Через це знижується швидкість роботи бізнес-додатків, ускладнюється масштабування та резервування інформації.

Для підвищення ефективності ухвалено рішення впровадити розподілену СЗД із використанням NVMe over Fabrics, що забезпечує передачу даних із мінімальними затримками через високошвидкісні канали (Ethernet/RDMA, Fibre Channel, InfiniBand). Такий підхід дозволяє централізовано керувати сховищами, оптимізувати використання ресурсів, підвищити продуктивність і скоротити витрати на обслуговування. Вхідні дані зафіксовано в таблиці 7.1.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	До впровадження	Після впровадження	Економічний ефект
Середня швидкість доступу до даних	550 MB/s	3500 MB/s	+2950 MB/s
Затримка при зверненні до блоку даних	2,5 мс	0,2 мс	-2,3 мс
Витрати на обслуговування СЗД (грн/рік)	720 000	300 000	-420 000
Енергоспоживання обладнання (грн/рік)	180 000	90 000	-90 000
Витрати на придбання та інтеграцію	—	2 000 000	—
Зростання ефективності роботи ІТ-додатків (економія часу персоналу, грн/рік)	—	+350 000	+350 000

Розрахунок економічного ефекту демонструє наступне: економія на обслуговуванні системи – 420 000 грн/рік, економія електроенергії – 90 000 грн/рік, підвищення продуктивності персоналу (економія робочого часу за рахунок пришвидшення обробки запитів становить 350 000 грн/рік (еквівалент

скорочення 0,5 штатної одиниці адміністратора + прискорення бізнес-процесів), загальний річний економічний ефект (860 000 грн/рік), чистий економічний ефект – 710 000 грн/рік, термін окупності \approx 2,8 роки, рентабельність інвестицій – 35,5 %.

Додаткові нефінансові переваги: зменшення затримок (latency) у 10–12 разів забезпечує стабільну роботу баз даних і віртуалізованих середовищ, гнучке масштабування: можна легко додавати нові вузли зберігання без зупинки системи, підвищення надійності: завдяки архітектурі NVMe-oF зникає «вузьке місце» в комунікаціях між серверами та сховищами, проста інтеграція: сумісність із існуючими Ethernet/Fibre Channel інфраструктурами знижує витрати на модернізацію, підготовка до подальшої автоматизації: NVMe-oF відкриває можливість упровадження програмно-визначених сховищ (Software-Defined Storage).

Крім фінансової вигоди, впровадження системи дає довгострокові стратегічні переваги – підвищення надійності IT-інфраструктури, скорочення простоїв, покращення масштабованості й готовності до роботи з великими обсягами даних у майбутньому. Це робить інвестицію в NVMe-oF економічно доцільною та технологічно виправданою для сучасних компаній, які прагнуть до цифрової ефективності..

7.5 Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ

Просування такого проєкту варто починати з інформаційної кампанії, спрямованої на технічних директорів, IT-архітекторів і керівників дата-центрів, які приймають рішення про інвестиції в інфраструктуру. На цьому етапі головне – пояснити практичну цінність NVMe-oF: зменшення затримок, підвищення швидкості обробки запитів і оптимізацію витрат на масштабування сховищ.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Наступним кроком є розробка демонстраційної версії або пілотного проекту, який показує реальні результати – наприклад, скорочення часу доступу до даних у п’ять-десять разів. Така демонстрація часто є найпереконливішим інструментом для потенційних клієнтів, адже вона наочно підтверджує технічні переваги.

Далі необхідно вибудувати партнерські зв’язки з інтеграторами ІТ-рішень, постачальниками серверного обладнання та виробниками систем зберігання. Їхня участь допоможе просунути продукт на ринок швидше, адже вони вже мають клієнтську базу й довіру з боку корпоративного сектору. На завершення можна провести серію галузевих вебінарів або презентацій на ІТ-форумах, щоб підвищити впізнаваність і залучити нових замовників.

7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ

Оптимізація збуту цієї системи має ґрунтуватися на поєднанні прямих продажів і партнерських програм. Важливо створити мережу реселерів і інтеграторів, які зможуть пропонувати систему як частину комплексного рішення для модернізації ЦОД. Це зменшує витрати на маркетинг і дозволяє вийти на ринок швидше.

Додатково варто створити модель ліцензування з можливістю гнучкої адаптації під різні потреби клієнтів – наприклад, ліцензії на кількість вузлів або обсяг сховища. Це зробить продукт доступним для компаній різного масштабу – від малого бізнесу до великих корпорацій.

Окрему увагу слід приділити створенню навчальної бази для технічних спеціалістів, які впроваджуватимуть систему. Чим краще вони розумітимуть її переваги й принципи роботи, тим ефективніше зможуть її просувати клієнтам.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

7.7 Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту

Успіх цього проєкту визначається кількома взаємопов'язаними чинниками. Перш за все – це висока технологічна ефективність рішення, що забезпечує реальне зростання продуктивності та зниження затримок у доступі до даних. Якщо система демонструє очевидні переваги перед традиційними рішеннями, це формує довіру та бажання клієнтів інвестувати.

Другий фактор – стабільність і надійність роботи. Будь-яка система зберігання даних повинна гарантувати цілісність і безпеку інформації, тому важливо продемонструвати, що NVMe-oF відповідає цим вимогам.

Третій аспект – економічна доцільність. Якщо проєкт має чітко розрахований термін окупності (2–3 роки) і доведений економічний ефект, його впровадження сприймається не як експеримент, а як стратегічна інвестиція.

І, нарешті, важливою умовою є професійна підтримка користувачів – навчання персоналу, технічний супровід, оновлення програмного забезпечення. Усе це створює довгострокову лояльність клієнтів і забезпечує сталий розвиток рішення на ринку.

					VKPM-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

8.1 Вступ

Охорона здоров'я працівників, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму повинна складати одну з головних завдань роботодавця.

Основою охорони праці є науковий аналіз умов праці, технологічних процесів, виробничого обладнання, робочих місць, трудових операцій, організації виробництва з метою виявлення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, їх властивостей, особливостей впливу на організм людини. На підставі такого аналізу розробляються заходи та засоби, спрямовані на мінімізацію несприятливого впливу виробничих факторів, створення безпечних та нешкідливих умов праці.

Для того, щоб об'єктивно проаналізувати відповідність умов праці діючим нормативно-правовим актам, необхідно здійснити санітарно-гігієнічну характеристику умов праці відділу, в якому працює програміст, над розробкою даного програмного продукту.

В зв'язку з цим необхідно сконцентрувати увагу на небезпечних і шкідливих чинниках пов'язаних з постійною роботою за комп'ютером.

Електробезпека є одним із критичних питань для співробітників, що працюють із технікою, яка одержує живлення з електричної мережі. При невиконанні норм електробезпеки можлива поразка електричним струмом.

8.2 Пожежна безпека

Вимоги до пожежної безпеки на підприємстві неухильно повинен дотримуватися кожен співробітник, а організаційна складова при цьому

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

покладається на посадових осіб за відповідним рішенням керівництва і прописується в посадових інструкціях і положеннях по структурним підрозділам.

Зокрема, вказуються конкретні території, ділянки, зони, об'єкти, цілі будівлі і їх частини, поверхи, на яких відповідального співробітника повинне проводити такі організаційні роботи.

Відповідальні особи зобов'язуються розробити, впровадити та підтримувати в певному інструкцією і положенням на ввірених їм об'єктах протипожежний режим і інструкції відповідно до вимог, викладених в нормативних актах.

Передбачено також створення підрозділу добровільної пожежної охорони та пожежно-рятувальної команди в його складі.

Встановлений режим включає порядки з описом місць спеціального призначення та правила їх користування та утримання, наприклад:

- евакуаційних шляхів;
- так званих «курилок»;
- місць складування продукції та сировини;
- стоянки транспорту.

Також встановлюється порядок роботи та технічного обслуговування:

- вентиляційного устаткування;
- засобів пожежогасіння і захисту від загорянь;
- нагрівальних приладів;
- електрообладнання.

Розробляються і впроваджуються правила роботи з відкритим вогнем і горючими матеріалами. Створюються графіки проходження інструктажів з пожежної безпеки співробітників, а також порядок і терміни перевірок знань пожежно-технічного мінімуму, в тому числі, тих працівників, які відповідальні за цю ділянку роботи на підприємстві. При цьому можуть передбачатися внутрішні лекції, семінари, тренінги та практичні заняття на підприємстві, а також зовнішні – на базі спеціалізованих навчальних центрів з професійними

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

викладачами.

Важливою складовою протипожежного режиму на будь-якому об'єкті є розробка і впровадження порядку дій при виникненні пожежі. Неодмінно має бути план евакуації, описано, як повинні відключатися електроустановки, що і в якій послідовності необхідно робити співробітникам.

Відповідно, для кожного об'єкта, кожного приміщення (крім коридорів, санвузлів, басейнів і подібних приміщень), окремих видів робіт складаються інструкції, за якими повинен працювати персонал, залучений на певних ділянках і в виконанні окремих видів робіт. За інструкціями проводиться навчання (інструктаж) персоналу з подальшим контролем знань.

Детально про те, як розробити протипожежний режим, прописати порядки та інструкції, пояснюють на тематичних курсах і семінарах [4].

8.3 Аналіз умов праці програміста

Умови праці в приміщенні, в якому знаходиться робоче місце програміста є сприятливими. Приміщення обладнане автономною системою газового опалення, основною перевагою якого є програмування режиму роботи в залежності від погодних умов, оскільки клімат є нестійким. Використовується система природної та штучної вентиляції, що забезпечує ефективну циркуляцію повітря. В кабінеті знаходиться кондиціонер HYUNDAI ARN07HSSUAWF1/ARU07HSSUAWF1.

Засоби копіювальної техніки знаходяться на достатньо далекій відстані від робочих місць, оскільки приміщення складає 15 м², а у відділі налічується два працівники, тобто концентрація озону та оксиду азоту в повітрі є невисокою. Таким чином на кожного програміста приходиться 7,5 м² що відповідає нормам Державним санітарним правилам і нормам ДСанПіН 3.3.2.007-98 [2]. Висота стелі приміщення складає 2,9 метри, що також не порушує нормативні вимоги.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Прибиральники підтримують порядок в службових приміщеннях, дотримуються санітарно-гігієнічних норм по прибиранню приміщень, витирають пил, підмітають підлогу наприкінці кожного робочого дня.

В цілому потрібно відмітити застарілість офісної техніки та відсутність клавіатур з ергономічною розкладкою та рідкокристалічних моніторів, які здійснюють менш негативний вплив на стан здоров'я працівників відділу.

Оформлення інтер'єру приміщення є відповідає вимогам з ергономіки та стимулює працівників до підвищення працездатності та зниження втоми. Стеля білого кольору створює оптичний ефект збільшення висоти приміщення, підлога пофарбована коричневим кольором, а стіни – у жовтий. Перевагами даного кольору є створення відчуття теплоти, здатність привертати увагу без додаткової втоми.

Висота столу складає 72 см., до того ж його можна регулювати відповідно до власних потреб. Стіл має достатній внутрішній об'єм, завдяки ширині у 70 см. та висоті простору під столом – у 60 см., є достатньо важким для забезпечення стійкості. Крісла забезпечують фізіологічно раціональну позу, мають підлокітники, здатні обертатися та регулятор висоти, кута нахилу спинки й відстані спинки від краю сидіння.

В кабінеті створено оптимальні умови праці відносно температури, вологості приміщення та вентиляції.

Наприкінці аналізу небезпечних факторів праці побудуємо підсумкову таблицю 8.1.

Щодо вимог електробезпеки, то приміщення за безпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки (сухе, без пилу, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами і малим числом заземлених приладів).

Для запобігання враження електричним струмом в приміщенні відділу використовується ряд організаційно-технічних заходів: розташування проводів живлення поза зоною пересування людей; допуск до роботи електроприладів

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

тільки тих робітників, що знайомі із технікою безпеки; використання мережних подовжувачів з вбудованими запобіжниками на 0,1 А; при ремонті обладнання персонал попереджується.

Устаткування, що працює в приміщенні, живиться від мережі 220 В та частотою 50 Гц. Споживачами цієї напруги є також джерела штучного освітлення. Вони розташовуються на висоті 2,9 м., що задовольняє нормі, відповідно до якої джерела освітлення повинні розташовуватися на висоті не менше 2,5 м від підлоги.

Таблиця 8.1 – Підсумкова таблиця значень параметрів небезпечних факторів праці

Найменування параметра	Значення параметра		Нормативний документ	
	Фактичне	Нормоване		
Освітленість штучна, лк	300	300	ДБН.В 2.5-28:2018 [1]	
Значення КПО,%	1,0	1,1	ДБН.В 2.5-28:2018 [1]	
Повітрообмін, м /год	взимку	76	80	ДСН 3.3.6.042-99
	влітку	36	80	ДСН 3.3.6.042-99
Температура повітря. °С	взимку	22	21-25	ДСанПіН 3.3.2-007-98
	влітку	24	27-28	ДСанПіН 3.3.2-007-98 [2]
Відносна вологість,%	взимку	60	<75	ДСанПіН 3.3.2-007-98
	влітку	55	<60	ДСанПіН 3.3.2-007-98 [2]
Швидкість переміщення повітря, м/с	взимку	0,16	<0,2	ДСанПіН 3.3.2-007-98 [2]
	влітку	0,10	<0,2	ДСанПіН 3.3.2-007-98 [2]

Проводка схована. У якості розеток для підключення устаткування застосовуються розетки з заземленим кожухом, захищені від випадкового доторку до струмоведучих частин. Електроустаткування, що знаходиться в приміщенні відділу відноситься до установок напругою до 1000 В.

На робочому місці програміста з всього устаткування металевим є лише корпус системного блоку комп'ютера, але тут використовуються системні блоки, що відповідають стандартам фірми ІВМ, у яких крім робочої ізоляції передбачений елемент для заземлення і провід з жилою, що заземлює, для приєднання до джерела живлення.

Основні причини ураження людини електричним струмом на робочому місці:

– дотик до металевих неструмоведучих частин (корпусу, периферії комп'ютера), що можуть виявитися під напругою в результаті ушкодження ізоляції:

- нерегламентоване використання електричних приладів;
- відсутність інструктажу співробітників з правил електробезпеки.

На протязі роботи на корпусі комп'ютера накопичується статична електрика. На відстані 5-10 см від екрана напруженість електростатичного поля складає 60-280 кВ/м, тобто в 10 разів перевищує норму 20 кВ/м.

Отже, за результатами проведеного аналізу можна зробити висновки, що всі показники знаходяться у межах запропонованих значень.

8.4 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;

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

– 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'язковою наявністю масок-клапанів, або іншого спорядження для штучного дихання. Регулярна періодична перевірка параметрів заземлення та занулення (вимірювання опору ланцюга).

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 напрузі 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.

8.5 Розрахункова частина

Для захисного штучного заземлення будемо застосовувати вертикальні електроди з сталевого прокату круглого перерізу діаметром 35 мм., довжиною $L=1,5$ м., та горизонтальний електрод – металева полоса з перетином 35·4 мм. Напруга – 220/380 В. Розрахункова схема розташування заземлюючих електродів – по контуру (прямокутником). Розрахунок проводиться за допустимим опором розтіканню струму заземлювача.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

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 приміщення, призначеного для праці програмістів, проведено розгляд питань пожежної безпеки, небезпечних та шкідливих факторів, що негативно впливають на програмістів під час роботи.

Тільки повна усвідомленість працівника про можливі небезпеки, що можуть підстерігати його на робочому місці та дотримання вимог нормативних актів о питань охорони праці та відповідних рекомендацій фахівців, дозволять значною мірою знизити негативний вплив шкідливих та небезпечних факторів при роботі з комп'ютером на організм людини.

Виконано розрахунок захисного штучного заземлення, як одного з ключових факторів безпеки програміста.

КБПЗ - 2025

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, призначено для системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

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 керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- Досліджена система керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics.

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.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

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.

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 RC6.

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-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яковенко А.Е. Дослідження та програмна реалізація системи керування розподіленою СЗД за допомогою специфікації NVMe over Fabrics // Збірник праць молодих науковців ЦНТУ. – Вип. 15. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchey, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

8. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises».

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2023, 178, pp. 208–223.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

15. 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.

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

17. 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.

18. 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.

19. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko 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.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

31. 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.

32. 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.

33. 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

34. 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.

35. 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.

36. 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.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

37. 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.

38. 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.

39. 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.

40. 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).

41. 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

42. 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.

43. 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.

44. 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.

45. 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.

46. Смірнов О.А., Котелянець В.В. Стійкі до колізій стохастичні моделі функціонування безпроводових сенсорних мереж. Вісник інженерної академії України, №3, с. 145-152, 2018

47. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К., Дреєв А.М. Алгоритми формування безлічі маршрутів передачі метаданих у антивірусні хмарні системи. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". – Випуск 5 (142). – Х.: ХУПС – 2016. – С. 148-152.

48. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К., Дреєв О.М. Моделі системи нейромережових експертів безпечної маршрутизації у хмарних антивірусних системах. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". – Випуск 3 (140). – Х.: ХУПС – 2016. – С. 36-39.

49. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К., Дреєв А.М. Спосіб контролю ліній зв'язку телекомунікаційної системи антивірусу. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Випуск 2 (47). – Харків: ХУПС. – 2016. – С. 121-127.

50. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К. Метод безпечної маршрутизації метаданих у хмарні антивірусні системи. Системи озброєння та військова техніка. – Випуск 2 (46) – Х.: ХУПС – 2016. – С. 146-149.

51. Смірнов О.А., Кавун С.В., Доренський О.П., Вялкова В.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 151 с.

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

52. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Дреєв О.М. Мережні інформаційні технології. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 159 с.

53. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Доренський О.П., Дреєв О.М., Вялкова В.І. Комп'ютерні мережі. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 233 с.

54. Смірнов О.А., Стасєв Ю.В. Бараннік В.В. Захист інформації в автоматизованих системах управління. Навчальний посібник – Харків: ХУПС, 2015. – 264 с.

55. Смірнов О.А., Мелешко Є.В., Семенов С.Г. Методи та засоби обробки сигналів і даних в інформаційних системах. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2012. – 250 с.

56. Смірнов О.А., Євсєєв С.П., Жукарев В.Ю., Король О.Г., Сорокін В.Є., Мелешко Є.В. Технології і стандарти комп'ютерних мереж. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2012. – 454 с.

КБПЗ-2025

					ВКРМ-123.25.0069.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101