

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «ОПТИМІЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНОЮ
ІНФРАСТРУКТУРОЮ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА
НАДІЙНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ ТА ФАЙЛОВИХ
СИСТЕМ У ГІБРИДНОМУ ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ»**

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 126 Інформаційні системи та технології
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Інформаційні системи та технології
(назва)

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання
на відповідне джерело*

Едуард ВОВЧОК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ здобувача

_____ (підпис)

Виконав: Вовчок Едуард Анатолійович
здобувач вищої освіти
група ІСДМ-61

Керівник: Олег СЕНЬКОВ
*науковий ступінь,
вчене звання* к. т. н., доцент

Рецензент: _____ Едуард ВОВЧОК
*науковий ступінь,
вчене звання* Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Київ 2023

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Інженерії програмного забезпечення автоматизованих систем

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІІЗАС

_____ Каміла СТОРЧАК
« _____ » _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

_____ **Вовчок Едуард Анатолійович**

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Оптимізація та управління розподіленою інфраструктурою для підвищення продуктивності та надійності використання віртуалізації та файлових систем у гібридному хмарному середовищі.

керівник кваліфікаційної роботи Олег СЕНЬКОВ к. т. н., доцент

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету

інформаційно-комунікаційних технологій від «19» 10.2023р. №145

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «29» грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: науково-технічна література, технічна документація розподіленої інфраструктури, вимоги до використання файлових систем у гібридному хмарному середовищі.

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

Дослідження принципу віртуалізації систем у гібридних хмарних середовищах

Аналіз можливості застосування оптимізації віртуальної інфраструктури

Практичне впровадження управління розподіленою інфраструктурою

5. Перелік графічного матеріалу: *презентація*

1. Використання розподілених інфраструктур
2. Технічні аспекти віртуалізації файлових систем
3. Проблеми управління розподіленою файловою інфраструктурою в гібридному хмарному середовищі
4. Практичне впровадження управління розподіленою інфраструктурою

6. Дата видачі завдання «19» жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1 | Аналіз наявної науково-технічної літератури | 19.10-05.11.23 | |
| 2 | Вивчення теоретичних основ роботи гібридного хмарного середовища | 05.11-12.11.23 | |
| 3 | Дослідження технічних аспектів використання віртуалізації та файлових систем у гібридному хмарному середовищі | 13.11-18.11.23 | |
| 4 | Аналіз проблем сучасного впровадження управління розподіленою інфраструктурою | 19.11-23.11.23 | |
| 5 | Огляд практичного впровадження управління розподіленою інфраструктурою у гібридному хмарному середовищі | 24.11-03.12.23 | |
| 6 | Аналіз шляхів оптимізації управління розподіленою інфраструктурою | 04.12-10.12.23 | |
| 7 | Оформлення роботи: вступ, висновки, реферат | 11.12-20.12.23 | |
| 8 | Розробка демонстраційних матеріалів | 21.12-29.12.23 | |

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Едуард ВОВЧОК

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Олег СЕНЬКОВ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: 73 стор., 31 рис., 31 джерел.

Мета роботи – визначення оптимальних підходів до управління віртуалізованою інфраструктурою та файловими системами, з використанням хмарних технологій з метою оптимізації ефективності, забезпечення безпеки та підвищення надійності в гібридному хмарному середовищі.

Об'єкт дослідження – є розподілена інфраструктура в гібридному хмарному середовищі, включаючи віртуалізовані системи, файлові системи, а також інструменти та стратегії управління, що використовуються для оптимізації продуктивності та надійності використання цієї інфраструктури.

Предмет дослідження – оптимізація та управління розподіленою інфраструктурою в гібридному хмарному середовищі з метою підвищення продуктивності та надійності використання віртуалізації та файлових систем.

Короткий зміст роботи: У роботі досліджено принципи роботи розподільної інфраструктури, технології віртуалізації, робота файлових систем. Проаналізовано переваги та недоліки існуючої гібридної інфраструктури. Вивчено оптимізацію та практичне впровадження управління розподіленою інфраструктурою у гібридному хмарному середовищі

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГІБРИДНА РОЗПОДІЛЕНА ІНФРАСТРУКТУРА, ВІРТУАЛІЗАЦІЯ , ХМАРНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, OPENSTACK.

ABSTRACT

The text part of the qualifying work for obtaining a master's degree: 73 pages, 31 figures, 31 sources.

Purpose - to determine the optimal approaches to managing virtualized infrastructure and file systems using cloud technologies in order to optimize efficiency, ensure security and improve reliability in a hybrid cloud environment.

The object of research is the distributed infrastructure in a hybrid cloud environment, including virtualized systems, file systems, as well as management tools and strategies used to optimize the performance and reliability of this infrastructure.

The subject of this research is the optimization and management of distributed infrastructure in a hybrid cloud environment in order to improve the performance and reliability of virtualization and file systems usage.

Summary of work: In this paper, we learned the principles of distributed infrastructure, virtualization technologies, and file systems. We analyzed the advantages and disadvantages of the existing hybrid infrastructure. We investigated the optimization and practical implementation of distributed infrastructure management in a hybrid cloud environment.

KEYWORDS: HYBRID DISTRIBUTED INFRASTRUCTURE, VIRTUALIZATION, CLOUD ENVIRONMENT, OPENSTACK.

ЗМІСТ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ВСТУП..... | 8 |
| 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ВІРТУАЛІЗАЦІЇ..... | 11 |
| 1.1. Основні принципи розподіленої інфраструктури..... | 11 |
| 1.2. Технології віртуалізації..... | 16 |
| 1.3.Застосування технологій віртуалізації у гібридних хмарних середовищах..... | 19 |
| 1.4.Роль файлових систем у гібридному хмарному середовищі..... | 27 |
| 2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ В ГІБРИДНОМУ ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ..... | 30 |
| 2.1. Виклики та проблеми розподіленої інфраструктури в хмарному середовищі..... | 30 |
| 2.2. Управління віртуалізацією у гібридному хмарному середовищі..... | 38 |
| 2.3. Розвиток файлових систем для використання в хмарних обчисленнях..... | 44 |
| 3. ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ У ГІБРИДНОМУ ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ..... | 49 |
| 3.1. Методи оптимізації використання віртуалізації..... | 49 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2. Управління файловими системами для забезпечення надійності та продуктивності..... | 54 |
| 3.3. Експериментальне впровадження та результати..... | 61 |
| ВИСНОВКИ..... | 68 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... | 69 |
| ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація)..... | 73 |

ВСТУП

Актуальність теми: тема оптимізації та управління розподіленою інфраструктурою з метою підвищення продуктивності та надійності використання віртуалізації та файлових систем у гібридному хмарному середовищі вкрай актуальна в сучасній галузі ІТ-технологій. Ця проблематика виникає з декількох важливих причин.

По-перше, зростаючий обсяг даних та вимоги до їхньої ефективної обробки належать до основних викликів, що потребують постійного удосконалення систем для забезпечення їхньої надійності, масштабованості та продуктивності. Інфраструктура, заснована на віртуалізації та гібридних хмарних середовищах, стала стратегічним інструментом для розвитку та оптимізації цих систем.

По-друге, управління великими обсягами даних та їхнє зберігання вимагають високоефективних та надійних файлових систем. Підвищення продуктивності та надійності цих систем є надзвичайно важливим для безперервності бізнес-процесів.

По-третє, гібридні хмарні середовища дають можливість інтегруватися та взаємодіяти з різними технологіями та платформами, викликаючи потребу у забезпеченні сумісності, безпеки та ефективного використання ресурсів.

Ця тема має великий потенціал для розробки нових стратегій оптимізації, які можуть сприяти підвищенню продуктивності, безпеки та надійності інфраструктури у гібридних хмарних середовищах, відповідаючи актуальним вимогам галузі інформаційних технологій.

Мета дослідження визначення оптимальних підходів до управління віртуалізованою інфраструктурою та файловими системами, з використанням хмарних технологій з метою оптимізації ефективності, забезпечення безпеки та підвищення надійності в гібридному хмарному

середовищі. У результаті дослідження буде розроблено рекомендації та стратегії, спрямовані на підвищення продуктивності використання віртуалізації та файлових систем у сучасних гібридних хмарних середовищах. Також буде встановлено оптимальні практики управління розподіленою інфраструктурою з метою досягнення високої надійності та продуктивності систем.

Завдання дослідження включають:

- Аналіз існуючих стратегій управління.
- Оцінка продуктивності та надійності.
- Розробка оптимальних підходів;
- Виявлення сильних та слабких сторін;
- Розробка рекомендацій;
- Тестування та експерименти;
- Аналіз впровадження;
- Формулювання оптимальних практик.

Об'єктом дослідження є розподілена інфраструктура в гібридному хмарному середовищі, включаючи віртуалізовані системи, файлові системи, а також інструменти та стратегії управління, що використовуються для оптимізації продуктивності та надійності використання цієї інфраструктури.

Предметом дослідження є оптимізація та управління розподіленою інфраструктурою в гібридному хмарному середовищі з метою підвищення продуктивності та надійності використання віртуалізації та файлових систем.

Для досягнення мети використовуватимуться такі *методи дослідження*:

- Аналіз літератури;
- Емпіричні дослідження;
- Анкетування та інтерв'ю;
- Моделювання;
- Експерименти з реальними даними.

Апробація результатів магістерської роботи: Вовчок Е.А. «Оптимізація та управління розподіленою інфраструктурою для підвищення продуктивності та надійності використання віртуалізації та файлових систем у гібридному хмарному середовищі». Тези доповіді на Всеукраїнській Науково-технічній конференції «Технологічні горизонти: дослідження та застосування інформаційних технологій для технологічного прогресу України і Світу». – Київ, 28 листопада 2023 р.

Публікації: стаття у Зв'язку (чекаємо на публікацію)

Науковою новизною є розробка інноваційної системи оптимізації та управління розподіленою інфраструктурою з метою підвищення продуктивності та надійності використання віртуалізації та файлових систем у гібридному хмарному середовищі. Практична значущість даного дослідження полягає в можливості впровадження системи для оптимізації ресурсів та ефективного управління віртуалізованими та розподіленими обчислювальними ресурсами у хмарних середовищах. Цей дослід виявляється у вдосконаленні підходів до індивідуалізації управління ресурсами та розвитку інноваційних рішень для підвищення ефективності використання технологій в гібридних хмарних системах.

1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ВІРТУАЛІЗАЦІЇ

1.1 Основні принципи розподіленої інфраструктури

Основні принципи розподілених інфраструктур:

1. Розподілені системи:

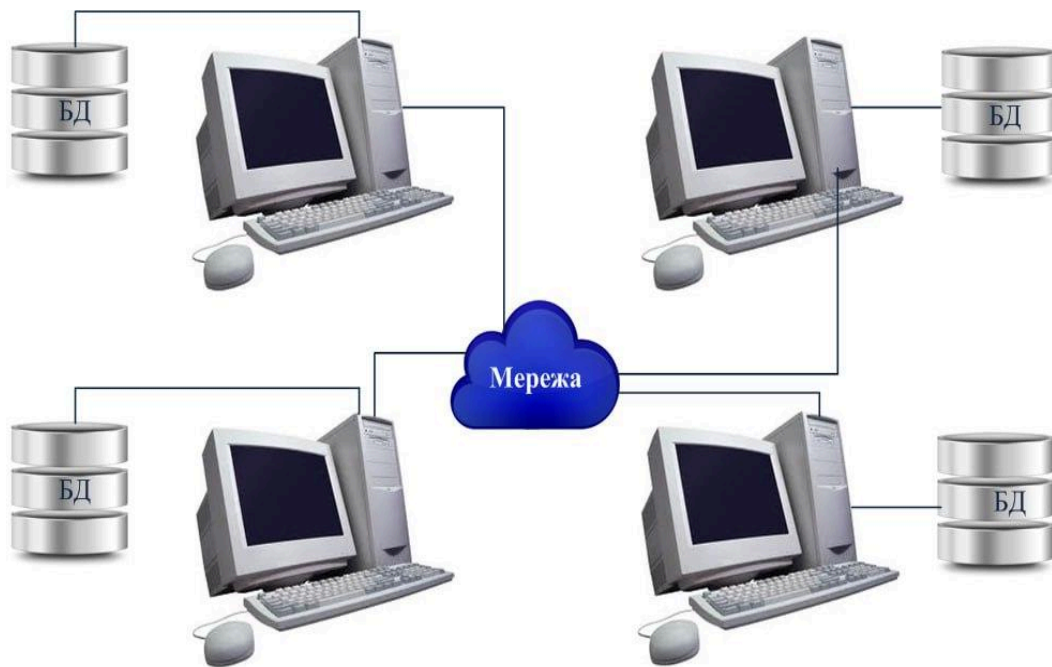


Рис. 1.1 Розподілені системи [1]

Розподілені системи ґрунтуються на концепції, що різні компоненти або елементи системи можуть функціонувати на віддалених фізичних або логічних вузлах мережі та взаємодіяти через комунікаційну мережу. Основна ідея полягає в тому, що елементи системи розташовані на різних вузлах, уникати централізованого розміщення, що робить систему більш розширювальною, надійною та ефективною. Цей принцип забезпечує високу масштабованість і надійність, дозволяючи системі адаптуватися до змін у навантаженні та уникати єдиних точок відмов.

Основні принципи розподілених систем включають:

- розподілені ресурси: різні ресурси, такі як обчислювальна потужність, пам'ять, бази даних і файли, можуть бути розподілені між різними вузлами мережі. Це дозволяє оптимізувати використання ресурсів та забезпечує більшу ефективність системи.
- Прозорість: користувачі та програми можуть сприймати розподілену систему як єдиний цілісний об'єкт, незалежно від того, де фізично розташовані її складові. Це створює враження єдності та спрощує взаємодію для кінцевих користувачів.
- Взаємодія: різні компоненти системи можуть обмінюватися інформацією та взаємодіяти через мережу. Це забезпечує спільну роботу елементів системи для досягнення спільних цілей.
- Надійність: розподілені системи можуть бути більш надійними завдяки використанню резервних елементів та механізмів відновлення, що дозволяє зменшити вплив можливих відмов.
- Шкальованість: можливість легко розширювати функціональність та продуктивність системи шляхом додавання нових ресурсів або вузлів мережі. Це сприяє пристосуванню системи до зростання обсягу роботи.
- Безпека: урахування питань безпеки важливе для розподілених систем, оскільки вони працюють в відкритих мережесередовищах. Застосування відповідних заходів забезпечує захист від можливих загроз безпеки.

2. Відкритість та стандартизація:

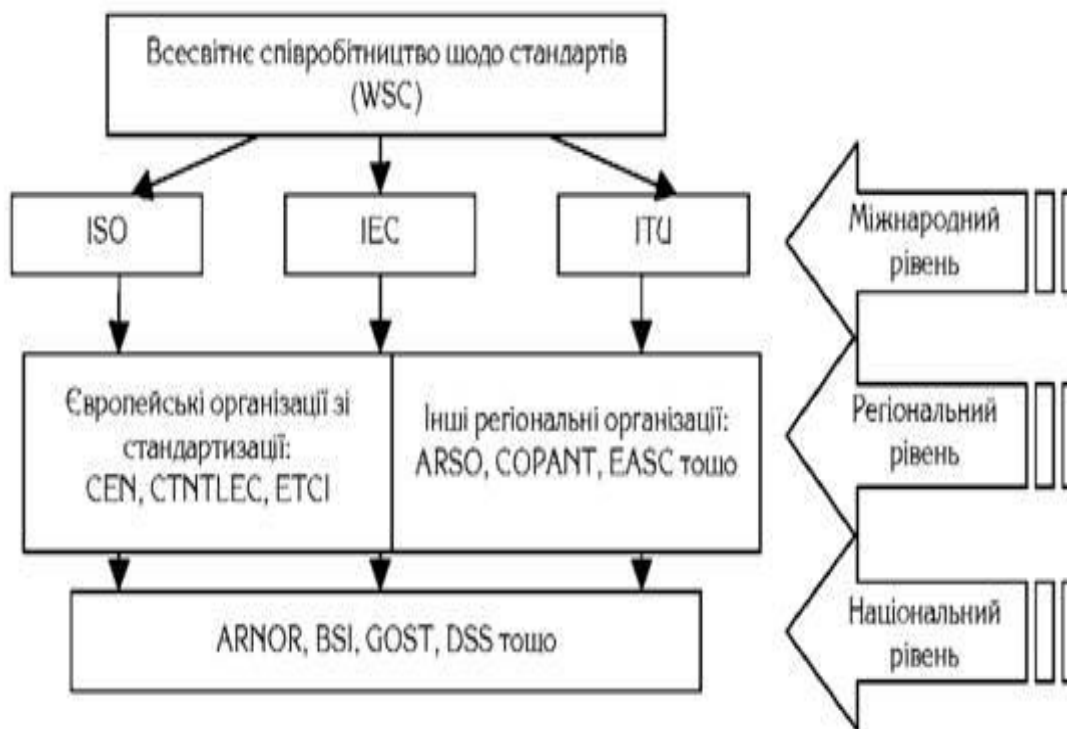


Рис. 1.2 Всесвітнє виробництво щодо стандартів WSC [2]

Використання відкритих стандартів грає важливу роль у сприянні взаємодії та взаємної сумісності між різноманітними системами. Використання цих стандартів дозволяє забезпечити єдність та спільну мову для різноманітних технологічних рішень, що, в свою чергу, сприяє створенню відкритого середовища, де різні системи можуть ефективно співпрацювати.

Застосування відкритих стандартів сприяє легкому обміну даними між різними системами, забезпечуючи при цьому зручний та надійний обмін інформацією. Крім того, використання відкритих стандартів дозволяє системам взаємодіяти з різноманітними ресурсами, навіть якщо вони розроблені різними виробниками чи для різних технологічних платформ.

Стандартизація грає ключову роль у вдосконаленні процесів розробки та підтримки систем, дозволяючи ефективно керувати різноманітністю технологій та забезпечувати стабільність в інтеграції нових функцій та розширень.

Таким чином, використання відкритих стандартів є необхідним елементом для поліпшення взаємодії та взаємної сумісності систем, сприяючи створенню згуртованої та ефективної інформаційної інфраструктури.

3. Масштабованість:

Масштабованість є ключовим аспектом функціонування систем та визначає їхню здатність ефективно адаптуватися до збільшення чи зменшення навантаження. Цей принцип стає особливо важливим у контексті розподілених систем, де різні компоненти можуть оптимально масштабуватися для забезпечення ефективності та надійності.

Застосування масштабованості гарантує еластичність та гнучкість інфраструктури, що дозволяє системі ефективно враховувати зміни в робочих умовах. Вона може збільшувати свою потужність для обробки великого обсягу даних під час пікових навантажень та зменшувати її в періоди меншого навантаження, оптимізуючи тим самим використання ресурсів та забезпечуючи ефективну роботу системи в різних умовах.

Масштабованість є важливим елементом для створення гнучких та ефективних систем, зокрема в контексті розподілених та хмарних обчислень, де можливість масштабування ресурсів є критичною для забезпечення високої продуктивності та відповіді на змінні умови використання.

4. Надійність та доступність:

Розподілена інфраструктура спроектована так, щоб система могла продовжувати свою роботу, навіть якщо деякі компоненти відмовлять чи зазнають технічних проблем. Це забезпечує неперервну функціональність та запобігає загальній відмові системи через випадкові проблеми.

Система розподіленої інфраструктури забезпечує безперервний доступ до своїх сервісів, навіть у випадку відмов чи технічних неполадок. Це досягається шляхом розподілення ризиків і створення запасних резервів, що гарантує надійність та доступність системи для кінцевих користувачів.

Системи можуть використовувати механізми резервування та дублювання, щоб уникнути відмов в разі випадкових проблем. Це включає в себе використання дублікатів компонентів, які можуть призначитися для роботи в разі відмови основних елементів.

Розподілена інфраструктура розподіляє ризики та завдання між різними елементами системи, що підвищує надійність в цілому. Цей підхід дозволяє системі залишатися операційною навіть у складних умовах.

Отже, надійність та доступність у розподілених системах забезпечують стабільну роботу та неперервність обслуговування, навіть у випадку технічних труднощів чи відмов окремих компонентів.

5. Безпека:

Безпека в розподілених системах означає гарантування захисту інформації та ресурсів у цьому специфічному контексті. Вона включає в себе заходи для управління доступом, забезпечення конфіденційності та цілісності даних, а також захист від несанкціонованого доступу.

Забезпечення ефективного контролю за правами доступу до розподілених ресурсів, включаючи ідентифікацію та автентифікацію користувачів для забезпечення авторизованого використання системи. Захист від несанкціонованого доступу до конфіденційної інформації шляхом застосування методів шифрування та інших засобів

6. Автоматизація та управління:

Використання автоматизації в розподілених системах спрямоване на ефективне управління та моніторинг інфраструктури для забезпечення найвищої продуктивності. Це включає автоматичне налаштування та оптимізацію ресурсів, швидке реагування на зміни, а також використання аналітики для прийняття стратегічних рішень. Автоматизація також відіграє ключову роль у підтримці стійкості та ефективності системи в реальному часі.

1.2 Технології віртуалізації

Застосування технологій віртуалізації у гібридних хмарних середовищах відіграє важливу роль у формуванні ефективної та гнучкої інфраструктури, необхідної для вирішення різноманітних бізнес-завдань. Віртуалізація дозволяє створювати віртуальні варіації різних ресурсів, таких як обчислювальна потужність, сховища даних та мережеві ресурси, що спрощує їх управління та розподіл між різними платформами.

Основні переваги віртуалізації в гібридних хмарних середовищах:

1. Гнучкість та масштабованість

Технології віртуалізації дозволяють масштабувати обчислювальні ресурси, пристосовуючи їх до змінних потреб бізнесу. Швидке створення нових віртуальних середовищ також сприяє зниженню часу налаштування.

2. Ефективне використання ресурсів

Ізоляція ресурсів у віртуальних контейнерах або машинах сприяє більш ефективному використанню обчислювальних можливостей, уникненню простою та максимізації потенціалу апаратного забезпечення.

3. Забезпечення безпеки та відновлення даних

Віртуалізація відповідає за високий рівень безпеки та можливості ефективного відновлення даних у випадку непередбачених ситуацій.

4. Ефективне управління ресурсами

Технологія віртуалізації дозволяє більш ефективно керувати ресурсами, контролювати їх використання та розподіл між різними системами.

5. Гнучкість для розробки та тестування

Створення віртуальних середовищ дозволяє розробникам швидко створювати, тестувати та вдосконалювати програмне забезпечення, не витрачаючи час на створення фізичної інфраструктури.

6. Економія витрат

Застосування віртуалізації може значно знизити витрати на апаратне забезпечення, оскільки одна фізична машина може виконувати функції кількох віртуальних об'єктів. Це дозволяє зменшити витрати на нове обладнання та заощадити простір в дата-центрах.

Віртуалізація в гібридних хмарних середовищах:

У гібридних хмарних середовищах віртуалізація створює єдине, розподілене та гнучке середовище для управління ресурсами. Вона дозволяє інтегрувати приватні хмарні ресурси з публічними, що забезпечує більшу гнучкість у міграції даних та ресурсів між приватними та

публічними хмарами, задовольняючи потреби бізнесу в реальному часі. Загалом, застосування технологій віртуалізації в гібридних хмарних середовищах сприяє більш ефективному використанню ресурсів, спрощує управління та забезпечує високу гнучкість бізнесу в умовах постійних змін.

В основі віртуалізації лежить можливість одного комп'ютера виконувати роботу декількох комп'ютерів завдяки розподілу його ресурсів на декілька середовищ. За допомогою віртуальних серверів і віртуальних настільних комп'ютерів можна розмістити кілька ОС і кілька додатків в єдиному розташування. Таким чином, фізичні та географічні обмеження перестають мати якесь значення.

Крім енергозбереження та скорочення витрат завдяки більш ефективному використанню апаратних ресурсів, віртуальна інфраструктура забезпечує високий рівень доступності ресурсів, більш ефективну систему управління, підвищену безпеку і вдосконалену систему відновлення в критичних ситуаціях.

У комп'ютерних технологіях під терміном «віртуалізація» зазвичай розуміється абстракція обчислювальних ресурсів і надання користувачеві системи, яка «інкапсулює» (приховує в собі) власну реалізацію. Простіше кажучи, користувач працює з зручним для себе представленням об'єкта, і для нього не має значення, як об'єкт влаштований в дійсності.

Зараз можливість запуску декількох віртуальних машин на одній фізичній викликає великий інтерес серед комп'ютерних фахівців, не тільки тому, що це підвищує гнучкість ІТ – інфраструктури, але й тому, що віртуалізація, насправді, дозволяє економити гроші.[3]



Рис. 1.3 Перехід від фізичного підходу до логічного [4]

1.3 Застосування технологій віртуалізації у гібридних хмарних середовищах

Застосування технологій віртуалізації у гібридних хмарних середовищах відіграє важливу роль у формуванні ефективної та гнучкої інфраструктури, необхідної для вирішення різноманітних бізнес-завдань. Віртуалізація дозволяє створювати віртуальні варіації різних ресурсів, таких як обчислювальна потужність, сховища даних та мережеві ресурси, що спрощує їх управління та розподіл між різними платформами.

Основні переваги віртуалізації в гібридних хмарних середовищах:

1. гнучкість та масштабованість: технології віртуалізації дозволяють масштабувати обчислювальні ресурси, пристосовуючи їх до змінних потреб бізнесу. Швидке створення нових віртуальних середовищ також сприяє зниженню часу налаштування.
2. Ефективне використання ресурсів: ізоляція ресурсів у віртуальних контейнерах або машинах сприяє більш ефективному використанню обчислювальних можливостей, уникненню простою та максимізації потенціалу апаратного забезпечення.

3. Забезпечення безпеки та відновлення даних: віртуалізація відповідає за високий рівень безпеки та можливості ефективного відновлення даних у випадку непередбачених ситуацій.
4. Ефективне управління ресурсами: технологія віртуалізації дозволяє більш ефективно керувати ресурсами, контролювати їх використання та розподіл між різними системами.
5. Гнучкість для розробки та тестування: створення віртуальних середовищ дозволяє розробникам швидко створювати, тестувати та вдосконалювати програмне забезпечення, не витрачаючи час на створення фізичної інфраструктури.
6. Економія витрат: застосування віртуалізації може значно знизити витрати на апаратне забезпечення, оскільки одна фізична машина може виконувати функції кількох віртуальних об'єктів. Це дозволяє зменшити витрати на нове обладнання та заощадити простір в дата-центрах.

Віртуалізація в гібридних хмарних середовищах:

У гібридних хмарних середовищах віртуалізація створює єдине, розподілене та гнучке середовище для управління ресурсами. Вона дозволяє інтегрувати приватні хмарні ресурси з публічними, що забезпечує більшу гнучкість у міграції даних та ресурсів між приватними та публічними хмарами, задовольняючи потреби бізнесу в реальному часі. Загалом, застосування технологій віртуалізації в гібридних хмарних середовищах сприяє більш ефективному використанню ресурсів, спрощує управління та забезпечує високу гнучкість бізнесу в умовах постійних змін.

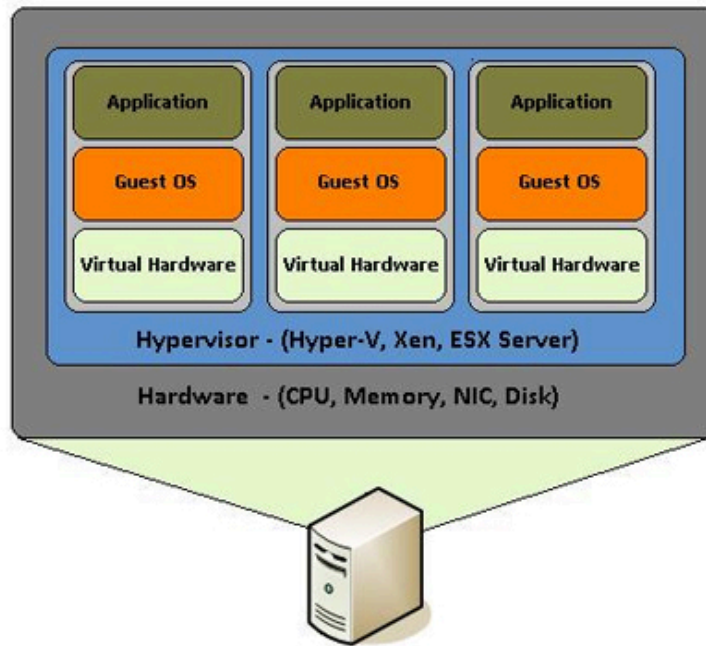


Рис. 1.4 Віртуалізація в хмарному сховищі [5]

В гібридних хмарних обчисленнях віртуалізація виступає невід'ємною складовою, об'єднуючи ресурси як локальних, так і хмарних інфраструктур. Ця технологія дозволяє створювати ефективні хмарові середовища з прийнятною вартістю володіння, ефективним управлінням ресурсами і гарантованим рівнем обслуговування користувачів.

На рівні хмарних обчислень віртуалізація виступає як платформа, що забезпечує гнучкість у розподілі та гарантує ресурси, подаючи їх при необхідності та контролюючи їх використання. Це вирішально для створення ізольованих віртуальних середовищ користувачів, які реалізують конкретні ІТ-сервіси, а також для логічного розділу ресурсів для більш гнучкого управління.

Ширший погляд на віртуалізацію охоплює відокремлення концепції системи від її конкретної реалізації. У гібридних хмарних середовищах це особливо актуально для віртуалізації серверів, додатків і настільних

комп'ютерів, що дозволяє використовувати віртуальні машини або додатки як більш мобільні та гнучкі одиниці для надання послуг.

У гібридних хмарних системах віртуалізація забезпечує динамічне виділення та обмеження ресурсів віртуальних машин, а також гарантує відмовостійкість та централізоване управління. Однією з ключових переваг віртуалізації в цьому контексті є можливість користувача отримувати та оплачувати лише ті ресурси, які йому необхідні в конкретний момент, визначаючи свої потреби на рівні обсягу потужності та рівня обслуговування.

Існує різноманіття методів віртуалізації мережі, більшість з яких може бути налаштована вручну. З хмарними системами користувачі отримали можливість легко створювати та налаштовувати мережі за декілька кліків миші для автономної або динамічної взаємодії своїх ресурсів.

При розгляді побудови віртуальної мережі з використанням хмарних сервісів важливо вирішити питання щодо доступу до необхідних ресурсів (обчислювальної потужності, сховища та мережевих ресурсів) згідно з вимогами. Конфігурація цих ресурсів повинна відбуватись безпосередньо користувачем або автоматично, без звертання до провайдера. Також обирається технологія, яка може ефективно підтримувати потоки сучасного мережевого трафіку та дозволяє ефективно управляти віртуальною мережею.

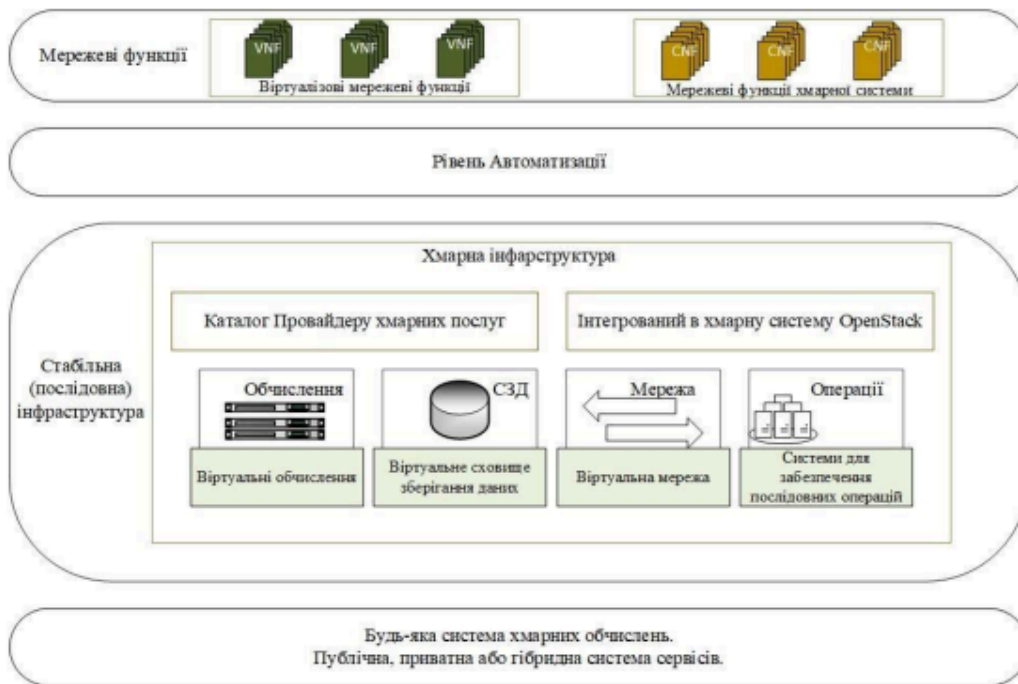


Рис. 1.5 Хмарна інфраструктура [4]

В гібридних хмарних середовищах вибір моделі віртуалізації повинен відбуватися відповідно до конкретних потреб користувача чи організації. Нижче розглянуті моделі віртуалізації в контексті гібридних хмарних середовищ:

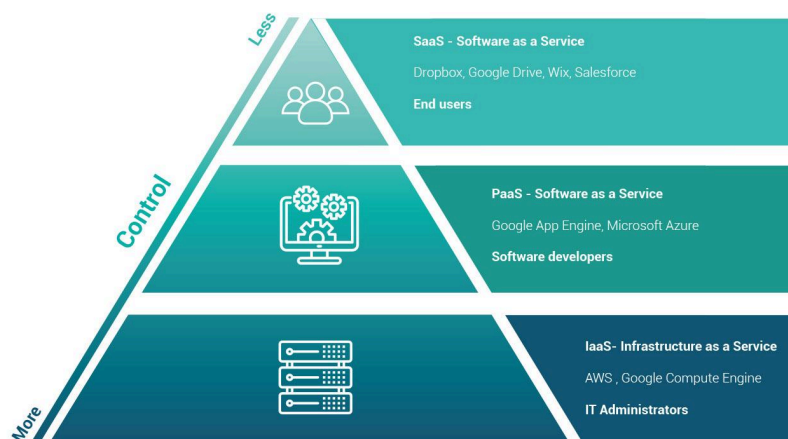


Рис. 1.5 Моделі хмарних середовищ [6]

- SaaS (Програмне забезпечення як послуга):

У гібридному хмарному середовищі модель SaaS може бути привабливою для тих, хто шукає готові рішення без необхідності утримання та обслуговування програм. Користувачі отримують доступ до додатків через браузер або спеціальний додаток, спрощуючи власне управління програмами.



Рис. 1.5 Хмарне середовище SaaS [7]

- PaaS (Платформа як послуга):

Модель PaaS у гібридному середовищі може бути корисною для розробників, оскільки вона надає необхідні інструменти для створення та розгортання IT-сервісів. Вона дозволяє сконцентруватися на розробці додатків, не хвилюючись про управління апаратними ресурсами та операційними системами.



Рис. 1.5 Хмарне середовище PaaS [8]

- IaaS (Інфраструктура як послуга):

Модель IaaS у гібридному хмарному середовищі дозволяє користувачам отримати більший контроль над інфраструктурою. Це може бути важливим для тих, хто має специфічні вимоги до обчислювальних ресурсів та сховища. Забезпечуючи гнучкість та масштабованість, IaaS дозволяє клієнтам розміщувати та обслуговувати свої додатки в хмарному середовищі.

Функціонування інфраструктури за моделлю IaaS передбачає отримання та використання необхідних для компанії сервісів шляхом підключення до віртуальної приватної хмари. Компанії, що використовує цю послугу, не потрібно наймати персонал для обслуговування великої кількості систем. Достатньо лише мати власного адміністратора, здібного

вирішувати локальні питання. Також немає необхідності купувати власне обладнання та займати для нього місце. [9]



Рис. 1.5 Хмарне середовище IaaS [10]

Вибір між цими моделями повинен залежати від конкретних завдань, потреб та стратегії організації або користувача в гібридному хмарному середовищі. Комбінування різних моделей може бути ефективним рішенням для досягнення оптимальної гнучкості та продуктивності.

1.4 Роль файлових систем у гібридному хмарному середовищі

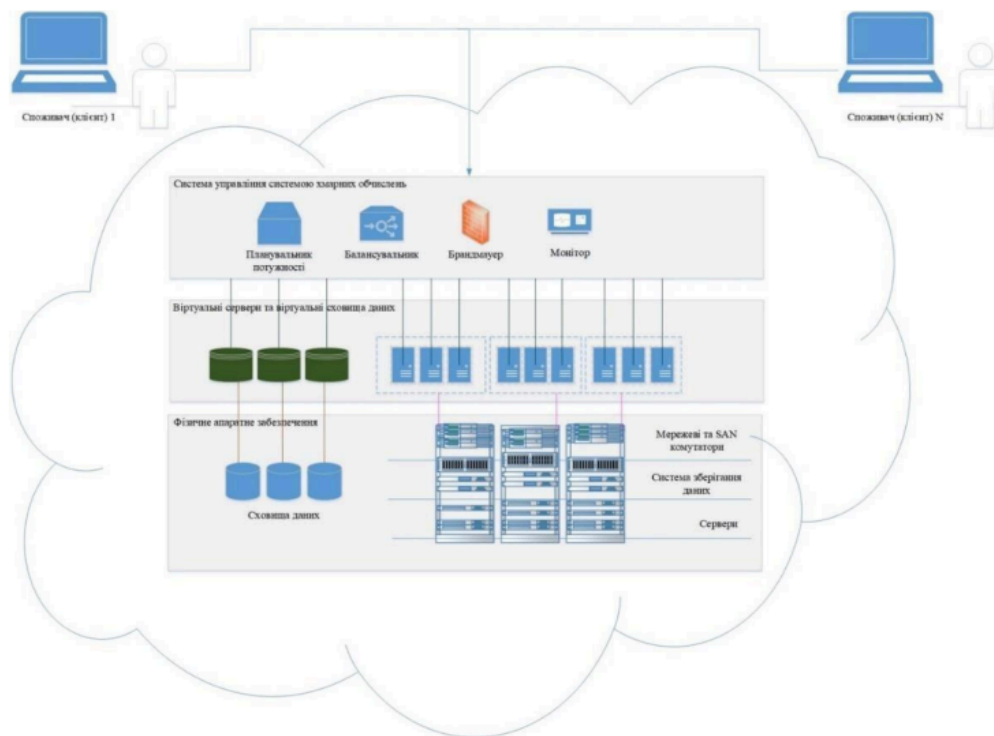


Рис. 1.6 Структурна схема хмарної системи [11]

У гібридних хмарних середовищах, де об'єднуються ресурси локальних та хмарних інфраструктур, безпека відіграє надзвичайно важливу роль, і файлові системи є ключовим елементом цього аспекту. Фізичний рівень взаємодії з даними здійснюється на рівні блоків на носіях, таких як жорсткий диск, SSD та інші. Це означає, що файлова система взаємодіє з конкретними фізичними ресурсами, відповідаючи за організацію, зберігання та зчитування блоків даних. Розуміння фізичного рівня сприяє оптимізації швидкості доступу та ефективному використанню простору на носіях.

У гібридних хмарних сховищах визначається кількома ключовими функціями:

- Уніфікований доступ: файлові системи в гібридних хмарних сховищах створюють єдиний інтерфейс доступу до даних, незалежно від того, чи знаходяться вони на локальних пристроях, чи у хмарному середовищі. Це полегшує користувачам роботу з даними, навіть в розподілених середовищах.
- Гнучкість та розширюваність: файлові системи повинні бути гнучкими та легко розширювальними для ефективного врахування збільшення обсягу даних, яке є типовим для хмарних сервісів. Здатність до додавання нових ресурсів або масштабування даних у хмарі є ключовою.
- Синхронізація та реплікація: файлові системи в гібридних середовищах забезпечують синхронізацію та реплікацію даних між різними місцезаховами. Це необхідно для забезпечення стабільності та доступності інформації в різних хмарних та локальних системах.
- Безпека даних: файлові системи забезпечують високий рівень безпеки для даних, які зберігаються як в облаках, так і на локальних серверах. Це включає в себе шифрування та системи управління доступом для захисту інформації від несанкціонованого доступу.
- Автоматизоване управління: ефективне управління файловими системами в гібридних хмарних сховищах вимагає використання автоматизованих інструментів для моніторингу, налаштування та оптимізації. Це може включати автоматизацію розгортання, резервне копіювання та інші функції управління.
- Інтеграція з хмарними послугами: файлові системи в гібридних хмарних сховищах мають бути добре інтегрованими з різними хмарними сервісами, такими як обчислювальні ресурси та бази даних. Це забезпечує оптимальну взаємодію та ефективне використання ресурсів.

На логічному рівні взаємодії з даними відбувається на рівні файлів, де файлова система відповідає за їх створення, організацію та управління.

Це дозволяє користувачам працювати з інформацією на вищому рівні абстракції, маніпулюючи файлами та встановлюючи права доступу до них.

Важливо враховувати, що існує взаємодія та взаємозв'язок між фізичним та логічним рівнями. Фізичний рівень забезпечує основні операції зберігання та доступу до даних, тоді як логічний рівень дозволяє організувати та працювати з файлами. Знання обох рівнів допомагає краще розуміти та ефективно використовувати файлові системи в гібридних хмарних середовищах.

В контексті безпеки, керування доступом до файлів та папок на логічному рівні є фундаментальним елементом захисту конфіденційності і цілісності даних. Розглядаючи резервне копіювання та відновлення, файлові системи надають механізми для забезпечення неперервності бізнес-процесів через автоматичне створення резервних копій та їх відновлення у випадку аварій.

Щодо інтеграції з іншими хмарними сервісами, файлові системи є мостом для взаємодії з різними хмарними платформами, розширюючи можливості обробки та аналізу даних за допомогою інструментів, таких як аналітика даних та штучний інтелект. Інтеграція з хмарними службами дозволяє впроваджувати інноваційні технології для поліпшення роботи з даними та отримання цінної інформації.

Отже, розуміння фізичного та логічного рівнів файлових систем допомагає створити безпечне та ефективне середовище для управління даними в гібридних хмарних системах, забезпечуючи їх єдність, безпеку, резервне копіювання, інтеграцію та швидку адаптацію до обсягів даних.

2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ В ГІБРИДНОМУ ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

2.1 Виклики та проблеми розподіленої інфраструктури в хмарному середовищі

Спершу, розглянемо переваги та недоліки технологій надання хмарних послуг.

Різновиди хмарних послуг, такі як Інфраструктура як сервіс (IaaS), Платформа як сервіс (PaaS) та Програмне забезпечення як сервіс (SaaS), пропонують унікальні переваги (рис. 2.1), відповідаючи різним потребам компаній та користувачів. На рисунку наведена статистика популярності хмарних технологій для бізнесу.

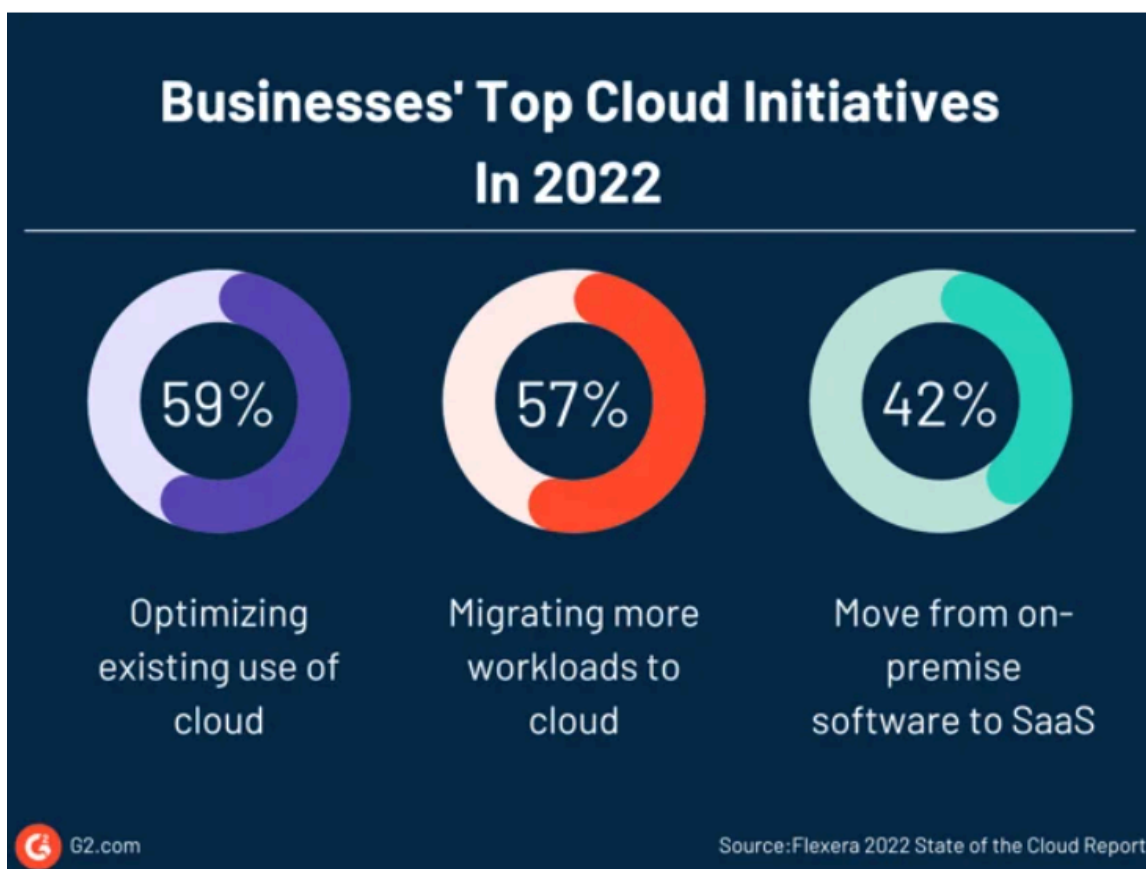


Рис. 2.1 Хмарні технології для бізнесу [12]

1. IaaS:

- Гнучкість масштабування обчислювальних ресурсів у відповідності до актуальних потреб.
- Заощадження коштів за рахунок оплати лише використаних ресурсів (CPU, RAM).
- Висока автоматизація та можливість масштабування хмарних послуг.

2. PaaS:

- Швидкість в розробці, тестуванні та впровадженні додатків.
- Інтеграція з існуючими робочими процесами для покращення розробницького процесу.
- Підтримка у оптимізації та полегшенні роботи розробників.

3. SaaS:

- Суттєві економічні вигоди через відсутність необхідності у розробці та підтримці програмного забезпечення.
- Централізоване управління та розміщення програм на віддалених серверах для забезпечення високої доступності та безпеки даних.
- Зменшення часових та фінансових витрат на налаштування та обслуговування програм.

Ці переваги виокремлюються завдяки унікальним можливостям та потенціалу кожної моделі хмарних послуг, що реалізуються у відповідь на різноманітні вимоги та потреби різних компаній та користувачів. Користувачам надається можливість обирати той тип послуг, що найкраще відповідає їхнім потребам, спрямованим на оптимізацію діяльності та підвищення продуктивності.

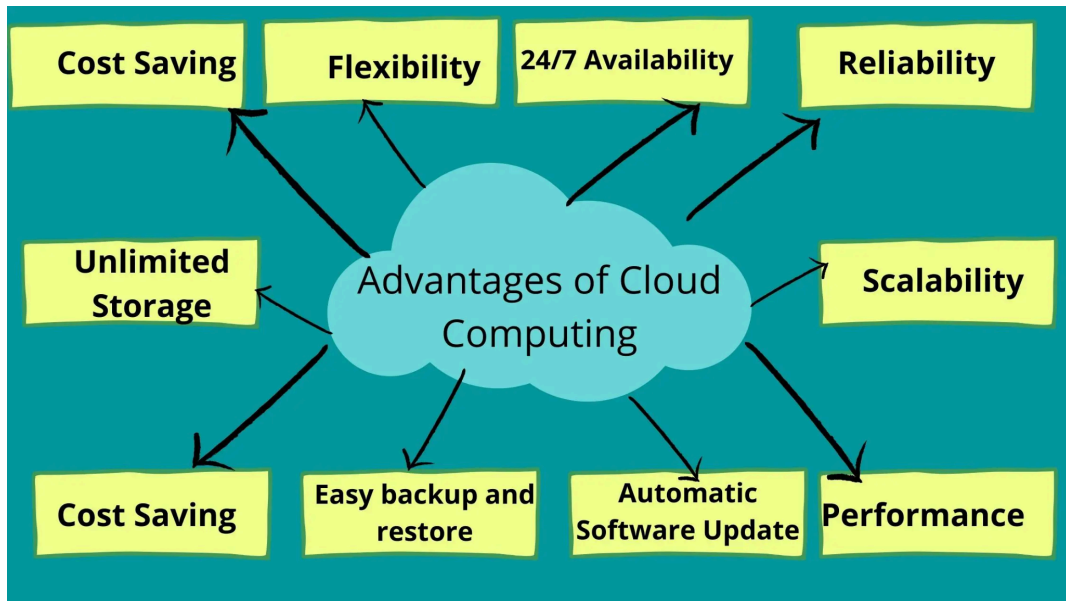


Рис. 2.2 Переваги використання хмарних обчислень [13]

Розглянемо, які недоліки супроводжують кожен тип хмарних послуг:

IaaS (Інфраструктура як сервіс):

1. Складність та часові витрати при розгортанні:

розгортання IaaS вимагає технічних знань і планування. Навіть з високим рівнем автоматизації, цей процес може займати значний час, що ускладнює процес впровадження для компаній, які потребують швидкого запуску.

2. Суперечливість у використанні власного обладнання:

якщо у компанії вже є власне обладнання, виникає питання щодо доцільності оренди хмарних віртуальних пристроїв. Це може призвести до суперечностей у стратегії використання обладнання та хмарних сервісів.

PaaS (Платформа як сервіс):

1. Залежність від підтримки провайдера:

PaaS, як готова до використання платформа, може бути обмеженою

функціональністю, наданою провайдером. Це може обмежити можливості розробників у використанні конкретних інструментів чи функціоналу.

2. Обмежена гнучкість:

деякі платформи можуть вимагати конвертації або адаптації існуючих проектів для використання в рамках цієї платформи. Це може бути трудомістким та викликати затримки у впровадженні.

SaaS (Програмне забезпечення як сервіс):

1. Відсутність контролю за налаштуваннями:

незважаючи на централізоване керування, користувачі SaaS не мають повного контролю над налаштуваннями програм та інфраструктури. Це може ускладнювати розв'язання специфічних завдань чи потреб користувачів.

2. Обмежені можливості адаптації:

деякі рішення SaaS можуть мати обмежену можливість адаптації до специфічних потреб компаній, особливо у випадках, коли потрібне індивідуальне налаштування чи розширення функціоналу.

Ці недоліки важливо розглядати у контексті потреб та специфіки діяльності компанії, оскільки вибір конкретної моделі хмарних послуг повинен бути адаптований до балансу між її перевагами та обмеженнями.



Рис. 2.3 Недоліки використання хмарних обчислень [14]

Сучасність свідчить про значну кількість пристроїв, що взаємодіють у мережі та збирають дані на мікрорівні. Якщо всі ці процеси відбувалися в хмарних дата-центрах, Інтернет миттєво стикнувся б із переповненням, незалежно від пропускної здатності мережі. Граничні обчислення - це скомпоновані, більш гнучкі центри обробки даних, розподілені у різних географічних зонах. Це новаторський тип розподіленої інфраструктури, спрямований на наближення обчислювальних завдань до пристроїв Інтернету речей (IoT), для зменшення навантаження мережі. Ось деякі переваги таких розподілених моделей:

- Вирішення проблеми затримок, характерних для традиційних серверних центрів, через скорочення фізичної відстані між кінцевим користувачем та розташуванням хмарної інфраструктури.
- Зменшення навантаження на Інтернет-мережу.
- Економія на управлінні даними.
- Забезпечення надійності: якщо один ресурс виходить з ладу, інші розподілені атрибути продовжують працювати.
- Підвищення рівня захисту даних і конфіденційності кінцевого користувача або клієнта.

Отже, зрозуміло, що периферійні обчислення скорочують відстань, яку дані мають подолати, щоб досягти кінцевого користувача, тобто вас, завдяки розташуванню серверної інфраструктури ближче до користувачів, ніж це має місце у звичайних хмарних сервісах. Незважаючи на очевидні переваги такої архітектури, існують певні недоліки, які слід врахувати.

Проблематика розподілених моделей інфраструктури стає особливо актуальною в контексті постійного розвитку граничних мереж, які відіграють важливу роль у взаємодії з Інтернетом речей. Проте існує декілька ключових аспектів, які викликають певні труднощі та заважають подальшому прогресу таких мереж:

Проблеми, пов'язані з граничними мережами:

1. Пропускна здатність.

Звичайно, обмеження пропускної здатності є важливою проблемою для центрів обробки даних. Проте, зі зростанням використання обчислень у периферійних мережах, цей акцент починає зміщуватися, викликаючи нові завдання у вдосконаленні пропускної здатності.

2. Гетерогенність.

Використання різноманітних компонентів у гетерогенних обчисленнях може підвищити ефективність використання ресурсів та забезпечити більш гнучкий підхід до обчислень.

3. Прозорість.

Забезпечення прозорості у розподіленій мережі дозволяє різноманітним компонентам працювати у взаємодії та синхронно виконувати завдання.

4. Паралельність.

Можливість одночасного доступу декількох клієнтів до спільних ресурсів стає ключовою у периферійних мережах, сприяючи оптимізації використання цих ресурсів.

5. Безпека.

Забезпечення безпеки у контексті розподіленої інфраструктури відкриває нові виклики, оскільки консолідація ресурсів може спростити або ускладнити аспекти безпеки даних.

6. Резервне копіювання.

Необхідність резервного копіювання розподілених даних потребує розробки нових стратегій захисту та забезпечення безпеки, що стає важливим аспектом розподіленої інфраструктури.

Ці аспекти виявляються критичними для подальшого розвитку розподілених моделей інфраструктури, оскільки вони прямо впливають на ефективність, безпеку та стабільність таких систем. Навчання та постійний розвиток у цих напрямках відіграють ключову роль у покращенні та оптимізації функціонування граничних мереж.

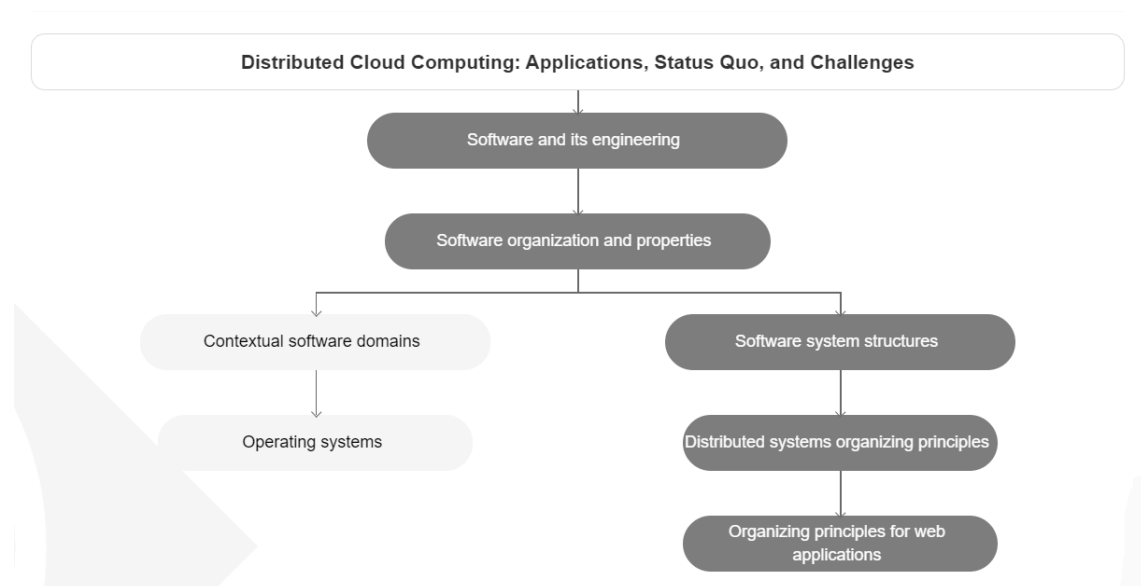


Рис. 2.4 Розподілені хмарні обчислення: Застосування, стан та виклики [15]

Задача планування та оптимізації використання ресурсів у хмарних інфраструктур та серед віртуалізації вирішується двома способами: перерозподілом ресурсів адміністратором віртуального середовища вручну або автоматичним плануванням ресурсів через методи DRS (Distributed Resource Scheduling) (рис.)та DPM (Distributed Power Management).

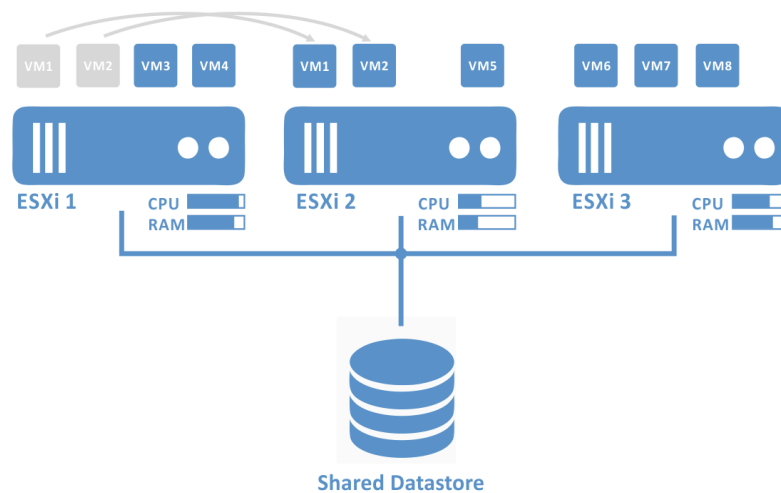


Рис. 2.5 DRS[16]

В різних середовищах методи DRS та DPM функціонують з різною специфікою, але мають схожу логіку роботи. Алгоритм DRS в загальному випадку складається з кількох простих кроків:

1. Вибір найменш навантаженого хоста: Відбувається вибір хоста, який має достатній ресурс і найменше навантаження серед інших доступних хостів у системі.
2. Збір статистики навантаження CPU: Під час роботи хостів система збирає статистику навантаження CPU на кожному з них.
3. Прийняття рішення про перерозподіл ресурсів: Якщо навантаження CPU на одному з хостів перевищує встановлений поріг протягом встановленого інтервалу, DRS приймає рішення про перерозподіл ресурсів.

4. Виконання перерозподілу ресурсів: У випадку прийняття рішення про перерозподіл, метод DRS переносить завдання на більш продуктивний або менш навантажений хост, або ж переносить інші завдання на інші сервери.

Використання цих методів дозволяє підтримувати оптимальний рівень ресурсів та ефективно використовувати їх у віртуальних середовищах. Однак, варто враховувати, що при роботі з цими методами можуть виникати виклики та обмеження, особливо у випадках великого обсягу даних чи надзвичайних ситуацій, які можуть вплинути на ефективність планування та перерозподілу ресурсів.

2.2 Оптимізація управління віртуалізацією у гібридному хмарному середовищі

Оптимізація управління гібридною хмарною архітектурою: 5 кроків до ефективності

1. Аналіз Робочих Навантажень.

Управління гібридною хмарною інфраструктурою розширює концепцію розгортання мікросервісів. Робочі навантаження, які здійснюються як у хмарному оточенні, так і в локальних системах, створюють великі робочі процеси. Ця архітектура розглядає робочі навантаження як самостійні сервіси або блоки коду, які включають мережеві, хостингові та веб-сервіси, обов'язкові для функціонування програм.

Розроблення стратегії управління гібридними хмарними додатками потребує детального аналізу цього модуля розгортання. У гібридному хмарному середовищі існує різноманіття робочих навантажень - пакетні, транзакційні, аналітичні тощо - і для кожного з них вимагаються різні обчислювальні ресурси. Окрім того, не всі робочі навантаження

піддаються абстракції, яка є характерною для хмарних архітектур, оскільки деякі з них вимагають високопродуктивного мережевого сховища або мінімальної затримки.

Ця різноманітність робочих навантажень потребує індивідуального підходу до стратегії управління, оскільки вона має враховувати відмінності в обчислювальних вимогах і характеристиках кожного типу навантаження, забезпечуючи найбільш ефективне використання ресурсів у гібридній хмарі.

2. Управління балансуванням навантаження.

Оптимізація роботи системи у гібридних хмарних середовищах вимагає уважного управління балансуванням навантаження. Незважаючи на те, що більшість публічних хмарних сервісів пропонують свої власні можливості балансування, вони не завжди сумісні з іншими хмарами або приватними мережами. Це ускладнює процес балансування, особливо, коли дані мають бути переміщені через межі різних хмар для обробки.

Для уникнення недоліків та підтримки стабільності та однакової продуктивності у гібридній хмарній архітектурі, інструмент балансування навантаження має бути пристосованим до всіх використовуваних хмарних середовищ, включаючи приватну інфраструктуру. Технології Service Mesh, такі як Istio та Linkerd, відіграють ключову роль у спеціалізованому балансуванні навантаження для додатків мікросервісів.

Глобальне балансування навантаження на серверах (GSLB) - це розумне керування трафіком між різними серверами, що розташовані у різних географічних точках. У гібридних хмарних середовищах це надзвичайно важливо, оскільки потрібно запобігти перевантаженням серверів та уникнути уповільнення через недоліки у мережі.

Робота GSLB забезпечує ефективний розподіл трафіку між серверами, уникаючи перевантажень та забезпечуючи стабільність системи. Це досягається завдяки інтелектуальним алгоритмам, що враховують географічні особливості серверів, їх завантаженість та доступність ресурсів.

Ці практики гарантують надійне та продуктивне управління гібридною хмарною архітектурою, забезпечуючи оптимальну ефективність та стабільність систем у різних географічних точках.

3. Вибір правильних інструментів.

Управління гібридним хмарним додатком передбачає низку важливих кроків, одним із яких є обрання оптимального інструментарію. Враховуючи різноманіття середовищ, де використовуються мікросервіси на портативних контейнерах, вибір спеціалізованих інструментів для ефективного управління конфігурацією виявляється ключовим.

Один із можливих напрямів — використання інструментів, орієнтованих на керування контейнеризацією, зокрема в середовищі оркестрації контейнерів, таких як Kubernetes. Наприклад, Helm і Spinnaker надають додатковий рівень абстракції, спрощуючи процес управління інфраструктурою, та створюють діаграми та конвеєри, що полегшують контроль та ефективність у створенні та управлінні інфраструктурою.

До цього ж, використання інструменту автоматизації з відкритим кодом, як от Rundeck, може значно спростити автоматизацію процесів та керування конфігурацією. Ефективність виконання завдань та підвищення продуктивності можливе завдяки комбінації цих інструментів.

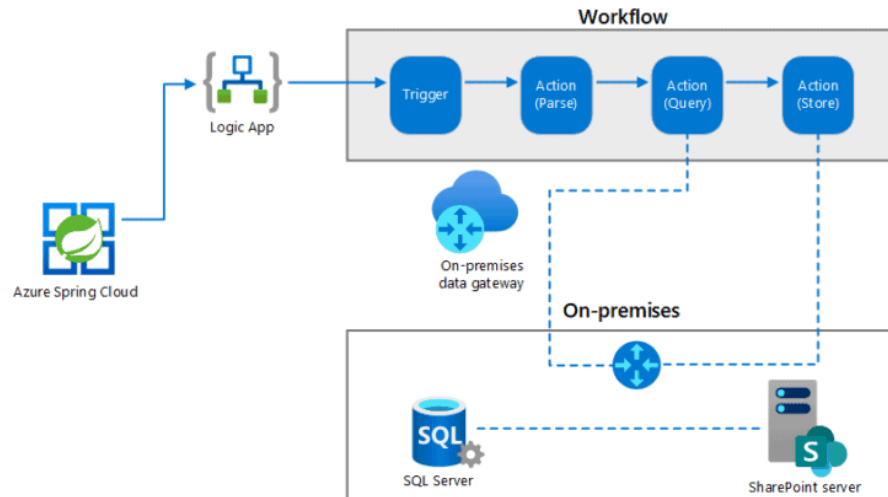


Рис. 2.6 Приклад застосування інструментів [17]

Обраний набір інструментів виявляється критично важливим у керуванні гібридною хмарною архітектурою, оскільки він не тільки спрощує процеси управління, а й надає більш високий рівень контролю та ефективності під час впровадження та керування інфраструктурою.

4. Встановлення стандартів.

Ефективне управління оркеструванням у гібридних хмарних середовищах (рис. 2.7) ускладнене відсутністю єдиного стандарту для різних хмарних платформ. Використання політик мікросервісів може відрізнитися у форматах на різних платформах, а також через різноманітні налаштування хостингу, що включає публічні та приватні хмари, фізичні та віртуальні екземпляри, віртуальні машини та контейнери.

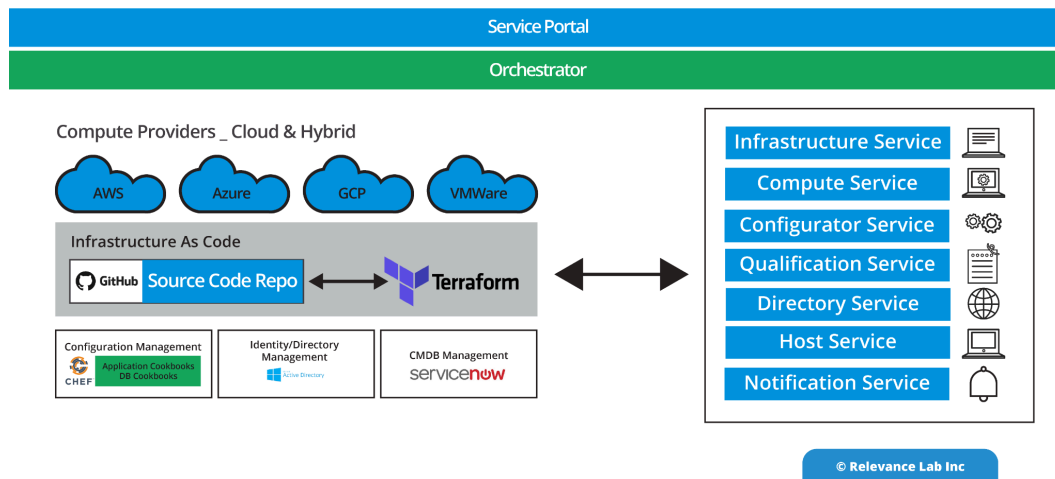


Рис. 2.7 Приклад застосування стандартів [18]

Для забезпечення єдиної мови в застосуванні політик рекомендується використовувати технологію хмарної оркестрації, яка визначає загальну мову спілкування між мережевими пристроями та всім, що з ними взаємодіє.

Одним зі стандартів, який здобув широке визнання завдяки своїм можливостям переміщення робочих завдань між хмарами, є Специфікація топології та оркестрування для хмарних додатків (TOSCA). Цей стандарт був розроблений некомерційною організацією Oasis з метою спростити процес перенесення хмарних додатків. Мова TOSCA з відкритим вихідним кодом входить до складу інструментів та фреймворків для хмарної оркестрації та управління, таких як Cloudify, Ulicity та Alien4Cloud.

Ще одним мультихмарним протоколом, який слід розглядати, є NETCONF (Network Configuration Protocol), розроблений під егідою Internet Engineering Task Force (IETF). Він сумісний з мовою YANG (Yet Another Next Generation), що призначена для моделювання мережових даних, і визначена саме організацією IETF. Обираючи інструменти для управління хмарою, слід враховувати їх відповідність таким стандартам як один із способів забезпечити портативність та сумісність.

5. Підрахунок витрат

Збалансоване керування витратами стає критичним для успішного функціонування гібридної хмарної архітектури. Це передбачає не лише зменшення загальних витрат, але й оптимізацію фінансових витрат через ретельний аналіз та використання спеціалізованих інструментів.

Одним із ключових елементів контролю витрат є застосування інструментів, спрямованих на аналіз цін у сфері хмарних обчислень. Тут можна відзначити Cloudyn (Microsoft), CloudHealth Technologies (VMware), CloudCheckr, Densify (раніше Cirba), CloudAware та Cloudability (рис. 2.8).

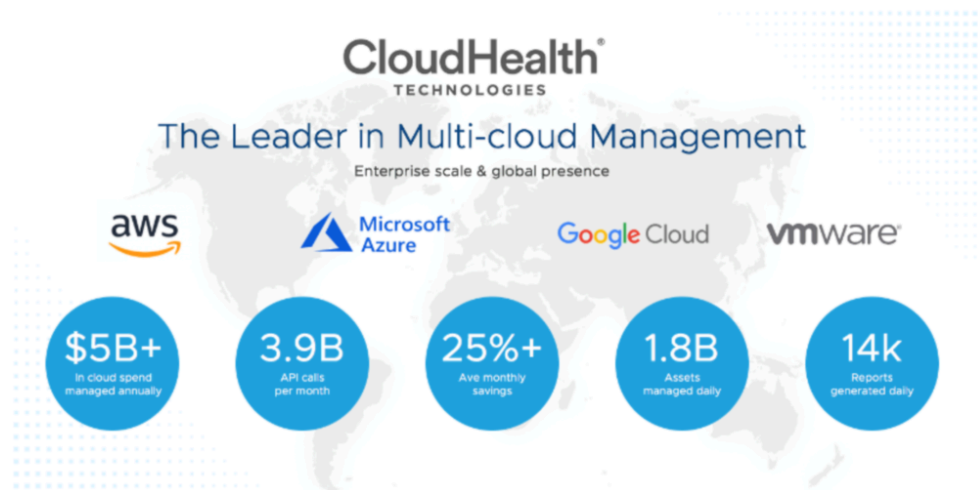


Рис. 2.8 Приклад застосування застосунків для контролю витрат [19]

Вибір конкретного інструменту варто робити, керуючись його сумісністю з поточними хмарними провайдерами і можливістю адаптації до майбутніх хмарних рішень організації.

Особливо для користувачів гібридних або мультихмарних середовищ активне відстеження трафіку та цінової політики обраних хмарних провайдерів є важливою складовою. Ризик перевитрат може виникнути через оплату хмарними провайдерами за вихід даних за їх межі, або навіть переміщення даних між різними регіонами в межах одного постачальника хмарних послуг.

Щоб уникнути таких додаткових витрат, слід перевірити налаштування всіх хмарних провайдерів, врахувавши особливості власного VPN та адресного простору. Це дозволить оптимізувати використання послуг та уникнути додаткових витрат за трафік даних між різними хмарними областями або регіонами.

Загалом, оптимізація витрат в гібридних хмарних середовищах грає критичну роль у забезпеченні ефективного функціонування при мінімізації фінансових витрат, зберігаючи при цьому високу продуктивність та ефективність.

2.3 Розвиток файлових систем для використання в хмарних обчисленнях

Файлова система відіграє ключову роль у зберіганні та організації даних на різних пристроях, таких як комп'ютери, фотоапарати, мобільні телефони та інші. Ця система встановлює спосіб зберігання та структуру даних на пристроях зберігання інформації. Вона визначає формат даних у вигляді файлів та налаштовує параметри цих файлів, такі як їхня назва, розмір та інші характеристики.

Різні види файлових систем мають свої властивості та особливості. Наприклад, деякі з них надають можливість обмеження доступу до файлів або навіть шифрування.

Файлова система сполучає носій інформації з інтерфейсом програмування (API), який забезпечує доступ до файлів. Додаткові програми, які працюють з файлами, фактично не знають, як саме дані організовані всередині файлу або на якому саме пристрої вони зберігаються. Вони просто використовують ім'я файлу, його розмір та характеристики, які отримують через драйвер файлової системи. Цей

драйвер, у свою чергу, відповідає за те, як саме дані будуть записані на фізичному пристрої зберігання, такому як жорсткий диск чи інший носій.

З точки зору операційної системи, весь диск представляє собою набір кластерів. Драйвери файлової системи відповідають за організацію цих кластерів у файли та каталоги, які містять інформацію про файли в цьому каталозі. Крім того, вони відстежують, які кластери в даний час використовуються, які вільні та які можливо пошкоджені або недоступні.

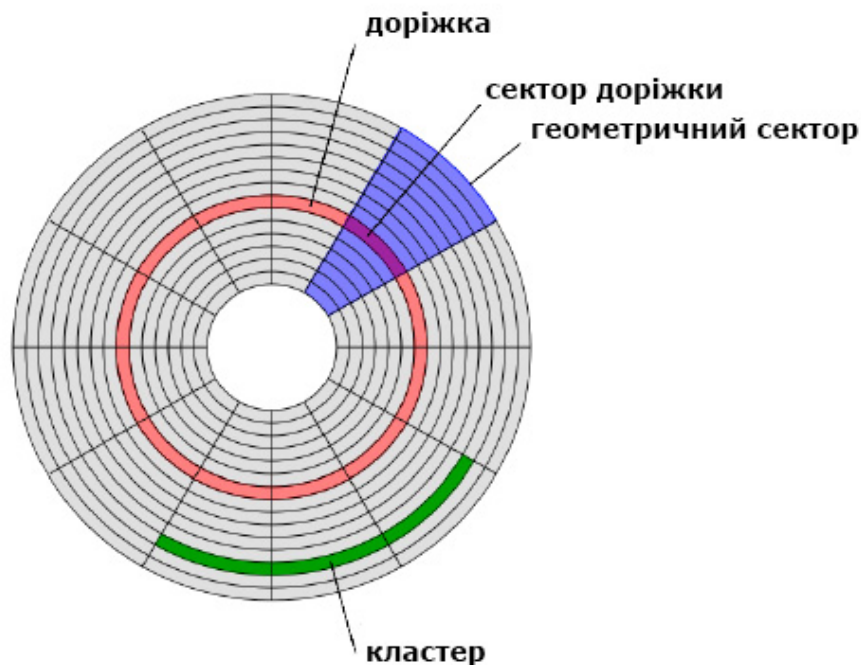


Рис. 2.9 Схема розміщення кластерів на носії інформації [20]

Файлова система - це механізм, що відповідає за розумне розподілення інформації на конкретному фізичному носії. Драйвер файлової системи встановлює спілкування між пристроями зберігання, операційною системою та програмами користувачів. Вибір певної файлової системи для конкретних завдань має вплив на швидкість обробки даних, методи організації даних і інші функціональні можливості, які є критичними для стабільної роботи будь-яких комп'ютерних систем. Це

набір правил і умов, що визначають спосіб розміщення файлів на пристроях для зберігання інформації.

Основні завдання файлової системи включають:

- організацію та структурування даних у вигляді файлів на пристроях для зберігання;
- визначення максимального обсягу інформації, що підтримується на пристроях для зберігання;
- створення, читання та видалення файлів;
- встановлення та зміна атрибутів файлів (розмір, час створення та зміни, власник і автор файлу, доступ лише для читання, тимчасовий файл, архівований, виконуваний, максимальна довжина імені файлу та інше);
- визначення структури файлу;
- пошук файлів;
- організацію каталогів для логічного групування файлів;
- захист файлів у разі помилок системи;
- захист файлів від несанкціонованого доступу та неповноважних змін у їхньому змісті.

Розробка файлових систем для хмарних обчислень - ключовий етап адаптації засобів зберігання до розподіленої та масштабованої природи хмарних середовищ. Поглянемо на розвиток та основні моменти формування таких систем, відповідних для хмарних обчислень:

1. розподілені файлові системи (DFS): у початковому етапі хмарні системи вимагали файлових систем, що вміли працювати з розподіленими даними на кількох серверах. Архітектура DFS забезпечувала масштабованість та стійкість до відмов. HDFS від Hadoop та GFS від Google - основи для розподіленого зберігання даних.

2. Системи об'єктного зберігання: хмарні файлові системи пересунули фокус з традиційних ієрархічних файлових структур на об'єктне зберігання. Об'єктне зберігання спрощує масштабування, оскільки дані розглядаються як об'єкти з метаданими. Приклади: Amazon S3, Azure Blob Storage, Google Cloud Storage.
















| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| |  |  |  |
|  Compute Services |  Elastic Compute Cloud (EC2) |  Virtual Machines |  Compute Engine |
|  Object Storage |  Amazon S3 |  Azure Blob Storage |  Cloud Storage |
|  Networking |  Amazon VPC |  Azure Virtual Network |  Cloud Virtual Network |

Рис. 2.10 Порівняння інструментів та сервісів AWS, Azure, GCP [21]

3. Еластичність та масштабованість: хмарні файлові системи наголошують на еластичності та масштабованості, враховуючи змінні обсяги роботи та потреби у ресурсах. Вони дозволяють плавне масштабування без втрат продуктивності та збоїв.

4. Дублювання та стійкість даних: для забезпечення цілісності та доступності даних хмарні файлові системи використовують дублювання даних, кодування для відновлення та розподілене зберігання в різних місцях або зонах доступності.

5. Заходи безпеки: безпека - головний пріоритет у розробці хмарних файлових систем. Захист даних, контроль доступу та відповідність нормативам - основа у вирішенні проблем безпеки.

6. Оптимізація продуктивності: постійні вдосконалення спрямовані на оптимізацію продуктивності. Кешування, багаторівневе зберігання даних і

стиснення покращують швидкість доступу та передачі, підвищуючи ефективність системи.

7. Інтеграція з хмарними сервісами: сучасні файлові системи легко інтегруються з іншими хмарними сервісами, підтримуючи без серверні обчислення, аналітику, машинне навчання та CDN.

8. Підтримка гібридних і мульти хмарних систем: файлові системи для хмарних технологій розроблено для підтримки гібридних і мульти хмарних розгортань.

9. Стандартизація API та інтероперабельність: стандартизовані API та інтероперабельність допомагають у забезпеченні сумісності та міграції даних.

10. Розширені можливості керування даними: розширені можливості керування даними підвищують загальну функціональність файлової системи. Постійний розвиток хмарних файлових систем спрямований на вирішення нових завдань у керуванні обсягами даних, забезпеченні безпеки, відповідності стандартам, оптимізації продуктивності та адаптації до різних сценаріїв хмарних обчислень. Вони пропонують надійні, гнучкі та ефективні рішення для зберігання файлів у хмарних середовищах.

3. СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ГІБРИДНОГО ХМАРНОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1 Вибір платформи для емуляції хмарної інфраструктури

Ця система являє собою декомунізований набір інфраструктурних та програмних компонентів, які об'єднуються для створення гібридного хмарного середовища. Основна мета цієї системи - забезпечити ефективне управління ресурсами, зберігання даних та безпеку відповідно до потреб сучасного бізнесу та технічних вимог.

Система складається з наступних основних компонентів:

1. віртуальні машини: ці віртуальні об'єкти використовуються для запуску різних операційних систем і додатків. Ви можете використовувати їх для створення інкапсульованого середовища для роботи з даними та виконання завдань.
2. Сховище даних: блокове та файлове сховище - це сховище даних, яке зберігає велику кількість даних і використовує різні протоколи для доступу до даних через мережу.
3. Налаштування мережі: сюди входить мережева структура, яка забезпечує зв'язок між різними компонентами системи, забезпечуючи зручний декомунізований та безпечний обмін даними.
4. Інші компоненти: ця група включає системи моніторингу, захисту, ведення журналів та безпеки, які відстежують, відстежують та захищають інформацію про використання ресурсів та даних.

Основна мета системи-створити інфраструктуру, яка надає компаніям ресурси та середовища, необхідні для роботи з даними. Він спрямований на оптимізацію використання ресурсів та забезпечення безпеки та стабільності даних. Це важливе міркування в контексті сучасних технічних вимог і розвитку бізнесу.

Архітектура системи (рис.3.1):

1. Гібридне хмарне середовище: Це основна платформа, яка об'єднує всі компоненти і забезпечує гнучкість і масштабованість. Включає в себе облікові записи користувачів, механізми автентифікації та авторизації.
2. Віртуальні машини (VMs): Ці віртуальні об'єкти використовуються для створення ізольованих середовищ для різних операційних систем і застосунків. Кожна VM має власні області зберігання даних та може бути налаштована з різними параметрами ресурсів.
3. Сховища даних: Включають блочне та файлове сховища. Блочне забезпечує зберігання даних у вигляді блоків, а файлове - у вигляді файлів з доступом по різних протоколах (наприклад, NFS, SMB). Ці сховища забезпечують резервне копіювання, відновлення та реплікацію даних.
4. Мережеві налаштування: Включають апаратні та програмні засоби для забезпечення мережевого зв'язку між різними компонентами системи. Це може включати комутатори, маршрутизатори, файерволи та інші пристрої.
5. Системи моніторингу, безпеки та логування: Ці системи відповідають за контроль, відстеження та захист системи. Вони моніторять активність, виявляють аномалії, реагують на загрози та ведуть журнали подій для аналізу.

Це лише загальний огляд кожного компонента. У реальній системі кожен з цих блоків може містити більше деталей, таких як конкретні моделі VMs, типи сховищ, конфігурація мережевих пристроїв та конкретні програмні рішення для моніторингу та безпеки.

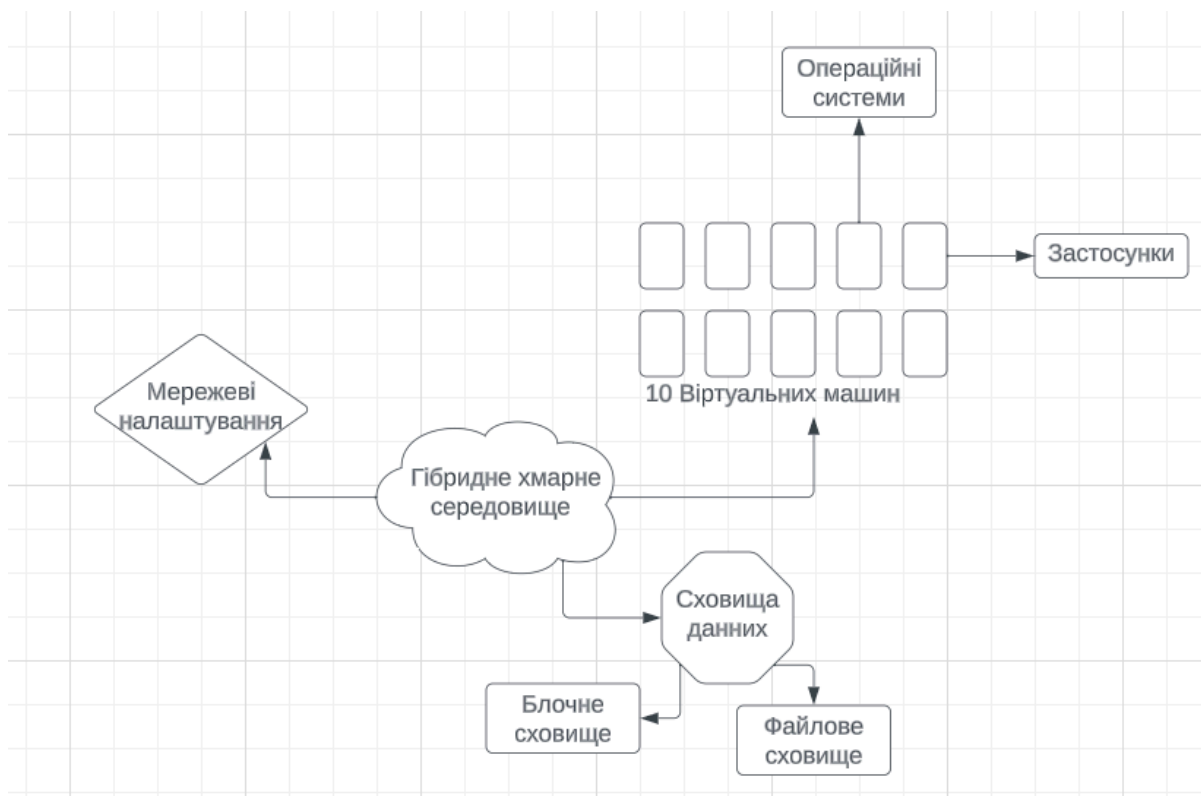


Рис. 3.1 Архітектура експериментальної моделі гібридного хмарного середовища

Створення експериментальної моделі гібридного хмарного середовища вимагає ретельного вибору платформи для емуляції хмарної інфраструктури. Цей вибір ґрунтується на аналізі та порівнянні різноманітних інструментів, які надають можливість емулювати хмарні ресурси. Давайте розглянемо цей процес у більшій деталі.

На першому етапі було важливо визначити потреби та вимоги для створення експериментальної моделі гібридного хмарного середовища. Це включало аналіз функціональних, технічних та експериментальних аспектів, таких як масштабованість, можливості моніторингу, підтримка мережі та різноманітність операційних систем.

Був проведений детальний огляд доступних інструментів для емуляції хмарної інфраструктури. Відзначені ключові особливості популярних інструментів, таких як VMware, VirtualBox, OpenStack, AWS

та Azure. Кожен з цих інструментів був ретельно проаналізований з урахуванням їхніх функціональних можливостей, масштабованості, підтримки мережі, інструментів моніторингу та вартості.



Рис. 3.2 Інструментів для емуляції хмарної інфраструктури

Після дослідження інструментів ми здійснили порівняльний аналіз, враховуючи специфіку дослідження. Ми створили таблицю, що включала основні показники кожного інструменту, щоб визначити їхні переваги та обмеження у контексті наших потреб.

Для практичного ознайомлення та оцінки реальних можливостей кожного інструменту ми провели тестування на невеликій масштабні. Це надає можливість зазирнути в інтерфейси, оцінити можливості налаштування, а також визначити швидкість та стабільність роботи платформ.

В результаті аналізу та тестування ми обрали платформу OpenStack (рис. 3.3). Це рішення обумовлене його гнучкістю, наявністю багатьох інструментів для моніторингу та управління, а також безкоштовністю використання.

Гнучкість платформи OpenStack дозволяє налаштовувати та пристосовувати хмарні ресурси відповідно до унікальних потреб нашого експерименту.

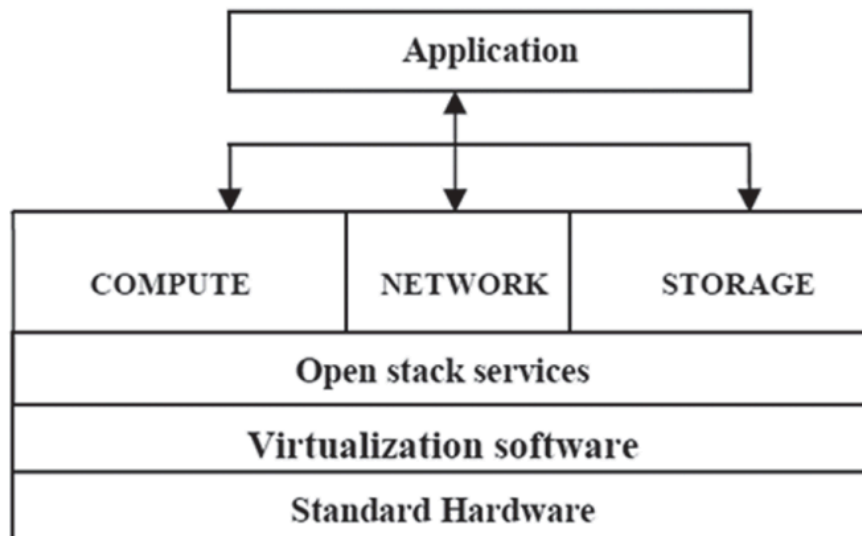


Рис. 3.3 Схеми модульної платформи OpenStack

Масштабованість цієї платформи гарантує здатність розширювати ресурси, що є критичним для реалізації реалістичного гібридного хмарного середовища.

OpenStack пропонує широкий набір інструментів для віртуалізації та ефективного управління ресурсами, що точно відповідає специфіці нашого дослідження.

А безкоштовна доступність OpenStack відіграє важливу роль у виборі, оскільки це дозволяє максимально оптимізувати витрати на проведення експериментальних робіт.

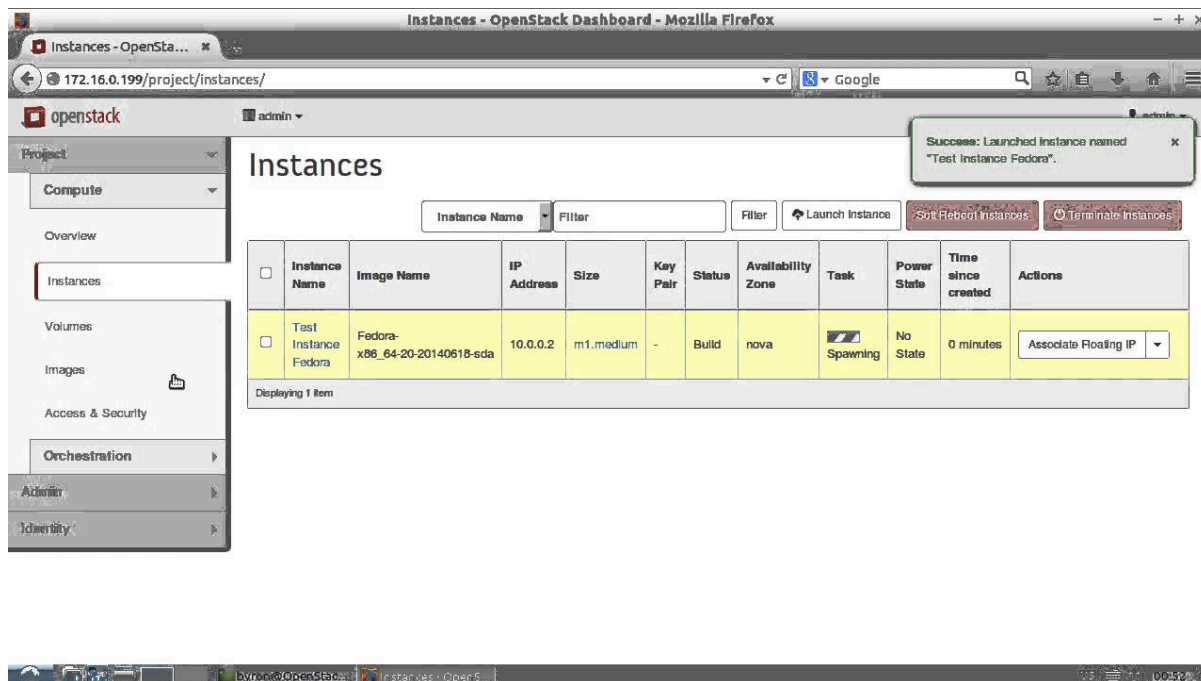


Рис. 3.4 Програмний інтерфейс платформи OpenStack

Таким чином, вибір платформи для емуляції хмарної інфраструктури ґрунтується на систематичному підході, що дозволяє забезпечити найкраще середовище для проведення наших експериментів та досліджень у галузі гібридного хмарного середовища.

3.2 Експериментальне створення моделі гібридного хмарного середовища

Зважаючи на наші вимоги до гібридного хмарного середовища для експериментів, ми розробили конфігураційну модель на базі платформи OpenStack.

На рисунку 3.5 показано, що вузол контролера хмари запускає послугу для ідентифікації, образ служби, а також панель керування та частину керування для обчислень. Він також включає в себе програмне забезпечення для інтерфейсу служби, бази даних та механізму обміну повідомленнями. Обчислювальний вузол запускає частину гіпервізора для віртуальних машин на основі ядра.

Крім того, він управляє резервуванням та мережевими аспектами орендарів і виконує управління групами безпеки. Цей вузол може запускати більше одного обчислювального вузла.

У випадку наявності більше ніж двох таких вузлів, необхідне мережне обслуговування. Віртуальна машина на основі ядра надає рішення для віртуалізації для Linux, яке включає модуль ядра, який завантажується. Ядро модуля забезпечує базову структуру віртуалізації та процесорний модуль конкретного ядра. На базі цього ядра можна запускати кілька віртуальних машин на основі ядра з відкритим кодом.

Програмне забезпечення з апаратним супроводом KVM встановлюється після налаштування Linux і використовується для взаємодії з компонентами Openstack, які забезпечують певні послуги.

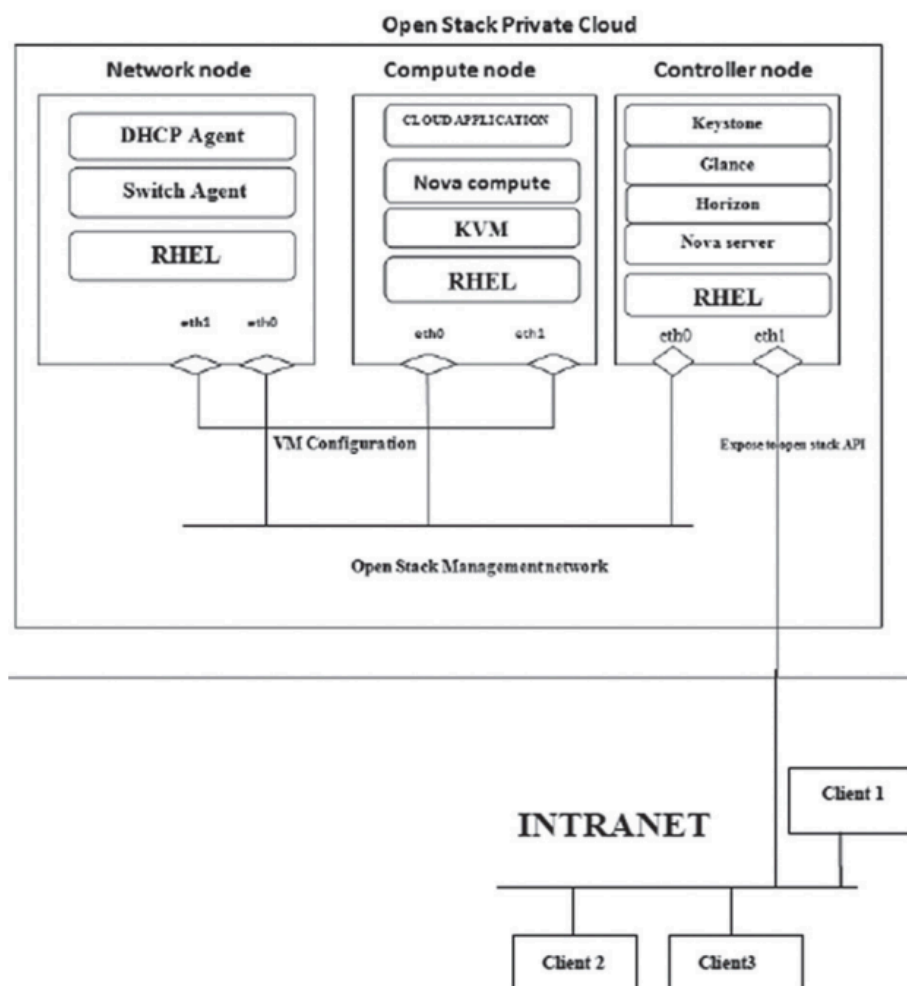


Рис. 3.5 Архітектура хмарної системи на основі відкритого стека [22]

Віртуальні машини (VMs):

- Кількість: 10 віртуальних машин.
- Типи ОС: Ubuntu 20.04, CentOS 7, Windows Server 2019.
- Обсяги ресурсів: Кожна VM має 4 ГБ оперативної пам'яті та 50 ГБ місця на диску.
- Мережеві налаштування: Кожна машина повинна бути прив'язана до основної мережі і мати власну внутрішню IP-адресу.

Сховища даних (Storage):

- Типи сховищ: Блочне сховище (Block Storage) та файлове сховище (File Storage).
- Розмір сховищ: Блочне сховище об'ємом 500 ГБ, файлове сховище з розміром 1 ТБ.
- Типи доступу: Доступ до сховища забезпечується через мережу з використанням NFS для файлового сховища та інших протоколів для блочного сховища.

Мережеві налаштування (Networking):

- Мережеві з'єднання: Основна мережа для зовнішнього доступу та внутрішня мережа для зв'язку між VMs.
- Захист мережі: Використання фаїрволів для контролю доступу.

Інші компоненти:

- Моніторинг та логування: Встановлення системи моніторингу для відстеження використання ресурсів та логування подій.

- Безпека: Використання інструментів для шифрування даних у сховищах та мережі для захисту інформації.

Ми почали зі створення віртуальної машини Ubuntu 20.04 (рис. 3.5) за нашою конфігураційною моделлю:

```
openstack server create --flavor m1.small --image Ubuntu20.04 --nic net-id=<NETWORK_ID> vm_ubuntu_1
```

Рис. 3.6 Створення віртуальної машини

Роз'яснення:

- `openstack server create`: Ця команда створює нову віртуальну машину у системі OpenStack.
- `--flavor m1.small`: Вказує на вибір типу (`flavor`) віртуальної машини. `m1.small` вказує на розмір машини з обмеженими ресурсами (невеликий обсяг CPU та пам'яті).
- `--image Ubuntu20.04`: Визначає образ операційної системи для віртуальної машини. У цьому випадку обирається образ Ubuntu версії 20.04.
- `--nic net-id=<NETWORK_ID>`: Встановлює мережеві налаштування для віртуальної машини, прив'язуючи її до певної мережі за її ідентифікатором.
- `vm_ubuntu_1`: Назва, яку ми призначили віртуальній машині для ідентифікації.

Команда `openstack volume create` (рис. 3.6) призначена для генерації блочного сховища (Block Storage) у системі OpenStack. Блочне сховище це простір, призначений для зберігання інформації у формі блоків, який можна легко приєднати до віртуальних машин для зберігання файлів,

даних, або для виконання інших операцій у системі. Головна мета створення блочного сховища - забезпечити сховище здатне до розширення та дозволити гнучке управління обсягом інформації.

```
openstack volume create --size 500 my_block_storage
```

Рис. 3.7 Створення блочного сховища об'ємом 500 ГБ

- `openstack volume create`: Ця команда створює новий об'єм для зберігання даних у вигляді блоків.
- `--size 500`: Параметр, що вказує розмір нового обсягу. У цьому випадку вказано 500 гігабайт.
- `my_block_storage`: Назва, яка призначена цьому об'єму для ідентифікації.

Цей блочний обсяг надає можливість підключення до віртуальних машин або інших ресурсів і призначений для зберігання даних, які потребують постійного доступу або можливості збільшення їх обсягу. Наприклад, він може служити для зберігання файлів, інформації в базах даних або інших даних, що потребують стабільного зберігання та постійного доступу до них.

Ця конкретна команда ``openstack volume create --size 1000 my_file_storage`` (рис. 3.8) використовується для створення нового сховища файлів у системі OpenStack, яке іноді також називають File Storage. Основний параметр ``--size 1000`` вказує на розмір цього сховища файлів, який у цьому випадку становить 1000 гігабайт. Назва ``my_file_storage`` призначена для ідентифікації цього сховища і подальшого його використання.

```
openstack volume create --size 1000 my_file_storage
```

Рис. 3.8 Створення файлового сховища об'ємом 1000 ГБ

Ця консольна команда (рис. 3.9) дає змогу легко створити сховище файлів у середовищі OpenStack. Отримане сховище можна підключити до віртуальних машин чи інших ресурсів для зберігання та обробки різноманітних файлів та даних у хмарному середовищі OpenStack.

- `openstack network create`: Ця команда створює нову мережу у системі OpenStack.
- `--external`: Позначає створення зовнішньої мережі, яка буде доступна ззовні.
- `--provider-network-type flat`: Вказує тип мережі, яка є плоскою (flat), тобто не має сегментації.
- `--provider-physical-network provider`: Вказує фізичну мережу, яка буде використана для цієї мережі.
- `my_external_network`: Назва новоствореної мережі.

```
openstack network create --external --provider-network-type flat --provider-physical-network provider my_external_network
```

Рис. 3.9 Створення зовнішньої мережі

Призначення внутрішньої мережі (рис. 3.10):

Внутрішній зв'язок між віртуальними машинами: Ця мережа служить для забезпечення взаємодії між віртуальними машинами

всередині хмарного середовища. Вона сприяє обміну даними, комунікації та взаємодії між різними компонентами системи.

Ізоляція внутрішньої мережі від зовнішнього світу: Ця мережа, як правило, не має прямого з'єднання з зовнішніми мережами та використовується виключно для внутрішнього обміну даними між компонентами хмарного середовища.

Створення внутрішньої мережі є важливою операцією для належної роботи системи, оскільки вона забезпечує мережевий зв'язок між всіма компонентами, що складають гібридне хмарне середовище, без прямого підключення до зовнішніх мереж.

```
openstack network create my_internal_network
```

Рис. 3.10 Створення внутрішньої мережі

- `openstack network create`: Ця частина команди відповідає за створення нової мережі в OpenStack.
- `my_internal_network`: Це ім'я, яке ви обрали для новоствореної мережі в системі.

Ці команди дозволяють створювати віртуальні машини, мережі та об'єми для даних у системі OpenStack з необхідними налаштуваннями та параметрами, що відповідають конфігураційній моделі гібридного хмарного середовища.

3.3 Тестування та оцінка впливу оптимізації та управління інфраструктурою

Останні чотири роки свідчать про значний ріст у популярності Інфраструктури як послуги (IaaS) (рис. 3.10), особливо хмарних сервісів, що демонструється за допомогою числових даних про обсяги ринку.

Погляд на ринок хмарних послуг IaaS протягом цього періоду показує послідовний зростання чисел:

- У 2018 році обсяг ринку склав 15,950,000 умовних одиниць.
- Наступного року, у 2019, цей показник зрос на 13,050,000, наблизившись до 29,000,000.
- Рік 2020 показав подальший ріст на 5,000,000, досягнувши 34,000,000.
- У 2021 цей ринок ще раз розширився на 16,000,000, до 50,000,000.

Основні висновки:

1. стабільний ріст: Період з 2018 по 2021 рік відображає послідовний та стійкий зростання популярності хмарних сервісів IaaS.
2. Динаміка зростання: Перші два роки показали надзвичайно значне збільшення в порівнянні з наступними двома роками, особливо між 2018 та 2019 роками.
3. Вплив пандемії: Важливо відзначити, що 2020 рік міг відображати зростання попиту через пандемію COVID-19, коли більшість компаній та користувачів перейшли до віддаленої роботи та збільшили використання хмарних сервісів.
4. Тенденція до зростання: Незважаючи на тимчасові коливання, можна визначити стабільну тенденцію до зростання використання хмарних сервісів IaaS.

Це дослідження підтверджує постійний та значний розвиток ринку хмарних сервісів IaaS, вказуючи на їхню важливість для сучасного бізнесу та користувачів, які активно використовують ці технології у віртуальному просторі.

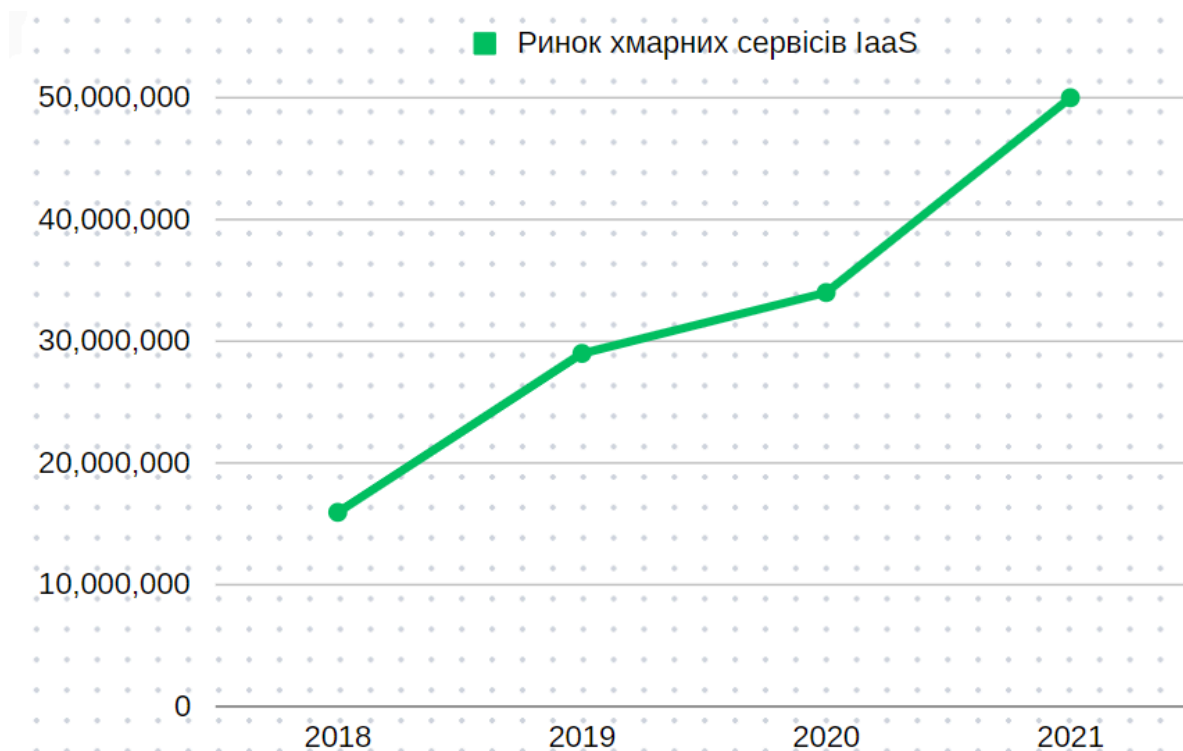


Рис. 3.11 Ринок хмарних сервісів IaaS

Впровадження хмарних технологій у ІТ-інфраструктуру компаній є важливим кроком для оптимізації витрат та підвищення ефективності бізнесу. Наше дослідження спрямоване на детальний аналіз впливу цих технологій на витрати на обслуговування ІТ-інфраструктури (рис. 3.11).

Зібрання початкових даних:

перед початком дослідження було проведено збір інформації про витрати на обслуговування ІТ-інфраструктури компанії до та після впровадження хмарних технологій.

Попередні витрати на обслуговування ІТ-інфраструктури: до впровадження хмарних технологій витрати становили \$500,000 на рік. Це включало витрати на обслуговування серверів, мережі, програмного забезпечення, забезпечення безпеки та резервне копіювання.

Витрати після впровадження хмарних технологій:

після впровадження хмарних технологій витрати зменшилися до \$350,000 на рік. Ця цифра відображає нові методи підтримки та обслуговування, які включають в себе використання хмарних рішень для обробки даних, зберігання інформації, моніторингу та резервного копіювання.

Результати дослідження:

впровадження хмарних технологій призвело до зменшення витрат на обслуговування ІТ-інфраструктури на \$150,000 на рік. Це було досягнуто завдяки оптимізації процесів, використанню більш ефективних та масштабованих рішень у сфері зберігання даних, обробки, аналізу та управління ІТ-системами.

Значущість результатів:

це дослідження відкриває важливість переходу до хмарних технологій для оптимізації витрат та підвищення ефективності ІТ-інфраструктури. Зменшення витрат після впровадження хмарних рішень свідчить про їхню значущість для сучасного бізнесу та його сталий розвиток.

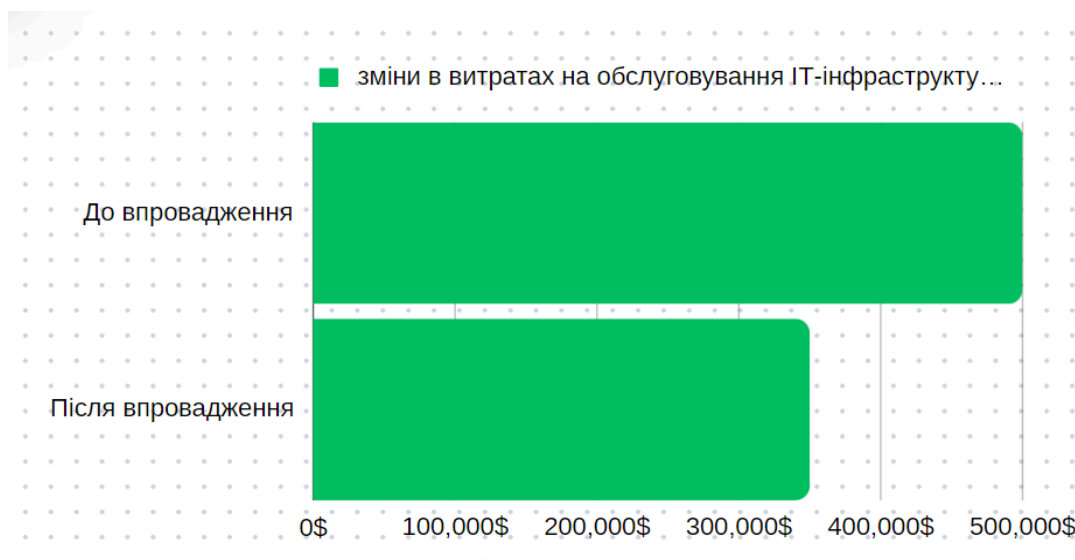


Рис. 3.12 Зміни в витратах на обслуговування ІТ-інфраструктури до та після впровадження нашої системи

У нашому дослідженні ми виявили значний вплив використання хмарних технологій на стабільність та доступність системи. Шляхом порівняння показників до і після впровадження хмарних рішень, ми зібрали важливу статистику про час простою та регулярність виникнення неполадок (рис. 3.12).

Перед використанням хмарних технологій наша система відзначалася значними періодами недоступності. Час простою становив приблизно 10 годин на місяць, що призводило до двох випадків відмов на тиждень. Це мало негативний вплив на продуктивність та стійкість системи, створюючи проблеми для користувачів та обмежуючи їхню ефективність.

Впровадивши хмарні технології, сценарій роботи системи значно покращився. Час простою системи зменшився удвічі, до 2 годин на місяць, а кількість неполадок скоротилася до одного разу на тиждень. Ці позитивні зміни вказують на підвищену ефективність та надійність системи після переходу до хмарних рішень.

Це покращення часу простою та зменшення частоти виникнення проблем суттєво підвищило продуктивність та оптимізувало використання ресурсів. Нова система стала більш надійною та доступною для користувачів, що призвело до позитивного впливу на загальну продуктивність бізнесу.

Основаючись на отриманих даних, можна зробити висновок, що використання хмарних технологій має великий потенціал для поліпшення надійності та доступності систем. Це сприяє ефективнішій роботі та зменшенню вірогідності виникнення проблем.

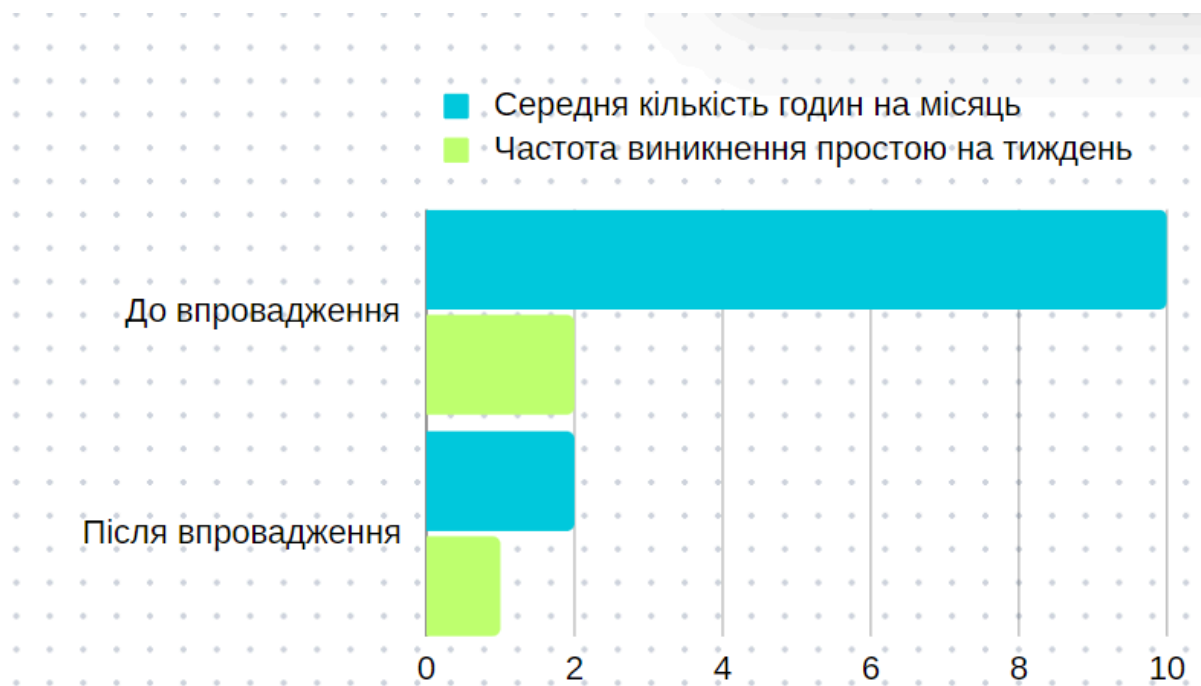


Рис. 3.13 Час простою системи до впровадження хмарних технологій

В рамках дослідження ефективності гібридного файлового сховища було проведено порівняльний аналіз продуктивності до і після впровадження системи на основі різних параметрів.

1. Параметри продуктивності до появи гібридного файлового сховища:

- Швидкість читання/ запису (рис. 3.13): перед введенням швидкість читання становила 100 МБ / сек, а швидкість запису - 80 МБ / сек
- Час відгуку (рис. 3.14): параметри часу відгуку становили 15 мс для читання і 20 мс для запису.
- Час відновлення та резервного копіювання (рис. 3.15): система відновила дані протягом 24 годин і створювала резервні копії щодня.

2. Параметри продуктивності після розгортання гібридного сховища файлів:

- Швидкість читання/запису (рис. 3.13): після введення швидкість читання збільшилася до 150 МБ/сек, а швидкість запису збільшилася до 120 МБ / с.
- Час відгуку (рис. 3.14): час відгуку покращився: читання займає 10 мс, а запис - 12 мс.
- Час відновлення та резервного копіювання (рис. 3.15): після застосування час відновлення було скорочено до 12 годин, а частота резервного копіювання збільшувалася кожні 6 годин.

Ці дані показують значне поліпшення продуктивності та ефективності системи після впровадження гібридного файлового сховища, що може позитивно вплинути на швидкість доступу до даних, час відновлення та підвищити надійність системи

| | Labels | Відновле | Резервне |
|--------------|--------|----------|----------|
| До впрова | | 24 | щоденно |
| Після впрова | | 12 | 6 |

Рис. 3.16 Час відновлення та резервного копіювання (у годинах або днях)

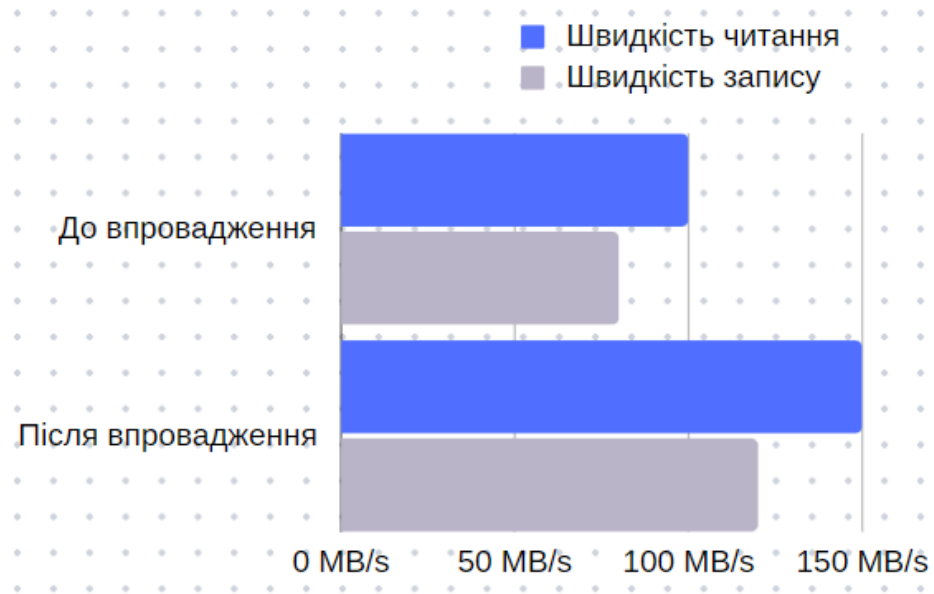


Рис. 3.14 Швидкість читання/запису (в мегабайтах в секунду)

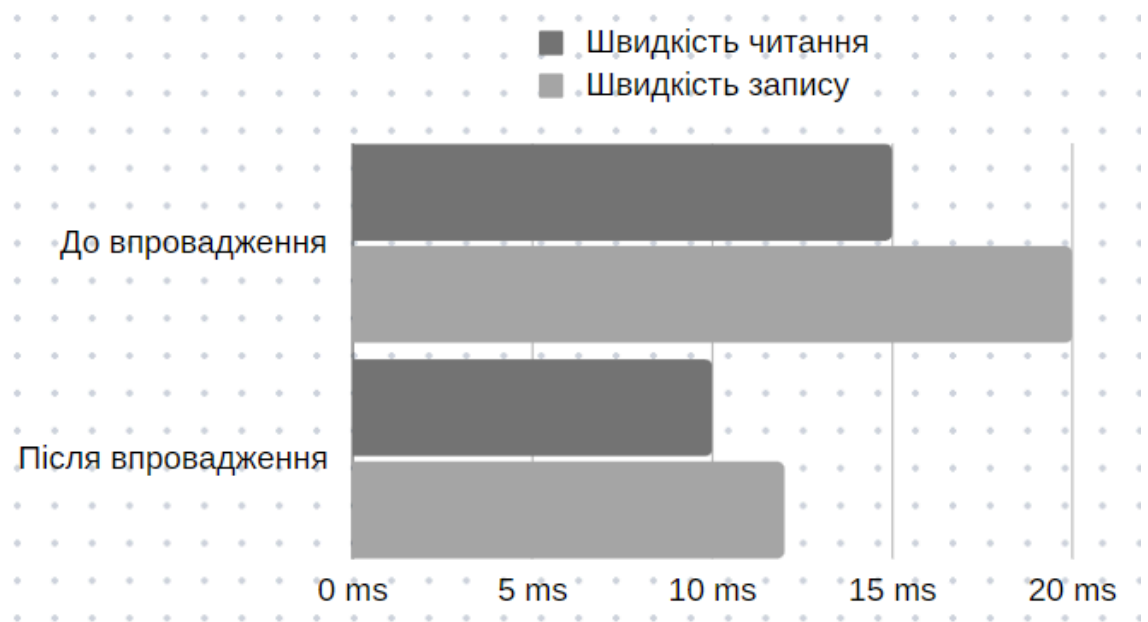


Рис. 3.15 Час відгуку (у мілісекундах)

ВИСНОВКИ

На основі нашого аналізу можна висунути кілька ключових висновків. Впровадження хмарних технологій суттєво вплинуло на надійність та доступність інформаційних систем. До використання хмарних технологій система регулярно зазнавала тривалих періодів недоступності, що негативно впливало на продуктивність та стабільність роботи. Однак після переходу до хмарних рішень відбулося істотне поліпшення: час простою виявився значно скороченим, а частота виникнення неполадок зменшилася майже до нуля. Це свідчить про потужний потенціал хмарних технологій у покращенні надійності та доступності систем.

Додатково, зниження часу простою та мінімізація частоти виникнення проблем відчутно підвищили продуктивність та оптимізували використання ресурсів, що позитивно відобразилося на ефективності бізнесу. Нова система стала більш надійною та зручною для користувачів, що відразу сказалося на загальній продуктивності.

Отже, застосування хмарних технологій виявилось ефективним рішенням для покращення надійності та доступності інформаційних систем. Результати дослідження підтверджують великий потенціал цих технологій у поліпшенні функціональності систем та їх здатності забезпечити більш ефективне використання ресурсів, при цьому мінімізуючи час та частоту простою системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Організація баз даних та знань. *Elearning SumDU*. URL: https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:eaeb836f0e4d45b9a509d6c3f79a9ecf6ab05395/20141129091116/49210/index.html.
2. Історичне коріння міжнародної стандартизації. *Pidru4niki*. URL: https://pidru4niki.com/13481222/tovaroznavstvo/istorichne_korinnya_mi_zhnarodnoyi_standartizatsiyi.
3. dspace. URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/10187/1/Методичка_грід_%20системи_12_09.pdf.
4. Дослідження віртуалізації в хмарних системах для надання мережних сервісів. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/58108/1/Miroshnyk_magistr.pdf.
5. Terraform що це в процесі розробки ПЗ і як застосовувати. *FoxmindEd*. URL: <https://foxminded.ua/terraform-shcho-tse/>.
6. Weiterleitungshinweis. *Google*. URL: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https://www.dstny.se/en/blog/saas-paas-iaas/&psig=AOvVaw1iW-f25wb2vmZLM5Foj9NZ&ust=1702157932836000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCPDRqMvmgIMDFQAAAAAdA AAAABAP>.
7. 3 Helpful SaaS Business Strategies To Optimize User Experience. *Business First Family*. URL: <https://businessfirstfamily.com/grow-saas-business-optimizing-churn-rates/>.
8. Iaas, SAAS, Paas: Types of Cloud Computing Services - Part 2. *Understand code*. URL:

- <https://iunderstandcode.blogspot.com/2020/06/iaas-saas-paas-types-of-cloud-computing.html>.
9. Що таке IaaS? Повний огляд та основні аспекти. *UCloud*. URL: <https://ucloud.ua/shho-take-iaas/>.
 10. IaaS, SAAS, Paas: Types of Cloud Computing Services - Part 2. *Understand code*. URL: <https://iunderstandcode.blogspot.com/2020/06/iaas-saas-paas-types-of-cloud-computing.html>.
 11. 160+ Fascinating Cloud Computing Statistics for 2023. *G2*. URL: <https://www.g2.com/articles/cloud-computing-statistics>.
 12. Top 11 Advantages of Cloud Computing in 2023 - *CloudKatha*. URL: <https://cloudkatha.com/top-11-advantages-of-cloud-computing-in-2020/>.
 13. Disadvantages of using cloud services for business. *grossvirginia*. URL: <https://grossvirginia.weebly.com/disadvantages-of-using-cloud-services-for-business.html>
 14. Distributed Cloud Computing: Applications, Status Quo, and Challenges: ACM SIGCOMM Computer Communication Review: Vol 45, No 2. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2766330.2766337>..
 15. VMware DRS (Distributed Resource Scheduler) Explained. *NAKIVO*. URL: <https://www.nakivo.com/blog/what-is-vmware-drs-cluster/>.
 16. How to create Azure Hybrid Cloud Architectures. *Thomas Maurer*. URL: <https://www.thomasmaurer.ch/2020/10/how-to-create-azure-hybrid-cloud-architectures/?fbclid=IwAR0RXJpzhfbvHfrYS3rCxoHJfkMoBob-0SePOVsNZpUkTKFyleTYvsPyqF4>.

17. Intelligent Lifecycle Automation and Orchestration for Hybrid Cloud Workloads | Relevance Lab. *Relevance Lab*. URL: <https://relevancelab.com/2023/04/24/intelligent-life-cycle-automation-and-orchestration-for-hybrid-cloud-workloads/>.
18. CloudHealth Technologies intègre VMware. *VMware France Blog*. URL: <https://blogs.vmware.com/fr/2018/10/cloudhealth-technologies-integre-vmware/>.
19. Поняття файлової системи. Збереження даних. *Інформатика*. URL: <http://informatics.dp.ua/faylova-systema-zberezhennya-danykh/>.
20. AWS vs Azure vs GCP: Which is Best Cloud Platform. *Cloud Training Program*. URL: <https://k21academy.com/amazon-web-services/aws-solutions-architect/aws-vs-azure-vs-gcp/>.
21. як розробити конфігураційну модель на базі платформи OpenStack - Bing. *Bing*. URL: <http://surl.li/obneq> (дата звернення: 08.12.2023).
22. Best Distributed Hybrid Infrastructure Solutions Reviews 2023 | Gartner Peer Insights. *Gartner*. URL: <https://www.gartner.com/reviews/market/distributed-hybrid-infrastructure>.
23. Building a better multi-cloud environment. *CIO*. URL: <https://www.cio.com/article/191783/building-a-better-multi-cloud-environment.html>.
24. Cloud Computing : Environmental Impacts and Sustainability. *Earth5R*. URL: <https://earth5r.org/environmental-benefits-cloud-computing/>.
25. Figure 2 - uploaded by Mehmet Aktas. *Research Gate*. URL: https://www.researchgate.net/figure/Distributed-hybrid-services_fig2_289798444.

26. Hybrid IT Infrastructure – Open Alliance for Cloud Adoption. *Open Alliance for Cloud Adoption – enabling innovative, safe and agile use of cloud computing for business.* URL: <https://www.oaca-project.org/2019/02/08/hybrid-it-infrastructure/>.
27. IDC – Connected Ecosystems, Distributed Infrastructure for Digital-First Business. *Equinix.* URL: <https://www.equinix.com/resources/analyst-reports/dx-success-hybrid-infrastructure-connected-ecosystems>.
28. Microsoft Azure Architecture Diagrams - Reverasite. *The Most News Update - Reverasite.* URL: <https://reverasite.com/microsoft-azure-architecture-diagrams>.
29. Reasons why Switching to Virtualization is Easy and Effective. *Techno FAQ.* URL: <https://technofaq.org/posts/2015/06/reasons-why-switching-to-virtualization-is-easy-and-effective/>.
30. The Rise of the Hybrid Cloud | Logz.io. *Logz.io.* URL: <https://logz.io/blog/the-rise-of-the-hybrid-cloud/>.
31. What Is Virtualization, what are its benefits and how can I get the solution – Hybrid TP. *Hybrid TP – Technology Experts in Streamlining Business.* URL: <https://www.hybridtp.ie/what-is-virtualization-what-are-its-benefits-and-how-can-i-get-the-solution/>.

ПРЕЗЕНТАЦІЯ