

ЛЕПЕТУН МИХАЙЛО

Міжнародний класичний університет імені Пилипа Орлика

<https://orcid.org/0009-0001-3870-7621>moyovir0608@gmail.com

ПЕРЕПЕЛИЦЯ АРТЕМ

Міжнародний класичний університет імені Пилипа Орлика

<https://orcid.org/0009-0007-9117-4047>temachga@gmail.com,

БАТАЄВ СЕРГІЙ

Ворицький університет

<https://orcid.org/0009-0009-9564-9403>serg.bataiev@eleks.com

ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ (ІОТ): ВЗАЄМОДІЯ МІЖ ХМАРНИМИ СЕРВІСАМИ ТА ПІДКЛЮЧЕНИМИ ПРИСТРОЯМИ В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ

Порівняльний аналіз дав змогу зрозуміти, як хмарні обчислення у поєднанні з пристроями Інтернет речей можуть доповнювати один одного за допомогою спільних елементів, таких як характер взаємодії, зв'язок, можливості для обробки великих даних та можливості їх зберігання. Під час дослідження розглянута можливість поєднання хмарних технологій з пристроями Інтернет речей на прикладі інтегрованої системи з використанням різних платформ у хмарній інфраструктурі для виконання різних запитів та задач.

Ключові слова: великі дані, інтеграція, Інтернет речей, кібербезпека, фреймворк, хмарні обчислення, хмарні платформи.

LEPETUN MYKHAILO

Pylyp Orlyk International Classical University

PEREPELYTSIA ARTEM

Pylyp Orlyk International Classical University

BATAIEV SERGIJ

The University of Warwick

CLOUD TECHNOLOGIES AND THE INTERNET OF THINGS (IOT): THE INTERACTION BETWEEN CLOUD SERVICES AND CONNECTED DEVICES IN THE INTERNET OF THINGS

The gradual development of information and digital technologies has expanded the possibilities of intelligent data transfer, which is now widely used to solve everyday problems. Among these technologies is the acquisition and processing of data from IoT devices, which may contain a large amount of data to be stored in a cloud database, raising concerns about security and delays in processing requests for data. To this end, it is necessary to analyse the main differences between cloud computing and the capabilities of IoT devices.

The study focuses on the interaction between cloud computing and connected devices of the Internet of Things. The author analyses the role of cloud platforms in ensuring efficient processing and storage of a large amount of data collected from connected devices. In accordance with the purpose of this study, a comparative analysis of the general characteristics of two technologies - cloud computing and the Internet of Things - was carried out in order to establish the relationship between cloud platforms and connected devices, with the aim of identifying the main advantages and disadvantages for an integrated system. The analysis provided insight into how cloud computing combined with IoT devices can complement each other through common elements such as the nature of interaction, connectivity, big data processing capabilities, and storage capabilities. The study considers the possibility of combining cloud computing with IoT devices on the example of an integrated system using different platforms in the cloud infrastructure to perform various requests and tasks. Analyzed according to the results of the integrated cloud computing system with IoT devices the possibility of improving the relationship, which will improve the processing of large amounts of data and increase the level of cyber defense through the use of cloud platforms and frameworks.

Keywords: big data, integration, Internet of Things, cybersecurity, framework, cloud computing, cloud platforms.

Постановка проблеми.

Незважаючи на стрімкий розвиток хмарних технологій, які у поєднанні з фізичними пристроями дозволяють отримувати, оброблювати та зберігати дані за допомогою хмарних платформ, також необхідно враховувати проблеми балансу між зручністю використання та безпекою [1]. З одного боку хмарні рішення надають легкий доступ до обчислювальних ресурсів та забезпечують гнучкість, а з іншого боку викликають занепокоєння щодо питань захисту конфіденційності, цілісності та доступності даних в умовах зростаючої кількості кібернетичних загроз [2].

Другорядною проблемою є ефективне управління великими обсягами даних, які генеруються та зберігаються в хмарних сервісах, в яких можуть бути присутні такі фактори, як нестабільність мережі та високий рівень залежності (попит) від хмарної інфраструктури. Збільшення попиту на хмарні сервіси може призвести до проблем з доступністю та надійністю таких сервісів, що обумовлюється виникненням збоїв та затримок у часі [3]. Низька затримка в деяких застосунках Інтернет речей, наприклад, медична діагностика, автономні автомобілі, діагностика енергетичного сектору вимагають мінімальної затримки, але у разі значних затримок може викликати труднощі у хмарних платформах, оскільки вони можуть мати затримки при обробці та передачі даних [4].

Інтернет речей у поєднанні з хмарними послугами та платформами стикається зі специфічними проблемами безпеки та конфіденційності даних, а також впливає на керування великим обсягом даних. Збільшення кількості підключених пристроїв впливає на збільшення кількості кібератак, де вкрай вразливими є хмарна інфраструктура та пристрої Інтернет речей. Конфіденційність впливає на збір та обробку особистих даних отриманих з пристроїв Інтернет речей, що може порушувати особисті права користувачів (інформація про місце розташування, здоров'я, фінансовий стан, а в окремих випадках дані побутових приладів та обладнання) [5].

Хмарні сервіси можуть бути схильними до атак особливо в тих випадках, якщо вони не налаштовані належним чином. Наприклад, проведення кібератак відбувається пошуком вразливостей в програмному забезпеченні хмарного сервісу з метою отримання доступу до даних, що зберігається в ньому.

Керування великим обсягом даних з великою кількістю пристроїв Інтернет речей є актуальною проблемою, що пояснюється генеруванням великого обсягу даних, які потребують ефективного зберігання, обробки та аналізу. Тому керування великим обсягом даних інколи може створювати труднощі в управлінні та використанні цих даних. Деякі хмарні провайдери пропонують доволі широкий спектр функцій, які в залежності від поставлених задач містять конкретне застосування [6].

Тому для вирішення вищезазначених проблем необхідно розглянути характерні особливості взаємозв'язку між хмарними технологіями та Інтернет речей для того, щоб проаналізувати основні переваги та недоліки кожної з технологій. Після чого необхідно дослідити умови для інтеграції хмарних сервісів з підключеними пристроями Інтернет речей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Обробка великого обсягу даних є доволі трудомістким завданням, яке потребує великих обчислювальних кластерів для забезпечення успішного зберігання та обробки даних. Деякі з досліджень спрямовані на вивчення взаємозалежності між хмарними технологіями та Інтернет речей. Наприклад, у роботі [7] обговорюються визначення, класифікація та характеристика великих даних у поєднанні з різними хмарними сервісами – Microsoft Azure, Google Cloud та Amazon Web Services. У роботі [8] авторами розглядаються великі дані та хмарні обчислення, де авторами проводиться аналіз переваг та досліджуються наслідки використання хмарних обчислень для роботи з великими даними. Водночас з тим, коли великі дані відповідають за зберігання та обробку даних, хмара забезпечує надійне, доступне та масштабоване середовище для функціонування систем великих даних, отриманих з різних технологічних та фізичних джерел, наприклад, датчики, мобільні пристрої, Інтернет тощо. Тому варто зазначити, що хмарні обчислення та великі дані доповнюють одне одного у поєднанні з пристроями Інтернет речей.

Деякі дослідження в Україні, які пов'язані з взаємодією хмарних платформ та пристроями Інтернет речей наведені у роботі [9], де описується порівняння хмарних платформ AWS, Microsoft Azure, Google Cloud Platform, IBM Bluemix та Samsung Artik Cloud. Незважаючи на те, що описані платформи мають ефективно застосування в залежності від завдань та рішень Інтернет речей, водночас з цим авторами зроблено припущення, що для обміну даними великого обсягу у поєднанні хмарних технологій з Інтернет речей доцільніше проводити у платформі Samsung Artik Cloud.

Інтернет речей містить безліч широко розповсюджених та різномірних речей з обмеженими можливостями зберігання та обробки даних, що є перешкодою для розробки розумних додатків на основі технології Інтернет речей, що пов'язано зі складнощами, наприклад, масштабованість, продуктивність, доступність та інше. Тому хмарні обчислення в поєднанні з технологією Інтернет речей є одним з ефективних рішень для подолання цих обмежень. У роботі [10] автором досліджувалася хмарна платформа Інтернет речей, де описано її властивості комунікації, обробки та зберігання даних. Така платформа здатна використовувати ресурси та сервіси хмари для збору, передачі, аналізу, обробки та зберігання даних, що генерується різномірними об'єктами.

Кібербезпека є найважливішим фактором, який впливає безпеку та цілісність оброблених даних для зберігання. Для вирішення проблем кіберзахисту поступово впроваджуються спеціальні інтегровані платформи з вшитим фреймворком. Один з таких прикладів описується в роботі [11], де автором представлено структуру кіберзахисту для наскрізних платформ Інтернету речей, що має назву "DRAFT", яка розроблена з метою зменшення зростання кількості кібератак на додатки та хмарні сервіси Інтернет речей. Фреймворк "DRAFT", який інтегрований в наскрізну платформу Інтернет речей дозволяє проводити тестування кібератак та діагностику системи, яка складається з інфраструктури оцінки ризиків, інструментів моніторингу інцидентів і подій безпеки, а також інфраструктури, яка стійка до кібератак.

На основі дослідження в роботі [12], де авторами обговорюються виклики, які виникають у зв'язку з інтеграцією хмарних обчислень та Інтернет речей, в даній роботі розглядається загальна структура, яка складається з хмарних сервісів та сервісу підключених пристроїв Інтернет речей. За основу взята архітектура, яка використовує поточні хмарні сервіси або пропонує додати нові для підтримки різних застосунків. Однак варто зазначити, що така інтеграція, яка охоплює хмарні обчислення та Інтернет речей може породжувати нові виклики з питань безпеки, що обумовлюється приростом кібератак та пошуком вразливостей у запропонованій системі. У роботі [3] представлено комплексний огляд сприятливих умов для хмарної архітектури, сервісів, конфігурацій та моделей безпеки Інтернет речей. Авторами запропонована класифікація проблем безпеки хмарного середовища у поєднанні з пристроями Інтернет речей, яка

складається з основних критеріїв – дані, мережі та сервіси, додатки та проблеми безпеки з врахуванням людського фактору.

Метою даного дослідження є проведення порівняльного аналізу характеристик технологій хмарних обчислень та Інтернет речей для встановлення взаємозв'язку між хмарними платформами та підключеними пристроями з метою виявлення переваг та недоліків для інтегрованої системи. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: на основі літературного огляду з'ясувати основні актуальні проблеми хмарних технологій у поєднанні з Інтернет речей; на основі проаналізованих джерел проаналізувати основні ризики утворення проблем (обробка та зберігання даних великого обсягу та кіберзахист) в інтегрованій системі хмарної платформи Інтернет речей; порівнюючи можливості хмарних обчислень та Інтернет речей проаналізувати поєднання двох систем (хмарні платформи з проміжним програмним забезпеченням Інтернет речей та хмарні сервіси з сервісом Інтернет речей).

Виклад основного матеріалу.

Сучасні технології протягом останніх десяти років зазнали трансформаційних процесів, які посприяли розвитку та вдосконаленню обміну інформації завдяки фізичним пристроям, мережам та хмарним сервісам для збереження отриманих даних. Як відомо, концепція Інтернету речей містить актуальний характер, що обумовлено розвитком мобільних пристроїв, які охоплюють комунікаційні технології, хмарні обчислення та аналітику даних. Незважаючи на те, що Інтернет речей складається з фізичних пристроїв, підключених через Інтернет для збору та накопичення інформації за допомогою датчиків, також не менш важливими є хмарні технології (хмарні обчислення), які містять необмежені обчислювальні можливості для обробки та зберігання даних[13].

Таблиця 1

Відмінності між хмарними обчисленнями та Інтернет речей для інтеграції

Елементи	Хмарні обчислення	Інтернет речей
Характеристики	Хмара слугує для виконання повсякденної рутини людських потреб	Підключені пристрої слугують для виконання задач (збір, обробка та аналіз даних) в автономному режимі
Призначення	Забезпечує доступ до ресурсів та послуг на запити з вимогами користувачів.	Забезпечує збір, обмін та використання даних для автоматизації та вдосконалення функціонування різних систем.
Основна ідея	Фокусується на наданні доступу до обчислювальних ресурсів через мережу Інтернет.	Складається з мережі фізичних пристроїв, обладнаних датчиками, які здатні між собою обмінюватися даними через мережу.
Характер взаємодії	Дані та обчислювальні завдання обробляються централізовано на віддалених серверах (хмарі).	Процес обміну та обробки даних відбувається децентралізовано на самих пристроях та локальних серверах.
Зв'язок та комунікації	Можуть використовуватися для зберігання та обробки даних, які генеруються пристроями Інтернет речей.	Дані, зібрані пристроями Інтернет речей можуть передаватися для обробки та зберігання в хмарному середовищі.
Можливості для обробки	Містять необмежені віртуальні обчислювальні можливості.	Містить обмежені обчислювальні можливості.
Можливості зберігання даних	Необмежені можливості зберігання даних.	Обмежений обсяг пам'яті або відсутність пам'яті ємності або без неї.
Підключення	Використовує інтернет для надання послуг.	Використовує інтернет як точку обміну.
Великі дані, обсяг та характер даних	Це засіб, за допомогою якого можна керувати великими даними. Використовується для обробки великих обсягів даних, що включає аналіз, зберігання та обробку великих потоків інформації.	Це джерело великих даних, яке здебільшого фокусується на зборі та обробці даних від великої кількості різних пристроїв та датчиків.

Джерело: сформовано автором на основі [15]

Взаємодія між хмарними обчисленнями та Інтернет речей спрямована на підвищення ефективності виконання рутинних завдань за допомогою взаємодоповнюючих можливостей, наприклад, Інтернет речей має змогу генерувати багато даних, а хмарні обчислення надають можливість цим даним переміщатися та зберігатися. Існує безліч хмарних провайдерів, які користуються цим, щоб забезпечити модель оплати за

фактом використання, коли клієнти платять за конкретні використані ресурси. Завдяки розвитку інформаційних та комунікаційних технологій можливо поєднувати Інтернет речей та хмарні обчислення, що прискорить зростання систем Інтернету речей та хмарних сервісів. Хмарна інфраструктура відповідає за розгортання додатків для швидкої обробки та аналізу даних, що сприяє для прийняття найкращих рішень [14].

Для того, щоб проаналізувати можливості хмарних обчислень та Інтернет речей розглянемо основні елементи для створення інтегрованої системи. У табл. 1 наведені основні відмінності між хмарними обчисленнями та підключеними пристроями Інтернет речей.

Як видно з табл. 1 можливості хмарних обчислень дозволяють доповнювати можливості використання Інтернет речей, що пояснюється наступним: характер взаємодії (де хмарні обчислення включають обчислювальні завдання, які обробляються централізовано на віддаленому сервері, а Інтернет речей обробляє отримані дані децентралізовано на пристроях за допомогою локальних серверів); зв'язок та комунікації (зібрані дані пристроями Інтернет речей передаються, обробляються та зберігаються в хмарному середовищі); можливості для обробки даних, де кожна технологія має протилежні обчислювальні можливості; підключення відіграє роль для надання послуг хмарними сервісами, а точкою обміну слугує для Інтернет речей. Великі дані висуваються в ролі засобу керування великими даними для хмарних сервісів, а в ролі джерела великих даних є велика кількість різних пристроїв та датчиків для збору та обробки даних.

Розглянемо більш детально можливості інтегрованої системи хмарних платформ у поєднанні з пристроями Інтернет речей. Пристрої Інтернет речей, які використовують загальні API та внутрішню інфраструктуру можуть миттєво отримувати важливі оновлення безпеки за допомогою хмари, що підвищує безпеку та конфіденційність користувачів завдяки поєднанню Інтернет речей та хмарних обчислень. Окрім того, хмарні обчислення допомагають співпрацювати в розробці Інтернет речей, де використовуючи хмарні платформи розробники мають змогу зберігати дані віддалено й можуть мати до них безпечний та безперешкодний доступ. На основі табл. 1 розглянемо інтеграцію хмарних платформ з підключеними пристроями Інтернет речей, як показано на рис. 1.

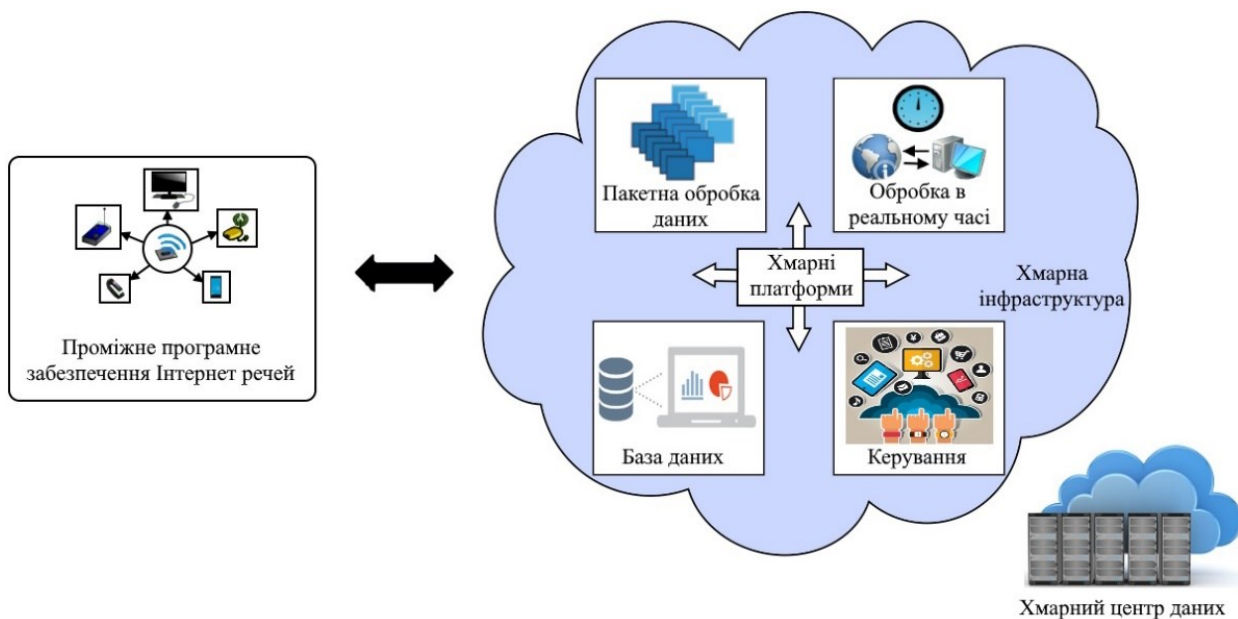


Рисунок 1 Інтеграція хмарних платформ з підключеними пристроями Інтернет речей
Джерело: сформовано автором на основі [16]

Системи управління базою даних протягом тривалого часу використовувалися для зберігання та доступу до даних у великій кількості додатків, однак зростання кількості користувачів і даних вказує на те, що велика кількість даних для такої системи може бути непридатною. Для цього розглядаються та впроваджуються хмарні платформи та сервіси, які дозволяють задовільнити ці потреби й зможуть забезпечити високу масштабованість, зберігання та обробку даних. Розглянемо окремо кожен хмарну платформу, яка показана на рис. 1.

Пакетна обробка даних.

Обробка та аналіз великих обсягів даних є найважливішою вимогою, яка повинна обов'язково розглядатися в інтеграції хмарних платформ з пристроями Інтернет речей. Компоненти пакетної обробки відповідають за виконання серії завдань без ручного втручання, що забезпечує більший розподіл та високу пропускну здатність. В якості фреймворку розглядається Hadoop, який містить відкритий вихідний код для управління великими обсягами даних. Фреймворк складається з трьох компонентів: розподілена файлова система, яка відповідає за зберігання розподілених даних через кластер серверів, забезпечуючи при цьому надійність масштабованість та високу пропускну здатність; вбудований фреймворк MapReduce, який використовується для обробки та аналізу великих масивів даних, планування завдань на головному сервері

та управління ресурсами кластера на підлеглих серверах; менеджер пакетів YARN, який дозволяє відокремити функції управління ресурсами від моделі програмування, включивши новий рівень, який абстрагується від управління ресурсами, одночасно дозволяючи нові моделі програмування.

На противагу фреймворку Hadoop також використовуються інші фреймворки для пакетної обробки, де одним з таких фреймворків є Apache Spark, який характеризується швидкістю обробки великих обсягів даних з низькою затримкою у часі. Такий фреймворк включає в себе відмовостійку обробку великих даних та вводить нову абстракцію стійкого розподіленого набору даних. Перевагами такого набору даних є те, що вони можуть зберігатися в пам'яті і можуть відновлювати втрачені дані без реплікації за допомогою алгоритму логістичної регресії. Spark містить унікальну для кожного додатку архітектуру на основі драйверів, що забезпечує ізоляцію між додатками, але додатки для спільного використання даних повинні бути записані на зовнішньому сховищі [16-17].

Обробка в реальному часі.

Хмарна платформа, яка відповідає за обробку даних в реальному часі впливає на прийняття рішень у критично важливих системах для відстеження змін за допомогою цифрових пристроїв. Прикладом такої платформи може бути Apache Storm, яка є розподіленою системою з відкритим вихідним кодом для обробки потоків даних в режимі реального часу. Така система містить архітектуру німба-супервізора, що координується і базується на орієнтованих графах Zookeeper, де вершини представляють собою обчислювальні компоненти, а ребра є потоками даних між компонентами. Система містить компоненти, за допомогою яких отримуються дані в топології й передають їх болтам, які відповідають за обробку даних та передачу їх наступному набору болтів або сховищу даних у тих випадках, коли це необхідно [16].

База даних

Зосереджуючись більше на зберіганні та запитах до великих обсягів даних, розподілені бази даних містять механізми, які дозволяють реалізувати деякі традиційні функції системи управління базою даних в розподіленому середовищі з високою доступністю та низькою затримкою. Деякі з платформ дозволяють розподіляти та зберігати доступ до великих наборів даних у реальному часі, де одним з таких прикладів є платформа Druid з відкритим вихідним кодом. Потреба у зберіганні та обчисленнях спонукала до появи платформ, які мають можливість зберігати великі обсяги даних, однак деякі платформи на прикладі Hadoop не можуть гарантувати швидкість доступу до даних та їх зберігання, а також не можуть гарантувати продуктивність запитів, які відбуваються в системі. Тому платформа Druid має на меті вирішити ці проблеми шляхом низької затримки при отриманні та запиті даних.

Архітектура платформи Druid складається з двох основних компонентів – історичних вузлів (які зберігають та запитують дані в будь-який час) та вузлів реального часу (які поглинають потокові дані та відповідають на запити з ними). Серед інших компонентів є координаційні вузли, які відповідають за координацію роботи історичних вузлів для забезпечення доступності та реплікації даних, де брокери отримують запити та пересилають їх на вузли реального часу та історичні вузли, а вузли-індикатори отримують пакетні дані в реальному часі такої системи. Тому основною функцією вузлів реального часу є відповідність даних в реальному часі з побудовою сегментів для застарілих даних, які вони надсилають на історичні вузли. Історичні вузли зберігають дані в глибокому сховищі і завантажують їх в пам'ять, коли це потрібно координаційному вузлу.

Керування, відстеження та розгортання

Багато систем містять веб-інтерфейс для моніторингу та візуалізації розгорнутого кластера. Проте, в розгорнутих кластерах з декількома платформами необхідна єдина платформа, яка може розгортати, контролювати і керувати всіма платформами. Наприклад, в екосистемі Hadoop існує платформа Apache Ambari для забезпечення, моніторингу та управління кластерами, яка надає веб-інтерфейс управління з відкритим вихідним кодом, що дозволяє системним адміністраторам легко розгортати нові сервіси Hadoop в кластері, додавати нові вузли, керувати існуючими розгорнутими сервісами та відстежувати стан кластера. Така платформа використовує архітектуру майстра та агента, де майстер містить набір компонентів (які відповідають за моніторинг стану агента та планування дій), а агенти кожні декілька секунд надсилають майстру запити зі статусом і діями, а у відповідь отримують дії для виконання.

Платформа Ambari використовує базу даних для зберігання стану системи, тому у випадку збою майстра, стан системи відновлюється. Окрім того, така платформа використовує розподілену високопродуктивну систему моніторингу (Ganglia) для збору метрик, а система моніторингу IT (Nagios) для оповіщення системи та надсилання електронних листів [16-17].

Хмарна інфраструктура

У хмарному дата-центрі "Інфраструктура, як послуга" є ключовим компонентом для забезпечення можливостей, оскільки вона відповідає за управління, забезпечення та розгортання віртуальних компонентів. Віртуалізація відіграє важливу роль завдяки абстрактним обчислювальним, мережевим і сховищним платформам, які не залежать від фізичного обладнання. Крім того, завдяки віртуалізації можна виконувати декілька операційних систем з кращим використанням апаратного забезпечення, що полегшує відмовостійкість завдяки одночасному розгортанню та забезпечує високу завантаженість серверів з економією витрат і енергії.

Одним з таких рішень є платформа хмарних обчислень OpenNebula з відкритим вихідним кодом для управління віртуалізованими дата-центрами з приватними, публічними та гібридними хмарами. Метою такої платформи є надання відкритого, гнучкого, розширюваного рівня управління для абстрагування мереж, сховищ, віртуалізації, моніторингу та управління в різних публічних хмарах (Amazon Web Services, Microsoft Azure) і приватних хмарах. Всі компоненти OpenNebula згруповані в один ключовий компонент -

хмарну операційну систему, яка керує віртуальною та фізичною інфраструктурами, яка контролює надання віртуальних ресурсів відповідно до потреб сервісів. Система складається з архітектури фронт-енд та хосту, де фронт-енд є головним вузлом у загальній хмарній платформі, що містить сервіси OpenNebula для управління та моніторингу кластера, а кожен хост може розглядатися в якості підлеглою у загальній хмарній платформі, на якому запущено віртуальні машини. Різні сховища даних (системне, сховище зображень та сховище файлів) спільно використовуються через мережу зовнішніми та головними вузлами.

Проміжне програмне забезпечення пристроїв Інтернет речей

Для розгортання проміжного ПЗ використовується безліч різнорідних пристроїв, які містять різні функції, можливості та мови програмування для швидкого доступу до них. На основі проміжного ПЗ користувачі та додатки мають можливість отримувати доступ до даних та пристроїв безпосередньо з набору взаємопов'язаних речей, приховуючи аспекти комунікації низький рівень збору даних.

Глобальні мережі рішень (GSN) є проміжним ПЗ та платформою для обробки потоків даних, що генеруються мережею безпроводних датчиків й забезпечує гнучку інтеграцію між хмарними сервісами та пристроями Інтернет речей. Ключовим поняттям в GSN є віртуальний датчик, який описується за допомогою XML-файлів, що дозволяє абстрагуватися від реалізації деталей доступу до даних датчиків і структури, незважаючи на різні конфігурації потоку даних, які віртуальний датчик споживає і виробляє. Окрім того, GSN містить контейнерну архітектуру, яка складається з декількох рівнів, а саме: менеджер віртуальних датчиків (який керує віртуальними датчиками та базовою інфраструктурою; менеджер запитів (який аналізує, виконує та планує запити користувача).

Таким чином, хмарні платформи мають різні цілі й можуть поділятися на декілька категорій в залежності від отримання та виконання запитів. Для того, щоб контролювати, управляти та пропонувати інфраструктуру для розгортання хмарних платформ проаналізовано різні хмарні інфраструктури, які забезпечують зберігання, мережеві та обчислювальні ресурси, необхідні для підключених пристроїв Інтернет речей та хмарних платформ. Проміжне програмне забезпечення для пристроїв Інтернет речей здатне забезпечувати рівень абстракції для базових пристроїв Інтернет речей, а також механізми взаємодії з хмарними обчисленнями.

Висновки

Проаналізувавши можливості хмарних технологій та пристроїв Інтернет речей можна зробити декілька припущень. По-перше, хмарні обчислення у поєднанні з пристроями Інтернет речей містять відмінну характеристику, яка складається з доповнених елементів один для одного: характер взаємодії (де хмарні обчислення включають обчислювальні завдання, які обробляються централізовано на віддаленому сервері, а Інтернет речей обробляє отримані дані децентралізовано на пристроях за допомогою локальних серверів); зв'язок та комунікації (зібрані дані пристроями Інтернет речей передаються, обробляються та зберігаються в хмарному середовищі); можливості для обробки даних, де кожна технологія має протилежні обчислювальні можливості; підключення відіграє роль для надання послуг хмарними сервісами, а точкою обміну слугує для Інтернет речей; великі дані (засіб керування великими даними для хмарних сервісів, джерело великих даних великої кількості різних пристроїв та датчиків для збору та обробки даних).

По-друге, хмарні технології у поєднанні з пристроями Інтернет речей дають змогу інтегрувати різні платформи у хмарній інфраструктурі для виконання різних запитів та задач. Серед платформ найбільше згадувався фреймворк Hadoop для пакетної обробки, який містить широкий набір інструментів для обробки та аналізу великих обсягів даних. Інші платформи слугують для обробки даних в реальному часі (Apache Storm), в якості бази даних (Druid), для керування та відстеження даних (Ambari), які відносяться до хмарної інфраструктури, яка складається з платформи хмарних обчислень OpenNebula.

По-третє, на основі проаналізованої літератури та наведених результатів інтегрованої системи хмарних обчислень з пристроями Інтернет речей можливо вдосконалити взаємозв'язок, який покращить обробку великого обсягу даних та підвищить рівень кіберзахисту за допомогою застосування хмарних платформ та фреймворків.

Література

1. Stergiou, C., Psannis, K. E., Kim, B. G., & Gupta, B. "Secure integration of IoT and cloud computing." *Future Generation Computer Systems* 78 (2018): 964-975.
2. Баранов, О. А. (2014). Про тлумачення та визначення поняття «кібербезпека». *Правова інформатика*, 2(42), 54-62.
3. Ahmad, W., Rasool, A., Javed, A. R., Baker, T., & Jalil, Z. (2021). Cyber security in IoT-based cloud computing: A comprehensive survey. *Electronics*, 11(1), 16
4. Sohal, A. S., Sandhu, R., Sood, S. K., & Chang, V. (2018). A cybersecurity framework to identify malicious edge device in fog computing and cloud-of-things environments. *Computers & Security*, 74, 340-354.
5. Srivastava, A., Gupta, S., Quamara, M., Chaudhary, P., & Aski, V. J. "Future IoT - enabled threats and vulnerabilities: State of the art, challenges, and future prospects." *International Journal of Communication Systems* 33.12 (2020): e4443
6. Diène, B., Rodrigues, J. J., Diallo, O., Ndoye, E. H. M., & Korotaev, V. V. "Data management techniques for Internet of Things." *Mechanical Systems and Signal Processing* 138 (2020): 106564
7. Sandhu, A. K. "Big data with cloud computing: Discussions and challenges." *Big Data Mining and Analytics* 5.1 (2021): 32-40.
8. Islam, M. & Shamim R. "The rise of big data and cloud computing." *Internet Things Cloud Comput* 7.2

(2019): 45.

9. Гранюк О.В. "Використання хмарних платформ для інтернету речей: порівняльний аспект" // Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення" / Збірник тез доповідей: випуск 28, Тернопіль, 2018, с. 16-20.
10. Pourqasem, J. "Cloud-based IoT: integration cloud computing with internet of things." International Journal of Research in Industrial Engineering 7.4 (2018): 482-494.
11. Datta, S. K. "DRAFT-A Cybersecurity Framework for IoT Platforms." 2020 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC). IEEE, 2020.
12. Othman, M. M., & El-Mousa, A. "Internet of things & cloud computing internet of things as a service approach." 2020 11th international conference on information and communication systems (ICICS). IEEE, 2020
13. Ezz El-Din, H., & Manjaiah, D. H. "Internet of things in cloud computing." Internet of things: novel advances and envisioned applications (2017): 299-311.
14. Kaur, C. "The cloud computing and internet of things (IoT)." International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology 7.1 (2020)
15. Haji, L. M., Ahmad, O. M., Zeebaree, S. R., Dino, H. I., Zebari, R. R., & Shukur, H. M. "Impact of cloud computing and internet of things on the future internet." Technology Reports of Kansai University 62 (5) (2020): 2179-2190.
16. Díaz, M., Martín, C., & Rubio, B. "State-of-the-art, challenges, and open issues in the integration of Internet of things and cloud computing." Journal of Network and Computer applications, 67 (2016): 99-117.
17. Pfandzelter T., Bermbach D. IoT data processing in the fog: Functions, streams, or batch processing? //2019 IEEE International conference on fog computing (ICFC). – IEEE, 2019. – С. 201-206

References

1. Stergiou, C., Psannis, K. E., Kim, B. G., & Gupta, B. "Secure integration of IoT and cloud computing." Future Generation Computer Systems 78 (2018): 964-975. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.11.031> [in English]
2. Baranov, O. A. (2014). Pro tлумachennia ta vyznachennia poniattia «kiberbezpeka». Pravova informatyka, 2(42), 54-62. Retrieved from <https://ippi.org.ua/baranov-oa-pro-tlumachennya-ta-vyznachennya-ponyattya-«kiberbezpeka»> [in Ukrainian]
3. Ahmad, W., Rasool, A., Javed, A. R., Baker, T., & Jalil, Z. (2021). Cyber security in IoT-based cloud computing: A comprehensive survey. Electronics, 11(1), 16 Retrieved from <https://doi.org/10.3390/electronics11010016> [in English]
4. Sohail, A. S., Sandhu, R., Sood, S. K., & Chang, V. (2018). A cybersecurity framework to identify malicious edge device in fog computing and cloud-of-things environments. Computers & Security, 74, 340-354. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cose.2017.08.016> [in English]
5. Srivastava, A., Gupta, S., Quamara, M., Chaudhary, P., & Aski, V. J. "Future IoT - enabled threats and vulnerabilities: State of the art, challenges, and future prospects." International Journal of Communication Systems 33.12 (2020): e4443. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/dac.4443> [in English]
6. Diène, B., Rodrigues, J. J., Diallo, O., Ndoye, E. H. M., & Korotaev, V. V. "Data management techniques for Internet of Things." Mechanical Systems and Signal Processing 138 (2020): 106564 Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2019.106564> [in English]
7. Sandhu, A. K. "Big data with cloud computing: Discussions and challenges." Big Data Mining and Analytics 5.1 (2021): 32-40. Retrieved from <https://doi.org/10.26599/BDMA.2021.9020016> [in English]
8. Islam, M. & Shamim R. "The rise of big data and cloud computing." Internet Things Cloud Comput 7.2 (2019): 45. Retrieved from <https://doi.org/10.11648/j.iotcc.20190702.12> [in English]
9. Hraniuk O.V. "Vykorystannia khmarnykh platform dla internetu rechei: porivnialnyi aspekt" // Mizhnarodna naukova internet-konferentsiia "Informatsiine suspiilstvo: tekhnolohichni, ekonomichni ta tekhnichni aspekty stanovlennia" / Zbirnyk tez dopovidei: vypusk 28, Ternopil, 2018, s. 16-20. [in Ukrainian]
10. Pourqasem, J. "Cloud-based IoT: integration cloud computing with internet of things." International Journal of Research in Industrial Engineering 7.4 (2018): 482-494. Retrieved from <https://doi.org/10.22105/riji.2018.88380> [in English]
11. Datta, S. K. "DRAFT-A Cybersecurity Framework for IoT Platforms." 2020 Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC). IEEE, 2020. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/ZINC50678.2020.9161441> [in English]
12. Othman, M. M., & El-Mousa, A. "Internet of things & cloud computing internet of things as a service approach." 2020 11th international conference on information and communication systems (ICICS). IEEE, 2020. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/ICICS49469.2020.239503> [in English]
13. Ezz El-Din, H., & Manjaiah, D. H. "Internet of things in cloud computing." Internet of things: novel advances and envisioned applications (2017): 299-311. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-319-53472-5_15 [in English]
14. Kaur, C. "The cloud computing and internet of things (IoT)." International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology 7.1 (2020). Retrieved from <https://doi.org/10.32628/IJSRSET196657> [in English]
15. Haji, L. M., Ahmad, O. M., Zeebaree, S. R., Dino, H. I., Zebari, R. R., & Shukur, H. M. "Impact of cloud computing and internet of things on the future internet." Technology Reports of Kansai University 62 (5) (2020): 2179-2190. Retrieved from https://www.academia.edu/43491554/Impact_of_Cloud_Computing_and_Internet_of_Things_on_the_Future_Internet [in English]
16. Díaz, M., Martín, C., & Rubio, B. "State-of-the-art, challenges, and open issues in the integration of Internet of things and cloud computing." Journal of Network and Computer applications, 67 (2016): 99-117. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2016.01.010> [in English]
17. Pfandzelter T., Bermbach D. IoT data processing in the fog: Functions, streams, or batch processing? //2019 IEEE International conference on fog computing (ICFC). – IEEE, 2019. – С. 201-206 Retrieved from <https://doi.org/10.1109/ICFC.2019.00033> [in English]