

М. А. ГУНЬКО

магістр кафедри електронних обчислювальних машин
Харківський національний університет радіоелектроніки
ORCID: 0000-0002-8011-0693

В. М. ТКАЧОВ

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри електронних обчислювальних машин
Харківський національний університет радіоелектроніки
ORCID: 0000-0002-6524-9937

ГЛИБИННА ІНТЕГРАЦІЯ ХМАРНИХ ТА ТУМАННИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Мета цієї статті – забезпечити краще розуміння туманних та хмарних обчислень і запропонувати відповідні шляхи дослідження в цій зростаючій галузі. Крім того, ми розглянемо майбутні переваги туманних обчислень і можливі майбутні виклики. У цьому контексті використовуються терміни продуктивність, туманні обчислення, архітектура, масштабування та великі дані. Туманні обчислення пропонують широкий спектр архітектурних конфігурацій. Хмарні обчислення також змінили спосіб зберігання, обробки та доступу до даних і, як очікується, продовжуватимуть мати значний вплив на майбутнє інформаційних технологій. Частково перемістивши ІТ-ресурси в туман, організації можуть зменшити витрати на ІТ-інфраструктуру та підвищити операційну ефективність. Хмарні обчислення також дозволяють організаціям платити лише за ті ресурси, які вони використовують, а не інвестувати в дорогі ліцензії на обладнання та програмне забезпечення. Хмарні постачальники вкладають значні кошти в заходи безпеки та відповідності, які допомагають захистити організації від кіберзагроз. Хмарні обчислення забезпечують масштабовану платформу для додатків штучного інтелекту та машинного навчання, що дозволяє організаціям створювати ці технології легше та економічно ефективніше. У майбутньому ІТ-лідери та компанії, які вони обслуговують, стикатимуться з дедалі складнішими викликами, щоб залишатися конкурентоспроможними в середовищі туманних обчислень, що розвивається. Крім того, надзвичайно важливо підтримувати відповідність існуючим нормам, а також новим нормам, які можуть виникнути в майбутньому. Хмарні обчислення широко використовуються в бізнес-інноваціях. Завдяки своїй гнучкості та адаптивності туманні технології дозволяють нові способи роботи, функціонування та функціонування. Туманні обчислення дозволяють використовувати з'єднання будь-де, оскільки вони зберігаються в мережі розміщених комп'ютерів, які передають дані через Інтернет. Туманні обчислення довели свою користь як для споживачів, так і для компаній. Точніше кажучи, туман змінив спосіб нашого життя. Загалом, туманні обчислення ймовірно й надалі відіграватимуть важливу роль у майбутньому ІТ, дозволяючи організаціям ставати більш гнучкими, ефективними та інноваційними в умовах швидких технологічних змін. Це, ймовірно, сприятиме подальшим інноваціям у сфері штучного інтелекту та машинного навчання в найближчі роки.

Ключові слова: хмарні обчислення, туманні обчислення, обчислювальні послуги, приватна хмара, публічна хмара, гібридна хмара.

М. А. HUNKO

Master at the Department of Electronic Computers
Kharkiv National University of Radioelectronics
ORCID: 0000-0002-8011-0693

V. M. TKACHOV

Ph.D, Associate Professor,
Professor at the Department of Electronic Computers
Kharkiv National University of Radioelectronics
ORCID: 0000-0002-6524-9937

DEEP INTEGRATION OF CLOUD AND FOG COMPUTING

The aim of this article is to provide a better understanding of fog and cloud computing and propose relevant research directions in this growing field. Additionally, we will examine the future benefits of fog computing and potential future challenges. In this context, terms such as performance, fog computing, architecture, scalability, and big data are used. Fog computing offers a wide range of architectural configurations. Cloud computing has also changed the way data is stored, processed, and accessed and is expected to continue to have a significant impact on the future of information technology. By partially moving IT resources to the fog, organizations can reduce costs on IT infrastructure and enhance

operational efficiency. Cloud computing also allows organizations to pay only for the resources they use, avoiding the need to invest in expensive hardware and software licenses. Cloud providers invest significant funds in security and compliance measures, helping to protect organizations from cyber threats. Cloud computing provides a scalable platform for artificial intelligence and machine learning applications, making it easier and more cost-effective for organizations to create and deploy these technologies. In the future, IT leaders and the companies they serve will face increasingly complex challenges to remain competitive in the evolving fog computing environment. Additionally, it is crucial to support compliance with existing standards and potential new standards that may arise in the future. Cloud computing is widely used in business innovations. Thanks to their flexibility and adaptability, fog technologies enable new ways of working, functioning, and operating. Cloud computing allows connections from anywhere since they are stored in a network of distributed computers transmitting data over the Internet. Cloud computing has proven its value for both consumers and companies. In essence, fog has changed our way of life. Overall, fog computing will likely continue to play a crucial role in the future of IT, enabling organizations to become more flexible, efficient, and innovative in the face of rapid technological changes. This, in turn, is likely to contribute to further innovations in the field of artificial intelligence and machine learning in the coming years.

Key words: cloud computing, fog computing, computational services, private cloud, public cloud, hybrid cloud.

Постановка проблеми

Концепція хмарних обчислень виникла в 1960-х роках з розвитком технології розподілу часу, яка дозволяла кільком користувачам мати доступ до одного комп'ютера одночасно. Однак сучасна концепція хмарних обчислень, яка передбачає доставку обчислювальних ресурсів через Інтернет, була вперше запропонована наприкінці 1990-х років. Термін «хмарні обчислення» вперше використав комп'ютерний вчений Рамнат Челлаппа в статті 1997 року, в якій він описав нову парадигму надання обчислювальних послуг через Інтернет. Однак лише в середині 2000-х років, з появою віртуалізації та розвитком веб-сервісів, хмарні обчислення як бізнес-концепція почали розвиватися. Інші ранні хмарні постачальники включають Google Cloud Platform (GCP) і Microsoft Azure, обидва запущені в 2008 році. З тих пір хмарні обчислення стали все більш поширеними, з різними хмарними службами та постачальниками, доступними для організацій будь-якого розміру. Доступність ресурсів комп'ютерної системи на вимогу, особливо зберігання даних (хмарне сховище) і потужність обробки, без прямого активного керування з боку користувача, називається хмарними обчисленнями. Функціональні можливості великих хмар часто розповсюджуються на кілька сайтів, кожен з яких є центром обробки даних. Однак періодично виникає проблема пропускнуої здатності мережі та доступності мережі в певний момент часу. Також пересилання даних мережею потребує значних витрат енергії, що не є проблемою, коли пристрій має стабільне постачання енергії, але для мобільних пристроїв питання заощадження енергії та підвищення часу живучості стає актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Хмарні обчислення – це нещодавно розроблена нова парадигма для розміщення та надання послуг через Інтернет. Хмарні обчислення є привабливими для власників бізнесу, оскільки вони позбавляють клієнтів від необхідності планувати конфігурації та дозволяють організаціям починати з малого та масштабувати лише тоді, коли попит на послуги зростає [3]. Незважаючи на те, що хмарні обчислення відкрили великі перспективи для ІТ-індустрії, технологія хмарних обчислень все ще знаходиться в зародковому стані, і існує ще багато труднощів, які потрібно вирішити. У цій роботі ми розглядаємо хмарні обчислення, охоплюючи основні концепції, архітектурні принципи, передові реалізації та дослідницькі питання [3]. Крім того, оскільки хмара працює на основі оплати за використання, кожна конфігурація (тип віртуальної машини розміром кластера) має поточну вартість і час виконання. Таким чином, завдання можна оптимізувати за мінімальних витрат або мінімального часу, що є двома різними конфігураціями. Вибір відповідної хмарної конфігурації для вашої програми має вирішальне значення для якості обслуговування та конкурентоспроможності бізнесу.

Наприклад, неправильна конфігурація хмари може збільшити витрати до 12 разів за тих самих цілей продуктивності. Для повторюваних операцій, які регулярно виконують подібні робочі навантаження, економія від ефективної хмарної конструкції набагато більша. Тим не менш, вибрати найкраще налаштування хмари є обов'язковим. Наприклад, отримати найдешевше або найшвидше рішення важко через складність одночасного досягнення високої точності, мінімальних накладних витрат і адаптованості до багатьох програм [4].

Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи є огляд існуючих рішень хмарних обчислень та розширення можливостей мобільних пристроїв шляхом додавання туманних обчислень за для підвищення живучості мобільних пристроїв, зменшення навантаження на мережу, де існує низька пропускну здатність мережі.

Викладення основного матеріалу дослідження

Згідно з малюнком 1, існує метафора хмарних обчислень: «Набір мережевих елементів, які надають послугу, не потребує індивідуальної адресації або керування користувачем; замість цього можна переглядати весь керований провайдером набір обладнання та програмного забезпечення, як аморфна хмара». Існує чотири основних типи хмарних обчислень:

– Приватна хмара: приватна хмара – це середовище хмарних обчислень, призначене для однієї організації чи підприємства. Зазвичай він використовується великими підприємствами чи організаціями, яким потрібен високий рівень безпеки, контролю та налаштування ІТ-інфраструктури. У приватній хмарі обчислювальні ресурси, такі як сервери, сховища та мережі, віртуалізуються та надаються як послуга користувачам у межах організації. Приватні хмари можуть бути розміщені у власному центрі обробки даних організації або за межами стороннього постачальника хмар.

– Загальнодоступна хмара: публічна хмара – це середовище хмарних обчислень, яке зазвичай створюється з використанням ІТ-інфраструктури, яка не належить кінцевому користувачеві. Alibaba Cloud, Amazon Web Services (AWS), Google Cloud, IBM Cloud і Microsoft Azure є одними з найбільших постачальників публічних хмарних послуг.

– Гібридна хмара: гібридна хмара – це ІТ-середовище, що складається з кількох середовищ, які, здається, з'єднані через локальну мережу, глобальну мережу, VPN та/або API для створення єдиного уніфікованого середовища. Характеристики гібридної хмари є складними, і можуть застосовуватися різні вимоги.

– Мультихмара: мультихмарна архітектура складається з кількох хмарних служб від різних публічних або приватних хмарних постачальників. Хоча не всі багатохмарні хмари є гібридними, усі гібридні хмари є мультихмарними. Коли багато хмар об'єднуються разом за допомогою інтеграції або оркестровки, вони стають гібридними хмарами.



Рис. 1. Базова структура хмарних обчислень

Одне з найважливіших обмежень, яке має відчувати кожна хмарна інфраструктура, це прозорість. Інші важливі обмеження включають масштабованість, безпеку та розумний моніторинг. Поточні дослідження інших важливих обмежень допомагають системам хмарних обчислень розробляти нові функції та технології, які мають великий потенціал для створення більш складних хмарних рішень. Згідно з малюнком 2, хмарна архітектура ділиться на дві частини:

- Frontend: клієнт системи хмарних обчислень називається переднім кінцем хмарної архітектури. Тобто він містить усі інтерфейси користувача та програми, які використовуються клієнтами для доступу до послуг/ресурсів хмарних обчислень. Наприклад, щоб отримати доступ до хмарної платформи, використовуйте веб-браузер.
- Backend: хмара, яку використовує постачальник послуг, називається серверною частиною. Він містить ресурси, контролює ресурси та надає методи безпеки. Він також включає масове зберігання, віртуальні програми,

віртуальні комп'ютери, технологію управління трафіком, моделі розгортання тощо [5]. Компоненти архітектури хмарних обчислень:

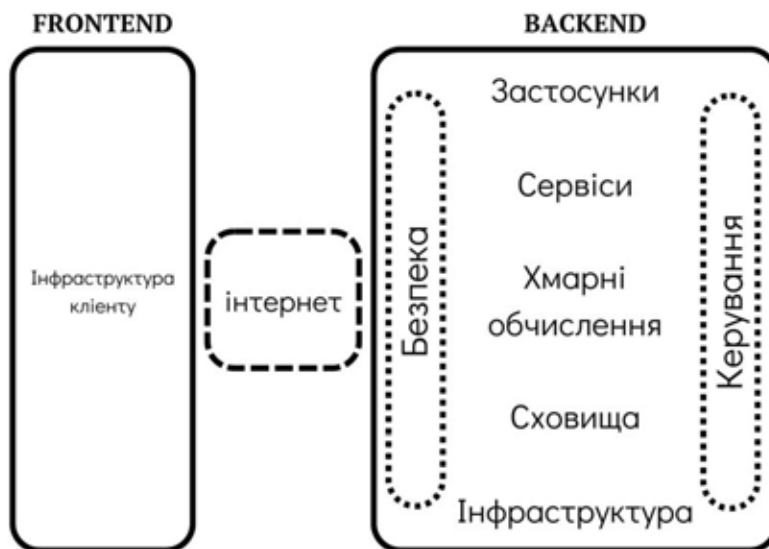


Рис. 2. Загальна архітектура хмарних обчислень

Архітектура хмарних обчислень включає різні компоненти. Інфраструктура клієнта служить для взаємодії з хмарним середовищем через графічний інтерфейс. Додаток може бути будь-яким програмним продуктом або платформою, яку клієнт обирає використовувати. Сервіс визначає тип послуги, до якої клієнт отримує доступ. Хмарні обчислення забезпечують виконання та середовище для віртуальних машин. Однією з ключових складових є зберігання, яке надає об'ємне просторове рішення для управління даними. Інфраструктура доставляє послуги на рівні вузла, додатка та мережі, включаючи сервери, зберігання, мережеві пристрої та програмне забезпечення віртуалізації. Керування використовується для координації компонентів backend частини, таких як додаток, сервіс, хмарні обчислення, зберігання та безпека. Безпека, в свою чергу, вбудована у задній план хмарних обчислень та реалізує механізми безпеки. Інтернет виступає як канал, який з'єднує frontend та backend, забезпечуючи зв'язок між користувачем і хмарним середовищем.

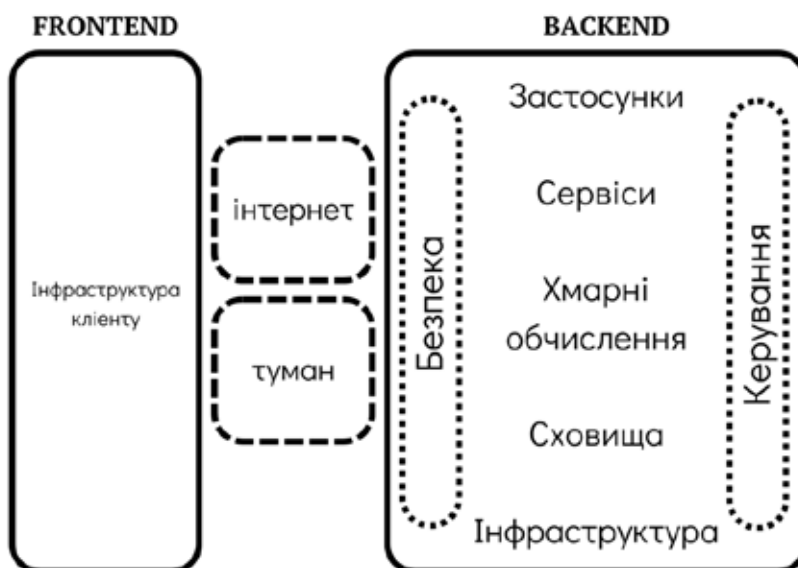


Рис. 3. Архітектура хмарних обчислень з використанням туману

Згідно з рисунком 3 пропонується використання не тільки хмари, а й проміжного туману для обробки проміжних даних. Якщо інфраструктура клієнту раз за разом використовує ті самі дії, в тумані розробляється і впроваджується така інфраструктура, яка зроблена й оптимізована спеціально під вирішення конкретного набору задач.

За рахунок цього вона стає менш гнучкою, але більш ефективною порівняно з універсальними рішеннями, що пропонує хмара. Під більшою ефективністю варто розуміти отримання того ж самого результату за менший термін та/або з меншим використанням енергії.

При зборі даних з сенсорів вимірювання сухості повітря за для запобігання масованих лісних пожеж може використовуватись комбінування хмарних та туманних обчислень. Для визначення доречності передачі даних в хмару з кожного вузла пропонується використовувати наступну формулу(1):

$$L = e^{\frac{D}{100} + F}, 0 < F < 1 \tag{1}$$

де F – поточна завантаженість мережі, D – відстань до вузла передачі даних в метрах, L – коефіцієнт часової затримки передачі даних.

В свою чергу F обчислюється за формулою 2:

$$F = \frac{V}{C} \tag{2}$$

де V – швидкість передачі даних, C – кількість одночасних з’єднань.

Таблиця 1

Визначення коефіцієнту часової затримки

D	F	L	D	F	L
5	0.2	1.2840	5	0.6	1.9155
10	0.2	1.3499	10	0.6	2.0138
15	0.2	1.4191	15	0.6	2.1170
20	0.2	1.4918	20	0.6	2.2255
25	0.2	1.5683	25	0.6	2.3396
30	0.2	1.6487	30	0.6	2.4596
35	0.2	1.2	35	0.6	2.5857

Провівши математичне моделювання отримаємо результати коефіцієнту часової затримки. При коефіцієнті вище 2.0 використання хмари стає малоефективним, так як втрачається актуальність даних, що відправляються в хмару. На рис. 4 показані результати обчислення коефіцієнту.



Рис. 4. Визначення коефіцієнту часової затримки

Висновки

Хмарні обчислення – нова парадигма для надання послуг через Інтернет, що пропонує власникам бізнесу численні переваги. Вибір правильної конфігурації хмари є ключовим для якості обслуговування та конкурентоспроможності бізнесу. Неправильна конфігурація може збільшити витрати в рази. Ефективна хмарна конструкція призводить до значної економії для повторюваних операцій. Однак вибір оптимальної конфігурації важкий через складність досягнення високої точності та адаптованості до різних програм. Хмарне обчислення забезпечує економію коштів, масштабованість та інші переваги, що робить його важливим для компаній. Хмарна міграція супроводжує модернізацію даних та ІТ. Туманні ж обчислення відкривають нові можливості для економії енергії,

даних, зменшення навантаження на мережу, здешевлення обробки даних. Але й туманні обчислення доречно використовувати в типових завданнях для конкретного випадку. Робота проводилась в рамках підготовки кваліфікаційної магістерської роботи.

Список використаної літератури

1. Red Hat (2022) Types of Cloud Computing. We Make Open-Source Technologies for the Enterprise. URL: <https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/public-cloud-vs-private-cloud-and-hybrid-cloud>
2. Cloud Computing: Literature Review (2022). URL: https://mars.gmu.edu/bitstream/handle/1920/11608/hassan_cloud.pdf?sequence=1
3. Cristea, V., Dobre, C., Pop, F.: Context-aware environ internet of things. *Internet of Things and Inter-cooperative Computational Technologies for Collective Intelligence Studies in Computational Intelligence*, vol. 460, pp. 25–49.
4. C. C. Byers, “Architectural imperatives for fog computing: Use cases, requirements, and architectural techniques for fog-enabled IoT networks,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 8, pp. 14–20.
5. Коваленко А.А. Метод забезпечення живучості комп’ютерної мережі на основі VPN-тунелювання / А.А. Коваленко, Г.А. Кучук, В.М. Ткачов // Системи управління, навігації та зв’язку. Полтава: Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, 2021. № 1 (63). С. 90–95.
6. V. Tkachov, M. Hunko, V. Volotka Scenarios for Implementation of Nested Virtualization Technology in Task of Improving Cloud Firewall Fault Tolerance. In Proc. 2019 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019, 08–11 October 2019, Kyiv, Ukraine, pp. 769–773.
7. Laptii Ye. Methods of Construction of Overline Infrastructures in the Cloud Environment / Ye. Laptii, V. Tkachov // Proceedings of Fifth International Scientific and Technical Conference on «Computer And Information Systems And Technologies». April 22–23, 2021. Kharkiv-Riga-Kyiv-Lviv-Baku. С. 7.

References

1. Red Hat (2022) Types of Cloud Computing. We Make Open-Source Technologies for the Enterprise. URL: <https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/public-cloud-vs-private-cloud-and-hybrid-cloud>
2. Cloud Computing: Literature Review (2022). URL: https://mars.gmu.edu/bitstream/handle/1920/11608/hassan_cloud.pdf?sequence=1
3. Cristea, V., Dobre, C., Pop, F.: Context-aware environ internet of things. *Internet of Things and Inter-cooperative Computational Technologies for Collective Intelligence Studies in Computational Intelligence*, vol. 460, pp. 25–49.
4. C. C. Byers, “Architectural imperatives for fog computing: Use cases, requirements, and architectural techniques for fog-enabled IoT networks,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 8, pp. 14–20.
5. Kovalenko A. A., Kuchuk H. A., Tkachov V. M. (2021) Metod zabezpechennia zhyvuchosti kompiuternoї merezhi na osnovi VPN-tuneliuvannia [Method for ensuring the survivability of a computer network based on VPN tunneling] Control, navigation and communication systems(Ukraine, Poltava, 2021). Vol. № 1 (63). pp. 90–95.
6. V. Tkachov, M. Hunko, V. Volotka Scenarios for Implementation of Nested Virtualization Technology in Task of Improving Cloud Firewall Fault Tolerance. In Proc. 2019 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2019, 08–11 October 2019, Kyiv, Ukraine, pp. 769–773.
7. Laptii Ye. Methods of Construction of Overline Infrastructures in the Cloud Environment / Ye. Laptii, V. Tkachov // Proceedings of Fifth International Scientific and Technical Conference on «Computer And Information Systems And Technologies». April 22–23, 2021. Kharkiv-Riga-Kyiv-Lviv-Baku. P. 7.