

Порівняння моделей і методів побудови туманних обчислювальних систем для збору та аналізу розподіленої інформації та прийняття рішень

Олександр Сбітнєв^{1†} та Людмила Волощук^{1†}

¹ Одеський національний університет ім. І.І.Мечникова, Дворянська 2, Одеса, Україна

Анотація

У цій роботі проведений аналіз існуючих архітектур туманних комп'ютерних систем, які висвітлюють їхні рівні, функціональні можливості методи побудови та порівняльні переваги.

Ключові слова

Туманні обчислення, Інтернет речей (IoT), архітектури, обробка даних, масштабованість.

1. Вступ

З розвитком Інтернету речей і зростанням потреби в обробці великих обсягів даних у реальному часі, традиційні хмарні обчислення починають демонструвати свої обмеження. Висока затримка, обмежена пропускна здатність і недостатня масштабованість створюють перешкоди для багатьох сучасних додатків, таких як автономні транспортні засоби, розумні міста та промисловий Інтернет речей. У зв'язку з цим виник новий термін— туманні обчислення, вони забезпечують передобробку та аналіз даних ближче до місця їх збору. Туманні обчислення стали важливою парадигмою, що поєднує хмарні сервіси з периферійними пристроями, вирішуючи проблеми, пов'язані з затримкою, обмеженнями пропускної здатності та обробкою даних у реальному часі. [1]

Ця робота присвячена аналізу архітектур туманних обчислень, що розрізняються за своєю структурою, функціональністю та рівнем інтеграції з хмарними і периферійними пристроями. Аналіз архітектур дозволяє визначити їхні переваги та недоліки, а також обрати найбільш підходящий варіант для конкретних IoT-застосувань.

2. Розгляд архітектур

2.1. Три-рівнева Архітектура

Три-рівнева Архітектура є базовою моделлю для туманних обчислень, що розміщує обчислювальні ресурси між хмарою та IoT-пристроями. Вона забезпечує обробку даних, взаємодію та зберігання інформації, отриманої з IoT-пристроїв, зосереджуючись на помірному рівні затримок для сценаріїв із середніми вимогами до швидкості реагування. Рівні включають IoT рівень (збір даних), туманний рівень (первинна обробка), і хмарний рівень (глибока аналітика та зберігання). Така структура дозволяє ефективно обробляти

Information Systems and Technologies (IST-2024), November 26-28, 2024, Kharkiv, Ukraine

[†] Ці автори зробили однакові внески.

✉ alexsbitnev99@gmail.com (О. Сбітнєв); lavstumbre@gmail.com (Л. Волощук)

ORCID 0009-0008-6311-612X (О. Сбітнєв); 0000-0002-2510-0038 (Л. Волощук)



© 2024 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

дані з оптимальною пропускнуою здатністю, але її функціональність обмежена порівняно з більш складними моделями. [2]

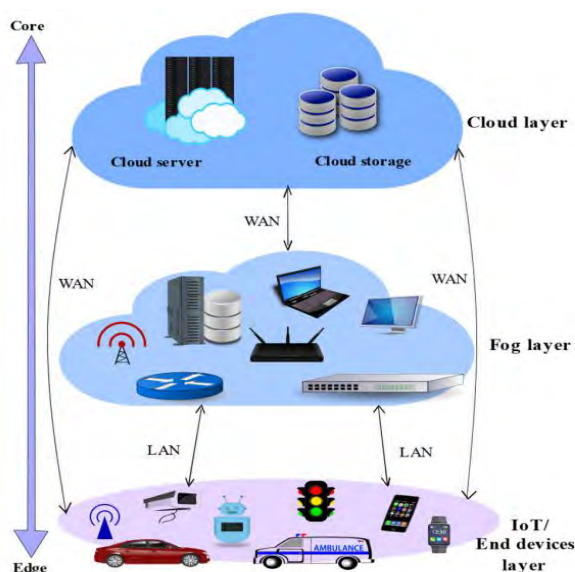


Рисунок 1: Трирівнева архітектура

2.2. N-рівнева Архітектура OpenFog

N-рівнева Архітектура OpenFog пропонує гнучку багаторівневу структуру, де кожен додатковий рівень посилює обчислювальні можливості, безпеку та масштабованість системи. Ноди організовані ієрархічно, причому нижчі рівні зосереджуються на зборі та первинній обробці даних, а вищі — на аналітиці та управлінні ресурсами. Ця архітектура ефективно справляється з обробкою великих обсягів даних і підходить для систем із високими вимогами до обробки та надійності. Такий підхід забезпечує масштабованість та стійкість, але ускладнює управління мережею. [3]

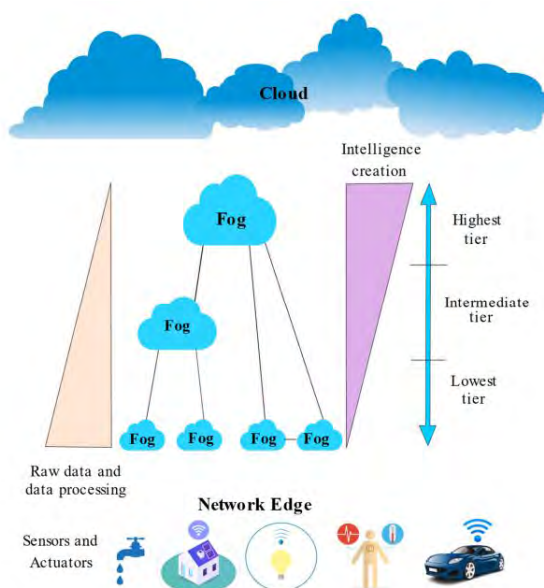


Рисунок 2: N-рівнева Архітектура OpenFog

2.3. Семирівнева Архітектура

Семирівнева Архітектура — комплексна модель для зниження затримок, що розширює хмарні сервіси до IoT-пристроїв. Сім рівнів охоплюють фізичний рівень, туманні пристрої/шлюзи, моніторинг, попередню та постобробку, зберігання, управління ресурсами та безпеку. Кожен рівень виконує чітко визначену роль у процесі обробки даних, моніторингу системи, управління ресурсами та захисту. Така модель підходить для додатків, де затримки є критичними, і забезпечує високий рівень безпеки та управління ресурсами, хоча вимагає більших інфраструктурних витрат. [4]



Рисунок 3: Семирівнева Архітектура

2.4. Багаторівнева архітектура

Найбільш комплексна архітектура складається з дванадцяти рівнів, пропонуючи детальну та складну структуру для туманних обчислювальних систем. Ця архітектура починається з фізичного рівня, який відповідає за збір даних з широкого спектра датчиків та виконавчих механізмів, після чого йде рівень периферійних обчислень, де відбувається первинна обробка даних. Локальна мережа та шлюзові рівні керують комунікацією між периферійними пристроями та широкою мережею, забезпечуючи безперебійний потік даних і підключення. Архітектура також включає рівень зовнішньої мережі, який відповідає за зовнішню комунікацію, та рівень безпеки, що забезпечує надійний захист від потенційних загроз. Крім того, рівень проміжного програмного забезпечення сприяє балансуванню навантаження та управлінню чергою повідомлень, а рівень ETL (Extract, Transform, Load) забезпечує належну обробку та зберігання даних. Рівень великих даних та аналітики використовує алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання для просунутої аналітики, а рівні повідомлень та представлення керують оповіщеннями в реальному часі та взаємодією з інтерфейсом користувача. Нарешті, рівень конфігурації забезпечує управління конфігурацією та станом периферійних пристроїв, гарантуючи, що оновлення та зміни ефективно впроваджуються. [5]

3. Порівняльний аналіз

Порівняльний аналіз чотирьох архітектур туманних обчислень базується на таких ключових критеріях, як продуктивність, затримка, гнучкість, безпека та можливості обробки даних.

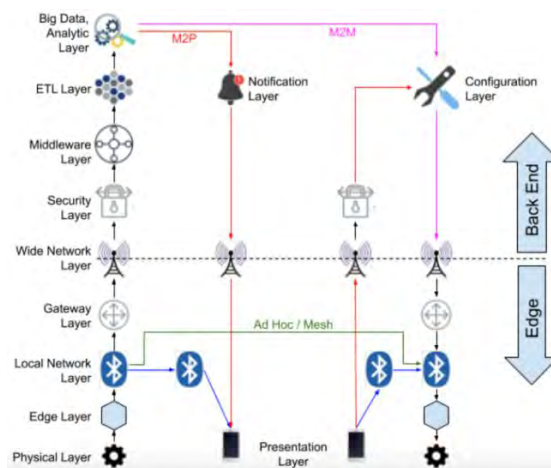


Рисунок 4: Багаторівнева архітектура

Чотири архітектури туманних обчислень відрізняються за складністю, що визначає їхню продуктивність, затримки та можливості обробки даних. Три- та семирівневі моделі є збалансованими рішеннями для швидкої обробки в реальному часі з помірними вимогами до безпеки та ресурсів, що робить їх придатними для простих IoT-додатків. Архітектура N-рівня підходить для сценаріїв із більшим навантаженням, забезпечуючи стійкість і масштабованість, але залишається менш потужною у порівнянні з дванадцятирівневою моделлю. Найбільш складна, дванадцятирівнева архітектура, підтримує розширені функції безпеки та аналітики, дозволяючи працювати з великими обсягами даних, що ідеально підходить для інтеграції різних компонентів у складних середовищах, але вимагає значних ресурсів для налаштування та підтримки. Отже, вибір архітектури залежить не лише від розмірів розгортання, але й від вимог до безпеки, гнучкості та здатності обробляти великі обсяги даних. Складніші архітектури надають більше можливостей для адаптації та інтеграції, тоді як простіші рішення краще підходять для критичних за часом додатків із меншими вимогами до ресурсів.

Література

- [1] S. N. Srirama (2023), A Decade of Research in Fog computing: Relevance, Challenges, and Future Directions, Journal of Software: Practice and Experience, 2023;
- [2] Hu, P.; Dhelim, S.; Ning, H.; Qiu, T. Survey on Fog Computing: Architecture, Key Technologies, Applications and Open Issues. J. Netw. Comput. Appl. 2017, 98, 27–42, <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.09.002>.
- [3] IEEE Standard 1934–2018; IEEE Standard for Adoption of OpenFog Reference Architecture for Fog Computing. 2018 ; pp. 1–176
- [4] Angel, N.A.; Ravindran, D.; Vincent, P.M.D.R.; Srinivasan, K.; Hu, Y.-C. Recent Advances in Evolving Computing Paradigms: Cloud, Edge, and Fog Technologies. Sensors 2022, 22, 196
- [5] Gayratov, Z. K., Kilichov, J. R., & Toshpulatov, A. (2022). Basic definitions of twelve layer IoT architecture for smart city. In International Scientific and Technical Conference: Digital Technologies: Problems and Solutions of Practical Implementation in the Industry.