

## АРХІТЕКТУРА МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ FOG COMPUTING ДЛЯ БЕЗПЕЧНОЇ ОБРОБКИ ІОТ-ДАНИХ

*Я.Р. Малюта, канд. техн. наук, доц. М.В. Деркач, д-р техн. наук, проф.  
І.С. Скарга-Бандурова, ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль*

Традиційні методи обробки даних Інтернету речей (ІоТ), що спираються на централізовані хмарні обчислення, стикаються зі значними недоліками: значною затримкою мережі, обмеженнями пропускної здатності каналів зв'язку та проблемами, пов'язаними з масштабованістю та конфіденційністю даних. Туманні обчислення (Fog Computing), як парадигма розподілених обчислень, пропонують життєздатну альтернативу, розміщуючи обчислювальні ресурси ближче до джерел даних, на межі мережі.

Архітектура мережі на основі Fog Computing представляє собою складну багаторівневу систему, що забезпечує ефективну обробку ІоТ-даних на різних рівнях близькості до їх джерел: 1) рівень пристроїв включає всі ІоТ-пристрої, сенсори, актуатори та інші кінцеві пристрої, що безперервно збирають інформацію про навколишнє середовище, включаючи температуру, вологість, атмосферний тиск, рівень освітлення, якість повітря або стан систем безпеки; 2) Fog-рівень складається з розподілених вузлів, що надають обчислювальні, мережеві та сервісні можливості близько до кінцевих пристроїв; 3) хмарний рівень представляє традиційні центри обробки ІоТ-даних з великими обчислювальними потужностями та практично необмеженими можливостями зберігання. Взаємодія між рівнями здійснюється через стандартизовані протоколи та АРІ, що забезпечують прозорість для додатків та дозволяють динамічно розподіляти навантаження між різними рівнями залежно від поточних умов та вимог. Розподілена обробка ІоТ-даних у мережі на основі Fog Computing виконується на найближчому до джерела їх генерації вузлі, що має достатні ресурси для виконання необхідних операцій, на відміну від хмарної моделі, де всі дані передаються до централізованих дата-центрів для обробки. Такий підхід дозволяє значно зменшити затримки з типових 100-200 мс при зверненні до хмари до 1-10 мс при локальній обробці на Fog-вузлах. Також впроваджено багаторівневий підхід захисту даних: туманні вузли забезпечують локальний захист та фільтрацію даних, в той час як хмарний рівень відповідає за централізоване управління політиками безпеки.

Розроблена архітектура мережі на основі Fog Computing демонструє високу відмовостійкість окремих компонентів, суттєво зменшує затримки обробки, оптимізує використання пропускної здатності мережі та підвищує швидкість реагування ІоТ-систем.