

УДК 004.89:004.738.5

АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ ПЛАТФОРМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ІОТ-СЕРЕДОВИЩЕМ

Крилов М.В.

email: mykhailo.krylov@nure.ua

Науковий керівник – д.т.н., проф. Аксак Н.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІСТ
м. Харків, Україна

This work presents a multi-agent platform for intelligent management of IoT environments based on event-driven interaction of AI agents. The architecture enables autonomous agents to monitor, analyze, and coordinate IoT devices in dynamic conditions. Agents perform decision-making and action planning using artificial intelligence techniques, including machine learning and knowledge-based reasoning.

Interaction between agents is implemented through an event-driven messaging mechanism, enabling asynchronous system responses to environmental changes. The proposed approach improves scalability, adaptability, and fault tolerance of IoT infrastructures. Potential applications include smart buildings, industrial IoT networks, and distributed cyber-physical systems.

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким поширенням концепції Інтернету речей (Internet of Things, IoT), що передбачає інтеграцію великої кількості фізичних пристроїв, сенсорів та програмних компонентів у єдині мережеві системи. Такі системи застосовуються у промисловості, транспорті, енергетиці, розумних будівлях та кіберфізичних середовищах. Зі збільшенням кількості підключених пристроїв ускладнюється процес керування їхньою взаємодією, обробки даних та прийняття рішень у реальному часі.

Традиційні централізовані підходи до керування IoT-інфраструктурою мають обмеження, пов'язані із недостатньою масштабованістю, підвищеним навантаженням на центральні вузли та низькою адаптивністю до змін у динамічному середовищі. Тому актуальним напрямом досліджень є застосування мультиагентних систем, у яких автономні програмні агенти здійснюють локальний аналіз даних, приймають рішення та координують взаємодію між компонентами системи.

Особливий інтерес становить використання AI-агентів (агентів штучного інтелекту), здатних застосовувати алгоритми машинного навчання, логічного виведення та планування дій. Поєднання мультиагентної архітектури з подієво-орієнтованою моделлю взаємодії підвищує гнучкість, масштабованість та відмовостійкість IoT-систем [1-3].

Об'єктом дослідження є процес інтелектуального керування розподіленими IoT-середовищами.

Предметом дослідження є методи та архітектурні підходи до організації подієво-орієнтованої взаємодії AI-агентів у мультиагентних системах керування IoT-пристроями.

Метою роботи є розроблення концепції мультиагентної платформи інтелектуального керування IoT-середовищем на основі подієво-орієнтованої взаємодії AI-агентів.

Для досягнення цієї мети визначено завдання: аналіз сучасних підходів до побудови мультиагентних систем у середовищах IoT, дослідження можливостей застосування AI-агентів для розподіленого прийняття рішень, розроблення архітектурної моделі платформи, визначення механізмів подієво-орієнтованої взаємодії агентів та обґрунтування практичного застосування запропонованого підходу.

Архітектура мультиагентної платформи побудована за принципом багаторівневого подієво-орієнтованого підходу, що забезпечує гнучке та масштабоване керування IoT-середовищем. На нижньому рівні розташовані фізичні IoT-пристрої, включно з сенсорами, виконавчими механізмами та інтелектуальними контролерами, які відповідають за збір даних та первинну обробку інформації.

На рівні AI-агентів автономні програмні модулі аналізують отриману інформацію, приймають локальні рішення та координують дії між підсистемами. Кожен агент інтегрує алгоритми машинного навчання для прогнозування стану системи та оптимізації роботи пристроїв, а також правила логічного виведення для прийняття обґрунтованих рішень у реальному часі. Взаємодія агентів відбувається через подієво-орієнтовану шину обміну повідомленнями, де кожна зміна стану пристрою або процесу генерує подію, що обробляється іншими агентами. Це дозволяє реалізувати асинхронну реакцію системи, підвищує відмовостійкість та прискорює обробку критично важливих подій.

Рівень прикладних сервісів включає моніторинг, аналітику та керування IoT-інфраструктурою. Через веб-інтерфейс або API користувачі можуть отримувати доступ до аналітичних даних та інструментів керування. Розподілена архітектура забезпечує слабке зв'язування компонентів, що сприяє легкому масштабуванню та підвищенню надійності системи.

Особлива увага приділена координації агентів. Кожен агент виконує роль локального планувальника дій, оцінює події у контексті стану системи та пріоритетів завдань. Розподілені алгоритми дозволяють уникнути вузьких місць у центрі управління та забезпечують безперервність роботи платформи навіть при відмові окремих компонентів. Також передбачено механізми

пріоритетного оброблення подій для швидкої реакції на критичні зміни середовища.

Узагальнено, архітектура платформи забезпечує автономність агентів, ефективну подієво-орієнтовану взаємодію, інтеграцію інтелектуальної обробки даних на локальному рівні та можливість масштабування до великих IoT-мереж.

Особливістю моделі є інтеграція інтелектуальних алгоритмів аналізу даних у процес координації агентів, що сприяє оптимізації функціонування IoT-пристроїв [2].

Мультиагентна платформа може бути використана для створення інтелектуальних систем керування у різних прикладних галузях: системах розумного будинку, промислових IoT-мережах, системах енергоменеджменту та розподілених кіберфізичних системах [3].

Використання AI-агентів із подієво-орієнтованою взаємодією підвищує ефективність обробки даних, оптимізує використання ресурсів та зменшує навантаження на центральні вузли системи. Застосування AI-агентів забезпечує розподілене прийняття рішень, адаптивну реакцію на зміни середовища та підвищення масштабованості системи [2, 3].

Практичне значення полягає у можливості використання платформи для створення інтелектуальних систем керування IoT-інфраструктурою. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розроблення алгоритмів координації агентів, удосконалення механізмів аналізу даних та інтеграцію платформи з сучасними хмарними та периферійними обчислювальними середовищами.

Висновки. Проведене дослідження показало, що використання мультиагентного підходу є ефективним напрямом побудови інтелектуальних систем керування IoT-середовищами. Запропонована архітектура платформи на основі подієво-орієнтованої взаємодії AI-агентів забезпечує розподілене прийняття рішень, підвищує масштабованість системи та зменшує навантаження на центральні вузли керування. Інтеграція алгоритмів машинного навчання та механізмів логічного виведення у роботу агентів дозволяє реалізувати адаптивну реакцію системи на зміни стану середовища та оптимізувати функціонування IoT-пристроїв.

Список використаних джерел:

1. Luzolo, P. H., Elrawashdeh, Z., Tchappi, I., Galland, S., & Outay, F. (2024). Combining multi-agent systems and artificial intelligence of things: Technical challenges and gains. *Internet of Things*, 28, 101364.
2. Khadam, U., Davidsson, P., & Spalazzese, R. (2025). A systematic literature review on AI in IoT systems: Tasks, applications, and deployment. *Internet of Things*, 101779.
3. Barbosa, G., Sadok, D. F., Kelner, J., & Ribeiro, L. (2025). A multiagent architecture for Industrial Internet of Things safety applications. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 150, 110495.