

УДК 004.77:504

РОЗРОБКА МАСШТАБОВАНОЇ МЕРЕЖІ СЕНСОРНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАСОБАМИ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Кичун Д.І., Бітченко О.М.

e-mail: danylo.kychun@nure.ua

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

In this report, we present the design and development of a scalable IoT-based sensor network for monitoring air quality in urban environments. The system integrates sensor modules, communication gateways, cloud platforms, and smart city services to enable real-time data collection, analysis, and decision-making. This approach provides a cost-effective and flexible solution for improving environmental monitoring and supporting sustainable urban management.

Проблема забруднення атмосферного повітря у містах є однією з найгостріших екологічних викликів сучасності. Інтенсивний розвиток промисловості, зростання транспортних потоків та урбанізація призводять до підвищення концентрації шкідливих речовин у повітрі, що негативно впливає на здоров'я населення та якість життя.

Традиційні методи моніторингу якості повітря, засновані на використанні стаціонарних станцій спостереження, забезпечують високу точність вимірювань, проте мають суттєві обмеження. Їхня кількість у містах є недостатньою для створення детальної картини екологічного стану, а витрати на встановлення та обслуговування дорожчі за впровадження технології інтернету речей та складніші при масштабуванні.

Архітектура масштабованої мережі сенсорного контролю якості повітря базується на багаторівневій структурі. На першому рівні функціонують сенсорні вузли, що здійснюють вимірювання параметрів навколишнього середовища. Другий рівень складають локальні шлюзи, які збирають дані від сенсорів та передають їх далі за допомогою енергоефективних комунікаційних технологій. Третій рівень - хмарні платформи, що забезпечують централізоване зберігання, обробку та аналіз даних.

Функціонування масштабованої мережі сенсорного контролю якості повітря у міському середовищі базується на комплексі технологічних рішень, які забезпечують збір, передачу, обробку та використання даних. Основою системи є сенсорні вузли, оснащені датчиками для вимірювання концентрації вуглекислого газу, оксидів азоту, твердих частинок, а також температури та вологості. Для передачі даних застосовуються LoRaWAN, NB-IoT, Wi-Fi та 5G, що забезпечують енергоефективність і швидкість у різних умовах

міста. Централізоване зберігання та обробка даних здійснюється у хмарних платформах, які забезпечують масштабованість та доступність інформації. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє не лише аналізувати поточний стан повітря, а й прогнозувати рівень забруднення, виявляти закономірності та формувати рекомендації для управлінських рішень. Для взаємодії з системою застосовуються мобільні додатки та веб-портали, що надають доступ до даних у зручній формі.

Використання технологій Інтернету речей у сфері моніторингу якості повітря має низку суттєвих переваг, які роблять цей підхід перспективним для впровадження у міському середовищі. У порівнянні зі стаціонарними станціями спостереження, сенсорні вузли на основі IoT є значно дешевшими у виробництві та встановленні. IoT-мережі легко розширюються за рахунок додавання нових сенсорних вузлів, що дає змогу адаптувати систему до різних міських умов. Завдяки безперервному збору та передачі інформації користувачі та міські служби отримують актуальні дані про стан повітря. Аналітичні сервіси, інтегровані з IoT-мережею, забезпечують формування рекомендацій для міських органів влади.

У рамках дослідження було спроектовано масштабовану IoT-мережу сенсорного контролю якості повітря у міському середовищі (рисунок 1).

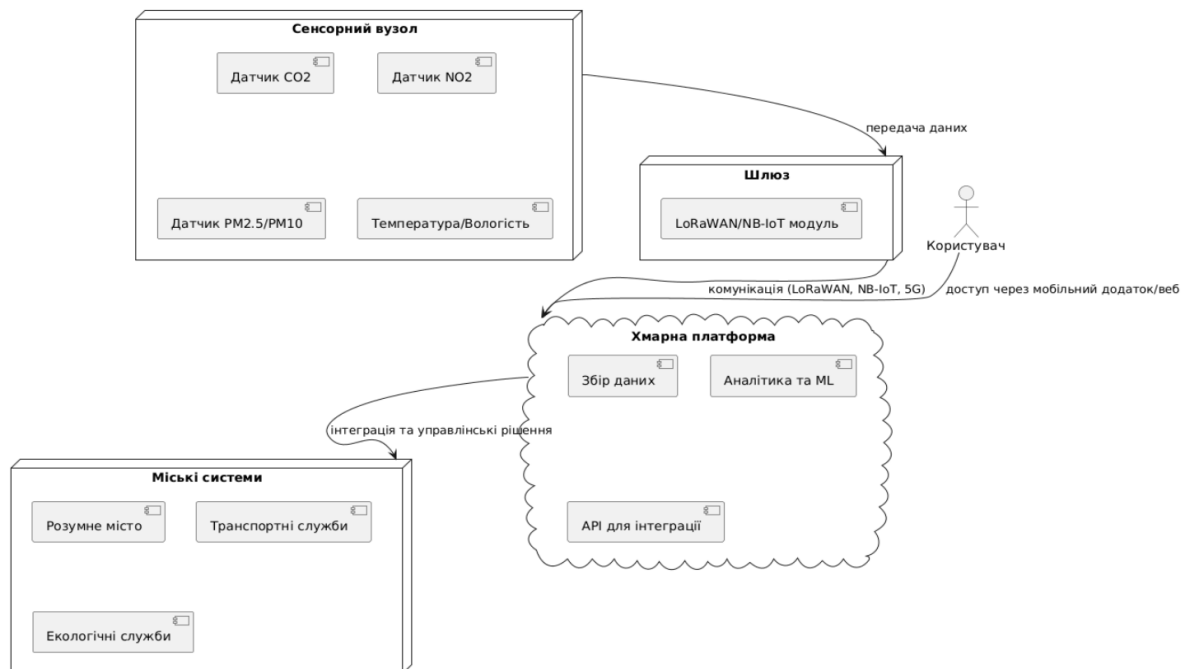


Рисунок 1 – Масштабована IoT-мережа моніторингу повітря

Архітектура системи реалізована у вигляді багаторівневої структури, що забезпечує ефективний збір, передачу та аналіз даних. кожен сенсорний вузол оснащений датчиками. Для передачі даних використовується шлюз, що підтримує сучасні технології зв'язку. У хмарній платформі здійснюється збір даних та аналітична обробка [1].

Розроблена масштабована IoT-мережа сенсорного контролю якості повітря має низку важливих переваг: використання недорогих сенсорних модулів та сучасних комунікаційних технологій значно знижує витрати на розгортання системи. Архітектура системи передбачає можливість поступового розширення мережі за рахунок додавання нових сенсорних вузлів. Система забезпечує безперервний збір та передачу даних, що дозволяє оперативно реагувати на зміни екологічної ситуації.

Розробка масштабованої IoT-мережі сенсорного контролю якості повітря у міському середовищі є перспективним напрямом розвитку екологічного моніторингу. Запропонована архітектура поєднує сенсорні модулі, сучасні комунікаційні технології, хмарні сервіси та аналітичні інструменти, що дозволяє створити ефективну систему збору та аналізу даних [2].

Основними перевагами такої технології є економічна ефективність, гнучкість у масштабуванні, можливість отримання даних у режимі реального часу та інтеграція з міськими системами управління.

Список використаних джерел:

1. Garcia, A., Saez, Y., Harris, I., Huang, X., & Collado, E. (2025). *Advancements in Air Quality Monitoring: A Systematic Review of IoT-Based Air Quality Monitoring and AI Technologies*. *Artificial Intelligence Review*, 58, Article 275. Springer Nature.
2. Shahid, S., Brown, D. J., Wright, P., Khasawneh, A. M., Taylor, B., & Kaiwartya, O. (2025). *Innovations in Air Quality Monitoring: Sensors, IoT and Future Research*. *Sensors*, 25(7), 2070. MDPI.