

ПІДХОДИ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ АПК НА ПЛАТФОРМІ ESP32 ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ

Степанець Михайло Володимирович

студент групи ІАСм -1-24-1.4д,

Київського столичного університету імені Бориса Грінченка,

науковий керівник – к.т.н., доц. Мельник І.Ю.

Моніторинг якості повітря у навчальних та житлових приміщеннях доречно будувати на мікроконтролерах ESP32, оскільки вони поєднують доступність, бездротові інтерфейси і достатню продуктивність. Щоб система працювала злагоджено, важливо послідовно визначити сенсори, архітектуру вузлів, спосіб налаштування, канали зв'язку та засоби обробки даних [1].

Для мікроклімату виправдано застосування комбінованих датчиків температури, вологості і тиску на кшталт BME280. Коли критичним є контроль CO₂, доцільно використовувати NDIR-модулі. Оцінку хімічних домішок доповнюють сенсори VOC або газоаналізатори. Щоб показники були стабільними, дані згладжують ковзним середнім або медіанним фільтром і періодично перевіряють нульові точки. Порогові значення та підходи до відбору проб узгоджують з профільними стандартами для якості повітря у приміщеннях [2; 3], а важливість контролю часток і домішок підтверджують оглядові дослідження впливу на здоров'я [4; 5].

Коли апаратна частина визначена, постає питання зв'язку. У невеликих інсталяціях достатньо Wi-Fi з доступом до локального чи хмарного сервера. Якщо вузлів багато, зручними стають мережі з низьким енергоспоживанням на кшталт Zigbee або Thread. Для великих відстаней працює LoRaWAN зі шлюзами. Bluetooth Low Energy доцільний для первинного налаштування і локальної діагностики [1].

Щоб вузол з'явився в мережі, його потрібно налаштувати. На практиці використовують тимчасовий веб-портал, BLE або QR-код. Якість досвіду зростає, коли відкрита точка доступу діє обмежений час, облікові дані шифруються, а секрети зберігаються у захищеному вигляді [1].

Після налаштування важливо, як саме передавати телеметрію. MQTT забезпечує публікацію-підписку і керування якістю доставки, що зручно для подій та великої кількості вузлів. HTTP/REST спрощує інтеграцію з веб-сервісами і підходить для періодичних відправлень. Оптимальним є поєднання push-повідомлень для подій та пакетної передачі для історії вимірювань [1; 6].

Щоб дані працювали на користувача, потрібне впорядковане зберігання і аналітика. Доцільно застосовувати часові бази або реляційні системи з індексацією за часом і ідентифікаторами вузлів. Аналітичний шар виконує нормалізацію, відсікання викидів і обчислення індикаторів комфорту, зокрема PMV/PPD; пороги для температури, вологості та CO₂ узгоджують з профільними нормами і рекомендаціями [2; 3].

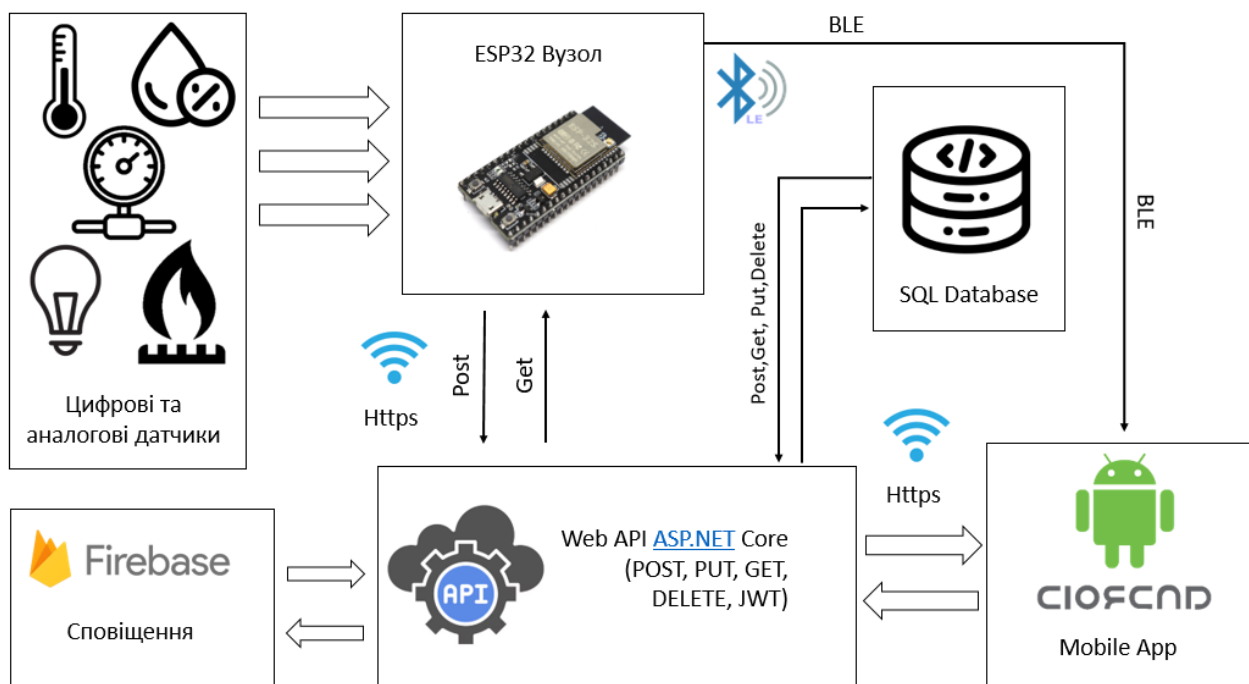


Рис. 1. Приклад архітектури апаратно-програмного комплексу для моніторингу якості повітря на базі ESP32.

Підсумовуючи практичну частину, у межах цієї роботи створено і випробувано апаратно-програмний комплекс на базі ESP32. Система охоплює сенсорні вузли, сервер для приймання телеметрії та інтерфейси для користувачів. Мета реалізації полягала у поєднанні простого розгортання з надійною передачею і обробкою даних у реальних умовах, а прототип продемонстрував стабільність і придатність до подальшого розширення.

У продовження роботи планується розширення номенклатури сенсорів та інтеграція прогнозової аналітики. Ефективність інтерфейсів і порад перевірятиметься методом експертних оцінок та опитуванням користувачів, а зворотний зв'язок допоможе скоригувати пороги і покращити рекомендації.

ДЖЕРЕЛА

1. Bahga A., Madiseti V. Internet of Things: A Hands-On Approach. – 2nd ed. – Atlanta: Universities Press, 2017.
2. World Health Organization. Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants. – Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2010.
3. U.S. Environmental Protection Agency. Indoor Air Quality (IAQ) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq> – Дата звернення: 16.09.2025.
4. Morawska L., Cao J. Airborne particulate matter: sources, composition and health effects // Atmospheric Environment. – 2020. – Vol. 246. – Art. 118092. – DOI: 10.1016/j.atmosenv.2020.118092.
5. Бондарчук, А. П., Складанний, П. М., Жебка, В. В., & Стражніков, А. А. (2024). Оптимізація системи зарядки електромобілів на основі методів дослідження операцій. Телекомунікаційні та інформаційні технології, 84(3), 86-93.
6. Стрельников, В. І., & Бондарчук, А. П. (2025). Комплексний підхід до інтелектуального управління, моделювання та виявлення мережних аномалій на основі ентропійних та нейромережних підходів. Телекомунікаційні та інформаційні технології, (2), 100-107.