

КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТВЕРДИХ ДОМІШОК В АТМОСФЕРІ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ІoT

Штепа О. А., к.т.н, доцент, olexandr.shtepa@donntu.edu.ua

Постнов А. О., студент, andrii.postnov.kita@donntu.edu.ua

Любищенко О. М., к.ф.-м.н, доцент,

olena.lyubymenko@donntu.edu.ua

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»,

м. Покровськ, Україна

Проблема забруднення навколишнього середовища людиною зростає разом з технологічним розвитком нашої цивілізації. Негативний вплив викидів антропогенного характеру вже має наслідки не тільки локального, але й планетарного масштабу. Серед основних видів забруднень, які може виокремити сучасна наука (теплове, звукове, хімічне, радіаційне забруднення) саме забруднення атмосфери небезпечними викидами вважається найбільш небезпечним з точки зору безпосереднього впливу на здоров'я людини. Причиною тому в першу чергу є те, що повітря є незамінним ресурсом, а джерела забруднення атмосфери зазвичай розташовуються саме там, де мешкають або працюють споживачі цього ресурсу. За результатами оцінки Всесвітньої організації охорони здоров'я, близько 90 відсотків населення дихає неякісним повітрям, а забруднення повітря є причиною смерті 7 мільйонів людей щороку [1]. При цьому якість повітря в приміщеннях має більш значний вплив на людину, оскільки час перебування людини у приміщенні більший ніж перебування назовні. Розробка та впровадження системи управління якістю повітря в приміщеннях має важливе значення з точки зору профілактичного запобігання цілому ряду захворювань [1]. Невід'ємною частиною таких систем є система моніторингу якості повітря. Точне, вчасне та зручне визначення концентрації забруднюючих домішок в повітрі (твердих або газоподібних) є запорукою якісного управління якістю повітря.

Останні роки у сфері моніторингу параметрів мікроклімату помітне зростання цікавості до технологій Інтернету речей (IoT), хмарних та периферійних обчислень, що підтверджується значною кількістю проектів подібних систем [3 - 5]. Дійсно, застосування цих технологій робить зручним та доступним проектування систем моніторингу довкілля на основі сучасних мережевих технологій, засобів дротового та бездротового зв'язку, хмарних обчислень тощо. Водночас слід відзначити існування певних проблеми, з якими стикаються розробники. Технології IoT (інтерфейси, протоколи зв'язку, сервіси збереження, відображення та обробки даних тощо) дозволяють будувати системи з великою кількістю сенсорів, що у свою чергу зумовлює можливість забезпечення отримання максимально повноцінної інформації про стан контрольованих параметрів навіть з приміщень складної геометрії, де існує значна неоднорідність цих параметрів. Але з іншого боку

зрозуміло, що збільшення кількості застосовуваних сенсорів призводить до значного зростання кошторису проекту. Сенсори з високими технічними та метрологічними параметрами можуть складати більшу частину ціни системи навіть у випадку невеликої кількості таких компонентів у складі. Намір використати значно більше найдорожчих компонентів системи зробить розробку проекту економічно не вигідною. Розв'язання цієї проблеми можливе за рахунок використання більш доступних сенсорів. Моніторинг концентрації твердих домішок та аерозолів у повітрі може здійснюватися за допомогою низки ефективних методів (гравіметричний метод, метод вимірювання на основі бета-променів, метод вимірювання резонансної частоти тощо), але найбільш доступні сенсори будуються на принципі розсіювання світла для вимірювання частинок [4, 5]. Цей метод не лише дозволяє створити дешевші сенсори, але й значно технологічніший за, скажімо, гравіметричний (який вважається чи не найточнішим) і може використовуватись в автоматичному режимі без частого втручання обслуговуючого персоналу. Водночас найдоступніші оптичні сенсори концентрації твердих домішок у повітрі (Sharp GP2Y1010AU0F, Nova SDS011, PMS3003) мають значно гірші метрологічні характеристики. Переваги використання таких сенсорів викликали останнього часу цікавість до вивчення особливостей та розробки методів поліпшення метрологічних характеристик подібних пристроїв та сприяли проведенню ряду досліджень, у яких проаналізовано фактори похибки та запропоновано методи визначення компенсаційних коефіцієнтів для доступних оптичних датчиків концентрації пилу у повітрі, методи їх калібрування та компенсації впливу на результати вимірювань збурюючих факторів: температури та вологості [5]. Необхідність застосування процедури калібрування та компенсації та загальна тенденція до використання периферійних обчислень разом із хмарними [6] вимагає використання у складі системи мікроконтролерів з достатньою обчислювальною потужністю (наприклад подібних до ESP8266 або ESP32), що дозволить використовувати досить складні процедури автоматичного калібрування на основі аналізу результатів вимірювань з великої кількості сенсорів у системі в реальному часі та застосування складної обробки цих даних. Актуальним можна вважати підхід до проектування систем моніторингу параметрів середовища в умовах закритих приміщень, що базується на використанні вже існуючої там інфраструктури зв'язку (наприклад WiFi). Підтвердженням цієї ідеї може виступати періодичний випуск різними розробниками мікроконтролерів з підтримкою одночасно кількох загально вживаних технологій бездротового обміну даними та підвищеними обчислювальними потужностями.

Література

1. World Health Organization, Air Pollution and Child Health-Prescribing Clean Air, WHO, Geneva, Switzerland, 2018, September 2018, [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.who.int/ceh/publications/Advance-copy-Oct24_18150_Air-Pollution-and-Child-Health-merged-compressed.pdf.

2. G. Marques, C. Ferreira, R. Pitarma, Indoor air quality assessment using a CO₂ monitoring system based on Internet of Things, *Journal of Medical Systems*, vol. 43, no. 3, p. 67, 2019.
3. M. Tastan, H. Gokozan, Real-time monitoring of indoor air quality with internet of things-based E-nose., *Applied Sciences*, vol. 9, no. 16, article 3435, 2019.
4. Alfano, B., Barretta, L., Del Giudice, A., De Vito, S., Di Francia, G., Esposito, E., Formisano, F., Massera, E., Miglietta, M.L., Polichetti, T. A Review of Low-Cost Particulate Matter Sensors from the Developers' Perspectives. *Sensors* 2020, 20, 6819.
5. Cho H, Baek Y. Practical Particulate Matter Sensing and Accurate Calibration System Using Low-Cost Commercial Sensors. *Sensors*. 2021; 21(18):6162.
6. Microsoft, Amazon & Huawei Lead the Overall IoT Platform Landscape in Completeness; ClearBlade & FogHorn Emerge as Leading Edge-Focused IoT Platforms [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.counterpointresearch.com/microsoft-amazon-clearblade-foghorn-emerge-leading-edge-focused-iot-platforms>. Назва з титул. екрану.

Анотація

Запропоновано концептуальний підхід до проектування систем моніторингу параметрів мікроклімату в закритих приміщеннях з урахуванням результатів аналізу існуючих тенденцій у сфері технологій IoT. Обґрунтовано ідеї використання доступних сенсорів, методів підвищення їх метрологічних характеристик (калібрування, компенсація впливу збурюючих факторів) та існуючої інфраструктури зв'язку для цієї задачі.

Ключові слова: Інтернет речей, Сенсор, Калібрування, Компенсація впливу, багатоточкові вимірювання.

Аннотация

Предложен концептуальный подход к проектированию систем мониторинга параметров микроклимата в закрытых помещениях, с учетом результатов анализа существующих тенденций в сфере технологий IoT. Обоснованы идеи использования доступных сенсоров, методов повышения их метрологических характеристик (калибровка, компенсация влияния возмущающих факторов) и существующей инфраструктуры связи для этой задачи.

Ключевые слова: интернет вещей, сенсор, калибровка, компенсация воздействия, многоточечные измерения.

Abstract

A conceptual approach to the design of systems for monitoring the parameters of the microclimate indoors, taking into account the results of the analysis of existing trends in the field of IoT technologies. The ideas of using available sensors, methods of improving their metrological characteristics (calibration, compensation for disturbances) and the existing communication infrastructure for this task are substantiated..

Key words: Internet of Things, Sensor, Calibration, Impact Compensation, Multipoint Measurements.