

СУЧАСНІ ІОТ-РЕАЛІЗАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Здійснено аналітичний огляд сучасних рішень проектування інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) для моніторингу фізичних показників на основі ІоТ. Дослідження розкриває широкий спектр сучасних рішень, що використовують технологію LPWAN для побудови ефективних ІВС. Вони включають рішення, які використовують мережеві протоколи LPWAN, такі як LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT, для забезпечення зв'язку із ІоТ-пристроями та передавання даних до ІоТ-платформи.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальна система, система моніторингу, Інтернет речей, датчики, мережеві технології, інформаційна система, LPWAN, Sigfox, LoRaWAN, NB-IoT.

Abstract

An analytical review of modern solutions for designing information-measuring systems (IMS) for monitoring physical parameters based on IoT has been conducted. The research reveals a wide range of contemporary solutions that utilize LPWAN technology to construct efficient IMS. These solutions include those employing LPWAN network protocols such as LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT, to ensure connectivity with IoT devices and transmit data to the IoT platform.

Keywords: information-measuring system, monitoring system, Internet of Things, sensors, network technologies, information system, LPWAN, Sigfox, LoRaWAN, NB-IoT.

Вступ

Інтернет речей (англ.: Internet of Things, скорочено – ІоТ) є однією з актуальних технологій у сучасному світі, яка відкриває широкі можливості для підвищення ефективності, автоматизації та оптимізації повсякденного життя і промислових процесів. ІоТ передбачає підключення фізичних пристроїв до мережі Інтернет для автоматизованого обміну даними.

Проте, розробка інформаційних систем на основі ІоТ не є тривіальним завданням, оскільки залежить від вирішення численних технічних та організаційних викликів, пов'язаних, зокрема, з вимогами ефективного використання мережевих ресурсів, забезпечення низького рівня споживання енергії, безпеки передачі даних, масштабованістю та інтеграцією з існуючими інформаційними системами. В цьому контексті, технологія LPWAN (Low-power Wide-area Network) відіграє важливу роль, надаючи розробникам потужні інструменти для подолання цих проблем. Завдяки енергоефективності та великій зоні поширення сигналу, LPWAN дозволяє ефективно підключати та взаємодіяти з великою кількістю розподілених пристроїв, забезпечуючи збалансований підхід до використання ресурсів та забезпечення безпеки і надійності передачі даних.

Метою даної роботи є аналітичний огляд сучасних інформаційних систем для моніторингу фізичних показників на основі Інтернету речей.

Об'єктом дослідження є інформаційні системи на основі технології ІоТ з використанням мережевих технологій LPWAN.

Предметом дослідження є структурні та архітектурні особливості інформаційних систем на основі технології Інтернету речей.

Аналітичний огляд сучасних рішень

Вивчення успішних ІоТ-реалізацій в інформаційних системах є актуальним для науки і техніки завданням з точки зору проектування сучасної інформаційної системи моніторингу фізичних показників на основі Інтернету речей. ІоТ відкриває широкі можливості для збирання, оброблення та аналізу даних з різних датчиків та пристроїв інформаційних систем, що дозволяє отримувати інформацію, необхідну для прийняття рішень.

Однією з важливих технологій, яка застосовується в IoT-реалізаціях, є технологія LPWAN (Low-Power Wide-Area Network). Технологія LPWAN – це бездротова мережа широкого покриття з низьким енергоспоживанням, яка призначена для передачі даних від вузлів IoT на великі відстані з використанням мінімального обсягу енергії [1].

У роботі [2] запропоновано рішення, яке є оригінальним підходом до вирішення завдань інтелектуального паркування з використанням технології NB-IoT (Narrowband Internet of Things). У дослідженні пропонується інтеграція NB-IoT в базову платформу IoT, що дозволяє передавати дані від датчиків до станції для оброблення, після чого вони передаються до програмного інтерфейсу користувача (API). Робота демонструє можливості технології NB-IoT у підтримці геолокаційних та навігаційних технологій та покращення ефективності паркування. Для фіксування фізичних показників обрано датчики двоїстого виявлення (інфрачервоні та магнітні), кожен з яких має чіп «NB-IoT UE». Показники з датчиків передаються за допомогою eNodeB на центральний сервер, де вони зберігаються в хмарному сховищі для подальшої обробки та аналізу. Вузол може бути активований кожні декілька секунд. Оптимізація конфігурації вузлів датчиків та параметрів мережі є дуже важливою, оскільки, якщо конфігурація виконано неправильно, часті (надлишкові) оновлення інформації або активація датчиків може негативно вплинути на тривалість роботи батареї та на трафік у мережі. Архітектуру рішення подано на рис. 1:

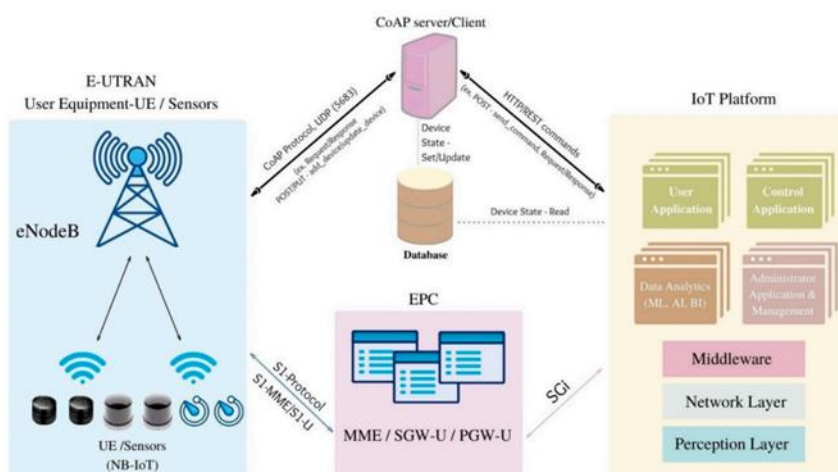


Рисунок 1 - Архітектура системи інтелектуального паркування [2]

Проаналізувавши дане дослідження, було виділено ключові технічні характеристики системи моніторингу (табл. 1):

Таблиця 1. Технічні характеристики системи інтелектуального паркування

Типи датчиків	інфрачервоні (активні, пасивні), магніторезисторні, ультразвукові
Назви датчиків	SmartSense ParkIR, SmartSense ParkPS, NB-IoT MagnetSense, NB-IoT UltraSense 300
Енергоспоживання	від 100 мікروات до 1 мілівата
Пропускна здатність мережі	від 100 біт/с до 250 біт/с
Частота збирання даних	кожні декілька секунд
Дальність радіозв'язку	3 км
Точність визначення	0,5 м
Час реакції системи	до 2 хвилин
Масштабованість	до 20 датчиків на станцію
Додаткове програмне забезпечення	Corper CRM

У роботі [3] пропонується покращення системи біологічного моніторингу за допомогою пристроїв відстеження поведінки диких тварин, які розроблені з використанням різних методів кріплення та використовують мережу Sigfox для дистанційного передавання цифрових даних та оцінювання місцезнаходження з низькою витратою енергії на великі відстані. Пропонований набір міток для тварин складається з чотирьох електронних плат, спеціально розроблених за розмірами та складом сенсорів, але всі вони використовують Sigfox для віддаленого отримання даних. Для підключення до Sigfox у ці мітки інтегровано чіпи SFM10R1 від SEONG JI, SFM10R4 від SEONG JI, eRIC-SIGFOX-RCZ1 від LPRS

або AX-SIP-SFEU-1-01-TX30 від ON Semiconductor. Плата запрограмована на передачу оцінки місцезнаходження GPS-блоку через мережу Sigfox, В плату, також, інтегровано акселерометр та відновлювальну схему. Кількість повідомлень Sigfox на день залежить від кількості сонячного світла, під який потрапляють пристрої. Для локалізації тварин використовують Sigfox Atlas Native. Дослідники впровадили алгоритми оброблення даних, отриманих через Sigfox в цільові показники. Інфраструктура мережі дослідження подана на рис. 2:

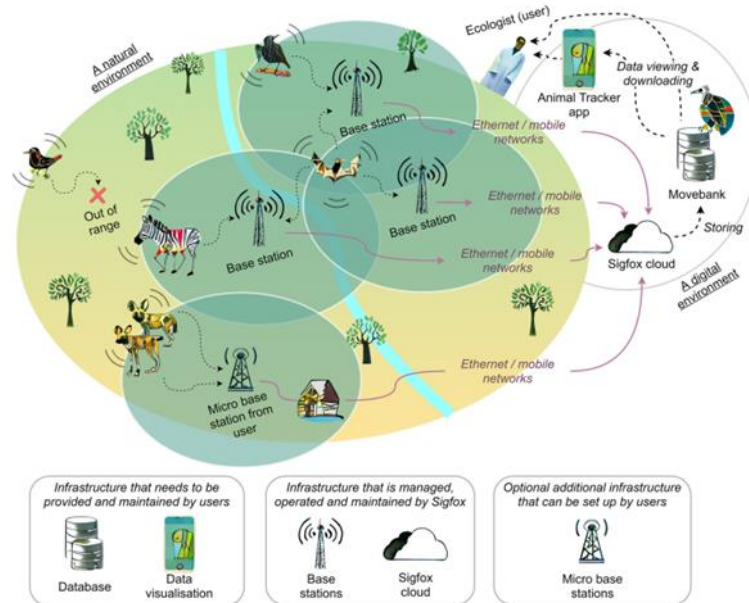


Рисунок 2 - Інфраструктура мережі системи моніторингу дикої природи [3]

Проаналізувавши дане дослідження, було виділено ключові технічні характеристики системи моніторингу (табл. 2):

Таблиця 2. Технічні характеристики системи моніторингу дикої природи

Моделі чіпів	SEONG JI SFM10R1, SEONG JI SFM10R4, LPRS eRIC-SIGFOX-RCZ1, ON Semiconductor AX-SIP-SFEU-1-01-TX30
Типи датчиків	GPS, акселерометр, температури, тиску
Назви датчиків	Quectel L80-M39, Bosch BMA400, Bosch BMP280
Енергоспоживання	6 μ A
Пропускна здатність мережі	100 бт/с
Частота збирання даних	залежить від кількості сонячного світла
Дальність радіозв'язку	До 50 км
Точність визначення	2,5 м
Час реакції системи	5 с
Масштабованість	до 100 датчиків на станцію

У роботі [4] запропоновано розумну вузлову систему збирання інформації про якість повітря на основі мережі LoRaWAN – LoRaWAN-IoT-AQMS. Система складається з кількох датчиків (NO₂, SO₂, CO₂, CO, PM_{2.5} - температури та вологості), мікроконтролера Arduino, шлюзу LoRaWAN та платформи IP The Thing Network (TTN). Система збирає інформацію про якість повітря за допомогою мережі датчиків. Наступний етап передбачає передавання інформації через шлюз на платформу TTN, яка інтегрована із сервером IP ThingSpeak. На платформі запрограмовано оброблення даних та їх відображення за допомогою графічного інтерфейсу користувача, який використовується додатком Vitruvio. Вузол LoRa, який складається із Arduino Uno та модуля LoRa, є основним блоком запропонованої системи. Датчики використовуються для відстежування різних параметрів повітря, температури та відносної вологи. Загальну структуру системи подано на рис. 3:

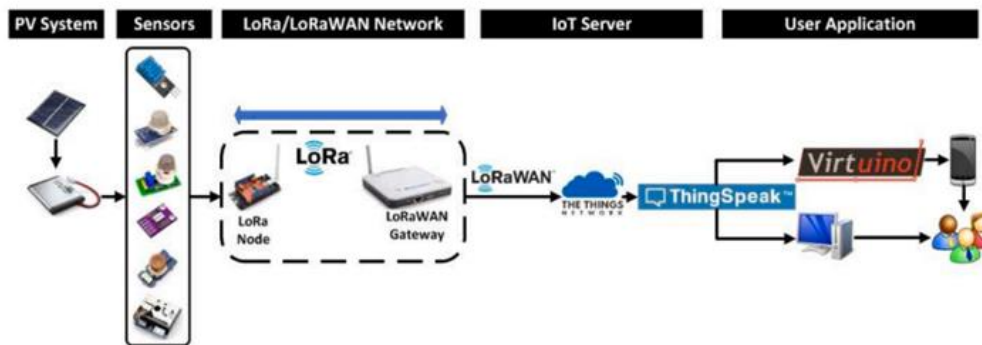


Рисунок 3 - Структура мережі системи моніторингу якості повітря [4]

Проаналізувавши дане дослідження, було виділено ключові технічні характеристики системи моніторингу (табл. 3):

Таблиця 3. Технічні характеристики системи моніторингу якості повітря

Типи датчиків	PM, газів, температури, вологості, радону
Назви датчиків	Sensirion SPS30, Bosch BME680, Bosch BME280, DPWQ30600, Smart Radon Sensor
Енергоспоживання	від 1 мВт до 10 мВт
Пропускна здатність мережі	від 5 кбіт/с до 100 кбіт/с
Частота збирання даних	кожні 10 хвилин
Дальність радіозв'язку	8 км
Точність визначення	+/-10%
Час реакції системи	до хвилини
Масштабованість	до 20 датчиків на станцію

Актуальною та поширеною практикою є розробка інформаційних систем для моніторингу якості води на основі Інтернету речей. Ці системи здійснюють постійний та високоточний контроль за фізико-хімічними та біологічними параметрами водних ресурсів. Зокрема, компанія Libelium є одним із провідних розробників технологій для моніторингу якості води [5]. Вони використовують свій досвід та знання у сфері водних проєктів, щоб створювати інноваційні пристрої та системи для вимірювання та контролю якості води у річках. Пристрої Libelium обладнані датчиками, що вимірюють різні параметри якості води, такі як рівень розчинених речовин, рН, рівень кисню, температура та інші. Ці датчики забезпечують високу точність і надійність вимірювань.

Завдяки бездротовому зв'язку, пристрої Libelium здатні передавати дані про якість води у режимі реального часу до центральної системи моніторингу. Це дозволяє операторам отримувати актуальну інформацію про стан річкових водних ресурсів та швидко реагувати на будь-які аномалії. Окрім цього, пристрої Libelium мають вбудовані алгоритми та програмне забезпечення для аналізу даних про якість води. Це дозволяє автоматично виявляти відхилення від норми та сповіщати про можливі проблеми з якістю води, що дозволяє приймати своєчасні заходи для запобігання забрудненню або забезпечення оптимального стану водних ресурсів.

Висновки

Аналітичний огляд сучасних рішень проєктування інформаційних систем моніторингу фізичних показників на основі Інтернету речей (IoT) підтверджує значний прогрес у цій галузі. Використання технологій IoT у систему моніторингу фізичних показників дозволяє забезпечити ефективне збирання та аналіз даних, що сприяє покращенню процесів спостереження та контролю. Успішні реалізації проєктів з використанням технологій LoRaWAN, Sigfox та Nb-IoT свідчать про переваги цих протоколів зв'язку. Вони забезпечують надійну та енергоефективну передачу даних про різноманітні фізичні показники, такі як температура, вологість, освітленість тощо. Інформаційні системи, побудовані на базі IoT-технологій, дозволяють отримувати в режимі реального часу дані про ці фізичні показники. Використання IoT-технологій у системах моніторингу фізичних показників відкриває широкі можливості для автоматизації, оптимізації та покращення процесів контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Low-Power Wide-Area Networks: A Broad Overview of Its Different Aspects / [N. Srinivasarao Chilamkurthy, O. Jee Pandey, A. Ghosh та ін.]. // IEEE Access. – 2022. – №10. – С. 81926 – 81959.
2. A Smart Parking Solution by Integrating NB-IoT Radio Communication Technology into the Core IoT Platform / E. Kadusic, N. Zivic, C. Ruland, N. Hadzajic. // Future Internet. – 2022. – №14. – С. 219–254.
3. A multi-species evaluation of digital wildlife monitoring using the Sigfox IoT network / [T. Wild, L. Schalkwyk, P. Viljoen та ін.]. // Animal Biotelemetry volume. – 2023. – №11. – С. 17.
4. LoRaWAN-Based IoT System Implementation for Long-Range Outdoor Air Quality Monitoring / W. Jabbar Al-Areeqi, T. Subramaniam, A. Emelio Ong, M. Iqmal Shu'ib. // Internet of Things. – 2022. – №19. – С. 25.
5. Libelium takes care of the rivers' health with IoT water technology [Електронний ресурс] // Libelium. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.libelium.com/libeliumworld/success-stories/libelium-takes-care-of-the-rivers-health-with-iot-water-technology/>.

Гончаренко Дмитро Валерійович – аспірант кафедри системного аналізу та інформаційних технологій (САІТ), факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: honcharenko.d98@gmail.com

Мокін Віталій Борисович – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри САІТ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ybmokin@vntu.edu.ua

Проценко Дмитро Петрович - кандидат технічних наук, доцент кафедри САІТ та КЕМСК, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: procenko.d.p@vntu.edu.ua

Honcharenko Dmytro V. – postgraduate student of the System Analysis and Information Technologies (SAIT), Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: honcharenko.d98@gmail.com

Mokin Vitalii B. – Dr. Tech. Sciences, Prof., Head of the Department of SAIT, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ybmokin@vntu.edu.ua

Protsenko Dmytro P. - candidate of technical sciences, associate professor of the departments of SAIT and CEMSC, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: procenko.d.p@vntu.edu.ua