

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ І ТЕХНОЛОГІЇ SIGFOX

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Представлено проектування системи моніторингу стану води на основі технологій Інтернету речей та мережі Sigfox. Система призначена для збирання та аналізу даних з віддалених локацій у реальному часі, що дозволяє здійснювати контроль ключових параметрів води. Архітектура системи включає сенсори, мікроконтролер, модуль передачі даних Sigfox, сервер обробки даних та інтерфейс для користувачів. Завдяки технології Sigfox система забезпечує надійний зв'язок навіть у важкодоступних регіонах, що сприяє підвищенню оперативності реагування на зміни стану води.

Ключові слова: система моніторингу, Інтернет речей, Sigfox, датчики, забруднення.

Abstract

The design of a water status monitoring system based on Internet of Things technology and the Sigfox network is presented. The system is intended for real-time data collection and analysis from remote locations, enabling monitoring of key water parameters. The system architecture includes sensors, a microcontroller, a Sigfox data transmission module, a data processing server, and a user interface. Thanks to Sigfox technology, the system provides reliable connectivity even in hard-to-reach areas, enhancing responsiveness to changes in water conditions.

Keywords: monitoring system, Internet of Things (IoT), Sigfox, sensors, pollution

Вступ

У сучасному світі контроль стану води є критично важливим для охорони здоров'я населення, збереження екосистем і забезпечення сталого розвитку. Використання технологій Інтернету речей (IoT) дозволяє здійснювати високоточний збір і аналіз даних з віддалених локацій у режимі реального часу, що сприяє ухваленню обґрунтованих рішень та забезпечує оперативне реагування на зміни параметрів води.

В Україні практично відсутні станції автоматичного онлайн моніторингу якості вод. До 2024 року їх було декілька десятків у басейні р. Сіверський Донець, Тиса, Десна, але, в різних причин, вони зараз не функціонують або інформація з них не публікується. Натомість, з якості атмосферного повітря є чимало подібних рішень, наприклад дані можна переглянути чи й завантажити на порталах SaveEcoBot (<https://www.saveecobot.com/>) , EcoCity (<https://eco-city.org.ua/>) та ін. Отже, необхідним є створення подібної мережі моніторингу.

Однією з головних відмінностей, яка ускладнює розгортання системи моніторингу вод у порівнянні з системою моніторингу стану атмосферного повітря, є те, що для другої пристрій можна розмістити просто на стіні своєї будівлі на роботі чи вдома, підключити в розетку та до свого WiFi (так воно, як правило, й робиться), а щодо моніторингу вод потрібно спеціальне місце у воді з автономним живленням і мережею збирання сигналу. Якщо на перші два питання можна знайти відповідь, то вибір способу збирання сигналу є відкритим питанням. Автори мають досвід вирішення цих питань на базі IoT-мережі Sigfox.

Інноваційна французька технологія Sigfox – провідне рішення для передачі даних на великі відстані з низьким енергоспоживанням. Ця технологія забезпечує зв'язок навіть у найвіддаленіших локаціях, де традиційні засоби комунікації недоступні, що робить систему оптимальною для моніторингу водних ресурсів, таких як річки, озера, водосховища та інші природні й штучні водойми. Система надає можливість отримувати точні дані про показники стану води — температуру, рівень рН, концентрацію забруднень тощо — та передавати їх до хмарних сервісів для подальшого зберігання і всебічного аналізу.

Метою даної роботи є проектування системи моніторингу стану води з використанням Інтернету речей і технології Sigfox.

Об'єктом дослідження є інформаційна системи на основі технології IoT з використанням мережесих технологій LPWAN.

Предметом дослідження є процеси та методи моніторингу параметрів стану води за допомогою технології Інтернету речей (IoT) та технології Sigfox.

Вихідні передумови розробки системи моніторингу стану води

Розробленню цієї системи передували численні дослідження, проектування та випробування розроблених інформаційних рішень, що дозволило сформувати необхідну базу знань та практичний досвід. Зокрема, було проведено аналіз зони покриття станції Sigfox, розроблено інформаційну систему для моніторингу температури в приміщеннях, а також створено прототип системи моніторингу якості води на основі технології Sigfox (рис.1) [1-6].

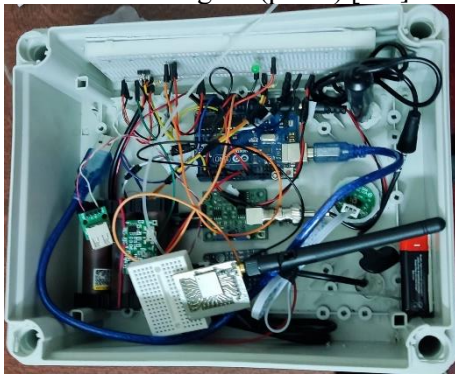


Рисунок 1 – Прототип пристрою системи моніторингу стану води

Рішення про використання Інтернету речей та технології Sigfox було обумовлено рядом факторів. По-перше, IoT забезпечує можливість інтеграції різноманітних сенсорів та пристроїв для збору даних у реальному часі, що є критично важливим для ефективного моніторингу параметрів навколишнього середовища, таких як якість води. По-друге, технологія Sigfox, яка належить до класу LPWAN забезпечує високу ефективність передачі даних на великі відстані при низькому енергоспоживанні. По-третє, Sigfox дозволяє знизити витрати на інфраструктуру зв'язку, оскільки ця технологія не потребує складних рішень для організації локальних мереж [7].

Структура інформаційної системи

Архітектура системи моніторингу стану води, що базується на технологіях Інтернету речей (IoT) та Sigfox, складається з кількох ключових компонентів, які взаємодіють для збору, обробки та передачі даних про стан води. Основні елементи цієї архітектури включають (рис. 2):

- Сенсори: На початковому рівні системи розміщуються сенсори, призначені для вимірювання різноманітних параметрів води, таких як температура, рН, рівень забруднення, вміст кисню та інші критично важливі показники.
- Пристрої збору даних: Сенсори підключені до мікроконтролерів, які здійснюють обробку даних, отриманих від сенсорів.
- Мережа Sigfox: Після обробки дані передаються через мережу Sigfox. Ця технологія ширококутових бездротових мереж з низьким споживанням енергії забезпечує енергоефективну та надійну передачу даних на великі відстані
- Сервер обробки даних: Централізована обробка отриманих даних відбувається на сервері, де дані аналізуються, зберігаються та обробляються для подальшої візуалізації.
- Веб-додаток або мобільний додаток: Користувачі отримують доступ до інформації про стан води через веб-додаток або мобільний додаток.
- Система сповіщення: Система також включає механізми сповіщення користувачів про зміни в стані води. Це може бути реалізовано через SMS, електронну пошту або push-повідомлення.

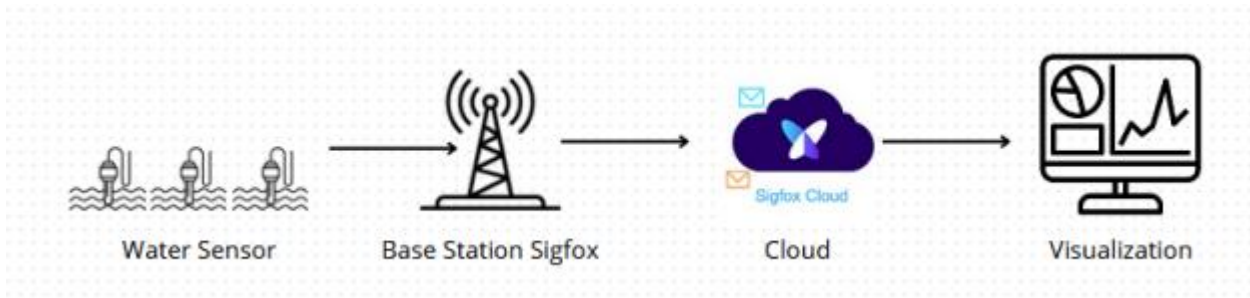


Рисунок 2 – Структура системи моніторингу

Компоненти апаратного забезпечення системи моніторингу

Пристрій буде складатися з мікроконтролера, модуля передачі даних Sigfox та IoT-датчиків, які здійснюватимуть вимірювання основних параметрів води. Пропонується використати промислові типи датчиків, які призначені для тривалого постійного перебування у воді та вимірювання показників. Завершення розробки та впровадження передбачає створення системи із занурювальними датчиками та навісними датчиками контролю рівня води, що передають дані через мережу Sigfox до хмарного середовища. Отримані дані будуть оброблені та агреговані у хмарному середовищі, після чого вони будуть направлені до спеціалізованого додатку для візуалізації та аналізу. Додатково можлива реалізація прикладного програмного інтерфейсу (API) для передачі інформації до відкритих порталів даних, зокрема до Порталу відкритих даних Вінницької міської ради.

Пропонується використати такі датчики експрес-аналізу (рис. 3):

- рН;
- електропровідності;
- окисно-відновлювального потенціалу;
- розчиненого кисню;
- температури;
- рівня води.

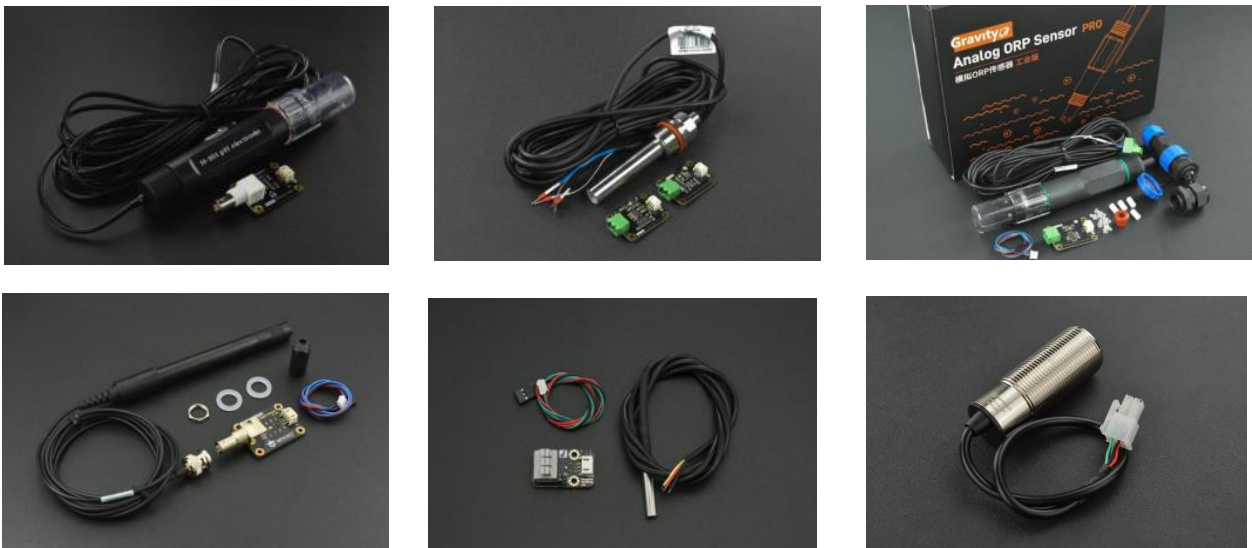


Рисунок 3 – IoT-датчики системи моніторингу стану води

Пропонується помістити мікроконтролер, модуль Sigfox та плати датчиків у пластиковий водонепроникний корпус із ступенем захисту IP68 (рис. 4). Цей корпус може бути закріплений на плаваючій платформі або на стаціонарному посту, наприклад, на причалі. Датчики занурюються на глибину до кількох метрів у воду.

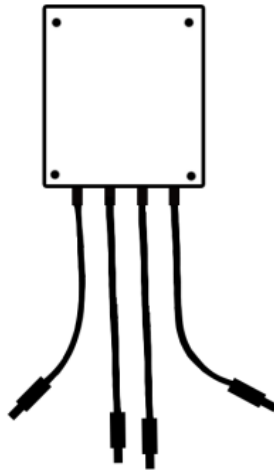


Рисунок 4 – Макет пристрою

Ультразвукові датчики для контролю рівня води пропонується розташувати на опорах мосту або опорах стаціонарного посту оскільки таке розташування забезпечує стабільність і точність вимірювань. Це дозволить постійно відстежувати зміни рівня води з високою точністю, оскільки ультразвукова хвиля проходить через повітря, а не воду, що забезпечує стабільність вимірювань навіть за наявності перешкод на водній поверхні. Схему розташування пристроїв моніторингу подано на рисунку 5, де А – ультразвукові датчики, а В – пристрій вимірювання якості води:

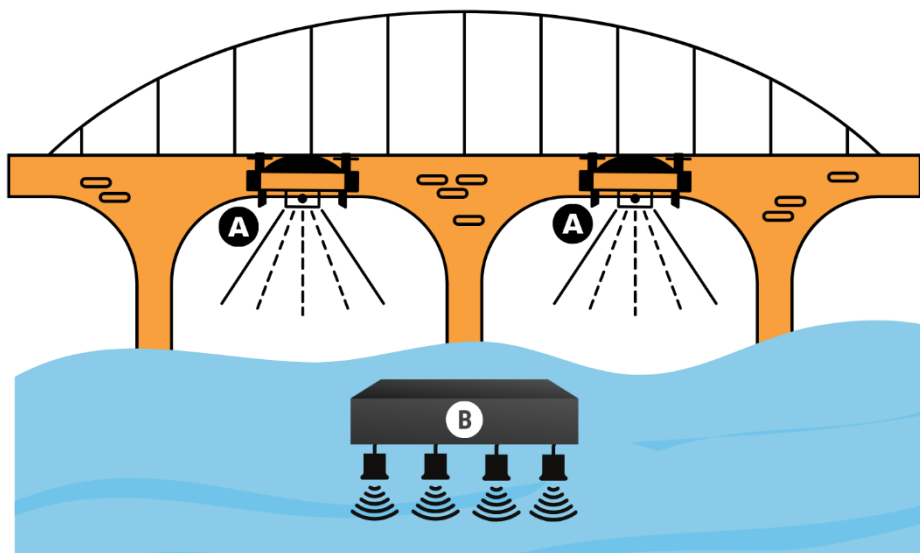


Рисунок 5 – Схема розташування пристроїв

Система раннього реагування на забруднення

Система раннього реагування на забруднення в басейні річки є критично важливою складовою моніторингу якості води з використанням технології Інтернету речей (IoT) та мережі Sigfox. Основною метою цієї системи є забезпечення оперативного виявлення небезпечних змін у стані води та вжиття термінових заходів для запобігання екологічним катастрофам.

Датчики, розташовані у різних точках річки, здійснюють моніторинг аномальних показників, таких як різкі зміни рН, підвищення рівня забруднюючих речовин або інших небезпечних параметрів. У випадку виявлення таких аномалій, датчики автоматично передають цю інформацію через мережу Sigfox до централізованої системи збору даних, яка обробляє дані в реальному часі, аналізуючи їх на наявність потенційних загроз.

Схему роботи системи раннього реагування подано на рисунку 6:

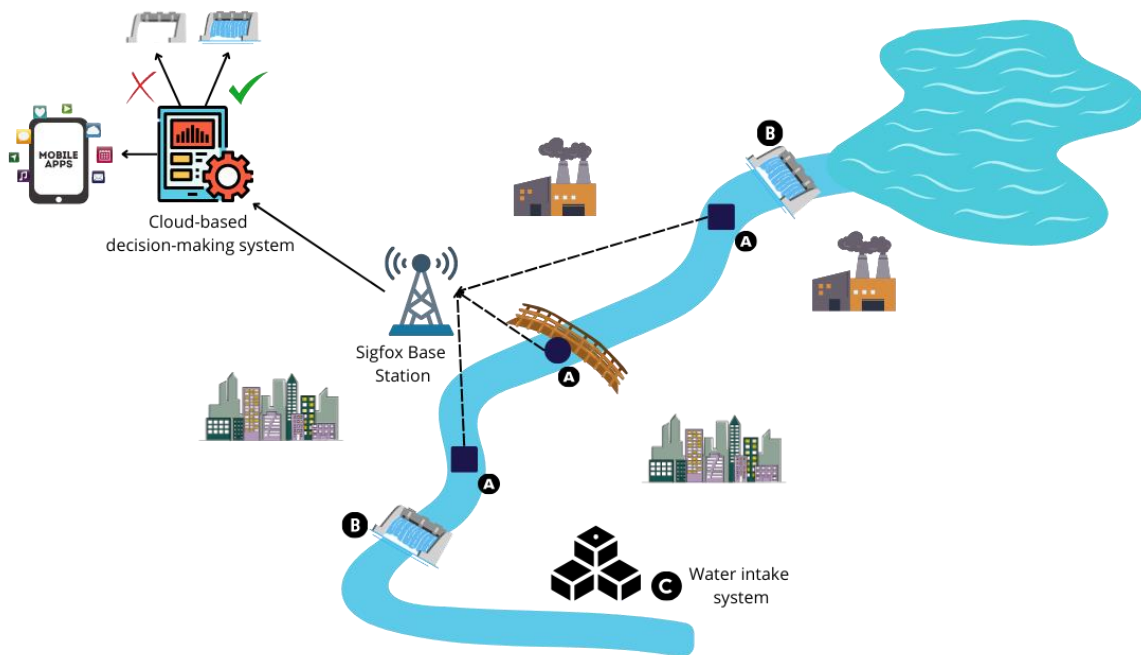


Рисунок 6 – Схема роботи IoT-системи раннього реагування на забруднення природних вод

У разі перевищення критичних значень рівня води або виявлення забруднюючих речовин пристроями моніторингу (A) система ініціює механізм реагування. Автоматично формуються повідомлення, які надсилаються відповідним органам, такими як місцеві екологічні служби, водоканали або рятувальні служби. Ці повідомлення містять важливу інформацію про тип і рівень забруднення або рівень води, а також геолокацію місця виявлення аномалії, що дозволяє службам оперативно оцінити ситуацію та визначити необхідність виїзду на місце події.

У випадку серйозних забруднень система здатна ініціювати автоматичне перекриття шлюзів (B), щоб запобігти потраплянню забрудненої води до системи водопостачання (C). Цей процес реалізується через спеціально розроблені механізми, які можуть бути дистанційно активовані, у відповідь на сигнали від системи моніторингу. Такі заходи забезпечують захист водопостачання та зменшують ризик потрапляння небезпечних речовин до споживчої води. Аналогічно можна реалізувати систему протипаводкового захисту на основі датчику про рівень води, якщо є така необхідність.

Додатково, система може включати функцію візуалізації даних, в якій представлена вся інформація про якість води та вжиті заходи в зрозумілому форматі. Цей аспект є важливим для швидкого реагування та координації дій між різними службами, адже забезпечує доступ до актуальних даних не лише для спеціалістів, але й для громадськості.

Висновки

Спроектовано систему моніторингу стану води з використанням Інтернету речей і технології Sigfox. Запропонована система моніторингу якості води на основі технологій IoT та Sigfox є ефективним рішенням для постійного спостереження за станом водних ресурсів та забезпечення раннього реагування на забруднення. Завдяки низькому енергоспоживанню, простоті інтеграції та високій ефективності передачі даних на великі відстані, ця система може бути використана навіть у віддалених та важкодоступних регіонах. Забезпечуючи можливість збирання та обробки даних про параметри якості води в режимі реального часу, вона сприяє ухваленню своєчасних рішень, що допомагають запобігати екологічним катастрофам, зберігати здоров'я населення та підтримувати екологічну стабільність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проценко Д. П. Аналіз зони покриття станції Інтернету речей Sigfox для визначення місць розташування датчиків [Електронний ресурс] / Д. П. Проценко, С. А. Цвігун, Д. В. Гончаренко // ЛІ Науково-технічна конференція факультету інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2023/paper/view/18937/15751>.

2. Гончаренко Д. В. Аналіз підходів щодо вибору архітектури інформаційних систем на основі інтернету речей за реальних умов [Електронний ресурс] / Д. В. Гончаренко, В. Б. Мокін // ЛІ НТКП ВНТУ. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/40203/16140.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
3. Гончаренко Д. В. Переваги технологій інтернету речей SIGFOX для створення локальної системи моніторингу атмосферного повітря [Електронний ресурс] / Д. В. Гончаренко, В. Б. Мокін, Д. П. Проценко // Матеріали ЛІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р. – Електрон. текст. дані. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2023/paper/view/17211>.
4. Гончаренко Д. В. Сучасні IoT-реалізації інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем [Електронний ресурс] / Д. В. Гончаренко, В. Б. Мокін, Д. П. Проценко // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)», Вінниця, 22 червня 2023 р. – Електрон. текст. дані. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/viewFile/18524>.
5. Гончаренко Д. В. Побудова інформаційної системи моніторингу фізичних показників на основі технології «Інтернет речей» / Д. В. Гончаренко, В. Б. Мокін, Д. П. Проценко. // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2023. – №2. – С. 99–108.
6. IoT-система вимірювання параметрів стану вод на базі Sigfox [Електронний ресурс] / [Д. В. Гончаренко, В. Б. Мокін, Д. П. Проценко та ін.] // НТКП ВНТУ. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/41813/20077.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
7. Alqurashi, H., Bouabdallah, F., Khairullah, E. SCAP SigFox: A scalable communication protocol for low-power wide-area IOT Networks. Sensors, 23(7), с. 3732, 2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/s23073732>

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: vbmokin@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: vbmokin@vntu.edu.ua