

ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ SIGFOX ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Забруднення повітря серйозно впливає на здоров'я людей, довкілля та економіку. Для вирішення цієї проблеми потрібно постійно контролювати якість повітря, вимірюючи такі показники, як тверді частинки, озон, діоксид азоту, діоксид сірки тощо. Це дозволяє визначати джерела забруднення, відстежувати прогрес та формувати політику щодо покращення якості повітря. Здійснено аналіз IoT-мережі Sigfox щодо можливості розгортання системи моніторингу якості атмосферного повітря. Зібрано пристрій та за його допомогою проведено експерименти на території ВНТУ з використанням базової станції Sigfox університету.

Ключові слова: забруднення повітря, Sigfox, IoT-датчики, базова станція, мережа, протокол, технологія, алгоритм

Abstract

Air pollution seriously affects human health, the environment and the economy. To solve this problem, it is necessary to constantly monitor air quality, measuring such indicators as particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide, etc. This allows for the identification of sources of pollution, monitoring of progress and formulation of policies to improve air quality. An analysis of the Sigfox IoT-network was carried out regarding the possibility of deploying the atmospheric air quality monitoring system. The device was assembled and with its help, experiments were conducted on the territory of VNTU using the Sigfox base station of the university.

Keywords: air pollution, Sigfox, IoT sensors, base station, network, protocol, technology, algorithm

Вступ

Одним із важливих завдань зон та агломерацій України є забезпечення автоматичного моніторингу атмосферного повітря в багатьох точках за широким спектром показників [1-3]. Особливо цінним є здійснення такого моніторингу у прифронтових територіях, де, по-перше, є багато місць потенційного забруднення атмосферного повітря, які потребують особливої уваги, а по-друге, мають місце активні радіоперешкоди та завади іншого типу.

Метою даного дослідження було проаналізувати переваги технології інтернету речей Sigfox для створення локальної системи моніторингу атмосферного повітря за умов активних завад.

Огляд характеристик та можливостей IoT-технологій Sigfox для поставленої задачі

Sigfox – це технологія M2M, розроблена французькою стартап-компанією Sigfox. Sigfox використовує технологію UNB для досягнення багатокілометрової дальності передачі у смузі без ліцензування в рамках обмеження по потужності [4]. Sigfox використовує топологію мережі «зірка», де IoT-пристрої взаємодіють з базовою станцією, а базові станції взаємодіють з хмарою Sigfox [5]. Структуру мережі Sigfox подано на рис. 1 У цій топології кожен пристрій спілкується тільки з базовою станцією, що дозволяє економити енергію та зменшити вартість пристрою. Діапазон покриття мережі Sigfox залежить від умов місцевості та географічного розташування базових станцій. У сільській місцевості зона покриття може сягати 30-50 км, у містах з високою щільністю забудови діапазон зменшується до 10 км та менше.

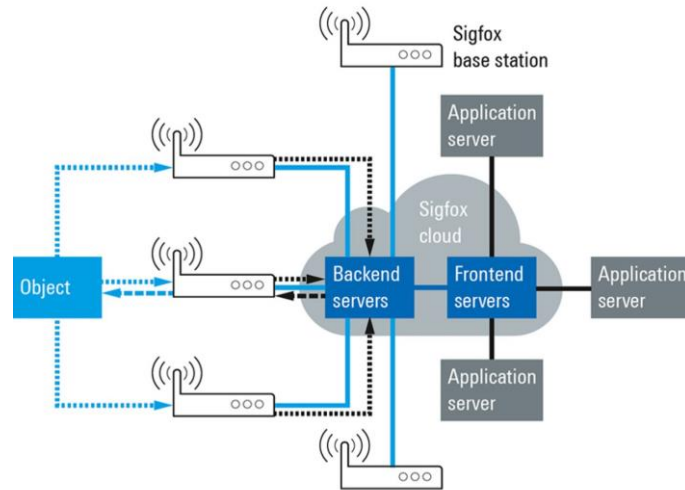


Рисунок 1 - Структура мережі Sigfox

Sigfox використовує власний протокол для передачі даних. Компанія також пропонує хмарну платформу для зберігання та керування даними. Ось деякі технології та протоколи, які використовує Sigfox [6-9]:

- **Технологія Ultra Narrow Band (UNB):** це основна технологія, яку Sigfox використовує для своєї мережі бездротового зв'язку. Смуга частот, яку займає пристрій при передачі дорівнює 100 Гц. Загальна сума каналу становить 10.6 МГц. Сигнали надсилаються з дуже низькою швидкістю передачі даних, зазвичай, від 100 до 600 біт на секунду, що дозволяє їм подолати великі відстані без значного погіршення сигналу.
- **Протокол Sigfox:** Sigfox використовує власний протокол для передачі даних між пристроями IoT та мережею Sigfox. Протокол, в основному, базується на протоколі мережі з низькою пропускнуною здатністю (LTN). Повідомлення має довжину 12 байтів та містить порядковий номер з метою безпеки. Це гарантує, що дані, які передаються через мережу, захищені від несанкціонованого доступу або перехоплення.
- **Sigfox Gateway:** базова станція, що здійснює збирання даних з пристроїв з підтримкою Sigfox та їх відправлення на хмарну платформу. Шлюз діє як міст між мережею Sigfox та пристроями, які він обслуговує.
- **API:** Sigfox надає інтерфейси програмування додатків (API), які дозволяють розробникам отримувати доступ до даних з пристроїв Sigfox та інтегрувати їх у власні програми. Ці API надають функції управління пристроями, пошуку даних та визначення місця розташування.
- **Sigfox Cloud:** хмарна платформа, яка надає можливості підключення та керування даними для пристроїв IoT, що використовує мережа Sigfox. Хмара дозволяє пристроям відправляти та отримувати дані, зібрані з IoT пристроїв, по мережі Sigfox, а також зберігати та аналізувати їх.

Мережа Sigfox розроблена спеціально для пристроїв із низьким енергоспоживанням, які потребують протягом тривалого часу автономної роботи та працюють на великих відстанях, таких як датчики, трекери та інші пристрої.

З урахуванням проведеного аналізу, доцільно використовувати Sigfox як комунікаційний інтерфейс для забезпечення збору даних в системах моніторингу якості атмосферного повітря. Для завдань вимірювання рівнів забруднювачів повітря на місцях можна використовувати такі пристрої та технології:

- **Датчики моніторингу якості повітря:** датчики IoT можна використовувати для моніторингу якості повітря в містах та селах в режимі реального часу. Вони виявлятимуть рівні забруднюючих речовин, таких як озон, діоксид азоту, тверді частинки та передаватимуть дані на хмару для подальшого аналізу.
- **Розумні метеостанції:** за допомогою метеостанції з підтримкою IoT можна збирати та передавати дані про температуру, вологість та швидкість вітру. Ці дані можна

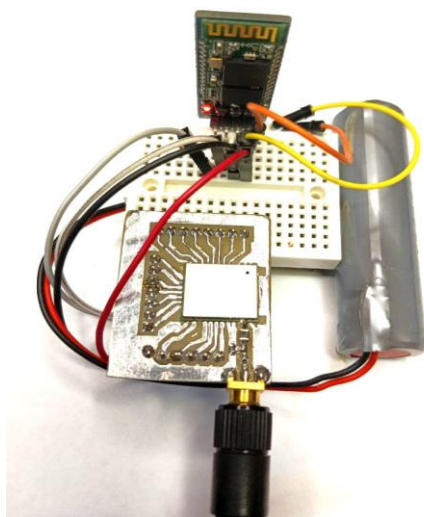
використовувати для прогнозування розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері та аналізу тенденцій якості повітря.

- Мобільний моніторинг якості повітря: для збирання даних про якість повітря можна встановлювати IoT датчики на рухомі транспортні засоби. Отримані дані можна використовувати для картографування точок забруднення та моніторингу змін якості повітря з часом. Для визначення розташування транспортних засобів із датчиками можна використати алгоритм TDOA для триангуляції приблизного місця розташування пристрою. Процес передбачає вимірювання часу, необхідного для переміщення сигналу від пристрою на станції Sigfox. Використовуючи цю інформацію, хмарна система Sigfox може розрахувати відстань між пристроєм та кожною базовою станцією, а потім виконати триангуляцію для оцінки місцезнаходження транспорту.
- Моніторинг якості повітря в приміщеннях: для моніторингу якості повітря в приміщеннях, таких як будинки, офіси та школи, можна використовувати датчики IoT. Ці датчики здатні виявляти рівні забруднюючих речовин та надавати сповіщення в режимі реального часу, якщо якість повітря падає нижче визначеного рівня.
- Персональні монітори якості повітря: для моніторингу впливу забруднюючих речовин у повітрі на людину можна використовувати кишенькові пристрої з підтримкою Інтернету речей. Ці пристрої можуть відстежувати місцезнаходження людини та надавати зворотний зв'язок щодо впливу на неї різних забруднюючих речовин у режимі реального часу.

Загалом, використання технології Інтернету речей у системах моніторингу атмосферного повітря може покращити результати для здоров'я населення та навколишнього середовища. Це досягається, завдяки наданню більш точної та своєчасної інформації про якість повітря.

Результати дослідження

Для дослідження можливостей передачі даних в мережі Sigfox було зібрано пристрій на базі модуля WSSFM10R1AT (рис. 1а), до складу якого входить Bluetooth-трансвер hc-06, який формує необхідні AT-команди керування модулем через термінальну програму мобільного телефона та LiON-акумулятор живлення. З використанням базової станції Sigfox, наданої у межах меморандуму про співпрацю між ВНТУ та ТОВ «УТІЛІКС» як офіційного представника компанії Sigfox в Україні, проведено тестування передачі даних на території ВНТУ. Результати тестування засвідчили можливість надійної передачі даних в зоні дії покриття шлюзу Sigfox, встановленого в приміщенні, в радіусі приблизно 150 м в усіх напрямках (рис. 1б).



а)

LQI	Callbacks	Location

б)

Рисунок 2 - Експерименти з випробування IoT-технології Sigfox на території ВНТУ: а) вигляд пристрою; б) приклад інформації про рівень сигналу на сервері Sigfox

Але, оскільки антена є направленою, то в одному напрямку сигнал був очікувано потужніший.

На жаль, не вдалось реалізувати ситуацію суттєвих радіоперешкод, тому потрібні додаткові експерименти.

Висновки

У даній роботі здійснено аналіз мережі Sigfox щодо можливості розгортання системи моніторингу якості атмосферного повітря. Проаналізовано переваги технології інтернету речей Sigfox для створення локальної системи моніторингу атмосферного повітря за умов активних завод.

Sigfox є технологією мережі із низьким рівнем споживання енергії, яка призначена для зв'язку IoT-пристроїв та датчиків на великій відстані, що працюють в автономному режимі протягом тривалого часу. Тому, завдяки ряду особливостей та переваг, за допомогою мережі Sigfox можна здійснювати моніторинг якості атмосферного повітря з використанням датчиків «Інтернету речей», які здійснюють вимірювання різних показників стану забрудненості атмосферного повітря міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. Б. Мокін, С. М. Крижановський, А. Р. Ящолт, і Д. О. Шмундяк, «Технологія проєктування мережі спостережень якості атмосферного повітря регіону на основі методу аналізу ієрархій», Наукові праці ВНТУ, вип. 4, Лют 2022.
2. Програма державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря агломерації «Вінниця» на 2021 - 2025 роки [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://new.vmr.gov.ua/media/Сервіси/Ecology/Програма остаточний варіант 26.11.21.pdf](https://new.vmr.gov.ua/media/Сервіси/Ecology/Програма%20остаточний%20варіант%2026.11.21.pdf).
3. Директива 2008/50/єс європейського парламенту та ради про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи [Електронний ресурс] // Верховна Рада України – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_950#Text.
4. Qin, Z.; Qin, Z.; Li, F.Y.; Li, G.Y.; McCann, J.A.; Ni, Q. Low-power wide-area networks for sustainable IoT. IEEE Wirel. Commun. 2019, 26, 140–145.
5. Cyber-Physical Mobile Computing, Communications, and Sensing for Industrial Internet of Things and Industry 4.0 / [Q. Khanh, N. Hoai, L. Manh та ін.]. // Hindawi. – 2022. – С. 19.
6. MO Y. Ultra-narrow-band for IoT / Y. MO, M. DO, C. GOURSAUD // Big Data-Enabled Internet of Things / Y. MO, M. DO, C. GOURSAUD., 2019. – С. 175–198.
7. Hemjal M. SIGFOX BASED INTERNET OF THINGS: TECHNOLOGY, MEASUREMENTS AND DEVELOPMENT / Md Abu Hemjal. // Faculty of Information Technology and Communication Sciences. – 2019. – С. 80.
8. Nashiruddin M. SigFox Network Planning for Smart Metering Based on Internet of Things for Dense Urban Scenario / M. Nashiruddin, A. Yusri. // 8th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT). – 2020. – С. 6.
9. Al-Kashoash H. Comparison of 6LoWPAN and LPWAN for the Internet of Things / H. Al-Kashoash, A. H. Kemp // Australian Journal of Electrical and Electronics Engineering / H. Al-Kashoash, A. H. Kemp., 2017. – (1448-837X). – С. 8.

Гончаренко Дмитро Валерійович – аспірант кафедри системного аналізу та інформаційних технологій, 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 системного аналізу та інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vbmokin@vntu.edu.ua

Проценко Дмитро Петрович - кандидат технічних наук, доцент кафедри системного аналізу та інформаційних технологій та кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, 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, 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 System Analysis and Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vbmokin@vntu.edu.ua

Protsenko Dmytro P. - candidate of technical sciences, associate professor of the department of System Analysis and Information Technologies and of the department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: procenko.d.p@vntu.edu.ua