

УДК 004.7

Туленков А.В.<sup>1</sup>, Пархоменко А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> студ. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> доц. НУ «Запорізька політехніка»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ LORA ДЛЯ ЦИФРОВОЇ ПЛАТФОРМИ ЗЕЛЕНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Зелений університет (Green University, GU) – це стратегія, яка передбачає інтеграцію принципів сталого розвитку та інноваційних технологій для збільшення екологічної відповідальності через впровадження енергоефективних технологій та раціонального використання ресурсів [1].

Також задачею GU є розвиток екологічної свідомості (відповідальне сортування сміття, ощадливе використання енергетичних ресурсів та ін.) через підвищення обізнаності викладачів та студентів [2]. Концепція цифрової платформи GU охоплює питання, що стосуються систем електропостачання, інтелектуальних мереж, систем моніторингу та контролю споживання енергії, освітлення, інформаційного сервісу, водопостачання, а також пошуку нових рішень в даній області. Сучасний підхід до сталого розвитку у контексті GU реалізується за допомогою IoT технологій та цифрових сервісів [3].

Дослідження показали, що розробники найчастіше в якості основного контролера для бездротової IoT мережі сенсорів та актуаторів використовують контролер ESP32, який підтримує технології передачі на невеликій відстані (Wi-Fi та BLE). У якості серверу системи часто використовують локальний мінікомп'ютер Raspberry PI, рідше – хмарні сервіси. Найбільш використовуваними технологіями передачі даних у IoT системах є Wi-Fi та LoRa. Але аналіз показав, що технологія LoRa має низку переваг у порівнянні з Wi-Fi, оскільки забезпечує більшу дальність дії, стійкий протокол та високу проникність сигналу у міській забудові [4]. Крім того, технологія є масштабованою та енергоефективною і не потребує використання великої кількості енергоресурсів для своєї роботи. Також, технологія LoRa дозволяє реалізовувати самоорганізуючі мережі з комірковою топологією, що дозволяє розширити зону покриття, підвищити надійність мережі та стійкість до перешкод. Тому, для реалізації цифрової платформи GU було вирішено створити підсистему збору та передачі даних на великі відстані при низькому енергоспоживанні на основі контролера ESP32 з LoRa модулем та комірковою структурою мережі [5].

Огляд свідчить, що існує велика кількість апаратних чіпів LoRa (CC1101, LLCC68, nRF24L01, STM32WL, SX126x та ін.). В той же час, аналіз показав, що існуючі бібліотеки (Alora, Radio Head, RadioLib, LoRa-Mesh, SX126x-Arduino, LoRaDiMe, LoRa Mesher, Meshtastic) для створення мережі підтримують не всі чіпи та мають певні особливості використання та обмеження. Зокрема, аналіз існуючих бібліотек свідчить, що бібліотеки Alora, Radio Head, SX126x-Arduino, LoRa Mesher характеризуються розширеним описом алгоритмів та підтримкою великої кількості чіпів. Бібліотека RadioLib має найбільше прикладів та реалізацій додаткових протоколів, а бібліотеки LoRa-Mesh та LoRaDiMe вже не підтримуються розробниками. Бібліотека Meshtastic є найбільш розвинутою для побудови коміркової LoRa мережі, але й найбільш складною для інтеграції та внесення змін. Всі бібліотеки є відкритими (OpenSource) та доступними для користувацьких змін.

На основі проведеного аналізу, для реалізації підсистеми збору та передачі даних в системі GU було обрано бібліотеку Alora [6]. Ця бібліотека дозволяє реалізувати коміркову мережу з обмеженням в 48 пристроїв, є дуже зрозумілою для редагування та зміни вбудованих алгоритмів для розширення мережі та функціоналу. Для апаратної реалізації зв'язку між пристроями було обрано поширений чіп LoRa SX1262. Поєднання контролера ESP32 з чіпом SX1262 та застосування бібліотеки Alora забезпечує широке використання вбудованих можливостей та надає можливості динамічного тестування конфігурації мереж та передачі даних. Було проведено успішне тестування бібліотеки Alora для передачі даних на розроблених пристроях, на середній відстані між пристроями 100 метрів на частоті 868МГц, що підтвердило високу проникність сигналу на території університету.

В подальшій роботі буде проведено оптимізацію параметрів мережі, масштабування та підключення мережі до локального сервера, що дозволить створити ефективну підсистему збору та передачі даних для реалізації цифрової платформи GU.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Green Campus Initiatives as sustainable development dissemination at higher education institutions: Students' perceptions / [J.M.P. Ribeiro, L. Hoesckesfeld, C. B. D. Magro et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 312. – 127671.
2. Methodology GreenMetric [Electronic resource]. – Access mode: <https://greenmetric.ui.ac.id/about/methodology>.
3. Abdulmouti, H. Smart Green Campus: The Campus of Tomorrow / H. Abdulmouti, Z. Skaf, S. Alblooshi // Advances in Science and Engineering Technolo-

gy: International Conferences (ASET). Dubai, United Arab Emirates, 21-24 February 2022: proceedings. Los Alamitos: IEEE, 2022. P. 1-8.

4. Why use LoRa instead of WiFi [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.loraantenna.com/why-use-lora-instead-of-wifi>.

5. Synchronous LoRa mesh network to monitor processes in underground infrastructure/ [C. Ebi, F. Schaltegger, A. Rust et al.]/ IEEE access. – 2019. P. 1-15.

6. Alora RFM1262 – LoRa Mesh Network [Electronic resource]. – Access mode: <https://learn.circuit.rocks/alora-rfm162-lora-mesh-network>.