

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ LORA МОДУЛЯЦІЇ В СУПУТНИКОВИХ КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ

Дмитренко В.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Ликов Ю.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КРiСТЗi,
м. Харків, Україна

e-mail: viacheslav.dmytrenko@nure.ua

Growing network of Internet of Things (IoT) beyond the cities and quantity of Low Earth Orbit (LEO) satellites makes us to think about abstraction from building usual cellular networks or base stations for IoT in the field, especially when we speak about inaccessible nodes of data collection or if it's situated far from places of people living. When we need get power from battery and sun and think globally, it's clear to use LEO satellites for building IoT network for far away sensors or things. LoRa is that special wireless platform which allow us to access satellites on LEO with limited power.

Глобальна інформатизація нашого світу призвела до появи такого явища як Інтернет речей (Internet of Things - IoT). Інтернет речей – це технологія збору даних з сенсорів або пристроїв для їх подальшої обробки та аналізу чи зберігання засобом бездротового з'єднання в мережу. Без сумнівів інформація є первинною та дуже важливою у будь якій справі, тож користь IoT мереж важко переоцінити. При використанні ж IoT у сільському господарстві чи то природничих ресурсів, або попередженню стихійних явищ в нагоді може стати використання зв'язку пристроїв збору даних безпосередньо з супутниками на низькій орбіті. Це дозволить суттєво зекономити на розгортанні наземної мережі з базовими станціями та масштабує використання цього рішення до глобального по всьому світу. В цій ланці чутливим елементом є саме система збору даних що має передати їх на супутник, бо в неї обмежені ресурси щодо потужності джерела живлення, і вона має бути повністю автономною.

Але технології не стоять на місці і компанія Cycleo, а потім Semtech [1] розробили та запатентували технологію модуляції LoRa (Long Range) малопотужної мережі передачі даних (LPWAN) зі швидкістю від 0,3 до 50 кб/с та дальністю від 1 до 15 км у неліцензованому діапазоні частот.

Модем LoRa використовує модуляцію з розширеним спектром (лінійну частотну модуляцію – ЛЧМ (Chirp Spread Spectrum (CSS)) і методи прямої корекції помилок для збільшення діапазону та надійності каналів радіозв'язку порівняно з традиційною модуляцією на основі частотної маніпуляції (Frequency Shift Keying (FSK)).

Важливою особливістю модему LoRa є підвищена стійкість до переш-

код. Можна оптимізувати модуляцію LoRa для певного застосування. Розробнику надається доступ до чотирьох критичних параметрів проекту, кожен з яких надає компроміс між бюджетом лінії зв'язку, стійкістю до перешкод, займанням спектру та номінальної швидкості передачі даних. Можна сказати що ця технологія має адаптивну швидкість передачі даних.

Ось ці параметри:

- 1) Ширина смуги модуляції (BW);
- 2) Фактор поширення (SF);
- 3) Швидкість кодування (CR);
- 4) Оптимізація низької швидкості передачі даних (LDRO).

Наразі тестуванням можливостей зв'язку з супутниками на низькій орбіті засобами модуляції LoRa займається товариство TinyGS [3].

TinyGS – це відкрита мережа наземних станцій, розміщених по всьому світу для прийому та керування супутниками LoRa, метеозондами та іншими літальними об'єктами за допомогою дешевих і універсальних модулів.

Цей проект базується на платах ESP32 і наразі він сумісний із модулями sx126x і sx127x LoRa, але надалі планується підтримка більшої кількості радіомодулів. Наразі мережа відкрита для будь-якого супутника LoRa, і підтримує інші літаючі об'єкти, які мають сумісну радіомодуляцію з обладнанням, наприклад FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRa та OOK.

Для проведення експериментального дослідження потенційних можливостей застосування LoRa модуляції в супутникових каналах зв'язку було зібрано приймальну станцію TinyGS_st_1 [4] для збору даних з супутників на LEO, підтримуючих LoRa модуляцію.

Станція була зібрана на модулі LILYGO TTGO LoRa32 v2.1, що складається з процесора ESP32 та LoRa модуля SX1278 [2] на частоті 433 МГц. В якості приймальної антени використовувалась квадрифілярна антена.

В сукупності було прийнято майже тисячу пакетів даних на основі яких вже було проведено статистичний аналіз.

На рис. 1 приведена діаграма залежності рівня прийнятого станцією сигналу з супутників від відстані до них. З діаграми видно що для успішного прийому сигналу достатньо сили сигналу на рівні -125 дБм і при достатній потужності (більшість супутників має потужність передавача 9 Вт) не надто залежить від похилої відстані, в діапазоні від 500 км до 3000 км (положення супутника в зеніті та вдовж горизонту відповідно), а інколи, завдяки природним явищам в іоносфері, сигнал можливо прийняти навіть з-за горизонту на відстані у 12000 км (наприклад, коли супутник пролітав над Антарктидою).

На рис. 2 наведено гістограму рівнів прийнятих сигналів (RSSI), з якої видно, що 90% прийнятих сигналів були на рівні від -124,5 дБм до -130,5 дБм.

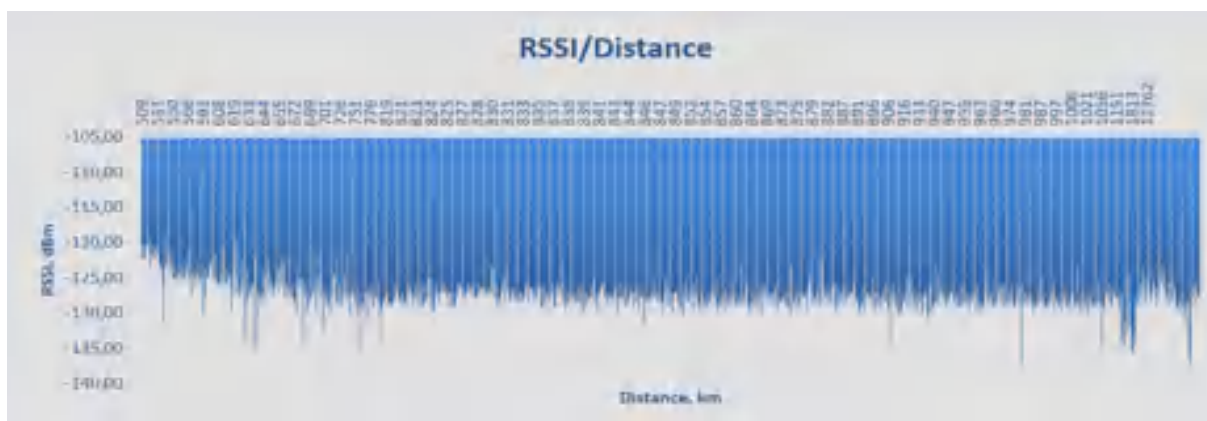


Рисунок 1 – Залежність рівня прийнятого сигналу від відстані до супутника

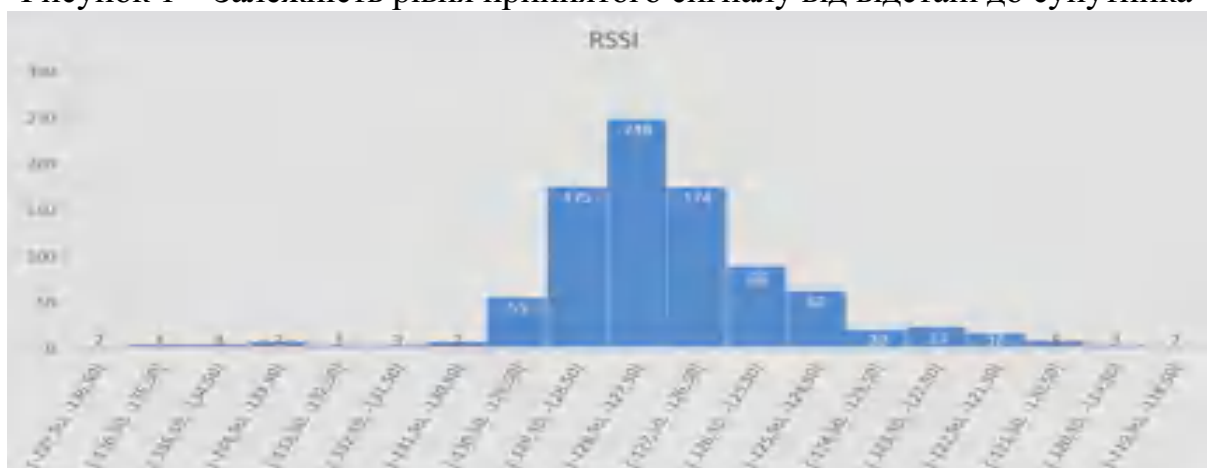


Рисунок 2 – Гістограма рівнів прийнятих сигналів (RSSI)

Результати проведеного дослідження підтверджують можливість успішного використання трансиверів з LoRa модуляцію в супутникових каналах зв'язку. Висока завадостійкість та чутливість трансиверів забезпечується завдяки технологіям розширення спектру та методу прямої корекції помилок. Наразі отримано результати з параметрами сигналів які не забезпечують максимальний енергетичний потенціал (SF менше 12), тобто ще не вичерпані можливості для подальшого збільшення максимальної відстані зв'язку.

Список використаних джерел: 1. Semtech. URL: <https://www.semtech.com> (дата звернення 26.02.2024). 2. Semtech SX1276/77/78/79. Wireless & sensing products datasheet. URL: https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#E0000000JelG/a/2R0000001Rc1/QnUuV9TviODKUgt_rpBIPz.EZA_PNK7Rpi8HA5..Sbo (дата звернення 26.02.2024). 3. TinyGS. URL: <https://tinygs.com/> (дата звернення 26.02.2024). 4. TinyGS. TinyGS_st_1 Console. URL: https://tinygs.com/station/TinyGS_st_1@599997807 (дата звернення 26.02.2024). 5. Lykov, Y.; Paniotova, A.; Shatalova, V.; Lykova, A. Energy Efficiency Comparison LPWANs: LoRaWAN vs Sigfox. In Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S T), Kharkiv, Ukraine, 6–9 October 2020; pp. 485–490.