

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ LORAWAN

Міночкін Д.А., Рибак О.О.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: alex96.rybak@gmail.com

Research of interference noise immunity technology LoRaWAN

LoRaWAN is a promising low-power network technology (LPWAN). LoRaWAN is one technology that are less susceptible to noise and interference than other LPWAN protocols. This technology operates in the unlicensed range, which increases the chances of interference in the communication line.

LoRaWAN [1], складається з кінцевих вузлів, шлюзів, мережевих серверів і додатків. LoRaWAN є одним із популярних протоколів в LPWAN. LoRaWAN має шість ортогональних коефіцієнтів передачі (SF) даних [2] для поліпшення пропускної здатності каналу і ефективності використання спектру. Ортогональність дозволяє здійснювати зв'язок з різними SF на одному і тому ж каналі. Вибір SF залежить від дальності зв'язку і тривалості повідомлення. Моделювання та емпіричні експерименти з точки зору між мережевими перешкодами LoRaWAN вивчені в [3, 4], відповідно вони роблять висновок, що завади погіршують продуктивність мережі LoRaWAN [3].

Метод модуляції LoRaWAN запатентована Semtech [5-7], заснований на технології з розширеним спектром з використанням лінійної частотної модуляції (ЛЧМ / CSS) з інтеграцією прямого виправлення помилок (FEC) [5]. Це рішення значно підвищує чутливість приймача і робить приймач, стійким до відхилення частот від номінального значення. Технологія LoRaWAN дозволяє демодулювати сигнали на рівні -19 дБ по відношенню до рівня сигнал/шум, а частотна маніпуляція (FSK) системи, можуть коректно працювати з сигналами на рівні, не нижче, ніж 8-10 дБ вище рівня шуму. Через свою високу чутливість (-146 дБм) LoRaWAN ідеально підходить для пристроїв з вимогами низького енергоспоживання і високої стабільності зв'язку на великі відстані.

Кінцевий вузол передає пакети по призначеному каналу (ам) висхідної лінії зв'язку, і кілька шлюзів прослуховують прийом пакетів. Кожен шлюз надсилає прийняті пакети на призначений мережевий сервер, тому мережевий сервер може мати одну або кілька копій одного пакета. Потім мережевий сервер пересилає отримані пакети на відповідний сервер додатків. Для кожного отриманого пакету мережевий сервер пересилає його тільки один раз і видаляє дублікати, якщо отримано кілька копій. Мережевий сервер також відповідає за вибір правильного шлюзу для подальшої передачі по низхідній лінії зв'язку, якщо у мережевого серверу є очікуваний пакет (и), який повинен бути відправлений на кінцевий вузол.

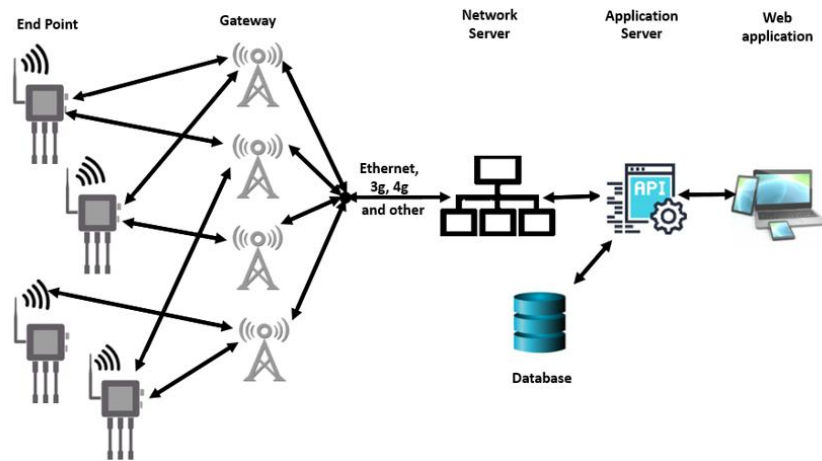


Рис. 1. Топологія мережі LoRaWAN.

Налаштування LoRaWAN чипу включає в себе налаштування параметрів SF, BW і швидкості кодування (CR). Вони використовуються для визначення еквівалентного бітрейта і періоду часу в ефірі. Швидкість передачі даних LoRaWAN може бути отримана з параметрів SF і BW. Швидкість кодування є параметром для прямого виправлення помилок. Більш низька швидкість кодування забезпечує кращий захист пакетів, щоб максимізувати термін служби акумулятора кінцевих вузлів, так і загальну ємність мережі. Мережева інфраструктура управляє швидкістю передачі даних і вихідною РЧ-потужністю для кожного кінцевого вузла індивідуально за допомогою схеми адаптивної швидкості передачі даних (ADR). Потім кінцевий вузол може передавати дані по доступному каналу в будь-який момент часу, використовуючи відповідну швидкість передачі даних при обмеженнях застосування псевдо випадковим перемиканням каналів для кожної передачі з дотриманням максимального робочого циклу. Тому для підтвердження високої завадо захищеності технології LoRaWAN було проаналізовано такий експеримент.

Генератор SMA100 (R&S), забезпечує модуляцію сигналу в широкому діапазоні в якості джерела завад. Адитивна суміш вихідних сигналів передавача LoRaWAN і завад подається на вхід приймача LoRaWAN. Рівень сигналів та завад вимірюють за допомогою спектра аналізатора FSQ26 (R&S) [6].

Умови вимірювання обрані таким чином:

- вимірювання в смузі $BW = 125$ кГц;
- потужність сигналу = -68 дБм
- потужність перешкоди = -46 ...- 52 дБм.

Результати вимірювань показані на рисунку 2.

1. Ефект ширококутових перешкод (шум).
2. Вплив вузько смугових перешкод. Перешкода на частоті = 868,150 МГц.
3. Вплив гармонійної перешкоди. Перешкода на частоті = 868,150 МГц.

Порогові значення модуляції LoRaWAN відображається в характеристиках завадостійкості – лінійної частотної модуляції [8].

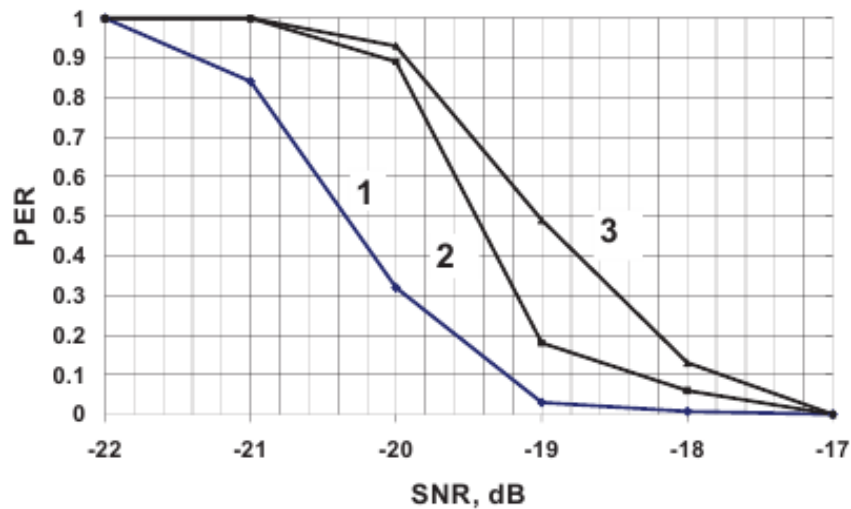


Рис. 2. Завадостійкість LoRaWAN.

Коли відношення сигнал/шум (SNR), більше, ніж -17 дБ, то значення PER дорівнює 0. Якщо сигнал/шум менше ніж -21 дБ, то значення PER прагне до одиниці для всіх перешкод. В середині інтервалу -17 ... -21 дБ, є різниця в PER. Ця особливість завадостійкості (порогові явища) істотно обмежує спектр системи радіозв'язку з LoRaWAN, так як він вимагає значного запасу для SNR для забезпечення стабільного прийому повідомлень на максимальній дальності.

Висновок. Стандарт LoRaWAN має високу завадостійкість, при прийомі сигналів в умовах певних завад. Був представлений вплив завад на прийомі сигналів з модуляцією LoRaWAN. Результатом оцінки завадостійкості практично збігається з тими, значеннями, що заявлено розробником технології: в 0 з SNR = -19 дБ (на SF = 12), Однак вже при SNR = -21 дБ, прийом помилок пакетів PER наближається до 1.

Література

1. N. Sornin, M. Luis, T. Eirich, T. Kramp, and O. Hersent, "LoRaWAN Specification," LoRa Alliance Inc., San Ramon, CA, Ver. 1.0.2, Jul. 2016.
2. A. Mpitziopoulos, D. Gavalas, C. Konstantopoulos, and G. Pantziou, "A survey on jamming attacks and countermeasures in WSNs," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 11, no. 4, pp. 42–56, Fourth Quarter 2009.
3. T. Voigt et al., "Mitigating inter-network interference in LoRa network-s," [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1611.00688>.
4. K. Mikhaylov et al., "On LoRaWAN scalability: Empirical evaluation of susceptibility to inter-network interference" in press.
5. J. Haxhibeqiri, E. Poorter, I. Moerman, J. Hoebeke. "A Survey of LoRaWAN for IoT: From Technology to Application." Sensors, vol. 18, pp. 2-38, Nov. 2018.
6. K. Staniec, M. Kowal. "LoRa Performance under Variable Interference and Heavy-Multipath Conditions." Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 2018, Article ID 6931083, Apr. 2018.
7. P. Robyns, P. Quax, W. Lamotte, W. Thenaers. "A multi-channel software decoder for the LoRa modulation scheme," in Proc. IoT BDS, 2018, pp. 41-51.
8. D. Singh, O. Aliu, M. Kretschmer. "LoRa Wan Evaluation for IoT Communications," in Proc. ICACCI, 2018, pp. 163-171.