

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АПАРАТНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЯКОСТІ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОЛОГІЇ LORA В ПОРТАТИВНИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглядається портативний автономний засіб для аналізу та тестування LoRa-зв'язку. Пристрій підтримує як режим пасивного прийому та аналізу LoRa-сигналів, так і режим активної передачі повідомлень для тестування якості зв'язку. Запропонований підхід дозволяє проводити польові дослідження LoRa-мереж у реальних умовах експлуатації без використання стаціонарного обладнання.

Ключові слова: мікроконтролер, дистанційне керування, бездротовий зв'язок, передача даних, LoRa.

Abstract

The paper considers a portable autonomous device for analyzing and testing LoRa communication. The device supports both a passive mode for receiving and analyzing LoRa signals and an active mode for transmitting messages to test link quality. The proposed approach enables field studies of LoRa networks under real operating conditions without the use of stationary equipment.

Keywords: microcontroller, remote control, wireless communication, data transmission, LoRa.

Вступ

Стрімкий розвиток концепції Інтернету речей (IoT) призвів до масового використання бездротових мереж, серед яких технологія LoRa займає провідне місце завдяки унікальному поєднанню великої дальності зв'язку та низького енергоспоживання. Проте, оскільки передача даних здебільшого відбувається у неліцензованих частотних діапазонах (ISM band), надійність функціонування таких мереж суттєво залежить від електромагнітної обстановки та наявності інтерференційних завад. Під час проєктування та експлуатації LoRa-мереж інженери стикаються з розбіжностями між теоретичними розрахунками покриття та реальною картиною поширення радіосигналу, особливо в умовах щільної міської забудови або складного рельєфу. Виникає гостра потреба не лише в моніторингу спектра, але й у натурному тестуванні якості каналу зв'язку. Існуючі на ринку засоби діагностики мають суттєві обмеження: професійні спектроаналізатори є громіздкими, дорогавартісними та стаціонарними, а доступні налагоджувальні плати вимагають підключення до персонального комп'ютера, що унеможливує оперативну роботу в польових умовах. Це зумовлює актуальність створення спеціалізованого портативного інструменту для експрес-діагностики мереж.

Основна частина

Для вирішення поставлених завдань розроблено апаратно-програмний комплекс на базі мікроконтролера STM32 та радіомодуля SX1278, який функціонує як автономний інструмент діагностики. Запропонований пристрій реалізує комбінований підхід до аналізу мережі, інтегруючи два взаємодоповнюючих режими роботи в одному компактному корпусі. У режимі пасивного моніторингу прилад здійснює безперервне сканування радіоефіру з метою виявлення активності LoRa-пристроїв. Алгоритм обробки вхідних даних дозволяє детектувати преамбулу пакету та ідентифікувати ключові параметри модуляції, такі як робоча частота, ширина смуги пропускання та фактор поширення спектру (Spreading Factor), навіть за умов низького рівня сигналу. Це дає можливість оцінити завантаженість каналу та виявити джерела інтерференційних завад без необхідності авторизації в мережі.

Додатково до пасивного аналізу, пристрій підтримує режим активного зондування, який перетворює його на польовий тестер покриття. У цьому режимі генеруються контрольні повідомлення, що дозволяє емпіричним шляхом перевірити цілісність каналу зв'язку та визначити його граничні параметри. Під час обміну даними система в реальному часі вимірює та відображає на дисплеї критично важливі енергетичні метрики: рівень прийнятого сигналу (RSSI) та співвідношення

сигнал/шум (SNR). Аналіз цих показників у динаміці дозволяє досліднику фіксувати зони нестабільного прийому та "мертві зони", спричинені рельєфом місцевості або міською забудовою. Завдяки повній енергонезалежності та портативному форм-фактору, розроблений засіб забезпечує можливість оперативного проведення натурних випробувань безпосередньо на об'єкті експлуатації, що є суттєвою перевагою порівняно зі стаціонарними лабораторними пристроями або громіздкими SDR-системами на базі персональних комп'ютерів.

Висновок

У роботі запропоновано та практично реалізовано концепцію портативного засобу діагностики, що поєднує функції глибокого аналізу параметрів модуляції та активного тестування каналу LoRa. Це рішення дозволяє заповнити нішу між дорогим лабораторним обладнанням та простими аматорськими модулями, надаючи інженерам доступний інструмент для польових досліджень. Використання розробленого пристрою дозволяє значно підвищити ефективність розгортання бездротових мереж, скоротити час на виявлення та усунення несправностей, а також отримувати об'єктивну інформацію про реальні межі зони покриття. Отримані результати підтверджують доцільність застосування комбінованого методу (пасивний моніторинг + активне зондування) для забезпечення надійності та стабільності роботи IoT-систем в умовах реальної експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Augustin A., Yi J., Clausen T., Townsley W. A study of LoRa: long range & low power networks for the Internet of Things // Sensors. 2016. Vol. 16, № 9. P. 1466.
2. Reynders B., Meert W., Pollin S. Power and spreading factor control in low power wide area networks // IEEE Sensors Journal. 2016.

Богомолів Сергій Віталійович – к.т.н., доцент каф. ОТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua

Лубко Валентин Романович – студент групи ІКІ-25м, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: lubkovaletyn@gmail.com.

Bohomolov Serhii Vitaliyovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bogomolovsergiy@vntu.edu.ua

Lubko Valentyn Romanovych - student of group ІСІ-25m, faculty of information technologies and computer engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lubkovaletyn@gmail.com.