

МАТЕМАТИЧНА ТА ПРОГРАМНА МОДЕЛЬ РАДІОКАНАЛУ З СИГНАЛАМИ СФОРМОВАНИМИ ЗА СТАНДАРТОМ LoRa

Радіоканали із сигналами сформованими за стандартом LoRa (далі – радіосигнали LoRa) широко використовуються в телекомунікаційних системах як цивільного, так і військового призначення, що обумовлено насамперед їх високою перешкодостійкістю, скритністю та низькою вартістю розгортання радіомережі [1 – 4]. Враховуючи вказані переваги радіосигнали LoRa застосовуються в мережах Інтернету речей (Internet of things), в безпілотних авіаційних та наземних системах (протоколи ExpressLRS, Crossfire), в радіомережах обміну короткими повідомленнями, в пристроях дистанційного радіокерування (в тому числі і керування вибуховими пристроями) тощо [1 – 3].

Широке розповсюдження радіосигналів LoRa потребує удосконалення відомих та розроблення нових підходів до їх виявлення, визначення параметрів та радіоподавлення [4]. Даний процес передбачає дослідження ефективності розроблених (удосконалених) методів та алгоритмів шляхом комп'ютерного моделювання, що приводить до необхідності розроблення математичних та програмних моделей радіоканалів з сигналами LoRa.

Запропонована математична модель радіоканалу описує такі процеси: формування сигналу LoRa; перенесення на несучу частоту (включаючи можливість псевдовипадкового перестроювання робочої частоти (ППРЧ)); додавання адитивного гаусівського шуму; додавання радіоперешкод; перенесення сигналу з несучої частоти в область “нульових частот” (baseband), приймання радіосигналів LoRa; оцінювання якості роботи радіоканалу.

На основі математичного опису радіоканалу з сигналами LoRa в середовищі програмування та моделювання MATLAB створена його програмна модель, структурна схема якої зображена на рис. 1. Середовище MATLAB обрано з врахуванням наявних бібліотек (toolboxes), що реалізують ряд операцій із приймання та обробки сигналів (communications toolbox, signal processing toolbox тощо).

До складу програмної моделі радіоканалу LoRa входять чотири основні елементи: передавач, канал розповсюдження, приймач та програмні модулі методів (алгоритмів) виявлення радіосигналів, визначення їх параметрів та радіоподавлення, що досліджуються.

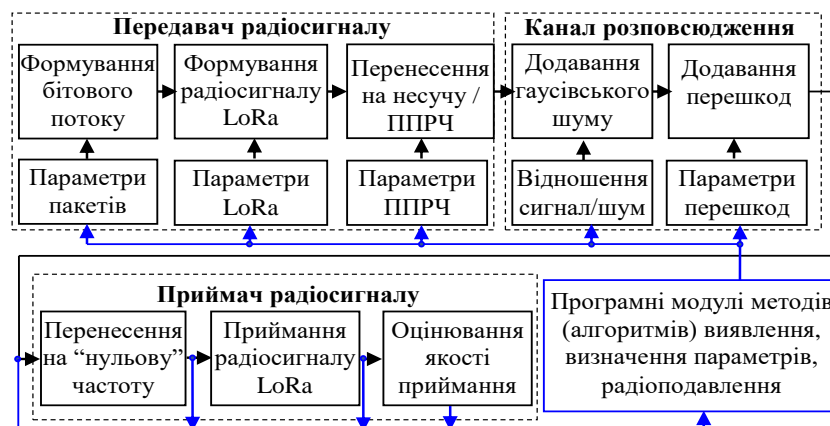


Рис. 1. Структурна схема програмної моделі радіоканалу з сигналами сформованими за стандартом LoRa

Процес дослідження ефективності розроблених методів (алгоритмів) виявлення радіосигналів LoRa, визначення їх параметрів, радіоподавлення включає: задання робочих параметрів складових передавача, каналу розповсюдження, видів та параметрів радіоперешкод; формування радіосигналу, врахування впливу каналу розповсюдження, приймання; отримання необхідних відліків (даних) методом (алгоритмом), що досліджується, та виконання передбачених ним етапів обробки; оцінювання результатів роботи.

Список використаних джерел

1. Requirements, Deployments, and Challenges of LoRa Technology: A Survey. M. Kamal, M. Alam, A. Sajaket al. // Computational Intelligence and Neuroscience, 2023. P. 1–15. doi: 10.1155/2023/5183062.
2. TBS CROSSFIRE R/C System. Adaptive Long Range Remote Control System, 2022. 88 p.
3. E32-900T30D 868MHz/915MHz 30 dBm new LoRa wireless module. User manual. Ver. 1.1. Cheng du Ebyte Electronic Technology Co., Ltd, 2020. 32 p.
4. A Spectral efficiency enhancement for chirp spread spectrum down link communications. D. Araujo, G. Ferre, C. Asimiro et al. // IEEE Latin-American Conference on Communications, 2020. P. 1–6.