

АЛЬТЕРНАТИВНІ СХЕМИ МОДУЛЯЦІЇ ДЛЯ МЕРЕЖ LPWA

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СХЕМЫ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ СЕТЕЙ LPWA

ALTERNATIVE MODULATION SCHEMES FOR LPWA NETWORKS

Науковий керівник – доцент кафедри радіотехнічних пристроїв

Агаджанян А.Р., Агаджанян А.Р., Agadzanyan A.

Студент – Копачов В.О., Копачёв В.А., Korachev V.

Анотація: були розглянуті альтернативні схеми модуляції для мереж з малим енергоспоживанням (LPWA).

Ключові слова: LPWA, NB-IoT, Turbo-FSK, OFDM, Turbo-ZC, ЛЧМ, копланарність.

Аннотация: были рассмотрены альтернативные схемы модуляции для сетей с малым энергопотреблением (LPWA).

Ключевые слова: LPWA, NB-IoT, Turbo-FSK, OFDM, Turbo-ZC, ЛЧМ, копланарность.

Abstract: alternative modulation schemes for low power networks (LPWA) were reviewed.

Key words LPWA, NB-IoT, Turbo-FSK, OFDM, Turbo-ZC, chirp modulation, coplanarity.

Мережі з малим енергоспоживанням (LPWA) є частиною технології IoT та 5G. За прогнозами вони становитимуть близько 10% від загальної кількості IoT-з'єднань. До основних вимог LPWA відносять далекий зв'язок і низьке енергоспоживання на рівні пристрою. Забезпечивши дуже низький рівень чутливості на приймачі, при збереженні якості обслуговування (QoS) для низьких рівнів SNR, досягається більша дальність зв'язку. Низьке енергоспоживання необхідне для більшого терміну служби батареї пристроїв (до 10 років) та збільшення терміну підзарядки пристрою. На фізичному рівні економія енергії зазвичай здійснюється шляхом вибору енергозберігаючої модуляції або шляхом застосування операцій з низькою складністю для передачі даних, що знижує енергоспоживання блоку обробки. Підсилювач потужності є найбільш енергоємним компонентом і його ефективність сильно залежить від пікової потужності сигналу. Тому постійні (усталені) обвідні модуляції мають першорядне значення [1-2].

Також повинні враховуватися співіснування і інтеграція в існуючі структури для спрощення процедури розгортання і скорочення витрат.

Пропонується інтеграція Turbo-FSK в структуру OFDM і розширення вихідної схеми до компланарної Turbo-FSK, яка використовує алфавіт гібридної модуляції, що об'єднує ортогональні з лінійними модуляціями, а також компланарної Turbo-ZC, яка використовує інший ортогональний алфавіт на основі послідовності Задова-Чу (ZC) [3].

В даний момент системи NB-IoT використовують турбокодоване мультиплексування з ортогональним частотним розділенням (TC-OFDM) і турбокодованим множинним доступом з частотним поділом і однією несучою (TCSC-OFDM) [4]. Запропоновані методи можуть використовувати передавач та приймач на основі OFDM-подібної архітектури.

Використання Turbo-FSK дозволяє досягти дуже низького рівня чутливості завдяки комбінації ортогональної модуляції, згорткового коду і ітеративного приймача, а постійна обвідна потенційно підвищує ефективність підсилювача. Для роботи на дуже низьких рівнях SNR приймач використовує зв'язок асоціації процесів кодування і модуляції на стороні передавача.

Об'єднання FSK модуляції з методом алфавітної гібридизації дозволяє отримати саме компланарну FSK модуляцію. При цьому зберігається властивість постійної обвідної [9].

Щоб підвищити спектральну ефективність методу, розглядається гібридний алфавіт модуляції, що змішує модуляцію FSK (ортогональна компонента) і модуляцію PSK (лінійна компонента). Отримані символи, що належать однієї і тій же ортогональній підмножині, є компланарними, тут вони відрізняються тільки комплексним мультиплікативним фактором [5].

Відсутність обмежень на вибір ортогонального алфавіту для Turbo-FSK дозволяє отримати альтернативні методи, наприклад в LPWA LoRa алфавіт ортогональної модуляції будується на основі ЛЧМ [6], в якості якої використовується послідовності Задова-Чу [7]. Зокрема первинний сигнал синхронізації протоколу LTE використовує послідовність постійної амплітуди нульової автокореляції (CAZAC) [8]. Таким чином можливою альтернативою Turbo-FSK може бути схема Turbo-ZC.

На відміну від компланарної Turbo-FSK, де символи алфавіту відображаються у часі. В Turbo-ZC символи висловлюються за частотою, що дає перевагу у випадку високої пропускну здатності [7]. Виходячи з цього компланарна Turbo-ZC схема є доброю

альтернативою TC-OFDM в рамках IoT, тому що володіє низьким PAPR і пропонує приріст на 5,4 дБ.

Підводячи підсумок, з одного боку, пропоновані підходи гірше на каналі з мобільністю, а з іншого боку, досягається низький рівень PAPR. Вибираючи компланарну Turbo-FSK замість TC-OFDM, теоретична ефективність підсилювального елемента може бути збільшена на 37%, а термін служби батареї в 2,5 рази, але при цьому в умовах мобільності продуктивність буде низька.

В останньому випадку використання компланарної Turbo-ZC дозволить отримати високу пропускну здатність і мобільність, демонструючи оптимальну роботу в порівнянні з TC-OFDM і SC-FDMA. У випадку низької пропускну здатності продуктивність компланарної Turbo-ZC залишається нижче компланарної Turbo-FSK, з невеликим розривом.

Запропоновані методи можна розглядати як перспективні додаткові алгоритми для передачі LPWA, оскільки вони можуть бути включені в заплановану мережу на основі структури OFDM та стандарт NB-IoT, наведеному у 3GPP TS 36.304 [9] в якості нового режиму, з низьким енергоспоживанням, який дозволяє значно підвищити енергоефективність на рівні пристрою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Cui S., Goldsmith A. J., Bahai A. Energy-constrained modulation optimization // IEEE Transactions on Wireless Communications. - 2005. - Vol. 4. - № 5. - P. 2349-2360.
2. Miller S. L., O’Dea R. J. Peak power and bandwidth efficient linear modulation // IEEE Transactions on Wireless Communications. - 1998. - Vol. 46. - № 12. - P. 1639-1648.
3. Vangelista L. Frequency Shift Chirp Modulation: The LoRa Modulation // IEEE Signal Processing Letters. - 2017. - Vol. 24. - № 12. - P. 1818–1821.
4. Berrou C., Glavieux A., Thitimajshima P. Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo-codes // IEEE International Conference on Communications. - 1993. - Vol. 2. - № 1. - P. 1064–1070.
5. Padovani R., Wolf J. Coded Phase Frequency Modulation // IEEE Transactions on Communications. - 1986. - Vol. 34. - № 5. - P. 446–453.
6. Springer A., Gugler W., Huemer M., Reindl L. Ruppel C.C.W., Weigel R. Spread spectrum communications using chirp signals. IEEE // AFCEA EUROCOMM 2000. Information Systems for Enhanced Public Safety and Security., 19 May 2000. - Munich, Germany. – 2000. - P. 166–170.
7. Chu D. Polyphase codes with good periodic correlation properties // IEEE Transactions on Information Theory. - 1972. - Vol. 18. - № 4. - P. 531–532.
8. LTE Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA): physical channels and modulation / 3GPP TS 136.211, V13.2.0, Release 13. - 2016. - P. 92–96. URL://https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136200_136299/136211/13.02.00_60/ts_136211v130200p.pdf (дата звернення: 14.11.2019).
9. LTE Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA): user equipment procedures in idle / 3GPP TS 136.304, V13.0.0, Release 13. - 2016. URL:https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136300_136399/136304/13.00.00_60/ts_136304v130000p.pdf (дата звернення: 14.11.2019).