

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ OFDM

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуті основи функціонування і особливості системи зв'язку, що використовують технологію ортогонального частотного мультиплексування, проведено аналіз існуючих структурних рішень формування сигналу OFDM, існуючих методів підвищення енергоефективності систем зв'язку і вторинного використання каналів.

Ключові слова: бездротовий зв'язок, енергоефективність, спектральна ефективність

Abstract

The bases of functioning and features of the communication system using orthogonal frequency multiplexing technology are considered, the analysis of existing structural decisions of the OFDM signal formation, existing methods of increasing the energy efficiency of communication systems and secondary use of channels is carried out.

Keywords: wireless connection, energy efficiency, spectral efficiency

Вступ

В даний час підвищення енергоефективності систем зв'язку є особливо важливим для бездротових систем. Однією з основних завдань при розробці пристроїв бездротового зв'язку (автономних систем зв'язку) є зменшення їх енергоспоживання. Одночасно для підвищення їх спектральної ефективності все більшого поширення набуває технологія ортогонального частотного мультиплексування (OFDM). Ця технологія застосовується в бездротових локальних мережах (WLAN) стандарту WiFi, в мережах стільникового рухомого радіозв'язку 4 покоління (LTE і LTE-Advanced), в мережах мовного цифрового телебачення стандарту DVB-T2. Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ) технологія OFDM розглядається як одна з перспективних для організації каналів «супутник - Земля» і «супутник - супутник». Виходячи з вищевикладеного, важливим є підвищення енергоефективності систем зв'язку, що використовують ортогональне частотне мультиплексування.

Вирішити це завдання можна різними способами: зменшенням вимог до обчислювальної потужності бортових обчислювачів, стисненням даних, зменшенням динамічного діапазону переданих в канал зв'язку сигналів. При цьому очевидною вимогою є збереження якості зв'язку при підвищенні енергоефективності системи. Відомо, що подібним вимогам може задовольнити використання диференціального перетворення. Суть методу полягає в зниженні динамічного діапазону сигналу за рахунок його порівняння з екстрапольованим сигналом. Схема відновлення сигналів також доповнюється блоком екстраполяції для відновлення сигналу складанням прийнятого сигналу з сигналом синтезованим екстраполятором. Отже, актуальним є дослідження питання застосування диференціального перетворення в системах з ортогональним частотним ущільненням.

Отже, вирішення задачі підвищення ефективності енергодефіцитних систем передачі, що використовують технологію ортогонального частотного мультиплексування, на основі методу диференціального перетворення сигналів шляхом їх екстраполяції, є актуальним як в науковому, так і в практичному відношеннях [1,2].

Метою роботи є підвищення енергетичної ефективності передавачів систем OFDM за рахунок використання диференціального перетворення на базі оптимальної екстраполяції сигналів.

Методи підвищення енергоефективності систем зв'язку з ортогональним частотним мультиплексуванням

У сучасних системах бездротового зв'язку використовуються різні методи підвищення енергоефективності. Частина з них передбачає управління потужністю передачі мобільної станції по каналу управління від базової станції, наприклад, в мережах стільникового рухомого радіозв'язку. Зазначений метод дозволяє регулювати потужність передавача мобільного пристрою для зменшення енергоспоживання при збереженні якості обслуговування, проте він не дозволяє знизити максимальну потужність передачі. На її зменшення спрямовані нові перспективні технології цифрової модуляції і формування сигналів, такі як поворот сигнального сузір'я і подвійна квадратурна маніпуляція (QPSK) [4]. Однак ці методи вимагають глибокої переробки схемотехніки, що застосовуються в існуючих системах зв'язку.

При вирішенні проблеми диференціального перетворення сигналів OFDM в рамках дисертаційного дослідження використовувалися праці вітчизняних і зарубіжних вчених. Великий внесок у розвиток ідей диференціального перетворення і екстраполяції сигналів надали роботи вітчизняних вчених: Тихонова В.І., Стратановича Р.Л., Сосуліна Ю.Г., Кловського Д.Д., Котельникова В.А., Фінка Л.М., Шахновича І.В., Гольденберга Л.М., Карташевського В.Г., Громакова Ю.С., Султанова А.Х. та ін. Серед зарубіжних вчених необхідно виділити в першу чергу праці Вінера Н., Калмана Р.Е., Свами М.Н., Спенсера Р., Клейнрока Л., Мартіна Дж., Галлагера Р., Чапін К.К.

Передача даних за допомогою використання технології OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing - мультиплексування з ортогональним частотним поділом каналів) є поширеним методом для багатьох сучасних телекомунікаційних систем. До числа таких систем зв'язку належать: IEEE 802.11 a / g / n / ac - бездротові локальні мережі WiFi, LTE і LTE-Advanced - стандарт бездротової високошвидкісної передачі даних, IEEE 802.16 - широкосмуговий бездротовий зв'язок WiMax, DVB-T / T2 / C2 / H - системи цифрового телебачення, PLC - мережі передачі даних по лініях електромережі, DRM - цифрове радіомовлення, системи супутникової навігації та ін. Перспективним напрямком застосування технології OFDM є зв'язок з безпілотними літальними апаратами (БПЛА) і супутниками [3].

Основним напрямком розвитку бездротових систем OFDM є підвищення швидкості передачі інформації. Однак збільшення швидкості передачі інформації веде до збільшення споживаної енергії. Особливо дана проблема актуальна для систем зв'язку з автономним енергопостачанням. До них відносяться мобільні пристрої, безпілотні літальні апарати, супутники і ін. В деяких системах на передавач доводиться до 70% споживаної потужності [8]. У зв'язку з цим зниження енергоспоживання даних апаратів дозволить збільшити тривалість автономної роботи і ресурс експлуатації. Зниження енергоспоживання в існуючих системах зв'язку здійснюється різними способами.

У мережах рухомого радіозв'язку 3 і 4 покоління (UMTS, LTE) зниження потужності передавача мобільної станції здійснюється за рахунок періодичного оцінювання якості зв'язку обладнанням підсистеми UTRAN (UMTS Radio Access Network). Зміна потужності відбувається за наступним алгоритмом. Оскільки в цих системах абоненти, що знаходяться в зоні обслуговування одного сектора БС, передають і приймають інформацію в одній смузі частот, потужність МС регулюється з мінімального значення до оптимального, що забезпечує задану якість зв'язку (щоб уникнути створення перешкод іншим терміналам, що знаходяться поблизу МС). Тобто в момент включення (або початку передачі даних) термінал встановлює мінімальну потужність передавача, яка поступово з певним кроком збільшується відповідно до команд, що передаються по каналу управління, поки якість зв'язку не досягне необхідного значення [9]. У разі зміни стану каналу (наприклад, зменшення рівня шуму) в ході сеансу зв'язку рівень сигналу термінала буде, навпаки, знижуватися відповідно до команд управління до досягнення необхідної якості. Це дозволяє уникнути невиправданої витрати енергії мобільної станції. Недоліком цього методу є його інерційність: кожна керуюча команда змінює потужність термінала на заздалегідь визначений рівень, таким чином, процес регулювання може займати значний час. Слід також зазначити, що описаний метод не спрямований на зниження максимальної потужності передавача мобільної станції, а тільки на тимчасове зниження потужності при хорошій якості зв'язку (при відповідності якості зв'язку певного порогу в залежності від класу обслуговування). Тобто при високому рівні шуму в каналі або при великому загасанні в каналі між базовою станцією і мобільним терміналом потужність передачі останнього буде залишатися високою.

Висновки

Зроблено огляд технологій побудови енергоефективних систем зв'язку на базі технології ортогонального частотного мультиплексування. Показано, що системи підвищення енергоефективності на основі повороту сигнального сузір'я вимагають змін структури формування сигналів і значних змін в схемотехніці пристроїв зв'язку. Отже, необхідна розробка методу підвищення енергетичної ефективності, що дозволяє мінімізувати схемотехнічні зміни існуючих систем.

Запропоновано методи підвищення енергоефективності систем зв'язку з ортогональним частотним мультиплексуванням на основі використання диференціальної обробки каналних сигналів синфазного і квадратурного каналу з екстраполяцією за методом Вінера - Хопфа і Калмана.

Сформульовано вимоги до енергоефективності систем зв'язку, що використовує диференціальне перетворення сигналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сорокин, И.А. Анализ современных методов и средств повышения спектральной эффективности систем связи / И.А. Сорокин, Т.Е. Тюндина // Вестник НГИЭИ. – 2015. – №10 (53). – С.46-64.
2. Ишмияров, А.А. Обзор методов борьбы с межканальной интерференцией в системах связи / А.А. Ишмияров, И.К. Мешков, А.Р. Зайнуллин // Труды XV МНТК «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций». – Казань, КНИТУ-КАИ. – 2014. – С. 394-398.
3. Адиев, Т.И. Синтез корректирующего фильтра для OFDM-сигнала / Т.И. Адиев, А.З. Тлявляин, В.С. Любопытов // Электротехнические и информационные комплексы и системы: науч. Журнал Уфимск. гос. ун-та эконом. и сервиса. – Уфа, УГУЭС. – 2014. – Т. 10. – №2. – С.62-67.
4. Markiewicz, T. G. An Energy Efficient QAM Modulation with Multidimen-signal Signal Constellation / T. G. Markiewicz // International Journal of Electronics and Telecommunications. – 2016.V.62 – № 2. – P. 159–165.
5. Филатов, П.Е. Повышение эффективности энергодефицитных многоканальных систем связи на основе координированного преобразования сигналов / Филатов П.Е. // «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы-2016» (ПРЭФЖС-2016) – Международная научно-техническая конференция. – 2016, – С. 143-148.
6. Кузнецов, И.В. Разработка группового кодера с дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией сигналов для многоканальных энергодефицитных систем передачи данных / И.В. Кузнецов, П.Е. Филатов, А.Н. Гимаев // Радиотехника. – М., Радиотехника. – 2015. – №2. – С. 87-92.
7. Кузнецов, И.В. Аспекты построения группового кодера с дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией сигналов для многоканальных систем связи / Кузнецов И.В., Филатов П.Е. // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. – 2016. – Т. 10. – №2. – С. 34-39.
8. Воронков, Г.С. Экономный модем OFDM для энергодефицитных систем связи / И.В. Кузнецов, Г.С. Воронков // Труды XVI МНТК «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций». – Уфа, УГАТУ. – 2015, – с. 121-123.
9. Кузнецов, И.В. Повышение эффективности энергодефицитных автономных систем радиосвязи на основе метода дифференциального преобразования OFDM-сигналов / И.В. Кузнецов, Г.С. Воронков // Труды XVII МНТК «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций». – Самара, ПГУТИ. – 2016. – с. 74-75.
10. Воронков, Г.С. Структурные схемы дифференциального преобразования сигналов в системах с ортогональным частотным мультиплексированием / Г.С. Воронков // Труды МНТК «Перспективные информационные технологии». – Самара. – 2017. – с. 62-64.
11. Воронков, Г.С. Повышение энергоэффективности систем радиосвязи с ортогональным частотным мультиплексированием сигналов на основе их экстраполяции по Калману / Г.С. Воронков, И.В. Кузнецов, А.Х. Султанов // Инфокоммуникационные технологии – Самара: ПГУТИ. – 2017. – Т.17. – №3. – С. 33-40.

12. Кузнецов, И.В. Разработка дифференциального OFDM-преобразователя с координированным предсказанием сигналов для энергодефицитных систем связи / И.В. Кузнецов, Г.С. Воронков, А.Х. Султанов, В.В. Антонов. // Радиотехника – М.: Радиотехника. – 2016. – №12. – С. 59-63.

13. Кузнецов, И.В. Синтез передаточной функции координированного предсказателя для дифференциального преобразователя OFDM-сигналов / И.В. Кузнецов, Г.С. Воронков // Труды XVII МНТК «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций». – Самара, ПГУТИ. – 2016. – с. 76-77.

14. Воронков, Г.С. Моделирование дифференциального преобразования сигналов OFDM для передачи изображений / Воронков Г.С. // Труды МНТК «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы - 2017» (ПРЭФЖС-2017). – Казань, КНИТУ-КАИ. – 2017., с. 65-66.

15. Воронков, Г.С. Повышение энергоэффективности систем передачи с OFDM на основе дифференциального преобразования сигналов/ Воронков Г.С., Кузнецов И.В. // Труды III МНТК Информационные технологии и нанотехнологии. – Самара. – 2017. – с. 741-745.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Кирилюк Сергій Олександрович – студент групи ТКС-18м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kso1996.08@gmail.com.

Мусійчук Роман Олексійович – студент групи ТКТ-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Vasylykivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Kyrylyuk Serhii - group TKS-18m, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: kso1996.08@gmail.com.

Musiychuk Roman - group TKT-15b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia.