

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ З N-OFDM

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Здійснено дослідження методів і алгоритмів підвищення ефективності передачі інформації в системах зв'язку з N-OFDM.

Ключові слова: *метод ортогонального дискретного мультиплексування (OFDM), системи зв'язку з OFDM, спосіб не ортогональної частотної дискретної модуляції,*

Abstract

The research of methods and algorithms for increasing the efficiency of information transmission in N-OFDM communication systems is carried out.

Keywords: *an orthogonal discrete multiplexing (OFDM) method, an OFDM communication system, a non-orthogonal frequency discrete modulation method.*

Вступ

Бездротові засоби передачі інформації в даний час представляють самий швидко розвивається сектор галузі зв'язку. У зв'язку з різким збільшенням користувачів систем бездротової передачі даних, гостро стоїть завдання розробки методів підвищення спектральної ефективності та пропускної спроможності бездротових каналів зв'язку.

Головною проблемою теорії зв'язку є пошук методів передачі і прийому повідомлень, які здатні забезпечувати малі втрати інформації, закладеної в повідомленні, максимально можливу швидкість передачі при малій вартості системи зв'язку і дозволяють отримати високу спектральну ефективність в порівнянні з класичними методами. Найбільш перспективними системами передачі інформації є системи, що реалізують метод ортогонального дискретного мультиплексування (OFDM), заснований на дискретному перетворенні Фур'є (ДПФ). Системи зв'язку з OFDM використовуються для цифрового радіо-і телемовлення, в високошвидкісних цифрових лініях зв'язку, в бездротових локальних мережах, для передачі в діапазоні СВЧ, а так само для телекомунікації з рухомими об'єктами.

Дослідженню систем радіозв'язку, що використовують технологію OFDM і N-OFDM, присвячена досить велика кількість робіт, як закордонних - Chang R.W., Darwazeh I.A., Rodrigues M.R., Karampatsis D., Li K., Giacomidis E., Gang Wu, Ioannis D., Zhao J., Bellanger M.G., Farhang-Bojorjenu B. та інших, так і вітчизняних авторів - Фінк Л.М., Зюко А.Г., Кловський Д.Д., Назаров М.В., Слюсар В.І., Васильєв К.А.

Реалізація класичного способу передачі даних з частотним ущільненням за допомогою прямого і зворотного перетворення Фур'є (ПФ) стикається з низкою труднощів, серед яких особливо варто відзначити обчислювальну складність, якщо врахувати комплексне уявлення чисел. Несиметричність ПФ щодо уявної одиниці компенсується виконанням операції перестановки вихідних даних, що вимагає додаткових обчислювальних витрат. Умова ортогональності обумовлює такі вагомні недоліки методу OFDM, як обмежена спектральна ефективність при використанні щодо широкої смуги частот; неможливість адаптивного маневру частотної несучої для відбудови від зосереджених по спектру перешкод.

Альтернативним способом передачі інформації по каналу зв'язку є спосіб не ортогональної частотної дискретної модуляції, заснований на використанні речового перетворення Хартлі (ПХ).

Застосування методу, заснованого на не ортогональної частотної дискретної модуляції цифрових сигналів, дозволяє більш раціонально використовувати частотний діапазон, більш ефективно вирішувати проблему електромагнітної сумісності радіоапаратури зв'язку та підвищити швидкість передачі даних в каналі зв'язку за рахунок більшого ущільнення несучих сигналів, тим самим підвищуючи спектральну ефективність.

Для демодуляції прийнятих повідомлень в пропонованому методі використовується оцінка прийнятих амплітуд модифікованим методом Коші (ММК), заснована на рішенні системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Запропонована модифікація методу Коші дозволяє отримати вигоду по обчислювальній продуктивності в порівнянні з широко вживаними класичними методами оцінки невідомих величин, таких як: метод найменших квадратів (МНК), метод Крамера і ін., і при цьому не поступається за точністю отримання оцінок невідомих амплітуд класичних методів.

Отже, дослідження і розробка алгоритмів функціонування модемів сигналів на основі ПХ і ММК, що дозволяють підвищити спектральну ефективність передачі інформації в системах зв'язку з N-OFDM, перешкодозахищеність в умовах впливу зосереджених по спектру перешкод і обчислювальну продуктивність процесора модему, є актуальним завданням.

Метою роботи є аналіз існуючих методів і алгоритмів формування і обробки сигналів N-OFDM; підвищення перешкодо-захищеності бездротових систем зв'язку N-OFDM при наявності в каналі зв'язку зосереджених по спектру перешкод.

Основна частина

Використання алгоритму модуляції N-OFDM в матеріальному базисі Хартлі і алгоритму демодуляції модифікованим методом Коші, дає вигоду по спектральній ефективності для частоти розносу $\Delta f_s = 50$ Гц між піднесучими в чотири рази по відношенню до ортогональної системи з класичної OFDM. Доведено більш висока спектральна ефективність запропонованих автором дисертаційної роботи алгоритмів модуляції і демодуляції, що дозволяють зменшити смугу частот, яку займає сигналом, за рахунок значного зменшення завадостійкості системи передачі даних.

З результатів обчислювального експерименту видно, що при використанні методу N-OFDM при видах модуляції ФМ-2 і ФМ-4 і КАМ-16 значення залежно BER від відношення сигнал / шум близькі до теоретичної кривої, похибка не перевищує 1 дБ. Це пояснюється більшою мірою виникшими обчислювальними похибками методу Коші при вирішенні СЛАР, а так само виникшим перекриттям спектра при не ортогональності піднесучих частот.

Одним з можливих методів поліпшення завадостійкості сигналів з N-OFDM, є метод оптимізації форми обвідної, тобто використання не прямокутного імпульсу, а наприклад піднесеного косинуса і імпульсу з дзвоноподібною формою. Такий підхід детально розглянуто в роботі [35]. В результаті такий метод дає ще більш ефективне стиснення спектра і дозволяє знизити фактор впливу піднесучої один на одного.

Необхідно відзначити, що на відміну від систем зв'язку з класичним OFDM, в яких зростання помилок при прийомі даних з частотним зрушенням піднесуть виникає внаслідок втрати ортогональності піднесучої, в системах зв'язку з N-OFDM, при вирішенні СЛАР (1.22) також виникають похибки. Ці похибки пов'язані з тим, що при проходженні сигналу N-OFDM по каналу зв'язку, значення піднесуть частот, сформованих в модуляторі отримують частотний зсув. В результаті цього ефекту виникають помилки прийому при демодуляції переданого сигналу, так як значення опорних частот, у демодуляторі відрізняються на величину частотного зсуву. Цей вплив можна зменшити шляхом введення в пакет передачі даних префіксів і використанням в частотному плані N-OFDM пілот-сигналів, що дозволяють виконати оцінку частотного зсуву несучої.

Обчислювальний експеримент показав, що для частотного зсуву $\Delta f_{shift} = 0,5$ Гц при частоті розносу $\Delta f_s = 20$ Гц ведення сеансу зв'язку неможливо, BER зростає і фіксується на певному рівні. При цьому виникають незворотні помилки, і потрібно компенсація частотного зсуву. При аналізі отриманих шляхом обчислювального експерименту залежностей завадостійкості сигнал/ шум і різних частотних зрушень несучої видно, що ведення сеансу зв'язку можливо і без компенсації частотного зсуву, для частоти розносу $\Delta f_s = 200$ Гц (ортогональне розміщення несучої), і частотному зсуві $\Delta f_{shift} = 0,5$ Гц, значення BER дорівнює нулю при відношенні сигнал / шум рівному 36 дБ.

Для частоти розносу $\Delta f_s = 5$ Гц і частотному зсуві $\Delta f_{shift} = 0,5$ Гц, що несучої, безпомилковий прийом інформації неможливий, навіть за ідеальних умов при відсутності шуму.

При проведенні обчислювального експерименту була визначена гранична частота зсуву піднесучої для систем зв'язку з N-OFDM, при якій ще можливе проведення сеансу зв'язку без компенсації. Для випадку, коли значення розносу між піднесучими $\Delta f_s = 20$ Гц, робоче значення частотного зсуву несучої одно $0,4$ Гц, в разі ортогонального розміщення піднесучої, значення частотного зсуву знаходиться на рівні $0,5$ Гц.

Висновки

Технологія N-OFDM володіє наступними основними перевагами: 1) Вища спектральна ефективність, що дозволяє зменшити смугу частот, яку займає сигналом. 2) Адаптивна відбудова від зосереджених по частоті перешкод шляхом зміни номіналів частот піднесучої. 3) Використання різних частотних планів в якості додаткового ключа для захисту інформації від несанкціонованого доступу до каналу зв'язку. 4) Зменшення пік-фактора многочастотної сигнальної суміші. 5) Зменшення обчислювальних витрат при використанні речового перетворення Хартлі для формування N-OFDM. 6) Висока економія обчислювальних ресурсів при оцінці отриманих амплітуд модифікованим методом Коші відносно класичного методу найменших квадратів запропонованим Слюсаром В.А. 7) Збільшення швидкості передачі інформації за рахунок відсутності копіювання передаючої інформації на різних піднесучих, на відміну від класичних способів демодуляції OFDM.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sliusar I.I., Slyusar V.I., Voloshko S.V., Smolyar V.G. Next Generation Optical Access based on N-OFDM with decimation.// Third International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T’2016)”. – Kharkiv. - October 3 –6, 2016.

2. Sliusar I.I., Slyusar V.I., Voloshko S.V., Smolyar V.G. Correction of the receiving channels fiber optic transmission systems on the basis of PDM and N-OFDM with decimation.// 4th International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications. Science and Technology”. - October 10-13, 2017. - Kharkiv, Ukraine.

3. Maistrenko, Vladimir V., Maistrenko, Vasily A. Carrying Out of Effective Recovery Algorithms of Distorted Images (статья на английском языке) // Журнал Сибирского Федерального университета. Серия «Техника и технологии». - 2014.- Т.7.- № 6. - С. 636-640.

4. Программная модель системы передачи данных N-OFDM. С системой адаптации при воздействии сосредоточенных по спектру помех. Майстренко В.А., Майстренко В.В. Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование. 2017. № 2 (93). С. 59.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Стальченко Олександр Володимирович – канд. тех. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: magicphenix@gmail.com

Козюк Олексій Юрійович – студент групи ТКС-18м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: liptonice776@gmail.com.

Пасіченко Руслан Андрійович – студент групи ТКП-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Vasykivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Stalchenko Alexandr Vol. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: magicphenix@gmail.com.

Kozyuk Alexey Yur. – group TKS-18m, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: liptonice776@gmail.com.

Pasichenko Ruslan And. – group TKP-15b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia.