

АНАЛІЗ СПЕКТРАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ OFDM З ДОДАТКОВИМИ ОРТОГОНАЛЬНИМИ ПІДНЕСУЩИМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація.

Проаналізована можливість використання в рамках технології OFDM додаткових піднесущих на вже задіяних частотах, ортогональність яких забезпечується при формуванні модульованого сигналу вибором спеціальних кодових комбінацій.

Ключові слова: технологія OFDM, ортогональність, цифровий код.

Abstract.

The possibility of use of the OFDM technology for additional subcarriers on the already used frequencies, the orthogonality of which is provided during the formation of the modulated signal by the choice of special code combinations, is analyzed.

Keywords: OFDM technology, orthogonality, digital code.

Вступ

В системах широкосмугового радіодоступу останніх поколінь (4G, LTE, 5G) підвищені значення спектральної ефективності забезпечуються застосуванням технології ортогонального частотного розділення з мультиплексуванням (OFDM). Сутність цієї технології полягає у тому, що в умовах обмеженого частотного ресурсу передача інформації здійснюється паралельними каналами з використанням великої кількості ортогональних піднесущих [1]. Сумарна швидкість передачі інформації визначається для технології OFDM за формулою:

$$V_c = \sum_{i=0}^N V_i, \quad (1)$$

де V_i – швидкість передачі інформації в i -му каналі, N – загальна кількість каналів.

З формули (1) видно, що для збільшення сумарної швидкості передачі інформації необхідно збільшувати кількість каналів N та/або швидкість передачі у кожному каналі V_i .

Метою даної роботи є аналіз можливості збільшення спектральної ефективності шляхом нарощування кількості ортогональних каналів в рамках існуючої технології OFDM.

Результати дослідження

Відомо, що ортогональними вважаються сигнали, скалярний добуток яких дорівнює нулю [2]. Скалярний добуток синусоїдальних піднесущих $s_i(t)$ та $s_n(t)$ визначається як інтеграл на інтервалі T :

$$(s_i, s_n) = \int_0^T \sin 2\pi f_i t \cdot \sin 2\pi f_n t, \quad (2)$$

Очевидно, існує взаємозв'язок між значеннями частот піднесущих f_i та f_n і тривалістю інтервалу T , коли скалярний добуток стає рівним нулю.

Згідно з теорією сигналів кут між векторами ортогональних сигналів є прямим, отже $\cos \varphi = \cos 90^\circ = 0$. Саме тому ортогональність синусоїдальної та косинусоїдальної функцій є очевидною. Привабливість цього висновку у тому, що ортогональність таких функцій проявляється на одній частоті і на часовому інтервалі, який є кратним періоду функції. Тому можна використовувати пару піднесущих на тих частотах, на яких кодові комбінації первинного цифрового сигналу створюють для

вибраного типу багатопозиційної модуляції зсув фази 90^0 . Іншими словами, такі дві комбінації бітів можуть передаватися з використанням однієї частоти, що слід трактувати як створення додаткового каналу без розширення частотного ресурсу.

Технологія OFDM використовує процедуру мультиплексування для перетворення послідовного первинного цифрового коду в сукупність N паралельних кодових комбінацій, що модулюють відповідні піднесуші. Запропонований у даній роботі підхід вимагає при створенні сигналів передачі формувати пари таких кодових комбінацій, які б створювали на одній частоті ортогональні сигнали, маючи фазовий зсув 90^0 . Кількість таких пар є перманентною, тому збільшення спектральної ефективності цілком залежатиме від структури початкового цифрового сигналу.

Висновки

Запропоновано шлях підвищення спектральної ефективності технології OFDM, який базується на формуванні додаткових ортогональних каналів у межах існуючого частотного ресурсу. Показана можливість використання для цієї мети пари піднесущик на одній частоті, якщо для вибраного типу багатопозиційної модуляції буде забезпечений зсув фаз 90^0 .

Показано, що кількість пар ортогональних піднесущик, які безпосередньо визначають спектральну ефективність цілком залежить від структури початкового цифрового сигналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. М. Вишневский, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович – Широкополосные беспроводные сети передачи информации. Москва. Техносфера. – 2005. – 592 с.
2. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988 – 448 с.: ил.

Барась Святослав Тадіонович – канд. техн. наук, професор кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: barasst03@gmail.com.

Санатос Костянтин Володимирович – ст. групи ТТК-17м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет.

Шкарапута Володимир Олександрович – ст. групи ТТК-17м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет.

Baras Sviatoslav T. - candidate. Sc., professor of telecommunications systems and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: barasst03@gmail.com.

Sanatos Kostiantyn V. - Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University.

Shkaraputa Volodymyr O. - Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University.