

ТЕХНОЛОГІЯ OFDM З ДОДАТКОВИМИ ОРТОГОНАЛЬНИМИ ПІДНЕСУЩИМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація:

На основі існуючої технології OFDM вводяться додаткові піднесучі на вже задіяних частотах, ортогональність яких забезпечується у процесі формування модульованого сигналу вибором спеціальних кодових комбінацій. За рахунок цього, а також збільшення швидкості передачі інформації через можливість використання суттєво коротших символів на введених піднесутих зростає спектральна ефективність каналів передачі.

Ключові слова: технологія OFDM, ортогональність піднесутих, символна швидкість.

Abstract

For the existing OFDM technology, additional subcarriers are introduced on frequencies that have already used. The orthogonality of these frequencies is provided in the process of forming a modulated signal by selecting special code combinations. Because of it and increasing of the transmission speed the spectral efficiency of transmission channels increases.

Keywords: OFDM technology, subcarrier orthogonality, symbolic speed.

Вступ

Технологія ортогонального частотного розділення з мультиплексуванням (OFDM) базується на тому, що передача інформації здійснюється паралельними каналами з використанням великої кількості ортогональних піднесутих [1]. Вона застосовується в системах широкосмугового радіодоступу останніх поколінь (4G, LTE, 5G), забезпечуючи високу спектральну ефективність. Сумарна швидкість передачі інформації для технології OFDM визначається 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 . Дана робота має на меті проведення аналізу можливості використання обох цих напрямків, що в кінцевому випадку забезпечить збільшення спектральної ефективності каналів передачі.

Основна частина

Відомо, що ортогональними вважаються сигнали, скалярний добуток яких дорівнює нулю [2]. Скалярний добуток синусоїдальних піднесутих $s_i(t)$ 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 піднесутих f_i та f_n і тривалістю інтервалу T , коли скалярний добуток стає рівним нулю. З одного боку інтервал T однозначно прив'язаний до фундаментальної частоти для обох піднесутих, а з іншого – він визначає мінімально можливу тривалість символу (модульованого сигналу) в ортогональних каналах, а отже і символну швидкість. Чим ближчі значення частот піднесутих f_i та f_n , тим більша тривалість символу і менша символна швидкість.

Згідно з теорією сигналів кут між векторами ортогональних сигналів є прямим, тому $\cos\varphi = \cos 90^\circ = 0$. Отже, 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° . Іншими словами, такі дві комбінації бітів можуть передаватися з використанням однієї частоти, що слід трактувати як створення додаткового каналу без розширення частотного ресурсу.

Зважаючи на те, що ортогональність одночастотних піднесущих має місце на значно коротших часових інтервалах, ніж ортогональність різночастотних піднесущих, можна використати суттєво менші тривалості символів, отже збільшити символну швидкість у таких каналах. Це означає пряме збільшення швидкості передачі інформації в i -му каналі V_i .

Технологія OFDM використовує процедуру мультиплексування для перетворення послідовного первинного цифрового коду в сукупність N паралельних кодових комбінацій, що модулюють відповідні піднесущі. 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° . Кількість таких пар є перманентною, тому збільшення спектральної ефективності цілком залежатиме від структури початкового цифрового сигналу.

Висновки

Запропоновано формування додаткових ортогональних каналів у межах існуючого частотного ресурсу технології OFDM. Установлена можливість використання для цієї мети пари піднесущих на одній частоті, якщо для вибраного типу багатопозиційної модуляції буде забезпечений зсув фаз 90° .

Показано, що для ортогональних одночастотних піднесущих можна застосовувати значно коротші символи, тобто досягти більшої символної швидкості. Наслідком цього є збільшення швидкості передачі інформації у таких каналах. Зазначені обидва напрямки – введення додаткових ортогональних піднесущих і збільшення символної швидкості у цих каналах – приводять до збільшення спектральної ефективності каналів передачі.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. М. Вишнеvский, 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.

Луцишин Андрій Станіславович – ст. групи ТКП-15, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: tkp15b.lutsyshyn@gmail.com

Шевчук В'ячеслав Валерійович – ст. групи ТКП-15, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: shevchuk5343@gmail.com.

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

Lutsyshyn Andriy S. – group TKP-15b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : tkp15b.lutsyshyn@gmail.com.

Shevchuk Vyacheslav V. – group TKP-15b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shevchuk5343@gmail.com.