

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УДК 681.518.54

# Тези доповідей

IV Міжнародної науково-практичної конференції

**"Інформаційна безпека та комп'ютерні  
технології"**



**15– 16 квітня 2021 р.**

Кропивницький 2021

## **УДК 681.518.54**

Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції “Інформаційна безпека та комп’ютерні технології”: тези доповідей, 15 – 16 квітня 2021 р. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – 81 с.

Наведені тези пленарних та секційних доповідей за теоретичними та практичними результатами наукових досліджень і розробок. Представлені результати теоретичних досліджень в галузях проектування інформаційних систем, технологій захисту інформації, використання сучасних інформаційних технологій в управлінні системами за різними галузями народного господарства.

Матеріали публікуються в авторській редакції.

*За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.*

---

© Центральноукраїнський національний  
технічний університет, 2021

## ИНТЕГРАЦИЯ N-OFDM И UFMC

Одним из перспективных направлений развития систем связи является применение спектрально эффективных сигналов на основе неортогонального частотного дискретного мультиплексирования (non-orthogonal frequency division multiplexing, N-OFDM) [1 - 5]. Для минимизации ошибок оценивания квадратурных составляющих амплитуд N-OFDM сигналов при количестве поднесущих более 16 лучшим выбором является применение неэквидистантной частотной схемы [5]. Такое решение позволяет не только снизить погрешности демодуляции, но повысить частотное уплотнение сигнального пакета за счет перехода от совместной обработки всей совокупности поднесущих к параллельной демодуляции их изолированных групп. Как показано в [5], при неэквидистантном частотном плане такой подход возможен за счет рассредоточения по частоте, например, квартетов поднесущих с определенным защитным интервалом между сигнальными группами. Это позволяет применить дополнительную фильтрацию частотных квартетов для усиления их частотной развязки и создаёт предпосылки для демодуляции сигналов каждого из квартетов независимо от остальных частотных групп, в пренебрежении их присутствием. Поскольку аналогичный подход используется и в технологии универсальной фильтрации множества поднесущих (the universal filter multi-carrier, UFMC), предлагается интегрировать неэквидистантную концепцию N-OFDM с UFMC. Целью работы является рассмотрение особенностей такой интеграции в интересах повышения спектральной эффективности перспективных систем связи.

Следует отметить, что первая публикация по методу UFMC в 2013 г. [6] практически совпала по времени с выходом в свет статьи [4, 5]. При этом, в отличие от [5], процедуру фильтрации групп поднесущих при реализации UFMC предполагалось выполнять в передатчике в отношении сигналов, имеющих равномерный разнос поднесущих по частоте. По сравнению с традиционным OFDM сигналом использование в UFMC-передатчике набора смещенных по частоте FIR-фильтров позволило перед излучением в эфир подавить боковые лепестки в спектре сигналов и тем самым снизить требования к ширине защитного частотного интервала между соседними каналами передачи данных.

Такой подход может быть применен и в отношении N-OFDM сигналов, в дополнение к уже предусмотренной в [5] фильтрации отдельных групп поднесущих в приёмнике. В отличие от фильтра Чебышева, использованного в [6] и в последующих публикациях, развивающих UFMC концепцию, в приёмнике N-OFDM сигналов предлагается применить набор цифровых I/Q-демодуляторов, предложенных в [7]. Наряду с частотной селекцией групп поднесущих при этом становится возможным формировать квадратурные составляющие их напряжений. Важным условием для успешного извлечения заложенной в N-OFDM сигналы информации является компенсация паразитных фазовых набегов и искажений амплитуд сигналов, возникающих в процессе формирования откликов I/Q-демодуляторов. Аналогичная компенсация должна проводиться и для устранения искажений в сигналах, возникающих при их прохождении через FIR-фильтры передатчика.

Представленный метод обработки позволяет повысить степень развязки групп поднесущих за счет сочетания их фильтрации в передатчике и частотно-селективной I/Q-демодуляции в приёмнике.

### Список литературы

1. Слюсар В.И. Патент РФ № 2054684, G01R23/16. Способ измерения амплитудно-частотных характеристик. - 1992 р. - Оpubл. 20.02.96, Бюл. № 5.
2. Pat. of Ukraine № 47835 A. IPC8 H04J1/00, H04L5/00. Method of frequency-division multiplexing of narrow-band information channels// Slyusar Vadym Ivanovych, Smoliar Viktor Hryhorovych. – Appl. № 2001106761, Priority Data 03.10.2001. – Official publication data 15.07.2002, Official bulletin № 7/2002.
3. Слюсар В.И., Смоляр В. Г. Частотное уплотнение каналов связи на основе сверхрелеевого разрешения сигналов.// Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника.- 2003. - Том 46, № 7. - С. 30 - 39.
4. Слюсар В. И. Неортогональное частотное мультиплексирование (N-OFDM) сигналов. Часть 1. //Технологии и средства связи. – 2013. - № 5. - С. 61- 65.
5. Слюсар В. И. Неортогональное частотное мультиплексирование (N-OFDM) сигналов. Часть 2. //Технологии и средства связи. – 2013. - № 6. - С. 60 - 65.
6. Vida Vakilian, Thorsten Wild, Frank Schaich, Stephan ten Brink, Jean-François Frigo. Universal Filtered Multi-Carrier Technique for Wireless Systems Beyond LTE. // 9th Int'l. Wksp. Broadband Wireless Access, IEEE GLOBECOM '13, Atlanta, GA, Dec. 2013. - DOI: 10.1109/GLOCOMW.2013.6824990.
7. Slyusar, V., Serdiuk, P. Synthesis Method of Procedure for Odd-Order I/Q Demodulation based on Replacing Multistage with Equivalent Single-Stage Demodulation Schemes.// Radioelectron.Commun.Syst. 63, 273–280 (2020).