

УДК 621.396:004.7

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ OFDM ТА FBMC

Максименко М.С., Залізівський В.А.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Горелов Д.Ю.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

каф. МІРЕС, м. Харків, Україна

тел. +38 (057) 70-21-587, email: mykhailo.maksymenko@nure.ua

The results of a comparative analysis of orthogonal frequency division multiplexing (OFDMA) technology used in 4G LTE, LTE-Advanced systems and FBMC technology proposed for the fifth generation 5G systems are presented.

Основною тенденцією в безпроводному зв'язку є підтримка високих швидкостей передавання даних. Однак збільшення швидкості передачі даних і пропускної здатності є складним завданням. Варто зазначити, що системи з множиною носійних подолали низку проблем, пов'язаних із високою ефективністю використання смуги пропускання за високої спектральної ефективності. Останніми роками системи з множиною носійних широко застосовуються в технологіях 4G. Також планується їх застосування в майбутніх системах зв'язку покоління 5G.

Найвідомішим представником подібних систем є OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing) – системи з мультиплексуванням та ортогональним частотним поділом каналів. За рахунок використання циклічного префіксу (як метода боротьби з між символною інтерференцією) OFDM має втрати в спектральній ефективності, а також вищу чутливість до вузькосмугових завад. Щоб подолати ці проблеми розроблено нову технологію – FBMC (Filter Bank Multicarrier) – гребінчасті фільтри з множиною носійних.

Основна ідея FBMC полягає в тому, що модульований сигнал фільтрується на кожній підносійній. Це дає новий ступінь свободи, який може бути використаний для оптимізації сигналу по відношенню до різних характеристик каналу передачі. Також технології FBMC не використовує циклічний префікс, за рахунок чого і підвищується спектральна ефективність. Крім того, ортогональність потрібна тільки для сусідніх підканалів, яка досягається за рахунок використання фільтру-прототипу. Своєю чергою, фільтр-прототип характеризується коефіцієнтом перекриття  $K$ , який дорівнює кількості символів, які перекриваються в часовій області.

У FBMC-системі може бути використаний будь-який вид модуляції у разі відокремлення один підканалу від іншого. Наприклад, якщо використовуються тільки підканали з парними (непарними) індексами, то жодних між каналних спотворень немає і може застосовуватися QAM-модуляція. Однак для досягнення максимальної швидкості передавання інформації всі

підканали мають бути використані в один часовий інтервал, тому застосовується модуляція OQAM (Offset Quadrature Amplitude Modulation) – квадратурна амплітудна модуляція зі зміщенням. Термін "зміщення" відображає часовий зсув на половину символу між дійсною і уявною частинами комплексного символу.

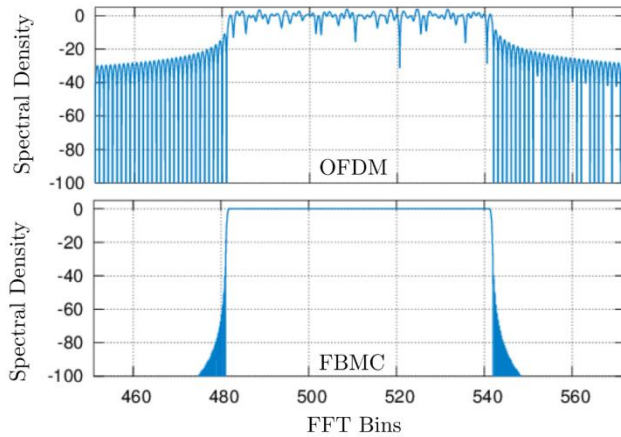


Рисунок 1

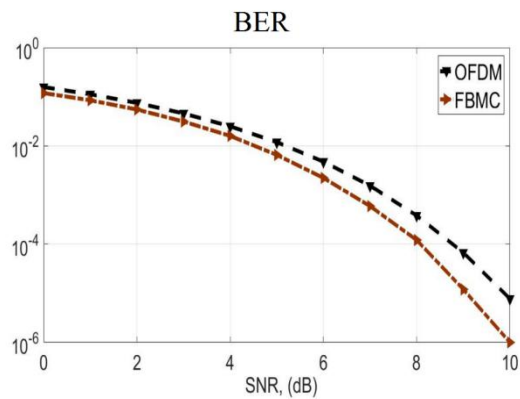


Рисунок 2

На рис. 1. наведено графіки спектральної щільності потужності сигналів OFDM і FBMC, коефіцієнтом перекриття  $K = 4$ . На рис. 2 наведено залежності бітових помилок як функції відношення сигнал/шум. Як видно з рис. 1 та рис. 2, використання технології FBMC дає змогу підвищити спектральну ефективність системи зв'язку у порівнянні з технологією OFDM. Компактність спектра в FBMC вказує на істотне зниження позасмугових випромінювань, тому зниження взаємної ортогональності підсмугов практично не позначиться на ймовірності правильного приймання, що ілюструє рис. 2. Також технологія FBMC є вельми ефективним способом боротьби з багатопроменевістю, особливо під час організації стільників великого радіусу зі слабкою забудовою.

Перелік джерел посилання.

1. Schellmann M. et al. FBMC-based air interface for 5G mobile: Challenges and proposed solutions // Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CROWNCOM), 2014 9th International Conference on. – IEEE, 2014. – С. 102–107.

2. KEYSIGHT TECHNOLOGIES. Modeling 4G & 5G Systems in SystemVue, 2014.

3. 5G Now. Germany F.E.V.H.H.I., France A.C.E.A. 5G Waveform Candidate Selection. – 2014. – P. 62–65.

4. Bellanger M. et al. FBMC physical layer: a primer // PHYDYAS, January. – 2010.

5. FBMC physical layer – principle, Maurice Bellanger [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ictphydyas>.