

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ СИНХРОНІЗАЦІЇ ТА СПЕКТРАЛЬНИХ ВТРАТ У МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ, ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ FBMC

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто можливість впровадження технології Filter bank multicarrier modulation (FBMC) у систему передачі стандарту 5G для збільшення пропускної здатності каналу, співвідношення сигнал/шум, часу відгуку та зменшення спектральних втрат.

Ключові слова: OFDM, спектральна ефективність, пропускна здатність каналу, спектральні втрати, 5G, LTE, FBMC, відношення сигнал/шум.

Abstract

The paper considers the possibility of introducing the Filter bank multicarrier modulation (FBMC) technology into the 5G standard transmission system to increase channel bandwidth, signal/noise ratio, response time, and reduce spectral losses.

Keywords: OFDM, spectral efficiency, channel bandwidth, spectral loss, 5G, LTE, FBMC, signal-to-noise ratio.

Вступ

Вища швидкість передачі даних, мобільність, менша затримка, і покращена якість обслуговування є головними вимогами систем зв'язку нових поколінь. Ортогональне частотне мультиплексування (OFDM) є найпопулярнішим методом сигналізації в широкосмуговому дротовому і бездротовому зв'язку.

OFDM є простим і досягає дуже високих результатів ефективності використання радіоресурсу. Однак, використання OFDM у висхідній лінії зв'язку багатокористувацьких мереж (OFDMA), вимагає повної синхронізації сигналів користувачів на базовій станції. Таку синхронізацію доволі важко забезпечити у мобільних середовищах, де відчутними є доплерівські впливи та інші завади, що впливають на канал зв'язку. Існують рішення цієї проблеми [1-2], але вони передбачають значне ускладнення технології у практичній реалізації, що позбавляє OFDM однієї з основних переваг.

Ще одне обмеження OFDM проявляється, коли необхідно здійснювати передачу через набір несуміжних частот, відомих як агрегація носійних. Зашумлена відповідь фільтрів підносійних IFFT/FFT OFDM створює значний позасмуговий вихідний шум для інших користувачів, а також вловлює значний вхідний шум від них. Зменшення спектральних втрат OFDM є досить обмеженим, що відображається на продуктивності та може значно ускладнити передавач.

Результати дослідження

FBMC є альтернативним методом передачі, який вирішує вищезазначені проблеми за допомогою високоякісних фільтрів, що запобігають як вхідним, так і вихідним шумам. Крім того, через дуже низьке позасмугове випромінювання фільтрів підносійних, застосування FBMC у висхідній лінії зв'язку мобільних мереж є простим у реалізації. Його можна розгорнути без синхронізації сигналів елемента мережі та мобільного користувача.

Отже, він може приймати асинхронні дані та ідеально розділяти несуміжні піддіапазони в частотній області, а отже, є більш стійким до частотних зсувів. Як і OFDM, FBMC також підтримує ортогональність за допомогою ідеальної реконструкції (PR), або майже ідеальної реконструкції (NPR). У режимі реального часу реалізувати PR дуже складно, тому у роботі пропонується використовувати модифікацію з недосконалою реконструкцією сигналу (iPR-FBMC), що не вимагає виконання умов ортогональності сигналу, але при цьому, дозволяє його однозначно ідентифікувати та відновити на приймальному кінці. Продуктивність такої реалізації перевершує показники FBMC з обмеженням PR та OFDM. Це дозволяє реалізувати більш гнучкий розподіл піддіапазонів у кількох носійних частотах системи зв'язку [3].

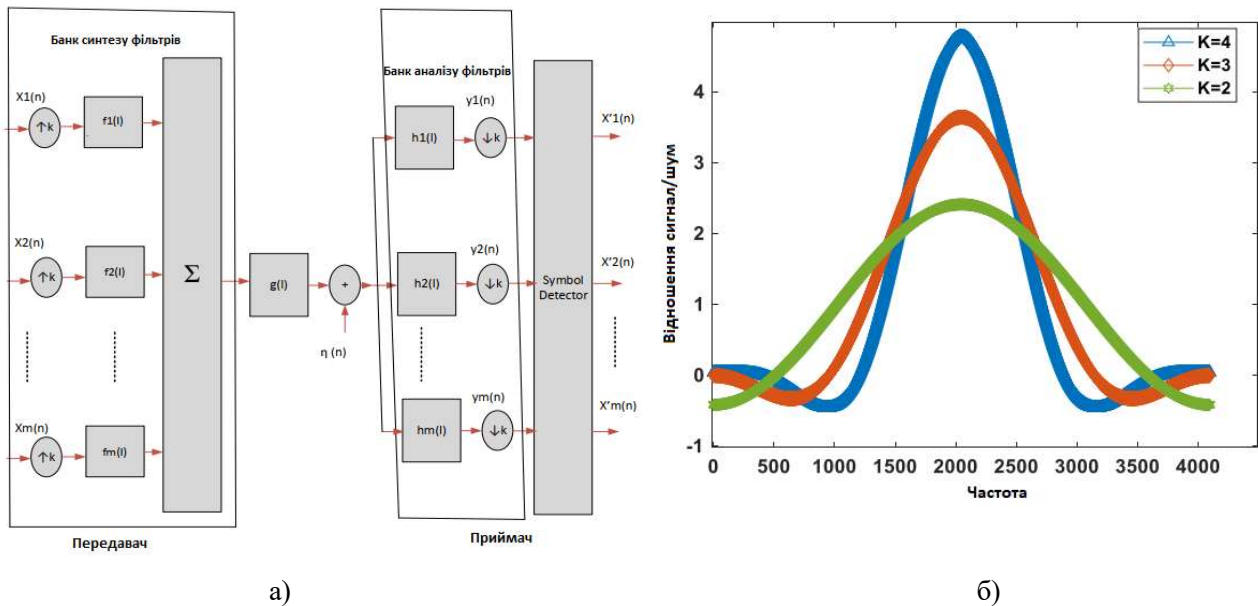


Рисунок 1 – а) Трансмітер 5G з використанням FBMC; б) Частотна характеристика з коефіцієнтом перекриття.

На рис. 1а зображено структурну схему реалізації передавача та приймача за технологією FBMC, який складається з фільтру синтезу (f_m) і фільтрів аналізу (h_m), що реалізують за прототипом фільтра низьких частот.

$$f_m(l) = h_m(l) \exp \left\{ j \frac{2\pi}{M} \left(m - \frac{1}{2} \right) \left(1 + \frac{M+1}{2} \right) \right\}$$

$$h_m(l) = f_m^*(N_f - 1 - l)$$

де M – кількість піддіапазонів,
 P – коефіцієнт дискретизації,
 N_f – індекси станів фільтра [4].

Фільтр синтезу є оберненою функцією до представленої у виразі 1.1, що дозволяє реалізувати приймач без суттєвих змін у конфігурації обладнання.

На рис. 1б показано вплив фактора перекриття на час затримки для наведеного прототипу фільтра FBMC. Результат дійсний для 1024 підканалів з точністю 2 вибірки OQAM на символ, з коефіцієнтом перекриття 4, 3 та 2. З рисунку видно, що для більшого значення перекриття, співвідношення сигнал/шум (SNR) є вищим і пропускна здатність зменшується. Але SNR зменшується зі зменшенням коефіцієнта перекриття. Після аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що оптимальним є значення коефіцієнта перекриття, що дорівнює 6 для кінцевої імпульсної характеристики прототипу FBMC фільтра, що розглядається в даній роботі [4].

Висновок

В даній роботі було описано формування інформаційного імпульсу шляхом використання модуляції на основі FBMC. Отримані результати показують, що система FBMC працює значно краще з точки зору багатьох параметрів, таких як: максимальна пропускна здатність каналу, співвідношення сигнал/шум, час затримки, спектральні втрати тощо.

Запропонована структурна реалізація приймального та передавального пристроїв на основі технології FBMC та запропоновано оптимальне значення коефіцієнта перекриття для них, що дорівнює 6 для кінцевої характеристики FBMC фільтра.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Lee K. CFO compensation for uplink OFDMA systems with conjugated gradient/ I. Lee, K. Lee/ IEEE International Conference on Communications (ICC '11) – Kyoto, Japan, June 2011 – pp. 3–9.
2. Roman Odarchenko, Nadiia Dyka, Oleh Poligenko, Liudmila Kharlai, Anastasiia Abakumova. Mobile operators base station subsystem optimization method // Science and Technology (PIC S&T) 2017:4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, 10-13 October 2017: abstracts.– Kharkiv, 2017. – P. 29-33.
3. R. Nissel Filter Bank Multicarrier Modulation Schemes for Future Mobile Communications / R. Nissel, S. Schwarz and M. Rupp / IEEE Journal on Selected Areas in Communications – 2017; p. 1768 – 1782.
4. B. Lim SIR analysis of OFDM and GFDM waveforms with timing offset, CFO, and phase noise / IEEE Trans. Wireless Communications – 2017 – p. 124-143.

Самоліук Ірина Анатоліївна – аспірант, спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com.

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

Samoliuk Iryna A. – graduate student, majoring in 172-telecommunications and radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com.

Baras Sviatoslav T. – candidate. Sc., Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: barasst03@gmail.com.