

ПОРІВНЯННЯ СХЕМ МОДУЛЯЦІЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ 5G І 6G

Фесенко А.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Іванова О.О.
Харківський національний університет радіоелектроніки,
каф. КРiCTЗi, м. Харків, Україна
тел. +38(057) 702-14-30, e-mail: Антон Фесенко
anton.fesenko@nure.ua.

The report provides an overview of modulation schemes used in 5G/IMT-2020 and 6G wireless communication systems. The main focus is on modulation techniques used at the physical layer of these systems. The report explores the advantages and disadvantages of different modulation schemes and their suitability for 5G/IMT-2020 and 6G systems.

Для систем зв'язку 5G та 6G має забезпечуватися підтримка не тільки величезної кількості користувачів, але й абсолютно різних типів підключень з різними вимогами.

Традиційна схема модуляції OFDM, яка є базовою для 4G, не може задовольнити вимоги до систем зв'язку майбутніх поколінь, тому для таких систем зв'язку потрібні нові типи модуляції з набагато меншим рівнем позасмугового випромінювання.

Новий тип модуляції для мереж зв'язку майбутніх поколінь повинен мати зворотну сумісність із традиційною схемою модуляції OFDM, а також відрізнятися такими ключовими характеристиками як: висока спектральна ефективність; мінімальні вимоги до синхронізації; гнучкість.

Для зменшення позасмугового випромінювання можуть використовуватися тип модуляції, заснований на піддіапазонній фільтрації. Два основні з них: багаточастотна передача з універсальною фільтрацією UFMC (Universal Filtered Multi-Carrier) і так звана модуляція OFDM з фільтрацією (F-OFDM).

При використанні технології UFMC фільтрується не кожна підносійна окремо, а група підносійних частот (піддіапазонні блоки), що складаються з певної кількості сусідніх частот.

Оскільки смуга пропускання фільтра в UFMC набагато ширша, ніж у методів модуляції, заснованих на формуванні імпульсів, тривалість у часовій області виявляється набагато коротшою. Отже, завади, викликані хвостовою частиною фільтра, можна легко усунути, задаючи необхідну довжину нульового заповнення (Zero-Padding, ZP).

Такий підхід дозволяє зменшити позасмугове випромінювання порівняно з технологією OFDM. Потенційна перевага використання технології UFMC - зниження складності алгоритмів основної частоти.

Фільтрування OFDM (f-OFDM) має схожу з UFMC структури переда-

вача. Основна відмінність полягає в тому, що у технології f-OFDM використовується циклічний префікс і зазвичай допускається залишкова міжсимвольна інтерференція. Крім того, у приймачі знижена дискретизація може застосовуватися перед операцією дискретного перетворення Фур'є, внаслідок чого може бути знижена обчислювальна складність обробки сигналу в приймачі.

Це можливо, оскільки циклічний префікс може знизити вплив більшої частини завад, що створюються хвостовою частиною фільтра. Залишкові завади мають значно меншу потужність і можуть бути розглянуті як шум.

Таким чином, для технології F-OFDM може використовуватися фільтр з більш довгою імпульсною характеристикою порівняно з UFMС. При цьому він також матиме краще згасання поза діапазоном.

Застосування каналного кодування дозволяє нівелювати зниження продуктивності систем, викликане залишковими завадами f-OFDM. Ще однією відмінною рисою F-OFDM від UFMС є те, що рознесення піднесуїйних і довжина циклічного префікса при використанні технології F-OFDM не повинна бути однаковими для різних користувачів.

Отже, дослідження схем модуляції є важливим кроком у розвитку безпроводних комунікаційних систем, і відповідний вибір схеми модуляції залежить від конкретних вимог та умов каналу передачі.

Для досягнення максимальної ефективності передачі даних потрібна детальна оцінка різних схем модуляції та їх відповідність потребам конкретної системи.

Крім класичного OFDM, на сьогоднішній день технології UFMСі F-OFDM можна вважати основними технологіями мереж зв'язку майбутніх поколінь.

Список використаних джерел:

1. FBMC-based air interface for 5G mobile: Challenges and proposed solutions. [Електронний ресурс]: FBMC-based air interface for 5G mobile: Challenges and proposed solutions | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore Дата звернення: 20.03.2023.

2. 5G Communication Networks and Modulation Schemes for Next-Generation Smart Grids. [Електронний ресурс]: 5G Communication Networks and Modulation Schemes for Next-Generation Smart Grids | SpringerLink. Дата звернення: 25.03.2023.

3. J. Abdoli, M. Jia, J. Ma. Filtered OFDM: A new waveform for future wireless systems // Proc. IEEE 16th Int. Workshop Signal Process. Adv. Wireless Commun.(SPAWC), Stockholm, Sweden, Jun.2015, pp. 66-70.