

5G CONCEPTS FOR WIRELESS COMMUNICATIONS

Dyanko K. Hubenov, Yosif V. Yosifov, Nikolay Zh. Kulev

Abstract: *This paper shows the advantages of new concepts for wireless communications compared to already existing ones, which will be well suited for the coming in close future 5G.*

Keywords: 5G, FBMC, UBMC

5G КОНЦЕПЦИИ ЗА БЕЗЖИЧНИ КОМУНИКАЦИИ

Дянко К. Хубенов, Йосиф В. Йосифов, Николай Ж. Кулев

*Национален военен университет „Васил Левски“,
Факултет „Артилерия, ПВО и КИС“,
гр. Шумен, ул. „Карел Шкорпил“ 1
e-mail: d_hubenov@abv.bg, josifov02@abv.bg, nz_kulev@abv.bg*

Въведение

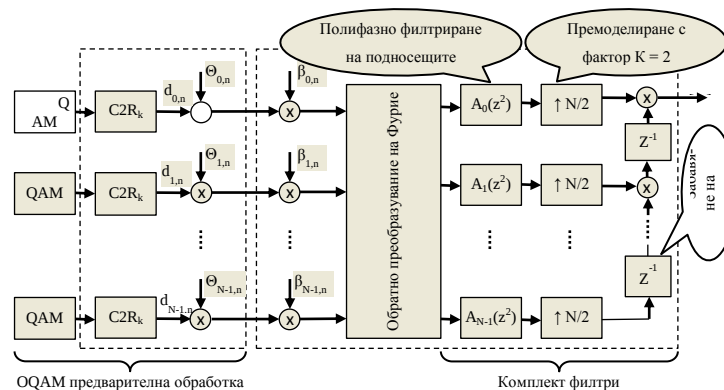
Приложенията, които ще поддържат бъдещия 5G стандарт за безжични комуникации, ще срещнат сериозно ограничение в лицето на OFDM. Ето защо големите производители на устройства за безжична комуникация и научно изследователските институти провеждат изследвания за преодоляване на този проблем, чрез създаване на нови концепции за PHY и MAC слоевете.

Общата идея зад всички модели разгледани в следващите раздели е използването на различни филтри за формиране на импулсите в сравнение с традиционния OFDM, като това води до намляване на излъчването извън основната честотна лента и съответно ефективността на използване на радиочестотния спектър. От друга страна, използването на различен филтър за формиране на импулси предполага намаляване на ортогоналността между две съседни подносеци, като енергията се разпределя от една носеща към друга. Това предизвиква появата на интерференция между носещите честоти (ICI), която трябва да бъде компенсирана. Това увеличава сложността на цялата система и по-специално на приемащата страна.

1. Селекция на множество носещи чрез комплект филтри - FBMC

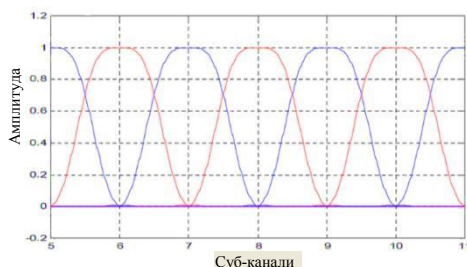
Методът „Filter-Bank Multi-Carrier“ (FBMC) предполага използването на филтрация на суб-носещите чрез комплект филтри в предавателната и приемната страна. Съществуват различни предложения за реализация на FBMC, като например: „Staggered Modulation Multitone“ (SMT), „Cosine Modulation Multitone“ (CMT) и „Filtered Multitone“ (FMT), но фокусът е върху SMT FBMC.

За създаването на N на брой полифазни филтъра A_k с дължина K се използва прототип на FIR филтър базиран на „Root Raised Cosine“ (RRC) филтър с коефициент на развивката $\beta = 0,1$. K определя препокриващия фактор, който характеризира прототипния филтър и определя броя на наслоените символи във времето. При FBMC се използва $K = 4$.

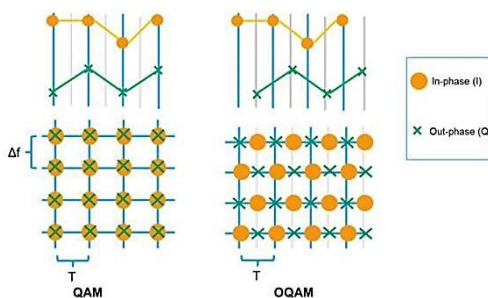


Фигура 1. Блокова схема на FBMC предавател

На фиг. 1 е показан модел на FBMC предавател. Вижда се, че наборът от филтри се получава чрез честотно изместване на k/N за даден филтър. Това оказва влияние на ортогоналността, тъй като енергията се разпределя между съседните подносещи и по този начин се създава интерференция между съседните подносещи. Всички четните подносещи и всички нечетни подносещи не се припокриват и поради това са ортогонални едни спрямо други.



Фигура 2. Разпределение на енергията в честотно изместените суб-канал



Фигура 3. Сравнение между QAM и OQAM

За да се поддържа ортогоналност в реалната и имагинерната област, Offset QAM (OQAM) се прилага към модулираните символи за данни. OQAM се постига чрез изместване на *in-phase* компонентата на QAM системата на половината от дължината на един символ $T/2$ спрямо *out-phase* компонентата. Ако времевото изместване се приложи към *in-phase* частта на дадена носеща, то се прилага съответно и към *out-phase* частта на съседните носещи, което води до намаляване на интерференцията. OQAM приемникът елиминира ICI, като игнорира частта от получения символ, която не съдържа данни. Използването на OQAM елиминира необходимостта от предпазен интервал като цикличен префикс в FBMC и по този начин увеличава спектралната ефективност.

2. Предимства и недостатъци на FBMC

Преимствата, поради които FBMC е предложен да бъде използван в 5G са:

- Асинхронно предаване, при което не е необходима пълна времева синхронизация;
- Подходящ за използване при силно фрагментиран спектър;

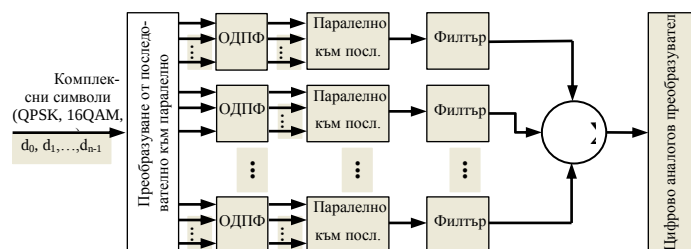
- Подходящ за използване с когнитивно радио;
- Устойчивост при използване в условията на висока скорост;
- Възможност за ефективно адаптиране на основните параметри в една честотна лента.

Съществуват и някои слаби страни на FBMC, като:

- Ограничено използване на MIMO;
- Неефективен при кратки предавания, вследствие на забавянето от филтриране;
- Усложнено устройство;

3. Селекция на множество носещи чрез универсален филтър - UFMC

За разлика от FBMC при „Universal Filter Multi-Carrier” (UFMC) подносещите се групират в подленти, които след това се филтрират. Броят на филтрите и на носещите на подлента обикновено е еднакъв. Това предотвратява създаването на несъответствие, а несъседните под-ленти позволяват по-гъвкаво използване на наличния спектър. Поради това UFMC може да се разглежда като компромис между OFDM и FBMC. Фигура 4. показва блокова схема на UFMC предавател. При UFMC няма времево припокриване на съседните символи. Продължителността на символа е $N + L - 1$, като N е размерът прозореца на преобразуването на Фурие, а L е дължината на филтъра. Подобно на FBMC при UFMC размерът на прозореца на преобразуването на Фурие е увеличен, което усложнява неговото внедряване. Освен това при UFMC не е задължително въвеждането на предпазен интервал като циклически префикс. Друга особеност на обединената рамкова структура е използването на множество сигнални слоеве. Потребителите могат да бъдат разделени например въз основа на техните интерфейси, както е направено в Interleave-Division Multiple Access (IDMA). Това ще доведе до допълнителна степен на свобода за системата, ще подобри устойчивостта срещу прослушвания и ще помогне да се използва капацитетът на канала за множествен достъп (MAC).



Фигура 4. Блокова диаграма на UFMC предавател

4. Предимства и недостатъци на UFMC

UFMC има следните предимства:

- Добра спектрална ефективност, близка до тази на FBMC;
- По-малък овърхед в сравнение с FBMC;
- Повишена ефективност при кратки предавания;
- Възможност за работа в режим с минимални забавяния.

Налице са и някои недостатъци:

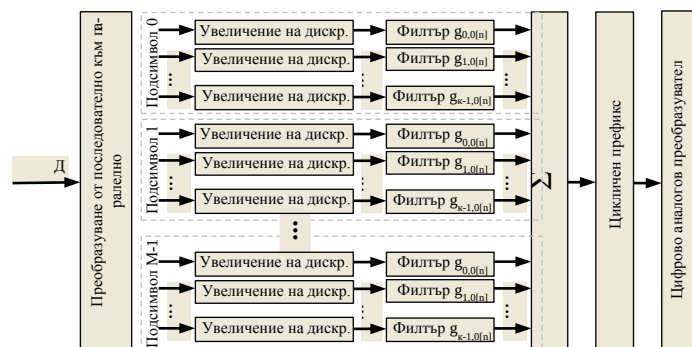
- Недостатъчна ефективност при предаване на голям обем от данни с висока скорост, вследствие на частичната загуба на комплексна ортогоналност;
- Големият размер на прозореца на преобразуването на Фурие води до усложнения;
- Наличние на интерференция, вследствие на частично застъпващите се под-ленти.

5. Обобщено честотно разделяне – GFDM

Основната идея при Generalized Frequency Division Multiplex (GFDM) отново е използването на комплект филтри, като концепцията включва разширяването на спектъра предназначен за отделния потребител до множество спектрални сегменти, всеки от които има различна по широчина честотна лента. Това от своя страна би спомогнало до голяма степен прилагането на концепцията за когнитивно радио, при която нелицензиран ползвател има възможност временно да из-

ползва спектъра предназначен за друг лицензиран ползвател. Тъй като, GFDM е на практика допълнение към FBMC той предоставя някои нови възможности, като:

- Наличие на цикличен префикс, който може да бъде приложен след мултиплицирането или преди филтрацията;
- Всяка подносеща може да има различна ширина на честотната лента;
- Филтрирането се извършва чрез циклична конволюция на определен брой символи, наричано още “захапване на опашката” (*tail biting*). Това води до сегментация във времевата област.



Фигура 5. Блокова диаграма на GFDM предавател

На фигура 5 с $g_{k,m[n]}$ е означен всеки филтър с N на брой такта, като k , m и n са съответно означенията на подносещата, подсимвола и индекса на времевия такт. Друга допълнителен аспект на GFDM засягащ MAC слоя е блоковото предаване на информация. Това дава възможност за промяна на продължителността на съществуване на пакетите (TTL). При приложения, за които е важна скоростта на предаване на данни могат да се използва по малък брой подсимволи за предаване на информацията, докато при друг вид комуникация, където скоростта не е от такова значение ще се използва по голям брой подсимволи за даден потребител.

В честотната област обикновено съседните подносещи се застъпват, нарушавайки критерия за ортогоналност, както и при някои от вече разгледани концепции, което обаче позволява асинхронно предаване на данни. Вследствие на асинхронното предаване на данни се предизвиква систематично увеличение на отношението бит-грешка, което при GFDM се компенсира чрез допълнително намаляне на интерференцията в приемната страна.

6. Предимства и недостатъци на GFDM

Основните предимства на GFDM са:

- По-нисък коефициент на амплитудата (PAPR) в сравнение с OFDM;
- По-малко излъчване извън основната честотна лента, вследствие използването на филтри в предавателя, които могат да се настройват;
- Подобен на OFDM модел в честотната и времевата област, предназначен за много потребители;
- Събиране на целия свободен честотен спектър, дори в региони със силно фрагментиран спектър;
- Блоково предаване на данни с използване на цикличен префикс и преобразуване на Фурие.

Основните недостатъци на GFDM са:

- Усложнен дизайн на приемника;
- Необходимост от използване на OQAM или филтри за намаляване на интерференцията между носещите (ICI/SIS), което прави MIMO по-трудно;
- Оценка на Symbol time offset (STO) и Carrier frequency offset (CFO);

Настоящата тенденция за приемане на пето поколение комуникационни стандарти поражда огромно очакване сред инженерите. Извършеният анализ на модели в иновативни концепции за безжични комуникации е полезна и вълнуваща необходимост при решаване на основни предиз-

викателства, които трябва да бъдат преодоляни от операторите в сферата на безжичната индустрия и производителите на оборудване.

References:

1. Rohde & Schwarz: Application Note 1MA271 "5G Waveform Candidates", 2016
Rohde & Schwarz: Application Note 1MA111 "UMTS Long Term Evolution (LTE) Technology Introduction", 2012