

Намаляне отношението пикова-средна мощност на сигнала чрез псевдо-случайно модулиране на резервирани подносеци в системи с ортогонално честотно разделяне и мултиплексиране

Михаил Илиев, Виктор Хадживасилев

TR Method Based on Pseudo-Random Sequences for PAPR Reduction in OFDM Systems: The paper reviews the nature on Tone Reservation /TR/ method as non-distortion Peak to Average Power Ratio /PAPR/ reduction in Orthogonal Frequency Division Multiplexing /OFDM/ systems. Simulation results are obtained to evaluate the PAPR for different number of subcarriers and admissible PAPR level. PAPR characteristics are analyzed and conclusions are drawn in appropriate systems, where the probability that PAPR exceeds some given threshold is smallest.

Key words: Безжични технологии мрежи, OFDM, OFDMA, PAPR, TR, LTE, Tone Reservation.

ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящата статия е анализиран метода за неизкривящо намаляне пиковата мощност на сигнала чрез резервиране на подносеци /TR/.

В съвременните безжични комуникационни системи широкополетовите технологии за множествов достъп са базирани върху принципите за ортогонално честотно разделяне и мултиплексиране на каналите /OFDM/.

Известен недостатък на тези системи е високата стойност на коефициента, показващ отношението пикова-средна мощност на сигнала /PAPR/. OFDM сигналите се състоят от голям брой близо разположени подносеци, за да може данните да се предават по-ефективно, като всяка една подносеца се модулира независимо, което може да доведе до наслагване на фазите и следователно води до висок пик на излъчваната мощност [9]. Колкото повече се увеличават броя на подносеците в една OFDM система, толкова по-голяма е вероятността за възникване на пик. Високото отношение на PAPR от една страна води до изискването крайния усилвател да работи в широк линеен диапазон и от друга - до бързото изтощаване на батерията на мобилното устройство. Освен това възникват и нелинейни изкривявания на предавания сигнал, което води до трудности, а в някои случаи и до невъзможност, получения сигнал правилно да бъде демодулиран от приемната страна.

За намалянето на PAPR се използват няколко метода, които основно могат да се разделят на два вида – изкривяващи и неизкривяващи. В тази статия ще бъде разгледан метода за неизкривящо намаляне пиковата мощност на сигнала чрез псевдо-случайно модулиране на резервирани подносеци, като чрез симулационни изследвания ще се оцени PAPR за различен брой подносеци, както и за различна максимално допустима пикова стойност.

ДЕФИНИЦИЯ НА PAPR И НЕЛИНЕЕН МОДЕЛ НА КРАЕН УСИЛВАТЕЛ

Отношението между пиковата мощност на сигнала и средната мощност за един период се дефинира като PAPR и може да се изрази като [2]:

$$PAPR = \frac{\max_{0 \leq t < NT} |x(t)|^2}{1/NT \int_0^{NT} |x(t)|^2 dx} \quad (1)$$

където T е продължителността на символа, N е броя на подносеците, а x(t) е комплексната представяща на OFDM символа, която според [6] е:

$$x(n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{j2\pi kn/N}; \quad 0 \leq k \leq N \quad (2)$$

където X_k са мултиплирните данни на k-тата подносеца, а нелинейността на един

краен усилвател на мощност /SSPA/ може да се моделира като [7]:

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{\left(1 + \left(\frac{V_{in}}{V_{sat}}\right)^{2P}\right)^{1/2P}} \quad (3)$$

където V_{in} и V_{out} са съответно входното и изходното напрежение, а V_{sat} е изходното ниво на насищане, а параметърът P изразява „гладкостта“ на прехода между линейната и наситената област.

СИМУЛАЦИОНЕН АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА PAPR

При метода за намаляване на PAPR чрез резервиране на подносещи, съгласно фигура №1, част от подносещите се резервират /т.е. не се използват/ с цел да се генерира такава комбинация от модулирани данни, чрез която да се намали отношението между пиковата и средната мощност на сигнала, получаваща се след блока за обратното преобразуване на Фурие.

Новост при предложението в тази статия псевдо-случаен метод за модулиране на резервирани подносещи е използването на цикличен буфер, който позволява да се намери точното място, където да се вмъкнат резервирани подносещи.

Използването на този алгоритъм, заедно с правото преобразуване на Адамар, позволява да се намали почти два пъти в повече отношението между пиковата и средната мощност на сигнала, в сравнение с резултата от пълните комбинации на всички резервирани тонове.

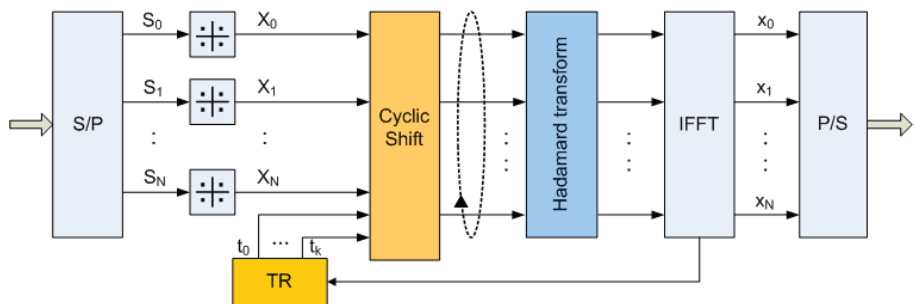
Вероятността PAPR да е по-голяма от някаква прагова стойност – z , математически се изразява като:

$$P(PAPR > z) = 1 - (1 - e^{-z})^N \quad (4)$$

Но, в случая, когато имаме M на брой OFDM символа, носещи една и съща информация, тази вероятност е:

$$P\{PAPR_{tot} > z\} = (P\{PAPR > z\})^M = (1 - e^{-z})^N)^M \quad (5)$$

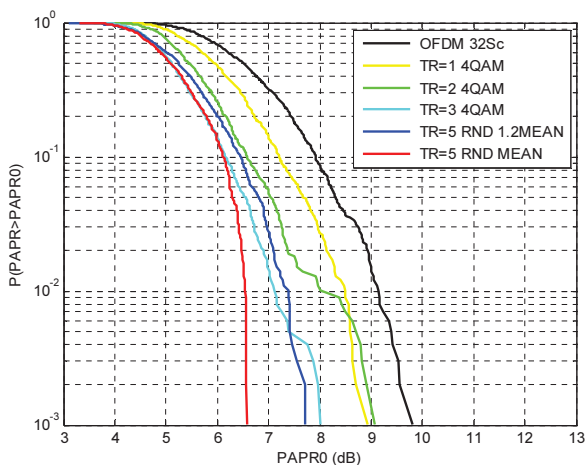
На следващите графики са представени резултатите от симулациите на PAPR. Всички те са изчислени на базата на 1000 броя итерации и квадратурно-амплитудна модулация. Показана е разликата между предложението псевдо-случаен метод за модулиране при различно допустима стойност за PAPR - в единия случай 120% от средно аритметичната стойност на пиковата мощност за OFDM сигнала /изчислена за 1000 итерации/, а в другия - 100% и пълния брой комбинации модулирани данни съответно за 1, 2 и 3 резервирани подносещи.



Фиг. 1 – Принцип на метода за резервирани подносещи

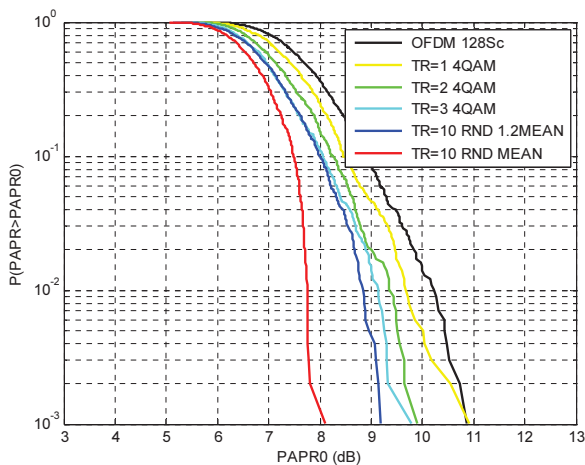
От направената симулация - фигура №2, се вижда, че вероятността PAPR да достигне висока стойност е значително намалена - над 3 dB. Вижда се, че с увеличаване броя на заетите подносещи, отношението пикова-средна стойност се намалва все по-вече и по-вече, като максималното намаление на PAPR, което може

да се постигне при три резервирани подносеци е малко над 1.5 dB.

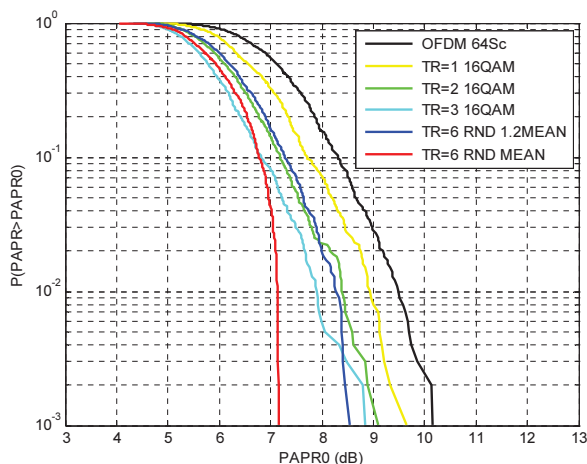


Фиг. 2 – Сравнение на PAPR характеристиките при 4QAM и 32 подносеци

От следващата графика - фигура №3, може да се оцени влиянието на броя на подносеците върху редуцирането на PAPR. Вижда се, че максималното намаление на PAPR е 1 dB при три резервирани подносеци, макар да се постига отново намаляне на PAPR с около 3 dB, чрез използване на предложения псевдо-случаен метод. За постигане на оптимално бързодействие, необходимия брой резервирани подносеци в този случай е осем /или десет/. От графиката можем да забележим, че при увеличаване броя на подносеците, вероятността да възникне висок пик на излъчваната мощност се увеличава /графиките са изместени на дясно с около 1 dB/.



Фиг. 3 – Сравнение на PAPR характеристиките при 4QAM и 128 подносеци



Фиг. 4 – Сравнение на PAPR характеристиките при 16QAM и 64 подносещи

Последно от фигура №4, може да се отчете, че при увеличаване кратността на модулацията - в случая 16QAM, при три резервирани подносещи максималното намаление на PAPR, което може да се постигне, е около 1 dB, но времето за изпълнение се увеличава значително /за 3 подносещи имаме $16^3=4096$ възможни комбинации/. И в този случай, чрез предложения метод можем да намалим пиковата мощност с около 3 dB, което е почти три пъти по-вече от конвенционалния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на резултатите от симулационните изследвания показва, че чрез предложения метод за псевдо-случайно модулиране на резервирани подносещи, може да се постигне значително намаление на пиковата мощност, като броя на подносещите почти не оказва влияние върху PAPR характеристиките. Характерно за този метод е неговата не висока степен на сложност. Като основен недостатък може да се посочи сравнително ниското му бързодействие, както и практическата невъзможност PAPR да се намали с повече от 4-5 dB. Ето защо на практика се предпочита предаването на OFDM символа да се раздели на няколко части при същата големина на блока за обратно преобразуване на Фурие. Метода на частично предаването последователности /PTS/ ще бъде разгледан в следващите публикации по темата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Б. Беджев, Анализ и синтез на системи от сигнали, Университетско издателство „Еп. К. Преславски“, Шумен, 2008
- [2] Михаил Илиев, Виктор Хадживасилев, Изследване на отношението пикова-средна мощност на сигнала в системи за множествен достъп с ортогонално честотно разделяне, Научни трудове на Русенския университет, Русе, 2010
- [3] Sajjad Hussain, Yves Louët, Peak to Average Power Ratio Reduction for Multi-band OFDM System using Tone Reservation, Campus de Rennes, France, 2007
- [4] U. Butt, A Study on the Tone-Reservation Technique for PAPR Reduction in OFDM Systems, University of Manchester, 2008
- [5] St. Muller, J. Huber, A novel peak power reduction scheme for OFDM, Int. Symposium on PIMRC, pp.1090-1094, Helsinki, Finland, 1997

[6] U. Butt, A Study on the Tone-Reservation Technique for PAPR Reduction in OFDM Systems, University of Manchester, 2008

[7] R. van Nee and R. Prasad, OFDM for Wireless Multimedia Communications. Boston, MA: Artech House, 2000.

[8] J. Tellado, "Peak to average power reduction for multicarrier modulation", Stanford University, Stanford, CA, 2000.

[9] Mihaylov, Gr., Iliev, T., Hristov, G., Analysis of the Physical Layer in IEEE 802.16(e) Standard, ICEST 2010 Proceedings of Papers volume 2, Bitola, Macedonia, 2010, pp. 505-508

За контакти:

проф. д-р Михаил Илиев, Катедра "Телекомуникации", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел. 082-888-673, e-mail: miliev@uni-ruse.bg

инж. Виктор Хадживасилев, Катедра "Телекомуникации", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: vhadzhivasilev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.