

Намаляне отношението пикова-средна мощност на сигнала по метода на частично предаваните последователности чрез псевдо-случайни фазови ротации в системи с ортогонално честотно разделяне и мултиплексиране

Виктор Хадживасилев

PTS Method Based on Pseudo-Random Phase Rotation for PAPR Reduction in OFDM Systems:

The paper reviews Partial Transmit Sequences /PTS/ 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 different number of pseudo-random phase rotations. 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, PTS, LTE, Partial Transmit Sequences.

ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящата статия е анализиран метода за намаляне пиковата мощност на сигнала чрез частично предавани последователности /PTS/.

В съвременните безжични комуникационни системи ширококолентовите технологии за множествен 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 подносещи, за да може данните да се предават по-ефективно, като всяка една подносеща се модулира независимо, което може да доведе до наслагване на фазите и следователно води до висок пик на излъчваната мощност. Колкото повече се увеличават броя на подносещите 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. [9]

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 един относително несложен алгоритъм за неизкривяващо намаляне отношението пикова-средна мощност на сигнала чрез псевдо-случайни фазови ротации по метода на частично предаваните последователности, като чрез симулационни изследвания на MatLab ще се оценят PAPR характеристиките на сигнала.

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 [3]:

$$PAPR = \frac{P_{peak}}{P_{average}} = \frac{\max_{0 \leq t < NT} |x(t)|^2}{\frac{1}{NT} \int_0^T |x(t)|^2 dx} = 10 \lg \frac{\max \{|x_n|^2\}}{E\{|x_n|^2\}} \quad (1)$$

където T е продължителността на символа, N е броя на подносещите, а $x(t)$ е комплексната представяща на OFDM символа, която според [1] 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 модулирните данни на k -тата подносеща, а

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

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

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

СИМУЛАЦИОНЕН АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА PAPR

При метода за намаляване на PAPR чрез частично предавани последователности, съгласно фигура №1, входния информационен поток дефиниран в честотната област X се разделя на V на брой подблока с една и съща дължина. Следователно сигнала, който се подава към блока за обратно преобразуване на Фурие съдържа N/V на брой ненулеви елементи, като за всеки подблок е в сила:

$$\hat{X} = \sum_{v=1}^V b_v X_v \quad (4)$$

където $b_v = e^{j\varphi_v}$ ($\varphi_v \in [0, 2\pi]$) $\{v = 1, 2, \dots, V\}$ е избраната фазова ротация

Сигнала във времевата област, който се получава след прилагане обратното преобразуване на Фурие върху X_v е:

$$\hat{x} = IFFT(\hat{X}) = \sum_{v=1}^V b_v IFFT(X_v) = \sum_{v=1}^V b_v x_v \quad (5)$$

Чрез предложения метод за псевдо-случайни фазови ротации се избира такава комбинация $b = [b_1, b_2, \dots, b_v]$, чрез която се постига максимално намаляне отношението пикова-средна мощност на сигнала, спазвайки допустимия брой комбинации, като за b можем да запишем:

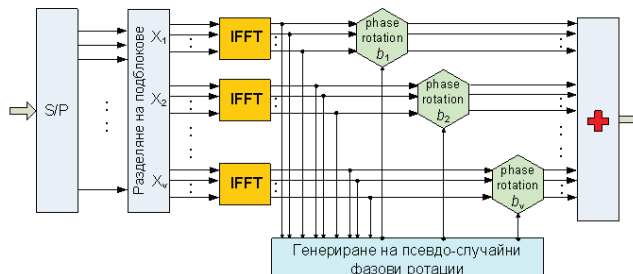
$$b = [b_1, b_2, \dots, b_v] = \arg \min_{(b_1, b_2, \dots, b_v)} \left(\max_{1 \leq v \leq N} \left| \sum_{v=1}^V b_v x_v \right|^2 \right) \quad (6)$$

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

$$P(PAPR > z) = 1 - (1 - e^{-z})^N \quad (7)$$

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

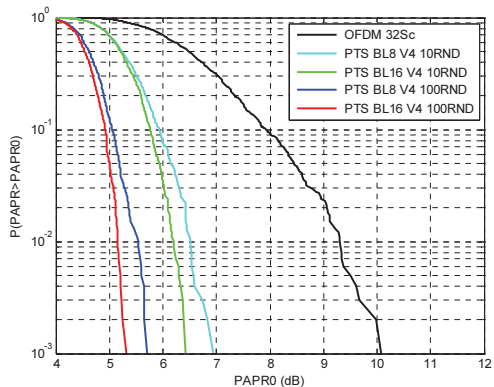
$$P\{PAPR_{low} > z\} = (P\{PAPR > z\})^M = ((1 - e^{-z})^N)^M \quad (8)$$



Фиг. 1 – Принцип на метода за частично предавани последователности

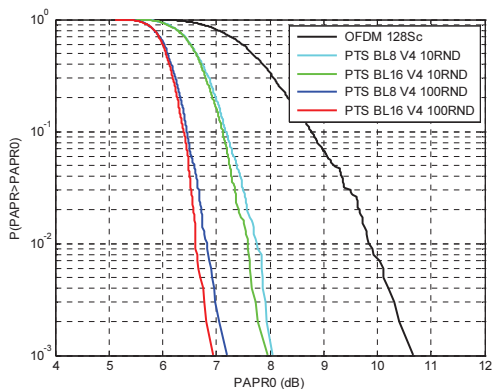
На следващите графики са представени резултатите от симулационните изследвания за PAPR. Всички те са изчислени на база 1000 броя статистически независими опита, квадратурно-амплитудна модулация и избрана фазова ротация [+1, -1, +j, -j].

Показани са разликите при избор на 8 или 16 подблока, както и при промяна броя на генерираните комбинации b от 10 на 100.

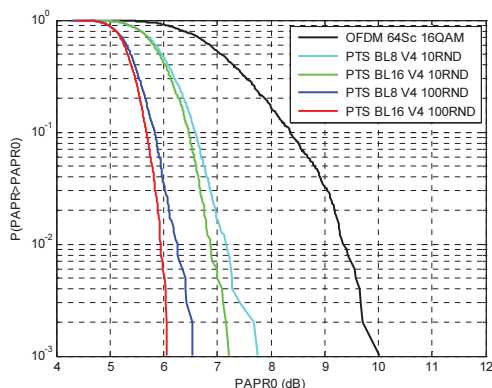


Фиг. 2 – Сравнение на PAPR характеристиките при 4QAM и 32 подносеци

От направената симулация - фигура №2, се вижда, че вероятността PAPR да достигне 10 dB при 32 подносеци е около 1/1000, като чрез предложения метод за псевдо-случайни фазови ротации, тази стойност е намалена почти с 4 dB за 10 генерирани комбинации, а за 100 генерации съответно е с още 1 dB по-малка и достига максимална стойност малко над 5 dB. От графиката се вижда още, че при увеличаване броя на подблоковете PAPR намаля с около 0.5 dB.



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



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

На следващата графика - фигура №3, може да се оцени влиянието на броя на подносещите върху PAPR характеристиките, както и ефективността на предложението метод за по-голям брой подносещи. От графиката можем да отчетем, че вероятността отношението пикова-средна мощност на сигнала да достигне до 11 dB при 128 подносещи е 1/1000, като постигнатото максимално намаляне на PAPR е с около 3.6 dB. Вижда се също, че в този случай двукратното увеличение на подблоковете дава незначително намаляне на PAPR.

Последно от фигура №4, може да се направи извода, че при промяна на модулацията от 4QAM на 16QAM, PAPR характеристиките почти не се влияят и следователно метода е подходящ при увеличаване кратността на модулацията, като в този случай, можем да отчетем максимална стойност на PAPR от 6 dB за 100 генерирани комбинации и 16 подблока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на резултатите от симулационните изследвания показва, че чрез предложението алгоритъм за псевдо-случайни фазови ротации по метода на частично предаваните последователности, може да се постигне значително намаляне на пиковата мощност, като кратността на модулацията почти не оказва влияние върху PAPR характеристиките. Броя на подблоковете има по-малко значение, отколкото броя на генерираните комбинации.

Метода се отличава със сравнително добро бързодействие, както и с не висока степен на сложност.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Илиев М., В. 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

[2] Iliev M., V. Hadzhivasilev, "A Novel PTS Scheme for PAPR Reduction in OFDM Systems", First International Conference on Telecommunication and Remote Sensing, 29-30 August, Sofia, 2012

[3] Ib. Abdullah, Z. Mahamud, Sh. Hossain, "Reduction of PAPR in OFDM using SLM for different route number", IJRRCs, June 2011

[4] S. H. Muller, J. B. Huber, "OFDM with reduced peak-to-average power ratio by optimum combination of partial transmit sequence," IEEE Electronic Letters, Vol. 33, No. 5, Feb. 1997

[5] L. J. Cimini, Jr. and N.R. Sollenberger, "Peak-to-average power ratio reduction of an OFDM signal using partial transmit sequences," IEEE Communication Letters, vol. 4, Mart 2000

[6] Y. Cho, J. Kim, W. Yang, Ch. Kang, "MIMO-OFDM Wireless Communications With MATLAB", John Wiley & Sons, Singapore, 2010

[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] Михайлов, Гр., Илиев, Т., Сравнителен анализ на методите за прогресивна корекция на грешката в стандарта IEEE 802.16e, Известия на Съюза на учените – Русе, Серия Технически науки, 2012, стр. 40-46

За контакти:

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

Докладът е рецензиран.