

## Намаляване отношението пикова-средна мощност на сигнала чрез метода за селективно планиране в системи с ортогонално честотно разделяне и мултиплексиране

Виктор Хадживасилев

*Peak to Average Power Ratio /PAPR/ reduction in Orthogonal Frequency Division Multiplexing /OFDM/ systems, based on Selected Mapping /SLM/ method: The paper reviews the nature on Selected Mapping /SLM/ 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 rotation factor. PAPR characteristics are analyzed and conclusions are drawn in appropriate systems, where the probability that PAPR exceeds some given threshold is smallest.*

**Key words:** *Wireless mobile networks, OFDM, OFDMA, PAPR, SLM, LTE, Selective mapping.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящата статия е анализиран метода за неизкривяващо намаляне пиковата мощност на сигнала чрез селективно планиране /SLM/.

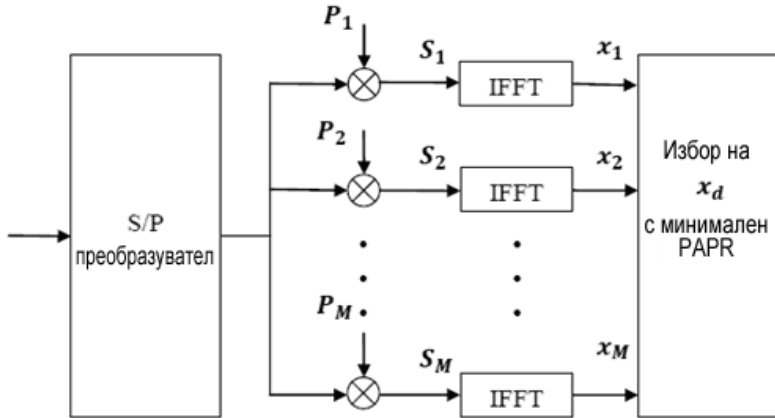
В съвременните безжични комуникационни системи широколентовите технологии за множествов достъп са базирани върху принципите за ортогонално честотно разделяне и мултиплексиране на каналите /OFDM/.

Широко известен недостатък на тези системи е високата стойност на коефициента, показващ отношението пикова-средна мощност на сигнала /PAPR/ [1,2,3,5]. За определени символи в OFDM системата, фазите на подносещите могат да се насложат, което води до висок пик на излъчваната мощност. 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 [6,7]. Един от най-известните изкривяващи методи е този на ограничаването на амплитудата и неговите производни. В тази статия ще бъде разгледан метода за неизкривяващо намаляне пиковата мощност на сигнала чрез селективно планиране, като чрез симулационни изследвания ще се оцени PAPR при различен брой подносещи и ротационен фактор.

### СЪЩНОСТ НА МЕТОДА ЗА СЕЛЕКТИВНО ПЛАНИРАНЕ НА СИГНАЛА

При метода за селективно планиране на сигнала [4,5,6], първо се генерират  $M$  статистически независими последователности, представляващи едни и същи данни и след това така получените  $M$  символни блока  $S_m = [S_m[0], S_m[1], \dots, S_m[N-1]]^T$ ,  $m=1, 2, \dots, M$  се подават към модула за обратно бързо преобразуване на Фурие /IFFT/. Най-накрая се изчислява PAPR на така получените / $M$  на брой/ OFDM символа:  $X_m = [X_1, X_2, \dots, X_N]^T$  и за предаване се избира тази последователност -  $X_d$ , която е с най-ниско значение на PAPR. На фигура №1 е показана основната структура на метода за селективно планиране на сигнала.



Фиг.1. Принцип на метода за селективно планиране на сигнала

Чрез този метод може значително да се подобри отношението пикова-средна мощност на сигнала на една OFDM система.

Най-съществената част, при избор на този метод, е как да се генерират различни OFDM сигнали, когато входните данни са едни и същи. Първо се дефинират различни псевдо-случайни последователности  $P_m = [P_{m,0}, P_{m,1}, \dots, P_{m,n-1}]^T$ , където  $m=1, 2, \dots, M$  и  $P_{m,n} = e^{j\varphi^{m,n}}$  е ротационният фактор. Обикновено  $\varphi^{m,n}$  се избира в интервала  $[0, 2\pi]$ . Всички подносещи  $1/N$  на брой/ се модулират последователно с тези вектори, за да се генерират различни OFDM символа, като за предаване се избира този символ, при който се получава най-ниско значение на PAPR. Целия процес може да се изрази като [3]:

$$x_m(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_0^{N-1} X_n \cdot P_{m,n} \cdot e^{j2\pi n \Delta f t}, \quad 0 \leq y \leq N.T, m = 1, 2, \dots, M \quad (1)$$

Най-накрая, излъченият OFDM символ е:

$$x_d = \arg \min_{1 \leq m \leq M} (PAPR(X_m)) \quad (2)$$

### СИМУЛАЦИОНЕН АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА PAPR

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

$$P(PAPR > z) = 1 - (1 - e^{-z})^N \quad (3)$$

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

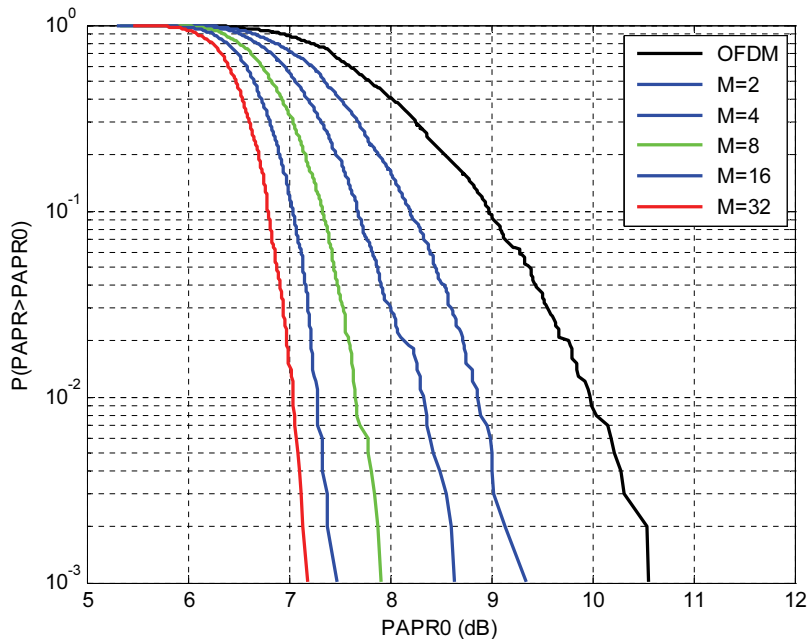
$$P\{PAPR_{low} > z\} = (P\{PAPR > Z\})^M = ((1 - e^{-z})^N)^M \quad (4)$$

На следващите графики са представени резултатите от симулациите на PAPR. Всички те са изчислени на базата на 10000 броя итерации и квадратурно-амплитудна модулация. За да се намали броя на необходимите комплексни изчисления и времето за изпълнение, ротационният фактор  $P_{m,n}$  е дефиниран в интервала  $[\pm 1, \pm j]$ .

За анализа са използвани следните ротационни числа:  $M=2, M=4, M=8, M=16, M=32$ . От направената симулация - фигура №2, се вижда, че вероятността PAPR да достигне висока стойност е значително намалена. Увеличаването на  $M$  води до подобрене на тази характеристика. От графиката може да се отчете, че при  $M=16$ , пиковата мощност е с 3 dB по-малка отколкото при  $M=1$  /OFDM/. Обаче разликата между значенията за  $M=8$  и  $M=16$  е около 0.5 dB. Това доказва, че не може да се постигне линейна зависимост за намаление на PAPR. Освен това, времето за изпълнение се увеличава значително при големи стойности на  $M$ .

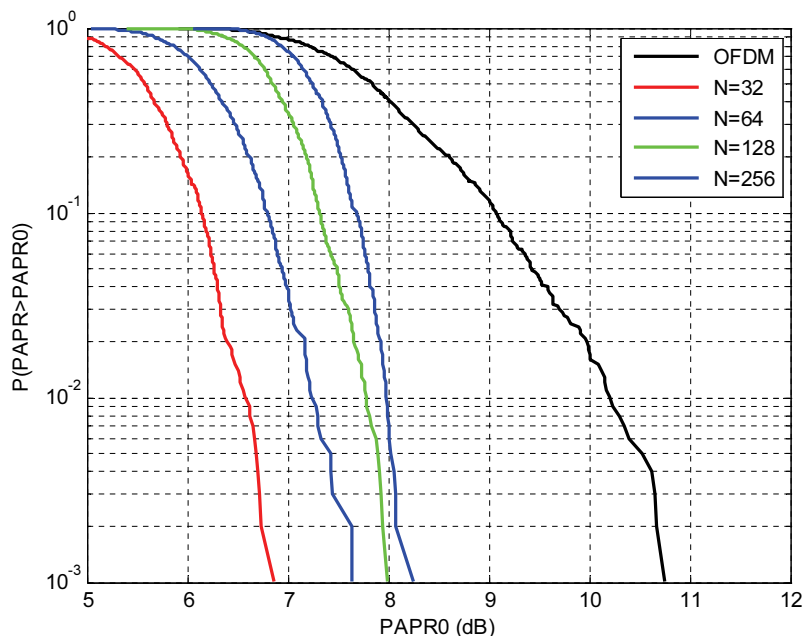
Необходимия брой операции, за намиране на най-малък PAPR, при  $N$  точково бързо обратно преобразуване на Фурие /IFFT/ е:

$$n = M \cdot \frac{N}{2} \cdot \log_2 N \quad (5)$$



Фиг.2. Избор на ротационен фактор

От следващата графика - фигура №3, може да се оцени влиянието на подносещите върху редуцирането на PAPR при избор на ротационен фактор  $M=8$ . Показани са резултатите при  $N=32, N=64, N=128$  и  $N=256$  подносещи. Вижда се, че метода за селективно планиране на сигнала, по-добри резултати се получават при по-малък брой подносещи.



Фиг.3. Избор на брой подносещи

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на резултатите от симулационните изследвания показва, че с метода за селективно планиране на сигнала, може да се постигне значително намаление на пиковата мощност, като един от най-оптималните варианти е при избор на ротационния фактор  $M=8$  и при брой на подносещите  $N=128$ .

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] М.Илиев Системи от сигнали в широколентовите безжични комуникации. Русенски университет "Ангел Кънчев", 2011 г.
- [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] Б. Карапенов, Изследване на двутактен широколентов усилвателен модул. 10<sup>th</sup> anniversary international scientific confrence UNITECH'10 Gabrovo, I 278-281
- [4] Ib. Abdullah, Z. Mahamud, Sh. Hossain, Reduction of PAPR in OFDM using SLM for different route number, IJRRCs, June 2011
- [5] U. Butt, A Study on the Tone-Reservation Technique for PAPR Reduction in OFDM Systems, University of Manchester, 2008
- [6] St. Muller, J. Huber, A novel peak power reduction scheme for OFDM, Int. Symposium on PIMRC, pp.1090-1094, Helsinki, Finland, 1997

### За контакти:

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

Докладът е рецензиран.