

АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ОПТИЧЕСКИ ОРТОГОНАЛНИ КОДОВЕ

Александър П. Милев

ШУ „Епископ Константин Преславски”, Факултет “Математика и Информатика”,
ул. “Университетска” 115, 9712 Шумен, e-mail: alex_milev@yahoo.com

Борислав Й. Беджев, Росен А. Богданов

НВУ “В. Левски”, Факултет „Артилерия , ПВО и КИС”,
ул. “Карел Шкорпил” 1, 9713 Шумен, e-mail: bedzhev@mail.pv-ma.bg,

Key words: *CDMA systems, Optical orthogonal codes.*

Abstract

This paper depicts automated laboratory system for construction of optical orthogonal codes used in CDMA system. On the base of input parameters of these codes as weight and length of code, and constraints of autocorrelation and cross-correlation function this automated laboratory system can generate family of optical orthogonal codes with entered requirements. Different methods are considered in code generation. Resulting codes could be compared by suggested automated lab system. In addition to this multi-wavelength codes could be constructed. Evaluation of different parameters of CDMA system is done based on generated codes like total throughput, bit error rate (BER) and multi access interference (MAI) considering users transmitting information simultaneously. The automated system gives possibility to define traffic type (data, audio, video) by optical orthogonal codes with variable length..

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години CDMA системите привличат вниманието на много изследователи, поради факта че при тях е възможно значително повишаване на пропускателната способност чрез използване на оптическите ортогонални кодове (ООК)[1,2]. Съществуват множество методи за формиране на ООК [3,4,5], като в литературата не се среща автоматизирана система за построяване и сравнителен анализ на ООК , както и влиянието им върху параметри на CDMA системата.

Целта на тази статия е автоматизиране процеса на синтез на ООК и изследване неговите параметри, както и влиянието на синтезирания код върху параметрите на CDMA система.

Статията е организирана както следва. Първо са показани характеристиките на ООК. Разработен е алгоритъм за автоматизиране процеса на синтезиране на ООК. Така генерираните ООК се изследват чрез симулационен модел разработен на MATLAB и се генерират съответни графики за определени параметри на CDMA системата , използваща генерираната съвкупност от ООК.

СЪЩНОСТ НА ООК

Оптическите ортогонални кодове се състоят основно от последователности състоящи се от 0 и 1 и са предназначени за среда с еднополярни сигнали, т.е. нямат отрицателна компонента.

ООК $(n, w, \lambda_a, \lambda_c)$ C се дефинира като семейство от $(0, 1)$ последователности с дължина n и тегло w като, което удовлетворява следните две свойства:

$$R_{kk}(r) = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_k(i) \cdot \xi_k \langle i+r \rangle \leq \lambda_a, r \neq 0, \quad (1)$$

$$R_{ks}(r) = \sum_{i=1}^{n-1} \xi_k(i) \cdot \xi_s \langle i+r \rangle \leq \lambda_c, \quad (2)$$

където

- $R_{kk}(k)$ е периодичната автокорелационна функция на k – тата последователност $\{\xi_k(j)\}_{j=0}^{n-1}$, принадлежаща на семейството C

- $R_{ks}(k)$ означава периодичната крос-корелационна функция между k -та и s -та последователности от семейството C

- $r = 0, 1, 2, \dots, n-1$ хоризонталното (време) изместване

- символът $\langle j+r \rangle$ означава че сумата $j+r$ е взета по $mod n$

- положителните числа λ_a, λ_c са максималните възможни нива (праг и ограничения) съответно за АКФ и ККФ в семейството на C .

АВТОМАТИЗИРАНА СИСТЕМА ЗА ПОСТРОЯВАНЕ НА ООК

За да се направи сравнителна оценка на ефективността на ООК е необходимо да се оценят както техните параметри, така и влиянието им върху важни параметри на CDMA система като вероятност за грешка и общата информационна способност.

Като критерий за сравнение на методите може да се разглежда и енергията, която се “влага” за формирането на една кодова комбинация чрез отношението между теглото на кода w и дължината на кодовата последователност N , което може да бъде реализирано чрез спектралната ефективност на кода.

Нека с q означим средната вероятност за съвпадение на два импулса от кодове с различни дължини на вълните, а с Th и K означаваме съответно прага за вземане на решение на приемника и максималния брой на едновременно работещите потребители в системата. Предвид на направените допускания (hard-limiting и детектор, отделящ различните дължини на вълните), както и крос корелационна функция поне 1, то вероятността за грешка се дава чрез [1,2]

$$P_e = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{Th} (-1)^i \binom{w}{i} \left(1 - \frac{qi}{w}\right)^{K-1} \quad (3)$$

$$P_e = \frac{1}{2} \sum_{i=Th}^{K-1} \binom{K-1}{i} q^i (1-q)^{K-1-i} \quad (4)$$

Ясно е, че за фиксирано K , трябва да е голямо w , а q трябва да е малко за да получаваме малка вероятност за грешка. Недостатък е факта, че ако p и $N_{оок}$ са фиксирани и w се вземе голямо тогава и q ще бъде голямо.

В случай на кодове , които използват множество дължини на вълните, множеството от кодови комбинации използват N_w на брой дължини на вълните., които се активират опри наличие на „активен” (ON) chip , за времето на един бит период L_t . За оценка на вероятността на грешка при кодове използващи множество дължини на вълните може да бъде използван израза [3,4]

$$P_e = \frac{1}{2} \sum_{i=N_w}^{N_{SU}-1} \binom{N_{SU}-1}{i} \left(\frac{N_w}{2L_t} \right)^i \left(1 - \frac{N_w}{2L_t} \right)^{N_{SU}-1-i} \quad (5)$$

където N_{SU} е броя на едновременно работещите потребители в системата; L_t – е дължината на временния интервал на един бит, а N_w е броя на наличните дължини на вълните, които се използват във влакново оптичната система.

За оценим спектралната ефективност η на OCDMA ще дефинираме

$$\eta = \frac{N_{SU} R_B}{N_w \Delta f_{Ch}}, \quad (6)$$

където R_B - е скоростта на предаване на даните на един потребител

Δf_{Ch} - е честотната лента на всеки канал с различна дължина на вълната

$N_{SU} R_B$ - представлява натрупаната информационна скорост

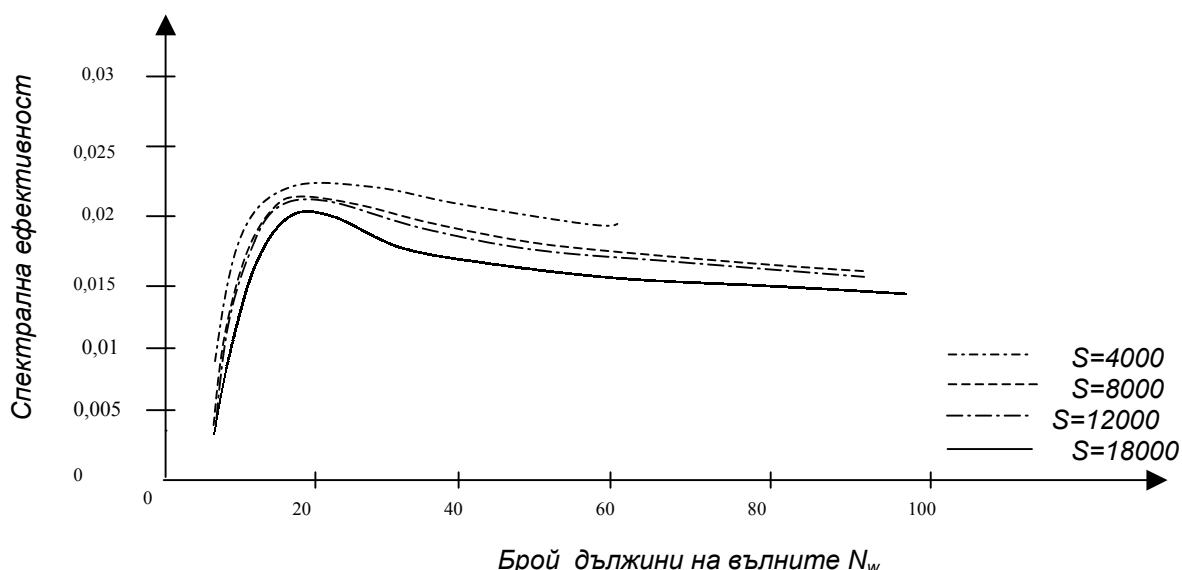
$N_w \Delta f_{Ch}$ - общата спектрална честотна лента

Общото разширение на честотната лента за ООК с множество дължини на вълните е комбинирания ефект от разширението както по временната ос, така и по оста за използваните дължини на вълните.

Сумарното разширение може да бъде отчетен чрез термина фактор на разширение S като

$$S = N_w \cdot L_t \quad (7)$$

Използвайки израз (5) можем да получим графика за спектралната ефективност в зависимост от броя на каналите с различни дължини на вълните (фиг.1) за изисквана вероятност за грешка 10^{-9} или по добра.



Фиг.1. Спектрална ефективност по отношение на броя на дължините на вълните при $P_e=10^{-9}$ и различни фактори S

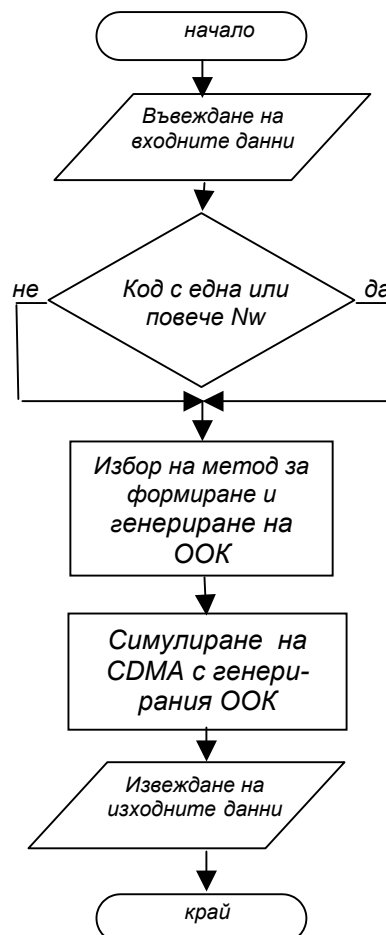
Всяка крива е построена при фиксирана стойност на сумарната честотна лента (S) и се изменя относителното разпределение на честотната лента във времето (L_t) и дължината на вълната (N_w).

Забелязва се, че с нарастване на фактора S максимално допустимата спектрална ефективност е винаги почти една и съща. Броят на дължините на вълните, който определя използваемите канали за връзка, също достига максимална стойност на спектралната ефективност при изменение на фактора S и при неговото изменение се вижда че максимална ефективност се достига при $N_w=25$. Анализът показва, че вероятността за грешка при която се достига тази максимална спектрална ефективност е 10^{-10} .

Автоматизираната система формира оптически ортогонален код чрез различни методи, като в резултат от синтеза на даден код се дава възможност за сравнение му с подобен, изграден по съществуващи до този момент други методи.

На тази основа, използвайки избрания ООК се оценява вероятността за грешка на оптическата CDMA система.

За да реализира тези функции, системата е организирана по блок – схема показана на фиг.3.



Фиг.3. Блок-схема на алгоритъма на автоматизираната система за синтез на оптически ортогонален код

Входни данни за системата се явяват дължината на кодовата дума (L_t, n), теглото на кода (w), брой на дължините на вълните (N_w), брой на активните потребители в системата (K), брой на всички възможни потребители в системата (N_o), желана стойност на страничните листи на автокорелационната функция (λ_a), стойност на крос-корелационната функция (λ_c), желана вероятност на грешка в системата (P_e).

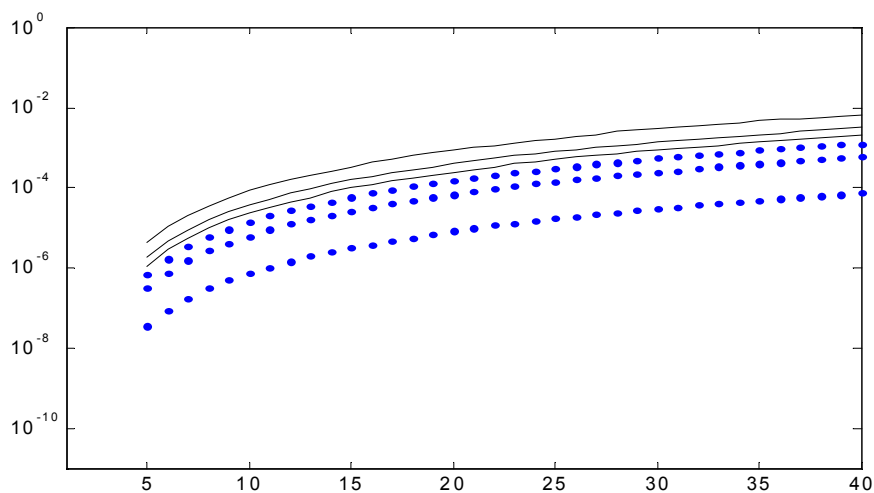
Изходни данни се явяват генериран оптически ортогонален код с една или повече дължини на вълните по метода, брой на кодовите комбинации, получавани от този ООК (кардиналност на кода $\Phi_{оок}$), вероятността за грешка при така формирания оптически ортогонален код ($P_{еоок}$), спектрална ефективност на ООК (S_{eff}).

Програмите са разработени на MATLAB

Формираните данни се съхраняват в база данни, от където те могат да бъдат изведени за извършване на сравнителен анализ на даден оптически ортогонален код, изграден по различни методи. И на тази основа да се даде покаже по кой метод изградения ООК е по оптимален и ефективен, имайки предвид неговите характеристики, като критерия за оптималност е спектралната ефективност на кода.

За да изследваме влиянието на параметрите на кодовете върху вероятността за грешка ще използваме изрази (3) и (4).

На фиг.4 са показани резултатите за вероятността за грешка за кодове с множество дължини на вълните ($MWOOC$) при различен брой на потребителите K , за кодово тегло $w=3$ и кардиналност $\Phi_{оок}$, като дължината на кода е $N=N_{оок}=19, 25$, броя на дължините на вълните е $p= 5, 7, 11$.



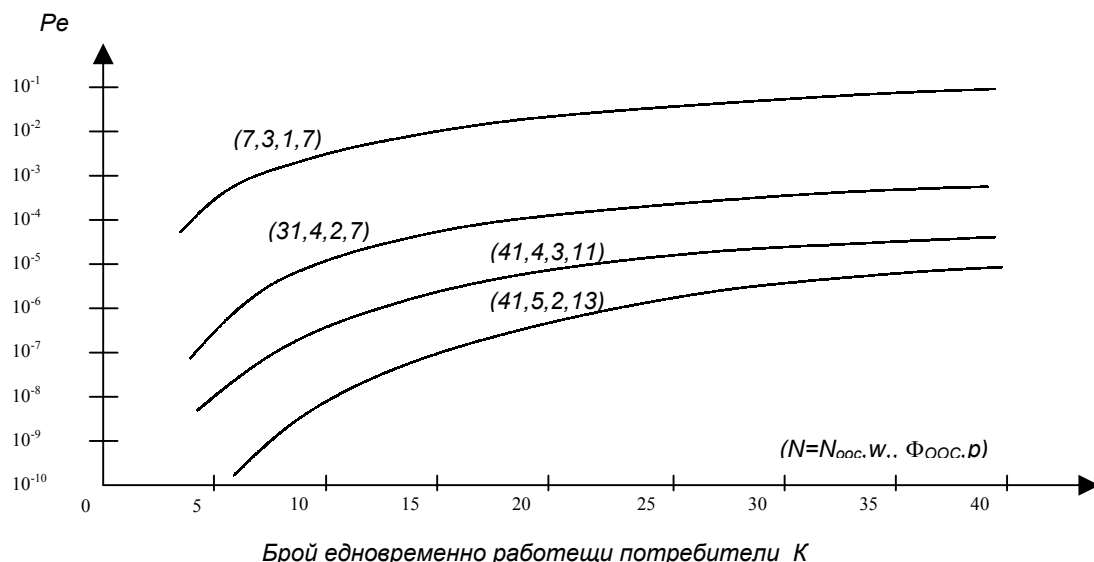
Фиг.4. Вероятност за грешка при различен брой потребители K , кардиналност $\Phi_{оок}$, $N_{оок}$, броя на дължините на вълните е $p= 5, 7, 11$

Очевидно, че P_e се влошава когато K се увеличава, но се подобрява с увеличаване на w . Обаче степента на подобрене е ограничена от влошаването на средната вероятност q . Както се и очаква производителността на система с *hard-*

limiting е по добра в сравнение на тази с отсъствие на такова и това е поради факта от намаляването на нивото на MAI.

Ясно е, че вероятността на грешка се влошава когато K се увеличава, но се подобрява когато p , w или N се увеличават.

На фиг.5 са показани резултати за влиянието на различни параметри върху вероятността за грешка, при различни оптически ортогонални кодове.



фиг.5. Вероятност за грешка при различни K за различни $N=N_{OOC}$, кодови тегла w и кардиналност Φ_{OOC} и p

На тази база след избиране на конкретен ООК се определя общата информационна способност на CDMA системата, която е ключов параметър и чрез която се осигуряват даден брой потребители с достъп до общата комуникационна среда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В тази статия е предложена автоматизирана система за синтез и анализ на ООК. Чрез така изградения код се оценява влиянието му върху параметрите на CDMA система. Дава се възможност и за определяне на общата информационна способност на CDMA системата.

Така разработената автоматизирана система може да бъде използвана за определяне на оптимален оптически ортогонален код, подходящ за дадена система за комуникация, изискваща предварително дефинирани вероятност за грешка и брой на едновременно работещите потребители в системата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Chung, Salehi, Wei, OOC- Design, analysis and applications, IEEE Transactions on Information theory, vol 35, № 3, May 1989, pp595 - 604
- [2] Chung, Kumar, OOC – New bounds and an optimal construction, IEEE Transactions on Information theory, vol. 36, №. 4, July 1990, pp 866 - 873
- [3] J. A. Salehi, Bracket C, CDMA techniques in optical fiber networks – part I Fundamental Principles, IEEE Transactions on communication, vol. 37, №8, August 1989, pp 824-833

[4] J. A. Salehi, Bracket C, CDMA techniques in optical fiber networks – part II Systems performance analysis, IEEE Transactions on communication, vol. 37, №8, August 1989,pp 834-842

[5] Yanxun Chang, Ryoh Fuji-Hara, Ying Miao, Combinatorial Constructions of Optimal Optical Orthogonal Codes With Weight 4, IEEE Transactions on Information theory, vol. 49, №. 5, May 2003 , pp 1283 - 1292