

PAPR REDUCTION IN COMMUNICATION SYSTEMS BASED ON CDMA, OFDM AND MC-CDMA

Karel POVALAČ, Bachelor Degree Programme (3)
Dept. of Radio Electronics, FEEC, BUT
E-mail: xpoval00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Dr. Roman Maršálek

ABSTRACT

This paper deals with peak to average power ratio reduction for multicarrier and CDMA system. Principles of CDMA, OFDM and MC-CDMA (including block diagrams) together with PAPR reduction using clipping algorithm are briefly described. Finally, the MATLAB simulation results (like Power Spectral Density or Histogram of amplitudes) are presented.

1 ÚVOD

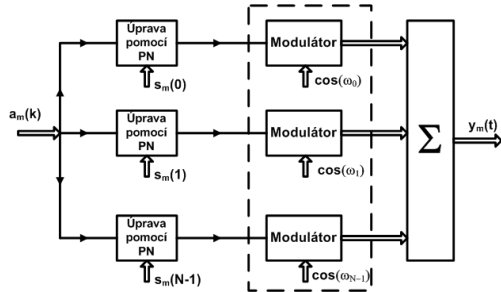
Řešení problému spočívalo ve vytvoření funkcí v prostředí MATLAB, které by simulovaly jednotlivé komunikační systémy. Práce začaly se systémem CDMA [1], kde byla vytvořena část vysílací i část přijímací. Následoval systém OFDM, ze kterého pak následně vychází i systém MC-CDMA [2], [3]. Byly zobrazeny frekvenční spektra jednotlivých signálů, rozložení amplitud a fází, atd. U těchto systémů je známo, že mají velkou dynamiku signálů hodnocenou tzv. Peak to Average Power Ratio (PAPR), proto byla tato dynamika vždy vypočtena a následně byly vytvořeny funkce pro její redukci [4]. Závěrečným krokem bylo studium vlivu snížení dynamiky na výsledný signál.

2 TEORETICKÝ POPIS JEDNOTLIVÝCH KOMUNIKAČNÍCH SYSTÉMŮ

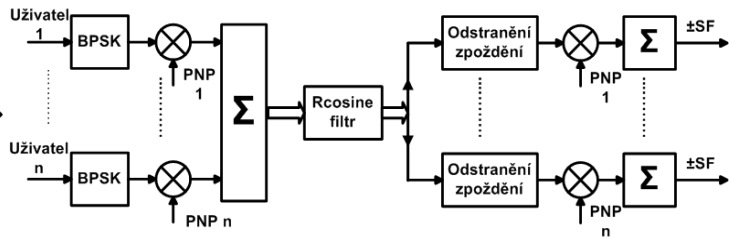
CDMA (Code Division Multiple Access) – jedná se o mnohonásobný přístup s kódovým dělením. Jinými slovy jde o to, že každý uživatel, který vysílá v danou dobu má přiděleno stejné frekvenční pásmo a vysílá ve stejném čase, jako ostatní uživatelé, je však rozlišen specifickou pseudonáhodnou (resp. ortogonální) posloupností (PN) [5]. Jedná se o tzv. systémy s rozprostřeným spektrem.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) – ortogonální frekvenčně dělený multiplex. Patří mezi modulace typu Multi Carrier, tedy modulace s více nosnými kmitočty. Hlavní myšlenkou je převod ze sériového toku dat na paralelní, čímž se mnohonásobně snižuje potřebná přenosová rychlost na jednotlivých nosných. Je tak možné mnohem efektivněji využít komunikační kanál. Sériový tok dat je rozdělen na N nosných. Každá nosná je pak zvlášť modulována. Výhodou OFDM je možnost realizace pomocí IFFT.

Multi Carrier-CDMA znamená využití více nosných vln v systému CDMA, kdy jednotliví uživatelé jsou rozlišeni pseudonáhodnou (resp. ortogonální) posloupností [5]. Lze tedy říct, že se jedná o kombinaci CDMA a OFDM. Vysílací část je na obr. 1. Každý uživatel má přidělenou celou šířku pásma po jeho dobu komunikace. Jedná se o velmi zjednodušené schéma, které však pro účel simulace dostačovalo.



Obr. 1: Vysílací část MC-CDMA pro jednoho uživatele



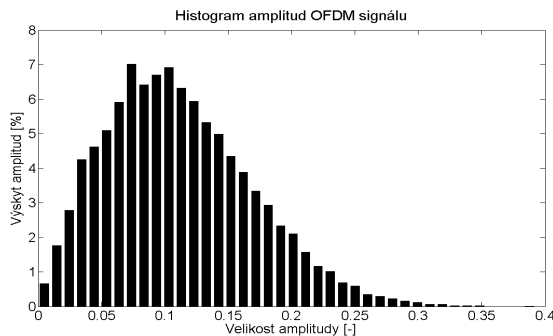
Obr. 2: Implementace CDMA v MATLABu

3 SIMULACE A JEJÍ VÝSLEDKY

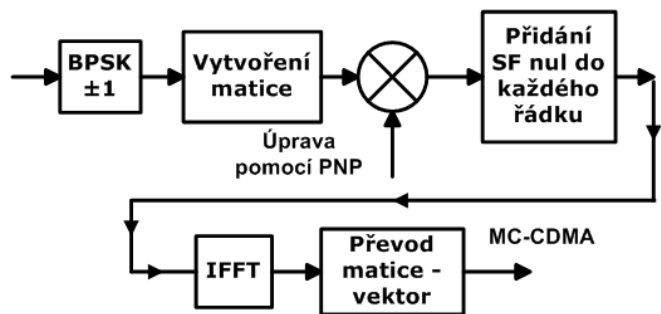
Postupnou implementaci CDMA do MATLABu ukazuje obr. 2. Generované symboly BPSK jsou násobeny PN posloupností. Tím dochází k rozprostření signálu. Dále je pak signál sčítán v sumačním bloku se signály ostatních uživatelů, vynásobených jejich specifickými PN posloupnostmi. Takto vytvořený signál je pak upraven filtrem, který omezí spektrum signálu, vnese do něj nežádoucí zpoždění a převzorkuje ho. Dále už se jedná o příjem signálu operacemi inverzními k vysílání.

Při implementaci OFDM byly generovány symboly QPSK. Sériová datová posloupnost se převedla na paralelní. Data byla rozdělena na stejně dlouhé sekvence, které byly skládány do matice. Každý řádek matice odpovídal úseku o délce N . To, kolik bude mít matice řádků udává, jak dlouhá sériová datová posloupnost byla zpracovávána. Do středu každého řádku o délce N takto vytvořené matice byly vneseny nulové hodnoty o stejné délce N z důvodu zobrazení spektra OFDM signálu.

V systému MC-CDMA byla náhodná posloupnost generována stejně, jako v případě CDMA. Byly tedy vytvořeny BPSK symboly (obr. 4). Jednotlivé symboly byly poté zkopírovány na nosné a pak v každé této větvi upraveny PN posloupností. Byla tak vytvořena podobná matice jako v OFDM. Následující modulátor a sumační blok byly nahrazeny blokem IFFT. Výsledný MC-CDMA signál pak byl vytvořen přeskládáním matice zpět na vektor.



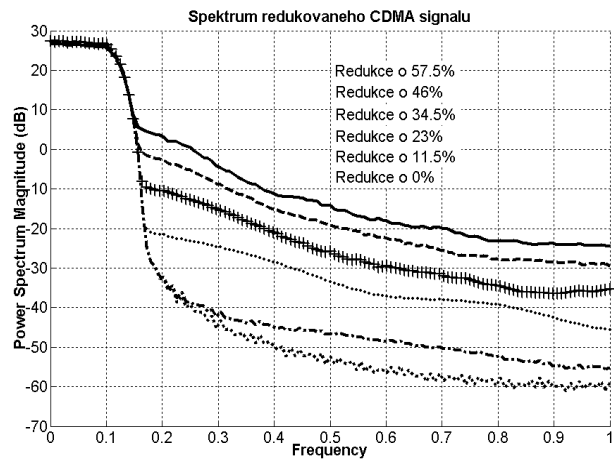
Obr. 3: Histogram amplitud OFDM



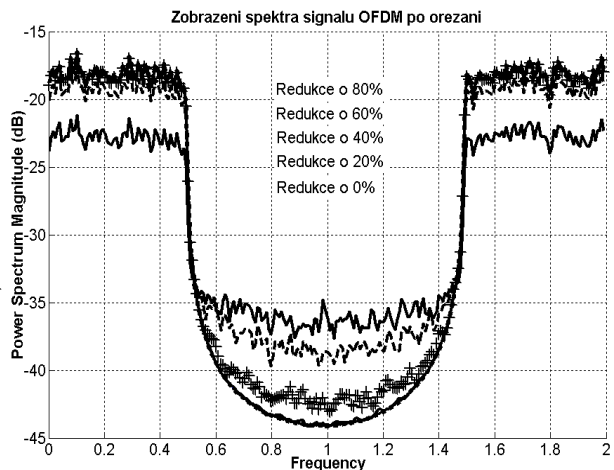
Obr. 4: Implementace MC-CDMA v MATLABu

Jednou z možností jak redukovat vysoký poměr špičkového ku střednímu výkonu (PAPR) je metoda ořezání signálu, při které jsou ojediněle se vyskytující (viz. histogram z obr. 3 získaný simulací) špičky signálu ořezány na konstantní, předdefinovanou velikost.

Jedním z výstupů simulace systému CDMA a redukce velikosti PAPR je vliv ořezání signálu na tvar frekvenčního spektra, což ukazuje obr. 5. Nastavení simulace bylo pro 32 uživatelů, z nichž každý vysílal datovou posloupnost 128b se spreading faktorem $SF = 64$.



Obr. 5: Vliv redukce PAPR na spektrum CDMA signálu



Obr. 6: Vliv redukce PAPR na spektrum OFDM signálu

Příkladem výstupů simulace systému OFDM je frekvenční spektrum pro různé úrovně ořezání signálu. Situaci ukazuje obr. 6. Simulace byla provedena pro $N = 64$ a zpracována byla datová posloupnost o délce 12800b.

4 ZÁVĚR

Byly vytvořeny funkce pro simulaci systémů CDMA, OFDM a MC-CDMA v MATLABu, dále byla zjištěna dynamika těchto signálů a vytvořeny funkce pro její redukci. Bylo ověřeno, že PAPR závisí na počtu nosných a byl pozorován i vliv ořezání na PAPR a tvar spektra výsledného signálu pro všechny druhy simulovaných komunikačních systémů.

LITERATURA

- [1] Hanus, S.: Rádiové a mobilní komunikace. [online] Elektronický text na počítačové síti FEKT. p. 52-60. (http://www.feec.vutbr.cz/et/skripta/urel/Radiove_a_mobilni_komunikace_S.pdf)
- [2] Dong-Ming, Ch., Yucong, G.: Multi-carrier CDMA Communications system design. EE382C Spring 1998
- [3] Cosovic, I., Schnell, M.: Time Division Duplex MC-CDMA for next Generation Mobile Radio Systems. Telecommunications forum TELEFOR'2002', November 2002.
- [4] Vaananen, O., Vankka, J., Viero, T., Halonen, K.: Reducing the Crest Factor of a CDMA Downlink Signal by Adding Unused Channelization Codes. IEEE Communication letters, vol. 6, October 2002, p. 443-445.
- [5] Šebesta, V.: Vybrané stati z teorie signálu. [online] Kapitola 6.4.2. (<http://wes.feec.vutbr.cz/UREL/SPL2/projekty/2004/1556/celytext.pdf>)