

ADAPTIVE OFDM

Dan Nowak

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xnowak02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Roman Maršálek

E-mail: marsaler@feec.vutbr.cz

Abstract: The purpose of this paper is to study the possibilities of the OFDM system adaptive modulation. The study presents mechanisms for acquiring the necessary channel state information of every frequency subchannel using pilot signal and application of the acquired data for system adjustment, such as the Greedy algorithm for subchannel bit and power allocation dependent on the subchannel attenuation and adaptive inner modulation assignment. These mechanisms are implemented into a MATLAB model.

Keywords: OFDM, adaptive modulation, water-filling, Greedy algorithm, SNR

1. ÚVOD

OFDM je nejrozšířenější modulace pro systémy s více nosnými a i když je dostatečně sofistikována, jednoduchými úpravami lze dosáhnout vyšší přenosové rychlosti nebo zajistit nižší chybovost způsobenou průchodem přenosovým kanálem. Tyto úpravy jsou uskutečněny pomocí principu water-filling, jenž zahrnuje přidělování bitů subnosným s nejvyšším poměrem SNR. Podle počtu přidělených bitů je poté subnosným přidělena příslušná modulace a část celkového výkonu systému.

2. SIMULACE V PROSTŘEDÍ MATLAB

Pro simulaci systému v prostředí MATLAB byly použity parametry v tab. 1. Parametry vysílače byly přejeté ze standardu IEEE 802.11n [1] a parametry přenosového kanálu s Riceovým šířením ze standardu ITU-R M.1225 [2]. K-faktor byl zvolen jako aritmetický průměr výsledků měření ve [3]. Maximální Dopplerův posun byl spočten pomocí vztahu (1) ze zdroje [4].

$$f_{D,MAX} = \frac{2 \cdot f_{TX} \cdot v_r}{c} = \frac{2 \cdot 2,4 \cdot 10^9 \cdot 0,833}{3 \cdot 10^8} = 26,67 \text{ Hz}, \quad (1)$$

kde f_{TX} je vysílací frekvence (zvoleno pásmo ISM – 2,4 GHz), v_r je maximální radiální rychlost přijímače vůči vysílači (zvoleno 5 km/h) a c je rychlost světla. Použitá modulační schémata pro vnitřní modulace OFDM jsou BPSK, QPSK, 16QAM a 64QAM.

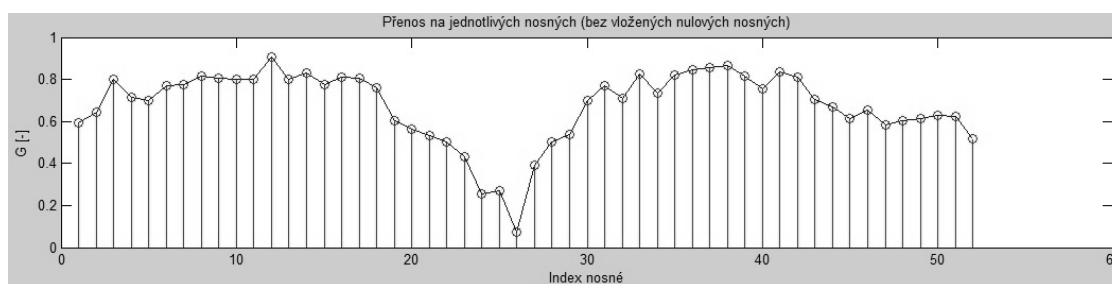
Parametr	Hodnota
Vzorkovací kmitočet f_{vz}	20 MHz
Počet datových subnosných	52
Počet vložených nulových subnosných	11 + 1 DC
Délka cyklického prefixu (CP)	1/4
K-faktor Riceova kanálu	7,66
Maximální Dopplerův posun	26,67 Hz
Vektor útlumu pro zpoždění o [0; 50e-9; 110e-9]s	[0; -3; -10] dB

Tabulka 1: Systémové parametry modelu

2.1. ÚVODNÍ ODHAD PŘENOSU KANÁLU

K získání úvodního odhadu přenosu kanálu je použit hřebenový typ pilotního signálu, kdy je na každé nosné vyslán 1 bit. Tato data jsou modulována pomocí BPSK a mapována na vstup IFFT. K datovým nosným je přidáno celkem 12 nulových nosných - nulová DC složka a 11 nosných soustředěných kolem $f_{vz}/2$. Tento mechanismus je použit kvůli oddělení spektra od sousedních kanálů. Po průchodu IFFT je k signálu přidán cyklický prefix o délce 1/4 a vzniklý datový tok je převeden z paralelního uspořádání do sériového. Protože předpokládáme Riceův přenosový kanál, je CP nutný kvůli snížení vlivu vícecestného šíření. Navíc je k signálu přidán AWGN se SNR 20 dB.

V přijímači je nejprve odstraněn CP, poté je signál převeden zpět do paralelního toku. Po FFT jsou odstraněny i nulové nosné a získaný paralelní signál je poté použit k výpočtu přenosu na jednotlivých subnosných. Vztah pro výpočet přenosu kanálu je $G = \frac{Y}{X}$, kde X je vstupní matice vstupující do IFFT ve vysílači a Y je výstupní matice získaná v přijímači z FFT. Odhad přenosu kanálu pro jeden konkrétní běh simulace je na obr. 1.



Obrázek 1: Výsledný úvodní odhad přenosu kanálu na jednotlivých subnosných

2.2. GREEDY ALGORITHMUS

Po úvodním odhadu kanálu je nutné zajistit, aby na subnosné s nejnižším útlumem, způsobeným průchodem přenosovým kanálem, bylo alokováno nejvíce bitů. Toto řeší Greedy algoritmus, který využívá principu water-filling. Základem tohoto algoritmu je výpočet změny výkonu nutné k vyslání dalšího bitu na dané nosné. Za každý bit vyslaný na nosnou je pak k celkovému výkonu na nosné přičtena hodnota změny výkonu. Po přiřazení bitu je pro danou nosnou spočtena nová změna výkonu pro přidání dalšího bitu. Ta je určena podle vzorce

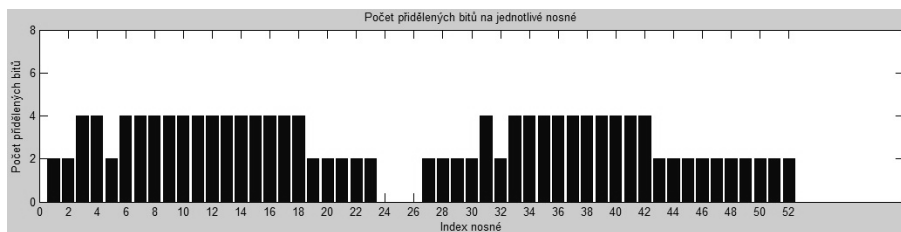
$$\Delta P_i^+(b_i) = \frac{2^{b_i}}{g_i}, \quad (2)$$

kde i je index nosné, b_i je počet bitů již vysílaných na dané nosné a g_i je přenos na dané nosné.

Na počátku jsou všechny b_i nastaveny na 0 a podle rovnice (2) je určena změna výkonu na všech nosných při 0 alokovaných bitech. Model je kvůli názornosti volby modulace omezen na 6 bitů na nosnou, tedy maximální délka datového toku je $6 * \text{počet_datových_nosných} = 6 * 52 = 312$.

Pomocí cyklu je vyhledána nosná s minimální změnou výkonu a pro pořadí dané nosné se maticová proměnná zvýší o 1. Druhé omezení se týká počtu bitů na subnosné, pro který není implementována vnitřní modulace, tedy počty bitů 3 a 5. V modelu jsou totiž použity modulace BPSK, QPSK, 16QAM a 64QAM, tedy pro počty bitů 1, 2, 4 a 6. Pokud by algoritmus měl přiřadit třetí nebo pátý bit na subnosnou, přiřadí čtvrtý, resp. šestý.

Konečný počet přiřazených bitů by měl přibližně kopírovat tvar přenosu kanálu. Obr. 2 (ve srovnání s obr. 1) dokazuje, že k tomuto jevu opravdu dochází, ačkoliv je viditelné ovlivnění nepoužitím modulací 8PSK a 32QAM, kvůli kterému nedochází k použití hladin 3 a 5 bitů.



Obrázek 2: Přidělení bitů na subnosné při počtu vysílaných bitů 150

2.3. ALOKACE BITŮ A VOLBA VNITŘNÍ MODULACE

Po přidělení počtu bitů na jednotlivé nosné je nutné alokovat bity datového toku. Každé bitové slovo o délce 1/2/4/6 bitů je modulováno příslušnou modulací vybranou pomocí příkazu *switch* a na každé nosné je vytvořen 1 OFDM symbol.

Na závěr je pomocí příkazu *sum* sečten potřebný výkon na všech subnosných a tímto součtem se vydělí přidělený výkon, který je závislý na typu použitého vysílače, do kterého by byl tento algoritmus implementován. Zpětným vynásobením takto vzniklé konstanty jednotlivými výkony na subnosných získáme bezezbytkové rozdělení přiděleného výkonu.

3. ZÁVĚR

Záměrem této práce bylo prostudovat možnosti adaptivního nastavení systému OFDM a implementovat je do modelu vytvořeného v prostředí MATLAB. Nejrozšířenějším principem pro přidělení výkonu a bitů je water-filling, který alokuje bity a výkon subnosným s nejnižším poměrem SNR nebo nejvyšším přenosem.

Tato metoda byla implementována pomocí Greedy algoritmu, který po úvodním odhadu přenosu kanálu přidělí nejvyšší počet bitů subnosným s nejvyšším přenosem kanálu. Na základě tohoto rozdělení je každé nosné přidělena adekvátní modulace a alokována část výkonu z celkového výkonu přiděleného vysílači.

Díky tomuto řešení se při konstantním počtu přenášených bitů a konstantním přiděleném výkonu zvyšuje odolnost systému vůči chybám. Cílem diplomové práce dále bude experimentální ověření popsané metody v modulech softwarového rádia USRP.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory interního grantu FEKT-S-10-6.

REFERENCE

- [1] IEEE Computer Society. *IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and Information exchange between systems - Local and metropolitan area network - Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput*, 29. října 2009. Dokument dostupný na URL <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11n-2009.pdf> (březen 2011).
- [2] International Telecommunication Union. *Recommendation ITU-R M.1225 – Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000*, 1997. Dokument dostupný na URL <http://my.com.nthu.edu.tw/~jmwu/LAB/ITU-R-Channel-Model.pdf> (březen 2011).
- [3] Wysocki, T.A.; Zepernick, H.-J.: *Characterization of the indoor radio propagation channel at 2.4 GHz* In: *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 3-4/2000, s. 90. Dokument dostupný na URL <http://www.elec.uow.edu.au/staff/wysocki/publications/J4.pdf> (březen 2011).
- [4] Šebesta, J.: *Radiolokační a radionavigační systémy - Přednáška 4: Elektronické systémy radarů, vf. výkonové prvky radarů*, 26. října 2010. Dokument dostupný na URL <https://www.vutbr.cz/elearning/mod/resource/view.php?id=113939> (březen 2011).