

BLUETOOTH AND WLAN SYSTEMS COEXISTENCE

Jan MIKULKA, Master Degree Programme (5)
Dept. of Radio Electronics, FEEC, BUT
E-mail: xmikul12@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Dr. Stanislav Hanus

ABSTRACT

The paper deals with the simulation of Bluetooth and Wi-Fi systems coexistence over the physical layer with the help of a new program in Matlab. After the basic description of the program, the results in graphical and numerical form are introduced as the dependence of BER on E_S/N_0 for both standards. The program can also compute the frequency components and waveforms of Bluetooth and Wi-Fi signals.

1 ÚVOD

Jeden ze způsobů porovnávání odolnosti modulačních technik vůči šumu je zjišťování chybovosti při daném poměru signál – šum. Protože velikost SNR je úzce spjata s šířkou spektra přenášeného signálu, používá se častěji místo SNR poměr E_b/N_0 (Energetic Efficiency) kde E_b je energie 1 bitu signálu a N_0 je střední výkon šumu (výkon šumu na 1Hz).

Tam, kde navzájem porovnáváme několikastavové modulace, používá se závislost chybovosti na E_S/N_0 , přičemž E_S je energie připadající na 1 symbol signálu.

2 PROGRAM V MATLABU

Pro simulaci přenosu dat komunikačním kanálem je použita pseudonáhodná sekvence bitů, která je zároveň na výstupu použita pro porovnání s demodulovanou sekvencí a zjištění počtu chybně přenesených bitů. Pro simulaci přenosu modulovaného signálu zarušeným prostředím se používá vestavěné „matlabovské“ funkce AWGN. Tato funkce přidá do modulovaného signálu šum ekvivalentní zadané hodnotě SNR. Hodnota SNR je vypočítána ze zadané E_S/N_0 dle vzorce

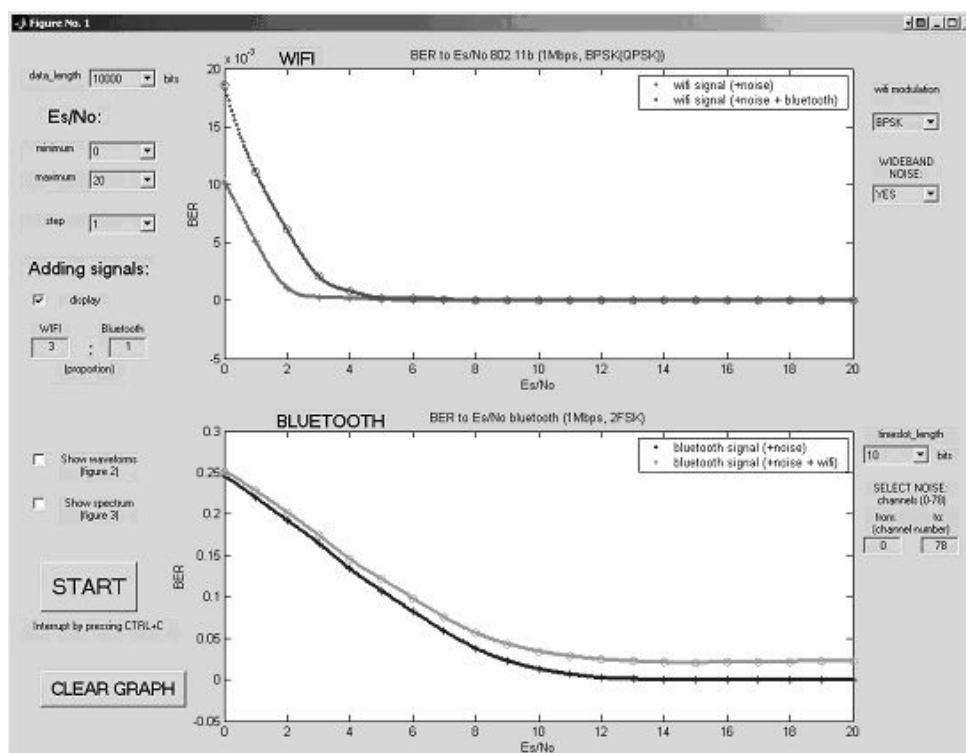
$$SNR = \frac{E_S}{N_0} - 10 \cdot \log \frac{f_{vz}}{f_s}, \quad f_{vz} \dots \text{vzorkovací frekvence, } f_s \dots \text{symbolová frekvence (1)}$$

Vysoké frekvence v řádech gigahertzů přináší pro simulace na počítači velkou náročnost na velikost paměti a čas simulace. Z tohoto důvodu je zavedeno zjednodušení, které přenáší celé pásmo ISM 2,4 (2,402 – 2,480 GHz) do frekvencí 202 - 280 Hz. Bluetooth využívá celého pásma používáním kmitočtového skákání a Wi-Fi používá rozprostřené spektra

signálu. Nosná frekvence je volitelná ze 13 kanálů v pásmu 202 – 280 Hz. Program počítá s modulacemi BPSK (QPSK) a FSK.

Kromě měření chybovosti v závislosti na E_s/N_0 program vykresluje výkonová spektra obou modulovaných signálů. Výkon Wi-Fi i BT je počítán pomocí FFT a grafy jsou spektra samotných modulovaných signálů bez přidaného šumu. Výkon Wi-Fi je počítán z 1 sekundového úseku modulovaného signálu. U Bluetooth je vykreslena každá první sekunda modulovaného signálu na každé nosné frekvenci zároveň do jednoho obrázku. Výkony jsou vykresleny v takových poměrech, v jakých jsou zadány pro simulaci koexistence. Na obrázku 2 je vidět, že zatímco výkon Bluetooth signálu se nachází v 1 Hz širokém kanálu a v čase skáče po jednotlivých nosných, výkon Wi-Fi signálu je rozprostřen do 22 Hz širokého kanálu.

Na obrázku 1 je příklad simulace chybovosti obou standardů včetně vzájemné koexistence. Na obrázku 2 je potom vykresleno výkonové spektrum pro oba signály. Simulace byla prováděna pro 10 000 vzorků, tzn. pro chybovost 10^{-4} .

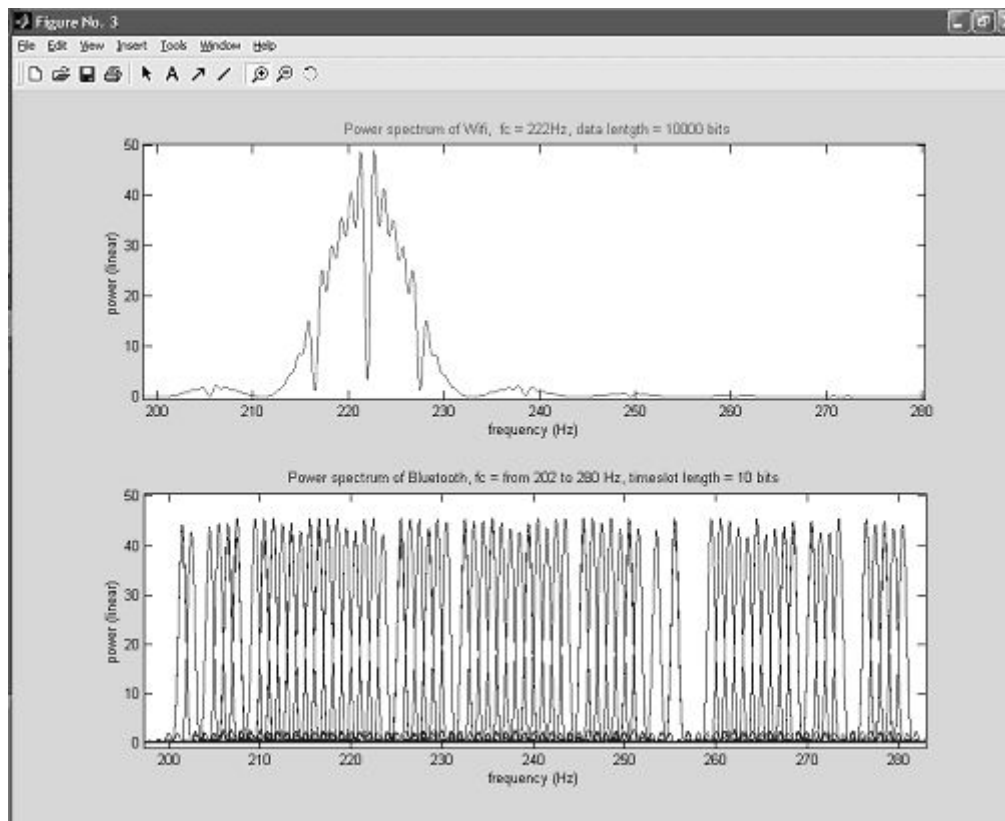


Obr. 1: Graf závislosti chybovosti na energetické účinnosti

E_s/N_0 [dB]	0	1	2	3	4	5	6	7	8
BER Wi-Fi	0.0102	0.0051	0.0011	0.0003	0.0002	0.0001	0	0	0
BER Wi-Fi (+BT interfer.)	0.0186	0.0111	0.0061	0.0021	0.0008	0.0002	0.0002	0.0001	0
BER BT	0.2457	0.2199	0.1924	0.1649	0.1338	0.1074	0.0822	0.059	0.0377
BER BT (+Wi-Fi interfer.)	0.2515	0.2282	0.202	0.1747	0.1455	0.1212	0.0985	0.0756	0.0563

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0228	0.0128	0.0065	0.0022	0.0008	0.0001	0	0	0	0	0	0
0.0433	0.0343	0.0284	0.0246	0.0223	0.021	0.0207	0.0213	0.0217	0.0219	0.0226	0.023

Tab. 1: Závislost chybovosti na energetické účinnosti



Obr. 2: Výkonové spektrum Bluetooth a Wi-Fi

3 VÝSLEDKY

Simulacemi bylo zjištěno, že Wi-fi dosahuje téměř nulové chybovosti u poměru $E_s/N_0=6$ dB, narozdíl od Bluetooth, který této chybovosti dosahuje až pro $E_s/N_0=15$ dB. Toto je způsobeno získkem kódování při rozprostření Wi-fi signálu, kdy je každý 1 bit kódován pomocí 11 chipové sekvence. Dále bylo zjištěno že vzájemnou koexistenci bude více postižen standard Bluetooth a to z důvodů řádově menších vysílacích výkonů a také kvůli menší schopnosti vyrovnat se s širokopásmovým rušením Wi-Fi.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR 102/04/2080 a grantového projektu FRVŠ č. 2435/2005.

LITERATURA

- [1] Mikulka, J.: Koexistence Bluetooth a WLAN, Ročníkový projekt 2, Ústav radioelektroniky FEKT VUT v Brně, Brno 2004
- [2] IEEE Std 802.11b-1999
- [3] www.bluetooth.org/spec
- [4] Zandl, P.: Bezdrátové síť WiFi, Brno, Computer Press 2003