

BIT ERROR RATIO IN THE ZIGBEE SYSTEM IN BAND 868 AND 915 MHz

Jiří Miloš

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xmilos01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Stanislav Hanus

E-mail: hanus@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The ZigBee system is a wireless communication standard, which is mostly used for wireless control in sensor networks or even in medicine (patient monitors). This system is characterized by low data rates, but a great operational reliability and low energy requirements. This article discusses the signal processing in physical layer of the ZigBee system and modelling in MATLAB and evaluation of bit error rate depending on the carrier-to-noise ratio in the basic types of radio channels.

1. ÚVOD

ZigBee je moderní bezdrátový systém pro nízkorychlostní komunikaci v tzv. personální bezdrátové síti LR-WPAN pro komunikaci do vzdálenosti asi 100 m. Na jeho vývoji se v současné době podílí asi 60 firem, zabývajících se převážně průmyslovou automatizací. Tyto firmy společně vystupují pod hlavičkou tzv. ZigBee Alliance. Toto konsorcium bylo založeno v září 2002.

2. BEZDRÁTOVÝ KOMUNIKČNÍ STANDARD ZIGBEE

Tento článek se zaměřuje pouze na zpracování signálů v nejnižší – fyzické vrstvě ve frekvenčním pásmu 868 a 915 MHz. Tato je definována a popsána standardem IEEE 802.15.4 [1]. Jedná se o systém s přímým rozptěním frekvenčního spektra signálu (DSSS). V pásmu 868/915 MHz se používá BPSK modulace. Datová rychlost činí 20 kb/s v pásmu 868 MHz, resp. 40 kb/s v pásmu 915 MHz. K vytvoření modelu fyzické vrstvy ZigBee bylo využito programové prostředí MATLAB.

2.1. FYZICKÁ VRSTVA ZIGBEE – FREKVENČNÍ PÁSMO 868/915 MHz

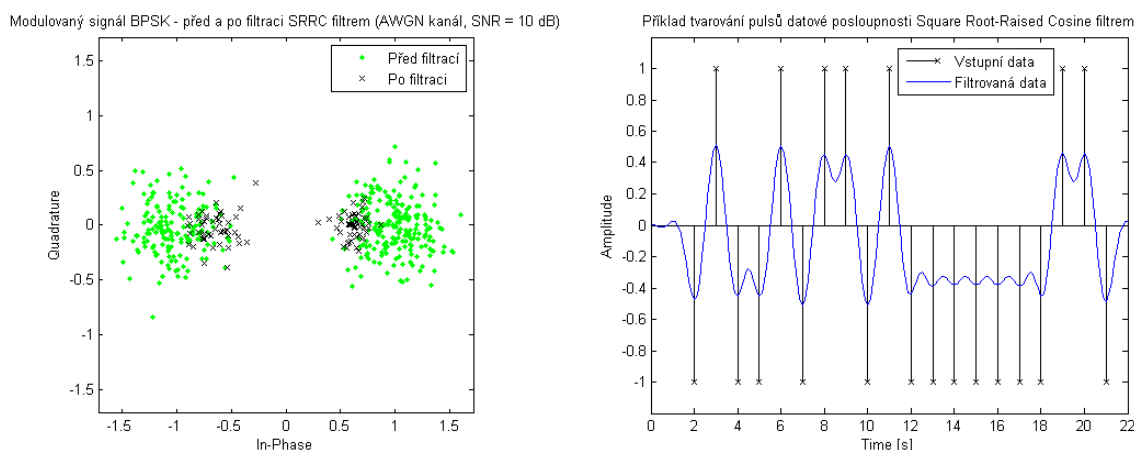
Zpracování signálu v pásmech 868 i 915 MHz je totožné. Rozdíl je pouze v datové rychlosti. Z tohoto důvodu byl vytvořen pouze model pro pásmo 868 MHz. Výsledky simulací bitových chybovostí budou stejné.

Ve vysílači se vstupní data (od vyšších vrstev) nejprve dostávají do diferenciálního kodéru a poté jsou tato kódovaná data rozptěněna pn-posloupnostmi s činitelem rozptěnění SF = 15 [1]. Posledním blokem zpracování dat je modulátor BPSK a slučovač převádějící mo-

dulovaný signál do RF pásma. Pro minimalizaci mezisymbolových přeslechů (ISI) se používá Root Raised-Cosine filtr s Roll-off faktorem $\alpha=1$.

V přijímači se provádějí inverzní operace vysílače v obráceném pořadí. Nejprve jsou vstupní RF data převedena slučovačem zpět do základního pásma, znovu filtrována Root Raised-Cosine filtrem jako ve vysílači a demodulována BPSK demodulátorem. Následně jsou tyto chipové posloupnosti zpětně rozprostřeny v bloku zpětného rozprostření frekvenčního spektra. Posledním blokem zpracování signálu ve fyzické vrstvě je diferenciální dekodér.

Na obrázku 1 je znázorněn konstelační diagram modulace BPSK bez použitého filtru SRRC (zeleně), a s použitým filtrem SRRC (černě). Je zde také znázorněn časový průběh filtrace signálu.

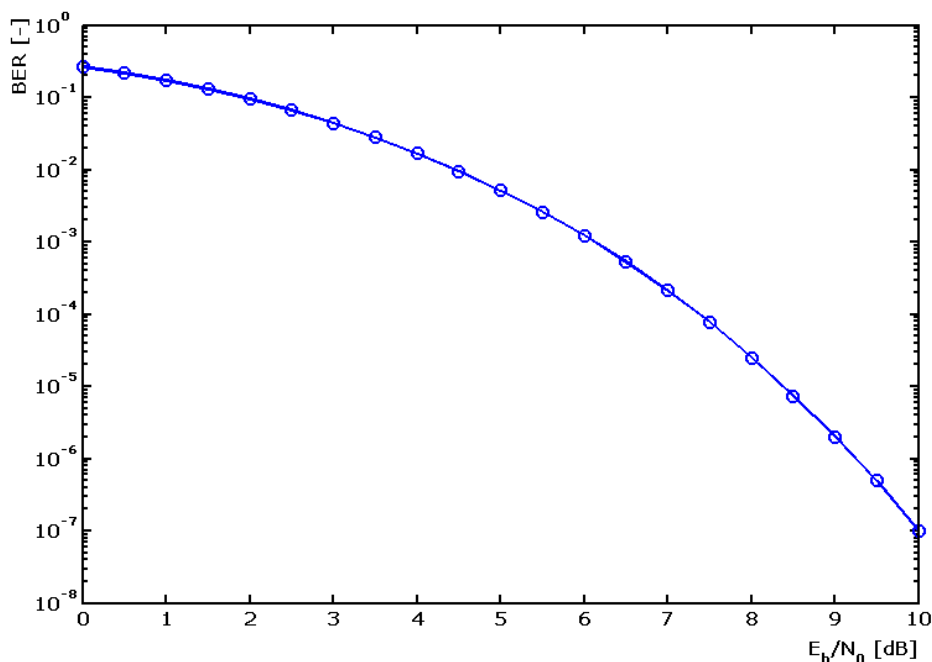


Obr. 1: Ukázka filtrace signálu SRRC filtrem (konstelační diagram, časový průběh).

3. VYHODNOCENÍ BITOVÉ CHYBOVOSTI

V programovém prostředí MATLAB byl vytvořen matematický model fyzické vrstvy systému ZigBee pro pásmo 868/915 MHz. Pomocí tohoto modelu bude vyšetřena bitová chybovost v závislosti na poměru E_b/N_0 v [dB] (E_b je energie na 1 bit, N_0 je spektrální výkonová hustota šumu) v různých rádiových kanálech. Vstupní datová posloupnost se porovnává s datovou posloupností, která je výstupem modelu ZigBee. Rozdílné bity jsou označeny jako chybné. Prozatím byly z důvodu velké časové náročnosti provedeny pouze simulace pro AWGN kanál (Gaussovský kanál). V dalším období budou provedeny simulace pro únikové kanály (Rice, Rayleigh) a také pro kanály definované standardem COST.

Testování bitové chybovosti v AWGN kanálu probíhalo s datovým vektorem o velikosti 10^8 bitů. Šum je k signálu přidán s využitím funkce *awgn(.)* s resetováním generátoru náhodných čísel při každé aplikaci. Výsledná křivka bitové chybovosti je na obrázku 2.



Obr. 2: Závislost BER na parametru E_b/N_0 [dB] v AWGN kanálu.

4. ZÁVĚR

Z výsledku simulace pro AWGN kanál uvedeném na obrázku 2 je patrné, že pro dosažení přenosu s bitovou chybovostí 10^{-3} postačí AWGN kanál s parametrem $E_b/N_0 = 5,5$ dB. Pro dosažení bitové chybovosti 10^{-6} je potřeba kanál s parametrem $E_b/N_0 > 9$ dB. Systém ZigBee v pásmu 868/915 MHz je tudíž velmi vhodný pro použití v průmyslovém zarušeném prostředí, pro nějž je navržen. Výsledky bitové chybovosti systému ZigBee nebyly dosud v této podobě publikovány. Vyšetření bitové chybovosti probíhá v rámci diplomové práce, nyní již probíhají závěrečné simulace pro jiná rádiová prostředí. Po provedení všech simulací a rozboru výsledků, budou stanovena doporučení pro provoz systému v různých aplikacích. Bude se rovněž simulovat vliv koexistence systému ZigBee se systémy pracujícími ve stejném nebo blízkém kmitočtovém pásmu (Wi-Fi, GSM,...).

LITERATURA

- [1] 802.15.4-2003 IEEE Standard for Information technology - Part15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), IEEE Computer Society, 2003, dostupné na: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.15.4-2003.pdf>
- [2] DOBEŠ, J., ŽALUD, V. Moderní radiotechnika. BEN technická literatura, Praha 2006, 1. vydání, ISBN 80-7300-132-2, 768 stran.
- [3] PROAKIS, J.G., SALEHI, M., BAUCH, G.: Contemporary Communication Systems using MATLAB and Simulink, Second Edition. Brooks/Cole 2004, ISBN 0-534-40617-3
- [4] WONG, T., LOK, T.: Theory of Digital Communications [online]. Dostupné z URL: www.dsp.ufl.edu/~twong/Notes/Comm/ch0.pdf