

# SIGNAL PROCESSING IN WiMAX SYSTEM

**Martin Škapa**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT  
E-mail: xskapa02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Stanislav Hanus  
E-mail: hanus@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

The aim of this work is to describe physical layer signal processing in the WiMAX system. A transfer chain flow chart of the physical layer is drawn and all important aspects of signal processing are discussed. For this reason a transfer chain model in Matlab was created. Results of the work evaluate the WiMAX system resistance against disturbance.

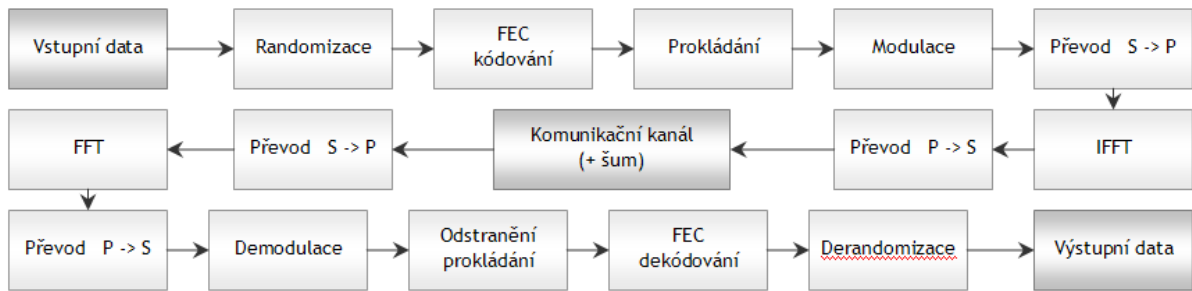
## 1. ÚVOD

V posledních letech se na mnoha místech po celém světě začíná prosazovat bezdrátový systém WiMAX, založený na standardu IEEE 802.16<sup>TM</sup>. Vyznačuje se dobrou odolností proti rušení při použití modulace OFDM. Aby byla dosažena dostatečná kvalita spojení i v nepříznivých přenosových podmínkách, jsou data vhodně kódována a modulována. Postup zpracování signálu je stručně popsán v následujících kapitolách.

## 2. FYZICKÁ VRSTVA

Standard IEEE 802.16<sup>TM</sup> definuje tři specifikace fyzické vrstvy optimalizované pro různé operace a podmínky použití. V této práci bude uvažovaná pouze specifikace WirelessMAN-OFDM PHY, která používá modulaci OFDM s 256 subnosnými tóny. Tato specifikace je určena pro použití v pásmech kmitočtů od 2 do 11 GHz bez nutnosti přímé viditelnosti (NLOS). Může se používat kmitočtově (FDD) i časově (TDD) dělený duplex. Jsou povolené další volitelné mechanismy – přizpůsobivý anténní systém (AAS), automatické opakování požadavku (ARQ), mesh topologie sítě, možnost současného příjmu různých dat od více antén (STC).

Blokové schéma fyzické vrstvy systému je nakreslené na obrázku 1. Vstupní data jsou nejprve randomizovaná, poté je provedeno dopředné zabezpečení proti chybám při přenosu (FEC). Dále je signál modulovaný vhodnou digitální modulací, provede se sérioparalelní převod, inverzní Furrierova transformace (IFFT) a zpětný převod do sériového tvaru. Následně se vhodným způsobem data rozdělí na symboly a vloží se ochranná doba symbolu. Takto upravený signál je připravený k vyslání komunikačním kanálem. Na přijímací straně je provedena inverzní operace.



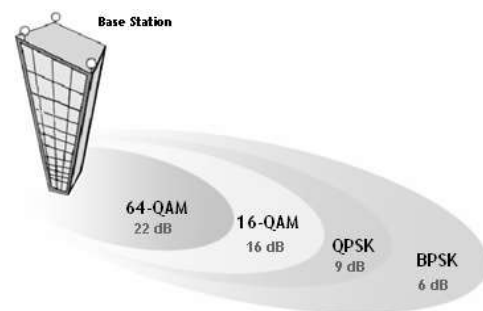
**Obrázek 1:** Blokové schéma zpracování signálu v PHY systému WiMAX

### 3. KANÁLOVÉ KÓDOVÁNÍ

Kanálové kódování probíhá ve třech krocích: randomizace, dopředné zabezpečení proti chybám a prokládání. Smyslem randomizace dat je rozprostření sekvencí jedniček a nul v přenášených datech, které jsou na straně přijímače obtížné k dekódování a k časové synchronizaci. Blok je realizovaný generátorem pseudonáhodných posloupností (PRBS). Dopředné zabezpečení proti chybám (FEC) se skládá ze zřetěženého Reed-Solomon vnějšího kódu a konvolučního vnitřního kódu (RS-CC). RS kódy se používají k opravám skupinových chyb a jsou orientované symbolově, proto se RS kódování uplatňuje především v kanálech se shluky bitových chyb za podmínky, že tyto shluky nejsou blízko sebe. Používá se zkrácený RS kód. Konvoluční kódování je orientováno bitově. Vstupní datové bity se předepsaným způsobem skládají a jejich pravá hodnota je ve výstupní sekvenci rozprostřena. Kodér je tvořen posuvným stavovým registrem a má kódový poměr  $R = \frac{1}{2}$ . Zakódovaná data se tečkují (puncturing), aby se zvýšil kódový poměr a snížila bitová rychlost. Prokládání (interleaving) se používá k ochraně signálu proti skupinovým chybám. Při výskytu skupinové chyby dojde v důsledku ukládání a vyčítání signálu z paměti na přijímací straně k tomu, že skupinová chyba je „rozprostřena“ a místo ní se vytvoří pouze chyby ojedinělé. Rozměry registru určují schopnost prokladače rozprostřít větší skupinovou chybu.

### 4. MODULACE

Datový signál je modulovaný pro vhodnější přenos rádiovým rozhraním. Když je přenosové rozhraní kvalitní, může být použité modulační schéma vyššího stupně, které dovoluje vyšší přenosovou rychlost. Pokud roste útlum signálu a velikost šumu, umožňuje systém WiMAX přepnout na nižší modulační schéma tak, aby se zajistila dostatečná kvalita a stabilita spojení. Tato vlastnost dovoluje systému, aby lépe odolal i časově proměnné velikosti rušení.



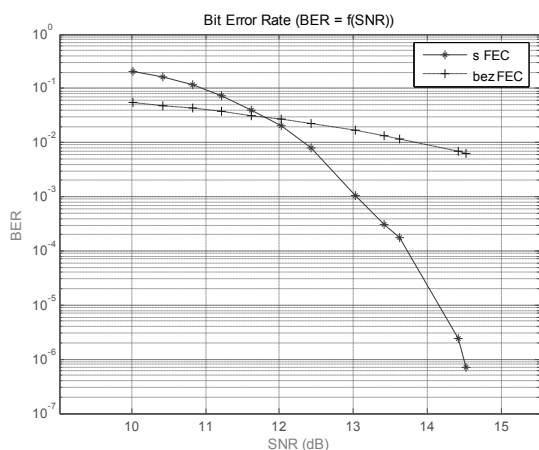
**Obrázek 2:** Doporučené odstupy signálu od šumu (SNR) podle typu modulace

Ve WiMAXu se používá fázová a kvadraturní amplitudová modulace v různých modifikacích. Obrázek 2 ukazuje použití modulací včetně doporučených hodnot pro odstup signálu od šumu (SNR), kterých je potřeba dosáhnout, aby bylo spojení kvalitní. Modulace BPSK

a QPSK se používají při spojení na delší vzdálenosti nebo při horších podmínkách, protože jsou méně náročné na odstup signálu od šumu. Modulaci 16 QAM lze při nepříznivých podmínkách využít také, je však požadován odstup signálu od šumu alespoň 16 dB. Modulace 64-QAM se využívá prakticky jen při komunikaci s přímou viditelností (LOS) a na kratší vzdálenosti, kde požadovaný SNR je alespoň 22 dB.

## 5. ODOLNOST PROTI CHYBÁM

Odolnost systému proti rušení se hodnotí tzv. chybovostí bitů BER (Bit Error Rate). Pro simulační účely byl sestaven model komunikačního řetězce v Matlabu, který umožňuje zjistit teoretickou chybovost spojení při různém odstup signálu od šumu. Rušení vznikající v reálném prostředí modeluje kanál AWGN (Additive White Gaussian Noise). Na Obr. 3 je vidět průběh BER v závislosti na SNR pro modulaci 16-QAM podle zařazení bloku FEC. Je vidět, že při nízké hodnotě SNR, vnáší blok FEC do systému chyby. Příčinou je zejména RS kódér. Při zvyšování SNR však chybovost klesá a po dosažení hodnoty SNR = 14,5 dB se v opraveném přijatém signálu nevyskytují žádné chyby. V reálném prostředí se však kromě AWGN vyskytují také další chyby, které se mohou projevit na zvýšení BER (např. shlukové, vlivem odrazů). Tyto chyby nebyly v simulacích uvažovány.



**Obrázek 3:** Chybovost BER při 16-QAM podle zařazení bloku FEC



**Obrázek 4:** Přenos obrázku kanálem AWGN při SNR = 14dB. Obrázek původní a přenesený s FEC (a), bez FEC (b)

Vliv použití bloku FEC je možné sledovat, pokud budeme modelem přenášet signál reprezentující obrázek. Pro modulaci 16-QAM a kanál AWGN při SNR = 14 dB je výsledek na Obr. 4. Pokud blok FEC vynecháme, je obrázek na výstupu zřetelně rušený (Obr. 4b), BER = 0,01239. V opačném případě je obrázek přenesený bezchybně (Obr. 4a).

## LITERATURA

- [1] ŠKAPA, M. Zpracování signálu v systému WiMAX – Semestrální projekt č.2. Brno: VUT v Brně, FEKT, UREL, 2007.
- [2] IEEE Standard 802.16e™-2005: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems. IEEE, 2006.
- [3] SAUTER, M. Communication System for the Mobile Information Society. John Wiley & Sons Ltd, 2006. ISBN 10 0-470-02676-6.