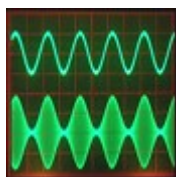


## Modulačné techniky v optickom prenosovom médiu III

Bartovič Kamil · Elektrotechnika, MATLAB/Comsol, Študentské práce

22.05.2009



Dnešná časť o modulačných technikách naväzuje na predošlé dve časti (I. a II.) v ktorých sme sa venovali moduláciám v optickom médiu. Prebrali sme klasifikáciu modulačných techník a teoretický základ pre popísanie šírenia signálu. V dnešnej časti sa zameriame na simuláciu prenosu modulovaného signálu.

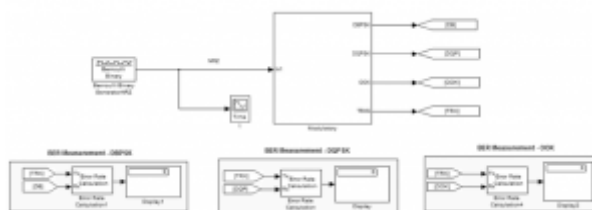
### Simulácia modulačných techník v simulačnom programe Matlab - Simulink

Na vytvorenie optickej prenosovej cesty som použil knižnicu Communications Blockset, ktorá obsahuje prvky ako modulátory, počítadlá chybovosti, prvky na vykreslenie symbolových rozmiestnení hodnôt signálu, generátor náhodných binárnych čísel atď. .

Tento simulačný program však neobsahuje priamo optickú knižnicu, ktorá by značne rozširovala možnosti využitia aj pre simuláciu tohto druhu. Ak chceme vytvoriť funkčný model nejakého systému, potrebujeme podrobne poznať jeho vnútornú štruktúru a náveznosť na ostatné modely a bloky. Nakoľko program neobsahoval hore spomínanú optickú knižnicu, pokúsil som sa o vytvorenie dvoch základných blokov, ktoré by vystihovali čiastočnú charakteristiku optického vlákna. V úvode článku som ich spomínal ako primárne limitujúce faktory, ktoré znehodnocujú prenos a to: tlenie a disperzia. Ako už bolo spomenuté, informácia sa do vlákna viaže cez optický výkon. Tento výkon je utlmovaný pozdĺž vlákna.

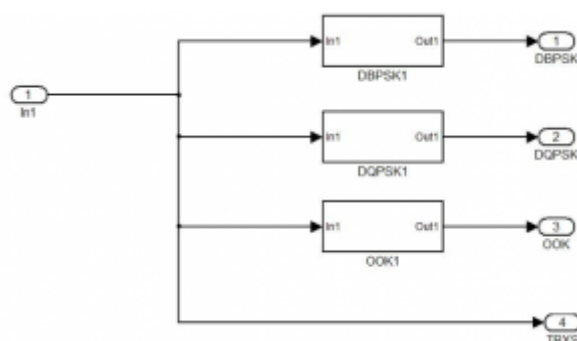
Simulácia tlenia spočívala v zaradení bloku tlenia do komunikačného kanálu. Je otázne, či je vhodné riešiť útlm jediným blokom, ktorý nemá žiadne prepojenie s ostatnými súčasťami komunikačnej cesty. Toto tlenie je lineárne a nezávislé od žiadnych iných blokov v prenosovom kanály. Útlm samotný nepôsobí ako jav, ktorý by značne znehodnocoval prenos v zmysle, vnášal chybovosť. Tento efekt zapríčiňuje disperzia vo vlákne. Tento blok by dával celej simulácii správny nádych, pripodobňujúci charakteristiku skutočného optického média. Disperzia spôsobuje ISI, efekt, ktorý vnáša chybovosť do celého prenosu, nakoľko jednotlivé impulzy sa zlievajú, a detektor nevie detekovať, o akú optickú hodnotu ide. Na tomto efekte stále pracujem, preto ho nezaradím do koncepcie práce. Ako chybovostný model použijem AWGN kanál z knižnice Random Data Sources.

### Bloková štruktúra simulačného programu



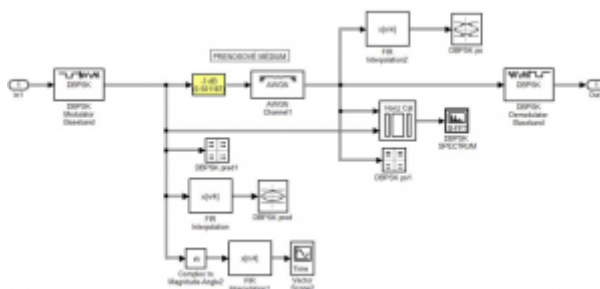
Obr.8 Schematické zapojenie simulačných blokov

Táto simulácia je koncipovaná ako systém, ktorý sa ďalej člení na subsystémy. V hornej časti obrázku Obr. 8 sa nachádza komunikačná cesta, v dolnej časti zbernice BER (bit error rate) pre jednotlivé modulácie. Dátový signál je generovaný Bernoulliho binárnym generátorom. Vzorkovací čas je nastavený na hodnotu Sample Time :  $10^{-10}$  z čoho vyplýva, že sa jedná o rýchlosť prenosu 10 GBit/s, jedná sa o NRZ signál, s pravdepodobnosťou výskytu nuly Propability of a zero: 0.5. Tento signál vstupuje do subsystému Modulátory, kde sa člení ďalej na jednotlivé subsystémy samotných modulátorov, ako je vidno na nasledujúcom obrázku Obr. 9.



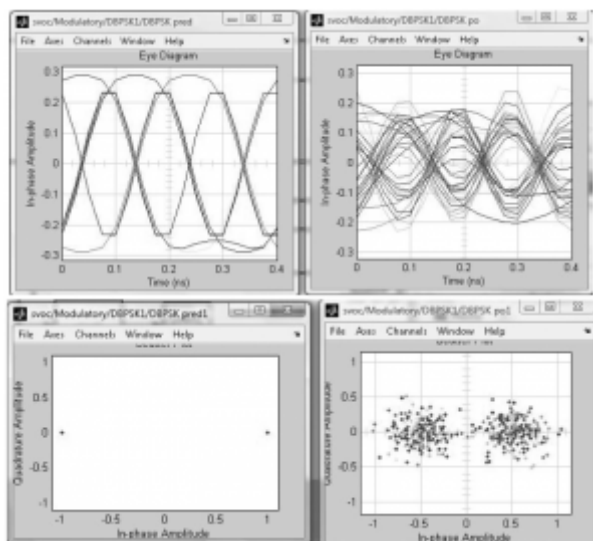
Obr.9 Podsystem modulátorov

Následne si priblížime jeden z troch blokov modulátorov. Nie je potrebné rozoberať každý jednotlivo, nakoľko principiálne sú bloky rovnaké. Pozrieme sa bližšie na blokovú štruktúru DBPSK Obr. 10



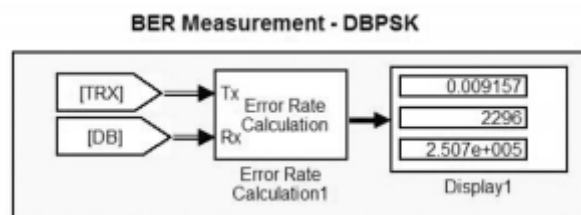
Obr.10 Schematické zapojenie blokov

NRZ signál vychádza do DBPSK modulátora, na prenosovom médiu je utlmený o 3 dB, čo odpovedá tabuľkovej hodnote (0.16 dB/km) útlmu v SIO<sub>2</sub> vlákne pri vlnovej dĺžke 1550 nm na vzdialenosti približne 20 km, prechádza cez AWGN kanál, ktorý vkladá do prenosu bielu šum (chybovosť), následne signál vedie do demodulátora DBPSK, potom vedie do BER zbernice. Na prenosovú cestu sú pripojené grafické displeje, ktoré zobrazujú signál počas, pred a po prenose Obr.11.



Obr.11 Signál počas, pred a po prenose

Na hornej časti obrázku Obr. 11 je zobrazený signál ktorý je generovaný modulátorom, na pravo od neho signál, ktorý prešiel cez AWGN kanál a útlmový blok. Bod nimi je zobrazený signálové rozmiestnenie pred prenosom a po prenose. Chyba nastáva ak nejaký symbol prejde z jedného signálového priestoru do druhého. Tieto prechody sú monitorované cez BER zbernice a zobrazené na Obr. 12



Obr.12 Schematické zapojenie simulačných blokov

Simulácia zobrazuje len približný priebeh signálov, chybovosť, signálový priestor. V blízkom časovom horizonte by som chcel simulácie spresniť, aby čo najpresnejšie odpovedali charakteristike optického systému. Ako som už spomenul, Simulink nie je nástroj, ktorým sa daná problematika študuje a preto hľadám možnosti ako sa dostať k software-om vhodnejších na dané simulácie.

## Záver

V mojej téme som rozpracoval modulačné techniky, ktoré sa využívajú pri prenose cez optické médium. Myslím si, že v tejto problematike je ešte mnoho faktorov, ktoré treba zohľadňovať, preverovať a napokon inovatívne nasadzovať v praxi pre vylepšenie priepustností už nasadených sieťových prvkov ale aj pri novo inštalovaných optických sieťach.

## Literatúra

1. Fuqin XIONG, Digital Modulation Techniques kap. 2. Baseband modulation, str. 17 ~ 85, 2000
2. 40G Transmission in DWDM Long-Haul Networks:  
[http://downloads.lightreading.com/wplib/siemens/40G\\_Transmission\\_DWDM.pdf](http://downloads.lightreading.com/wplib/siemens/40G_Transmission_DWDM.pdf)
3. 40Gb/s in metro and regional optical networking:

---

[http://www.terena.org/events/tnc2006/core/getfile.php?file\\_id=707](http://www.terena.org/events/tnc2006/core/getfile.php?file_id=707)

4. Jozef Magdolen, Základy prenosu optickými vláknami, kap 4.1.4 str.45, 1996
5. Investigation of 80 Gbit/s signal transmission with carrier-suppressed return-to-zero signal format: <http://www.ee.ucl.ac.uk/lcs/prog01/LCS074.pdf>
6. Jin Wang, Performance Evaluation of DPSK Optical Fiber Communication Systems: <https://inst.eecs.berkeley.edu/~ee290f/sp04/DissertationTalk.ppt> April 22, 2004
7. Duobinary Modulation For Optical Systems: <http://www.inphicorp.com/products/whitepapers/DuobinaryModulationForOpticalSystems.pdf>

---

Práca bola prednesená v súťaži ŠVOČ 2009 na FEI STU Bratislava v sekcii Telekomunikácie. Vedenie práce zabezpečil doc. Ing. Rastislav Róka, PhD. Práca získala cenu IEEE.

---