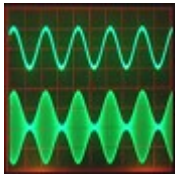


## Modulačné techniky v optickom prenosovom médiu I

Bartovič Kamil · Elektrotechnika, Študentské práce

20.05.2009



Ludia už od nepamäti hľadali prostriedky ako sa dorozumievať. Pozorovaním okolitých dejov v prírode sa naučili vnímať ich podstatu, pretvoriť ich, či využiť vo svoj ošoh. Iste tomu bolo tak aj pri jednej z najdokonalejších foriem komunikačných systémov, aké dnešný svet pozná. Je to optická komunikácia.

Kvantum informácií v priebehu jednej sekundy, mizivá bitová chybovosť, je to takmer dokonalý, neobmedzený komunikačný kanál, ktorý bude spĺňať požiadavky na nároky stále sa zvyšujúcej prenosovej rýchlosti. Alebo azda má aj svoje hranice, ku ktorým sa pomaly blížíme? Je niekde strop, ktorý nás ďalej nepustí? V čom spočívajú obmedzenia? Opýtajme sa inak. Ako tieto problémy riešiť? Jedna z odpovedí: Použijeme modulácie.

Ako už bolo spomenuté, problematika, ktorú budem rozoberať sa týka modulačných techník. Pojednáva o metódach, ktoré sa využívajú pri optických prenosoch cez optický prenosový kanál, o ich výhodách a nevýhodách, realizáciách, efektívnosti a nasadeniach v systémoch. Optický vlnovod vykazuje nedostatky pri prenosoch s vysokými rýchlosťami, ktoré sa prejavujú znehodnoteným prenosu. Hoci súčasné technologické procesy prispeli k zníženiu týchto nedostatkov, bolo by neekonomické prerábať nanovo kompletnú infraštruktúru optickej siete. Tieto riešenia sú len čiastočné. Preto sa pristupuje k ekonomicky výhodnejším metódam ako sú modulácie.

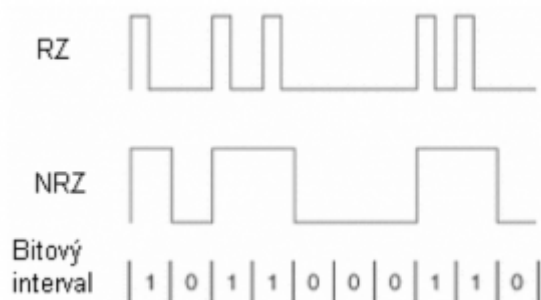
### Modulácie

Modulácia je vo všeobecnosti prispôsobenie prenášaného signálu danému prenosovému kanálu. Digitálna modulácia je proces vtlačania digitálnych symbolov do signálu vhodného pre prenos cez komunikačný kanál. Digitálne modulácie všeobecne, ale aj v optickom prostredí, môžeme rozdeliť na 2 základné skupiny:

- Modulácie v základnom pásme
- Modulácie v preloženom pásme

Modulácie v základnom pásme sú modulácie, ktoré sa využívajú pri prenosoch na relatívne krátku vzdialenosť. V týchto moduláciách sa využívajú linkové kódy. Známe sú unipolárne a bipolárne signály. Nakoľko záporné svetlo nie je technicky možné zrealizovať, budeme uvažovať len unipolárne signály. Všeobecne sa dajú linkové signály deliť na:

- NRZ (non return to zero)
- RZ (return to zero)
- odvodená CSRZ (Carrier-Suppressed Return-to-Zero)



Obr.1 Linkové kódy

Modulácie v preloženom pásme sú modulácie využívané na diaľkových alebo vzdušných prenosoch. Sú taktiež nazývané nosné modulácie (*carrier modulation*). Pri týchto moduláciách sa využíva samotná postupnosť digitálnych symbolov na ovplyvnenie a tým samotné zdeterminizovanie parametrov stochastického vysokofrekvenčného harmonického (sínusového) signálu. Tento nosný signál má 3 základné parameter, ktoré moduláciami ovplyvňujeme:

- fáza
- frekvencia
- amplitúda

Moduláciou sa dosahuje zmena základných parametrov. Vo všeobecnosti hovoríme potom o modulácii:

- FSK (frequency shift keying)
- PSK (phase shift keying)
- ASK-OOK( amplitude shift {on/off } keying)

Optické systémy môžeme rozdeliť z hľadiska modulácie na:

- koherentné
- nekoherentné (on/off keying) [1]

Cieľom týchto systémov (koheren./nekoheren.) je zvyšovanie prenosovej kapacity média. Zistilo sa, že maximálna prenosová rýchlosť pri on/off modulácii je približne 10 GB/s. Preto sa začína pristupovať ku koherentným systémom, ktoré využívajú viacstavovú moduláciu (FSK, PSK, ASK).[2]

### Faktory limitujúce prenos

Pri použití ľubovolnej modulačnej techniky musíme mať na zreteli faktory, ktoré nejakým spôsobom limitujú prenos. Limitujú v zmysle zhoršenia vlastností prenosového média. V našom prípade optického vlnovodu. Sú to napr.:

- tlmenie, disperzia, polarizačná módová disperzia
- nelineárne efekty: Brillouinov rozptyl, vlastná fázová modulácia - (SPM - self phase

modulation) Ramanov rozptyl, štvorvlnové zmiešavanie[3]

V skratke si priblížime dva primárne faktory, ktorých vplyv sa najviac prejavuje pri optických prenosoch.

## Tlmenie

Optické žiarenie pri prechode optickým vláknom stráca energiu, teda je tlmené. Veľkosť strát vo vlákne závisí okrem iného i od prenášanej optickej dĺžky žiarenia. Tlmenie v kremennom skle je zapríčinené rozptylom, absorpciou a ohybom. Celkový koeficient tlmenia  $\alpha$  sa vypočíta zo súčtu jednotlivých prispievateľov:

$$\alpha = \alpha_s + \alpha_a + \alpha_b \quad [dB] \quad (1)$$

kde  $\alpha_s$  je koeficient strát spôsobený rozptylom,  $\alpha_a$  je koeficient tlmenia spôsobený absorpciou hydroxylových OH iónov a  $\alpha_b$  koeficient tlmenia spôsobený ohybom.

## Disperzia

Ak sa impulz šíri vláknom dôsledkom disperzie sa časovo rozšíri a na konci vlákna sa jednotlivé impulzy začínajú zlievať, vzniká medzisybolová interferencia (ISI). Disperzia pozostáva z dvoch hlavných zložiek: módová disperzia a chromatická disperzia, tie sa následne ďalej špecifikujú. Všeobecne sa disperzia udáva pre optické vlákno v jednotke: ps/(nm.km) [4]

*Pokračovanie nájdete v zajtrajšom článku internetového časopisu Posterus.SK*

## 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.

