

Estimarea Calității de Transmisiune a Informației în Sistemele de Radiocomunicații și STIFO

Chihai A.G., Nistiriuc A.P., Bejan N.P., Iazlovețchi M.L., Baxan L.V., Nistiriuc P.V., Popovici N.,
 Draguțan N., Russu G.
 Facultatea de Inginerie și Management în Electronică și Telecomunicații
 Universitatea Tehnică a Moldovei
 Chișinău, Moldova
 andreichihai@gmail.com

Abstract — For radio systems and FOTS (Fiber Optic Transmission Systems) were estimated values of SNR (Signal-to Noise Ratio), taking into account that are known values of BER (Bit Error Rate) and type of modulation.

Termeni cheie — Calitatea de transmisiune a informației, raportul semnal/zgomot BER(Bit Error Rate), sisteme de radiocomunicații, sisteme de transmisiune a informației prin fibre optice(STIFO), conjeștia rețelei de comunicații, metrica CM(Composite Metric).

I. INTRODUCERE

Un parametru important al sistemelor de comunicații servește raportul semnal/zgomot [1]. Pentru comunicațiile analogice în calitate de criteriu al calității se utilizează raportul puterii medii al semnalului S la puterea medie a zgomotului N : S/N sau SNR. În comunicațiile digitale ca criteriu a calității se utilizează raportul energiei unui bit $E_b = ST$ (S este puterea medie a semnalului, T – timpul de transmisiune a unui bit) la densitatea spectrală a puterii zgomotului $N_0 = N/W$ (N este puterea medie a zgomotului, W – lărgimea benzii de transfer). Deoarece timpul de transmisiune a unui bit T și viteza de transmisiune a biților R sunt niște mărimi invers proporționale, obținem următoarea expresie:

$$E_b / N_0 = (S / N)(W / R) \quad (1)$$

Astfel raportul E_b / N_0 se exprimă prin raportul S / N , care este normat relative de lărgimea benzii de transfer W și viteza de transmisiune a biților R .

Una din metricile importante în evaluarea calității sistemelor de comunicații digitale reprezintă dependența probabilității erorii de bit BER de valoarea raportului E_b / N_0 .

Prin urmare, raportul necesar E_b / N_0 poate fi analizat ca metrica, care permite să comparăm calitatea diferitor sisteme, cu cât este mai redus raportul necesar E_b / N_0 , cu atât este mai eficient procesul de detectare pentru probabilitatea data a erorii de bit.

La transmisiunea datelor prin radiocanale un parametru care influențează direct asupra calității de deservire reprezintă probabilitatea erorii de bit BER.

II. PARTEA DE BAZĂ

În prezenta lucrare se propune să utilizăm modelele matematice corespunzătoare și o serie de aproximări pentru a estima valoarea parametrului BER luând în considerare, că sunt cunoscute raportul semnal/zgomot și tipul de modulație. Și anume vom estima valoarea parametrului BER pentru tehnologiile de comunicații conform standardelor 802,11 a,b,g și xDSL.

Analizând standardele 802,11 a,b,g observăm, că pentru fiecare viteză de transmisiune a informației se utilizează diferite tipuri de modulație (tabelul 1).

Vitezele de transmisiune a biților indicate în tab.1 se utilizează în tehnica de transmisiune OFDM (Orthogonal Frequency – Division Multiplexing).

TABEL I. RELAȚIILE DINTRE VALORILE VITEZELOR DE TRANSMISIUNE A BIȚILOR R ȘI TIPURILE DE MODULAȚIE UTILIZATE ÎN TEHNOLOGIILE STANDARDELOR 802,11 A,B,G.

Tipul de modulație	Viteza de transmisiune a biților R , Mbps
BPSK	5.1; 6; 9
QPSK	3; 4.5; 11; 12; 18
16-QAM	24; 36
64-QAM	27; 48; 54

La elaborarea modelelor matematice se utilizează unele aproximări. Prima aproximare constă în analiza zgomotului Gauss alb aditiv (Additive White Gaussian Noise), ca unicul factor care creează zgomot în canalul de comunicații. În a doua aproximare vom considera, că fiecare subpurtătoare OFDM posedă aceeași valoare a raportului semnal/zgomot și este egal cu raportul semnal/zgomot pentru tot simbolul OFDM. Deoarece parametrul de intrare reprezintă raportul semnal/zgomot SNR, el v-a fi utilizat în continuare în modelele de calcul. Astfel, v-om exprima raportul E_b / N_0 (necesar pentru prelucrarea modelelor matematice) ca funcție de SNR[2]:

$$E_b / N_0 = 10^{(SNR/10)} / n. \quad (2)$$

În rezultatul prelucrării modelelor matematice conform metodicii propuse în [2], au fost obținute următoarele expresii de calcul a parametrului BER pentru fiecare subcanal OFDM în dependent de tipul modulației:

$$BER_{BPSK} = (1/2)erfc(\sqrt{10^{SNR/10}}), \quad (3)$$

$$BER_{QPSK} = (1/2)erfc(\sqrt{10^{SNR/10}/2}), \quad (4)$$

$$BER_{N-QAM} = \{2[1 - (1/\sqrt{N})]erfc[\sqrt{3*10^{SNR/10}/2(N-1)}]\}/\log_2 N. \quad (5)$$

A doua tehnologie pentru care a fost elaborat modelul de estimare a parametrului BER este tehnologia xDSL (fig.1).

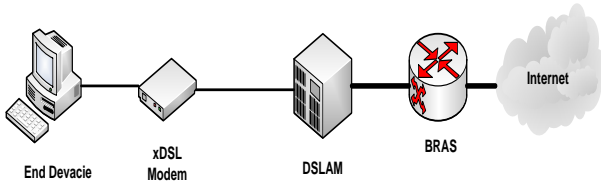


Fig. 1. Topologia generală xDSL.

Transmisiunea datelor la conectarea xDSL se înfăptuiește prin intermediul a mai multor subcanale, care sunt cunoscute sub denumirea de tonuri. Pentru fiecare ton în dependență de caracteristicile canalului se utilizează anumit tip de modulație. Setul de modulații dintre care se v-a alege modulația necesară este următorul: BPSK, QPSK, 8-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM și 256-QAM. Pentru estimarea parametrului BER a transmisiunii în întregime pot fi utilizate următoarele formule :

$$BER_{xDSL} = 1 - P_0, \quad (6)$$

$$P_0 = \prod_{i=1}^T (1 - BER_{tone_i}), \quad (7)$$

unde BER_{tone_i} este probabilitatea erorii de bit calculată pentru tonul corespunzător i a transmisiunii xDSL cu utilizarea formulelor(3-5); P_0 -probabilitatea fără eroarea de bit care se manifestă în tonurile xDSL.

În sistemele de transmisiune a informației prin fibre optice (STIFO) probabilitatea erorii de bit la regenerarea semnalului este determinată de protecția semnalului de zgomot și depinde de tipul zgomotului și principiul de funcționare a dispozitivului de luare a deciziilor din componența regeneratoareului.

Pentru semnalul binar și majoritatea codurilor utilizate în STIFO, probabilitatea erorii de bit BER se determină conform expresiei [3-5]:

$$BER_{STIFO} = (1/2)erfc[(1/2\sqrt{2})10^{0,05SNR}]. \quad (8)$$

Raportul semnal/zgomot SNR pentru STIFO se determină prin formula :

$$SNR = P_e - a_{ef} - a_{il} - a_{fr} - a_r - P_{\sum z_g}, \quad (9)$$

unde P_e este nivelul puterii de emisie; a_{ef} - pierderile în conectorul demontabil emițător-fibră; a_{il} - pierderile în traficul

de linie; a_{fr} - pierderile în conectorul demontabil fibră-receptor; a_r - rezerva bugetului energetic al STIFO;

$P_{\sum z_g}$ - nivelul puterii zgomotului sumar.

Pierderile în traficul de linie se determină utilizând formula:

$$a_{il} = L_r[\alpha + (a_{ff}/l_c)] + 2a_d, \quad (10)$$

unde L_r este lungimea sectorului de regenerare; α - coeficientul de atenuare al cablului optic; a_{ff} - pierderile în joncțiunea sudată fibră-fibră; l_c - lungimea de construcție a cablului optic; a_d - pierderile în conectorul demontabil.

Conform valorii parametrului BER se poate de verificat congestia rețelei de comunicații cu comutația de pachete prin intermediul modulelor Cross-Layer QoS (CLQ).

O metrică importantă pentru verificarea congestiei rețelei de comunicații este metrica CM (Composite Metric), care se determină prin expresia:

$$CM = K_0 / ATR[bps] + OWD[s] / K_1 + K_2 BER, \quad (11)$$

unde ATR este Available Transfer Rate; OWD – One-Way Delay; $K_0 = 10^9 [bps]$; $K_1 = 10^{-5} [s]$; $K_2 = 10^{12}$.

Metrica CM poate fi utilizată ca un criteriu de activare a mecanismului de codificare a traficului de rețea.

Tehnica de codificare a traficului de rețea este una din metodele de înlăturare a congestiilor în rețelele de comunicații prin combinarea fluxurilor de date, care împreună utilizează una și aceeași linie pentru transmisiunea lor.

III. CONCLUZII

Pentru sistemele de radiocomunicații în cazul probabilității erori de bit $BER=10^{-9}$ în dependență de tipul modulației au fost obținute următoarele valori ale raportului semnal/zgomot $SNR_{BPSK} = 15dB$, $SNR_{QPSK} = 18dB$, $SNR_{16QAM} = 25dB$, $SNR_{64QAM} = 31dB$, iar pentru STIFO cu probabilitatea erorii de bit $BER=10^{-9}$ $SNR_{STIFO} = 22dB$.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Sklear B. Țifrovaia sveazi. Teoreticeskie osnovi i practiceskoe primenenie. – Moscva: Vilieams, 2004. -1104 p.
- [2] Rappaport T.S. Wireless Communications: Principles and Practice 2nd Edition. Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, 2002,- 127p.
- [3] Corneiciuk V.I., Panfilov I. P. Proectirovanie Țifrovih voloconno-opticeschih system peredaci. Metodiceskoe rukovodstvo. – Odessa: OEIS, 1987. – 28p.
- [4] Corneiciuk V.I., Makarov T.V., Panfilov I.P. Opticeschie sistemî peredaci. – Kiev: Tehnica, 1994. – 388p.
- [5] Corneiciuk V.I., Lesovoi I.P. Voloconno-opticeschie izmereniea. –Kiev: Naukova dumka, 1999. -323p.