Dr Miloško Jevtović,
profesor, dipl. inž.

PARAMETRI KVALITETA KANALA VEZA ZA PRENOS PODATAKA

Rezime:

U radu su sistematizovana pitanja kvaliteta prenosa podataka i data analiza preko dvadeset različitih parametara koji određuju kvalitet kanala veza neophodan za efikasan prenos podataka. Analiziran je uticaj pojedinih parametara, date njihove kvantitativne vrednosti, koje zadovoljavaju zahteve za pouzdan prenos podataka, kao i osvrt na metode merenja pojedinih parametara kvaliteta. Navedeni su primeri nekih rezultata merenja karakteristika telefonskih kanala koji se koriste za prenos podataka.

Ključne reči: prenos podataka, kanali veza, parametri kvaliteta, održavanje kvaliteta.

QUALITY PARAMETERS OF DATA TRANSMISSION COMMUNICATION LINKS

Summary:

In the article are systematized matters concerning the quality of transmission of data, and an analysis is presented of over twenty different parameters that establish the level of quality of communication links necessary for transmission of data. The influence of individual parameters is analysed, and are presented their quantitative values that satisfy demands for reliable transmission of data, as well as a review of measuring of individual quality parameters. Also presented are some results of measuring of characteristics of telephone links utilized for transmission of data.

Key words: data transmission, communication links, quality parameters, maintaining the quality.

Uvod

Mreže za prenos podataka savremenih informacionih sistema realizuju se korišćenjem određenog broja kanala veza, pri čemu se prenosni put obezbeđuje upotrebom: metalnih kablova, optičkih kablova, radio-relejnih veza, kao i VF, VVF i UVF radio-veza. U praktično realizovanim mrežama za prenos podataka obično se koriste analogni i digitalni kanali veze, kao i njihove kombinacije. Efikasan

rad i pouzdano funkcionisanje mreža za prenos podataka u velikoj meri zavisi od kvaliteta kanala veza. U telekomunikacionom sistemu za prenos podataka, najčešće se upotrebljavaju kanali koji su projektovani tako da zadovolje kvalitetan prenos govora. Međutim, za prenos podataka takvi kanali veza moraju posedovati znatno bolji kvalitet u poređenju sa kvalitetom koji se zahteva za prenos govora. Prema međunarodnim standardima [1] kvalitet kanala veza za prenos

Parametri kvaliteta kanala veza

Redni broj	Parametar kvaliteta	Nominalna vrednost parametra i prihvatljive granice promena	Zahtevi i standardi
1	2	3	4
1	Propusni opseg kanala, B_p i slabljenje a	$B_p = 300 \text{ Hz}$ do 3400 Hz $a = A_o \pm 0,5 \text{ dB}$ $A_o = -1,15 \text{ NmO}$ (-10 dBmO) za simpleksni prenos $A_o = -1,5 \text{ NmO}$ (-13 dBmO) za dupleksni prenos	CCITT V.23 i V.27
2	Diferencijalno kašnjenje, $\Delta\tau$	$\Delta\tau = \begin{cases} \text{do } 3 \text{ ms} & \text{za } 500 \text{ Hz} \leq f < 600 \text{ Hz} \\ \text{do } 1,5 \text{ ms} & \text{za } 600 \text{ Hz} \leq f < 1000 \text{ Hz} \\ \text{do } 0,5 \text{ ms} & \text{za } 1000 \text{ Hz} \leq f < 2600 \text{ Hz} \\ \text{do } 3 \text{ ms} & \text{za } 2600 \text{ Hz} \leq f < 2800 \text{ Hz} \end{cases}$	CCITT M.1020
3	Diferencijalno slabljenje, Δa	$\Delta a = \begin{cases} -2 \text{ dB} \text{ do } 6 \text{ dB} & \text{za } 300 \text{ Hz} \leq f < 500 \text{ Hz} \\ -1 \text{ dB} \text{ do } 3 \text{ dB} & \text{za } 500 \text{ Hz} \leq f \leq 2800 \text{ Hz} \\ -2 \text{ dB} \text{ do } 6 \text{ dB} & \text{za } 2800 \text{ Hz} \leq f \leq 3000 \text{ Hz} \end{cases}$	CCITT M.1020
4	Varijacija slabljenja, ∂a signala na $f = 800 \text{ Hz}$	$\partial a = \begin{cases} < \pm 3 \text{ dB} & \text{kratkotrajna varijacija (nekoliko sekundi)} \\ < \pm 4 \text{ dB} & \text{za duži period (dnevne i sezone promene)} \end{cases}$	CCITT M.1020
5	Povratno slabljenje (EHO), a_e koeficijent refleksije, k_r	$a_e < -14 \text{ dB}$ u propusnom opsegu B_p $k_r < 0,20$ za $300 \text{ Hz} \leq f \leq 3400 \text{ Hz}$	CCITT M.1020
6	Harmonijska izobličenja, h_i	za test signal $f = 700 \text{ Hz}$, nivoa -13 dBmO $h_i < 25 \text{ dB}$ od prijemnog nivoa za bilo koji harmonik	zahtevi korisnika
7	Impedansa, Z	$Z = 600 \Omega \pm 10\%$ za sve frekvencije u opsegu $300 \text{ Hz} \leq f \leq 3400 \text{ Hz}$	CCITT V. preporuke za moderne
8	Slučajni psofometarski šum, P_s	$P_s \leq 38 \text{ dBmO}$, za kanal dužine $l = 10\,000 \text{ km}$	CCITT M.1020
9	Frekvencijski pomak, ΔF	$\Delta F < 5 \text{ Hz}$ u propusnom opsegu B_p	CCITT M.1020 V.21, V.23 i V.27

1	2	3	4
10	Impulsni šum, P_i	$P_i = \begin{cases} < -18 \text{ dBmO} & \text{za telefonski kanal} \\ < -21 \text{ dBmO} & \text{za specijalni kanal} \end{cases}$	CCITT 0.71
11	Prekidi veze, p	za $\partial_a \leq -6 \text{ dB}$ i manje $p \leq 5$ u 15 min merenja	CCITT 0.61
12	Amplitudski skokovi, A_s	za $\partial_a \geq 4 \text{ dB}$ u 200 ms $A_s \leq 6$ u 15 min merenja	CCITT 0.95 i zahtevi korisnika
13	Fazni skokovi, Φ_s	ako je faza $\phi \geq 100^\circ$ u 20 ms tada je $\Phi_s \leq 6$ u 15 min merenja	CCITT 0.95 i zahtevi korisnika
14	Fazni i vremenski džiter, (ϵ_n, τ_n)	$\epsilon_n \leq 15^\circ$ ako je $\epsilon_n > 15^\circ$ u intervalu od 15 min broj skokova faze treba da bude manji od 5 $\tau_n \leq 900 \mu\text{s}$ za digitalni kanal	CCITT M.1020 i 0.91 i zahtevi korisnika
15	Spori džiter (vonder), τ_v	$\tau_v \leq 18 \mu\text{s}$ za učestanošću varijacija $12 \cdot 10^{-6}$ (dnevna promena) $3 \cdot 10^{-8}$ (godišnja promena)	zahtevi korisnika
16	Šum kvantizacije, P_a	odnos signal / šum kvantizacije: $P / P_a > 22 \text{ dB}$	CCITT M.1020
17	Izobličenja telegrafskog tipa, δ_t	$\delta_t = \begin{cases} 20 \text{ do } 25^\circ & \text{za sistem sa modom V.21} \\ 20 \text{ do } 30^\circ & \text{direktni kanal} \\ & 600 \text{ Bd V.23} \\ 25 \text{ do } 35^\circ & \text{direktni kanal} \\ & 1200 \text{ Bd V.23} \\ 25 \text{ do } 30^\circ & \text{komutirani kanal} \\ & 600 \text{ Bd V.23} \\ 30 \text{ do } 35^\circ & \text{komutirani kanal} \\ & 1200 \text{ Bd V.23} \end{cases}$	CCITT V.53
18	Broj pogrešnih bita, b_i i količnik grešaka po bitu, BER	$b_i < 10$ na 10^6 prenetih bita $\text{BER} \leq 1 \cdot 10^{-5}$	zahtevi korisnika
19	Broj pogrešnih blokova, b_r	$b_r < 10$ na $2 \cdot 10^3$ prenetih blokova sa 511 bita	zahtevi korisnika
20	Intervali vremena sa greškama, T_g	$T_g \leq 0,3 \text{ s}$ za žične veze $T_g \leq 2 \text{ s}$ za VF radio veze	zahtevi korisnika
21	Otkaz u prenosu podataka, R_o	$R_o \leq 1$ u 99% radnog vremena	zahtevi korisnika

podataka definiše se sa preko 20 različitih parametara (tabela 1). Svaki parametar utiče na kvalitet, odnosno mogućnost prenosa zahtevanom brzinom i tačnošću. Kvalitet kanala veza za prenos podataka određuju sledeći parametri: propusni opseg kanala, diferencijalno kašnjenje, diferencijalno slabljenje, varijacija slabljenja ispitnog signala frekvencije 800 Hz, povratno slabljenje u kanalu, harmonijska izobličenja, impedansa (ulaza/izlaza) kanala veza, slučajni šum u kanalu, frekvencijski pomak modulišućeg signala, impulsni šum, prekidi veze, amplitudski skokovi, fazni skokovi, fazni džiter, spori džiter (vonder), šum kvantizacije, izobličenje telegrafskog tipa, broj pogrešnih bita i broj pogrešnih blokova podataka u prijemu, trajanje intervala vremena bez grešaka i broj otkaza kanala pri prenosu podataka [2]. U daljem razmatranju pažnju zaslužuje svaki od navedenih parametara.

Parametri kvaliteta kanala veza

Propusni opseg kanala. Telefonski kanal namenjen za prenos podataka treba da ima propusni opseg u granicama od 300 Hz do 3400 Hz. Pri prenosu signala kroz takav kanal dozvoljeno je da se slabljenje, u funkciji frekvencija iz propusnog opsega, menja u granicama od $\pm 0,5$ dB. Vrlo je važno da maksimalna snaga koju uređaj za prenos podataka (modem) otprema u telefonski kanal ne sme preći 1 mW. Nominalni nivo snage za tonske signale koji se otpremaju neprekidno ograničen je pri prenosu podataka korišćenjem frekvencijske modulacije ili fazne modulacije. Maksimalni nivo snage na ulazu u kanal veze ne sme preći $-1,15$ NmO (-10 dBmO) za simpleksni prenos, odnosno $-1,5$ NmO (-13 dBmO) za dupleksni prenos. U ovom slučaju reč je o maksimalnom nivou snage koji je meren u tački nultog relativnog nivoa. Prema međuna-

rodnim standardima, kada se prenos podataka prekida za duži period vremena, poželjno je da se nivo snage modulisanog signala smanji na -20 dBmO ili niže [1, 2].

U mrežama za prenos podataka kod kojih se modulirani tonski signali ne otpremaju kontinualno, na primer, koriste amplitudsku modulaciju, mogu se koristiti viši nivoi moduliranih signala do -6 dBmO u tački nultog relativnog nivoa. Ova mogućnost važi pod uslovima da suma srednjih signala direktnog i povratnog kanala, u momentu najvećeg opterećenja na oba smera prenosa, ne prelazi $64 \mu\text{W}$. Ova vrednost snage odgovara srednjem nivou od -15 dBmO na oba smera prenosa istovremeno. Kada je reč o telefonskom kanalu koji se koristi za prenos podataka, definiše se još jedan važan zahtev. To je slabljenje simetrije prema zaštitnom uzemljenju koje mora iznositi najmanje 48 dB.

Diferencijalno slabljenje signala je parametar koji ukazuje na to koliko je relativno slabljenje signala u opsegu frekvencija od 300 do 3000 Hz u poređenju sa signalom frekvencije 800 Hz. Dozvoljeno diferencijalno slabljenje signala u kanalu koji se koristi za prenos podataka definiše se međunarodnim standardom. Preporukom CCITT M.1020 definisane su granične dozvoljene vrednosti diferencijalnog slabljenja koje iznose:

— u opsegu frekvencija od 300 Hz do 500 Hz diferencijalno slabljenje može varirati od -2 dB do 6 dB,

— u opsegu frekvencija od 500 Hz do 2800 Hz diferencijalno slabljenje može se kretati od -1 dB do 3 dB u odnosu na slabljenje signala frekvencije 800 Hz,

— u opsegu frekvencija od 2800 Hz do 3000 Hz diferencijalno slabljenje može biti u granicama od -2 dB do 6 dB.

Dozvoljene granice promena diferencijalnog slabljenja naznačene su na slici 1.

Sl. 1 — Granica promene diferencijalnog slabljenja prema 800 Hz

Diferencijalno kašnjenje ili grupno kašnjenje je parametar koji pokazuje koliko je relativno kašnjenje signala u opsegu frekvencija od 300 do 2800 Hz u odnosu na signal frekvencije 800 Hz. Drugim rečima, grupno kašnjenje je parametar koji pokazuje koliko signali iz opsega frekvencija od 300 do 3400 Hz kasne u poređenju sa referentnim signalima čija je frekvencija 800 Hz. Granice promene grupnog kašnjenja, definisane međunarodnim standardima, odnosno CCITT preporukom M.1020, prikazane su na slici 2. U opsegu frekvencija od 1000 Hz do 2600 Hz grupno kašnjenje je konstantno i manje od 0,5 ms.

Varijacija slabljenja ispitnog signala frekvencije 800 Hz u kanalu određenom za prenos podataka treba da bude što manja, ali se zahteva da ne pređe sledeće granice:

- kratkotrajna varijacija (u periodu od nekoliko sekundi) treba da bude manja od ± 3 dB,

- varijacija u dužim periodima vremena (u toku dužeg perioda uključujući dnevne i sezonske promene) treba da bude manja od ± 4 dB.

Ukoliko su varijacije slabljenja iznad navedenih granica u nekom kanalu veze, takav kanal se ne bi mogao koristiti za prenos podataka.

Sl. 2 — Granica promene grupnog kašnjenja

Povratno slabljenje ili slabljenje reflektovanog signala predstavlja parametar koji karakteriše kvalitet kanala veze za prenos podataka. Povratno slabljenje za signale bilo koje frekvencije iz opsega od 300 do 3400 Hz mora biti veće od 14 dB [1]. Umesto slabljenja reflektovanog signala, odnosno povratnog slabljenja, koristi se parametar — koeficijent refleksije koji za sve signale iz pomenutog opsega frekvencije mora biti manji od 0,20.

Harmonijska izobličenja određenog kanala veze definišu se sa ciljem da dati kanal ne utiče na izobličavanje signala koji se prenose. Ovaj parametar definiše se za ispitni prostoperiodični signal određene frekvencije. Tako, na primer, ako se sinusoidalni signal frekvencije 700 Hz, čiji je nivo -13 dBmO, prenese po jednom kanalu (od predajnika do prijemnika), nivo bilo kojeg pojedinačnog harmonika na prijemnom kraju kanala mora biti za 25 dB niži od prijemnog nivoa signala osnovne frekvencije 700 Hz.

Impedansa kanala veze je parametar koji utiče na prilagođenje uređaja za prenos podataka (modema) na dati kanal. To prilagođenje utiče na nivo otpremljene, odnosno reflektovane snage signala. Uobičajeno je da impedansa kanala za opseg frekvencija od 300 do 3400 Hz bude u granicama $600 \Omega \pm 10\%$.

Slučajni šum u kanalu veze, odnosno njegov nominalni nivo zavisi od karakteristika samog kanala. Tačnije, nivo snage slučajnog šuma zavisi od kapaciteta telefonskog frekvencijskog multipleksnog signala u kome se nalazi posmatrani kanal.

Orijentacione dozvoljene granične vrednosti, (preporuka CCITT M.1020), za kanale veza čija je dužina veća od 10000 km iznose -38 dBmOp . Međutim, za kanale čija je dužina kraća zahteva se manji nivo slučajnog šuma. Na slici 3. prikazani su dozvoljeni ni-

Sl. 3 — Promena nivoa slučajnog šuma

voi slučajnog šuma u zavisnosti od dužine veze. S obzirom na to da se radi o slučajnoj veličini, slučajni šum se meri u intervalu vremena od 3,5 do 35 minuta (sl. 4).

Frekvencijski pomak, odnosno odstupanje frekvencije primljenog signala u odnosu na frekvenciju otpremljenog signala, pokazuje kako kanal ve-

ze utiče na frekvencijski spektar moduliranih signala pri prenosu podataka. Odstupanje frekvencije (pomak) koje unosi kanal veze, prema međunarodnim standardima mora biti ma-

Sl. 4 — Rezultat merenja šuma

nje od $\pm 5 \text{ Hz}$. Modulišuće frekvencije u modemima za prenos podataka odstupaju od nominalnih vrednosti.

Tako, na primer, kod modema za prenos podataka brzinom 600/1200 (b/s) dopušta se odstupanje karakterističnih frekvencija F_A (simbol 0) i F_Z (simbol 1) od njihovih nominalnih vrednosti najviše za $\pm 10 \text{ Hz}$, $F_o = (F_A + F_Z)/2$ ima toleranciju do najviše $\pm 10 \text{ Hz}$, a za razliku frekvencija $F_A - F_Z$, tolerancija je $\pm 20 \text{ Hz}$. Ako se ovi modemi priključuju na kanale telefonskog multipleksnog sistema i pri tome duž kanala postoji više NF retranslacija, maksimalno odstupanje može biti do $\pm 16 \text{ Hz}$ da bi prijemnik (demodulator) primio signal. Otuda je važno da pomak frekvencije pri prenosu kroz kanal bude u pomenutim granicama ($\pm 5 \text{ Hz}$).

Kod modema za prenos podataka brzinom 2400/1200 (b/s), koji koristi diferencijalnu četvorofaznu, odnosno dvofaznu modulaciju, noseća frekvencija je 1800 Hz, a najveće dozvoljeno odstupanje (u otpremi modulisanog signala), od ove vrednosti iznosi ± 1

Hz, tako da prijemnik modema (demodulator) treba da omogući uspešan prijem signala, uzimajući u obzir i pomak frekvencije koji unosi dati kanal veze.

Impulsni šum koji se javlja na kanalima veza namenjenim za prenos podataka, meren po postupku koji je definisan CCITT preporukom 0.71, određuje se brojem »pikova« većim od -21 dBmO, koji se pojavljuju u definisanom intervalu vremena. Prema preporuci M.1020 u intervalu vremena od 15 minuta impulsni šum može se pojaviti do 18 puta sa vrednošću većom od -18 dBmO ili -21 dBmO. Impulsni šum se, obično, meri u intervalima vremena promenljivog trajanja od 1 do 60 minuta.

Prekidi veze. Prekidom veze smatra se promena nominalnog nivoa signala određene frekvencije (prema CCITT 0.61 ispitni tonski signal je frekvencije 2000 Hz) za -6 dB ili više. Uobičajeno je da se prekidi proveravaju u vremenskom intervalu od 15 minuta. U ovom intervalu broj prekida treba da bude manji od pet.

Amplitudski skokovi na kanalu veze definišu se kao promena ulaznog signala (na ulazu prijemnika) veća od 4 dB u intervalu od 200 ms (prag promene je ± 2 dB). Ako su promene manje od 4 dB u intervalu 600 ms one se ne računaju kao amplitudski skokovi (preporuka CCITT 0.95). Merenje amplitudskih skokova takođe se vrši u vremenskom intervalu od 15 minuta.

Faznim skokom nekog signala (saglasno CCITT preporuci 0.95) smatra se svaka promena faza signala veća od 100° u 20 ms. Faznim skokom se ne smatra promena faze signala za iznos manji od 100° u intervalu od 50 ms. Pri merenju prekida veze, amplitudskih i faznih skokova definiše se tzv. »mrtvo vreme« u trajanju od 125 ms ± 25 ms (od registrovanog prekida ili skoka faze, odnosno amplitude), u kome nije moguće registrovati novu promenu stanja signala.

Fazni i vremenski džiter. Pod džiterom takta podrazumeva se fluktuacija položaja impulsa oko nominalnih trenutaka koji su međusobno razmaknuti za celobrojni umnožak digitskih intervala T_d . Drugim rečima, džiter takta određuje se prema teorijskoj, tj. idealnoj vremenskoj poziciji impulsa, određenoj prednjom, odnosno zadnjom ivicom digitskog taktnog signala. Odstupanje impulsa realnog digitskog takta od idealnih pozicija može se izraziti u vremenskom domenu. Tada se kaže da postoji vremenski džiter, ili u domenu faze, kada je reč o faznom džiteru. Kako se uzima da digitskom intervalu odgovara 2π radijana, tzv. vremenskom džiteru τ_n odgovara fazni džiter od

$$\varepsilon_n = \frac{2\pi \cdot \tau_n}{T_d} \text{ (rad)}$$

Vremenski, odnosno fazni džiter na digitalnim kanalima veza mere se na većem broju digita, pa se usrednjavanjem trenutnih vrednosti dobija usrednjeni džiter.

Rezultati merenja faznog džitera predstavljaju se, najčešće, krivom izmerenog džitera u funkciji vremena merenja. To vreme kreće se u intervalu od 3,5 do 35 minuta.

Prema CCITT preporuci 0.91 na telefonskim kanalima, koji se koriste za analogni prenos podataka, fazni džiter ne sme preći 15° .

Na digitalnim kanalima veza ostvarenih korišćenjem impulsne kodne modulacije (IKM) dozvoljene vrednosti džitera propisuju se za sve tačke prenosnog puta na kojima se vrši regeneracija digitalnog signala. Dozvoljene vrednosti džitera definišu se u hipotetičnom referentnom kolu u kojem dolazi do većeg broja uzastopnih regeneracija signala. Za pojedine digitalne uređaje, koji predstavljaju elemente prenosnog puta između izvora i

prijemnika podataka, džiter se definiše na tri načina:

— dozvoljene varijacije džitera na ulazu u prijemnik digitalnog uređaja,

— dozvoljene vršne vrednosti džitera na izlazu iz digitalnog uređaja u odsustvu ulaznog džitera,

— prenosna karakteristika džitera merena između ulaza i izlaza digitalnog uređaja.

Pri tome definiše se dozvoljeni nivo džitera na određenim frekvencijama.

Spori džiter (vonder) čine spore varijacije položaja karakterističnih momenata promene (ivica) digitalnog signala, u odnosu na teorijske, odnosno idealne položaje. Te promene nastaju usled uticaja temperaturnih varijacija na kablovske sisteme prenosa, odnosno usled promene pragova u ekstraktorima takta kod lokalnih oscilatora u komutacionim sistemima. Učestanost ovih varijacija iznosi $12 \cdot 10^{-6}$ za dnevne promene, odnosno $3 \cdot 10^{-8}$ za godišnje promene temperature. Digitalni uređaji koji se koriste kao elementi prenosnog puta treba da omoguće ispravan prijem ulaznog signala čiji vonder nije veći od 18 μ s.

Šum kvantizacije nastaje pri digitalizaciji, tj. impulsno-kodnoj modulaciji analognih, u ovom slučaju modemskih signala, kao i pri prenosu govora i signala televizijske slike. Po definiciji [5] srednja snaga šuma kvantizacije signala (pri uniformnom kvantovanju) jednaka je kvadratu jedne dvanaestine amplitudskog kvanta Δa :

$$P_a = \frac{\Delta a^2}{12}$$

Da bi se obezbedio potreban kvalitet u prenosu modemskog modulisanog signala podataka, nivo šuma kvantizacije mora se učiniti manjim od unapred definisanog nivoa. Prema CCITT preporuci M.1020, minimalni

odnos signal/šum kvantizacije mora biti veći od 22 dB.

Izobličenje telegrafskog tipa definiše se kao mera kvaliteta kanala pri asinhronom prenosu podataka. Granične dozvoljene vrednosti izobličenja telegrafskog tipa na kanalima veze, određuju se između interfejsa korisnika uključujući modeme (slika 5).

Sl. 5 — Granične dozvoljene vrednosti izobličenja telegrafskog tipa

Pomenuto izobličenje razlikuje se po vrednostima, zavisno od tipa kanala veze. CCITT preporukom V.53 preporučene su sledeće vrednosti:

a) za sisteme koji koriste modeme tipa V.21: 20 do 25%;

b) za sisteme koji koriste modeme tipa V.23:

— na direktnim kanalima pri prenosu podataka brzinom 600 Bd: 20 do 30%;

— na direktnim kanalima pri prenosu podataka brzinom 1200 Bd: 25 do 35%;

— na komutiranim kanalima pri prenosu podataka brzinom 600 Bd: 25 do 30%;

— na komutiranim kanalima pri prenosu podataka brzinom 1200 Bd: 30 do 35%.

Navedene su maksimalne dozvoljene vrednosti za naznačene brzine prenosa. Te vrednosti nisu preporučene pri planiranju kanala, odnosno projektovanju mreža za prenos podataka, već kao informacija o kvalitetu održavanja kanala.

Broj pogrešnih bita koji se javlja pri prenosu (ispitivanju) milion bita

treba da bude manji od 10 bita. Umesto broja pogrešnih bita obično se meri količnik grešaka po bitu koji se definiše kao odnos broja pogrešnih prema broju prenetih bita u datom intervalu vremena. Taj parametar često se označava kao BER (Bit/Error Rate). Prethodno pomenuti zahtev za dozvoljeni broj pogrešnih bita, izražen preko BER-a, bio bi $BER < 1 \cdot 10^{-5}$.

Broj pogrešnih blokova na kanalu veze za prenos podataka nije uvek ko-

Tabela 2

Red. br.	Parametri kvaliteta	Zahtevi i norme kvaliteta	Ispitni signali	Vreme merenja
1.	Propusni opseg kanala	CCITT M.1020	Multitonski signal	1 s
2.	Diferencijalno kašnjenje	CCITT M.1020	35 tonskih signala frekvencije	1 s
3.	Diferencijalno slabljenje	CCITT M.1020	$f = n \cdot 100 \text{ Hz}$ $n = 2 \text{ do } 36$	1 s
4.	Varijacija slabljenja	CCITT M.1020		1 s do 60 min
5.	Povratno slabljenje (eho)	CCITT M.1020		1 s
6.	Harmonijska izobličenja	CCITT M.1020	Test signal $f = 0,7/0,8/0,9/1 \text{ kHz}$	1 s
7.	Impedansa		Multitonski signal	1 s
8.	Slučajni šum u kanalu	CCITT P.53		1 s do 35 min
9.	Frekvencijski pomak	CCITT 0.111	Signali frekvenc. 1020 ili 2040 kHz	1 s do 3,5 min
10.	Impulsni šum	CCITT 0.71		10 s do 35 min
11.	Prekidi veze	CCITT 0.61	Signal frekvenc. 2000 Hz	1 s do 60 min
12.	Amplitudski skokovi	CCITT 0.95	Signal frekvenc. 1020 Hz	1 s do 60 min
13.	Fazni skokovi	CCITT 0.95	Signal frekvenc. 1020 Hz	1 s do 60 min
14.	Fazni džiter	CCITT 0.91		3,5 min do 35 min
15.	Spori džiter (vonder)	CCITT 0.91		1 s do 60 min
16.	Šum kvantizacije	CCITT 0.91		2 s
17.	Izobličenje telegrafskog tipa	CCITT V.51, V.53	PSN 511 bita	1 min
18.	Broj pogrešnih bita		PSN 511 bita	15 min
19.	Broj pogrešnih blokova		PSN 511 bita	15 min
20.	Intervali vremena (sekunde) sa greškama		PSN 511 bita	15 min
21.	Broj otkaza u prenosu podataka		PSN 511 bita	30 do 60 min

relisan sa brojem pogrešnih bita, što je uslovljeno karakterom šumova i smetnji koje se javljaju na kanalu veze. Prema CCITT preporuci V.51 blok podataka formira se od sekvence pseudoslučajnog niza koji sadrži 511 bita.

Otkazi u prenosu podataka, ukoliko se javljaju u nekoj mreži, veoma nepovoljno utiču na kvalitet i pouzdanost prenosa podataka. Radi toga se zahteva da se mogu pojaviti samo u malom procentu (oko 1% radnog vremena).

Metode merenja

Metode merenja parametara kvaliteta kanala za prenos podataka podležu strogoj standardizaciji, što obavlja, pre svega, Međunarodna unija za telekomunikacije ITU (International Telecommunication Union), ranije njen konsultativni komitet za telegrafiju i telefoniju — CCITT, a sada Sektor za standardizaciju (ITU-T) u telekomunikacijama (tabela 2).

Propusni opseg kanala, diferencijalno kašnjenje i slabljenje, povratno slabljenje, impedansa i harmonijska izobličenja, mere se u trajanju do 1 sekunde. Rezultati merenja prikazuju se grafički u obliku kontinualnih krivih ili u vidu alfanumeričkih tabela. Slučajni psfometarski šum, fazni džiter, šum kvantizacije, varijacija nivoa i frekvencijski pomak, mere se prema CCITT preporukama kao funkcije vremena. Tranzijentni parametri, za koje se definiše određeni prag, kao što su impulsni šum, prekidi veze, amplitudski i fazni skokovi, prema CCITT preporukama broje se u ograničenom intervalu vremena ili kontinualno.

Količnik grešaka po bitu, broj blokova sa greškama, kao i otkazi u prenosu podataka, mere se istovremeno. Na predaji se generiše sekvenca od 511 bita, a po obavljenom prenosu, ona se u prijemnom uređaju upoređuje sa lokalno generisanom identičnom sekven-

com. Brojačima se registruje broj grešaka. Sekvenca niza od 511 bita periodično se ponavlja. U ovom slučaju sekvenca od 511 bita se smatra blokom »dužine« 511 bita, čime je omogućeno da se »izmeri«, odnosno izbroji ukupan broj blokova sa greškama, ukupan broj prenetih bita i blokova, kao i broj otkaza u prenosu podataka. Rezultati merenja obično se prikazuju na ekranu mernog instrumenta, ali se istovremeno mogu štampati korišćenjem štampača priključenog na merni instrument. U tabeli 3 prikazan je rezultat merenja navedenih parametara na jednom realnom kanalu veze.

Tabela 3

REFERENTNI MODEM PP14496	
brzina prenosa podataka: 2400 b/s	
brzina modulacije: 9600 Bd	
BERT / 511 / 8 / NONE / ASYNC / 2	
TEST SECONDS	1145
BLOCKS SENT	2000
BLOCKS RECEIVED	2000
BITS IN ERROR	7
BLOCKS IN ERROR	2
ERRORED SECONDS	2
NUMBER OF FAULTS	0

Prilikom merenja propusnog opsega, diferencijalnog kašnjenja, diferencijalnog slabljenja i impedanse koristi se multitonski signal (sa 35 tonskih signala) čije su frekvencije:

$$f = n \cdot 100 \text{ Hz}; \quad n = 2 \text{ do } 36.$$

Multitonski signal se otprema simultano, a na prijemnom kraju kanala mere se pomenute veličine. Vreme merenja i prikazivanja rezultata na ekranu mernog instrumenta je oko 1 sekunde. Harmonijska izobličenja mere se korišćenjem sinusoidalnog signala čija frekvencija može biti $f = 0,7; 0,8$ i $0,9$ ili 1 kHz . Predajni nivo ispitnih signala podešava se tako da bude zadovoljen zahtev koji se odnosi na dozvoljenu srednju snagu u kanalu. Va-

rijacija slabljenja meri se korišćenjem sinusoidalnog signala frekvencije $f=0,8$ kHz ili 1 kHz, dok se frekvencijski pomak meri korišćenjem ispitnog sinusoidalnog signala frekvencije $f=1020$ ili 2040 Hz. Pri merenju amplitudskih i faznih skokova koristi se ispitni ton-ski signal frekvencije $f=1020$ Hz, a pri merenju prekida, ton-ski signal kojim se vrši testiranje kanala je frekvencija 2000 Hz.

Tonski signali se ne koriste pri merenju nivoa psofometrijskog šuma i impulsnog šuma. Prilikom tih merenja drugi kraj kanala veze mora biti zaključen karakterističnom impedansom kanala.

Preporukama ITU-T (ranije CCI TT) definišu se metode merenja pomenutih parametara kvaliteta. Savremena merna oprema [3, 4], primenom programskog upravljanja, obezbeđuje automatizovane postupke merenja i prikazivanja rezultata.

Rezultati merenja i održavanje kvaliteta

Pri merenju parametara kvaliteta kanala za prenos podataka moguće je da dobijeni rezultati budu u granicama normi koje su navedene u tabeli 1, ili da postoji odstupanje kod pojedinih ili većine pomenutih parametara. Cilj merenja jeste da se obezbedi potreban kvalitet i da se tehničkim odr-

žavanjem on osigura u što dužem periodu vremena.

Ukoliko rezultati ne zadovoljavaju pomenute norme, njihovom analizom može se doći do uzročnika koji je uticao na degradaciju nekog parametra.

Prilikom merenja kvaliteta kanala veza u jednoj mreži za prenos podataka brzinama modulacije od 1200 do 9600 Bd, na nekim telefonskim kanalima (radio-relejne veze) nekoliko parametara nije zadovoljilo norme kvaliteta. Tako, na primer, rezultati merenja diferencijalnog slabljenja (sl. 6) nisu bili u zahtevanim granicama, pa je analizom rezultata nađeno rešenje problema. Problem je u tome što je kanal veze usmeravan tako da je na trasi vršeno prespajanje na niskofrekventnom nivou (NF) sa 5 pari modulatora/demodulatora. To je uticalo na nedozvoljeno odstupanje diferencijalnog slabljenja i diferencijalnog kašnjenja (sl. 7). Preusmeravanjem posmatranog kanala izbegnuta su tri NF prespajanja (ostala su dva para modulatora/demodulatora tj. dva NF prespajana). Nakon toga, ponovljeno je merenje oba pomenuta parametra, a dobijeni rezultati bili su u zahtevanim granicama (sl. 6 i sl. 7).

Na jednom od telefonskih kanala pomenute mreže slučajni psofometrijski šum bio je izvan dozvoljenih vrednosti. Analizom rezultata i mogućih

Sl. 6 — Rezultati merenja diferencijalnog slabljenja telefonskog kanala na radio-relejnoj vezi

uzročnika utvrđeno je da radio-relejna trasa nije bila korektno usmerena. Takođe, bili su pogrešno postavljeni parametri automatske regulacije pojačanja korišćenjem grupnog pilotskog signala. Nakon otklanjanja navedenih nedostataka ponovljeno je merenje šuma i dobijen zadovoljavajući rezultat (sl. 8).

Sl. 7 — Rezultati merenja diferencijalnog kašnjenja telefonskog kanala na radio-relejnoj vezi

Sl. 8 — Slučajni šum u telefonskom kanalu radio-relejne veze

Na sličan način, analizom rezultata merenja i otkrivanjem uzročnika koji utiče na degradaciju nekog parametra, obezbeđuje se i održava zahtevani kvalitet u prenosu podataka.

U eksploataciji nekih većih mreža za prenos podataka javljaju se poteškoće u obezbeđenju zadovoljavaju-

će brzine, tačnosti i pouzdanosti u prenosu podataka. Teškoće se uspešno mogu prevazići ako se prihvati prilaz (izložen u ovom radu) da kvalitet kanala veza određuje dvadeset različitih parametara, koji se moraju periodično proveravati i na osnovu dobijenih rezultata preduzimati preventivne i korektivne akcije u smislu dovođenja kvaliteta kanala veza na prihvatljiv nivo.

Drugo pitanje je koje zahteve, odnosno norme ili standarde, treba propisati ili usvojiti kada je reč o vojnim mrežama za prenos podataka. Nije racionalno ni tehnički opravdano da se definišu neki posebni zahtevi ili standardi, već bi trebalo usvojiti međunarodne standarde, odnosno preporuke ITU-T (ranije CCITT) koje su u ovom radu sistematizovane i detaljno analizirane.

Zaključak

U radu su na nov način sintetizovana tehnička pitanja koja se odnose na kvalitet kanala veza za prenos podataka. Analiziran je skup brojnih parametara koji utiču na kvalitet, navedene su metode merenja, i ukazano na mogućnosti da se analizom rezultata dođe do spoznaje o merama koje treba preduzeti pri preventivnom održavanju kanala veza.

Odgovoreno je i na pitanje: čime je određen kvalitet kanala veza za prenos podataka, kako se taj kvalitet meri i koriste rezultati dobijeni merenjem.

Pri projektovanju, eksploataciji i održavanju mreža za prenos podataka parametri kvaliteta kanala veza moraju se imati u vidu ako se želi pouzdan i efikasan prenos podataka.

Literatura:

- [1] CCITT preporuke: M.1020; P.53; 0.111; 0.71; 0.91; 0.61; 0.95; V.51; V.53; V.55 i dr.
- [2] Jevtović, M.: PRENOS PODATAKA u informacionim sistemima (knjiga u pripremi).
- [3] Siemens: K1190 data line analyzer, K1195 Protokol tester, prospekti materijal, Siemens AG, 1988.

- [4] Prospekti materijali za mernu opremu firmi: Hewlett — Packard, Wandel und Goltermanu i druge.

- [5] Lukatela G. i dr.: Digitalne telekomunikacije, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.