

# UTICAJ ŠUMA I VJEROVATNOĆA GREŠKE PRI PRENOSU SIGNALA U OSNOVNOM OPSEGU UČESTANOSTI. OPTIMALNI PRIJEMNIK

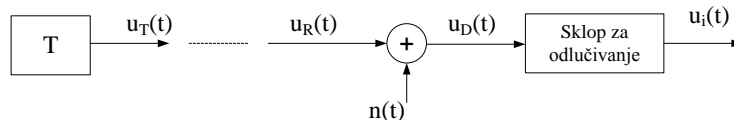
- Na slici je prikazana uprošćena blok šema za prenos digitalnih signala u osnovnom opsegu učestanosti. Usled prisustva slučajnog šuma na ulazu u prijemnik postoji mogućnost greške u odlučivanju prijemnika, tako što prijemnik može neku cifru "1" da proglasi nulom, i obratno. Prenos binarnih signala vrši se polarnim impulsima. Pri tome, signal na ulazu u prijemnik u trenutku odabiranja  $kT$  ima vrijednost  $+U$  ako je poslata binarna jedinica, i vrijednost  $-U$  ako je poslata binarna nula.

Trajanje jednog signalizacionog intervala je  $T$ . Šum koji postoji na ulazu prijemnika je aditivni Gauss-ov šum, čija je gustina vjerovatnoće data sledećim izrazom:

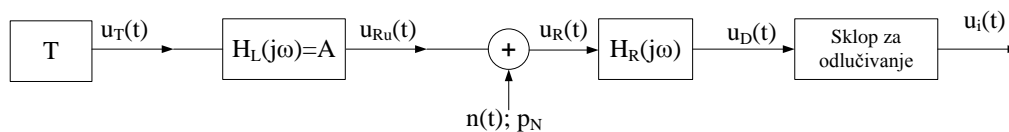
$$p(U_N) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{U_N^2}{2\sigma^2}}$$

gdje je  $\sigma$  efektivna vrijednost napona šuma.

Ako je vjerovatnoća slanja binarne nule ravna  $P_0=3/4$ , a binarne jedinice  $P_1=1/4$ , gdje je poznat odnos  $U/\sigma=4$ , odrediti položaj praga odlučivanja tako da vjerovatnoća greške bude minimalna.



- Na slici je prikazana blok šema sistema za prenos binarnih signala u osnovnom opsegu učestanosti.



Binarni signal  $u_T(t)$  na izlazu iz predajnika može se predstaviti sledećim izrazom:

$$U_T(t) = \sum_k a_k x(t - kT)$$

gdje je  $T=2\pi/\omega_c$  trajanje signalizacionog intervala, a  $k$  je cio broj. Koeficijenti  $a_k$  imaju vrijednosti  $\pm 1$  sa jednakom vjerovatnoćom. Fourier-ova transformacija signala  $x(t)$  je:

$$X(j\omega) = \frac{2\pi}{\omega_c} \cos\left(\frac{\pi\omega}{2\omega_c}\right)$$

Prijemnik se sastoji od filtra  $H_R(j\omega)$  i sklopa za odlučivanje koji sadrži odabirač i komparator.

Funkcija prenosa filtra je:

$$H_R(j\omega) = \begin{cases} \cos\left(\frac{\pi\omega}{2\omega_c}\right), & |\omega| \leq \omega_c \\ 0 & , |\omega| > \omega_c \end{cases}$$

Pored korisnog signala na ulazu prijemnika postoji i aditivni Gauss-ov šum  $n(t)$ , radi čijeg prisustva može doći do greške u odlučivanju u prijemniku. Spektralna gustina snage ovog šuma je  $p_N$ . Ako se odabiranje signala u prijemniku vrši kada ne postoji intersimbolska interferencija, odrediti vjerovatnoću greške na izlazu iz prijemnika.

- Binarni signal  $u(t)$  koji se prenosi u osnovnom opsegu učestanosti dolazi na ulaz prijemnika sa integriranjem i rasterećenjem, koji je prikazan na slici.

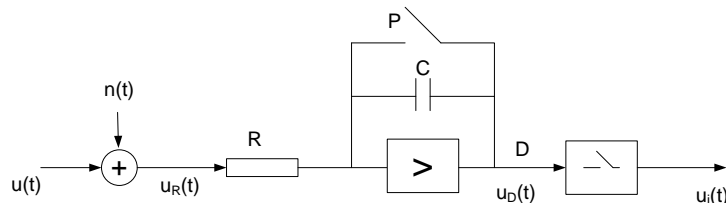
Prenos binarnih signala obavlja se polarnim impulsima, čije su vrijednosti na ulazu u prijemnik u jednom signalizacionom intervalu trajanja  $T$  jednako vjerovatne i iznose  $u_u(t)=\pm U$ . Odabiranje

signala u prijemniku vrši se na kraju svakog signalizacionog intervala, poslije čega se kondenzator C trenutno rastereti prekidačem P.

Pored korisnog signala, na ulazu u prijemnik postoji i aditivni Gauss-ov šum  $n(t)$ , radi čijeg prisustva može doći do greške u odlučivanju prijemnika. Spektralna gustina snage ovog šuma je konstantna i iznosi  $p_N=10^{-6} \text{ V}^2/\Omega\text{Hz}$ . Ako binarni protok iznosi  $V=64 \text{ kb/s}$ , naći:

a) Prosječan vremenski interval između dva pogrešno primljena simbola, kada je amplituda impulsa na ulazu u prijemnik jednaka  $U=0,8 \text{ V}$ .

b) Ponoviti račun iz prethodne tačke ako se amplituda impulsa poveća za 50%.



4. Binarni digitalni signal  $x(t) = \sum_k a_k s(t - kT)$ , gdje  $a_k$  može imati vrijednosti  $\pm 1$  sa jednakom

vjerovatnoćom, a  $s(t)$  je:  $s(t) = \begin{cases} A \frac{t}{T}, & 0 \leq t \leq T \\ 0, & \text{za ostale } t \end{cases}$  dolazi na ulaz filtra čija je funkcija prenosa

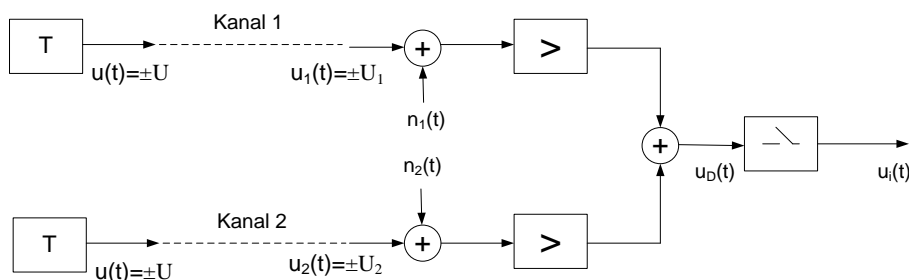
$H(j\omega) = S^*(j\omega)e^{-j\omega T}$ .  $S(j\omega)$  je spektar signala  $s(t)$ .

a) Pronaći signal  $s(t)$  na izlazu filtra, kada je ulazni signal  $s(t)$ ,

b) Pokazati da za ulazni signal  $x(t)$ , izlazni signal zadovoljava I Nyquist-ov kriterijum o prenosu bez ISI,

c) Ako na ulazu filtra postoji Gauss-ov šum, čija je spektralna gustina snage  $p_N$ , izračunati vjerovatnoću greške u odlučivanju na izlazu filtra.

5. Na slici je prikazana principna blok šema za prenos binarnog signala  $u(t)$ .



Da bi se smanjila vjerovatnoća greške signal  $u(t)$  se prenosi istovremeno kroz dva nezavisna kanala. Prenos binarnog signala obavlja se impulsima čija je amplituda na izlazu iz predajnika  $u(t)=\pm U$ . Uslijed različitih karakterisitka kanala vrijednost signala na ulazu u prvi prijemnik  $u_1(t)=\pm U_1$  razlikuje se od vrijednosti signala na ulazu u drugi prijemnik, koja iznosi  $u_2(t)=\pm U_2$ . Na ulazima u prijemnike pored korisnog signala postoje i aditivni Gaussovi šumovi  $n_1(t)$  i  $n_2(t)$ , koji su međusobno nezavisni. Efektivne vrijednosti napona ovih šumova su  $\sigma_1$  i  $\sigma_2$ . Odabiranje se vrši u trenucima  $kT$ , gdje je  $k$  cio broj, a  $T$  je trajanje jednog signalizacionog intervala.

Ako su binarni simboli jednako vjerovatni:

a) Pronaći izraz za vjerovatnoću greške po bitu,

b) Odrediti odnos između pojačanja pojačavača  $A_1$  i  $A_2$ , pa da vjerovatnoća greške po bitu bude minimalna. Koliko iznosi ta minimalna vjerovatnoća greške?