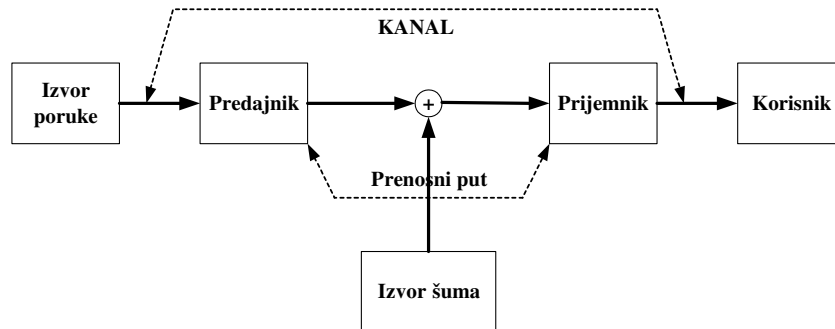


Laboratorijska vježba broj 3

ANALIZA SIGNALA U FREKVENCIJSKOM DOMENU. IZOBLIČENJA SIGNALA PRI PRENOSU KROZ REALNE SISTEME

Teorijska osnova vježbe:

Generalni model komunikacionog sistema je prikazan na slici 1:

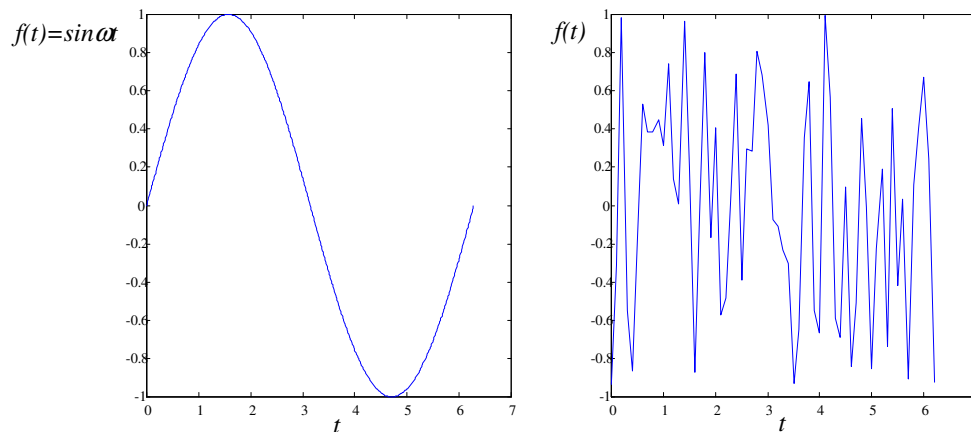


Slika 1. Model komunikacionog sistema

Iz predstavljenog modela sistema računarskih komunikacija očigledno je da poruka tipa podataka, nakon generisanja u izvoru poruke (terminal, računar) biva konvertovana u oblik podesan za prenos. Kako se prenos poruke ostvaruje električnim ili svjetlosnim putem preko određenog fizičkog medijuma (prenosnog puta), to je neophodno svaku poruku pretvoriti u njen električni ili svjetlosni ekvivalent koji se naziva signalom.

Generalno se može govoriti o dvije grupe signala koji se pojavljuju u komunikacionim sistemima:

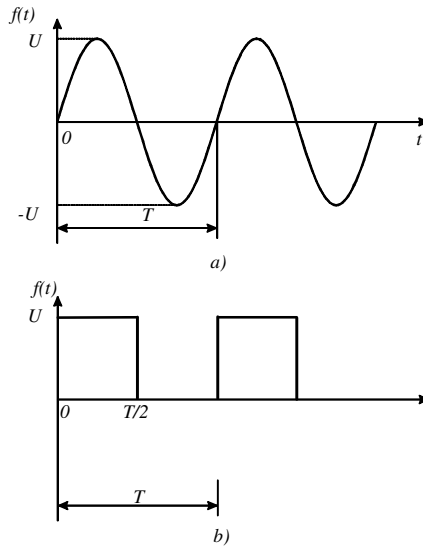
- determinističkim, čije su vrijednosti u vremenu opisane preciznim analitičkim izrazom;
- slučajnim, za koje nije moguće definisati odgovarajući analitički izraz kojim bi se unaprijed opisao njihov vremenski tok.



Slika 2. Primjeri determinističkog i slučajnog signala

Kada su u pitanju deterministički signali, moguće je identifikovati sledeća dva tipa: periodične i aperiodične. Smatra se da je signal $f(t)$ periodičan ako zadovoljava uslov:

$$f(t) = f(t+T), \quad -\infty < t < +\infty, \quad T \text{ je perioda signala.}$$



Slika 3. Primjeri periodičnih signala: a) sinusni signal, b) povorka pravougaonih impulsa

Zahvaljujući mogućnosti potpunog analitičkog opisivanja determinističkih signala, analizom i proučavanjem njihovog prenosa dolazi se do fundamentalnih zaključaka koji se odnose na prenos slučajnih signala kroz različite telekomunikacione sisteme. Radi lakšeg proučavanja izobličenja koja se javljaju pri prenosu signala kroz neki sistem, potrebno je znati spektar signala (“oblik” signala u domenu učestanosti). U tu svrhu koristi se Fourier-ova analiza periodičnih signala, odnosno predstavljanje periodičnih funkcija preko Fourier-ovih redova oblika:

$$f(t) = F_0 + \sum_{n=1}^{\infty} 2|F_n| \cos(n\omega_0 t + \theta_n), \quad \omega_0 = 2\pi/T \text{ je osnovna kružna učestanost signala, a koeficijenti}$$

F_n se određuju na sledeći način:

$$F_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-jn\omega_0 t} dt$$

Amlitudski spektar neke periodične funkcije predstavlja moduo kompleksnog spektra, $|F_n|$. Za analizu oblika amplitudskog spektra različitih periodičnih funkcija, pogledati neku od Java aplikacija datih na sajtovima:

<http://www.falstad.com/fourier/index.html>

<http://www.jhu.edu/%7Esignals/fourier2/index.html>

Ukoliko se vrijednosti signala periodično ne ponavljaju, signal se smatra aperiodičnim. Aperiodični signal se ne može razviti u Fourier-ov red, pa se analiza aperiodičnog signala u domenu učestanosti obavlja pomoću Fourier-ovih integrala, čime se kompleksni spektar signala $f(t)$ dobija pomoću direktne Fourier-ove transformacije:

$$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

Kompleksna veličina $F(j\omega)$ se može napisati u obliku $F(j\omega) = |F(j\omega)| e^{j\theta(\omega)}$, gdje je $|F(j\omega)|$ spektralna gustina amplitude, a $\theta(\omega)$ spektralna gustina faza aperiodičnog signala $f(t)$. Za analizu

oblika spektralne gustine amplituda nekih karakterističnih aperiodičnih funkcija, pogledati Java aplikaciju datu na sajtu:

<http://www.jhu.edu/%7Esignals/ctftprops/indexCTFTprops.htm>

Svi realni signali, koji se prenose različitim telekomunikacionim sistemima imaju slučajan karakter. Međutim, neke osnovne karakteristike tih signala su određene statističkim putem, tako da su utvrđeni opsezi u kojima je koncentrisan najveći dio energije signala govora, muzike, video signala, itd.:

1. SIGNAL GOVORA

- Opseg učestanosti od 300Hz do 3400 Hz.
- Opsezi (300-2400)Hz i (300-2700)Hz primjenjuju se u vezama redukovano kvaliteta.

2. SIGNAL muzike

- Propisana potrebna širina opsega za prenos muzickog signala je 30-15000Hz.
- Postoje sistemi čija je širina opsega 50Hz-10 000Hz, ali je u njima kvalitet prenosa nešto niži

3. SIGNALI PODATAKA I TELEGRAFSKI SIGNALI

- Spektar je povezan sa brzinom signaliziranja.

4. TELEVIZIJSKI SIGNAL (SIGNAL POKRETNE SLIKE)

- Opseg koji zauzima video signal je od 10Hz do 5MHz

Osnovna uloga harmonijske analize determinističkih signala je da se vremenska funkcija, koja opisuje signal, predstavi u domenu učestanosti podesno izabranim parametrima kako bi se omogućilo proučavanje deformacija signala koje nastaju u njihovom prenosu telekomunikacionim sistemima. Te deformacije se mogu odrediti kada se zna u kakvom odnosu se nalaze izlazni i ulazni signal (pobuda i odziv mreže na tu pobudu).

Pri prenosu realnih signala kroz neki telekomunikacioni sistem dolazi do pojave različitih izobličenja signala:

- uslijed uticaja šuma,
- uslijed neidealne karakteristike prenosa sistema (amplitudska i fazna izobličenja) i
- uslijed nepoklapanja propusnog opsega sistema sa opsegom signala koji se prenosi.

Uticaj nepoklapanja propusnog opsega sistema sa opsegom signala koji se prenosi, za slučaj periodičnih signala može se ispitati pomoću Java aplikacije date na sajtu:

<http://www.falstad.com/fourier/index.html>