Univerzitet u Kragujevcu
Fakultet inženjerskih nauka

Seminarski rad iz predmeta
Digitalna obrada signala

Tema:
Jednostavan prenos digitalnog signala uz slabljenje i BER kriva

Studenti:
Nikola Mitrevski

Predmetni profesor:
Vladimir Milovanović

Kragujevac 2020.

SADRŽAJ:

1. UVOD

Tema seminarskog rada je prenos digitalnog signala preko kabla koji po prirodi sadrži šum. Kada se primi signal koji je prenesen preko kabla, on je zapravo modifikacija orginalnog signala koji sadrži prigušenje i šum.

Prigušenje se može popraviti pojačavanjem primljenog signala ali se time pojačava šum. Odnos izmedju signala i šuma predstavlja se pomoću defenicije SNR-a (signal noise ratio) koja uporedjuje nivo željenog signala sa nivoom pozadinskog šuma.

SNR je definisan kao odnos snage signala i snage šuma, često izražen u db.

$$\mathrm{SNR} = \frac{P_{\mathrm{signal}}}{P_{\mathrm{noise}}}$$

Pošto je digitalni signal sastavljen od niza bitova, kada se prenese može se utvrditi odnos greške bita (BER) koji je zapravo broj grešaka bitova po jedinici vremena, često se izražava u procentima.

Primer:

- Niz bitova koji prenosimo putem kabla:

  0 1 1 0 0 0 1 0 1 1

- Primljen niz bitova:

  0 <u>0</u> 1 0 <u>1</u> 0 1 0 <u>0</u> 1

Broj pogrešnih bitova (podvučeno) u ovom slučaju je tri. BER se dobija kao broj pogrešnih bitova podeljen sa ukupnim brojem prenesenih bitova.

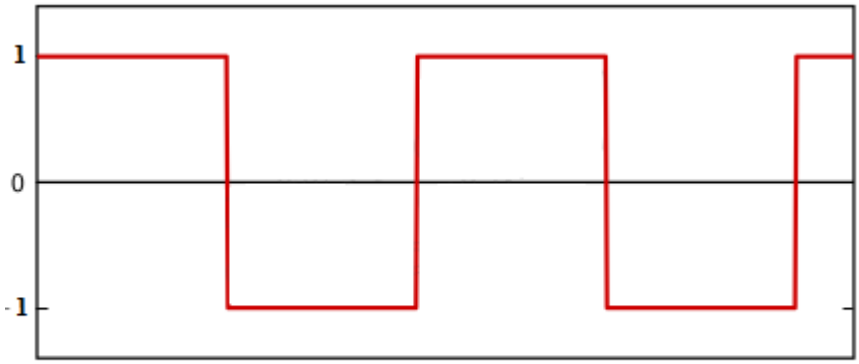
BER=3/10=0.3=30%

Naš zadatak je prikazati odnos izmedju SNR-a i BER-a koji će biti prikazan BPSK BER krivom.

Povećanjem SNR-a smanjuje se BER i obrnuto.

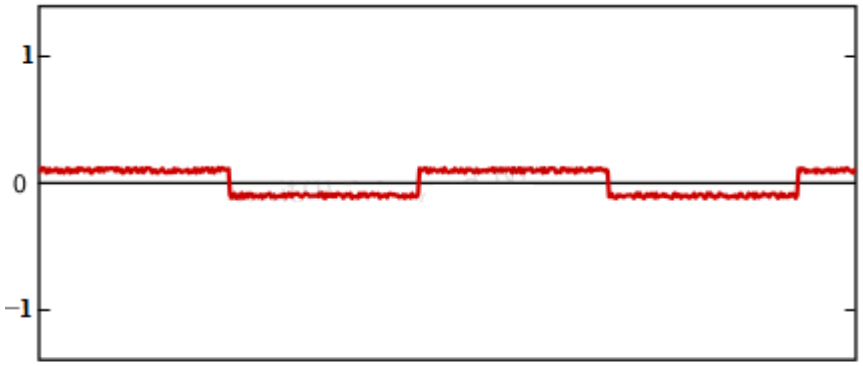
2. PROJEKTNI ZADATAK

Neka je dat signal *x*(t) koji se prenosi preko kabla od izvorišta do odredišta.



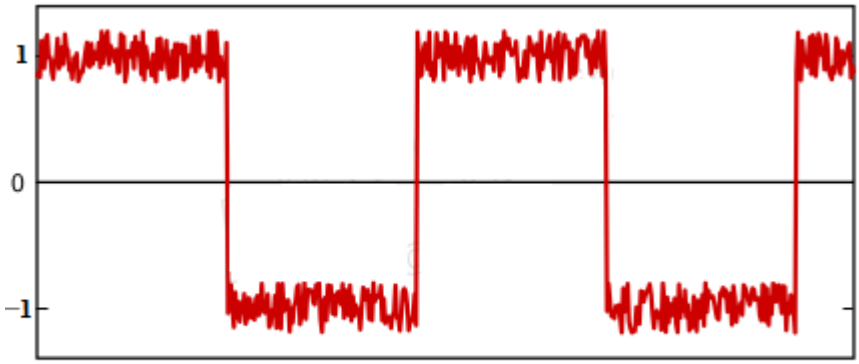
Slika 1. $x(t)$

Primljen signal je modifikacija orginalnog signala i on sadrži prigušenje(**G**) i šum(**σ(t)**).



Slika 2. $x(t)/G + \sigma(t)$

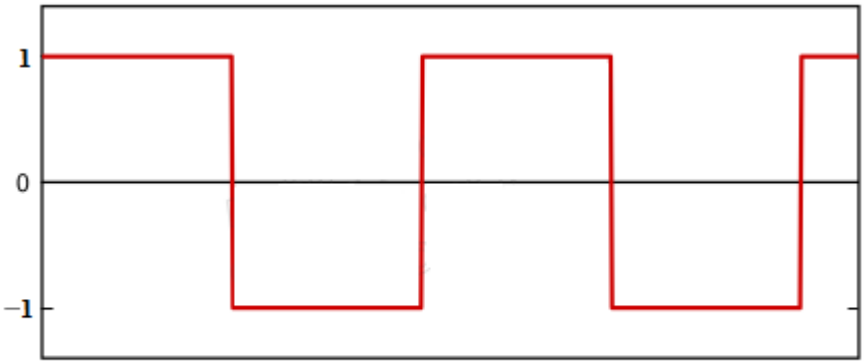
Prigušenje se može popraviti tako što se pojačava signal ali time se pojačava i šum.



$$G[x(t)/G + \sigma(t)] = x(t) + G\sigma(t)$$

Slika 3.

Pojačan šum se može korigovati tako što sve što je iznad 0V je 1V (logička 1), a sve što je ispod 0V je -1V (logička 0).



Slika 4.

$$\hat{x}_1(t) = G\text{sgn}[x(t) + G\sigma(t)]$$

Kako bi se opisale što bolje performanse digitalnog komunikacijskog sistema radi se veći broj iteracija, više puta se prenosi signal preko kabla kako bi se izračunala prosečna greška signala. Metod je poznat kao "Monte Carlo analiza" i uključuje slučajne brojeve.

Za računanje greške u svakoj iteraciji koristi se funkcija "error_calculation", ona radi sledeće:

- random generiše niz na opsegu [-1, 1], zatim od tog niza generiše digitalni(binarni) signal koji se prenosi, slika 1;
- random generiše šum;
- kada se primi digitalni signal, on izgleda ovako: primeljen_signal=orginalni_signal+pojačan_šum, slika 3;
- zatim se formira novi niz koji je sastavljen od orginalnog niza i modifikovanog niza;
- na kraju se formira suma u kojoj ulaze elementi novog niza i to je broj pogrešnih bitova koju funkcija vraća.

Nakon svake iteracije se čuva ukupan broj pogrešnih bitova od kojih kada se završi sa iteracijama formira se prosek pogrešnih bitova i onda se izračunava BER.

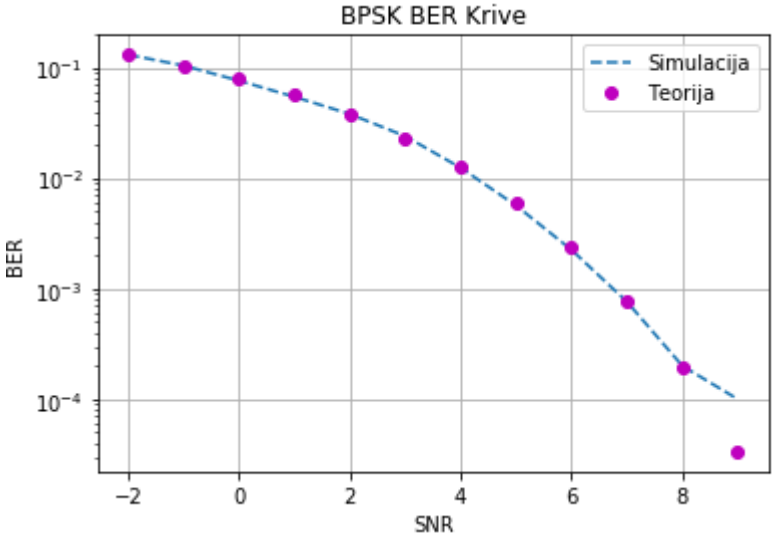
SNR predstavlja niz koji izgleda ovako: [-2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9] i on učestvuje u generisanju random šuma.

Kada je izračunat BER koji se dobija simulacijom, onda se računa teorijski BER koji se dobija preko formule.

Na kraju se na grafiku prikazuje odnos SNR-a i BER-a i za simulacijski deo i za teorijski deo.

Pr. 1 Neka su dati sledeći podaci:

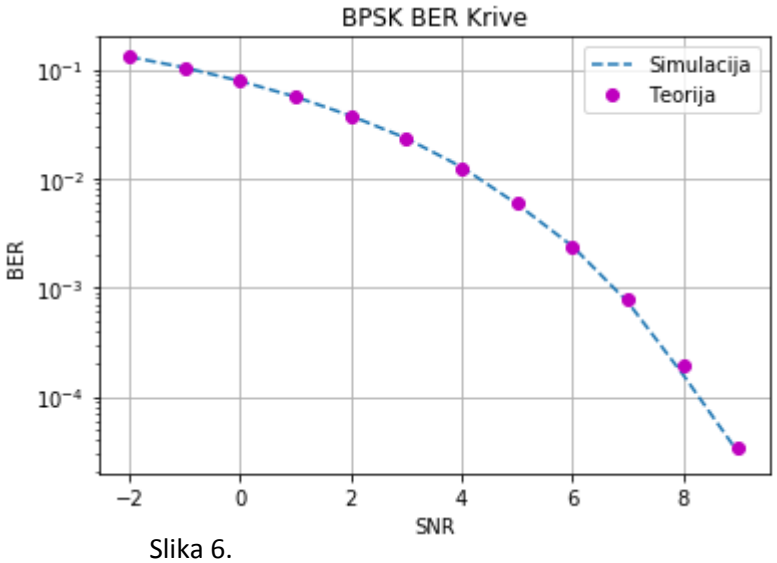
- ukupan broj bitova koji se prenosi: 10 000
- ukupan broj iteracija: 5



Slika 5.

Pr. 2 Neka su dati sledeći podaci:

- ukupan broj bitova koji se prenosi: 10 000
- ukupan broj iteracija: 30



Slika 6.

Ako se uporede slike(slika 5, slika 6), vidi se da veći broj iteracija daje precizniju grešku signala.

3. REALIZACIJA PROJEKTNOG ZADATAKA

Za realizaciju projektnog zadatka koristi se Jupyter notebook koji sadrži Python kod za obradu podataka i prikazivanje figura(npr. grafika).

Za instaliranje Jupyter notebook-a u Ubuntu Linux-u koristiti sledeće komande:

- za ažuriranje sistema:

  sudo apt-get update

- za nadogradnju sistema:

  sudo apt-get upgrade -y

- za instaliranje ipython-a:

  sudo apt-get install ipython3

- za instaliranje Jupyter notebook-a:

  pip3 install jupyter

- za pokretanje Jupyter notebook-a:

  jupyter notebook --allow-root

4. PRILOG KODOVI

```
import numpy as np
from scipy.special import erfc
import matplotlib.pyplot as plt

#------------------------------------------------------------------------------

def main():
  # ukupan broj bitova koji se prenose
  bit_length  = 10000
  # broj iteracija, promenljiva koja je potrebna za racunanje proseka greske
  iter_len = 30

  SNR_db = np.array(np.arange(-2, 10, 1),float)
  noise = np.zeros(len(SNR_db), float)
  error = np.zeros((iter_len, len(SNR_db)), float)

  for iter in range(iter_len):
    # svaki put se generise druga buka
    for i in range (len(noise)):
      noise[i]= 1/np.sqrt(2)*10**(-SNR_db[i]/20)
```

```
    # svaki put se racuna ukupan broj pogresnih bitova
    error_matrix =np.zeros(len(SNR_db), float)
    for i in range(len(noise)):
      error_matrix[i] = error_calculation(bit_length, noise[i])
    # svaki put se cuva ukupan broj pogresnih bitova
    error[iter]=error_matrix

  # prosek greske
  BER = error.sum(axis=0)/(iter_len*bit_length)

  # teoretska greska
  theoryBER = np.zeros(len(SNR_db),float)
  for i in range(len(SNR_db)):
    theoryBER[i] = 0.5*erfc(np.sqrt(10**(SNR_db[i]/10)))

  plt.semilogy(SNR_db, BER,'--')
  plt.semilogy(SNR_db, theoryBER, 'mo')
  plt.ylabel('BER')
  plt.xlabel('SNR')
  plt.title('BPSK BER Krive')
  plt.legend(['Simulacija', 'Teorija'], loc='upper right')
  plt.grid()

  # mogucnost cuvanja grafika
  ans = input("Da li zelite da sacuvate grafik(da/ne): ")
  if(ans == "da"):
    name_fig = input("Naziv grafika: ")
    plt.savefig("%s.png" %name_fig)
    print("Grafik sacuvan!")
  elif(ans == "ne"):
    plt.show()
  else:
    print("Pogresan unos!")

##############################################################################

def error_calculation(bit_length, noise_amp):
  # kreiranje niza (sadrzi random vrednosti izmedju -1 i 1, duzina bit_length)
  b = np.random.uniform(-1, 1, bit_length)

  # binarni signal generisan iz 'b'
  signal = np.zeros((bit_length), float)
  for i in range(len(b)):
    if b[i] < 0:
      signal[i]=-1
    else:
      signal[i]=1
  # signal se sastoji od niza sa elementima -1 i 1, ukupna duzina bit_length,
  # to je nas digitalni signal koji prenosimo
```

```
  # Gausov-a buka
  noise = np.random.randn(bit_length)

  # primeljen_signal=orginalni_signal+pojacana_buka
  rx_signal = signal + noise_amp*noise

  detected_signal = np.zeros((bit_length),float)
  for i in range(len(b)):
    if rx_signal[i] < 0:
      detected_signal[i]=-1
    else:
      detected_signal[i]=1
  # detected_signal se sastoji od niza sa elementima -1 i 1, ukupna duzina bit_length,
  # to je digitalni signal koji je primljen

  error_matrix = abs((detected_signal - signal)/2)

  # sabiramo sve elemente niza(dobijamo broj pogresnih bitova), jer je to potrebno za BER
  error = error_matrix.sum()
  return error

#############################################################################

main()
```

5. ZAKLJUČAK

Iz priloženog se vidi da nije moguće preneti nijedan signal bez neke njegove modifikacije u vidu dodavanja prigušenja i buke, zbog raznih efekata okruženja u realnosti prilikom prenosa signala.
Prigušenje se može popraviti pojačavanjem primljenog signala ali se time pojačava šum.
Pojačan šum se može korigovati tako što sve što je iznad 0V je 1V (logička 1), a sve što je ispod 0V je -1V (logička 0).
Odnos izmedju signala i šuma predstavlja se pomoću defenicije SNR-a.
SNR je definisan kao odnos snage signala i snage šuma, često izražen u db.
Pošto je digitalni signal sastavljen od niza bitova, kada se prenese može se utvrditi odnos greške bita(BER) koji je zapravo broj grešaka bitova po jedinici vremena, često se izražava u procentima.
Naš zadatak je bio prikazati odnos izmedju SNR-a i BER-a s naglaskom na izvršavanje simulacije i teorijskog računanja, što je i prikazano grafikom.

6. LITERATURA

https://www.youtube.com/watch?v=Yg9AkozItTU
https://www.coursera.org/learn/dsp/
https://en.wikipedia.org/wiki/Bit_error_rate
https://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise_ratio