

LUCRARE DE LABORATOR #3

- CANALE CONTINUE
- MEDII DE TRANSMITERE

1. CANALE CONTINUE

Fiind dat un amplificator se definește **amplificarea în putere**

$$G = 10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad [\text{dB}]$$

Dacă impedanța de intrare este egală cu impedanța de ieșire (din considerente istorice aceasta era 600 de ohmi - casca telefonica) se poate exprima amplificarea în tensiune .

$$G = 10 \log_{10} \left(\frac{u_{out}}{u_{in}} \right)^2 = 20 \log_{10} \frac{u_{out}}{u_{in}} \quad [\text{dB}]$$

În mod corect, aceasta presupune ca cele două impedanțe sunt egale. În practică, pentru amplificatoarele operationale actuale, această condiție nu mai este îndeplinită. Totuși este tolerată exprimarea amplificării în tensiune și în cazul în care cele două impedanțe nu sunt egale.

Formula Shannon pentru canale continue este valabilă numai pentru canale afectate de **zgomot gaussian alb**. Dacă canalul nu este perturbat de un zgomot gaussian alb teorema oferă o limită inferioară a performanțelor ce pot fi obținute. Mai precis , se poate afirma ca :

Dacă un codor/decodor conduce la o probabilitate de eroare pe un canal gaussian , atunci se poate proiecta un alt codor/decodor care pe un canal negaussian să conducă la o probabilitate a erorii mai mică decât aceea obținută pe canalul gaussian.

Trebuie făcută observația ca nu este indicată calea de proiectare a ansamblului codor/decodor care să permită obținerea acestei performanțe.

Problema 1

Să se calculeze capacitatea unui canal cu lățimea de bandă de 3 kHz și un raport $S/N=10^3$ la ieșirea din canal. Se presupune ca zgomotul este gaussian și alb.

Soluție

$$\begin{aligned} C &= B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 3 \cdot 10^3 \log_2 (1 + 1000) \approx 3 \cdot 10^3 \log_2 10^3 = 9 \cdot 10^3 (\log_2 5 + 1) = \\ &= 9 \cdot 10^3 (2,3 + 1) \approx 30 \text{ kbps} \end{aligned}$$

Observatii

(i) Capacitatea canalului obținută indică debitul de informație maxim care poate fi vehiculat prin canal pentru care este posibilă obținerea unei probabilități de eroare oricât de mică.

(ii) Parametrii menționați în problema anterioară sunt cei tipici pentru o linie telefonică uzuală prin care se obține în practică un debit de 9,6kbps (fără modulație prea sofisticată).

(iii) In mod uzual raportul semnal/zgomot este formulat in dB. In cazul de mai sus

$$\left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} = 30 \text{ dB}$$

Problema 2

Un monitor SVGA are o rezolutie 1024x768 la 60 Hz frecventa de cadru.

- (a) Sa se calculeze cantitatea de informatie monocroma dintr-un cadru.
- (b) Sa se calculeze cat dureaza transmiterea unui cadru pe un canal telefonic (3,1kHz la un S/N de 26 dB).
- (c) Sa se calculeze largimea de banda necesara transmiterii monocrome, cadru cu cadru.
- (d) Aceasi intrebare ca la punctul (a) daca insa se folosesc 16 culori.

Solutie

(a)

$$I_{\text{element}} = -\log_2 \frac{1}{2} = 1 \text{ bit}$$

$$I_{\text{cadru}} = n \cdot I_{\text{element}} = 786432 \text{ bit}$$

(b) $C = \frac{I_{\text{cadru}}}{t_{\text{cadru}}}$

$$t_{\text{cadru}} = \frac{I_{\text{cadru}}}{B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)}$$

Observatie

$$\left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} \Rightarrow \frac{S}{N} = 10^{\frac{\left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}}}{10}} \gg 1 \text{ (uzual)}$$

$$\text{deci } \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \approx \log_2 \frac{S}{N} = \log_2 10^{\frac{\left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}}}{10}} = \frac{1}{10} \cdot \left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}} \cdot \log_{10} = \frac{3,3}{10} \cdot \left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}}$$

$$\text{deci } \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) = 0,33 \cdot \left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}}$$

In problema

$$t_{\text{cadru}} = \frac{786432}{3,1 \cdot 10^3 \cdot 0,33 \cdot 26} = 29,5 \text{ secunde} \approx 30 \text{ secunde}$$

$$C' = B' \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

(c) $C' = \frac{I_{\text{cadru}}}{\tau_{\text{cadru}}} = I_{\text{cadru}} \cdot f_{\text{cadru}}$

$$B' = \frac{I_{\text{cadru}} \cdot f_{\text{cadru}}}{\log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)} = 5,4 \text{ MHz}$$

(d) $B'' = B' \cdot \log_2 16 = 4 \cdot B' = 21,6 \text{ MHz}$

2. MEDII DE TRANSMITERE

Performante uzuale sunt

fire torsadate : 300-1M bps

cablu coaxial : 1M-50M bps

fibre optice : aprox. 100M bps

Atenuarea pentru o linie terminata corect (prin impedanta caracteristica) se poate exprima prin relatia

$$10 \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) = -A \cdot l$$

unde A este atenuarea in dB/km

l este lungimea liniei in km

Se utilizeaza si exprimarea puterilor in dBm- decibel miliwatt.

$$[P]_{dBm} = 10 \log_{10} \frac{P}{10^{-3}}$$

unde P este puterea exprimata in watti.

Problema 3

Se considera un sistem de transmitere a datelor binare pe fibra optica. Emitatorul are un nivel de putere 0dBm, iar atenuarea este de 10 dB/km.

(a) Care este nivelul de putere la emisie in wati ?

(b) Care este distanta maxima la care se poate face transmiterea daca puterea minima necesara la receptie este de -20 dBm ?

(c) Care este banda necesara canalului la un debit de informatie de 2 Gbps iar S/N este de 30 dB ?

Solutie

(a)

$$[P_e]_{dBm} = 10 \log_{10} \frac{P_e}{10^{-3}}$$

$$P_e = 10^{\frac{[P_e]_{dBm}}{10}} \cdot 10^{-3} = 10^{\frac{[P_e]_{dBm}}{10} - 3} = 10^{-3} \text{ W} = 1 \text{ mW}$$

(b)

$$[P_{out}]_{dBm} = -20 \text{ dBm iar } A = 10 \text{ dB / km}$$

$$10 \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) = -A \cdot l$$

$$l = \frac{10 \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)}{-A} = \frac{1}{-A} \cdot 10 \log_{10} \frac{\frac{P_{out}}{10^{-3}}}{\frac{P_{in}}{10^{-3}}} = \frac{1}{-A} ([P]_{dBm} - [P_{in}]_{dBm})$$

$$\text{deci } l = \frac{1}{-A} ([P]_{dBm} - [P_{in}]_{dBm}) = \frac{1}{-10} (-20 - 0) = 2 \text{ km}$$

$$(c) \quad B = \frac{C}{0,33 \cdot \left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}}} = \frac{2 \cdot 10^9}{0,33 \cdot 30} \approx 2 \cdot 10^8 \text{ Hz} = 200 \text{ MHz}$$

Problema 4

Zgomotul masurat la iesirea dintr-un canal este -40 dBm. Atenuarea pe linie este de 3 dB/km. Datele sunt emise la -10 dBm.

(a) Determinati distanta maxima la care se poate face transmiterea, daca la receptie se impune un raport semnal/zgomot minim de 10 dB .

(b) Dar daca se impune o margine suplimentara de 6 dB ?

Solutie

(a)

$$\left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{S}{N} = [S]_{\text{dBm}} - [N]_{\text{dBm}}$$

$$l = \frac{1}{-A} ([S]_{\text{dBm}} - [P_{in}]_{\text{dBm}}) = \frac{1}{-A} \left(\left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}} + [N]_{\text{dBm}} - [P_{in}]_{\text{dBm}} \right) = \frac{1}{-3} (10 - 40 - (-10)) = \frac{20}{3} \approx 7 \text{ km}$$

$$(b) \quad l' = \frac{1}{-A} \left(\left[\frac{S}{N} \right]_{\text{dB}} + [M]_{\text{dB}} + [N]_{\text{dBm}} - [P_m]_{\text{dBm}} \right) = \frac{1}{-3} (10 + 6 - 40 - (-10)) = \frac{14}{3} \approx 5 \text{ km}$$