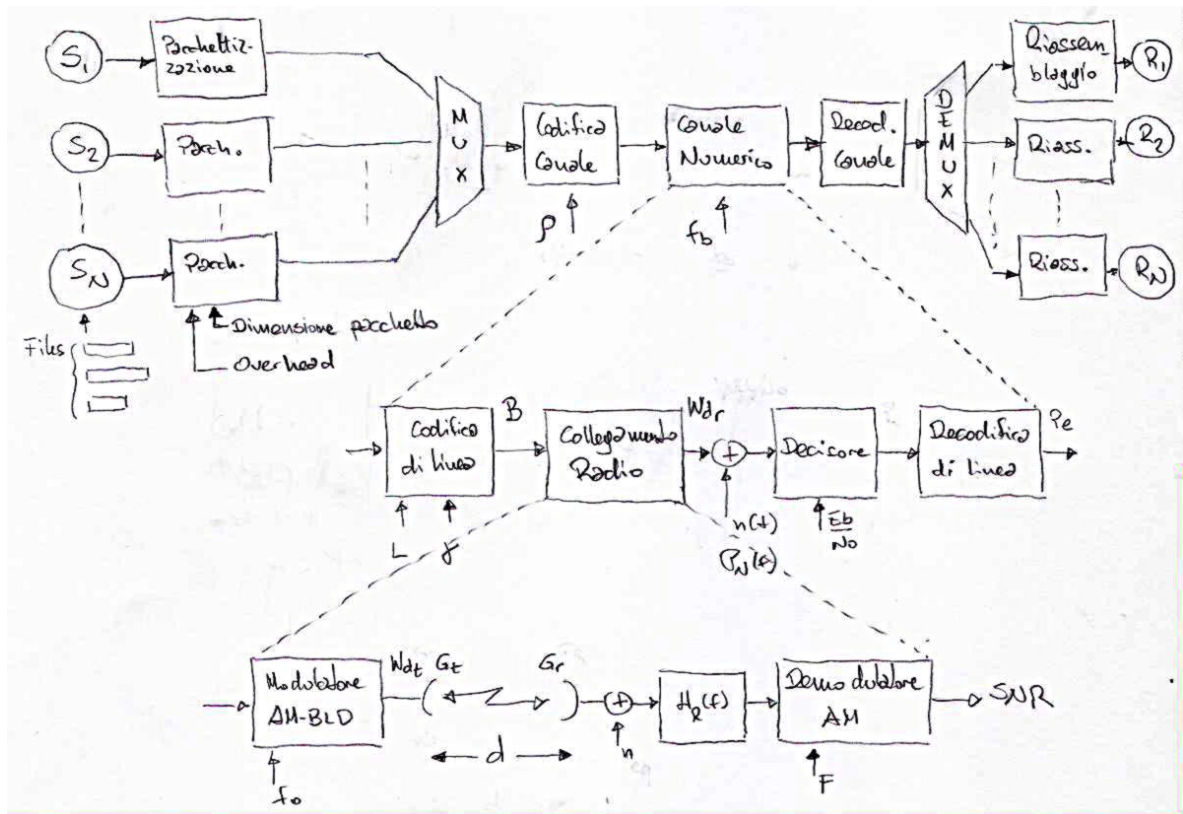


Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo

Prima Parte

Candidato: _____

- Descrivere il funzionamento ed i casi d'uso degli schemi di demodulazione di ampiezza
 - di involuppo
 - omodina
 - in fase e quadratura
 - eterodina
- Definire cosa si intende per potenza disponibile di un generatore
- Discutere delle cause di attenuazione supplementare che si possono verificare nel caso di un collegamento radio e delle conseguenti alterazioni del canale, anche in funzione di tempo e frequenza
- Descrivere la funzione del filtro di ricezione nel caso di trasmissioni analogiche e numeriche



Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo

Seconda Parte

Candidato: _____

Esercizio A $N = 100$ utenti Internet S_i desiderano trasmettere ad altrettanti corrispondenti R_i alcuni files multimediali di dimensione media pari a 3,5 Mbyte¹. L'interfaccia di rete di ogni utente genera pacchetti dati con dimensione di 1500 bytes, di cui 66 bytes costituiscono l'intestazione. Gli utenti sono tutti attestati su di un moltiplicatore che provvede a trasmettere a rotazione i pacchetti provenienti dalle diverse sorgenti, condividendo in modo equo la velocità $f_b = 110$ Mbps messa a disposizione da un canale numerico, al cui ingresso è posto uno stadio di codifica di canale che introduce una ridondanza del 10%. Trascurando le eventuali ritrasmissioni dei pacchetti, calcolare

1. quanti sono i bit di payload per ogni pacchetto
2. il numero di pacchetti necessari alla trasmissione di un file di dimensioni medie
3. il tempo necessario alla trasmissione di un file di dimensioni medie

Esercizio B Il canale numerico di cui al precedente esercizio opera in base ad uno stadio di codifica di linea che produce un segnale di banda base ad $L = 8$ livelli utilizzando un impulso dati di Nyquist a coseno rialzato con $\gamma = 0$ ed applicando la codifica di Gray. Tale segnale viene trasmesso su di un collegamento radio (analizzato al successivo esercizio), alla cui uscita è presente una densità di potenza di rumore $\mathcal{P}_n(f) = -121$ dBW/Hz. Considerando di ricevere una potenza di segnale $W_{dr} = 10$ mW, calcolare

4. la banda B occupata dal segnale dati di banda base
5. il valore di E_b/N_0 [dB] al punto di decisione
6. la probabilità di errore sul bit

Esercizio C Il collegamento radio di cui al precedente esercizio è realizzato mediante uno stadio di modulazione di ampiezza a banda laterale doppia e portante soppressa, con $f_0 = 20$ MHz, $G_t = G_r = 20$ dB, e portata $d = 100$ Km. Calcolare

7. l'SNR dopo demodulazione, a partire dai dati forniti per l'esercizio precedente
8. il fattore di rumore F_{dB} del demodulatore, considerando l'antenna ricevente a temperatura ambiente
9. la potenza W_{dT} che è necessario trasmettere

¹1Mbyte = 10^6 bytes

- (A)
- 1) $1500 - 66 = 1434$ bytes di payload $\times 8 = 11474$ bit/pacchetto
 - 2) $3,5 \cdot 10^6 \cdot 8 / 11474 = 2440,3$ pacchetti $\rightarrow 2441$
 - 3) in virtù della codifica di canale, per ogni k bit in ingresso ne vengono trasmessi $k+m$, essendo

$$\frac{m}{k} \cdot 100 = \beta = 10 \rightarrow \text{quindi}$$

$$m = \frac{10}{100} \cdot k = 0,1 \cdot k ; \quad m+k = 1,1 \cdot k$$

↑
bits dei pacchetti
pacchetti + ridondanza

per tanto della velocità f_b solo $\frac{f_b}{1,1}$ è dedicato al trasporto dell'informazione dei pacchetti; l'equivalente del moltiplicatore f_b si che ogni sorgente dispone quindi di $f_{bi} = \frac{f_b}{1,1 \cdot 100} = \frac{110 \cdot 10^6}{110} = 10^6$ bit/secondo.

2441 pacchetti corrispondono a $2441 \times 1500 \times 8 = 28,282 \cdot 10^3$ bit, che sono trasmessi in $\frac{28,282 \cdot 10^3}{10^6} \approx 28,3$ secondi

- (B)
- 4) l'uso di $L=8$ livelli corrisponde alla trasmissione di $M = \log_2 L = 3$ bit/simbolo, a cui corrisponde una frequenza di simbolo $f_s = \frac{f_b}{3} = \frac{110 \cdot 10^6}{3} \approx 36,67 \cdot 10^6$ simboli/secondo a cui corrisponde una occupazione di banda $\pm B = \pm (1+\gamma) \frac{f_s}{2} \approx 18,33$ MHz
 - 5) la potenza ricevuta W_{dr} si distribuisce sui f_b bit/sec, dando luogo ad un valore $E_b = \frac{W_{dr}}{f_b} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{110 \cdot 10^6} \approx 9,1 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-9} = 9,1 \cdot 10^{-11}$ Joule ≈ -100 dB_J mentre $N_0 = 2 \mathcal{P}_N(f) \rightarrow N_0 \text{ (dBW)} = 10 \log_{10} 2 + \mathcal{P}_N(f) \text{ [dBW/Hz]} = 3 - 121 = -118$ dBW/Hz e quindi $E_b/N_0 \text{ [dB]} = E_b \text{ [dB}_J\text{]} - N_0 \text{ [dBW]} = -100 + 118 = 18$ dB
 - 6) Dalle curve di P_e vs E_b/N_0 , si ricava che per $L=8$ livelli la P_e per bit (nelle ipotesi prese di $\gamma=0$ e cod. di Gray) risulta $P_e \approx 6 \cdot 10^{-7}$

- (C)
- 7) la potenza di rumore presente in ingresso al decisore si ottiene integrando $\mathcal{P}_N(f)$ sulla banda $\pm B$ occupata dal segnale dati, ovvero

$$W_{dr} \text{ [dBW]} = \mathcal{P}_N(f) \text{ [dBW/Hz]} + 10 \log_{10} (2B \text{ [Hz]}) = -121 + 3 + 10 \log_{10} 18,33 \cdot 10^6 = -118 + 22,63 = -95,37$$

$$= -118 + 22,63 = -95,37 \text{ dBW} \rightarrow W_{dr} \text{ [dBm]} = -15,37 \text{ dBm}$$
 per tanto $\text{SNR} = W_{dr} \text{ [dBm]} - W_{drN} \text{ [dBm]} = 10 + 15,37 = 25,37$ dB in quanto $10 \log_{10} 10 \text{ (mW)} = 10$ dBm
 - 8) il demod. di ampiezza non altera la densità di potenza del rumore, e non per un coefficiente proprio pari ad F , risolvendo $\mathcal{P}_{Nk}(f) = \frac{1}{2} k T_0 F$, già trovato pari a -121 dBW/Hz

$$\text{Quindi } F \text{ [dB]} = \mathcal{P}_{Nk}(f) \text{ [dBW/Hz]} + 10 \log_{10} 2 - k T_0 \text{ [dBW/Hz]} = -121 + 3 + 204 = 86 \text{ dB}$$
 - 8) $A_d = 32,4 + 20 \log_{10} f \text{ (MHz)} + 20 \log_{10} d \text{ (km)} - G_T - G_R = 32,4 + 20 \log_{10} 20 \cdot 10^6 + 20 \log_{10} 200 = 32,4 + 146 + 40 = 178,4$ dB

$$W_{dr} = W_{dr2} + A_d = 10 \text{ dBm} + 178 = 188 \text{ dBm} = 150 \text{ dBW} \rightarrow W_{dr} = 10^{15} \text{ W/Hz}$$

Si, è troppissimo!