



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni
COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 08/06/16

1) In un collegamento radio digitale con formato BPSK, l'equivalente in banda base del segnale trasmesso è

$$s(t) = \sum_i c_i g_T(t - iT)$$

dove i simboli c_i sono indipendenti ed equiprobabili e dove

$$g_T(t) = \frac{1}{\sqrt{T}} \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right)$$

Il canale di comunicazione ha risposta impulsiva

$$c(t) = \delta(t) + \delta(t - T)$$

con p variabile aleatoria uniformemente distribuita nell'intervallo $[0,1)$ e introduce rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza pari a $N_0/2$. Il segnale ricevuto è inviato nel filtro di ricezione adattato a quello di trasmissione ed è campionato agli istanti $t_k = kT$, ottenendo il segnale a tempo discreto $x(k)$.

i) Dimensionare un equalizzatore ZF ad infinite prese che riceva in ingresso i campioni in uscita dal filtro di ricezione.

ii) Determinare l'incremento di E_s/N_0 (essendo E_s l'energia media del simbolo ricevuto) necessario affinché la probabilità di fuori servizio rispetto ad un collegamento su canale AWGN sia del 25%.

2) Un collegamento dati digitale con formato 8PSK impiega un codice a blocco (6, 3) con matrice generatrice:

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Il canale di comunicazione introduce rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilaterale $N_0/2$.

i) Stimare mediante decodifica a sindrome la sequenza dei bit di informazione trasmessi quando all'uscita del campionatore si ha la seguente sequenza di campioni soft $[2.1-j1.2 \quad 2.0+j0.8]$.

ii) Calcolare un'approssimazione della probabilità

di errore nell'ipotesi in cui $E_s/N_0 = 10$ dB.

3) Un collegamento wireless impiega un segnale digitale di tipo OFDM con $N = 256$ sottoportanti di cui $N_v = 34$ virtuali. Il prefisso ciclico ha lunghezza $N_g = 32$. Per variare l'efficienza spettrale del collegamento, il trasmettitore può impiegare una costellazione a scelta tra 4-QAM, 16-QAM e 64-QAM.

i) Supponendo di utilizzare una modulazione 16-QAM sulle sottoportanti di indice $[17 \div 90]$, una 64-QAM sulle quelle di indice $[91 \div 164]$, ed infine una 4-QAM sulle rimanenti sottoportanti di indice $[165 \div 238]$, determinare l'efficienza spettrale del collegamento nell'ipotesi in cui la velocità di segnalazione su ciascuna sottoportante sia di 8 kBaud.

ii) Nell'ipotesi in cui l'energia media ricevuta per simbolo OFDM è pari a $E_{\text{OFDM}} = 4 \times 10^{-11}$ J, determinare la probabilità di errore sui bit di informazione sapendo che il canale di trasmissione introduce solo rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza $N_0/2 = 2.28 \cdot 10^{-14}$ W/Hz.

4) La tratta uplink di una rete UMTS (DS/SS BPSK) serve una popolazione di U utenti ciascuno con fattore di spreading $M = 64$ e codifica convoluzionale con constraint length $K = 7$ e tasso $r = 1/2$. Il controllo di potenza fa sì che i segnali siano ricevuti tutti con la stessa potenza. Il canale introduce inoltre rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza $N_0/2$. Trascurando il rumore termico e assumendo l'interferenza da accesso multiplo Gaussiana, determinare la probabilità di errore nell'ipotesi in cui $U = 32$.

Questo stesso testo si può trovare, insieme con gli altri temi d'esame di Comunicazioni Digitali sul sito Internet

<http://www.iet.unipi.it/m.luise/>

<http://www.iet.unipi.it/l.sanguinetti/>