



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni
COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 21/07/16

1) In un collegamento dati BSPK, l'equivalente in banda base del segnale trasmesso è

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

dove l'impulso di trasmissione è

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

Il canale di trasmissione introduce rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilaterale pari a $N_0/2$. Il segnale ricevuto è inviato al filtro di ricezione adattato a quello di trasmissione ed è campionato agli istanti $t_k = kT + T/4$. Calcolare la probabilità di errore sul simbolo c_i in funzione di E_s/N_0 (essendo E_s l'energia media di un simbolo ricevuto).

2) In un collegamento dati 4QAM, i bit di informazione sono protetti con un codice convoluzionale con constraint length $K = 3$, tasso $r = 1/3$ e generatori $\mathbf{g}_1 = [1 \ 1 \ 1]$, $\mathbf{g}_2 = [0 \ 0 \ 1]$, $\mathbf{g}_3 = [0 \ 1 \ 0]$. Eseguire la decodifica di Viterbi di tipo *hard* della sequenza dei bit di informazione trasmessi quando la sequenza dei campioni ricevuta è pari a $[2.1+j2, 0.5-j0.9, -1.7-j2.8, 0.1-j, -3.1+j2.1, -2.1-j2]$.

3) In un collegamento wireless digitale viene adottata una tecnologia OFDM con $N = 128$ sottoportanti di cui $N_v = 16$ virtuali, costellazione QPSK e un prefisso ciclico di $N_g = 24$ campioni. Il trasmettitore impiega su ciascuna sottoportante un codice a blocco $(4, 2)$ con matrice generatrice

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

i) Assumendo che il valore stimato della risposta in frequenza del canale su di una generica n -esima sottoportante sia costante e pari a $0.01 -j0.8$, ricavare mediante decodifica a sindrome il blocco di bit di informazione trasmesso quando il blocco di campioni consecutivi ricevuti sulla stessa n -esima sottoportante e inviati in ingresso ad un equalizza-

tore di tipo ZF sono i seguenti: $[1.9 +j3, -0.5 -j0.2, -2.2 -j0.9, 1.1 +j0.3, -1.1 -j2.2, -0.1 -j1.3]$;

ii) Nell'ipotesi in cui l'energia media per simbolo ricevuto sulla generica n -esima sottoportante sia pari a $E_s = 1.1 \times 10^{-13}$ J, determinare la probabilità di errore in uscita dal decodificatore sapendo che il canale di trasmissione introduce rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza $N_0/2 = 2.28 \times 10^{-14}$ W/Hz.

4) Una rete cellulare UMTS impiega una modulazione QPSK, codici di spreading di lunghezza $M = 256$. Il raggio di ciascuna cella è pari a 1,5 km e il numero di utenti attivi su tutta la cella è pari a $U = 128$. Il controllo di potenza fa sì che l'energia per simbolo ricevuta sia la stessa. Il rumore termico è trascurabile e l'interferenza da accesso multiplo è modellabile come una variabile aleatoria Gaussiana. Nell'ipotesi in cui gli utenti siano uniformemente distribuiti nell'area di copertura della cella, determinare il raggio della cella ('cell zooming') tale per cui la probabilità di errore è la stessa di un collegamento di tipo 16-QAM/TDMA con $E_b/N_0 = 10$ dB.

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/>