



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni
COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 28/07/14

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

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

dove il filtro di trasmissione ha risposta impulsiva

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

e dove i simboli c_i sono equiprobabili e appartengono ad una costellazione QPSK. Il canale di trasmissione ha risposta impulsiva

$$\alpha(t) = d(t) + \frac{1}{2} rd(t - T) + \frac{3}{2} rd(t - 2T)$$

con $0 < \rho < 1$, e introduce inoltre rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilatera pari a $N_0/2$. Il segnale ricevuto è inviato al filtro di ricezione adattato a quello di trasmissione, ed è campionato agli istanti $t_k = kT$. I campioni così ottenuti sono inviati ad un equalizzatore zero-forcing a tre prese $p(0)$, $p(1)$ e $p(2)$.

i) Dimensionare le prese dell'equalizzatore.

ii) Trascurando l'interferenza intersimbolica residua, calcolare la probabilità di errore all'uscita dell'equalizzatore in funzione del rapporto segnale rumore E_s/N_0 , dove E_s è l'energia media per simbolo ricevuto.

2) Un sistema di comunicazione digitale utilizza un codice a ripetizione di ordine N per trasmettere una sorgente digitale a_k senza memoria che assume i valori ± 1 . L'uscita del canale è del tipo

$$x(n) = b_n + w(n)$$

dove $w(n)$ è un disturbo Gaussiano a media nulla e varianza unitaria indipendente da b_n , e dove i b_n sono i simboli codificati come sopra. Determinare la strategia a massima verosimiglianza per la decodifica di un blocco di codice.

3) Un collegamento wireless impiega un segnale

digitale di tipo OFDM con $N = 256$ sottoportanti di cui $N_v = 32$ virtuali, e con un prefisso ciclico di lunghezza $N_g = 24$. Per aumentare l'efficienza spettrale del collegamento, il trasmettitore può impiegare una costellazione a scelta tra BPSK, 4-QAM, 16-QAM, 64-QAM.

i) Supponendo che si impieghi una modulazione BPSK sulle sottoportanti di indice $[16 \div 71]$, una 4QAM sulle quelle di indice $[72 \div 127]$, una 16QAM sulle quelle di indice $[128 \div 183]$ ed infine una 64-QAM sulle rimanenti sottoportanti di indice $[184 \div 239]$, determinare la banda del collegamento e il bit rate complessivo nell'ipotesi in cui la velocità di segnalazione su ciascuna sottoportante sia di 12 kbaud .

ii) Calcolare la probabilità di errore su canale AWGN nelle condizioni di massima e minima protezione dagli errori, in funzione del rapporto E_s/N_0 .

4) In una rete cellulare HSUPA con tecnologia DS/SS CDMA, il formato di modulazione è 16-QAM con fattore di spreading $M = 128$ e il tempo di chip è $R_c = 3.84 \text{ Mchip/s}$. Al trasmettitore si impiega un codice a blocco di tipo (6,3) con matrice generatrice

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

Trascurando il rumore termico e ritenendo l'interferenza all'interno della cella Gaussiana, determinare il numero massimo di utenti ammissibili con un requisito di qualità del servizio $\text{BER} = 10^{-3}$, nell'ipotesi in cui la stima dei bit trasmessi avvenga mediante decodifica a sindrome.

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/>