



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni
COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 09/09/15

1) In un demodulatore dati QPSK i campioni in uscita dal filtro ricezione al tempo $t = kT$ sono pari a

$$x(k) = \rho c_k + c_{k-2} + n(k)$$

dove $0 < \rho < 1$, c_k è il simbolo QPSK trasmesso al tempo kT mentre $n(k)$ è una variabile aleatoria Gaussiana complessa a media nulla e varianza $2N_0$. I campioni $x(k)$ sono inviati in ingresso ad un equalizzatore ad infinite prese.

- i) Dimensionare le prese dell'equalizzatore secondo il criterio zero-forcing.
- ii) Calcolare la probabilità di errore sui campioni in uscita dall'equalizzatore.

2) Un collegamento wireless impiega un segnale digitale di tipo OFDM con $N = 128$ sottoportanti di cui $N_v = 14$ virtuali, e con un prefisso ciclico di lunghezza $N_g = 24$. Per variare l'efficienza spettrale del collegamento, il trasmettitore può impiegare una costellazione a scelta tra 4-QAM, 16-QAM, 64-QAM.

- i) Supponendo che si impieghi una modulazione 4QAM sulle sottoportanti di indice $[7 \div 44]$, una 16QAM sulle quelle di indice $[45 \div 82]$, una 64QAM sulle quelle di indice $[83 \div 120]$, determinare la banda del collegamento e il bit rate complessivo nell'ipotesi in cui la velocità di segnalazione su ciascuna sottoportante sia di 8 kBaud .
- ii) Calcolare la probabilità di errore su canale AWGN nelle condizioni di *massima* e *minima* protezione dagli errori, in funzione del rapporto rapporto E_s/N_0 , ove E_s è l'energia *media* per simbolo di costellazione ricevuto.

3) In un collegamento radio BPSK il campione in uscita al filtro di ricezione all'istante $t_k = kT$ è pari a

$$x(k) = R c_k + w(k)$$

dove c_k è il simbolo trasmesso e $w(k)$ è rumore termico Gaussiano a media nulla e varianza $2N_0$. Il parametro di fading R è pari a $R = (\rho_1)^2 + (\rho_2)^2$ in cui ρ_1 e ρ_2 sono variabili aleatorie indipendenti ed

equidistribuite, che assumono i valori 0 e 1 con probabilità p e $1 - p$. Calcolare la probabilità di errore sul bit del collegamento.

4) In una rete cellulare HSUPA con tecnologia DS/SS CDMA, il formato di modulazione è 8PSK con fattore di spreading $M = 256$ 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, e sapendo che un quarto degli utenti della cella sono ricevuti con una potenza 3 dB superiore a quella degli altri.

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/>