



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni
COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 16/06/14

1) In un radiocollegamento digitale, l'equivalente in banda base del segnale trasmesso è

$$s(t) = \sum_k c_k g_T(t - kT)$$

dove i simboli c_k appartengono ad una costellazione 4-QAM con mappatura di Gray, e dove

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

Il canale di trasmissione ha risposta impulsiva equivalente in banda base

$$c(t) = \rho\delta(t) + (\rho - 1)\delta(t - T)$$

con $\rho > 1/2$, e il rumore di ricezione è modellato come un processo Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilatera pari a $N_0/2$. Il segnale ricevuto è inviato nel filtro di ricezione adattato all'impulso di trasmissione ed è campionato agli istanti $t_i = iT$, ottenendo il segnale a tempo discreto $x(i)$. I campioni così ottenuti vengono poi inviati ad un equalizzatore zero-forcing ad infinite prese.

- i) Dimensionare le prese dell'equalizzatore;
- ii) Calcolare la probabilità di errore in funzione di E_s/N_0 dove E_s è l'energia media del segnale ricevuto;
- iii) Determinare il valore di ρ per cui il sistema equalizzato ha una perdita di 6 dB rispetto alle prestazioni di una modulazione 4-QAM su canale AWGN non distorcente.

2) Nel ricevitore per una trasmissione dati BPSK su canale con fading, il campione all'istante $t_k = kT$ all'uscita del filtro adattato è pari a

$$x(k) = \sqrt{R}c(k) + n(k)$$

dove $c(k)$ è il simbolo trasmesso e $n(k)$ è rumore Gaussiano complesso a media nulla e varianza $2N_0$. Il parametro R è una variabile aleatoria con densità di probabilità esponenziale $f_R(\rho) = e^{-\rho}$ per $\rho > 0$ che modella il fading piatto.

i) Calcolare la probabilità di errore media del sistema in funzione di E_s/N_0 .

ii) Determinare la probabilità di fuori servizio rispetto ad un collegamento su canale AWGN sapendo che in presenza di fading il segnale viene trasmesso con una potenza maggiorata di 9 dB.

3) Un collegamento wireless impiega una tecnologia OFDM con $N = 216$ sottoportanti di cui $N_v = 24$ virtuali, modulazione 16-QAM con mappatura di Gray e codice convoluzionale con *rate* 1/2 e generatori (in ottale) pari a $g_0 = 5$ e $g_1 = 7$. Il canale di trasmissione ha un delay spread pari a 16 campioni e introduce rumore Gaussiano bianco.

i) Sapendo che l'efficienza spettrale del sistema è pari a $\eta = 0.5$ bit/s/Hz, dimensionare il prefisso ciclico necessario ad evitare interferenza tra simboli OFDM adiacenti e a rendere il sistema immune ad un errore di sincronismo temporale in modulo pari a $\theta = 2\mu\text{s}$.

ii) Determinare il tempo necessario a trasmettere 25 frame video di 1920x1080 pixel, nell'ipotesi in cui per trasmettere un pixel siano impiegati 24 bit.

4) Il downlink di una cella HSDPA (DS/SS 16-QAM) usa un fattore di spreading $M = 64$ e bit-rate pari a 120 kb/s. Improvvisamente, sulla frequenza portante appare una trasmissione non autorizzata di tipo 4-QAM con bit-rate pari a 15 kbit/s che impiega un impulso a radice di coseno rialzato con roll-off $\alpha = 0.35$ e un codice convoluzionale con tasso $r = 1/2$. Trascurando il rumore termico, determinare la probabilità di errore sul canale utile sapendo che il segnale non autorizzato è ricevuto con una potenza maggiore di 6 dB rispetto a quella del legittimo segnale UMTS/HSDPA.

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/>