



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni
COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 22/09/14

1) In un collegamento radio digitale con formato QPSK, 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

$$G_T(f) = \sqrt{\frac{T}{2}} \text{sinc}(fT)$$

Il canale di comunicazione ha risposta in frequenza

$$C(f) = \sqrt{2} + \rho e^{-j(6\pi fT + \varphi)}$$

con ρ parametro reale, e introduce rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza pari a $N_0/2$. Il filtro di ricezione ha poi risposta impulsiva pari a

$$G_R(f) = 2\sqrt{T} \text{sinc}(fT)$$

e la decisione sul simbolo c_i viene presa secondo la strategia a massima verosimiglianza.

i) Nell'ipotesi in cui $\varphi = \pi/4$, determinare la probabilità d'errore sul simbolo in funzione del rapporto E_s/N_0 , dove E_s è l'energia media per simbolo ricevuta;

ii) Posto $r = 1/\sqrt{2}$, determinare per quali valori di φ la probabilità di errore tende a zero al crescere di E_s/N_0 .

2) Un codice a protezione d'errore a blocco sistematico di tipo (5, 3) contiene le parole di codice $\mathbf{a}_1 = [0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$, $\mathbf{a}_2 = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1]$ e $\mathbf{a}_3 = [1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]$.

i) A partire da questa informazione, determinare la matrice generatrice \mathbf{G} e quella di controllo di parità \mathbf{H} del codice;

ii) Stimare mediante decodifica a sindrome il blocco di sorgente \mathbf{b} trasmesso quando all'uscita del decisore a soglia di canale si ha il vettore $\mathbf{d} = [1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1]$.

3) In un collegamento wireless digitale viene adottata una tecnologia OFDM con $N = 256$ sottoportanti di cui $N_v = 24$ virtuali, costellazione QPSK e

codice di canale convoluzionale con tasso $r = 1/2$ e constraint length $K = 7$.

i) Determinare l'efficienza spettrale del collegamento, nell'ipotesi in cui la spaziatura fra le sottoportanti sia pari a 125 kHz e il numero di campioni del prefisso ciclico sia pari ad $1/8$ dei campioni totali di un simbolo OFDM.

ii) Nell'ipotesi in cui la probabilità di errore richiesta sui bit di informazione in uscita dal decodificatore di Viterbi con ingresso soft sia 10^{-3} , determinare l'energia media ricevuta per simbolo OFDM sapendo che il canale di trasmissione introduce solo rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza $N_0/2 = 2.28 \cdot 10^{-14} \text{ V}^2/\text{Hz}$.

4) La tratta uplink di una rete UMTS (DS/SS BPSK) serve una popolazione di U utenti ciascuno con bit-rate pari a 40 kbit/s, fattore di spreading $M = 128$ e codifica convoluzionale con constraint length $K = 4$ e tasso $r = 2/3$. 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 $N_0/2$.

i) Trascurando il rumore termico e assumendo l'interferenza da accesso multiplo Gaussiana, determinare la probabilità di errore nell'ipotesi in cui $U = 32$.

ii) Rivedere il punto *i)* nell'ipotesi in cui sulla frequenza portante appaia un trasmissione BPSK non autorizzata con bit-rate 60 kbit/s che viene ricevuta con una potenza maggiore di 12 dB rispetto a quella dei segnali UMTS.

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/>