



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni
COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 13/01/16

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

$$G_T(f) = \sqrt{T} \operatorname{sinc}(fT)$$

Il canale di comunicazione ha risposta in frequenza

$$C(f) = 1 + \frac{r}{\sqrt{2}} e^{-j(2\rho\pi f + j)}$$

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

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

e la decisione sul simbolo c_i viene presa secondo la strategia a massima verosimiglianza. Il rumore è modellato come un processo Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilaterale pari a $N_0/2$. Nel ricevitore, il segnale in uscita dal filtro di ricezione è campionato agli istanti $t_k = kT$.

i) Dimensionare un equalizzatore ZF ad infinite prese che riceva in ingresso i campioni in uscita dal filtro di ricezione.

ii) Calcolare la probabilità di errore del sistema equalizzato in funzione di del rapporto E_s/N_0 (essendo E_s l'energia media del simbolo ricevuto).

2) Un codice a protezione d'errore a blocco sistematico di tipo (5, 3) contiene le parole di codice

$$\mathbf{a}_1 = [1\ 0\ 0\ 1\ 1], \mathbf{a}_2 = [0\ 1\ 1\ 0\ 1] \text{ e } \mathbf{a}_3 = [1\ 0\ 1\ 0\ 0]$$

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

ii) Nell'ipotesi in cui la stima dei simboli trasmessi avvenga mediante decodifica a sindrome, calcolare il peso massimo degli errori che il codice è in gra-

do di rivelare.

3) In un collegamento wireless digitale viene adottata una tecnologia OFDM con $N = 256$ sottoportanti di cui $N_v = 32$ virtuali, costellazione BPSK e codice di canale convoluzionale con tasso $r = 1/3$ e constraint length $K = 7$. Il prefisso ciclico è composto da 12 campioni. Nell'ipotesi in cui l'energia media ricevuta per simbolo OFDM è pari a $E_{OFDM} = 2 \times 10^{-11}$ J, determinare la probabilità di errore richiesta sui bit di informazione in uscita dal decodificatore di Viterbi con ingresso soft, sapendo che il canale di trasmissione introduce solo rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza $N_0/2 = 2.28 \cdot 10^{-14}$ W/Hz.

4) Un segnale DS/SS BPSK ha fattore di spreading $M = 8$ e usa il codice di spreading ottenuto dalla sesta riga della matrice di Walsh-Hadamard di ordine M . La velocità di chip è $R_c = 3.84$ Mchip/s, mentre il canale di comunicazione è del tipo multipath a due rami con risposta impulsiva

$$c(t) = \frac{1}{2} \delta(t - T_c) + \frac{1}{8} e^{j\pi} \delta(t - 4T_c)$$

Nell'ipotesi in cui il rumore di canale sia Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilaterale pari a $N_0/2$, calcolare la probabilità d'errore sul simbolo nel caso di ricevitore "rake" a due rami.

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/-](http://www.iet.unipi.it/l.sanguinetti/)