



1) Il ricevitore di un collegamento wireless BPSK con simboli indipendenti ed equiprobabili ha N rami in diversità. La variabile in uscita dall' n -esimo demodulatore coerente a filtro adattato all'istante di tempo k -esimo è

$$x_n(k) = \rho_n c(k) + w_n(k)$$

dove $w_n(k)$, $n=1, \dots, N$ sono variabili aleatorie Gaussiane indipendenti a media nulla e varianza N_0 . La variabile di decisione finale sul simbolo BPSK $c(k)$ è ottenuta semplicemente ricavando.

$$z(k) = \sum_{n=1}^N x_n(k)$$

Calcolare la probabilità di errore sul bit di informazione in funzione del rapporto E_b/N_0 nell'ipotesi in cui i coefficienti ρ_n siano variabili aleatorie indipendenti che assumono valori 0 e 1 con probabilità $1-p$ e p .

2) In una trasmissione su cavo in rame viene usata una tecnologia OFDM con $N = 128$ sottoportanti di cui $N_v = 16$ virtuali, con una modulazione 4-QAM a mappatura di Gray. Il canale di trasmissione ha un delay spread pari a 12 campioni e introduce rumore Gaussiano bianco. Il trasmettitore impiega su ciascuna sottoportante un codice a blocco (6, 2) con matrice generatrice

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

seguito da un codice a ripetizione con lunghezza di blocco $K = 3$ e decodifica a maggioranza. Assumendo che il valore stimato della risposta in frequenza del canale su di una generica n -esima sottoportante sia costante e pari a $1.3 - j0.5$, ricavare mediante decodifica a sindrome il blocco di bit di informazione trasmesso quando il blocco di campioni consecutivi ricevuti sulla stessa n -esima sottoportante e inviati in ingresso ad un equalizzatore di tipo ZF sono i seguenti:

$$[1.1 + j2.3, 1.4 - j0.6, 0.4 - j2.6, 2.1 + j1.3, 1.9 - j0.2, 0.1 - j1.6, 0.9 + j2, 0.7 - j0.6, 1.2 - j0.2]$$

3) Un canale downlink UMTS (DS/SS QPSK) con-

fattore di spreading $M = 128$ e bit-rate pari a 32 kb/s viene ricevuto con un rapporto E_s/N_0 pari a 20 dB. Improvvisamente, sulla frequenza portante appare una trasmissione non autorizzata di tipo BPSK con bit-rate pari a 60 kbit/s che viene ricevuta con una potenza di segnale maggiore di 9 dB rispetto a quella del segnale UMTS.

i) Determinare la probabilità di errore sul canale utile;

ii) Ripetere i) supponendo che l'interferenza sia in formato DS/SS QPSK con stesso chip-rate ma codice di spreading diverso da quello del canale utile.

4) In un collegamento dati BSPK, l'equivalente in banda base del segnale trasmesso è

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

dove l'impulso di trasmissione è

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

Il canale di trasmissione ha risposta impulsiva equivalente in banda base

$$c(t) = \rho \delta(t) + (1 - \rho) \delta(t - 2T)$$

con $1/2 < \rho < 1$ parametro reale, e introduce rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilaterale pari a $N_0/2$. Il segnale ricevuto è inviato nel filtro di ricezione adattato a quello di trasmissione ed è campionato agli istanti $t_k = kT$, ottenendo il segnale a tempo discreto $x(k)$.

i) Dimensionare un equalizzatore zero-forcing ad infinite prese che operi su $x(k)$ e calcolarne la probabilità di errore in funzione di E_s/N_0 , dove E_s è l'energia media ricevuta per simbolo di linea.

ii) Determinare il valore di ρ per cui il sistema equalizzato ha una perdita di 3 dB rispetto alle prestazioni di una modulazione BPSK su canale AWGN non distorcente.

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/>