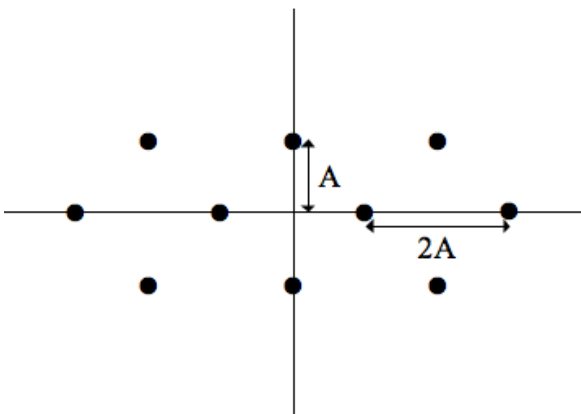




1) La costellazione rappresentata in figura viene adottata per un link wireless digitale su canale AWGN con densità spettrale di potenza bilatera  $N_0/2$ . Sapendo che i simboli sono indipendenti ed equiprobabili e il filtro di trasmissione e quello di ricezione sono entrambi a radice di coseno rialzato:

- i) determinare una maggiorazione della probabilità di errore sul simbolo;
- ii) determinare il valore numerico della maggiorazione trovata al punto i) nell'ipotesi in cui  $E_s/N_0 = 10$  dB, dove  $E_s$  è l'energia media per simbolo ricevuta.



2) In un collegamento wireless, il campione ricevuto agli istanti  $t_k = kT$  ha la seguente forma

$$x(k) = c(k) + \frac{3}{4}c(k-1) - \frac{1}{4}c(k-2) + n(k)$$

dove  $c(k)$  è il simbolo BPSK trasmesso al tempo  $t_k = kT$  e  $n(k)$  è rumore Gaussiano bianco con media nulla e varianza  $2N_0$ .

- i) Dimensionare l'equalizzatore zero-forcing a tre prese  $\{p_0, p_1, p_2\}$  che opera sui campioni  $x(k)$ .
- ii) Calcolare la probabilità di errore sui campioni in uscita dall'equalizzatore.

3) In una trasmissione su cavo in rame viene usata una tecnologia OFDM con  $N = 128$  sottoportanti di cui  $N_v = 16$  virtuali, e una modulazione 16QAM con mappatura di Gray. Il prefisso ciclico ha lunghezza  $N_g = 32$ . Il trasmettitore impiega su ciascuna sottoportante un codice a blocco (5, 2) con ma-

trice generatrice

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

Assumendo che il valore stimato della risposta in frequenza del canale su di una generica  $n$ -esima sottoportante sia costante e pari a  $3.2 - j1.7$ , 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:  $[1.1 - j1.9, -1.3 - j2, +4.7 + j3.6, 2 - j0.9, -3.6 - j2.6]$ .

4) Un segnale DS/SS 8PSK ha fattore di spreading  $M = 16$  e usa il codice di spreading ottenuto dalla quarta riga della matrice di Walsh-Hadamard di ordine  $M$ . La velocità di chip è  $1/T_c = 3.84$  Mchip/s, mentre il canale di comunicazione è del tipo multi-path a tre raggi con risposta impulsiva

$$\alpha(t) = d(t) - \frac{3}{4}d(t - 4T_c) + \frac{1}{4}d(t - 8T_c)$$

Nell'ipotesi in cui il rumore di canale sia Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilatera pari a  $N_0/2$ , calcolare la statistica di decisione in uscita nel caso di ricevitore "Rake" a tre 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/>