



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni  
**COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 28/06/17**

---

1) In un link digitale QPSK, il ricevitore ha tre rami in diversità che indichiamo con  $\delta = 1, 2, 3$ . Il campione I/Q ricevuto all'istante  $t_k = kT$  sul ramo numero  $\delta$  è pari a

$$x_\delta(k) = \rho_\delta c(k) + w_\delta(k)$$

dove  $c(k)$  è il simbolo trasmesso e  $w_\delta(k)$  è rumore Gaussiano complesso a media nulla e varianza  $2\sigma_w^2$ . I coefficienti  $\rho_\delta$  sono v.a. aleatorie indipendenti e identicamente distribuite,  $\Pr\{\rho_\delta = 0\} = 0.2$ ,  $\Pr\{\rho_\delta = 1/2\} = \Pr\{\rho_\delta = 1\} = 0.4$ .

Calcolare la probabilità di errore sul bit nei due casi in cui il ricevitore applichi i) la strategia di combinazione *a selezione*, e ii) la strategia *a massimo rapporto segnale-rumore*.

2) In un collegamento wireless viene utilizzata una tecnologia OFDM con  $N = 64$  sottoportanti di cui  $N_v = 8$  virtuali, modulazione BPSK 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 4 campioni e introduce rumore Gaussiano bianco.

i) Sapendo che l'efficienza spettrale del sistema è pari a  $\eta = 1$  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  $\theta = 1\mu s$ .

ii) Nell'ipotesi in cui *non ci siano errori di sincronismo temporale*, determinare la probabilità di fuori servizio (rispetto ad un collegamento su canale AWGN) su ciascuna sottoportante in uscita dal decodificatore soft di Viterbi, sapendo che la risposta in frequenza del canale su ciascuna sottoportante è modellabile come una variabile aleatoria complessa Gaussiana a media nulla e varianza unitaria.

3) Una cella UMTS serve in direzione uplink  $U$  utenti tutti con segnali di tipo 16-QAM. I vari segnali sono protetti dagli errori con un codice a ripe-

tizione con  $N = 3$  e decodifica a maggioranza. La velocità di chip è  $R_c = 3.84$  Mchip/s e il fattore di spreading è  $M = 256$ . Il controllo di potenza fa sì che i segnali siano ricevuti tutti con la stessa potenza. Alla stazione radio base il canale di comunicazione introduce rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilatera  $N_0/2$ . Ritenendo l'interferenza all'interno della cella Gaussiana, determinare la BER di un generico utente, nell'ipotesi in cui  $U = 8$  e  $E_s/N_0 = 10$  dB (essendo  $E_s$  l'energia media di un simbolo ricevuto).

---

*Questo stesso testo si può trovare, insieme con gli altri temi d'esame di Comunicazione Digitale, sui siti Internet*

<http://www.iet.unipi.it/m.luise/>

<http://www.iet.unipi.it/l.sanguinetti/>