



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni
COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 17/02/17

1) In un radiocollegamento digitale, l'equivalente in banda base del segnale trasmesso è

$$s(t) = \sum_k c_k g_T(t - kT)$$

dove i simboli di modulazione c_k sono del tipo

$$c_k = a_k + j2b_k$$

con a_k e $b_k \in \{-1, +1\}$ e 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

$$c(t) = \delta(t) + \delta(t - T)$$

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 all'impulso di trasmissione ed è campionato agli istanti $t_i = iT$, ottenendo il segnale a tempo discreto $x(i)$. Calcolare le probabilità di errore P_a e P_b sui flussi informativi a_k e b_k , rispettivamente.

2) In un collegamento dati QPSK il campione ricevuto all'istante $t_k = kT$ è pari a

$$x(k) = \rho c(k) + n(k)$$

dove $c(k)$ è il simbolo trasmesso e $n(k)$ è rumore termico Gaussiano a media nulla e varianza $2N_0$. Il parametro ρ è pari a ρ_i con

$$i = \arg \max_{n=1,2,\dots,N} |\rho_n|$$

e $|\rho_n|$ variabili aleatorie indipendenti di Rayleigh. Determinare il valore di N tale per cui la probabilità di fuori servizio rispetto ad un collegamento su canale AWGN è del 20%.

3) Un collegamento wireless impiega una tecnologia OFDM con $N = 216$ sottoportanti di cui $N_v = 24$ virtuali, modulazione 64-QAM con mappatura di Gray e codice convoluzionale con *rate* 1/2 e gene-

ratori (in ottale) pari a $g_0 = 5$ e $g_1 = 7$. Il canale di trasmissione ha un delay spread pari a 16 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 $\theta = 2\mu\text{s}$.

ii) Determinare il tempo necessario a trasmettere 50 frame video di 1920x1080 pixel, nell'ipotesi in cui per trasmettere un pixel siano impiegati 32 bit.

4) Una cella UMTS serve U utenti tutti con segnali di tipo BPSK con sagomatura a radice di coseno rialzato e fattore di roll-off 0.22. I vari segnali sono protetti dagli errori con un codice a ripetizione con $N = 3$ e decodifica a maggioranza. La velocità di chip è $R_c = 3.84$ Mchip/s e il fattore di spreading è $M = 128$. Il controllo di potenza fa sì che i segnali siano ricevuti tutti con la stessa potenza. Il canale di comunicazione introduce rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza bilaterale $N_0/2$. Trascurando il rumore termico e ritenendo l'interferenza all'interno della cella Gaussiana, determinare il numero massimo di utenti ammissibili con un requisito di qualità del servizio $\text{BER} = 3 \times 10^{-6}$

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/>