

# POLITECNICO DI TORINO

## ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

I SESSIONE - ANNO 2000

Ramo TELECOMUNICAZIONI

TEMA N.2

Lo sviluppo delle trasmissioni radio di dati e voce da e verso sistemi mobili è caratterizzato da profonde e rapide trasformazioni. La ricerca di soluzioni, pratiche, economicamente vantaggiose e funzionanti con una accettabile stabilità e qualità di servizio impone uno sfruttamento delle risorse trasmissive ai limiti imposti dalla teoria di Shannon. L'estensione dei servizi richiede, tra l'altro una maggiore disponibilità di banda per ottenere maggiori velocità di trasmissione. In questo scenario, si faccia riferimento ad un sistema di trasmissione mobile, con velocità di spostamento molto basse, le cui specifiche di progetto sono riportate in Tabella 1.

**Tabella 1**

Frequenza portante:	
Base a Mobile	900 MHz
Mobile a Base	950 MHz
Larghezza di banda del canale RF	400kHz
Numero del gruppo di utenti	10
Tipo di accesso al canale	TDMA
Modulatione numerica	$\pi/4 - QPSK$
Velocità di trasmissione netta per utente	64 kbit/sec
Lunghezza del pacchetto	800 bit
Ritardo massimo consentito per utente	50 msec
Header di pacchetto	24 bit

Si consideri l'ambiente operativo cui il sistema è destinato affetto dal solo rumore gaussiano bianco.

1. Progettare trasmettitore e ricevitore dal punto di vista sistemistico, (indicare schemi e potenza di trasmissione e regioni di decisione) considerando come unico disturbo

il rumore gaussiano bianco, con densità spettrale di potenza  $N_0 = 2.8 \cdot 10^{-8} W/Hz$ , e volendo che, dopo la rivelazione, la probabilità di errore sul bit non superi  $p = 10^{-4}$ . Per determinare la potenza in trasmissione si assuma che il raggio utile delle celle sia di  $500m$  e che i guadagni d'antenna siano  $G_{mob} = 2.5 dB$  e  $G_{fix} = 40 dB$ , rispettivamente per l'antenna mobile e per quella fissa.

2. Assumendo che il sistema di trasmissione sia quello determinato al punto 1, si sfrutti il margine di banda per trasmettere ad una velocità superiore per utente. Ipotizzando una equalizzazione perfetta, si utilizzi la maggiore velocità per impiegare codici correttori d'errore al fine di recuperare la probabilità di errore senza incrementare l'energia dei segnali da trasmettere. In particolare si utilizzi il codice di Golay (24, 12, 8) per proteggere i 24 bit di indirizzo del pacchetto, e calcolare la probabilità di errore residua osservando un decisivo incremento del throughput derivante dalla riduzione del numero di ritrasmissioni. Inoltre, si determini quale tra i seguenti codici permette di ottenere una probabilità di errore di  $10^{-6}$  sui bit di carico compatibilmente con il margine di velocità di trasmissione:

(a) codice di Hamming ( $2^m - 1, 2^m - m - 1, 3$ )

(b) codice BCH (31, 21, 5)

(c) codice BCH (63, 51, 5)

Per calcolare la probabilità di errore residua dopo la decodifica del codice di Golay si utilizzi la formula seguente

$$p_b \approx 1771p^4 - 21252p^5$$

Per i codici di Hamming si usi la formula

$$p_b = \frac{1}{2^m} \left\{ 1 + (2^m - 2)p - (1 - 2p)^{2^m - 1} [1 + 2(2^m - 2)(p - p^2)] \right\}$$

Per il codice BCH (31, 21, 5) si usi la formula

$$p_b \approx 555p^3 - 10670p^4$$

Per il codice BCH (63, 51, 5) si usi la formula

$$p_b \approx 2491p^3 - 102790p^4$$

ove  $p$  è la probabilità di errore sul bit in assenza di codifica.

3. Tenuto conto che sistemi di trasmissione di questo tipo debbono garantire accessi controllati e sicuri, descrivere un possibile protocollo in grado di assicurare l'autenticità dell'utente, la sua legittimità nonché la segretezza delle informazioni scambiate.

Per valutare la funzione d'errore *erfc* si consiglia di utilizzare la formula approssimata

$$\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{z}{\sqrt{2}} \right) = Q(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2}$$