

# POLITECNICO DI TORINO

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

I SESSIONE - ANNO 1996

Ramo TELECOMUNICAZIONI

TEMA N.2

Lo sviluppo di una normativa per trasmissioni radio di dati e voce da e verso sistemi mobili diretto dallo ETSI (European Telecommunications Standard Institute) ha portato alla definizione dello standard TETRA (Trans-European Trunked Radio) le cui specifiche di progetto sono riportate in Tabella 1.

**Tabella 1**

Frequenza portante:	
Base a Mobile	400 MHz
Mobile a Base	450 MHz
Larghezza di banda del canale RF	25kHz
Tipo di accesso al canale	FDMA
Tipo di accesso Multiutenza	CSMA
Modulatione numerica	$\pi/4 - QPSK$
Velocità di trasmissione	36 kbit/sec
Lunghezza del pacchetto	192 bit (corto) 384 bit (lungo)
Tipo di servizio (Service coverage)	European trunked radio
Tipo di copertura	Mobile

L'ambiente operativo cui questo standard è destinato, oltre al rumore gaussiano bianco, è affetto da disturbi dovuti a effetto Doppler lento e a shadowing, entrambi originati dalla velocità del mezzo mobile e dagli ostacoli variabili lungo il percorso.

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, la cui densità spettrale di potenza valga  $N_0 = 2.8 \cdot 10^{-8} W/Hz$ , e volendo che, dopo la rivelazione, la probabilità di errore sul bit non superi  $p = 10^{-6}$ . Per determinare la potenza in trasmissione si assuma che il raggio utile delle celle sia di  $150m$  e che i guadagni d'antenna siano  $G_{mob} = 1.5$  e  $G_{fix} = 50$ , rispettivamente per l'antenna mobile e per quella fissa.
2. Assumendo che il sistema di trasmissione sia quello determinato al punto 1, e che valgano le stesse ipotesi, ma con  $N_0 = 4.8 \cdot 10^{-8} W/Hz$ , si sfrutti il margine di banda al limite per trasmettere ad una velocità di  $50kbit/sec$ . 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, mentre si determini quale tra i seguenti codici permette di recuperare la probabilità di errore sul massimo numero di bit di carico compatibilmente con le 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. Facendo riferimento al medesimo sistema di trasmissione progettato al punto 1. e nelle stesse ipotesi, valutare la probabilità di errore risultante supponendo che il fading lento, dovuto ai vari disturbi non assimilabili a rumore gaussiano, abbia una distribuzione dei guadagni con densità di probabilità alla Rayleigh

$$f_{\eta}(x) = 2xe^{-x^2}$$

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

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