POLITECNICO DI TORINO

ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
II 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 ha portato alla definizione di svariati standard tra cui TETRA (Trans-European Trunked Radio) le cui specifiche progettuali 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	25 kHz
Tipo di accesso al canale	FDMA
Tipo di accesso Multiutenza	CSMA
Modulazione numerica	$\frac{\pi}{4}$−QPSK
Velocità di trasmissione	36 kbit/sec
Lunghezza del pacchetto	192 bit (corto)
	384 bit (lungo)

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.

Progettare, per lo standard TETRA, trasmettitore e ricevitore dal punto di vista sistemistico, discutendone le prestazioni sia in ambiente di solo rumore termico che con fading. In particolare:

1. Assumendo come unico disturbo rumore gaussiano bianco con densità spettrale di potenza $N_0 = 2.5\ 10^{-8} W/Hz$, indicare schemi, regioni di decisione e potenza di trasmissione necessaria per conseguire dopo la rivelazione una probabilità di errore p sul bit non superiore a 10^{-6}. Per determinare la potenza di trasmissione si assuma che il raggio utile delle celle sia di 150m e che i guadagni di antenna siano $G_{mob} = 1.2$ per l'antenna mobile e $G_{fix} = 50$ per quella fissa.

2. Considerando il sistema di trasmissione determinato al precedente punto 1, nelle stesse ipotesi, ma con $N_0 = 5\ \ 10^{-8} W/Hz$, si sfrutti il margine di banda al limite per trasmettere ad una velocità di 50 $kbit/sec$. Ipotizzando una equalizzazione perfetta, si utilizzi la maggiore velocità per impiegare codici correttori d'errore al fine di recuperare la probabilità di errore senza aumentare 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, ricordando che la probabilità di errore residua dopo la decodifica è con buona approssimazione data da
$$p_b \approx 1771p^4 - 21252p^5 + 102718p^6 - 118404p^7$$
Per proteggere i bit di carico si utilizzi un codice di Hamming $(2^m - 1,\ 2^m - m - 1, 3)$ la cui probabilità di errore dopo la decodifica è data dalla formula
$$p_b = \frac{1}{2^m}\left\{1 + (2^m - 2)p - (1 - 2p)^{2^{m-1}} - 1[1 + 2(2^m - 2)(p - p^2)]\right\}$$
Se la probabilità d'errore richiesta non è ottenibile anche con il codice di Hamming più corto, utilizzarne due concatenati, determinando la più favorevole combinazione di lunghezze calcolando la velocità netta di trasmissione dell'informazione utile risultante.

3. Facendo riferimento sempre al sistema di trasmissione progettato al punto 1, e nelle stesse ipotesi di rumore termico, ma supponendo la presenza di fading lento dovuto ai vari disturbi non assimilabili a rumore gaussiano, valutare la probabilità di errore risultante supponendo che tale fading abbia una distribuzione dei guadagni con densità di probabilità alla Rayleigh
$$f_\eta = 1.6xe^{-0.8x^2}$$

Per valutare la funzione $Erfc$ si consiglia di utilizzare la formula approssimata
$$\frac{1}{2}\mathrm{Erfc}\left(\frac{z}{\sqrt{2}}\right) = Q(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}z}e^{-z^2}$$