

**Titolo: Dimensionamento di un sistema radiomobile.**

Si consideri l'*uplink* (utente mobile  $\rightarrow$  stazione base) di un sistema radiomobile per telefonia a copertura cellulare esagonale operante con modalità di accesso di tipo TDMA. Il sistema si propone di offrire servizi telefonici al maggior numero possibile di utenti distribuiti sul territorio utilizzando la tecnica di riuso di frequenza su celle a distanza elevata al fine di sfruttare al massimo le limitate risorse di banda disponibili.

Le prestazioni di sistemi di questo tipo sono determinate dall'interferenza cocanale proveniente da celle operanti sulla stessa banda piuttosto che dal rumore termico o di altra natura. Siano queste le condizioni in cui opera il sistema in oggetto e si assuma di poter considerare l'interferenza come rumore gaussiano additivo bianco.

**Occupazione spettrale.** La banda complessiva allocata al sistema è  $W = 10$  MHz e ciascun utente necessita di  $R_u = 10$  kbit/s per la trasmissione del segnale vocale. Ogni *burst* TDMA contiene

- $N_s = 10$  slot utenti su ciascuno dei quali sono trasmessi  $L_s = 400$  bit codificati con un codice avente rate  $\rho_c$ ;
- $B_s = 1000$  bit di servizio.

La modulazione utilizzata dal sistema è di tipo GMSK con efficienza spettrale  $\rho_m = 1.5$  bit/s/Hz.

**Canale di trasmissione.** Il canale di trasmissione è affetto da *fading* (affievolimento) con distribuzione *log-normale* (ovvero il logaritmo dell'attenuazione di potenza ha distribuzione normale, ovvero gaussiana) dovuto alla presenza di ostacoli sul percorso di trasmissione del segnale. Complessivamente, l'attenuazione del segnale ricevuto sarà determinata dalla sovrapposizione di due termini:

- Una componente deterministica dipendente dalla distanza tra gli utenti mobili e la stazione base. L'attenuazione di potenza è proporzionale a  $d^p$  con  $p = 3.5$ .
- Una componente casuale con distribuzione log-normale che si può assumere costante sulla durata di ciascuno slot utente.

A completamento dei dati precedenti, si assuma che alla distanza  $d_0 = 500$  m il valor medio e la deviazione standard dell'attenuazione del segnale (in dB) siano pari a 20 dB e 8 dB, rispettivamente.

**Copertura cellulare.** La copertura esagonale è determinata dalla dimensione delle celle e dallo schema di riuso di frequenza. Si assuma che le celle (esagonali) abbiano raggio  $r_0 = 250$  m. Lo schema di riuso di frequenza è definito dal parametro  $K$  (fattore di riuso

di frequenza) che è noto poter assumere soltanto valori interi del tipo  $K = m^2 + mn + n^2$  per  $m, n$  interi non negativi. Di conseguenza, la distanza tra celle a cui è allocata la stessa banda di frequenza (co-celle) è pari a  $\sqrt{3K}r_0$ .

**Interferenza complessiva.** Si assuma che l'interferenza complessiva per ogni cella derivi dalla trasmissione di utenti collocati al centro delle 6 co-celle a distanza minima dalla cella stessa (detta di riferimento). Per semplicità di analisi, si assuma che le attenuazioni dei 6 interferenti siano uguali e indipendenti dall'attenuazione dell'utente di riferimento. L'utente di riferimento si trova in una delle seguenti posizioni:

- **Caso peggiore:** a bordo cella (distante  $r_0$  dalla stazione base a centro cella).
- **Caso intermedio:** a distanza  $r_0/2$  dal centro.

Si assume che tutti gli utenti del sistema trasmettano con la stessa potenza.

**Fuori servizio.** Il sistema va fuori servizio quando la capacità istantanea di Shannon (ovvero la capacità di Shannon intesa come variabile aleatoria dipendente dall'attenuazione casuale del canale) scende al di sotto della velocità di trasmissione richiesta.

**Protocollo di accesso.** Le chiamate telefoniche effettuate dagli utenti del sistema hanno distribuzione esponenziale delle durate. Essi accedono al sistema ad istanti di tempo casuali secondo un processo di Poisson (tempi di interarrivo esponenzialmente distribuiti). I canali liberi sono sempre disponibili agli utenti (non ci sono collisioni) e un utente è bloccato se e solo se tutti i canali del sistema sono occupati. Si assuma che ogni utente effettui in media una chiamata ogni 30 minuti di durata media pari a 5 minuti. La probabilità di blocco è data dalla formula Erlang-B qui riportata:

$$P_{\text{blocco}} = \frac{\lambda^N / N!}{\sum_{k=0}^N \lambda^k / k!}$$

in cui  $\lambda$  è il traffico totale offerto e  $N$  è il numero di canali disponibili.

Tenendo conto delle caratteristiche descritte del sistema:

1. Giustificare l'ipotesi gaussiana sull'interferenza dicendo se si tratta di ipotesi ottimistica o pessimistica.
2. Discutere la rilevanza e le caratteristiche del progetto dell'*uplink* sul sistema complessivo.
3. Discutere i criteri di progetto da utilizzare per un sistema radiomobile.
4. Determinare il numero di canali utente disponibili senza riuso di frequenza.
5. Supponendo di voler operare con una probabilità di fuori servizio dell'1%, determinare il *rate* del codice che raggiunge queste prestazioni nei due casi considerati di posizione dell'utente di riferimento.
6. Determinare la probabilità di blocco del sistema nelle condizioni al punto precedente.