

**Esame di stato per l'abilitazione all'esercizio della
professione di Ingegnere
I sessione – anno 2003**

Telecomunicazioni – tema 1

Si deve progettare un ponte radio punto-punto per collegare la sede centrale di un'azienda ad una sua succursale.

Il traffico da trasmettere è pari a 34 Mbit/s. La trasmissione è full-duplex a divisione di frequenza. Si suppone che i canali di trasmissione abbiano ampiezza totale pari a 25 MHz, nell'intervallo di frequenze 17.7/18.7 GHz per il downlink e 18.7/19.7 GHz per l'uplink (TX/RX spacing 1 GHz costante). Il collegamento è in piena vista. La distanza tra i due edifici è pari a 6 km. In trasmissione si usa un'antenna parabolica, con diametro 30 cm ed efficienza 0.5. La potenza trasmessa è pari a 17 dBm. Per il calcolo della potenza ricevuta, si considerino, oltre all'attenuazione di spazio libero, le perdite dovute alle attenuazioni atmosferiche (stimate nell'ordine di 0.6 dB), le perdite per pioggia (si utilizzi l'appendice A) e perdite aggiuntive dovute ai cavi (stimate nell'ordine di 2 dB). In ricezione, l'antenna è identica a quella di trasmissione. La cifra di rumore del ricevitore è pari a 13 dB. Per il calcolo della potenza di rumore si consideri in prima approssimazione il solo contributo della temperatura ambiente, pari a 300 K.

1. Si scelga la modulazione PSK di ordine minimo che consente la trasmissione all'interno dei canali a disposizione, nel caso di filtri di TX e RX uguali del tipo "radice di coseno rialzato" con coefficiente di roll off pari a 0.3.
2. Per verificare l'ipotesi che le caratteristiche del collegamento siano realmente del tipo line-of-sight, si calcoli il raggio del primo ellissoide di Fresnel (nel seguito, si consideri verificata questa ipotesi).
3. Si calcoli il rapporto E_b/N_0 in ricezione.
4. Si scriva l'espressione della probabilità di errore sul bit (Bit Error Rate, BER) della modulazione scelta e si calcoli il valore della BER corrispondente al valore di E_b/N_0 calcolato nel punto precedente. Si usi l'approssimazione:

$$\operatorname{erfc}(x) \approx \frac{1}{6} e^{-x^2} + \frac{1}{2} e^{-\frac{4}{3}x^2}$$

Poiché il traffico da trasmettere risulta prevalentemente costituito da filmati video la probabilità di errore sul bit richiesta è dell'ordine di $BER=10^{-10}$, e si pretende anche un margine di sicurezza dell'ordine di 3 dB. Per soddisfare questo requisito, si introduce una codifica di canale.

5. Si studi l'utilizzo di un codice binario con la stessa modulazione PSK di partenza. Si progettino il code-rate e la lunghezza della parola di codice nel caso di latenza massima punto-punto sopportabile dell'ordine di 180 μ s. [Opzionale: Si scelga un codice di Reed-Solomon coi parametri progettati e si calcoli la BER nelle condizioni di lavoro richieste, verificando se il vincolo $BER \leq 10^{-10}$ viene soddisfatto.]
6. Si consideri la possibilità di passare ad una modulazione di ordine superiore. Anche in questo caso, si scelga un codice da utilizzare e se ne calcolino il code-rate e la latenza introdotta.
7. Si discuta almeno uno dei due punti seguenti:
 - a. Procedure di posizionamento meccanico e puntamento delle antenne.
 - b. Normative da osservare in relazione all'esposizione da campi elettromagnetici in base alle normative vigenti.

I candidati tengano presente che, oltre alla correttezza dei risultati, verranno valutati *l'ordine e la chiarezza* dell'elaborato, indicatori essenziali della maturità professionale acquisita.

APPENDICE A

Dalle raccomandazioni ITU si evince che l'attenuazione per pioggia si stima in

$$\gamma = kR^\alpha \text{ [dB/km]}$$

dove

$$k = \frac{k_H + k_V + (k_H - k_V) \cos^2 \Theta \cos(2\tau)}{2}$$
$$\alpha = \frac{k_H \alpha_H + k_V \alpha_V + (k_H \alpha_H - k_V \alpha_V) \cos^2 \Theta \cos(2\tau)}{2k}$$

con

$$k_H = 0.0559$$

$$k_V = 0.0513$$

$$\alpha_H = 1.1265$$

$$\alpha_V = 1.0965$$

Θ e' l'angolo di elevazione tra le due antenne, supposto pari a 0

τ e' l'angolo relativo all'orizzonte della polarizzazione considerata

R è la quantità di pioggia corrispondente allo 0.01% di un anno climatico medio della zona di installazione, che in questo caso vale 32 mm/h.

(Per semplicità, si calcoli l'attenuazione per pioggia considerando la distanza totale di 6 km).