

---

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2018 – SEZIONE A

SETTORE INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA: TELECOMUNICAZIONI

---

Con riferimento ad un sistema radiomobile, si consideri il collegamento stazione base-terminale mobile in una singola cella. In particolare, la stazione base è dotata di un'antenna in trasmissione avente guadagno  $G_t = 20$  dBi, mentre il terminale mobile è equipaggiato con un'antenna di guadagno  $G_r = 1.5$  dBi. La sensibilità del ricevitore è di  $-124$  dBm e la frequenza operativa è pari a  $1.8$  MHz. Si assuma un canale di propagazione che presenti una attenuazione di tratta o path-loss (PL) descritto dalla formula

$$PL(\text{dB}) = 20 \log_{10} f + 10 \alpha \log_{10} d$$

dove  $f$  è la frequenza in MHz,  $\alpha$  è il coefficiente di path-loss ( $\alpha=4$  nell'ambiente in esame),  $d$  è la distanza in metri che separa la stazione base dal terminale mobile.

- 1) Si valuti l'attenuazione in spazio libero presente quando il terminale mobile si trova a una distanza di  $20$  km dalla stazione base.
- 2) Assumendo la presenza di un'attenuazione aggiuntiva di  $2$  dB per km a causa degli ostacoli presenti lungo la tratta stazione base-terminale mobile, si calcoli la potenza minima che deve trasmettere la stazione base affinché il raggio della cella sia di almeno  $20$  km.
- 3) Modellando ora il fenomeno del fuori servizio dovuto al Fading da cammini multipli mediante una variabile aleatoria con distribuzione esponenziale negativa descritta dalla seguente PDF

$$f(\gamma) = \frac{1}{2\sigma^2} e^{-\gamma/2\sigma^2} \quad (\text{per } \gamma > 0, 0 \text{ altrove})$$

Dove  $2\sigma^2$  rappresenta la potenza media ricevuta (da considerare pari a  $-100$  dBm) e  $\gamma$  rappresenta la soglia da considerarsi pari alla sensibilità del ricevitore. Si calcoli la CDF  $F(\gamma)$  e da essa la probabilità di fuori servizio.

Il candidato assuma ora che alla stazione base sia presente un modulatore FM con portante a frequenza  $f_0 = 20$  MHz che dispone di un canale per la trasmissione con banda  $B$  pari a  $220$  KHz. Al suo ingresso è presente un segnale audio con frequenza massima  $f_M = 10$  KHz e dinamica compresa nell'intervallo  $[-2, 2]$  Volt.

- 4) Si scelga la sensibilità in frequenza  $k_f$  in modo da garantire l'occupazione totale della banda disponibile da parte del segnale modulato  $s(t)$  all'uscita del modulatore FM.
- 5) Si scriva la funzione di trasferimento di un filtro passa-banda con banda  $B$  tale da amplificare il segnale modulato di  $3$  dB.

1/2

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

SECONDA SESSIONE 2018 – SEZIONE A

SETTORE INFORMAZIONE

PROVA PRATICA DI PROGETTAZIONE

TEMA: TELECOMUNICAZIONI

*M. C. ille*  
*[Signature]*

- 6) Il candidato progetti un sistema in grado di convertire in frequenza il segnale  $s(t)$  in modo che  $f_0$  passi da 20 MHz a 100 MHz.

Si consideri ora che sia presente alla stazione base una sorgente aleatoria tempo-discreta  $\{Z_n\}$  che genera simboli indipendenti con probabilità  $P(Z_n = 0) = 1/4$  e  $P(Z_n = 1) = 1/16$   $P(Z_n = 2) = 7/32$  e  $P(Z_n = 3) = 5/32$   $P(Z_n = 4) = 1/8$   $P(Z_n = 5) = 3/32$   $P(Z_n = 6) = 1/32$  e  $P(Z_n = 7) = 1/16$  con symbol-rate pari a 20 Ksym/sec. A tale sorgente viene poi applicata (mediante un codificatore di sorgente) la codifica di Huffman.

- 7) Il candidato determini la codifica binaria all'uscita del codificatore di sorgente.  
8) Il candidato determini la bit-rate media all'uscita del codificatore di sorgente.  
9) Si consideri ora di introdurre un codificatore di canale che aggiunge 12 bit di controllo ogni 120 bit di dati. Si determini la bit-rate in uscita del codificatore di canale.

Si ipotizzi infine che all'uscita del codificatore di canale, i simboli risultino essere binari indipendenti con probabilità  $P(Z_n = 0) = 1/4$  e  $P(Z_n = 1) = 3/4$ . A tale sorgente viene applicata ad un codificatore di linea di tipo bipolare, che genera in uscita il processo aleatorio  $\{B_n\}$ . Si risponda ai punti seguenti.

- 10) Si calcoli il valore medio statistico del processo aleatorio risultante  $\{B_n\}$  all'uscita del codificatore.  
11) Si calcoli la funzione di auto-correlazione statistica del processo aleatorio risultante  $\{B_n\}$  all'uscita del codificatore.  
12) Con riferimento ai punti precedenti, si valuti lo spettro di potenza del segnale PAM

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} B_n g(t - nT)$$

ottenuto a partire dalla sequenza  $\{B_n\}$  e dall'impulso:

$$g(t) = \text{rect} \left( \frac{t-T/4}{T/2} \right)$$

dove la funzione  $\text{rect}(z)$  è definita come:

$$\text{rect}(z) \triangleq \begin{cases} 1, & |z| < \frac{1}{2} \\ 0, & |z| > \frac{1}{2} \end{cases}$$

Si lasci indicato il parametro  $T$ .