

$$G_1 = 2 \text{ dB}$$

$$T_L = 298^\circ \text{K}$$

$$G_1 = 1,58$$

$$L_1 = 0,63$$

$$F_1 = 1 + \frac{T_L}{T_0} (L_1 - 1) = 0,62$$

$$F_2 = 9 \text{ dB}$$

$$G_2 = 10 \text{ dB}$$

$$F_2 = 7,94$$

$$G_2 = 10$$

$$G_3 = 3 \text{ dB}$$

$$F_3 = 2 \text{ dB}$$

$$G_3 = 2$$

$$F_3 = 1,58$$

$$T_e = 17^\circ \text{C} = 290^\circ \text{K}$$

$$T_e = T_0 (F_4 - 1) \Rightarrow F_4 = \frac{T_e}{T_0} + 1 = 2 \times 3 \text{ dB}$$

G_4 non è dato, lo considero 0 dB

$$G_{RX} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 = 2 + 10 + 3 + 0 = 15 \text{ dB}$$

$$F_{eq} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 G_2 G_3} = 0,62 + \frac{7,94 - 1}{1,58} + \frac{1,58 - 1}{1,58 \cdot 10} + \frac{2 - 1}{1,58 \cdot 10 \cdot 2} = 5,07 \approx 7 \text{ dB}$$

$$P_S = P_m + F + SIR$$

$$SIR = 3 \cdot \frac{\sqrt{3K}^\eta}{6}$$

$$K = i^2 + j^2 + i \cdot j = 4 + 0 + 0 = 4$$

$$\eta = \frac{44,9 - 6,55 \lg h_{te}^{25}}{10} = \frac{44,9 - 9,16}{10} = \frac{35,74}{10} \approx 3,6$$

$$SIR = \frac{(\sqrt{12})^{3,6}}{2} = 43,8 \approx 16,4 \text{ dB}$$

$$P_S = -121 + 7 + 16,4 = -97,6 \text{ dBm}$$

$$P_R = P_S - G_{RX} + M =$$

$$M = M_1 + M_2$$

$$= 33,53 \text{ dB}$$

$$M_1 \Rightarrow P_{out} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left[\frac{M_1}{\sqrt{2} \sigma_{dB}} \right] = 0,01 \Rightarrow M_1 \approx 13,53 \text{ dB}$$

$$M_2 \Rightarrow P_{out} = 1 - e^{-\frac{M_2}{10}} = 0,01 \Rightarrow M_2 \approx 20 \text{ dB}$$

$$P_R = P_S - G_{RX} + M = -97,6 - 15 + 33,53 = \approx -79,1 \text{ dBm}$$

$$P_R = EIRP - L_p \Rightarrow -79,1 = 45 + 15 - 139,1 - 9 \lg(d) \Rightarrow$$

potenza
ricevuta

L_p dB

per emittente

$$-139,1 = -139,1 - 9 \lg(d) \Rightarrow -9 \lg(d) = 0 \Rightarrow$$

$$d = 10^0 = 1 \text{ km}$$

(2)

$$A_{\text{CELLA}} = \frac{3}{2} \sqrt{3} d^2 = 2,59 \text{ km}^2$$

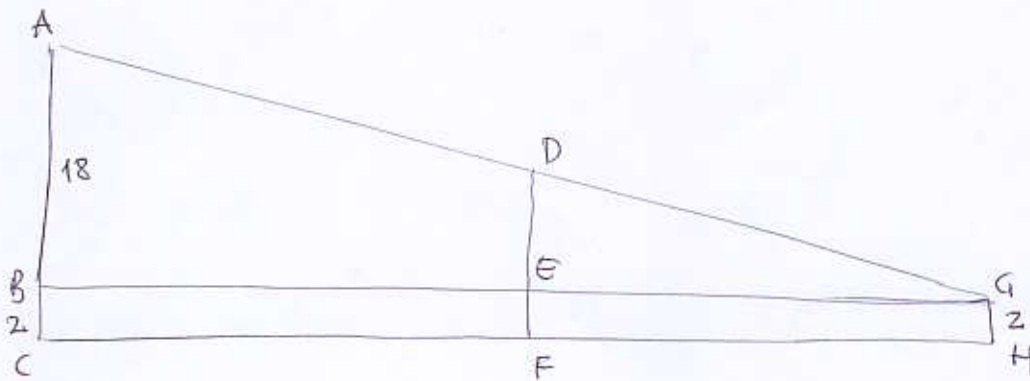
$$\frac{A}{A_{\text{CELLA}}} = \frac{100}{2,59} = 39 \text{ srt}$$

$$d_T = \frac{120.000 \cdot 0,025}{100} = 30 \text{ Erl/km}^2$$

$$C_{\text{SITO}} = 3 \cdot 16 = 48 \text{ canali}$$

$$\frac{C_{\text{SITO}}}{A_{\text{SITO}}} = \frac{48}{A_{\text{SITO}}} = 30 \text{ Erl/km}^2 \Rightarrow A_{\text{SITO}} = 1,6 \text{ km}^2$$

$$\frac{A_{\text{SITO}}}{A_{\text{SITO}}} = \frac{100}{1,6} \approx 63 \text{ srt}$$



$$AC = 20$$

$$CH = 2$$

$$CH = 1000$$

$$AG = \sqrt{18^2 + 1000^2} = 1000,16$$

$$DQ = 500,08$$

$$DE = \sqrt{500,08^2 - 500^2} = 8,94$$

$$DF = 10,94$$

$$h = 12$$

$$H = 12 - 10,94 = 1,06$$

$$b = \sqrt{\lambda \frac{2, \pi_2}{\pi_1 + \pi_2}} = 6,32$$

$$v = \sqrt{2} \frac{H}{b} = \sqrt{2} \frac{1,06}{6,32} = 0,24$$

$$A_{\text{diff}} \approx -8 \text{ dB}$$

$$A_{RIF} = 10 \lg_{10} \left[4 \sin^2 \left(\frac{2\pi h_t h_r}{\lambda d} \right) \right] = 20 \lg_{10} \left[2 \sin \left(\frac{2\pi h_t h_r}{\lambda d} \right) \right] =$$

$$= -25,22 \text{ dB}$$

$$[W/km^2] = \frac{H \cdot k \cdot C}{A_{TOT}} = \frac{10 \cdot 4 \cdot 48}{100} = \approx 20$$

$$H = \frac{A_{TOT}}{A_{CELLA} \cdot k} = \frac{100}{2,59 \cdot k} = 9,65 \approx 10$$

ESERCIZIO 2

In presenza di slow fading ($\sigma_{dB} = 6$) la potenza ricevuta a 600 metri dalla stazione base risulta di -61 dBm.

- Imponendo un margine di fading di 13 dB, determinare la probabilità di outage a bordo cella ed il raggio della cella.
- Determinare a quale distanza dalla stazione base la probabilità di outage risulta inferiore del 50% rispetto al valore di bordo cella.

Si assuma una potenza di soglia del ricevitore di -88 dBm ed un coefficiente di attenuazione pari a 4.6.

Svolgimento

Tenendo conto del fatto che

$$P_{out} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{M}{\sqrt{2} \cdot \sigma}\right)$$

è possibile determinare la P_{out} a bordo cella.

$$P_{out} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{13}{\sqrt{2} \cdot 6}\right) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(1.5321) = 1.524\%$$

Dal valore del margine di fading è possibile ricavare il valore della potenza ricevuta a bordo cella.

$$P(R) = M + P_{th} = 13 - 88 = -75 \text{ dBm}$$

Tenendo conto della potenza ricevuta a 600 metri, il raggio della cella risulta

$$R = 600 \cdot 10^{\frac{P(600) - P(R)}{10\eta}} = 600 \cdot 10^{\frac{-61 + 75}{46}} = 1209.2 \text{ m}$$

Per quanto riguarda, invece, la seconda parte occorre determinare la distanza dalla stazione base in corrispondenza della quale la probabilità di outage si dimezza, ossia risulta pari a 0.762%.

$$0.00762 = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{M'}{\sqrt{2}\sigma}\right) \Rightarrow 0.01524 = \operatorname{erfc}\left(\frac{M'}{\sqrt{2}\sigma}\right) \Rightarrow M' = \sqrt{2} \cdot 6 \cdot 1.715 = 14.55 \text{ dB}$$

Detta R' la distanza che si è interessati a calcolare, la potenza ricevuta a tale distanza risulta pari a

$$P(R') = M' + P_{th} = 14.55 - 88 = -73.45 \text{ dBm}$$

E' possibile a questo punto ricavare la distanza R' .

$$R' = 600 \cdot 10^{\frac{P(600) - P(R')}{10\eta}} = 600 \cdot 10^{\frac{-61 + 73.45}{46}} = 1118.93 \text{ m}$$

ESERCIZIO 3

La copertura di una rete cellulare è ottenuta con 36 frequenze (ciascuna avente 8 canali) e utilizzando antenne con apertura di 120°. In fase di progetto si è scelto di garantire un rapporto segnale/interferente (S/I) non inferiore a 16 dB. Risulta un coefficiente $\eta=3.7$.

Tenuto conto che in media ogni utente mobile effettua una chiamata ogni ora e che la durata media delle chiamate è di 2.5 minuti, determinare il numero massimo di utenti ammissibili per avere una probabilità di blocco delle chiamate minore o uguale al 2% (in ogni cella si consideri che un canale è dedicato a BCCH e SDCCH).

$$S/I=16 \text{ dB} \rightarrow 39.81=1/2 (3k)^{(3.7/2)} \rightarrow k > 3.55 = 4$$

$$\text{Frequenze per settore: } 36/4/3 = 3 \rightarrow 23 \text{ canali}$$

$$\text{Al 2\% blocco} \rightarrow A=15.760 \text{ erlang/settore}$$

$$A \geq 150 \text{ sec/call} * (1/3600) \text{ call/sec/user} * N \text{ user} \rightarrow N=378/\text{settore}$$