Zadaci za vježbu:

U jednom velikom zatvorenom prostoru dobivena su za određene udaljenosti razine prijemne snage koje su prikazane u tablici. Mjerenja su vršena na frekvenciji od 900 MHz. Neka je referentna udaljenost d_0 = 1m a faktor *K* se može odrediti iz Friisove formule za tu udaljenost.

Potrebno je odrediti:

a) Eksponent prigušenja koji će minimizirati srednju kvadratnu pogrešku mjernih rezultata u odnosu na pretpostavljeni model.

b) Prijemnu snagu na udaljenosti od 150 m uz odašiljačku snagu od 0 dBm.

d (m)	$1/L = P_{RX}/P_{TX}$ (dB)
10	-70
20	-75
50	-90
100	-110
300	-125

Rj:

a) Model s eksponentom prigušenja je:

$$L = K\left(\frac{d}{d_0}\right)^n \quad \left.(1/L)\right|_{\mathrm{dB}} = -\left.K\right|_{\mathrm{dB}} - 10\cdot n\cdot\log\left(\frac{d}{d_0}\right)$$

$$K = 20\cdot\log\left(\frac{4\pi d_0}{\lambda}\right) = 20\cdot\log\left(\frac{4\pi d_0 f}{c}\right) = 20\cdot\log\left(\frac{4\pi\cdot 1\cdot 9\cdot 10^8}{3\cdot 10^8}\right) = \underline{31{,}53\,\mathrm{dB}}$$

Potrebno je minimizirati razliku:

$$F(n)=\sum_{i=1}^{5}\left[L_{mj}(d_i)-L_{\text{mod}}(d_i)\right]^2$$

$$F(n)=\left[-70-(-31{,}53-10\cdot n\cdot\log\left(10\right)\right]^2+\left[-75-(-31{,}53-10\cdot n\cdot\log\left(20\right)\right]^2+$$

$$\left[-90-(-31{,}53-10\cdot n\cdot\log\left(50\right)\right]^2+\left[-110-(-31{,}53-10\cdot n\cdot\log\left(100\right)\right]^2+$$

$$\left[-125-(-31{,}53-10\cdot n\cdot\log\left(300\right)\right]^2=21682-11663\cdot n+1573\cdot n^2$$

$$\frac{\partial F(n)}{\partial n}=-11663+3146\cdot n=0\quad\rightarrow n=\frac{11663}{3146}=\underline{3{,}71}$$

b)

$$P_{RX}=P_{TX}-L=P_{TX}-\left[K\big|_{\text{dB}}+10\cdot n\cdot\log\left(\frac{d}{d_0}\right)\right]=0-31{,}53-37{,}1\cdot\log(150)=\underline{-112{,}26\text{ dBm}}$$

Može li se iz mjerenih podataka (tablica) procijeniti prigušenje za d=150 m?

Prigušenje staze u mobilnom sustavu može se modelirati preko jednostavnog modela eksponenta uz poznavanje referentnog prigušenja na udaljenosti 100 m od odašiljača. Frekvencija koju koristi sustav je 1000 MHz. Na rubu ćelije je dozvoljeno maksimalno prigušenje od 140 dB kao granična vrijednost za funkcioniranje mobilnih uređaja. Lokacijska nesigurnost je 8 dB a eksponent staze je 3,5. Potrebno je odrediti radijus ćelije za statistiku pouzdanog prijema od 90%. Vrijednost referentnog prigušenja izračunati koristeći Friisovu formulu!

Rj.

$$L_{maks}=140\text{ dB},\ n=3{,}5\quad f=1000\ \text{ MHz}\quad r_{ref}=100\text{ m}$$

$$L_{50}=L_{ref}+10n\log\left(\frac{r}{r_{ref}}\right)$$

$$L_{ref}=32{,}45+20\log\left(r_{ref}\right)\Big|_{km}+20\log\left(f\right)\Big|_{MHz}=$$

$$=32{,}45+20\log\left(0{,}1\right)\Big|_{km}+20\log\left(1000\right)\Big|_{MHz}=32{,}45-20+60=\underline{72{,}45\text{ dB}}$$

Iz jednadžbe za model prigušenja može se odrediti radijus ćelije R_{50}, tako da se umjesto L_{50} stavi L_{maks} - slučaj bez rezerve fedinga.

$$L_{maks} = L_{ref} + 10n\log\left(\frac{R_{50}}{r_{ref}}\right)$$

$$140 = 72{,}45 + 10 \cdot 3{,}5 \cdot \log\left(\frac{R_{50}}{100}\right)$$

$$\log\left(\frac{R_{50}}{100}\right) = 1{,}93$$

$$\frac{R_{50}}{100} = 10^{1{,}93} \rightarrow \underline{R_{50} = 8{,}5 \text{ km}}$$

Želi li se povoljnija statistika na rubu od 50%, mora se odrediti rezerva fedinga za 90% uspješnih veza tj. za 10% ispada.

Računa li se preko ispada veze, koristi se izraz

$$p_{out} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\text{erf}\left(\frac{M}{\sigma_L\sqrt{2}}\right)$$

$$0{,}1 = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\text{erf}\left(\frac{M}{8\sqrt{2}}\right) \rightarrow \text{erf}\left(\frac{M}{8\sqrt{2}}\right) = 0{,}8$$

Iz tablica se nađe argument koji je najbliži traženoj vrijednosti. To je 0,906.

$$\frac{M}{8\sqrt{2}} = 0{,}906 \rightarrow M = 0{,}906 \cdot 8 \cdot \sqrt{2} = \underline{10{,}25 \ \text{dB}}$$

Rezerva fedinga ukazuje na mjeru smanjenja maksimalno dozvoljenog prigušenja staze da bi se dobila tražena statistika. Prema tome:

$$L_{90} = L_{maks} - M = L_{ref} + 10n\log\left(\frac{R_{90}}{r_{ref}}\right)$$

$$140 - 10{,}25 = 72{,}45 + 10 \cdot 3{,}5 \cdot \log\left(\frac{R_{90}}{100}\right)$$

$$\log\left(\frac{R_{90}}{100}\right) = 1{,}64$$

$$\frac{R_{90}}{100} = 10^{1{,}64} \rightarrow \underline{R_{90} = 4{,}365 \text{ km}}$$