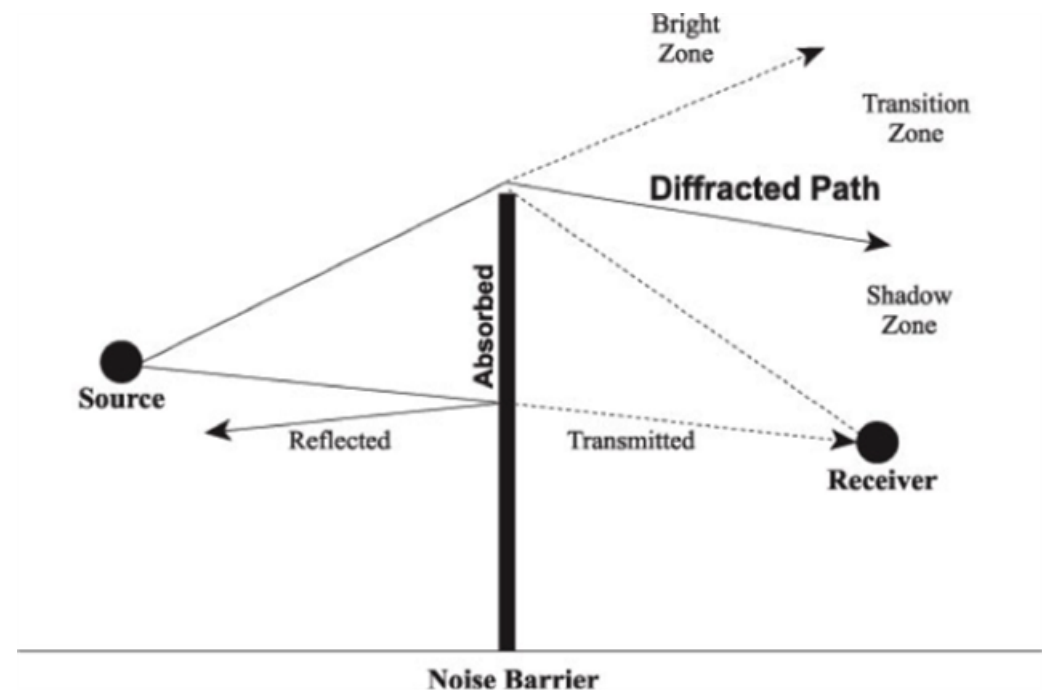


KARAKTERISTIKE PROSTIRANJA TALASA KOD MOBILNIH KOMUNIKACIJA

Prostiranje u slobodnom prostoru - uvek kao svetlost (pravolinijski)

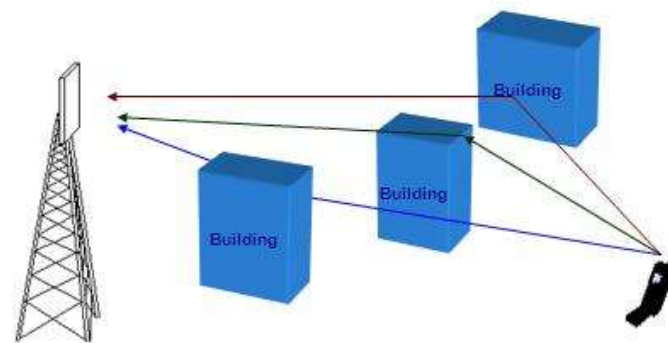
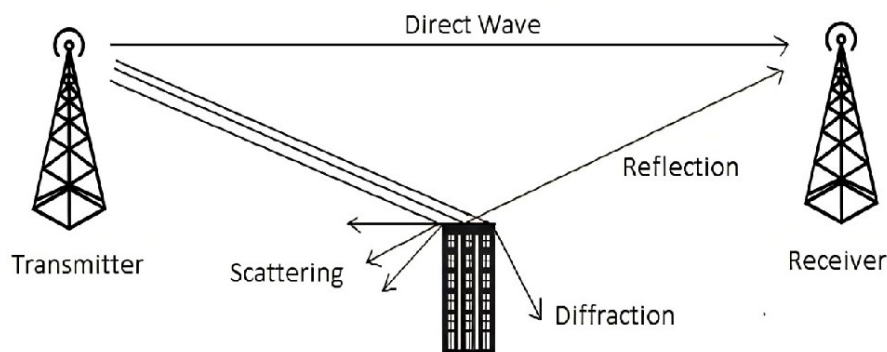
Efekti pri prostiranju:

- **Slabljenje** signala: snaga signala opada proporcionalno $1/d^2$ u vakuumu (d = rastojanje između pošiljaoca i primaoca)
- Na slabljenje snage u realnom okruženju dodatno utiče atmosfera
- Ekstremni slučaj slabljenja imamo kada se na putu radio signala nadje neka prepreka koja potpuno onemogućava prolaz direktnog signala. Tada imamo efekat **blokiranja** signala.



KARAKTERISTIKE PROSTIRANJA TALASA KOD MOBILNIH KOMUNIKACIJA

- **Refleksija** signala, koja nastupa u slučajevima kada je objekat veliki u odnosu na talasnu dužinu signala.
- Reflektovani signal je manje snage od originalnog, jer objekat apsorbuje deo snage.
- Refleksija može imati pozitivnu ulogu ukoliko ne postoji optička vidljivost izmedju predajnika i prijemnika. To je zapravo standardni slučaj transmisije u urbanim i brdskim sredinama. Signal se može više puta reflektovati dok dodje do prijemnika, a nakon svake refleksije sve je slabiji.



KARAKTERISTIKE PROSTIRANJA TALASA KOD MOBILNIH KOMUNIKACIJA

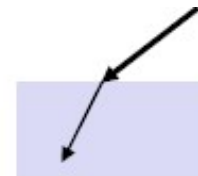
- U slučaju kada je veličina prepreke reda veličine talasne dužine signala, može doći do efekta pod nazivom **rasejanje**.
- Ovo je pojava da se dolazeći signal nakon nailaska na prepreku rasejava na više slabijih odlazećih signala.
- Ako imamo u vidu da je tipična talasna dužina kod današnjih mobilnih sistema reda veličine nekoliko decimetara, mnogi objekti u okruženju mogu izazvati ovaj efekat.
- **Difrakcija**: pojava da radio talasi nakon udara u neki objekat menjaju svoj pravac i nastavljaju dalje put pod nekim drugim uglom u odnosu na prvobitni pravac.
- **Prelamanje**: pri prelazi iz jedne u drugu sredinu u zavisnosti od gustine sredine dolazi do promene pravca



• Rasejanje



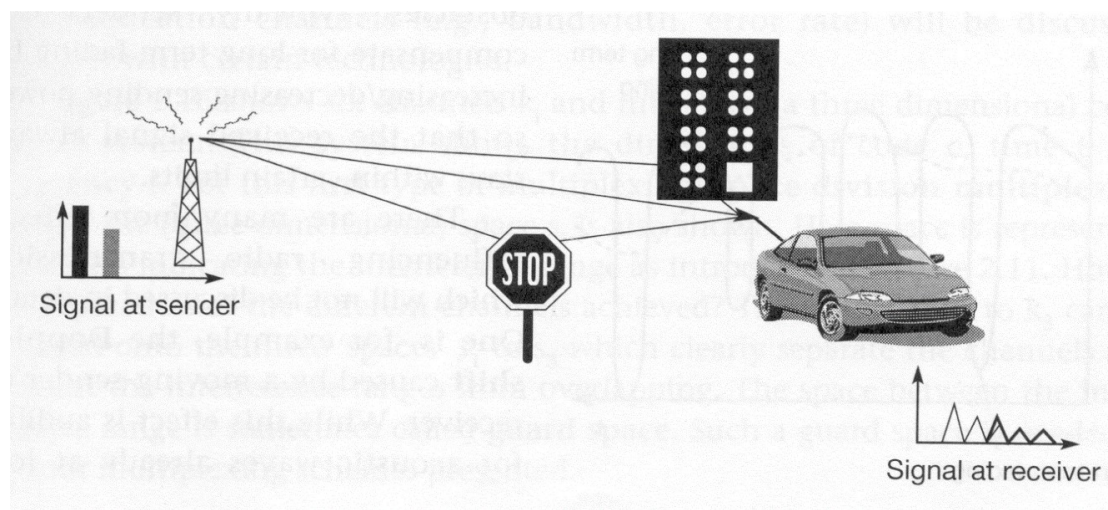
• Difrakcija



Prelamanje

KARAKTERISTIKE PROSTIRANJA TALASA KOD MOBILNIH KOMUNIKACIJA

- Kod mobilnih komunikacija često zajedno sa direktnim signalom do predajnika stižu i signali nastali usled gore navedenih efekata.
- Signali mogu putovati preko mnogo različitih putanja između pošiljaoca i primaoca, stići u različito vreme sa različitom jačinom signala kod primaoca.
- Ovakav način prostiranja poznat je kao **prostiranje po višestrukom putu** ili **višestruka propagacija**.

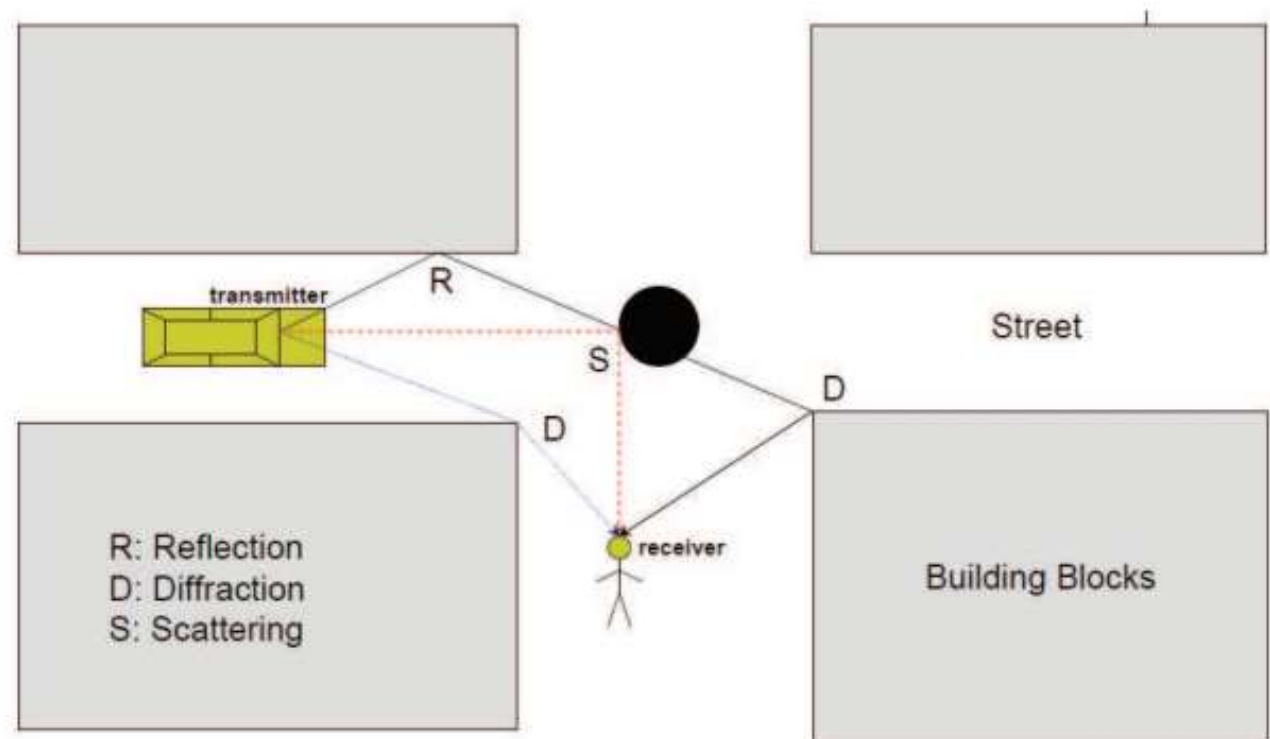


Osnovni mehanizmi prostiranja radio talasa

Osnovni mehanizmi prostiranja

Fizički mehanizmi koji utiču na prostiranje radio talasa su složeni i različite su prirode, ali se generalno uzimaju u obzir sledeća tri faktora:

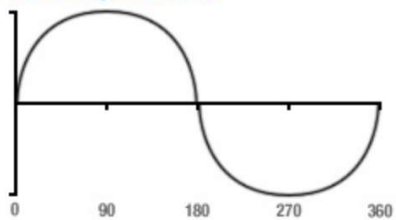
1. Refleksija
2. Difrakcija
3. Rasipanje



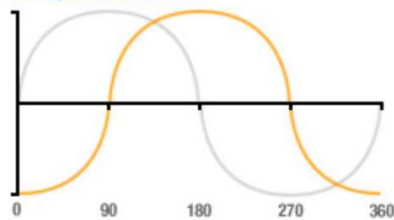
Osnovni mehanizmi prostiranja radio talasa

1. Refleksija nastaje kada talasi **nađu na prepreku** koja je mnogo veća u poređenju sa talasnom dužinom signala. Primer: refleksije sa zemlje i zgrada. Refleksije mogu da interaguju sa originalnim signalom **konstruktivno** ili **destruktivno**. Pri interakciji reflektovanog sa originalnim talasom dolazi do interferencije. Obzirom da reflektovani talas prelazi drugačiji put od originalnog talasa velika je verovatnoća da se faze talasa razlikuju tj da postoji fazna razlika. U zavisnosti od fazne razlike zbirni talas može biti većeg (konstruktivno dejstvo) ili manjeg (destruktivno dejstvo) intenziteta.

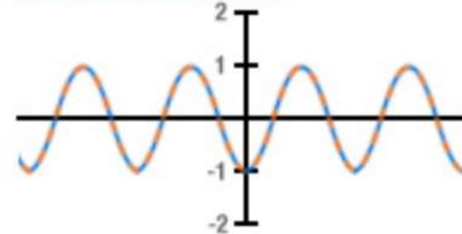
0 or 360 degrees In-Phase



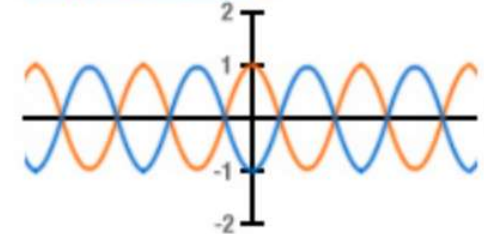
90 degrees Out-of-Phase



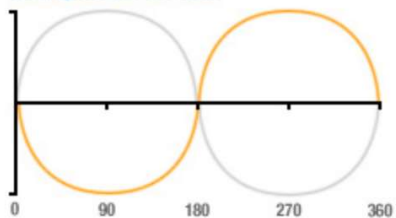
Complete Construction



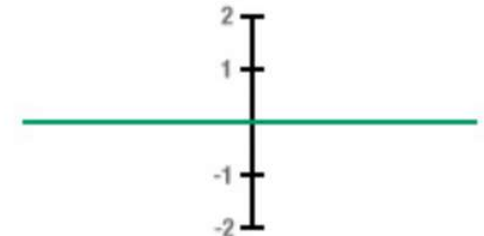
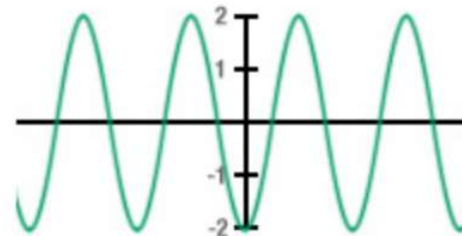
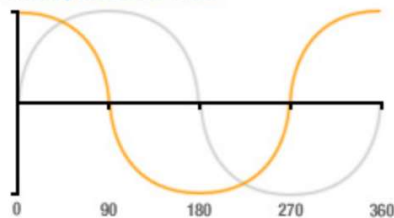
Complete Destruction



180 degrees Out-of-Phase



270 degrees Out-of-Phase



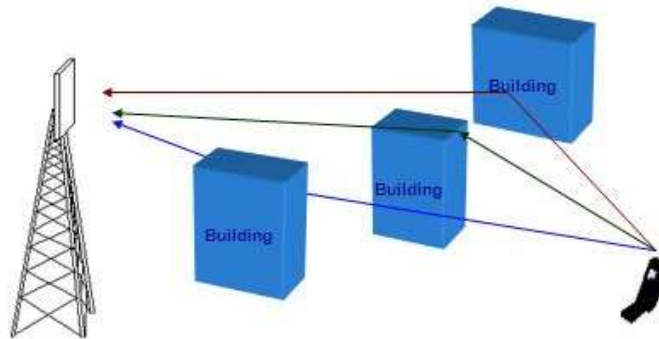
Osnovni mehanizmi prostiranja radio talasa

2. **Difrakcija** se javlja kada **talas naiđe** na, za talase, “neprobojno” **telo sa oštrim** neravninama (**ivicama**). Tom prilikom dolazi do promene pravca prostiranja talasa.

3. **Rasipanje** se javlja kada radio signal nailazi na **objekte čije su veličine reda veličine talasne dužine** ili manje i takođe kada je broj prepreka velik. Neke karakteristike:

- Proizvode ih mali predmeti, grube površine i druge nepravilnosti
- Važe isti principi kao za difrakciju iako su suštinski različite pojave
- Uzrokuje da se energija predajnika emituje u više pravca koji imaju manju energiju
- Stubovi za rasvetu, lišće, ulični znakovi mogu izazvati rasipanje

Ovim pojavama se objašnjava kako **radio signali mogu da se prostiru** u urbanim i ruralnim sredinama u uslovima gde **ne postoji optička vidljivost** između predajnika i prijemnika. Iako pri svakoj interakciji sa objektima iz sredine dolazi do slabljenja talasa (jer deo energije biva apsorbovan) ove pojave su korisne za prenos signala u uslovima bez optičke vidljivosti.



Osnovni mehanizmi prostiranja radio talasa

Model **refleksije od tla** (Two ray model)

Direktno prostiranje između bazne stanice i mobilnog telefona je u realnosti retka pojava.

Model refleksije od tla je koristan model propagacije koji se zasniva na geometrijskoj optici, a uzima u obzir putanju direktnog i talasa reflektovanog od zemlje između predajnika i prijemnika.

Ovaj model ima prihvatljivu tačnost pri računanju (proceni) snage signala kako kod prenosa većih razmera na udaljenostima od nekoliko kilometara za mobilne radio sisteme koji koriste antene na velikim visinama (visine preko 50m), tako i kod mikroćelijskih prenosa u urbanim sredinama u slučaju optičke vidljivosti (tzv. LOS (Line Of Sight) prenos).

U većini mobilnih komunikacionih sistema, maksimalna T-R udaljenost je svega nekoliko desetina kilometara, a takođe se za potrebe modelovanja može pretpostaviti da je zemljina površina ravna.

Ukupno primljeno E-polje (E_{TOT}) je rezultat superpozicije direktne LOS komponente (E_{LOS}) i komponente koja se odbija od zemlje (E_g).

h_t je visina predajnika,

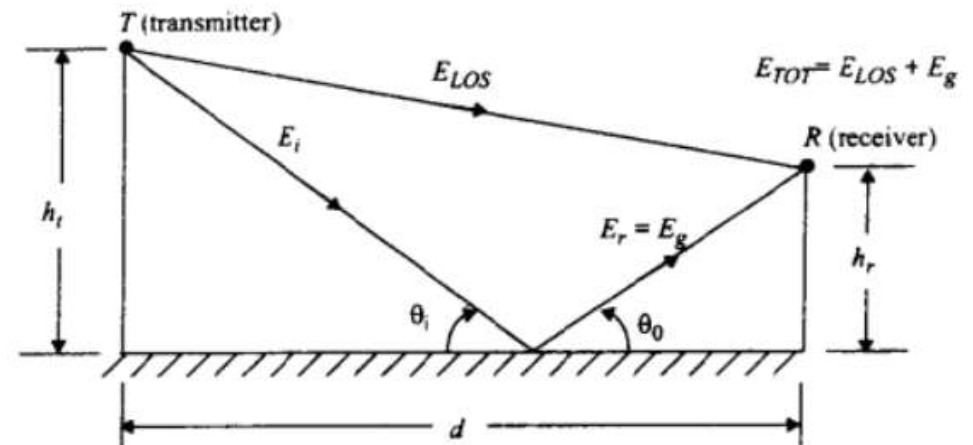
h_r je visina prijemnika.

d je horizontalno rastojanje između prijemnika i predajnika

Dva talasa koji se prostiru do prijemnika:

Direktni talas (LOS) koji prelazi rastojanje d'

Odbijeni talas koji relazi rastojanje d'' .



Osnovni mehanizmi prostiranja radio talasa

Intenzitet električnog polja na prijemu se aproksimira sa:

$$E_{TOT}(d) \approx \frac{2E_0 d_0}{d} \frac{2\pi h_i h_r}{\lambda d} \approx \frac{k}{d^2} \text{ V/m}$$

E_0 je intenzitet električnog polja izmeren na rastojanju d_0 .

Snaga signala na prijemu se računa na osnovu jednačine:

$$P_r = P_t G_t G_r \frac{h_i^2 h_r^2}{d^4}$$

Na mnogo većim razdaljinama u tzv. u dalekom polju, gde je $d^2 \gg h_t * h_r$ dobija se da snaga opada sa četvrtim stepenom rastojanja što je mnogo (na kvadrat) više od slabljenja u slobodnom prostoru. Ovo se objašnjava **destruktivnom kombinacijom direktnih i reflektovanih talasa**, kada su im amplitude približno iste, a fazna razlika iznosi 180° .

Takođe, na osnovu ovog modela se može zaključiti da snaga i slabljenje na rastojanjima postaju nezavisni od frekvencije.

Osnovni mehanizmi prostiranja radio talasa

Primer 7

Mobilni uređaj se nalazi na rastojanju od 5 km od bazne stanice. Za prijem radio signala mobilne mreže uređaj je opremljen vertikalnom $\lambda/4$ monopol antenom čiji je gain (pojaćanje) 2.55 dB. Izmereni intenzitet E- polja na 1km udaljenosti je 10^{-3} V/m. Noseća frekvencija sistema je 900 MHz a snaga zracenja predajne antene je 20W.

- Odrediti dužinu prijemne antene mobilnog uređaja.
- Odrediti jaćinu E- polja na prijemu mobilnog uređaja koristeći model refleksije od tla sa dva zraka.
- Odrediti snagu ems talasa na prijemu mobilnog uređaja koristeći model refleksije od tla sa dva zraka. Snagu izraziti u W i u dBm. Uzeti u obzir da se antena predajnika nalazi na visini od 50m i ima pojaćanje od 18dB a antene mobilnog uređaja na visini od 1.5 m iznad tla.

Rešenje:

Podaci:

T-R pravolinijsko rastojanje po tlu $d = 5$ km

Jaćina E- polja na rastojanju $d_0 = 1$ km od predajnika $E_0 = 10^{-3}$ V/m

Noseća frekvencija $f = 900$ MHz

a)
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{900 \times 10^6} = 0.333m$$

dužina prijemne antene mobilnog uređaja:

$$L = \lambda/4 = 0.333/4 = 0.0833m = 8.33cm.$$

Osnovni mehanizmi prostiranja radio talasa

b) Na osnovu modela refleksije od tla sa dva zraka intenzitet E- polja je:

$$E_{TOT}(d) \approx \frac{2E_0 d_0}{d} \frac{2\pi h_t h_r}{\lambda d} = \frac{2 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^3}{5 \times 10^3} \left[\frac{2\pi \times 50 \times 1.5}{0.333 \times 5 \times 10^3} \right] = 113.1 \times 10^{-6} \text{ V/m}$$

c) Na osnovu modela refleksije od tla sa dva zraka snaga signala je:

$$G_t (\text{dB}) = 10 \log G \Rightarrow G = 10^{(G(\text{dB})/10)} = 10^{(18/10)} = 10^{1.8} = 63.1$$

$$G_r (\text{dB}) = 10 \log G \Rightarrow G = 10^{(G(\text{dB})/10)} = 10^{(2.55/10)} = 10^{0.255} = 1.8$$

$$P_r = P_t G_t G_r \frac{h_t^2 h_r^2}{d^4} = 20 \times 63.1 \times 1.8 \times 50^2 \times 1.5^2 / 5000^4 = 20.4 \times 10^{-9} \text{ W}$$

$$Pr(\text{dBm}) = 10 \log(Pr(\text{mW})/1\text{mw}) = 10 \log(20.4 \times 10^{-6}) = -46.9 \text{ dBm}$$

Osnovni mehanizmi prostiranja radio talasa

Primer 8

Prijemna antena čiji je gain (pojaćanje) 2.5 dB se nalazi na rastojanju od 3 km od bazne stanice. Antena predajnika se nalazi na visini od 40m i ima pojaćanje od 18dB. Noseća frekvencija sistema je 850 MHz a snaga zraćenja predajne antene 20W. Odrediti minimalnu visinu na kojoj treba postaviti predajnu antenu da bi snaga zraćenja na prijemu bila - 35dBm.

Rešenje:

Podaci:

T-R pravolinijsko rastojanje po tlu $d = 3$ km

Noseća frekvencija $f = 850$ MHz