

PROTOKOLI I TEHNOLOGIJE BEŽIČNIH SISTEMA

Vežba 2

Antene i prostiranje radio talasa



Hercov dipol

Svako kretanje elektrona stvara elektromagnetno polje. Elektromagnetno polje čine električno i magnetno polje, i zajedno sa pravcem kretanja polja čine međusobni ugao od 90 stepeni.

Najjednostavniji model antene je Hercov (*Heinrich Rudolf Hertz*) dipol: provodnik dužine 1 sa dve sfere na krajevima. Sfere igraju ulogu kapaciteta koji se naizmenično puni i prazni i tako kroz provodnik protiče struja.

Sfere možemo da predstavimo kao kapacitivni element dok provodnik možemo predstaviti induktivnim elementom, što zajedno čini otvoreno oscilatorno kolo.

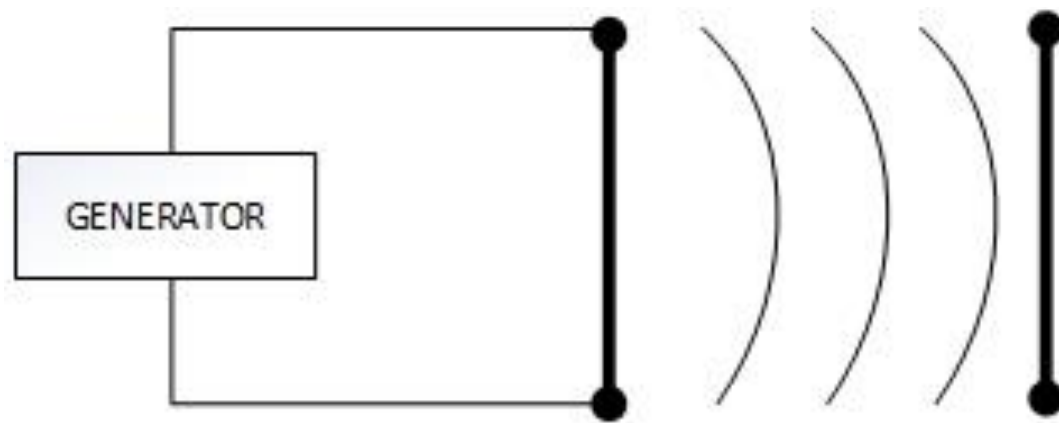
Ako Hercov dipol napajamo energijom on će početi da stvara oko sebe elektromagnetno zračenje.



Hercov dipol

Eksperiment koji je Herc izveo bio je da pobuđivanjem (dovođenjem energije) dipola na predajnoj strani ustanovi da se na prijemnoj strani indukovala energija – to znači da su elektromagnetni talasi preneli energiju od predajnog do prijemnog dipola. Prenos energije bio je kroz etar, dakle bez fizičkih provodnika

Na ovom principu se zasniva bežični prenos informacija

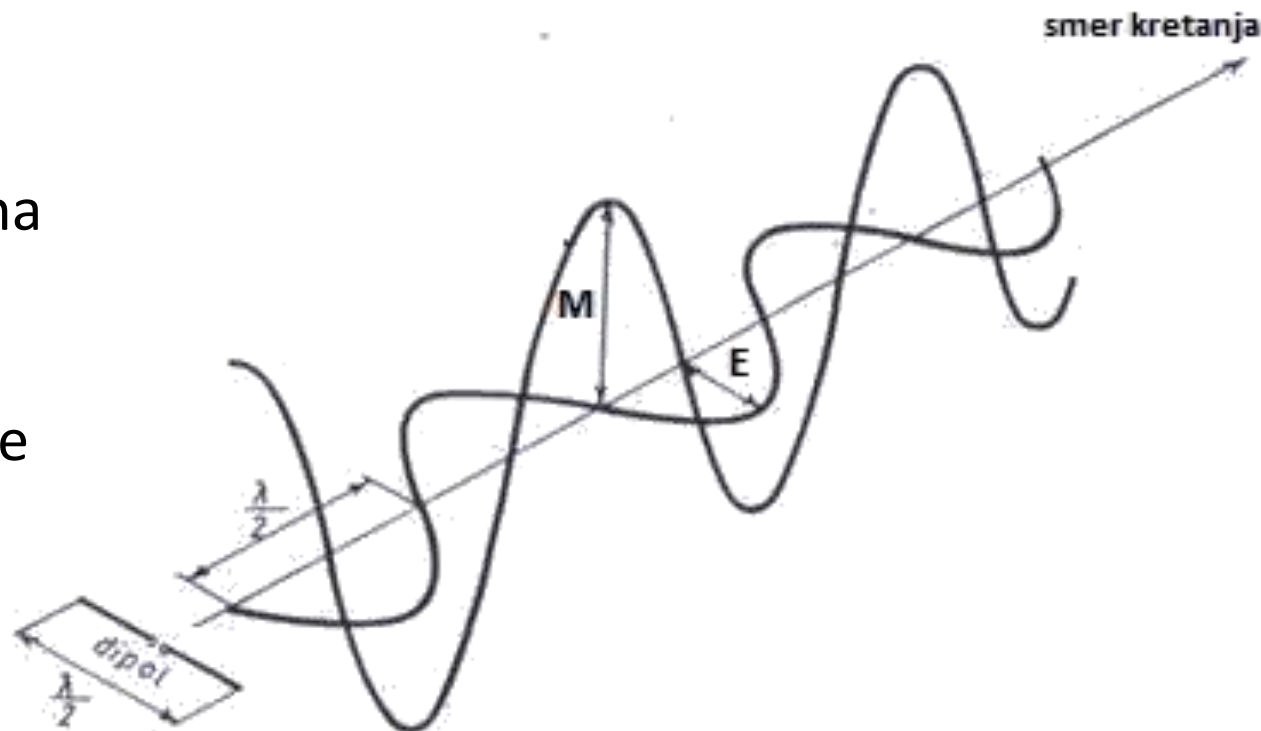


Elektromagnetni talasi

Odnos električne i magnetne komponente sa smerom kretanja prikazan je na slici

Tri parametra određuju svako talasno kretanje signale:

1. f - frekvencija [Hz] – broj promena u jedinici vremena
2. λ - talasna dužina [m] – rastojanje između karakterističnih tačaka
3. c - brzina prostiranja [m/s]
300 000 000 m/s



Elektromagnetni talasi

Za brzinu prostiranja talasa u vakuumu i etru smatramo da je jednaka brzini prostiranja svetlosti kroz vakuum i iznosi 299 792 458 m/s ali u proračunima se uzima približna vrednost odnosno 300 000 000 m/s

Odnos koji važi dat je formulom: $\lambda = c/f$

Važan parametar je polarizacija talasa, i može biti:

- horizontalna – vektor električnog polja paralelan sa površinom Zemlje
- vertikalna – vektor električnog polja normalan na površinu Zemlje
- kružna – menja se tokom vremena



Antene

Decibel je neimenovani broj koji prikazuje odnos dve veličine.

Primer pojačanja: ako na ulazu nekog uređaja imamo snagu P_i a na izlazu snagu P_o , pojačanje tog uređaja možemo prikazati kao:

$$n = P_o / P_i$$
$$n[dB] = 10 \log_{10} \frac{P_o}{P_i}$$

Primer, ako je $P_i=1W$ a $P_o=2W$ pojačanje je 2 puta ili 3dB

Ako se neka veličina poredi sa referentnom vrednošću, npr. snagom 1mW tada se umesto dB piše oznaka dBm



Antene

Antena predstavlja provodnik ili sistem električnih provodnika koji emituju odnosno prikupljaju elektromagnetne talase. Antene pretvaraju električni signal u elektromagnetne talase, odnosno elektromagnetne talase pretvaraju u električni signal.

Veličine koje karakterišu antene su:

- Pojaćanje (dobitak)
- Ugao zraćenja
- Polarizacija
- Impedansa
- Frekvencijska karakteristika



Antene

Pojačanje (dobitak) antene je veličina koja pokazuje odnos zračenja antene u odnosu na zračenje izotropne antene sa istom snagom napajanja (antena koja ravnomerno zrači sferno oko sebe, u svim pravcima; i koja postoji samo u teoriji).

Pojačanje antene se obeležava sa G i jedinica je dBi

Drugi način izražavanja pojačanja je u dBd, i to je kada se meri odnos u odnosu na dipol antenu. Tada važi odnos pojačanja:

$$dBi = dBd + 2.15$$



Antene

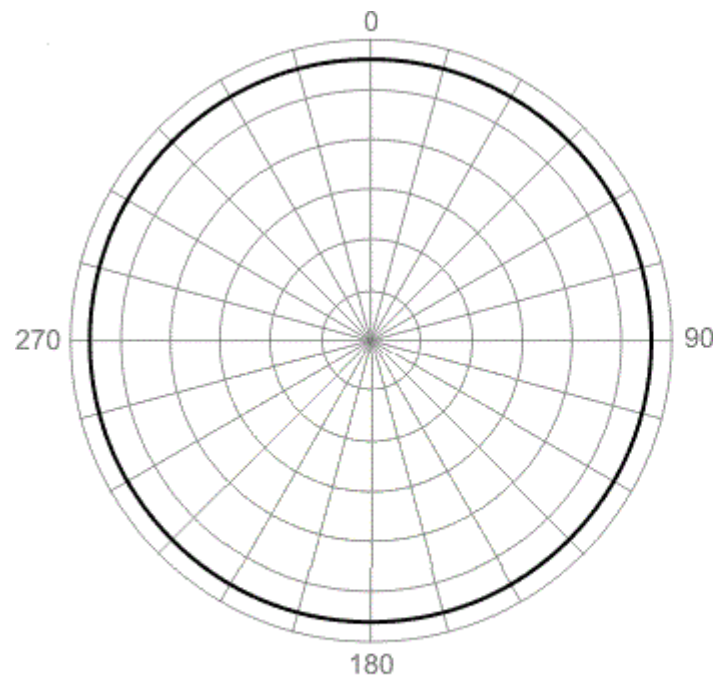
Ugao zračenja antene određuje pod kojim uglom u odnosu na osu zračenja antene ona emituje signal koji nije slabiji od 3 dB u odnosu na najjači signal antene.

Ugao zračenja sa može prikazati 3D grafikom ali to je nezgodno i obično se u praksi ugao zračenja prikazuje pomoću dva dvodimenzionalna grafika: zračenje u horizontalnoj i vertikalnoj osi. Na slici je prikazano zračenje izotopne antene

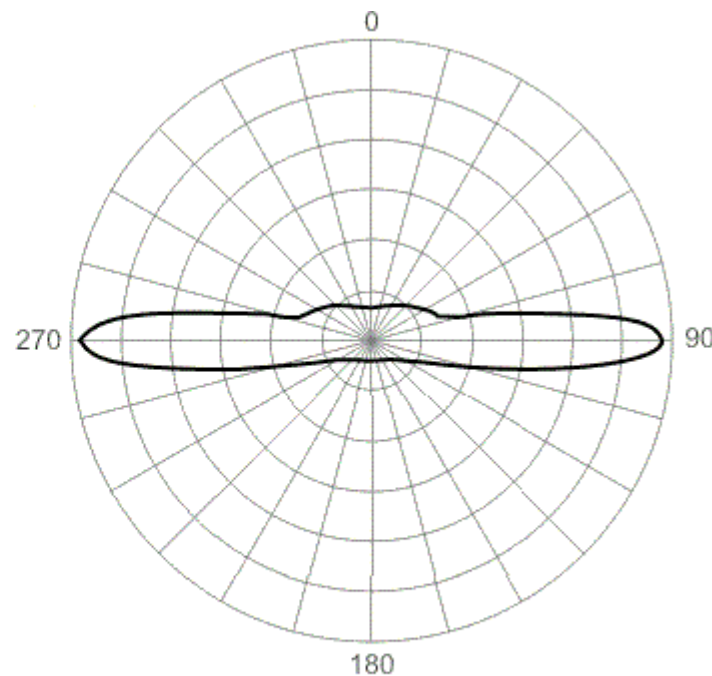


Antene

Omni antene imaju kružno zračenje, što znači da je ugao zračenja po horizontalnoj osi 360° a po vertikalno osi daleko manji (često ne više od 10°)



HORIZONTALNO

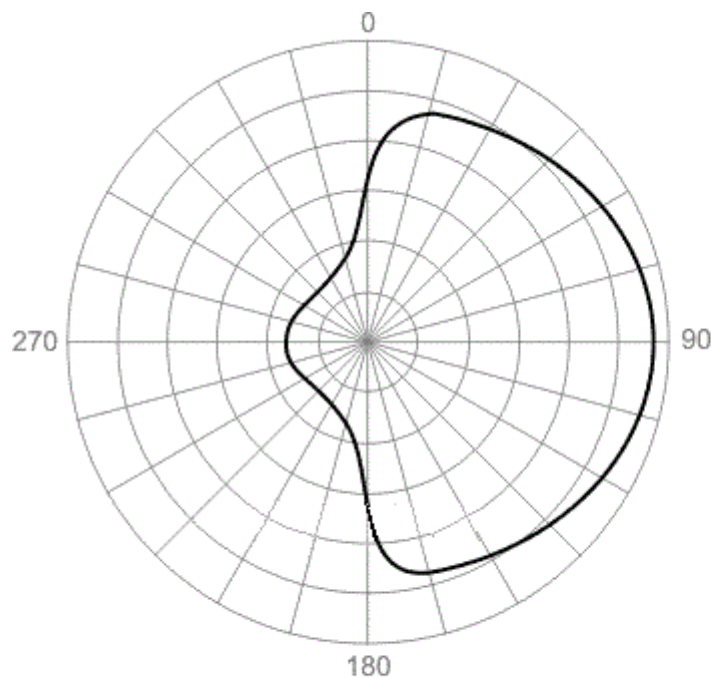


VERTIKALNO

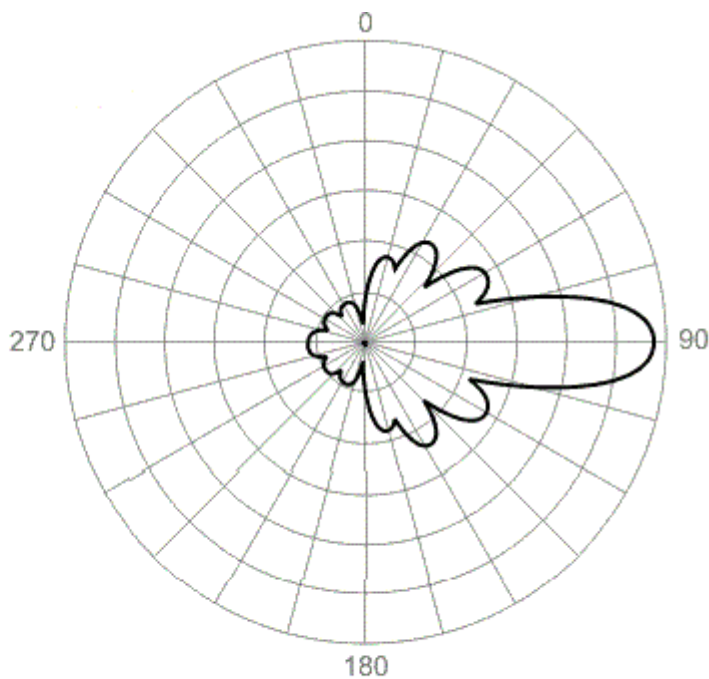


Antene

Sektorske antene imaju manji horizontalni ugao zračenja od omni antena ali imaju veće pojačanje. Obično je ugao zračenja $360^\circ/n$ (180° , 120° , 90° , 60°). Po vertikalnoj osi ugao zračenja je nešto veći nego kod omni antena



HORIZONTALNO

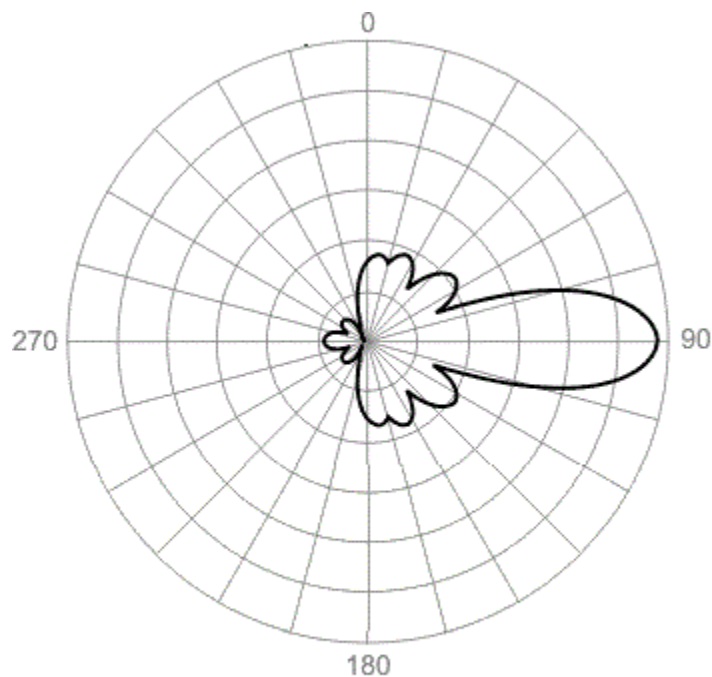


VERTIKALNO

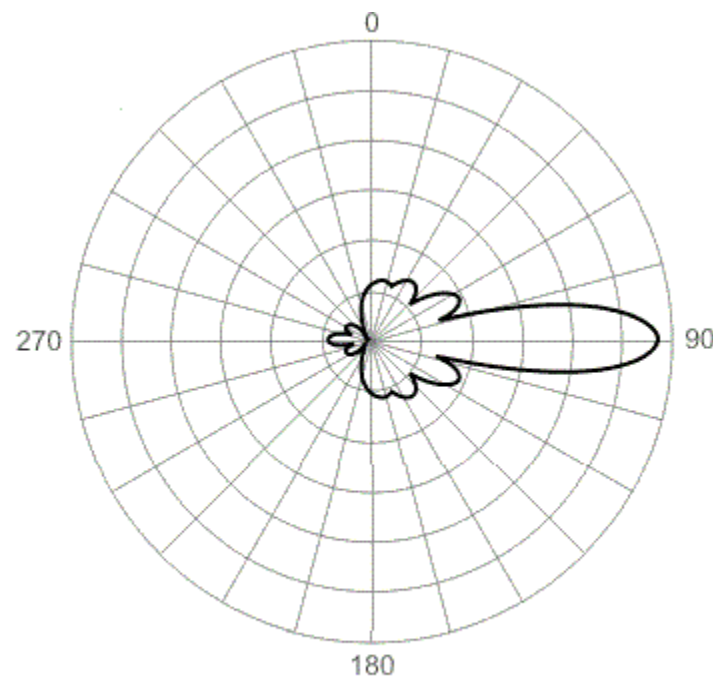


Antene

Usmerene antene imaju uzak snop zračenja i u horizontalnoj i u vertikalnoj ravni, za razliku od prethodnih modela usmerene se koriste za konekcije *point to point*.



HORIZONTALNO



VERTIKALNO



Antene

Odnos ugla zračenja je u direktnoj sprezi sa dobitkom antene.

Zapravo, antena ne pojačava signal (antene su pasivni elementi) ali ako je ugao zračenja 360° to znači da je energija raspodeljana na 360° . Međutim, ako je ugao zračenja 20° (i po horizontalnoj i po vertikalnoj osi) to znači da je celokupna energija usmerene na uzak ugao i svakako je izračena snaga u smeru snopa daleko veća od snage koju zrači omni antene.

Prilikom projektovanja sistema potrebno je uzeti u obzir polarizaciju – ako je na predaji antena sa horizontalnom polarizacijom i na prijemu mora biti antena sa horizontalnom polarizacijom. Ali ne uvek, jer odbijanje talasa nekada može da promeni polarizaciju.

Da bi izbegli slične probleme koriste se antene sa kružnom polarizacijom.



Propagacija signala u slobodnom prostoru

Propagacija ili prostiranje signala podrazumeva skup matematičkih modela a za cilj ima da predvidi snagu na mestu prijema ukoliko znamo udaljenost, karakteristike antena i poznajemo putanju između antena.

Pod pojmom „poznavanje putanje“ između antena smatra se reljef, geografski položaj, sastav zemljišta ukoliko razmatramo prostiranje na nekoliko kilometara, ali ako posmatramo prostiranje elektromagnetnih talasa u okviru jedne zgrade tada su nam važne karakteristike zidova, položaj prostorija...

Najjednostavniji model prostiranja je propagacija u slobodnom prostoru, gde zanemarujemo sve prepreke i smatramo da predajna i prijemna antena imaju savršenu vidljivost i nema ometajućih faktora. Ovaj model je važan jer je osnova za sve realne proračune.



Propagacija signala u slobodnom prostoru

Snaga signala na mestu prijema data je formulom:

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2}{(4\pi d)^2 L}$$

P_R - snaga na mestu prijema

P_T - snaga na mestu predaje

G_T - dobitak predajne antene

G_R - dobitak prijemne antene

d - rastojanje među antenama

λ - talasna dužina

L - hardverski gubici u sistemu, često se zanemaruje u proračunima



Propagacija signala u slobodnom prostoru

U proračunima se sreće podatak EIRP (*Equivalent Isotropically Radiated Power*) i definiše se kao:

$$EIRP = P_T G_T$$

i to je zapravo maksimalna snaga koju zrači predajna antena u smeru maksimalnog zračenja, u poređenju sa izotopnim radijatorom.

Ukoliko se za referentni model uzima dipol tada se koristi ERP (*Equivalent Radiated Power*)

$$ERP = EIRP - 2,15$$



Propagacija signala u slobodnom prostoru

Slabljenje signala u slobodnom prostoru dato je izrazom:

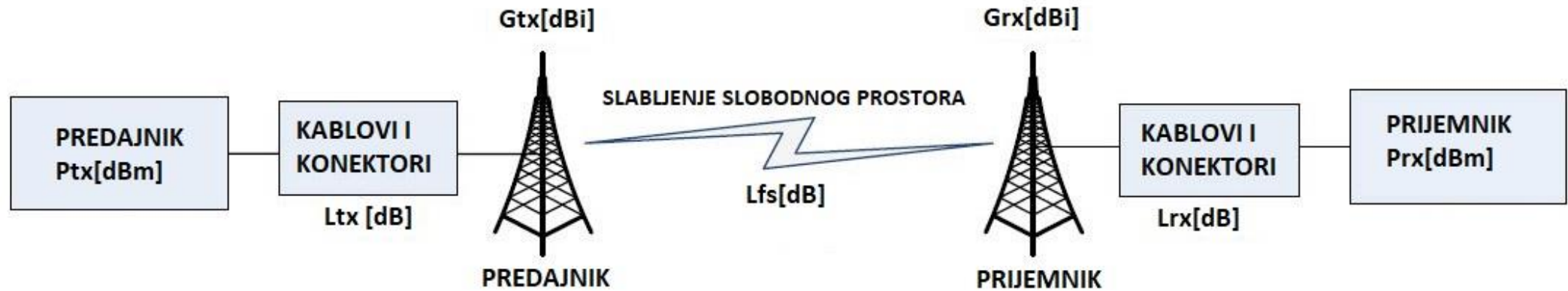
$$L_{FS}[dB] = 20\log_{10}(d[m]) + 20\log_{10}(f[Hz]) - 147,55$$

U slobodnom prostoru snaga signala na mestu prijema opada sa kvadratom rastojanja od predajnika.

Gubici u slobodnom prostoru su važan podatak za proračun linka (*link budget*). Proračunom linka dobijamo podatak kojom snagom treba da zrači predajna antena da bi na mestu prijema imali dovoljan nivo snage uz uračunatu marginu koja direktno zavisi od vremena raspoloživosti signala.



Proračun linka



$$margina = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - L_{FS} - L_M - L_{RX} + G_{RX} - P_{RX}$$

L_M – dodatni gubici usled fedinga, razlike u polarizaciji...



Propagacija signala u realnim uslovima

Na prostiranje signala u realnim uslovima važe parametri kao u slobodnom prostoru s tim da moramo uračunati uticaj dodatnih predmeta i pojava koji utiču na prostiranje signala.

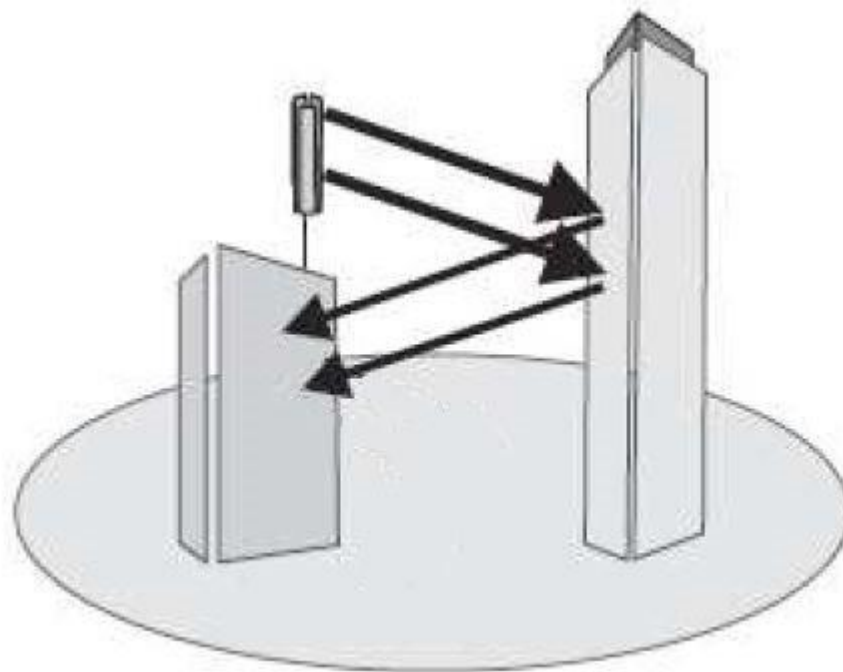
Tri najvažnije pojave koje moramo uzeti u obziri prilikom proračuna realnog linka su:

1. refleksija
2. difrakcija
3. rasejanje



Propagacija signala - refleksija

Refleksija je pojava koja nastaje kada elektromagnetni talas naiđe na ravnu reflektujuću površinu znatno većih dimenzija od talasne dužine prostirućeg talasa



Propagacija signala - refleksija

Reflektujuća površina može biti zid, zgrada, površina zemlje, površina vode, morska površina, vazdušni sloj... i vrlo je složen matematički aparat koji simulira ponašanje talasa nakon reflektovanja.

Elektromagnetni talasi, zavisno od frekvencije, imaju različite načine odbijanja. Takođe, odbijeni talas zavisi i od upadnog ugla pa pod određenim uglom deo talasa se odbija a deo upija reflektujuća površina.

Važna stavka je što prilikom refleksije može doći do promene polarizacije talasa, i ovde je naročito nezgodna morska (slana) voda.



Propagacija signala - refleksija

Neki karakteristični primeri refleksije su:

slojevi atmosfere – pod određenim uslovima javlja se pojava superrefleksije gde signal putuje cik-cak i tako postiže velike domete

slojevi vazduha – naročito iznad velikih vodenih površina

zemljina površina – zavisno od sastava zemljišta drugačije su karakteristike odbijenog talasa, pa tako sastav zemlje može biti od veoma siromašnog do veoma bogatog

građevinski materijali – drugačije su karakteristike odbijenog talasa npr. od stakla i od drveta

Karakteristike materijala se mogu pronaći u specijalnim tabelama ili softverskim alatima



Propagacija signala - apsorpcija

Pojam apsorpcija obično ide uz proračun sa refleksijom, s tim da apsorpcija predstavlja meru koliko je reflektujuća površina upila elektromagnetnog talasa

Refleksija može biti korisna pojava, naročito onda kada između predajnika i prijemnika ne postoji direktna optička vidljivost. Takođe, refleksiju moramo uzeti u proračun kod višestrukog prostiranja kada na mesto prijema stiže direktna komponenta (ukoliko postoji) i nekoliko reflektujućih komponenti.

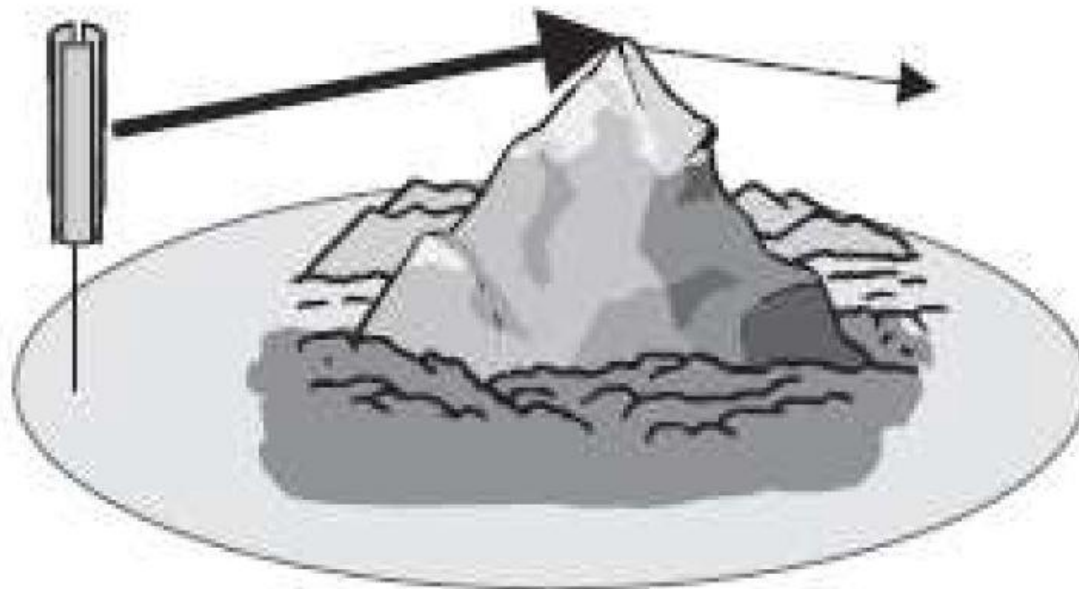
Postoje sistemi koji uzimaju samo jednu od komponenti (ne nužno direktni talas) i sistemi koji uzimaju zbir komponenti.

Apsorpcija je uglavnom negativna pojava jer bespovratno slabi željeni signal.



Propagacija signala - difrakcija

Difrakcija nastaje kada elektromagnetni talas naiđe na ivicu neprobojne prepreke čije su dimenzije mnogo veće od talasne dužine EM talasa



Propagacija signala - difrakcija

Kod difrakcije talas se „lomi“ o ivicu prepreke (*Huygen*-sonov model) i nastavlja propagaciju. Obično su u pitanju oštre ivice.

Prilikom difrakcije talas je dodatno oslabljen.

Kao i refleksija, difrakcija može biti korisna pojava jer obezbeđuje prijem signala i onda kada prijemnik „ne vidi“ predajnik.

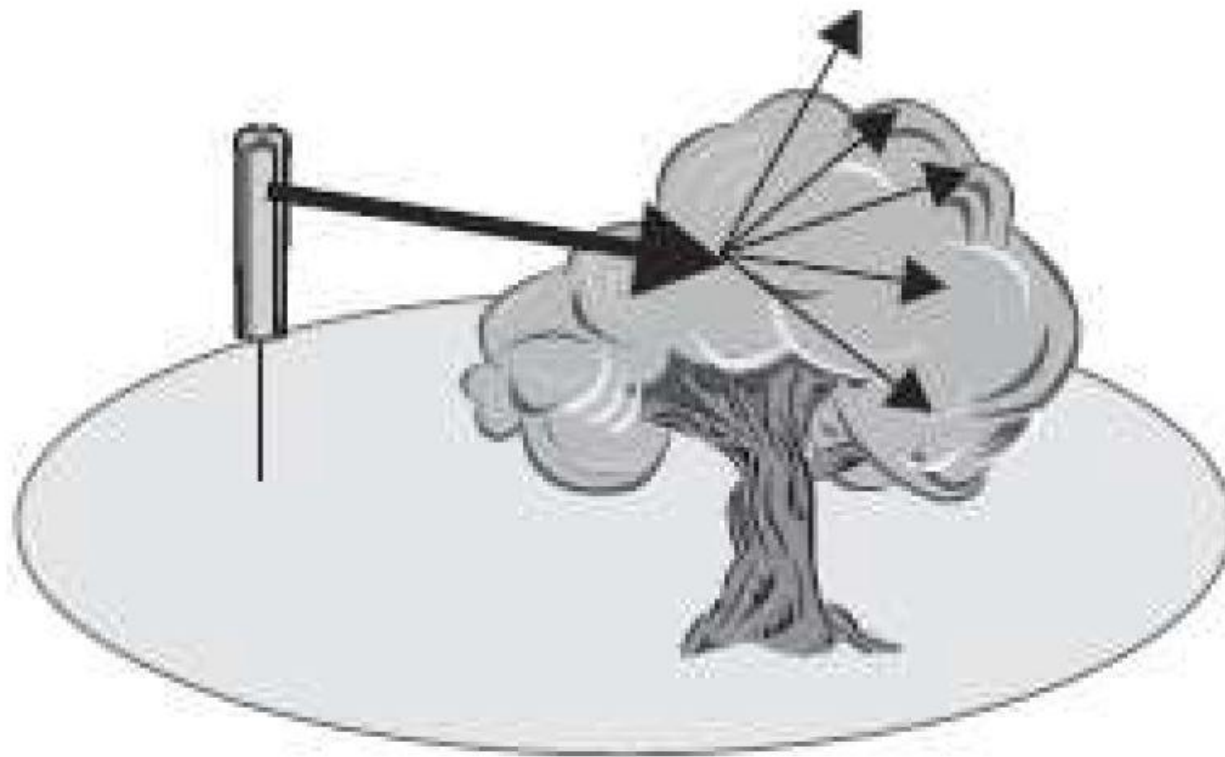
Proračun difrakcije je veoma komplikovan i u praksi se koriste aproksimativne metode, ili se koriste rezultati iz prethodno izmerenih sličnih primera.

Jedan od matematičkih modela za proračun difrakcije je „Difrakcija na oštrici noža“ gde se u simulaciji prepreka zamenjuje idealnom vertikalnom beskonačno tankom neprobojnom preprekom



Propagacija signala - disperzija

Disperzija ili rasejanje je pojava koja nastaje kada elektromagnetni talas naiđe na prepreku koja je reda veličine (ili manja) od talasne dužine prenošenog signala, što za posledicu ima raspršenje energije na više strana



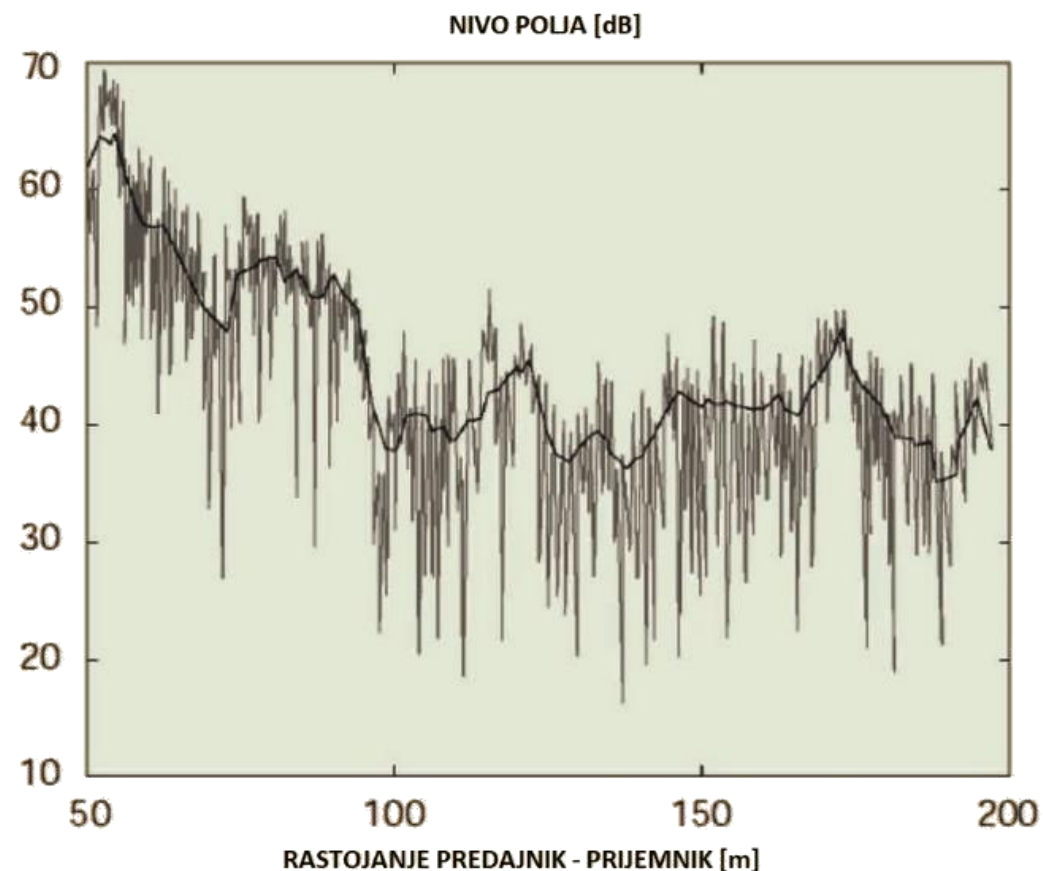
Propagacija signala - feding

Sve nabrojane pojave koje uzimamo pri proračunu realnog radio kanala doprinose pojavi koja se naziva feding (*fading*).

Feding predstavlja naglo opadanje nivoa elektromagnetnog polja (amplituda i / ili frekvencija signala)

Feding može biti:

1. *Large Scale Fading* (LSF)
spore manje promene signala
2. *Small Scale Fading* (SSF)
brze drastične promene signala



Frenelove zone

Razvijanjem proračuna koliko difrakcija smanjuje nivo signala dobijamo Frenelove zone (*Fresnel zone*) odnosno oblasti koje formira obrtni elipsoid.

Idelano je da zona Frenelove zone bude potpuno „čista“ odnosno da nema prepreka kako bi slabljenje signala bilo posledica isključivo slabljenja u slobodnom prostoru.

U praksi nije neophodno da Frenelove zone budu potpuno prazne, dovoljno je da to bude barem 50%.

Zavisno od celobrojnog umnoška polovine talasne dužine u proračunima imamo nekoliko Frenelovih zona, pri preciznijem proračunu dovoljno je uzeti samo prvu, odnosno $n=1$

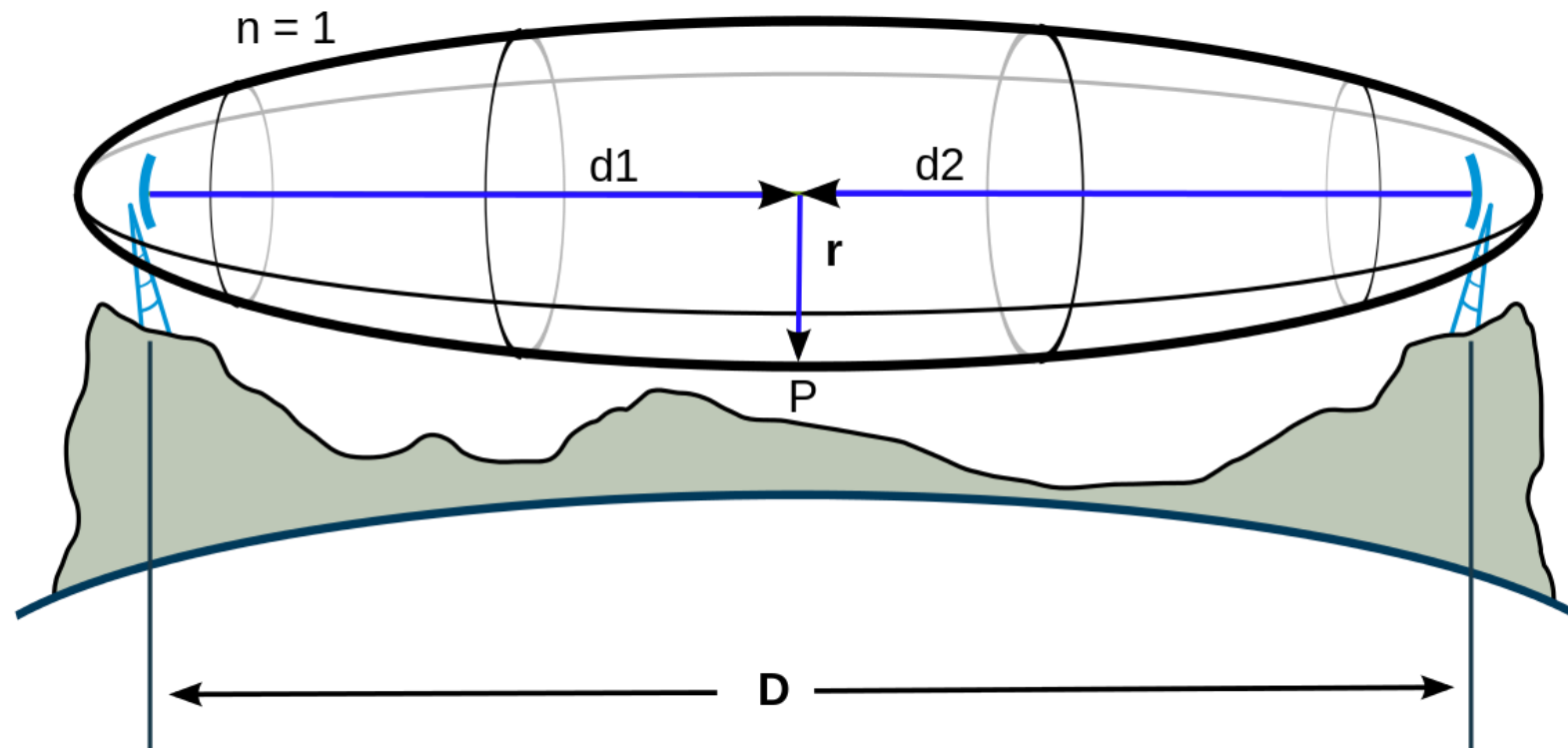


Frenelove zone

Poluprečnik Frenelove zone dat je izrazom:

$$r = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

gde n predstavlja ceo broj



Pitanja

