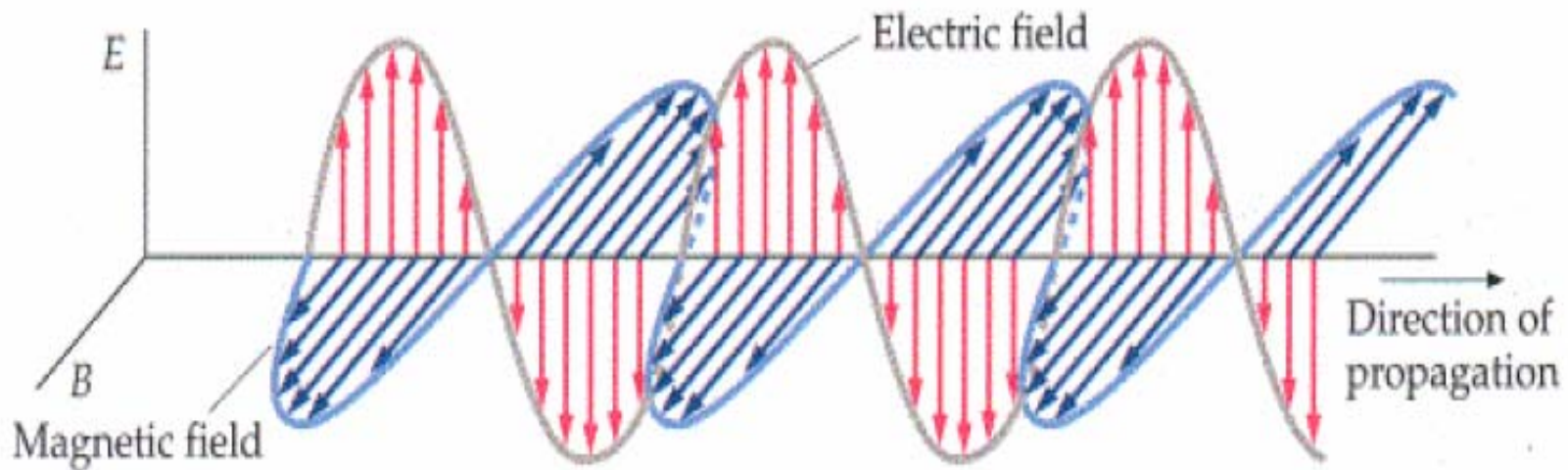


Bežični koncept

Prostiranje radio-talasa



Elektromagnetni talasi

- Frekvencija, talasna dužina i brzina
- Polarizacija
- [Podela](#)
- Prostiranje (troposfera, stratosfera i jonosfera)
- Prostiranje kroz troposferu (refrakcija, difrakcija, refleksija, disperzija, apsorpcija i feding)
- Putanja radio talasa

Elektromagnetni talasi

- **EM talas** – skup komponenata promenljivog električnog i magnetnog polja koji se prostiru kroz okolni prostor određenom brzinom.
- **Fizička pojava**
- **Pointingov vektor** – energija se prenosi u pravcu i smeru ovog vektora
- Promene jednog polja uslovljavaju promene drugog polja, a rezultat je talas koji se prostire brzinom svetlosti.

Osnovni pojmovi

- Talasna dužina – $\lambda = cT$ ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s)
- Perioda - T
- Frekvencija - f

Polarizacija

Ravan polarizacije je određena vektorom električnog polja i Pointingovim vektorom

Linijska, kružna i eliptična polarizacija

Podela radio opsega

Vrlo dugi talasi	ispod 30kHz	preko 10km
Dugi talasi	30-300kHz	10-1km
Srednji talasi	0.3-3MHz	1-0.1km
Kratki talasi	3-30MHz	100-10m
UKT-VHF opseg	30-300MHz	10-1m
UKT-UHF opseg	0.3-3GHz	10-1dm
UKT-SHF opseg	3-30GHz	10-1cm
UKT-EHF opseg	30-300GHz	10-1mm

Prostiranje radio talasa

- Atmosfera
 - Troposfera (8-11km, u tropskim krajevima do 18km)
 - Stratosfera (oko 60km)
 - Jonosfera (nekoliko hiljada km)
 - sloj D (60-90km) postoji samo danju
 - sloj E (100-150km); slojevi F_1 i F_2 (iznad 200km)

Prostiranje radio talasa

- Prostorni talas
- Direktni talas
- Reflektovani talas
- Površinski talas

Prostiranje radio talasa

- Dugi talasi
 - Do 300km površinski talas
 - Preko 300km prostorni talas
- Srednji talasi
 - Domet zavisi od doba dana
 - Danju površinski talas (do 1000km)
 - Noću prostorni talas
- Kratki talasi
 - Mali domet površinskih talasa
 - Prostorni talas (reflektuje se od jonosfere)

Prostiranje talasa

- Ultra kratki talasi
 - Za VHF i UHF je značajan direktan i reflektovan talas
 - Za SHF (mikrotalsi) samo direktni talasi

Antena

- Specijalne geometrijske strukture od elektroprovodnog materijala koje omogućavaju zračenje i apsorbovanje sadržine emitovanog radio talasa.
- Uskopojasne antene
- Širokopojasne antene

Osobine antene

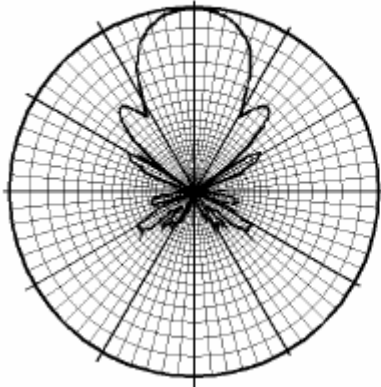
- Dijagram zračenja
- Dobitak
- Efektivna površina
- Reciprocitet
- Pojačanje
- Impedansa
- Polarizacija

Dijagram zračenja

- Ugaona zavisnost intenziteta polja u jednako udaljenim tačkama za antene.
- Dijagram za snagu i za polje

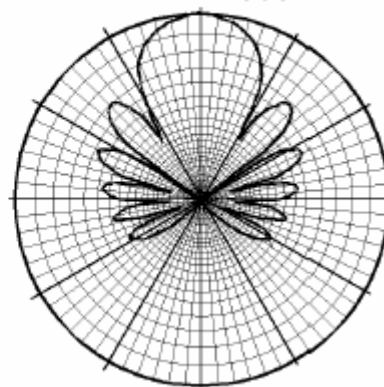
Horizontal Radiation Pattern

13.5 dBi



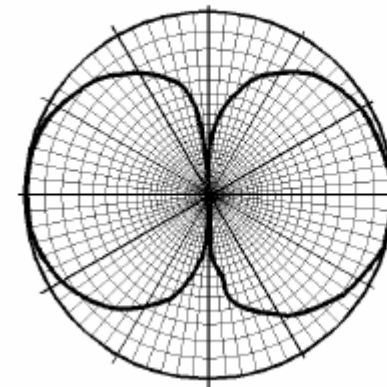
Vertical Radiation Pattern

13.5 dBi



Vertical Radiation

2.14 dBi



Dobitak

- Predajna antena
- Dobitak predstavlja koliko puta treba da se poveća zračenje izotropnog radijatora u odnosu na antenu koja zrači u pravcu svog maksimalnog zračenja pa da polje i od jedne i od druge antene bude isto na određenom rastojanju.

Efektivna površina

- Prijemna antena
- Efektivna površina je sposobnost antene da može da apsorbuje energiju iz dolazećeg radio talasa.
- Antena efektivne površine S ima moć da apsorbuje svu snagu EM talasa koji prođe kroz tu površinu i da je preda prijemniku.

Reciprocitet

Karakteristike antena su iste (bilo predajne bilo prijemne) tj. odnos primljene i emitovane snage ostaje isti ako antene zamene svoje uloge.

$$g/S_{\text{eff}} = 4 \cdot \pi / \lambda^2$$

Pojačanje

- Koeficijent pojačanja antene

$$\mu_A = P_{zr} / P_{uk} \cdot E^2 / E_{sr}^2$$

koeficijent korisnog dejstva

koeficijent usmerenog dejstva

pažnja: dijagram zračenja je samo prostorna raspodela zračene snage bez obzira na gubitke u anteni pa se zato definiše koeficijent pojačanja antene.

Nomenklatura frekvenzijskih opsega

Numerička oznaka opsega	Oznaka	Frekvenzijski opseg (donja granica pripada predhodnom opsegu)	Odgovarajuća metrička podela
-1		0.03-0.3 Hz	Gigametric waves
0	ELF	0.3-3 Hz	Hectomegametric waves
1		3-30 Hz	Decamegametric
2		30-300 Hz	Megametric

Numerička oznaka opsega*	Oznaka	Frekvencijski opseg (donja granica pripada predhodnom opsegu)	Odgovarajuća metrička podela
3	ULF	300-3 000 Hz	Hectokilometric waves
4	VLF vrlo dugi	3-30 kHz	Myriametric waves
5	LF dugi	30-300 kHz	Kilometric waves
6	MF srednji	300-3 000 kHz	Hectometric waves
7	HF kratki	3-30 MHz	Decametric waves
8	VHF ultra kratki	30-300 MHz	Metric waves
9	UHF ultra kratki	300-3 000 MHz	Decimetric waves
10	SHF	3-30 GHz	Centimetric waves
11	EHF	30-300 GHz	Millimetric waves
12		300-3 000 GHz	Decimillimetric waves
13		3-30 THz	Centimillimetric waves
14		30-300 THz	Micrometric waves
15		300-3 000 THz	Decimicrometric waves

Označavanje frekvencijskih opsega za radio-difuzne servise

Designation	Frequency range (MHz)		
	Region 1	Region 2	Region 3
I	47-68	54-68	47-68
II	87.5-108	88-108	87-108
III	174-230	174-216	174-230
IV	470-582	470-582	470-582
V	582-960	582-890	582-960

Oznacavanje nekih frekvencijskih opsega za potrebe radarskih i satelitskih sistema

Letter symbols	Radar (GHz)		Space radiocommunications	
	Spectrum regions	Examples	Nominal designations	Examples (GHz)
L	1-2	1.215-1.4	1.5 GHz band	1.525-1.710
S	2-4	2.3-2.5 2.7-3.4	2.5 GHz band	2.5-2.690
C	4-8	5.25-5.85	4/6 GHz band	3.4-4.2 4.5-4.8 5.85-7.075
X	8-12	8.5-10.5	–	
Ku	12-18	13.4-14.0 15.3-17.3	11/14 GHz band 12/14 GHz band	10.7-13.25 14.0-14.5
K(1)	18-27	24.05-24.25	20 GHz band	17.7-20.2
Ka(1)	27-40	33.4-36.0	30 GHz band	27.5-30.0

(1) For space radiocommunications K and Ka bands are often designated by the single symbol K.



Osnovni mehanizmi prostiranja

Priroda prostiranja radio-talasa je veoma složena i raznolika.

Usled prostorne razdvojenosti predajnika i prijemnika dolazi do pojave slabljenja snage signala.

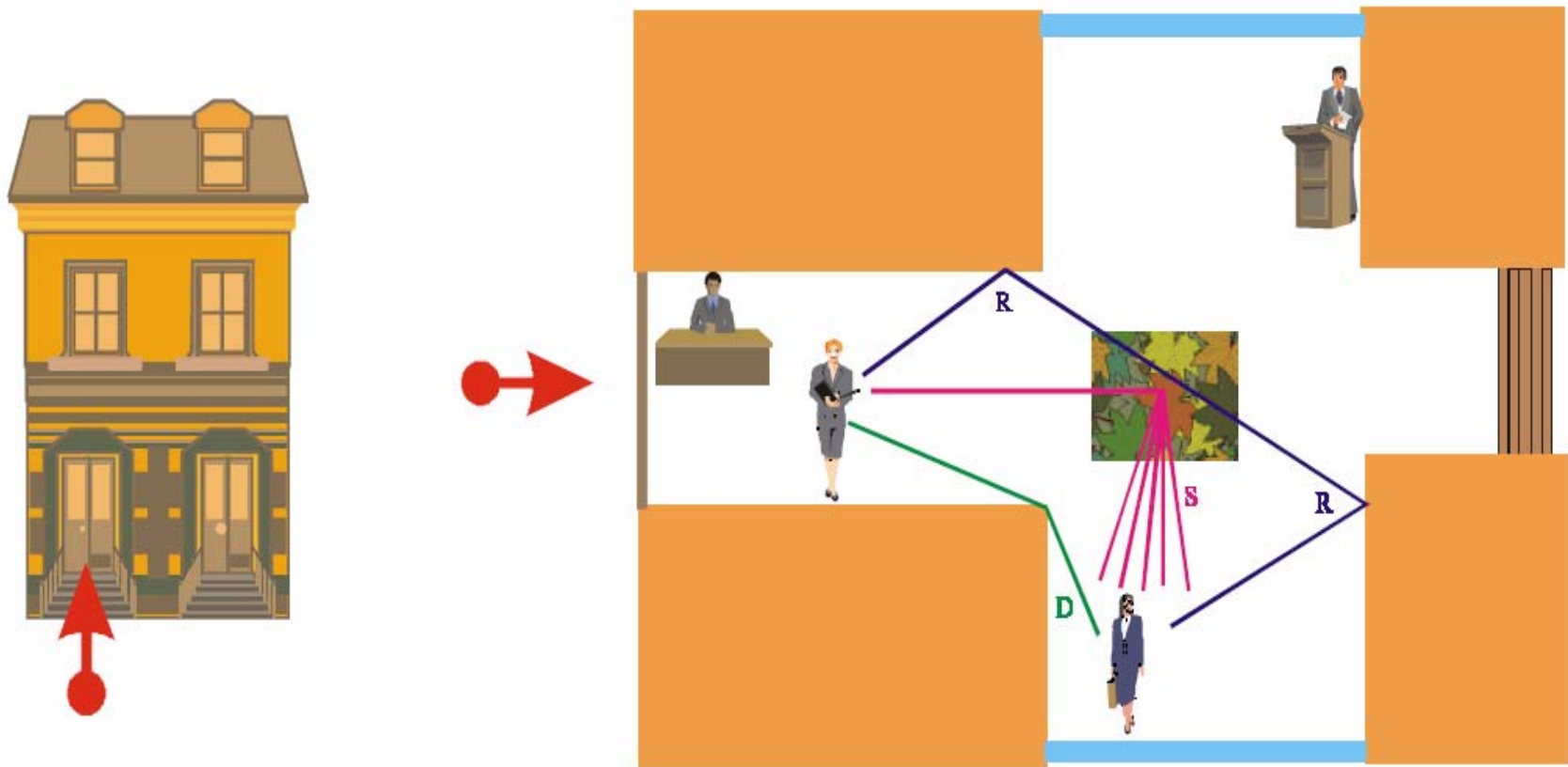
Osim toga, pri prostiranju radio-talasa dolazi do pojave efekata:

- refleksije,
- difrakcije,
- rasejavanja,
- transmisije,
- refrakcije,
- itd.

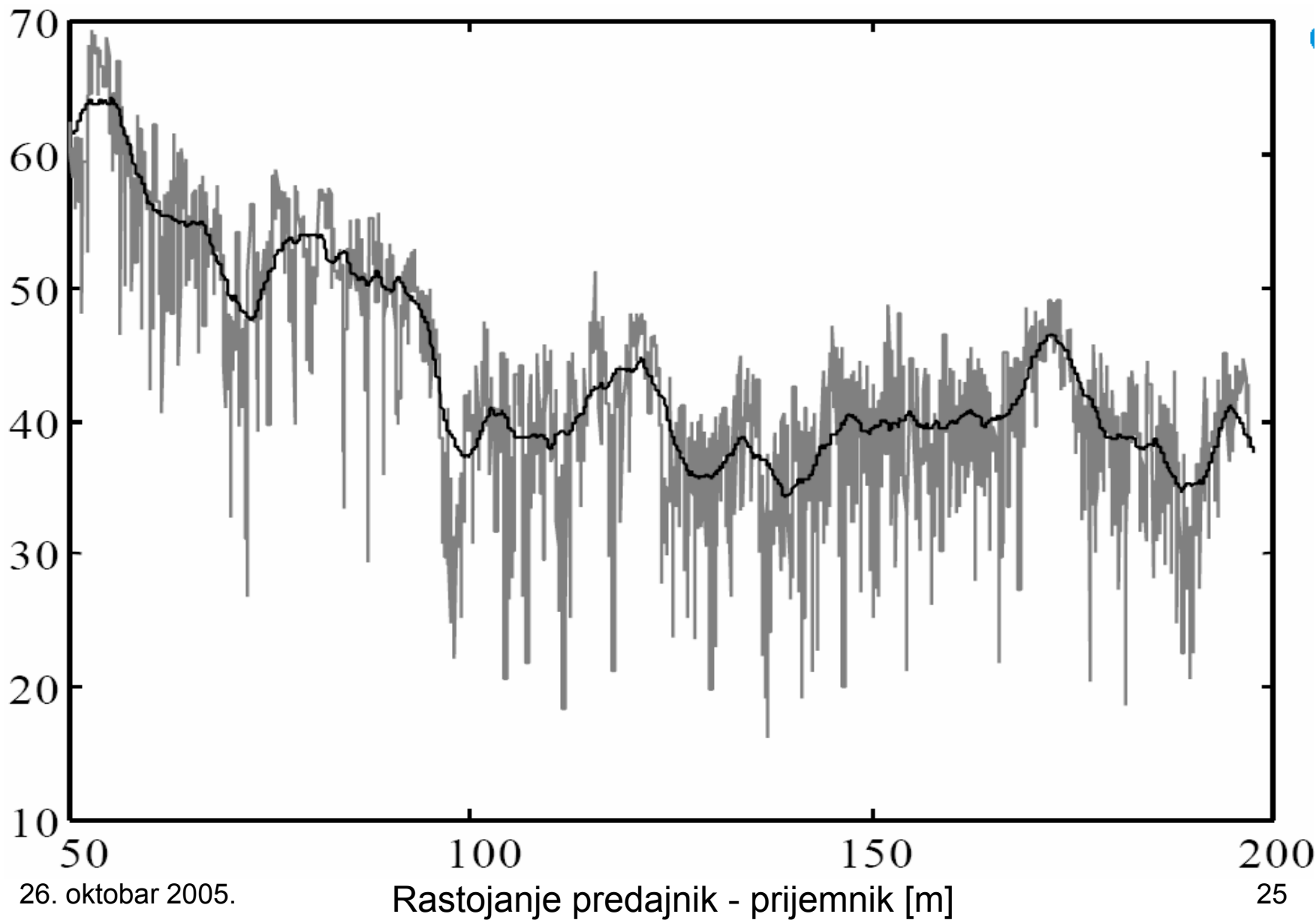
Prostiranje kroz troposferu

- Refrakcija
- Difrakcija
- Refleksija
- Apsorpcija
- Disperzija
- Feding

Osnovni mehanizmi prostiranja



Nivo elektricnog polja [dBmV/m]



26. oktobar 2005.

Rastojanje predajnik - prijemnik [m]

25

Propagacija u slobodnom prostoru

- Intenzitet elektricnog polja na mestu prijemnika

$$E = \frac{\sqrt{30P_T G_T}}{d}$$

- Nivo elektricnog polja na mestu prijemnika

$$F[dB\mu] = 74.77 + 10 \cdot \log P_T [W] + 10 \cdot \log G_T - 20 \cdot \log d [km]$$

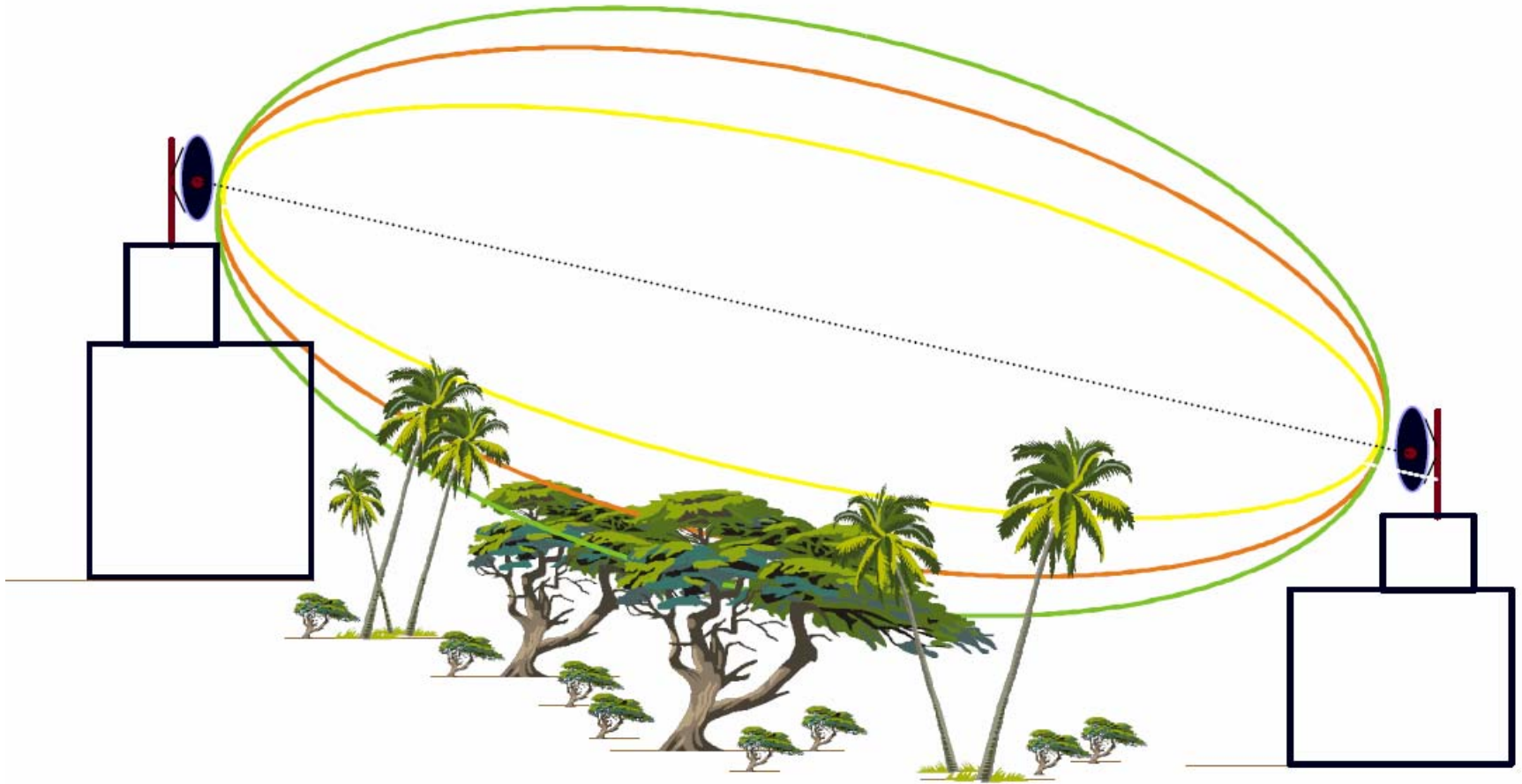
- Slabljenje u slobodnom prostoru

$$L_{free-space} = \frac{P_R}{P_T} = G_T G_R \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

- Slabljenje u slobodnom prostoru [dB]

$$L[dB] = 32.4 - 10 \log G_T - 10 \log G_R + 20 \log f [MHz] + 20 \log d [km]$$

Frenelove zone



I Frenelova zona

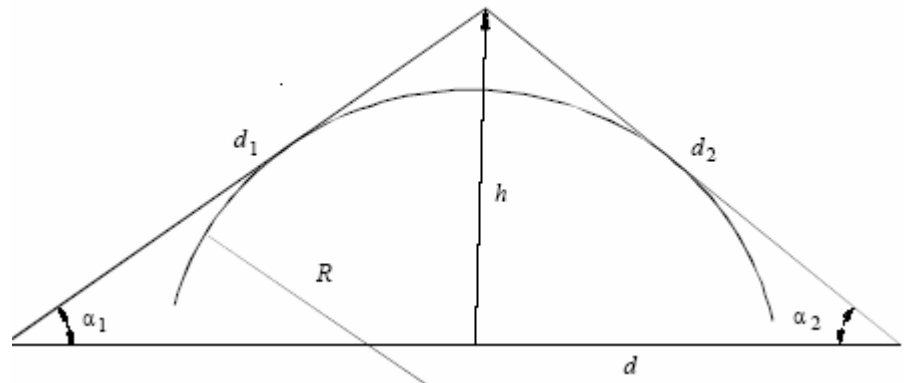
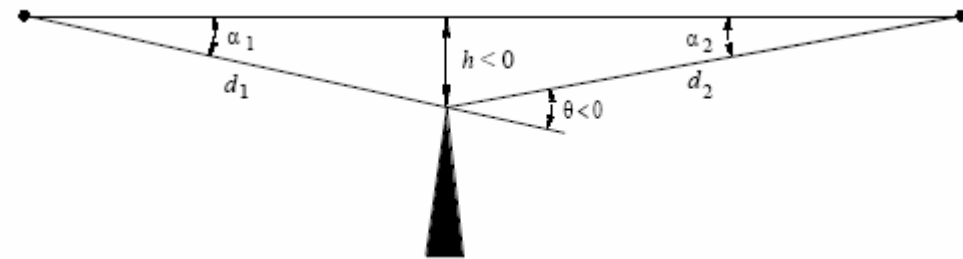
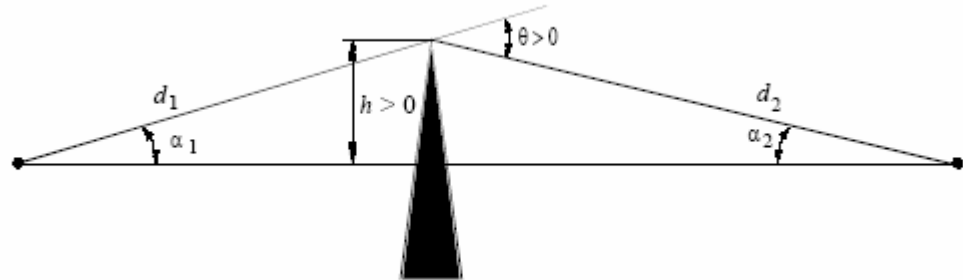
- **Primer:** debljina I Frenelove zone za trasu dužine 10km

d_l [km]	0.001	0.01	0.05	0.1	1	3	5	7	9
$f=150\text{MHz}$	1.4	4.5	10	14	42.4	64.8	70.7	64.8	42.4
$f=900\text{MHz}$	0.58	1.8	4.1	5.7	17.3	26.5	28.9	26.5	17.3
$f=2.4\text{GHz}$	0.35	1.11	2.5	3.5	10.6	16.2	17.7	16.2	10.6
$f=10\text{GHz}$	0.17	0.55	1.2	1.7	5.2	7.9	8.7	7.9	5.2
$f=40\text{GHz}$	0.09	0.27	0.61	0.86	2.6	4.0	4.3	4.0	2.6

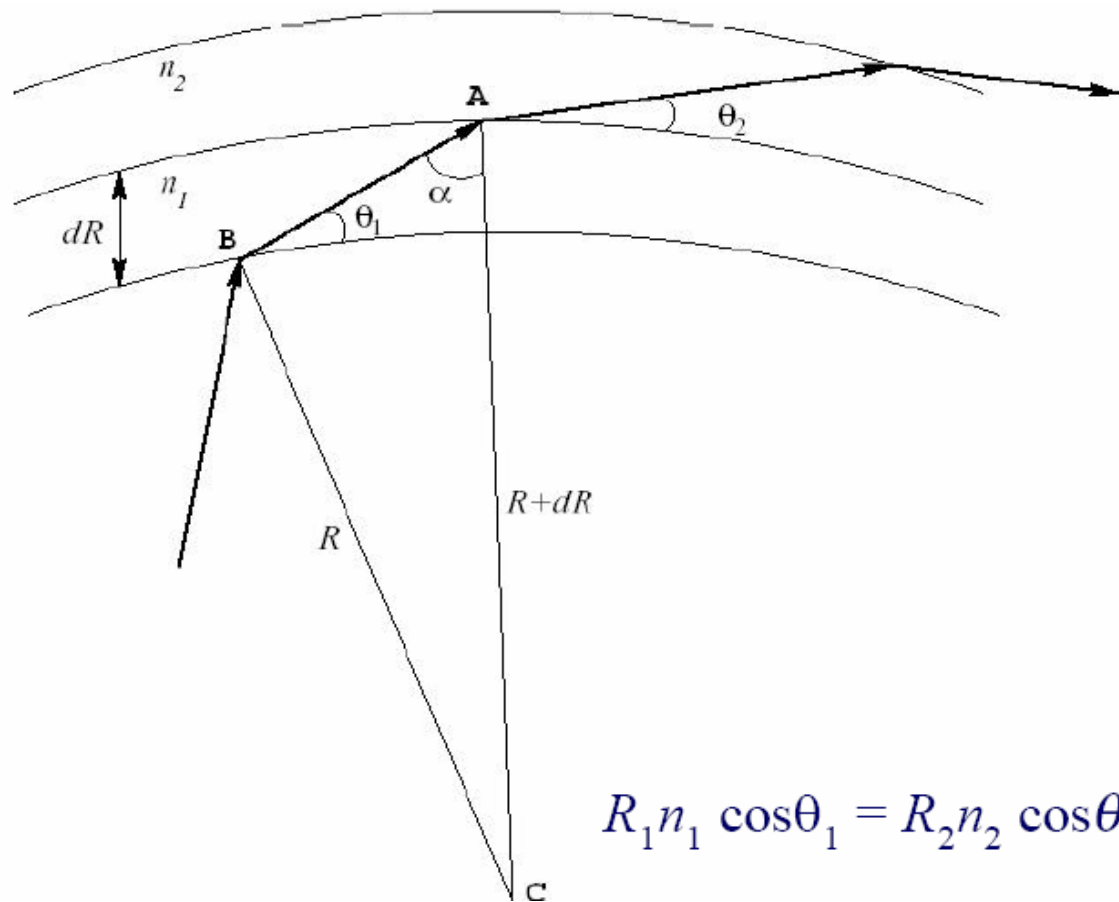
Pažnja: izraziti problem prepreka u bliskoj zoni

Difrakcija na usamljenoj prepreci

- Difrakcija na oštrici noža.
- Difrakcija na cilindricnoj prepreci.
- Difrakcija na sfericnoj prepreci.



Refrakcija

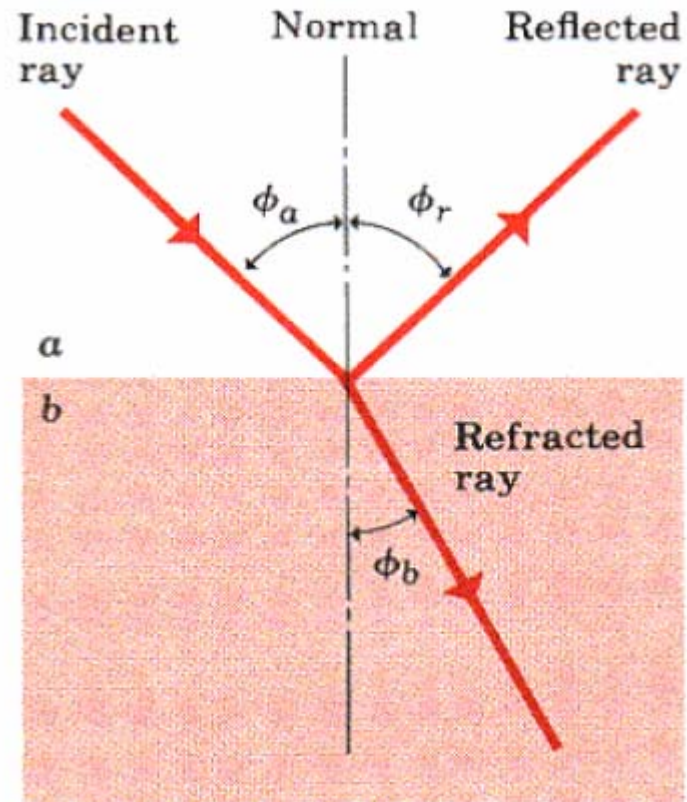


$$R_1 n_1 \cos \theta_1 = R_2 n_2 \cos \theta_2$$

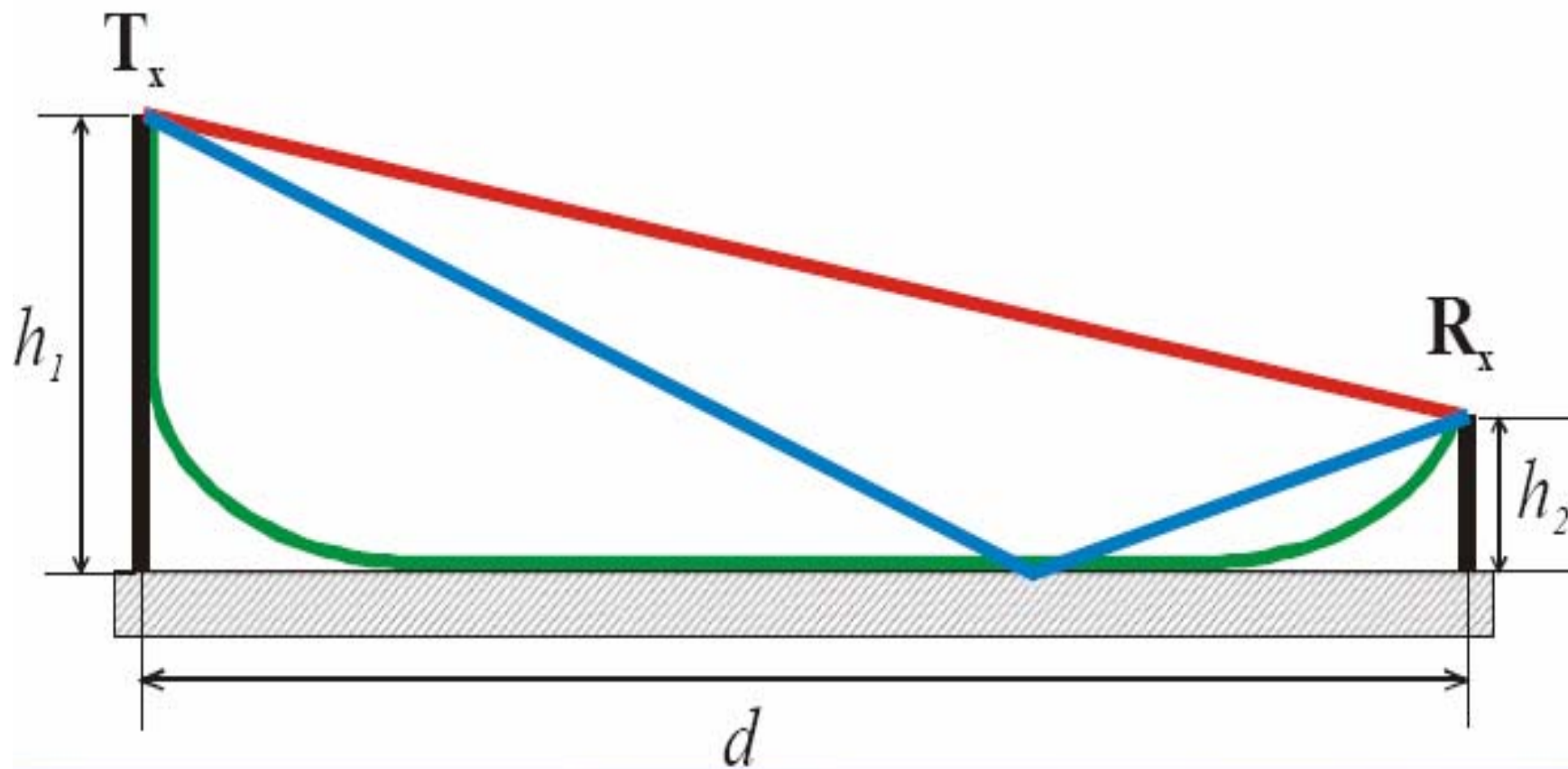
- EM talasi se u troposferi ne prostiru pravolinijski.
- Zemljina atmosfera nije homogena.
- Temperatura vazduha u troposferi opada za 2°C na svakih 300m.
- Fazna brzina talasnog fronta raste sa porastom visine.
- Dolazi do povijanja radio-talasa.
- Uvodi se efektivni poluprecnik Zemlje

Refleksija

Najčešće se razmatra korišćenjem pristupa geometrijske optike



Prostiranje iznad “ravne” zemlje



Бежични концепт

Систем	P-GSM 900	E-GSM 900	GSM 1800	GSM 1900
Uplink	890-915MHz	880-915MHz	1710-1785MHz	1850-1910MHz
Downlink	935-960MHz	925-960MHz	1805-1880MHz	1930-1990MHz
Wavelength	33cm	33cm	17cm	16cm
Bandwidth	25MHz	35MHz	75MHz	60MHz
Duplex distance	45MHz	45MHz	95MHz	80MHz
Channel Separation	200kHz	200kHz	200kHz	200kHz
Radio Channels *	125	175	375	300
Transmission rate	270kb/s	270kb/s	270kb/s	270kb/s

ОСНОВНИ ПОЈМОВИ 1

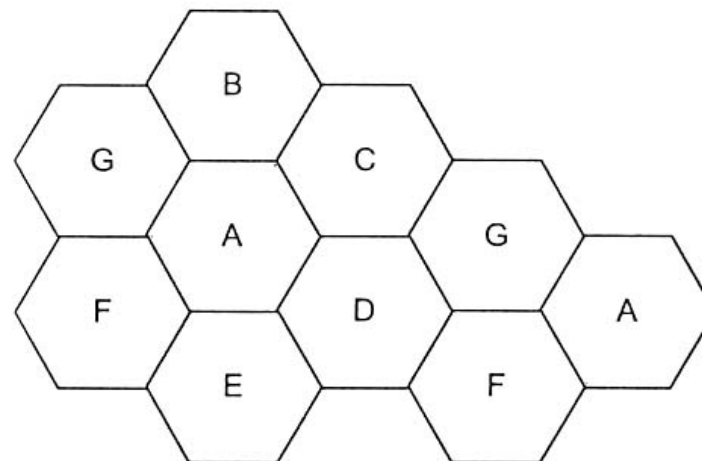
- Фреквенција
- Таласна дужина
- *Bandwidth* – ширина фреквенцијског опсега
Количина опсега фреквенција додељена некој апликацији
- Канали
тип: *full duplex* пун дуплекс
uplink и *downlink*
duplex distance дуплексно растојање (45MHz GSM)
channel separation растојање између носилаца
(200kHz GSM)
capacity and frequency re-use капацитет и понављање фреквенција

ОСНОВНИ ПОЈМОВИ 2

- Канали

Број фреквенција у ћелији одређује капацитет ћелије. Да би се покрила цела држава исте фреквенције се морају користити више пута на различитим локацијама. Иста фреквенција не сме бити коришћена у суседној ћелији.

Frequency re-use distance се користи да се опише растојање између две исте фреквенције у секвенци која се понавља. Мање растојање, могућ је већи капацитет мреже.



ОСНОВНИ ПОЈМОВИ 3

- *Transmission rate*

Број бита који се преноси радио каналом у јединици времена . (270kb/s GSM)

- Модулација

Потребне су технике које омогућавају већу спектралну ефикасност (више од 1b/s по јединици расположивог опсега). У GSM се користи GMSK (270kb/s у 200kHz).

- Вишеструки приступ

TDMA са 8 временских канала по једном радио каналу (једној фреквенцији) у GSM.

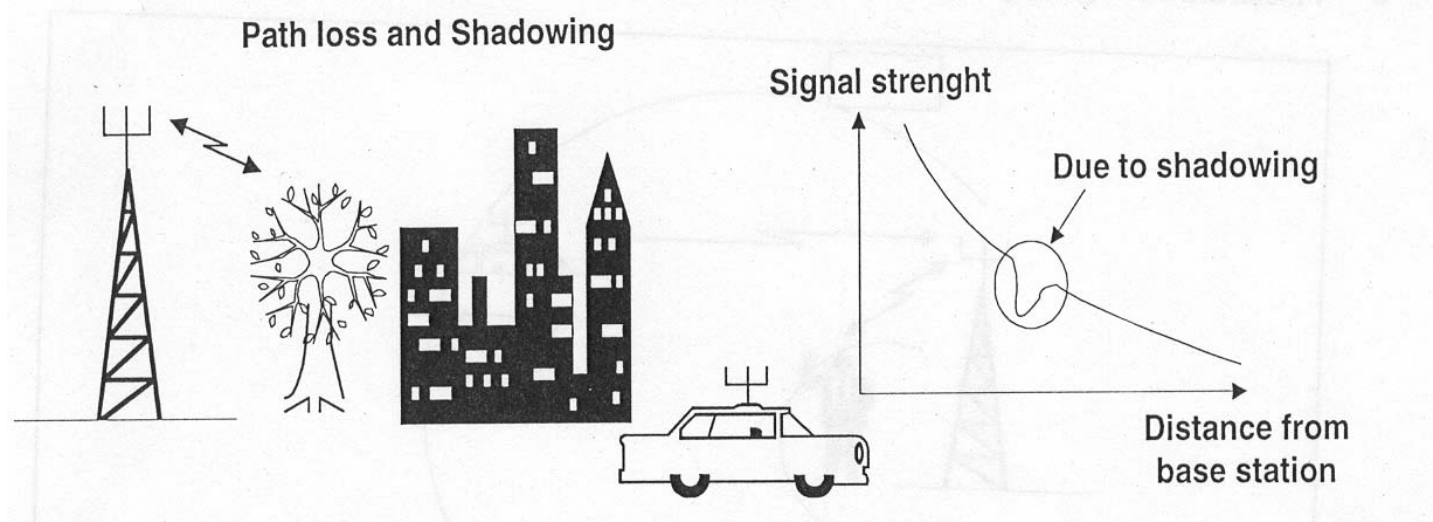
Проблеми у преносу 1

- Слабљење *path loss*

Ретко доводи до губитка позива јер се овај проблем у преносу решава преузимањем позива од стране друге базне станице.

- Сенка *shadowing*

Препрека између BTS и MS. Флуктуација снаге



Проблеми у преносу 2

- Вишеструки фединг

Више од једног пута до MS или BTS.

Рејлијев фединг (кад је пријемник близу препреке)

Дисперзија времена (*time dispersion*) (кад је пријемник удаљен од објекта од којег се одбија сигнал)

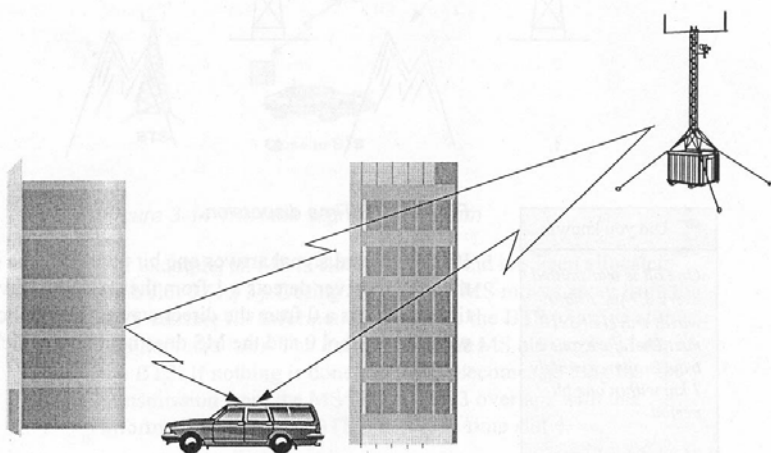
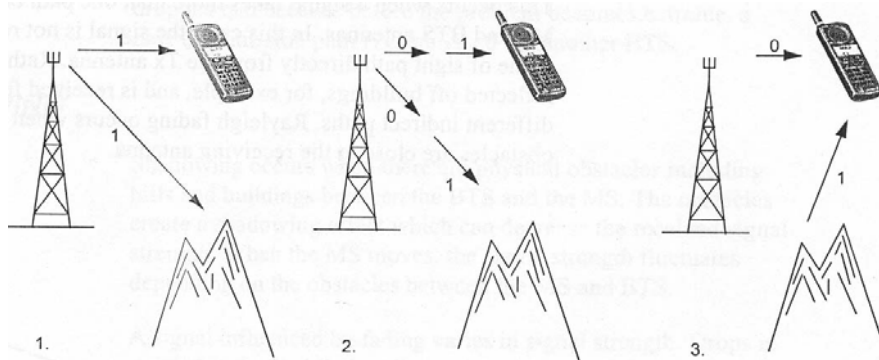


Figure 3-12 Rayleigh fading

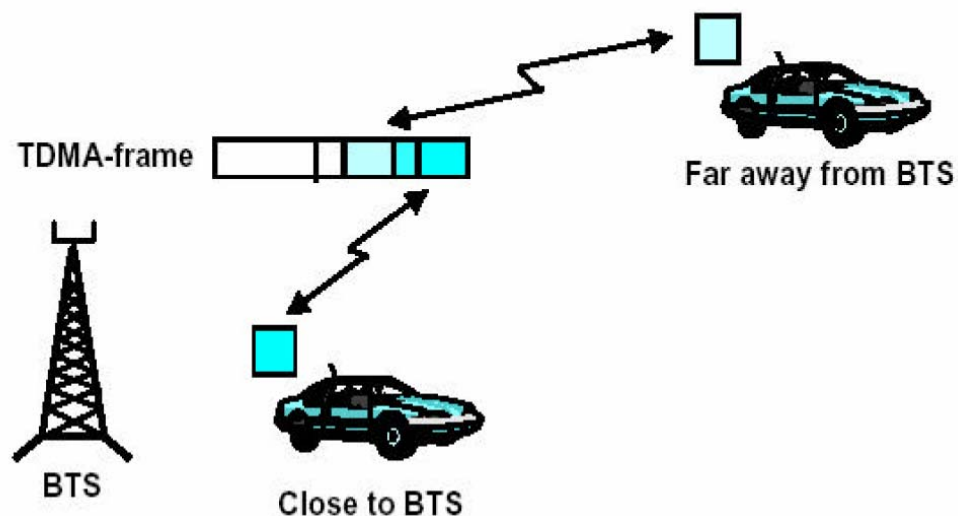


Проблеми у преносу 3

- *Time alignment* временско поравнање

Један позив, један додељен временски интервал.
Проблем се јавља кад информација не стиже до базне станице у оквиру додељеног временског интервала, већ се интерферира са подацима из следећег временског интервала.

Овај проблем се јавља када се мобилна станица удаљава од базне станице. Решава се техником *timing advance*.



Технике за решавање проблема у преносу 1

- **Каналско кодовање**

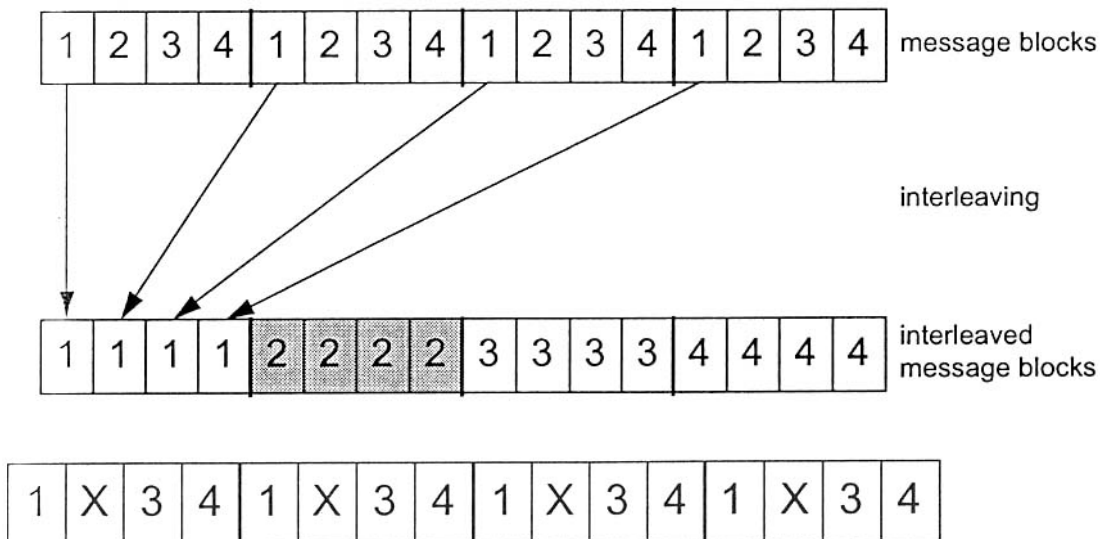
Кодови за детекцију и корекцију грешке.

- **Интерливинг**

Грешке се често јављају на неколико суседних бита и ту не помаже каналско кодовање већ интерливинг.

Технике за решавање проблема у преносу 2

- Интерливинг



- Диверсити антена**

Просторни диверсити

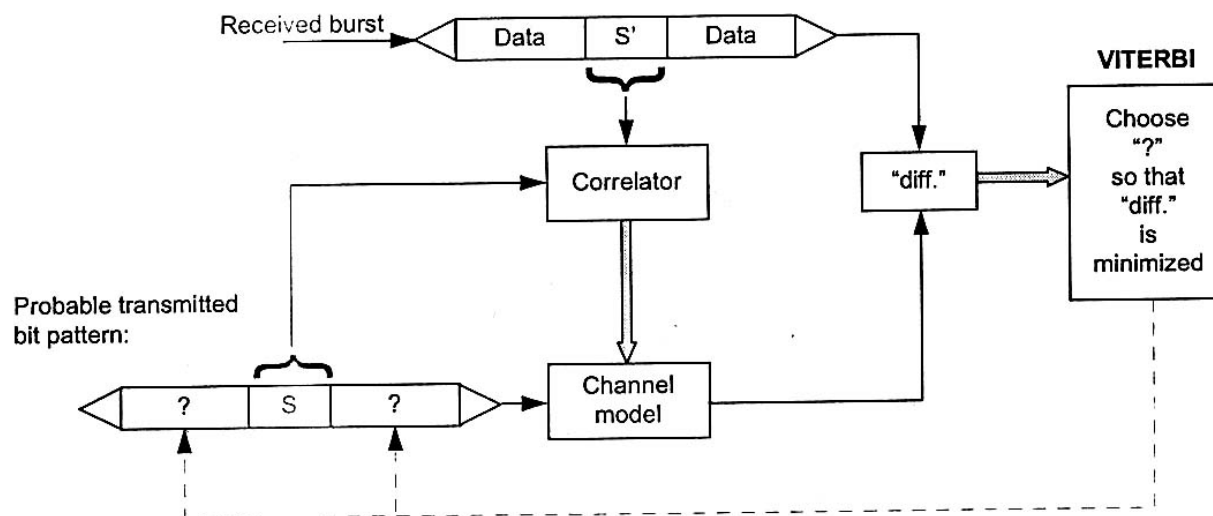
Поларизацијски диверсити

Технике за решавање проблема у преносу 3

- **Адаптивна еквиализација**

Решава проблем дисперзије времена.

Тренинг секвенца је унапред позната и адаптивни еквиализатор је користи да “научи” како да “поправи” примљену секвенцу.



Технике за решавање проблема у преносу 4

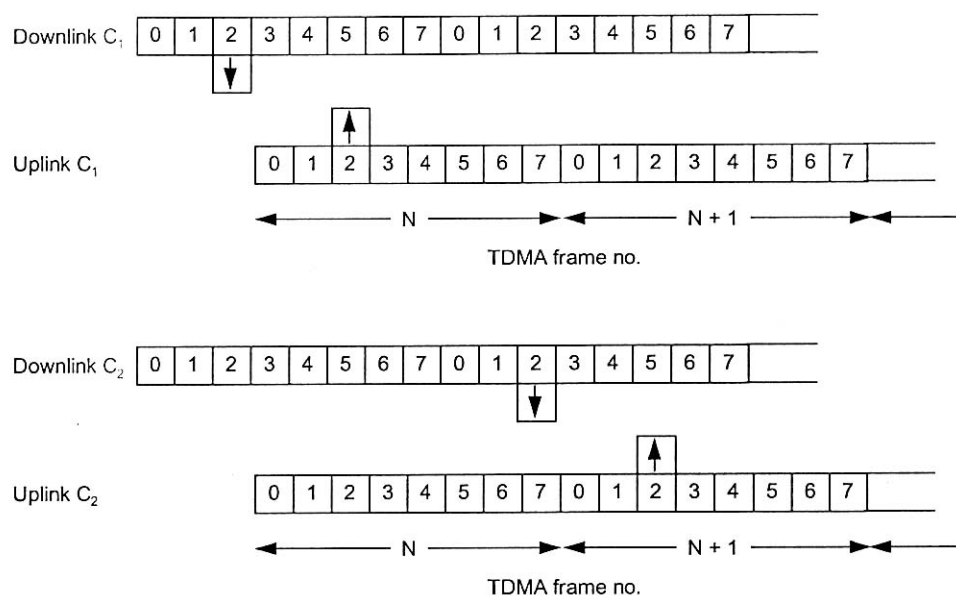
- **Фреквенцијско скакање** (*frequency hopping*)

Решава проблем Рејлијевог фединга.

Могућност мењања фреквенција током позива.

Фреквенцијско скакање је синхронизовано између мобилне и базне станице.

У GSM постоји 64 секвенци фреквенцијског скакања.



Технике за решавање проблема у преносу 5

- **Напредовање времена (*timing advance*)**

Решава проблем временског поравнања (*time alignment*). Ради тако што даје инструкције мобилној станици да почне емитовање брста раније него што би требало. У GSM је максимум 63 битска интервала, што ограничава величину ћелије на максимум 35km.

