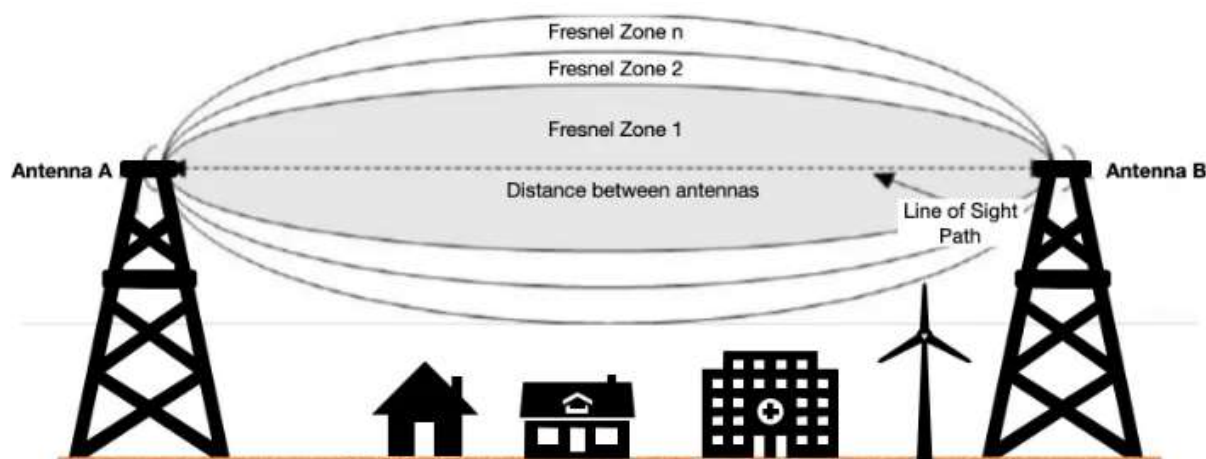


# Frenelove zone

## Frenelove (Fresnel) zone

U bežičnim komunikacijama, može se definisati trodimenzionalna elipsoidna oblast između antene predajnika i antene prijemnika. Ova oblast zavisi od udaljenosti između antena i frekvencije EM talasa. Naziva se Frenelova zona i prikazana je na slici:



U Frenelovoj zoni, najduža osa elipsoida predstavlja direktnu putanju između predajnika i prijemnika. Potrebno je obezbediti da ova putanja ne bude blokirana objektom kako bi postojao dobar prenos signala. Međutim, čak i kad prepreke ne blokiraju direktnu putanju između antena postoje gubici u prenosu i mogu biti takvi da je prenos neostvariv.

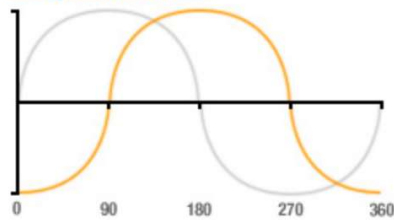
# Frenelove zone

Bežične antene šalju talase u različitim pravcima. Neki talasi će stići direktno do prijemnika - to su **direktni snopovi** talasa - dok će drugi stići nakon refleksije, difrakcije ili rasejanja od drugih površina - nazivamo ih **indirektnim snopovima**. Takvi indirektni snopovi putuju dužim putem, što znači da im se fazni ugao pomera u odnosu na direktni snop. Na mestu prijema imamo interferenciju direktnih i indirektnih snopova. Kada se fazni ugao pomeri za pola talasne dužine, dolazi do **destruktivne interferencije**, što znači da se signali poništavaju.

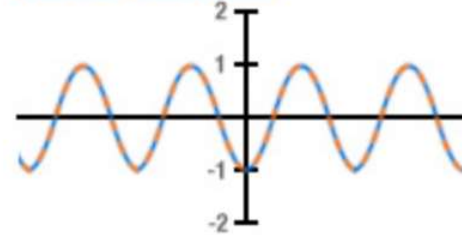
0 or 360 degrees In-Phase



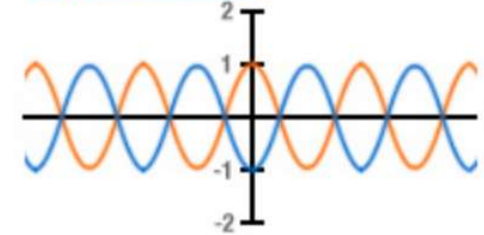
90 degrees Out-of-Phase



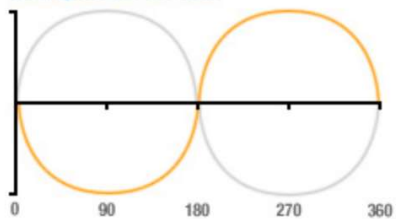
Complete Construction



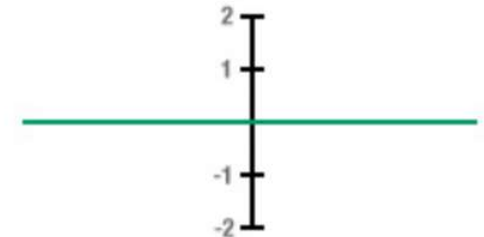
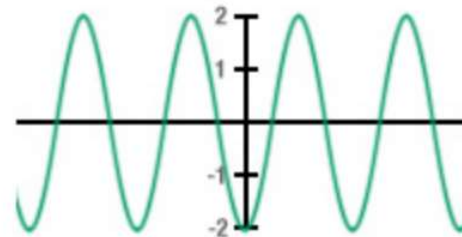
Complete Destruction



180 degrees Out-of-Phase



270 degrees Out-of-Phase



# Frenelove zone

Početak 19. veka, francuski naučnik Augustin-Jean Fresnel stvorio je metod za računanje procene uticaja prepreka na prenos EM signala i tom prilikom definisao zone uticaja koje su kasnije nazvane Frenelovim zonama.

Da bi se **maksimizirala snaga signala**, potrebno je **minimizirati efekat gubitka zbog prepreka** tako što će se ukloniti prepreke i iz direktnog optičkog puta između predajne i prijemne antene ali i iz okoline u primarnoj Fresnelovoj zoni. Najjači signali nalaze se na direktnoj liniji između predajnika i prijemnika i uvek se nalaze u prvoj Fresnelovoj zoni.

Postoji **beskonačan broj** izračunatih Frenelovih zona, ali Frenelova zona koja najviše utiče na performanse bežične mreže je prva Frenelova zona. Ako postoje prepreke, kao što su zgrade, drveće ili brda, smeštene u ovoj prvoj Fresnelovoj zoni, signal će biti ometen njima i stoga će biti oslabljen pri prijemu. Kao opšte pravilo, prilikom planiranja bežičnih konekcija, prva Frenelova zona uvek treba da bude slobodna od prepreka. Međutim ovo može biti neizvodljivo u praksi pa se pri planiranju koristi pravilo **da bi 60% prve Frenelove zone trebalo da bude slobodno**. Ipak, uvek gde je to moguće preporučuje se da za optimalne performanse treba planirati sa 80% ili više.

Prepreke u prvoj Frenelovoj zoni stvaraju signale koji će biti fazno pomereni od 0 do 90 stepeni, u drugoj od 90 do 270 stepeni, od 270 do 450 stepeni u trećoj zoni i tako dalje. Ovo znači da interferencija signala u neparnim Frenelovim zonama ima konstruktivan uticaj, a u parnim destruktivan uticaj na rezultujući signal.

Za udaljenosti veće od 10 km, zakrivljenost Zemlje postaje nezanemarljiva i može postati prepreka u Frenelovoj zoni, uzrokujući gubitak signala. To je zato što sa porastom udaljenosti između predajnika i prijemnika, rastu radijusi Frenelovih zona. Stoga visine predajnika i prijemnika postaju važan faktor za veze na dužim udaljenostima kako bi se osigurala dovoljna razdaljina iznad nivoa tla radi maksimalne jačine signala.

# Frenelove zone

## Formule za Frenelove zone

Formula za računanje poluprečnika n-te Frenelove zone glasi:

$$r_n = \sqrt{(n * \lambda * d_1 * d_2 / (d_1 + d_2))},$$

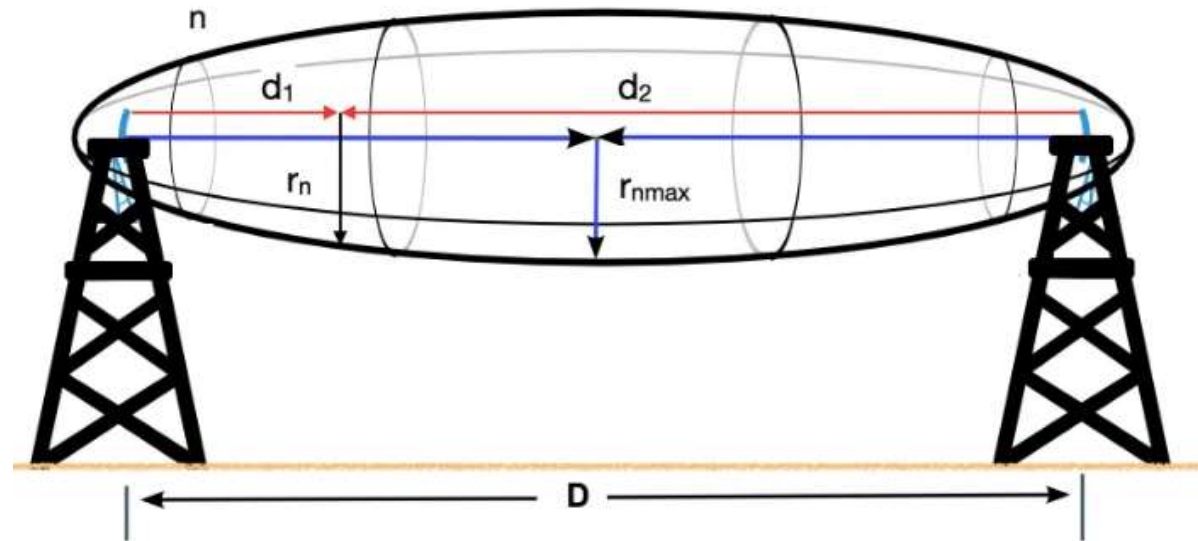
Gde je:

$\lambda$  talasna dužina EM talasa;

$d_1$ ,  $d_2$ ,  $r_n$  su definisani kao na slici

Ako želimo izračunati najveći poluprečnik Fresnelove zone ( $r_{nmax}$ ), tj. poluprečnik u centru elipsoida tada imamo  $d_1 = d_2 = D / 2$ , pa gore navedena formula se pojednostavljuje na:

$$r_{nmax} = \sqrt{(n * \lambda * D / 4)}$$



# Frenelove zone

## Formule za prvu Frenelovu zonu

Konkretno, ako želimo odrediti poluprečnik na bilo kojoj tački u prvoj Fresnelovoj zoni, koristili bismo sledeću formulu:

$$r = \sqrt{(\lambda * d1 * d2 / (d1 + d2))}$$

Za najveći poluprečnik prve Fresnelove zone imamo:

$$r_{1\max} = \sqrt{(\lambda * D / 4)}$$

Sada, ako koristimo formulu za talasnu dužinu  $\lambda = c/f$ , dobijamo:

$$r_{1\max} = \sqrt{(c * D / (4 * f))},$$

gde  $f$  predstavlja frekvenciju EM talasa.

# Frenelove zone

## Primer 8:

- a) Izračunati maksimalni radijus prve Frenelove zone na 500m - om linku koji radi na nosećoj frekvenciji od 5.5GHz (5GHz 802.11n kanal 100). Prijemna i predajna antena nalaze na visini od 10m od tla.
- b) Takođe odrediti na kom rastojanju od tla se nalazi prva Frenelova zona u svom najširem delu
- c) Ustanoviti koja je maksimalna visina objekta u oblasti ispod ovog linka ukoliko je zahtevani procenat slobodnog prostora prve Frenelove zone 100%.
- d) Ustanoviti koja je maksimalna visina objekta u oblasti ispod ovog linka ukoliko je zahtevani procenat slobodnog prostora prve Frenelove zone 60%. procenat

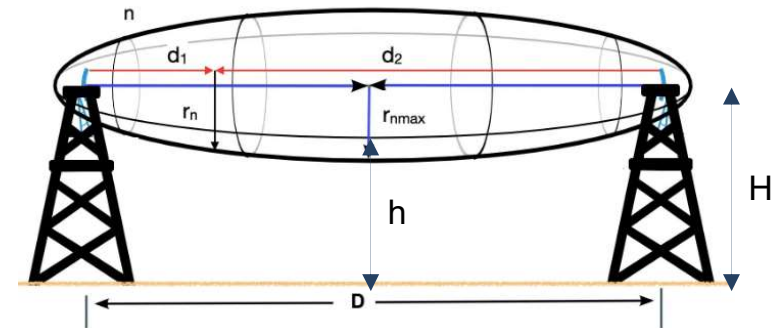
## Rešenje:

- a) Za najveći poluprečnik prve Fresnelove zone imamo:

$$r_{1\max} = \sqrt{(\lambda * D / 4)} = \sqrt{(c * D / (4 * f))} = \sqrt{(3 * 10^8 \text{m/s} * 500\text{m} / (4 * 5.5 * 10^9 \text{Hz}))} = 2.61\text{m}$$

- b) rastojanje „trbuha“ prve Frenelove zone od tla:

$$h = H - r_{1\max} = 7.39\text{m}$$



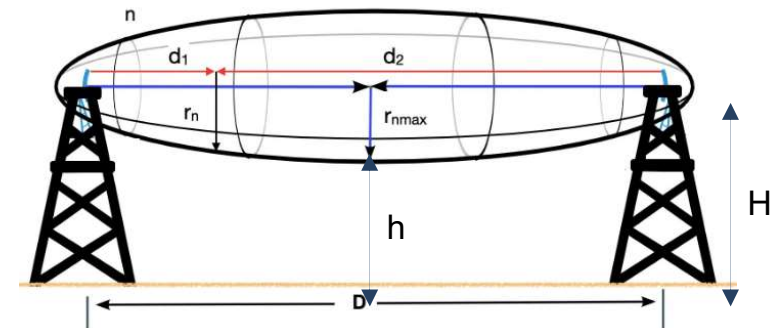
# Frenelove zone

c) maksimalna visina objekta za 100% slobodnog prostora prve Frenelove zone:

$$h = H - r_{1\max} * 1 = 7.39\text{m}$$

d) U ovom slučaju 60% slobodnog prostora prve Frenelove zone se modelira sa 60% maksimalnog radijusa zone. Tako da maksimalna visina objekta za 60% slobodnog prostora prve Frenelove zone iznosi:

$$h = H - r_{1\max} * 0.6 = 8.43\text{m}$$



# Frenelove zone

## Primer 9:

Izračunati maksimalnu visinu vetrogeneratora u oblasti ispod predajnika i prijemnika koji se nalaze na rastojanju od 2km i operišu na nosećoj frekvenciji od 2.437GHz . Prijemna i predajna antena nalaze na visini od 50m od tla. Lokacija za vetrogenerator se nalazi na rastojanju od 500m od predajne antene. Zahtevani procenat slobodnog prostora prve Frenelove zone je 80%.

## Rešenje:

$$r = \sqrt{(\lambda * d_1 * d_2 / (d_1 + d_2))} = \sqrt{(c * d_1 * d_2 / f * (d_1 + d_2))}$$

$$d_1 = 500\text{m}$$

$$d_2 = D - d_1 = 1500\text{m}$$

$$r = \sqrt{3 \cdot 10^8 \text{m/s} * 500\text{m} * 1500\text{m} / (2.437 \cdot 10^9 \text{Hz} * 2000\text{m})}$$

$$r = 6.79\text{m}$$

$$h = H - r * 0.8 = 44.57\text{m}$$

Maksimalna visina vetrogeneratora je 44.57m.

