

# Propagação em Pequena Escala

CMS 60808 2016-1

Bruno William Wisintainer

[bruno.wisintainer@ifsc.edu.br](mailto:bruno.wisintainer@ifsc.edu.br)

# Definição

- Modelos que caracterizam as variações rápidas da potência do sinal quando o móvel é deslocado a distâncias muito curtas ou intervalos de tempo muito curtos.
- As variações de potência do sinal recebido, denominadas desvanecimento, são da ordem de 30 dB ou 40 dB em razão do sinal recebido ser a soma de muitas contribuições vindo de diferentes direções.
- As variações de distância são da ordem de pequenos comprimentos de onda. Os intervalos de tempo são da ordem de segundos.

# Propagação de Multipercurso

- Considerando ambientes complexos e variantes no tempo, devido à presença de diferentes objetos refletores, difratores e dispersores, o destino recebe múltiplas cópias do sinal transmitido.
- Essas cópias podem estar deslocadas no tempo (atrasadas entre si), com orientações espaciais diferentes e com diferentes distorções de amplitude e fase.

# Desvanecimento (*Fading*)

- É um modelo utilizado para descrever flutuações rápidas nas amplitudes, fases ou atrasos multipercurso de um sinal de rádio durante um curto intervalo de tempo ou uma curta distância de propagação.
- Geralmente, as variações de perda de potência por percurso (larga escala) podem ser desprezadas neste cenário.

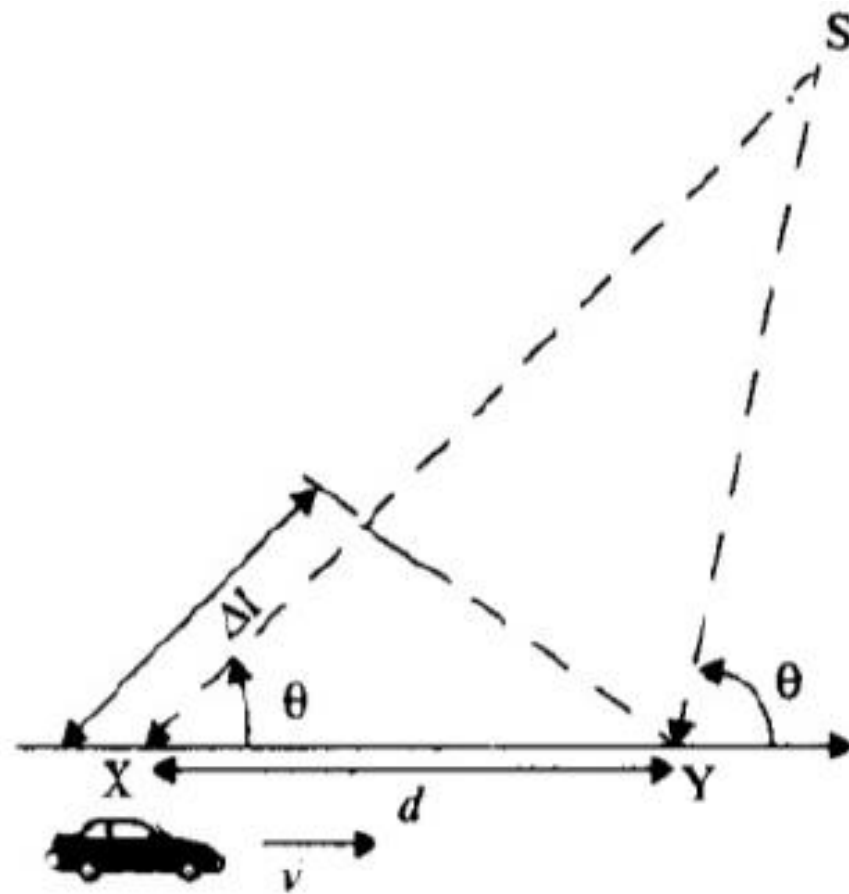
# Efeitos do Desvanecimento

- Rápidas variações da intensidade do sinal (curto intervalo de tempo ou curta distância);
- Dispersão no tempo (ecos) causados por propagação de componentes multipercurso;
- Modulação aleatória de frequência devido a deslocamentos Doppler variantes em cada sinal multipercurso.

# Fatores que influenciam o desvanecimento

- Propagação multipercurso;
- Velocidade (relativa) da EM;
- Velocidade de objetos do ambiente eletromagnético do canal;
- Largura de banda do sinal transmitido.

# Deslocamento Doppler



# Deslocamento Doppler

- Considere a estação móvel deslocando-se a uma velocidade  $v$  constante ao longo de  $d$ , enquanto recebe os sinais de uma fonte remota  $S$ .
- A diferença  $\Delta\ell$  é dada por  $\Delta\ell = d \cos \theta = v\Delta t \cos \theta$ , sendo  $\Delta t$  é o tempo exigido para a estação móvel passar de  $X$  para  $Y$  e  $\theta$  é igual em todo intervalo pois  $S$  está muito longe.
- Portanto a mudança de fase no sinal recebido, devido à diferença nas extensões do caminho é:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi\Delta\ell}{\lambda} = \frac{2\pi v\Delta t}{\lambda} \cos \theta$$



# Deslocamento Doppler

- A mudança aparente na frequência, ou deslocamento Doppler, é dada por  $f_d$ :

$$f_d = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{v}{\lambda} \cos \theta$$

- Se o movimento é na direção de chegada da frente de onda,  $f_d$  é positivo e a frequência final é:

$$f = f_{\text{portadora}} + f_d$$

- Se o movimento é na direção oposta então:

$$f = f_{\text{portadora}} - f_d$$

# *Link* interactivo

- [http://highered.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/78778/Doppler\\_Nav.swf::Doppler%20Shift%20Interactive](http://highered.mheducation.com/olcweb/cgi/pluginpop.cgi?it=swf::800::600::/sites/dl/free/0072482621/78778/Doppler_Nav.swf::Doppler%20Shift%20Interactive)

# Exercício

1) Considere um transmissor enviando um sinal através de uma portadora com frequência de 1850 MHz. Para um veículo se movendo a uma velocidade de 30 m/s calcule a frequência da portadora recebida pelo móvel quando está:

a) se aproximando diretamente do transmissor;

b) se afastando diretamente do transmissor;

c) em uma direção que é perpendicular a direção de chegada do sinal transmitido.

# Exercício

2) Determine as frequências espectrais máxima e mínima recebidas de um transmissor GSM estacionário que tem uma frequência central de exatamente 1950 MHz, supondo que o receptor esteja trafegando a velocidades de:

- a) 1 km/h;
- b) 5 km/h;
- c) 100 km/h; e
- d) 1000 km/h.

# Exercício

3) O limite da velocidade em uma rodovia é 80 km/h. Um radar emite micro-ondas com a frequência de 2 GHz. Quando as ondas se refletem num carro que se aproxima e se afasta do emissor, percebe-se uma diferença de frequência (entre máxima e mínima) de 293 Hz. Qual a velocidade do carro? Está dentro do permitido?

# Exercício

4) O limite da velocidade em uma rodovia é 100 km/h. Um radar emite micro-ondas com a frequência de 1 GHz. Quando as ondas se refletem num carro que se aproxima e se afasta do emissor, percebe-se uma diferença de frequência (entre máxima e mínima) de 750 Hz. Qual a velocidade do carro? Está dentro do permitido?