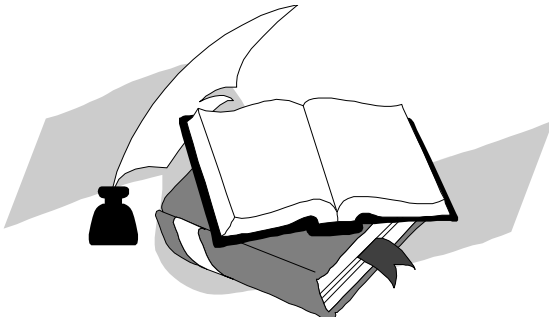
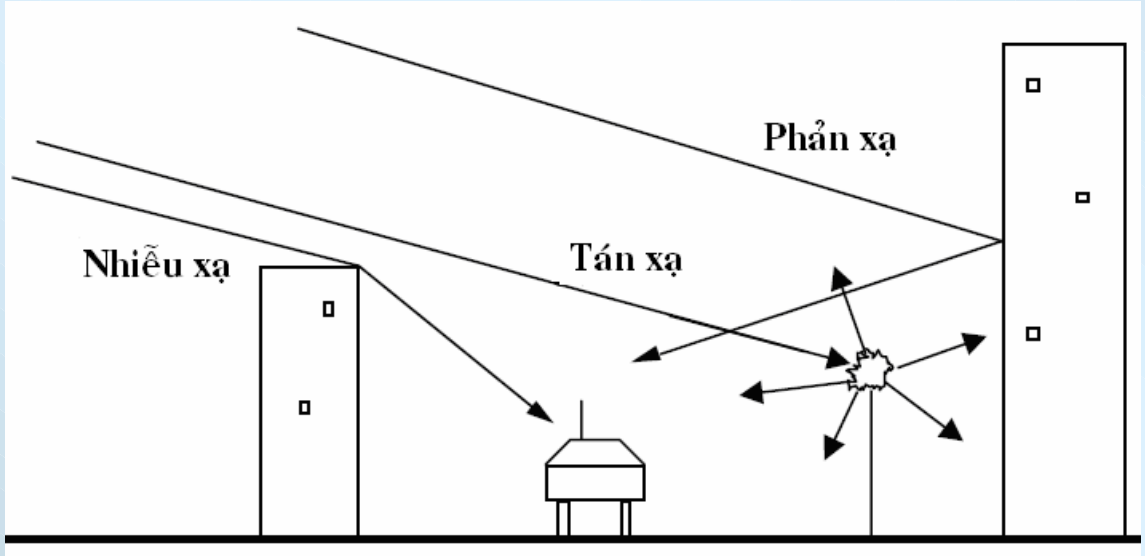


Truyền sóng trong môi trường thông tin di động (Macro Cell)

Truyền sóng trong môi trường thông tin di động (Macro Cell)

+ Truyền sóng đa đường (multipath propagation)

Trong môi trường di động ở dải tần VHF, UHF bỏ qua ảnh hưởng của các trạm ở xa (không truyền theo phương thức sóng trời)



Ảnh hưởng truyền sóng đa đường: Tổn hao tuyến (path loss), Méo tần số (Doppler effect) và Méo biên độ (Rayleigh, Rician,...fading)

+ Mô hình tổn hao tuyến trong thông tin di động

- Trong không gian tự do thực nghiệm cho thấy:

$$P_r \propto R^{-2}$$

$$P_r \propto h_{BTS}^2$$

$$P_r \propto h_{MS}$$

$$P_r \propto f^{-n}$$

Với môi trường ngoài trời $2 \le n \le 4$. với môi trường trong nhà $n > 5$

- Okumura Model

Tần số: 150 MHz – 1920 MHz. Khoảng cách từ 1km đến 100km, anten cao từ 30m đến 1000m

$L_m(dB) = L_0 + A_{m,n}(f,d) - G(h_{BTS}) - G(h_{MS}) - G_{area}$

L_m : Giá trị trung bình của tổn hao tuyến truyền dẫn
L_0 : Tổn hao trong không gian tự do (phụ thuộc vào khỏang cách và tần số)
$A_{m,n}(f,d)$: tổn hao môi trường tương đối (so sánh với môi trường chân không) thông số này đo đạc được phụ thuộc vào tần số và khoảng cách
$G(h_{BTS})$: Độ lợi của chiều cao anten trạm gốc $G(h_{BTS}) = 20 \log(h_{BTS} /200)$
$G(h_{MS})$: Độ lợi chiều cao của thiết bị cầm tay

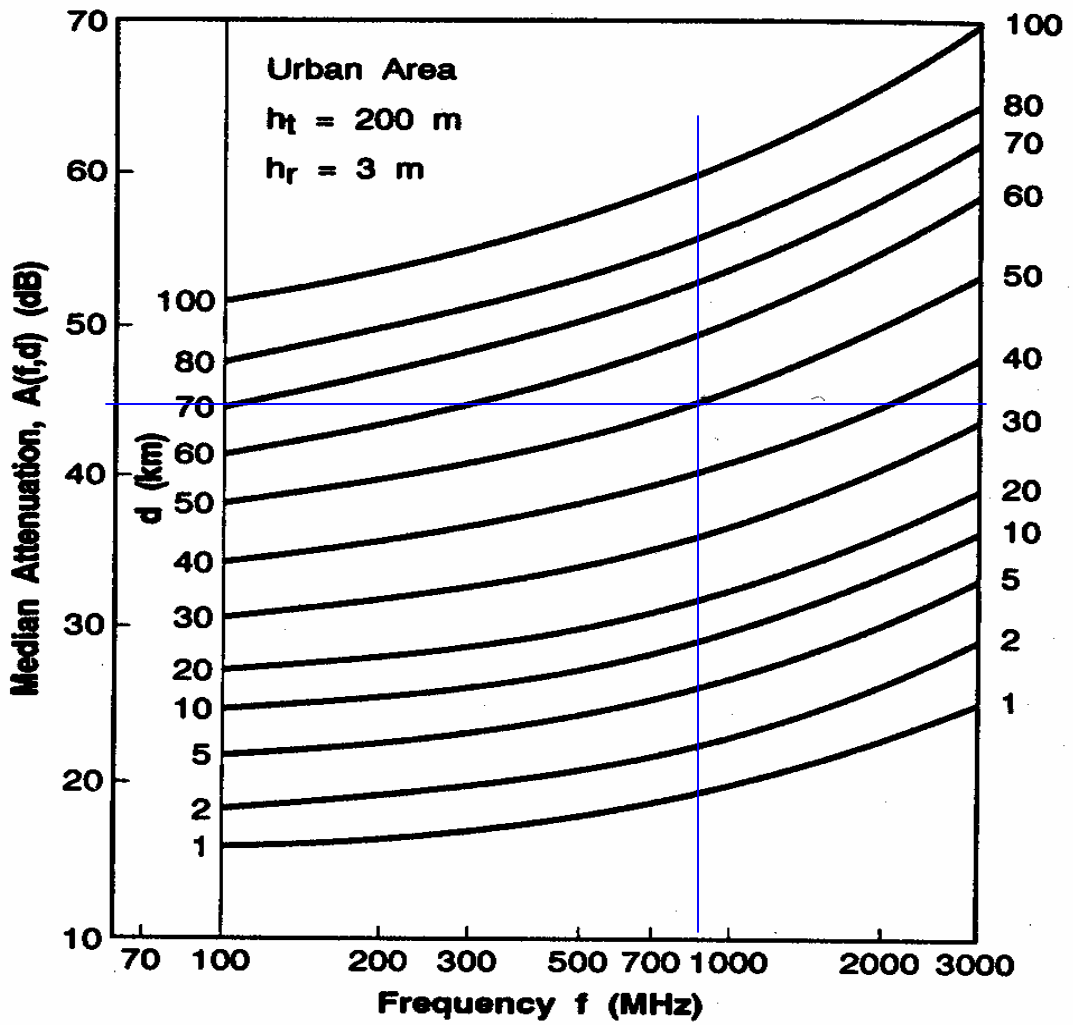
$G(h_{MS}) = 10\log(h_{MS} /3)$ với $h_{MS} \leq 3$ m

$G(h_{MS}) = 20\log(h_{MS} /3)$ với $10m \geq h_{MS} > 3$ m

G_{area} : Hệ số làm đúng do đặc điểm của môi trường truyền dẫn
các đường công A(f,d) & G_{area} được gọi là đường Okumura

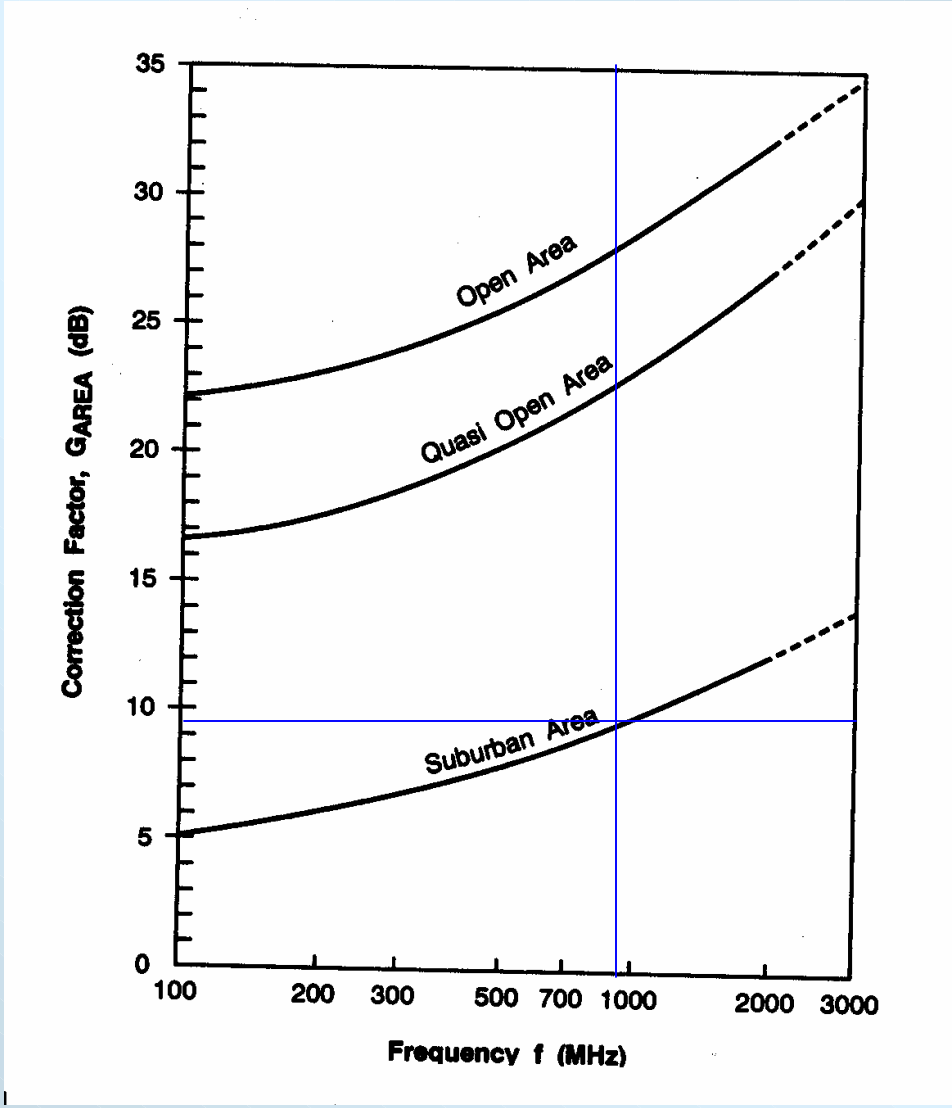
- Okumura Model

Đường cong A(f,d)



- Okumura Model

Đường cong G_{area}



- Okumura Model

Ví dụ: Tính công suất tại anten thu của trạm di động dùng mô hình Okumura khi biết: trạm gốc cao h_{BTS} = 100m, phát công suất bức xạ vô hướng tương đương EIRP = 1kW, thiết bị di động ở độ cao h_{MS} = 10m với độ lợi 0 dB và cách trạm gốc 50km, hệ thống sử dụng tần số 900 MHz phủ sóng trong vùng ngoại ô.

- Hata Model

Tần số: 150 MHz – 1500 MHz. Khoảng cách từ 1km đến 20km

$$L_m(\text{Urban})(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 log(f_c) - 13.82 \log(h_{BTS}) - a(h_{MS}) + (44.9 - 6.55\log(h_{BTS})).\log(d)$$

Với thành phố lớn

$a(h_{MS}) = 8.29(\log(1.54h_{MS}))^2 - 1.1$ dB với $f_c < 300$ MHz

$a(h_{MS}) = 3.2(\log(11.75h_{MS}))^2 - 4.97$ dB với $f_c > 300$ MHz

Với thành phố nhỏ và vừa

$a(h_{MS}) = (1.1\log(f_c) - 0.7)h_{MS} - (1.56 \log(f_c) - 0.8)$ dB

- Hata Model

Vùng ngoại ô và nông thôn

$L_m(\text{Suburban})(dB) = L_m(\text{Urban})(dB) - 2[\log(f_c/28)]^2 - 5.4\ dB$

$L_m(\text{open})(dB) = L_m(\text{Urban})(dB) - 4.78[\log(f_c)]^2 + 18.33\log(f_c) - 40.98\ dB$

$L_m(\text{rural}) = L_m(\text{open}) + \text{Fading Margin (6-10dB)}$

Không phù hợp cho cấu trúc Micro Cell

Với tần số: 1500 MHz – 2000 MHz. (Extension Hata Model or COST-231)

$$L_m(\text{Urban})(dB) = 46.3 + 33.9\log(f_c) - 13.82\log(h_{BTS}) - a(h_{MS}) + (44.9 - 6.55\log(h_{BTS})).\log(d) + C$$

Với $a(h_{MS})$ giống phần trước và C là hệ số:

C = 0 dB khi là thành phố nhỏ, trung bình hay vùng ngoại ô

C = 3 dB khi là trung tâm thành phố lớn

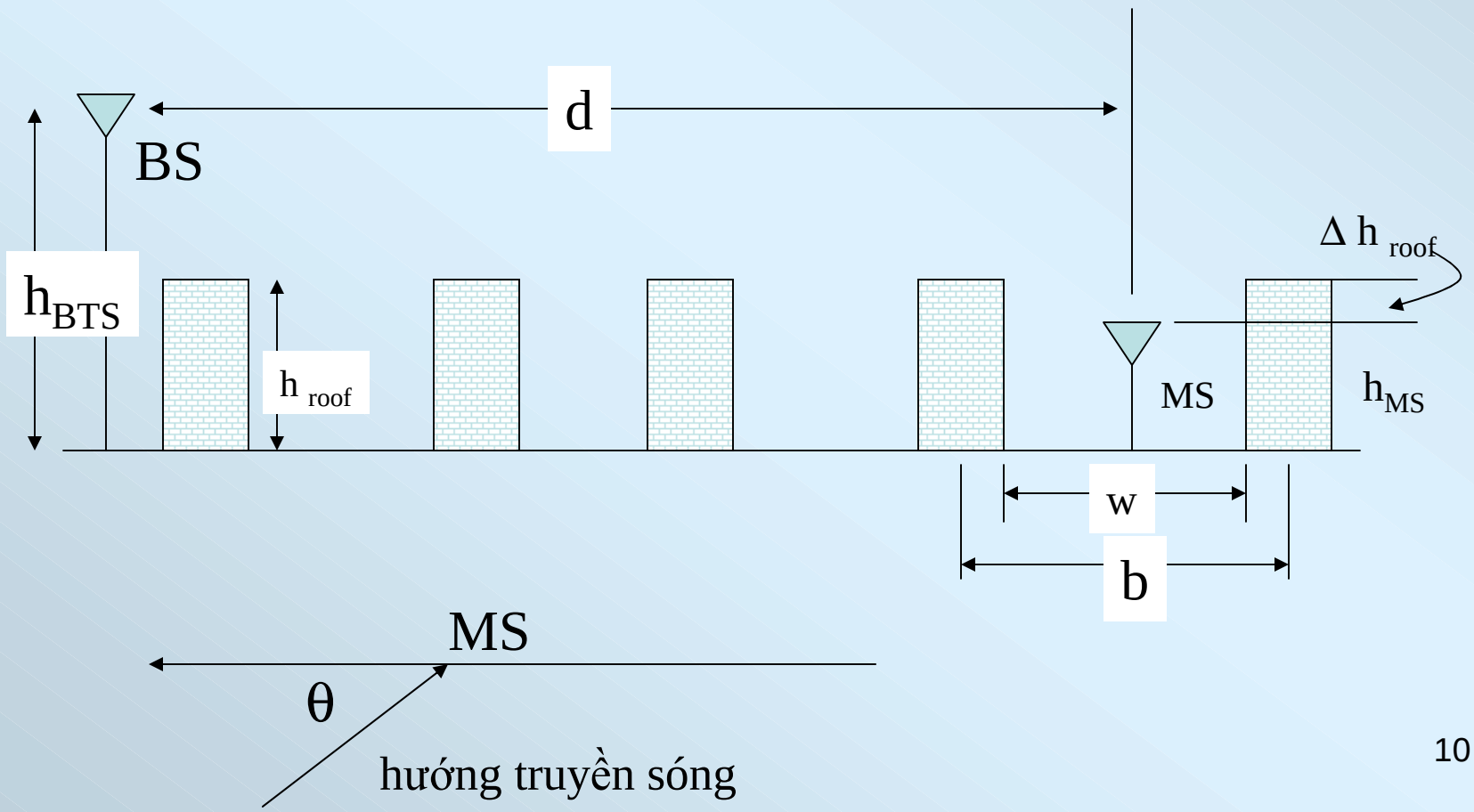
- Hata Model

Ví dụ: biết độ nhạy của máy di động với chất lượng nghe rõ là –105.967dBm, anten của máy di động ở độ cao 1.5m và có độ lợi 1dB, trạm gốc có độ cao 50m, phát với công suất 40dBm, và anten có độ lợi 8dB. hệ thống hoạt động ở tần số 900MHz và có độ dự trữ fading 10dB.

Xác định bán kính cell cực đại cho vùng thành phố (vừa), ngọai ô và nông thôn?

- Walfisch - Ikegami Model

Mô hình này thể hiện sự phụ thuộc vào 4 thông số: độ cao toà nhà, bề rộng con đường, khoảng cách giữa các tòa nhà, hướng của con đường so với hướng của tia truyền sóng



- Walfisch - Ikegami Model

$L_m = L_0 + L_{rts} + L_{msd}$ nếu $L_{rts} + L_{msd} > 0$

$L_m = L_0$ nếu $L_{rts} + L_{msd} < 0$

L_0 : tổn hao trong không gian tự do

L_{rts}: tổn hao do nhiễu xạ và tán xạ bởi các nóc tòa nhà

$= -16.9 \ -10\log(w) + 10\log(f_c) + 20\log \Delta h_{MS} + L_{ori}$

L_{ori} : $-10 + 0.354(\theta)$ với $0^0 \leq \theta \leq 35^0$

$2.5 + 0.075(\theta - 35^0)$ với $35^0 \leq \theta \leq 55^0$

$4.0 - 0.114(\theta - 55^0)$ với $55^0 \leq \theta \leq 90^0$

L_{msd}: tổn hao nhiễu xạ nhiều tầng

$= L_{bsh} + k_a + k_d\log_{10}(d) + k_f\log_{10}(f_c) - 9\log_{10}(b)$

- Walfisch - Ikegami Model

$L_{bsh} = -18\log[1+(h_{BTS} - h_{roof})]$ khi $h_{BTS} > h_{roof}$

$= 0$ khi $h_{BTS} \leq h_{roof}$

$k_a = 54$ khi $h_{BTS} > h_{roof}$

$= 54 - 0.8(h_{BTS} - h_{roof})$ khi $h_{BTS} \leq h_{roof}$ và $d \geq 0.5$ km

$= 54 - 0.8(h_{BTS} - h_{roof})d/2$ khi $h_{BTS} \leq h_{roof}$ và $d < 0.5$ km

$k_d = 18$ khi $h_{BTS} > h_{roof}$

$= 18 - 15\,(h_{BTS} - h_{roof})/\,h_{roof}$ khi $h_{roof} \leq h_{roof}$

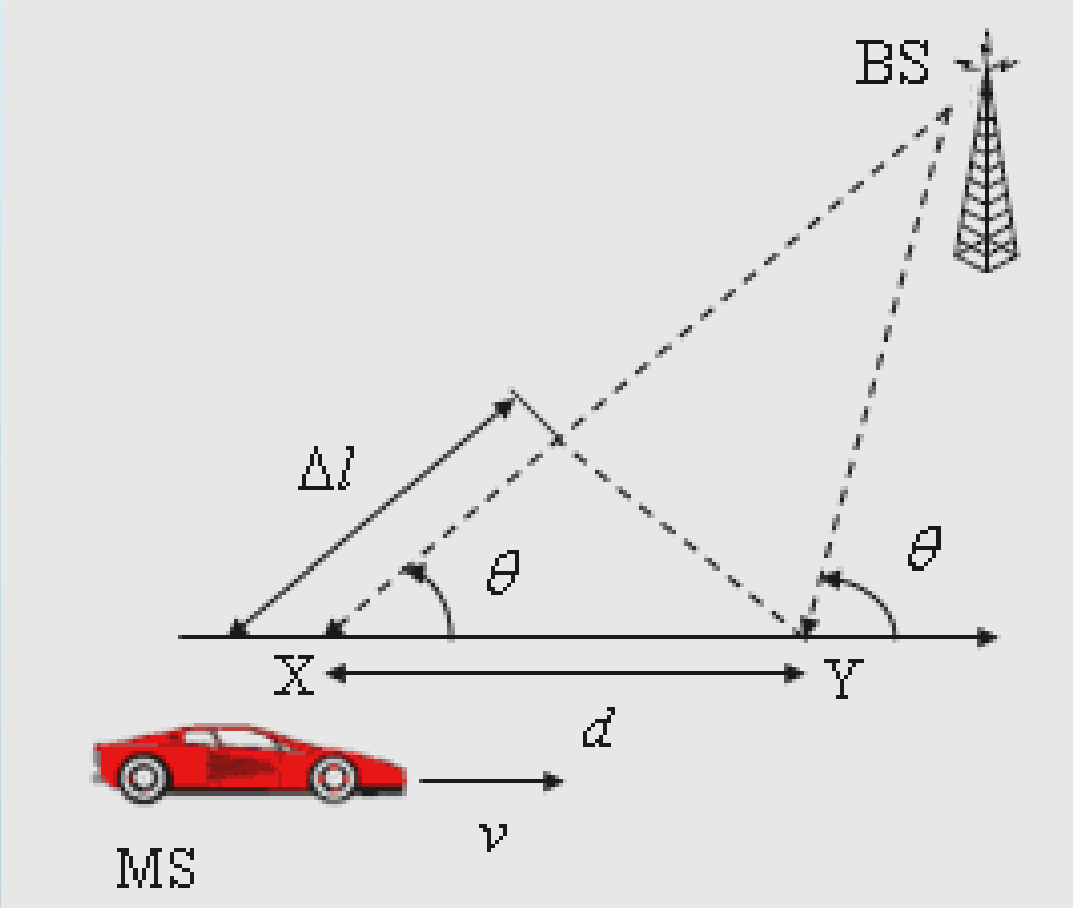
$k_f = -4 + 0.7(f_c/925 - 1)$ cho thành phố nhỏ và vừa

$= -4 + 1.5(f_c/925 - 1)$ cho thành phố lớn

Mô hình này áp dụng cho: tần số từ 800 đến 2000MHz, h_{BTS} từ 4m đến 50 m, h_{MS} từ 1m đến 3m và d từ 0.02 đến 5km

+ Méo tần số (Doppler effect)

Khi giữa máy phát và máy thu có sự dịch chuyển tương đối thì tần số thu được có sự khác biệt so với tần số phát của sóng mang



$$\Delta l = d\cos q$$

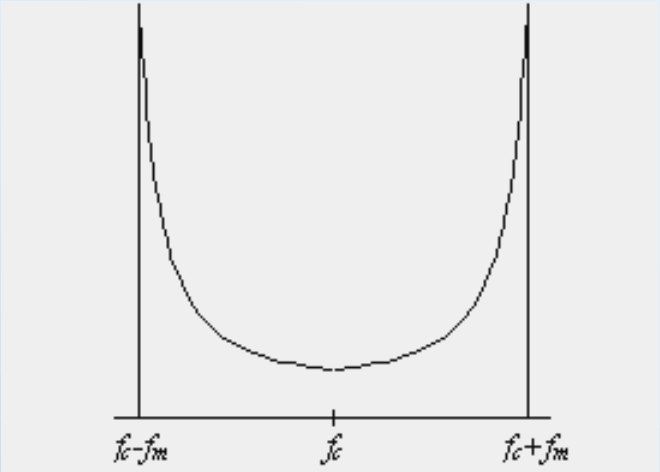
$$\Delta j = \frac{2p\Delta l}{l} = \frac{2p\,v\Delta t}{l}\cos q$$

$$f_D = \frac{1}{2p}\frac{\Delta j}{\Delta t} = \frac{v}{l}\cos q = f_m \cos q$$

- Méo tần số (Doppler effect)

Mật độ phổ

$$S(f) = \frac{K}{2p\, f_m} \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{f-f_c}{f_m}\right)^2}}$$

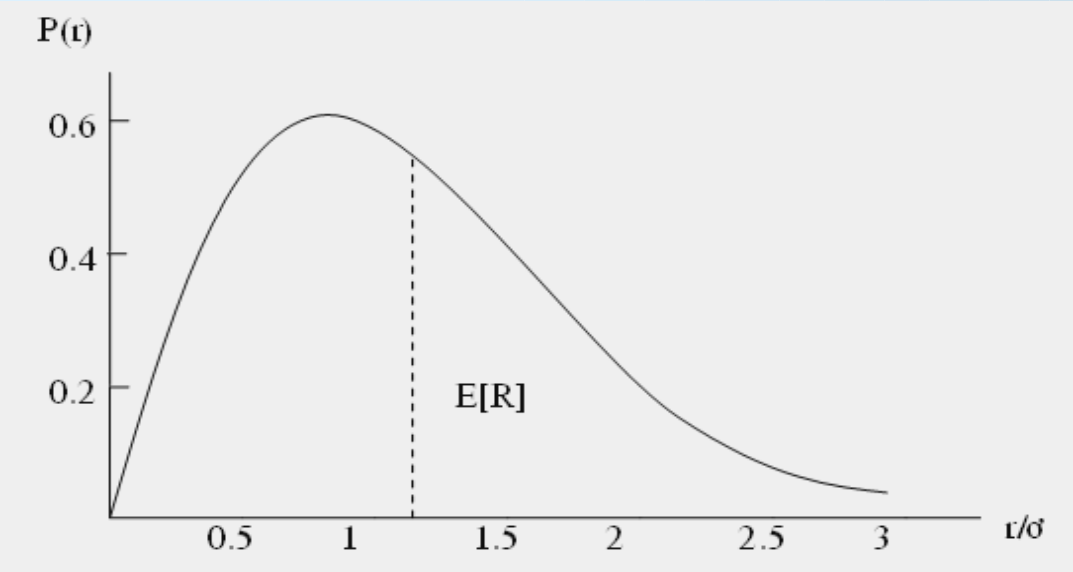


+ Méo biên độ

Mô hình fading Rayleigh: tại thiết bị di động không nhận duy nhất một loại suy hao của tín hiệu phát (chỉ là tia phản xạ) mà là rất nhiều tín hiệu từ nhiều con đường và hiện tượng khác nhau. Xét về pha của các tín hiệu này thì co pha ngẫu hiên trong khoảng [0, 2π]. Theo luật số lớn và định lý giới hạn trung tâm thì tín hiệu thu được là tín hiệu thông dải có phân bố Gausian, thành phần cùng pha và vuông pha có phân bố Gausian với trung bình không và cùng phương sai nên theo định lý trung tâm ta có hàm mật độ xác suất của biên độ có dạng Rayleigh

$$p(r) = \begin{cases} \dfrac{r}{s^2} e^{-r^2/2s^2} & r \geq 0 \\ 0 & r < 0 \end{cases}$$

- Mô hình fading Rayleigh



Hàm tích lũy

$$F_r(R) = p(r < R) = \int_0^R p(r)dr = 1 - \exp\left(-\frac{R^2}{2s^2}\right)$$

- Mô hình fading Rayleigh

Công suất trung bình của tín hiệu thông dải bằng ½ công suất trung bình của biên độ phức của nó, $P = ½E[|r|^2]$, nên ta có thể định nghĩa công suất tức thời $u = r^2/2$. Nên công suất có dạng phân bố hàm mũ âm

$$p(u) = p(r)\left|\frac{dg(u)}{du}\right| = \frac{\sqrt{2u}}{s^2}e^{-\frac{2u}{2s^2}}\left|\frac{1}{\sqrt{2u}}\right| = \frac{1}{s^2}e^{-\frac{u}{s^2}}$$

- Mô hình fading Rician (tự đọc)

- Ví dụ:

Biên độ của tín hiệu thu mong muốn có dạng phân bố Rayleigh, tín hiệu nhiễu biên độ cũngcó dạng phân bố Rayleigh và độc lập với tín hiệu thu mong muốn.

- Xác định biểu thức tính xác suất của tỷ số tín hiệu trên nhiễu nhỏ hơn giá trị k khi tỷ số tín hiệu trên nhiễu trung bình là c?
- Xác định xác suất của tỷ số tín hiệu trên nhiễu bé hơn:

i) 20 dB

ii) 10 dB

iii) 0 dB

biết tỷ số tín hiệu trên nhiễu trung bình là 20 dB

-Xác định tỷ số tín hiệu trên nhiễu trung bình sao xác suất của tỷ số tín hiệu trên nhiễu nhỏ hơn 20 dB là:

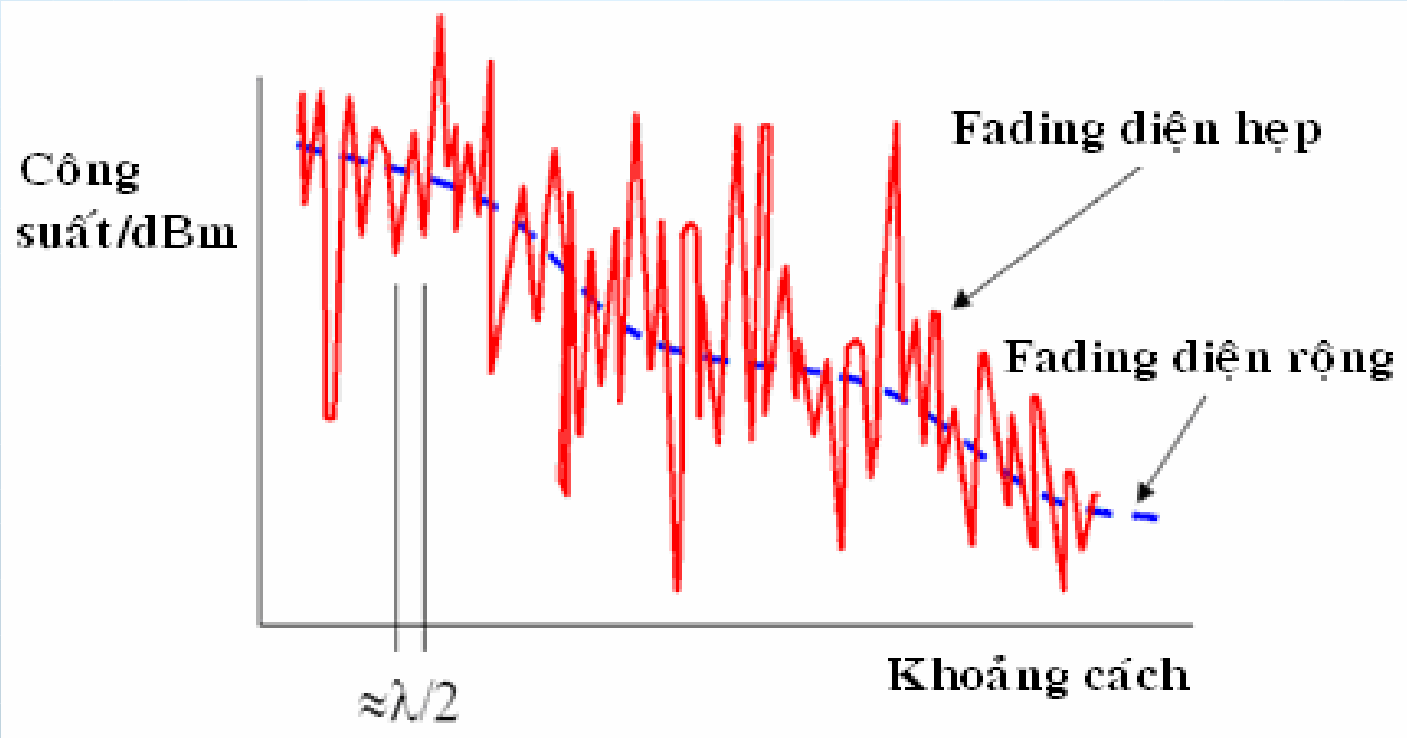
i) 10%

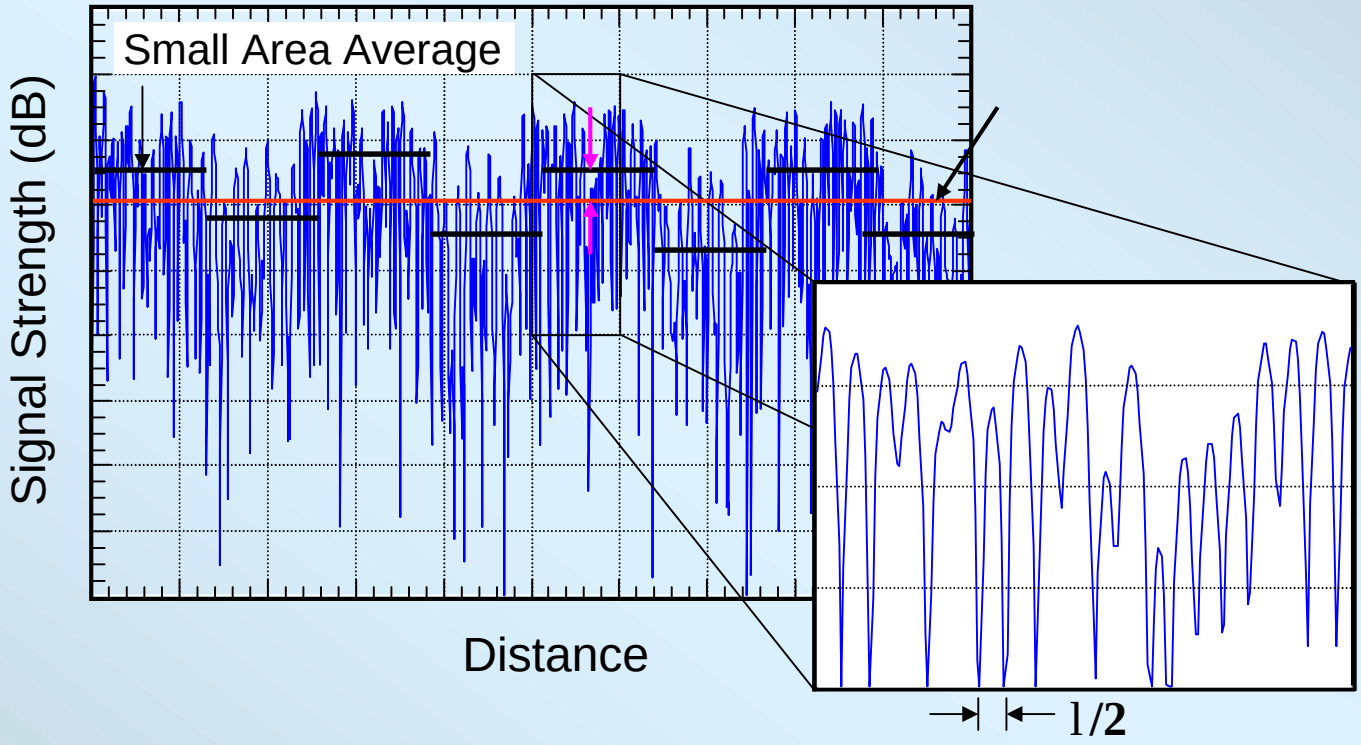
ii) 1%

iii) 0.1%

+ Fading nhiều tia

Tín hiệu nhận được từ nhiều đường vô tuyến khác nhau sẽ được cộng lại với nhau làm cho tín hiệu tổng có thể lớn hơn hay bé hơn mức tín hiệu trung bình nhận được, các mức tín hiệu bé hơn được gọi là bị fade. Tòan bộ hiện tượng được gọi là hiện tượng fading nhiều tia (multipath fading)




Small Area Average
Signal Strength (dB)
Distance
l/2

- Fading diện rộng (large scale fading)

Fading diện rộng là mô hình quan tâm đến độ lớn của tín hiệu giữa phát và thu với những khỏang cách riêng biệt (vài trăm m) và dùng để ước lượng vùng phủ sóng

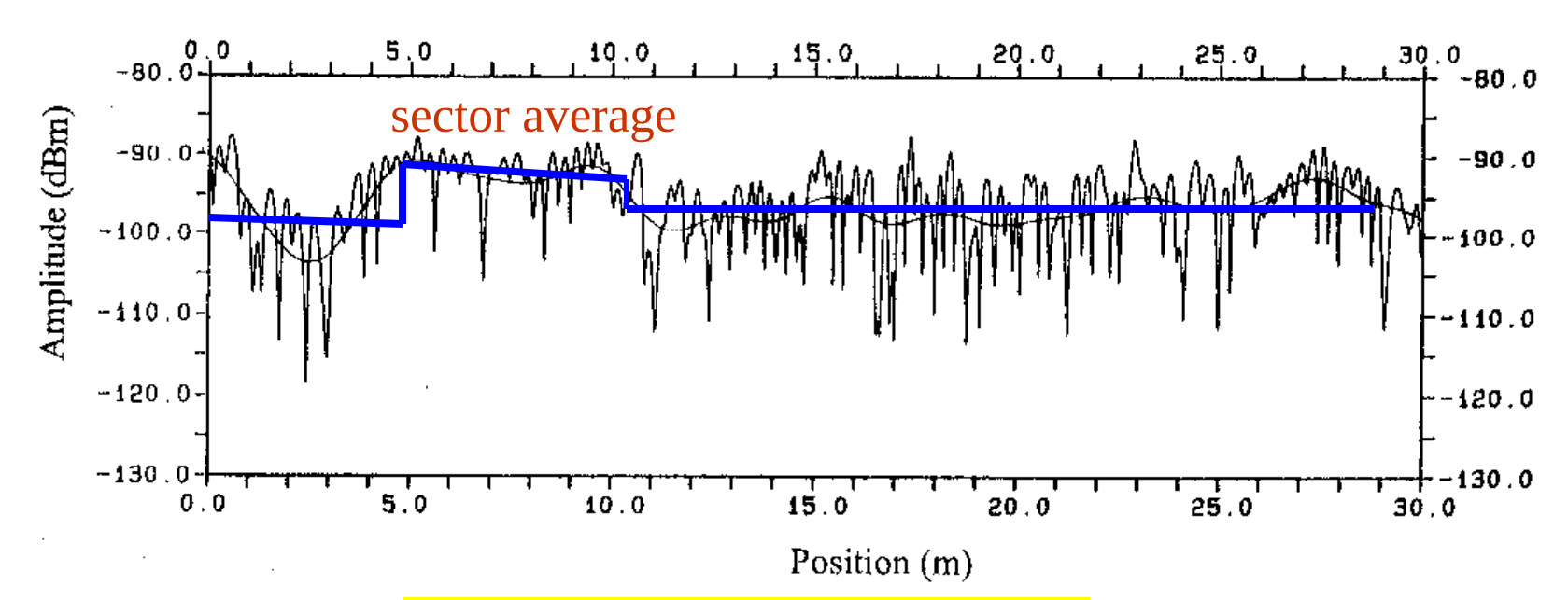
- Fading diện hẹp (small scale fading)

Fading diện hẹp là mô hình quan tâm đến sự thay đổi độ lớn của tín hiệu thu được trong một khỏang cách ngắn (vài bước sóng) hay một khoảng thời gian ngắn

- Fading nhanh (fast fading) và fading chậm (slow fading)

Biên độ tín hiệu thu được là hàm của khỏang cách r(x) mà thông tin di động thiết bị cầm tay di chuyển được biểu diễn là hàm của thời gian r(t). Sự thay đổi (variance) trong không gian là hàm của khỏang cách được thể hiện sự thay đổi phụ thuộc vào khỏang cách được gọi là fading nhanh và fading chậm.

Fading nhanh xét sự thay đổi trong khỏang cách ½ bước sóng thường do sự di chuyển của các vật thể tán xạ (scatters). Fading nhanh bằng phẳng trong một khỏang dài từ 20 – 40 bước sóng thì được gọi là trung bình sector (sector average). Sự thay đổi của mức tín hiệu trung được gọi là fading chậm



$$r(t) = m(t)\, r_0(t)$$

Thống kê của fading chậm: trong môi trường truyền sóng giữa trạm gốc và thiết bị di động là tích của nhiều quá trình ngẫu nhiên lên tín hiệu. Nên với thang dB thì mức của các tín hiệu ngẫu nhiên là tổng. mà tổng của nhiều biến ngẫu nhiên thì có dạng phân bố Gausian. Do đó thống kê của fading chậm có dạng phân bố Gausian theo thang dB và được gọi là phân bố lognomal hay là mức tín hiệu thu được theo thang dB có dạng phân bố Gausian

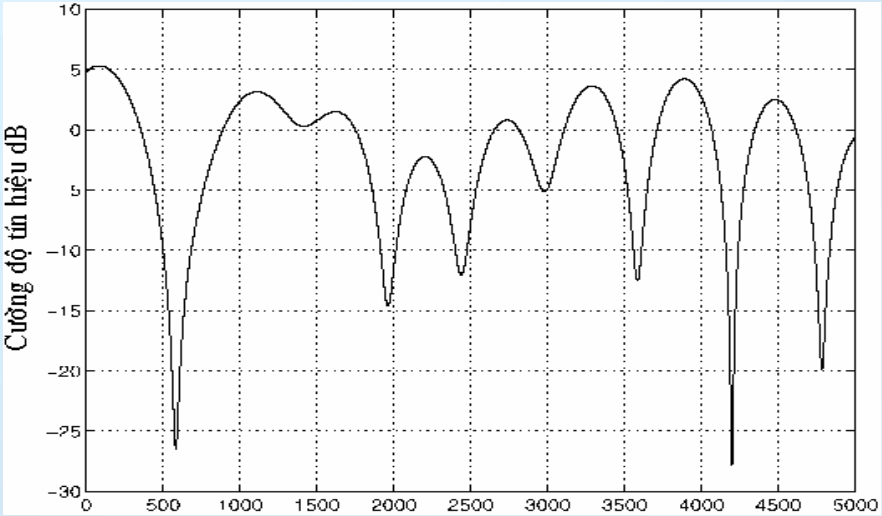
$$p(L) = \frac{1}{\sqrt{2p}\, s_L} e^{-\frac{(L-m_L)^2}{2s_L^2}}$$

L là mức tín hiệu ở khỏang cách cụ thể

m_L là suy hao trung bình tại một khỏang cách cụ thể

σ_L là độ lệch chuẩn của suy hao trung bình

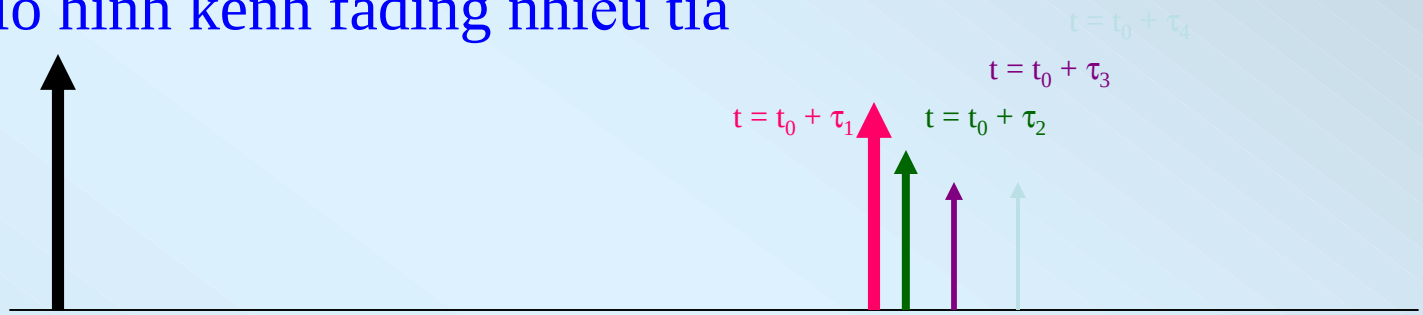
Thống kê của fading nhanh: biên độ của tín hiệu nhận được do fading nhanh thường có phân bố Rayleigh hay Rician.



n(r) = N/T level crossing rate là tỷ số giữa tổng tất cả các mức vượt trên một giới hạn trong khỏang thời gian cho trước với khỏang thời gian này.
à phụ thuộc vào hiện tượng Doppler

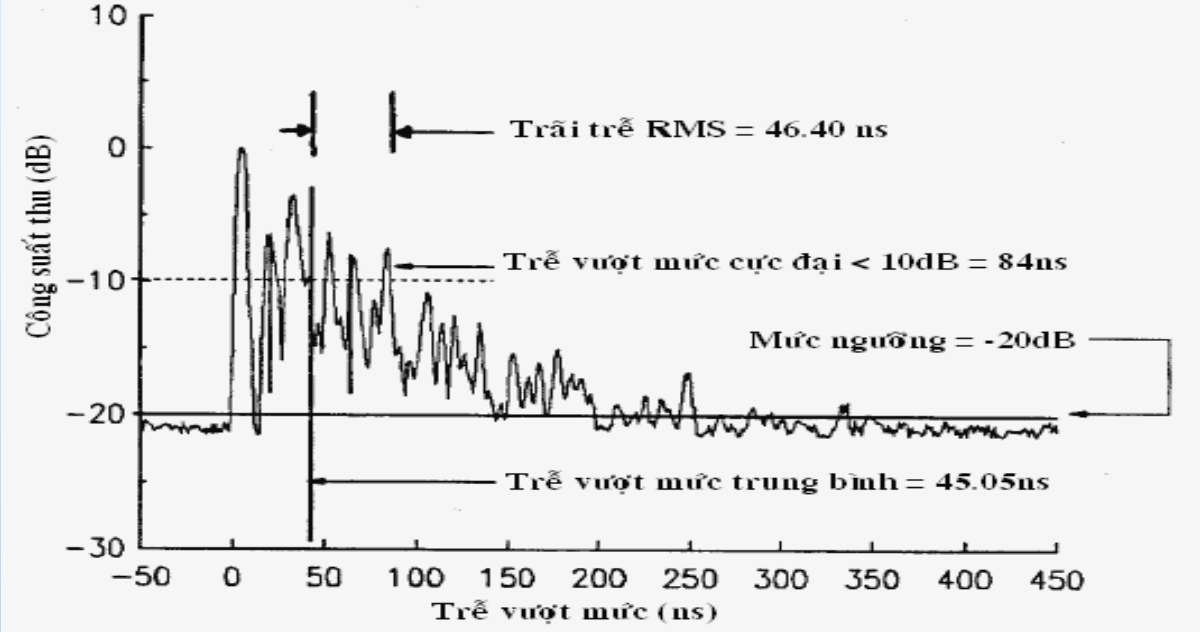
t(r) = $\sum t_i/N$ average duration of fades là tỷ số giữa tổng thời gian của các fades trong khỏang thời gian cho trước với tổng số fades **à** xác định kỹ thuật mã hóa kênh

+ Mô hình kênh fading nhiều tia



Transmit
$t=t_0$

Multipath Received Signals



+ Mô hình kênh fading nhiều tia

$$\bar{t} = \frac{\sum_k a_k^2 t_k}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(t_k) t_k}{\sum_k P(t_k)} e^{iq}$$

$$s_t = \sqrt{\overline{t^2} - \left(\bar{t}\right)^2}$$

$$\overline{t^2} = \frac{\sum_k a_k^2 t_k^2}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(t_k) t_k^2}{\sum_k P(t_k)}$$

- Băng thông kết hợp (coherence bandwidth)

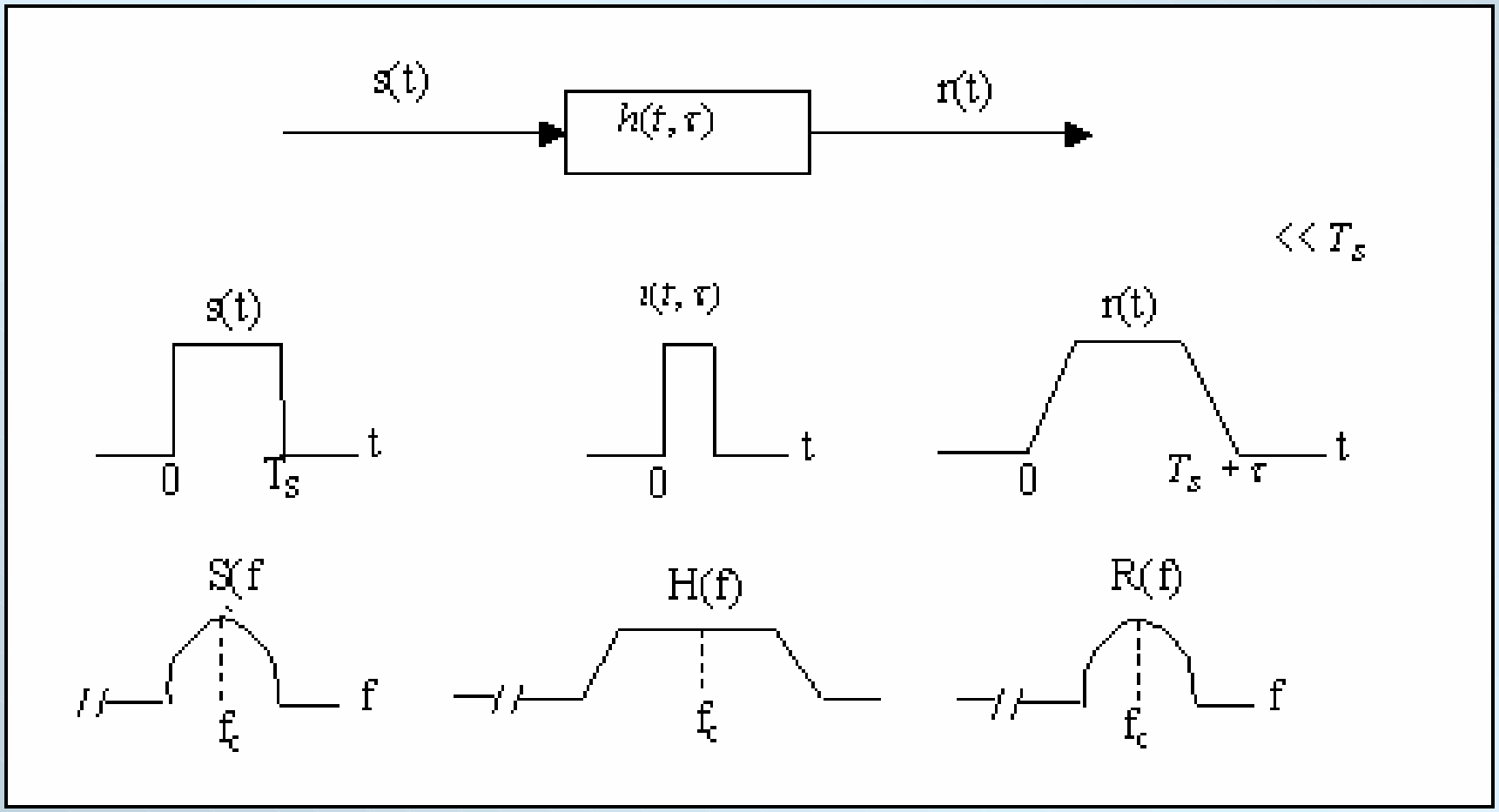
$$B_c \approx \frac{1}{50s_t}$$

- Thời gian kết hợp (coherence time)

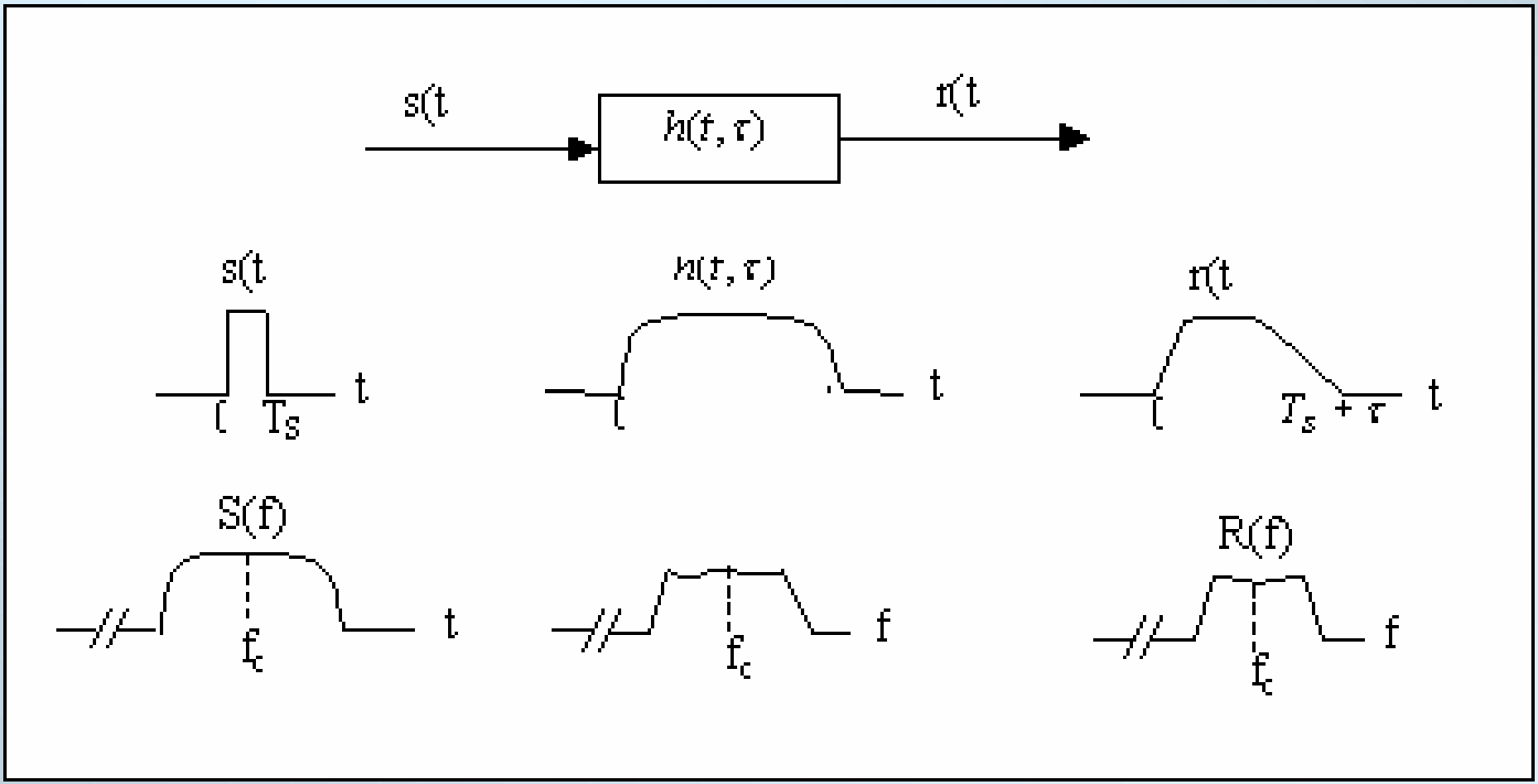
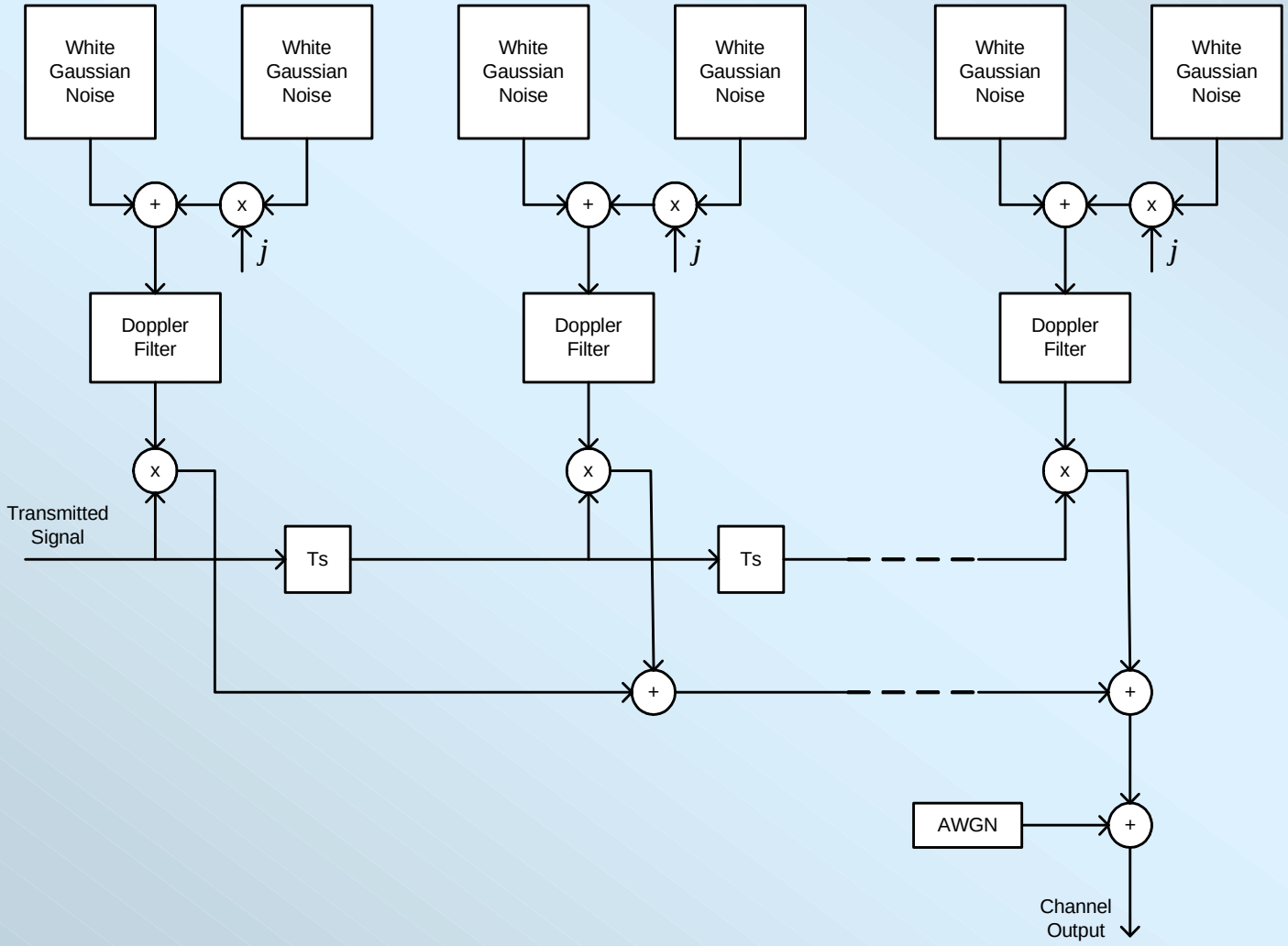
$$T_c = \sqrt{\frac{9}{16p\, f_m^{\,2}}} = \frac{0.423}{f_m}$$

- Các lọai kênh fading

- Fading phẳng



- Fading lựa chọn tần số



- Mô hình kênh fading nhiều tia