



CHAPTER 3

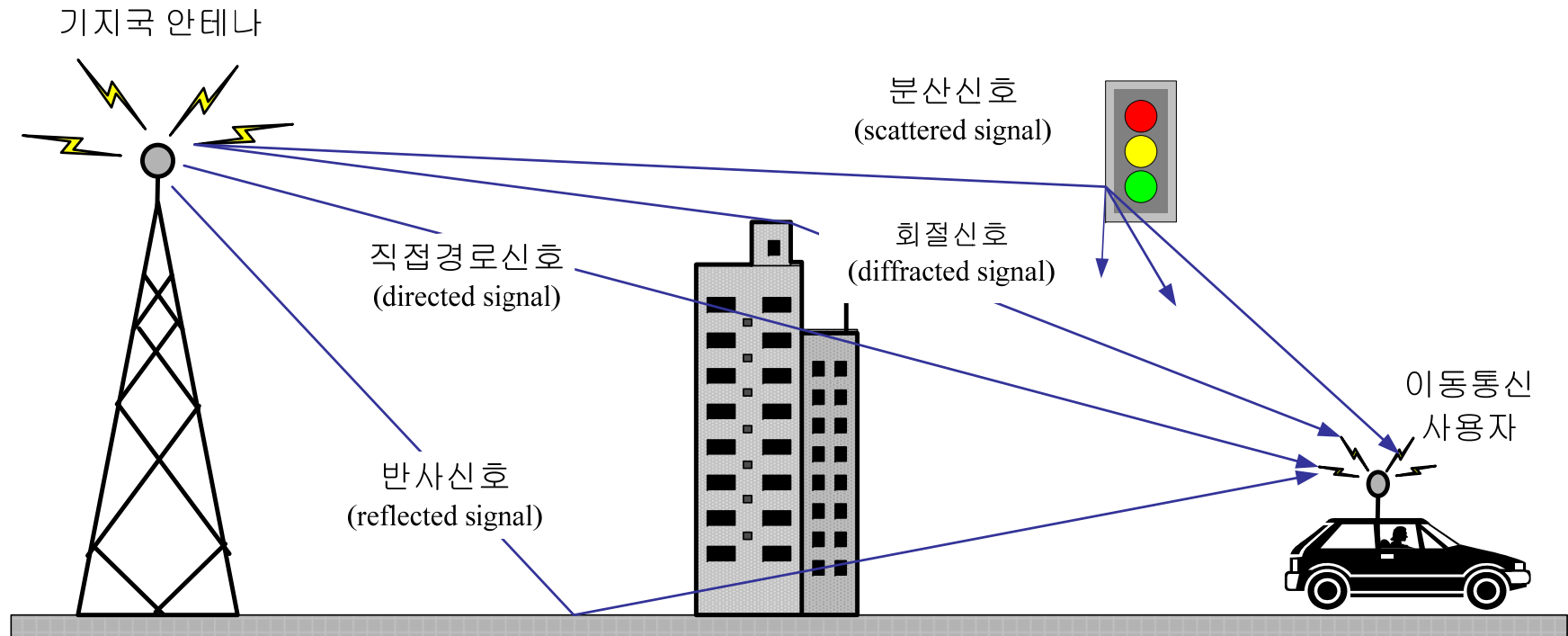
이동통신의 채널환경

- 이동통신 채널특성
- 전파 손실 모델
- Small scale fading 해석(다중경로, 도플러)
- 정보전송속도와 fading의 상관관계

3.1 이동통신 채널의 특성

- 자연 지형 환경(natural terrain configuration)
 - ◆ 개방 지역(open area)
 - ◆ 평지(flat terrain)
 - ◆ 언덕 지형(hilly terrain)
 - ◆ 산악 지역(mountain area)
- 인공 구조물(human made environment)
 - ◆ 교외지역(rural area)
 - ◆ 준근교지역(quasi-suburban)
 - ◆ 도시근교(suburban)
 - ◆ 도심지(urban)
- 이동 환경(moving medium)
- 분산 환경(dispersive medium)

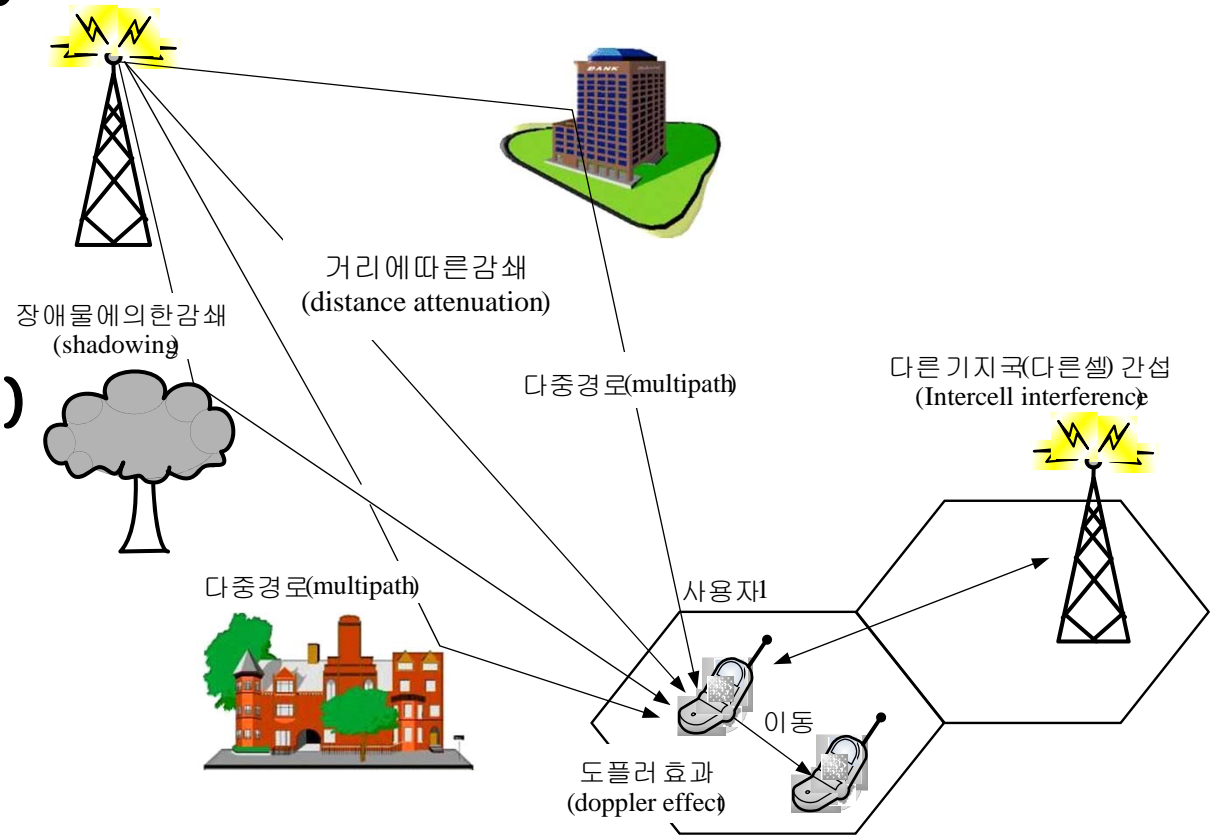
3.1 이동통신 채널의 특성



- ✓ 직접 경로(direct path), 반사 경로(reflected path), 분산 경로(scattered path), 회절경로(diffracted path)로 구성된 신호 응답

3.1 이동통신 채널의 특성

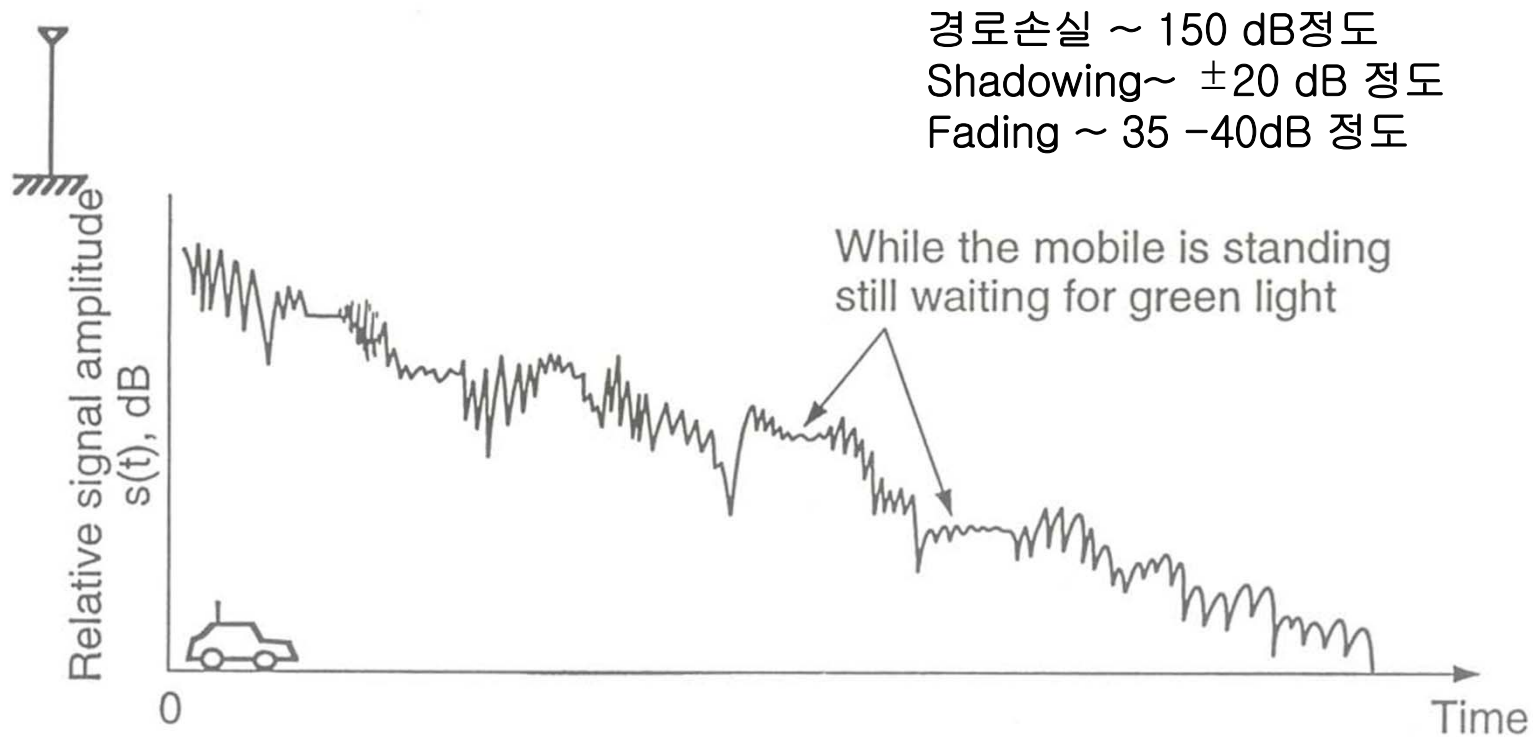
- ▽ 경로손실(path loss)
- ▽ 섀도잉(shadowing)
- ▽ 페이딩(fading)
 - Multi-path,
 - *Doppler effect*
- ▽ 간섭(interference)



✓ 이동통신의 채널환경 모델 도식

3.1 이동통신 채널의 특성

- Recorded Signal Strength in Real Time



3.2 Large Scale Propagation

□ Large-Scale propagation model

◆ Why Large?

일정 거리에서 평균 신호 세기는 송신기로부터의 통화권을 추정하는데 사용되며, 수백 미터 혹은 수천 미터 거리에서 신호 세기 상태를 알아보는 것

◆ 송·수신단의 거리에 따른 감쇠(path loss)

◆ 통신 채널의 지형 지물에 따른 감쇠(shadowing)

- ❖ 평균 수신 전력은 5λ 에서 40λ 범위에서 측정된 신호의 평균 값
- ❖ 캐리어 주파수가 1~2GHz인 경우 1m~10m 정도의 거리
- ❖ 신호의 변화는 천천히 일어나며, 신호의 변화 분포는 주로 Log-normal 분포

3.2.1 경로 손실 모델에 의한 전파 모델

□ Log-distance 경로 손실 모델

- ◆ 평균 수신 전력은 거리에 따라 로그함수의 값으로 감소
- ◆ 평균 경로 손실은 경로 손실 계수를 이용 거리의 함수로 표현

$$\overline{PL}(d) \propto \left(\frac{d}{d_0}\right)^n \quad \overline{PL}(d)(dB) = \overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right)$$

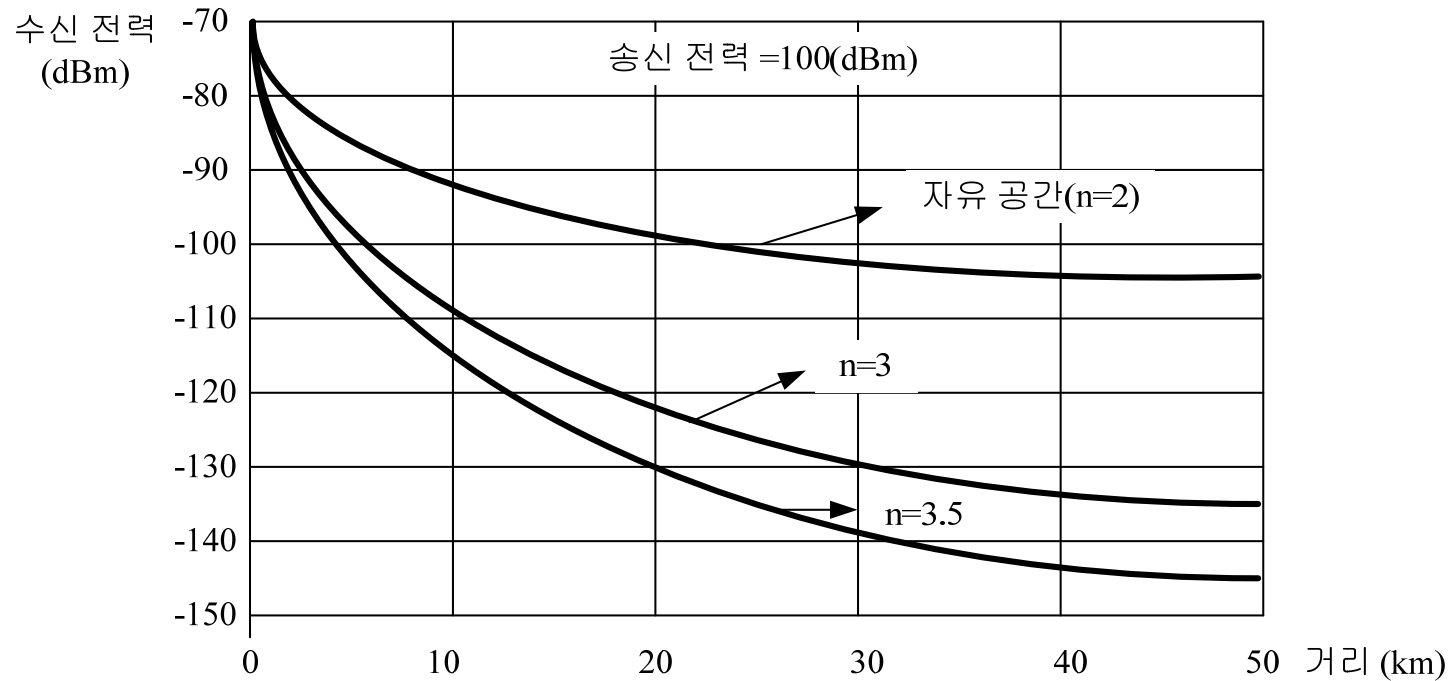
참조 : 2장 식 (2-16)

$\overline{PL}(d)$: 거리 d 의 경로손실
 d_0 : 기준거리($d_0 < d$)
 n : 전파경로 손실 계수

통신 채널 환경	경로 손실 계수, n
Free space	2
Urban area cellular radio	2.7 ~ 3.5
Shadowed urban cellular radio	3 ~ 5
In building line-of-sight	1.6 ~ 1.8
Obstructed in building	4 ~ 6
Obstructed in factories	2 ~ 3

3.2.1 경로 손실 모델에 의한 전파 모델

◆ 경로손실 계수 n 에 대한 수신된 전력



3.2.1 경로 손실 모델에 의한 전파 모델

□ Log-normal shadowing 모델

- ◆ 송·수신기 사이의 실제 주변 환경에 따라 경로 손실 변화
- ◆ 실제 환경에서 나무나 빌딩 등에 의해 전파가 감쇠
- ◆ 거리 d 만큼 떨어진 지점에서 경로 감쇠 값은 거리에 따른 경로 감쇠값에 대해 log normal 분포 모델

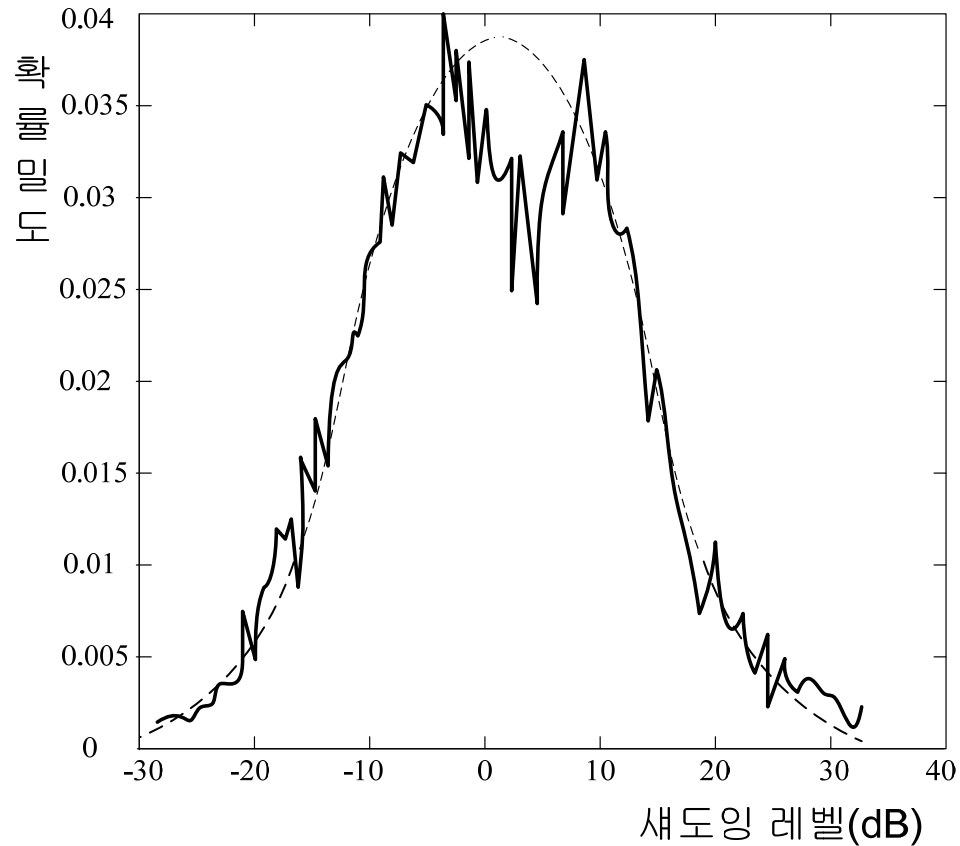
$$PL(d)[dB] = \overline{PL}(d) + X_\sigma = \overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma$$

$$P_r(d)[dBm] = P_r[dBm] - PL(d)[dB] \quad (PL(d): \text{안테나 이득 포함})$$

- ✓ X_σ : 평균이 0인 가우시안 랜덤 변수이며 분산은 σ^2 이다

3.2.1 경로 손실 모델에 의한 전파 모델

◆ 새도잉에 의한 log-normal 분포 신호



3.2.2 Outdoor 전파 손실 모델

□ Free Space Model

$$L_p = \frac{\lambda^2}{(4\pi d)^2}$$

where, λ : wavelength of the signal

d : distance between transmitter and receiver

따라서 Path Loss in dB,

$$L_p \text{ [dB]} = -32.4 - 20 \log(f) - 20 \log(d) \text{ [dB]}$$

d : distance in kilometers, f : frequency in MHz

It is mostly used in satellite and deep-space communications systems where the signals truly travel through “free space”

3.2.2 Outdoor 전파 손실 모델

□ Lee model

$$L_p = 1.14 * 10^{-1.3} \frac{h^2}{d^{3.84}}$$

where d : distance in kilometers, h : height of the base station antenna in meters or

$$L_p \text{ (dB)} = -129.45 - 38.4 \log(d) + 20 \log(h)$$

- It is used in terrestrial communication system and includes various path condition (direct, indirect path)
- It is strongly influenced by the distance than free space model

3.2.2 Outdoor 전파 손실 모델

□ 오키무라(Okumura) 모델

- ◆ 1968년 오키무라, 카와노, 후쿠다에 의해 제안
- ◆ 1920 MHz의 주파수에 대해 동경 지역의 전계 강도 측정
- ◆ 육상 이동 통신 무선 방식의 설계 기준으로 이용
- ◆ 준평활 지역 : 시가지, 교외지, 개방지
- ◆ 불규칙 지역 : 구릉 지형, 고립 산악, 경사 지형, 혼합 전파
- ◆ 오키무라 모델은 준평활지의 시가지 전계 강도를 기준으로 삼고
그 외 지형물에 대해서는 기준 중앙값으로부터 보정값으로 표현
- ◆ 오키무라 곡선 : 송신 안테나의 높이, 사용 주파수 이용

3.2.2 Outdoor 전파 손실 모델

□ 오키무라(Okumura) 모델

$$L_{50}(dB) = L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA}$$

L_F : Free space propagation Loss

A_{mu} : Median attenuation relative to free space

$G(h_{te})$: Base station antenna height gain factor

$G(h_{re})$: Mobile station antenna height gain factor

G_{AREA} : The type of environment

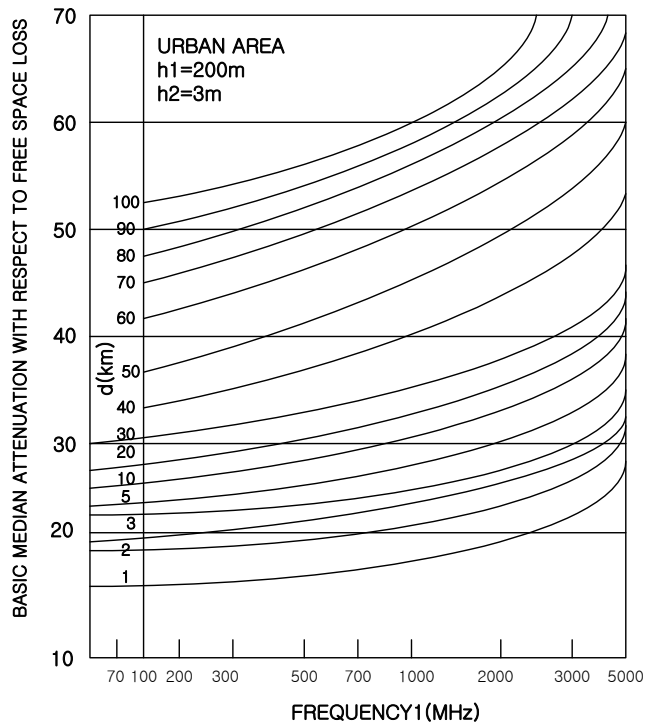
Where $G(h_{te}) = 20 \log \left(\frac{h_{te}}{200} \right)$ $1000m > h_{te} > 10m$

$$G(h_{re}) = 10 \log \left(\frac{h_{re}}{3} \right) \quad h_{re} \leq 3m$$

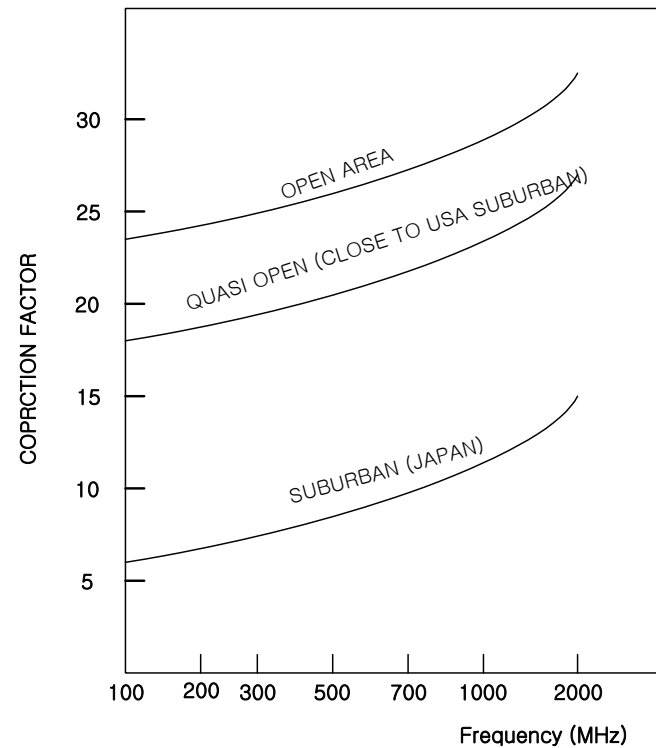
$$G(h_{re}) = 20 \log \left(\frac{h_{re}}{3} \right) \quad 10m > h_{re} > 3m$$

3.2.2 Outdoor 전파 손실 모델

◆ 오클무라(Okumura) 모델의 도심지역과 도심 이외 지역



Median attenuation relative to free space



G_{area} 값 보정

3.2.2 Outdoor 전파 손실 모델

□ Ex) Okumura's Model

$d = 50\text{Km}$, $h_{te} = 100\text{m}$, $h_{re} = 10\text{m}$ in suburban

$EIRP = 1\text{KW}$ at 900MHz . (Unity gain receiving antenna)

Sol)

$$L_F = 10 \log \left[\frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right] = 10 \log \left[\frac{(3 \times 10^8 / 900 \times 10^6)^2}{(4\pi)^2 \times (50 \times 10^3)^2} \right] = 125.5\text{dB}$$

$$A_{mu} (\text{dB})(900\text{MHz}, 50\text{Km}) = 43\text{dB}$$

$$\& G_{AREA} = 9\text{dB}$$

$$G(h_{te}) = 20 \log \left(\frac{h_{te}}{200} \right) = 20 \log \left(\frac{100}{200} \right) = -6\text{dB}$$

$$G(h_{re}) = 20 \log \left(\frac{h_{re}}{3} \right) = 20 \log \left(\frac{10}{3} \right) = 10.46\text{dB}$$

3.2.2 Outdoor 전파 손실 모델

Okumura model sol. cont.)

The total mean Path Loss

$$\begin{aligned}L_{50}(dB) &= L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA} \\ &= 125.5dB + 43dB - (-6dB) - 10.46dB - 9dB \\ &= 155.04dB\end{aligned}$$

The median received power is

$$\begin{aligned}\overline{P_r}(d) &= EIRP(dBm) - L_{50}(dB) + G_r(dB) \\ &= 60dBm - 155.04dB + 0dB \\ &= -95.04dBm\end{aligned}$$

3.2.2 Outdoor 전파 손실 모델

□ 하타(Hata) 모델

◆ 오키무라 모델의 단점을 수학적으로 모델링하여 간편화

$$L_p [dB] = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_t - a(h_r) + (44.9 - 6.55 \log h_t) \log d$$

f_c : 전송 주파수 d : 전파 도달 거리 L_p : 전송 손실

h_t : 기지국 안테나 높이 h_r : 이동국 안테나 높이

◆ 보정 팩터

❖ **중소도시** $a(h_r) = (1.11 \log f_c - 0.7)h_r - (1.56 \log f_c - 0.8)$

❖ **대도시** $a(h_r) = \begin{cases} 8.29(\log 1.5h_r)^2 - 1.1; f_c \leq 200MHz \\ 3.2(\log 11.75h_r)^2 - 4.97; f_c \geq 200MHz \end{cases}$

❖ **교외지역** $L_p [dB] = L_p(\text{도심지역}) - 2[\log\left(\frac{f_c}{28}\right)]^2 - 5.4$

❖ **개방지역** $L_p [dB] = L_p(\text{도심지역}) - 4.78(\log f_c)^2 - 18.33 \log f_c - 40.94$

3.3 Small Scale Propagation

□ Small-Scale propagation model

◆ Why Small?

아주 짧은 시간(수초 단위) 혹은 짧은 거리(수 파장)에서 수신 신호의 빠른 변화를 나타내는 전파모델

◆ 다중 경로로 수신되는 신호의 Multipath에 의한 영향

◆ 이동국의 차량 속도에 의한 주파수 천이에 의한 감쇠

- ❖ 다른 방향에서 오는 신호의 합을 나타내기 때문에 짧은 거리 약 $\lambda/2$ 에서 최대 30~40dB의 수신 전력의 변화가 생기기도 한다.

◆ 송신신호와 다중경로채널의 상대적인 대역폭관계

◆ 레일리 페이딩분포(Rayleigh fading distribution) ▶

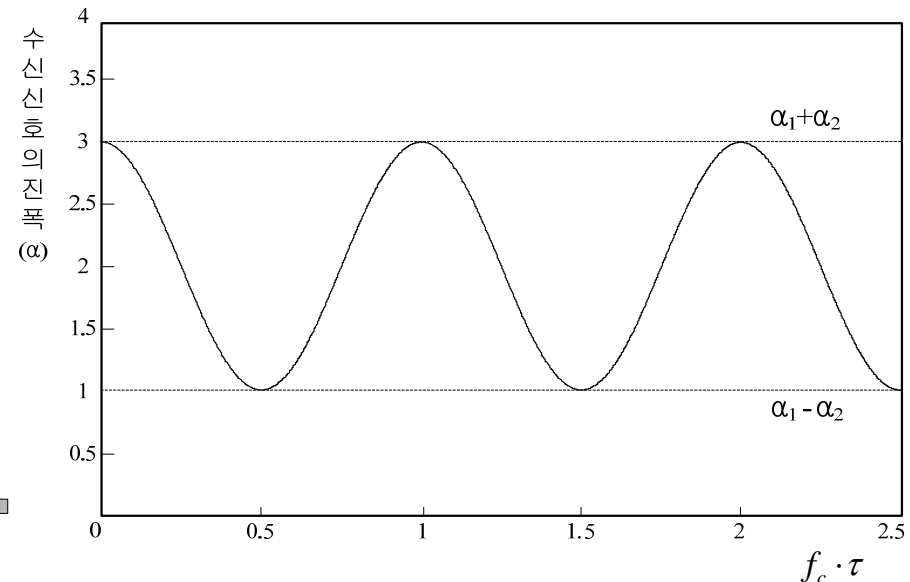
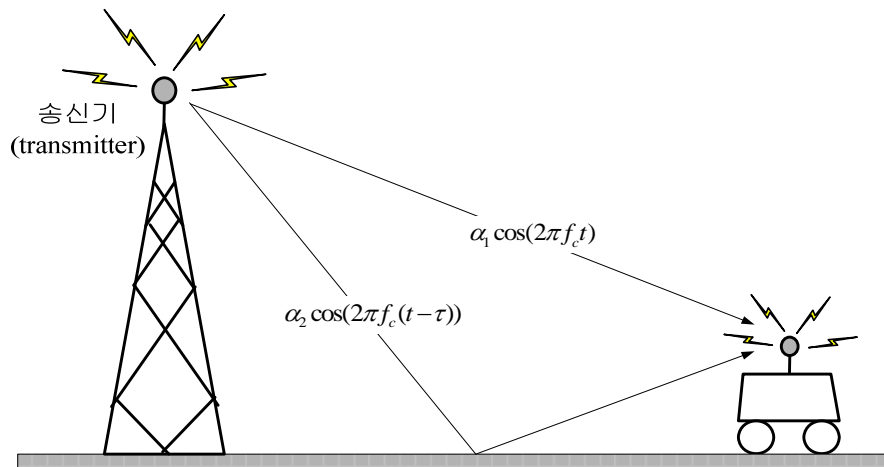
◆ 라이시안 페이딩 분포(Rician fading distribution) ▶

3.3 Small Scale Propagation

◆ 2개의 전파 경로를 가진 채널의 예

$$r(t) = \alpha_1 \cos(2\pi f_c t) + \alpha_2 \cos(2\pi f_c (t - \tau))$$

α_1, α_2 : 각각 두 경로로부터의 신호 진폭

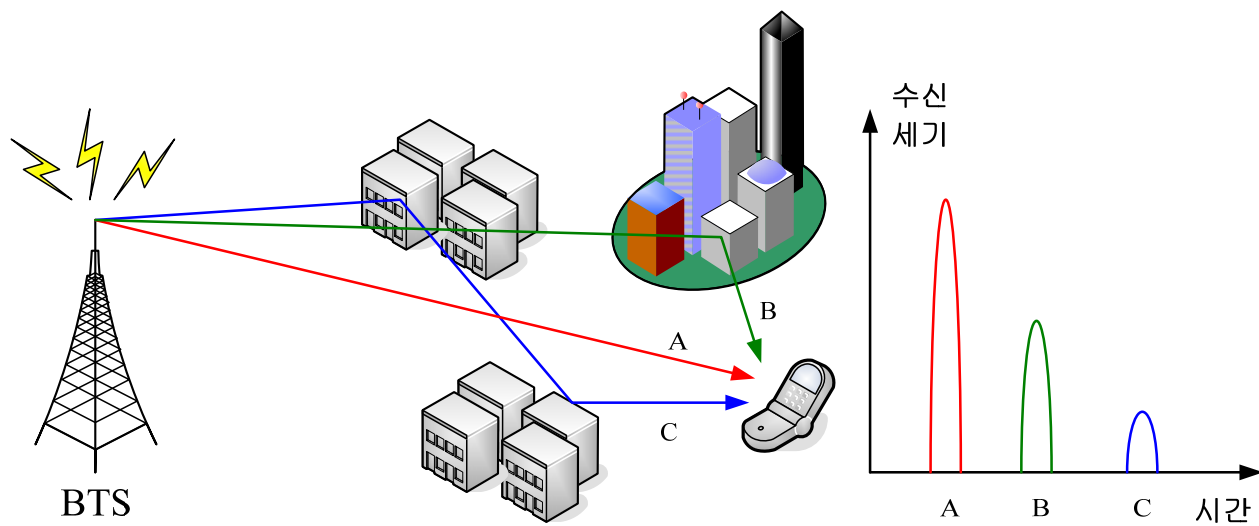


- ✓ $\alpha_1 = 2, \alpha_2 = 1$ 인 경우 $f_c \cdot \tau$ 에 대해 페이딩에 의한 진폭의 변화
- ✓ 두 신호의 합에 의한 신호가 $f_c \cdot \tau = 0, 1, 2, \dots$ 일 경우 좋아지기도 하고, $f_c \cdot \tau = 0.5, 1.5, 2.5$ 경우 나빠지기도 한다.

3.3.1 다중경로에 의한 지연 확산

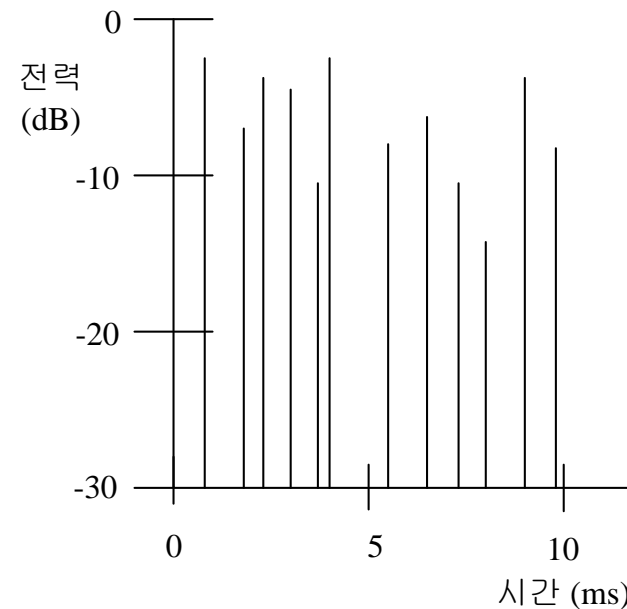
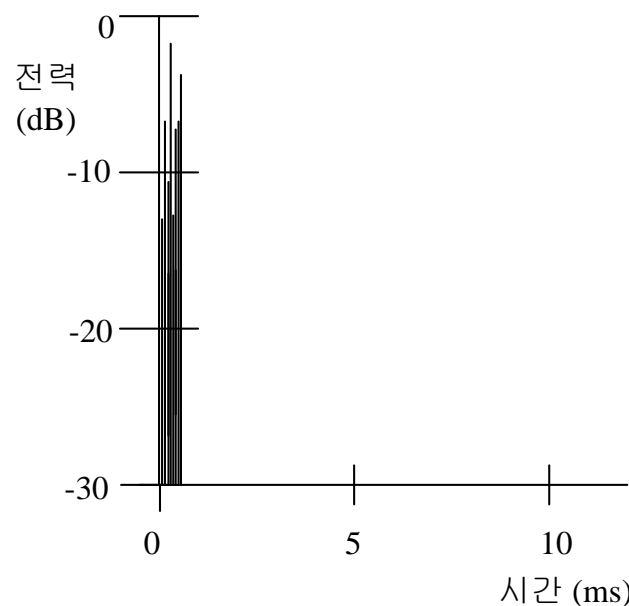
□ 송신된 전파가 다중 경로 전파환경에 의해 산란 및 반사되어 수신 시간이 퍼지는 현상

- ◆ 다중경로는 송신신호가 직접 도달할 뿐만 아니라, 장애물을 통과하거나 반사하여 간접적으로 도달할 때 발생
- ◆ 직접 경로와 반사 경로 사이에 경로차가 발생하여 수신기에 도착하는 시간 차이 발생



3.3.1 다중경로에 의한 지연 확산

- ◆ 다중 경로로 전파된 신호는 각 경로의 거리 및 전송 특성 등의 차이에 의해 도달하는 시간과 진폭에 차이가 발생
- ◆ 일반적으로 거쳐오는 경로가 길수록 수신되는 진폭은 작아지고 지연시간도 길어지게 된다.



✓ 시골 지역과 도심지역 지연 확산 비교

다중경로에 의한 지연 확산

Type of Environment	Delay Spread τ_d (μs)
Open area	< 0.2
Suburban area	0.5
Urban area	3
In-building	0.1

* 다중경로 환경에 따른 Rake Receiver 분해도 ->교재 193-194쪽 참조

정의 : 송신된 전파가 이동 수신기에 도달되는 시간이 다중경로 전파 환경에 의해서 시간적으로 퍼져 들어오는 정도

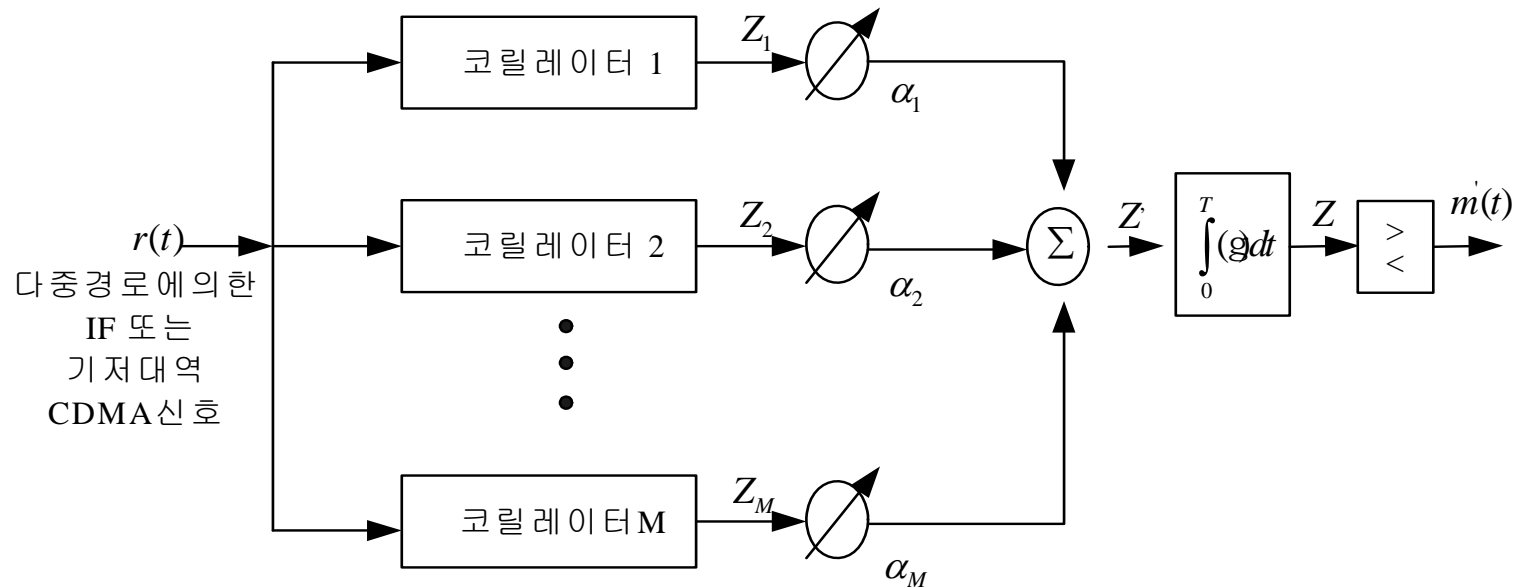
=> **Intersymbol Interference**

특성 : 떨어져 있는 반사체가 많은 환경 내에 이동체가 놓여 있을 때 **Delay Spread** 값이 커진다.

또한 **delay spread** 값은 **Higher data rate** 시스템에 심각한 영향을 끼침

3.3.1 다중경로에 의한 지연 확산

- ◆ 인접 심볼 간의 간섭(ISI; inter symbol interference)
 - ❖ 원래의 심볼 주기보다 빠르게 혹은 늦게 도착한 심볼은 앞이나 뒤의 심볼에 영향
 - ❖ 고속 데이터전송시스템은 지연확산으로 인한 ISI 영향 증가
 - ❖ 레이크 수신기(Rake receiver) 이용(교재 193-194쪽 참조)



3.3.1 다중경로에 의한 지연 확산

□ 전력지연 프로파일 특성

- ◆ 최대 시간 지연 확산(maximum excess delay spread)
- ◆ 평균 초과 지연(mean excess delay)

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k}{\sum_k P(\tau_k)}$$

- ◆ rms 지연 확산(delay spread)

$$\sigma_\tau = \sqrt{\tau^2 - (\bar{\tau})^2}$$

- ◆ 평균 제곱 지연(mean square delay)

$$\overline{\tau^2} = \frac{\sum_k a_k^2 \tau_k^2}{\sum_k a_k^2} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k^2}{\sum_k P(\tau_k)}$$

3.3.1 다중경로에 의한 지연 확산

- ◆ 최대 초과 지연(maximum excess delay)의 상관 관계

$$B_c = 1 / T_m$$

- ◆ 주파수 상관성이 0.9 이상, coherence bandwidth

$$B_c \approx \frac{1}{50\sigma_\tau}$$

- ◆ 일반적인 경우 상관성이 0.5인 경우,

$$B_c \approx \frac{1}{5\sigma_\tau}$$

3.3.1 다중경로에 의한 지연 확산

◆ 다중경로에 대한 채널 특성

$$r(t) = A s(t) + A s(t - \tau)$$

$$R(f) = A S(f) + A S(f) e^{-j2\pi f\tau}$$

$$R(f) = A S(f) [1 + e^{-j2\pi f\tau}] = A S(f) H(f)$$

$$H(f) = 1 + e^{-j2\pi f\tau} = 2e^{-j2\pi f(\tau/2)} \cos(\pi f\tau)$$

$$|H(f)| = 2 \cos(2\pi f(\tau/2))$$

* Note:

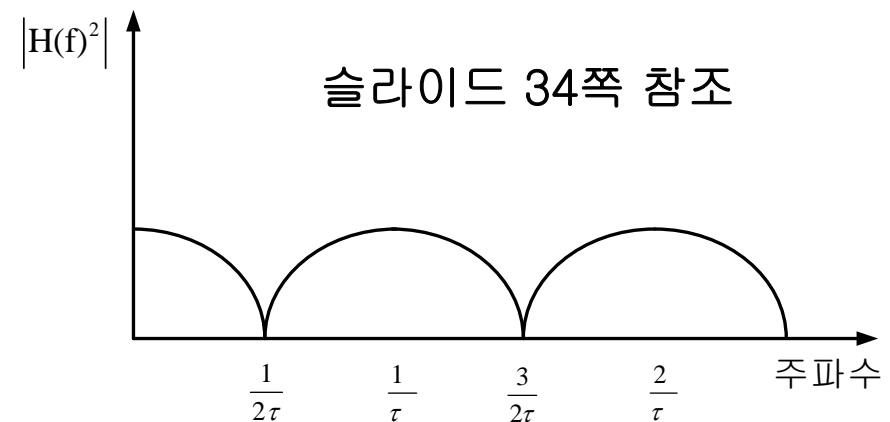
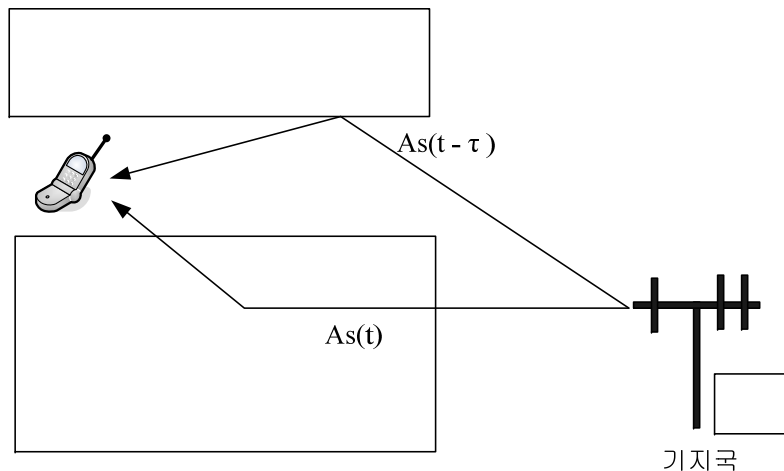
$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{1}{2\tau} \text{ 이고}$$

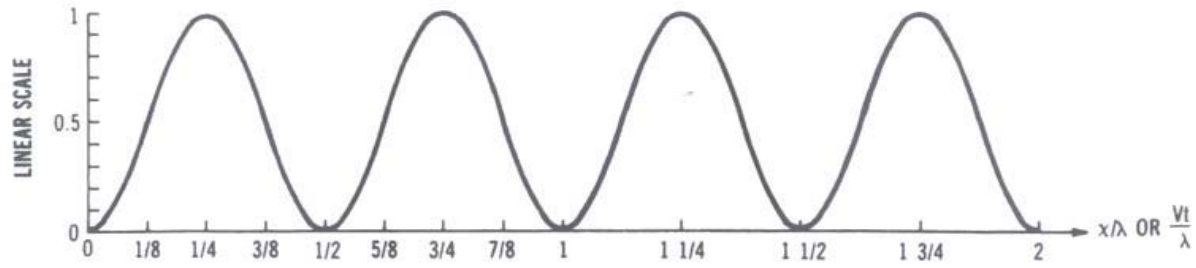
$$\tau = \frac{\text{거리}(x)}{\text{속도}(c)} \text{ 이므로}$$

대입하면,

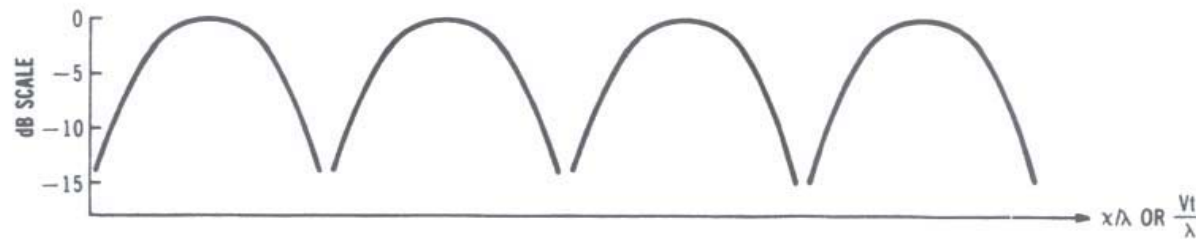
$$\frac{c}{\lambda} = \frac{1}{2(x/c)} \Rightarrow x = \frac{\lambda}{2} \text{ 씩 간격임.}$$

◆ 다중경로 성분과 주파수 선택적 페이딩의 전달함수

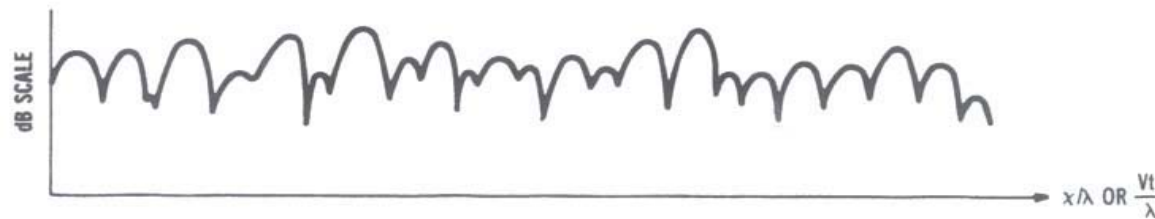




(A) Power $\propto \sin^2(2\pi V/\tau T)$.



(B) Power in dB scale (standing wave pattern).



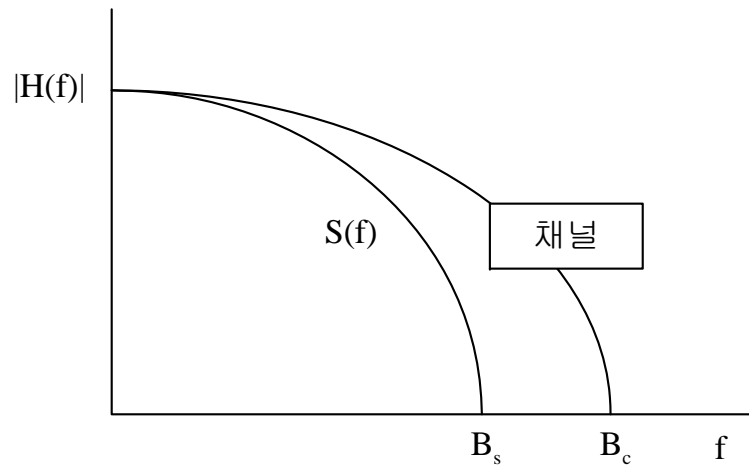
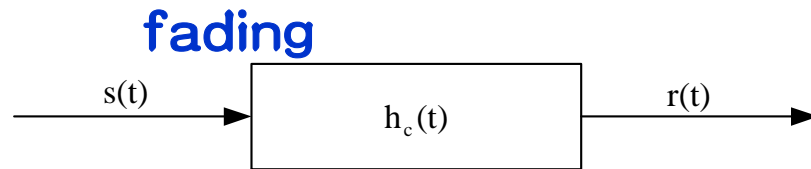
(C) Fading pattern with N reflected waves.

Figure E1.1. Fading illustrations with different scales.

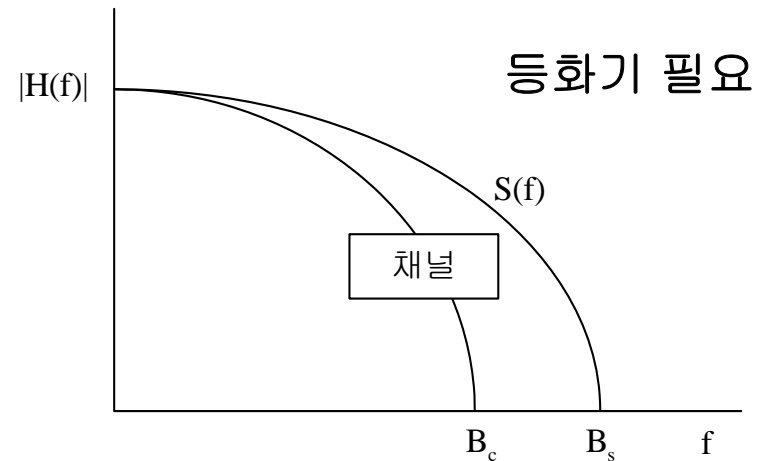
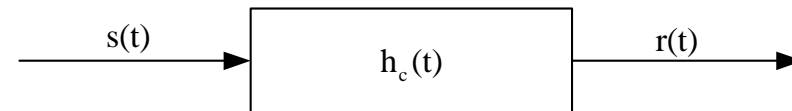
3.3.1 다중경로에 의한 지연 확산

◆ 기저대역채널 응답(전달 함수)

Flat fading



Frequency Selective

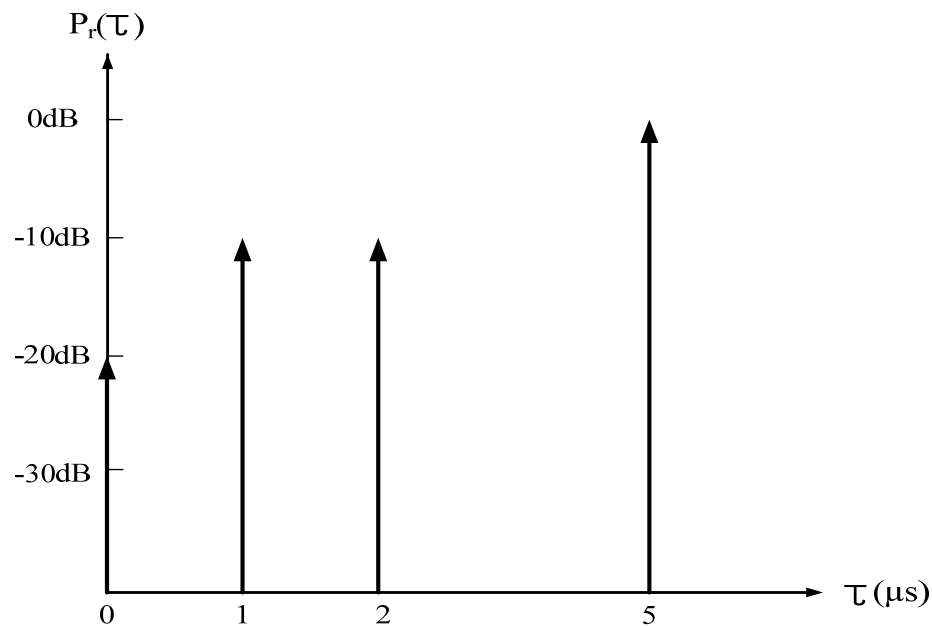


3.3.1 다중경로에 의한 지연 확산

예제) 아래에 주어진 다중경로 프로파일 대해서 평균 초과지연, rms지연, rms지연 확산, 최대초과(0 dB)을 계산하라.

또한 채널의 50%의 코히어런스 대역폭을 추정하라.

이 때 등화기가 없이도 AMPS(30KHz)나 GSM(200KHz) 시스템 채널에 알맞은가?



3.3.1 다중경로에 의한 지연 확산

◆ 최대 초과 지연(maximum excess delay)

$$\bar{\tau} = \frac{(1)(5) + (0.1)(1) + (0.1)(2) + (0.01)(0)}{[0.01 + 0.1 + 0.1 + 1]} = 4.38 \mu s$$

◆ 전력지연 프로파일 2차 모멘트

$$\bar{\tau}^2 = \frac{(1)(5)^2 + (0.1)(1)^2 + (0.1)(2)^2 + (0.01)(0)}{1.21} = 21.07 \mu s^2$$

◆ rms 지연확산

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{21.07 - (4.38)^2} = 1.37 \mu s$$

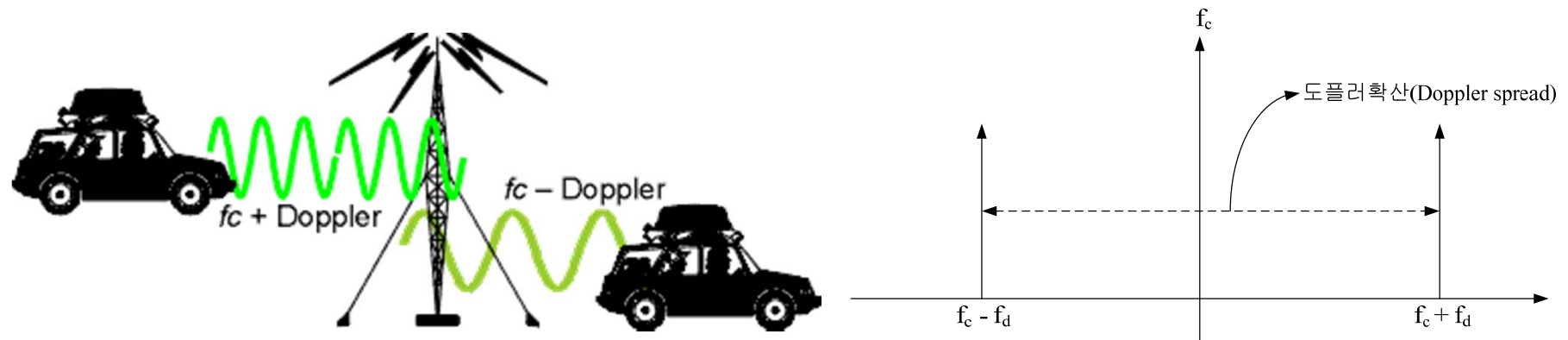
◆ 코히어런스 대역폭

$$\frac{1}{5\sigma_{\tau}} = \frac{1}{5(1.37 \mu s)} = 146 \text{ kHz}$$

- ◆ 30kHz보다 크기 때문에 AMPS는 등화기 없이 동작할 수 있다. 그러나 GSM은 200kHz의 대역폭이 요구되므로 등화기가 필요하다.

3.3.2 도플러 효과에 의한 주파수 천이

- 도플러 천이(*Doppler shift*): 이동체 속도에 따라 주파수가 변화하는 현상
- 도플러 확산(*Doppler spread*): 주파수 천이의 분포

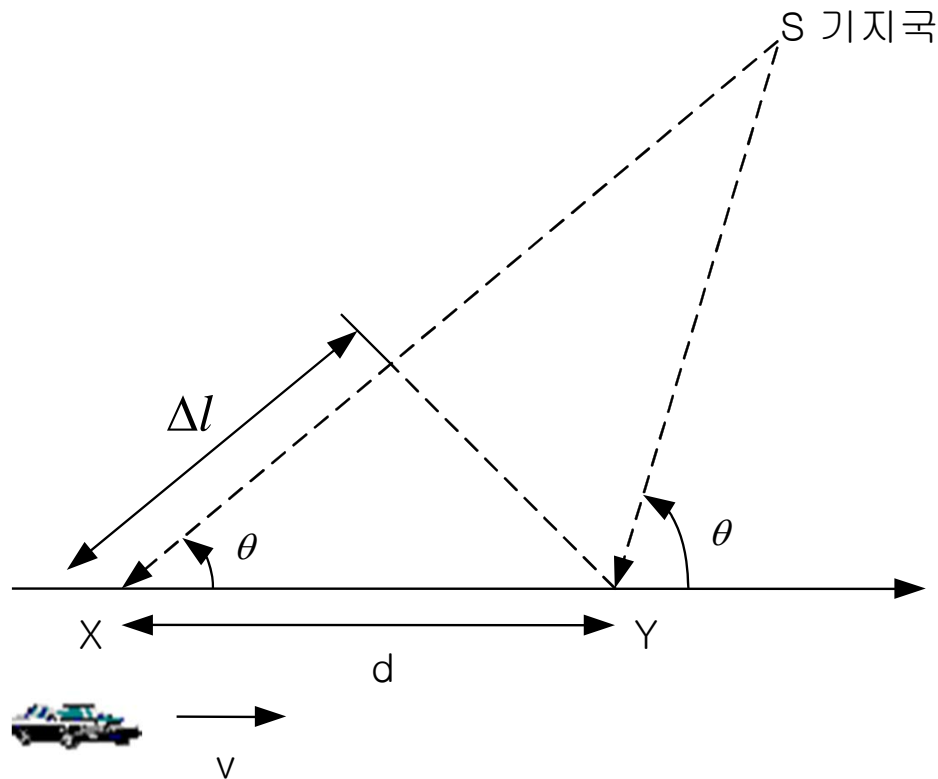


- ✓ 이동체가 움직이면서 경로 길이의 차이에 의한 수신 신호의 위상 변화가 생기며 이는 바로 주파수 변위를 야기시키게 된다. 이러한 주파수 변위를 도플러 천이 라고 한다.

3.3.2 도플러 효과에 의한 주파수 천이

□ 도플러 효과(Doppler Effect)

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



$$\text{Phase Shift} : 2\pi f_c \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{c} \quad \& \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

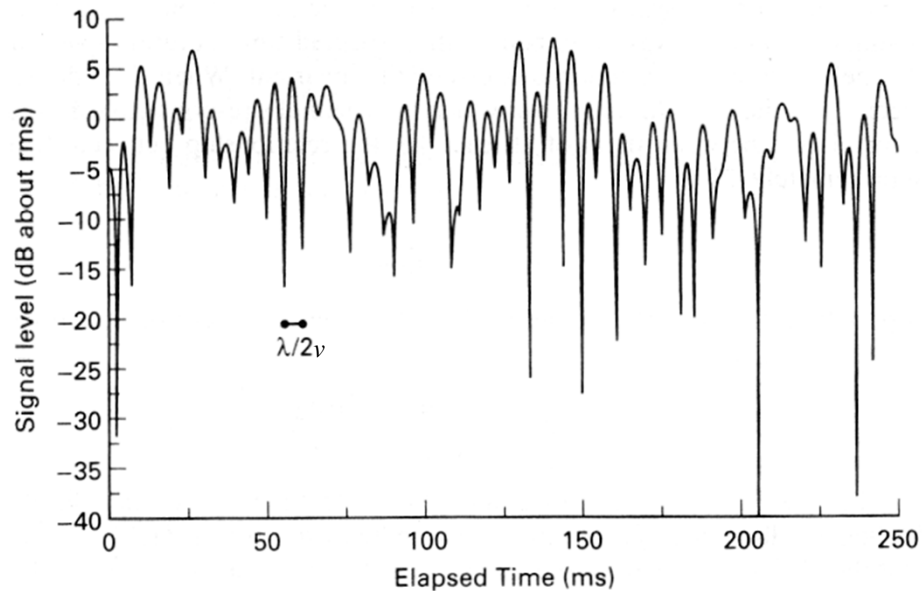
$$\Delta\phi = \frac{\omega\Delta l}{c} = \frac{2\pi\Delta l}{\lambda} = \frac{2\pi v\Delta t}{\lambda} \cos\theta$$

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

파형 -> 슬라이드 36쪽 참조

3.3.2 도플러 효과에 의한 주파수 천이

□ 900MHz의 전형적인 레일라이 페이딩 포락선



* Note :

$$\text{최대도플러주파수 } f_d = \frac{v}{\lambda},$$

$$t = \frac{1}{2f_d} = \frac{\lambda}{2v}, \quad \therefore vt = \frac{\lambda}{2}$$



3.3.2 도플러 효과에 의한 주파수 천이

□ Ex) $f_c = 1850\text{MHz}$ $v = 60\text{mph} \longrightarrow 26.82\text{m/s}$

$$\lambda = \frac{c}{f_c} = \frac{3 \times 10^8}{1850 \times 10^6} = 0.162\text{m}$$

◆ 송신기를 향하여 움직일 때 주파수 천이

$$\begin{aligned} f &= f_c + f_d \quad (\rightarrow f_d = \frac{v}{\lambda}) \\ &= 1850 \times 10^6 + \frac{26.82}{0.162} = 1850.00016\text{MHz} \end{aligned}$$

◆ 송신기로부터 멀어질 때 주파수 천이

$$f = f_c - f_d = 1849.999834\text{MHz}$$

◆ 이동국이 송신된 신호에 대해 수직으로 움직일 때

$$\theta = 90^\circ \quad \cos \theta = 0 \quad \therefore \text{No Doppler Shift}$$

3.3.2 도플러 효과에 의한 주파수 천이

□ Cellular : 90km/hr, 900MHz

$$\lambda_{\text{cellular}} = \frac{c}{f_{\text{cellular}}} = \frac{3 \times 10^8}{900 \times 10^6} = 0.33m \quad \Delta t_{\text{cellular}} = \frac{(\lambda_{\text{cellular}} / 2)}{v} = \frac{0.167m}{25m / \text{sec}} = 6.67m \text{ sec}$$

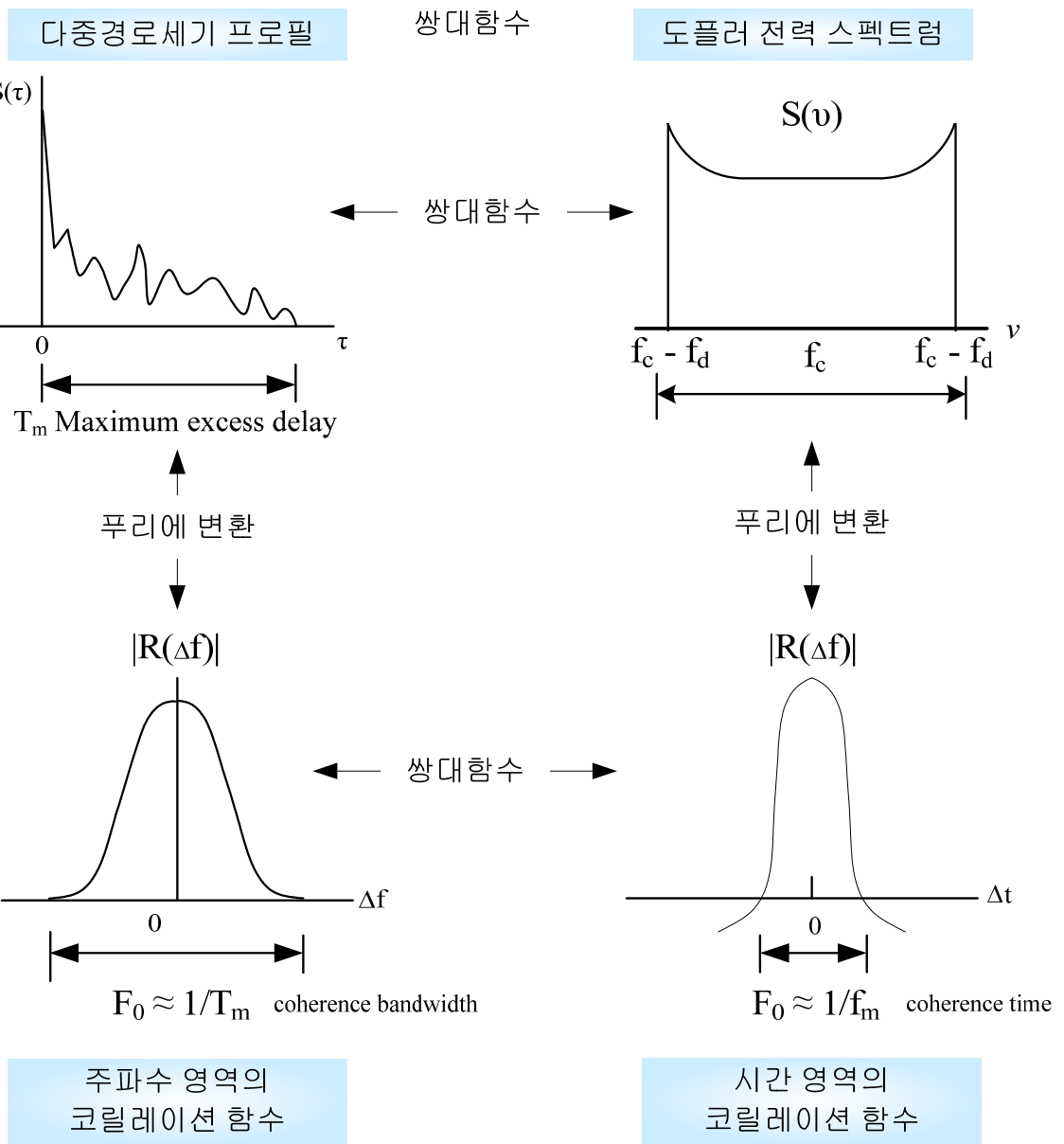
$$f_{D,\text{cellular}} = \frac{v}{\lambda_{\text{cellular}}} = \frac{25m / \text{sec}}{0.33m} = 75\text{Hz}$$

□ PCS : 25m/sec, 1.9GHz

$$\lambda_{\text{PCS}} = \frac{c}{f_{\text{PCS}}} = \frac{3 \times 10^8}{1.9 \times 10^9} = 0.16m \quad \Delta t_{\text{PCS}} = \frac{(\lambda_{\text{PCS}} / 2)}{v} = \frac{0.079m}{25m / \text{sec}} = 3.16m \text{ sec}$$

$$f_{D,\text{PCS}} = \frac{v}{\lambda_{\text{PCS}}} = \frac{25m / \text{sec}}{0.16m} = 158\text{Hz}$$

3.3.3 Small Scale Fading



3.3.3 Small Scale Fading

□ Small Scale Fading의 종류

소규모 페이딩(Small-scale fading)
(다중경로 지연확산으로 인한 페이딩)

주파수 비선택적 페이딩
(flat fading)

- 1. 신호 대역폭(BW of signal) < 채널 대역폭(BW of channel)
- 2. 지연확산(delay spread) < 심볼 주기(symbol period)

주파수 선택적 페이딩
(frequency selective fading)

- 1. 신호 대역폭(BW of signal) > 채널 대역폭(BW of channel)
- 2. 지연확산(delay spread) > 심볼 주기(symbol period)

소규모 페이딩(Small-scale fading)
(도플러 확산으로 인한 페이딩)

빠른 페이딩(fast fading)

- 1. 도플러 확산의 증가(high Doppler spread)
- 2. 코히런스 시간(coherence time) < 심볼 주기(symbol period)
- 3. 도플러 확산으로 인한 주파수 분산이 클 경우

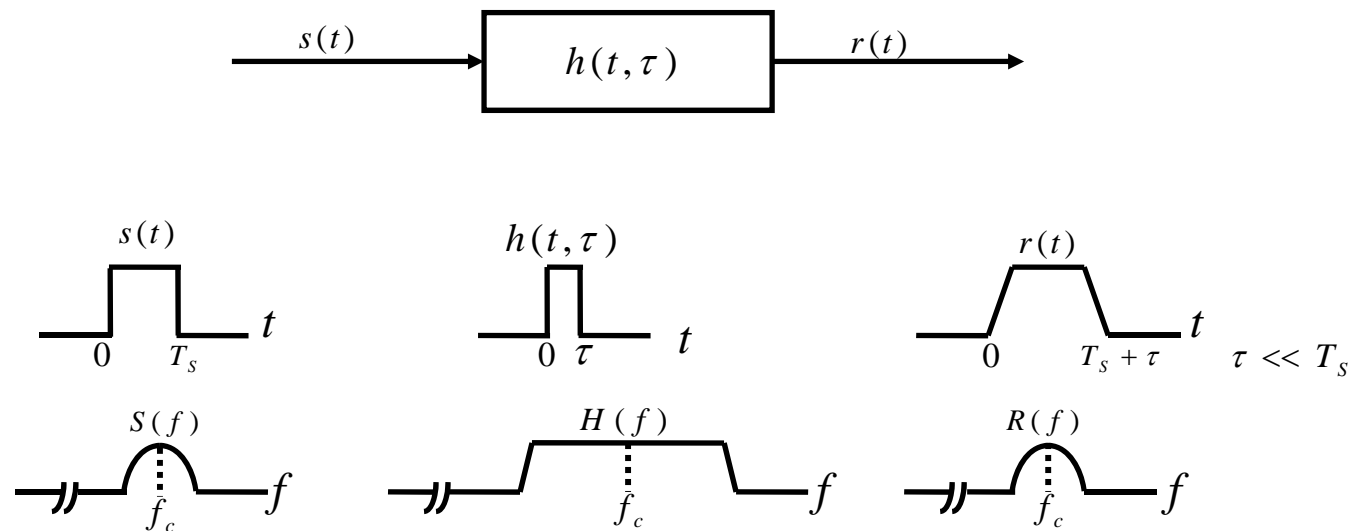
느린 페이딩(slow fading)

- 1. 도플러 확산의 감소(low Doppler spread)
- 2. 코히런스 시간(coherence time) > 심볼 주기(symbol period)
- 3. 도플러 확산으로 인한 주파수 분산이 작은 경우

3.3.3.1 다중경로 시간 지연에 의한 Fading 효과

; 다중경로에 따른 수신 신호 시간 dispersion 은 전송신호에 flat fading, frequency selective fading을 야기시킴

i) Flat fading \equiv Amplitude varying channels \equiv Narrowband channels



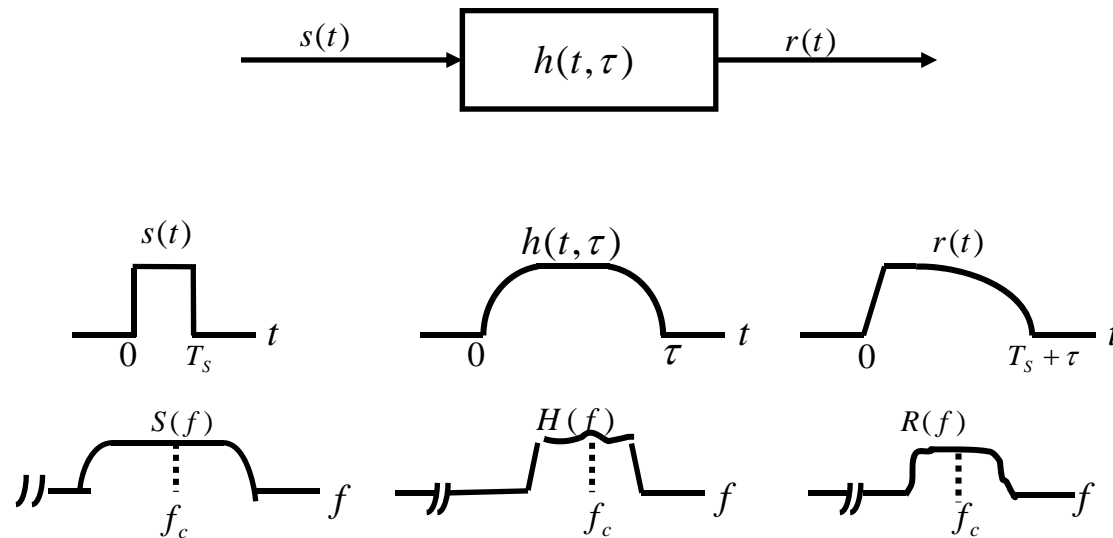
Flat fading channel characteristics

- 전송신호 B.W \ll Channel flat fading B.W (Coherent bandwidth)
또는 $T_s \gg \sigma_\tau$ (rms delay spread)
- Deep fade 대책 : 20dB~30dB 정도 전송전력을 증가시킴으로써 bit error rate 를 줄일 수 있음.

3.3.3.1 다중경로 시간 지연에 의한 Fading 효과

ii) Frequency selective fading

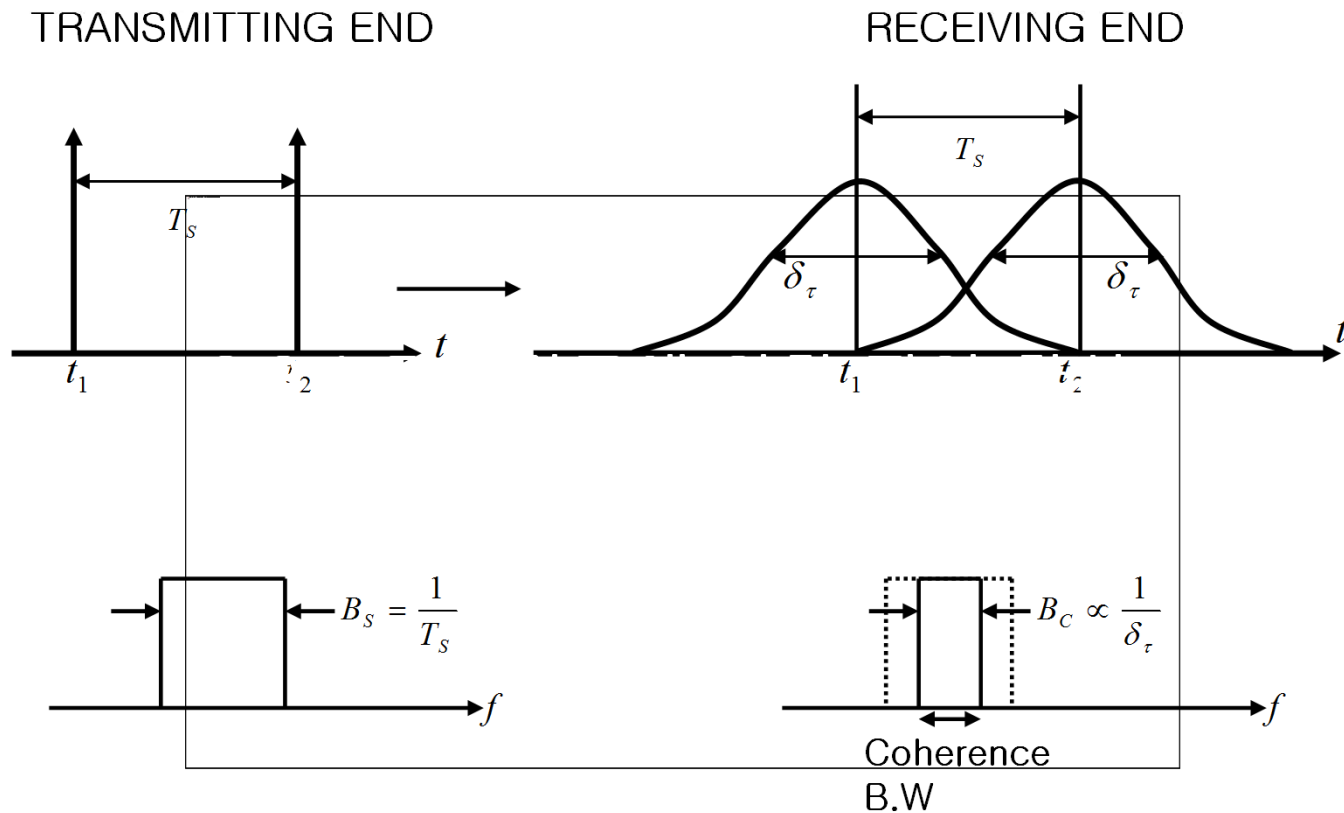
전송신호 대역폭(B_s) \gg Coherence bandwidth(B_c)인 경우 전송 신호는 주파수 대역에 따라 다른 fading 특성을 가짐
($\equiv T_s \ll \sigma_\tau$)



Frequency selective fading channel characteristics

3.3.3.1 다중경로 시간 지연에 의한 Fading 효과

Frequency selective fading(계속)



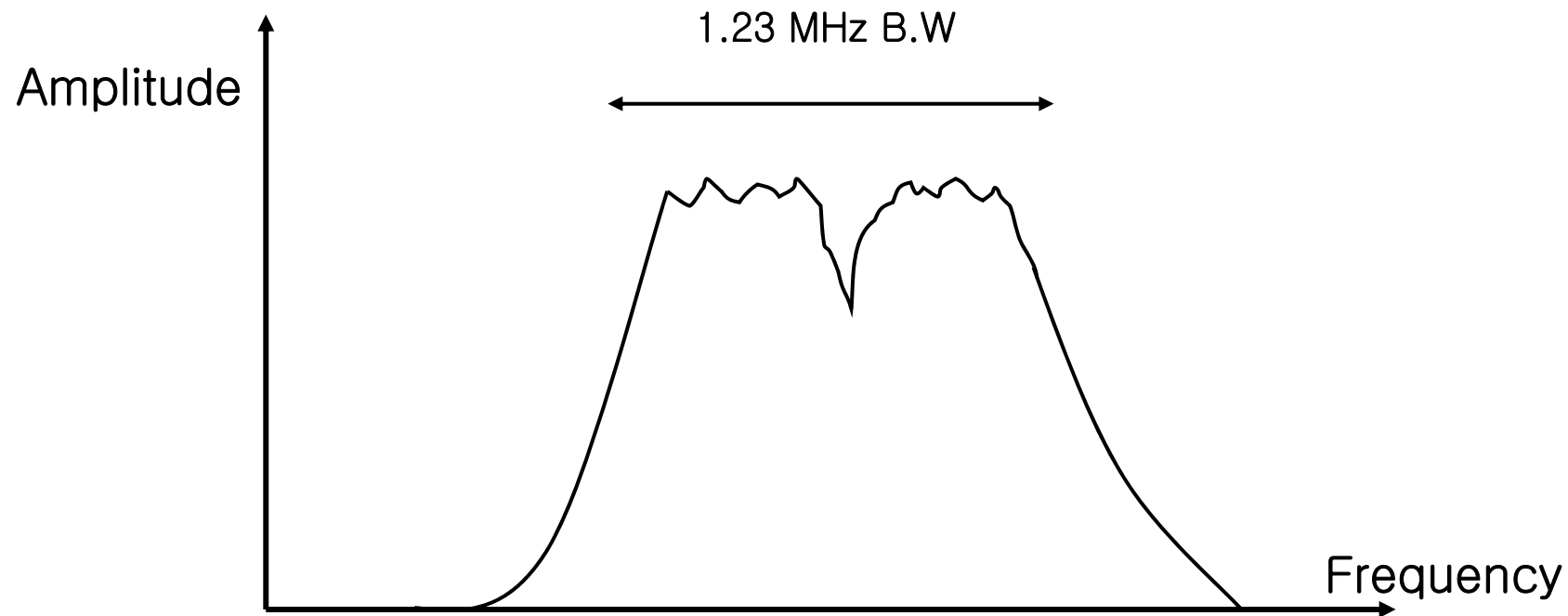
Time dispersive channels , $\delta_\tau \gg T_s$ 인 경우

Frequency Selective Fading

- Note 1 : Frequency selective fading을 활용한 CDMA frequency diversity
 - 거의 대부분의 이동환경 하에서 다중경로 시간지연의 폭은 커지게 되고, 따라서 Coherence B.W는 작아짐. CDMA시스템에서는 아날로그시스템이나 TDMA 시스템보다 Coherence B.W에 비해 전송신호 대역폭이 훨씬 커지므로 전송대역폭의 일부분에서만 fading을 겪게 됨. ⇒ 확산 대역폭이 커질수록 Fading 저항성 커짐.
- Note 2 : 다중경로에 의한 긴 delay spread시 Rake Receiver를 활용한 fading 대책가능.

CDMA Frequency Diversity

- Combats Fading, Caused by Multipath
- Fading Acts like Notch Filter to a Wide Spectrum Signal
- May Notch only Part of Signal



3.3.3.2 도플러 확산에 의한 페이딩

- 이동국의 상대적인 이동속도에 따라 전송신호의 Spectrum 천이(Doppler spread)가 야기됨. 이때 Doppler spreading 정도(대역폭)와 전송신호 대역폭과의 상대적인 크기에 따라 Fading 효과가 다름.
- 전송신호 변화율과 채널의 시간변화율과의 관계에 따라 (How rapidly the transmitted base band signal changes as compared to the rate of channel changes) Fast fading과 Slow fading channel로 구분 됨.

3.3.3.2 도플러 확산에 의한 페이딩

Doppler spread에 의한 Fading 종류

i) Slow fading

$$B_S \gg B_D \quad (\text{Doppler Spread, B.W.})$$

$$T_S \ll T_C \quad (\text{Coherence Time} \propto \frac{1}{B_D})$$

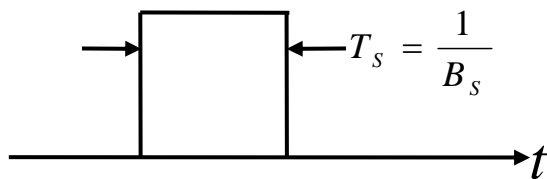
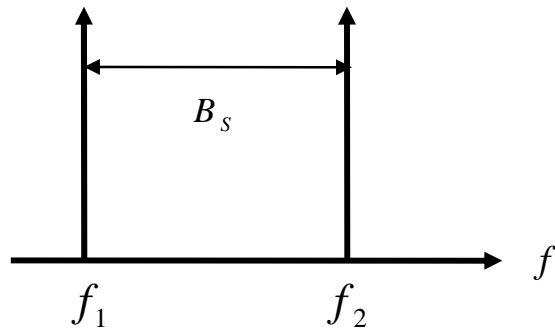
ii) Fast fading

$$B_S \ll B_D \quad , \quad T_S \gg T_C$$

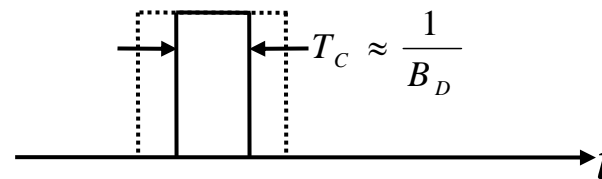
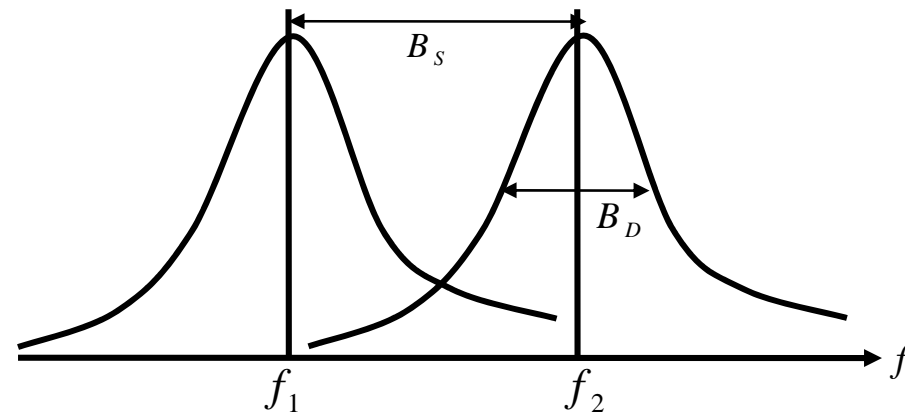
* Fast fading은 주로 Low-data rate 신호전송 시 발생

Doppler spread에 의한 Fast fading 현상

TRANSMITTING END

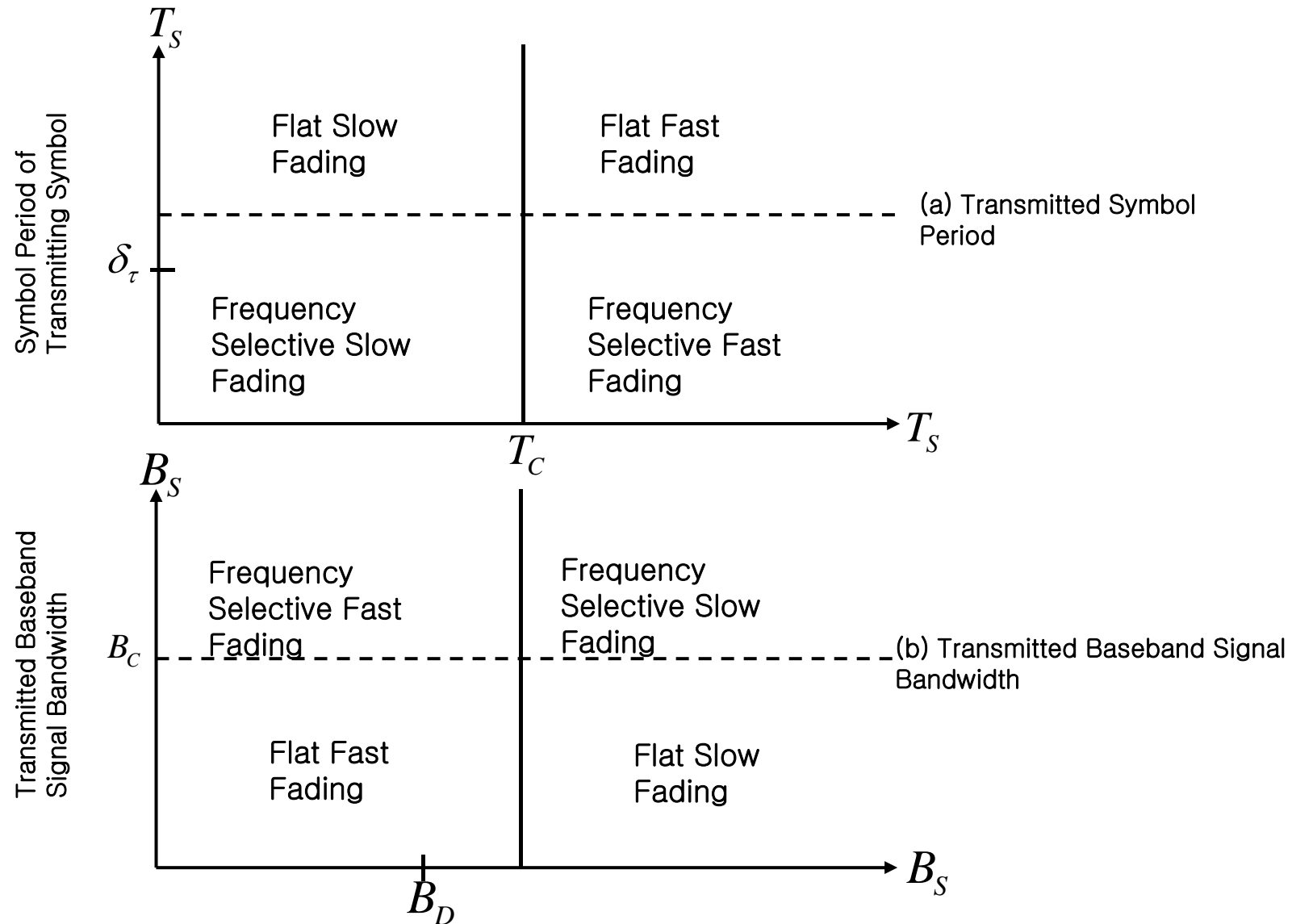


RECEIVING END



Frequency dispersive channels, $B_D \gg B_s$ 인 경우

전송 Symbol Rate 에 따른 Small Scale Fading 분류



3.4 페이딩 채널 모델

□ 라이시안 계수 $K = \frac{\text{dominant path}}{\text{scattered paths}}$

◆ $K=0$: Rayleigh channel (dominant path=0)

◆ $K=\infty$: AWGN channel (scattered paths=0)

