

# 데이터 통신

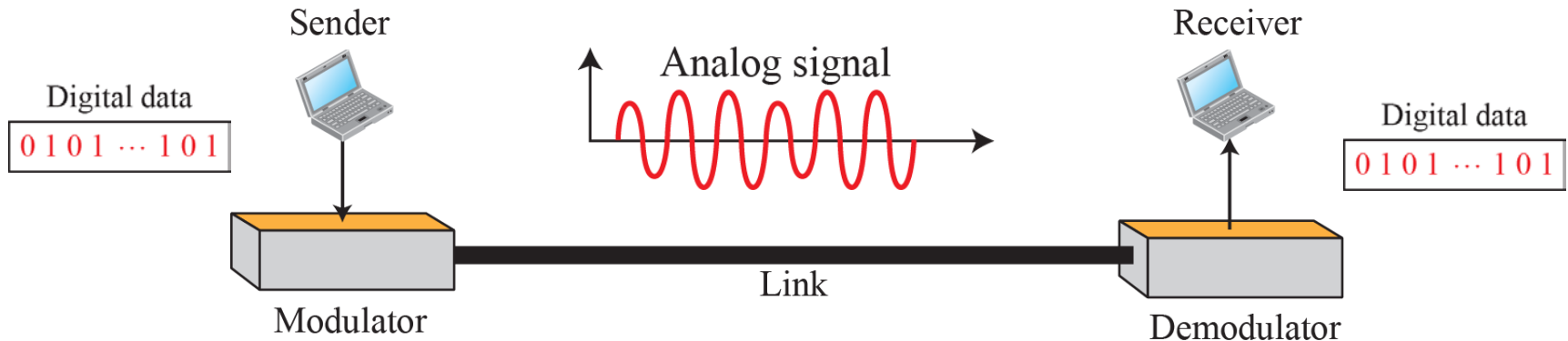
Part 2. 물리층

Chapter 5. 아날로그 전송

# 디지털 대 아날로그 전환

## ◆ 변조(Modulation)

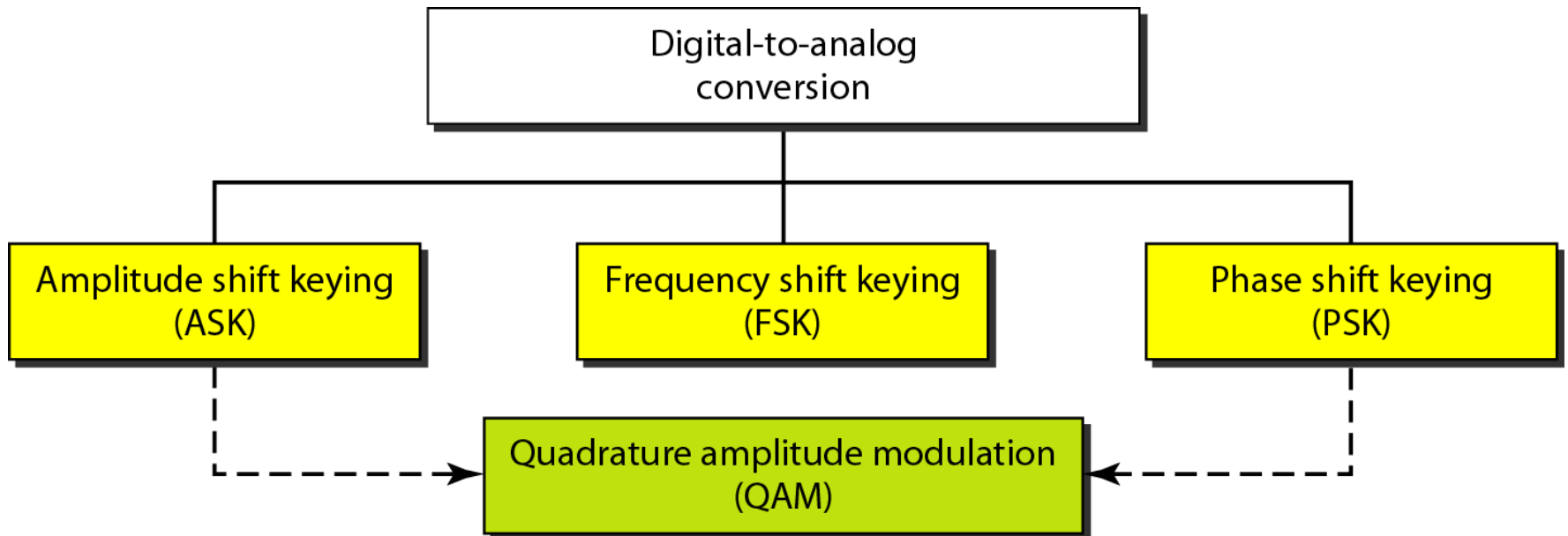
- 디지털 데이터를 아날로그 신호로 변환
- 아날로그 신호의 **진폭**, **주파수**, **위상** 등의 특성을 변경하여 표현



# 디지털 대 아날로그 전환

## ◆ 디지털-대-아날로그 변조의 유형

- 진폭편이변조(ASK, Amplitude Shift Keying)
- 주파수편이변조(FSK, Frequency Shift Keying)
- 위상편이변조(PSK, Phase Shift Keying)
- 구상편이변조(QAM, Quadrature Amplitude Modulation)



# 디지털 대 아날로그 전환

- ◆ 비트율(Bit rate) : 초당 전송되는 비트의 수
- ◆ 보오율(Baud rate) : 비트들을 표현하는데 필요한 초당 신호의 수
  - $S = N \times 1/r$  (baud)  
N : 데이터율(bps),  
r : 하나의 신호요소에 전달되는 데이터 요소의 수

비트율은 초당 비트수이다. 보오율은 초당 신호 단위의 수이다. 보오율은 비트율과 같거나 적다.

- ◆ 반송파 신호(Carrier Signal)
  - 정보신호를 위한 기본 고주파 신호
  - 디지털 정보는 반송파 신호의 특징 중 하나 이상을 변경하여 표현됨

# 디지털 대 아날로그 변환

## ◆ 예제 5.1

- 아날로그 신호가 각 신호 요소에 4 비트를 전달한다. 초당 1,000개의 신호 요소가 보내진다면 보오율과 비트율은?

$$S = N \times (1/r) \quad \text{or} \quad N = S \times r = 1000 \times 4 = 4000 \text{ bps}$$

## ◆ 예제 5.2

어떤 아날로그 신호의 비트율이 8000bps이고 보오율이 초당 1000baud 이다. 각 신호 요소에는 몇 개의 데이터 요소가 실려지는가? 또 몇 개의 신호 요소가 필요한가?

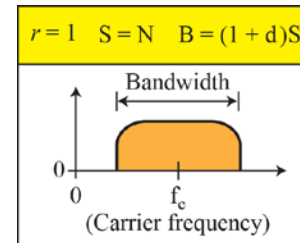
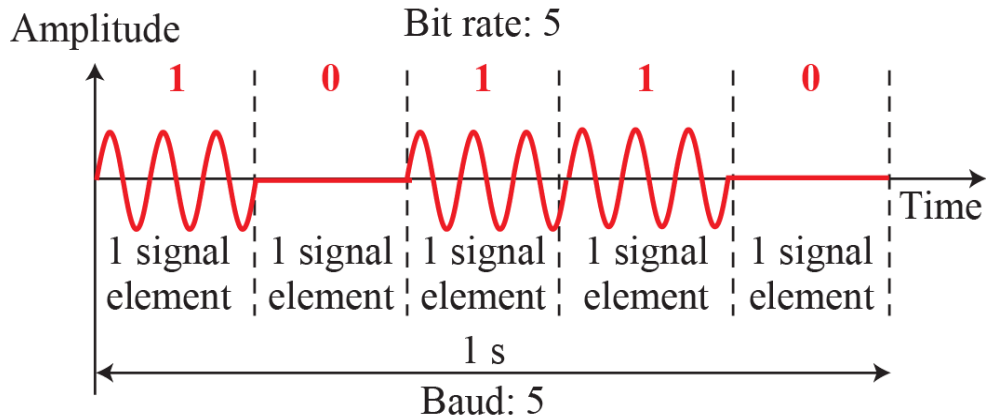
$$S = N \times 1/r \longrightarrow r = N / S = 8000 / 10,000 = 8 \text{ bits/ baud}$$

$$r = \log_2 L \longrightarrow L = 2^r = 2^8 = 256$$

# 진폭편이 변조

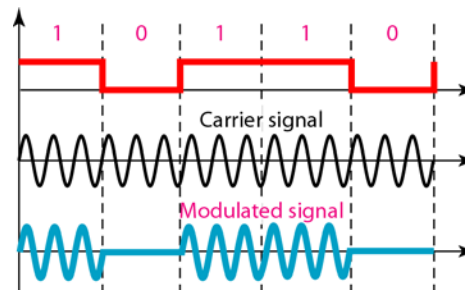
## ◆ 진폭편이 변조(ASK:Amplitude Shift Keying)

- 진폭이 변하지만 주파수와 위상은 변하지 않는다

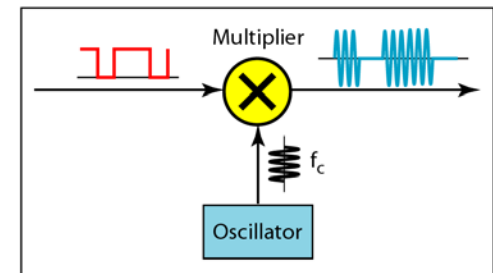


## ◆ 2진 ASK

- 온-오프 편이 (on-off keying)



[2진 ASK의 구현]



# 진폭 편이 변조

## ◆ 보오울과 ASK 대역폭의 관계

- 반송파는 대역의 중간에 위치함

## ◆ ASK에 요구되는 대역폭

- $B = (1+d) \times S$
- B:대역폭, S:보오울, d:회선의 상태와 관련된 계수(0과 1 사이 값)
- 전송에 요구되는 최소 대역폭은 보오울과 동일함

## ◆ 예제 5.3

- 200kHz~300kHz에 걸치는 100kHz의 대역을 사용하고, d=1인 ASK를 사용하는 경우 반송파의 주파수와 비트율은 얼마인가?

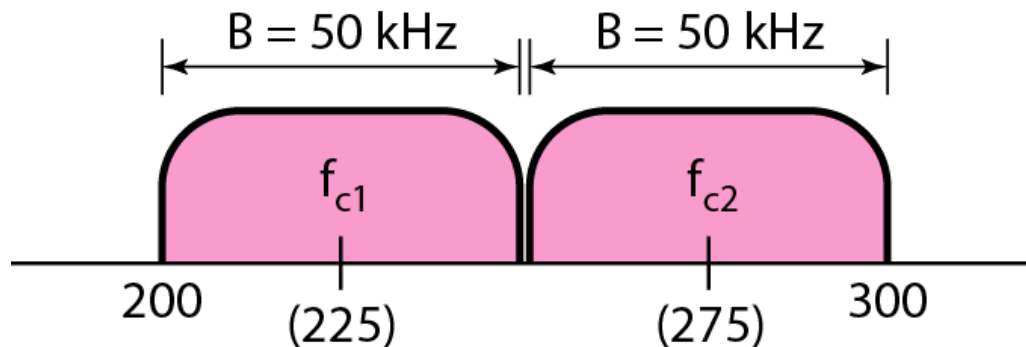
$$B = (1 + d) \times S = 2 \times N \times (1/r) = 2 \times N = 100 \text{ kHz} \rightarrow N = 50 \text{ kbps}$$

# 진폭 편이 변조

## ◆ [예제 5.4]

100kHz(200kHz~300kHz 주파수 대역)의 대역폭에 대해 양방향 전이중 링크  
( $d = 1$  인 경우)

- 각 방향 ASK를 위한 대역폭  $B = 100\text{kHz}/2 = 50\text{kHz}$  (즉, 송수신을 위해 두 개 채널 분리)
- 반송 주파수는 각 대역의 중간지점 :  $f_{c1(\text{forward})} = 225\text{kHz}$ ,  $f_{c2(\text{backward})} = 275\text{kHz}$
- 각 방향 데이터 전송률 : 25kbps





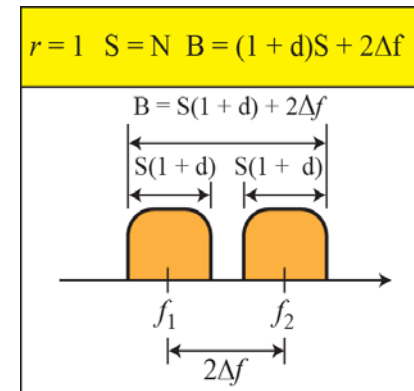
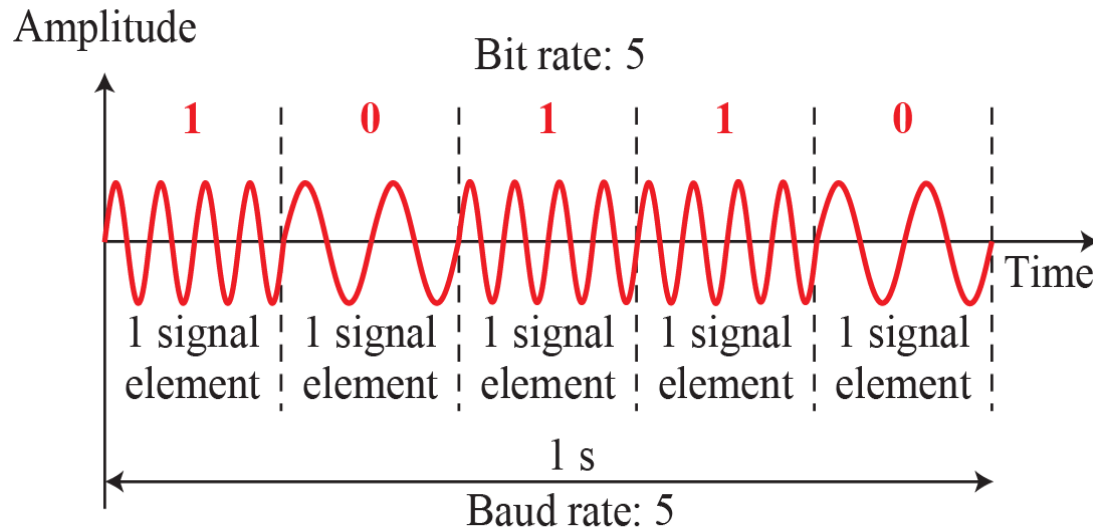
# 주파수 편이 변조

## ◆ 주파수 편이 변조 (FSK: Frequency Shift Keying)

- 비트 1/0을 표현하기 위해 신호의 주파수를 변경
- 진폭과 위상은 일정하게 유지
- 보오율과 비트율이 동일

## ◆ 2진 FSK

- 두 개의 반송파를 사용하여 1/0 표현



# 주파수 편이 변조

## ◆ FSK의 보오율과 대역폭의 관계

- FSK에 요구되는 대역폭은 신호의 보오율과 두 반송 주파수 차의 합
- $B = (1 + d)S + (f_2 - f_1)$

## ◆ 예제 5.5

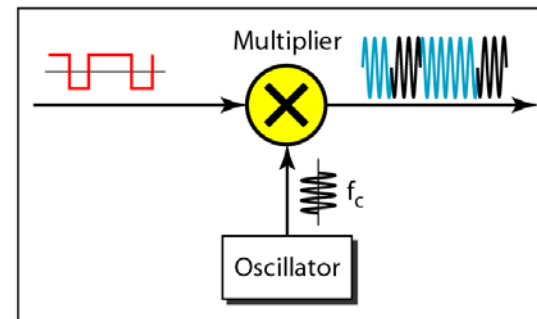
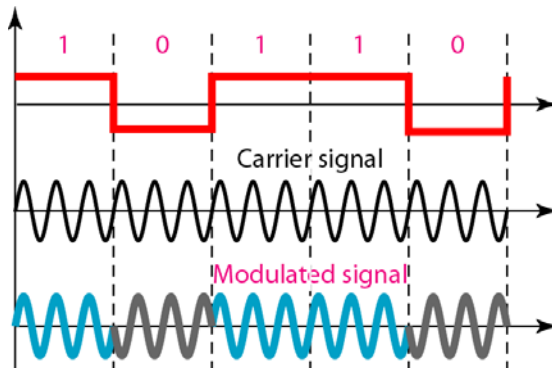
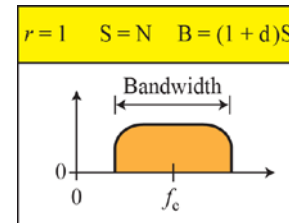
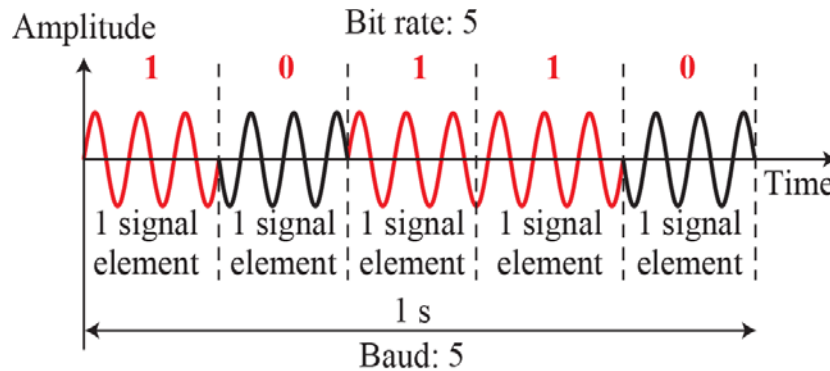
100kHz의 가용 대역이 영역 200kHz~300kHz에 걸쳐 있다. FSK를 사용하고  $d=1$ 인 경우 반송파의 주파수와 비트율은?

$$B = (1 + d) \times S + 2\Delta_f = 100 \rightarrow 2S = 50 \text{ kHz} \rightarrow S = 25 \text{ kbaud} \rightarrow N = 25 \text{ kbps}$$

# 위상 편이 변조

## ◆ 위상편이 변조 (PSK : Phase Shift Keying)

- 비트 1/0을 표현하기 위해 위상을 변경
- 진폭과 주파수는 일정
- 2진 PSK : 0도와 180도의 위상을 사용

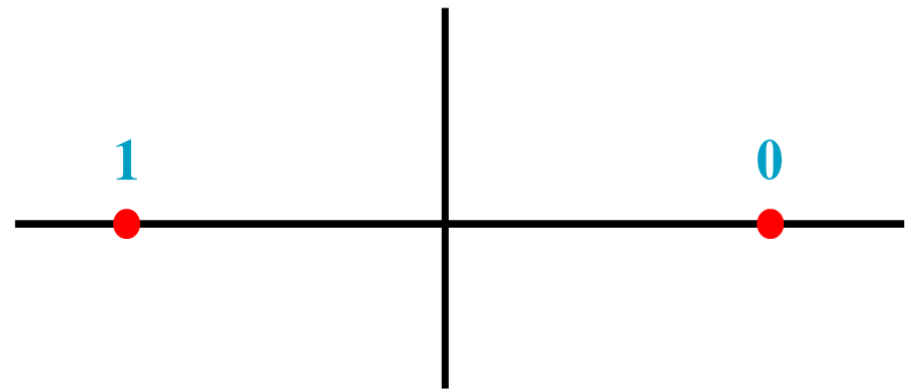


# 위상 편이 변조

## ◆ 이진 PSK성운 (Constellation)

Bit	Phase
0	0
1	180

Bits



Constellation diagram

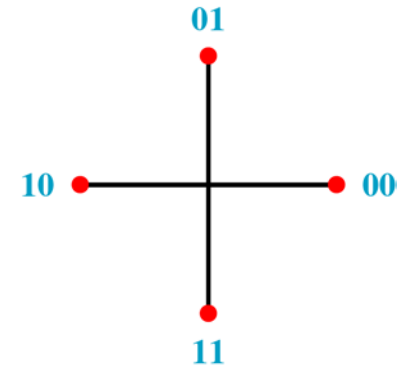
# 위상 편이 변조

## ◆ Q-PSK

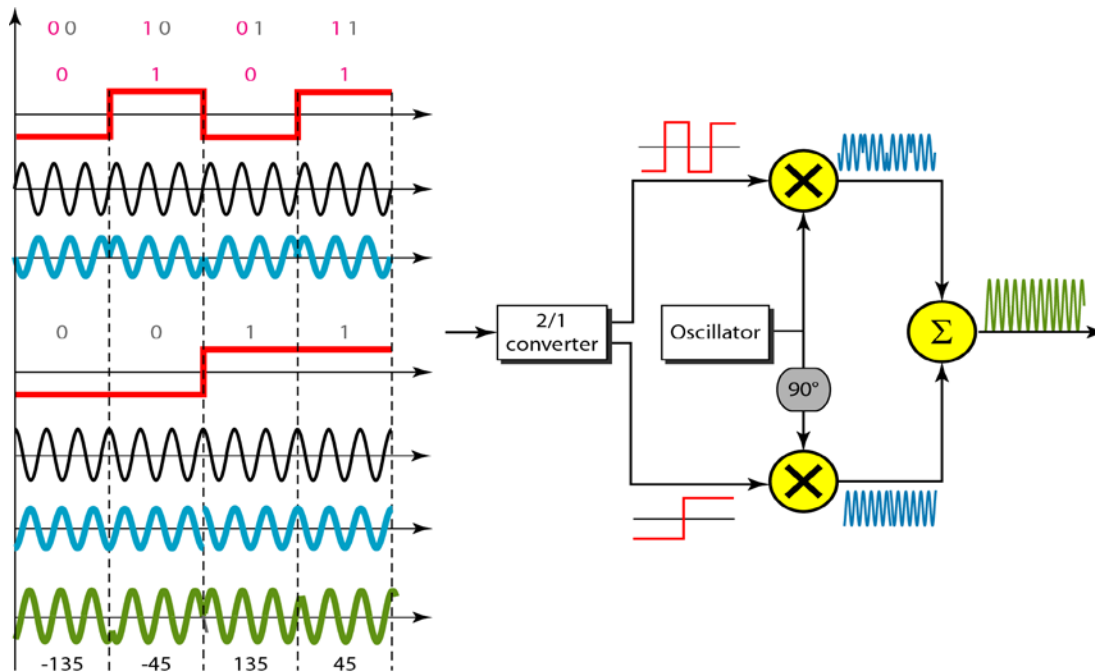
- 90도 편이로 위상을 변경
- 4개의 위상을 사용하여 각 신호마다 2 비트를 표현

Dibit	Phase
00	0
01	90
10	180
11	270

Dibit  
(2 bits)



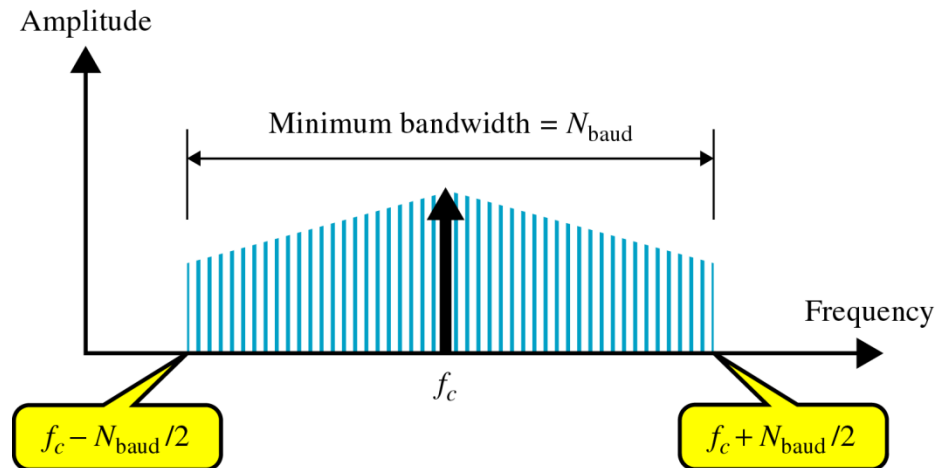
Constellation diagram



Q-PSK에서 비트율은 보오율의 2배가 됨 (즉,  $N = 2S$ )

# 위상 편이 변조

- ◆ PSK에서 보오율과 대역폭의 관계
  - PSK의 대역폭(보오율)은 ASK의 대역폭 형태와 동일함
  - 그러나 PSK는 ASK보다 높은 비트율을 가질 수 있음



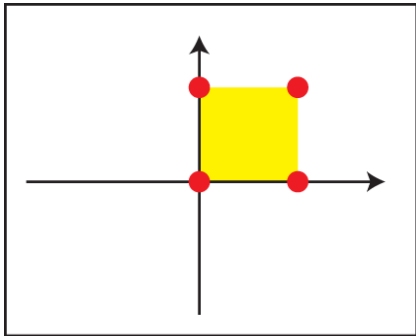
- ◆ [예 5.7] 12Mbps의 속도로 전송하는 Q-PSK신호 전송에 요구되는 대역폭은?  
전송은 반이중이고, d=0 이다
  - $B = (1+d) \times S = (1+d) \times N \times 1/r = (1+0) \times 12M \times 1/2 \rightarrow 6\text{MHz}$

# 구상 진폭 변조

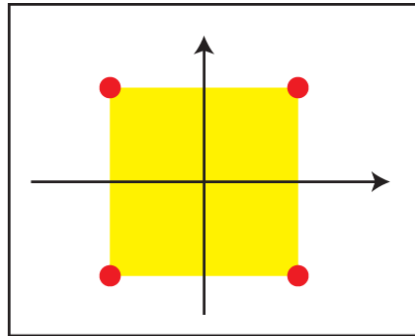
## ◆ 구상 진폭 변조(QAM: Quadrature Amplitude Modulation)

- ASK와 PSK의 조합
  - 더 많은 변화가 가능
- 대역폭의 제한으로 인해 FSK와의 조합은 의미가 없음

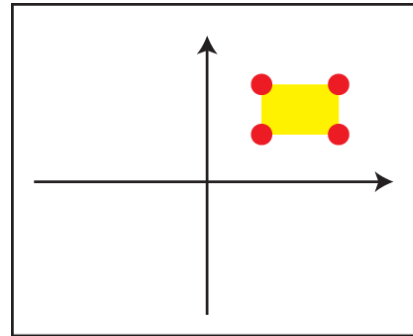
## ◆ 예) QAM 성운



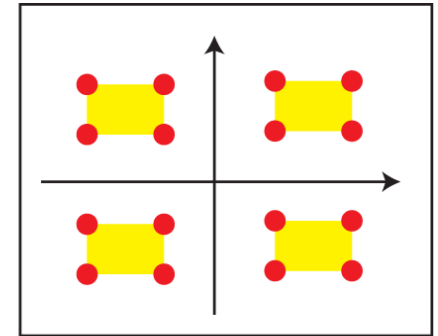
a. 4-QAM



b. 4-QAM



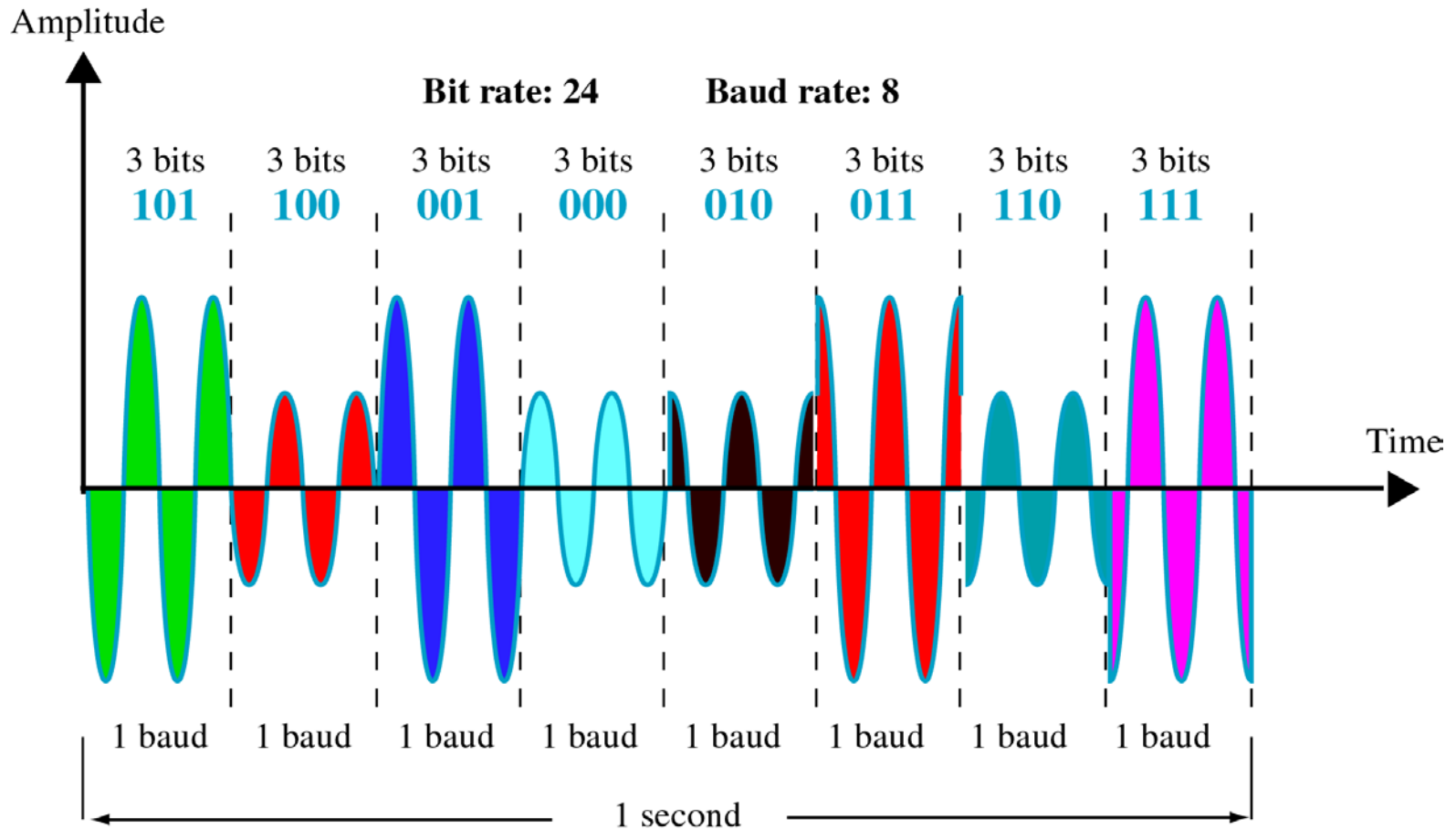
c. 4-QAM



d. 16-QAM

# 구상 진폭 변조

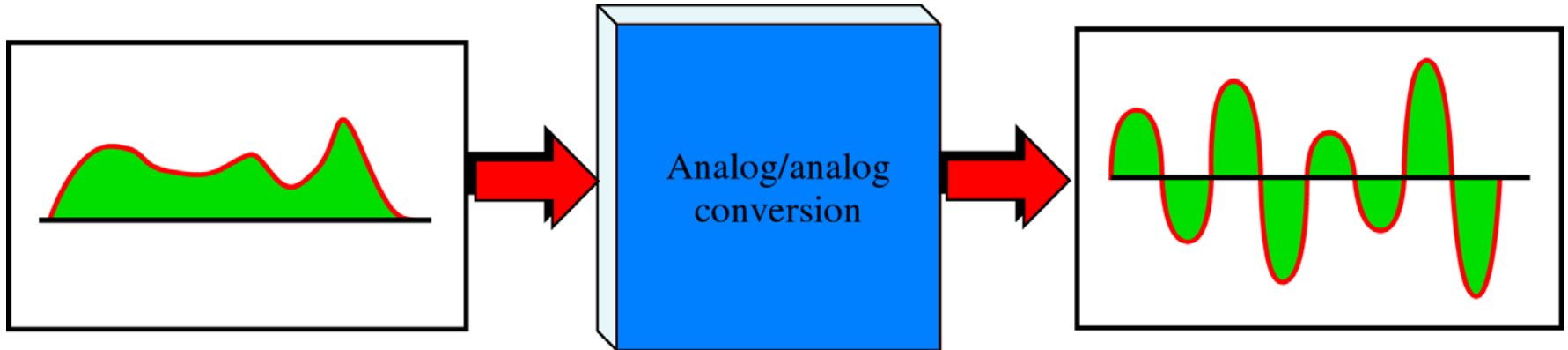
## ◆ 8-QAM 신호에 대한 시간 영역 도면 예제





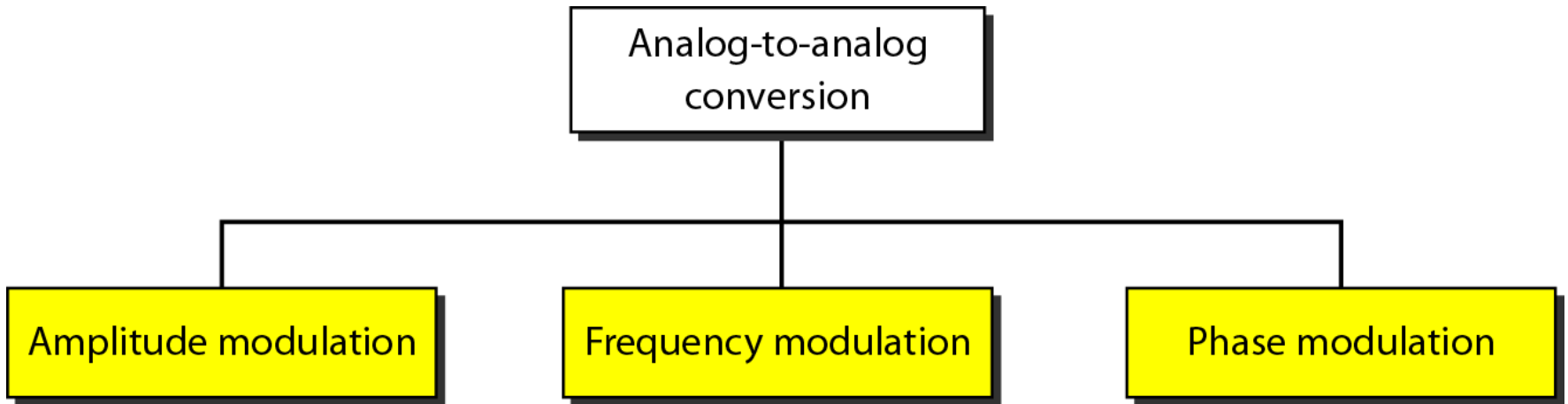
# 아날로그 대 아날로그 변조

## ◆ 아날로그 대 아날로그 변조



# 아날로그 대 아날로그 변조

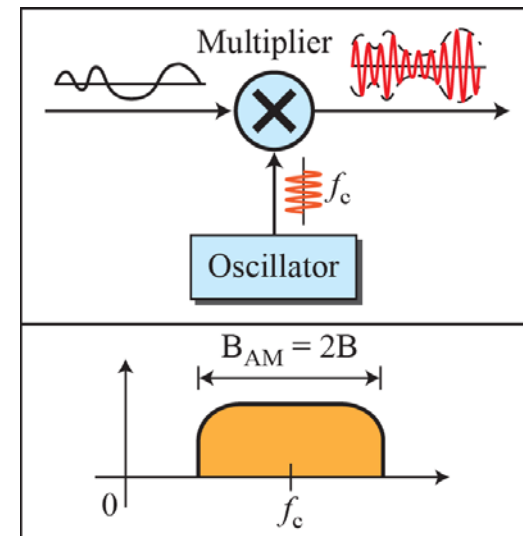
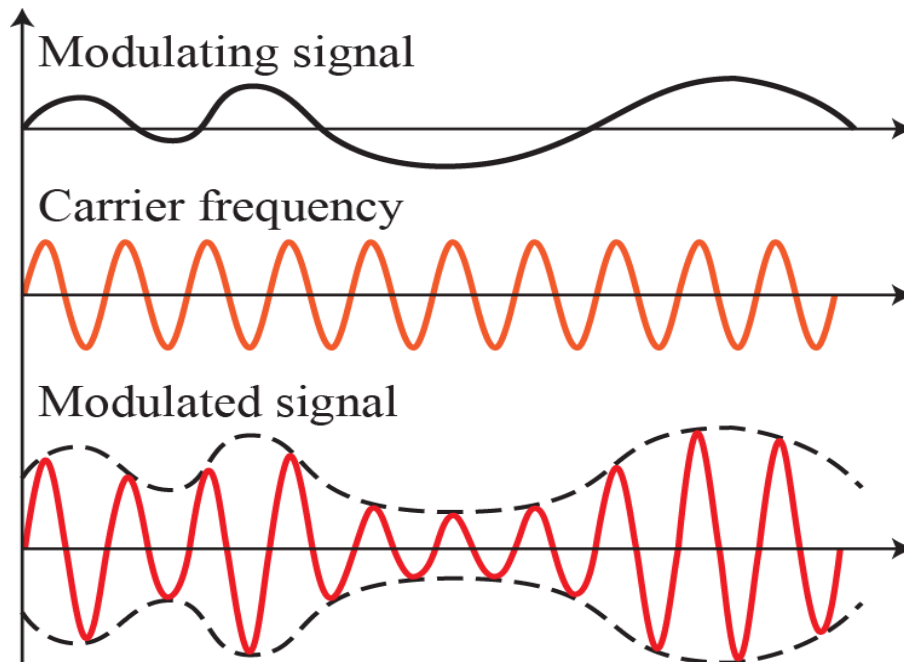
## ◆ 아날로그 대 아날로그 변조의 유형



# 아날로그 신호 변조 - AM

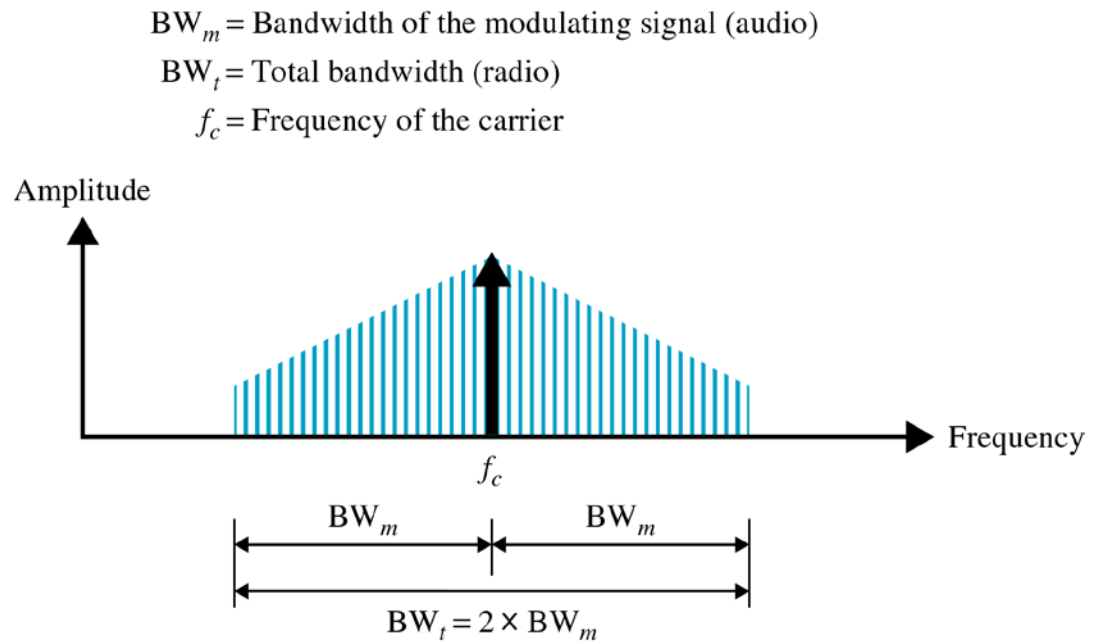
## ◆ 진폭변조(AM:Amplitude Modulation)

- 위상과 주파수는 변하지 않고 신호의 진폭에 따라 반송파의 진폭을 변경



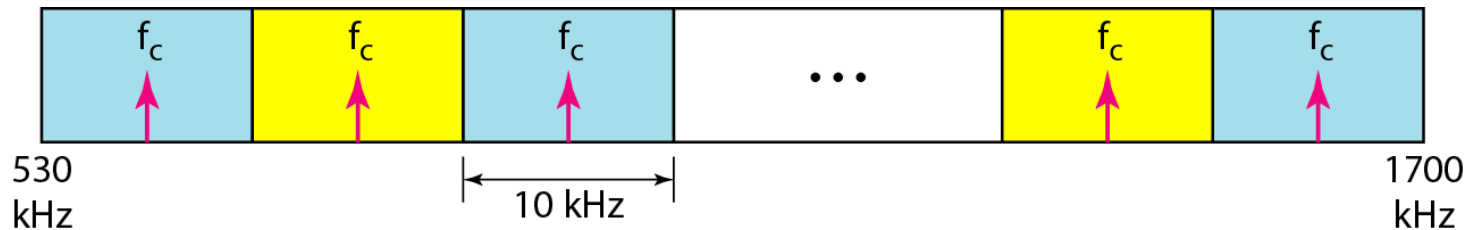
# 아날로그 신호 변조 - AM

- ◆ AM 신호의 대역폭( $B_{AM}$ )은 변조되는 신호 대역폭( $B$ )의 2배 :  $B_{AM} = 2B$ 
  - 5 KHz 대역의 오디오 신호에 대한 AM 전송은 최소한 10 KHz의 대역폭을 요구함



# 아날로그 신호 변조- AM

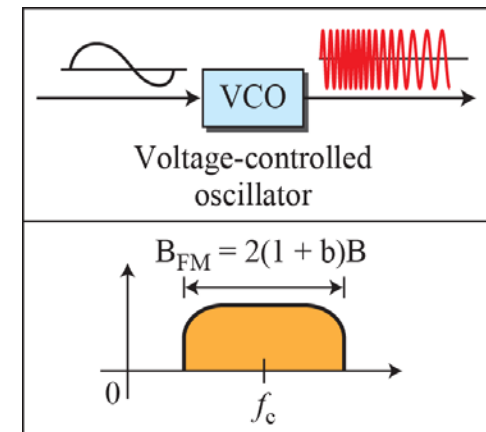
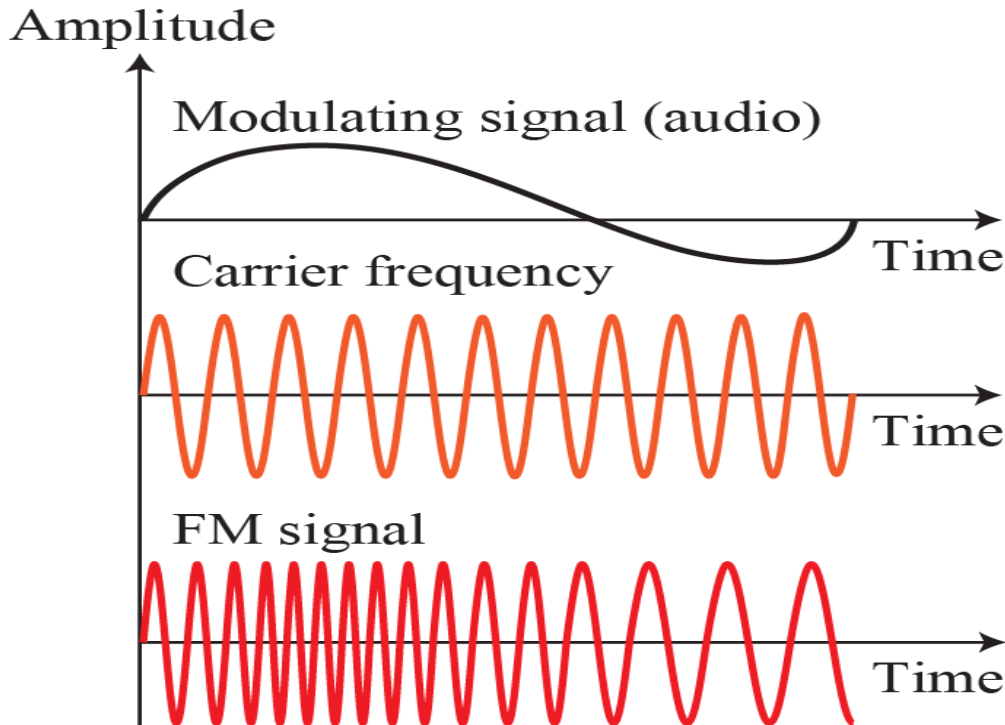
- ◆ AM 방송국은 530 ~ 1700 KHz의 반송 주파수를 할당 받음
  - 오디오 신호(음성과 음악)의 대역폭은 5kHz
  - 각 방송국은 10kHz씩 할당
  - 반송파의 간섭을 피하기 위해 양쪽으로 각 방송국의 주파수는 대역폭 만큼 떨어져야 함 (보호대역, guard band)



# 아날로그 신호 변조- FM

## ◆ 주파수 변조(FM: Frequency Modulation)

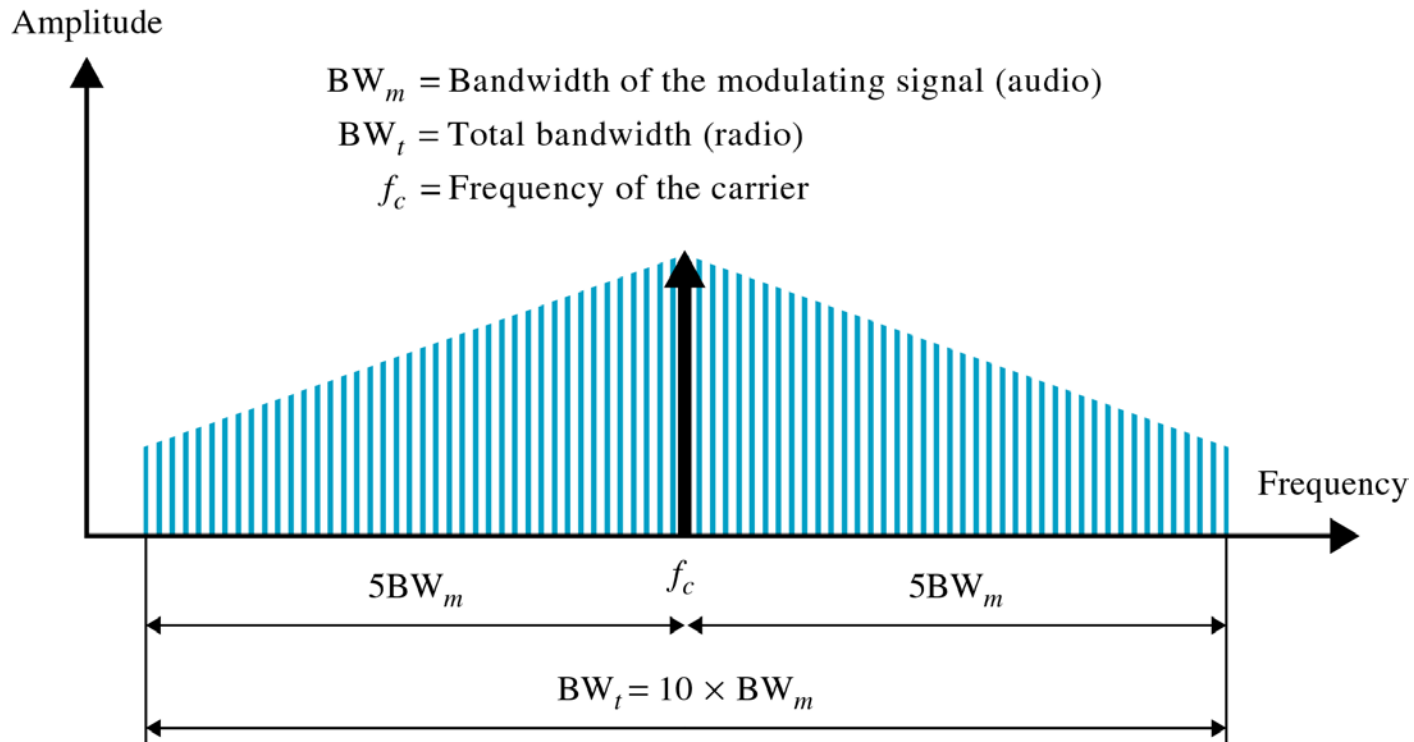
- 정보 신호의 진폭의 변화에 따라 반송 주파수를 변경



# 아날로그 신호 변조 - FM

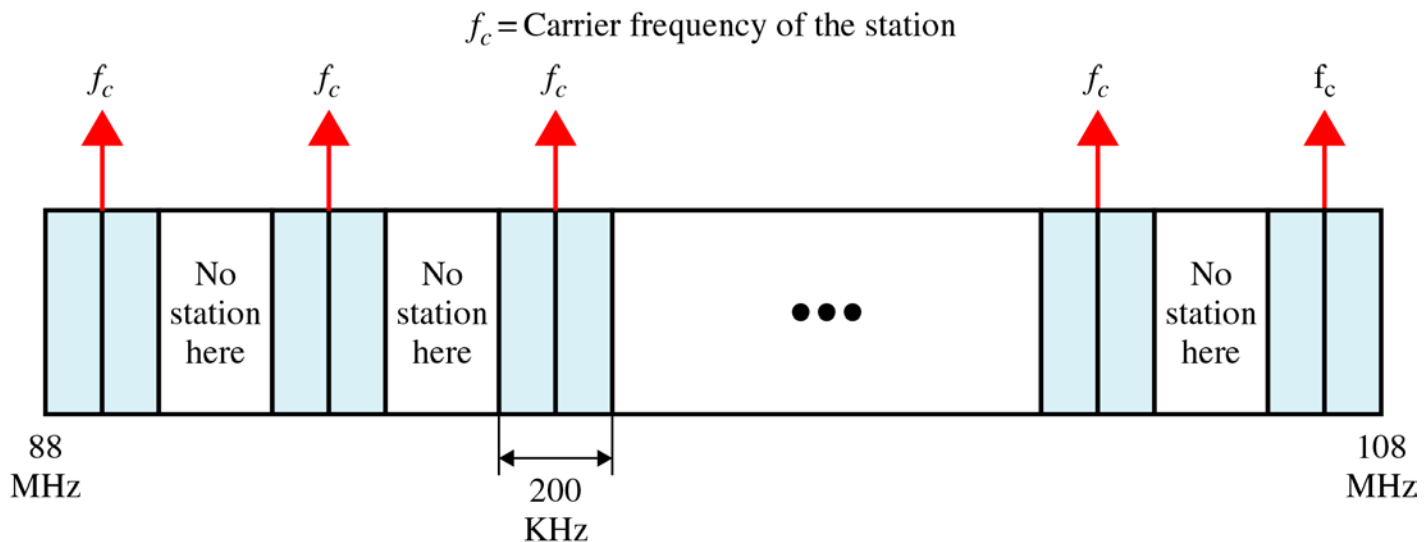
## ◆ FM 대역폭

- $B_{FM} = 2(1 + \beta)B$ .
- 보통  $\beta=4$ 가 됨  $\rightarrow$  변조 신호 대역폭의 10배가 됨



# 아날로그 신호 변조 - FM

- ◆ 스테레오 방송용 오디오 신호(음성과 음악)의 대역폭 : 15 kHz
  - 최소 대역폭 : 150 KHz
- ◆ 각 방송국은 일반적으로 200 KHz(0.2 MHz)를 할당 받음
- ◆ FM 방송국은 88~108 Mhz 범위의 방송 주파수를 허용
  - 방송국의 대역폭 중복을 막기 위해 200KHz의 간격을 유지
- ◆ FM 대역폭 할당



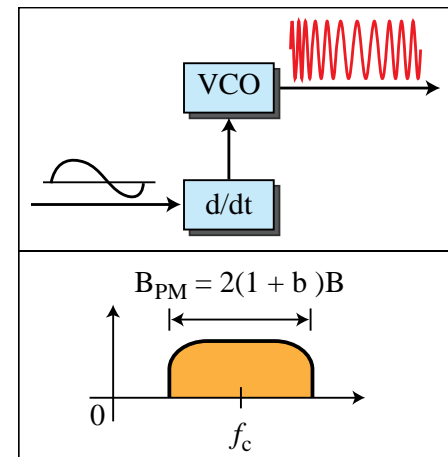
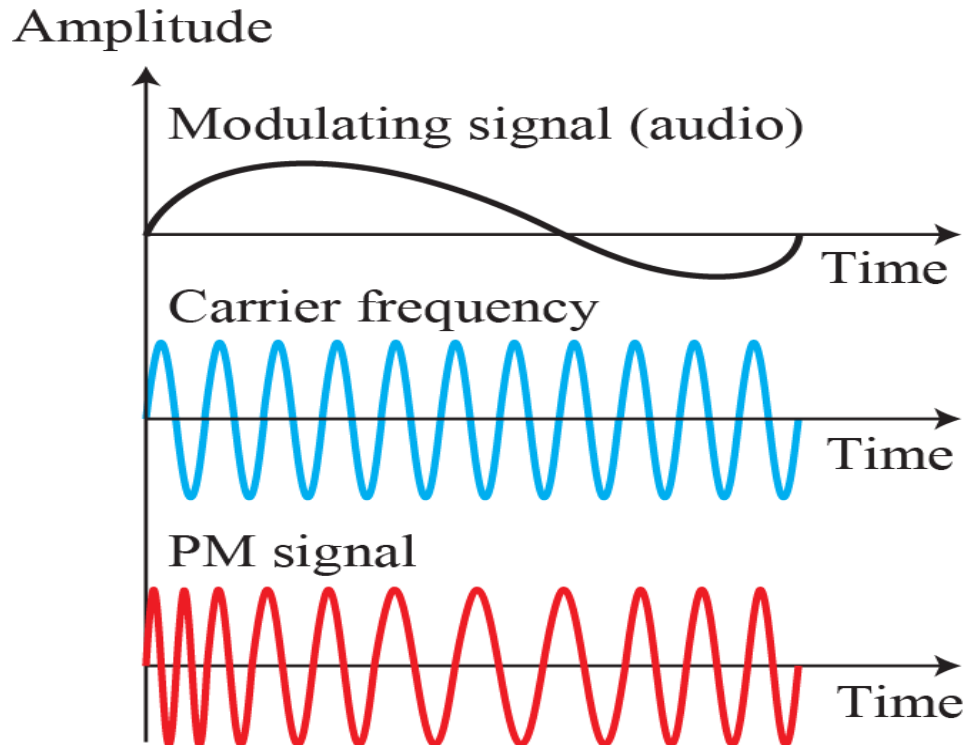
예) MBC FM 라디오 (88.9MHz)



# 아날로그 신호 변조 - PM

## ◆ 위상 변조(PM: Phase Modulation)

- 반송파 신호의 위상이 변조신호의 진폭의 변화에 따라 변조
- 주파수 변조의 대안으로 일부 시스템에서 사용



# Question?