



데이터 통신

Part 2. 물리층

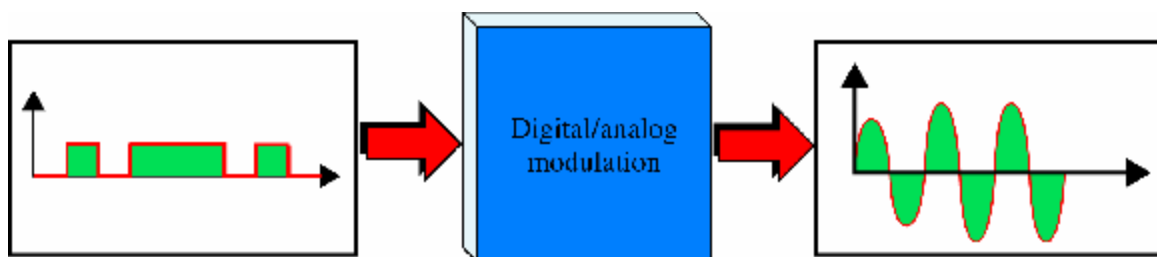
Chapter 5. 아날로그 전송

1



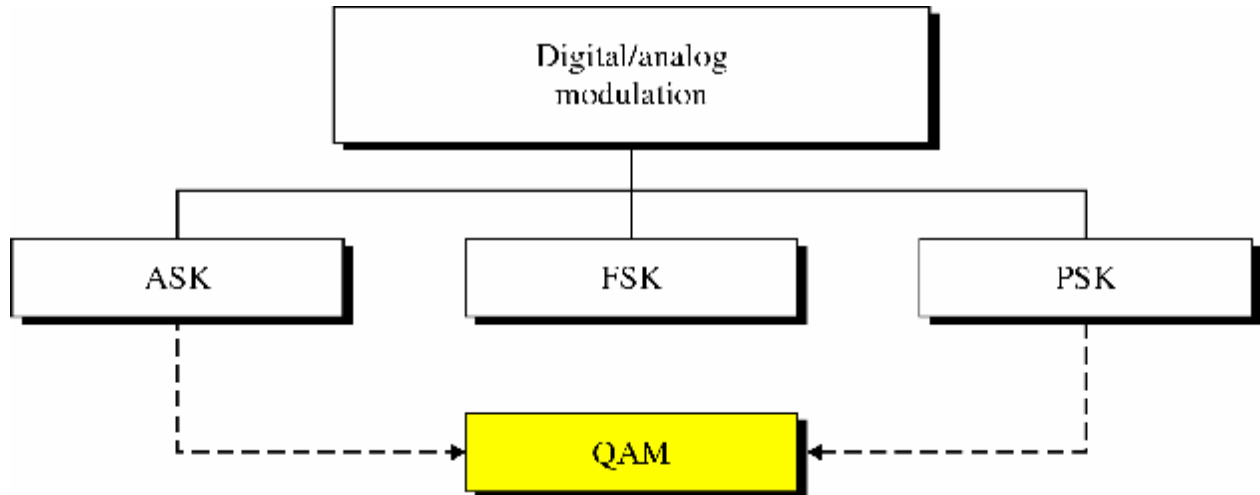
디지털 대 아날로그 전환 (1)

- u 변조(Modulation)
 - | 디지털 데이터를 아날로그 신호로 변환
 - | 아날로그 신호의 진폭, 주파수, 위상 등의 특성을 변경하여 표현
- u 진폭편이변조(ASK, Amplitude Shift Keying)
- u 주파수편이변조(FSK, Frequency Shift Keying)
- u 위상편이변조(PSK, Phase Shift Keying)
- u 구상편이변조(QAM, Quadrature Amplitude Modulation)



디지털 대 아날로그 전환(2)

u 디지털-대-아날로그 변조의 유형



디지털 대 아날로그 전환(3)

u 비트율(Bit rate) : 초당 전송되는 비트의 수

u 보오율(Baud rate):비트들을 표현하는데 필요한 초당 신호단위 수

* 비트율은 각 신호단위에 표현되는 비트 수와 보오율의 곱이므로 보오율은 비트율보다 적거나 같다.

u 반송파신호(Carrier Signal)

- | 정보신호를 위한 기본 고주파 신호
- | 디지털 정보는 반송파 신호의 특징 중 하나 이상을 변경하여 표현됨

디지털 대 아날로그 전환 (4)

u 예제 5.1

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

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

u 예제 5.2

어떤 아날로그 신호의 비트율이 8000이고 보오율이 1000보오이다. 각 신호 요소에는 몇 개의 데이터 요소가 실려지는가? 또 몇 개의 신호 요소가 필요한가?

$$S = N \times \frac{1}{r} \quad \rightarrow \quad r = \frac{N}{S} = \frac{8000}{1000} = 8 \text{ bits/ baud}$$

$$r = \log_2 L \quad \rightarrow \quad L = 2^r = 2^8 = 256$$

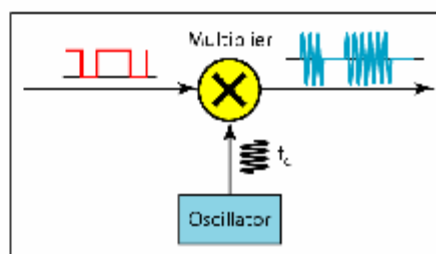
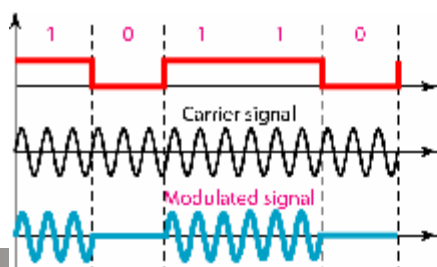
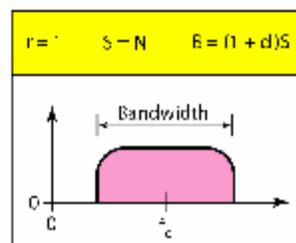
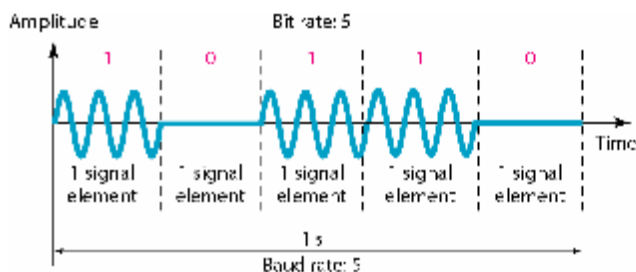
진폭 편이 변조 (1)

u 진폭편이 변조(ASK:Amplitude Shift Keying)

- | 진폭이 변하지만 주파수와 위상은 변하지 않는다
- | 보오율과 비트율이 동일

u 이진 ASK

- | 온-오프 편이(on-off keying)



진폭 편이 변조 (2)

u 보오울과 ASK 대역폭의 관계

- 반송파는 대역의 중간에 위치함

u ASK에 요구되는 대역폭

- $B = (1+d) * S$
- B:대역폭, S:보오울, d:회선의 상태와 관련된 계수(초기값은 0)

u 예제 5.3

200kHz~300kHz에 걸치는 100kHz의 대역을 사용. d=1인 ASK를 사용하는 경우 반송파의 주파수와 비트율은?

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

진폭 편이 변조 (3)

u 예제

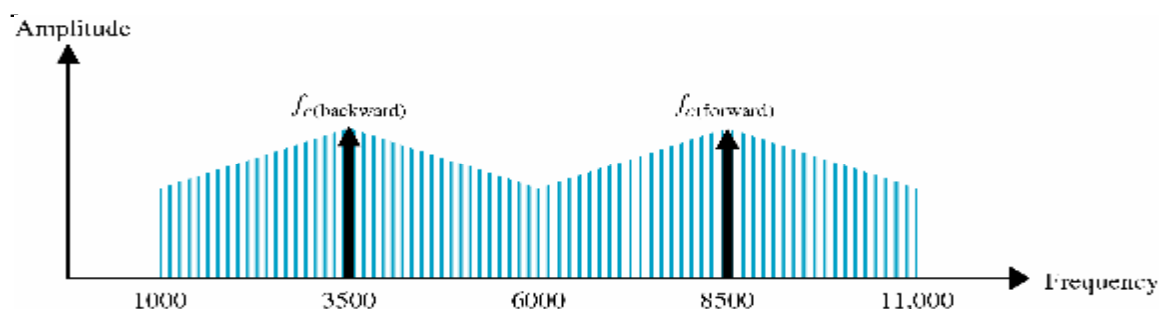
- 10,000Hz(1,000~11,000Hz)의 대역폭에 대해 시스템의 전이중 ASK 다이어그램을 그리시오. 각 방향의 반송파와 대역폭을 구하라. (d=0인 경우)

u 풀이

- 각 방향의 ASK는 $B = 10,000/2 = 5,000\text{Hz}$
반송주파수는 각 대역의 중간지점

$$f_{c(\text{forward})} = 1,000 + 5,000/2 = 3,500\text{Hz}$$

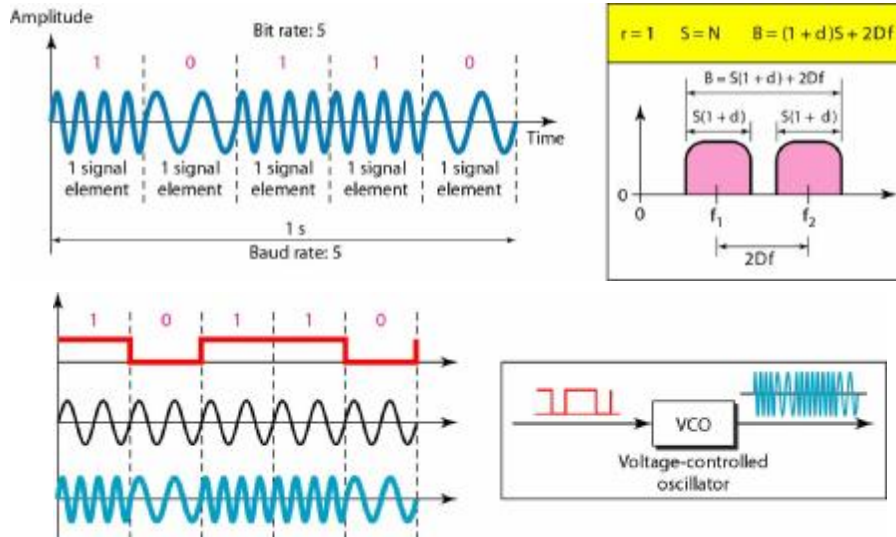
$$f_{c(\text{backward})} = 11,000 - 5,000/2 = 8,500\text{Hz}$$



주파수 편이 변조 (1)

u 주파수 편이 변조 (FSK: Frequency Shift Keying)

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



2007-2학기 데이터통신

9

주파수 편이 변조 (2)

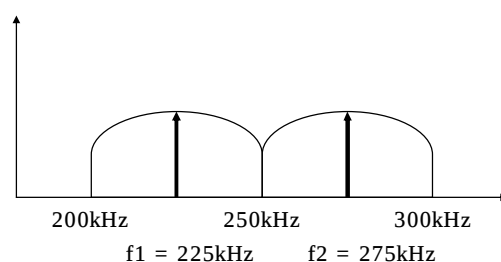
u FSK의 보오율과 대역폭의 관계

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

u 예제 5.5

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

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



2007-2학기 데이터통신

10

주파수 편이 변조 (3)

u 예제

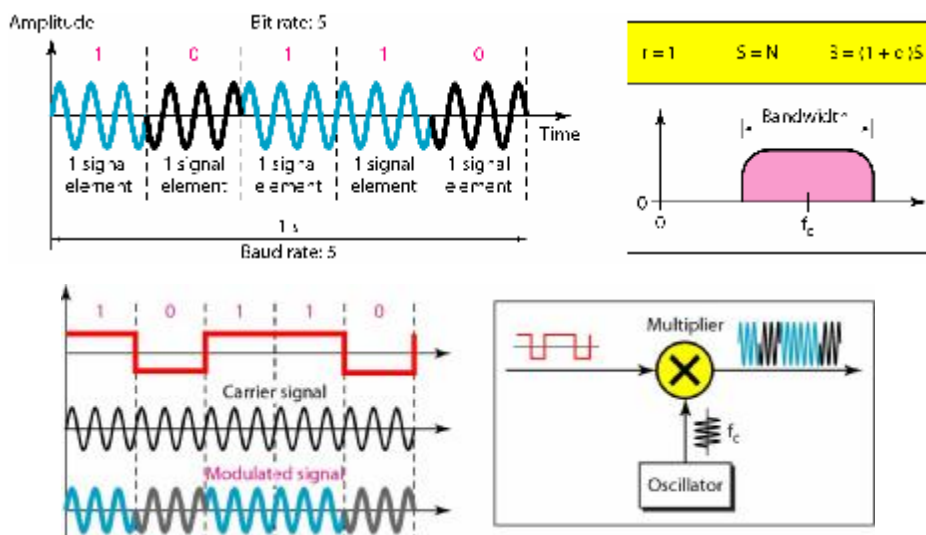
- 매체의 대역폭이 12,000Hz이고, 두 반송파 사이의 간격이 최소 2,000Hz가 되어야 할 때, FSK 신호의 최대 비트율은?(이때 $d=0$ 이고, 전송은 전이중이다.)
- 풀이) 각 방향으로 6000Hz의 대역폭이 할당되고 보오율과 비트율이 동일하므로,

$$BW = \text{보오율} + (f_{c1} - f_{c0}) \Rightarrow \text{보오율} = 6000 - 2000 = 4000$$
 즉, 4000bps

위상 편이 변조 (1)

u 위상편이 변조 (PSK:Phase Shift Keying)

- 비트 1/0을 표현하기 위해 위상을 변경
- 진폭과 주파수는 일정
- 이진 PSK : 0도와 180도 위상을 사용

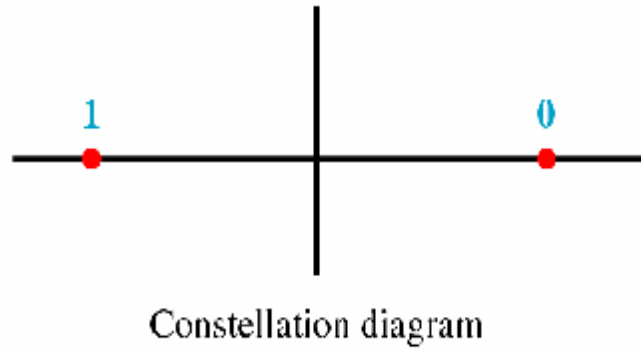


위상 편이 변조 (2)

u PSK성운 (Constellation)

Bit	Phase
0	0
1	180

Bits



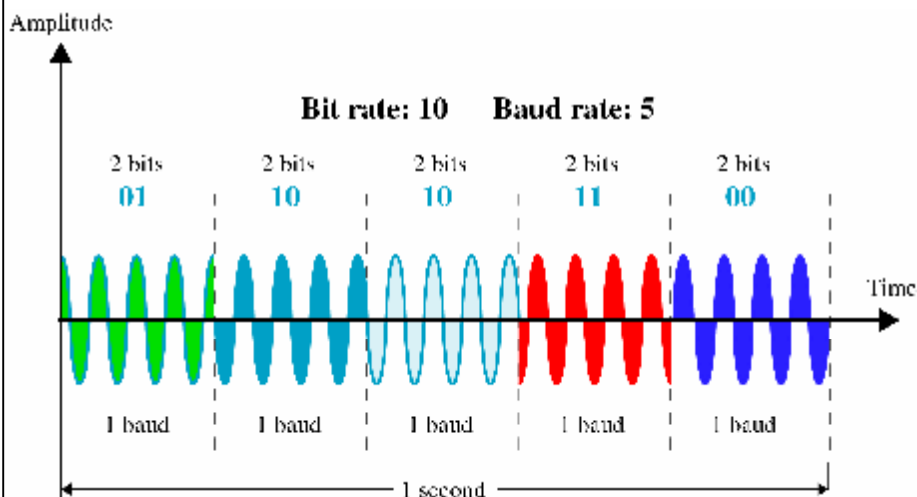
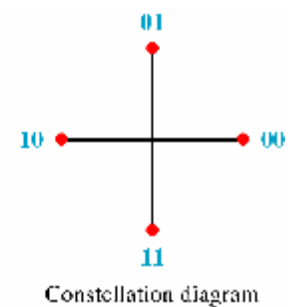
위상 편이 변조 (3)

u 4-PSK

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

Dibit	Phase
00	0
01	90
10	180
11	270

Dibit
(2 bits)



4PSK에서 비트율은 보오율의 2배가 됨

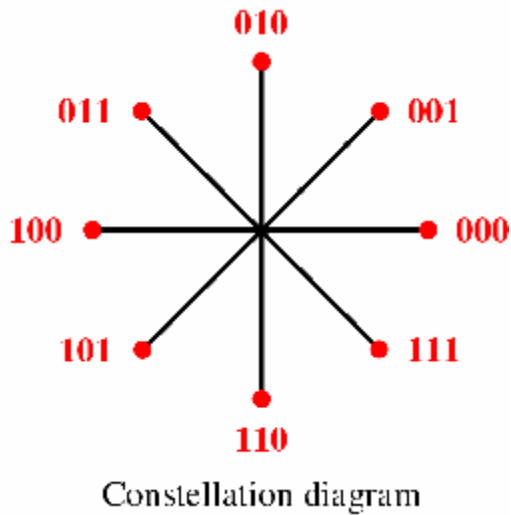
위상 편이 변조 (4)

u 8-PSK

- 45도 편이로 위상을 변조
- 각 위상당 3 비트를 표현
 - 비트율은 보오율의 3배가 됨

Tribit	Phase
000	0
001	45
010	90
011	135
100	180
101	225
110	270
111	315

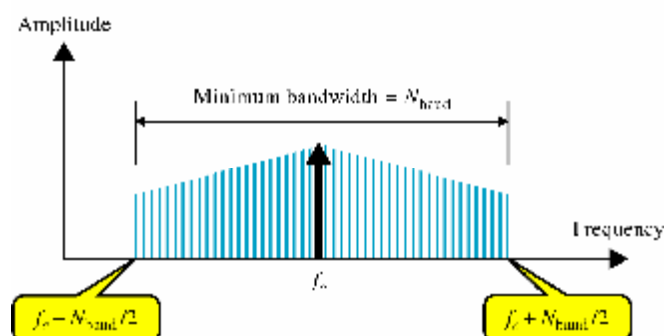
Tribits
(3 bits)



위상 편이 변조 (5)

u PSK에서 보오율과 대역폭의 관계

- PSK의 대역폭(보오율)은 ASK의 대역폭 형태와 동일함
- 그러나 PSK는 ASK보다 높은 비트율을 가질 수 있음



u 예제 8

- 2,000bps의 속도로 전송하는 4-PSK신호 전송에 요구되는 대역폭은?
전송은 반이중 방식이다

u 예제 9

- 8-PSK신호에 5,000Hz의 대역폭이 주어졌을 때, 보오율과 비트율은?

구상 진폭 변조 (1)

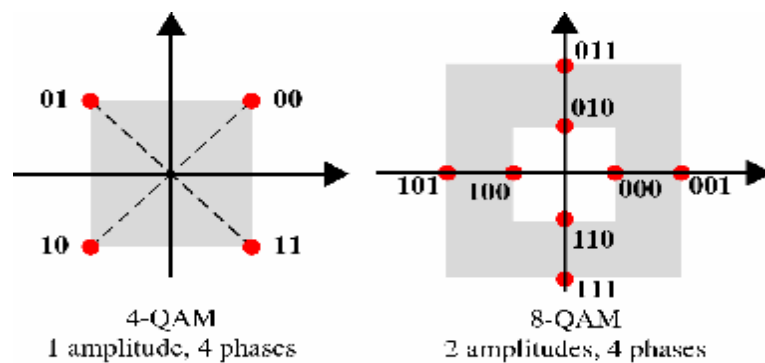
u 구상 진폭변조(QAM:Quadrature Amplitude Modulation)

ASK와 PSK의 조합

무한한 변형이 가능함

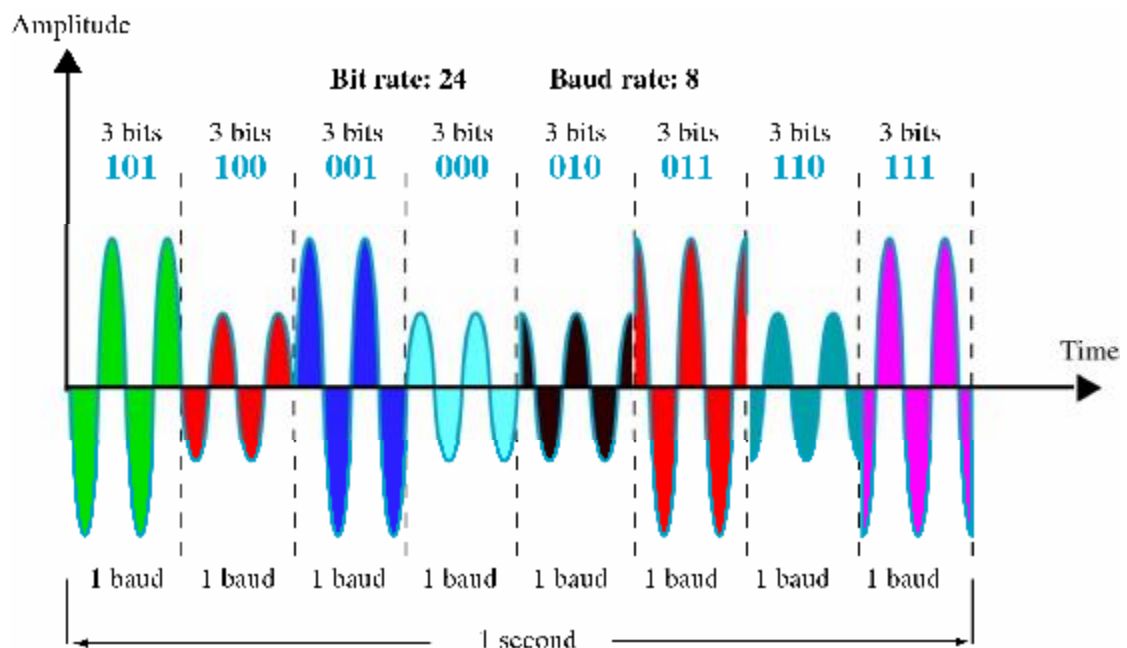
대역폭의 제한으로 인해 FSK와의 조합은 의미가 없음

u 4-QAM과 8-QAM 성운



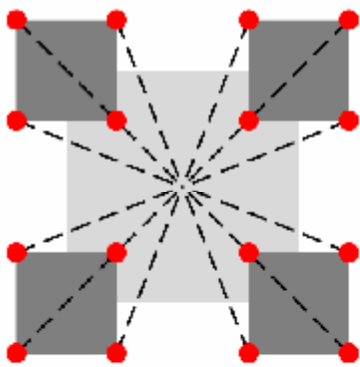
구상 진폭 변조 (3)

u 8-QAM 신호에 대한 시간 영역 도면



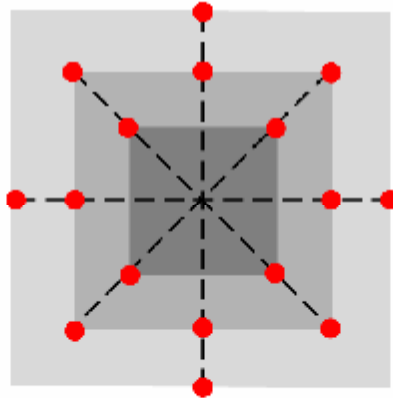
u 16-QAM의 3가지 구성

3 amplitudes, 12 phases



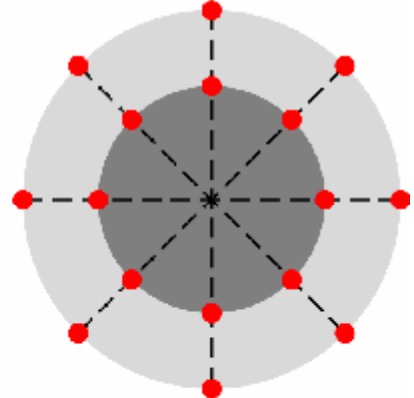
16-QAM

4 amplitudes, 8 phases



16-QAM

2 amplitudes, 8 phases

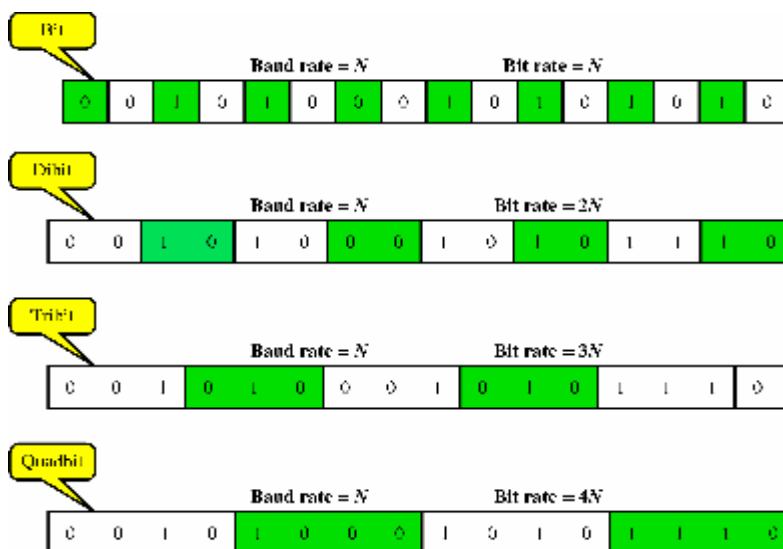


16-QAM

비트율 vs. 보오율 (1)

u 비트율과 보오율

- 한 신호요소가 n-bit를 나타낼 수 있을 때 비트율은 보오율의 n배가 됨



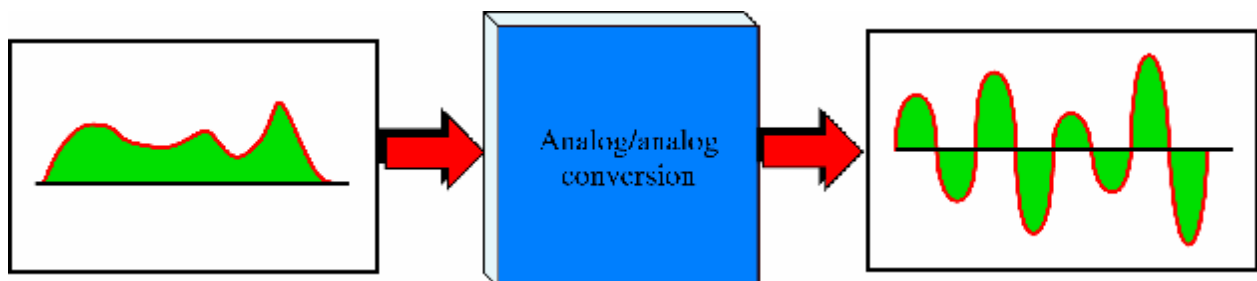
비트율 vs. 보오율 (2)

u 비트율과 보오율 비교

<i>Modulation</i>	<i>Units</i>	<i>Bits/Baud</i>	<i>Baud Rate</i>	<i>Bit Rate</i>
ASK, FSK, 2-PSK	Bit	1	S	S
4-PSK, 4-QAM	Dibit	2	S	$2 S$
8-PSK, 8-QAM	Tribit	3	S	$3 S$
16-QAM	Quadbit	4	S	$4 S$
32-QAM	Pentabit	5	S	$5 S$
64-QAM	Hexabit	6	S	$6 S$
128-QAM	Septabit	7	S	$7 S$
256-QAM	Octabit	8	S	$8 S$

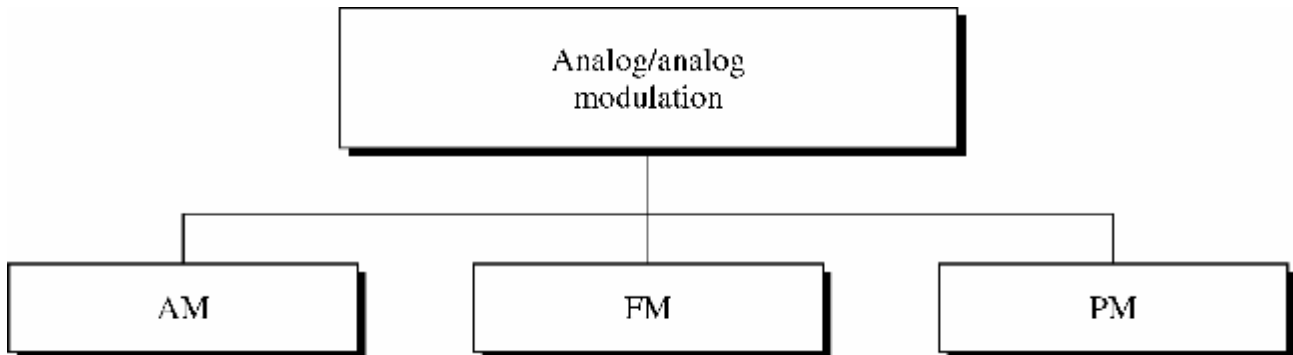
아날로그 신호 변조 (1)

u 아날로그 대 아날로그 변조



아날로그 신호 변조 (2)

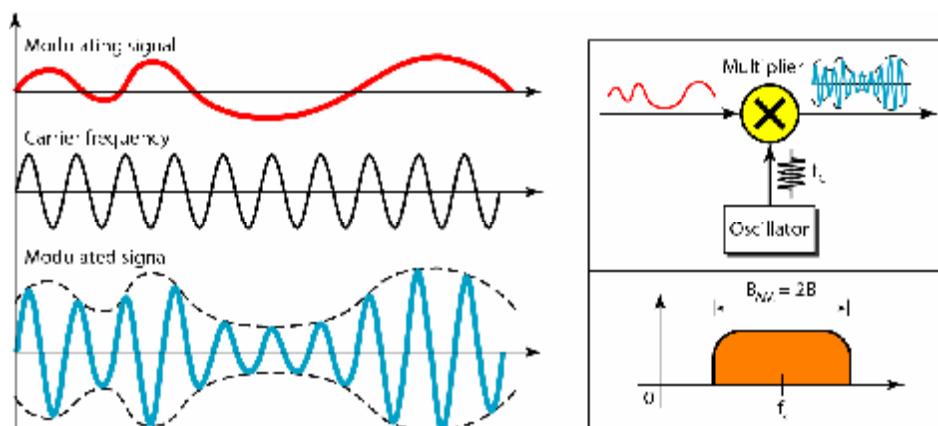
u 아날로그 대 아날로그 변조의 유형



아날로그 신호 변조 (3)

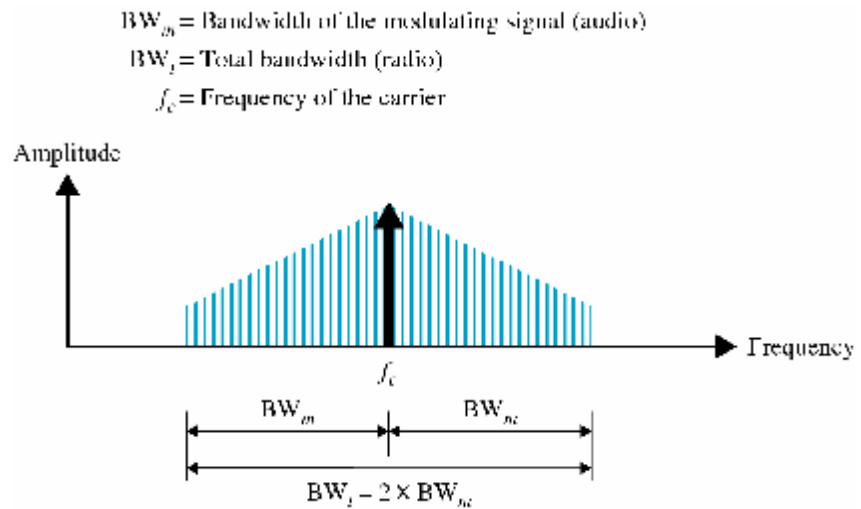
u 진폭변조(AM:Amplitude Modulation)

- 위상과 주파수는 변하지 않고 변조신호의 정보에 따라 반송파의 진폭을 변경



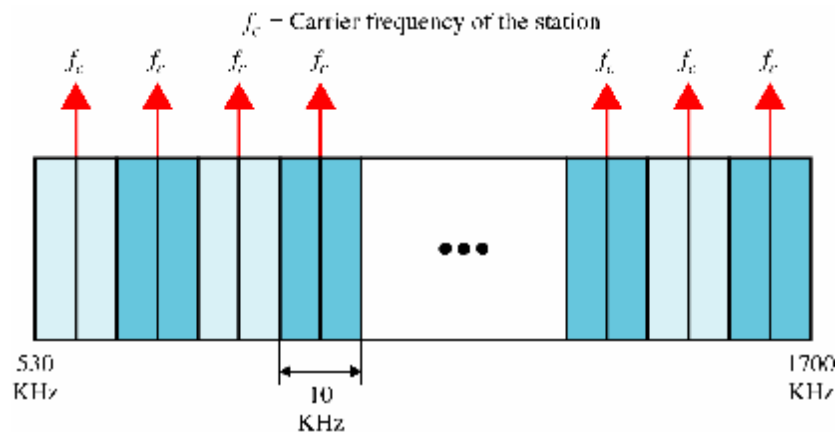
아날로그 신호 변조 (4)

- u AM 신호의 대역폭은 변조신호의 2배
- u 5 KHz 대역의 오디오 신호에 대한 AM 전송은 최소한 10 KHz의 대역폭을 요구함
- u AM 방송국은 530 ~ 1700 KHz의 방송 주파수를 할당 받음
 - | 방송파의 간섭을 피하기 위해 양쪽으로 각 방송국의 주파수는 10KHz 만큼 떨어져야 함



아날로그 신호 변조 (5)

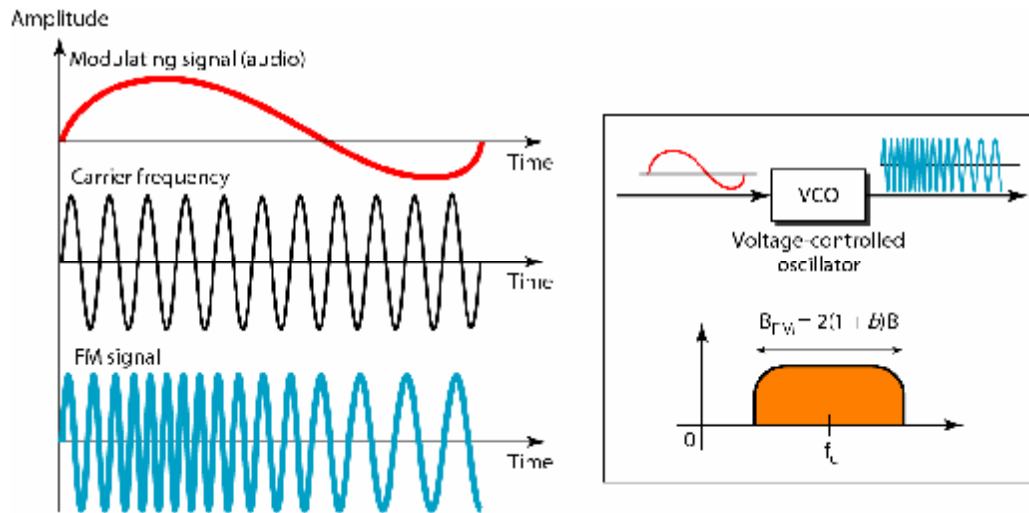
- u AM 대역폭 할당



아날로그 신호 변조 (6)

u 주파수 변조(FM: Frequency Modulation)

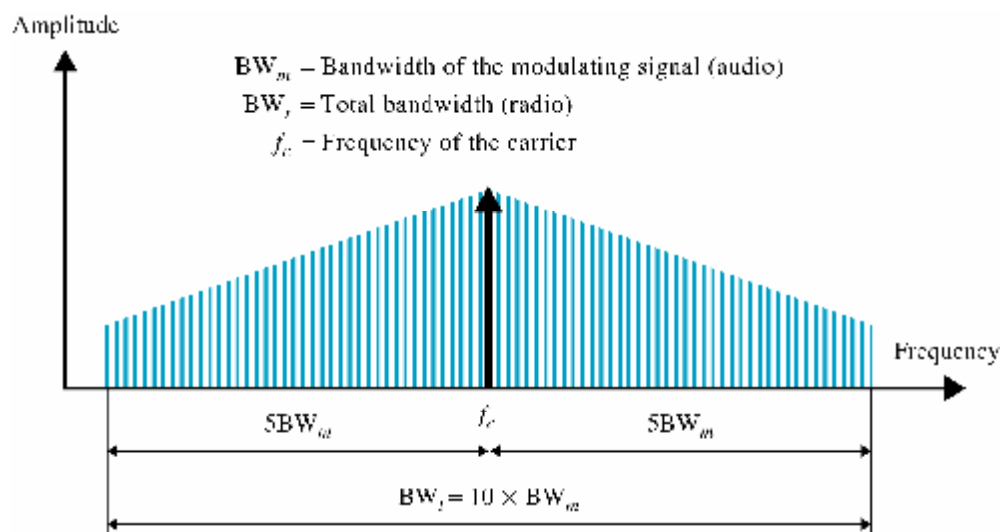
- 정보 신호의 진폭이 변경되면, 반송 주파수도 같은 비율로 변경



아날로그 신호 변조 (8)

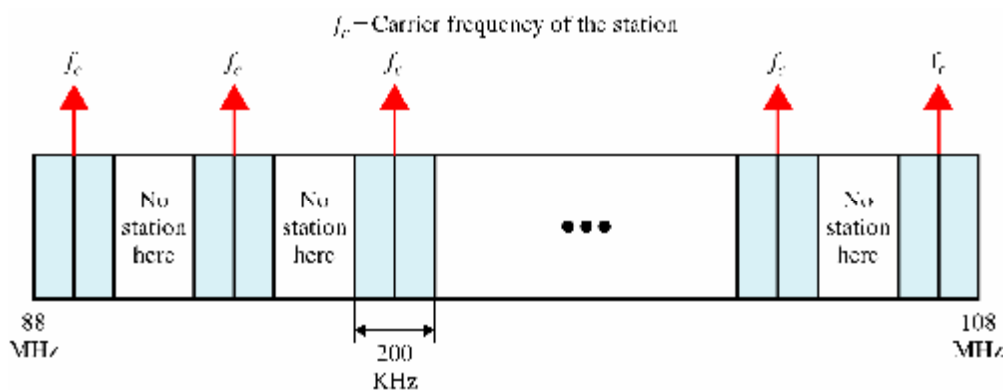
u FM 대역폭

- 변조 신호 대역폭의 10배와 같다



아날로그 신호 변조 (9)

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



아날로그 신호 변조 (10)

- u 위상 변조(PM: Phase Modulation)
 - l 반송파 신호의 위상이 변조신호의 진폭의 변화에 따라 변조
 - l 주파수 변조의 대안으로 일부 시스템에서 사용

