

Chapter 5

◦ 이널로그 전송

학습목표

■ 디지털 전송 (4장)

§ 1. 디지털 대 디지털 **변환** (Digital-to-Digital Encoding)

§ 2. 아날로그 대 디지털 **변환** (Analog-to-Digital Encoding)

■ 아날로그 전송 (5장)

§ 3. 디지털 대 아날로그 **변조** (Digital-to-Analog Modulation)

§ 4. 아날로그 대 아날로그 **변조** (Analog-to-Analog Modulation)

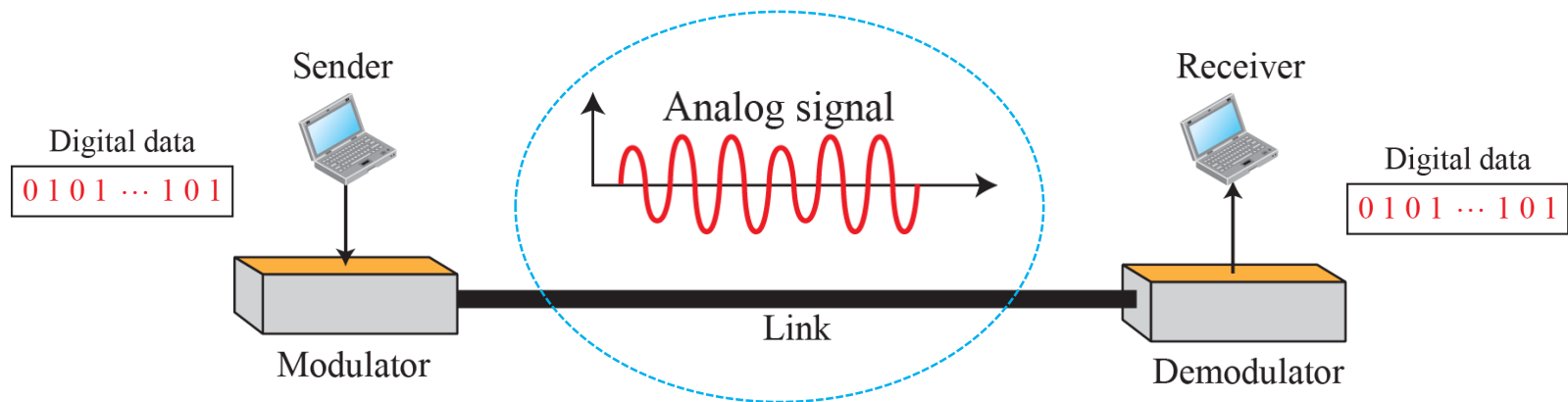


아날로그 전송 :

DIGITAL-TO-ANALOG MODULATION

§ 3. Digital-to-Analog Modulation(변조)

- 디지털 정보를 아날로그 신호로 변조하여 전송함
- Modem을 이용
 - ✓ 디지털 정보를 공중전화 교환망(PSTN)과 같은 아날로그 통신망을 이용하여 전송할 때 사용됨



변조 및 복조

■ 변조(modulation), 복조(demodulation)

- ✓ 어떤 정보를 아날로그 반송신호 주파수로 변환하는 것을 변조라 하고, 전송 후 다시 원래의 정보로 변환하는 것을 복조라 함
- ✓ 아날로그 신호의 장거리 전송을 위해서는 전송 채널에 적합한 주파수와 진폭을 갖는 정현파를 사용 (→ 반송파 carrier wave 라 함)
이 반송파에 신호를 실어보냄

Modem의 기능

■ 변조 · 복조 기능

- ✓ 디지털 데이터 $\xrightarrow{\text{변조}}$ 아날로그 신호
- ✓ 아날로그 신호 $\xrightarrow{\text{복조}}$ 디지털 데이터

■ 자동 응답 기능

- ✓ 연결요청 신호 받으면 자동응답

■ 자동 호출 기능

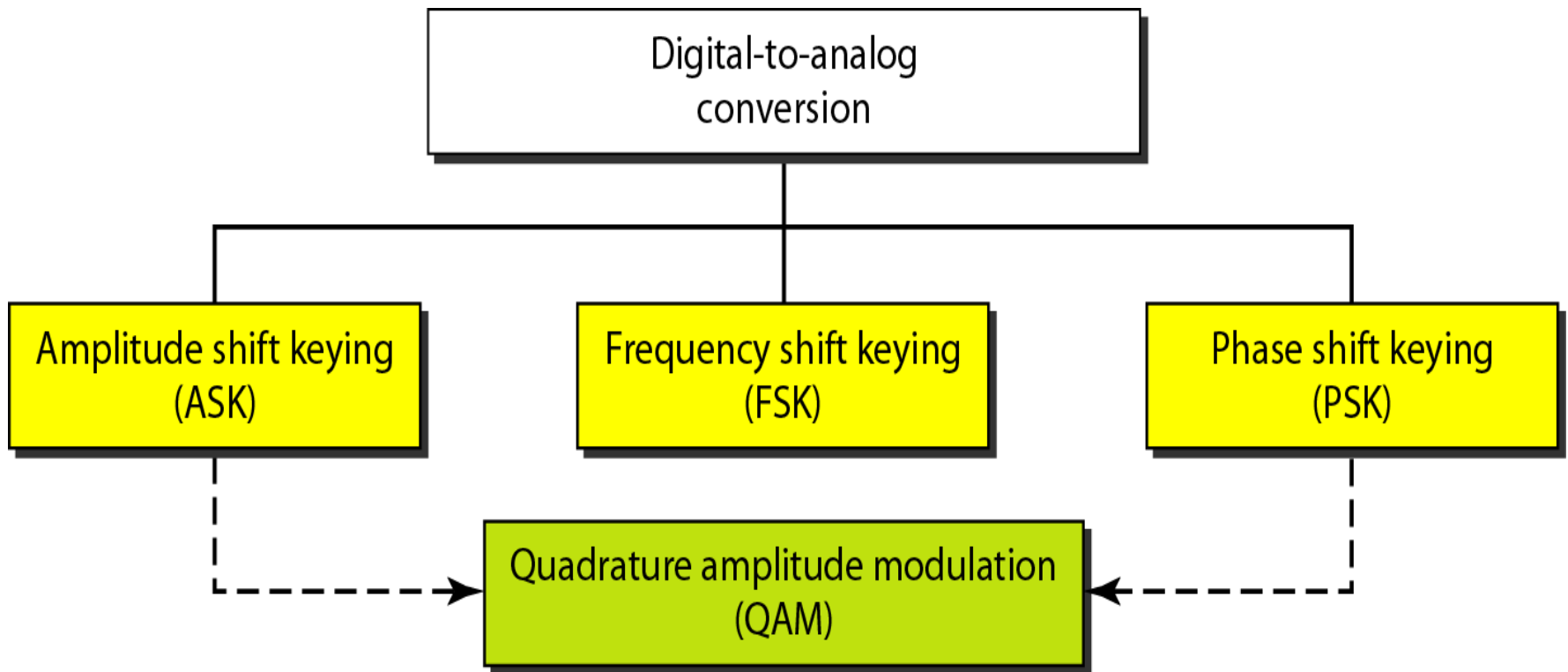
- ✓ 수신자 응답 없을 때 지정 횟수만큼 호출시도

■ 자동 속도 조절 기능

- ✓ 상대방 통신속도 감지하여 그 속도와 동일하게 자신의 속도조절

Digital-to-Analog 변조 유형

- 변조 유형: ASK(진폭편이변조), FSK(주파수편이변조)
PSK(위상편이변조), QAM(직교진폭변조)



■ 비트율(bit rate) (N)

초당 전송되는 비트의 수

= 초당 신호의 단위 수(S) x 신호 단위에 표현되는 비트수(**r**)

■ **r** = $\log_2 L$ (L: 신호 요소 유형 개수)

■ 보오율(baud rate)

✓ 초당 신호의 단위의 수

✓ 보오율은 비트율보다 작거나 같음

예제

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

풀이:

- ✓ 보오율 = 신호요소의 수 = 1,000 bauds per second
- ✓ 비트율(N) = 보오율(S) x 신호요소당 비트 수(r)
= 1,000 x 4 = 4,000 bps

- 예제 2) 신호의 비트율이 8,000 bps 이고, 보오율이 1000 bauds/s 이다. 각 신호에는 몇 개의 데이터 요소가 보내지나? 또한 몇 개의 신호 요소가 필요한가?

풀이 :

- ✓ 신호요소당 비트의 수(r) = 비트율(N) / 보오율(S)
= 8,000 / 1,000 = 8 bit/ baud
- ✓ $r = \log_2 L \rightarrow$ 신호 요소 유형 개수 $L = 2^r = 2^8$ 개

■ 반송파 신호(Carrier Signal)

- ✓ 정보 신호의 기반이 되는 고주파 신호
- ✓ 반송주파수(Carrier Frequency)라고도 부름

■ 변조(Modulation) / 편이 변조(Shift Keying)

- ✓ 디지털 정보는 반송파 신호의 특성 중 한 가지 이상을 변화시키는 방식으로 변조

■ 변조 신호

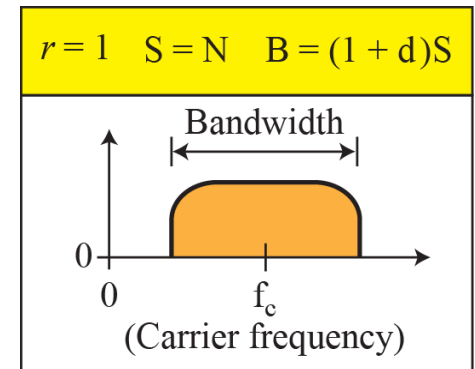
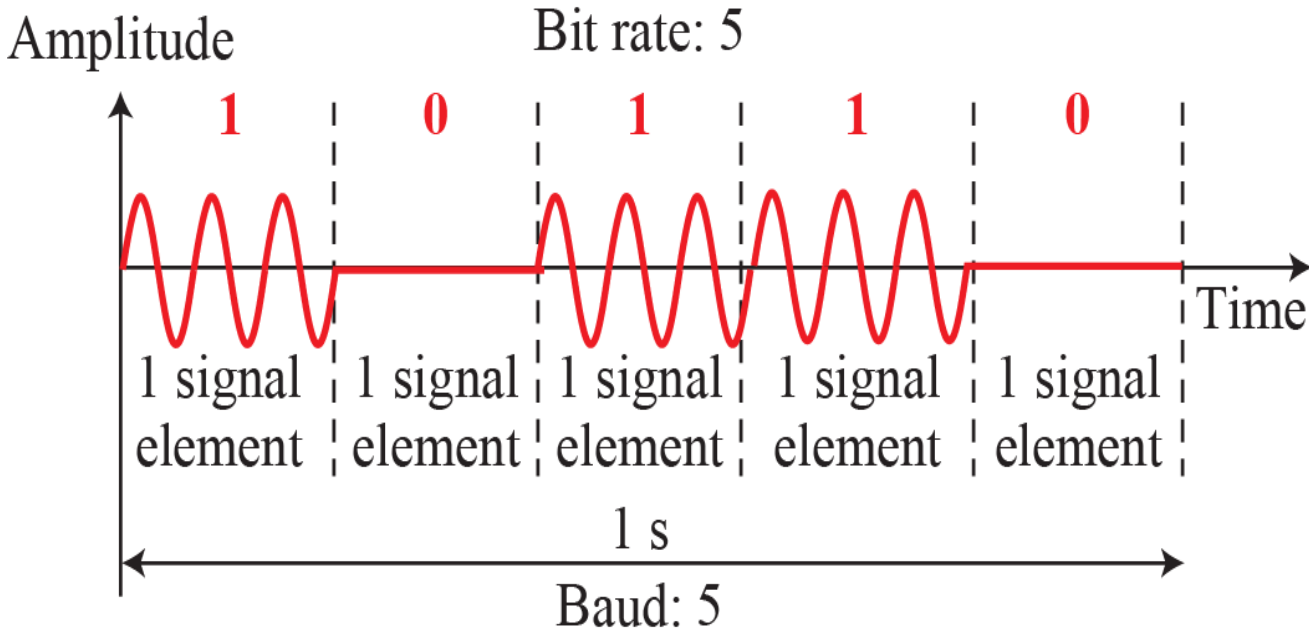
- ✓ 반송파 신호에 진폭, 주파수, 위상 정보 등을 변경하여 변조된 신호

1) ASK: Amplitude Shift Keying

진폭편이변조

- 비트 1, 0을 표현하기 위해 신호의 진폭을 변경
 - ✓ 주파수와 위상은 일정하게 유지
 - ✓ 각 진폭값은 비트값에 따라 결정
 - 각 비트의 지속 시간 동안 신호의 최대 진폭은 일정
- 전송속도는 전송매체의 물리적 특성에 의해 제한
 - ✓ 속도 느리며, 데이터 전송 용으로 거의 사용되지 않음
- 잡음 간섭에 매우 민감

ASK의 예

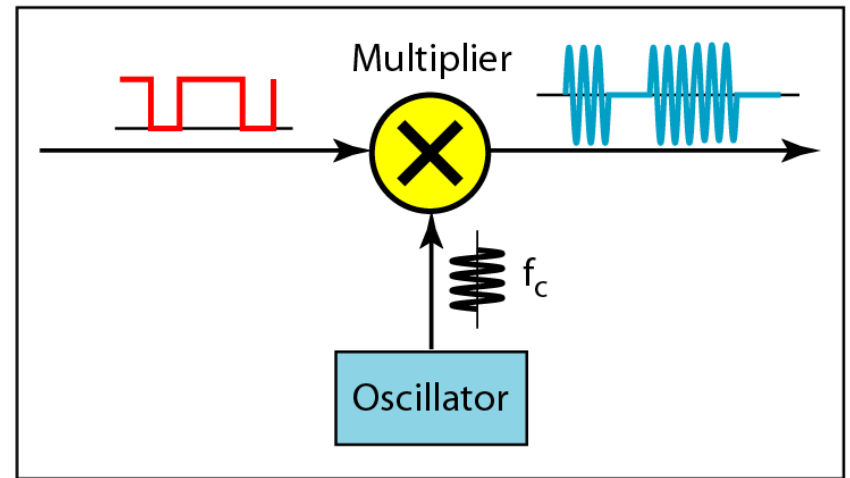
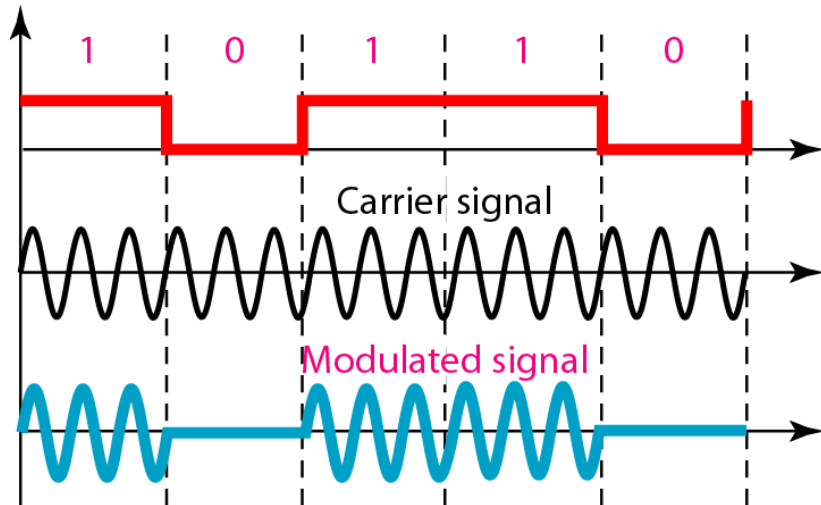


반송주파수를 중심으로
보오울의 1~2배

B : 대역폭, S : 보오울,
d : 회선의 상태와 관련된 계수(0~1)

2진 ASK의 구현 예

- ✓ 2개의 준위를 사용하여 ASK 구현함. → 한 신호의 최고 진폭은 0이고, 다른 신호의 최고 진폭은 반송파의 진폭이다.



- ✓ 하나의 신호당 한 비트 전송되므로 비트율(N) = 보오율(B)
- ✓ 반송파는 하나이지만, 변조과정은 다른 주파수 신호 여러 개 조합하여 복합신호 만든다.

ASK의 대역폭

■ ASK의 대역폭 $B = (1 + d) \times \text{신호율}(S)$

여기서, d : 상수로써 0~1까지의 값

$S = N \times 1/r$ r : 신호 단위에 표현되는 비트수

■ 대역폭은 신호율에 비례함

✓ 최대 대역폭은 $2 \times S$ 이고, 최소 대역폭은 S 이다.

■ 대역의 중간점이 반송파 주파수 f_c 가 위치한 지점

✓ 만일 띠대역 통과채널 사용한다면, 변조신호가 그 대역에 위치하도록 반송파 주파수를 선정하면 됨

→ 디지털 대 아날로그 변환의 최대 이점이다.

즉, 변조 신호의 대역을 원하는 곳으로 옮길 수 있음

예제

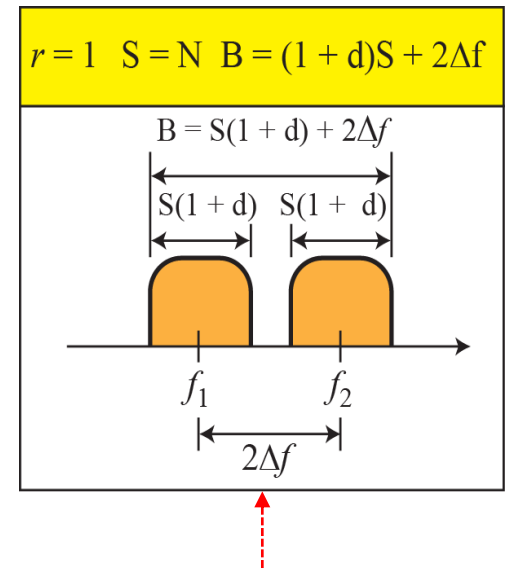
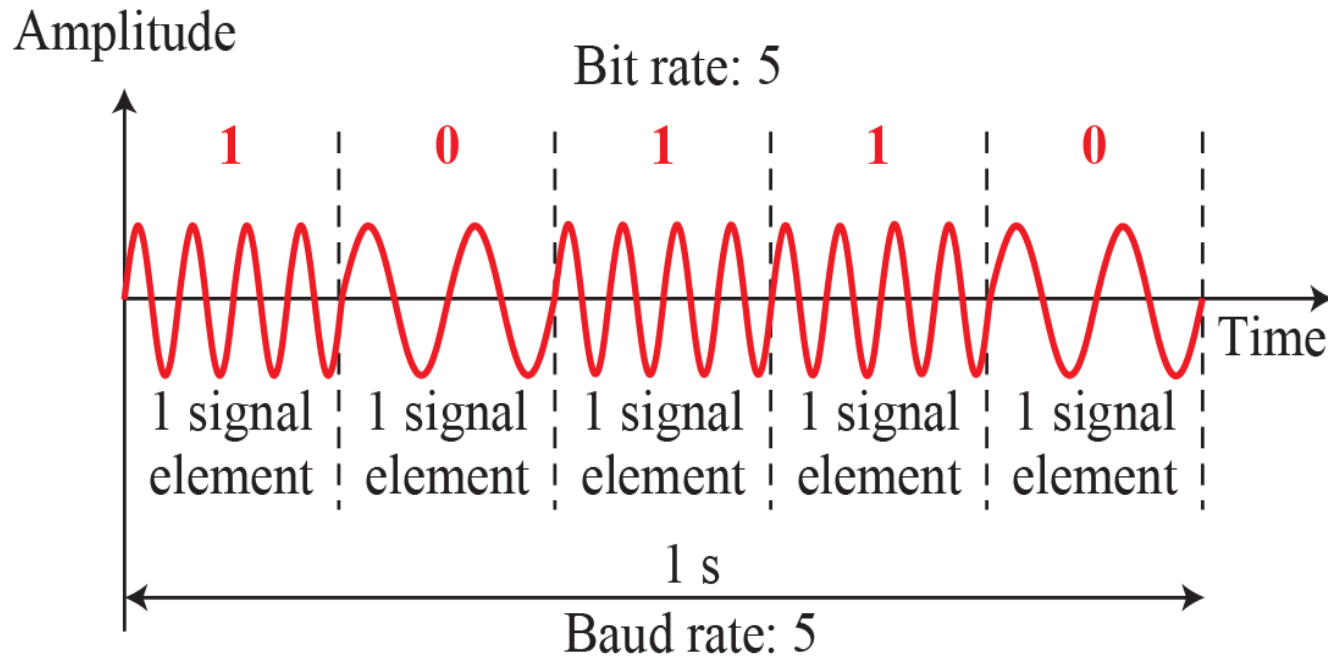
- 예제 3) 200~300kHz 사이의 100kHz의 대역폭을 사용한다.
d = 1인 (2진)ASK를 사용하는 경우, 반송파 주파수는?
 - ✓ 대역의 중간 지점은 250 kHz이다. 이는 반송파 주파수가 250 kHz인 것을 말한다. 비트율을 구하기 위해,
 - ✓ $B = (1+d) * S = 2 * N * (1/r) = 2 * N = 100 \text{ kHz} \rightarrow N = 50 \text{ kbps}$
- 예제 4) 2,000bps로 전송되는 ASK신호의 최소 대역폭은?
 - ✓ 2진ASK는 $\log_2=1=r$ 이다. $S = N \times 1/r = N$ 즉, 보오율 = 비트율
 - ✓ 그러므로, 보오율은 2,000 bauds/s
 - ✓ 최소 대역폭은 $(1+0) * 2,000 = 2,000 \text{ Hz}$
- 예제 5) 5000Hz의 대역폭을 갖는 ASK신호의 보오율과 비트율은?
 - ✓ ASK에서 보오율은 최소대역폭과 같으므로,
 - ✓ 보오율: 5,000 bauds/s, 비트율: 5,000 bps

2) FSK: Frequency Shift Keying

주파수편이변조

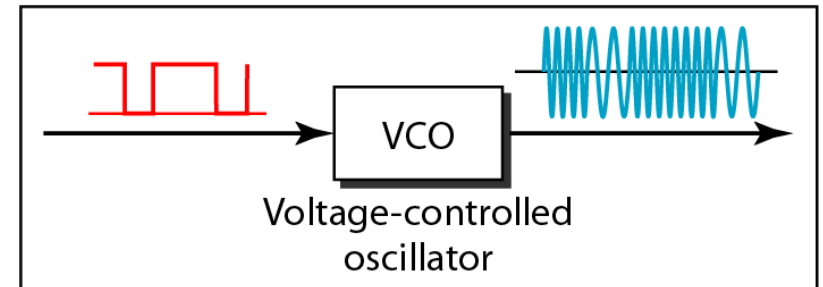
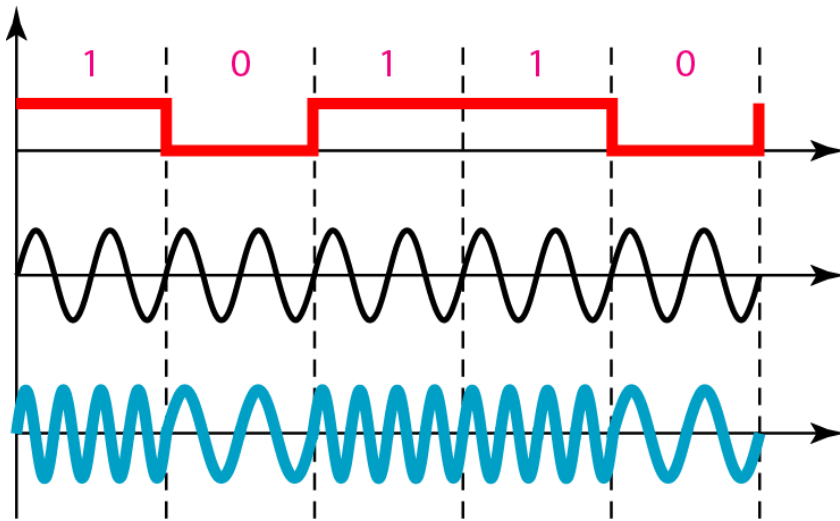
- 비트 1, 0을 표현하기 위해 신호의 주파수를 변경
 - ✓ 최대진폭과 위상은 일정하게 유지
 - ✓ 각 주파수 값은 비트값에 따라 결정
 - 각 비트의 지속시간 동안 신호의 주파수는 일정
 - ✓ 하나의 신호당 한 비트 전송되므로 비트율 = 보오율
- ASK의 잡음문제를 대부분 해소
 - ✓ 수신측은 주파수의 변화만을 감지하므로
- 대역폭을 넓게 차지함

FSK의 예



두 주파수 차이 $2\Delta f$

2진FSK (BFSK)의 구현 예



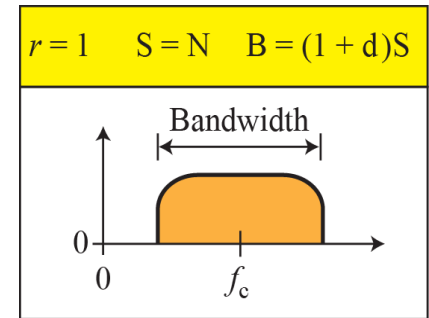
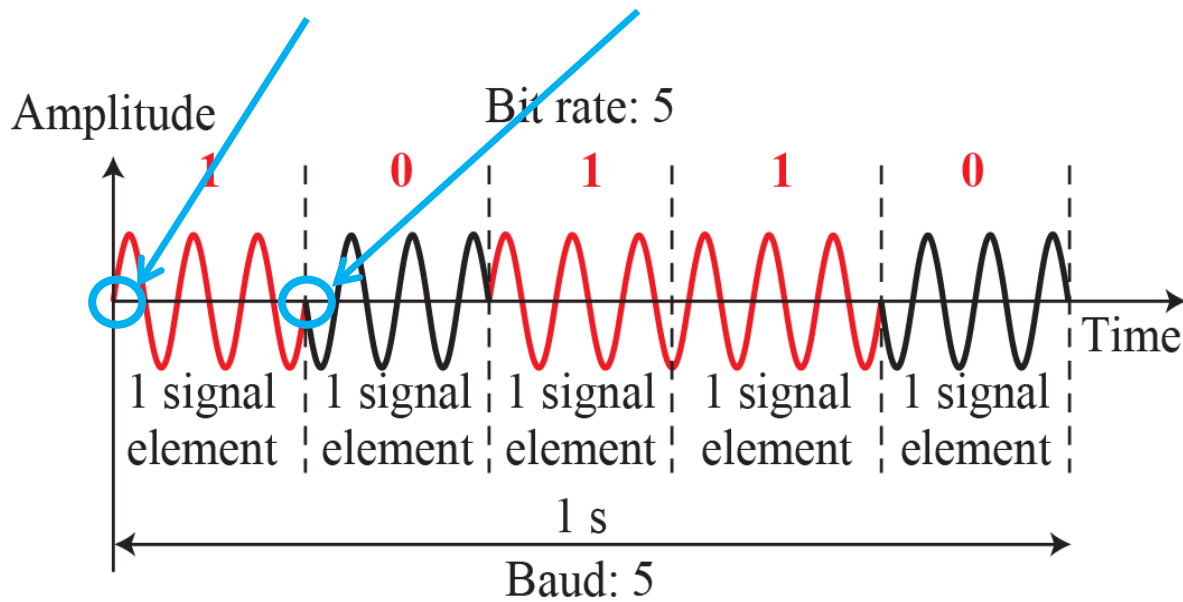
3) PSK: Phase Shift Keying

위상편이변조

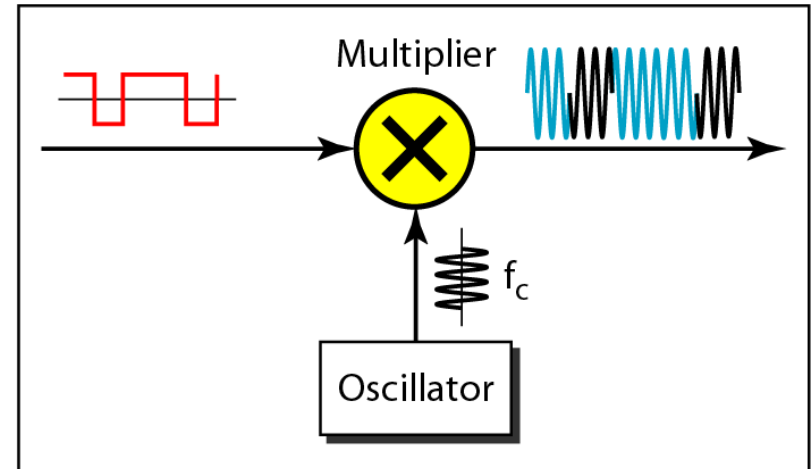
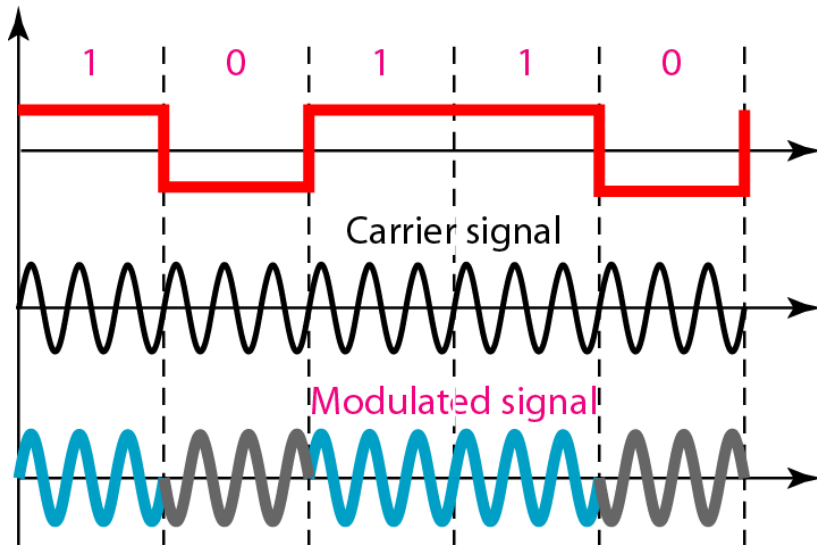
- 비트 1, 0을 표현하기 위해 신호의 **위상**을 변경
 - ✓ 최대진폭과 주파수는 일정하게 유지
 - ✓ 각 위상 값은 비트값에 따라 결정
 - 각 비트의 지속시간 동안 신호의 위상은 일정
- ASK에 악영향을 미치는 잡음이나, FSK 경우의 대역폭 제한에 영향 받지 않음
 - ✓ →신호의 작은 변화도 신뢰성 있게 검출 가능
- 위상의 작은 변화를 구분하는 장비 능력에 의해 제한됨

2-PSK의 예

- ✓ 2개 신호요소 사용:
하나는 위상 0° , 나머지 하나는 180°

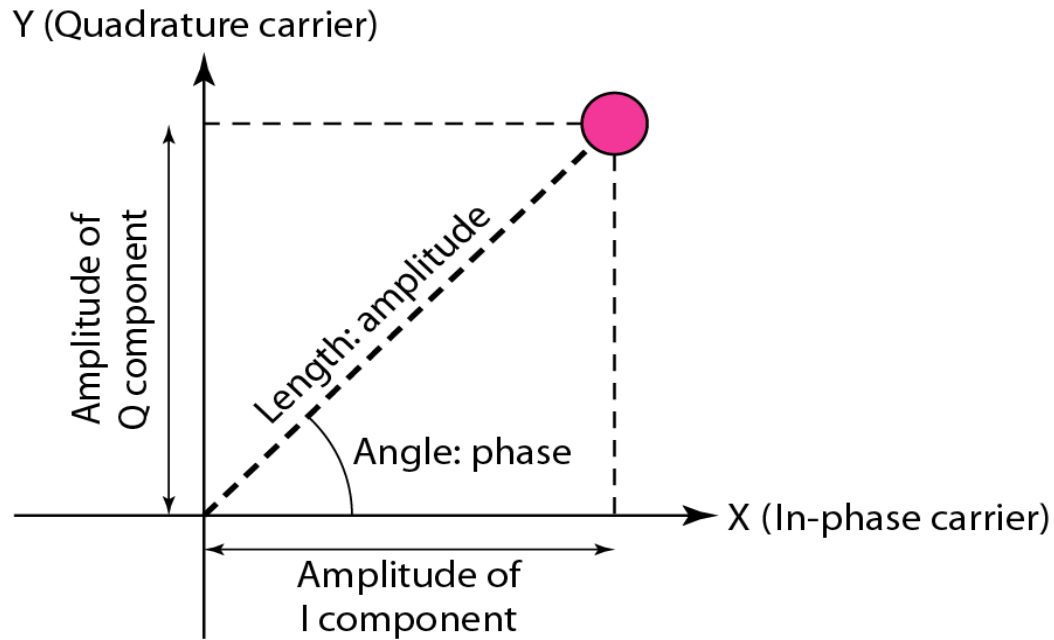


BPSK의 구현 예



성운 다이어그램(Constellation diagram)

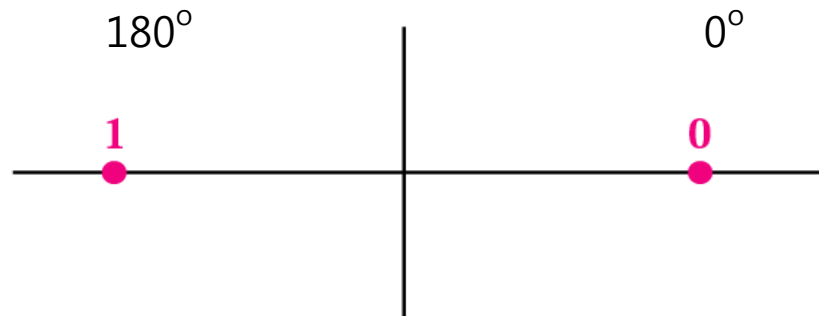
■ 비트값과 위상과의 관계를 나타냄



2-PSK 성운 다이어그램

Bit	Phase
0	0
1	180

Bits



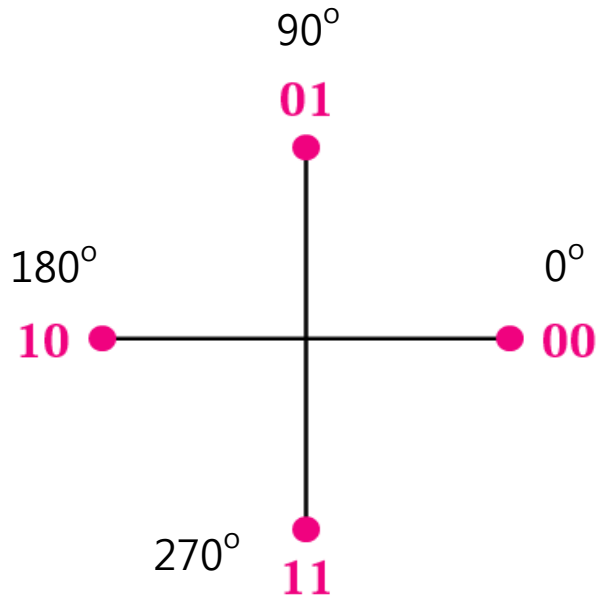
Constellation diagram

4-PSK의 성운 다이어그램

- 위상편이(Phase shift) 당 2비트를 표현
- 2-PSK에 비해 두 배의 속도로 전송 가능

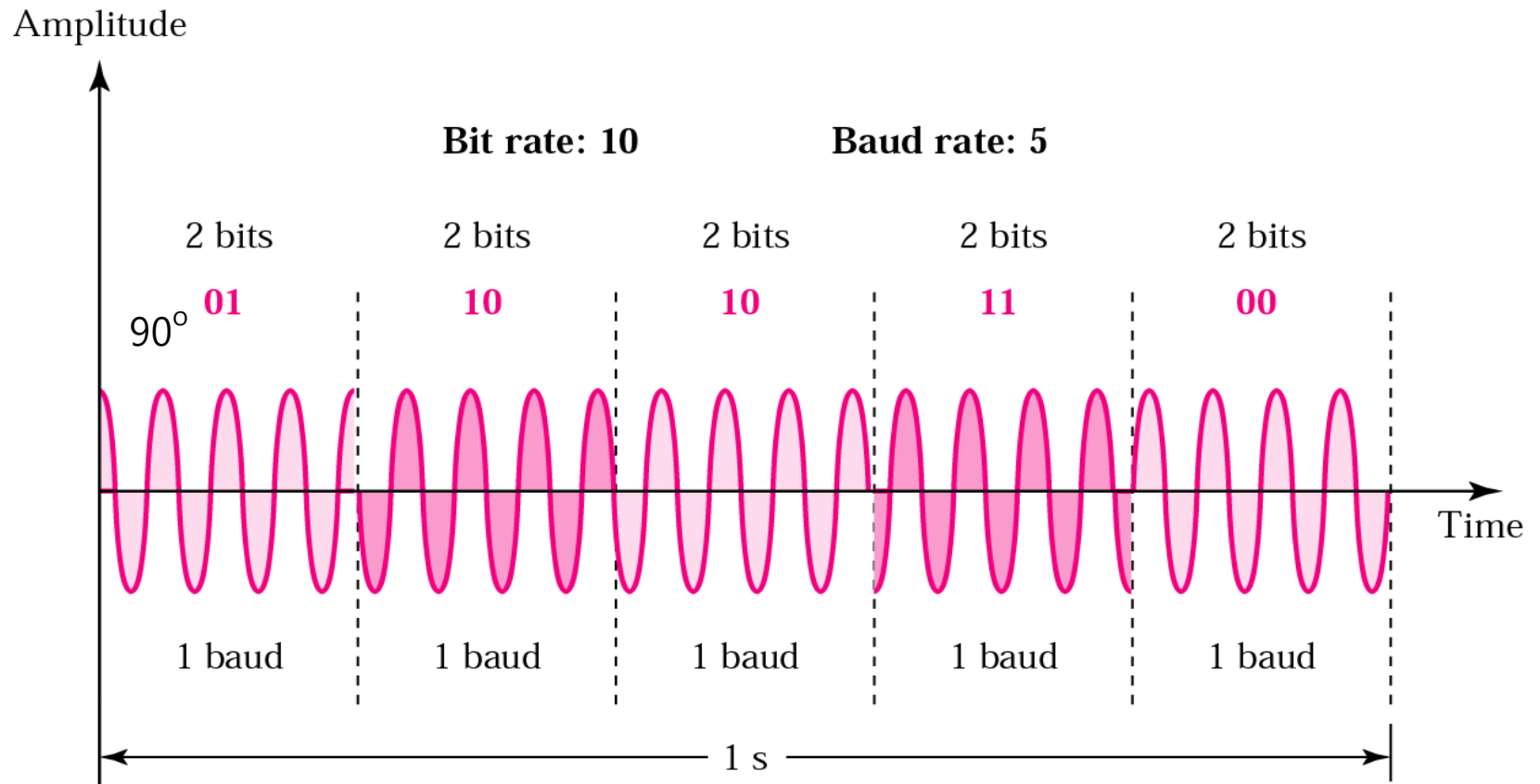
Dibit	Phase
00	0
01	90
10	180
11	270

Dibit
(2 bits)



Constellation diagram

4-PSK

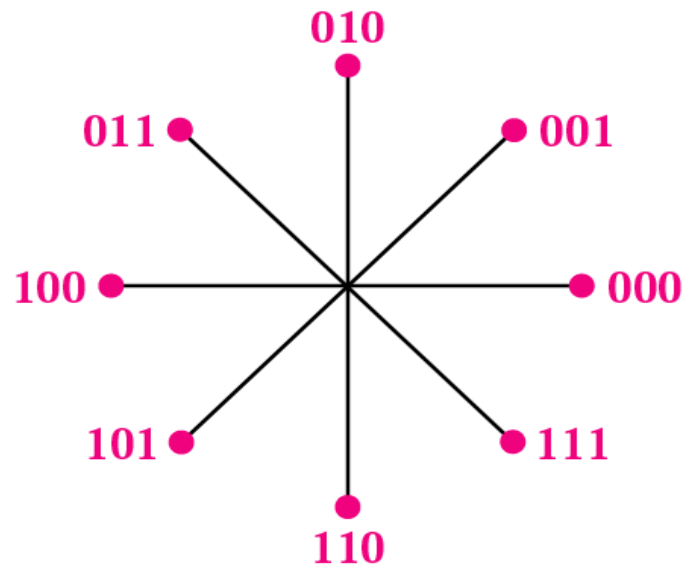


8-PSK의 성운 다이어그램

- 위상편이(Phase shift) 당 3비트를 표현
- 2-PSK에 비해 세 배의 속도로 전송가능

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

Tribits
(3 bits)



Constellation diagram

PSK에서 요구되는 대역폭

■ 대역폭 = $(1 + d) \times$ 신호율

$$\text{즉, } B = (1 + d) \times S$$

* 여기서, d 는 어떤 요소(상수)로 0~1까지의 값

$$S = N \times 1/r$$

4) QAM: Quadrature Amplitude Modulation

구상진폭변조

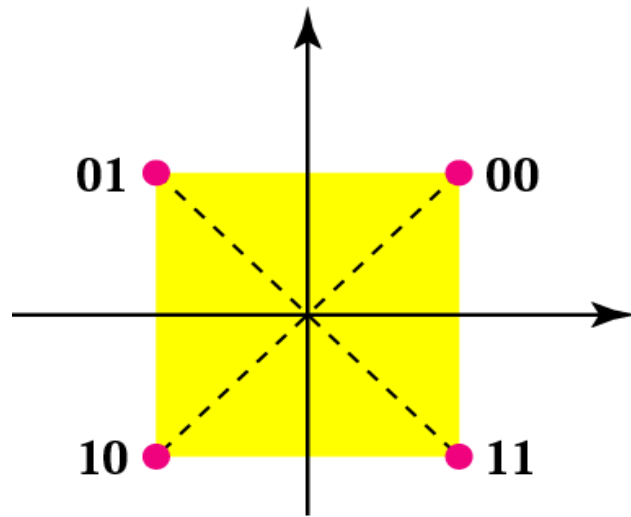
■ ASK와 PSK를 조합한 방법

- ✓ 각각의 비트, 이중비트, 삼중비트 등등의 사이에 최대한의 대비를 갖도록
- ✓ FSK는 대역폭의 제한으로 조합에 사용 안함

■ 진폭의 편이보다 위상편이가 많이 쓰임

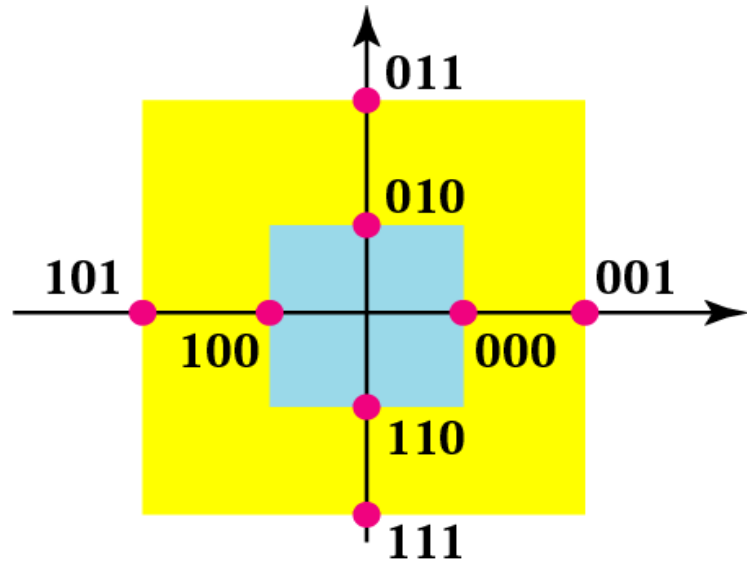
- ✓ 진폭의 변화는 잡음에 민감하고,
- ✓ 위상변화보다 많은 편이차이를 요구하기에

4-QAM과 8-QAM의 성운 다이어그램



4-QAM

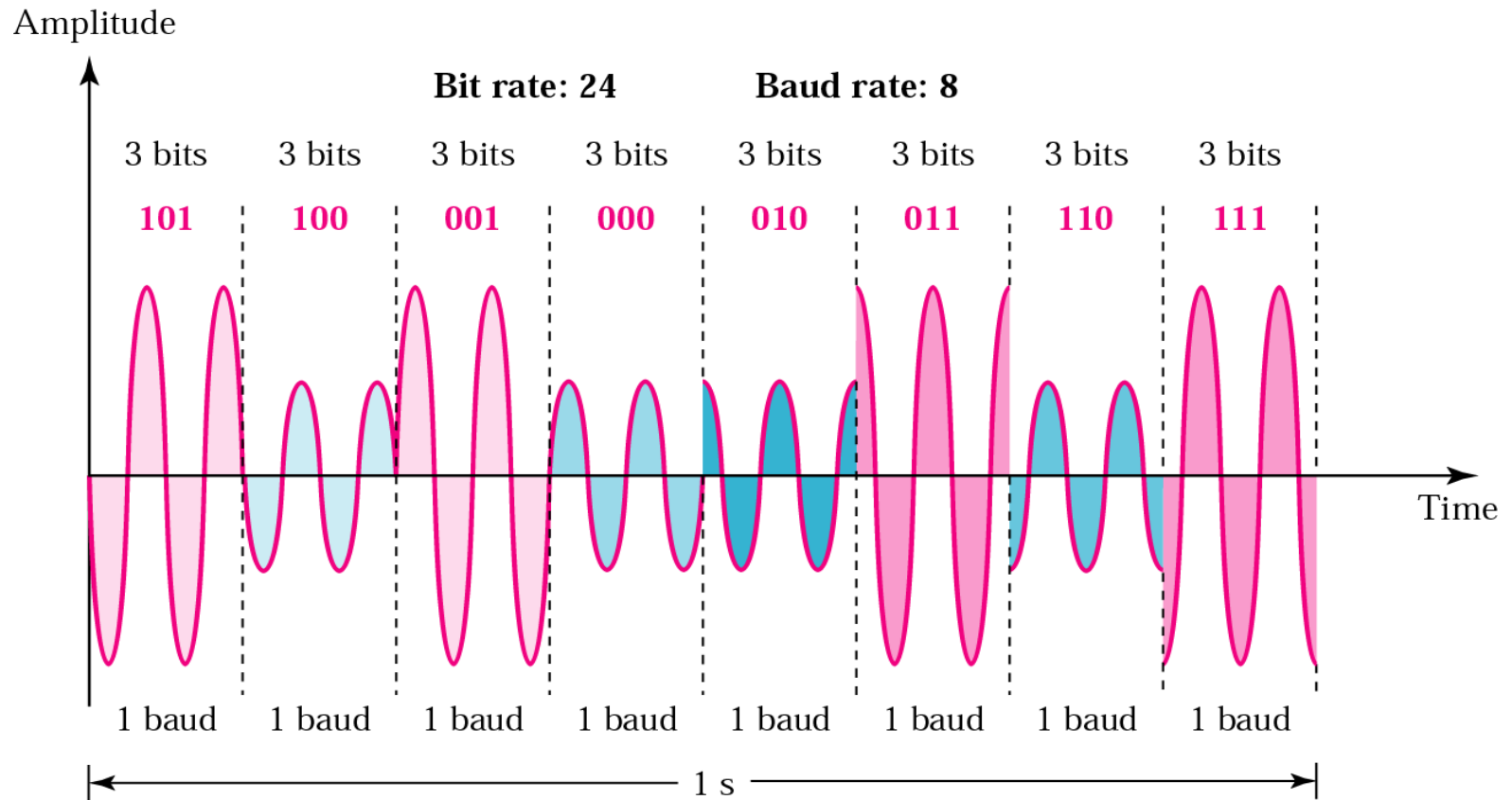
① amplitude, 4 phases



8-QAM

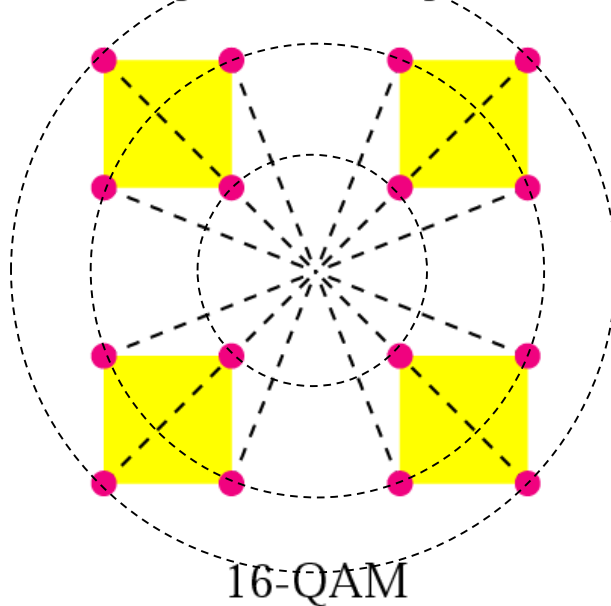
② amplitudes, 4 phases

8-QAM 신호의 예

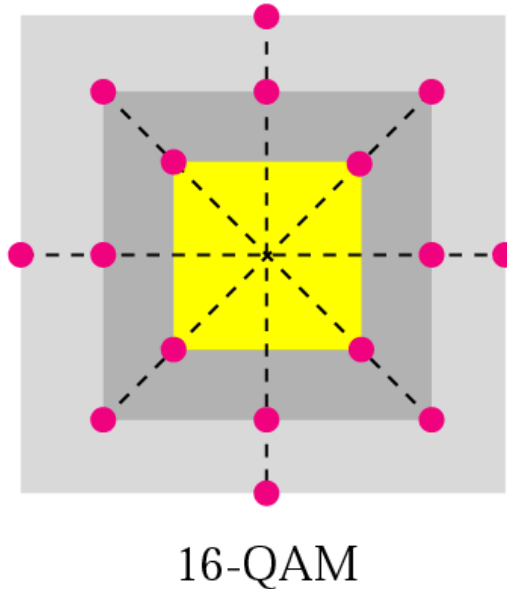


16-QAM의 성운 다이어그램

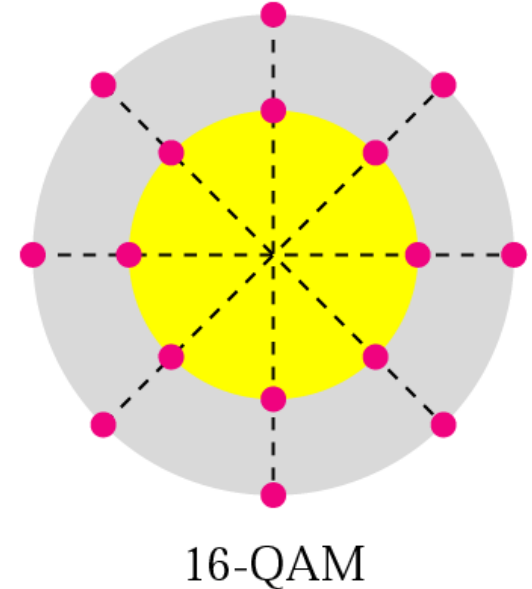
3 amplitudes, 12 phases



4 amplitudes, 8 phases



2 amplitudes, 8 phases



비트(bit)과 보오(baud)의 비교

Bit

Baud rate = N

Bit rate = N

0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Dibit

Baud rate = N

Bit rate = $2N$

0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tribit

Baud rate = N

Bit rate = $3N$

0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Quadbit

Baud rate = N

Bit rate = $4N$

0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

비트율과 보오율의 비교

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



아날로그 전송 :

ANALOG-TO-ANALOG MODULATION

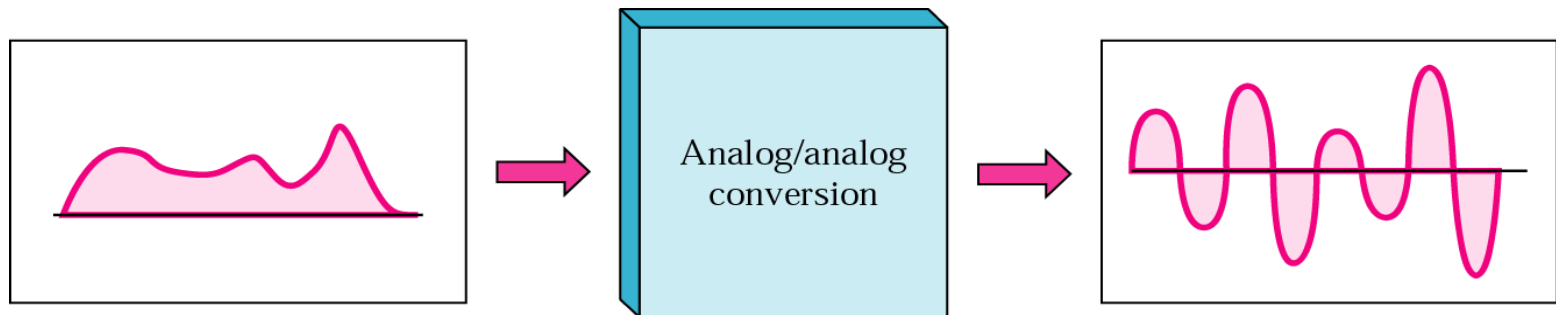
§ 4. Analog-to-Analog Modulation(변조)

■ 아나로그 정보를 아날로그 신호로 변조

- ✓ 아나로그 정보를 먼거리까지 효율적으로 전송하거나 주파수 분할 다중화를 위해 변조함
- ✓ 라디오나 TV방송매체, 전화에서 주로 사용됨

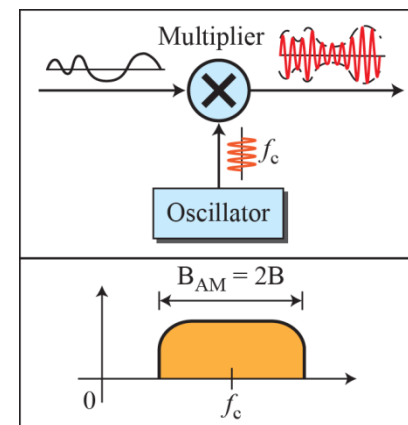
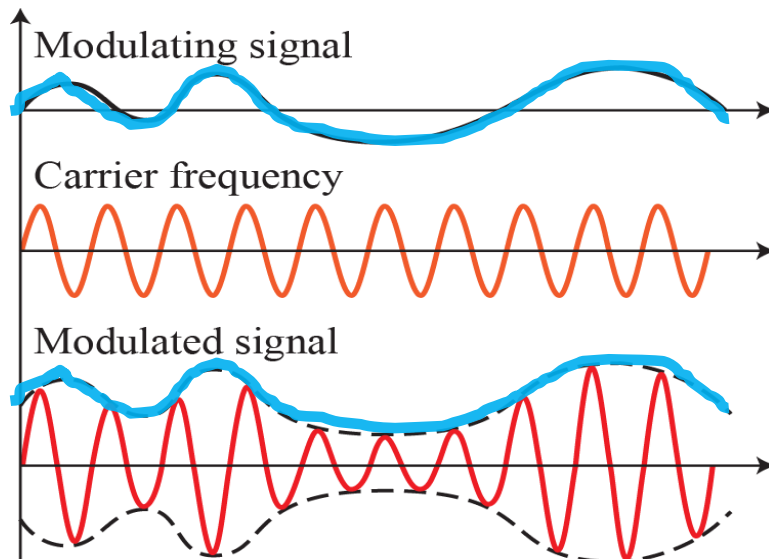
■ 부호화 유형

- ✓ 진폭변조(**AM**: Amplitude Modulation)
- ✓ 주파수변조(**FM**: Frequency Modulation)
- ✓ 위상변조(**PM**: Phase Modulation)



1) AM: Amplitude Modulation(진폭변조)

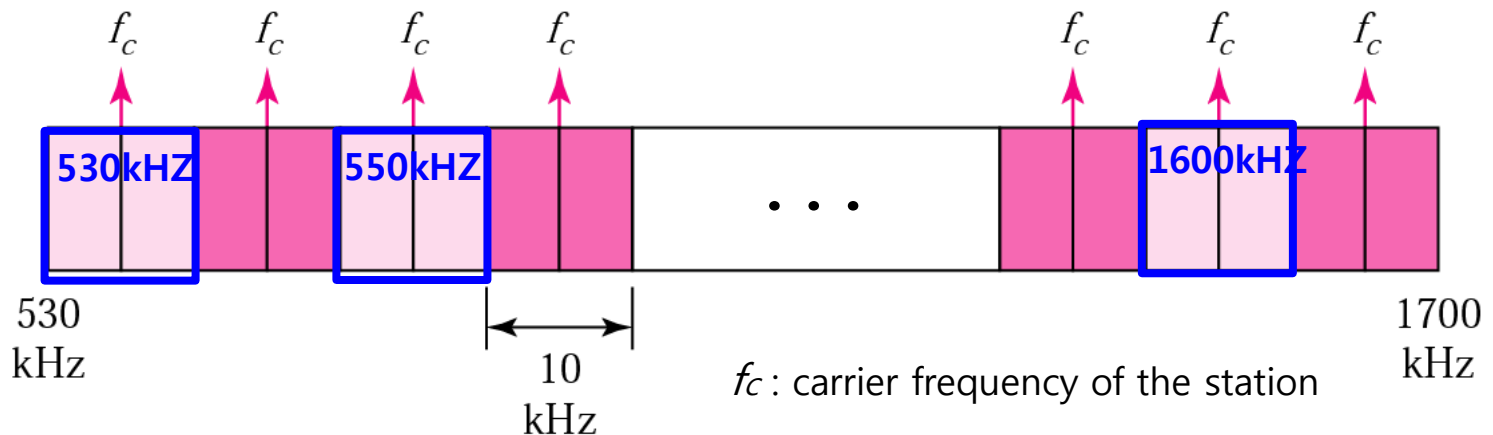
- 신호의 진폭 변화에 따라 **반송파의 진폭이 변경**
 - ✓ 주파수와 위상은 동일하게 유지
 - ✓ 변조신호는 반송파의 외곽선에 해당
- 장점: 회로 간단, 비용 적음
- 단점: 잡음에 약하고, 전력효율 나쁨



반송주파수를 중심으로
변조되는 신호 대역폭의 2배

예: AM 방송

- 모노 방송(음성/음악)용 오디오 신호의 대역폭
= 약 5 KHz
- 미국연방통신위원회는 각 AM 방송마다 10KHz 씩 할당
 - ✓ 간섭 방지위해 양쪽 최소 10kHz 떨어져 있어야 함
 - ✓ 대역 530~1700KHz(전체 1170 KHz 대역폭) 주파수 사용

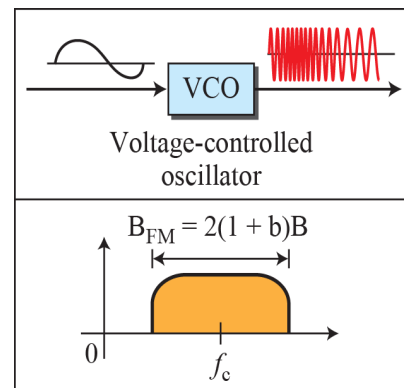
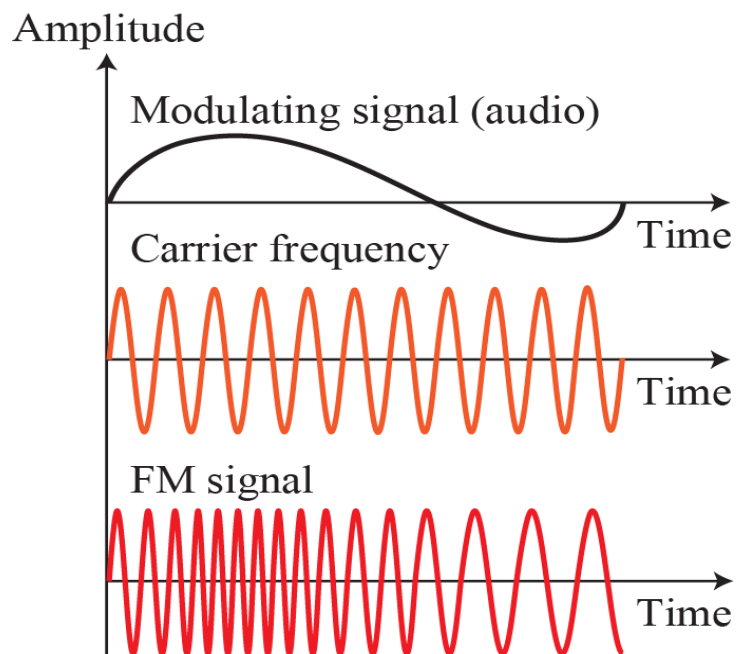


< AM 대역할당 >

2) FM: Frequency Modulation (주파수 변조)

■ 신호의 진폭 변화에 따라 반송 주파수도 같은 비율로 변경

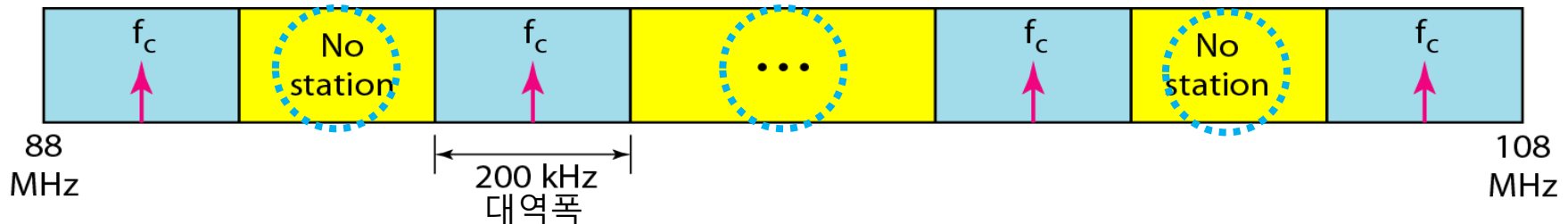
- ✓ 최대진폭과 위상은 일정하게 유지
- ✓ 대역폭은 넓게 차지하지만 잡음에 강함



대략 반송 주파수를 중심으로
변조 신호 대역폭의 10배 정도

예: FM 방송

- 스테레오방송(음성/음악)용 오디오신호의 대역폭
= 약 15 KHz
- 전체 요구 대역폭 = $2 \times (1 + \beta) \times$ 신호대역폭
= $2 \times (1 + 4) \times 15 = 150$ KHz (보통 $\beta = 4$ 값 가짐)
- ✓ 각 방송국은 일반적으로 200KHz(=0.2MHz)를 허가 받음
- ✓ FM 방송국은 88~108 MHz 사이에 반송주파수를 할당 받음



$$108 - 88 = 20 \text{ MHz} = 20000 \text{ kHz}$$

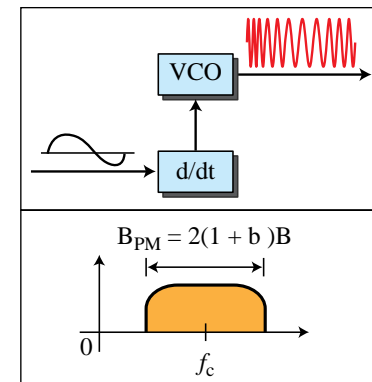
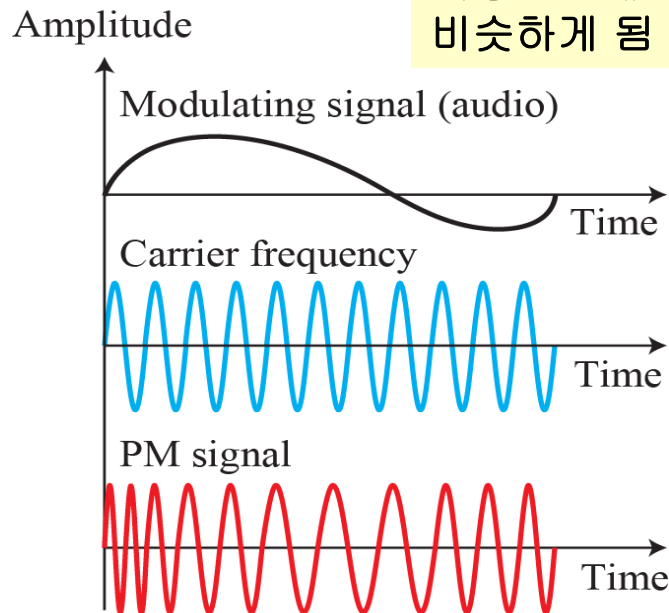
$$20000 / 200 = 100 \text{ 개의 FM 대역폭 가능하나, 그 중 50 개가 운영}$$

3) PM: Phase Modulation (위상 변조)

■ 신호의 진폭의 변화에 따라 반송파 신호의 위상이 변조

- ✓ 반송파의 최대진폭과 주파수는 일정하게 유지
- ✓ H/W를 좀 더 단순하게 하기 위해 주파수 변조의 대안으로 일부 시스템에서 사용

위상변조에 대한 최종결과, 변조된 신호는 **FM**변조 경우와 비슷하게 됨



대략 반송 주파수를 중심으로
변조 신호 대역폭의 약 3~4배 정도

5장 - 끝 -