



통신공학

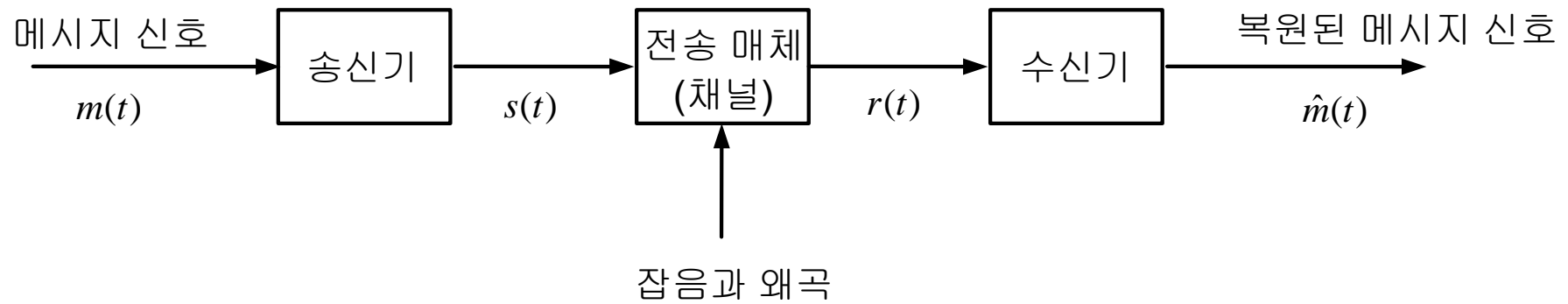
1강. 서론

CONTENTS

- 통신 시스템 모델
- 디지털 통신 시스템의 구성
- 신호 대 잡음비와 채널 대역폭



통신 시스템 모델 I

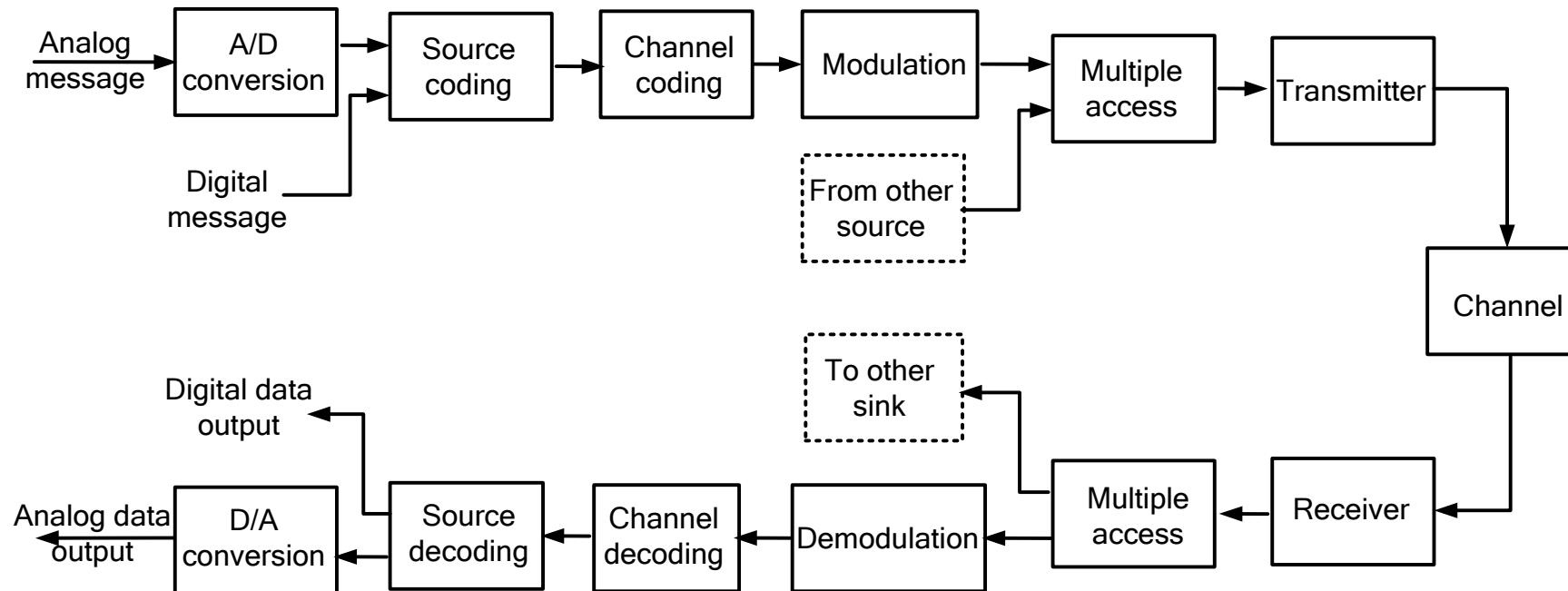


통신 시스템 모델(2)

- Message signal $m(t)$
 - analog or digital
 - baseband signal(기저대역 신호)
- Transmitter
 - modifies the baseband signal for efficient transmission(변조)
- Channel
 - Channel is a medium through which the transmitter output is sent
 - example: wire, coaxial cable, optical fiber, radio link
- Receiver
 - reprocesses the received signal by undoing the signal modifications made at the transmitter and the channel(복조)



TYPICAL DIGITAL COMMUNICATION SYSTEM



ANALOG AND DIGITAL MESSAGES

■ Digital Message

- 메시지가 유한한 개수의 symbol로 구성
- 예: text, Morse-coded telegraph message (two symbols: mark/space => binary message)

■ Analog Message

- 데이터의 값이 연속적인 범위 내에 있음
- 예: 온도, 음성 파형
- 아날로그 정보도 디지털 전송이 가능함

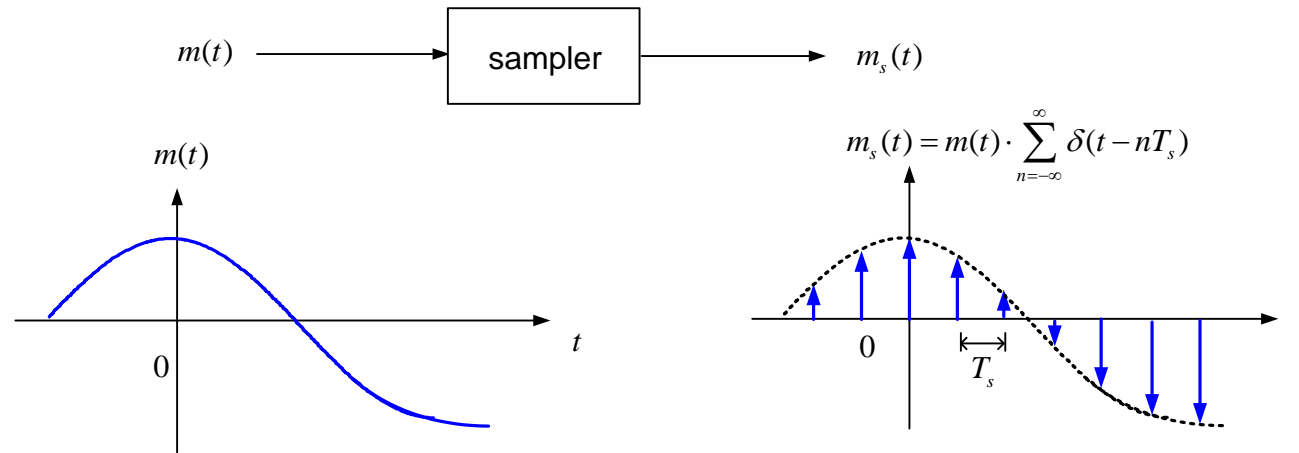


ANALOG-TO-DIGITAL (A/D) CONVERSION

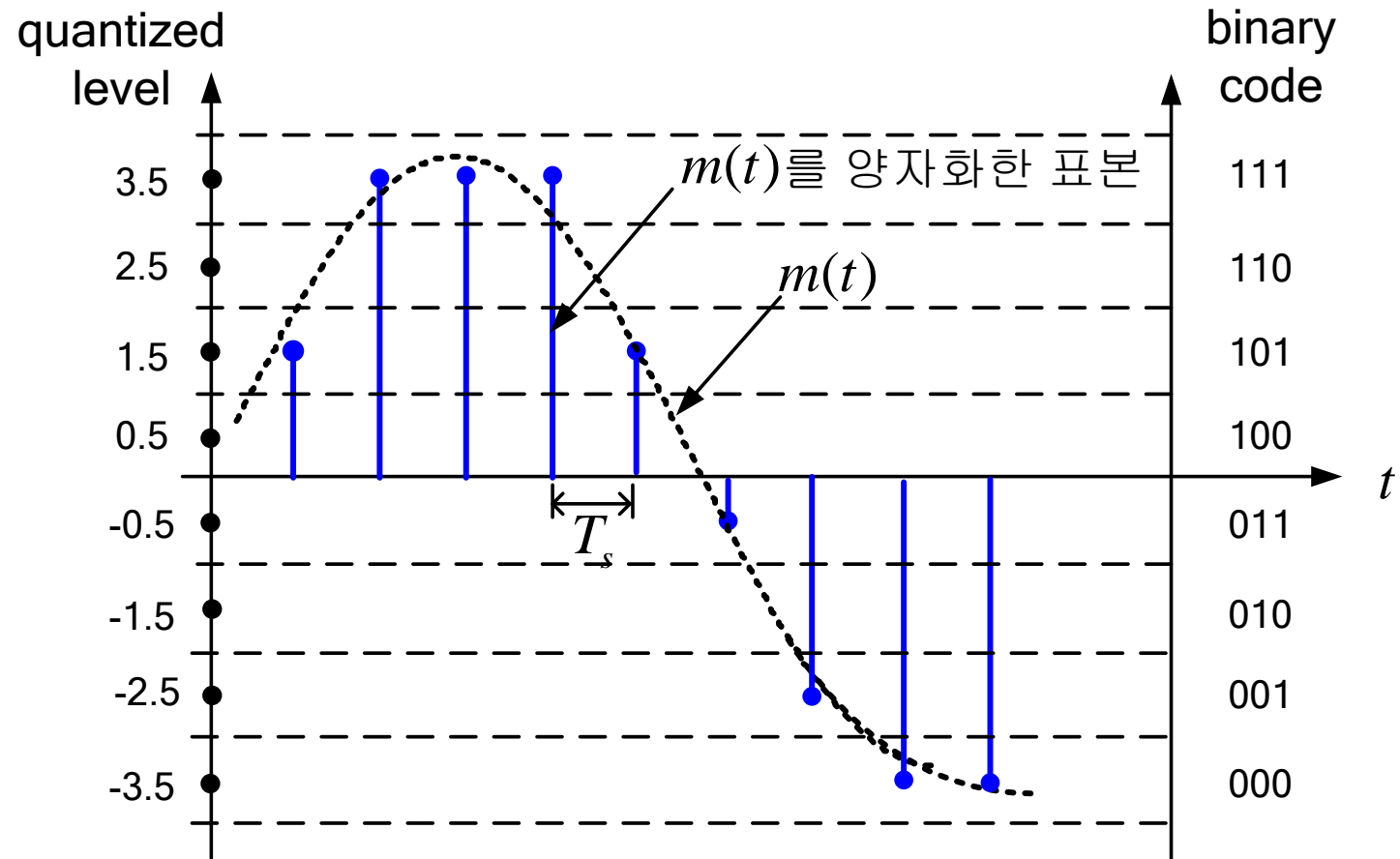
- Sampling(표본화)
 - Sampling makes signal discrete in time
 - Sampling theorem says that bandlimited signal can be sampled without introducing distortion
 - The sample values are still not digital
- Quantization(양자화)
 - Quantizer makes signal discrete in amplitude
 - Quantizer introduces some distortion (“quantization noise”)
 - Good quantizers are able to use few bits and introduce small distortion
- Inherently digital information (e.g. computer files) do not require sampling or quantization.



SAMPLING



QUANTIZATION



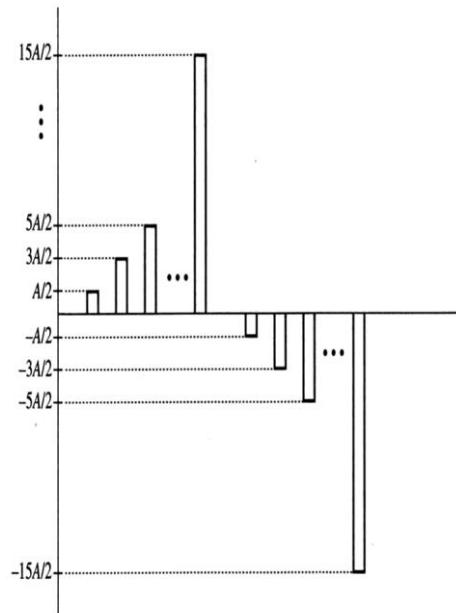
PULSE-CODE MODULATION (PCM)

■ 표본화 구간마다 한 개의 양자화된(M-ary) 표본값을 전송

• M 개의 서로 다른 파형이 필요함

- 1) Multi-amplitude pulse code: T_s 마다 한 개의 멀티레벨 펄스 전송
- 2) Binary pulse code : T_s 마다 k 개의 이진레벨 펄스 전송

- 예: 4 개의 이진펄스를 조합하여 사용하면 16 레벨 양자화된 샘플 표현 가능 (단순하고 검출이 쉽다.)



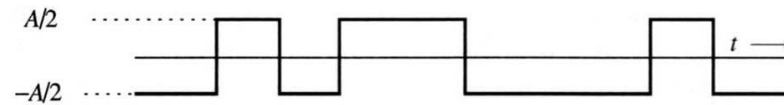
Digit	Binary equivalent	Pulse code waveform
0	0000	Four low pulses
1	0001	Three low pulses, one high pulse
2	0010	Two low pulses, two high pulses
3	0011	One low pulse, three high pulses
4	0100	One low pulse, one high pulse, two low pulses
5	0101	One low pulse, one high pulse, one low pulse, one high pulse
6	0110	One low pulse, one high pulse, two high pulses
7	0111	One low pulse, three high pulses
8	1000	Three low pulses, one high pulse
9	1001	Two low pulses, two high pulses
10	1010	One low pulse, three high pulses
11	1011	One low pulse, one high pulse, two high pulses
12	1100	One low pulse, one high pulse, one low pulse, one high pulse
13	1101	One low pulse, one high pulse, two high pulses
14	1110	One low pulse, three high pulses
15	1111	Four high pulses

Figure 1.6 Example of a binary pulse code.

CHANNEL EFFECTS

- Distortion
 - attenuation, noise, fading
 - 페이딩은 무선/셀룰러 시스템의 설계에 특히 중요하다.
- Simple channel model: additive white Gaussian noise (AWGN)
- 디지털 통신 시스템은 잡음이나 왜곡에 더 강인함:

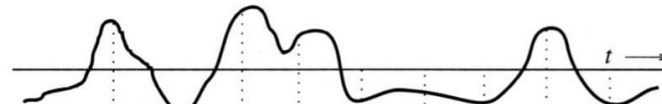
transmitted signal



received distorted signal (without noise)



received distorted signal (with noise)



regenerated signal (delayed)

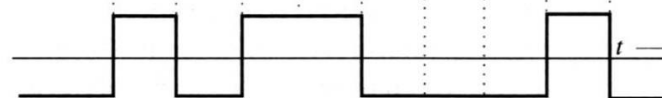


Figure 1.3 (a) Transmitted signal. (b) Received distorted signal (without noise). (c) Received distorted signal (with noise). (d) Regenerated signal (delayed).

SOURCE CODING AND CHANNEL CODING

■ Source Coding

- Redundancy를 줄이기 위한 디지털 데이터의 압축
- Bit rate를 감소시킴으로써 필요한 채널 대역폭을 줄일 수 있다.
- 또는 주어진 대역폭으로써 전송할 수 있는 데이터 양을 증가시킬 수 있다.

■ Channel Coding

- Redundant data를 삽입함으로써 전송 과정에서 발생하는 오류를 검출하거나 정정하는 기법
- 비트 에너지를 고정시켰을 때 발생하는 오류 확률 감소
- 또는 원하는 비트오율을 얻기 위해 필요한 에너지를 줄일 수 있음
- 그러나 redundant data를 삽입함으로써 전송 대역폭이 증가한다.



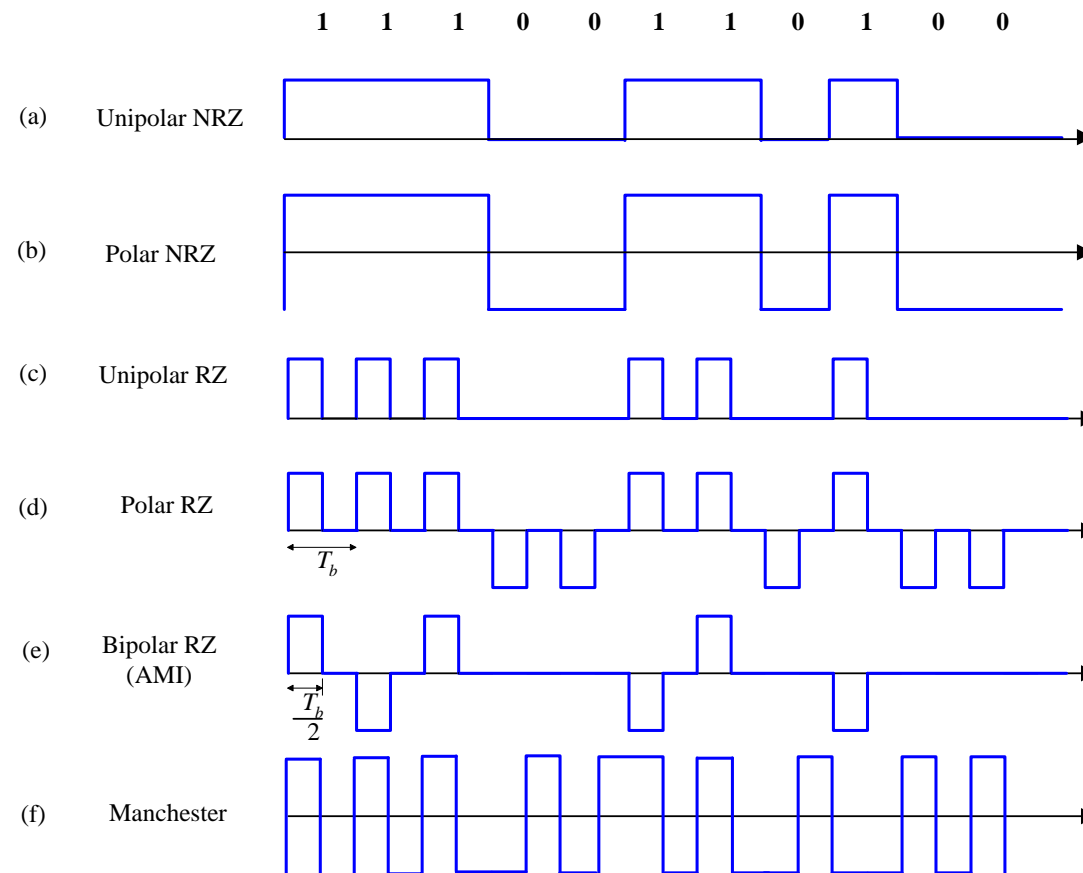
MODULATION

- 디지털 데이터를 채널 전송에 적합한 연속 파형으로 변환
 - 기저대역(보통 사각 파형): "라인 코딩"
 - 대역통과(보통 사인 파형): "대역통과 변조"

- 반송파 변조(대역통과 변조)
 - 정보는 반송파 파형의 하나 이상의 매개변수(진폭, 주파수, 위상)를 변화시키는 것으로 전송된다.
 - 반송파는 고주파의 사인파이며, 그 매개변수 중 하나(진폭, 주파수, 위상)는 기저대역 신호(메시지 신호)에 비례하여 변화된다.



LINE CODING



BANDPASS MODULATION

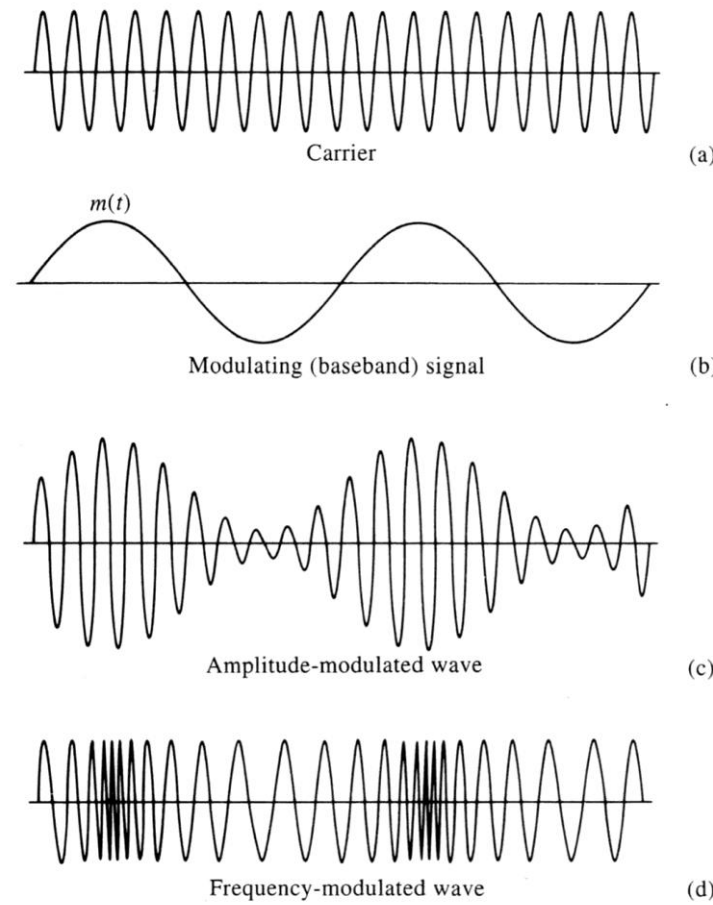


Figure 1.7 Modulation.

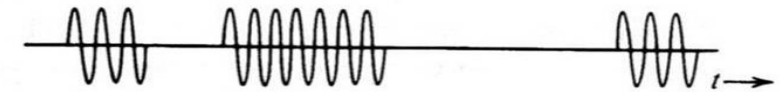
BANDPASS MODULATION

■ Digital Modulation의 예제

1) Amplitude Shift Keying (ASK) or ON/OFF Keying (OOK):

$$1 \Rightarrow A \cos(2\pi f_c t)$$

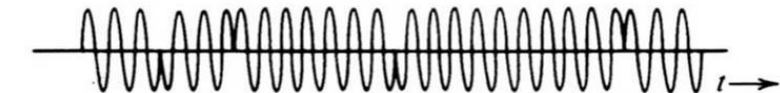
$$0 \Rightarrow 0$$



2) Phase Shift Keying (PSK):

$$1 \Rightarrow A \cos(2\pi f_c t)$$

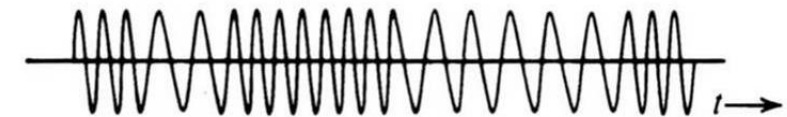
$$0 \Rightarrow A \cos(2\pi f_c t + \pi) = -A \cos(2\pi f_c t)$$



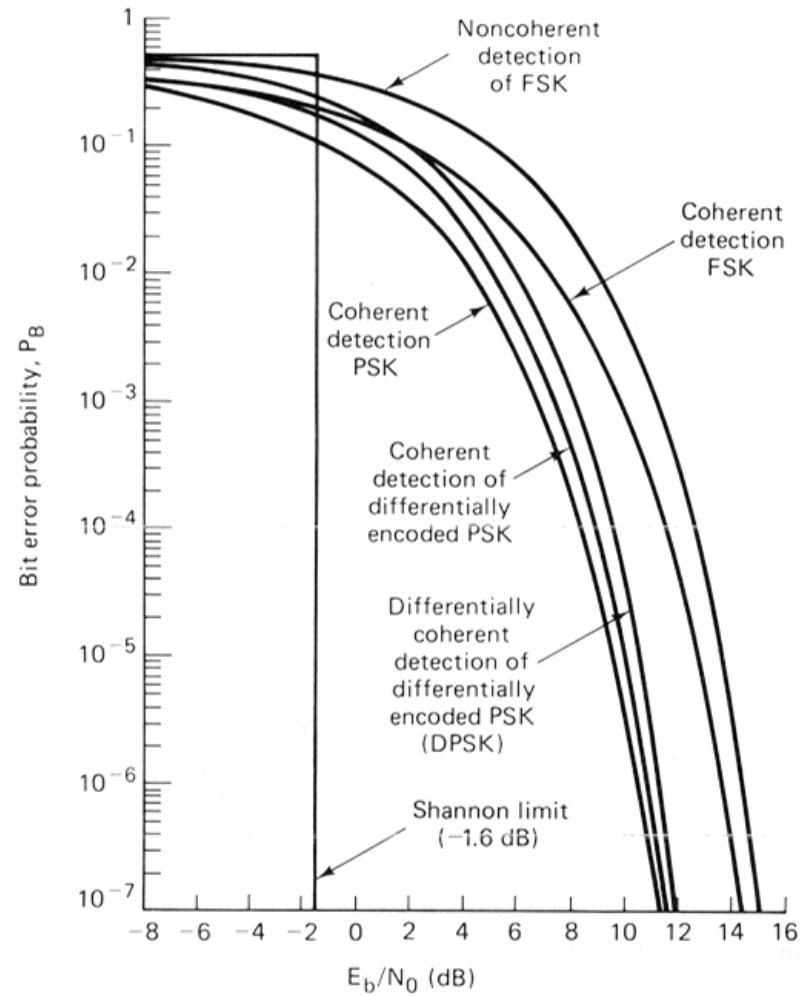
3) Frequency Shift Keying (FSK):

$$1 \Rightarrow A \cos(2\pi f_1 t)$$

$$0 \Rightarrow A \cos(2\pi f_2 t)$$



BIT ERROR PROBABILITY FOR BINARY SYSTEMS



MULTIPLEXING / MULTIPLE ACCESS

- Multiplexing vs. Multiple Access
- Multiple Access
 - FDMA(Frequency Division Multiple Access)
 - TDMA(Time Division Multiple Access)
 - CDMA (Code Division Multiple Access)



SNR, BANDWIDTH, DATA RATE (I)

- Two Important Resources in Communication
 - 정보 전송의 속도와 품질을 제어하는 기본적인 매개변수는 채널 대역폭 B 와 신호 파워 S
- Channel Bandwidth B
 - 대부분의 통신 채널은 주파수 성분의 전달 특성이 좋은 범위가 한정되어 있으며, 이 범위를 벗어난 주파수 성분은 잘 전달되지 못하여 큰 감쇠가 일어난다
 - 채널의 대역폭이란 수신측에서 수용할만한 신뢰도를 갖고 전송될 수 있는 주파수 범위를 말한다
 - 정보 전송률은 채널 대역폭 B 에 비례



SNR, BANDWIDTH, DATA RATE (2)

- Signal Power S
 - 신호 전력은 전송 품질에 직접적으로 관련되어 있다
 - 송신 전력은 수신측에서 원하는 품질(SNR)을 얻기 위하여 거리에 따른 손실을 고려하여 산출한다
 - 디지털 통신에서는 수신측에서 원하는 비트오율 성능을 얻기 위하여 일정 크기 이상의 송신 전력이 요구된다
 - 신호 전력을 높이면 채널 잡음의 영향을 줄일 수 있으며, 따라서 정보 전달의 신뢰도가 높아진다
 - 어떤 경우든 통신을 위해 요구되는 최소의 SNR이 있다.



SNR, BANDWIDTH, DATA RATE (3)

■ 신호전력과 채널 대역폭

- Channel bandwidth B and signal power S are exchangeable;
 - 높은 대역폭 효율을 얻기 위해 전력을 희생할 수 있다. 바꾸어 말하면, 주어진 전송률의 메시지를 전송할 때 요구되는 채널의 대역폭을 줄이기 위하여 큰 송신 전력을 사용하도록 통신 시스템을 설계할 수 있다.
 - 또는 반대로 낮은 송신 전력을 사용하는 대신 넓은 대역폭을 사용하도록 통신 시스템을 설계할 수도 있다.
- Example: PCM with 16 quantization levels
 - multi-amplitude scheme
 - binary scheme



SNR, BANDWIDTH, DATA RATE (4)

■ 채널 용량 (Channel Capacity)

- 정의: 주어진 채널 대역폭을 가지고 오류 없이 전송 가능한 최대 데이터율
- 데이터율이 채널의 대역폭에 비례하므로 채널 용량 C 는 채널의 대역폭 B 에 비례한다.
- SNR을 높이면 비트오류 확률을 줄일 수 있으므로 주어진 대역폭으로 전송할 수 있는 데이터 양을 증가시킬 수 있다
- Shannon's limit

$$C = B \log_2(1 + SNR) \text{ [bits/sec]}$$

- 채널용량은 대역폭과 SNR의 함수임
- 데이터 전송률을 채널 용량 보다 낮게 하는 경우, 통신 시스템의 비트오류 확률을 0에 근접하게 만들 수 있다.



GOOD COMMUNICATION SYSTEM

- 높은 데이터율 R [bps]
- 작은 대역폭 B [Hz]
- 작은 required SNR 또는 E_b / N_0
- 작은 왜곡(높은 수신 SNR) 또는 작은 비트오류 확률
- 높은 시스템 사용도(사용자 용량)
- 낮은 복잡도와 비용
 - 디지털 통신에서는 높은 복잡도가 반드시 높은 비용을 의미하지는 않음
- 실제의 시스템 설계에서는 이들 사이에서 tradeoff를 하고 있음



DATA RATE VS. BANDWIDTH

- 데이터 전송률 $R \uparrow \Rightarrow$ 데이터 펄스 폭 $\downarrow \Rightarrow$ 대역폭 $B \uparrow$
- 이러한 상충 관계는 피할 수 없지만, 일부 시스템은 다른 시스템보다 대역폭을 더 효율적으로 사용함
- 대역폭 효율성을 데이터 전송률 R 대비 대역폭 B 의 비율로 정의: $\mu_B = R / B$
- 결론적으로, 우리는 높은 대역폭 효율성 μ_B 를 원함.



BER VS. SIGNAL POWER

- 오류 확률을 낮추는 한 가지 방법은 노이즈의 영향을 극복하기 위해 큰 신호 출력을 사용하는 것임
- 일부 변조 유형은 다른 변조 유형보다 낮은 전력에서 낮은 오류 확률을 달성
- η_E 를 에너지 효율로 정의: $\eta_E = E_b/N_0|_{P_b=10^{-5}}$
- 우리는 작은 η_E 를 원함.



TRADEOFF IN SYSTEM DESIGN

- **대역폭 효율성과 에너지 효율성 간의 상충관계 (Tradeoff)**
 - M-ary 변조(Modulation)
 - 이진 변조는 채널을 사용할 때마다 한 비트만 전송
 - M-ary 변조는 여러 비트를 전송하지만 노이즈에 더 취약함
 - 오류 정정 부호(Error correction coding)
 - 중복 비트를 삽입하면 BER 성능이 향상되지만 대역폭이 증가함



디지털 통신의 장점

- 통신채널의 잡음은 아날로그 신호에 왜곡을 발생시킨다. 그러나 디지털 수신기는 수신 신호 파형의 왜곡 자체가 문제가 되지 않는다. 수신기에서는 신호 파형만 구별할 수 있으면 되므로 디지털 정보를 정확히 복원해낼 수 있다.
- 시스템의 성능을 개선시킬 수 있는 많은 통신 신호처리 기술이 제공되어 있다(예: 소스코딩, 채널코딩, 등화기, 비화기 등)
- 디지털 IC는 낮은 비용으로 제조할 수 있어서 연산의 복잡도가 높더라도 대량생산에 의해 칩의 가격을 낮출 수 있다.
- 디지털 통신에서는 음성, 비디오, 데이터 등을 단일 시스템에서 쉽게 통합시킬 수 있다.
- 디지털 통신 시스템에서는 아날로그 시스템에 비해 대역폭 효율과 에너지 효율 사이의 tradeoff를 좀더 효과적으로 할 수 있다.





ANY QUESTIONS?