
Data Communications

-Digital Transmission (2)- (Analog data to digital data conversion)

wired LAN

유선 랜

wireless LAN

무선 랜

Analog data → Digital data

2024. 10. 22

Young Deok Park (박영덕)

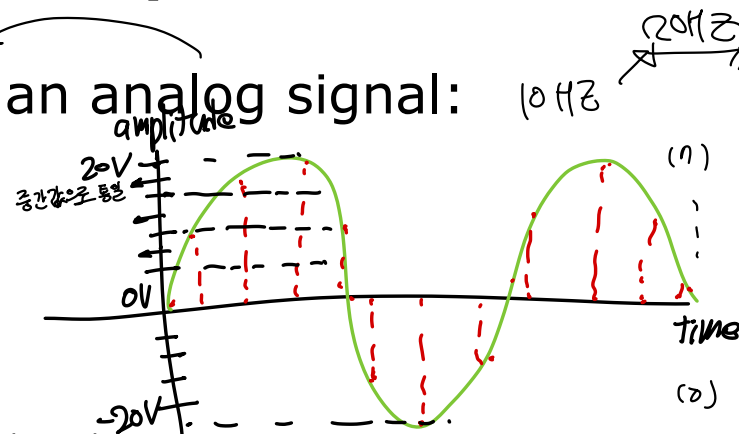
C_D
A data

Pulse Code Modulation (PCM)

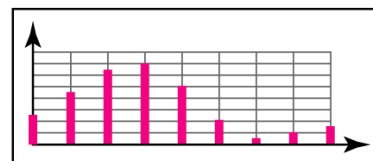
연속적, 이산적 특성을 없음

■ PCM consists of three steps to digitize an analog signal:

- Sampling $\sim X$: 포본 열개안 뽑아서 특성 보기
- Quantization 양자화 ∞X : 무한대 제거
- Binary encoding



Quantized signal



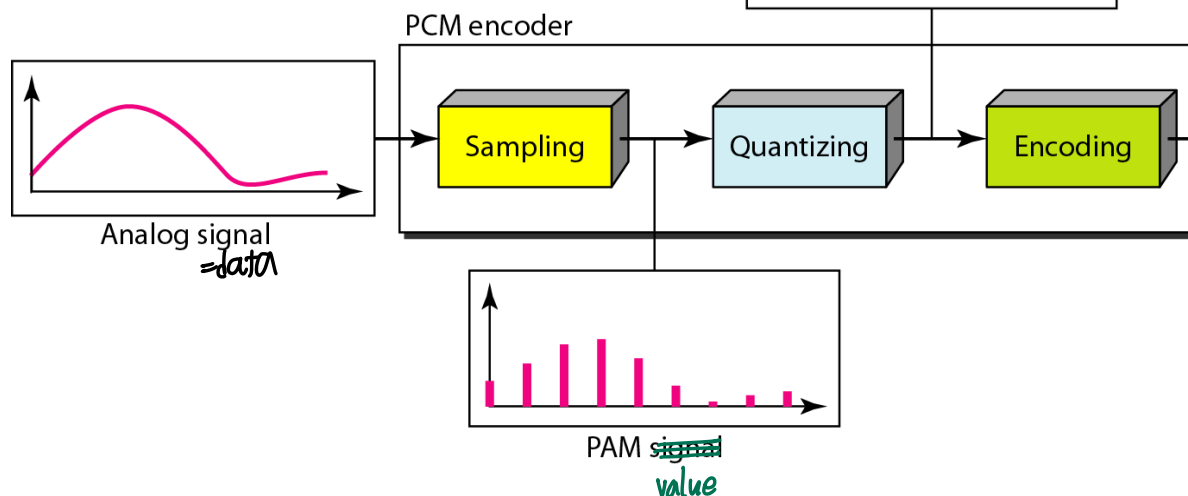
8개 구간 $2^3 \rightarrow 3$ 비트 필요

$\frac{19.5}{6} \rightarrow 111 \quad 111 \quad 101$

Quantization

11...1100

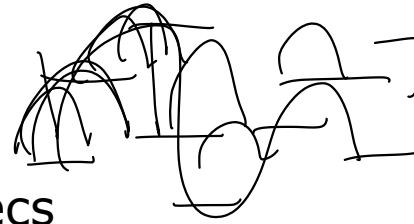
Digital data



PCM: Sampling

■ Sampling

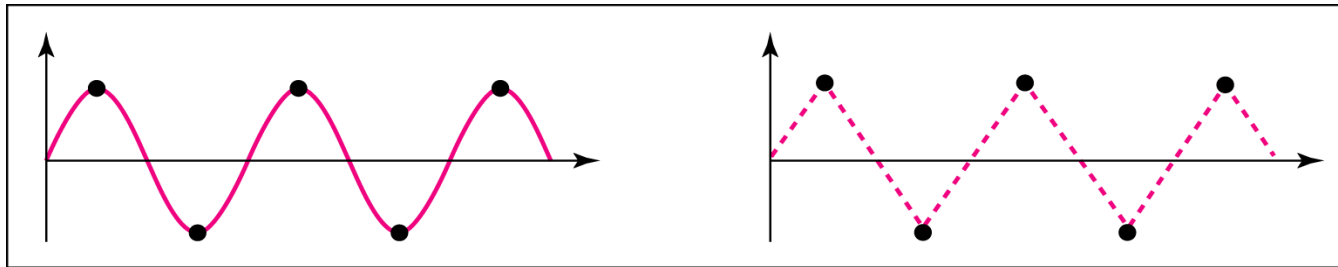
- Analog signal is sampled every T_s secs
- T_s is referred to as the sampling interval 매 쿼마다
- $f_s = 1/T_s$ 불리다 is called the sampling rate 주기 or sampling frequency 샘플링 간격
: sampling interval 역수 속도 주파수



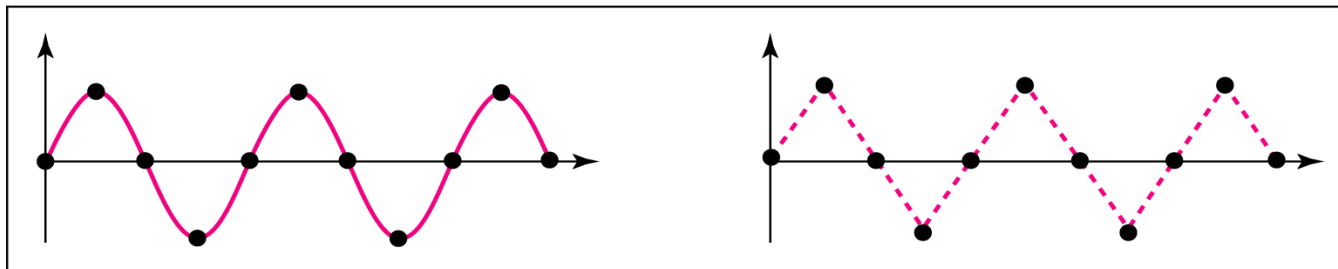
■ Nyquist theorem (나이퀴스트-샤논) 10에곱2=20에곱 최소 원본레이터 샘플링값은

- The sampling rate must be at least 2 times the highest frequency contained in the signal 최대주파수를 최소한 2배 샘플링
최고
- Example 포함된
 - ✓ Telephone companies digitize voice by assuming a maximum frequency of 4000 Hz. The sampling rate therefore is 8000 samples per second/

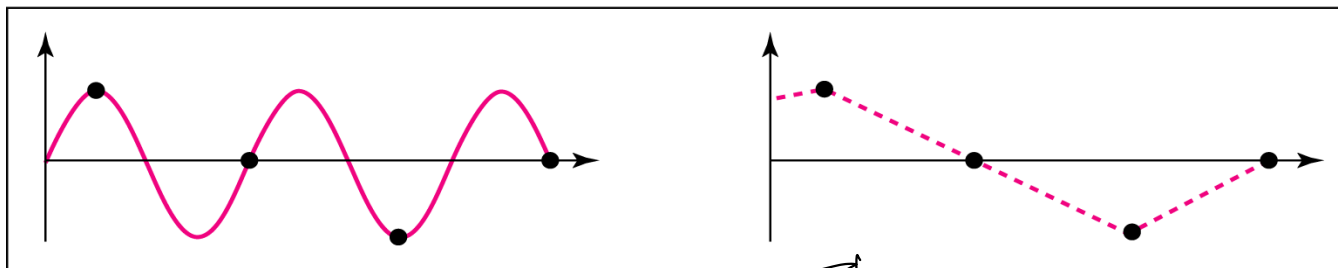
Nyquist Theorem 2배이상만



a. Nyquist rate sampling: $f_s = 2f$



b. Oversampling: $f_s = 4f$



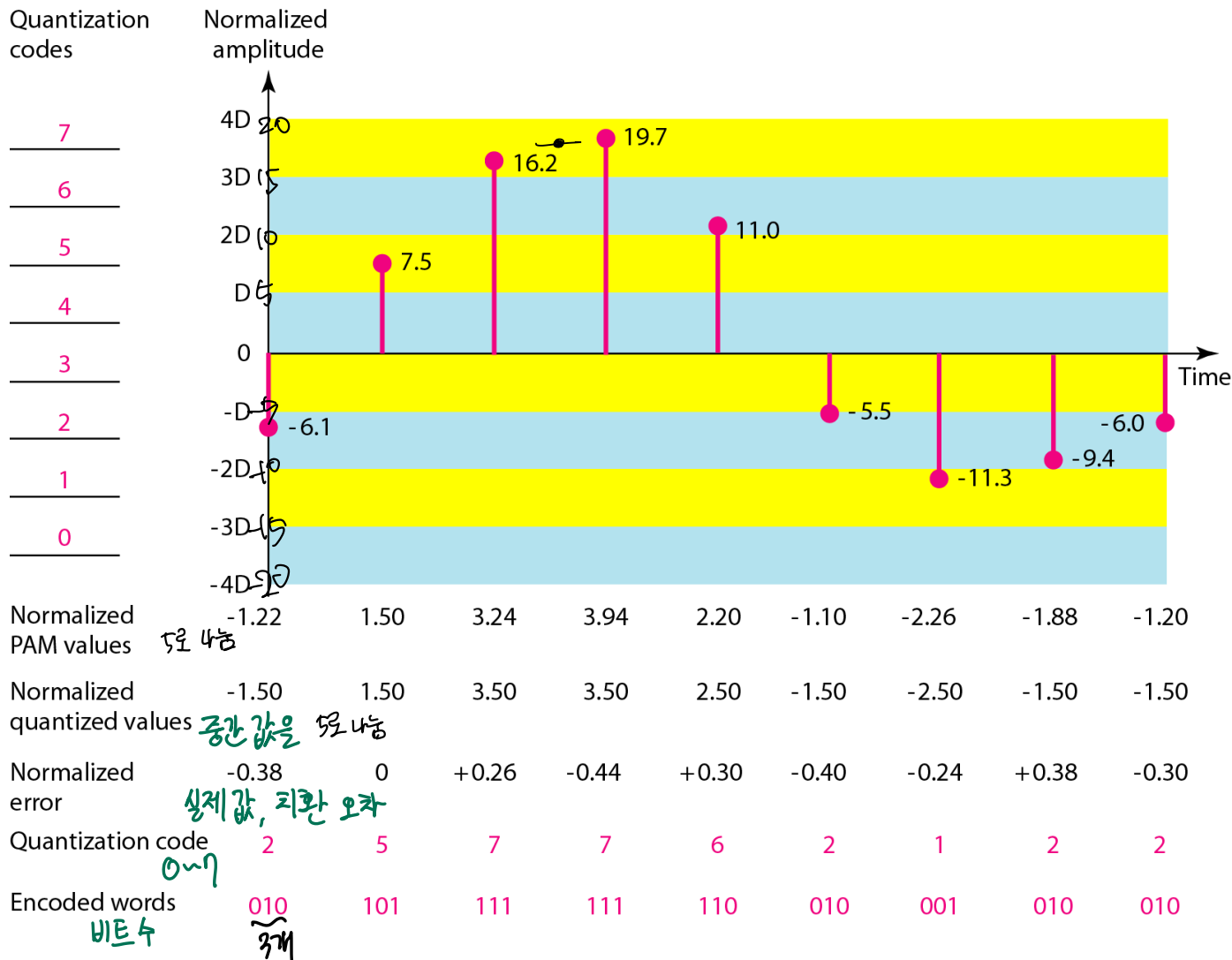
c. Undersampling: $f_s = f$

복합 X

PCM: Quantization

- Sampling results/in a series of pulses of varying amplitude values/ranging between two limits: a min and a max
나타나다 범위 전압, 전류의 순간적인 변화 다양한 전폭 한계
- The amplitude values are infinite between the two limits
무한하다
- We need to map the *infinite* amplitude values onto a finite set of known values
~로 유한한 집합
- This is achieved by dividing the distance between min and max into **L zones**, each of **height Δ** .
L구역, 칸 간격
$$\Delta = (\max - \min)/L$$

Example (Max = 20V, Min = -20V)



Trade-off

■ More quantization level

- Pros?
- Cons?

장점 많은 구간으로 나누면 더 정교한 데이터 정보 손실 줄어짐
 안나누면 정보 변형, 데이터 복구 힘들

단점 비트수 증가 → 보낼 데이터 양↑, 속도를 더 높여야 함

- 더 높은 신호 품질
- 더 작은 양자화 오류
- 더 부드러운 신호 표현
- 더 많은 데이터 필요
- 더 높은 처리 비용
- 복잡한 회로 설계

PCM: Quantization Error

- When a signal is quantized, we introduce an error - the coded signal is an approximation of the actual amplitude value.
근사치
- The difference between actual and coded value (midpoint) is referred to as the quantization error.
불편다 실제 값 코드화 된
- The more zones, the smaller Δ which results in smaller errors.
→ 레이어가 줄어든다
- BUT, the more zones the more bits required to encode the samples → higher bit rate
동일한 성능을 내기 위해 많은 비트 요구

Example Quiz

$$10\text{kHz} \quad 8 = 2^3$$

$$10\text{kHz} \times 3$$

▪ **Required bitrate = Sampling rate * # of bits per sample**
 필요한 비트 전송률 샘플링 속도 샘플당 비트수

▪ **We want to digitize the human voice. What is the bit rate, assuming 8 bits per sample?**
 초당 몇번 샘플링을 하는지 0.3 ~ 3.2kHz 2¹⁰=1024 2³=8

• Assume human voice normally contains frequencies from 0 to 4000 Hz
 나일 퀘스트 2⁹=256

최소 2배 (8kHz

Solution

초당 8000개 보낼

$$\text{Sampling rate} = 4000 \times 2 = 8000 \text{ samples/s}$$

$$\text{Bit rate} = 8000 \times 8 = 64,000 \text{ bps} = 64 \text{ kbps}$$

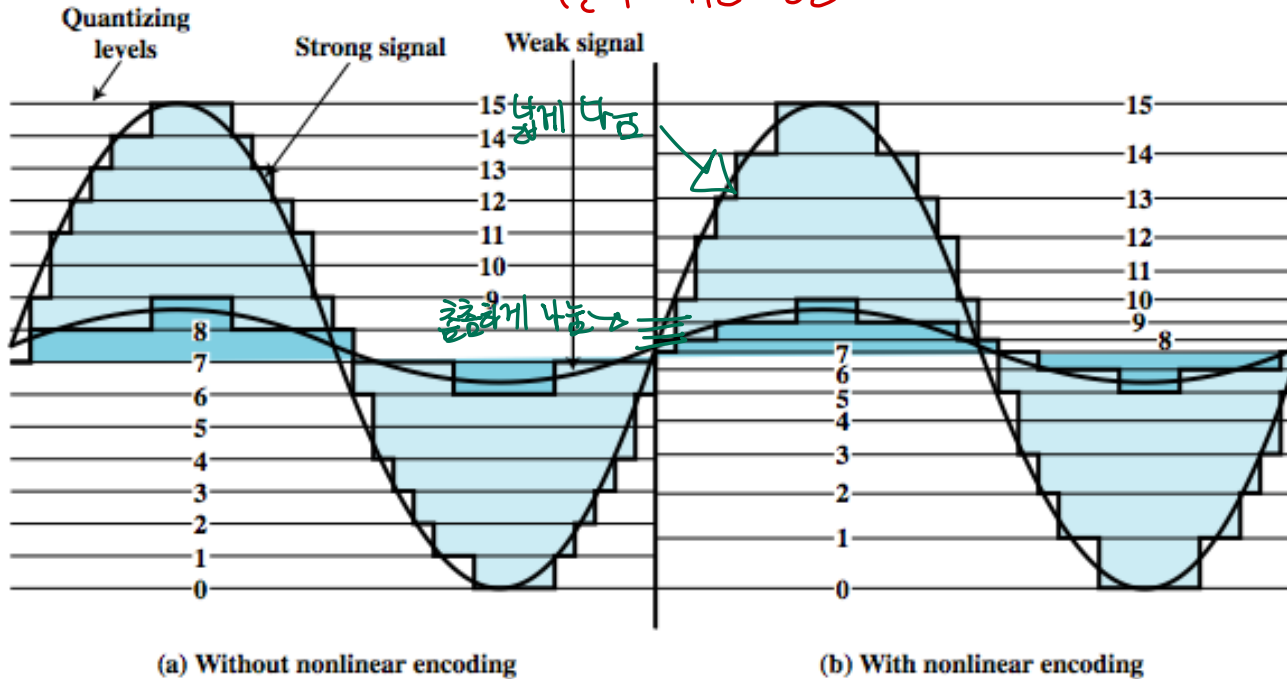
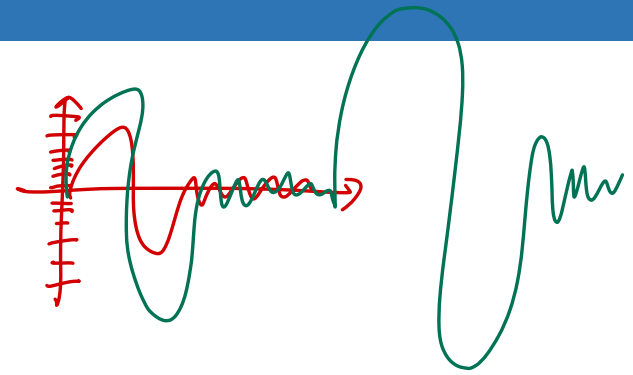
각 비트가 8000개 보낼

Nonlinear PCM

신호의 강도가 변화하는 범위에 따라 양자화 레벨을 비선형적으로 배분

: 구간이 좁아지지 않음

- 대부분의 시간이 amplitude 작은 부분에 위치해 있음
- 구간의 개수는 동일



amplitude는 작은 구간에 머물러있는 특성 존재

Quantization을 유지하면서 더 잘 복구 가능

- 장점
- 효율적인 데이터 전송 (더 적은 비트로 데이터 전송)
 - 음질 향상 (작은 소리는 더 세밀하게, 음질 손실 최소화)
 - 데이터 압축

- 단점
- 복잡한 처리 (양자화 과정이 복잡)
 - 정밀도 손실 (큰 신호는 정밀도 낮)