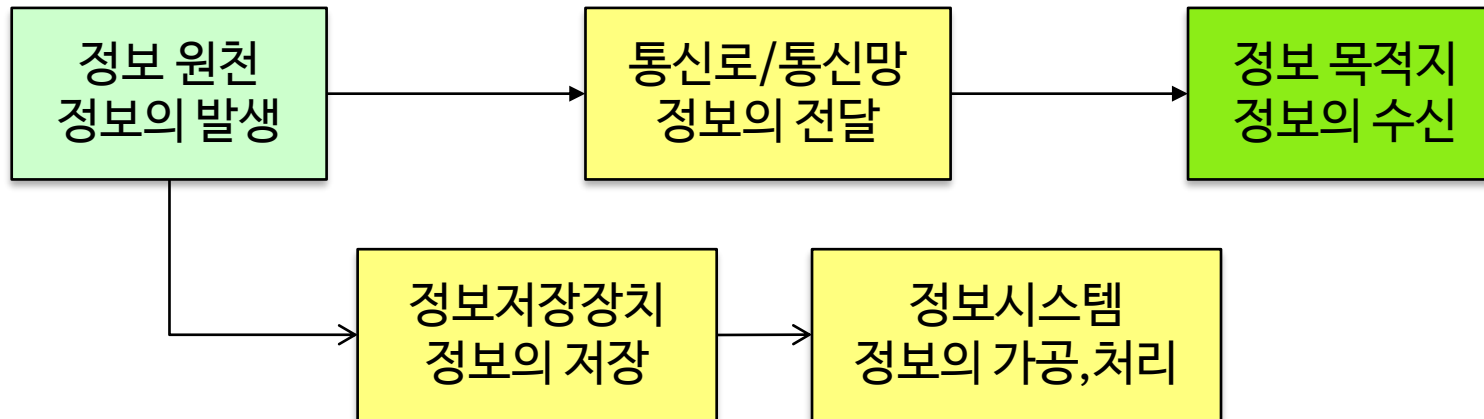


정보통신 기술개요

한국외국어대학교

김희동, 김선태

정보통신 기술의 범위



1. 정보의 저장 : 신뢰성, 2. 정보의 변환 처리 : 목적 적합성, 3. 정보의 전달 : 적시성

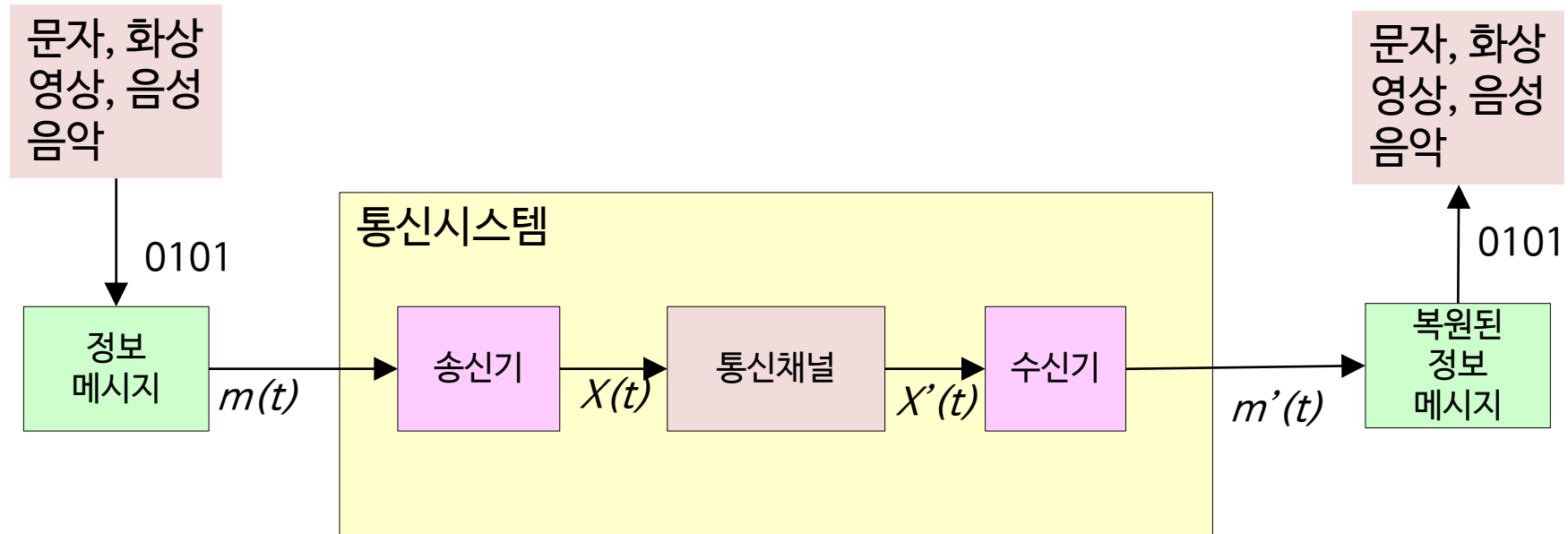
- ★ 자료 - Data를 모아둔 것
- ★ 정보 (Information) - 자료를 특정한 목적의 의사결정을 위해 가공한 형태 (의미를 가지는 자료)
- ★ 첩보 (Intelligence) - 적시성이 매우 중요한 정보
- ★ 지식 (Knowledge) - 교육, 학습, 숙련 등을 통해 사람이 재활용할 수 있는 정보와 기술 등을 포괄
 - 지식에 대해 연구하는 철학의 분야를 인식론이라고 함
- ★ 지혜 (Wisdom) - 이치를 빨리 깨우치고 사물을 정확하게 처리하는 정신적 능력

Moore's Law / Hwang's Law

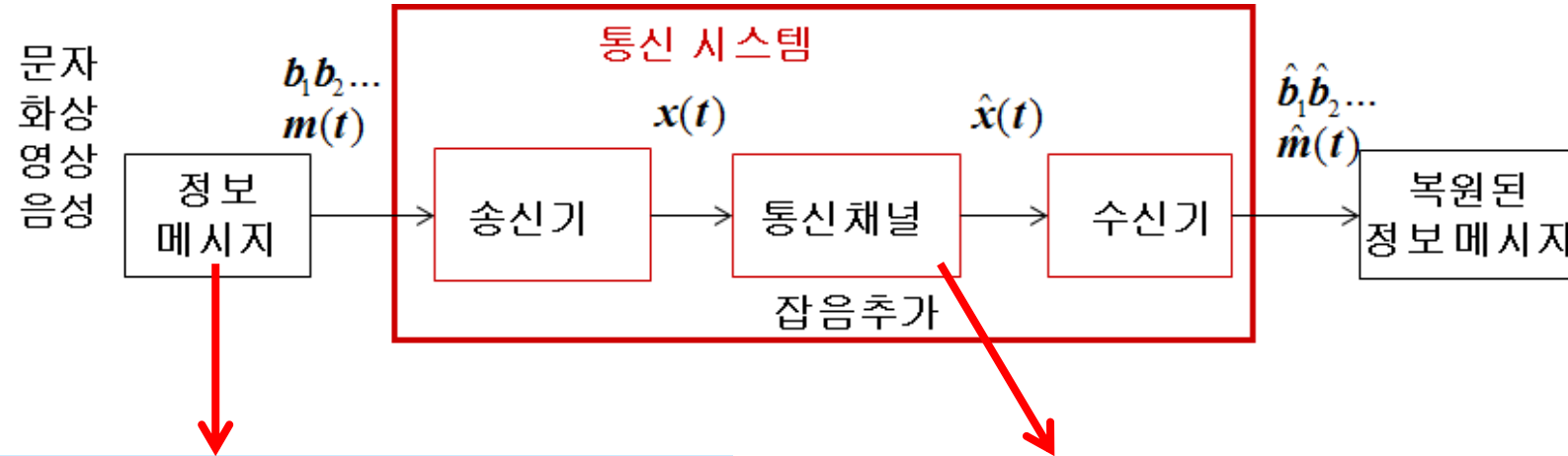
- 황의 법칙: 메모리의 저장능력이 12개월마다 2배
- 무어의 법칙: 계산기의 처리능력이 18개월마다 2배
- 통신전송속도: 매년 2배씩 증가

(예) 3년 전 보다 지금의 핸드폰은 성능이 얼마나 개선되었나?

정보통신의 계통



정보통신의 계통

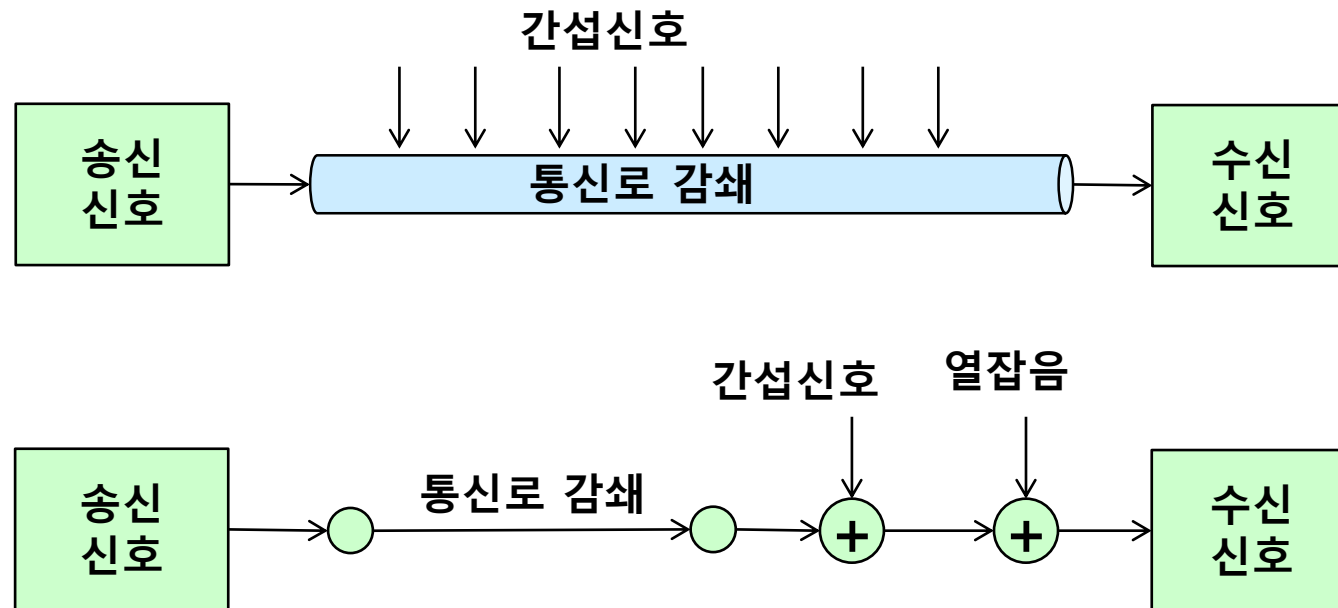


- 정보의 발생근원으로 형태는 텍스트, 음성, 화상, 동화상
- 아날로그 혹은 디지털 형식

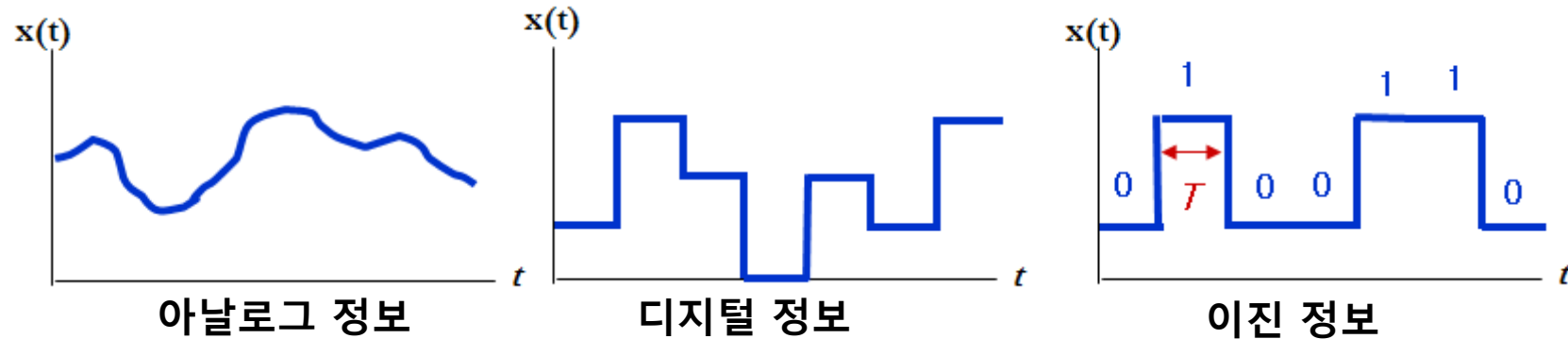
- 무선 : 전자파
- 유선 : 트위스트 페어, xDSL
동축케이블, HFC
광섬유, 광 LAN

전송로의 불완전성

- 전송중에 신호가 감쇄함.
- 주파수에 따라 감쇄량이 다르므로 파형의 왜곡됨.
- 주변에서 잡음이 추가됨.(간섭신호 + 열잡음)



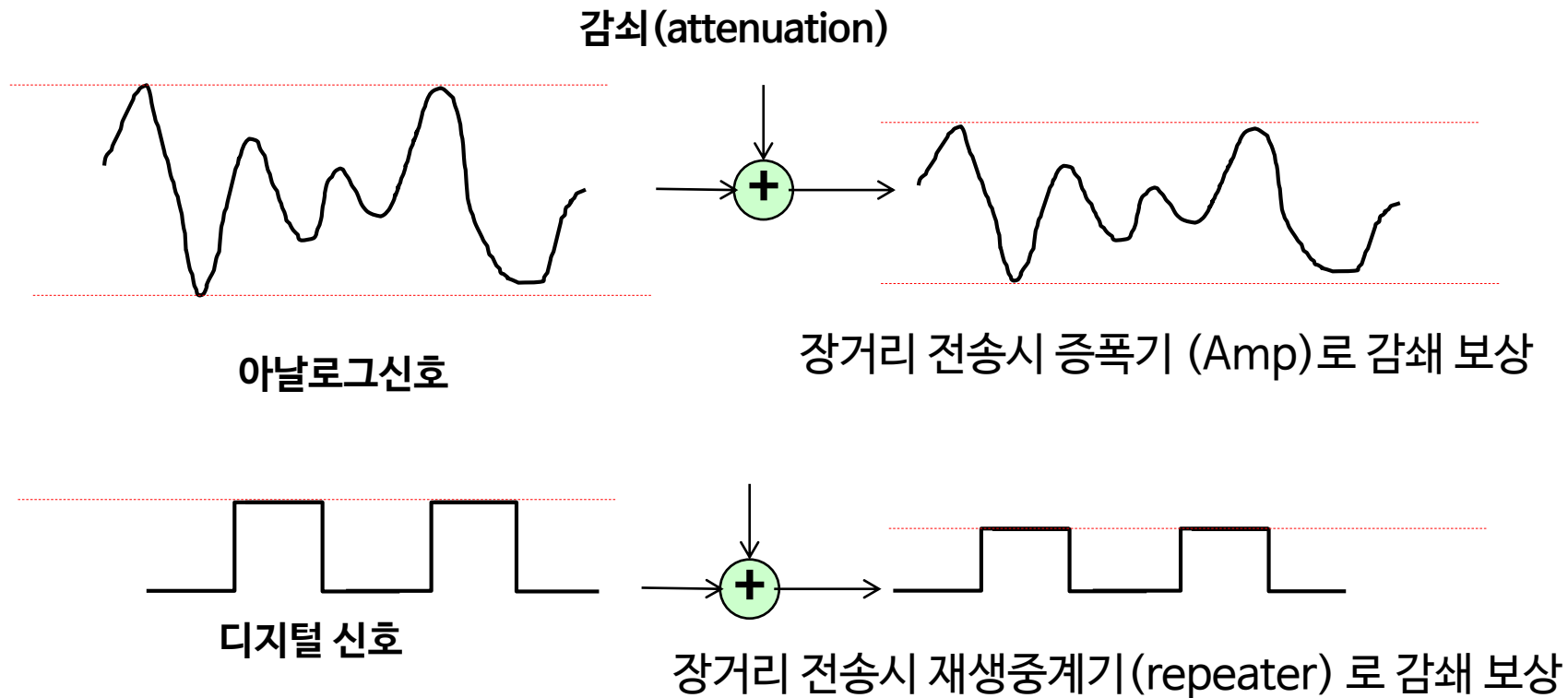
아날로그 통신과 디지털 통신



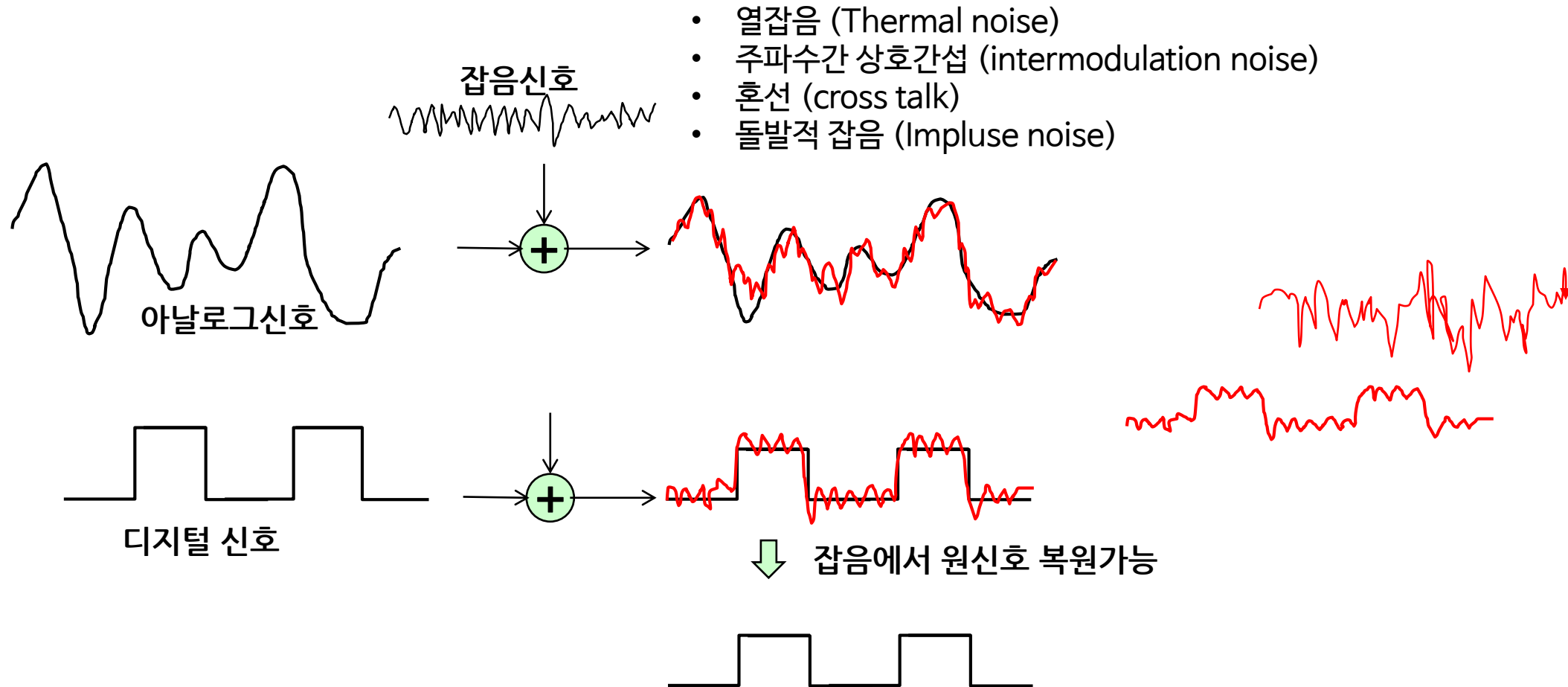
- Analog 정보 : 값들이 연속적으로 변화함. Continuous
- Digital 정보 : 유한한 값들을 가짐. Digit (손가락), Discrete (이산적)
- Binary 정보 (2진 정보) : 1 혹은 0의 2 종류의 값만이 있음. bit
 - 디지털 정보 묶음: byte, n 개의 bit는 2^n 개의 정보 표현
 - 1 비트를 전송할 때 T 시간이 필요
 - Data rate (전송속도) $R=1/T$ bps(bits per second)

전송손상 (감쇠:Attenuation)

- 거리에 따라 전송신호가 급격히 약해지는 현상, 감쇠 정도는 데시벨(dB)로 표시
- 신호는 여러 주파수 요소로 구성되는데 높은 주파수에 감쇠가 커서 주파수스펙트럼에 따라 감쇠 정도가 다름

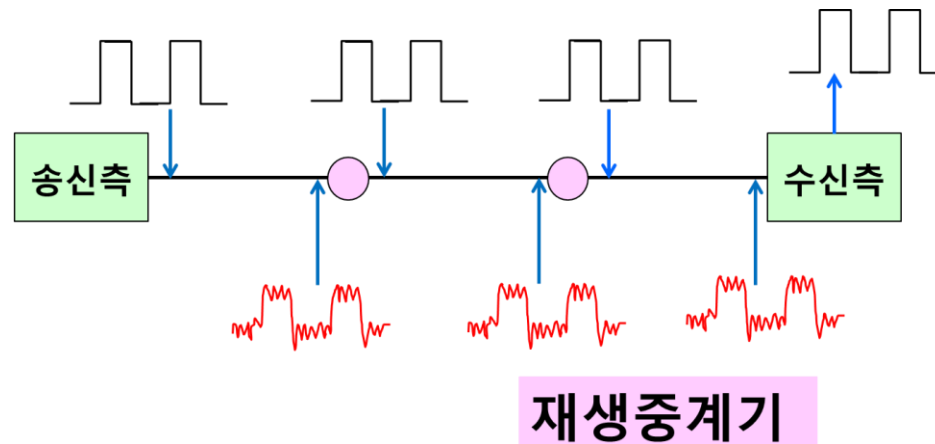


전송손상 (잡음)



디지털 통신의 장점

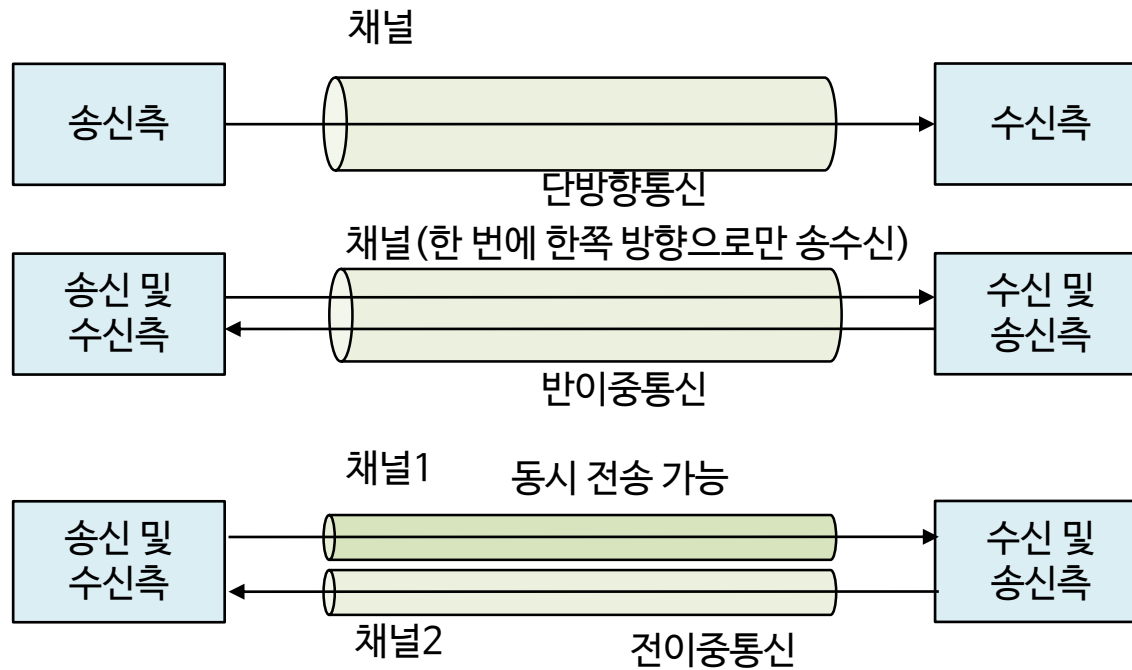
- 동일한 매체를 통한 여러 형태의 정보 전송
- 경제적인 전송
 - 압축기술의 발달, 저렴한 디지털화 비용: 반도체기술 발달로 IC, VLSI 가격의 하락
- 고품질의 전송 가능
 - **리피터**의 사용: 잡음 및 감쇠 누적 배제
- 암호화를 통한 보안문제의 해결
 - 에러제어코드 : error detection/correction



통신대화방식

- 통신대화방식(Communication Method)

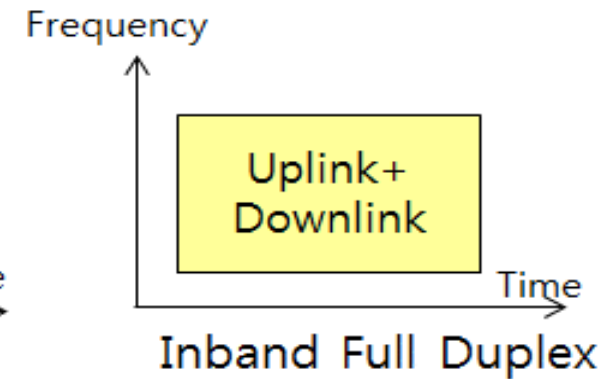
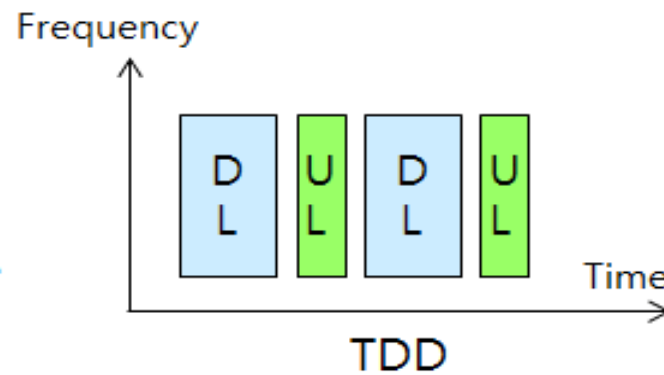
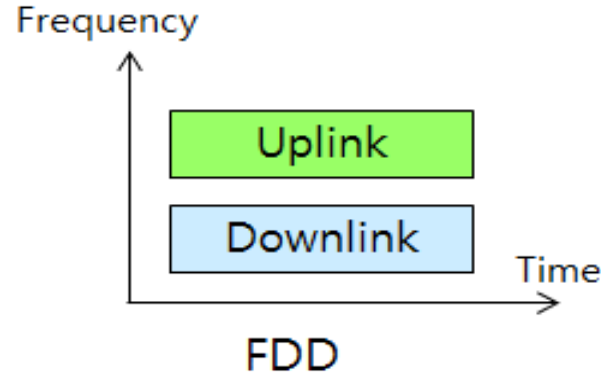
- 단방향 통신(simplex) : 방송
- 반이중 통신(half duplex) : 워키토키,
- 전이중 통신(full duplex) : 일반적 통신



듀플렉스 (Duplex)

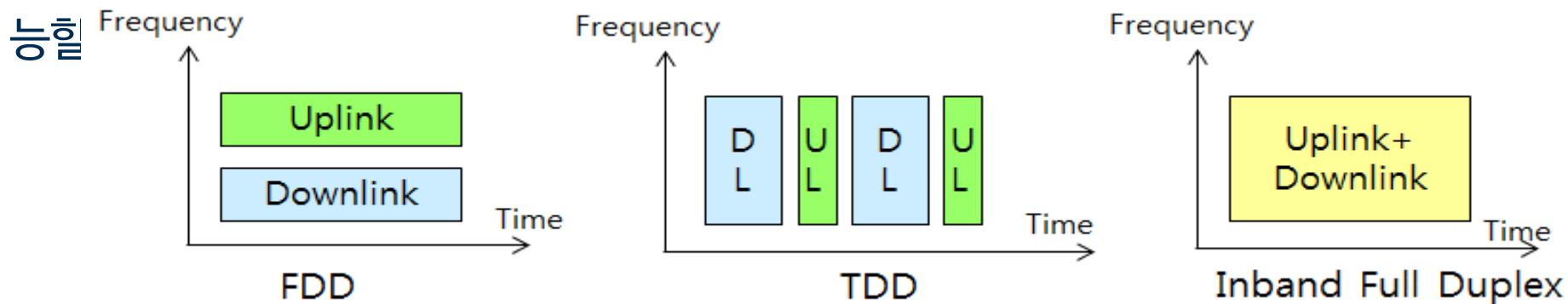
- 주파수 분할 듀플렉스 (Frequency Division Duplex)
- 시분할 듀플렉스 (Time Division Duplex)
- Inband Full Duplex (INFD) : 5G에서는 같은 주파수 시간에서 Downlink/uplink 동시 전송이 가능할 것으로 기대됨

DL : Downlink
UL : Uplink

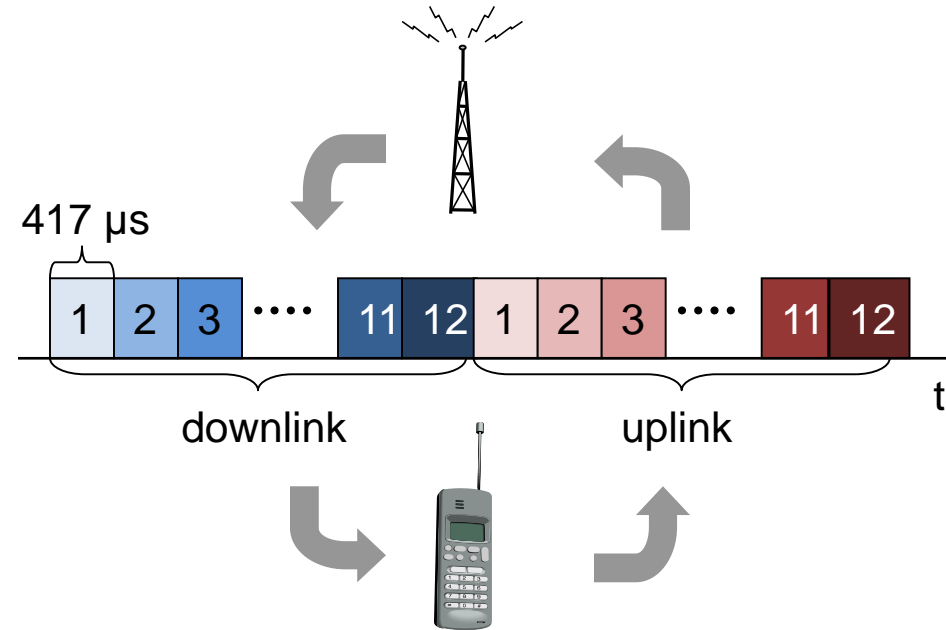


듀플렉스 (Duplex)

- 상향(uplink)과 하향(downlink)의 송수신 방법을 듀플렉스라고 함.
- 주파수 분할 듀플렉스 (Frequency Division Duplex)
 - : FDD를 사용하면 송신과 수신 신호가 서로 다른 주파수 대역에 있음. 즉 업 링크 신호는 하나의 주파수 블록으로 전송되고 다운링크는 다른 주파수 블록으로 전송됨.
- 시분할 듀플렉스 (Time Division Duplex)
 - TDD를 사용하면 업링크는 동일한 주파수 대역에서 다른 시간 슬롯을 사용하여 다운링크에서 분리됨. 즉, 업 링크 신호는 몇 초 동안 연결되고, 그 다음 다운링크 신호는 몇 초 동안 연결 됨.
- Inband Full Duplex (INFD) : 5G에서는 같은 주파수 시간에서 Downlink/uplink 동시 전송이 가

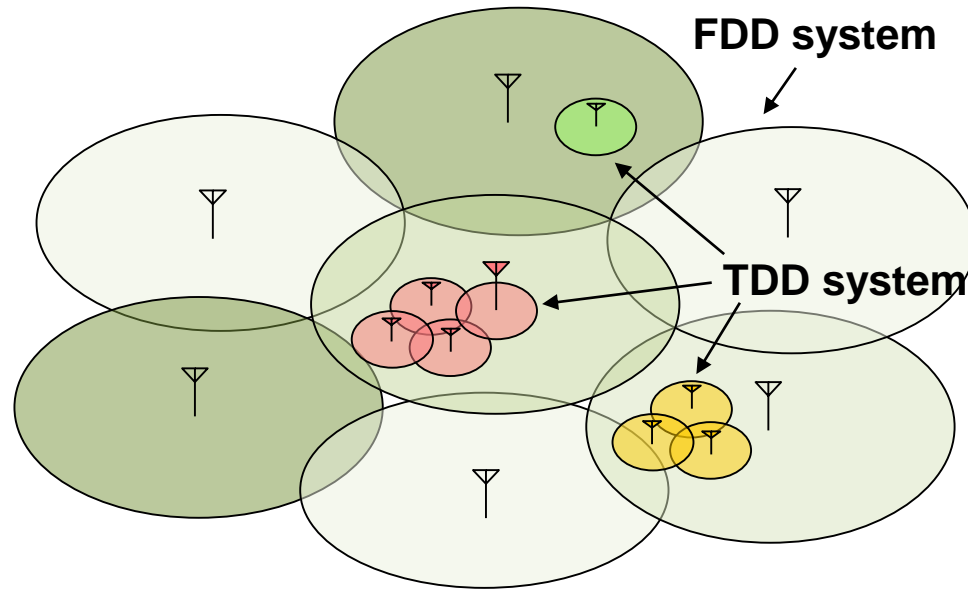


TDD/TDMA

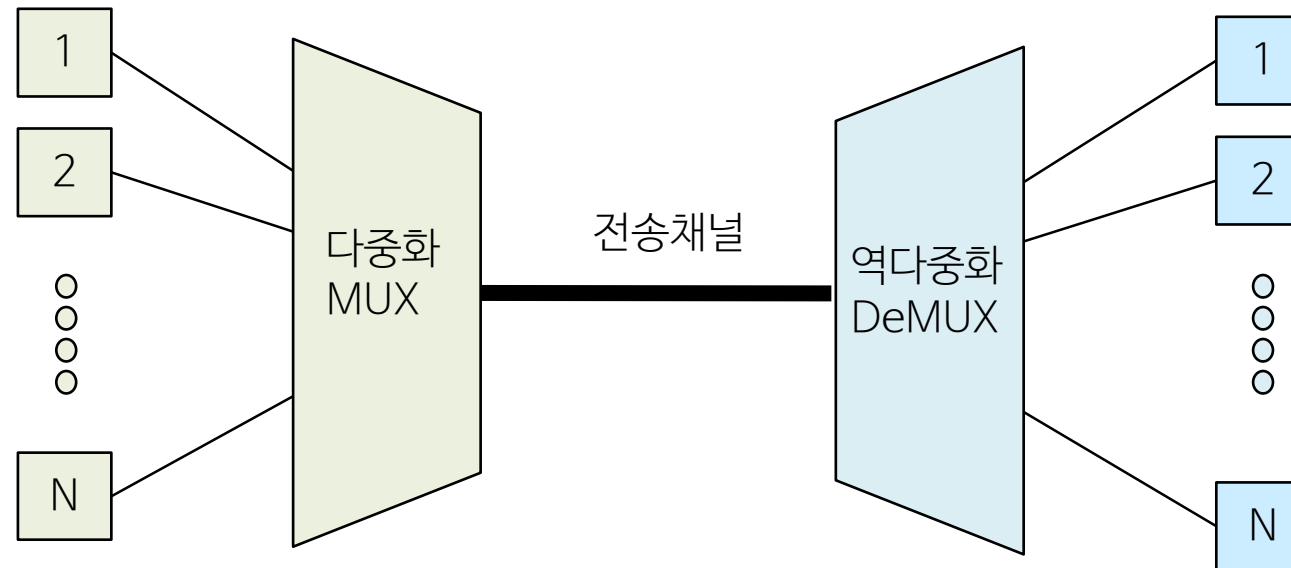


4세대 이동통신 LTE-FDD, LTE-TDD

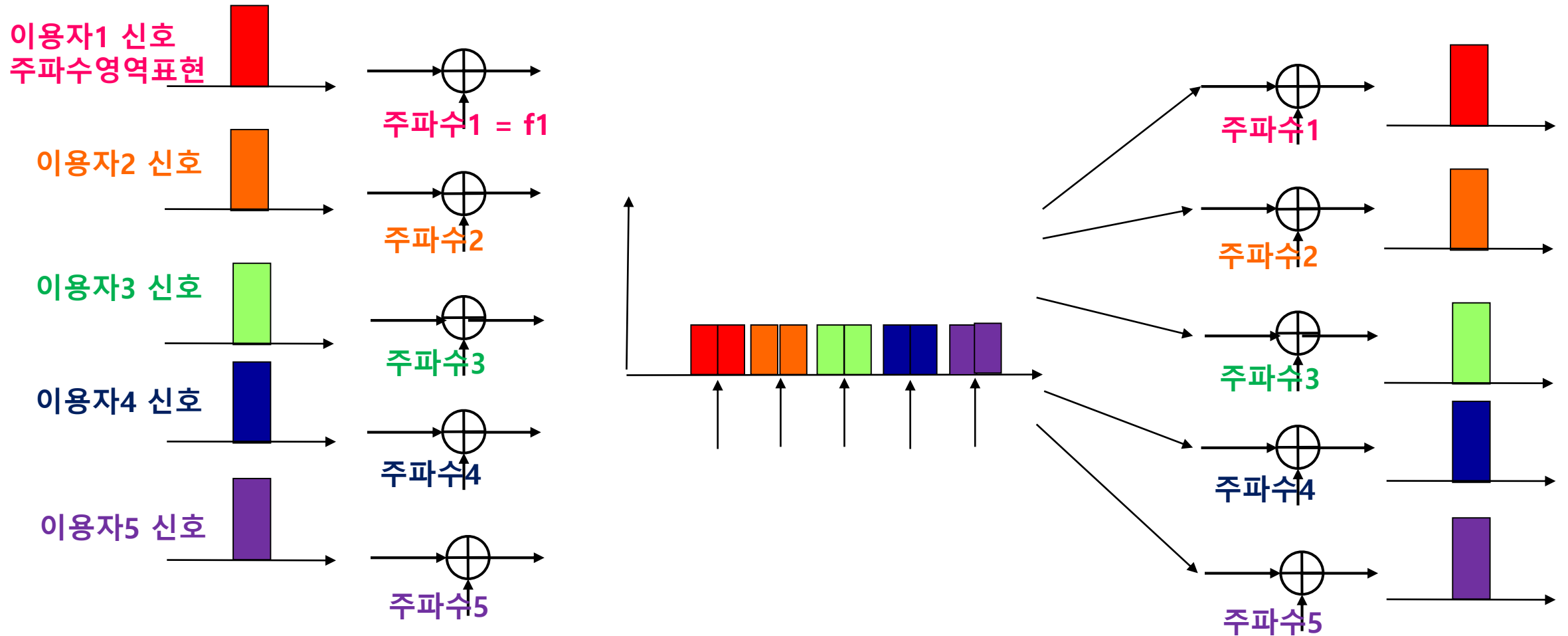
LTE : long term evolution



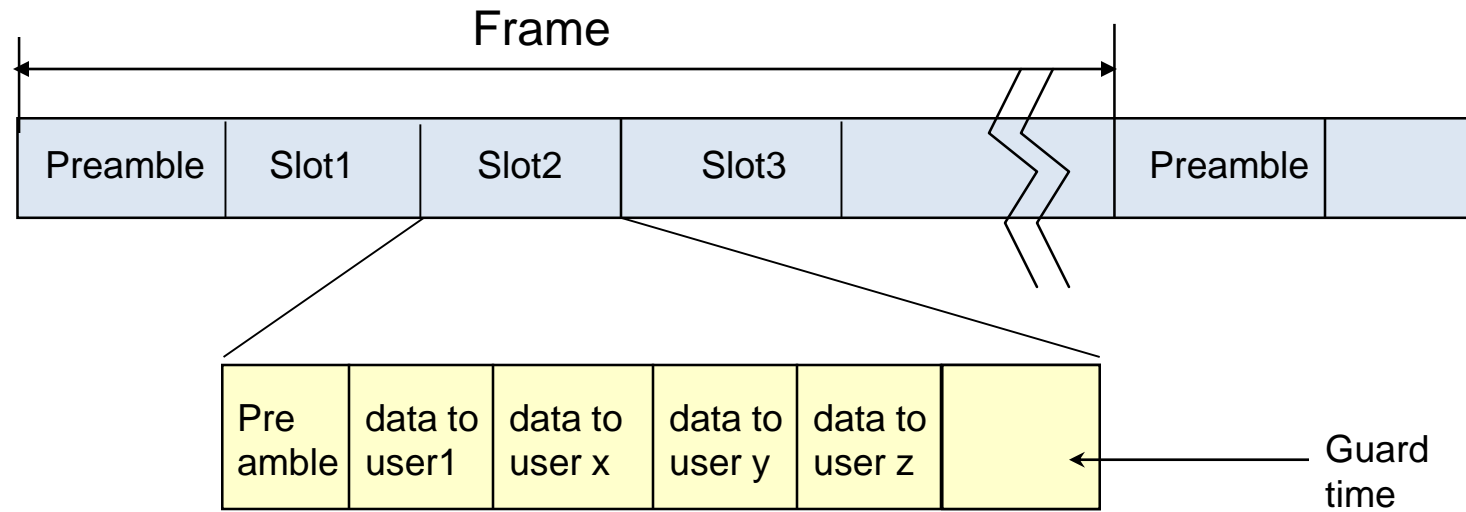
다중전송방식



Frequency Division Multiplex (FDM)



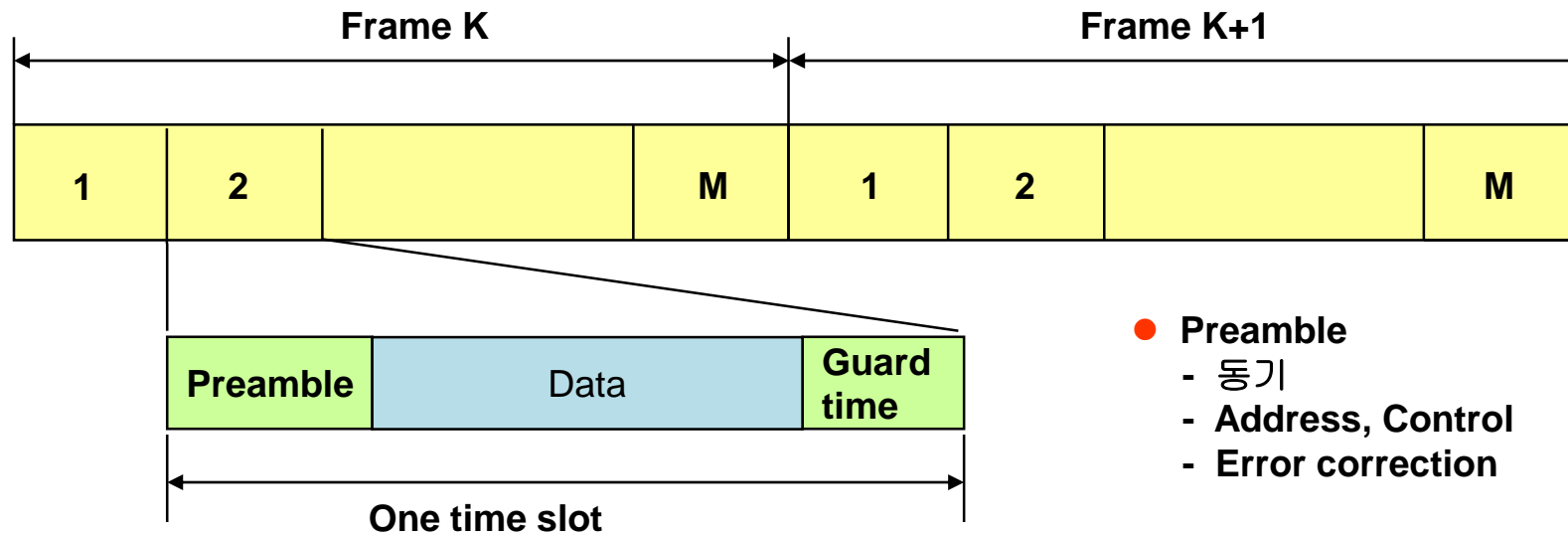
TDMA Slot & Channel



Preamble: synch

Guard time: crosstalk 방지

시분할 다중화 방식

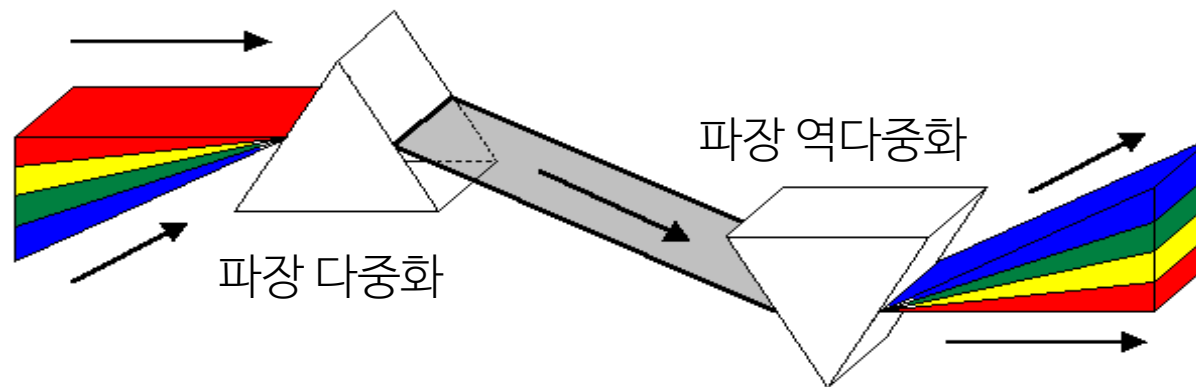
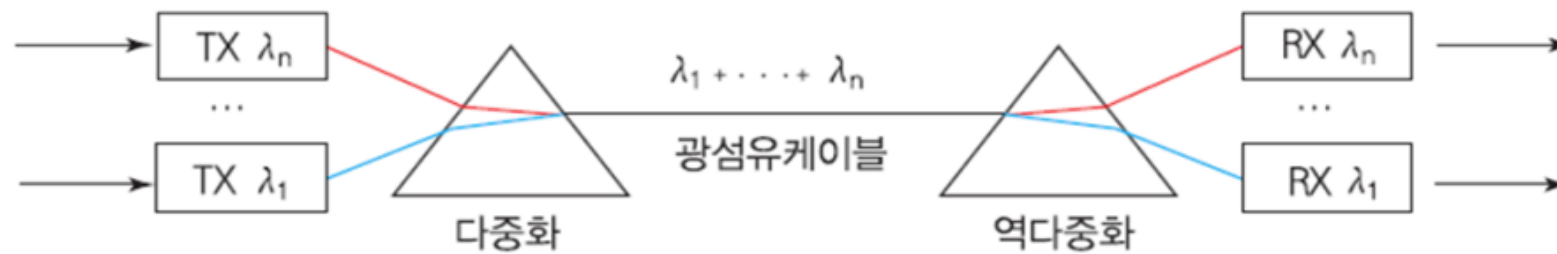


WDM



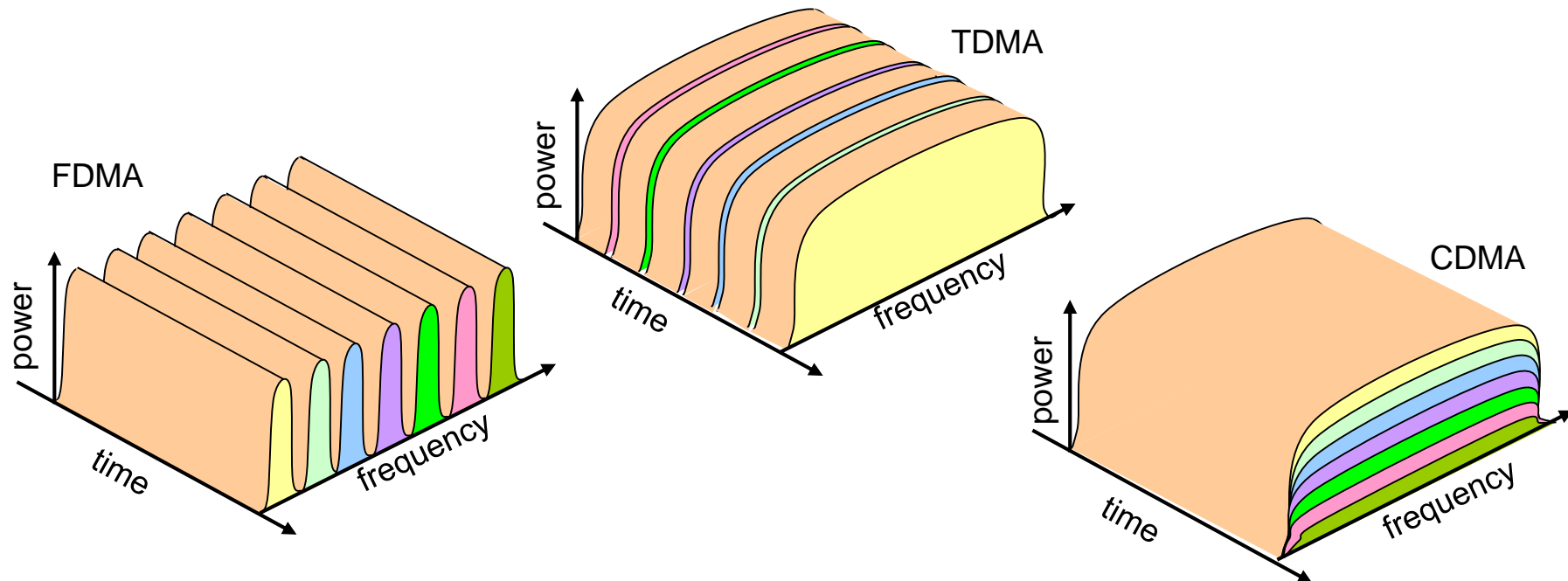
- 파장분할다중화(WDM)

- 송신호별로 다른 파장(Wavelength)을 할당
- 광전송시스템에 적용, FDM과 기술방식 동일



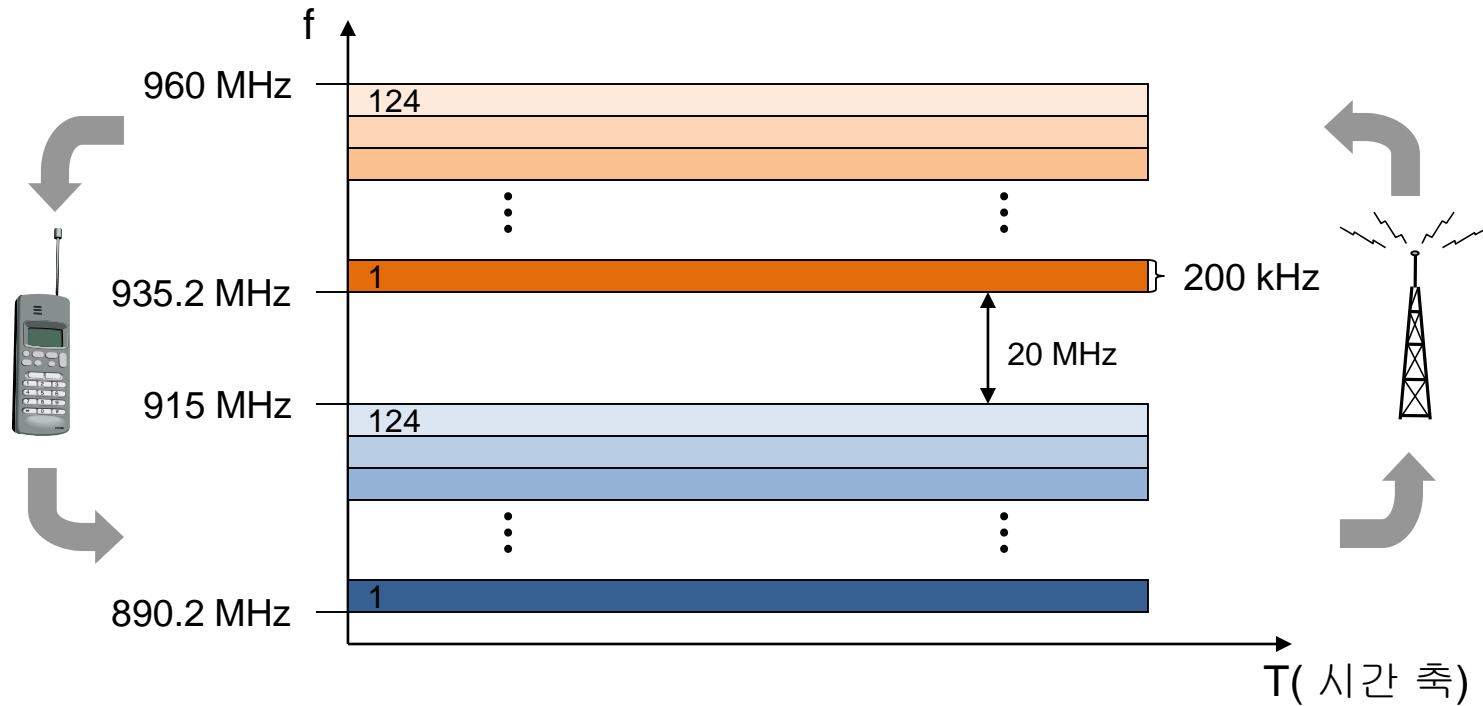
다중화 방식 Multiple Access

다중화는 몇 개의 단말장치가 하나의 통신회선을 통하여 결합된 형태로 신호를 전송하고 이를 수신측에서 원래의 형태로 나누어 주는 것으로 전송로의 정적인 공동이용을 하는 반면 집중화 다중화와 같은 의미를 갖고 있으나 여러 개의 단말회선을 소수의 회선으로 통합한 것으로 동적으로 공동 이용한다.



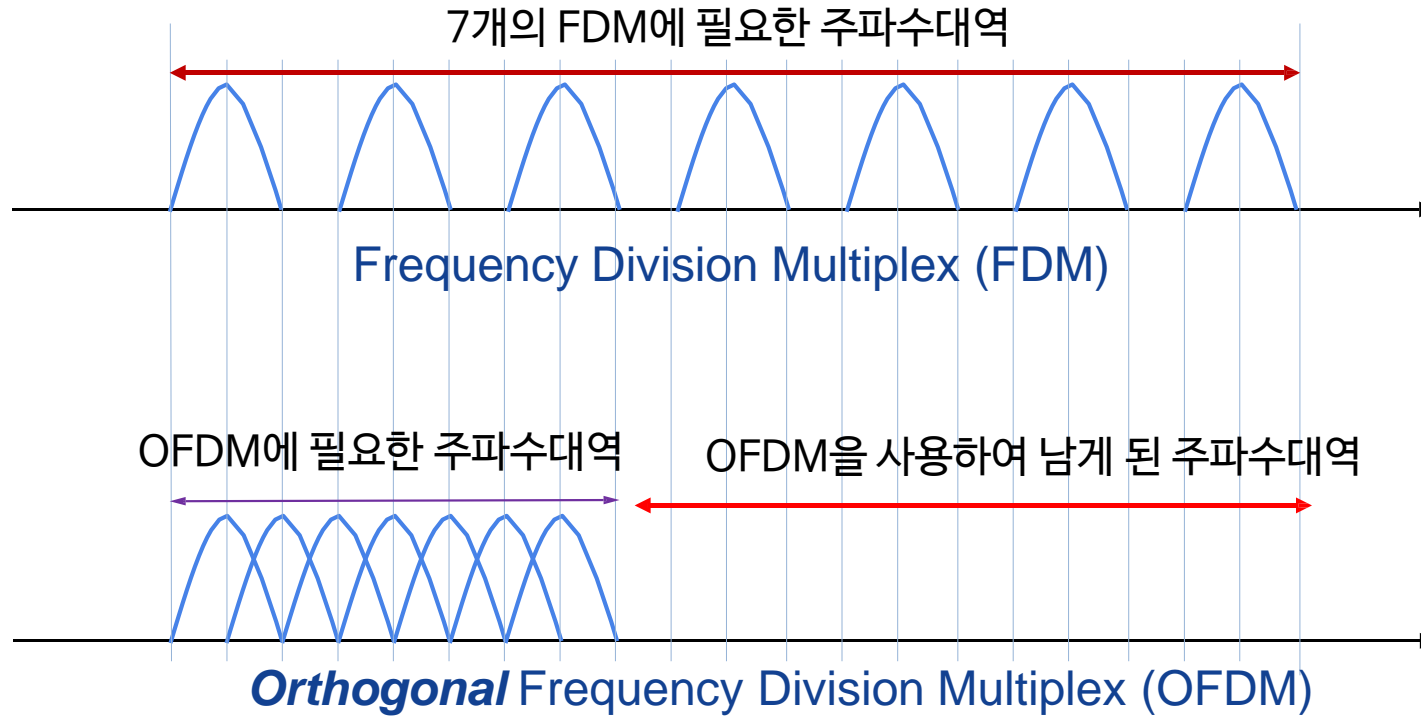
주파수 분할 다중화

Frequency Division Multiple Access



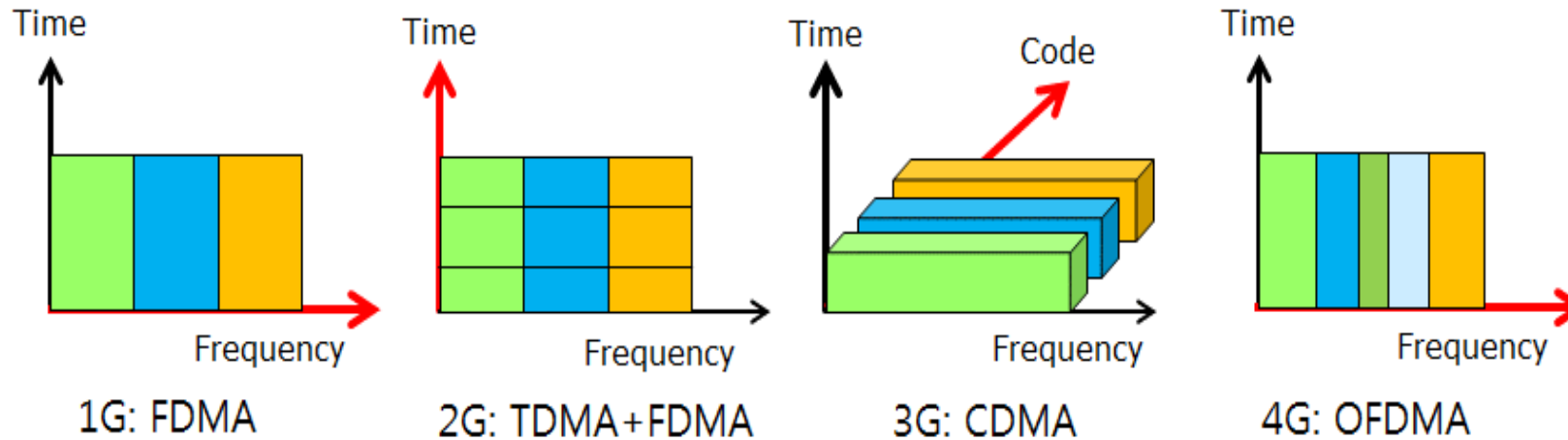
주파수를 나누어서 사용

FDMA vs. OFDMA



주파수 채널 사이의 간격을 줄여서
주파수 효율을 향상시킨다.

무선접속기술



FDMA(Frequency Division Multiple Access)

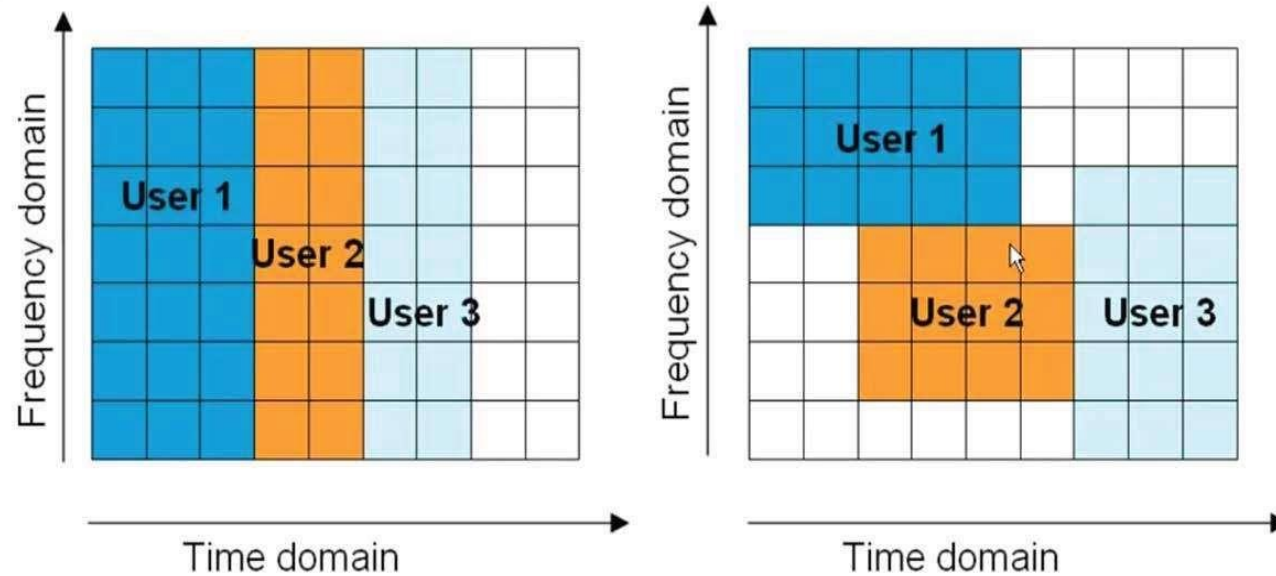
TDMA(Time Division Multiple Access)

CDMA (Code Division Multiple Access)

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

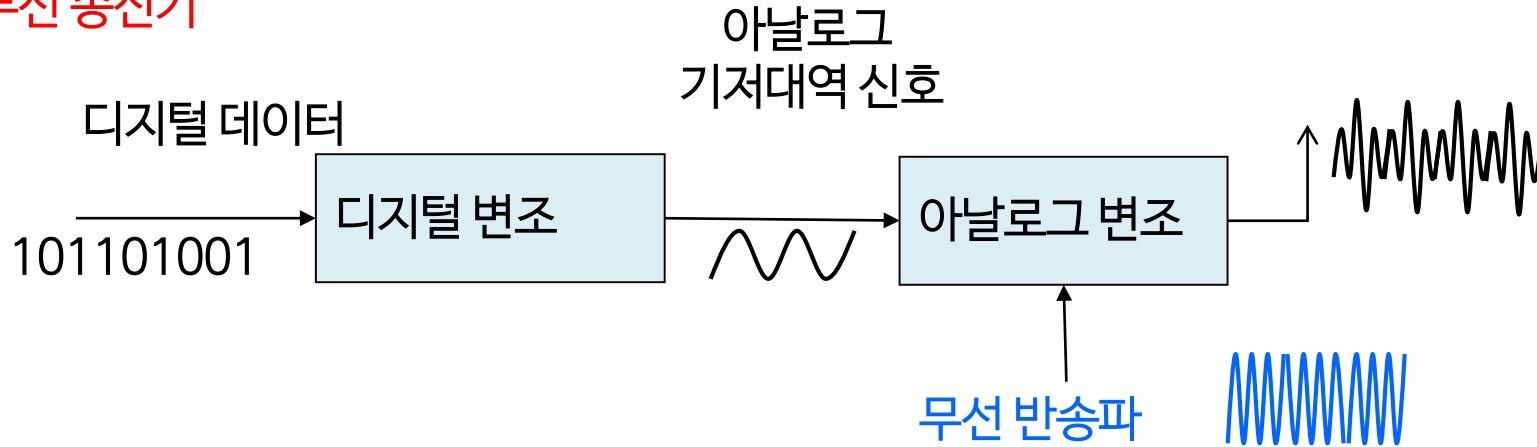
다음의 그림은 무엇을 나타낼까요?

- 앞의 그림과 다른 점은 무엇일까?
- 어디에 사용할 수 있을까?
- 왜 이런 생각을 했을까?

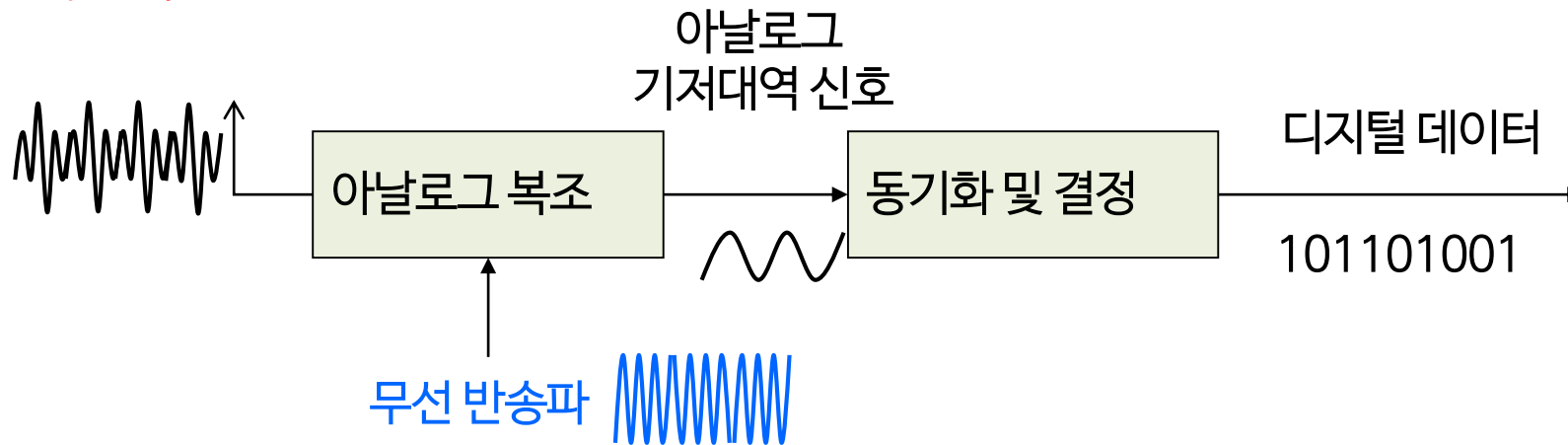


변조와 복조

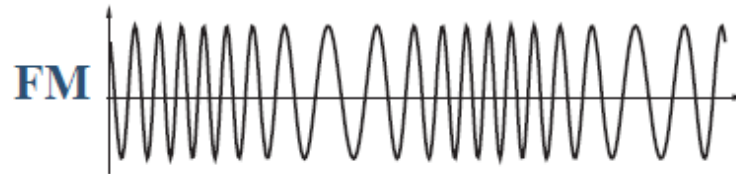
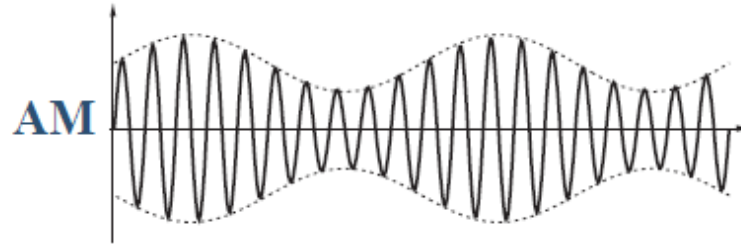
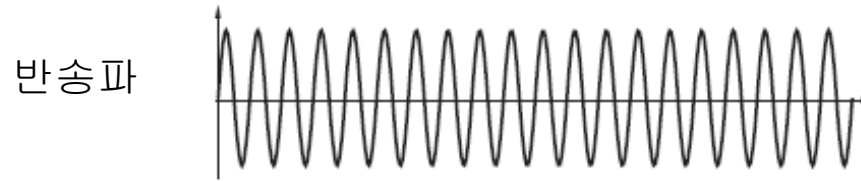
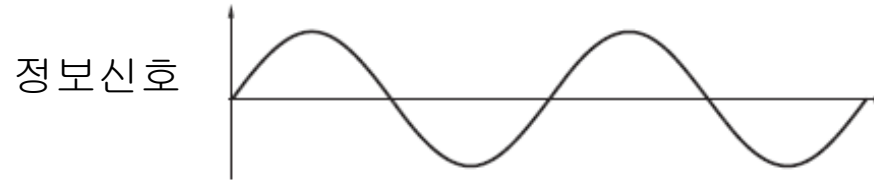
무선 송신기



무선 수신기

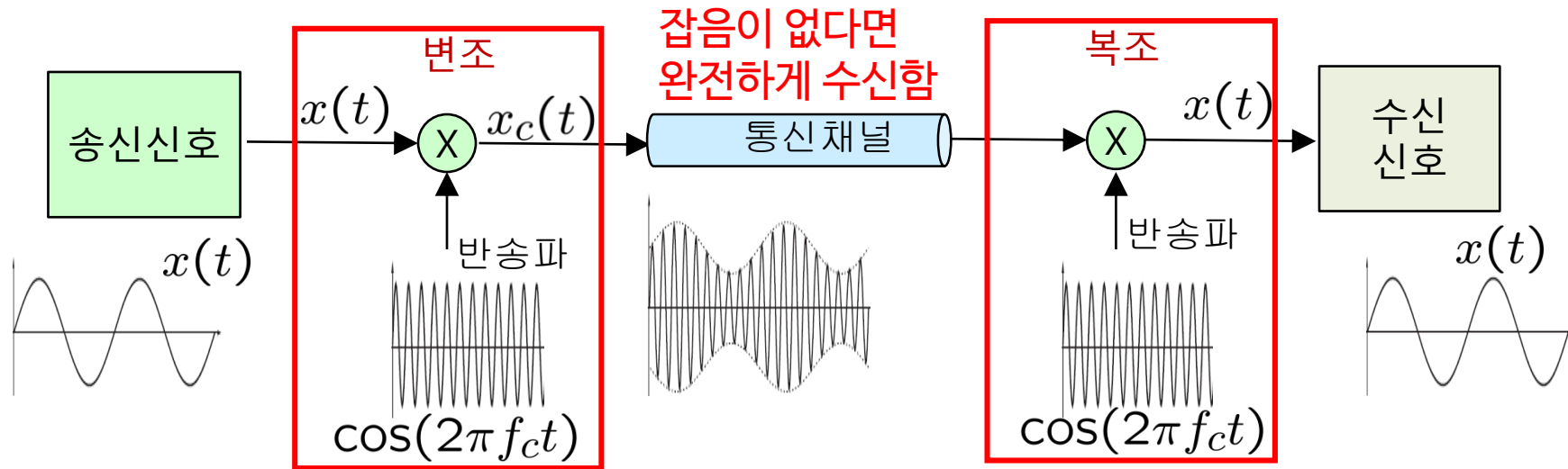


아날로그 변조



- AM (진폭 변조)
정보신호의 모양에 따라 반송파의 진폭이 변화함.
- FM (주파수 변조)
정보신호의 모양에 따라 반송파의 주파수가 변화함.

아날로그 변조/통신

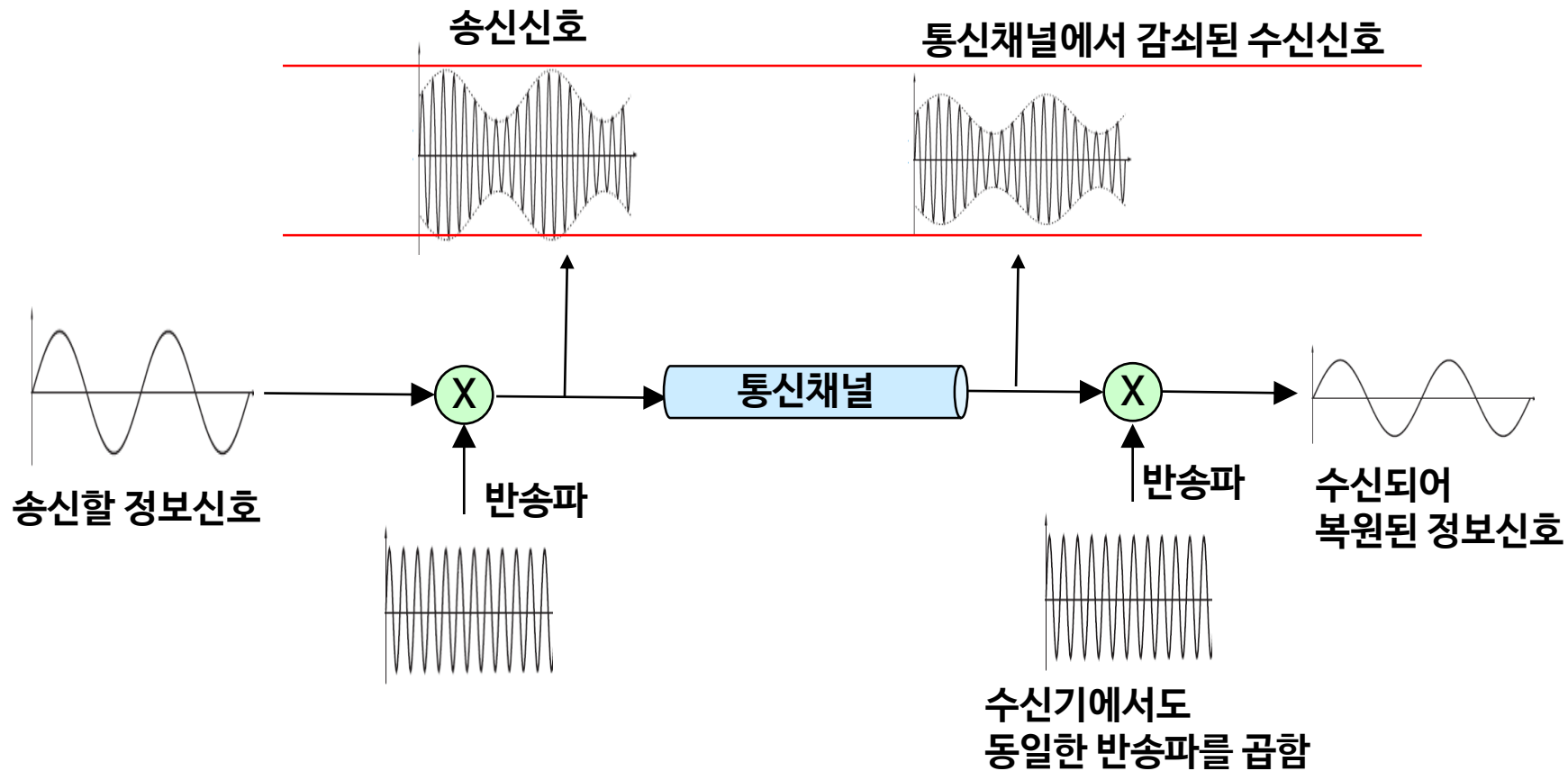


전송신호

$$x_c(t) = x(t) \cos(2\pi f_c t)$$

The diagram shows the mathematical representation of the modulation and demodulation process. The transmitted signal $x(t)$ (labeled '송신신호') is multiplied by the carrier wave $\cos(2\pi f_c t)$ (labeled '반송파') to produce the transmitted signal $x_c(t)$. The received signal $x_c(t)$ is then multiplied by the same carrier wave $\cos(2\pi f_c t)$ (labeled '반송파') to recover the original signal $x(t)$.

아날로그 변조/복조 (감쇠가 있는 경우)

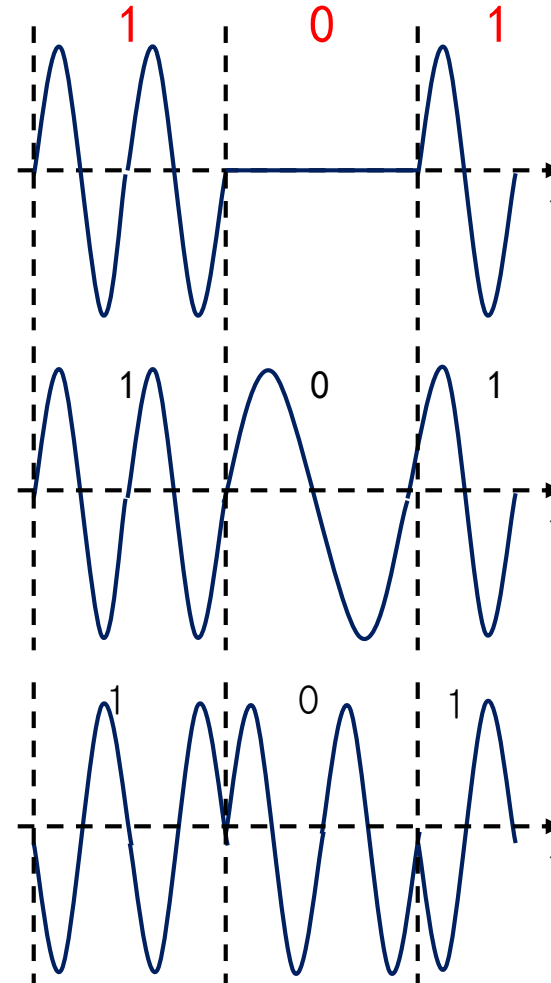


디지털 변조

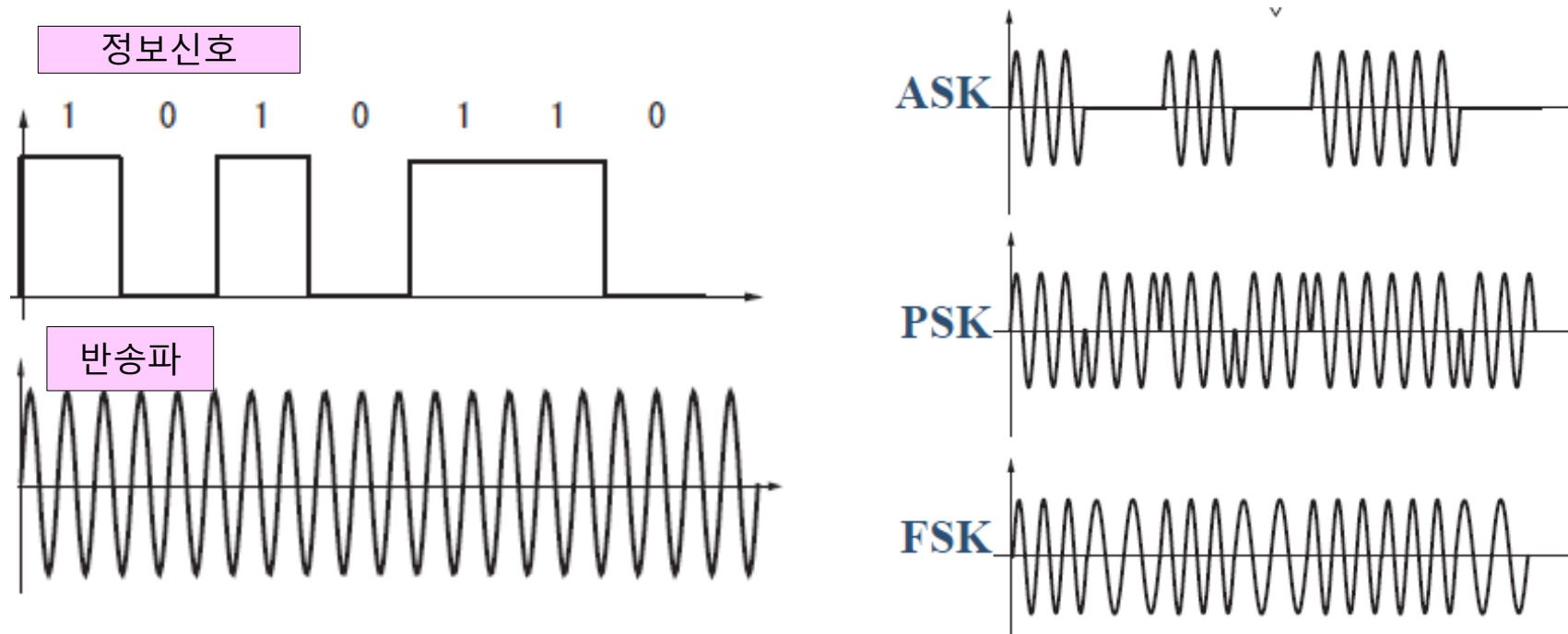
진폭 변이변조
(ASK : Amplitude-shift Keying) :
반송파의 on, off가 1, 0에 대응

주파수 편이변조
(FSK : Frequency-Shift Keying) :
2진 부호의 0과 1을
반송파의 주파수 변화에 대응

위상 편이변조
(PSK : Phase-shift Keying) :
2진 부호의 0과 1을
반송파의 위상 변화에 대응하며
중고속용, 동기식

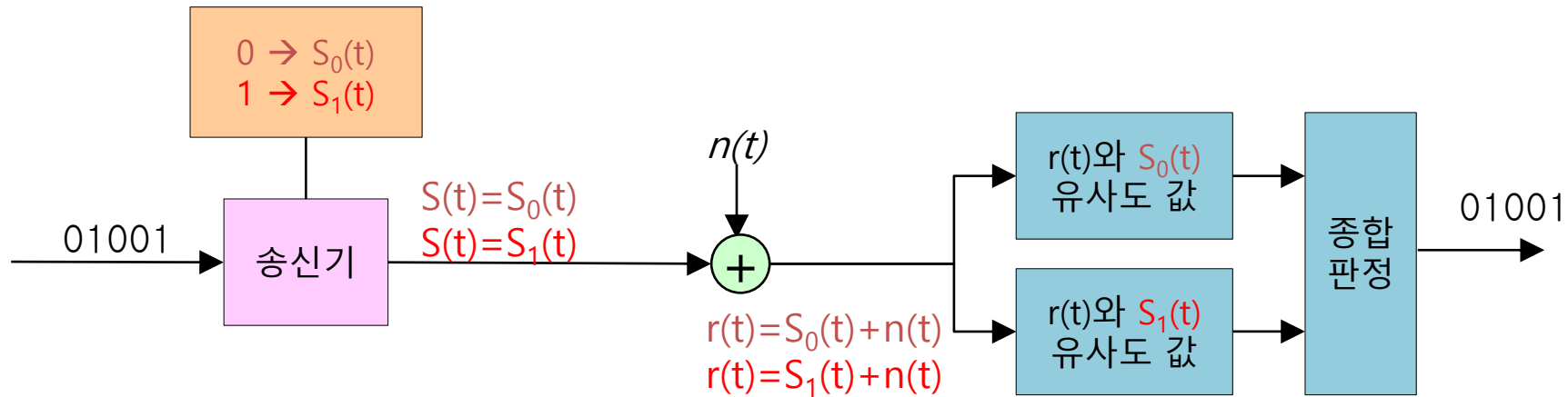


Digital 변조



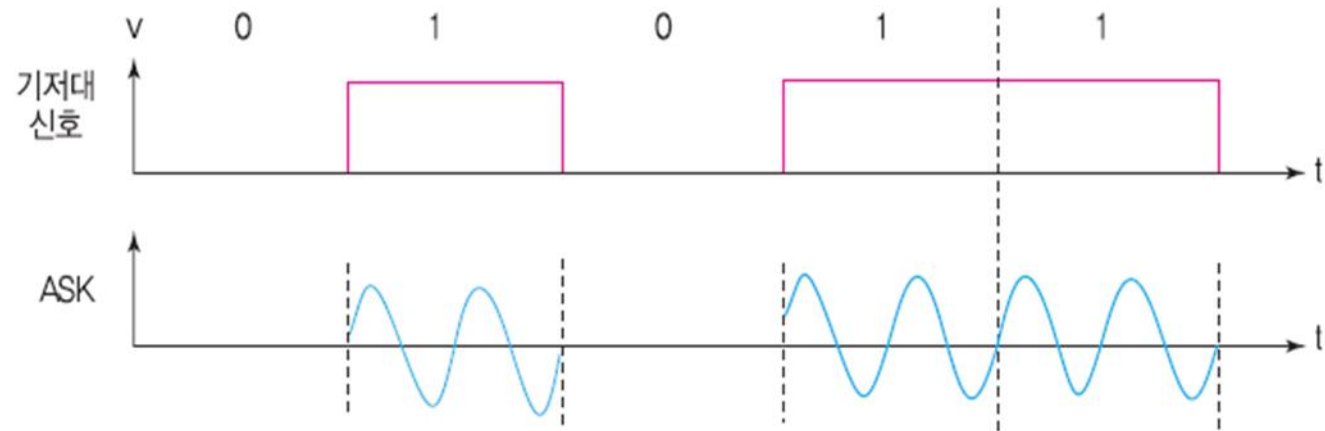
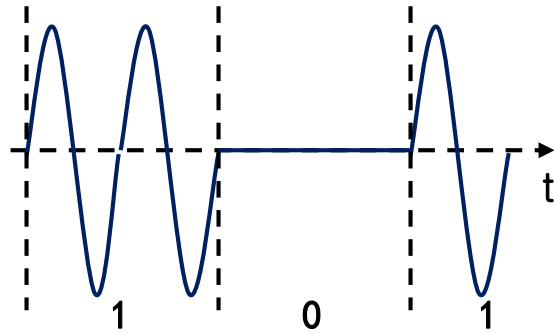
- AM (진폭 변조) → ASK (Amplitude shift keying)
정보신호의 모양에 따라 반송파의 진폭이 변화
- PM (Phase modulation) → PSK (Phase Shift Keying)
- FM (주파수 변조) → FSK (Frequency Shift Keying)

디지털 변조/통신

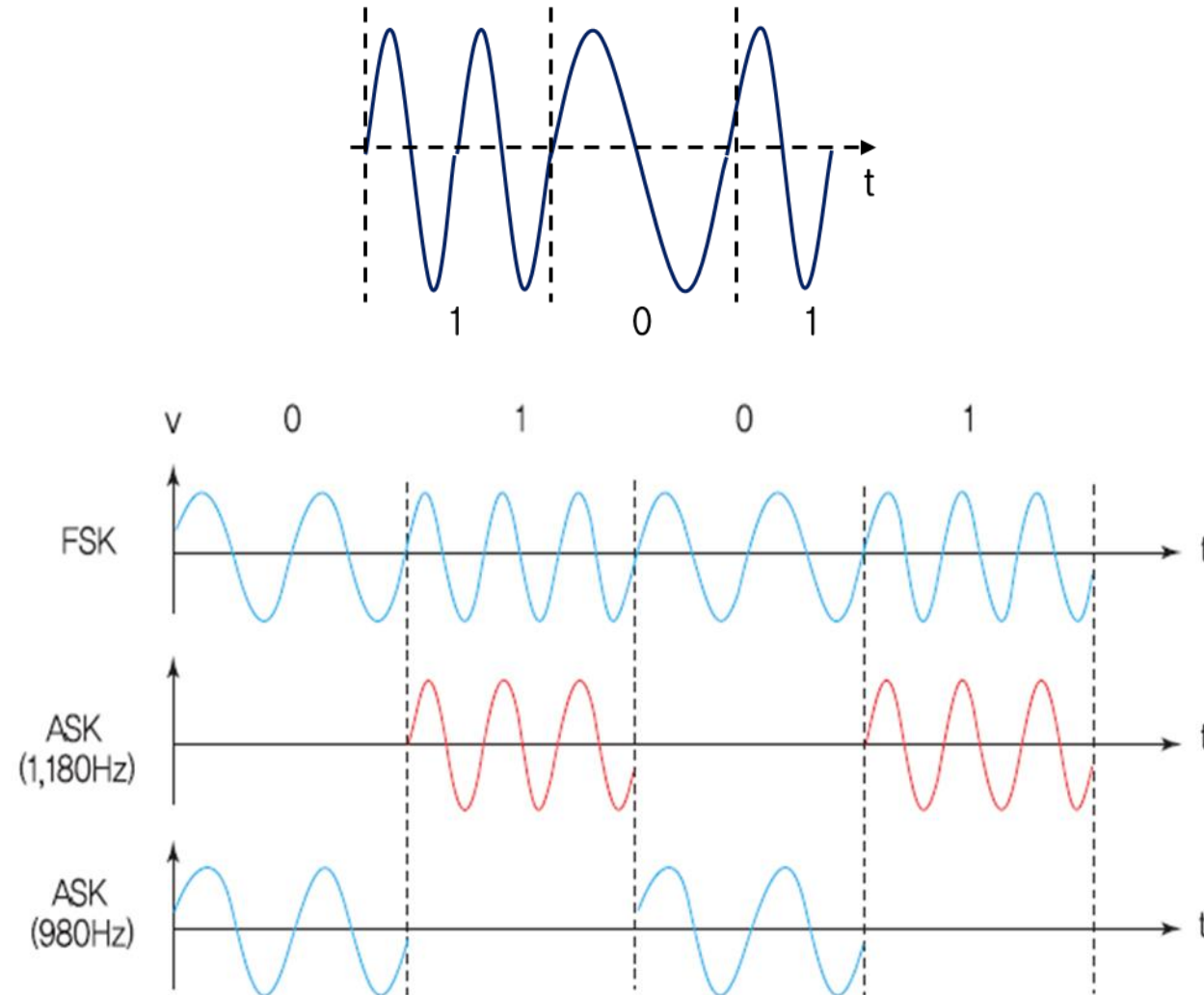


- 송신측에서는 이진메시지 0,1 에 대해서 $S_0(t)$, $S_1(t)$ 를 송신신호 로 송신
- 통신채널에서는 잡음 $n(t)$ 가 추가되어, 수신신호 $r(t)$ 라고 하면
$$r(t) = s(t) + n(t)$$
- 수신측에서는 수신 신호 $r(t)$ 를 최적필터를 통과시킨 후, 얻은 값에서 $S_0(t)$ 혹은 $S_1(t)$ 에 가까운지를 판단함.

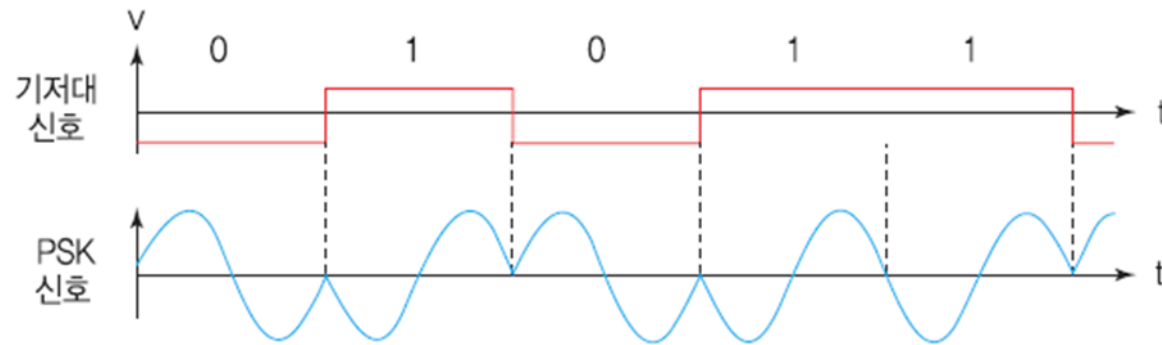
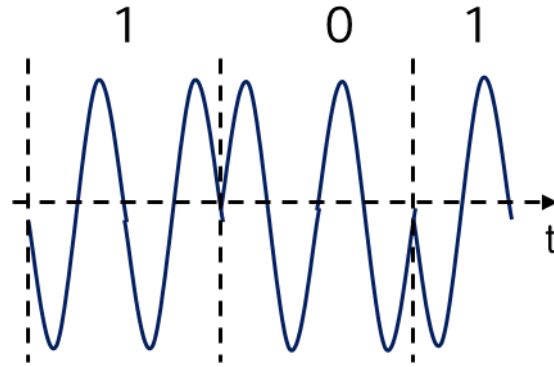
ASK(Amplitude Shift Keying)



FSK (Frequency Shift Keying)

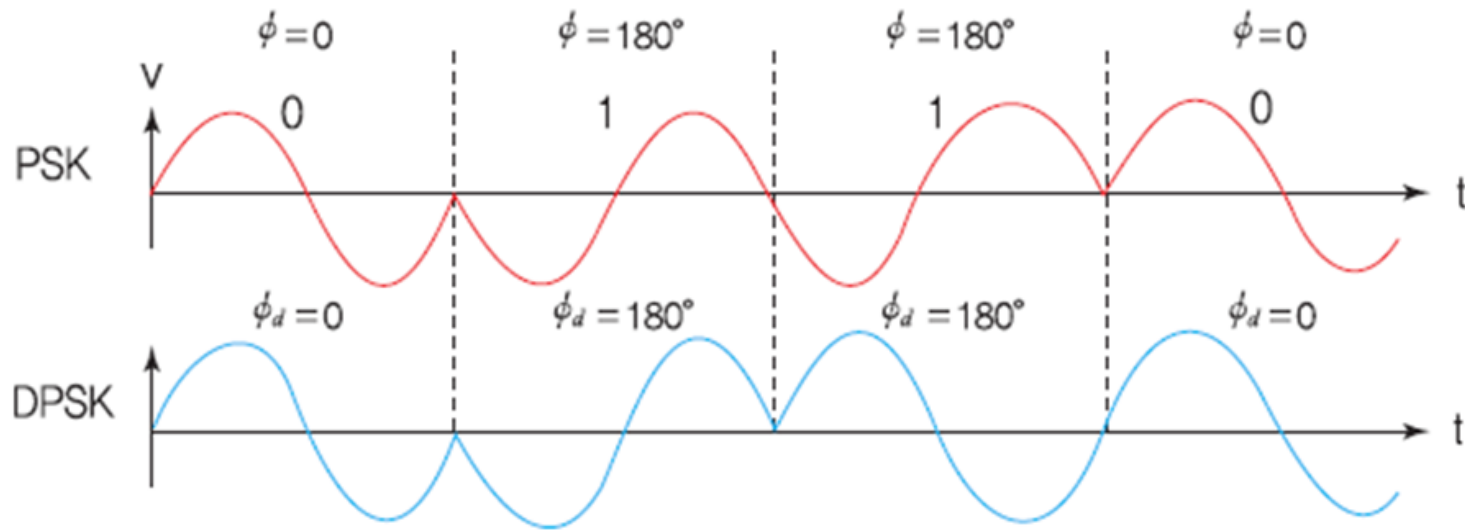


PSK (Phase Shift Keying)



DPSK (Differential PSK)

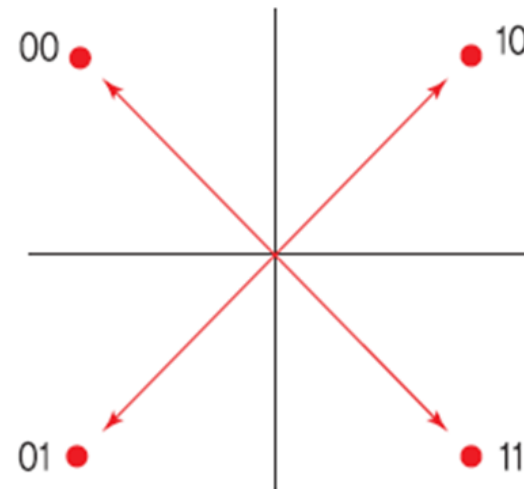
- 전의 신호위상을 기준으로 1표시 비트에서는 위상을 180° 변환, 0은 그대로
- 수신 측에서 이전 위상만 비교하면 되므로 송신 측과 위상 동기화 필요 없다.



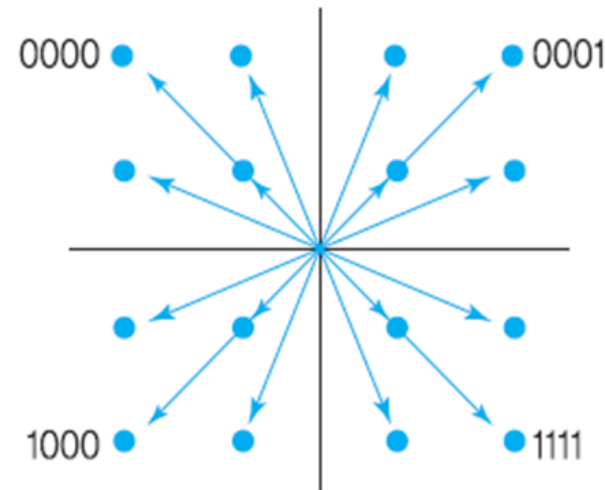
PSK와 ASK의 변형

- QPSK (Quadrature PSK)
- QAM (Quadrature Amplitude Modulation) = QAPSK = QASK
 - 저속 = DPSK, 고속 = QPSK, QAM
 - 64QAM, 256QAM, 4096QAM
 - 64 QAM (36Mbps)

FSK	1,200bps 이하
PSK	2,400-4,800bps
QPSK	9,600bps 이상



(a) QPSK



(b) QAM

아날로그 전송 vs 디지털 전송

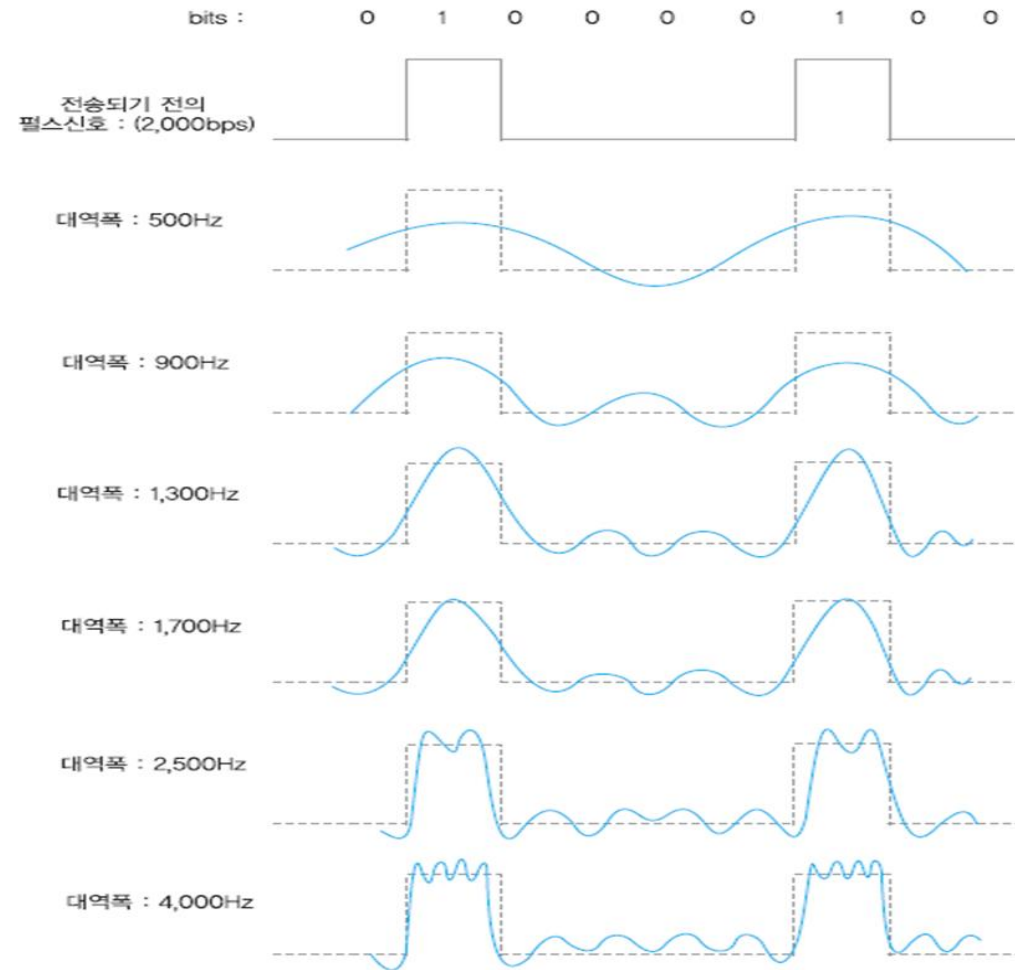
- 아날로그 전송

- 전송 매체를 통해 데이터를 전송할 때의 신호가 아날로그 형태
- 장거리 전송시 증폭기가 필요

- 디지털 전송

- 전송 매체를 통해 데이터를 전송할 때의 신호가 디지털 형태
- 장거리 전송시 재생 중계기(repeater)가 필요

전송용량에 따른 디지털신호의 형태



푸리에 정리

- 모든 주기신호는 기준주파수를 갖는 파형과 기준주파수의 정수 배를 갖는 파형들의 합으로 표현됨

$$x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(2\pi n f_0 t)$$

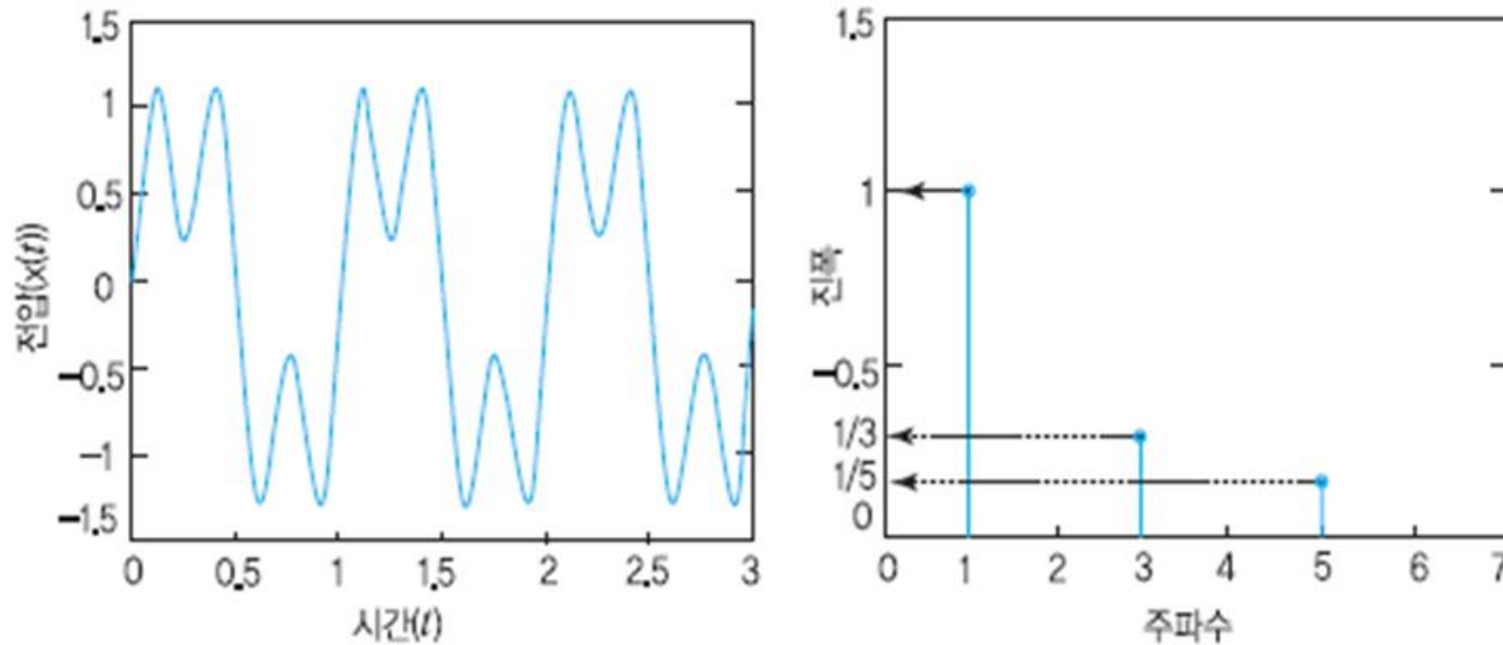
$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \sin(2\pi n f_0 t) dt$$

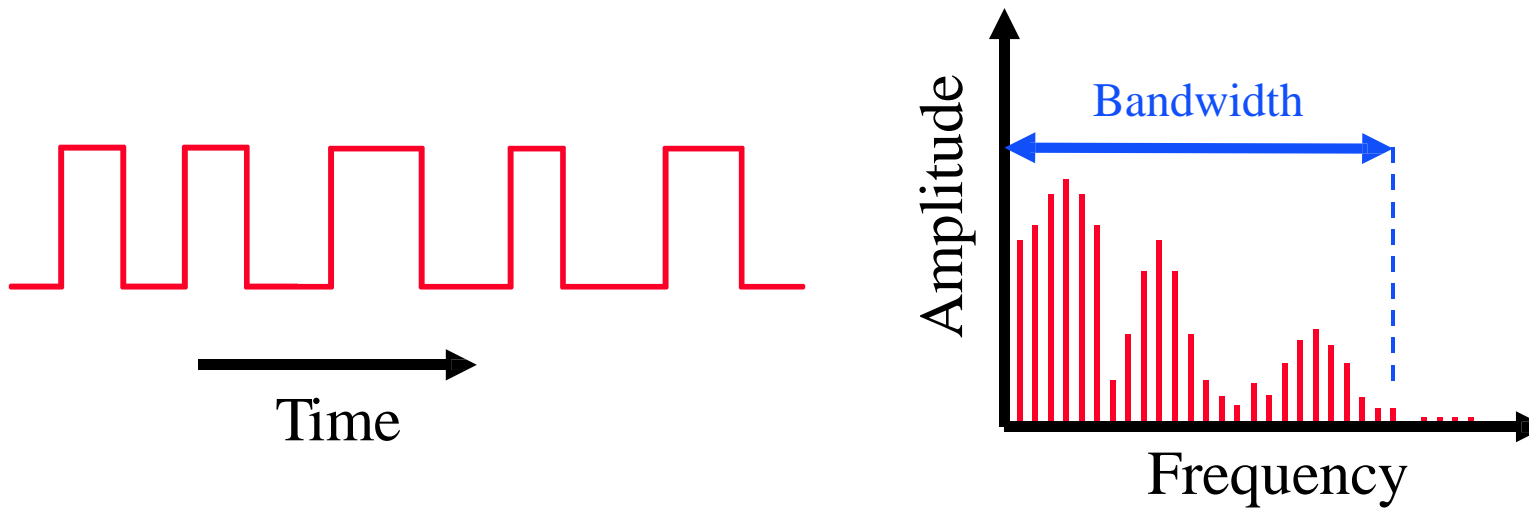
신호의 분석: 신호를 보는 관점(1)

- 시간영역(Time domain)과 주파수영역(Frequency domain)



주파수 영역 (The Frequency Domain)

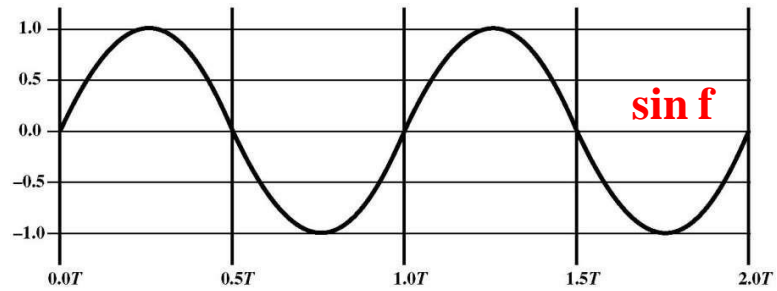
- A (periodic) signal can be viewed as a sum of sine waves of different strengths.
 - Corresponds to energy at a certain frequency
- Every signal has an equivalent representation in the frequency domain.
 - What frequencies are present and what is their strength (energy)
- We can translate between the two formats using a fourier transform



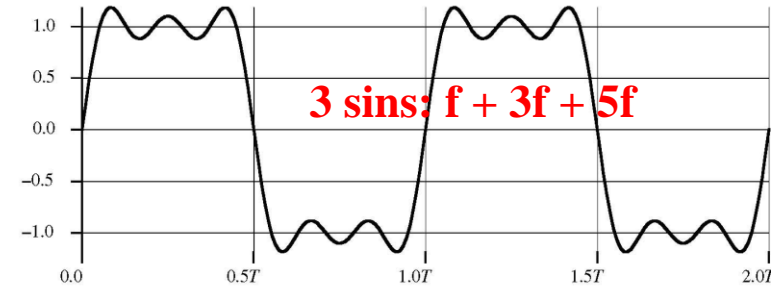
Relationship between Data Rate and Bandwidth

- The greater the (spectral) bandwidth, the higher the information-carrying capacity of the signal
- Intuition: if a signal can change faster, it can be modulated in a more detailed way and can carry more data
 - E.g. more bits or higher fidelity music
- Extreme example: a signal that only changes once a second will not be able to carry a lot of bits or convey a very interesting TV channel
- Can we make this more precise?

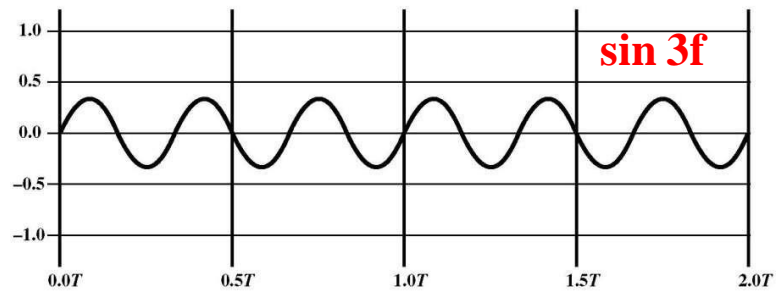
Adding Detail to the Signal:



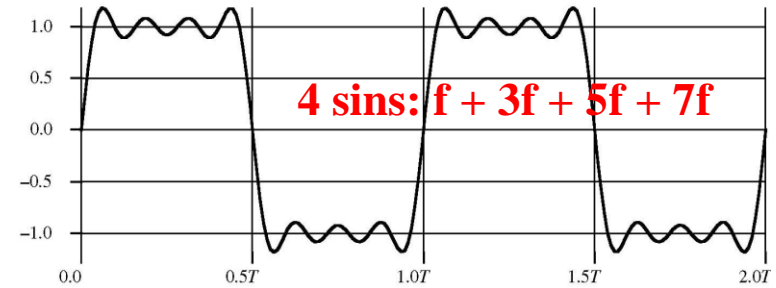
(a) $\sin(2\pi ft)$



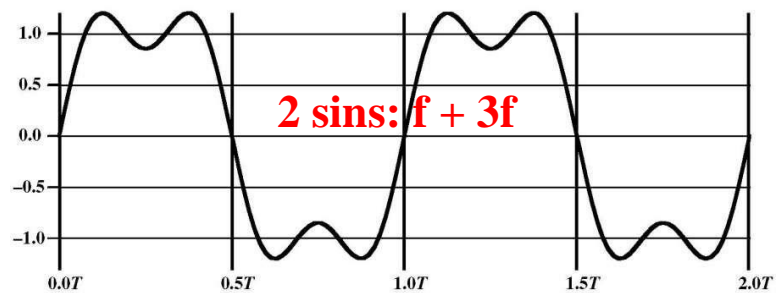
(a) $(4/\pi) [\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi(3f)t) + (1/5)\sin(2\pi(5f)t)]$



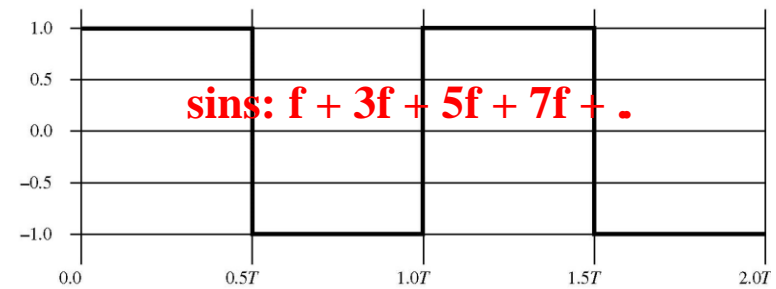
(b) $(1/3)\sin(2\pi(3f)t)$



(b) $(4/\pi) [\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi(3f)t) + (1/5)\sin(2\pi(5f)t) + (1/7)\sin(2\pi(7f)t)]$



(c) $(4/\pi) [\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi(3f)t)]$

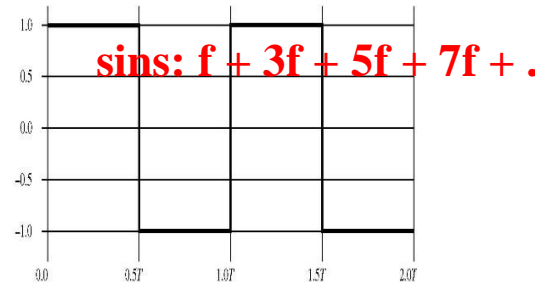
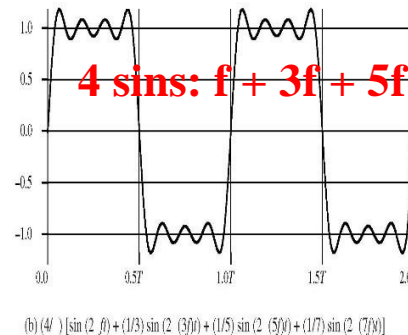
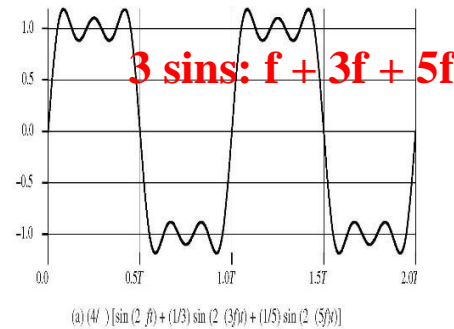
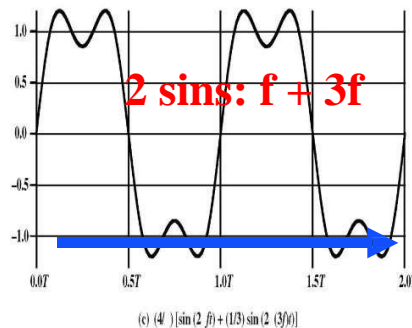
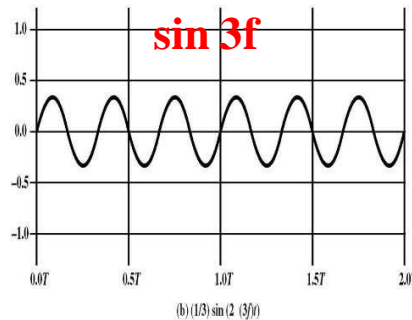
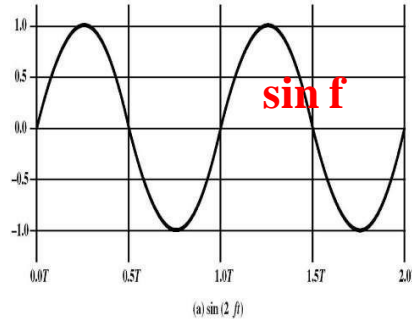


(c) $(4/\pi) \sum (1/k) \sin(2\pi(kf)t), \text{ for } k \text{ odd}$

Some Intuition

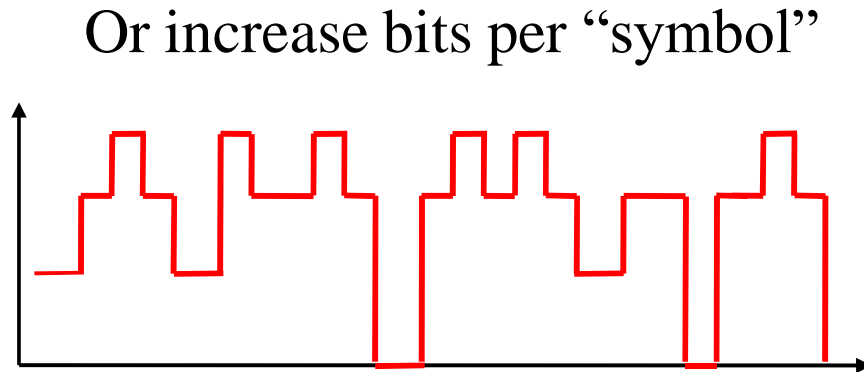
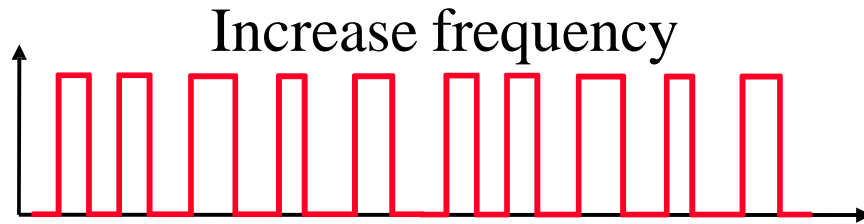
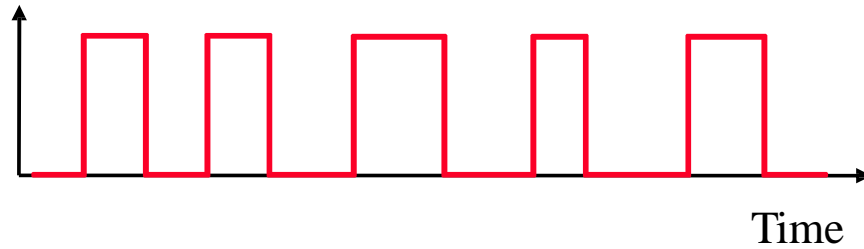
- Smooth time domain signal has narrow frequency range
 - Sine wave → pulse at exactly one frequency
- Adding detail widens frequency range
 - Need to add additional frequencies to represent details
 - Very sharp edges are especially bad (many frequencies)
- The opposite is also true
 - Pulse (very sharp edge!) in time domain has a very wide spectrum
 - Same is true for random noise (“noise floor”)
- Implication: modulation has a big impact on how much (scarce) spectrum is used

What happens when I Double the Bandwidth?



- Shown here by scaling by two along time axis
- What happens to spectrum use?
- We have to double frequencies: $f \rightarrow 2f$
- This means that we double the frequency range

Increasing the Bit Rate

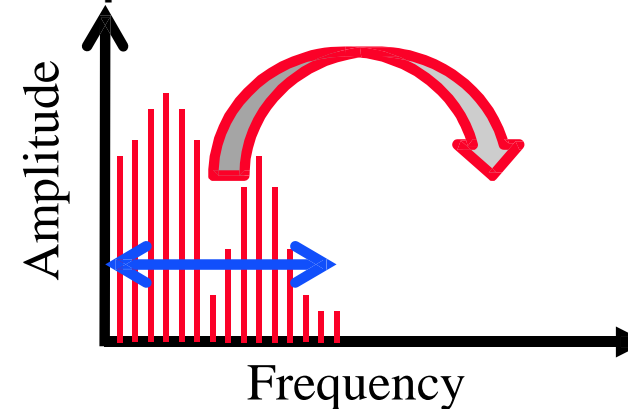


- **Increases the rate at which the signal changes.**

- » Proportionally increases all signals present, and thus the spectral bandwidth

- **Increase the number of bits per change in the signal**

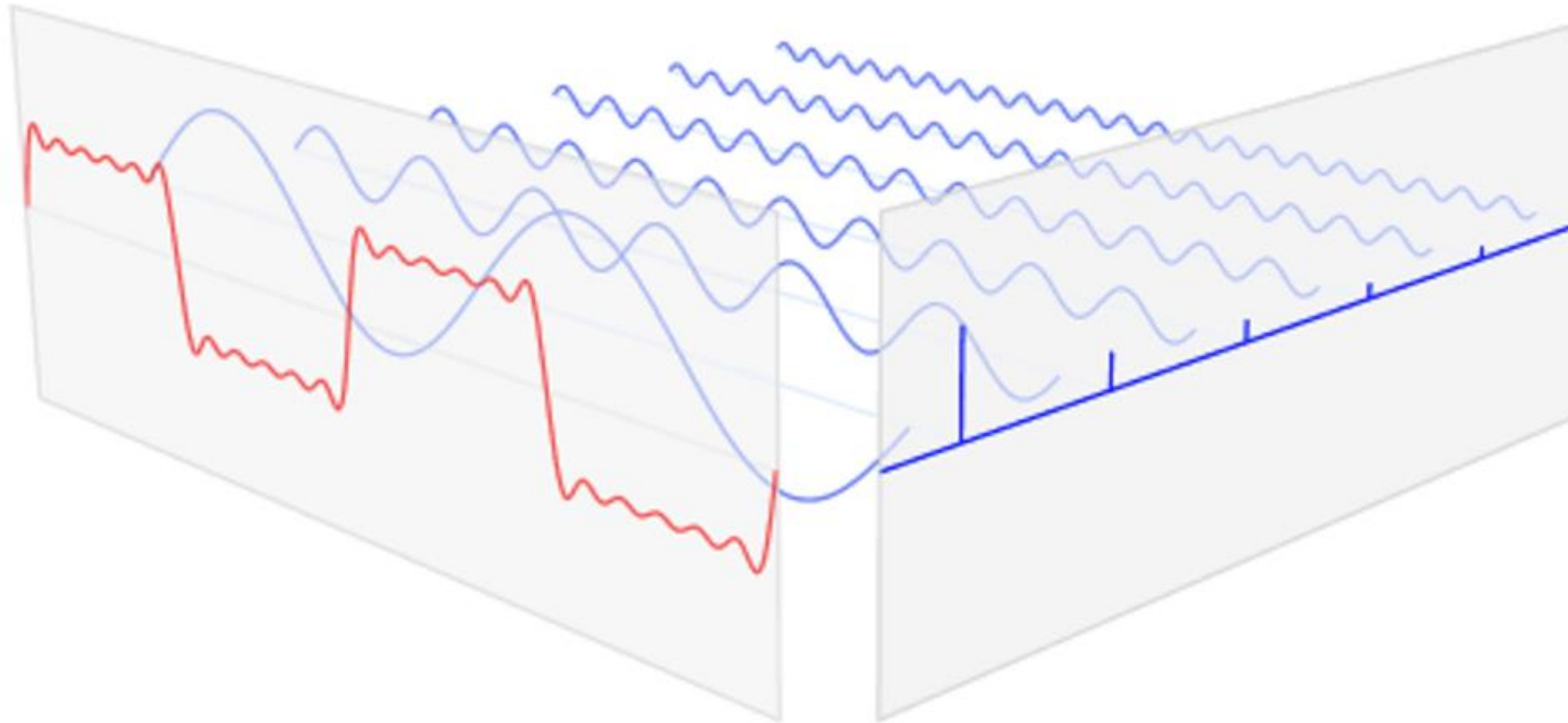
- » Adds detail to the signal, which also increases the spectral BW



So Why Don't we Always Send a Very High Bandwidth Signal?

- Channels have a limit on the type of signals they can carry effectively
- Wires only transmit signals in certain frequency ranges
 - » Stronger attenuation and distortion outside of range
- Wireless radios are only allowed to use certain parts of the spectrum
 - » The radios are optimized for that frequency band
- Distortion makes it hard for receiver to extract the information
 - » A major challenge in wireless

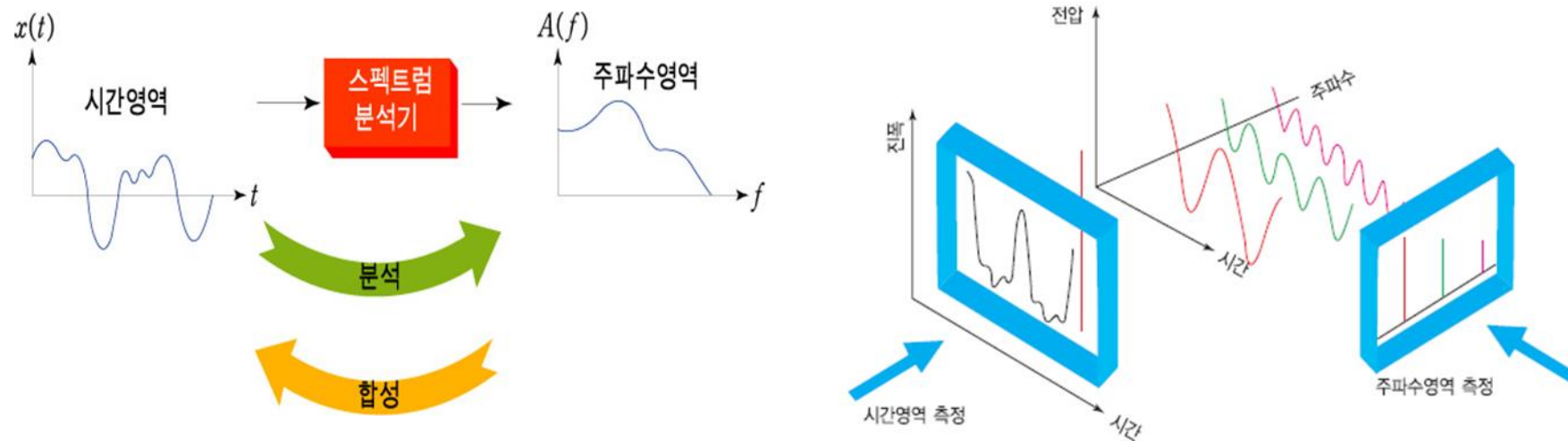




<https://www.ritchievink.com/blog/2017/04/23/understanding-the-fourier-transform-by-example/>

신호의 분석: 신호를 보는 관점

- 분석(Analysis)과 합성(Synthesis)



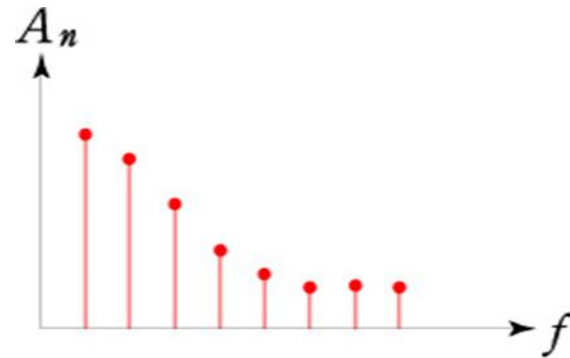
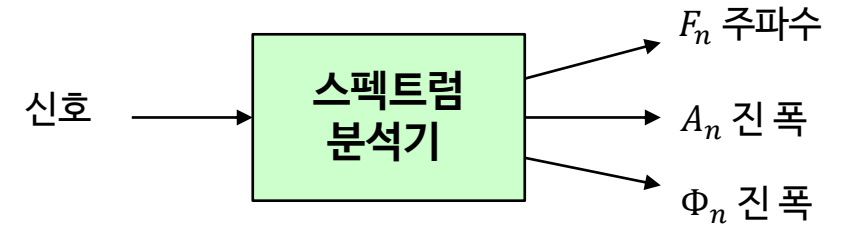
분석: 푸리에 변환(Fourier transform)

합성: 역 푸리에 변환(Inverse Fourier transform)

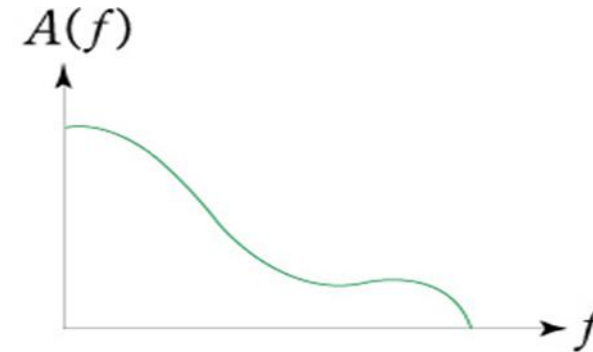
예: 오디오와 귀

주파수 스펙트럼

- 푸리에 분석으로 나온 진폭/위상을 주파수에 따라 늘어놓은 것: 진폭/위상 스펙트럼
- 파형
 - 주기적인 파형: 이산형 스펙트럼
 - 비주기적 파형: 연속형 스펙트럼
- 주파수반응: Frequency Response
 - 회로를 스펙트럼으로 표현한 것: 균일스펙트럼
 - 출력신호 스펙트럼 = 입력신호스펙트럼 X 주파수반응



(a) 이산형 스펙트럼



(b) 연속형 스펙트럼

대역, 대역폭, 여과

- 대역 (Band)

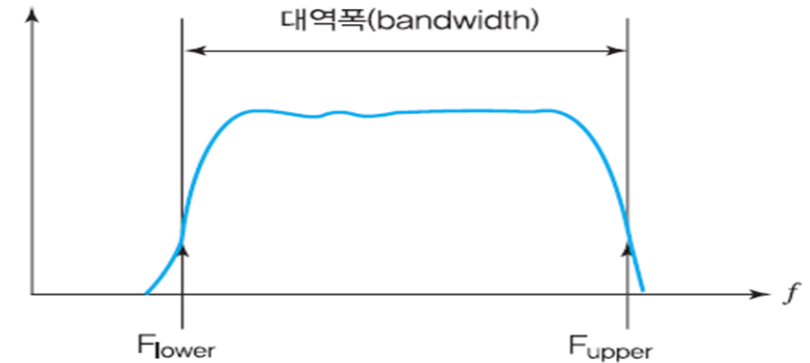
- 주파수 요소가 값을 갖는 범위

- 대역폭 (Band Width): $BW = F_{upper} - F_{lower}$

- 스펙트럼 값이 반으로 주는 곳을 통상적으로 정의
- 넓은 대역폭은 고품질 통신서비스를 위한 필요조건
- 채널과 대역폭

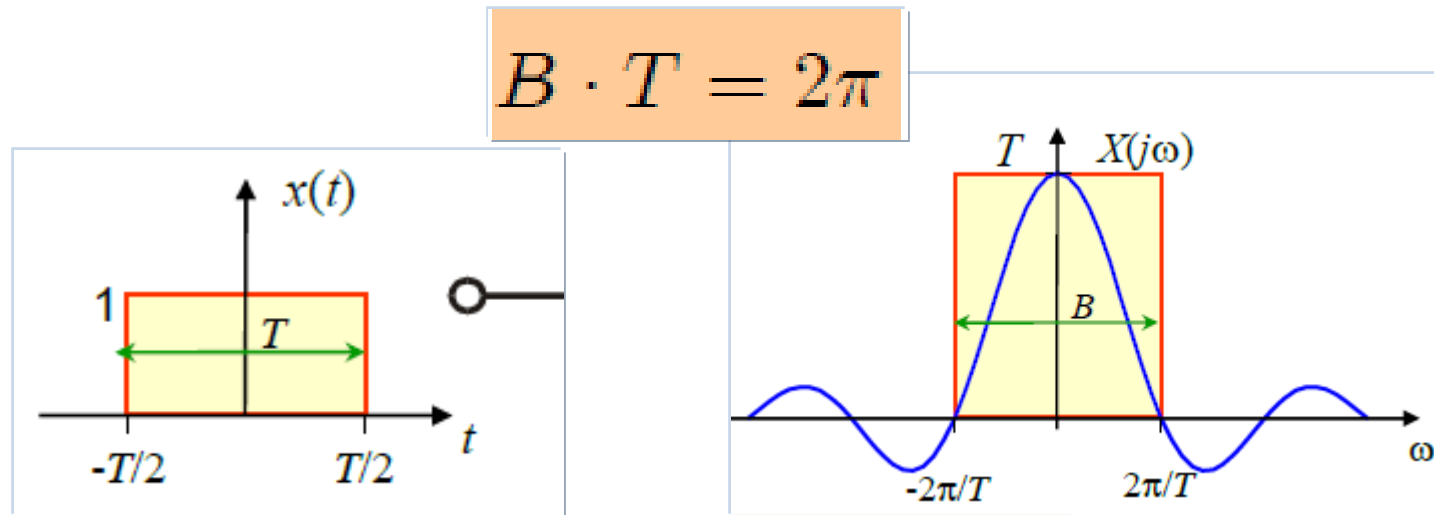
- 여과 (Filter)

- 특정범위 주파수요소 만을 선택/배제하는 과정
- TV, 라디오의 채널선택
- 통과허용 과 금지구간의 경계를 명확히 할 수록 복잡하고 비용많이 든다. 비용 대 성능



전송속도와 필요대역폭

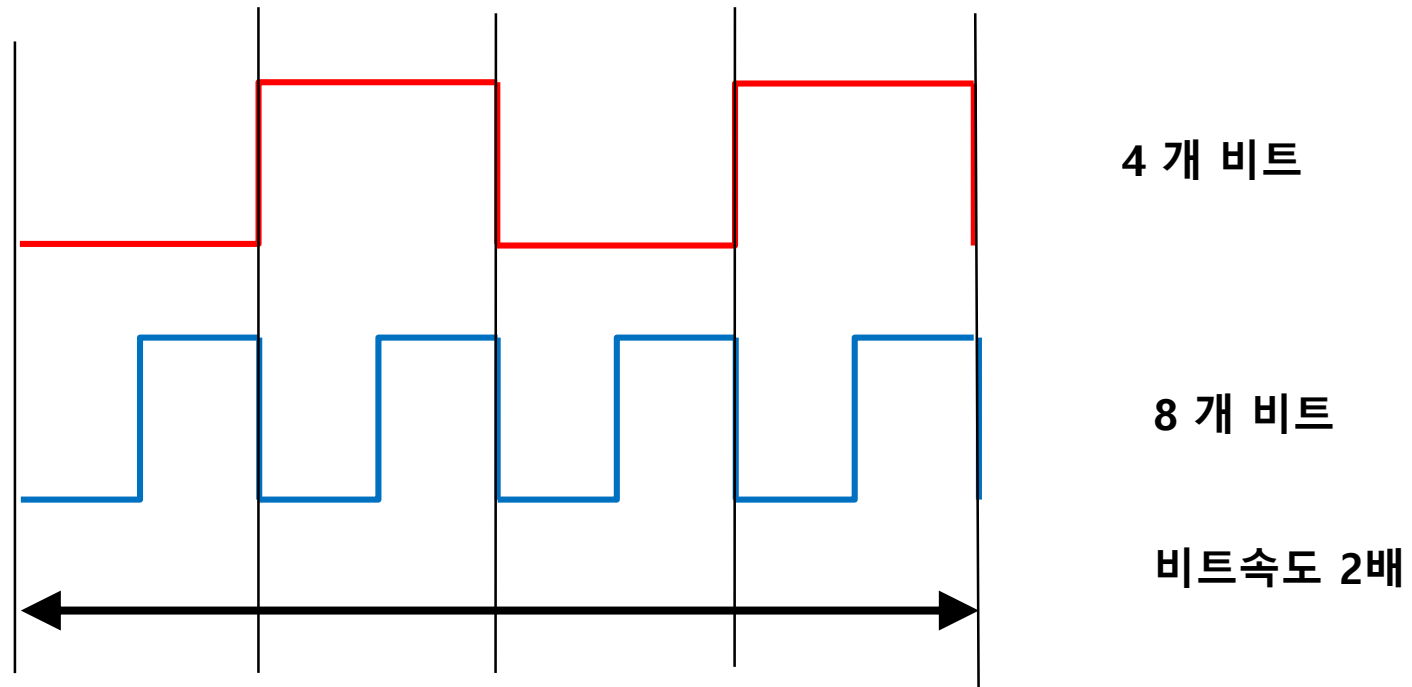
- 단위 시간에 전송하는 데이터 비트수를 데이터 속도라고 함.
- 데이터 속도를 2배로 늘리면, 비트수가 2배임.
- 펄스의 폭이 1/2로 줄어들고, 대역폭은 넓어짐.



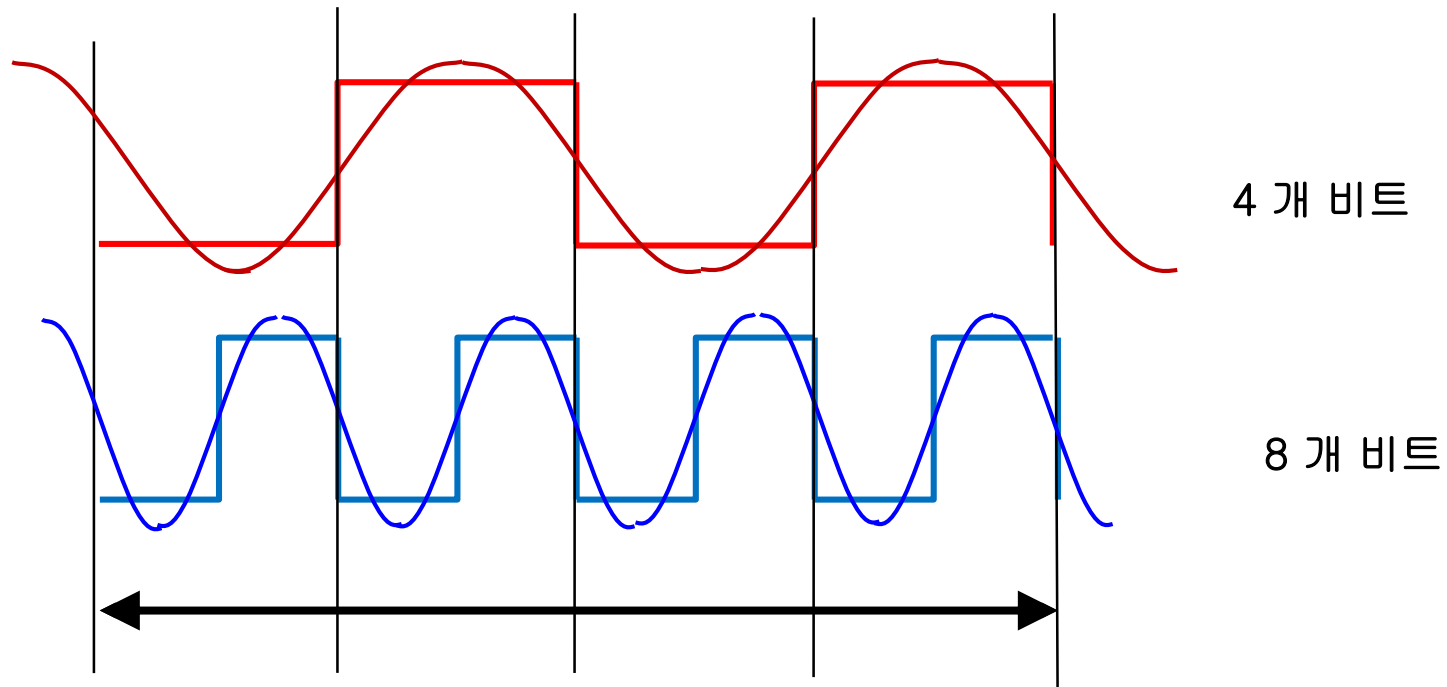
Mega bit per second

Mbps
Gbps
Kbps

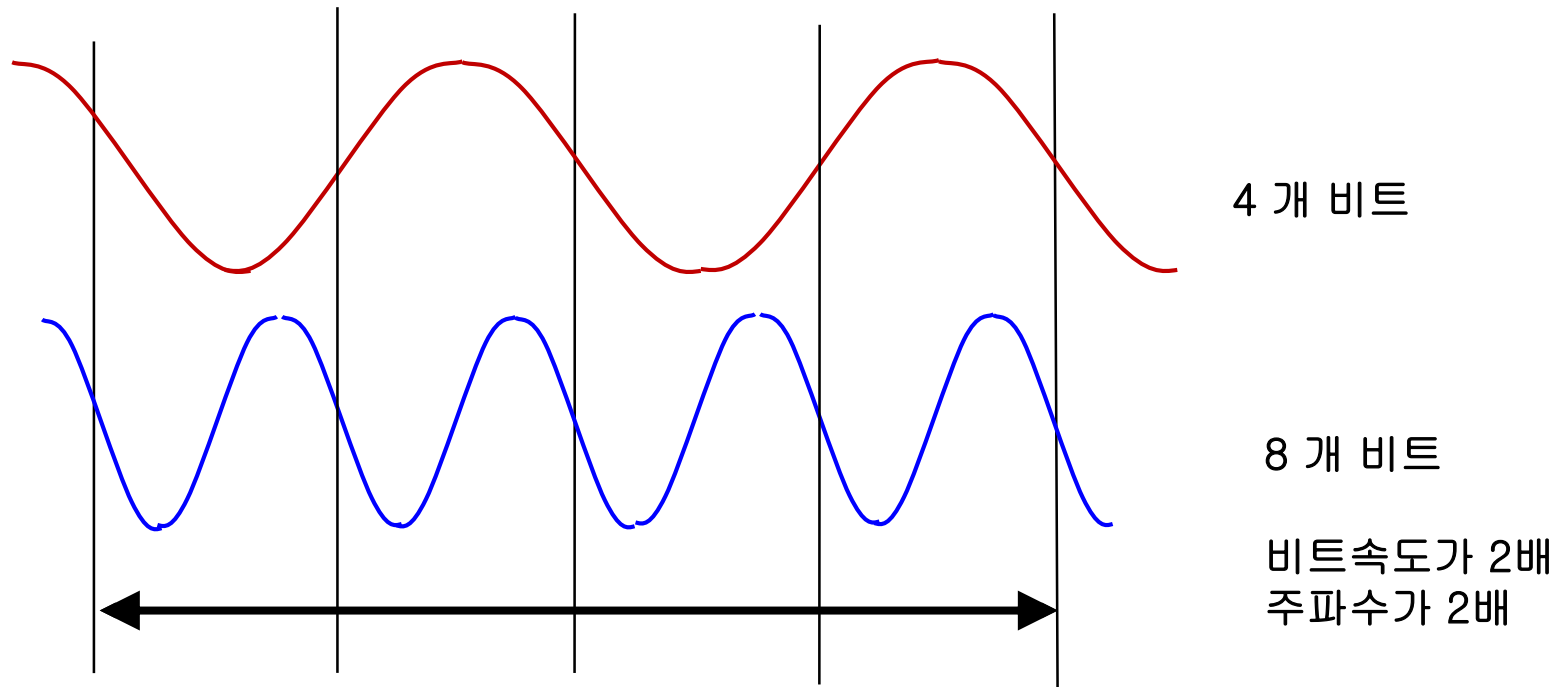
디지털 데이터 전송속도와 필요대역폭



디지털 데이터 전송속도와 필요대역폭



디지털 데이터 전송속도와 필요대역폭



전송속도가 높으면 주파수가 높아진다.

Engineering sense = rule of thumb

1 Mbps \rightarrow $2.5 \times \text{Bit 속도} = \text{대역폭} = 2.5\text{MHz}$