

# 데이터 통신

## 제 4강 신호(Signal)

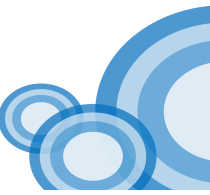
- 소 속 : 한국기술교육대 컴퓨터공학부
- 담당교수 : 김 원 태 교수
- 이 메 일 : wtkim@koreatech.ac.kr

4.1 아날로그와 디지털

4.2 주기 신호와 비주기 신호

4.3 아날로그 신호

4.4 디지털 신호



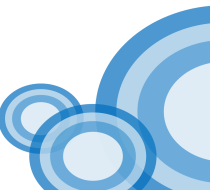
## ❖ 4.1 아날로그&amp; 디지털

## ❖ 4.2 주기/비주기신호

## ❖ 4.3 아날로그 신호

## ❖ 4.4 디지털 신호

- ❖ 물리층의 가장 중요한 기능은 정보를 전송매체를 통해 전자기적 신호 형태로 전달하는 것
- ❖ 정보에는 숫자와 문자, 이미지, 음성, 영상 데이터 등이 있음
- ❖ 정보를 전송하기 위해서 전기적인 신호로 변환하여 전송매체를 통해 전달



## 정보를 신호로 변환

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

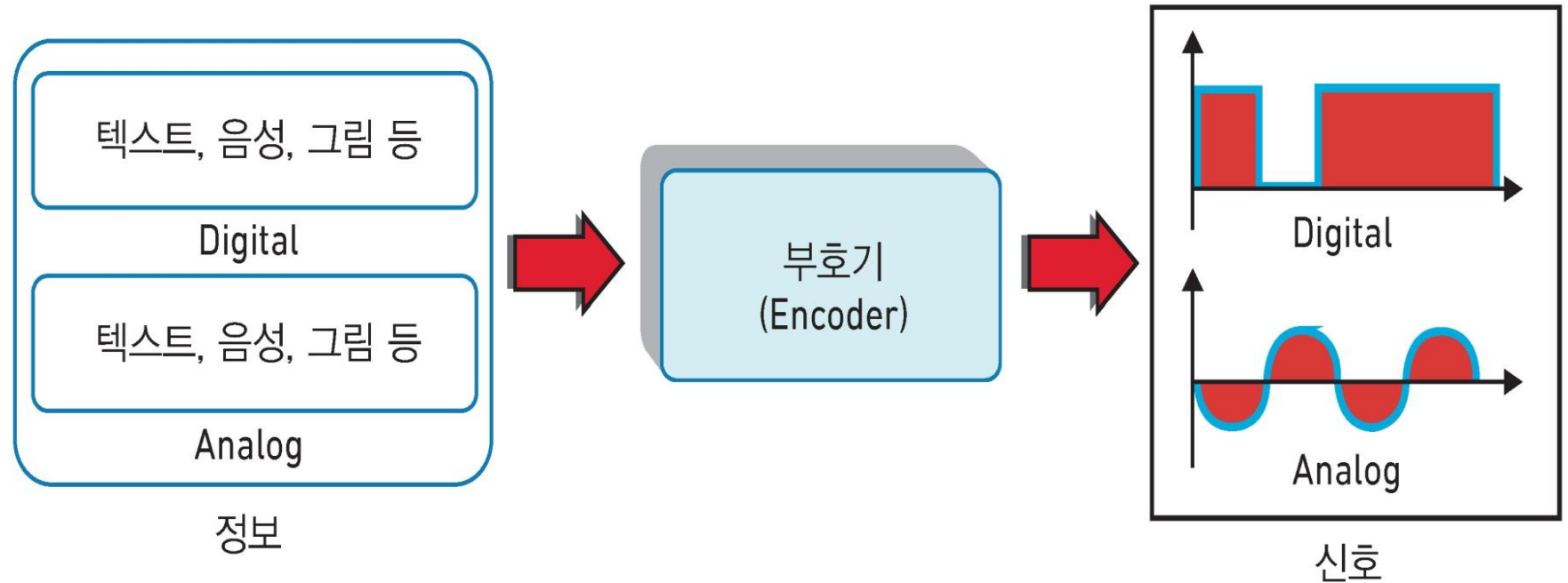
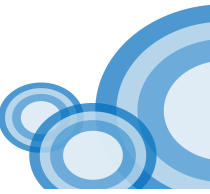


그림 4.1 정보의 신호로 변환



## 4.1 아날로그와 디지털

### ❖ 4.1 아날로그& 디지털

### ❖ 4.2 주기/비주기신호

### ❖ 4.3 아날로그 신호

### ❖ 4.4 디지털 신호

- ❖ 아날로그 정보 : 연속적(continuous) : 무게, 키
- ❖ 디지털 정보 : 이산적(discrete) : 학생 수
- ❖ 예: 아날로그와 디지털 시계



a. 아날로그



b. 디지털

그림 4.2 아날로그와 디지털 시계



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

- ❖ 아날로그 신호는 범위내의 값을 갖는다
- ❖ 디지털 신호는 값의 어떤 제한된 수를 갖는다
- ❖ 아날로그와 디지털 신호의 비교

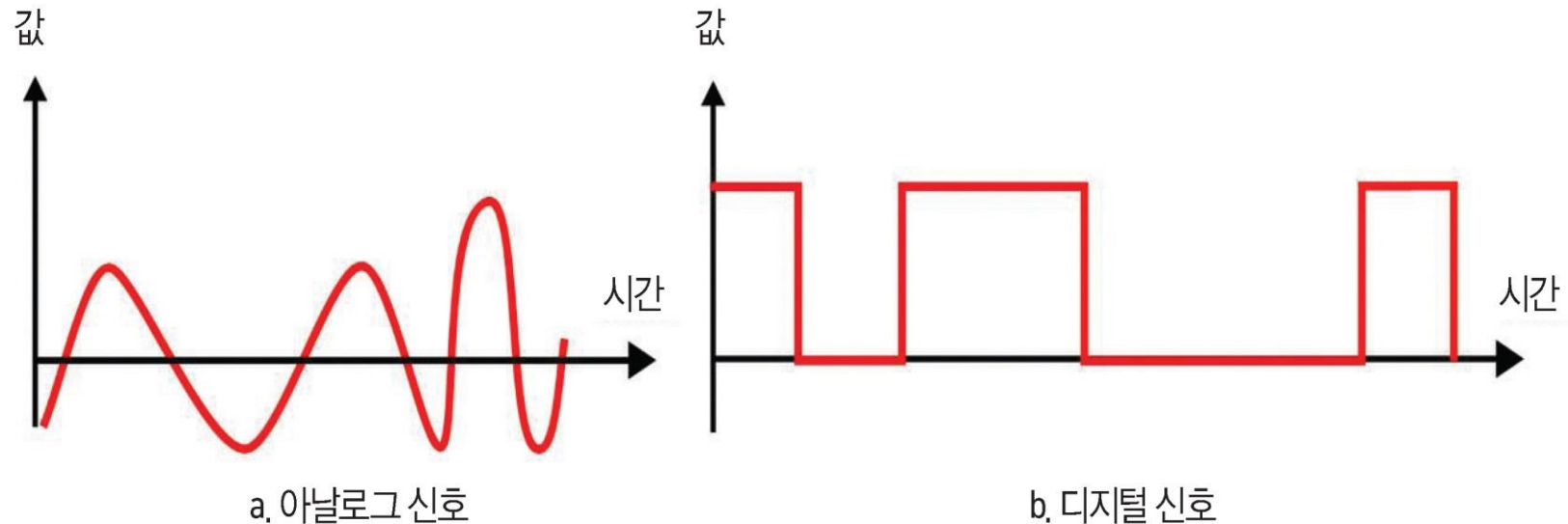


그림 4.3 아날로그와 디지털 신호의 비교



## 4.2 주기 신호와 비주기 신호

❖ 4.1 아날로그& 디지털

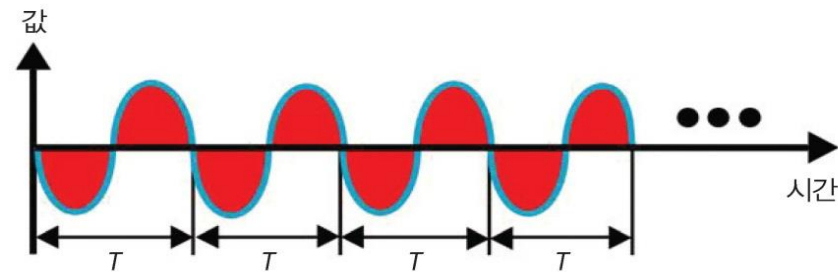
❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

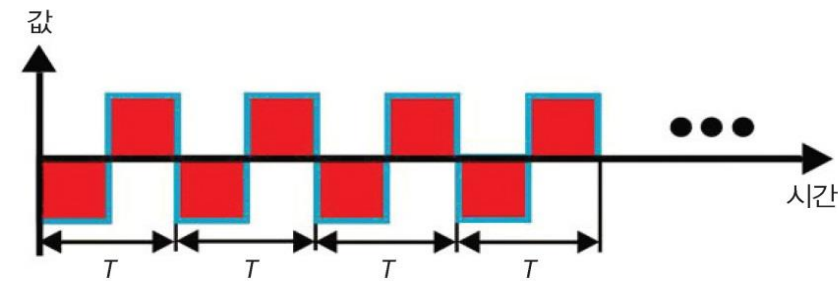
❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 주기 신호(periodic signal)

- 연속적으로 반복된 패턴으로 구성
- 신호의 주기( $T$ )는 초 단위로 표현

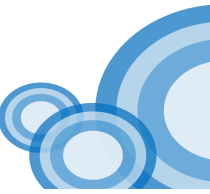


a. 아날로그



b. 디지털

그림 4.4 주기 신호의 예



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 비주기 신호(aperiodic signal)

- 시간에 따라 반복된 패턴이나 사이클이 없이 항상 변한다
- 신호는 반복된 패턴이 없다

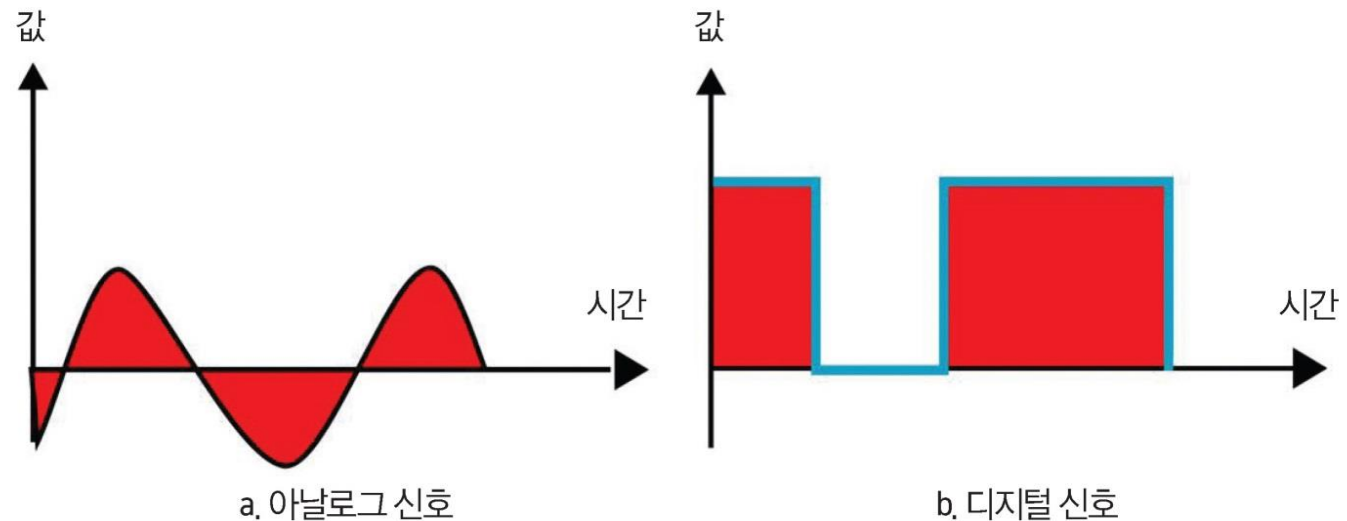
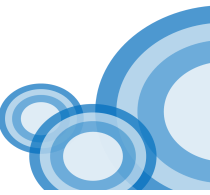


그림 4.5 비주기 신호의 예





❖ 4.1 아날로그&amp; 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 아날로그 신호

- 정현파(sine wave)는 아날로그 주기 신호의 가장 기본적인 형태
- 단순 아날로그 신호

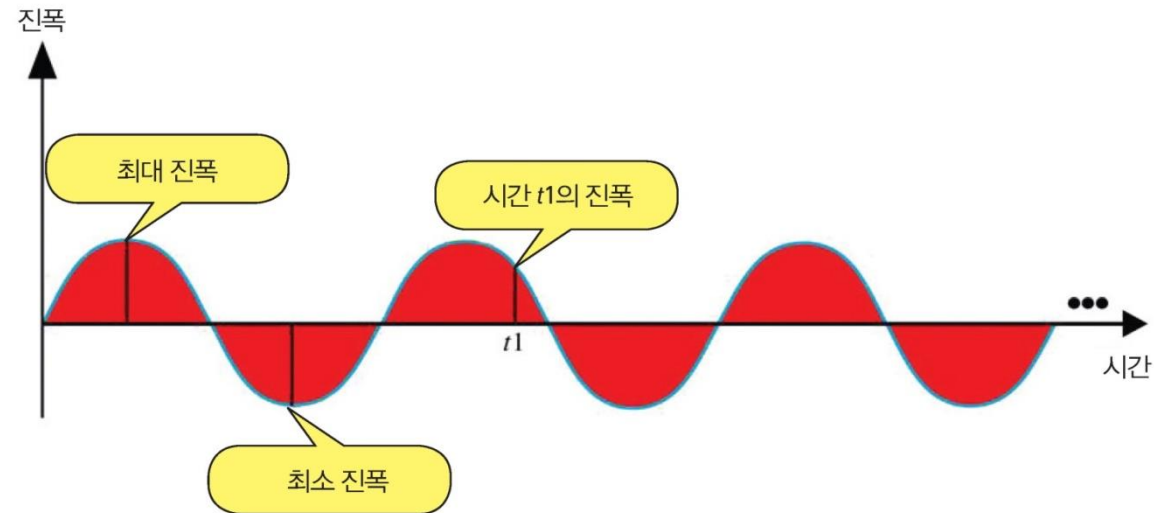
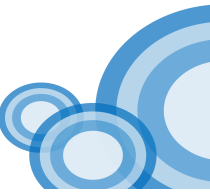


그림 4.6 정현파



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 정현파의 3가지 특성

- amplitude(진폭)
- period(주기), frequency(주파수)
- phase(위상)



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

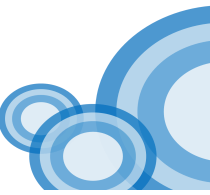
❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 진폭(amplitude)

- 신호의 높이
- 특정 순간의 신호 값; 전압(voltage), 전류(amperes), 전력(watts)

### ❖ 주기(period), 주파수(frequency)

- 주기
  - 하나의 사이클을 완성하는데 필요한 시간(초 단위)
- 주파수
  - 주기의 역수( $1 / T$ ), 초당 주기의 반복 횟수
  - 주파수 =  $1 / \text{주기}$ , 주기 =  $1 / \text{주파수}$
  - $f = 1 / T$  ,  $T = 1 / f$



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

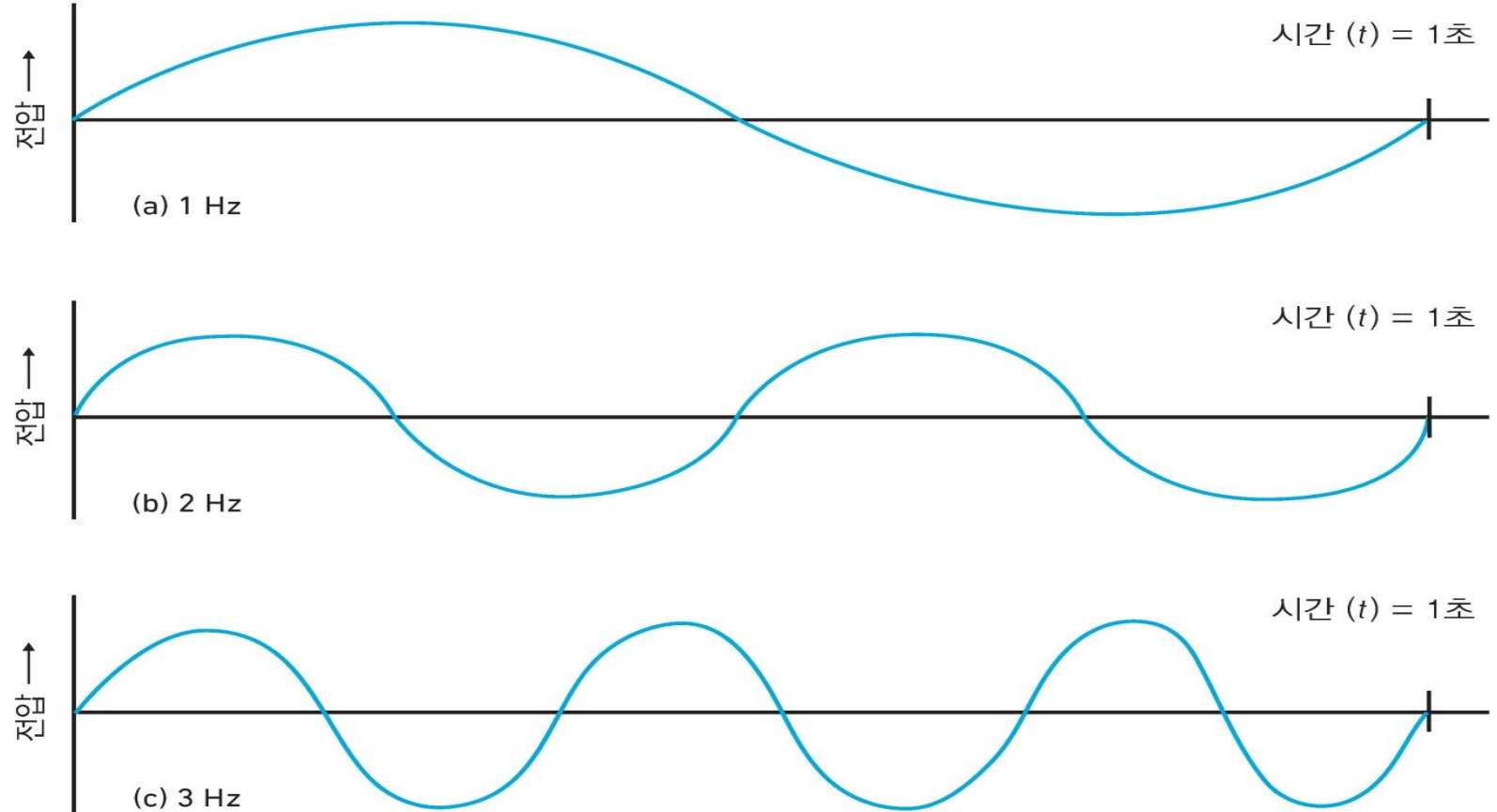


그림 4.7 (a) 1 Hz, (b) 2 Hz, (c) 3 Hz 신호



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ■ 주파수 단위

- 독일 물리학자 하인리히 루돌프 헤르츠(Heinrich Rudolf Hertz)
- Hertz(Hz)로 표현

표 4.2 주파수 단위

단위	헤르츠 단위
Hertz(Hz)	1 Hz
Kilohertz(KHz)	$10^3$ Hz
Megahertz(MHz)	$10^6$ Hz
Gigahertz(GHz)	$10^9$ Hz
Terahertz(THz)	$10^{12}$ Hz



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

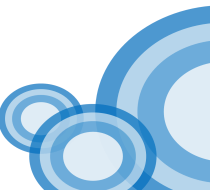
❖ 4.4 디지털 신호

## ■ 주기 단위

- 초로 표현

표 4.1 주기의 단위

단위	초 단위
Second(s)	1 s
Millisecond(ms)	$10^{-3}$ s
Microsecond( $\mu$ s)	$10^{-6}$ s
Nanosecond(ns)	$10^{-9}$ s
Picosecond(ps)	$10^{-12}$ s



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

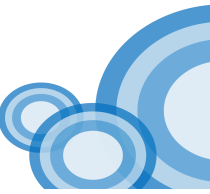
❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 예제 4.1

- 정현파의 주파수가 5KHz 이다. 주기는 얼마인가?

### ❖ 풀이

- $T$  : 주기,  $f$  : 주파수
- $T = 1 / f = 1 / 5,000 = 0.0002 = 200 \text{ microsecond}$



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

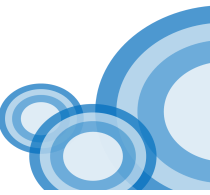
❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 예제 4.2

- 정현파 신호가 한 사이클을 완성하는데  $50\mu\text{s}$  이라면, 이 신호의 주파수는 얼마인가?

### ❖ 풀이

- $T$  : 주기,  $f$  : 주파수
- $f = 1 / T = 1 / (50 \times 10^{-6}) = 20,000 = 20 \text{ KHz}$





❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

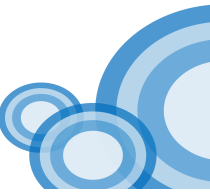
❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 주파수 심화 연구

- 주파수는 시간에 대한 변화율
- 짧은 시간에 변화하면 높은 주파수
- 긴 시간에 변화하면 낮은 주파수

### ❖ 양 극단

- 신호가 변하지 않고 일정한 전압 준위가 계속 유지되면 주파수는 0 Hz이다
- 신호가 순간적으로 변하면 주파수는 무한대이다



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 위상(phase)

- 시간 0 시에 대한 파형의 상대적인 위치
- 첫 사이클의 상태를 표시



## ❖ 여러 위상들의 관계

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

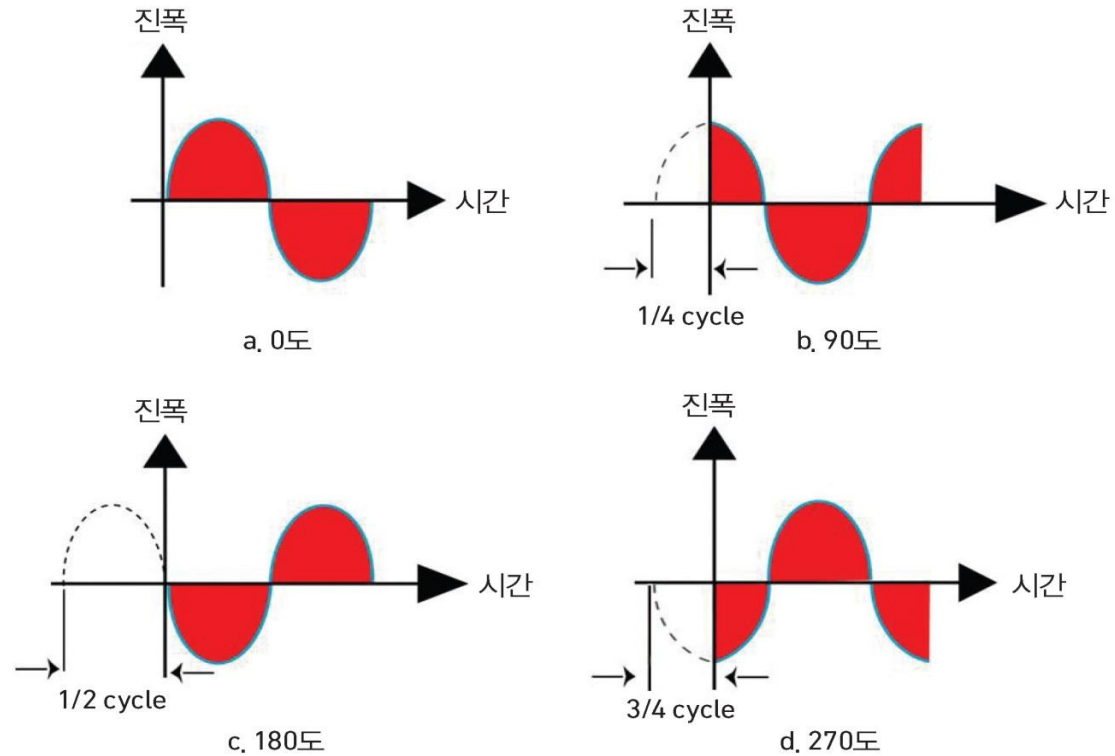


그림 4.8 여러 위상들의 관계



## ❖ 진폭 변화

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

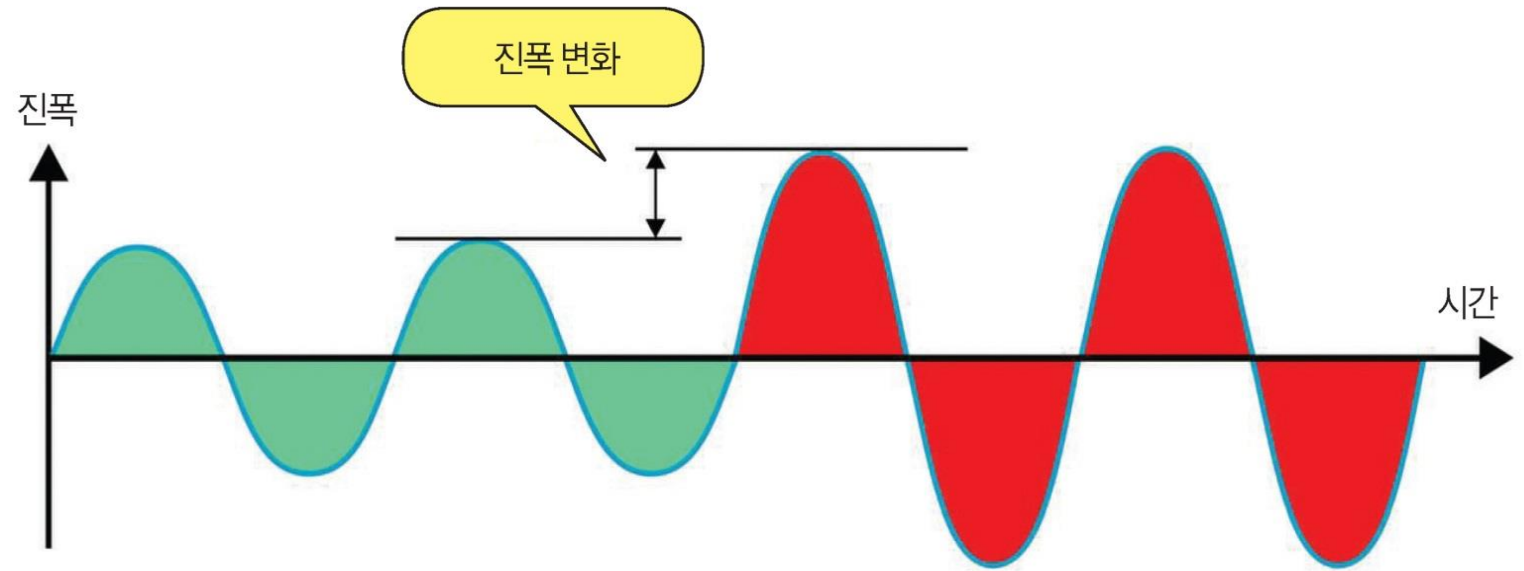
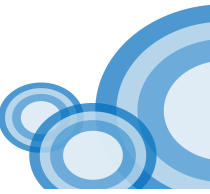


그림 4.9 진폭 변화



## ❖ 주파수 변화

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

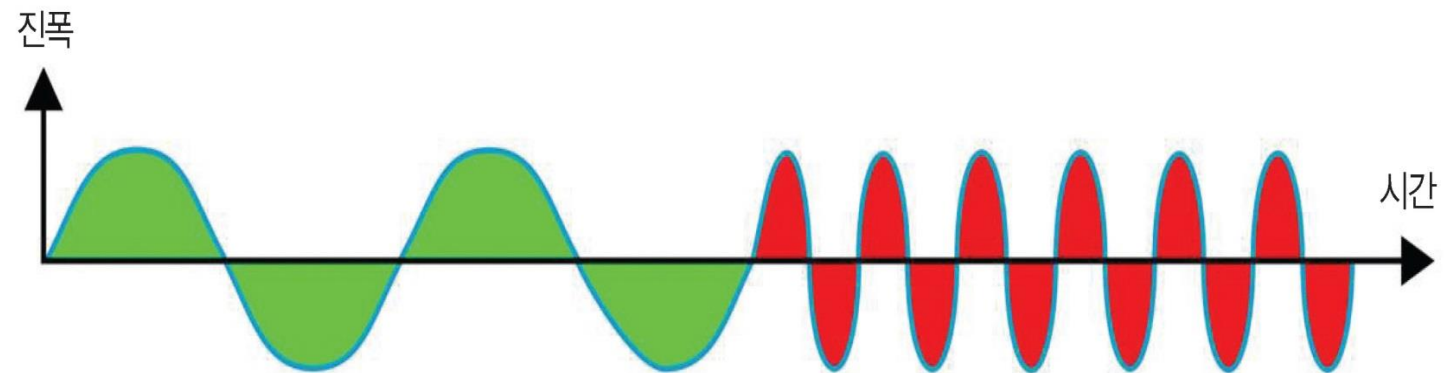
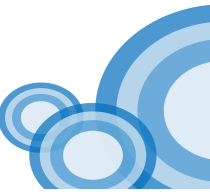


그림 4.10 주파수 변화



## ❖ 위상 변화

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

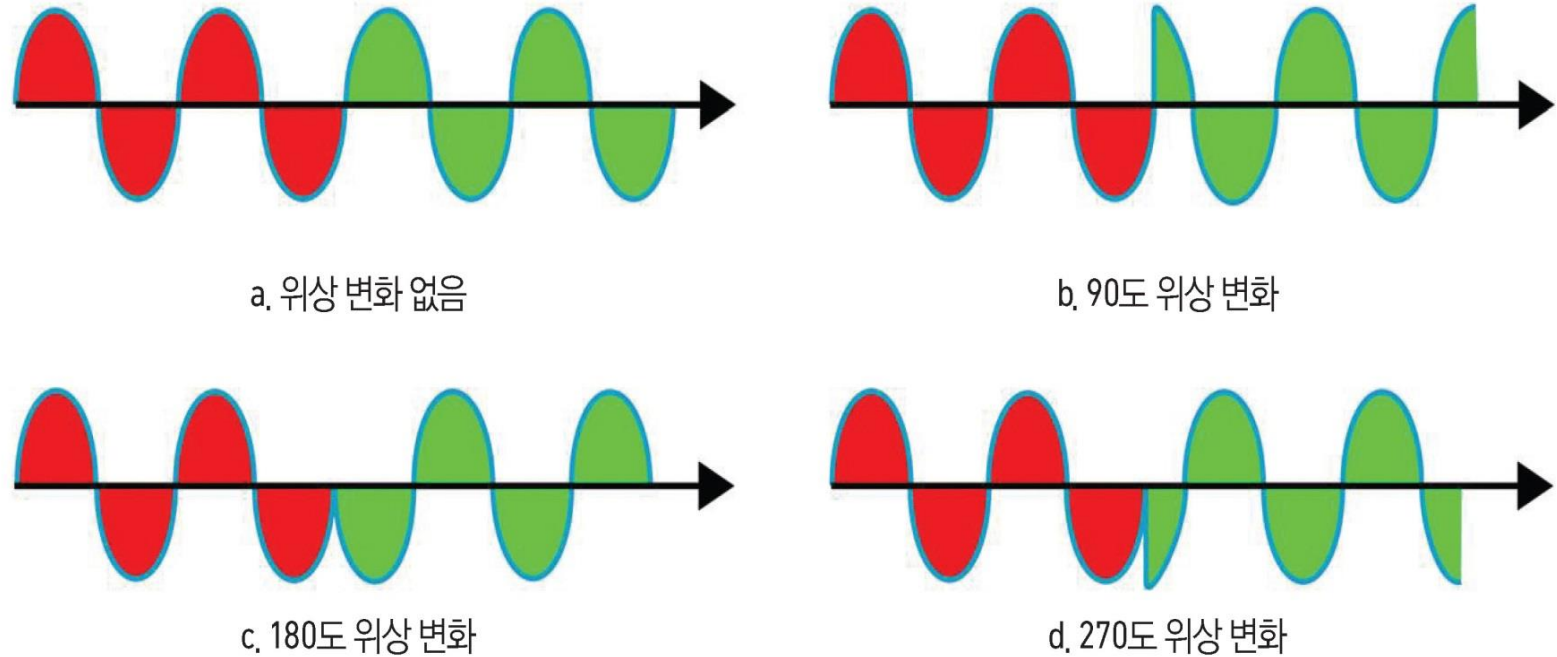


그림 4.11 위상 변화



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 시간 영역 도면 대 주파수 영역 도면

- 시간 영역 도면(time-domain plot) : 시간에 대한 신호의 진폭 변화
- 주파수 영역 도면(frequency-domain plot) : 주파수에 대한 최대 진폭

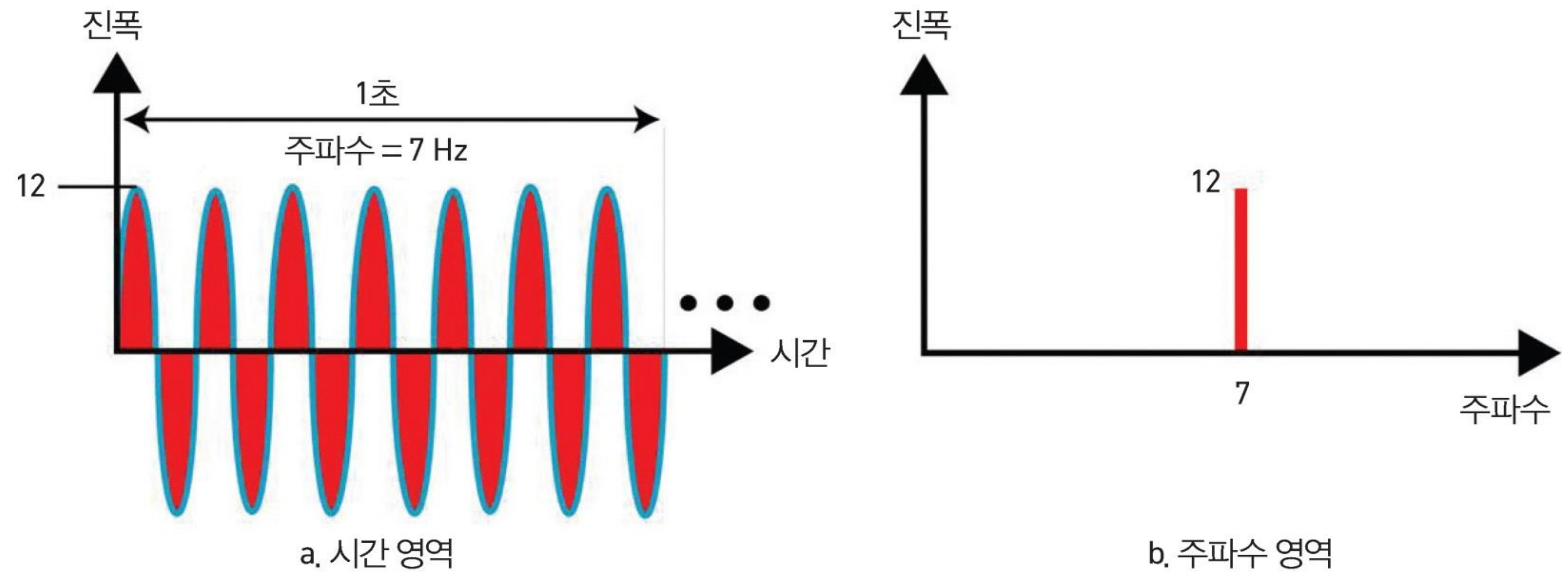


그림 4.12 시간 영역 도면과 주파수 영역 도면

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 서로 다른 신호에 대한 시간과 주파수 영역

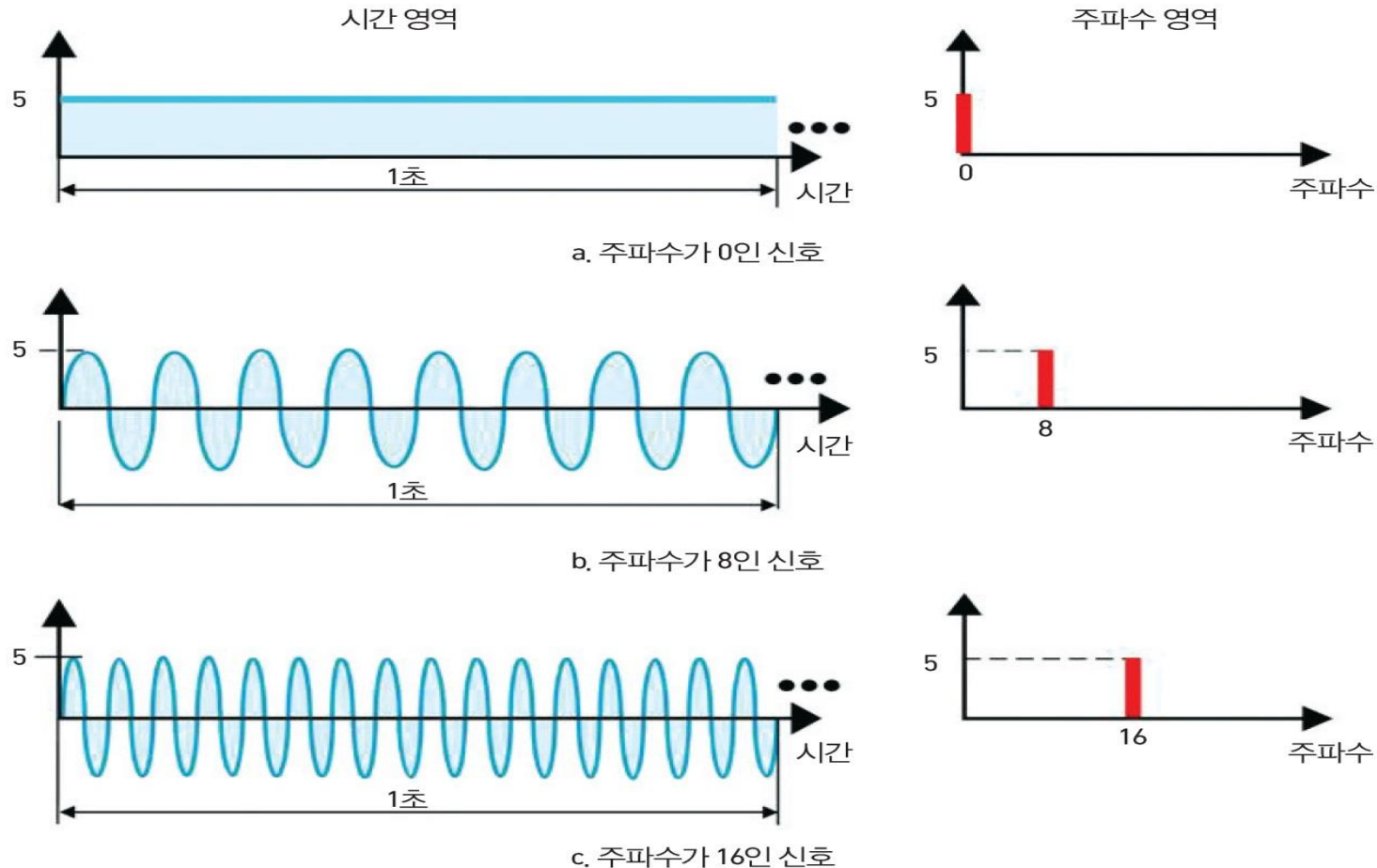


그림 4.13 여러 신호에 대한 시간 영역 도면과 주파수 영역 도면





❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 복합 신호(composite signal)

- 모든 주기 신호는 정현파의 집합으로 분해 가능
- 진폭이 서로 다른 무한개의 홀수 조파 신호(odd harmonic signal)로 디지털 신호를 나타낼 수 있다



## ❖ 직류 요소를 갖는 신호

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

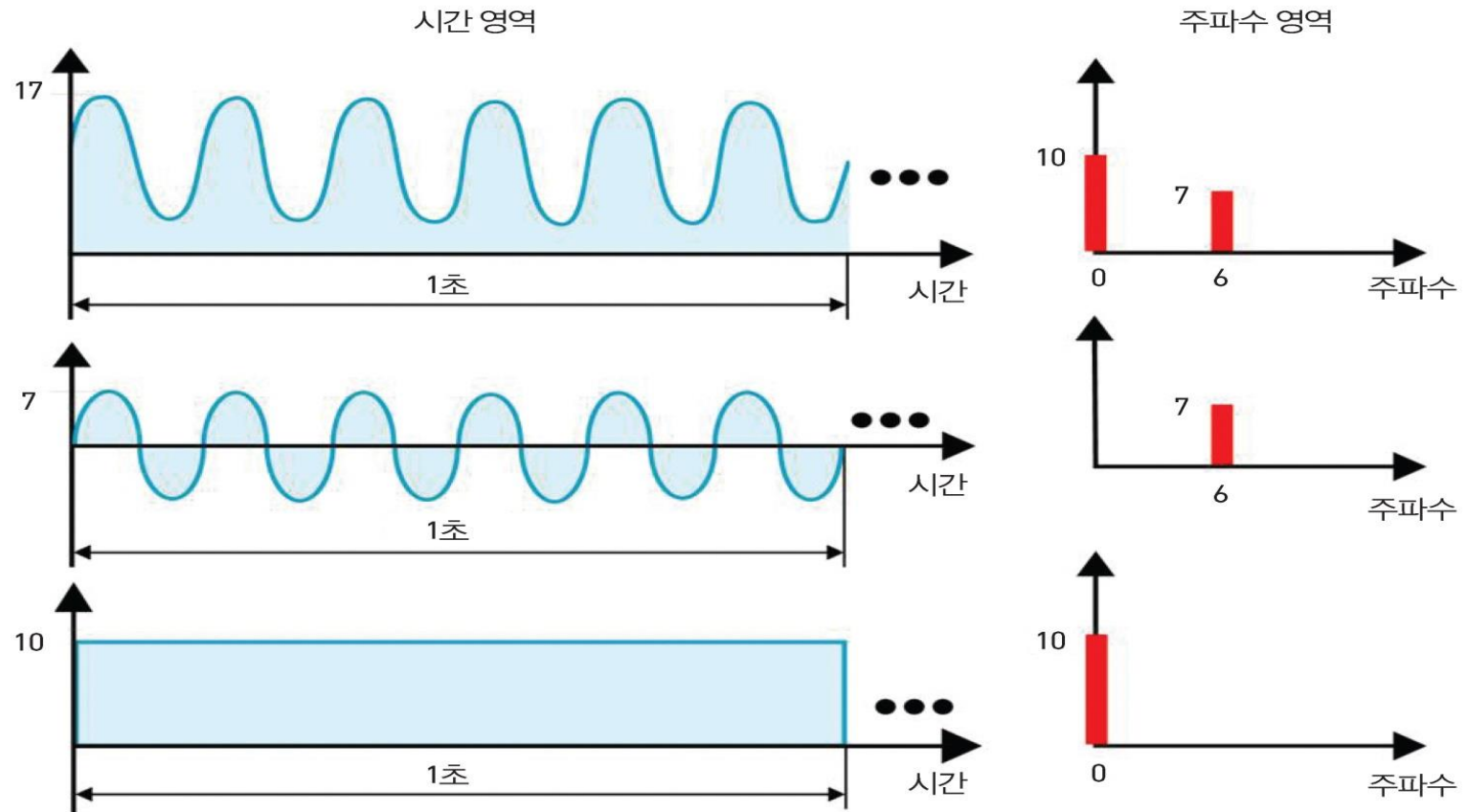


그림 4.14 직류 요소를 갖는 신호

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

❖ 4개의 요소로 분해되는 복합 신호

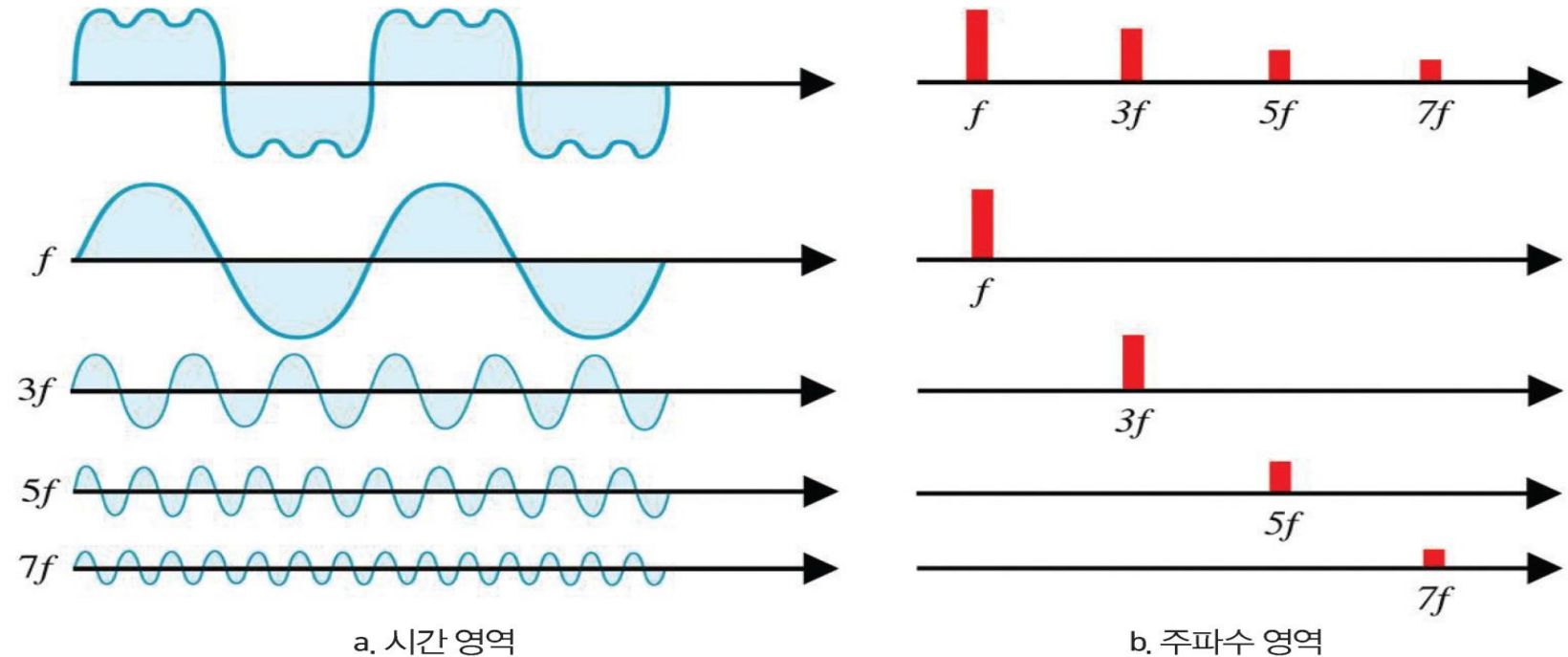


그림 4.15 복합 파형

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 주파수 스펙트럼(spectrum)과 대역폭

- 신호의 스펙트럼은 신호를 구성하는 모든 정현파 신호의 조합이다
- 신호의 대역폭은 주파수 스펙트럼의 넓이다



## ❖ 대역폭(Bandwidth)

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

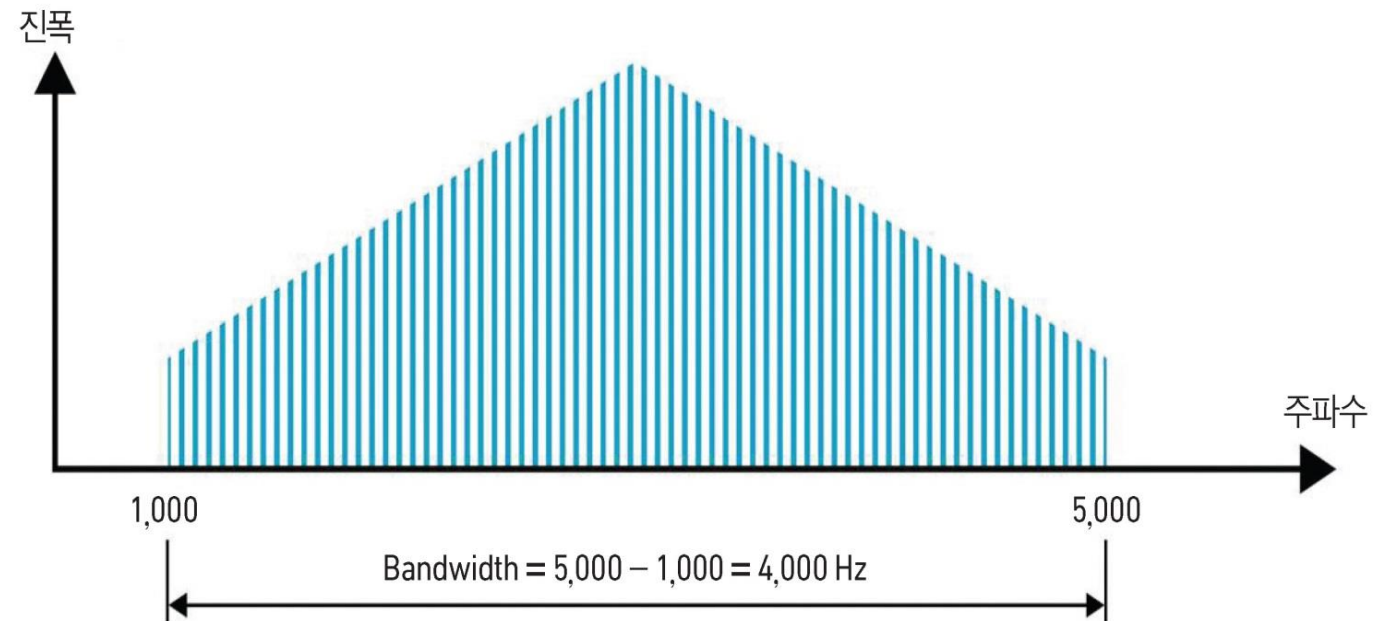
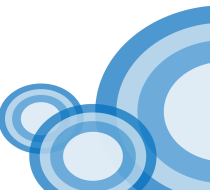


그림 4.16 대역폭



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

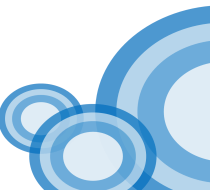
❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 예제 4.3

- 주기 신호가 주파수 100, 200, 300, 400, 500 Hz인 5개의 정현파로 분해된다면, 대역폭은 얼마인가?

## ❖ 풀이

- $f_h$ 를 최고 주파수,  $f_1$ 을 최저 주파수, B를 대역폭이라고 하면
- $B = f_h - f_1 = 500 - 100 = 400 \text{ Hz}$



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

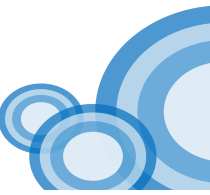
❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 예제 4.4

- 어떤 신호가 20 KHz의 대역폭을 가지며, 최고주파수는 80 KHz이다. 가장 낮은 주파수는 얼마인가?

## ❖ 풀이

- $f_h$ 를 최고 주파수,  $f_1$ 을 최저 주파수, B를 대역폭이라고 하면
- $B = f_h - f_1 \Rightarrow 20 = 80 - f_1 \Rightarrow f_1 = 80 - 20 = 60 \text{ KHz}$



### ❖ 디지털 신호

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

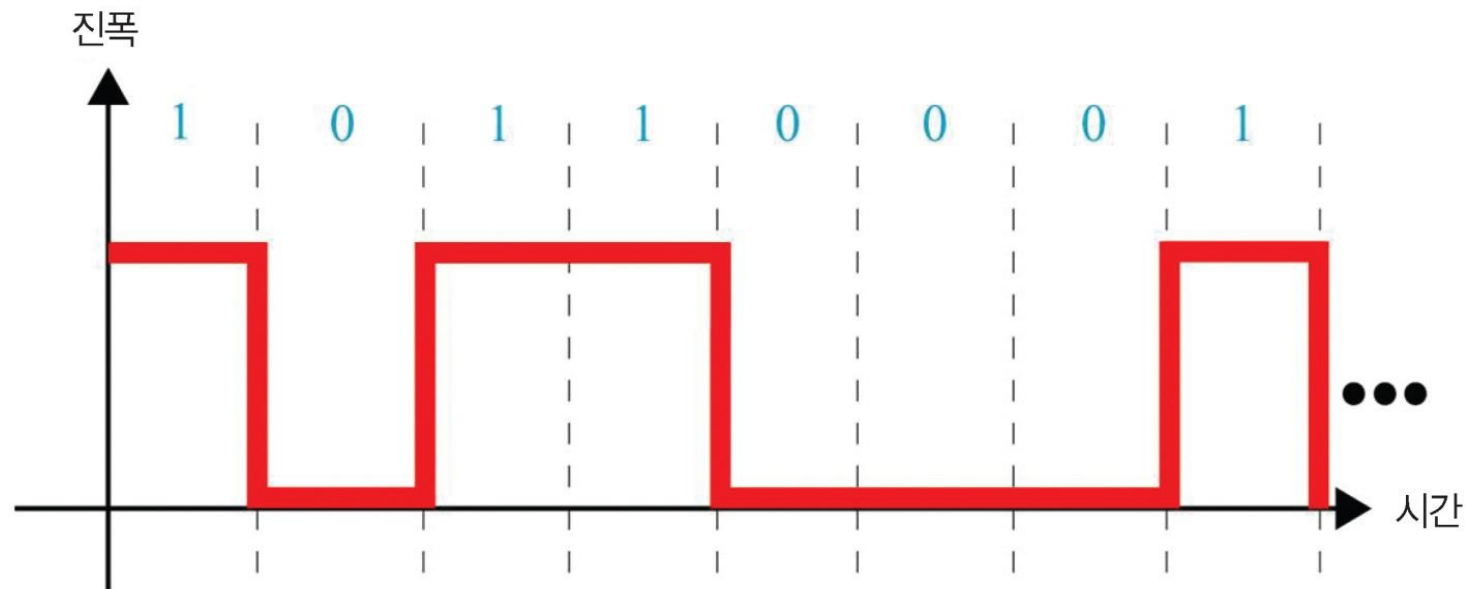


그림 4.17 디지털 신호





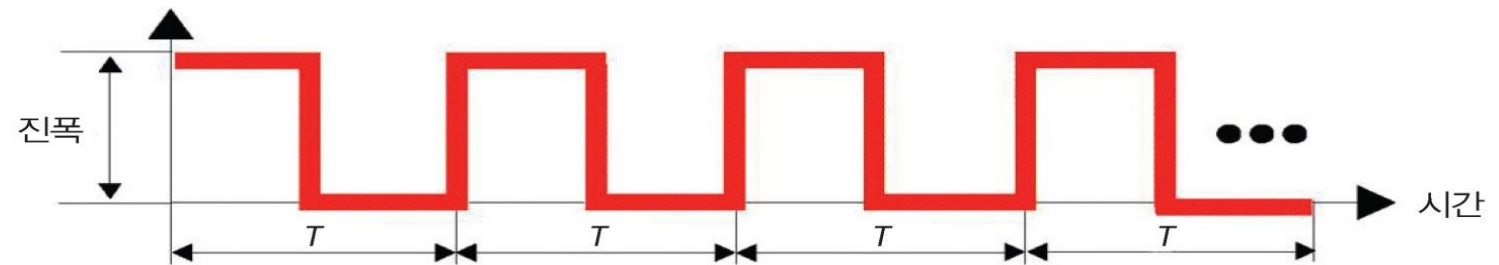
❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

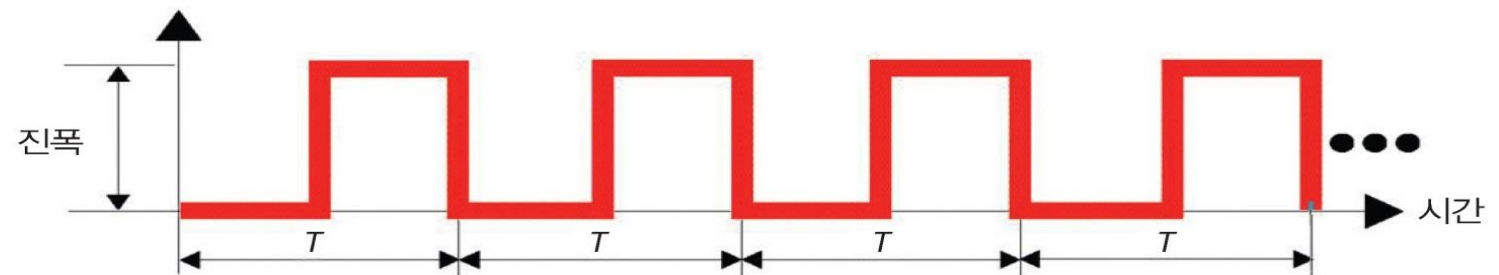
❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

❖ 진폭(amplitude), 주기(periodic), 위상(phase)

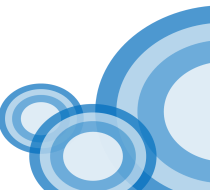


a. 위상 이동 없음



b. 180도 위상 이동

그림 4.18 주기 디지털 신호의 진폭, 주기, 위상



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

### ❖ 비트 간격(bit interval)와 비트율(bit rate)

- 비트 간격
  - 단일 비트를 전송하는데 요구되는 시간
- 비트율
  - 1초 동안 전송되는 비트 수



## ❖ 비트율(bit rate)과 비트 간격(bit interval)

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

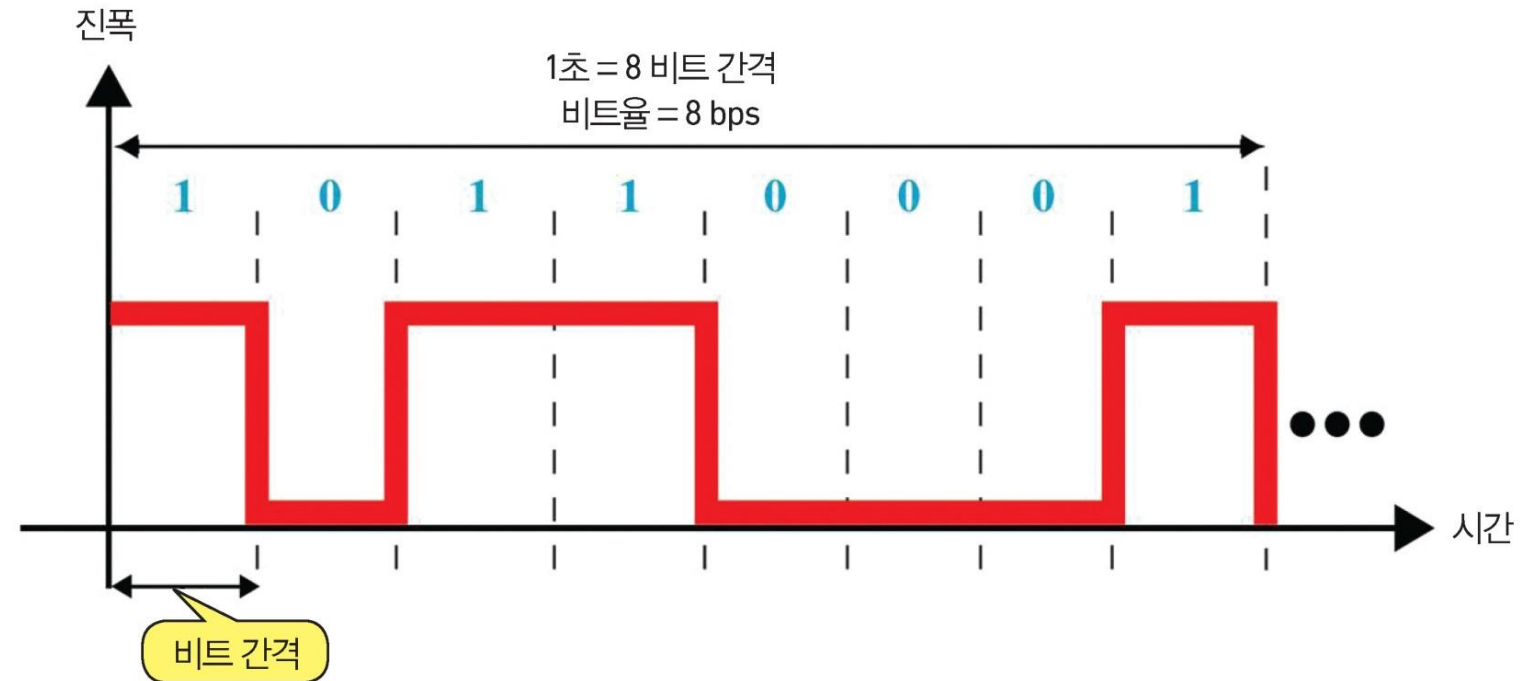


그림 4.19 비트율과 비트 간격



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

❖ 디지털 신호는 조파(harmonic)라고 하는 서로 다른 진폭, 주파수, 위상을 갖는 무한 개의 단순 정현파로 분해될 수 있다

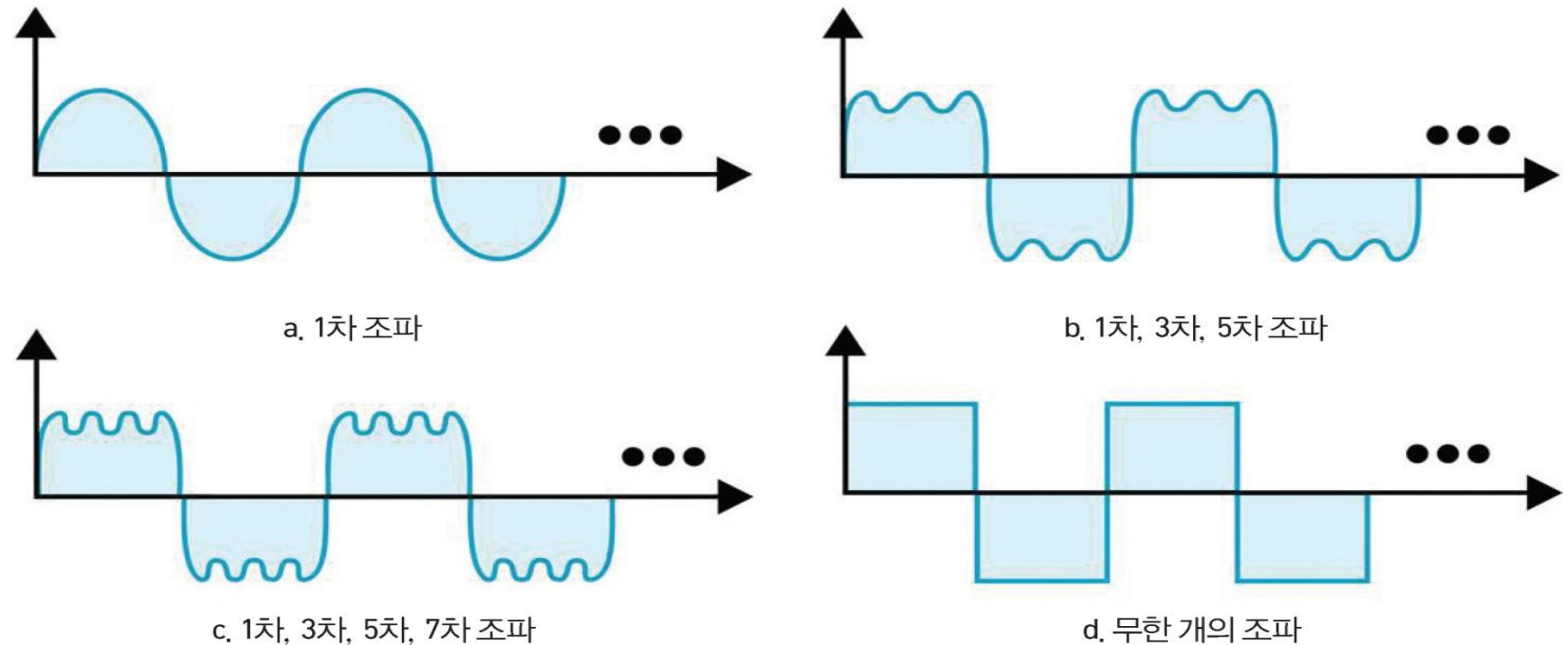


그림 4.20 디지털 신호의 조파

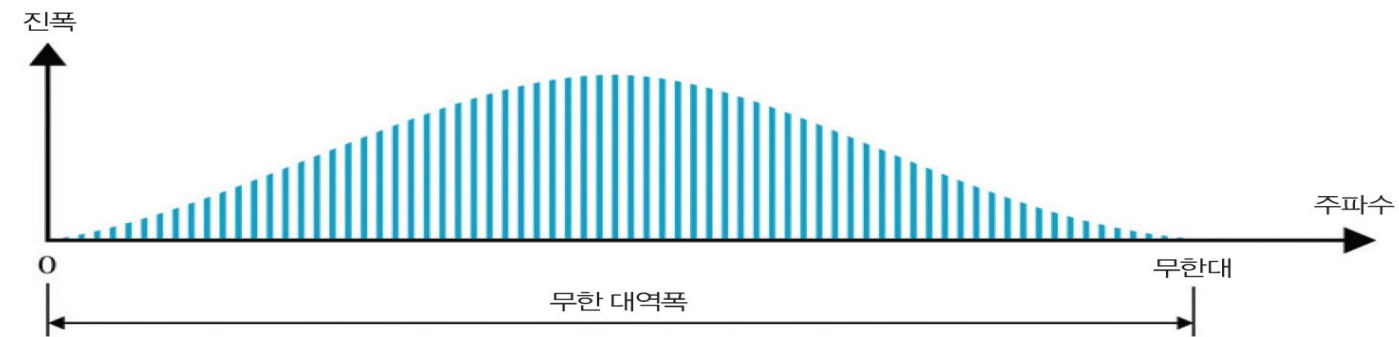
❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

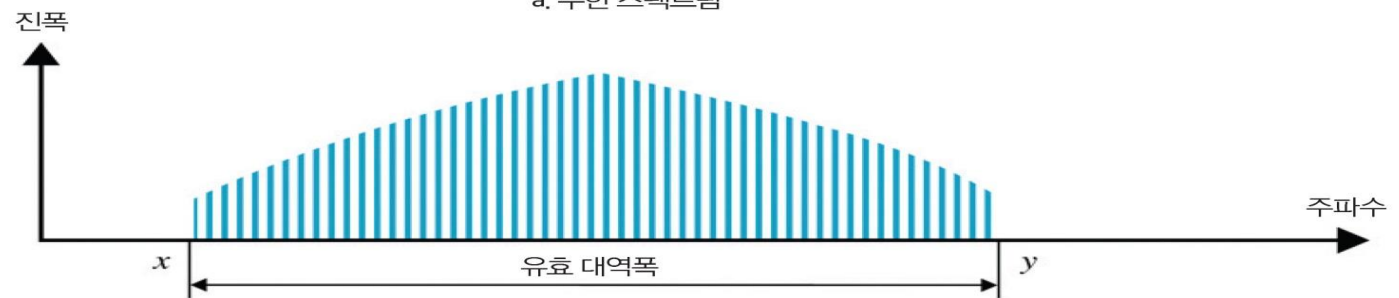
❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 무한 스펙트럼과 유효 스펙트럼



a. 무한 스펙트럼



b. 유효 스펙트럼

그림 4.21 무한 스펙트럼과 유효 스펙트럼



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

❖ 비트율이 증가할때 유효한 대역폭도 넓어지는 것처럼,  
비트율은 유효한 대역폭과 관계가 있다

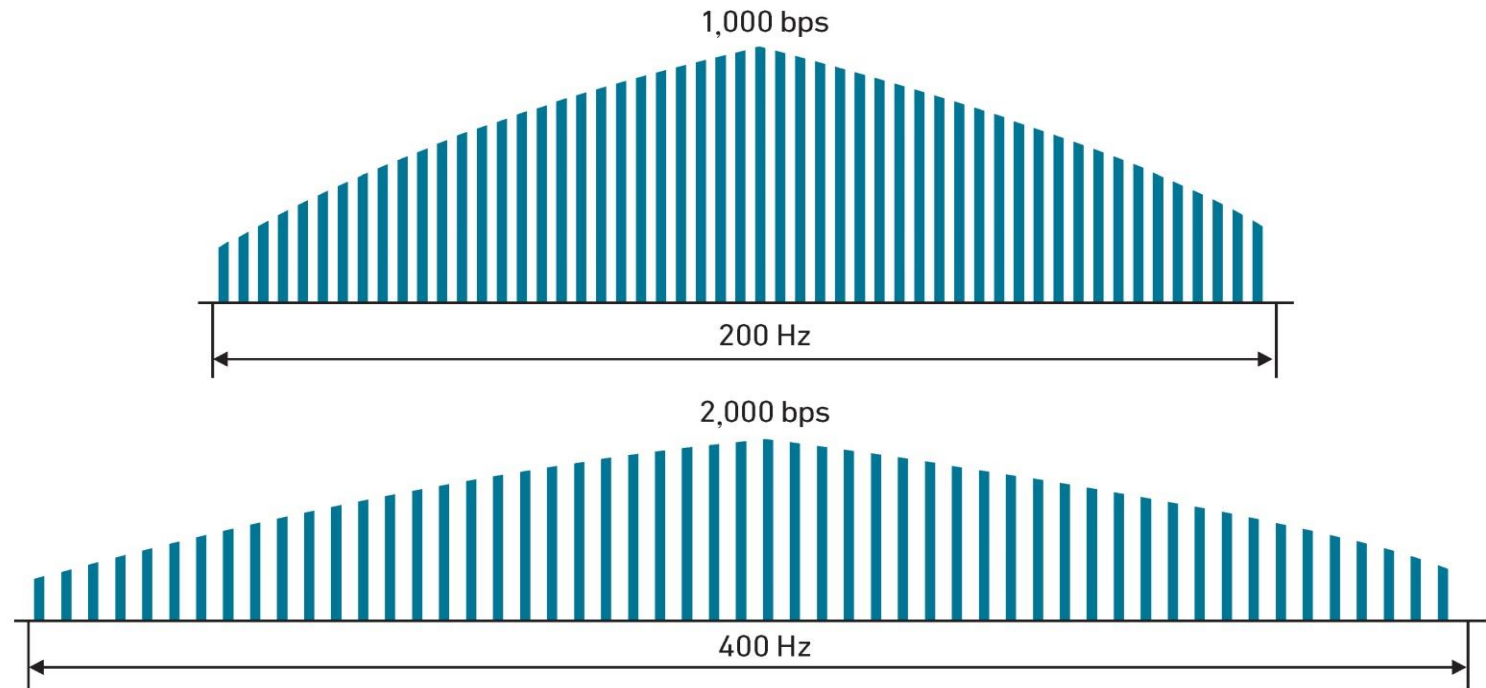


그림 4.22 비트율과 유효 스펙트럼



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 전송매체 대역폭과 유효 대역폭

- 디지털 신호의 왜곡은 충분한 매체 대역폭을 갖지 못하기 때문

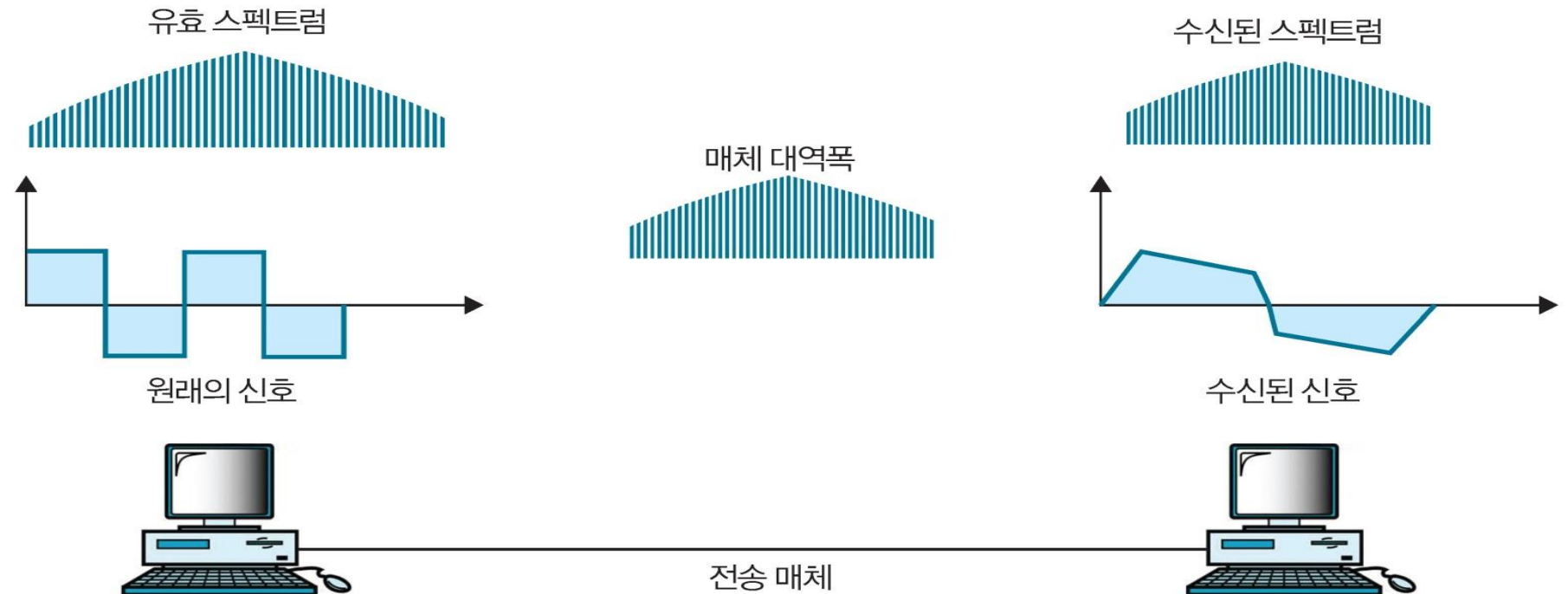
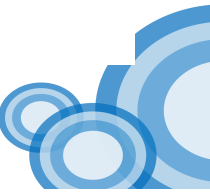


그림 4.23 충분치 못한 전송매체 대역폭으로 생기는 디지털 신호의 변형



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 전송매체 대역폭과 데이터 전송률 : 채널 용량

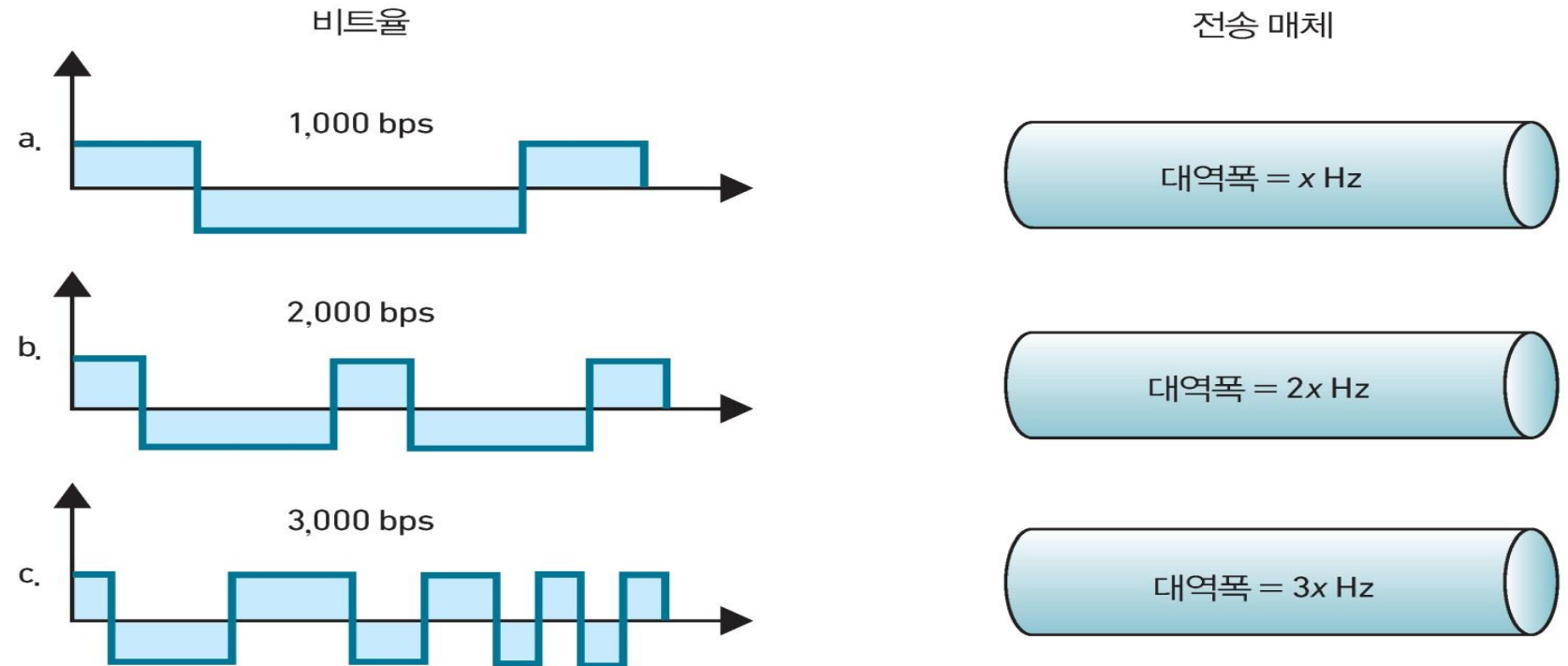


그림 4.24 전송매체 대역폭과 데이터 전송률





❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 디지털 데이터를 전송하기 위한 아날로그 신호사용

### ■ 예제 4.9

- 아날로그 신호를 이용하여 10bps의 전송률로 데이터를 전송할 때, 요구되는 대역폭?(각 신호의 요소는 한 비트로 가정)

### ■ 풀이

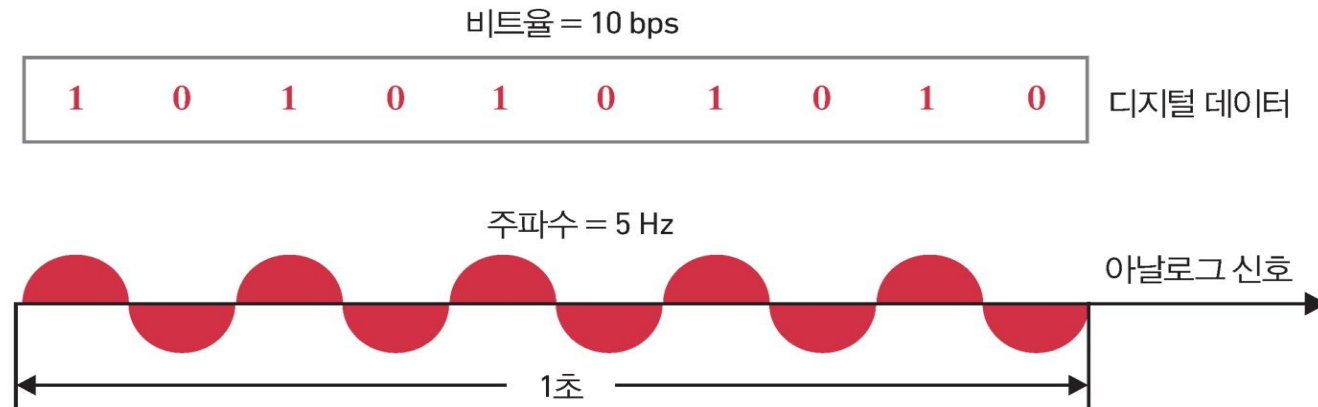


그림 4.25 예제 4.9



❖ 4.1 아날로그&amp; 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

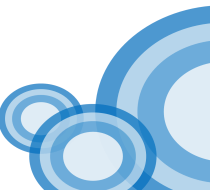
## ❖ 예제 4.10

- 1,000과 10,000 bps로 아날로그 데이터가 전송될 때, 요구되는 대역폭을 비교하시오.

## ❖ 풀이

- 1,000 bps - 500 Hz
- 10,000 bps - 5,000 Hz

\* 데이터 전송률이 증가하면 대역폭도 증가한다.



❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 예제 4.11

- 초당 10개의 그림을 전송하려고 한다. 각 그림은 5 x 5 픽셀(pixel)로 되어 있다. 디지털 부호화를 위해 필요한 대역폭은 얼마인가?

## ❖ 풀이

- 1 page = 25 pixels
- $25 \text{ bit/picture} * 10 = 250 \text{ bps}$
- 125 Hz

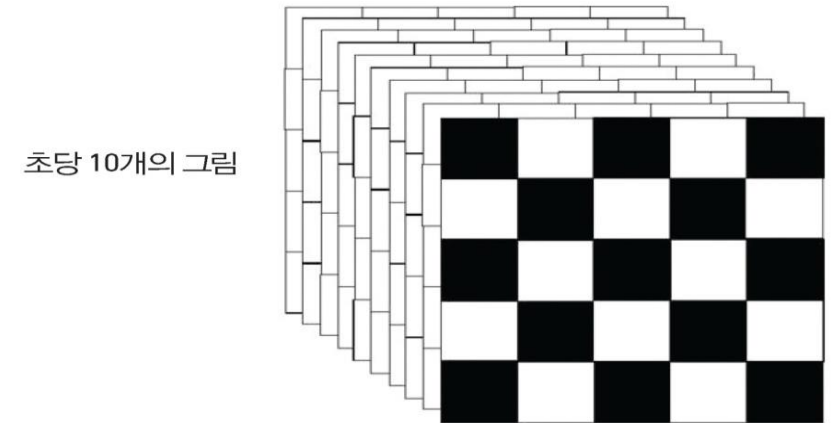


그림 4.26 예제 4.11



❖ 4.1 아날로그&amp; 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

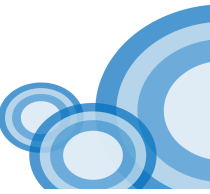
❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 예제 4.12

- TV 스크린이 700개 줄과 525줄로 구성되어있다(총 367,500 픽셀). 픽셀은 검정과 흰색(0과 1) 일 수 있다. 1초 동안 30개의 완전한 스크린(즉, 프레임)이 주사 된다. 이론적으로 요구되는 대역폭은 얼마인가?

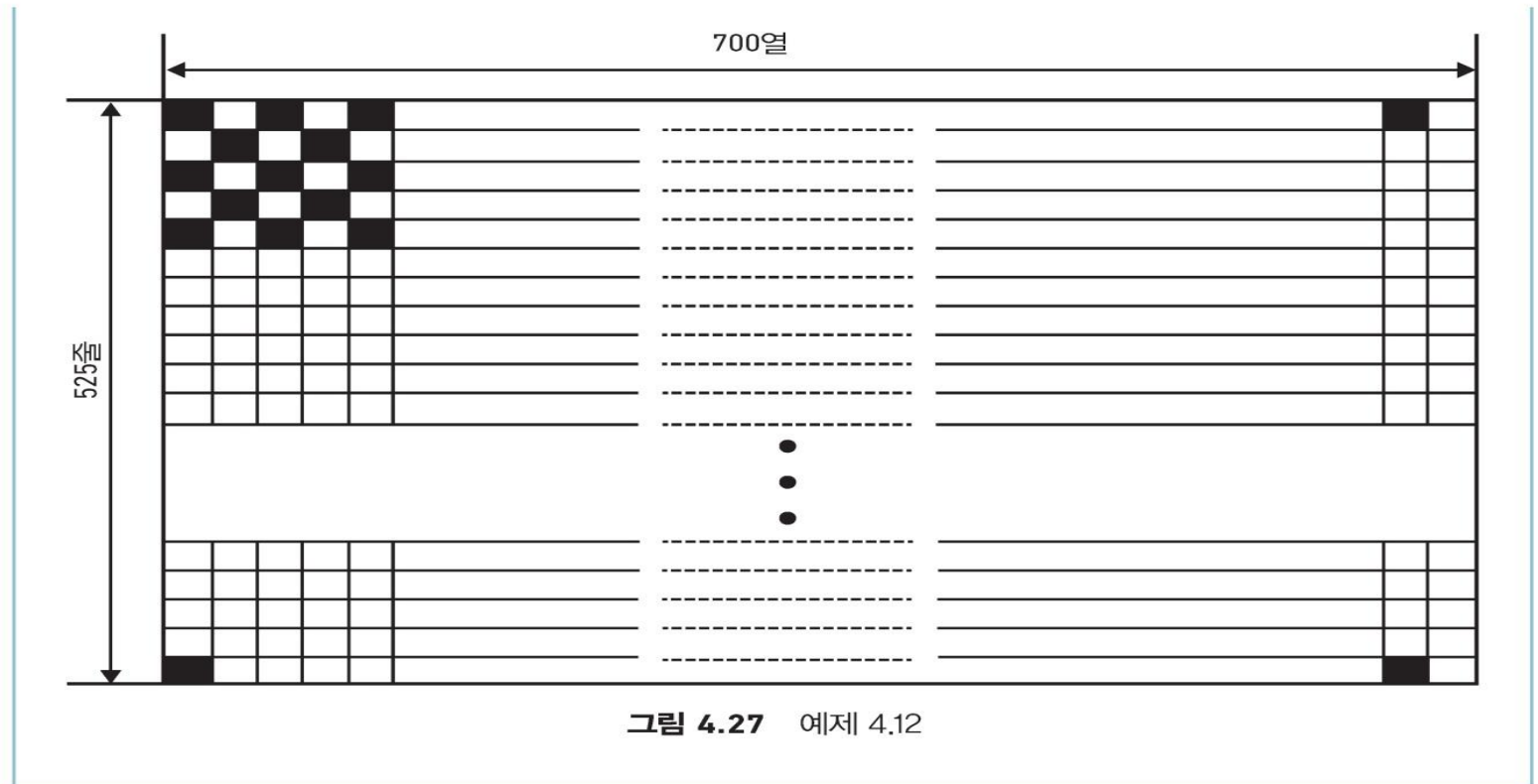
## ❖ 풀이

- $\text{Bandwidth} = (30 * 367,500) / 2$   
 $= 11,025,000 / 2$   
 $= 5,512,500 = 6 \text{ MHz(근사값)}$



- ❖ 4.1 아날로그& 디지털
- ❖ 4.2 주기/비주기신호
- ❖ 4.3 아날로그 신호
- ❖ 4.4 디지털 신호

## ❖ 예제 4.12



## ❖ 전송 매체의 성능

❖ 4.1 아날로그& 디지털

❖ 4.2 주기/비주기신호

❖ 4.3 아날로그 신호

❖ 4.4 디지털 신호

Medium	Cost	Speed	Attenuation	EMI	Security
UTP	Low	1 - 100 Mbps	High	High	Low
STP	Moderate	1 - 150 Mbps	High	Moderate	Low
Coax	Moderate	1 Mbps - 1 Gbps	Moderate	Moderate	Low
Optical fiber	High	10 Mbps - 2 Gbps	Low	Low	High
Radio	Moderate	1 - 10 Mbps	Low-high	High	Low
Microwave	High	1 Mbps - 10 Gbps	Variable	High	Moderate
Satellite	High	1 Mbps - 10 Gbps	Variable	High	Moderate
Cellular	High	9.6 - 19.2 Kbps	Low	Moderate	Low





**THANK YOU**

