



## 5 장 신호 해석





## 학습목차

1. 개 념
2. 표 현 방 식
3. 신호의 분류
4. 디 지 털 통 신
5. 채널 용 량
6. 통 신 속 도



## 학습목표

- 신호의 개념에 대하여 살펴본다.
- 신호의 표현 형식에 대하여 살펴본다.
- 진폭의 기울기 관점에서 본 신호와 통계적 관점에서 본 신호에 대하여 설명하도록 한다.
- 대표적인 신호의 형태인 디지털 신호의 특성을 알아본다.
- 채널용량의 개념 및 표현식에 대하여 살펴본다.
- 통신속도의 종류에 대하여 공부한다.

# 1. 개요



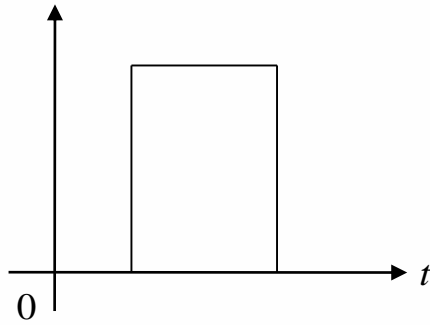
- 일상생활에서 만나게 되는 **의사 전달 수단을 신호**라고 한다.(예: 표지판, 스마트폰)
  - 시스템의 입력으로 들어가는 입력신호와 시스템의 출력에서 나오는 출력신호가 존재
  - 바이크의 가속 페달을 **누르는 힘(압력)**은 입력 신호가 되고 **주행속도는 출력 신호**



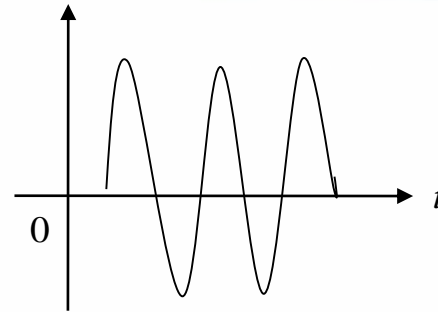
## < 신호 및 시스템 >

- 물리적인 또는 자연적인 현상을 나타내는 파라미터들의 **동작 상태를 시간의 흐름에 따라 나타낸 것을 신호**라고 한다.
  - 전기통신에서는 전압, 전류 등과 같은 시변량(time variant)

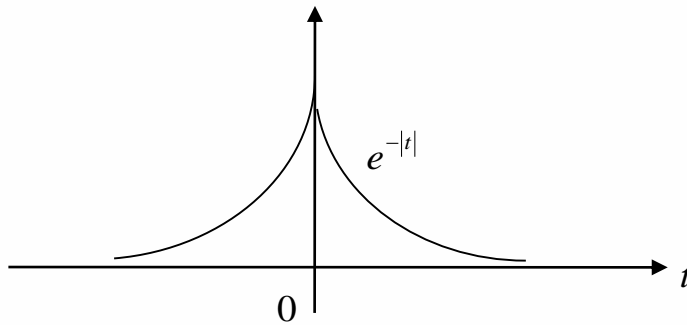
# 1. 개요



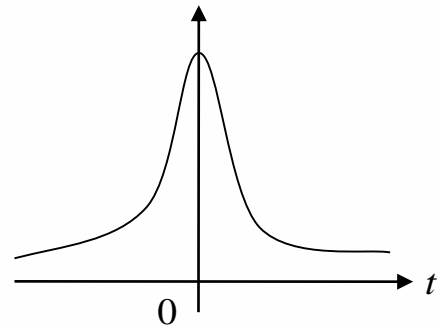
(a) 구형파 함수



(b) 정현파 함수



(c) 양측파대 감쇠형 함수



(d) 가우스형 펄스

< 신호의 형태 >

## 2. 표현 방식 { 시간, 주파수, 정현파 }

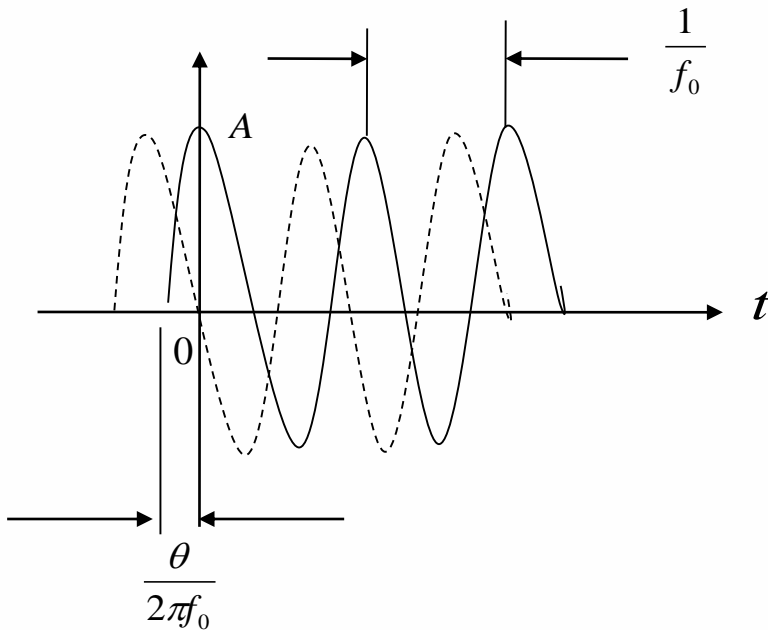


→ 시간영역(time domain)에서의 표현

→ 주파수영역(frequency domain)에서의 표현

➤ 스펙트럼(spectrum): 주파수 영역에서 표현을 하는 데 주파수 성분별로 크기나 위상을 표현하는 방식

→ 정현파 신호(Sinusoidal Wave)



➤ 진폭: 크기를 말하며  $A$ 로 나타낸다.

➤ 주파수: 단위 시간당 신호가 가지는 진동수를 말하며  $f_0$ 로 나타낸다.

➤ 위상: 시간 지연 정보를 가지며  $\theta$ 로 나타낸다.

< 정현파 신호의 시간축상의 표현 >

## 2. 표현 방식

### 1) 진폭(Amplitude)

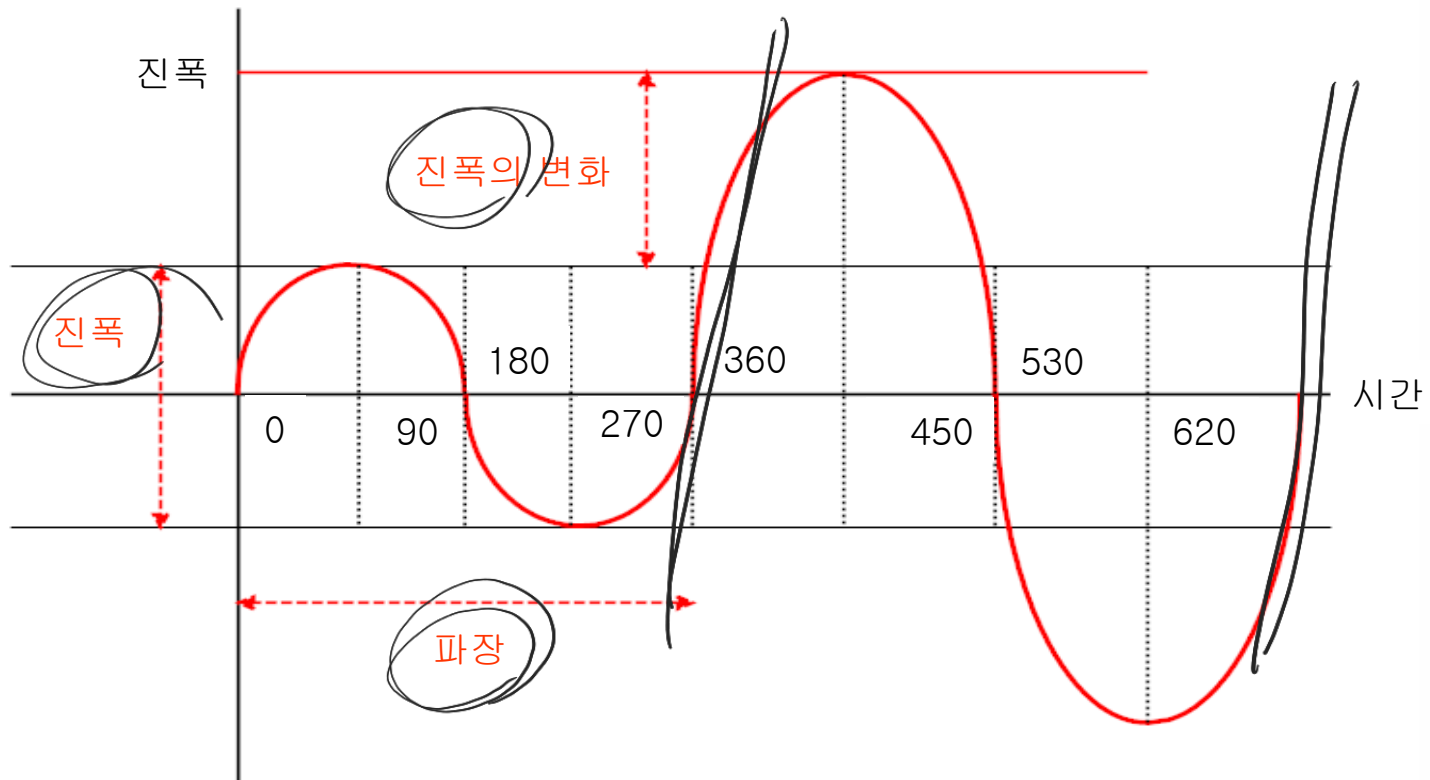
{ 진폭, 위상, 주파수 }



진폭의 의미

- 신호의 높이를 나타냄
- 임의의 점에서 신호가 지니는 값

➤ 진폭의 단위는 신호의 종류에 따라 볼트, 암페어, 와트로 측정됨



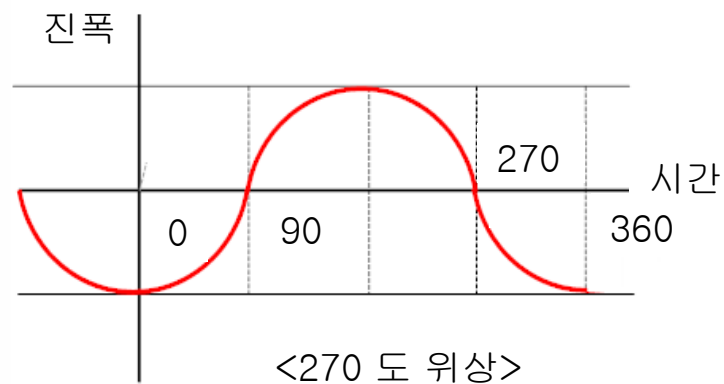
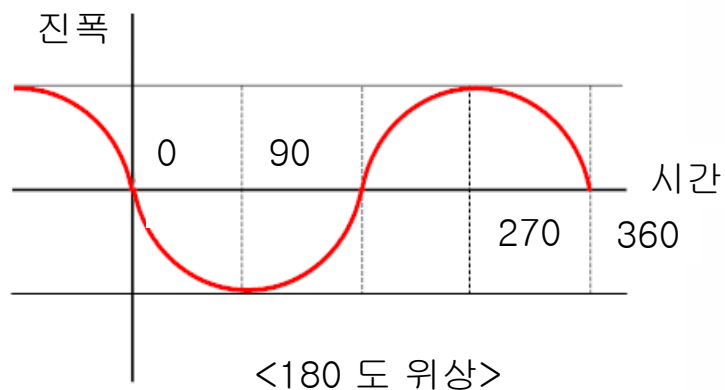
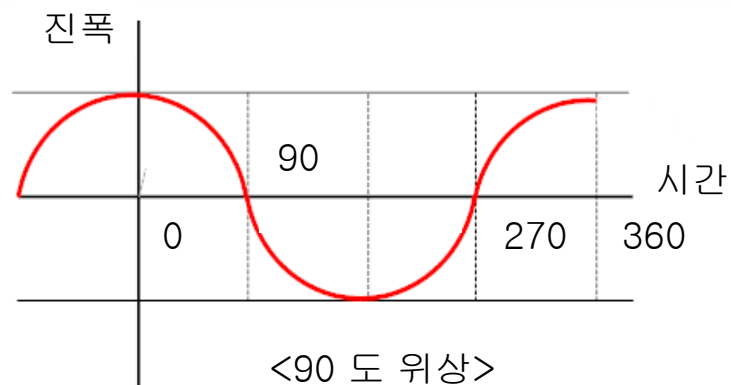
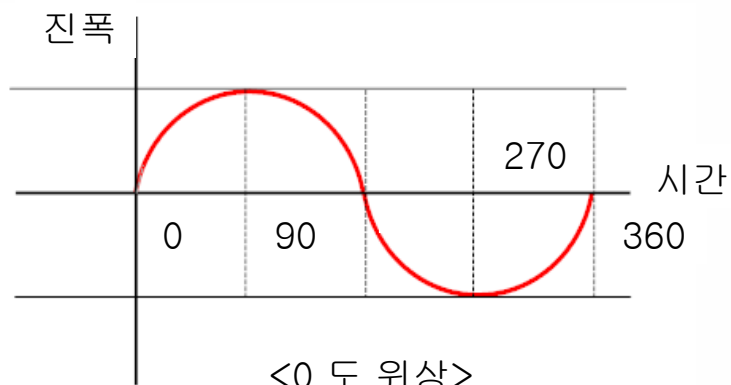
## 2. 표현 방식



### 2) 위 상(Phase)

위상의 의미

- 진동이나 파동과 같이 주기적으로 반복되는 현상에 대해 시각이나 지점에서의 변화 상태를 말함
- 시각 0시에 대한 파형의 상대적인 위치



## 2. 표현 방식

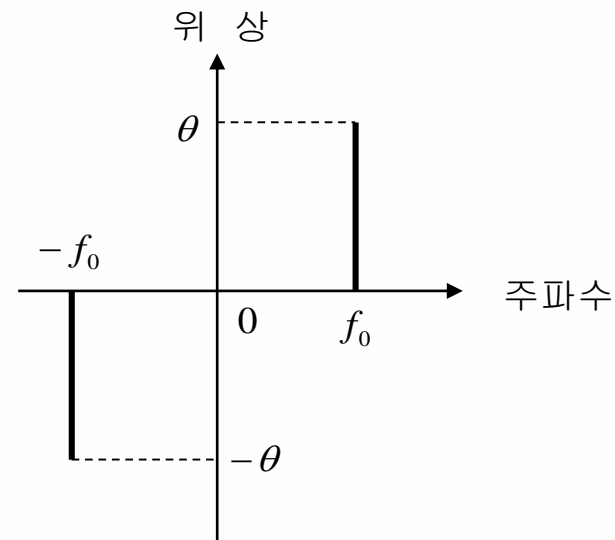
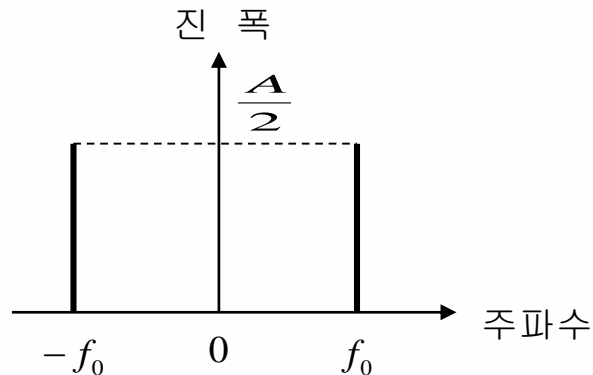
### 3) 주파수(frequency)

주파수의 의미

- ▶ 주기적 현상이 단위시간에 반복되는 횟수  
(예: 100Hz는 진동이 1초에 100회 반복되고 있다.)

→ 양측파대 스펙트럼(one-sided spectrum)

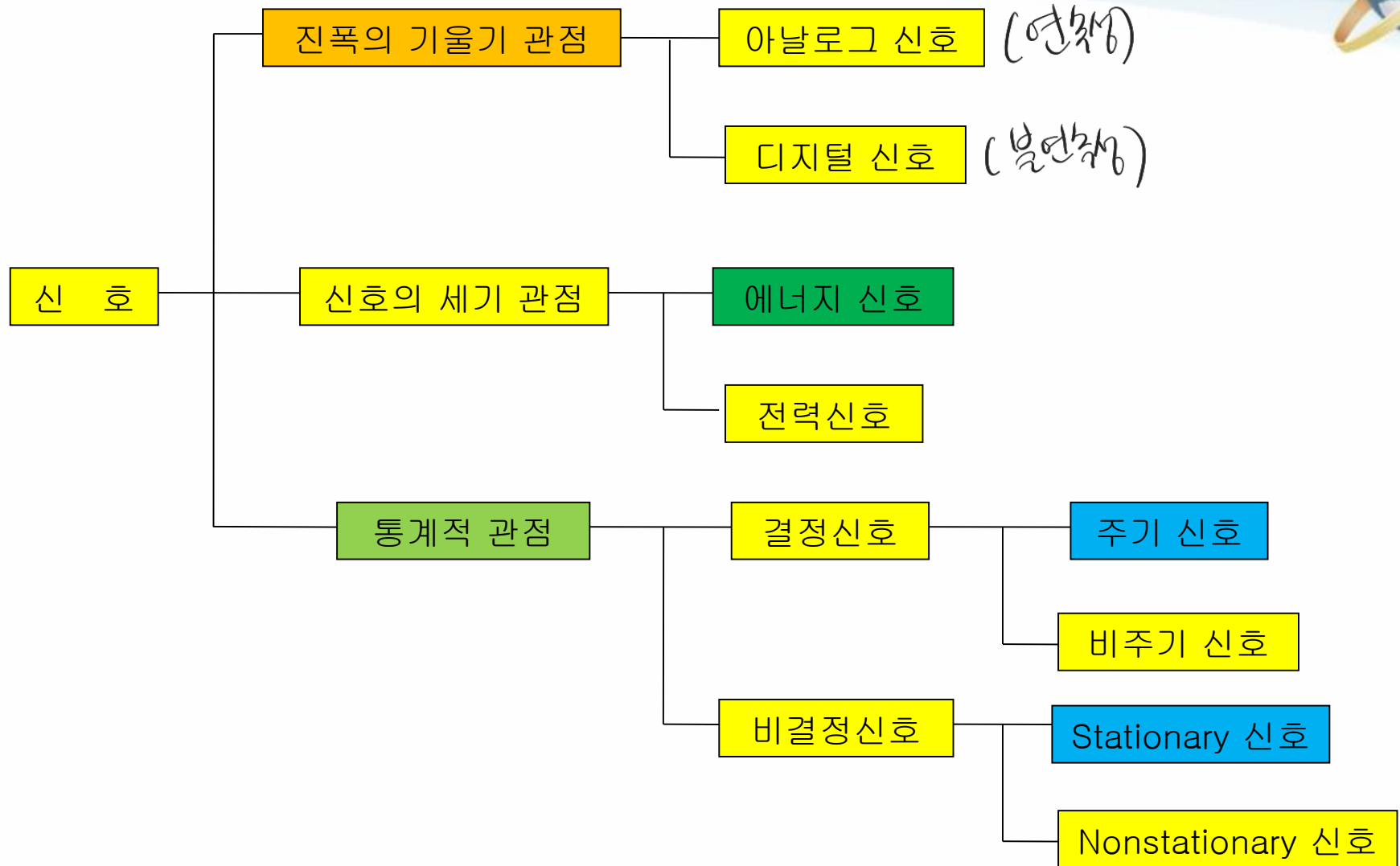
$$x(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \theta) = \frac{A}{2} e^{j\theta} e^{j2\pi f_0 t} + \frac{A}{2} e^{-j\theta} e^{-j2\pi f_0 t}$$



< 정현파 신호의 양측 스펙트럼 >



### 3. 신호의 분류 {기울기, 세기, 통계적}



< 신호의 종류 >

### 3. 신호의 분류



#### 1) 진폭의 기울기 관점에서 본 신호

→ 매 순간마다 진폭의 변화가 존재하여 기울기를 구할 수 있는 **연속성**(continuity)  
(예: 아날로그 신호)

##### ➤ 아날로그 신호의 특징

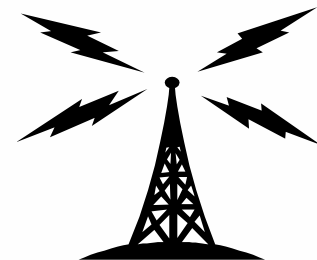
- 임의의 시간에서 임의의 값을 추출할 수 있으며 회로가 간단
- 잡음이나 간섭에 약하다.

→ 기울기나 0이나  $\infty$  가 되는 **불연속성**으로서 디지털 신호가 그 예이다.

##### ➤ 디지털 신호의 특징

- 아날로그 신호보다 값이 싸고 잡음에 덜 민감하다.
- 대역폭이 상대적으로 넓다. → 압축 방식 및 동영상 처리를 통하여 보상

연속성 → 아날로그신호  
불연속성 → 디지털신호



### 3. 신호의 분류



#### 2) 통계적 관점에서 본 신호

##### 가) 결정신호(확정적 신호, Deterministic Signal)

→ 정의역 전체에 대하여 그 함수의 값이 해석적으로 정확히 알려지는 신호

(예: tuning fork 소리)

→ 진폭의 미래값을 예측할 수 있는 신호

##### ➤ 주기신호

- 일정한 주기를 가짐으로써 미래 값을 예측할 수 있는 신호

(예: 정현파 및 여현파)

- 일정한 주기  $T$  마다 동일한 파형을 무한히 반복하는 함수

$$x(t) = x(t + nT), \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad -\infty < t < \infty$$

##### ➤ 비주기 신호

- 주기는 없지만 미래 값을 예측할 수 있는 신호(예: 지수신호)

### 3. 신호의 분류



#### 2) 통계적 관점에서 본 신호

##### 나) 비결정신호(랜덤 신호, Nondeterministic Signal)

- ➔ 어떤 시점(지점)에서의 측정값을 알고 있어도 그 값이 어떻게 변해갈지는 확정할 수 없는 신호
- ➔ 통계적 성질(확률)에 의하여 해석이 가능하며 백색 가우시안 잡음 신호가 있다.
- ➔ 통계적인 관점에서 본 신호
  - Stationary 신호: 통계적인 특성이 매우 적은 시간 변위에 대하여 불변하는 신호
  - Nonstationary 신호: 통계적인 특성이 시간 변위에 대하여 변하는 신호
- ➔ 전송왜곡의 예측 여부에서 본 신호
  - 정적인 불완전성(Systematic Distortion): 주어진 어떤 채널에서든지 발생하는 왜곡
  - 동적인 불완전성(Fortuitous Distortion): 예측할 수 없게 무작위로 발생하는 우연적인 왜곡

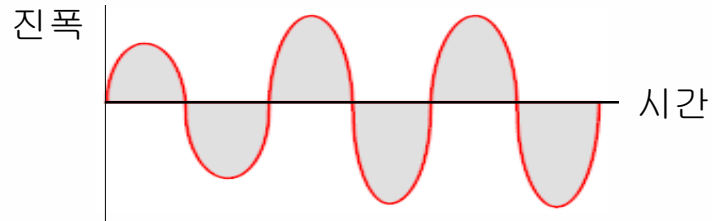
## 4. 디지털 통신



### 1) 아날로그 신호와 디지털 신호

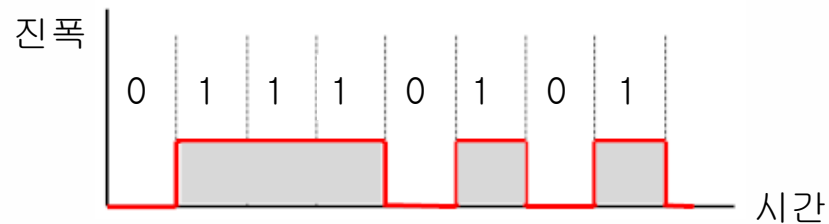
#### → 아날로그 신호

- 연속적인 값
- 주파수에 따라 다양한 매체를 통해 전송되는 연속적으로 변하는 전자기파



#### → 디지털 신호

- 이산적인 값
- 잡음에 덜 민감하며, 감쇠에 극복할 수 있는 능력 우수
- 도파 매체를 통해 전송되는 일련의 전압 펄스



## 4. 디 지 털 통 신



### 2) 사 용 배 경

- ➔ 디지털 신호는 아날로그 신호에 비해 잡음에 대한 복구 능력이 우수
  - 심한 왜곡을 받기 전에 일정한 간격으로 중계기 설치 → 펄스 파형을 정형화
- ➔ 디지털 신호에서 구현되는 고유의 신뢰성을 가지고 있다.
  - 레벨이 변하여도 수신 단에서 이 신호를 복조하여 신뢰성 있게 사용가능
- ➔ 디지털 신호를 다루는 회로는 아날로그 회로에 비해 경제적이다.
  - 아날로그 신호에서 사용하는 주파수 분할 다중화는 시분할 다중화에 비해 구성이 훨씬 복잡
  - SDR(Software Defined Radio)는 디지털 서비스를 경제적으로 제공하는 4G 기술의 백미
- ➔ 입력 정보의 종류에 관계없이 전송계통을 통일적으로 설계
  - 아날로그 정보를 2진 신호로 처리할 때 정보의 형태에 관계없이 모두 0과 1로만 동일하게 취급

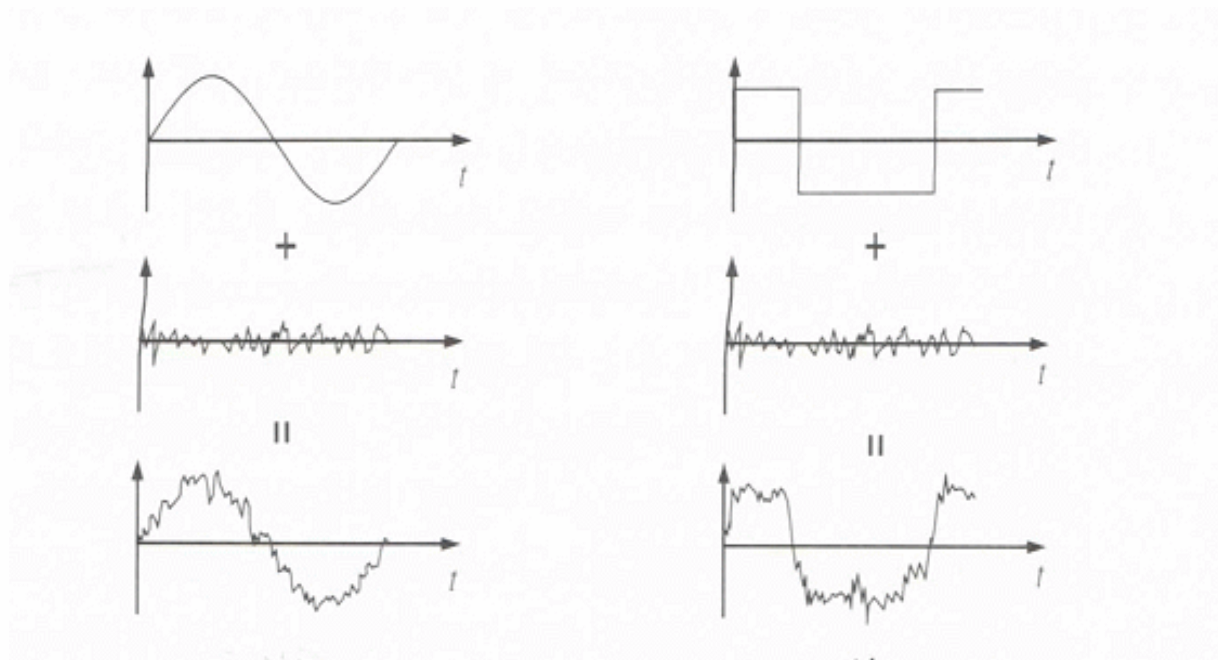
## 4. 디지털 통신



### 3) 문제점

➔ 아날로그 전송에 비하여 넓은 주파수 대역폭을 필요로 한다.

➤ 예측한 표본 값과 실제 표본 값과의 오차를 부호화하는 방식을 사용함으로써 정보량 감소



(a) 아날로그 신호+잡음

(b) 디지털 신호+잡음

< 잡음에 대한 아날로그 신호와 디지털 신호의 비교 >

## 4. 디지털 통신



### 3) 문제점

- ➔ 송신 측과 수신 측 사이에는 동기를 필요로 하는데 통신 시스템의 응용에 따라 매우 복잡하고 어렵다.
  - 통신 기술과 신호 처리 기술의 발달로 동기화 문제 해결
- ➔ 디지털 방식 고유의 오차가 신호의 변환 과정에서 발생된다.
  - 아날로그 정보를 디지털로 변환하면 원래 신호의 레벨이 불연속적인 레벨로 변화하므로 정보의 왜곡이 발생
- ➔ 잡음이 어느 이상으로 커지는 경우 수신 품질이 급격히 저하되는 임계 효과 (Threshold Effect) 현상이 발생
  - 포획효과가 생기므로 신호대 잡음비가 급격히 저하될 가능성 야기





## 5. 채널 용량



### 채널 용량의 의미

- 주어진 대역폭에서 채널을 통해 에러율을 가능한 줄이고 최대한 보낼 수 있는 정보전송률
- Shannon에 의해 수식으로 표현

- 잡음이 없는 경우

$$C = 2W \log_2 M \quad (M: \text{심볼 수})$$

- 전송 용량을 개선하는 방법

1 심볼 수를 증가

2 대역폭을 증가

- 수신 측에서 구분이 가능한 신호 레벨의 개수, 잡음이나 왜곡 그리고 감쇠 등으로 이 수식을 실제로 적용하기에는 한계

## 5. 채널 용량



### ➤ 잡음이 있는 경우

$$\text{채널용량 } C = W \log_2(1 + S / N)$$

#### ● 전송 용량을 개선하는 방법

1 신호 세력을 크게 함

2 잡음을 적게 함

3 대역폭을 늘림

#### ● 통신 채널에 유입되는 잡음의 형태

- 열 잡음(Thermal Noise)
- 임펄스 잡음(Impulse Noise)
- 상호 변조 잡음(Intermodulation Noise)

## 5. 채널 용량



→ 예 제

Q

3KHz의 대역폭과 30dB의 전형적인 신호 대 잡음전력 비율을 가진 PSTN을 가정하고 얻을 수 있는 채널용량을 구하시오.

$$\begin{aligned} C &= W \log_2(1 + S / N) \\ &= 3000 \log_2(1 + 1000) \\ &= 29901 [\text{bps}] \end{aligned}$$

## 6. 통신 속도 (변조 속도, 데이터 전송률, 데이터 전송 속도)



### 1) 변조 속도

변조 속도의 의미

1초간에 전송할 수 있는 최단 펄스의 수



$$B = 1 / T \text{ Baud}$$



변환점의 최단 펄스의 시간 길이



## 6. 통신 속도



### 1) 변조 속도

→ 예 제

Q

주파수 변조에서 1 또는 0을 나타내는 교류 신호의 1비트 분의 시간이 0.5 ms이면, 이 때의 변조 속도는?

$$\begin{aligned} B &= 1 / T \\ &= 1 / 0.0005 \\ &= 2000[\text{Baud}] \end{aligned}$$

## 6. 통신 속도



### 2) 데이터신호 속도

데이터신호 속도의  
의미

1초간에 전송할 수 있는 비트 수를 나타내는 것으로 데이터가  
단말 장치로 송신 또는 수신되는 속도

- ▶ 변조 방식이 2진인 경우에는 한 번에 보낼 수 있는 비트 수가 1개이므로,  
변조 속도와 데이터신호 속도는 동일함

$$B = n / T = n * B \text{ bps}$$

---> 변환점의 최단시간

----> 하나의 변환점에서 전달하는 비트 수

## 6. 통신 속도



### 3) 데이터전송 속도

데이터전송  
속도의 의미

초당 보낼 수 있는 문자(Character) 수, Word 수, Block 수

$$\text{데이터전송 속도} = B / n$$

→ 한 문자를 구성하는 비트 수  
→ 변조 속도



## 6. 통신 속도



### 3) 데이터 전송 속도

→ 예 제

Q

변조 속도가 100 Baud이며, 한 문자가 8 Bit로 구성되어 있을 때, 1분 동안 전송할 수 있는 문자 수는?

$$\text{데이터 전송 속도} = \frac{B}{n} \times 60 = \frac{100}{8} \times 60 = 12.5 \times 60 = 750$$





1. **신호**(signal)는 표지판, 스마트폰, 얼굴 표정 및 제스처 등 중요한 정보를 전달하기 위한 모든 수단을 의미한다.
2. **스펙트럼**(spectrum)은 주파수영역에서 표현을 하는데 주파수 성분별로 크기나 위상을 표현하는 방식을 의미한다.
3. **진폭**은 정현파 신호의 첨두값(peak value)을 나타내며 임의의 시간에서의 신호가 지니는 값을 의미한다.
4. **신호의 위상**은 진동이나 파동과 같이 주기적으로 반복되는 현상에 대해 특정 시각 또는 어느 점에서의 변화 상태 또는 기준 시간에 대한 파형의 상대적 위치를 나타낸다.
5. **주파수**는 일정한 크기의 전류나 전압 또는 전계와 자계의 진동(oscillation)과 같은 주기적 현상이 단위 시간(1초)에 반복되는 횟수를 의미한다.
6. **결정 신호**는 정의역 전체에 대하여 그 함수의 값이 해석적으로 정확히 알려지는 신호로 일반적인 신호의 모델로 자주 사용된다.
7. 결정 신호는 일정한 주기를 가짐으로써 미래 값을 예측할 수 있는 주기 신호와 지수 신호 및 과도신호(transient signal)와 같이 주기는 없지만 미래 값을 예측할 수 있는 비주기 신호로 구분할 수 있다.



9. **비트(bit)**는 binary+digit의 약자로서 정보 표현의 최소 단위이다.
10. 하나의 문자를 나타내는 데 필요한 단위 즉, **비트의 8개 묶음** 단위가 바로 **바이트**이다.
11. **채널 용량**은 정보가 에러 없이 그 채널을 통해 보내어 질 수 있는 최대율을 말하며, 단위로는 **bps(bit per second)**로 표현된다.
12. **통신 속도**는 단위 시간당 전달되는 데이터양이다. 데이터양을 표현하는 방법에 따라 변조 속도, 데이터 신호 속도 그리고 데이터 전송 속도가 있다.
13. **변조속도**는 신호를 변조하는 과정에서 1초에 몇 회 변조가 발생했는지 나타내며, 단위는 **Baud**를 사용한다.
14. **데이터 신호 속도**는 1초간에 전송할 수 있는 비트수를 나타내는 것으로 단위는 [bps]를 이용하며, 데이터가 데이터 단말 장치로 송신 또는 수신되는 속도를 나타낸다.
15. **데이터 전송 속도**는 단위 시간에 전송되는 데이터양으로 표현된다. 데이터양으로는 바이트, 문자, 블록, 패킷 등을 사용하고, 단위 시간으로는 초, 분, 시간을 사용한다.