

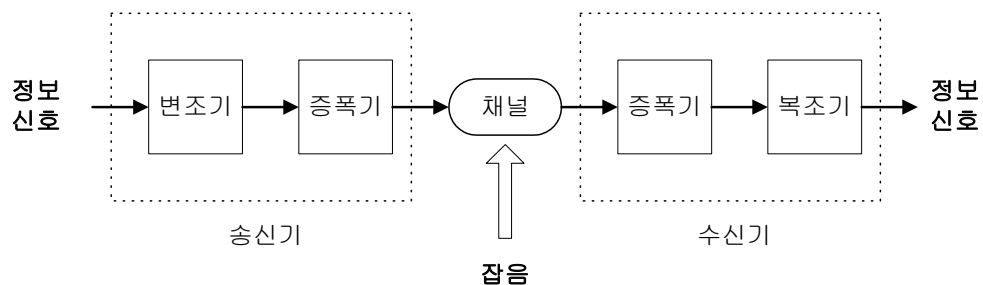
제1장 통신 이론의 기본 사항

1.1 통신의 정의

- 단어상의 정의 : 신호의 전달
- 전기통신상의 정의 : 전송하고자 하는 정보를 전자기 에너지 형태의 전기 신호로 바꾸어 대기중이나 전선 혹은 광섬유 등과 같은 채널을 통하여 전송하고 수신된 전기 신호로부터 원래의 정보 신호를 추출해내는 방식
- 정보의 형태 : 음성과 영상 혹은 데이터
- 변조 및 복조의 정의 :
 - 변조 : 정보를 전송 채널에 적합한 형태의 전자기 에너지로 바꾸어 주는 과정
 - 복조 : 수신된 전자기 에너지로부터 원래의 정보를 추출해내는 과정

1.2 통신 시스템의 구성

- 통신 시스템의 기본적인 구성 요소 : 송신기, 수신기, 채널



- 송신기 :
 - 신호의 변환 : 정보 신호를 채널에 적합한 전기적 신호로 변환
 - 변조 : 저주파 신호인 정보 신호를 주파수가 높은 고주파 대역 신호인 반송파에 실어 보내는 방식(반송파 신호에 정보 신호의 특성을 첨가)
 - 저주파 신호를 직접 전송하는 경우에 발생하는 문제점 :
 - 1) 대부분의 정보 신호가 비슷한 저주파의 주파수 대역으로 신호간의 간섭이 발생됨
 - 2) 안테나의 크기가 너무 커져 비실용적임
 - 증폭 : 채널의 특성을 감안

■ 채널 :

- 특성 : 외부 잡음과 왜곡
- 형태 : 전선이나 대기 혹은 광섬유와 또는 이들의 복합 형태
- 통신시스템의 제약사항 : 잡음과 주파수 대역폭
- 잡음의 일반적인 정의 : 원하지 않는 신호
- 발생 원인 측면에서 구분
 - 순수한 잡음 : 시스템 내부나 외부에서 자연적으로 발생하는 임의 (random)의 신호로 대부분은 열에 의해 발생
 - 간섭 : 다른 통신 시스템이나 외부의 신호에 의한 영향
 - 왜곡 : 전송 채널이나 시스템의 비선형(non-linear)성 등과 같은 불완전한 특성에 의한 신호의 변형

■ 수신기 :

- 기능 : 고주파 대역의 신호를 받아 들여 고주파 대역 신호 속에 실려 있는 정보 신호를 추출
- 증폭 : 저잡음 증폭기(LNA, Low Noise Amplifier)이용
- 복조 : 통상적으로 반송파를 낮은 주파수로 변환 후 정보 신호 추출

1.3 신호의 표현

■ 신호의 기본적인 특성

- 크기 : 신호의 세기
- 주파수 : 신호의 초당 진동수
- 위상 : 신호에 시간적인 지연
- 기타 : 신호의 속도 등

■ 신호의 주파수와 파장과의 관계

$$f(\text{주파수}) \cdot \lambda(\text{파장}) = v(\text{속도})$$

- 신호의 속도 : 매질의 특성에 의해 결정됨

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = c(\text{광속}, 3 \times 10^8 m/s)$$

-매질의 전기적 특성 : 유전율(ϵ , permittivity)과 투자율(μ , permeability)과 도전율(σ , conductivity)로 표현됨

- 예 : 주파수가 800MHz인 신호의 대기 중에서의 파장

$$\lambda(\text{파장}) = \frac{c(\text{광속})}{f(\text{주파수})} = \frac{3 \times 10^8 m/s}{800 \times 10^6 Hz} = 0.375m = 37.5cm$$

1.4 주파수대역 및 대역폭

■ 주파수 대역 : 반송파 신호의 주파수를 중심으로 주파수축 상으로 신호 성분이 분포되어 있는 영역

- 예: ○ 셀룰라 이동 전화 : 800MHz 대역
○ 개인이동통신(PCS) : 1800MHz 대역

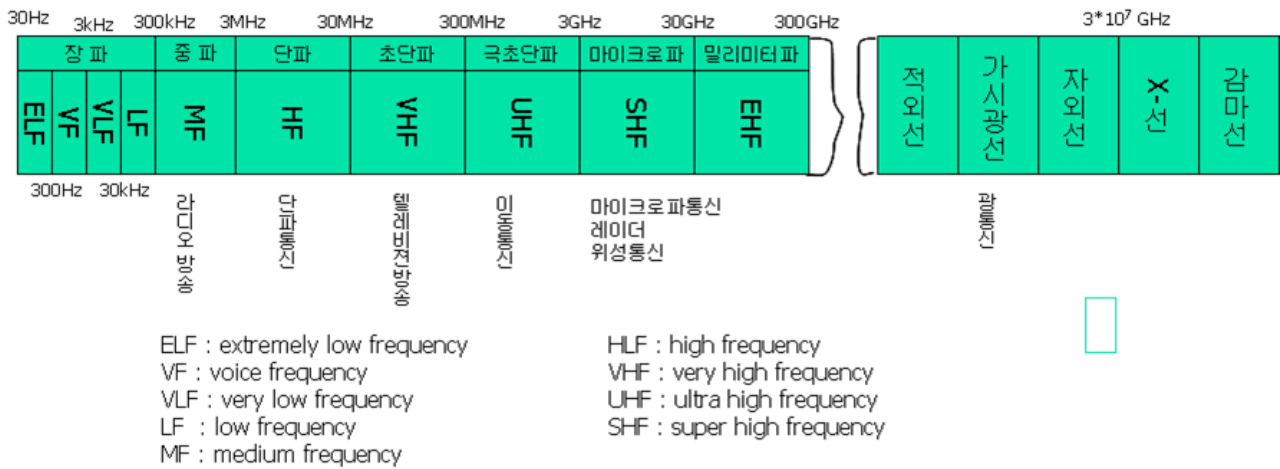
■ 대역폭 : 반송파 신호의 주파수를 중심으로 정보 신호를 실어 나르기 위해 스펙트럼 내에서 요구되는 영역

■ 스펙트럼(spectrum) : 모든 신호를 사인과 코사인과 같은 정현파 신호의 성분으로 나타낸 주파수 영역상의 성분

■ 주파수와 파장의 표현시 사용되는 단위 :

- o kHz, MHz, GHz, THz, PHz → k(kilo), M(mega), G(giga), T(tera), P(peta) → $10^3, 10^6, 10^9, 10^{12}, 10^{15}$
- o mm, μm , nm, pm, fm → m(milli), μ (micro), n(nano), p(pico), f(femto) → $10^{-3}, 10^{-6}, 10^{-9}, 10^{-12}, 10^{-15}$

■ 표준 전자기 스펙트럼 구분



■ 미국 구 JCS 대역 구분

| 대역 | 주파수 | 비고 |
|------------|---------------|----|
| VHF Band | 100MHz-300MHz | |
| UHF Band | 300MHz-1GHz | |
| L-Band | 1GHz-2GHz | |
| S-Band | 2GHz-4GHz | |
| C-Band | 4GHz-8GHz | |
| X-Band | 8GHz-12.4GHz | |
| Ku-Band | 12.4GHz-18GHz | |
| K-Band | 18GHz-26GHz | |
| Ka-Band | 26GHz-40GHz | |
| Millimeter | 40GHz-100GHz | |

■ 적용 예

○ AM 방송 : 526.5kHz에서 1606.5kHz까지의 대역(9kHz 간격으로 120개의 채널(반송파 주파수가 531kHz에서부터 1602kHz까지 보호대역을 포함하여 9kHz 대역폭을 가지고 서비스를 제공)

○ FM방송 : 88MHz에서 108MHz까지의 대역에서 200kHz 간격으로 100개의 채널(반송파 주파수가 88.1MHz에서 107.9MHz까지 보호대역을 포함하여 200kHz 대역폭을 가지고 서비스제공)

○ TV 지상파 방송 :

-채널2에서 채널13까지는 VHF 대역의 54MHz부터 216MHz사이에서 6MHz 간격으로 서비스가 제공

-채널14에서 채널83까지는 UHF대역의 470MHz에서부터 890MHz사이에서 6MHz 간격으로 서비스가 제공

○ 셀룰러 이동전화 : 800MHz대역(824-849MHz/869-894MHz)

○ 개인휴대통신(PCS) : 1,800MHz대역(1,750-1,780MHz/1,840-1,870MHz)

○ IMT- 2000 : 2GHz대역의 230MHz(1,885-2,025MHz/2,100-2,200MHz) 대역 폭을 사용할 예정임

1.5 통신 시스템의 성능 변수

■ 통신의 추세 및 현황 :

개인화 및 멀티미디어화 → 한정된 주파수 대역과 잡음원의 증가

→ 열악해 가는 통신 환경 및 높아지는 요구 성능

→ 새로운 통신 기술의 개발 및 전개가 필수적임

■ 대역폭과 정보량과의 관계 :

○ 수도관의 직경과 물의 양으로 비유될 수 있음

○ 요구되는 전송 속도를 유지하기 위해서는 넓은 주파수 대역폭이 필요함

- 음성 신호의 경우 : 3kHz 정도의 대역폭으로 통신이 가능

- TV신호의 경우 : 초당 30장의 화상을 전송하기위해 6MHz 정도의 대역 폭이 필요

☞ 변조 방식에 따라 요구되는 대역폭이 달라지나 많은 양의 정보를 보내기 위

해서는 근본적으로 넓은 대역폭이 필요함

■ 정보 및 전송 속도 :

- o 정보의 기본 단위 : '1' 혹은 '0'인 비트(bit)
- o 전송 속도에 대한 기준 : bps(bits per second)(초당 몇 비트를 전송하는 가
를 의미함)

■ Shannon의 채널 용량(Channel Capacity) : 전송속도와 대역폭의 관계

$$C = BW \times \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

- o C : Capacity의 약자로 채널 용량 즉, 전송 속도를 의미하며 단위는 bps
- o BW : Bandwidth의 약자로 대역폭을 의미하며 단위는 Hz
- o S/N : Signal to Noise ratio의 약자로 신호 대 잡음 전력비를 의미

■ 신호의 전력이 1(W)이고 잡음 전력이 0.05(W)이며 대역폭이 10kHz인 경우의 채널 용량

$$C = 10,000(\text{Hz}) \times \log_2 \left(1 + \frac{1(W)}{0.05(W)} \right) = 43,923 \text{bps}$$

■ 신호의 전력이 1(W)이고 잡음 전력이 0.05(W)이며 대역폭이 100kHz로 10배가 증가한 경우의 채널 용량(대역폭이 10배 증가)

$$C = 100,000(\text{Hz}) \times \log_2 \left(1 + \frac{1(W)}{0.05(W)} \right) = 439,231 \text{bps}$$

☞ 용량이 선형적으로 10배 증가

■ 신호의 크기가 10(W)로 10배가 증가하고 잡음 전력이 0.05(W)이며 대역폭이 10kHz인 경우의 채널 용량(신호 전력이 10배 증가)

$$C = 10,000(\text{Hz}) \times \log_2 \left(1 + \frac{10(W)}{0.05(W)} \right) = 76,511 \text{bps}$$

☞ 용량이 대수(log)적으로 1.74배정도 증가

■ 신호의 전력이 1(W)이고 잡음 전력이 0.05(W)이며 요구되는 전송 용량이 1Mbps인 경우에 필요한 대역폭

$$BW = \frac{C}{\log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)} = \frac{1,000,000(\text{bps})}{\log_2 \left(1 + \frac{1(W)}{0.05(W)} \right)} = 22,767 \text{Hz}$$

→ 계산된 약 23kHz 대역폭은 이론적인 최소한의 한계 값

→ 현재의 기술 수준으로는 상당히 더 넓은 대역폭이 필요함

■ 통신 시스템의 품질 성능 변수

- 아날로그 통신의 경우 : 수신단에서의 신호 잡음비(S/N)
- 디지털 통신의 경우 : 비트 오류율 BER(Bit Error Rate) (송신된 비트수에 대한 수신단에서의 에러가 발생한 비트수의 비율)
-1000개의 비트를 송신하여 1개의 비트가 에러가 발생한 경우 BER은 10^{-3}

■ BER 특성 : 송신 출력이 높을수록 양호한 BER 특성을 가질 수 있음

→ 엄밀하게는 신호의 크기보다는 잡음과의 상대적인 비교에 영향을 더 받음

(1(W)의 신호 전력과 2(W)의 잡음 전력 vs 0.1(W)의 신호 전력과 0.01(W)의 잡음 전력)

■ E_b/N_0 : 한 비트에 대한 에너지와 잡음 전력 밀도의 비

■ Shannon의 한계값 : 이론적으로 구현 가능한 시스템은 E_b/N_0 가 0.693배

-> (-1.59(dB))이상인 경우에만 통신이 가능.(한계치)