

전파의 이해

전파의 기본

음파와 전파

- 음파의 전달속도 1초당 343.2 meter
- 전파의 전달속도 1초당 299,792,458 meter(약 30만 Km)

음파는 공기의 파동으로 눈에 보이지는 않지만 귀로 들을 수 있는 소리입니다. 반면 전파는 보이지도 않고 귀로 들을 수도 없습니다. 공기가 있는 경우와 없는 경우의 음파와 전파의 전달 현상은 다릅니다. 전파는 공기가 없는 진공상태에서도 잘 전달되어 통신이 되지만, 소리는 진공 중에서는 전달되지 못합니다. 소리가 전달되려면 반드시 공기와 물 등과 같은 매질이 있어야 합니다. 진공상태의 매질에서는 소리가 전달되지 못합니다. 우주공간은 진공 상태이므로 전파는 전달될 수 있지만, 소리는 전달될 수 없는 것도 이와 같습니다. 사람이 말하는 목소리나 동물 울음소리 악기에서 나오는 소리에는 고유의 주파수를 가지고 있습니다. 음파는 매질의 진동이고 전파는 전기장과 자기장의 진행인 것입니다.

전파란

전파(電波)는 전자파의 일종으로 “인공적인 유도 없이 공간에 퍼져 나가는 전자파로서 국제전기통신연합(ITU)이 정한 범위의 주파수를 가진 것을 말한다.”고 정의하고 있으며, (전파법 제2조), 전파규칙에는 3,000GHz 이하의 주파수를 가진 전자파로 정의하고 있습니다. 가시광선(햇빛)과 X선, 감마선 등도 전파의 범주에 포함 시킬 수도 있으나 3,000GHz 이상의 주파수를 가지고 있기 때문에 전파라고 하지 않습니다. 통상, 스펙트럼 상에서 적외선보다 낮은 영역을 전파라고 합니다. 전파는 시간에 따라 전기장과 자기장의 두 가지 성분으로 구성된 파동으로 상호작용에 의해 공간을 빛의 속도로 전파합니다.

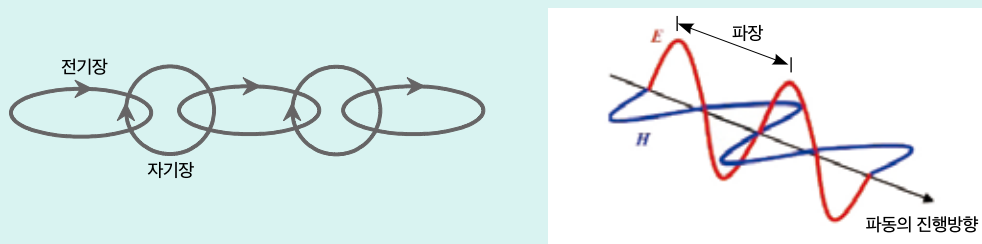


그림 1. 전자기파의 파동과 진행방향

• 전파의 역사

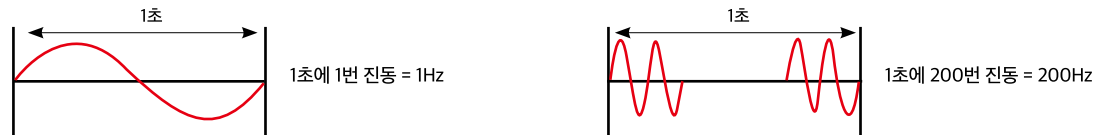
전파의 발견(영국 맥스웰) → 전자기파 실험 증명(독일 헤르츠) → 실용화(마르코니)

파장과 주파수의 관계

$$\text{파장}(\lambda) = \text{광속}(c) / \text{주파수}(f)$$

$$* \text{광속} = 30\text{만Km/Sec}$$

전파가 공간을 진행할 때 생기는 파동이 1초 동안에 진동하는 횟수를 주파수라고 합니다. 1초 동안에 동일한 파형이 반복되는 횟수입니다. 즉, 동일한 파동이 1초 동안 1번 진동하면 이를 1Hz라 하고, 300번 진동하면 300Hz라고 합니다. 전파의 속도는 빛의 속도와 같이 1초에 300,000km입니다. 전파는 파장이 각기 다른 여러 전파들이 있으며, 전파의 성질은 주파수가 결정합니다.



주파수의 단위인 헤르츠(Hertz, 줄여서 Hz)는 전파의 존재를 처음으로 발견한 독일의 과학자 헤르츠의 이름을 딴 것입니다.

전파의 성질과 특징

전파는 직진성, 간섭성, 반사성, 굴절성, 산란성 등의 성질을 가지고 있습니다. 전파의 파장은 주파수에 반비례합니다. 주파수가 높으면 파장이 짧게 됩니다. 예를 들면, 150MHz 전파의 주파수 파장을 계산하면($\lambda = c/f$) 크기가 약 2m가 됩니다. 아울러 300MHz 전파의 파장은 1m가 되는 것입니다. 전파는 주파수가 높으면 높을수록 빛과 같이 직진성이 강한 특성을 가지고 있어, 많은 정보량을 전달하는데 유리합니다. 반면에 반사 또는 비-안개 등에서의 물방울과 수증기에 전파가 손실을 받는 약점도 있습니다. 한편, 주파수가 낮은 전파는 높은 주파수에 비해 직진성이 약하여 장애물에 회절하는 성질을 가지고 있어서 넓은 지역으로 송신하는데 유리하지만, 주파수가 낮으면 낮을수록 많은 정보량을 전달하는데 한계가 있는 단점이 있습니다.

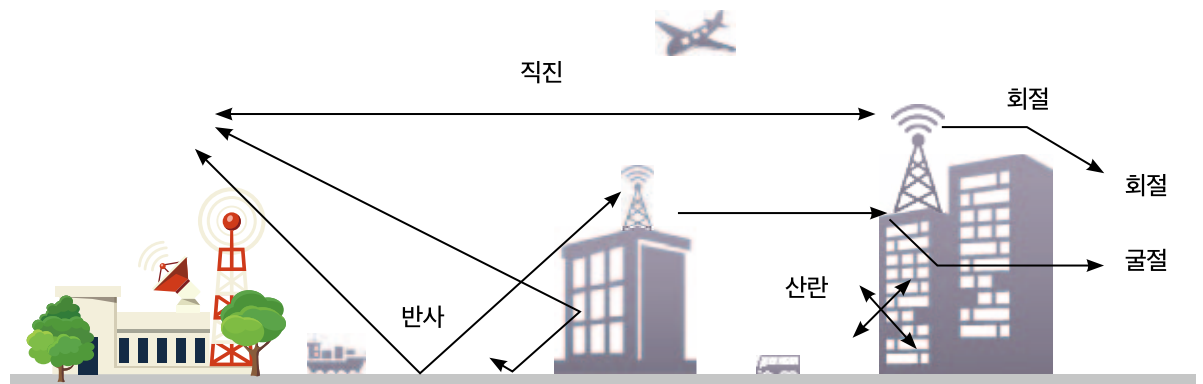
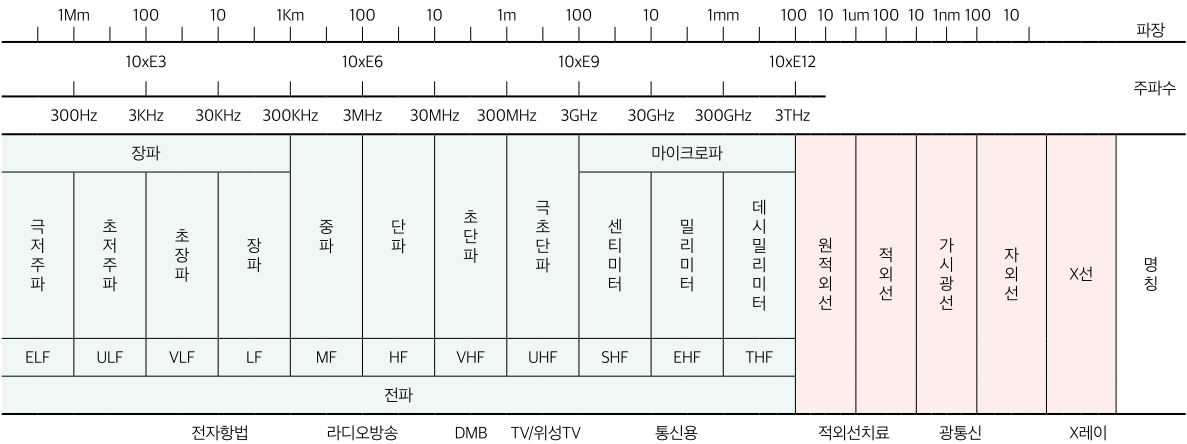


그림 2. 전파의 성질

- 직진성 : 최단거리로 이동할 수 있는 성질로 주파수가 높을수록 직진성이 강함
- 간섭성 : 여러 전파가 겹치면서 전파의 세력이나 주파수가 다르게 보이는 성질
- 반사성 : 전파가 물질에 부딪혀 진행경로가 달라지는 성질
- 굴절성 : 전파의 진행방향과 진행속도가 변하는 성질
- 회절성 : 전파가 장애물 뒤쪽까지 도달하는 성질
- 산란성 : 전파가 진행하다가 사방으로 흩어지는 현상

주파수대 분류와 이용분야

전파에는 주파수를 10배 단위로 구분해서 그 주파수대마다 부르는 명칭이 있습니다.



주파수대별 통신의 용도

- 극저주파(ELF) : 30~300(Hz) 잠수함의 통신
- 초저주파(ULF) : 300~3000(Hz) 음성대역
- 초장파(VLF) : 3~30(kHz) 선박, 항법, 시간동기, 잠수함의 통신
- 장파(LF) : 30~300(kHz) 항해항법, 시간동기, AM 장파방송, 비콘
- 중파(MF) : 300~3000(kHz) 항공, AM 중파방송(525~1605), 아마추어무선(1800~1825)
- 단파(HF) : 3~30(MHz) SW 단파방송, 아마추어무선, 생활무전기
- 초단파(VHF) : 30~300(MHz) TV 방송(54~88), FM 방송(88~108), 항공(108~137), 아마추어무선(144~146), 선박통신(156~163), DMB 방송(174~216)
- 극초단파(UHF) : 300~3000(MHz) TV방송(470~711), 이동통신(TRS,LTE), 아마추어(430~440) 전자레인지(2450), Wi-Fi(2400), 블루투스, GPS(1570)
- 센티미터파(SHF) : 3~30(GHz) M/W 통신, 위성통신, 차세대이동통신(5G), 레이다, Wi-Fi(5G)
- 밀리미터파(EHF) : 30~300(GHz) 인공위성, 우주통신, 전파천문, 원격감지
- 데시밀리미터파(THF) : 300~3,000(GHz) 전자항법 등

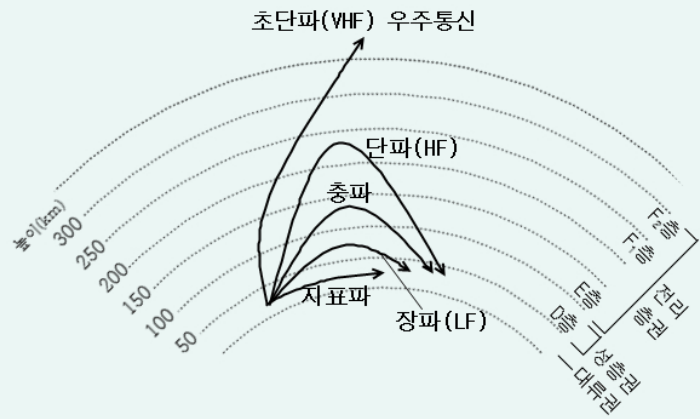


그림 4. 전파의 전달방식에 따른 구분

방송용 송수신 안테나

• 송신 안테나



중파, 단파송신소



FM, TV송신소



방송중계소

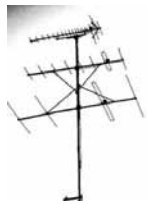


위성지구국



중계이동국

• 수신 안테나



공시청설비



지상파수신



실외안테나



실내안테나



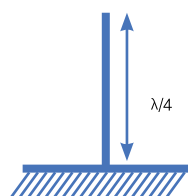
위성수신

안테나의 정의

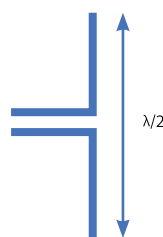
무선통신의 신호전달 경로는 유선통신의 광, 케이블이 아닌 자유공간입니다. 전기적인 신호를 전파로 바꾸어 주거나 그 반대의 기능을 수행하는 장치를 의미합니다. 송신의 경우에는 보내고 싶은 전기적인 신호를 송신기에서 전파 에너지로 바꾸어 공간에 보내게 됩니다. 수신은 원하는 전파를 수신하여 다시 전기적인 신호로 바꾸어 수신기에 전달합니다. 이와 같이 안테나는 일종의 에너지 변환장치라고 할 수 있습니다.

공진주파수

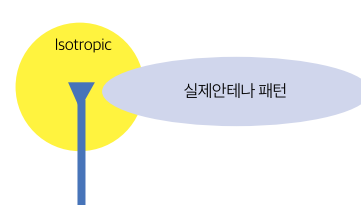
안테나는 사용하고자 하는 주파수에 공진이 되어야 안테나의 역할을 하게 됩니다. 안테나가 어떤 특정한 주파수의 전파를 가장 효과적으로 보내고 받는 현상을 공진이라 합니다. 안테나 길이가 파장의 1/2의 정수배일 때 안테나는 공진하게 됩니다. 이때 이 전파의 주파수 중에서 가장 낮은 주파수를 안테나의 공진 주파수라고 합니다.



모노폴안테나



반파장안테나



이론상과 실제 안테나 패턴

그림 5. 안테나의 공진과 패턴

임피던스와 정재파

송·수신기, 안테나 그리고 연결 케이블 모두는 각각의 임피던스값을 가지고 있습니다. 임피던스는 일반적인 전기 신호에 영향을 미치는 저항과 리액턴스 성분으로 주파수에 따라 다르게 작용합니다. 임피던스값이 일치할 때에 가장 효과적으로 전파가 전달되게 됩니다. 이 임피던스가 일치한 정도를 나타내는 값이 정재파비(VSWR : Voltage Standing Wave Ratio)로 바로 “1” 이상의 값을 가지며, 정재파 비가 “1”에 가까우면 더욱 효과적으로 전파를 보낼 수 있습니다. 이러한 안테나 임피던스 중 가장 보편적으로 사용되는 임피던스가 50ohm인데, 가장 기본적인 안테나 형태인 다이폴(Dipole) 안테나의 경우 파장의 약 1/2의 길이에서 50ohm의 임피던스를 가지며, 모노다이폴 안테나의 경우 파장의 약 1/4 길이에서 50ohm의 임피던스를 갖습니다. 따라서 보편적으로 사용되는 다이폴안테나는 전파신호를 주고받는데 사용할 주파수 파장의 1/2이 되도록, 모노다이폴 안테나의 경우 1/4이 되도록 제작하는 것이 일반적입니다.

이득, Gain

목적하는 방향으로 얼마만큼 전파를 집중하여 보냈는가를 나타내는 것이 “이득”입니다. 이득은 안테나의 성능을 의미하는 것으로 안테나 자체에서 증폭을 한다는게 아니라, 안테나에 일정한 출력이 보내져도 안테나의 성능에 따라 더 높은 출력의 전파를 보낸 것과 같은 효과를 갖게 됩니다. 보통 반파장(1/2λ) 다이폴 안테나의 이득을 기준으로 해서 dB(Decibel)로 표시합니다. 일반적으로 안테나 소자(Element) 수가 많을수록 이득이 커집니다. 이득이 높은 안테나를 사용하면 작은 출력으로도 멀리 있는 곳까지 전파를 전달 또는 수신할 수가 있습니다. 상하좌우 모든 방향으로의 성질을 갖는 등방성(Isotropic) 안테나를 기준으로 하는 경우는 dBi라고 표현합니다. 반면 반파장(Dipole) 안테나를 기준으로 하여 이득을 계산할 때는 dBd라는 단위를 사용합니다. 다이폴 안테나의 이득은 2.15dBi이므로, 0dBd = 2.15dBi, dBi = dBd + 2.15 관계를 가집니다.

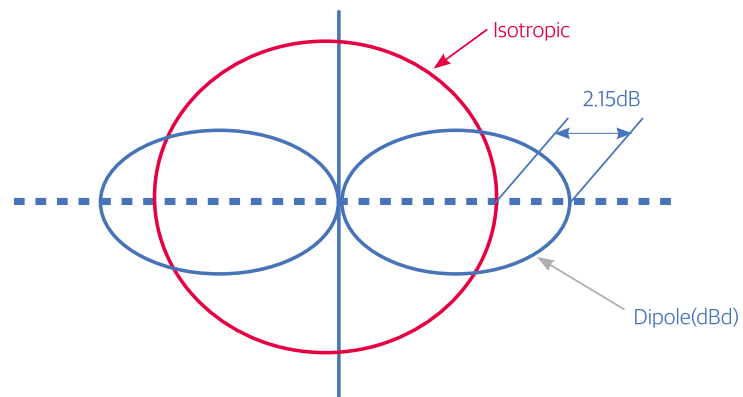


그림 6. 등방성안테나(dBi)와 다이폴안테나(dBd)의 관계

지향성

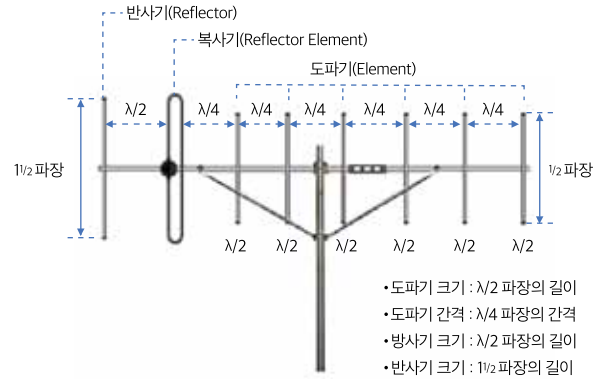
지향성이란 원하는 방향으로 전파를 보낼 수 있는 성질을 말합니다. 안테나가 특정한 방향(단일평면상)으로 전파를 더 멀리 보내는 정도를 지향성이라고 합니다. 이를 지향성 안테나라고 하며 지향성을 전 방향(360도)으로 동일하게 전파를 보내는 안테나를 전방향성 또는 무지향성(Omni) 안테나라고 합니다. 안테나의 용도에 따라 지향성이 있는 안테나를 사용하거나 무지향성 안테나를 사용합니다. 지향성안테나를 사용하는 가장 대표적인 사례로 전파의 발신지를 탐지하거나 TV 방송을 수신하는 야기 안테나와 파라볼라 안테나가 있습니다. 또한 무지향성 안테나는 안테나를 중심으로 넓은 지역을 대상으로 사용하고 있습니다.

TV 방송 수신용 야기 안테나 소개

야기 안테나는 여러 개의 소자(Element)들을 배열시켜서 전파신호의 지향성을 향상 시키는 안테나입니다. 안테나 맨 앞쪽 도파기 소자는 송신소 방향이 되며, 송신소로부터 수신된 전파는 배열된 도파기 소자를 차례대로 통과하여 복사기에 도달됩니다. 도달된 전파신호는 케이블을 통해 TV 수상기 튜너로 전달됩니다.

• 도파기(Element)

방송수신 야기안테나의 맨 앞쪽에 위치되며, 전파의 길 역할을 합니다. 전파가 안테나에 수신되면 각각의 도파기 소자에 전압이 유기되어 복사기로 보내집니다. 도파기 소자의 배치 수 증가에 따라 안테나 이득이 올라가게 되며 지향성도 높아집니다. 이런 도파기 소자의 길이는 파장의 1/2의 길이보다 짧고, 복사기보다 짧은 도체로 구성됩니다. 또한 도파기 소자 간 배치 간격은 약 $\lambda/4$ 로 제작됩니다.



• 복사기(방사기, Radiator)

안테나에서 전파를 수신하여 급전하는 반파장 다이폴 소자로서 도파기로부터 유기되는 신호를 모아주는 가장 중요한 역할을 합니다. 복사기 소자의 길이는 $\lambda/2$ 파장의 길이이며, 복사기에서 안테나 케이블을 연결하여 TV 수상기 안테나 연결단자로 보내집니다.

그림 7. TV 수신용 야기 안테나 소자의 구성

• 반사기(Reflector)

야기 안테나의 맨 뒤쪽에 위치하며, 도파기로부터 유도된 전파신호를 반사하여 복사기의 이득을 올려주는 역할을 합니다. 또한 안테나 뒤쪽에서 유입하는 방해전파를 경감해 주는 역할도 하기도 합니다. 반사기 소자의 길이는 도파기 파장의 1/2의 길이보다 길고, 복사기보다 긴 도체로 복사기와 위치는 약 $\lambda/2$ 이상으로 제작되고 있습니다.

재미있는 주파수 이야기

매질의 공진주파수

[물의 공진주파수 2.45GHz, 수증기의 공진주파수 22.2GHz, 산소의 공진주파수 60GHz] 힘이 평행을 이룰 때, 또는 같은 주파수가 만나면 서로 공명하면서 에너지가 집중되는 현상을 공진이라 합니다. 만약 2.45GHz 주파수는 물의 공진주파수와 같아져서 물에 의해서 전파가 흡수된다 하여 이 대역을 통신으로 사용은 피한다고 합니다. 마찬가지로 이유로 22.2GHz와 60GHz 대역의 사용도 피한다고 합니다. 그 이유는 수증기와 산소의 공진으로 효율이 떨어지기 때문입니다. 그림에서와 같이 매질의 공진에 따라 특정 주파수에서 전파손실이 많음을 알 수 있습니다.

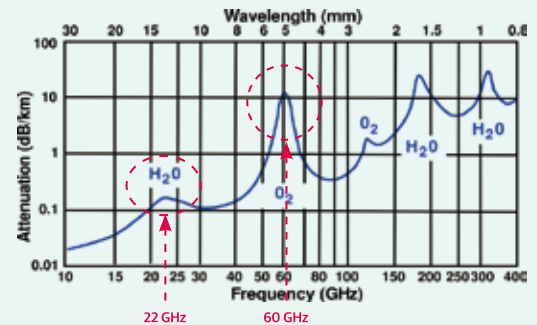


그림 8. 매질에 따라 특정 주파수대의 전파손실

• 전자레인지의 2.45GHz

음식을 데우거나 요리하는데 사용되는 오븐은 공기의 온도를 높여서 음식을 익히는 반면에 전자레인은 음식물에 포함된 수분을 이용하여 음식을 익힙니다. 전자레인은 2.45GHz의 마이크로파를 방출해 음식 속의 물 분자를 진동시켜서 발생하는 열에너지가 음식물의 온도를 높이면서 데워지거나 조리가 됩니다. 이와 같이 전자레인이 사용하는 주파수는 물의 공진주파수인 2.45GHz입니다. 전자레인은 물의 공진주파수를 이용하여 물체를 따뜻하게 하는 것입니다.

• 수증기와 산소

수증기의 공진주파수 22.2GHz와 산소의 공진주파수 60GHz의 전파를 이용하게 되면 전파의 손실이 생깁니다. 이러한 성질을 이용하여 공기 중에 수증기가 얼마나 있는지를 알아내서 기상예보에 이용하기도 합니다. ☁