



1. STANDARD HORN ANTENNA, 1-40GHz

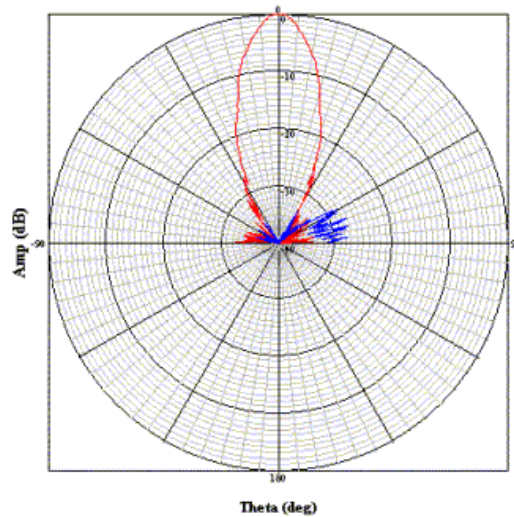
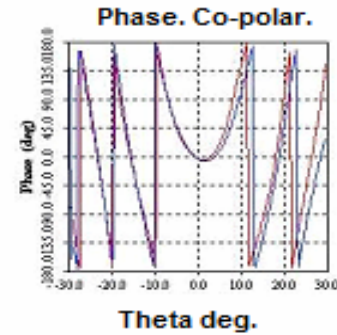
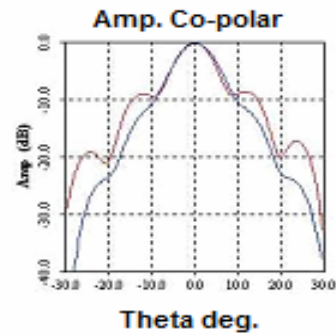
Korea Technology Ins.
www.emc.re.kr

MODEL	Frequency GHz	Gain	Dimension mm	Connector	Remarks	
KT-12HA15.5	0.96 - 1.46	14.43 - 17.75	600 x 300 x 1000	N-50		
KT-14HA15.5	1.14 - 1.72	14.90 - 17.40	557 x 413 x 410	N-50		
KT-22HA15.5	1.72 - 2.60	14.630 - 17.311	365 x 282 x 270	N-50		
KT-32HA20	2.60 - 3.95	18.60 - 20.90	380 x 260 x 450	N-50		
KT-48HA20	3.95 - 5.85	18.802 - 21.047	280 x 215 x 260	N-50		
KT-70HA20	5.85 - 8.20	19.175 - 20.989	200 x 155 x 270	N-50		
KT-100HA20	8.20 - 12.40	19.138 - 21.258	135 x 104 x 170	SMA-50		
KT-140HA20	12.4 - 18.0	19.236 - 21.259	90 x 69 x 115	SMA-50		Internal silver coated
KT-220HA20	18.0 - 26.5	18.80 - 20.90	68 x 55 x 40	SMA-50		Internal silver coated
KT-320HA20	26.5 - 40.0	18.80 - 21.34	39 x 30 x 60	SMA-50		Internal silver coated

2. WIDE BAND HORN ANTENNA, 1-18GHz

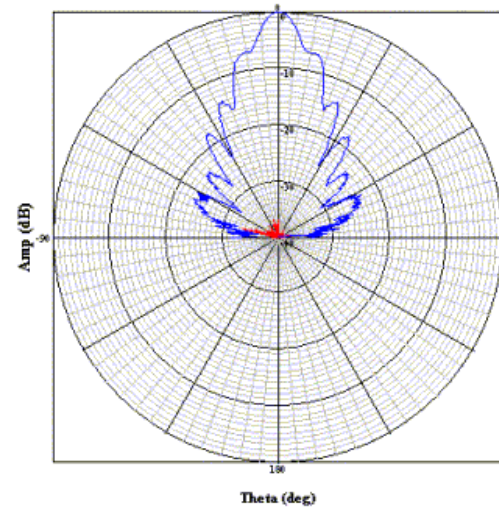
MODEL	Frequency GHz	Gain/AF	Dimension cm	Connector	
KT-1018DR	1-18GHz	7-16dB/ 25-45dB	24.4 x 27.9 x 15.9(H)	N-50	

2. Typical antenna pattern



H-plane

(Red: co-polar, Blue : Cross polar)



E-plane

Notice;

- Please select the appropriate antenna cables for the 6GHz higher band.
- Please check on VSWR and phase shift of the cables with connector before test.

3. Effective applications of the horn antenna & unit conversion

- Horn antenna 이득 측정은 이론적인 시험장 감쇠량 (Site attenuation)으로부터 벗어난 실측값이 3dB이내인 경우 유효하다.
다시 말해 이득은 AF를 측정하여 이득을 구합니다. 여기서 3dB는 측정장비 구성에 따라 시스템 불확도에 의해 결정됩니다.
- 안테나 이득(dB_i, dB_d)은 송신용으로 사용시 방사효율과 관계가 있으며, AF 즉, 안테나 팩터는 안테나를 수신용으로 사용하는 경우에 적용되는 고려인자로, 안테나 단자전압(V_a)을 전계강도[E_a]로 변환시켜주는 인자이다.
정의 AF=E_a/V_a 에서 양변을 Log를 취하면, E_a [dBuV/m]= V_a [dBuV] + AF [dB] 이 된다.
윗 식에 케이블 손실을 고려하면 E_a [dBuV/m] = V_a [dBuV] + AF[dB] + L_{cable} [dB] 관계가 성립한다.
- 출력,안테나 이득으로부터 전계강도를 구하는 경우, 이득 g값은 dB값이 아닌 숫자(상수)를 대입하여 구할 수 있습니다.
- 안테나 이득과 안테나 팩터간에는 다음 관계가 있습니다.

$$G(\text{dB}) = 20 \log(f_{\text{GHz}}) - AF(\text{dB}_m^{-1}) + 30.22$$

- GHz 대역 전자계 변환시 유용한 식은 다음과 같다.

$$\text{dB}_m = \text{dB}(\mu\text{V}) - 107$$

$$\text{dB}(\text{mW}/\text{m}^2) = \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) - 115.8$$

$$\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) = \text{dB}(\mu\text{V}) + AF(\text{dB}) + \text{Cable loss}(\text{dB})$$

$$V/\text{m} = 10^{\frac{\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) - 120}{20}}$$

$$\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m}) = \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m}) - 51.5$$

$$A/\text{m} = 10^{\frac{\text{dB}(\mu\text{A}/\text{m}) - 120}{20}}$$

$$\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2) = 10 \log (V/\text{m} \cdot A/\text{m})$$

$$\text{dB}(\text{mW}/\text{m}^2) = \text{dB}(\text{W}/\text{m}^2) + 30.0$$

$$\text{dB}(\text{pT}) = \text{dB}(\mu\text{A}/\text{m}) + 2.0$$

앞장의 변환식에서 나오는 **각종 상수** 어떻게 구하는지 설명한다.

회로에서 옴의 법칙이 적용되었듯이, 자유공간에서도 포인팅 벡터라고 불리어 지고 있지만 개념은 같다.

$P = \frac{V^2}{R}$ 이식에서 저항 $R=50[\Omega]$ 계통회로인 경우, 양변의 Log를 취하면 다음과 같은 식으로 변환된다.

$$10 \log_{10} P = 20 \log_{10} V - 10 \log_{10}(50)$$

전력과 전압의 상관식에서 **-107**이라는 상수가 어떻게 계산되는지를 알아보자.

전력 P의 경우 dB를 dBm으로, 전압의 경우 dB(V)를 dB(μ V)로 변환 시키면 전력의 경우 10^{-3} , 전압의 경우 10^{-6} 의 관계가 있다. 전력의 경우 $10 \log P$, 전압의 경우 $20 \log V$ 에 의해 전력은 $10 \times 3 = 30$ 이라는 상수가 도출되고, 전압은 $20 \times 6 = 120$ 이라는 상수가 계산된다. 따라서 50옴 계통에서 다음과 같은 식에 의해 이항 정리하면 **-107**이라는 상수가 계산되는 것이다.

$$30 - 120 - 10 \log_{10}(50) = -107$$

전력밀도와 전계강도간의 변환식에서 **-115.8**이라는 상수가 어떻게 계산되는지 알아보자.

자유공간에서 전력밀도와 전계강도는 포인팅 벡터 관계식에서 평면파의 경우 다음과 같이 표현된다.

$P = \frac{|E|^2}{\eta}$ 에서 η 는 자유공간의 특성 임피던스로 120π 이다.

위와 같은 방법으로 전력밀도 단위를 dB(W/m²)에서 dB(mW/m²), 전계강도 단위 dB(V/m)를 dB(μ V/m) 변환 시킬 때 도출되는 상수를 적용하면 다음과 같은 계산식이 된다.

$$30 - 120 - 10 \log_{10}(120\pi) = -115.8$$

자계강도와 전계강도간의 변환식에서 나오는 **51.5**라는 상수는 자유공간의 특성 임피던스에 의해 결정된다. 특히 자유공간에서 전자파 에너지는 자계와 전계는 독립적으로 존재할 수 없고, 전력밀도가 이들의 벡터 곱으로 나타내지므로 $20 \log$ 를 취한다. 앞서 전력과 전계의 상관관계에서는 같은 임피던스 값인데 $10 \log$ 를 취한 것과 비교된다.

$$20 \log_{10}(120\pi) = 51.5$$

자속밀도 B[T], 자계강도 H[A/m]의 관계식에서 2.0이라는 상수는 어떻게 계산되는지 알아보자.

자속밀도와 자계강도는 매질의 투자율에 의해 결정되는 상관식을 갖는데 $B = \mu_0 H$ 의 관계에서

자유공간의 투자율 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 이다. 앞서와 같이 자속밀도의 단위 Tesla를 pico Tesla(10^{-12})로 변환하고, 자계강도 단위를 [A/m]를 [μ A/m]로 변환하여 10^{-6} 관계로부터 각각 상용 log를 역변환하여 상수를 구하고, 자유공간 투자율에 대해 log를 취하면 다음 식과 같이 된다. 이 또한 전력이나 포인팅벡터의 상관식이 아니므로 $20 \log \mu_0$ 를 취하는 것에 유의

$$240 - 120 + 20 \log_{10} (\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}) = 2.0$$

GHz 대역의 전계 또는 급전전력 예측

Horn antenna 사용시 급전점 전력을 알 때 단위 거리에서 전계강도를 예측 계산하거나, 알고자 하는 전계강도를 정해 놓을 때 얼마의 급전점 전력이 필요한가를 구해 보기로 하자. 여기서 급전선 즉, 케이블의 손실 또는 도파관의 손실을 고려하지 않았다.

GHz 측정에 있어 주의해야 할 것은 절대로 케이블과 컨넥터를 임의로 자작하지 말고, 전문가를 통해 제작된 극저손실 제품사용을 권한다. 또한 6GHz 이상만 되면 케이블이 절대로 꼬이지 않도록해야 하며, 정밀 측정전에는 반드시 케이블 자체의 VSWR과 손실을 측정하여 주파수별 급전선 자체의 선형성과 재현성을 확인한 후에 GHz 대역을 측정하여야 합니다.

GHz 대역에서 다음 이론식은 케이블의 손실, 위상, VSWR 등이 이상적이면 매우 실제 측정값과 잘 일치한다.

급전점 전력을 P_t [W], 거리를 R[m], 숫자로 된 이득(dB값이 아님)을 g라 할 때 다음과 같이 Friis 식이 가역적으로 성립한다.

$$\text{급전점 전력}[W] = \frac{(\text{전계강도, V/m})^2 (\text{거리, m})^2}{(30 \times \text{숫자로 된 안테나 이득})}$$

$$P_t = \frac{|E|^2 R^2}{30g}$$

안테나 이득이 dB로 표현된 경우 숫자로 변환시키는 방법

만일 혼 안테나 이득 20[dBi] 인 경우, 다음과 같이 dB값의 이득을 10으로 나누고 10지수를 취하면 숫자로 변환 시킬 수 있습니다.

$$10^{\frac{20}{10}} = 100$$

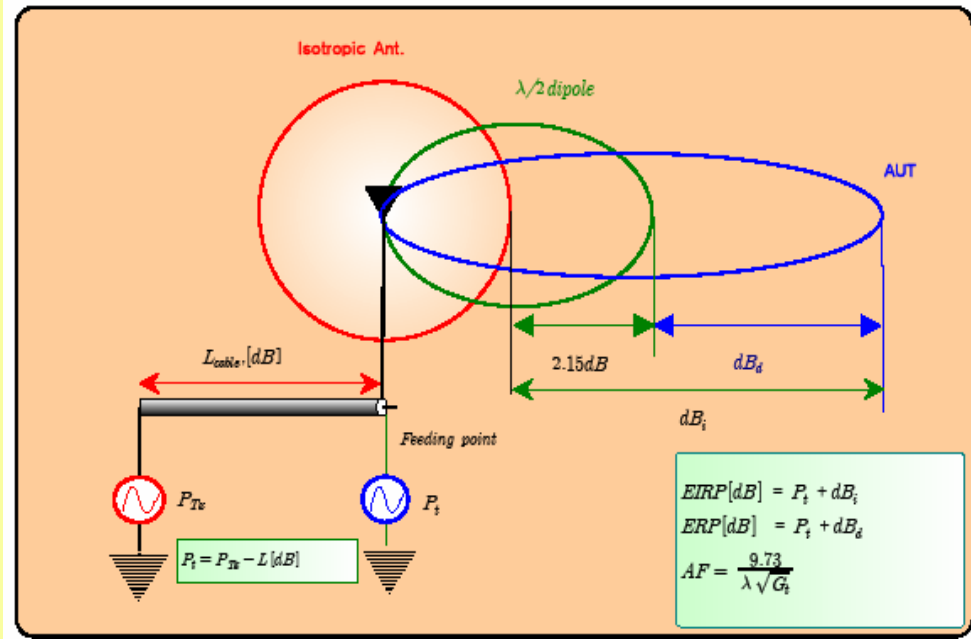
4. EIRP/ERP 및 dBd/ dBi의 차이점

실효방사전력 EIRP는 우측 그림에서 보듯 안테나 급전점 전력[dB]에 dB_i로 표시된 안테나 이득을 더해 주면 구할 수 있다. 그러나 안테나의 급전점 전력을 측정하는 것은 가능하나, 안테나가 분리형으로 되어 있는 경우를 제외하고, 최근에 많이 사용되는 Chip형 안테나와 같이 회로 일체형 안테나의 경우 안테나 이득 측정이 불가능하거나 측정해도 전혀 의미를 갖지 못한다. 왜냐하면 Chip형 안테나(Intenna)의 경우 주파수가 높아지면 PCB 유전체, 기구물의 금속부에 의해 크게 영향을 받기 때문에 Intenna의 특성을 측정해도 전혀 유효성을 갖지 못한다. 이런 경우 무선기기의 송신출력과 안테나를 함께 관리한다는 의미에서 1950년대 Microwave통신에서 사용하던 실효방사전력이라는 개념을 도입하여 무선주파수 자원을 관리하게 되었다.

다만 우측 그림에서 알 수 있듯이 등방성 안테나는 존재하지 않으므로 이론적 해석이 용이한 다이폴 안테나, 혼 안테나를 이용, 주로 치환법으로 실효방사 전력을 측정한다.

저희 한국기술연구소에서는 3차원으로 실효방사전력을 측정하는 장비를 개발하여 실효방사전력을 자동으로 측정할 수 있다.

안테나의 등방패턴(dB_i)이란 안테나를 백열전구과 같이 간주하여 안테나를 중심으로 모든 공간에 전파가 동일한 값과 위상이 되는 가상원을 만든 것이며, dB₀는 다이폴 안테나의 방사패턴이다.



이론적으로 계산하면 가상의 등방원과 다이폴의 방사패턴 간 평균전력밀도 $D=S/S_i$ 비를 구하면 2.15dB(전력으로는 1.64)의 차이가 있다. 실제로 미소 다이폴의 경우 1.5가 되고 안테나가 길어져 반파장이 되면 1.64가 된다. 만일 안테나가 더욱 길어져 1파장이 되면 2.41까지 증가한다. 이제 일체형 소형 안테나를 이용하여 EIRP와 안테나 이득을 치환법으로 구하는 절차에 대해 간단하게 설명한다.

일체형 무선기의 공급전원을 일정하게 유지시키고, 무선기의 정상출력상태를 만들어 단위거리에서 360도 모든 방향에서 최대 전계를 측정하고, 무선기 급전점 중심 혹은 체적중심에 안테나 이득을 알고 있는 새로운 안테나를 설치한 후 외부에서 SG에 연결하여 출력을 제어하여 앞서 얻어진 같은 전계값이 얻어지는 값을 찾아 SG출력 혹은 Amp의 출력을 읽는다.

이 값에 케이블 손실값을 더해 급전점 전력을 구하고 이 값에 이득을 알고 있는 치환 안테나의 이득을 고려하면 일체형 무선기의 실효방사전력을 구할 수 있다. 만일, 측정시료에 해당되는 안테나 일체형 소형 무선기의 출력을 측정한다면 일체형 소형 무선기의 안테나 이득을 계산해 낼 수 있으며 당소의 3차원 측정시스템을 이용하면 안테나 이득, 안테나 팩터 뿐만 아니라 방사효율, 전후방비, 3dB반치폭 등 안테나 제정수를 측정할 수 있다.