

광대역 통신용 반원형 안테나의 경사각에 의한 성능분석

정창원¹, 염인수¹, 박세현^{2*}

¹NID 융합기술 대학원 서울산업대학교, ²DMC 연구소 삼성전자

Analysis of a Semicircle Antenna by Tilt Angles for Wideband Applications

Changwon Jung¹, Insu Yeom¹ and Sehyun Park^{2*}

¹Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Technology,

²Digital Media & Communication R&D Center, Samsung Electronics

요약 본 논문에서는 광대역 통신 시스템을 위한 반원형 (semi-circle) 안테나에 대하여 소개 하였다. 제안된 안테나는 1.5GHz 부터 5GHz (> ~110%) 이상의 광대역 주파수 대역에서 전방향성 의 선형 편파를 방사 한다. 반원 안테나의 중심 급전 점으로 부터의 경사각 (tilt angle) 변화에 의하여 발생하는 안테나상의 전류 경로 변화와 이에 따른 동작 주파수 대역 변화에 대하여 조사하였으며, 측정된 안테나의 최대 이득은 동작 주파수 대역에서 2 ~ 3 dBi 이다.

Abstract A semicircle antenna is presented for wideband communication system. The proposed antenna radiates linear polarized wave omnidirectionally in wide frequency band from 1.5 GHz to more than 5 GHz (110%). The frequency bands of the proposed antenna are investigated from the variable current path lengths by tilting angles. The overall radiation gain of the proposed antenna is 2-3 dBi.

Key Words : Semicircle antenna, Tilt angle, Wideband antenna, Omnidirectional radiation

1. 서론

패치안테나는 소형, 저가, 그리고 용이한 제작 등의 특성 때문에 무선 통신에서 광범위하게 사용 되고 있다 [1-3]. 그러나 패치안테나의 대역폭이 좁다는 것 또한 이미 잘 알려져 있다 [1-3]. 한편 패치 안테나 에서 광대역 특성을 갖기 위해, 한 쌍의 개구면 으로 구성된 스택 (stack) 패치안테나에 관한 연구가 진행 되었으나, 구성상 상당한 공간을 차지하고 또한 주변 회로에 적용되기가 항상 적합하지는 않는다. 따라서 특별한 크기 이내에서 안테나의 대역폭을 증가시키기 위해 보우타이, 나선형, 평면 모노폴 과 같은 광대역 안테나가 연구되어왔다 [4-6]. 이들은 제작 가격이 저렴한 인쇄 회로 기판(PCB)

기술을 사용함으로써 쉽게 제작 할 수 있다. 또한 최근 에 높은 주파수 (3 GHz 이상)의 광대역 안테나로 사용하기 위한 반원 (semi-circle) 형태의 평면 모노폴 안테나가 소개되었다 [7].

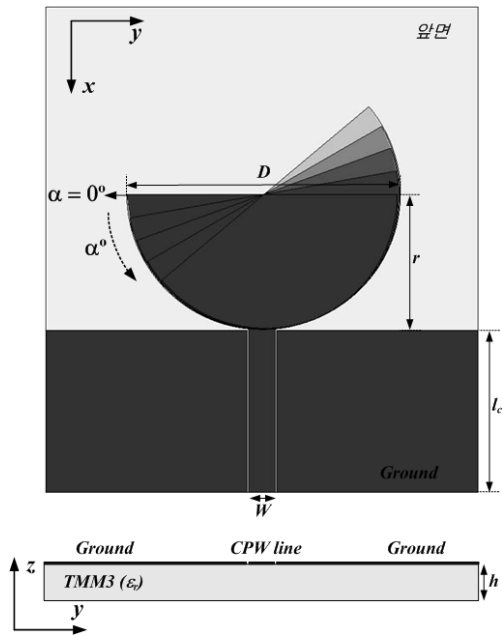
본 논문에서, 우리는 반원상의 다양한 전류 경로에 의해 광대역 통신용 안테나로 적합한 반원형 안테나에 대하여 분석 하였으며, 제안된 반원형 안테나의 중심 급전 점으로부터의 경사각에 따른 동작 주파수 그리고 방사패턴 변화에 대하여 분석하였다. 제안된 안테나는 상용 무선 통신용으로 사용되기 위한 전방향 방사 (omni-directional) 와 선형편파 (linear polarization) 특성을 갖는다.

*교신저자 : 박세현 (shpark.ant@gmail.com)

접수일 09년 04월 22일

수정일 09년 05월 07일

계재확정일 09년 07월 22일

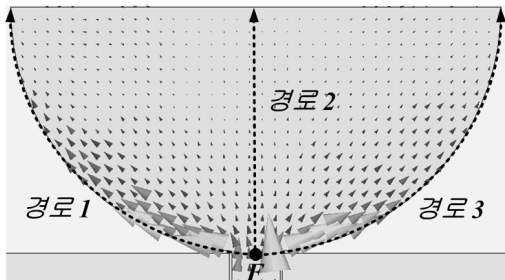


[그림 1] 경사각 (\$\alpha^\circ\$)을 갖는 반원형 안테나의 구성도

2. 반원형 안테나의 설계

2.1 주파수 대역의 동작

그림 1은 로저스 (Roger)사의 TMM3 (\$\epsilon_r = 3.27, \tan\delta = 0.002\$) 기판 (PCB) 상에 제작된 반원 안테나의 구성도이다. 기판의 두께 (\$h\$)는 3.175 mm 이다. 기판 표면에 설계된 반원은 폭(\$W\$)이 4.95 mm, 그라운드 (ground) 면 사이가 0.225 mm 인 코플래너 도파관 (CPW)으로 의해 급전되었다. 기판 상 CPW의 길이 (\$\ell\$)는 30 mm이다. 반원의 지름 (\$D\$)은 50 mm이며, 반지름 (\$r\$)은 25 mm 이다. 또한 본 논문에서는 반원형 안테나의 경사각 각도 (\$\alpha^\circ\$)를 증가 시키면서 안테나 동작 주파수 대역 변화를 조사하였다.



[그림 2] 벡터로 표현된 표면 전류 분포와 중심 급전

그림 2에서는 반원상의 표면전류 분포와 경로점으로 부터의 전류 경로를 FEM 방식의 EM 시뮬레이터(Ansoft HFSS)를 이용하여 시뮬레이션 한 결과를 보여준다. 안테나 중앙의 급전점 (F)으로부터 가장 짧은 전류경로는 경로2이며, 그 길이는 반원의 반지름 (\$r = 25\$ mm) 이다. 가장 긴 전류의 경로는 경로3 과 경로1 이다. 경로1은 반원의 중앙 급전점(F)에서 시작하고 반원의 왼쪽 정점에서 끝난다. 경로3 또한 중앙 급전점(F)에서 시작하고 반원의 오른쪽 정점에서 끝난다. 경로1과 경로3의 길이는 각각 \$\pi r/2\$ 이며, 제안된 안테나에서는 39.3 mm 이다. 따라서 제안된 반원의 전류경로는 25 mm ~ 39.3 mm의 값을 갖는다. 반원 안테나의 공진주파수는 식(1)과 같이 유도되며, 각각의 전류경로는 전류경로를 모노폴 안테나의 공진 길이로 보았을 때, 1/4파장이다.

$$f_o = k\left(\frac{C}{4L}\right) \quad (1)$$

\$C\$는 빛의 속도, \$L\$은 중심 급전점(F) 으로부터의 전류 경로의 길이, 그리고 \$k\$는 기판의 유효상수 이다. 실제 제안된 안테나의 동작 주파수는 반원의 전류경로(\$L\$)에 의해 다양하게 변화된다. 기본 반원 형태 (\$\alpha = 0^\circ\$)의 공진 주파수 대역은 식1 에서 가장 긴 경로길이 (\$\pi r/2\$)와 가장 짧은 경로 길이(\$r\$)를 대입하여 다음과 같은 식2로 표현할 수 있다.

$$f = k\left(\frac{C}{4(\pi r/2)}\right) \sim f = k\left(\frac{C}{4(r)}\right) \quad (2)$$

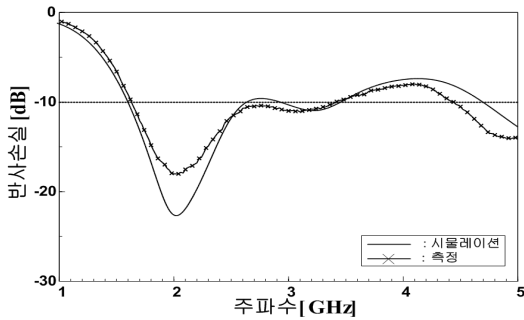
식2 에서 가장 낮은 공진 주파수는 안테나의 전류경로가 가장 긴 (\$\pi r/2\$) 경우 이며 가장 높은 공진 주파수는 안테나의 전류경로가 가장 짧은 (\$r\$) 경우 이다.

2.2 반원형 안테나의 측정 결과

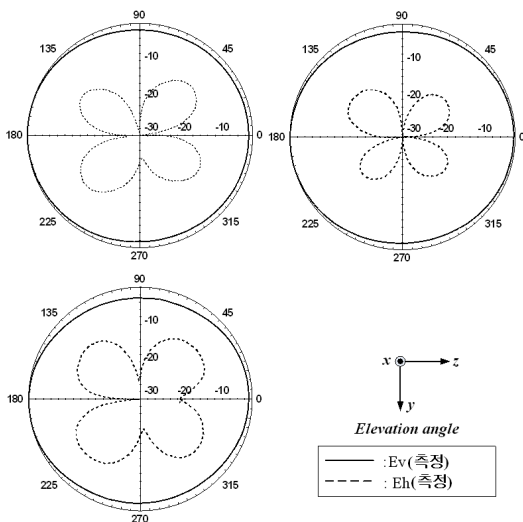
그림 3은 기본반원 (\$\alpha = 0^\circ\$)에서 안테나의 반사손실 (Return loss)에 대한 시뮬레이션과 측정 결과 이다. 시뮬레이션 결과의 유효성을 보기위해 측정결과 와 비교 하였으며, 제안된 안테나가 광대역 특성을 갖는 것을 보여 준다. 안테나의 공진 주파수 대역은 1.6 ~ 2.5 GHz 이며, 대역폭 내에서 반사손실은 - 10 dB 이하 이다. 이때 식 2와 그림3의 측정결과로부터 얻어진 \$k\$ 값은 0.851 이다. 또한 기본반원의 광대역 공진 주파수에 의한 첫 번째 고조파 대역은 3.2 GHz에서 5 GHz (공진 주파수 x 2), 두 번째 고조파 대역은 4.8 GHz에서 7.5 GHz (공진 주파수 x 3) 이며, 그 이후의 고조파 또한 공진 주파수 대역폭의 곱으로 예측 할 수 있다. 이것은 제안된 반원구조의 안테

나가 어떻게 광대역에서의 동작을 하는지 보여준다.

그림 4는 기본 안테나 ($\alpha = 0^\circ$)의 방사패턴 (y-z 평면) 측정 결과를 보여준다. 공진 주파수영역에서의 방사패턴을 비교하기 위해 수직(E-수직)과 수평(E-수평)에서의 방사패턴들을 세 개의 다른 주파수(1.6, 2, 2.5 GHz)에서 나타내었다. 반사손실이 -10 dB 이하가 시작되는 주파수는 1.6 GHz이며, 2 GHz는 반사손실이 가장 작은 주파수(최대 공진점), 그리고 2.5 GHz는 공진 주파수 대역에서의 마지막 주파수이다. 방사패턴은 예상되었던 것처럼 전방향(Omni-directional) 패턴을 갖는다. 1.6 GHz에서 최대이득은 2.2 dBi, 2 GHz에서 최대이득은 2.5 dBi, 그리고 2.5 GHz에서 최대이득은 2.7 dBi이다. 공진 주파수 대역에서 안테나 최대 이득은 2 ~ 3 dBi이다. 대역 내 수평(E-수평)과 수직(E-수직) 편파의 차이는 12 ~ 20 dB이다.



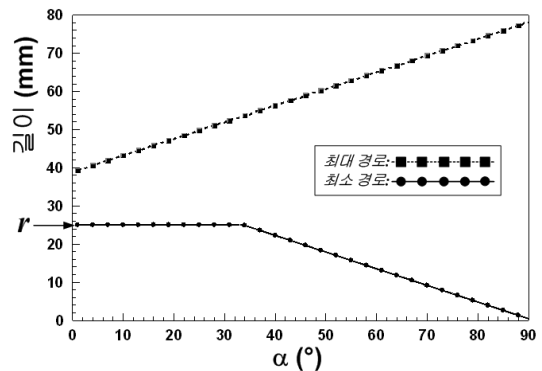
[그림 3] 기본 반원안테나 ($\alpha = 0^\circ$)의 반사손실에 대한 시뮬레이션 결과와 측정 결과



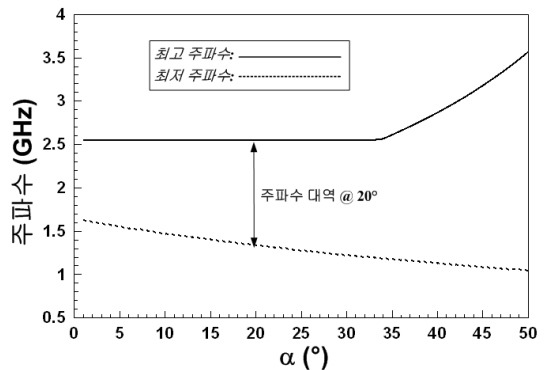
[그림 4] 기본 안테나 ($\alpha = 0^\circ$)의 측정된 방사패턴 (y-z 평면) (a) 1.6 GHz, (b) 2 GHz, (c) 2.5 GHz

3. 경사각에 의한 특성 분석 주파수 영역

반원 안테나의 경사각 (α) 을 증가 시키면서 동작 주파수와 방사패턴의 영향을 조사하였다. 경사각은 반원안테나 중앙의 급전점 에서부터 반시계방향으로 증가 된다. 그림 5에서는 경사각에 의한 가장 긴 전류경로와 가장 짧은 전류경로의 변화를 도시하였다. 여기서 경사각은 $0^\circ \sim 90^\circ$ 까지 변화하는 것으로 한다. 좌호 (왼쪽 호)의 길이 (그림 2에서의 경로1)와 우호 (오른쪽 호)의 길이 (그림 2에서의 경로3)는 $\alpha = 0^\circ$ 에서 $\pi r/2$ 이다. 경사각이 반시계 방향으로 증가할 때좌호의 길이 (경로1)는 감소하고, 우호의 길이 (경로3)는 증가한다. 반시계 방향으로의 안테나 경사각 변화에 따른 전류경로 길이는 다음의 식 3과 식 4로 표현 된다. 이때 경사각 (α)은 $0^\circ \sim 90^\circ$ 로 변화한다.



[그림 5] 경사각 (α) 에 의한 안테나의 가장 긴 전류 경로 (최대경로) 길이와 가장 짧은 전류 경로 (최소 경로) 길이의 비교



[그림 6] 경사각 (α) 에 의한 공진 주파수 대역

$$\text{좌호 (경로1)} = \left[1 - \frac{\alpha^0}{90^0} \right] \times \frac{\pi r}{2} \quad (3)$$

$$\text{우호 (경로1)} = \left[1 + \frac{\alpha^0}{90^0} \right] \times \frac{\pi r}{2} \quad (4)$$

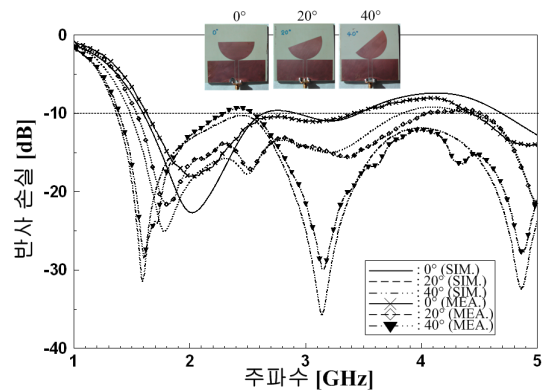
식 3에서 좌호의 길이는 경사각($\alpha = 0^\circ$)이 증가함에 따라 반지름(r) 보다 더 작아졌을 때 안테나상 전류경로의 가장 짧은 길이가 된다. 그러므로 그림 5에서 보인 것처럼 $\alpha = 0^\circ$ 에서 $\alpha = 34^\circ$ 까지는 안테나상의 전류경로의 가장 짧은 길이는 그림 2의 경로 2 인 반지름(r)이 되며, 경사각이 34° 이상이 되면, 좌호가 가장 짧은 전류 경로가 된다. 반원 안테나의 각 전류경로가 모노폴안테나의 공진 길이 이므로 안테나의 공진 주파수는 전류경로 길이 (1/4파장) 에 의해 결정된다. 전류경로 길이가 그림 5에서처럼 경사각에 따라 변화되어지기 때문에 안테나 공진 대역에 대한 식은 식2에서 다음의 식 5와 식6으로 변환될 수 있다.

$$f = k\left(\frac{C}{4 \times \text{우호}}\right) \sim f = k\left(\frac{C}{4r}\right) ; \text{좌호} > r \quad (5)$$

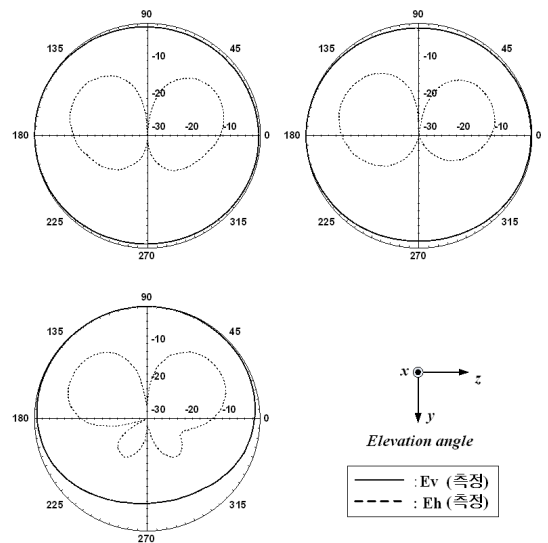
$$f = k\left(\frac{C}{4 \times \text{좌호}}\right) \sim f = k\left(\frac{C}{4 \times \text{좌호}}\right) ; \text{좌호} \leq r \quad (6)$$

식 5와 식 6에서 처음 주파수 항은 가장 긴 경로에 의한 가장 낮은 주파수이고, 식 5와 식 6에서의 두 번째 주파수항은 가장 짧은 경로에 의한 가장 높은 주파수이다. 식 5는 좌호의 길이가 반지름 (r) 보다 더 길어질 때, 경사각에 의한 공진주파수 대역을 나타내며, 식 6은 좌호의 길이가 반지름 (r) 보다 더 짧아질 때, 경사각에 의한 공진주파수 대역을 나타낸다. 그림 6은 식 5와 식 6의 주파수를 도시 한 것으로 경사도에 의한 반원 안테나 공진주파수 대역의 변화를 보여준다.

그림 7은 세 개의 경사각 (α^0 ; 0° , 20° , 40°)에서의 안테나 반사손실을 시뮬레이션 결과와 실제 측정된 결과를 비교한 것이다. 실제 측정된 결과는 시뮬레이션 결과와 일치하고 있으며, 동작 주파수 시작점은 경사각이 증가함에 따라 그림 5와 6에서처럼 안테나상의 최대 전류경로 길이가 증가하므로 감소한다. 전반적인 반사손실(Return loss)은 반원 안테나의 광대역 동작 특성을 보여주고 있으며, 또한 공진 주파수의 끝 부분에서 첫 번째 고조파가 시작된다. 공진 주파수 의 대역폭 (<-10 dB)은 경사각이 $\alpha = 0^\circ$ 일 때, 0.93 GHz (1.63 ~ 2.55 GHz) 이며, 경사각이 $\alpha = 20^\circ$ 일 때, 1.22 GHz (1.33 ~ 2.55 GHz)이고, 경사각이 $\alpha = 40^\circ$ 일 때, 1.6 GHz (1.15 ~ 2.76 GHz)이다.



[그림 7] 안테나 경사각 (α^0 ; 0° , 20° , 40°)에 의한 반사손실의 시뮬레이션 결과와 측정결과



[그림 8] $\alpha=20^\circ$ 일 때 측정된 반원 안테나의 방사패턴 측정 결과(y-z 평면) (a) 1.5 GHz, (b)1.8 GHz, (c)2.3 GHz

그림 8은 경사각이 $\alpha = 20^\circ$ 일 때, 반원 안테나의 방사패턴(y-z평면)이다. 세 주파수의 방사패턴은 전방향 방사를 하며 $\alpha = 0^\circ$ 일 때 그림 4의 주파수에 따른 방사패턴 모습과 유사하다. 그러므로 방사패턴은 경사각에 거의 영향을 받지 않는다고 할 수 있다. 최대 이득은 1.5 GHz에서 2.1 dBi, 1.8 GHz에서 2.5 dBi, 그리고 2.3 GHz에서 3 dBi이다. $\alpha = 20^\circ$ 일 때 공진 주파수 대역에서 안테나 최대 이득은 2 ~ 3 dBi이다.

4. 결론

제안된 반원 안테나는 광대역특성을 갖으며, 반원 경사각의 변화에 따라 안테나는 다양한 주파수 영역의 특징을 보여주고 있다. 제안된 안테나의 대역폭은 1.5 GHz에서부터 5 GHz이며, 안테나는 대역폭 내에서 전방향의 방사패턴을 갖는다. 또한 방사패턴은 실제 반원 경사각에 거의 영향을 받지 않는다. 반원 구조 내에서 제안된 안테나가 광대역으로 어떻게 동작하는가에 대한 설명이 제시되었고, 이에 대한 방정식 또한 유도되어졌다. 모든 시뮬레이션과 측정된 자료를 통해 우리의 이론과 사용된 모델의 타당성을 확인할 수 있었으며, 본 안테나의 경사도에 의한 안테나 특성변화는 유사한 구조의 광대역 안테나에서 또한 적용되어 질 수 있다.

참고문헌

[1] C. Zhao, Analysis on the properties of a coupled planar dipole UWB antenna, IEEE Antennas Wireless Propag Lett 3 (2004), 317-320.

[2] W.L. Langston and D.R. Jackson, Impedance, axial-ratio, and receivepower bandwidths of microstrip antennas, IEEE Trans Antennas Propag 52 (2004), 2769-2774.

[3] H. Iwasaki and Y. Suzuki, Electromagnetically coupled circular-patch antenna consisting of multilayerd configuration, IEEE Trans Antennas Propag 44 (1996), 777-780.

[4] K. Rambabu, M. Alam, J. Bornemann, and M.A. Stuchly, Compact wideband dual-polarized microstrip patch antenna, IEEE Antennas Propag Soc Symp 2 (2004), 1955-1958.

[5] M. Joseph, B. Paul, R.K. Raj, and P. Mohanan, Compact wideband antenna for 2.4 GHz WLAN applications, Electron Lett 40 (2004), 1460-1461.

[6] K.Y. Yazdandoost and R. Kohno, Ultra wideband antenna, IEEE Comm Mag 42 (2004), 29-32.

[7] H. Nakano, Y. Yamamoto, M. Seto, K. Hitosugi, and J. Yamauchi, A half-moon antenna, IEEE Trans Antennas Propag 52 (2004), 3237-3244.

정창원(Changwon Jung)

[종신회원]



- 2001년 12월 : University of Southern California, 전자공학 (석사)
- 2005년 6월 : University of California, Irvine, 전자공학 (박사)
- 1997년 1월 ~ 2000년 6월: LG 정보통신, 연구원
- 2005년 7월 ~ 2005년 10월: University of California, Irvine, Post Doctor
- 2005년 11월 ~ 2008년 4월 : 삼성종합기술원, 전문연구원
- 2008년 5월 ~ 현재 : 서울산업대학교, NID 융합기술대학원, 조교수

<관심분야>

안테나, RF, EMI/EMC, RF-MEMS, 센서

염인수(Insu Yeom)

[준회원]



- 2009년 2월 : 서울 산업대학교 전자공학과 학사 졸업
- 2009년 ~ 현재 : 서울 산업대학교, NID융합기술 대학원, 나노/IT 융합 프로그램 석사과정

<관심분야>

안테나, RF, 방송통신 융합

박세현(Sehyun Park)

[정회원]



- 2000년 2월 : 한국해양대학교 전파공학과 (석사)
- 2003년 9월 : 일본동경공업대학 전기전자공학부 (박사)
- 2003년 10월 ~ 2004년 7월 : 일본동경공업대학(Post Doctor)
- 2004년 8월 ~ 2008년 5월 : 삼성종합기술원 전문 연구원
- 2008년 6월 ~ 현재 : 삼성전자 DMC연구소 책임 연구원

<관심분야>

전기/전자, 정보통신, 전파전파, MIMO Antenna, 이동통신 안테나, Millimeter wave high gain antenna.