

# 개구 급전 마이크로스트립 배열에 의한 빔 틸팅 안테나에 관한 연구

고진현<sup>o</sup>, 이재권, 박덕규  
목원대학교 전자·정보통신 공학부

## A Study of Beam Tilted Antenna by Aperture Coupled Microstrip Array

Jin-Hyun Ko<sup>o</sup>, Jae-Kwon Ha, Duk-Kyu Park

School of Electronic & Information Communication Eng. Mokwon University

E-mail : jhko@ice.mokwon.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 개구 급전 마이크로스트립 야기 배열에 의한 빔 틸팅 안테나를 제안하고, Ansoft사의 Ensemble 5.1을 이용하여 설계 변수들의 값을 추출하고 제작된 안테나의 성능을 측정 분석하였다. 제안된 안테나는 북반구 대부분 지역에서 고정위성 지향을 위해 3dB 빔 폭은 45°를 중심으로 +/- 20° 정도의 빔 커버리지를 가지며, 2.51GHz ~ 2.59GHz의 동작 대역을 가진다. 안테나의 구조는 반사기, 구동기, 유도기의 3개 구형 패치로 구성된다. 2.56GHz에서 제작된 안테나의 최대 이득은 양각 42°에서 6.2dB, 그리고 Front-to-Back 비는 약 13dB 이상을 얻었다.

### ABSTRACT

We proposed the beam tilted antenna by aperture coupled microstrip array, found out the values of design parameters by using Ensemble 5.1 of Ansoft Co., and analysed the performance of fabricated antenna. In order to point to the fixed satellite on the northern hemisphere, 3 dB beamwidth of this antenna is 25° to 65°. Operation bandwidth is 2.51GHz to 2.59GHz. The structure of this antenna is composed by 3 types of squared patches; reflector, driver, and director. The maximum antenna gain is 6.2dB at 2.56GHz and elevation angle of 42°. Front-to-Back ratio is more than 13dB at the same condition.

### 1. 서 론

마이크로스트립 안테나는 소형 경량인 특성과 굴곡면에 쉽게 부착할 수 있고, 초고주파 회로와 쉽게 집적화할 수 있으며, 대량 생산에 의한 가격 저렴화 등의 장점으로 이동 통신용 안테나, 위성 통신 및 방송용 안테나, 이동체 탑재용 안테나, 그리고 레이더용 배열 안테나 등에 널리 사용되어지고 있다. 그러나 임피던스 대역폭과 축비 대역폭에서 협대역 단점을 가지고 있으며, 지향 특성 면에서도 Bore-sight쪽으로 넓은 빔 패턴 특성을 가지고 있다. 따라서 최근의 연구 동향은 이와 같은 단점과 특성들을 개선하기 위한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다.[1]~[3]

빔 패턴 및 지향 특성을 개선하기 위한 기술은 방사 소자 배열 기술과 급전 망, 위상 제어기, 그리고 적응 배열 빔 제어(Adaptive Array Beam control) 기술의 발전과 조합으로 최근에는, 이동체 단말과 기지국용 안테나 장치에 적용하기 위

한 많은 진전이 이루어지고 있다. 최근에는 야기 안테나의 원리를 마이크로스트립 패치 배열 안테나에 적용한 구조들이 보고되고 있으나[4], 아직 까지도 실험적인 방법을 통해 설계 파라미터를 얻고 있다[5],[6]. 다이폴 야기 안테나는 80년 전부터 연구 개발되어 현재에는 지상 TV 수신용 안테나로 가장 널리 사용되고 있지만, 설계 제작에 있어서는 아직 완전한 상용 설계 도구가 존재하지 않을 만큼 설계 변수간의 최적 포인터 찾기가 매우 어려운 안테나로 알려져 있다.

따라서 본 논문에서는 국내외 위성 DAB용 단말과 기지국용 안테나로 사용될 수 있도록 전력 분배기 혹은 위상 제어기를 사용하지 않으면서 45° 빔 틸팅(Tilting) 기능을 가지며 넓은 대역폭을 가지는 개구 급전 마이크로스트립 야기 배열 안테나 구조를 제안하고 Ansoft사의 Ensemble 5.1을 이용하여 설계 파라미터를 추출하고 실제 제작을 통해 빔 패턴과 대역폭 특성을 시뮬레이션 결과와 비교 분석 하였다.

## II. 빔 틸팅 개구 급전 마이크로스트립 야기 배열 안테나 설계

마이크로스트립 야기 배열 안테나는 구동기(Driver)와 반사기(Reflector), 그리고 유도기(Director)로 구성되고, 설계된 빔 틸팅 개구 급전 마이크로스트립 안테나 구조는 그림 1과 같다.

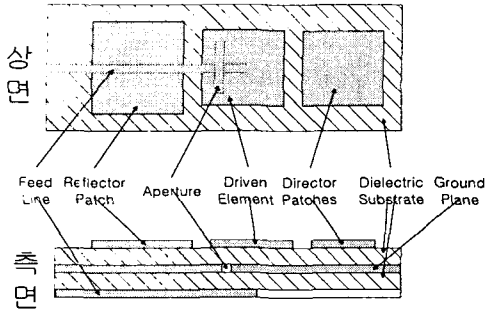


그림 1. 개구 급전 마이크로스트립 배열 안테나

마이크로스트립 야기 배열 안테나에서 구동기, 반사기, 유도기의 간격과 크기는 다이폴 야기 배열 안테나 설계에 기반을 두고 있다. 빔 틸팅 각도와 사용 기판의 특성에 따라서 구동기와 반사기의 크기 비는 대략 1.1~1.3 정도이고, 구동기와 유도기 비는 0.8~0.95 정도에서 결정된다. 구동기와 반사기간의 중심 간격은 대략  $0.35\lambda_0$ , 구동기와 유도기간의 중심 간격은 대략  $0.3\lambda_0$  정도로 한다. 이때 패치간의 간격(gap)은 유전체 두께와 같거나 적은 값을 가지도록 하여 많은 양의 전자파 에너지가 결합될 수 있도록 한다. 일반적으로 반사기와 구동기간의 간격은 유전체 두께의 1/2 정도로 하여 두 패치간 중심 간격이 대략  $0.35\lambda_0$  정도로 근사화 시킨다. 기판 물질의 유전체 상수는 너무 낮으면 패치들의 크기가 커지게 되어 단일 평면상에서는 각각의 패치들이 겹쳐질 수 있으므로 경우에 따라서는 제작될 수 없는 구조가 나오게 된다. 또한 높은 유전율을 가지는 기판을 사용하면 각 패치들의 크기가 작아지게 되고 패치간 간격이 커지게 되어 커플링이 거의 없어지게 되므로 일반적으로 기판의 유전율은  $1.5 < \epsilon_r < 5$  정도를 사용한다. 빔 패턴과 빔 방향을 결정하는 중요 요소는 반사기, 유도기, 그리고 구동기 패치의 크기, 패치간 간격, 유전체 두께와 유전 상수에 따른다.

안테나의 동작은 전자계 에너지의 결합과 방사로 설명된다. 통상의 마이크로스트립 방사소자는 공간파에 의한 방사가 주 빔을 형성하지만, 마이크로스트립 야기 배열 안테나는 표면파에 의한 특성이 추가됨으로서 주 빔이 틸트 특성을 가지게 된다. 즉 전자계 에너지는 공간파와 표면파를 통해 구동 패치에서 기생 패치로 결합된다. 이 때

패치간 간격이 크면 이웃하는 패치와 매우 작은 양의 에너지가 결합된다. 따라서, 야기 다이폴과 같이 마이크로스트립 패치를 동작시키기 위해, 이웃하는 패치는 기판에서 표면파를 통해 상당한 양의 커플링 에너지가 얻어지도록 서로 매우 가까이 둘 필요가 있다. 두 패치간의 간격은 적어도 유전체 기판의 두께보다 적거나 같을 경우에 강한 에너지 결합이 일어나고, 이는 방사를 통한 것 이라기 보다는 주로 표면파 효과로서 가상자리 필드의 상당한 양이 구동 패치의 유전체 기판에서 전파를 시작해서 다음 패치 속의 유전체 기판을 통해 전파되어지는데, 이러한 영향으로 주 빔은 Bore-sight보다는 End-fire 방향으로 높여지게 된다.[6]

설계한 안테나는 선형 편파 특성을 가지고 있고 중심 주파수는 2.56GHz에서 양각 방향으로 45° 빔 틸팅이 가능하도록 설계하였다. 설계 파라미터들은 각각의 설계 변수들을 조합하여 성능 시뮬레이션을 수행하여 원하는 빔 틸팅 각도를 가지면서 대역 특성을 만족하는 값을 추출하였으며, 그 결과는 표 1과 같다. 패치면은 유전율  $\epsilon_r$ 이 2.2, 높이가 62mils, 급전부가 있는 아래쪽 기판은 유전율  $\epsilon_r$ 이 10.2, 높이가 25mils인 기판을 사용하였다.

표 1. 설계 파라미터 값

파라미터	길이(mm)
반사기	41.06 × 41.06
구동기	37.46 × 37.24
유도기	38.01 × 38.01
구동기와 반사기간의 거리	0.65
구동기와 유도기간의 거리	1.9
개구의 길이	17.5
개구의 폭	1.4
스터브의 길이	9.27
급전선 폭	0.6

## III. 시뮬레이션 및 제작 결과

시뮬레이션 결과에 따라 추출된 설계 변수들로 실제 제작된 빔 틸팅 개구 급전 마이크로스트립 안테나는 그림 3.1 및 3.2와 같다. 전체적인 크기는 테스트 지그를 포함하여 가로 159.08mm, 세로 62.06mm, 높이 10.1mm이다.

주파수대역은 2.52GHz ~ 2.6GHz이고, 중심주파수를 2.56GHz로 하였다.

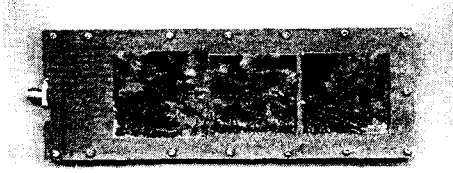


그림 2. 제작된 안테나의 윗면

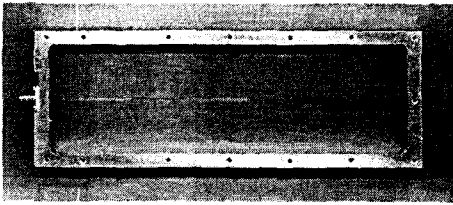


그림 3. 제작된 안테나의 아랫면

시뮬레이션과 실제 측정을 통한 리턴로스는 그림 4의 (a), 그림 4의 (b)와 같다. -10dB 이하의 대역폭은 시뮬레이션 시에는 2.52GHz~2.59GHz로 나타나고, 제작 측정에서는 2.51GHz ~ 2.59GHz로 보다 광대역 특성을 얻었다.

그림 5, 6, 7의 (a)는 각각 2.54GHz, 2.56GHz, 2.58GHz에서 시뮬레이션한 빔 패턴을 보여주고 있으며, 그림 5, 6, 7의 (b)는 각각 2.54GHz, 2.56GHz, 2.58GHz에서 실제 측정한 빔 패턴을 보여주고 있다. 주 빔의 패턴은 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 거의 일치하고 있음을 알 수 있으며, 부엽과 후엽 레벨, 그리고 영점(Null Points)에서의 차이는 시뮬레이션 상에서의 무한 접지와 실제 제작에서의 한정된 접지면 크기에서 발생하는 것으로 분석된다.

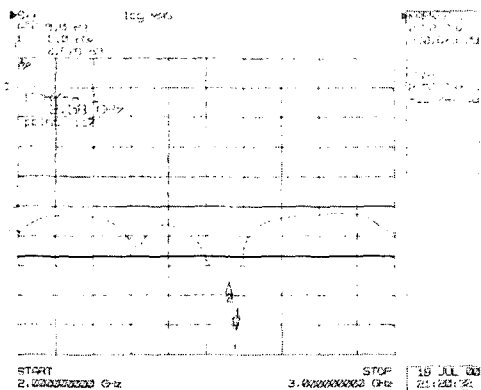
빔 틸팅 특성은 각각의 기생 패치들이 유도기와 반사기의 기능을 얼마나 충실하게 수행하고 있는가로 판단할 수 있다. 빔 패턴은 주파수가 증가할수록 전방향 빔에 대해 후방향 빔의 레벨이 증가하고 있는데, 이는 주파수 증가에 따라서 구동기와 반사기간의 중심 간격이  $0.35\lambda_0$  이상이 되고 구동기와 유도기간의 중심 간격도  $0.3\lambda_0$  보다 크게 되어 반사기와 유도기 패치에 유기되는 전류의 방향이 구동기 위치에서 최대 벡터합으로 더 이상 나타나지 않기 때문인 것으로 분석된다. 즉 그림 1의 오른쪽 패치에서의 유도기 역할은 2.56GHz에서보다는 2.58GHz에서 강하게 나타나며, 그림 1의 왼쪽 패치에서의 반사기 역할은 2.56GHz에서보다는 2.54GHz에서 보다 강하게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 따라서 이와 같은 각각의 패치 크기와 패치간의 간격을 2.56GHz에서  $45^\circ$  빔 틸팅과 광대역 특성을 얻을 수 있도록 표 2.1과 같은 설계 파라미터로 제작하였다. 중심 주파수 2.56GHz에서 시뮬레이션 결과로 반사손실 -21dB, 3dB 빔 폭  $15^\circ \sim 85^\circ$ , 이득 6dB, Front-to-Back 비는 7.5dB를 얻었으며, 측정결과

는 반사손실 -12.747dB, 3dB 빔 폭  $25^\circ \sim 65^\circ$ ,  $42^\circ$  에서 최대 이득 6.2dB, Front-to-Back 비는 약 13dB 이상을 얻었다.

제작된 안테나의 특성과 시뮬레이션 결과는 빔 패턴 측면에서는 잘 일치하고 있으며, 반사손실에 따른 대역폭은 제작된 안테나에서 10MHz 정도 하향 이동하였다. 이는 제작상의 오차에서 기인하는 것으로 판단된다. 시뮬레이션과 제작에서의 특성의 차이는 크게 3부분으로 분석될 수 있었다. 첫째, 두 유전체 기판을 적층 결합하는 과정에서 오차이다. 본 제작에서는 두 기판에 0.5mm 직경의 나사 구멍을 안테나 가장 자리에 두어 볼트로 테스트 지그와 기판을 정렬시키는 방법을 채택하였다. 둘째, 시뮬레이션에서의 0.01mm 오차와 제작에서의 0.05mm 정도의 오차 한계에서 발생하는 패치 크기와 그들간의 간격 변화가 특성의 변화를 야기하고 있다. 셋째, 급전 컵락터 접합부의 임피던스 부정합에 의해서도 특성 변화가 예상된다.



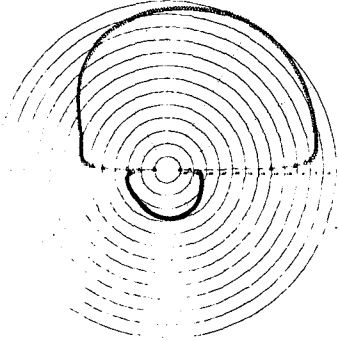
(a) 시뮬레이션



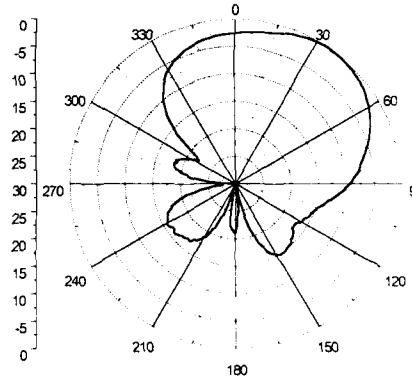
(b) 실제 측정

그림 4. Return Loss

Far Field Pattern  
freq = 2.54222 GHz, Scan Angle = 0.002



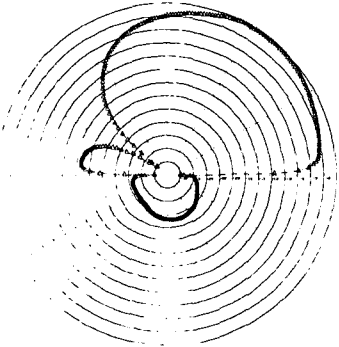
(a) 시뮬레이션



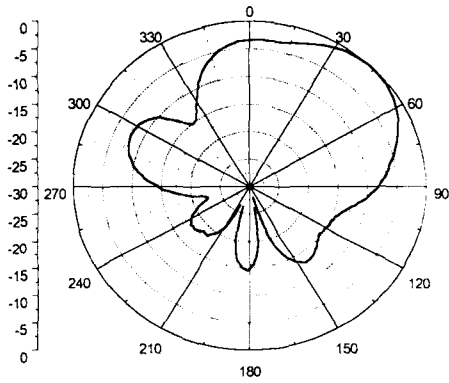
(b) 실제 측정

그림 5. 2.54GHz의 빔 패턴

Far Field Pattern  
freq = 2.56222 GHz, Scan Angle = 0.002



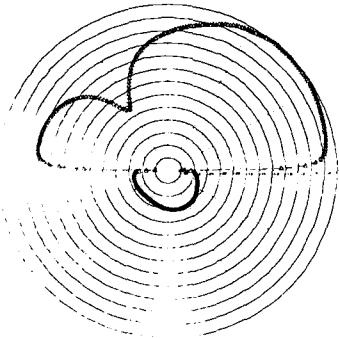
(a) 시뮬레이션



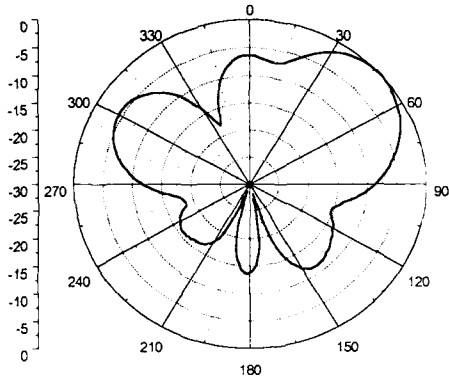
(b) 실제 측정

그림 6. 2.56GHz의 빔 패턴

Far Field Pattern  
freq = 2.58222 GHz, Scan Angle = 0.002



(a) 시뮬레이션



(b) 실제 측정

그림 7. 2.58GHz의 빔 패턴

## V. 결 론

위성방송 수신용 안테나로 평판 안테나에 대한 관심이 급격히 증가함에 따라서 다양한 구조의 마이크로스트립 안테나가 개발되어 왔다. 이에 따라 본 논문에서는 야기 안테나 개념을 기반으로 위성 서비스를 위한 빔 틸팅 개구 급전 마이크로스트립 안테나를 설계, 제작하고 그 특성을 측정 분석하였다.

제안된 안테나는 리턴로스가 -10dB 이하인 대역폭이 2.51GHz ~ 2.59GHz의 80MHz 대역폭을 가지고, 3dB 빔 폭 25° ~ 65°, 42° 에서 최대 이득 6.2dB, Front-to-Back 비는 약 13dB 이상을 얻었다.

오차를 극복할 수 있는 구조 연구와 제작 상의 오차를 줄일 수 있는 정밀 기판 제작 기술이 결합할 경우 무선 통신, 이동 통신, 위성 통신 분야의 다양한 활용이 기대된다. 이미 유럽지역과 캐나다, 호주 등에서는 위성 DAB(Digital Audio Broadcasting)와 위성 DBS(Direct Broadcasting Satellite)가 서비스가 되고 있다.[7] 따라서 우리나라에서도 이와 같은 서비스가 곧 활성화될 것으로 예상되므로 가정이나 사무실의 벽이나 창문에 직접 이와 같은 빔 틸팅 안테나를 설치하여 위성이나 기지국으로부터의 신호를 송수신할 수 있다.

본 연구는 선형 편파에서의 빔 틸팅 안테나를 설계 제작하고 그 특성을 측정 분석하였지만, 앞으로는 다중 대역에서의 빔 틸팅, 원형 및 이중 편파에서의 빔 틸팅, 그리고 요구되는 빔 틸팅 각도의 광 대역 특성 유지에 대한 실제적인 상용 연구 개발에 보다 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 참고문헌

- [1] D. Sanchez-Hernandez and Ian D. Robertson, "A Survey of Broadband Microstrip Patch Antennas," *Microwave Journal*, Vol 39, No.9, 1996, pp.60 ~ 82.
- [2] Jean Francois Zurcher and Fred E. Gardiol, *Broadband Patch Antenna*, Artech House, Norwood, MA, 1995.
- [3] J.R. James and P.S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, IEE Electromagnetic Waves, Series 28, Peter Peregrinus, London, UK, 1989.
- [4] John Huang, "Planar Microstrip Yagi Array Antenna," *IEEE AP-S Symposium*, pp. 894 ~ 897, 1989
- [5] Derek Gray, et al., "Electronically Steerable Yagi-Uda Microstrip Patch Antenna Array," *IEEE Trans. Antennas Propogate.*, Vol 46, pp.

605 ~ 608, May 1998.

- [6] John Huang and A.C. Densmore, "Microstrip Yagi Array Antenna for Mobile Satellite Vehicle Application," *IEEE Trans. Antennas Propogate.*, Vol 39, pp. 1024 ~ 1030, July 1991.
- [7] 하재권 et al., *위성통신 · 방송수신 다중 대역 평판 안테나 기술연구*, 전자통신연구원, 기초 연구 결과 보고서, 1998. 2.