

오목형 마이크로스트립 안테나의 특성 관한 연구

정운채* · 임계재*

* 관동대학교 정보통신공학과

The study for characteristics
of a concaved microstrip antenna.

Woon-Chae Jung* · Gye-Jae Lim*

* Dept.of Information and Communication Engineering
in Kwandong Univ.

요 약

기존의 직사각형 마이크로스트립 평면구조 패치 안테나를 변형하여 패치상에 오목한 구조를 갖는 새로운 3차원 패치구조의 마이크로스트립 안테나를 제안하고, 그 공진주파수와 대역폭 변화 특성을 연구하였다.

오목형 구조의 크기에 따라 공진 주파수와 대역폭이 증가하는 것으로 관찰되었으며, 복사특성은 기존의 마이크로스트립 안테나와 거의 유사한 특성을 나타내었다.

새로운 3차원 구조를 갖는 패치에 대한 해석 및 설계는 FDTD 방법을 사용하였으며, 이에 대한 검증용 위해 기존의 마이크로스트립 안테나와 제안된 오목형 구조의 안테나를 제작하여 측정된 결과 공진주파수 및 대역폭 특성 변화가 해석결과와 잘 일치함을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

마이크로스트립 안테나는 평면형 구조라는 장점으로 다양한 분야에서 응용되고 있고, 협대역 특성의 단점을 보완하기 위한 연구로서 적층형 구조[1,2], 기생소자의 사용[3,4,5], EM 결합방식[6], 슬롯안테나와의 조합[7], 후막기판의 사용[8] 등의 방법으로 대역폭 확장을 위한 연구가 이루어져 왔다. 마이크로 스트립 안테나는 기본적으로 평면형 구조라는 2차원적 특성을 가지고 응용되고 있으나, 최근에 패치 형태의 3차원적 구조변형에 따른 특성 변화 연구가 수치해석 방법의 발전에 힘입어 흥미있게 다루어지고 있다.

예를 들면, 마이크로스트립 패치상의 모노폴의 부착, 굴곡면에 부착할수 있는 곡면형 패치, 패치면의 불균일한 높이, 패치면상에 유전체의 부착 등 3차원적 해석을 필요로 하는 구조에 대한 연구들이 있다.

본 논문에서는, 마이크로 스트립 안테나의 대역폭 특성과 공진주파수 특성에 대한 연구의 일환으로 후막기판의 사용을 통한 대역폭 증가 특성을 연구하였다. 후막기판을 사용함으로써 패치의 전기적 길이가 길어지기 때문에 공진주파수가 감소하고, 대역폭도 약 20% 정도 증가하는 것으로 알려져 있으나[8], 후막기판을 사용함으로써 체적이 증가하고 전기적 특성의 변화로 인한 정합이 어렵다는 문제점이 있다. 이 때문에 본 논문에서는 이러한 후막형 마이크로스트립 안테나의 대역폭 특성을 유지하며 정합

특성을 용이하게 하기 위해 후막형 마이크로스트립 안테나의 패치면을 변형한 오목한 패치면에 전자기 결합 급전방식을 사용한 새로운 마이크로스트립 안테나 구조를 제안하고, 이에 대한 공진주파수 및 대역폭 특성을 고찰하는 연구를 수행하였다.

이러한 오목한 패치 구조와 급전구조는 제조상의 어려움이 있으나, 그 특성 변화에 대한 연구를 진전시킴으로써 여러가지 새로운 응용 분야에의 접목을 시도할 수 있을 것으로 생각되어진다.

예를 들면 우주선의 고속 항행을 위해 오목형 표면을 사용하는 경우에 동체 부착형 마이크로 스트립 안테나로서 여기서 제안된 구조를 적용할 수 있을 것이다.

5 GHz에서 기존 방법으로 설계된 마이크로스트립 패치 안테나의 공진주파수와 대역폭을 기준으로 오목형 구조의 크기를 변경시켜 가며 설계한 제안된 구조에 대해 시뮬레이션과 측정된 결과는 매우 잘 일치 하였으며, 측정결과 제안된 오목형 구조의 크기에 따라 공진주파수는 5GHz에서 5.909GHz 까지 증가하였으며, 대역폭은 4%에서 6.78% 까지 증가하는 경향을 발견할 수 있었다.

2. 후막형 마이크로스트립

안테나의 특성

후막형 마이크로스트립 안테나의 특성에 대해서는 Esin Chang[8]에 의해서 깊이 있게 연구되었다. 기판의 전기적 두께의 변화로 인해 공진주파수가 변화하며, 후막 두께의 영향에 따른 정규화 공진주파수는 그림1과 같은 경향을 보였다.

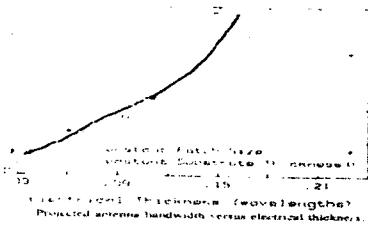


그림 1. 마이크로스트립 안테나의 두께에 따른 정규화 공진주파수 변화 경향

마이크로스트립 안테나의 대역폭(%)은 임피던스에 의해 결정되며 일반적으로 다음과 같이 정의된다.

$$BW = [(f_2 - f_1) / f_r] \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

여기서 f_r 은 공진주파수이며, f_2 와 f_1 은 안테나의

반사계수의 크기가 대개 $VSWR \leq 2.0$ 인 점들의 주파수이다. 또한 기판의 전기적 두께 변화로 인해 대역폭이 변화하며, 후막두께의 영향에 따른 대역폭 변화는 그림-2와 같은 경향을 보였다.

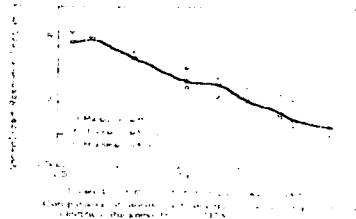


그림 2. 마이크로스트립 전기적 두께에 따른 대역폭 증가 특성

연구 결과에 의하면 후막을 사용하므로써 전기적인 길이가 증가하게 되어 공진주파수는 낮아지고, 후막이 두꺼워 질수록 대역폭은 최대 20%까지 증가하는 것으로 발표되었다.

기본설계식은 다음과 같다.

$$W = \frac{c}{2f_r} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (2)$$

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta l \quad (3)$$

$$\Delta L = \frac{0.412 h (\epsilon_{eff} + 0.3)(w/h + 0.264)}{(\epsilon_{eff} - 0.258)(w/h + 0.8)} \quad (4)$$

$$c = 299.7925 \times 10^8 \text{ cm/s}$$

ϵ_r = 비유전율, ϵ_{eff} = 실효유전율

ΔL = line extension W=패치의 폭

L= patch의 길이

h=유전체의 높이.

3. 오목형 패치 안테나의 설계 및

FDTD 시뮬레이션

식(2)과(3)을 이용하여 기본 마이크로스트립 안테나 패치를 설계한 그림을 그림3-(A)에 보였으며, 본문에서 제안한 오목형 구조에 대한 안테나를 오목형 사이즈에 따라 그림 3-(B),3-(C),3-(D)에서 보였다.

오목한 부분의 깊이는 1.016mm 이다.

급전방법으로는 복사체와의 결합을 용이하게 하기 위해 전자기적 결합 방법[9]을 적용하였다.

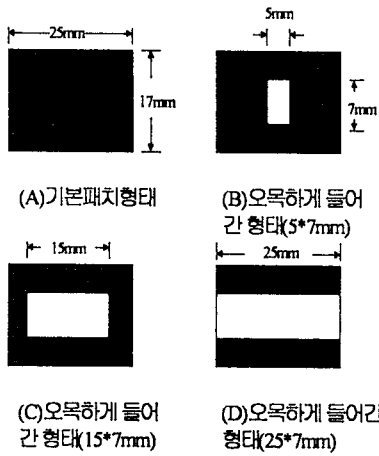


그림3. 설계한 기본 마이크로스트립 패치와 오목한 형태의 마이크로스트립 패치안테나

시뮬레이션을 위해 FDTD 방법을 적용하였으며, FDTD 방법[10]은 3차원 공간을 유한개의 격자로 나누고 동시에 시간에 대해 분할하여 Maxwell 방정식의 해를 직접구한다는 간단한 개념과, 해석 대상 회로가 매우 복잡하여도 해석이 가능하다는 유연성과, 다중유전체 경계의 해석도 가능하다는 장점을 가지고 있어서 본 논문의 3차원 패치 구조에 FDTD 방법을 적용하였다. 투영도와 단면도를 그림4에 보였다.



그림4. (a) 평면도 (b) 단면도

4. 시뮬레이션 및 측정

사용한 기판은 $\epsilon_r=2.5$ 이고 $h=0.508$ 인 기판을 사용했다. 기본패치에는 2장을 사용하고 나머지 오목한 구조의 패치에는 4장을 사용하여 사진 감광법에 의해 제작하였다.

그림 5~8은 S11에 대한 시뮬레이션 및 측정결과와 비교이다.

그림9-12~5-4는 5~8에 대한 패턴 시뮬레이션을 보였다.

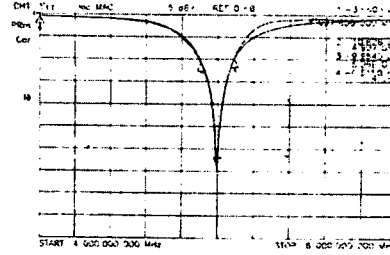


그림 5. 직사각형 기본 패치의 S11

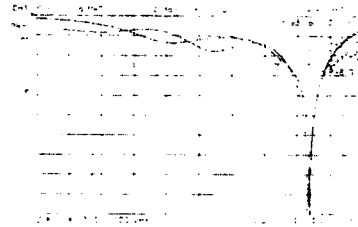


그림 6. 오목형 patch(5×7mm)의 S11.

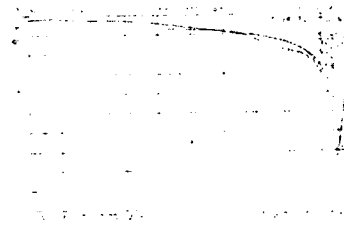


그림 7. 오목형 patch(15×7mm)의 S11.

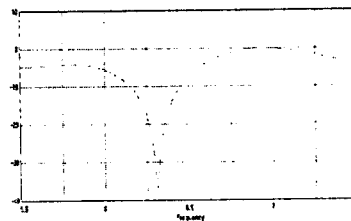


그림 8. 오목형 patch(25×17mm)의 시뮬레이션 S11.

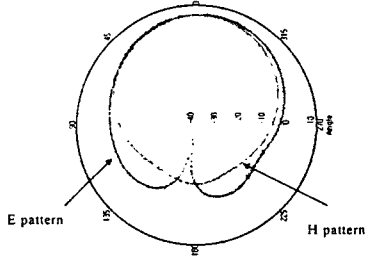


그림 9. 기본 패치 구조의 복사패턴

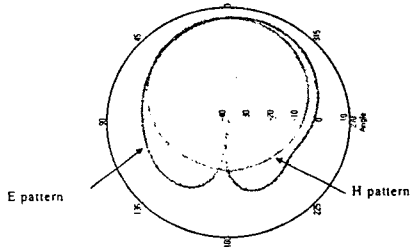


그림 10. 오목한 구조(5×7mm)의 복사패턴

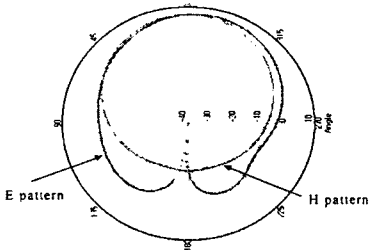


그림 11. 오목한구조(15×7mm)의 복사패턴

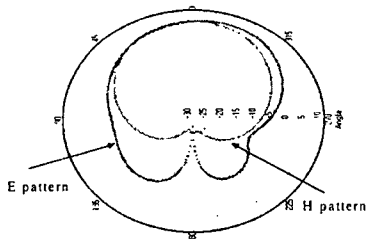


그림 12. 오목한 구조(25×7mm)의 복사패턴

직사각 기본pat ch	오목한구 조(5*5)	오목한 구조(15 *7)	오목한구 조(25*7)	
시뮬레이션공진 주파수(GHz)	5.01	5.62	5.86	6.32
측정공진주파수 (GHz)	4.997	5.682	5.909	-
시뮬레이션 대역폭	4%	5.5%	6.8%	5.4 %
측정 대역폭	4%	5.7%	6.78%	-

표1. 기본패치구조와 오목형 패치구조의 크기에 따른 공진주파수와 대역폭변화 (시뮬레이션과 측정치)

5. 결 론

5 GHz에서 기존 방법으로 설계된 마이크로스트립 패치 안테나의 공진주파수와 대역폭을 기준으로 오목형 구조의 크기를 변경시켜 가며 설계한 제안된 구조에 대해 시뮬레이션과 측정된 결과는 매우 잘 일치 하였으며, 측정결과 제안된 오목형 구조의 크기에 따라 공진주파수는 5GHz에서 5.909GHz 까지 증가하였으며, 대역폭은 4 % 에서 6.78% 까지 증가하는 경향을 발견할 수 있었다.

현재까지는 제조상의 이유 때문에 오목형 구조를 직각계단형으로만 설계하였으나 굴곡을 갖거나, 사선을 갖는 오목형 구조에 대해서는 연구를 지속하여 그 특성 변화를 연구할 필요가 있을 것이다.

6. 참고문헌

- [1] Long,S.A. , and Walton,M.D "Dual frequency stacked circular disc antenna", IEEE Trans., 1979,AP-27, pp.270-273
- [2] Montgomery, N.W. "Triple frequency stacked microstrip element". IEEE AP-S Boston,MA,June 1984, pp.255-258
- [3] Schaubert.D.H. and Farrar.F.G. "Some conformal printed circuit antenna designs".Proc Workshop of Printed Antennas. New Mexico State University. 1979,pp5.1-5.21.
- [4] Kumar.G. and Gupta,K.C "Non-radiating edge and four edges gap coupled multiple resonator broad band microstrip antennas".

- IEEE Trans. 1985. AP-33.pp.173-177.
- [5] Wood, C. "Improved bandwidth of microstrip antennas using parasitic elements", IEE Proc., 1980, 127H,pp. 231-234.
- [6] Oltman, H.G "Electromagnetically coupled microstrip dipole antenna elements" 8th European Microwave Conference. Paris. Sept 1978, pp.281-285.
- [7] Yoshimura, Y. "A microstrip slot antenna". IEEE Trans, 1972 MTT22. pp760-762.
- [8] Esin chang. "An experimental investigation of electrically thick rectangular microstrip antennas."IEEE Transactions on Antennas and Propagation. vol, ap no.6 June. 1986.pp.767-772
- [9] Jeffery B.Knorr. "Slotline transitions" IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech. pp548-554. May.1974.
- [10] K.S.Yee. "Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media". IEEE Trans Antennas and Propagation. vol. ap-14.no.3,pp.302-307. May 1996