

새로운 형태의 원편파 원형 패치 안테나

A New Circular Patch Antenna with Circular Polarization

이석곤¹⁾, 이용구, 안병철
충북대학교 전자공학과 응용전자파 연구실
Tel. 043-261-3194 / Fax. 043-271-4647

Seok-Gon Lee, Yong-Gu Lee, Bierng-Chearl Ahn
Dept. of Radio Engineering, Chungbuk National University

ABSTRACT

In this paper, we present the design and fabrication of a new circularly polarized circular patch antenna. The antenna is realized using a plastic foam sheet, a Teflon substrate and a metal-coated film. The radiating element is a circular patch proximity-fed by a wide microstrip line. Two thin slots are introduced on the circular patch to obtain a circular polarized radiation. The antenna is optimized using a commercial software. The antenna has 18% impedance bandwidth, 4% axial-ratio band width and 9.12dBi gain.

I. 서 론

마이크로스트립을 이용한 원형 편파 안테나는 위성 파 지상간의 통신을 위해 많이 사용되고 있다. 이에 따라서 원형 편파 특성을 갖도록 하기 위한 단일 패치 안테나 구조에 대한 연구 또한 활발하다. 잘 알려진 원 편파 안테나는 안테나에 급전되는 위상차를 이용하거나 슬롯결합-패치 및 안테나에 슬롯을 이용하여 구현한다. 급전선의 위상차를 갖는 구조의 경우 급전회로망 설계가 복잡해지는 단점이 있으며 슬롯결합-패치를 이용하는 경우는 안테나 후방으로 필드의 손실을 갖는 단점을 갖는다. 이에 비해 복사소자상의 슬롯을 이용하는 경우는 급전회로망의 설계가 단순할 뿐만 아니라 반사손실 대역폭을 개선시킬 수 있는 특성을 갖는다.

논문에서는 전자기적 결합에 의해 여기된 원형 패치 안테나에 2개의 슬롯을 도입함으로써 원편파를 얻는 새로운 구조를 제안한다. 이 안테나 설계기법을 설명하고 각각의 파라미터 값의 변화에 따른 안테나의 반사

손실 및 축비(axial ratio)의 특성변화에 대하여 분석하였다. 또한 설계된 단일 원형 안테나를 제작한 후 그 특성을 측정하였다.

II. 본 론

II-1. 단일 원편파 원형 패치 안테나 설계 및 제작

그림 1은 본 논문에서 제시한 마이크로스트립 안테나의 구조를 나타낸다. 안테나의 구현이 저가이면서 반사손실 대역폭을 개선하기 위해 foam (발포 폴리스티렌)과 구리가 접촉된 필름(폴리이미드)을 이용하여 다층기판을 구성하였다. 필름상에 위치하는 원형 패치 안테나는 대칭구조의 직사각형 슬롯에 의해 원형 편파 특성을 가지며 급전선과의 전자기적 결합에 의해 여기된다.

원형 편파 특성을 갖는 단일 패치 안테나의 설계변수로는 foam의 유전율 및 두께 ϵ_1 , 원형 안테나의 직경 D , 슬롯의 길이 L_1 , 슬롯의 폭 W_1 등이며, 안테나와 feed와의 임피던스 매칭을 위해선 급전선의 길이 L_2 와 급전선의 폭 W_2 및 안테나와 급전선과의 offset 등이 있다. 주로 foam의 유전율과 높이를 변화시켜 반사손실 대역폭과 안테나와 급전선과의 임피던스 매칭 및 안테나의 방사효율을 개선할 수 있다. 또한 급전선이 위치하는 테플론 기판(Taconic-TLX9)은 유전율이 상대적으로 큰 값을 갖는 기판을 선정하여 필드의 손실

을 줄였으며, feed 구현이 용이하도록 하였다.

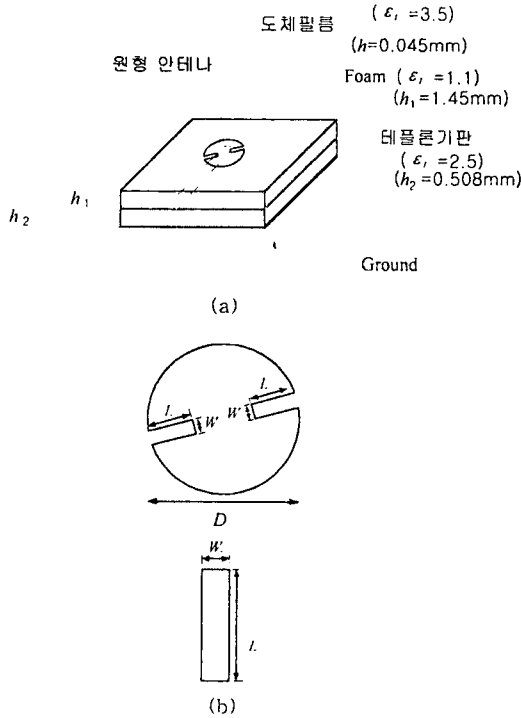


그림 1. 원형편파 단일 패치 안테나 소자의 구조.
(a) 안테나 전체, (b) 원형패치와 급전선

원형 패치 안테나의 반경은 주로 공진주파수를 결정하게 되며, 대략 직경이 반파장 길이가 되는 주파수에서 공진이 일어난다. 또한 안테나의 하단에 위치하는 급전선의 길이 L_2 와 급전선의 폭 W_2 의 값에 의하여 안테나와 매칭을 시키게 된다. 이때 급전선의 길이 L_2 의 값과 급전선의 폭 W_2 값은 각각 실수성분과 허수성분의 매칭을 위해 사용된다. 또한 안테나와 급전선과의 offset을 이용해서도 매칭을 시킬 수 있으며 이 때 offset의 값에 따른 임피던스의 변화는 급전선의 길이와 폭에 의한 임피던스 값의 변화보다 다소 크게 변화한다. 안테나에 위치한 대칭형 직사각형 슬롯은 원형편파를 발생시키기 위해 사용된다. 이때 두개의 공진주파수의 크기가 같고 위상차가 90도가 되도록 슬롯의 폭 W_1 와 길이 L_1 의 값을 조절하여 원형편파가 되도록 한다.

각각의 설계 파라미터 값에 따른 안테나의 반사손실과 axial ratio의 특성을 그림2 - 그림6에 나타내었으며, 이 결과로부터 최소의 반사손실과 axial ratio값을

갖는 슬롯의 길이와 폭으로부터 최적화된 설계 파라미터를 얻는다.

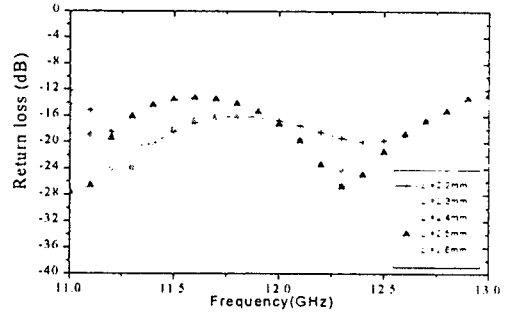


그림 2. 슬롯의 길이 L_1 의 변화에 따른 반사손실 ($D=10.2\text{mm}$, $W_2=4\text{mm}$, $L_2=8\text{mm}$)

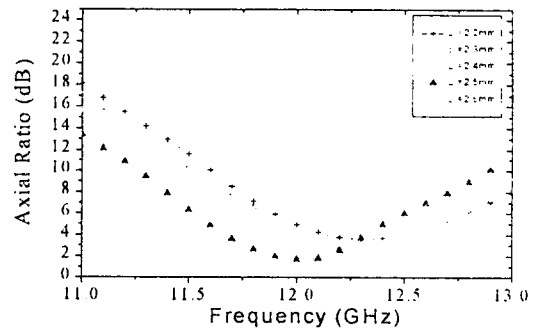


그림 3. 슬롯의 길이 L_1 의 변화에 따른 axial ratio ($D=10.2\text{mm}$, $W_2=4\text{mm}$, $L_2=8\text{mm}$)

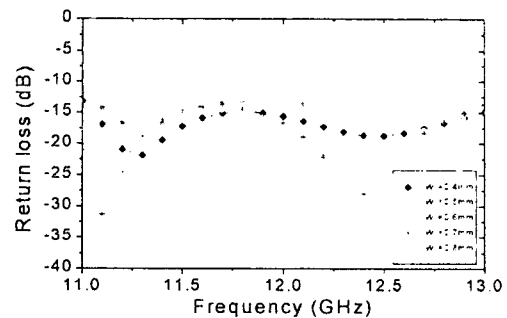


그림 4. 슬롯의 폭 W_1 의 변화에 따른 axial ratio ($D=10.2\text{mm}$, $W_2=4\text{mm}$, $L_2=8\text{mm}$)

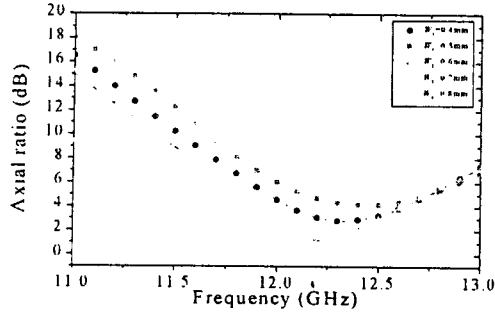


그림 5. 슬롯의 폭 W_1 의 변화에 따른 축비 ($D=10.2\text{mm}, W_2=4\text{mm}, L_2=8\text{mm}$)

그림 2 - 그림 3에서와 같이 슬롯의 길이가 길어질수록 공진점이 낮아졌다 다시 커지는 특성을 나타냈으며 공진주파수의 변화는 상대적으로 적게 나타남을 알 수 있었다. 또한 axial ratio의 특성은 최소점의 주파수가 높아지면서 특성이 나빠지는 특성을 나타내었다. 한편 슬롯의 폭 W_1 의 값의 변화에 따른 axial ratio 및 반사 손실 특성은 그림 4 - 그림5와 같은 특성을 나타내었다. 안테나의 하단에 위치하는 급전선의 폭과 길이에 따른 임피던스의 특성은 그림 6과 그림 7에 나타내었다. 또한 안테나에 위치하는 슬롯의 각도에 따른 축비의 변화를 그림 8에 나타내었다. 이때 수평축을 기준으로 CCW방향으로 슬롯의 위치를 회전시키면서 각각의 위치에 따른 axial ratio의 변화를 그림 8에 나타내었다. 이때 2개의 슬롯 위치가 수평축으로부터 시계 방향으로 45도 회전 시켰을 때 가장 좋은 축비 특성을 나타냈으며, 슬롯을 90도 회전시키게 되면 LHCP가 되게 된다.

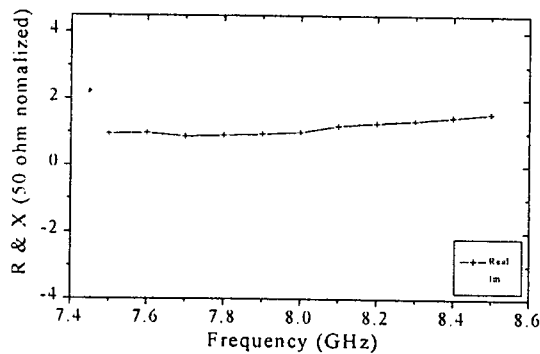


그림 6. 급전선 길이 L_2 의 변화에 따른 원형 패치의 입력 임피던스 ($D=10.2\text{mm}, W_1=0.8\text{mm}, L_1=$

2.4mm)

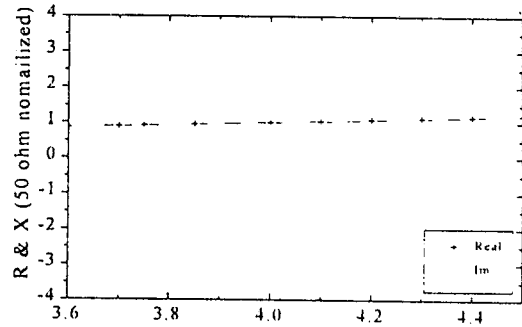


그림 7. 급전선 폭 W_2 의 변화에 따른 원형 패치의 입력 임피던스 ($D=10.2\text{mm}, W_1=0.8\text{mm}, L_1=2.4\text{mm}$)

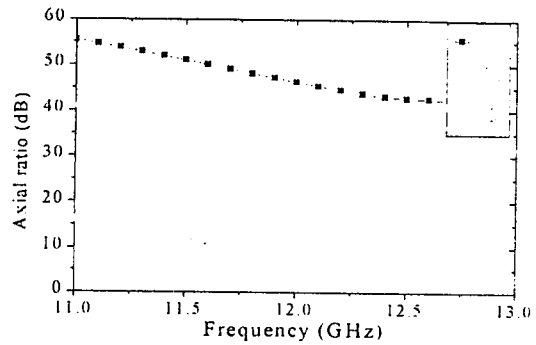


그림 8. 슬롯의 회전각에 따른 axial ratio

위의 데이터로부터 최적화된 설계 파라미터는 다음과 같다.

(단위:mm)

	D	W_1	L_1	W_2	L_2	각도
크기	10.2	0.8	2.4	4	8	45

최적화된 파라미터로부터 설계된 안테나의 반사계수, axial ratio 및 이득특성과 방사특성은 그림 9 - 그림 11에 나타내었다. 공진주파수는 12.2GHz이며 반사손실 대역폭은 -10dB 대역폭이 18%, 3dB 이하의 axial ratio 대역폭은 4%였으며 이득은 9.12dBi였다.

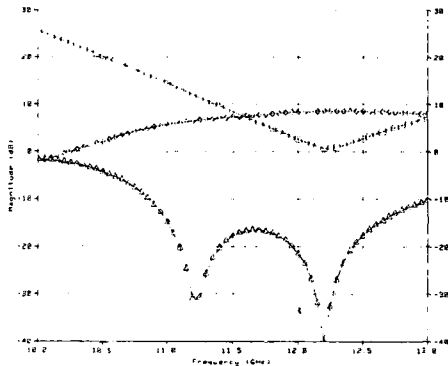


그림 9. 설계된 안테나의 반사계수(Δ), 축비(□) 및 이득(□)

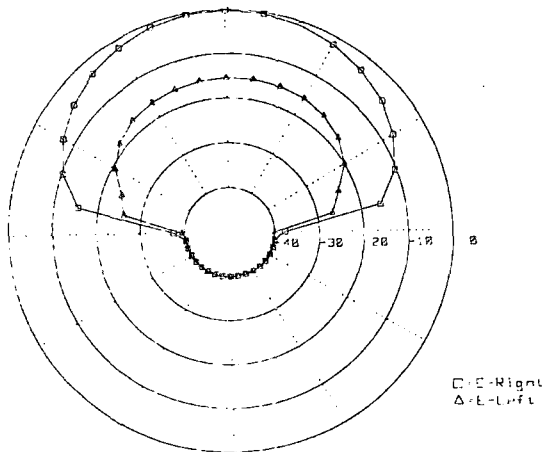


그림 10. 설계된 안테나의 방사특성 (수평면) :RHCP, Δ:LHCP

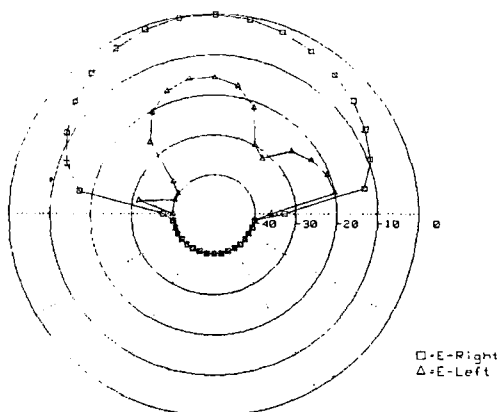


그림 11. 설계된 안테나의 방사특성 (수직면) :RHCP, Δ:LHCP

그림 9는 제작된 안테나의 모습이다. 50ohm에 임피던스 정합을 위해 급전선과 50ohm 마이크로 스트립 선로 사이에 70ohm의 $\lambda_g/4$ 임피던스 변환기를 사용하였다. 그림 10 - 그림 12는 제작된 안테나의 반사손실, axial ratio, 이득 특성의 측정값이다. 측정결과 -10dB 이하의 반사손실 대역폭은 20.5%로 설계값 보다 2.5% 증가하였는데 이는 낮은 주파수의 공진점이 낮아짐으로 인해 나타난 특성이다. 반면 axial ratio 대역폭은 다소 감소한 2.8%의 특성을 보였으며, 설계된 안테나의 이득은 8.5dBi로 다소 설계 값보다 낮은 특성을 나타내었다. 이는 안테나의 접지면을 무한 접지면으로 설계하였으나 실제 제작된 안테나는 유한 접지면을 갖기 때문에 발생한 오차로 여겨진다. 또한 안테나의 제작 및 측정에서 발생한 오차로 보다 정밀한 제작법 및 측정법을 이용하면 개선할 수 있을 것이라 본다.

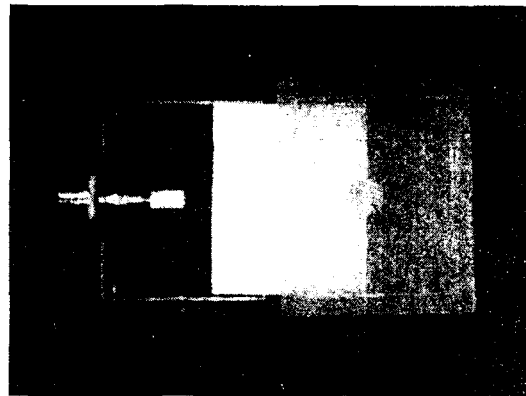


그림 12. 제작된 원형편과 원형 패치 안테나

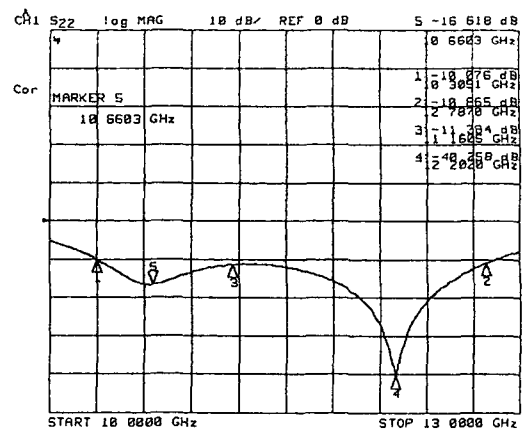


그림 13. 제작된 안테나의 반사손실 측정값

참고 문헌

- [1] L. C. Shen, et al., "Resonant frequency of a circular disk printed-circuit antenna," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-25, pp. 595-596, 1977.
- [2] i. J. Bahl, P. Bhartia, *Microstrip Antennas*. Artech House, 1982.
- [3] J. R. James, and P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, 1989, Chapter 11.
- [4] 오세창, 전중창, 박위상, "단일 급전 원형 편파 마이크로스트립 안테나 설계", 1999년 12월 *韓國電波學會論文誌* Vol. 10, No 4, pp. 998-1008, 1999年12月.

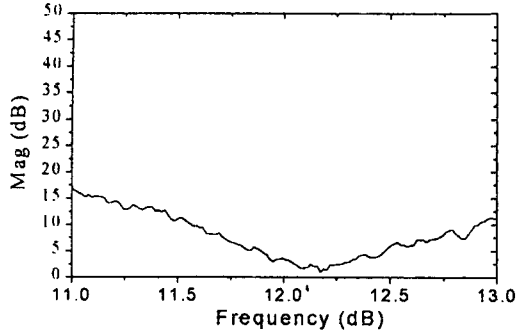


그림 14. 제작된 안테나의 axial ratio 측정값

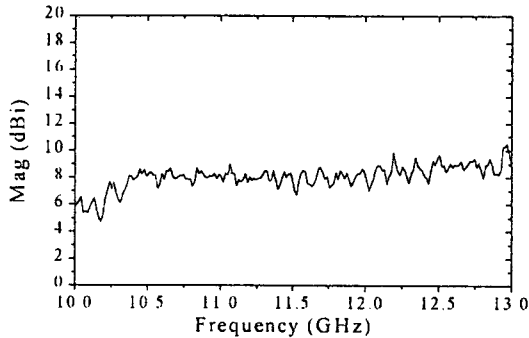


그림 15. 제작된 안테나의 이득 측정값

III. 결 론

본 연구에서는 foam과 도체 필름을 이용하여 Ku대역에서 원형편파 특성을 갖는 안테나의 구조를 설계하고 제작하였다. 설계주파수는 12.2GHz이고 반사손실 대역폭은 18%였으며, 축비 대역폭은 4%, 이득은 9.12dBi의 특성을 얻었다. 축비 대역폭이 반사손실 대역폭에 비하여 다소 협소한 특성을 나타내었으나 배열 안테나를 설계 시 순차배열 방식과 같은 방법을 이용하면 개선할 수 있을 것이다. 제작된 안테나의 특성을 측정한 결과 -10dB이하의 반사손실을 갖는 대역폭은 20.5%였으며, 3dB 이하의 axial ratio 대역폭은 2.8%, 설계주파수에서의 이득은 8.5dBi였다.

본 논문에서 제안된 원편파 원형 안테나 구조는 원편파 특성을 이용하는 위성 수신용 안테나 및 다른 통신 안테나에 사용될 수 있을 것이다.