

마이크로스트립형 원형편파 안테나 설계 및 제작에 관한 연구

이주현 · 김성명 · 정규은 · 안영수 · 김용대 · 하덕호
부경대학교 정보통신공학과

A Study on Design and Fabrication of Circularly Polarized Antenna using Microstrip Patch

Ju-Hyon Lee · Sung-Myung Kim · Kyu-Eun Joung · Young-Su An · Yong-Dae Kim · Deock-Ho Ha
Pukyong National University
E-mail : hadh@mail1.pknu.ac.kr

요 약

본 연구에서는 원형편파 특성을 갖는 마이크로스트립형 패치 안테나를 제작하였다. 먼저 마이크로스트립 안테나의 이론적 해석을 통하여 90도 위상차로 인하여 발생하는 원형편파 안테나의 패치 형태를 연구하였으며, 원형편파 중에서도 좌선회 원형편파와 우선회 원형편파 안테나에 대해서도 연구를 행하였다. 이러한 해석을 토대로, 기판을 설정하고 모멘트 법의 Ensemble 5.0을 이용하여 시뮬레이션 한 후 가장 적절한 원형편파 안테나를 구상하였다.

그로부터 서로의 위상 차 문제에 대하여 해결 방안을 연구한 후 원형편파 안테나를 설계하였고, 이를 제작하였다. 또한, 제작된 원형편파 안테나특성을 Network Analysis를 통하여 분석하였다.

ABSTRACT

In this research, we design a microstrip patch antenna with circularly polarized form. First, we study patch form of circularly polarized antenna caused by 90-degree phase difference, and simulate using Ensemble 5.0 to make the left-hand and right-hand circularly polarized antenna.

we made circularly polarized antenna using microstrip substrate based on result of the simulation, and analyzed manufactured circularly polarized antenna using Network Analysis.

1. 서 론

최근 정보화사회로 인한 인간의 활동범위가 넓어지면서 이동하는 중에도 다양한 정보를 송수신할 필요가 있게 되었으며, 이에 따라 위성통신 시스템을 비롯한 다양한 무선통신 서비스가 급속하게 증가하고있다. 이 중에서도 우선, 이동 및 휴대 가능한 단말장치 개발과 고기능, 고성능특성을 가지는 소형, 경량, 박형의 안테나 장치 개발은 향후 다양한 무선통신 시스템 개발에 중요한 요소 기술로써 주목받고 있다.

또한, 차세대 이동무선 환경에서 무선 LAN, WLL, LMDS 등 광대역 고속 무선전송에 대한 기

대가 급증하고 있다 하지만 사회가 발전함에 따라 요구하는 스펙트럼의 할당에 어려운 점이 발생하며, 더욱 열악한 다중경로전파환경으로 인한 반사, 회절, 산란이 심하여 편파유지가 곤란해짐과 동시에 전송률을 낮추고 에러율을 높이는 페이딩 현상이 발생할 수 있다. 이에 대한 방안으로는 편파특성이 좋은 원형편파 안테나 사용이 요구된다[1]. 따라서 본 연구에서는 소형, 경량, 박형의 특성을 가지고 있는 마이크로스트립 기판을 이용하여 마이크로스트립형의 원형편파 안테나를 제작하였다.

원형편파를 구현하는 가장 일반적인 방법은 90° 위상차가 나는 두 선형편파 요소를 직교하

도록 인가하는 것이다. 마이크로스트립 안테나를 이용한 구체적인 방법으로는 사각형 패치(patch)의 대각선 방향의 모서리를 자르거나, 대각선 방향으로 slot을 형성하는 방법[2], cross-slot에 위상차를 고려하여 급전하는 방법[3], 사각형 패치[4]나 원형 패치[5]에 90°로 slot을 형성하여 급전하는 방법 등이 있다.

본 연구에서는 사각형 패치(patch)의 대각선 방향의 모서리를 자른 형태로 원형편파특성을 갖는 마이크로스트립형 패치 안테나를 개발하였다. 하지만 실제 제작 상에 있어서 수평(수직)에 대한 수직(수평)성분의 위상을 $\pm \pi/2[\text{rad}]$ shift 시키는 기술이 쉽지는 않다. 따라서, 모멘트 법의 Ensemble 5.0을 이용하여 여러 가지 형태로 패치 안테나의 방사패턴과 반사손실 등을 시뮬레이션한 후 가장 적절한 원형편파 안테나를 구상한 후 설계 및 제작하였다.

II. 마이크로스트립 안테나

2-1. 방사패턴

마이크로스트립 안테나의 방사계는 슬롯전압의 함수로 가정하여 유도한다. 그림 1에서 방사체는 패치 가장자리와 접지면 사이에서 개구(Aperture) 방사되는 두 개의 슬롯이며, 슬롯은 슬롯간 상호결합을 가진다. 각 슬롯은 복소어드미턴스를 갖고 이 두 개의 방사계는 안테나의 방사 패턴이 된다.

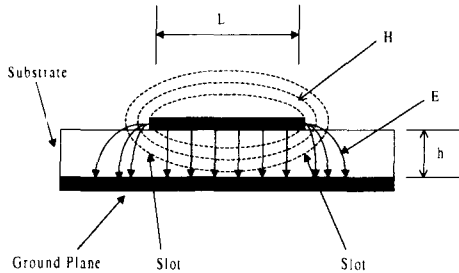


Fig. 1 Microstrip cross section with field distribution

2-2. 급전 방식

단일 유전체 기판의 경우 마이크로스트립 안테나의 급전 방식은 방사 소자에 마이크로스트립 선로를 직접 결합(direct feeding)하는 방식, 공극 결합(gap coupled)하는 방식과 기판의 뒷면에서 동축선로를 연결하여 안테나를 급전(probe feeding)시키는 방식이 있다. 이러한 급전 방식은 급전선에 의한 기생 방사와 급전 임피던스를 증가시키고, 비대칭으로 인한 교차 편파(cross polarization)를 생성하게 된다. 특히 주파수가 높

아짐에 따라 급전선의 손실이 급격히 증가된다. 따라서 안테나 전체의 효율은 급전선의 삽입손실로 인해 저하된다. 급전 방식을 설계할 때 주 고려사항은 급전선에 의한 삽입 손실의 최소화, 가급적 적은 면적의 사용, 실현의 간편화, 고차 편파를 증가시키는 급전 선로상의 불연속성의 최소화 등이 있다.

2-2-1. 프루브(Probe feeding) 급전방식

프루브 급전방식의 장점은 기판의 뒷면에 컨넥터를 부착하여 마이크로스트립 선로가 갖는 면적을 없게 할수 있다.

그림 2에서 마이크로스트립 안테나와 급전회로는 동축 프루브로 접속된다. 이 급전구조는 프루브에 의해 발생하는 리액턴스가 급전 회로 설계의 관건이 된다. 즉 주파수가 높아짐에 따라 프루브 리액턴스가 안테나의 입력 임피던스에 과도한 영향을 준다. 따라서 이러한 프루브 리액턴스를 제거하기 위해 정전용량 스템(Stub)을 사용하거나 패치의 일부분을 에칭해 조정하여야 한다.

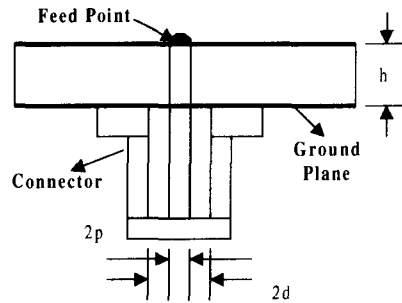


Fig. 2 Coaxial-to-microstrip transition

III. 원형편파 마이크로스트립안테나 소자

마이크로스트립 안테나의 원형편파 발생은 패치 모양과 급전방식으로 가능하다. 그림 3은 단일 급전방법과 이중급전방식을 이용하여 원형편파를 발생시키는 마이크로스트립 안테나의 모양이다.

단일급전방법에는 그림 3의 (a)와 같이 정방형 패치의 모서리를 자른 경우, 원형 패치에 홈을 낸 경우, 타원형, 직사각형, 그리고 원형이나 정방형의 대각선상에 슬롯을 넣은 경우 등이 있다.

이중급전방법은 그림 3의 (b)와 같이 두 급전선 사이에 3 dB 하이브리드나 오프셋 선로를 이용하여 90° 위상차를 제공한다.

단일급전은 이중급전과는 달리 외부 이상기를 사용하지 않고 원형편파를 발생시키므로 급전선의 길이가 짧아 손실을 줄일 수 있으며, 급전회로를 간단하게 구성할 수 있다는 장점 때문에 매우 유용하게 사용된다.

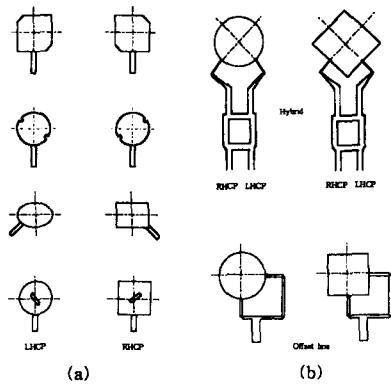


Fig. 3 Typical arrangements for CP microstrip antennas.

(a) Singly fed CP patches (b) Dual fed CP patches

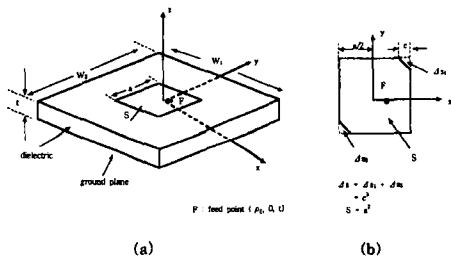


Fig. 4 Fundamental configurations of singly-fed rectangular patches.

(a) Standard patch (b) Singly fed CP patch

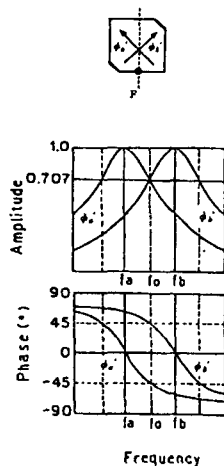


Fig. 5 Amplitude and phase diagrams for singly-fed circularly microstrip antennas.

그림 4(a)는 급전을 한 번의 길이가 a 인 정방형 마이크로스트립 패치 안테나이고, 그림 4(b)는 원형편파를 얻기 위해 모서리가 Δs 만큼 절단된 정방형 마이크로스트립 패치 안테나이다.

마이크로스트립 패치 공진기의 무부하 Q 를 Q_0 라 하고, 정방형 패치의 면적을 S 라 할 때,

$\frac{\Delta s}{S} Q_0 = \frac{1}{2}$ 로 선택하면[6],[7], 그림5에 표시한 바와 같이 두 개의 직교모드가 패치의 공진주파수에서 진폭이 같고 위상차가 90도 되는 원형편파를 발생한다.

급전점은 그림 4(b)에서와 같이 패치의 중앙선인 x 축 또는 y 축상에 위치하며, x 축상에 있을 때는 좌선화 원형편파, y 축상에 있을 때는 우선화 원형편파가 된다.

IV. 설계 및 시뮬레이션 결과

앞장에서 해석한 원형편파를 생성하는 절단된 모서리 패치를 적용하여 중심주파수 2.4 GHz에서 동작하는 우선화 원형편파와 좌선화 원형편파를 설계한다. 설계에 사용된 소프트웨어는 Ensemble 5.0이며 모멘트 법의 정확성과 Windows 환경의 간편함 때문에 개구결합, 다중 마이크로스트립 안테나와 배열을 쉽게 설계하는 프로그램이다.

4-1. 기판선정

안테나를 설계할 때 첫 번째 단계는 적당한 기판을 선택하는 것인데, 기판의 물질에는 구리, 알루미늄, 금 등 다양한 종류가 있다. 원형편파 안테나를 제작하기 위해 저유전율이고, 두꺼운 기판을 선정하였으며, 그 규격은 표 1과 같다.

Table 1. Substrate specification

	Specification
Metal thickness	0.017mm(1/2 oz. copper)
Substrate thickness	0.79mm
Dielectric constant	2.2
Loss tangent	0.0009

4-2. 원형편파 안테나 설계

원형편파를 발생할 수 있는 패치로는 여러 종류가 있으나, 본 연구에서는 단일급전으로 하여 급전손실을 최소화하였으며 모서리 부분이 절단

된 패치를 선정을 하였다. 그 설계치는 정사각형 패치의 길이가 41.76mm 이고, 모서리 잘린 길이는 2.82mm이다

그림 6(a)의 경우는 우선회 원형편파를 설계한 안테나의 모양이고 그림 6(b)는 좌선회 원형편파 안테나를 설계한 모양을 나타내고 있다.

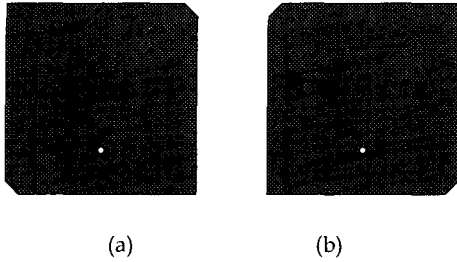


Fig. 6 Configurations of C-P antenna
(a) Right-Hand circular polarization
(b) Left-Hand circular polarization

4.3 우선회 원형편파 안테나의 시뮬레이션 결과

그림 7은 우선회 원형편파의 경우, 안테나의 이득, 축비, 반사손실(S_{11})을 나타낸다. 그림 7에서 알 수 있듯이 주파수 2.4GHz에서 이득은 8 dB, S_{11} 은 약 -22dB이다. 그리고, 원형편파 안테나를 평가하는 축비는 약 0.3 dB 를 나타내고 있다. 일반적으로 원형편파 안테나라고 하면 0.8 dB이하의 축비를 가지는 경우를 말한다.

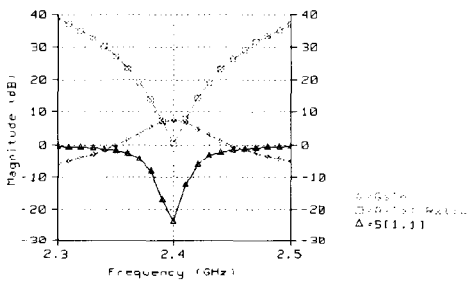
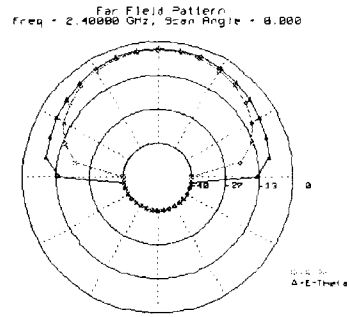
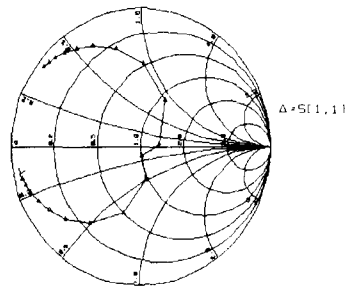


Fig. 7 Simulation Result of Right-Hand circular polarization

그림 8의 (a)와 (b)는 각각 우선회 원형편파의 계산된 방사패턴과 임피던스 매칭관계를 보이기 위한 Smith chart를 나타내고 있다. 편파 순수성(polarization purity)은 우선회 원형편파가 약 27 dB이며, 임피던스 매칭도 양호함을 알 수 있다.



(a) Calculated radiation



(b) Impedance coordinates

Fig. 8 Calculated radiation patterns and Impedance coordinates of Right-Hand circular polarization

4.4 좌선회 원형편파 안테나의 시뮬레이션 결과

그림 9에서 같이 좌선회 원형편파 안테나의 이득, 축비, 반사손실은 그림 7에서 보여주는 우선회 원형편파 안테나의 결과와 같다. 그리고, 방사패턴과 임피던스 매칭에 있어서도 우선회 원형편파의 결과와 같음을 알 수 있었다.

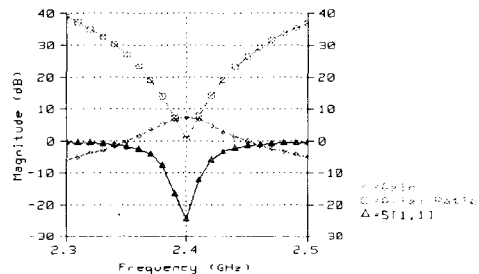
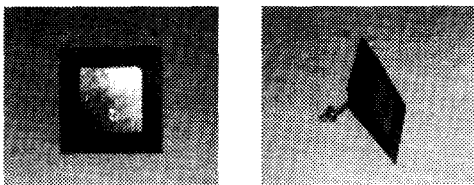


Fig. 9 Simulation Result of Left-Hand circular polarization

V. 제작 및 실험

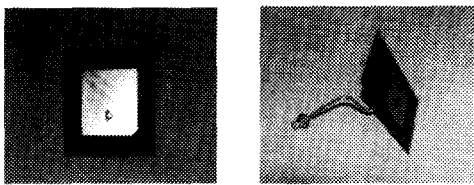
그림 10은 본 연구에서 제작된 우선회 원형편파의 마이크로스트립 안테나이다. 그림 10(a), (b)는 각각 방사패치 측면과 안테나의 측면을 보여주고 있다.

그림 11에는 제작된 좌선회 원형편파의 마이크로스트립 안테나이다. 그림 11(a), (b)는 좌선회 원형편파안테나의 방사패치 와 안테나의 측면을 보여주고 있다. 그림 12은 본 연구에서 제작된 우선회 및 좌선회 원형편파 마이크로스트립형 안테나이며, 두 안테나에 캡을 씌워둔 상태이다.



(a) (b)

Fig. 10 Microstrip antenna with Right-hand circular antenna
(a) View of radiating patch (b) View of side



(a) (b)

Fig. 11 Microstrip antenna with Left-hand circular antenna
(a) View of radiating patch (b) View of side

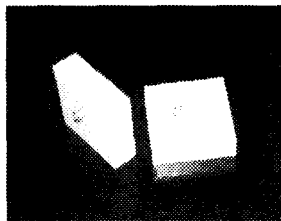
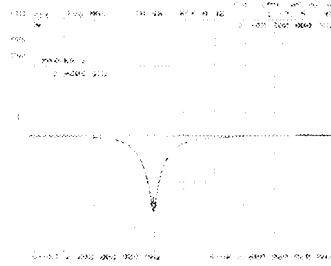


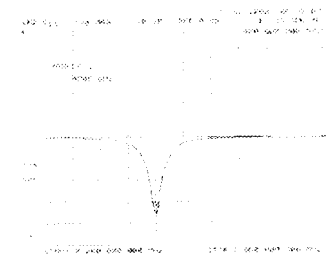
Fig. 12 Microstrip antennas with Right and Left-Hand circular polarization

그림 13은 Network analysis를 이용하여 제작된 우선회 및 좌선회 원형편파안테나에 대한

S_{11} 의 결과를 보이고 있다. 그림 7과 그림 9에서 보여준 우선회 및 좌선회 원형편파에 대한 시뮬레이션 결과와 비교했을 때 시뮬레이션 결과에서의 S_{11} 은 -23 dB, 실제 제작된 안테나의 경우에는 -32dB로써 보다 더 좋은 결과가 나타남을 그림 13에서 알 수 있다.



(a) Right-Hand C-P antenna



(b) Left-Hand C-P antenna

Fig. 13 Measured return loss of the circularly polarized microstrip antenna.

VI. 결 론

본 연구에서는 다중경로 전파환경에서 우수한 특성을 보이는 원형편파특성을 갖는 마이크로스트립형 패치 안테나를 개발하였다. 모멘트 법의 Ensemble 5.0을 이용하여 여러 가지 형태로 패치 안테나의 방사패턴을 시뮬레이션 한 후 가장 적절한 원형편파 안테나를 구상하였으며 시뮬레이션 결과를 토대로 우선회 및 좌선회 원형편파 안테나를 제작하였다.

그 결과 제작된 우선회 및 좌선회 원형편파안테나를 Network analysis를 통해 실험한 결과 S_{11} 은 약 -32dB로써, 시뮬레이션을 통해 얻은 -23 dB보다 더 좋은 특성을 보였다.

향후 계획으로는 실내무선 LAN, WLL 시스템, LMDS 시스템, 위성통신, GPS 등 각종 무선 통신을 서비스하는 중소기업체에 보급하기 위해

다양한 주파수대에서 원형편파를 발생시킬 수 있는 안테나 개발과 수직 및 수평 안테나로의 전환을 이용하여, 다이버시티 수신이 가능한 시스템을 개발할 것이다.

참고문헌

- [1] Dock-Ho Ha, Sung-Woo Jeon et al, " A Measurement of Diversity Effect by Circularly Polarized Antenna under Indoor Multipath Environment", '96 Summer KICS Conference, pp. 208 ~211, 1996. 7.
- [2] P. C. Sharma and Kuldip C. Gupta, "Analysis and Optimized Design of Single Feed Circularly Polarized Microstrip Antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-31, no. 6, pp. 949~955, Nov., 1983.
- [3] Stephen K. Targonski and David M. Pozar, "Design of Wideband Circularly Polarized Aperture-Coupled Microstrip Antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-41, no. 2, pp. 214~220, Feb., 1993.
- [4] A. Adrian and D. H. Schaubert, "Dual Aperture-Coupled microstrip Antenna for Dual or Circular Polarization, " *Electron. Lett.*, vol. 23, pp. 1226~1228, Nov., 1987.
- [5] Hiroki Shoki, Kawabata and Hisao Iwasaki, " A Circularly Polarized Slot-Coupled Microstrip Antenna Using a Parasitically Excited Slot," *IEICE Trans.*, vol. E-74, no. 10, pp. 3268~3273, Oct., 1991.
- [6] K. R. CARVER and J. R. MINK. 1981. Microstrip antenna technology. *IEEE Trans. Antenna & Propagat.* AP-29 : 2~24.
- [7] J. R. James and P. S. Hall, "*Handbook of Microstrip Antenna I, II*", Institute of Electrical Engineers. 219~232. 1989.
- [8] Constantine A. Balanis, "*ANTENNA THEORY*", Harper & Row. Publishers. Inc, 1982.
- [9] Hai Fong Lee, and Wei Chen, "*Advances in Microstrip and Printed Antennas*", Wiley series in Microwave and Optical Engineering, 1997.
- [10] I. J. Bahl and P. Bhartia, "*Microstrip Antennas*", Artech House, 1982.
- [11] 林漢奎 著, "안테나 이론", 淸文閣, 1979