
소형 이중 원형편파 패치안테나에 관한 연구

윤기호*

A Study on Dual Circular Polarized Patch Antenna with Compact Size

Gi-ho Yun*

요 약

본 논문에서는 이중편파를 수신할 수 있는 소형 마이크로 스트립안테나를 제안하였다. 우선원형편파와 좌선원형편파를 동시에 수신할 수 있어 편파 다이버시티 환경을 제공한다. 패치 내부에 정사각형 모양의 빈 공간을 두어 소형화를 구현하였다. 그리고 패치를 회전시켜 다이아몬드 형태를 만들고 급전선 주위에 슬롯을 두어 임피던스 정합이 용이하게 하였다. 제안된 안테나는 GPS(global positioning system)에 적용되어 설계되었으며 시뮬레이션을 통해 이론의 타당성을 입증하였다. 제작된 안테나를 측정 한 결과 우선원형편파 신호를 수신하는 경우에, 정재파비 2:1 특성을 나타내는 83MHz 대역폭, 약 58MHz 의 3dB 축비대역폭, 90도의 3dB 빔폭 과 0dBi 의 이득을 나타낸다. 또한 좌선원형편파를 수신하는 경우에도 유사한 특성을 보여준다.

ABSTRACT

This paper describes a compact microstrip antenna with dual polarization characteristics. The antenna, receiving both a left-hand circularly polarized(LHCP) wave and a right-hand circularly polarized(RHCP) wave, can be used for a polarization diversity. A diamond-shaped patch with internal empty room is designed for impedance matching as well as size reduction. And slots are added around feeding point to improve input matching. The proposed antenna has been applied to GPS(global positioning system), operating at 1.57GHz. And, the proposed idea has been verified and estimated by simulation. The measurement results show that it has VSWR 2:1 bandwidth of 83MHz, 3dB axial bandwidth of about 58MHz, 3dB beamwidth of 90degree, and gain of 0dBi, respectively, for RHCP. Also, it has similar performances for LHCP.

키워드

패치안테나, 원형편파, 마이크로스트립, 다이버시티

Key word

Patch Antenna, Circular Polarization, Microstrip, Diversity

I. 서 론

GPS 수신기를 비롯한 소형 무선통신 단말기들이 소형화 및 안테나 성능개선을 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 또한 이들은 반사, 산란, 회절 등의 복잡한 전파 환경을 가지는 실내 또는 도심환경에서 동작되고 있어 각종 페이딩(fading) 환경 속 에노출되어 있고 이를 극복해야 하는 문제점들을 안고 있다. 이를 해결하기 위한 여러 방법들 중에서 편파(polarization) 다이버시티(diversity) 방식이 회로규모가 작고 효율적이어서 널리 이용되고 있다[1][2]. 최근 패치안테나를 이용한 선형 편파다이버시티에 관한 논문이 최근 2.4GHz ISM 대역의 응용에서 보고[3]된 바 있으나 구조적으로 소형화에 한계가 있다. 특히 원형편파(circular polarization)를 이용한 다이버시티 방식이 선형편파보다 페이딩 극복에 우수한 특성이 보고[4]된 바 있어 소형 원형편파 다이버시티 안테나에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 다중경로 페이딩 환경에서 동작하는 무선통신 단말기에 적용될 수 있도록 원형편파다이버시티 구성을 제공하는 소형 마이크로스트립 안테나를 제안한다. 방사패치의 소형화를 위해 전통적인 마이크로스트립 패치에서 중심부분을 정사각형 모양으로 제거하여 원형편파 특성을 갖는 사각 링(ring) 형태로 제작하였으며, 급전선의 임피던스 정합 특성을 개선하기 위해 급전 부 주위에 slot 들을 두었다. 본 논문에서 제안된 방식은 원형편파 방식에 따라 동작하고 있는 1.57GHz 대역의 GPS (global positioning system)에 적용되었다.

본 연구의 구성은 2장에서 제안된 구조의 동작이론과 설계결과를, 3장에서 실험결과들을 제시하여 분석하였고, 4장에서 결론을 내었다.

II. 본 론

전통적인 사각 마이크로스트립 안테나를 소형화시키기 위해, 그림 1과 같이 마이크로스트립 안테나 중앙부분을 제거하여 전류길이를 늘림으로써 기본형 패치보다 소형화 할 수 있다[5]. 즉, 패치의 내부에 정사각형 형태의 공간을 제거하였으며 정사각형의 한 변에 급전

선로를 연결하고 비아(via)홀을 통해 패치에 급전한다. 이때 정사각형 한 변의 길이(l)가 커질수록 소형화 시킬 수 있지만 입력 임피던스가 증가하고 협대역 특성을 나타낸다.

이를 개선시키기 위해 그림 2와 같이 방사패치를 45도 회전시켜 급전선과 개방 끝(open end)인 사각형 꼭짓점 사이에 전류경로를 늘림으로써 급전 입력임피던스를 낮출 수 있다. 아울러 그림 2처럼 패치 주위에 4개의 슬롯을 추가함으로써 전류경로가 더욱 늘어나 슬롯의 길이(L_s)와 폭(W_s)에 따라 임피던스 정합을 용이하게 할 수 있을 뿐만 아니라 공진주파수가 낮아지는 효과를 가져와 안테나를 더욱 소형화 시킬 수 있다.

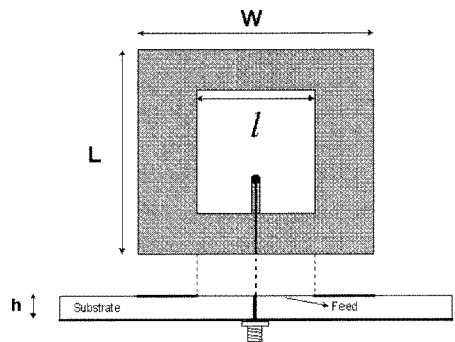


그림 1. 사각 링(ring)형 패치의 기본구조
Fig. 1 Geometry of a conventional rectangular ring patch

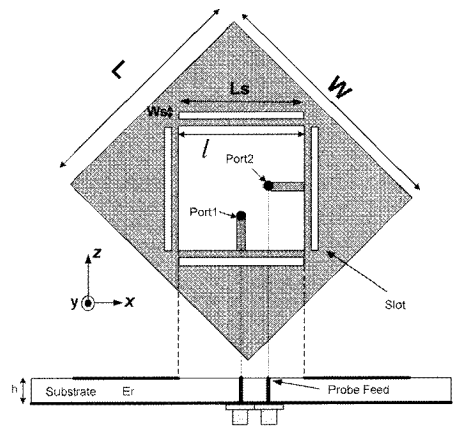


그림 2. 45도 회전 후 슬롯이 더해진 사각 링형 패치
Fig. 2 45 degree rotated rectangular ring patch with slots added

한편 그림 2의 구조에서 원형편파 특성을 나타낼 수 있도록 패치의 외곽 변(side)의 길이인 W 와 L 을 서로 달리하여 2개의 공진모드(TM_{01} , TM_{10})를 형성시켰다[6]. 또한 편파 다이버시티 구조를 구현하기 위해, 급전포트를 추가하여 그림 2에서 보는 바와 같이 2개의 급전 포트들(port1, port2)을 두었다. 이들은 상호간에 간섭이 최소화되도록 서로 직각이 되는 지점에 위치하고 있으며[7], 서로 다른 원형편파 특성을 나타낸다. 포트(port)1에서는 RHCP(right handed circular polarization)로 동작하고, 포트(port) 2에서는 LHCP(left handed circular polarization)로 동작된다.

제안된 구조에서 정사각형 빈 공간에 배열안테나를 위한 위상 변위기(phase shifter), 증폭기, 다이버시티 구현을 위한 스위치 등의 능동회로를 위치시켜 각종 응용에 사용할 수 있다. 본 논문에서 제안된 안테나는 1.57GHz 대역에서 동작하는 GPS에 적용하여 RHCP와 LHCP 신호들을 모두 수신할 수 있게 한다. 먼저 GPS 주파수 대역에서 동작하고 동시에 원형편파가 발생할 수 있도록 방사패치의 외곽 길이인 L 과 W 값을 설정한다. 제안된 안테나를 설계하고 해석하기 위해 Ansoft사의 HFSS 툴(tool)을 이용하였다.

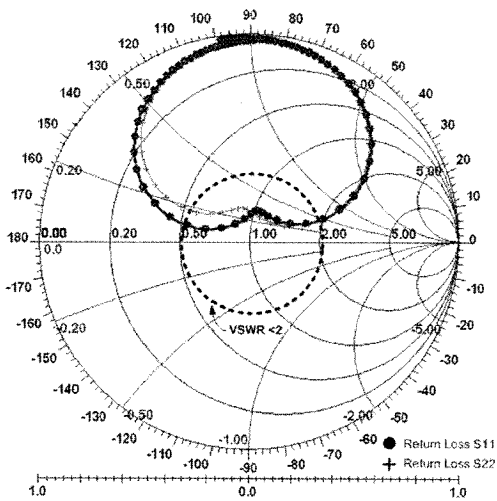


그림 3. 반사특성(S11, S22)에 대한 시뮬레이션결과
Fig. 3 Simulated results for return loss(S11, S22) of the proposed antenna

그림 3에서는 원형편파특성을 갖도록 설계된 방사패치에 대해, 각 포트들의 반사특성(S11, S22)으로부터 얻어진 임피던스 특성들의 시뮬레이션 결과를 스미스 차트 상에 보여준다. 50옴 근처에서 임피던스 궤적상의 딥(dip)점이 형성이 되어 이 지점에서 2개의 공진모드에 의한 원형편파 특성이 나타나있다. 그림 4는 원형편파의 특성을 나타내는 3dB 축비 대역폭을 보여주고 있으며 시뮬레이션 결과 1.555GHz~1.615GHz로 약 60MHz대역폭을 갖는다. 방사패치가 대칭구조이므로 RHCP와 LHCP 모두 같은 축비대역특성을 나타낸다.

그림 5는 급전 점(feeding point)을 따라 연결된 방사패치 상의 슬롯(slot) 주변의 전류 분포를 나타낸다.

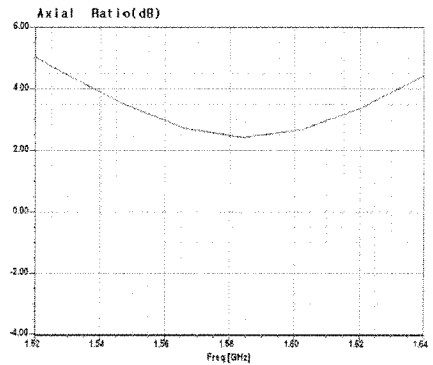


그림 4. 방사체의 축비에 대한 시뮬레이션결과
Fig. 4 Simulated axial ratio of the radiator

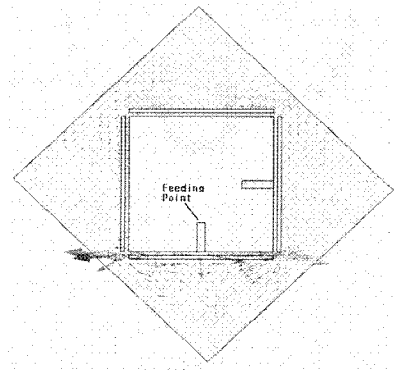


그림 5. 급전선로 주위의 전류 분포
Fig. 5 Current distribution around the feeding point

방사 패치 상에서 전류분포가 슬롯 주변을 따라 형성되어 전류경로가 길어지는 효과를 볼 수 있다. 즉, 슬롯의 길이(Ls)를 조정하여 임피던스 정합을 용이하게 할 수 있는 환경을 얻어낸다. 그림 6 (a)은 제안된 안테나가 RHCP로 동작 시(포트 1에서 급전) E-plane 방사패턴의 시뮬레이션 결과를 보여주며 그림6(b)에는 LHCP로 동작 시(포트 2에서 급전) E-plane 방사패턴의 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 이들 모두 3dB 빔폭은 100°이상의 전면 방향성을 갖는다.

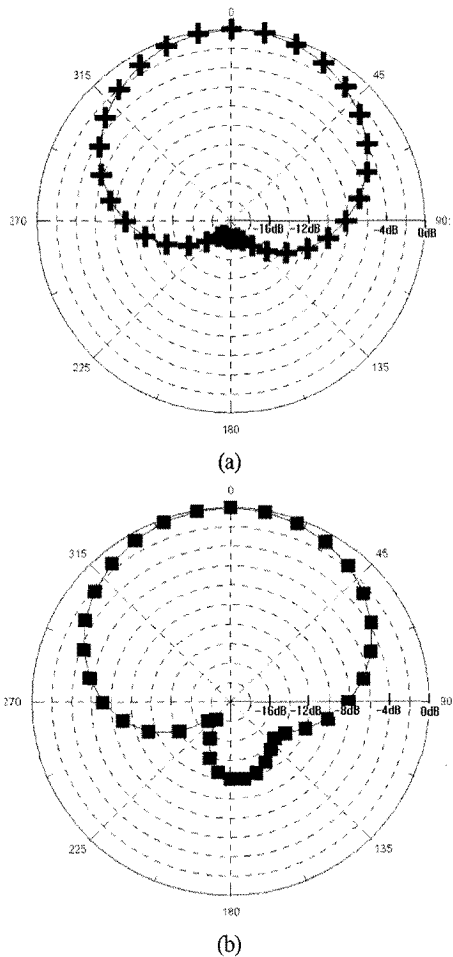


그림 6. 방사패턴 시뮬레이션 결과(E-plane)
 (a) RHCP 방사패턴, (b)LHCP 방사패턴
 Fig. 6 Simulated radiation patterns(E-plane)
 (a) RHCP (b) LHCP

III. 제작 및 측정결과

안테나의 성능검증을 위해 FR4(유전율: 4.4, 보드 높 이: 1.6mm) Epoxy 기판을 이용하여 제작하였으며 결과는 그림 7에서 볼 수 있다. GPS 주파수 대역에서 방사체 외곽길이 L은 33.5mm, W는 35mm 이다. 전통적인 방사 패치의 크기에 비해 약 40%의 크기 축소가 이루어졌다. 급전선로 주위의 슬롯의 폭 Ws는 0.5mm 이며, 길이는 18.5mm이다. 또한 방사패치 내부의 정사각형 한 변의 길 이 l은 20mm 이다.

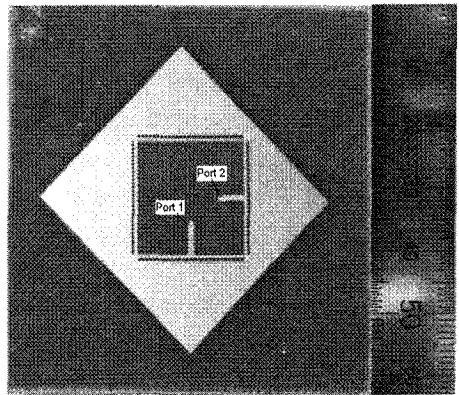


그림 7. 제작된 안테나의 사진
 Fig. 7 Photo of the fabricated antenna

그림 7에서 방사체의 내부 빈 공간에서 급전포트들 (port 1, port 2)은 편파별로 급전을 위한 선로와 via 홀로 구성된다. 제작된 안테나는 2개의 원형편파 특성을 나타 내므로 RHCP로 동작하는 경우(port 1에서 급전)와 LHCP로 동작하는 경우(port 2에서 급전)를 각기 구분하여 특성을 측정한다. 안테나의 입력임피던스와 축비 등 의 성능 개선을 위하여 급전선로 주위의 슬롯의 길이 (Ls)와 방사체의 각 변의 길이(L, W)들을 시뮬레이션 값을 기초로 미세 조정한다.

그림 8에 방사체의 임피던스를 측정한 결과를 보여 준다. VSWR 2:1을 갖는 임피던스 대역폭은 약 83MHz 이며, 스미스 차트 상의 임피던스 궤적에서 GPS대역 (Marker 1 표시) 가까이에서 2중 공진모드가 겹쳐진 딥 (dip)점이 형성된 것을 볼 때 원형편파 특성을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 여기에서 점이 표시된 선은 RHCP에 대한 특성이며, x표시된 선은 LHCP에 해당한

다. 그림 9에서 RHCP에 대한 3dB 축비 대역폭을 보여주며 LHCP에 대해서도 매우 유사한 특성을 나타낸다. 즉, 1.554GHz~1.612 GHz로서 약 58MHz 대역을 얻어 내었으며, 그림 4의 시뮬레이션 결과와 근접되었다.

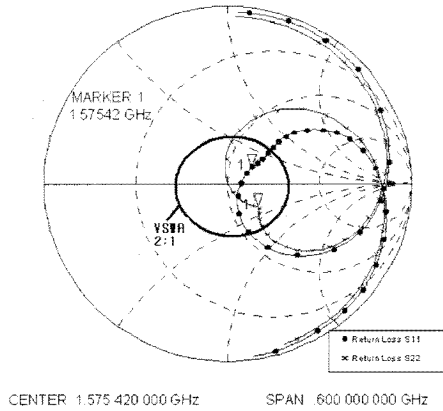


그림 8. 제작된 안테나의 입력임피던스 측정결과
Fig. 8 Measured input impedance of the fabricated antenna

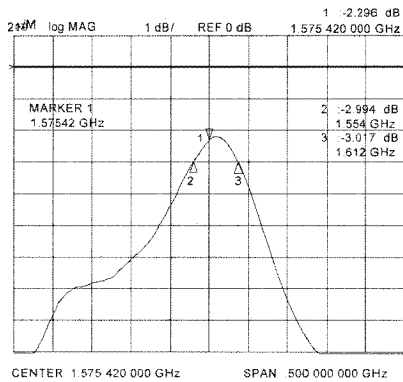


그림 9. 제작된 안테나의 원편파의 축비 측정결과
Fig. 9 Measured axial ratio of the fabricated antenna

그림 10과 그림 11은 간이 전파 무반사실(3x5x3.5m³)에서 측정한 방사패턴들이다. 기준 안테나로 Standard Horn을 이용하였으며, 이들 그림 속에 표시된 방사패턴의 기준 좌표축은 그림 2의 좌측하단에 표시되었다. 3dB 축비 측정과 마찬가지로 각각의 편파에 대해 방사패턴을 측정하였다. 이들 방사패턴에서 3dB 빔폭은 RHCP의

경우에 X-Y, Y-Z 평면에서 90도 전면방향성 측정이 되었고, LHCP의 경우에는 X-Y, Y-Z 평면에서 약 84도 전면방향성으로 측정이 되었다. 이들 모두 그림 6의 시뮬레이션 결과들과는 약간 상이하며, 특히 후면방사 특성이 악화되었다. 이는 방사체의 크기에 비해 작은 접지면과 측정지그(jig) 등을 포함한 측정환경이 방사패턴들에 영향을 준 것으로 판단된다. 최대 방향성 이득은 RHCP로 동작 시 약 0dBi, LHCP로 동작 시 약 -1 dBi로 측정이 되었다.

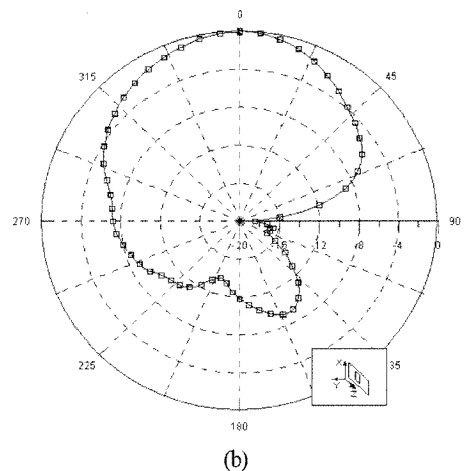
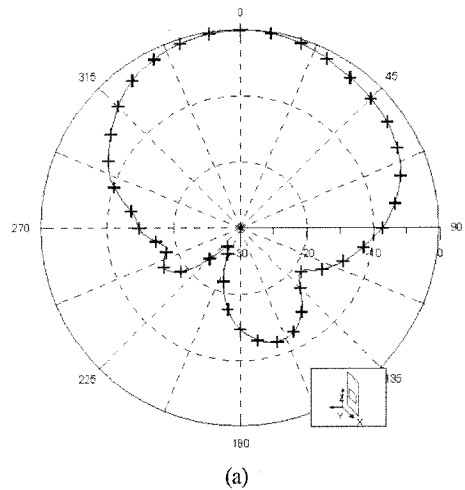


그림 10. RHCP 동작 시 방사패턴 측정결과들
(a) X-Y 평면, (b) Y-Z 평면
Fig. 10 Measured radiation patterns for a RHCP operation: (a) X-Y plane (b) Y-Z plane

이득 측정값이 작은 것은 안테나가 2 포트로 구성되어 있어 각 포트에서 측정시 상대방 포트에 의한 loading 효과가 원인의 하나이며, 또한 안테나 소형화에 따라 방사 에너지가 줄어든 것으로 판단된다.

V. 결론

본 논문에서는 무선통신 단말기에 편파다이버시티 기능을 제공하기 위해 2개의 원형편파모드들(LHCP, RHCP)을 모두 수신할 수 있는 소형 안테나를 설계하였다. 이를 위해 안테나 중앙에 정사각형 빈 공간을 만들고 편파별로 급전선로를 위치시켰으며, 이의 임피던스 특성을 개선하기 위해 사각 패치 면을 45°회전시켰고 급전점 근처에 슬롯을 추가하였다. 또한 원형편파특성을 얻어내기 위해 패치의 각 변의 길이를 상이하게 하였다. 제안된 안테나는 상용 GPS 시스템에 적용하여 설계되었으며, 제작된 안테나의 크기는 전통적인 마이크로 스트립 패치 안테나에 비해 약 40%정도의 크기감소가 있었다. 안테나 성능들을 측정한 결과, VSWR 2:1을 기준으로 한 임피던스 대역폭은 GPS대역을 만족하고, 3dB 축비 대역폭은 두 편파 모두 약 58 MHz로 측정되었다. 3dB 빔폭은 RHCP 동작 시 90도 전면 방향성이고, LHCP 동작 시 84도 전면 방향성으로 측정되었다. 최대방향성 이득은 RHCP 동작 시 약 0dBi로, LHCP 동작 시 약 -1 dBi로 측정이 되었다.

제안된 안테나 구조는 소형이면서 원형편파 다이버시티 환경이 필요한 각종 무선통신 단말기에 적용되어 수신 성능을 개선할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Dietrich, C. B. and Dietze, K., Nealy, J. R., and Stutzman, W. L., "Spatial, polarization and pattern diversity for wireless handled terminals", *IEEE Trans. Antenna Prop.*, Vol. 49, No.9, pp.1271-1281, Sept. 2001
- [2] Loredó, S. and Torres, R.P., "Experimental analysis of the advantages of polarization diversity in indoor scenarios at 1.8 and 2.5 GHz", *Microwave Opt. Tech. Letter*, Vol. 31, No.5, pp. 355 - 361, Oct. 2001
- [3] Chuang, H.R., and Kuo, L.C., "3-D FDTD design analysis of a 2.4GHz polarization- diversity printed dipole antenna with integrated balun and polarization-switching circuit for WLAN and wireless

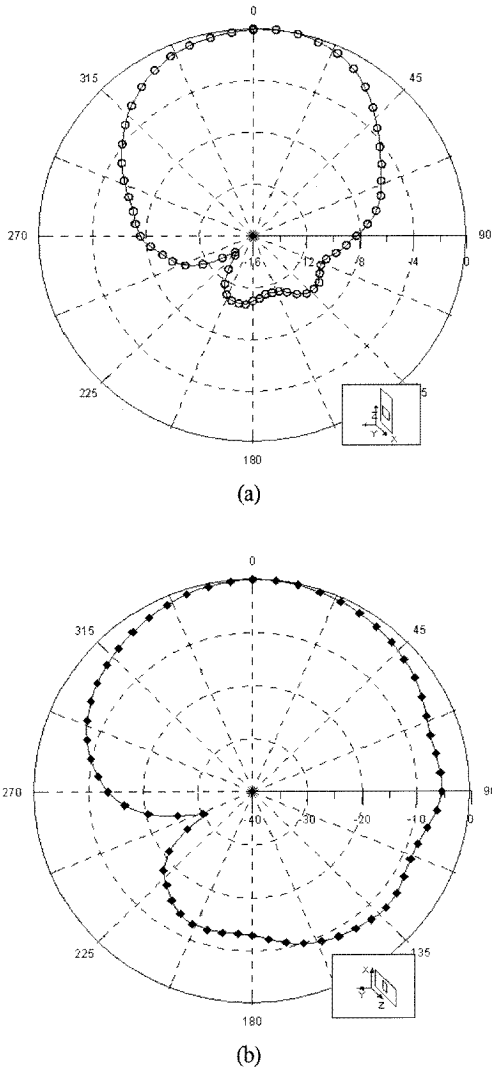


그림 11. LHCP 동작 시 방사패턴 측정결과들
(a) X-Y 평면, (b) Y-Z 평면

Fig. 11 Measured radiation patterns for a LHCP operation: (a) X-Y plane, (b) Y-Z plane

- communication applications", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol. 51, No.2, pp.374-381, Feb. 2003
- [4] Ha, Deock Ho, "An analysis of the polarization characteristics in Indoor radio Channel", *Proceedings of The 2nd CDMA International Conference & Exhibition, CIC'97, Seoul Korea*, Vol.2, pp.144-148, Oct. 1997
- [5] Wen-Shyang Chen, "Single feed dual frequency rectangular microstrip antenna with square slot", *Electronic Letters*, 5th Feb 1998 Vol.34 No.3
- [6] Deshpande. M. D., and N.K. Das, "Rectangular microstrip antenna for circular polarization," *IEEE Trans. Antenna Propagation*, Vol. AP-34, pp.744-746, No.6, 1986
- [7] Srinivasan,V., K.T.V.Reddy, and G. Kumar, "Dual feed microstrip antennas for orthogonal polarization," *NSAMI, New Delhi, India*, pp.43-46, March 2003

저자소개



윤기호(Gi-Ho Yun)

1984년 연세대학교 전자공학과
(공학사)

1999년 연세대학교 전자공학과
(공학석사)

1999년 연세대학교 전자공학과(공학박사)

1986년~1996년 삼성종합기술원, 삼성전기 근무

1997년~2009년 호남대학교 전자공학과 부교수

2009년~현재 성결대학교 정보통신공학과 조교수

※ 관심분야: RF 능동 및 수동회로, 안테나등