

이중대역 이중 원형편파 적층형 마이크로스트립 안테나

천재봉^o, 오경진, 최재훈
한양대학교 전자통신전파공학과
전화 : (02) 2290-0376 / 팩스 : (02) 2293-0377

Dual-band, dual circularly polarized stacked microstrip antenna

Jae-Bong Chun^o, Kyung-Jin Oh, Jae-Hoon Choi
Devison of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University
E-mail : chunjb2@nate.com, okj75@ihanyang.ac.kr,
choijh@hanyang.ac.kr

Abstract

In this paper, a dual-band circularly polarized stacked microstrip antenna for Global Positioning System (GPS) service and Digital Multimedia Broadcasting (DMB) service is designed. By stacking two different corner-truncated square microstrip patches, dual-band, dual polarization characteristic is obtained. Experimental results show impedance bandwidth of 60 MHz (3.8%) and axial ratio bandwidth of 6 MHz (0.4%) in GPS and impedance bandwidth of 126 MHz (4.7%) and axial ratio bandwidth of 30MHz (1.1%) in DMB

Key words : Stacked microstrip antenna, Dual polarization, Dual-band, GPS, DMB

1. 서론

이동 통신 서비스의 비약적인 발전과 더불어 위성을 이용한 서비스에 대한 관심이 고조되고 있으며, 많은 연구가 진행되고 있다. GPS 서비스는 GPS 위성신호가 지상 수신기에 도달하는 시간을 이용하여 위성과 지상에 있는 목표물의 현재 위치와 거리를 정확히 알아내는 것으로 위치추적 및 차량 Navigation 시스템 등에 응용되고 있다.

이와 더불어 디지털 멀티미디어 방송 (DMB) 서비스는 차세대 멀티미디어 서비스로써 CD 수준의 음질, 데이터 서비스, 양방향성 그리고 우수한 이동통신 품질 제공을 목표로 상용화 단계에 이르고 있다.

그러나 각각의 서비스 대역에서 위성 GPS는 RHCP (Right Hand Circular Polarization) 특성을, 위성 DMB는 LHCP (Left Hand Circular Polarization) 특성을 갖는다. 이들 서비스를 동시에 수용하기 위해서는 이중 원형편파 특성을 갖는 안테나가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 원형편파를 구현하는 가장 일반적인 안테나 구조인 corner-truncated[1][2] 형태

를 이용하였고, 적층구조로 공간 효율 및 대역폭을 넓혔으며, 이중 Probe 급전으로 RHCP와 LHCP 특성을 갖는 이중대역 이중 원형편파 적층형 마이크로스트립 안테나를 구현하였다.

2. 본론

2.1 Single corner-truncated type

그림 1은 원형편파를 구현하는 가장 일반적인 Corner-truncated 형태의 패치 안테나 구조이다. 단층 안테나는 FR4(유전율 4.4, 두께1.6mm)기판으로 식(1)을 이용하여 패치 길이 L을 구하였다[1].

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta l \quad (1)$$

여기서 f_r 은 공진주파수, ϵ_e 는 실효 유전율, Δl 은 패치 모서리의 누설 전자장에 의해 확장된 길이이다. 패치는 TM_{01} 모드로 동작할 경우 패치 폭에 의해 입력 임피던스가 결정된다.

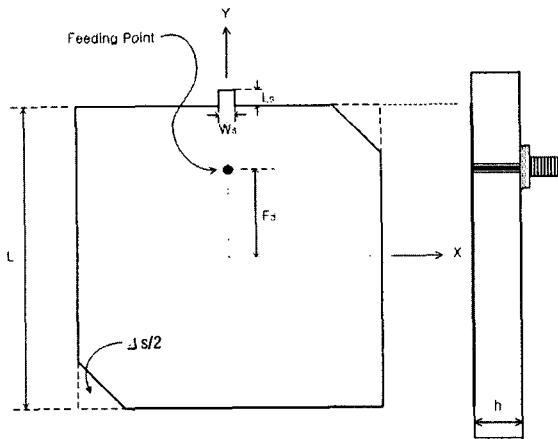


그림 1 Single corner-truncated 안테나 구조

일반적으로 원형편파를 만들기 위해서는 정사각형에서 각 쪽과 길이에서 공진하는 모드(TM₀₁, TM₁₀)들이 서로 90° 위상차로 형성되고, 동일한 크기로 방사되어야 한다.

설계한 안테나는 대각선의 모서리 면적 Δs/2만큼 잘라내고 급전 위치에서 양쪽으로 전기적 길이를 변화시켜 두개의 모드(TM₀₁, TM₁₀)가 형성되고 각 모드가 90도 위상차와 같은 크기로 방사하여 원형편파를 발생시킨다. 잘려진 Δs로 인해 사각패치에 비하여 공진주파수가 일정 정도 올라간다. 또한 Δs의 위치 혹은 급전 위치에 따라 원형편파의 RHCP와 LHCP 특성을 구현 가능하다 [2][3][4]. L_s, W_s은 매칭 Stub 역할로써 미세한 공진주파수와 축비를 조정할 수 있다[5].

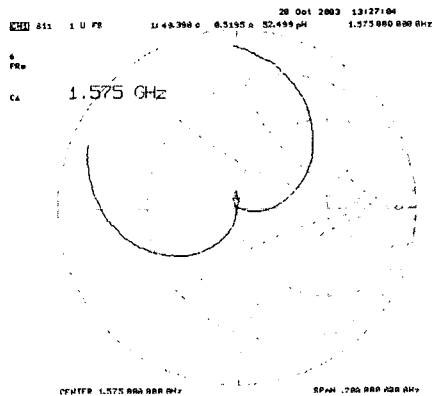


그림 2 Smith chart 상에 도시된 측정된 임피던스 특성 (Single GPS ant)

그림 2는 단층으로 구현한 GPS RHCP 안테나의 임피던스를 Smith chart 상에 그린 것이다. 같은 방법으로 패치 크기 L, 급전위치 F_d, 모서리 면적 Δs의 넓이와 위치를 바꿔서 DMB LHCP 안테나를 구현하였다.

안테나의 접지판 크기는 안테나 이득(Gain), 축비(Axial Ratio) 그리고 전방복사 대 후방복사 (F/B ratio)에 영향을 미친다. 접지판의 크기가 클수록 F/B ratio를 개선할 수 있고 일정 크기까지는 이득이 증가한다. 또한 축비 또한 개선된다. 하지만 물리적 크기가 커지는 문제점이 발생하여 이득과 축비를 고려하여 100mm × 100mm 로 결정하였다[2].

2.2 Stacked corner-truncated type

적층구조를 이용한 단일급전 이중대역 안테나의 경우, differential GPS 서비스를 위해 이중대역 동일 RHCP 원형편파 특성의 타원형 패치와 corner-truncated 패치가 연구되고 있다[6][7].

위성 GPS와 위성 DMB 수신을 위해서는 RHCP, LHCP의 원형편파를 수신하여야 한다. 서비스별 안테나의 설계 성능 목표 값은 표1과 같다.

표 1 각 서비스별 설계 목표

	GPS	DMB
주파수	1575.42 MHz	2630~2655 MHz
편파	RHCP	LHCP
VSWR	< 2	
축비	< 3 dB	

그림 3은 본 논문에서 제시하는 이중급전 이중대역 이중 원형편파 안테나 구조이다.

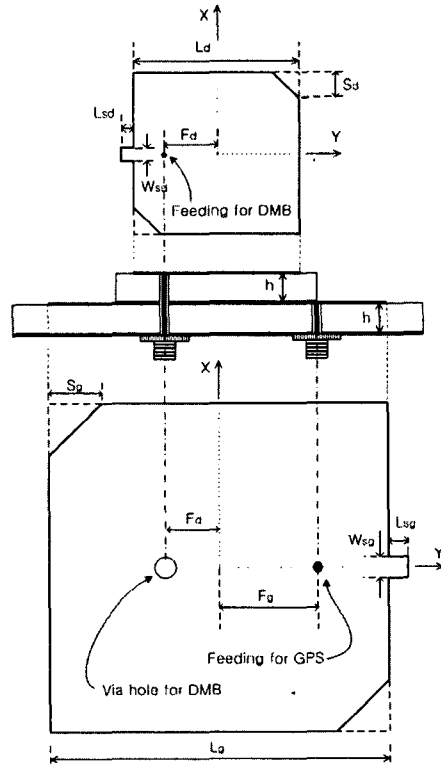


그림 3 이중급전 stacked corner-truncated 마이크로스트립 안테나 구조

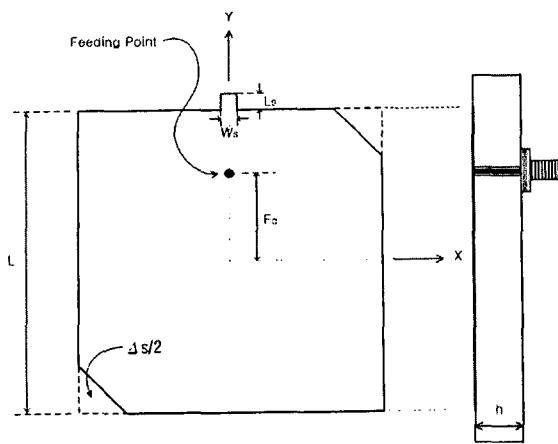


그림 1 Single corner-truncated 안테나 구조

일반적으로 원형편파를 만들기 위해서는 정사각형에서 각 쪽과 길이에서 공진하는 모드(TM₀₁, TM₁₀)들이 서로 90° 위상차로 형성되고, 동일한 크기로 방사되어야 한다.

설계한 안테나는 대각선의 모서리 면적 $\Delta s/2$ 만큼 잘라내고 급전 위치에서 양쪽으로 전기적 길이를 변화시켜 두개의 모드(TM₀₁, TM₁₀)가 형성되고 각 모드가 90도 위상차와 같은 크기로 방사하여 원형편파를 발생시킨다. 잘려진 Δs 로 인해 사각패치에 비하여 공진주파수가 일정 정도 올라간다. 또한 Δs 의 위치 혹은 급전 위치에 따라 원형편파의 RHCP와 LHCP 특성을 구현 가능하다 [2][3][4]. L_s , W_s 은 매칭 Stub 역할로써 미세한 공진주파수와 축비를 조정할 수 있다[5].

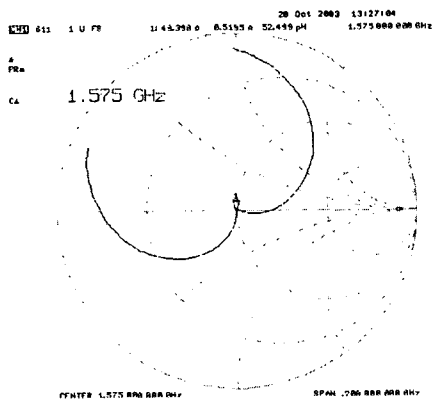


그림 2 Smith chart 상에 도시된 측정된 임피던스 특성 (Single GPS ant)

그림 2는 단층으로 구현한 GPS RHCP 안테나의 임피던스를 Smith chart 상에 그린 것이다. 같은 방법으로 패치 크기 L , 급전위치 F_a , 모서리 면적 Δs 의 넓이와 위치를 바꿔서 DMB LHCP 안테나를 구현하였다.

안테나의 접지판 크기는 안테나 이득(Gain), 축비(Axial Ratio) 그리고 전방복사 대 후방복사 (F/B ratio)에 영향을 미친다. 접지판의 크기가 클수록 F/B ratio를 개선할 수 있고 일정 크기까지는 이득이 증가한다. 또한 축비 또한 개선된다. 하지만 물리적 크기가 커지는 문제점이 발생하여 이득과 축비를 고려하여 100mm × 100mm 로 결정하였다[2].

2.2 Stacked corner-truncated type

적층구조를 이용한 단일급전 이중대역 안테나의 경우, differential GPS 서비스를 위해 이중대역 동일 RHCP 원형편파 특성의 타원형 패치와 corner-truncated 패치가 연구되고 있다[6][7].

위성 GPS와 위성 DMB 수신을 위해서는 RHCP, LHCP의 원형편파를 수신하여야 한다. 서비스별 안테나의 설계 성능 목표 값은 표1과 같다.

표 1 각 서비스별 설계 목표

	GPS	DMB
주파수	1575.42 MHz	2630~2655 MHz
편파	RHCP	LHCP
VSWR	< 2	
축비	< 3 dB	

그림 3은 본 논문에서 제시하는 이중급전 이중대역 이중 원형편파 안테나 구조이다.

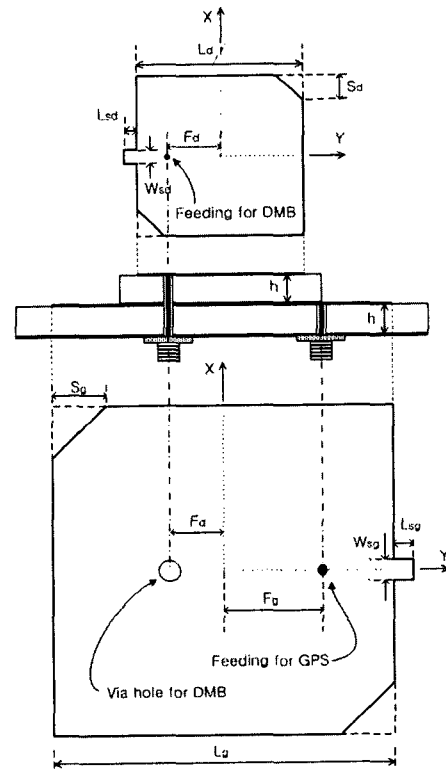


그림 3 이중급전 stacked corner-truncated 마이크로스트립 안테나 구조

대각선으로 잘라낸 모서리의 위치를 달리하고 급전 위치를 반대로 하여 RHCP와 LHCP 안테나를 구현하였고 상부 패치는 DMB 대역에서 하부 패치는 GPS 대역에서 공진하도록 설계하였다.

이득과 축비를 고려하여 하부 패치의 접지판은 100mm×100mm으로 하였다. 안테나 설계는 상용툴 Ensemble 8.0을 이용하였고 그림 4~6은 최적화한 안테나의 모의실험 결과들이다.

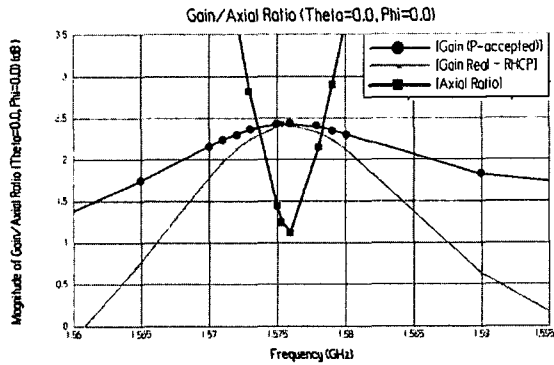


그림 4 DMB 대역 이득(Gain)과 축비(Axial Ratio)

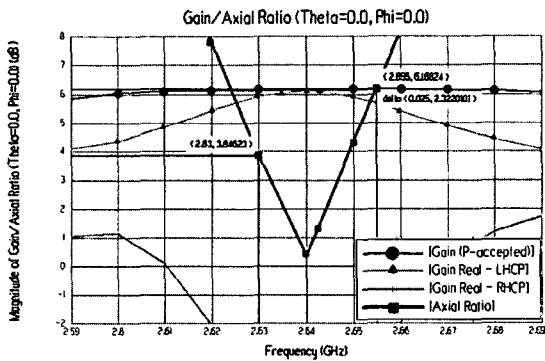


그림 5 DMB 대역 이득(Gain)과 축비(Axial Ratio)

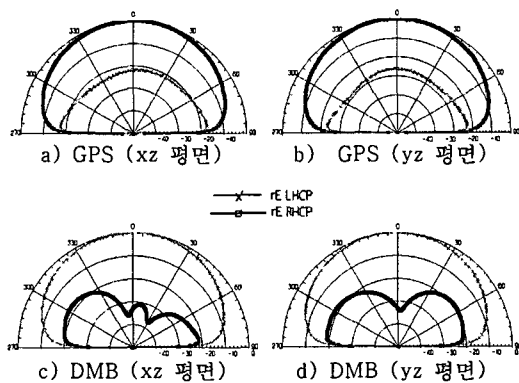


그림 6 LHCP / RHCP 복사패턴

그림 4,5에 모의실험 한 안테나 축비특성과 이득 특성을 나타내었다. GPS 대역의 3dB 축비 대역폭은 6 MHz이고, 2.5 dBi 이득을 나타내며, DMB 대역의 3dB 축비 대역폭은 15 MHz로, 6 dBi 이득 특성을 보인다.

그림 6에서는 각 서비스 대역에서 LHCP와 RHCP의 레벨 차이가 15dB 이상으로 양호한 축비 특성을 나타내고 있다.

2.3 제작 및 측정 결과

FR4기판을 이용하여 유전체 크기가 다른 두개의 패치를 적층으로 쌓아 올려 각각 probe 급전하여 안테나를 구현하였다. 상부 패치는 유전체 높이가 두 배가 되는 효과를 얻어 probe 급전방식의 좁은 대역폭 특성을 다소 극복할 수 있었다.

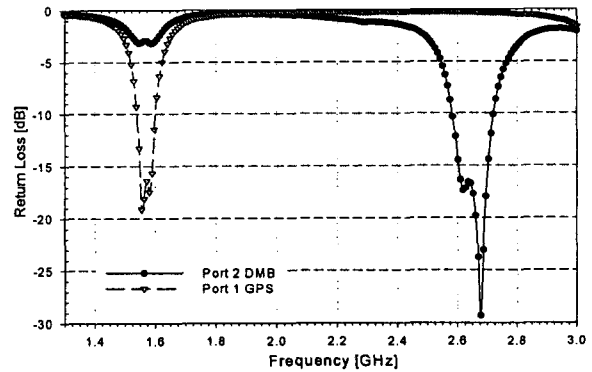


그림 7 이중급전 적층구조 안테나의 측정 반사손실

그림 7에 이중급전 적층구조 마이크로스트립 안테나의 측정 반사손실을 도시하였다. VSWR < 2를 기준으로 각각 1.540 MHz ~ 1.6 MHz (60 MHz, 3.8%) 대역폭을 만족하고, 2.584 MHz ~ 2.710 MHz (126 MHz, 4.7%) 대역폭을 만족하였다.

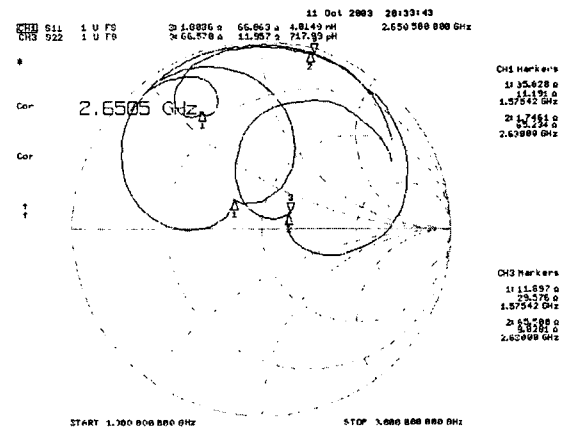


그림 8 이중급전 적층구조 안테나의 측정 임피던스 값에 대한 Smith chart 궤적

그림 8에는 이중급전 적층구조 안테나의 임피던스 값의 Smith Chart 상 궤적이다.

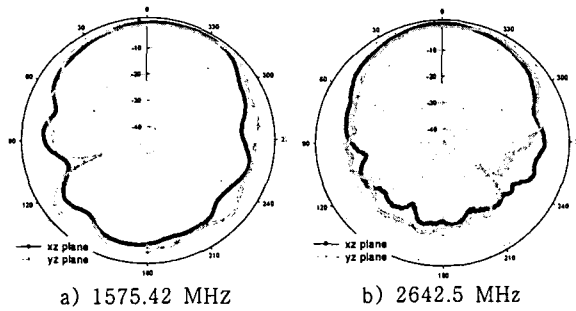


그림 9 각 서비스별 XZ/YZ 평면 복사패턴

그림 9는 각 서비스 중심주파수의 복사패턴이다. 또한 서비스 대역 모두에서 축비(Axial Ratio) 3dB이하의 특성을 만족하였다.

3. 결론

본 논문에서는 corner-truncated 형태의 원형편파 마이크로스트립 안테나를 적층하여 이중대역 이중 원형편파 마이크로스트립 안테나를 구현하였다. 상부와 하부 패치의 corner-truncated 위치를 달리하여 각각의 패치에서 서로 다른 원형편파를 구현하였다. 구현된 안테나는 각 서비스 대역에서 VSWR < 2, 축비 < 3 dB 아래의 양호한 특성을 만족하였다.

측정결과 GPS 대역에서 이득이 저하되는 특성을 나타내었는데 이는 위 패치의 영향으로 인한 손실로 보인다. 향후 GPS 대역에서의 이득 개선 방안 등에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] I. J. Bahl, P. Bhartia, *Microstrip antennas*, pp.33-81, Artech House, 1980
- [2] Sharma P., Gupta K., "Analysis and optimized design of single feed circularly polarized microstrip antennas", *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on [legacy, pre - 1988]*, Vol.31 Issue 6, pp.949-955, Nov 1983
- [3] Mark W. Ingalls, Dan Smith, "Microstrip antennas for GPS applications", *Position Location and Navigation Symposium, IEEE*, pp.20-27, April 2002
- [4] Thiagarajah S., Ali B. M., Habaebi M. H., "Circular Polarized active microstrip antenna for Commercial GPS application", *TENCON 2000. Proceedings*, Vol.1 pp.109-114, Sept. 2000
- [5] Kin-Lu Wong, Yi-Fang Lin, "Circularly polarized microstrip antennas with a tuning stub", *Electronics Letters* Vol.34 No.9, pp.831-832, April

1998

- [6] Jen-Yea Jan, Kin-Lu Wong, "A dual-band circularly polarized Stacked elliptic microstrip antenna", *Microstrip and Optical Technology Letters*, Vol.24, No.5, pp.354-357, March 2000
- [7] Chih-Ming Su, Kin-Lu Wong, "A dual-band GPS microstrip antenna", *Microstrip and Optical Technology Letters*, Vol.33, No.4, pp.238-240, May 2002