

바람개비형 슬롯 결합 원형 편파 마이크로스트립 안테나

정회원 박기동*

The Pinwheel-slot-coupled Microstrip Antenna for Circular Polarization

Ki-dong Park* *Regular Member*

요약

본 논문에서는 바람개비형 슬롯 결합 원형 편파 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 급전 구조는 설계 및 제작이 간단하고 안테나의 크기를 줄일 수 있는 단일 급전 형태를 사용하였다. 접지면의 슬롯은 십자형 슬롯을 변형시킨 바람개비형 슬롯 구조를 제안하였다. 안테나 구조를 설계할 때 전자파 해석 툴인 HFSS를 이용하여 제안한 안테나를 설계하였으며 시뮬레이션 결과를 기존의 십자형 슬롯 결합 원형 편파 마이크로스트립 안테나와 비교하였다. 그 결과 제안한 안테나가 새로운 형태의 원형편파 마이크로스트립 안테나로 사용할 수 있음을 확인하였다.

Key Words : Pinwheel-Slot, Circular Polarization, Microstrip Antenna

ABSTRACT

In this paper, I designed the pinwheel-slot-coupled microstrip antenna for circular polarization. The feed structure is the slot-coupled configuration using single microstrip line, which can be designed and produced easily. This feed structure can also reduce a size of the antenna. I proposed a kind of pinwheel-slot as a shape of slot on the ground plane. In order to design the antenna structure, I used the HFSS that is a solution tool for electromagnetic wave propagation. The simulation results for the proposed antenna are compared with the results for a existing cross-slot-coupled antenna. It was confirmed for the proposed antenna to be useful as a new microstrip antenna for circular polarization.

1. 서론

최근 지구상 위치 파악 시스템(GPS : global positioning system)을 이용한 차량용 내비게이션의 사용이 보편화 되었으며, 위성 디지털 멀티미디어 방송(S-DMB : satellite digital multimedia broadcasting)을 통한 TV수신 서비스의 상용화 그리고 무선주파 인식(RFID : radio frequency identification)시스템이 산업의 여러 부분으로 확장·활용되고 있다. 이와 같은 다양한 무선통신 서비스의 사용에 따라 전자파 신호의 송수신에 필수적인 부품인 안테나에 대

한 수요 및 중요도가 커지는 상황이다. 특히 수신측에서는 전파되는 전자파의 편파에 관계없이 수신이 가능한 원형편파 안테나의 탑재가 절실히 요구되는 상황이다.

따라서 본 논문에서는 바람개비형 슬롯 결합 원형편파 마이크로스트립 안테나(PSCPMA : Pinwheel-slot-coupled circular-polarized microstrip antenna)를 제안하였다. 제안한 안테나의 효율성을 검증하기 위해, 해석 결과를 기존의 십자형 슬롯 결합 마이크로스트립 안테나(CSCPMA : Cross-slot-coupled circular-polarized microstrip antenna)에 대한 해석

* 동강대학 정보통신과(keedong0@nate.com)

논문번호 : 10037-0805, 접수일자 : 2010년 8월 5일

결과와 비교하였다.

II. 바람개비형 슬롯 결합 원형편파 마이크로스트립 안테나 설계

마이크로스트립 안테나 설계에 있어 상반되지만 중요한 두 가지 고려사항이 있다. 안테나의 대역폭을 증가시키기 위해서는 방사소자는 유전율이 낮고 두꺼운 기판에 놓여야 하고, 안테나 효율을 높이기 위해서는 급전망(Feed network)은 유전율이 높고 얇은 기판에 설계되어 방사 손실이 적어야 한다. 이 같은 난제를 해결하기 위해 슬롯 결합 급전구조가 제안되어졌다.

접지면의 슬롯은 직교 교차 슬롯(Orthogonal cross-slots), 단일 경사 슬롯(Single inclined slot), 끝단에 V자 슬롯이 부가된 경사 슬롯(Inclined slot with V-slot loaded at both ends) 등이 사용되었다^{[1][6]}. 그리고 급전망 형태는 이중 마이크로스트립 선로를 사용한 직렬 급전, 병렬 급전 형태 및 단일 마이크로스트립선로에 의한 급전 형태가 있다^[3].

본 논문에서는 그림 1처럼 접지면의 슬롯으로 바람개비 모양을 갖는 슬롯을 제안하였다. 바람개비형 슬롯은 일반적인 십자형 슬롯^{[1][4]}의 양 끝단을 서로

반대 방향으로 꺾어 방사소자로의 급전점 위치가 서로 90°를 이루도록 만든 구조이다.

급전망 형태는 설계 및 제작이 간단하고 안테나의 크기 또한 감소시킬 수 있는 단일 마이크로스트립선로에 의한 급전 형태를 사용하였다. 그리고 방사소자는 정사각형 패치를 사용하였다.

그림 1의 PSCPMA를 설계할 때 전자파 해석 툴인 HFSS를 이용하였다. 사용한 기판 재질은 $\epsilon_{r1} = \epsilon_{r2} = 4.4$, $\tan\delta = 0.002$ 인 FR4 에폭시이며 기판 두께는 각각 $H_1=0.8\text{mm}$, $H_2=1.6\text{mm}$ 를 사용하였다. 표 1은 안테나의 나머지 설계 파라미터를 나타낸다.

그림 1에서 S_{L1} 의 길이를 S_{L2} 보다 크게 한 이유는 불요급전을 제거하기 위해서이다. 즉 $S_{L1}=S_{L2}$ 일 경우 슬롯의 일부분이 급전선로의 바로 위에 위치하게 되어 S_{arm1} 을 통한 불요급전이 일어나게 된다. 이 불요급전은 중심주파수에서의 입력임피던스 부정합을 초래하고 이득 및 전후방비의 감소시키게 된다.

그림 2는 CSCPMA의 구조를 도시한 것으로 PSCPMA와의 비교를 위해 제시하였다. CSCPMA

표 1. PSCPMA의 설계 파라미터(단위 : mm)
Table 1. Design parameters of PSCPMA(unit : mm)

파라미터	값	파라미터	값
W_f	1.5	S_{L1}	6
L_s	15.7	S_{L2}	3.8
L	28.0	S_{arm1}	5.4
S_w	1.0	S_{arm2}	4.7

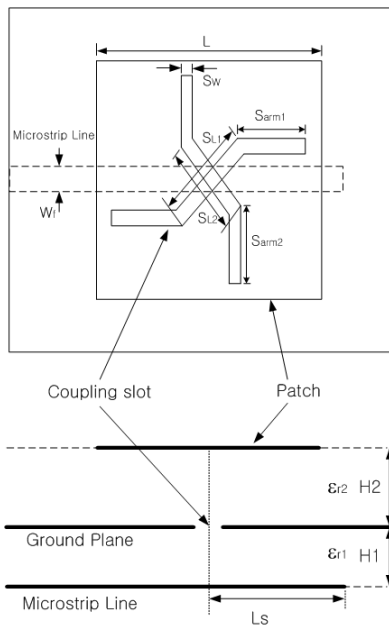


그림 1. 바람개비형 슬롯결합 원형 편파 마이크로스트립 안테나 구조
Fig. 1. Pinwheel-slot-coupled circular-polarized microstrip antenna(PSCPMA) structure

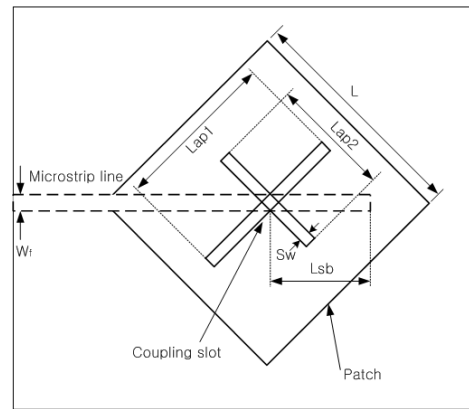


그림 2. 십자형 슬롯결합 원형 편파 마이크로스트립 안테나 구조
Fig. 2. Cross-slot-coupled circular-polarized microstrip antenna (CSCPMA) structure

의 방사소자는 원형편파를 발생시키기 위해 급전선로에 대해 45° 회전되어 위치하므로 그 모양이 마름모가 된다. 이는 CSCPMA를 제작할 때 요구되는 방사소자의 실제적인 길이가 $\sqrt{2}L$ 이어야 함을 의미한다.

두 안테나에서 방사소자의 길이 L 이 동일하다면 PSCPMA의 방사소자 크기는 CSCPMA의 그것에 비해 상대적으로 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 배 작아진 것과 같다. 따라서 PSCPMA의 크기는 CSCPMA에 비해 상당히 줄어들게 된다. 또한 PSCPMA는 방사소자를 회전시키지 않아도 되므로 제작을 용이하게 할 수 있다.

III. 결과 검토

그림 2에 제시한 CSCPMA의 파라미터 중 십자형 슬롯의 긴 팔 $L_{ap1}=14.3\text{mm}$, 짧은 팔 $L_{ap2}=11\text{mm}$ 그리고 스테브의 길이 $L_{sb}=15.5\text{mm}$ 로 설정하였다. 나머지 파라미터에 대해서는 PSCPMA와 동일한 값을 사용하였다.

그림 3은 PSCPMA와 CSCPMA의 S_{11} 를 비교하여 도시한 것인데, 약간의 주파수 편차를 제외하면 두 안테나의 S_{11} 특성은 거의 동일함을 확인할 수 있다.

그림 4는 PSCPMA의 S_{11} 를 측정된 것으로 그림 3과 비교하면 잘 일치하는 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 PSCPMA와 CSCPMA의 입력임피던스를 비교하여 도시한 것이다. S_{11} 의 경우와 마찬가지로 약간의 주파수 편차를 제외하면 두 안테나의 입력임피던스 특성은 동일하다.

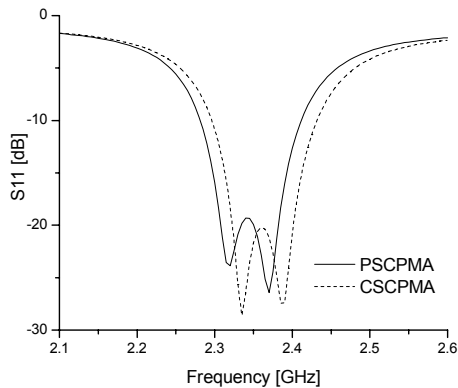


그림 3. PSCPMA와 CSCPMA의 S_{11}
Fig. 3. S_{11} plots versus frequency for PSCPMA and CSCPMA

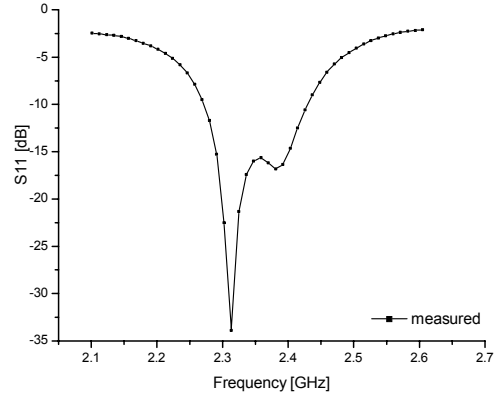
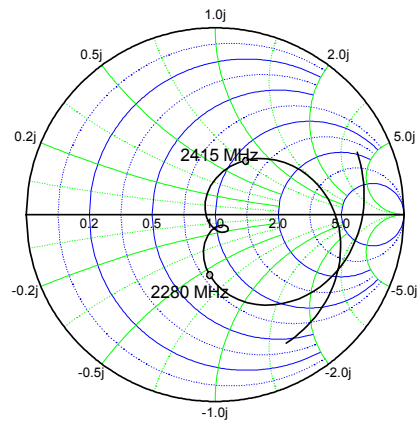
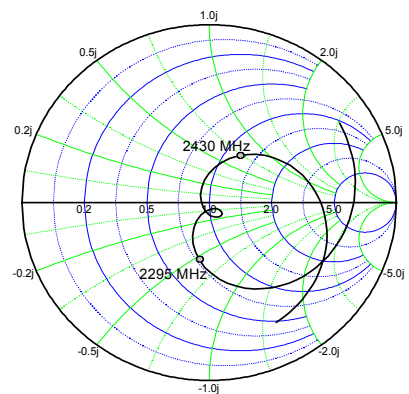


그림 4. PSCPMA의 S_{11} 측정
Fig. 4. Measured S_{11} plot versus frequency for PSCPMA



(b) PSCPMA



(a) CSCPMA

그림 5. PSCPMA와 CSCPMA의 입력 임피던스
Fig. 5. The input impedance loci for PSCPMA and CSCPMA

약간의 주파수 편차는 두 안테나의 슬롯 길이의 차이 때문이다. PSCPMA의 바람개비형 슬롯의 두 길이는 각각 $S_{L1}+(2\times S_{arm1})=16.8\text{mm}$, $S_{L2}+(2\times S_{arm2})=14.2\text{mm}$ 로 CSCPMA의 L_{ap1} , L_{ap2} 보다 약간 길다. 이로 인해 PSCPMA의 S_{11} 과 입력임피던스 특성이 낮은 주파수 쪽으로 약간 이동하게 된다. PSCPMA와 CSCPMA의 중심주파수는 각각 2.34GHz, 2.355GHz이나 2:1 VSWR 대역폭은 두 안테나 모두 135MHz이다.

그림 6은 PSCPMA와 CSCPMA의 축비를 비교한 것이다. 마찬가지로 약간의 주파수 편차를 제외하면 두 안테나의 축비 특성 또한 거의 동일하다. 두 안테나의 3dB 축비 대역폭은 26MHz로 동일한 값을 갖는다.

그림 7은 PSCPMA와 CSCPMA에 대해 중심주파수에서 우수원형편파(RHCP : Right-Hand Circularly Polarization)와 좌수원형편파(LHCP : Left-Hand Circularly Polarization)의 방사패턴을 비교하여 도시한 것이다. 두 안테나 모두 우수한 LHCP 방사 특성을 보인다. 브로드사이드 방향($\theta=0^\circ$)에서 PSCPMA의 이득 3.1dBi이고 CSCPMA의 경우는 3.0dBi로 PSCPMA가 약간 우수한 특성을 보인다.

xz평면($\Phi=0^\circ$)에서의 3dB 빔폭은 76° 로 동일하고 yz평면($\Phi=90^\circ$)에서는 PSCPMA의 경우 74° , CSCPMA의 경우 78° 로 CSCPMA의 방사가 약간 넓게 이루어진다.

표 2는 PSCPMA와 CSCPMA의 시뮬레이션 결과, PSCPMA의 측정값을 비교하여 제시한 것이다. 제안한 PSCPMA는 CSCPMA를 대체할 수 있는 새로운 형태의 원형편파 안테나라는 것을 확인할 수 있다.

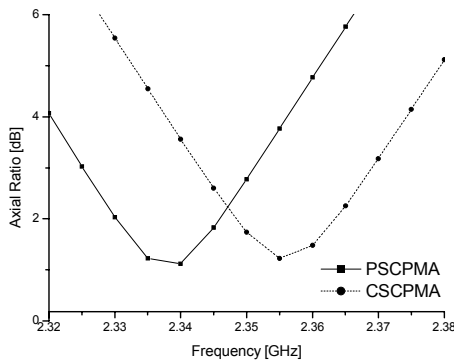
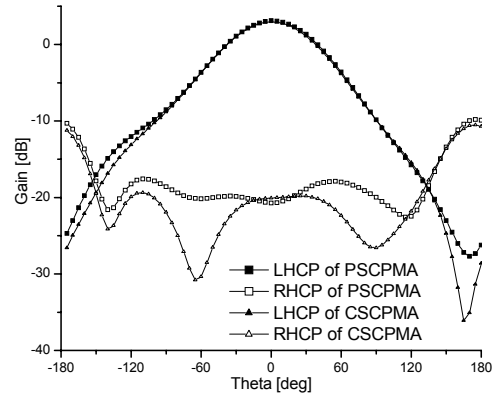
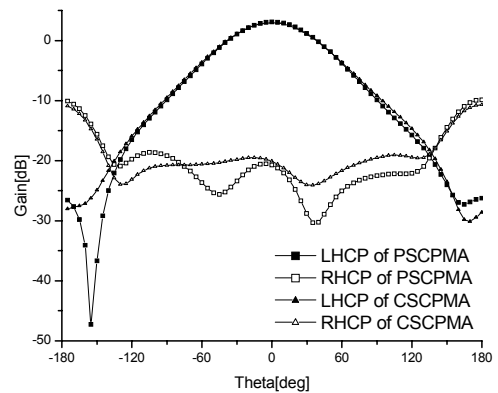


그림 6. PSCPMA와 CSCPMA의 축비
Fig. 6. Axial ratio plots versus frequency for PSCPMA and CSCPMA



(a) $\phi = 0^\circ$ (xz plane)



(b) $\phi = 90^\circ$ (yz plane)

그림 7. 중심주파수에서 PSCPMA와 CSCPMA의 방사패턴
Fig. 7. radiation pattern plots versus angle θ for PSCPMA and CSCPMA at center frequencies

표 2. 안테나 결과 비교
Table 2. Comparison of results

항목 \ 구분	CSCPMA	PSCPMA	Measurd of PSCPMA
Center frequency [GHz]	2.355	2.34	2.358
2:1 VSWR bandwidth [MHz]	135	135	157
3dB axial ratio bandwidth [MHz]	26	26	-
Maximum gain [dBi]	3.0	3.1	-
Front to back ratio [dB]	23.0	23.8	-
3dB beamwidth [deg]	76(xz-cut) 78(yz-cut)	76(xz-cut) 74(yz-cut)	-

IV. 결 론

본 논문에서는 바람개비형 슬롯결합 원형편파 마이크로스트립 안테나(PSCPMA)를 제안하였다. 바람개비형 슬롯은 일반적인 십자형 슬롯의 양 끝단을 서로 반대 방향으로 꺾어 방사소자의 급전점 위치가 서로 90°를 이루도록 만든 구조이다. 급전망 형태는 설계 및 제작이 간단하고 안테나의 크기 또한 감소시킬 수 있는 단일 마이크로스트립선로에 의한 급전 형태를 사용하였다. 방사소자는 정사각형 패치를 사용하였다.

제안한 안테나는 구조적인 측면에서 기존의 CSCPMA에 비해 안테나의 크기가 상당히 줄어든다. 또한 방사소자를 회전시키지 않아도 되기 때문에 제작이 용이한 장점을 갖는다.

제안한 PSCPMA의 효율성을 검증하기 위해, PSCPMA의 해석 결과를 CSCPMA의 결과와 비교하였다. PSCPMA의 2:1 VSWR 대역폭과 3dB 축비 대역폭은 CSCPMA와 동일하였다. 그리고 PSCPMA의 이득과 전후방비는 브로드사이드 방향($\theta=0^\circ$)에서 CSCPMA보다 약간 우수한 특성을 가졌다. 따라서 PSCPMA는 새로운 형태의 원형편파 안테나로서 충분히 사용할 수 있음을 확인하였다.

앞으로의 과제는 안테나의 방사패턴, 축비를 측정함으로써 제안한 안테나 구조의 효율성을 확인하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] Huang, C. Y., J. Y. Wu and K. L. Wong, "Cross-slot-coupled Microstrip Antenna and Dielectric Resonator Antenna for Circular Polarization," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, Vol.47, No.4, 1999, pp.605-609.

[2] Vlasits, T., et al., "Performance of a Cross Aperture Coupled Single Feed Circularly Polarized Patch Antenna," *Eletronic Letters*, Vol.32, No.7, 1996, pp.612-613.

[3] Targonski, S. D. and D. M. Pozar, " Design of Wideband Circularly Polarized Aperture Coupled Microstrip Antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, Vol.41, No.2, 1993, pp.214-220.

[4] Pozar, D. M. and S. M. Duffy, "A Dual-Band Circularly Polarized Aperture-Coupled Stacked

Microstrip Antenna for Global Positioning Satellite," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, Vol.45, No.11, 1997, pp.1618-1625.

[5] Aksun, M. I., S. L. Chuang and Y. T. Lo, "On Slot-Coupled Microstrip Antennas and Their Applications for Circular Polarization Operation," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, Vol.38, No.11, 1990, pp.1224-1230.

[6] Huang, C. Y., J. Y. Wu and K. L. Wong, "Slot-coupled Microstrip Antenna for Broadband Circular Polarization," *Eletronic Letters*, Vol.34, No.9, 1998, pp.835-836.

박 기 동 (Ki-dong Park)

정회원



1995년 2월 전남대학교 전자공학과 석사
 2000년 8월 전남대학교 전자공학과 박사
 1997년 3월~현재 동강대학 정보통신과 부교수
 <관심분야> 전자파 수치해석,

안테나 설계