

스위칭 소자를 사용한 편파 다이버시티 개구결합 원편파 패치 안테나

Aperture Coupled Circularly Polarized Patch Antenna for Polarization Diversity using Switching Elements

윤 천 수 · 박 동 국 · 양 규 식

Chun-Su Yoon · Dong-Kook Park · Gyu-Sik Yang

요 약

본 논문에서는 스위칭 소자를 사용한 새로운 형태의 편파 다이버시티 개구 결합 원편파 패치 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나의 구조는 정사각형 패치의 모서리를 왜곡시킨 단일 패치이며, 급전은 전력 분배기 형태의 마이크로스트립 급전에 Schottky 다이오드를 삽입시킨 형태이다. 스위칭 소자인 Schottky 다이오드는 급전의 전력 분배 지점에서 $\lambda/4$ 떨어진 위치에 삽입하였으며, Schottky diode의 ON/OFF 동작으로 방사체인 패치의 급전이 변화되어 좌·우 선회 원편파로 변화되는 구조로 설계하였다. 스위칭 동작에 의해 측정되어진 안테나의 3 dB 축비 대역폭은 약 2 %로 측정되어졌다.

Abstract

In this paper, the novel patch antenna for polarization diversity using switching element is presented. The proposed antenna consists of the square patch with a pair of truncated corners and a microstrip-feed line with power divider. A switching microstrip-line feed works at schottky diode ON/OFF that is placed at $\lambda/4$ point from branch-off point of power divider. Polarization diversity has two types(LHCP, RHCP) as switching the schottky diodes. The measured 3 dB axial ratio bandwidth for switching operation is about 2 %.

Key words : Circular Polarization, Schottky Diode, Polarization Diversity, Patch Antenna

I. 서 론

원편파 안테나는 위성과 지상간 또는 우천시 등과 같은 편파 변환이 우려되는 통신 환경에서 우수한 전송 특성을 가지고 있으며, 또한 전파간의 페이딩 현상으로부터 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다. 이러한 원편파 안테나의 구현을 위해 많은 연구가 진행되어 왔다^{[1]-[3]}. 특히 최근 인공위성을 이용한 통신은 예전에는 국가간 장거리 통신이나 군용 통신 등 특수 용도에 주로 사용되었지만, 이동 통신이나 직접 위성 방송용(DBS: Direct Broadcasting

Satellite) 등의 용도에 관심이 고조되어, 위성을 통한 이동 무선 통신망의 구축에 대한 논의가 활발해지고 있다. 이 경우 이동체 위성 통신 안테나가 갖추어야 할 조건으로는 우선 구조적으로 이동체의 움직임에 지장을 주지 않을 정도로 소형, 경량화 되어야 한다는 점과, 이동체의 움직임과 위치에 따라 안테나의 빔이 항상 위성을 향하도록 하는 방법을 강구해야 한다는 점 등이다.

마이크로스트립 패치 안테나^[4]는 이런 소형, 경량화 및 박막형 구조를 목적으로 많이 사용하는데, 마이크로스트립 패치 안테나는 일반적으로 선형편파

한국해양대학교 전자통신공학과(Dept. of Electric and Communication Engineering, Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20040206-017

· 수정완료일자 : 2004년 5월 12일

를 발생하지만, 다양한 급전 배치 또는 몇 개의 동일 모양 패치의 배열을 달리하여 위상을 90° 차를 두면, 패치들 사이에 형성된 모드가 직교하여 원편파를 얻을 수 있다. 또한, 단일 패치면에 왜곡을 주어, 단일 급전으로 여기할 경우 원편파를 얻을 수 있는 것에 대한 연구도 많이 발표된 바 있다^{[5],[6]}.

본 논문에서 제안된 안테나는 방사체인 패치면 급전 위치만 90° 로 변화시킬 수 있다면, 좌·우 선회 원편파를 하나의 패치로 형성시킬 수 있을 것이라 판단하였다. 이에 급전 구조를 전력 분배기 형태를 취하였고, 급전 선로에 스위칭 소자를 삽입하여, 패치의 급전면을 가변할 수 있게 설계해 보았다. 이미 이와 유사한 방법으로 서술된 다양한 문헌^{[7],[8]}들이 있으나, 이들은 방사체인 패치면의 슬롯에 스위칭 소자를 부착한 구조로써, 방사체인 패치의 전기적인 길이가 스위칭 소자의 동작으로 변화되어 섭동 모드를 형성되도록 제작한 논문들이다.

본 논문의 안테나 구조에 관한 구체적인 설명은 II장에서 기술하였으며, III장에서는 MOM(Method of Moment) 방식의 모의실험 툴인 앙상블(Ensemble) 결과들을 정리하였으며, IV장에서는 제작한 안테나의 반사손실과 축비를 측정하여 모의 실험값과 비교하였다. 마지막으로 V장에서는 결론 및 실험의 고찰을 기술하였다.

II. 제안된 원편파 안테나 구조 및 급전방법

본 논문에서 제안한 원편파 안테나 구조를 그림 1에 나타내었다. 제안된 원편파 안테나는 2 GHz를 중심 주파수로 설정하였으며, 패치의 구조는 정사각형 패치의 모서리를 자른 형태로 제작하였다. 또한, 안테나의 광대역성을 위해 패치를 접지면에서 H 만큼의 높이를 두었고, 그 사이에는 비유전체인 공기($\epsilon_r = 1$)를 두었다. 패치면의 급전은 접지면 슬롯을 통해 여기되고, 여기된 전계는 패치면에서 원편파로 방사되도록 설계하였다.

구체적인 안테나의 급전 구조는 그림 2에서 보듯이 단일 마이크로스트립 선로 50 Ω 에서 전력 분배기(Power divider)로 분배되는 70.7 Ω 의 선로로 분배되고, 분배된 선로의 끝 부분을 확장하여 패치면과 급전 사이에서 여기되는 전계의 양이 최대가 되도록

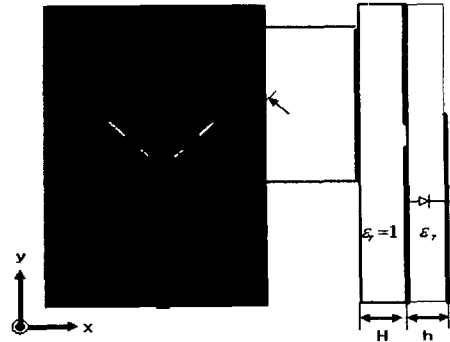


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of proposed antenna.

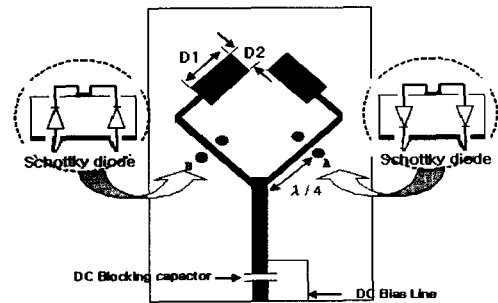


그림 2. 제안된 안테나의 급전 구조
Fig. 2. Geometry feed of proposed antenna.

급전 구조를 설계하였다. 그리고 전력 분배기의 분기점에서부터 $\lambda/4$ 떨어진 위치에서 각각 한쌍의 Schottky 다이오드(HSE 11)를 그림 2에서처럼 극성을 달리하여, 기판에 via hole을 뚫어 삽입하였다.

삽입된 다이오드는 각 선로에 연결된 다이오드의 극성을 달리함으로써 일정한 전압이 인가되었을 때 한쪽 선로는 단락이 되고, 나머지 한쪽은 개방된 형태가 된다. 다이오드가 단락될 경우는 전력 분배기 지점에서 단락된 다이오드가 있는 선로를 바라본 입력 임피던스가 전기적으로 개방점(open point)으로 인식되어 신호 전송이 이루어지지 않게 된다. 즉, 신호는 다이오드가 단락되어진 쪽의 반대 방향으로 전송되고, 스위칭에 의해 안테나의 급전 위치를 다르게 변화시켜짐으로써 좌·우 선회 원편파를 유도할 수 있는 것이다. 한편, 이러한 스위칭 변화를 위해 급전부에 DC 바이어스 전압 인가를 위한 DC 바이어스 선로 및 DC Blocking capacitor를 두었다.

안테나의 급전부 설계에 사용한 기판은 유전율이

표 1. 안테나의 치수
Table 1. Size of antenna.

	치수(mm)		치수(mm)
<i>L</i>	70	<i>D1</i>	22.3
<i>C</i>	10.9	<i>D2</i>	12
<i>H</i>	3.6	$\lambda/4$	22
<i>S</i>	27.6	캐패시터	47 pF

표 2. Schottky 다이오드 스위칭에 의한 편파 변화
Table 2. Polarization change by diode switching.

다이오드(A)	다이오드(B)	동작편파
ON	OFF	우선회편파
OFF	ON	좌선회편파

$\epsilon_r = 4.4$, 두께($h = 1.6$)인 FR-4 기판을 사용하였다. 안테나 설계 치수들은 표 1에 나타내었고, 표 2는 그림 2에서 다이오드 ON/OFF에 의한 편파 특성 변화를 나타내었다.

III. 안테나의 모의 실험

모의 실험은 안테나 특성 분석 모의 실험 툴인 Ansoft사의 앙상블(Ensemble)을 사용하였으며, 모의 실험을 할 때 다이오드의 단락은 실험 툴에서 작은 캐패시터로 인식시켰고, 개방은 무한대 저항으로 인식시켰다.

다이오드를 모의 실험상에서 ON, OFF 시켰을 때, 좌·우 선회 원편파의 반사손실과 축비, 방사패턴을 그림 3~6에서 나타내었다.

그림 3에서는 모의 실험상의 두 원편파의 반사 손

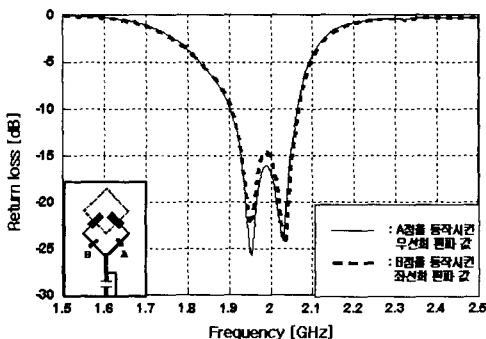


그림 3. 모의 실험상의 반사손실
Fig. 3. Return loss of simulation.

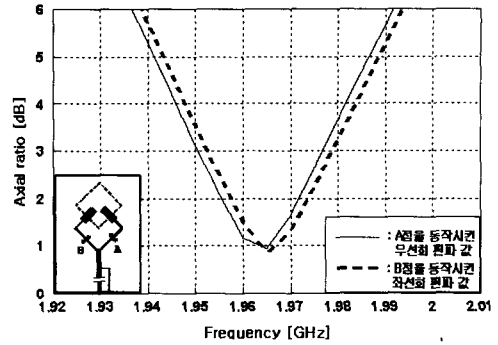


그림 4. 모의 실험상의 축비
Fig. 4. Axial ratio of simulation.

실을 동시에 나타내었으며, 그림에서 보는 것과 같이 -10 dB 임피던스 대역폭은 동작하는 A, B의 다이오드와 관계없이 모두 약 7.5 % (1.9~2.05 GHz)에서 형성됨을 확인할 수 있었다. 그림 4에서는 모의 실험상의 축비를 나타내었는데, 3 dB 축비 대역폭은 1.95~1.975 GHz에서 형성되나 좌·우 선회 축비간의 미소한 주파수 이동을 확인할 수 있었다.

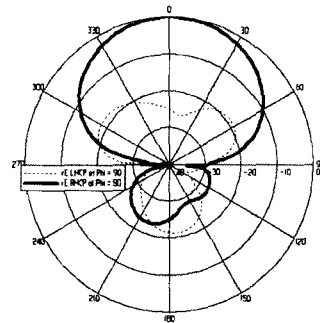


그림 5. 모의 실험상의 우선회 편파 방사패턴
Fig. 5. RHCP radiation pattern of simulation.

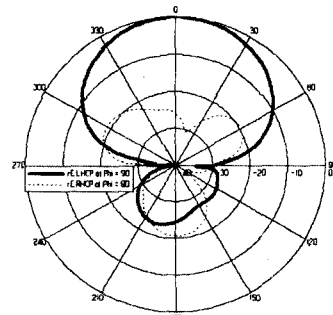


그림 6. 모의 실험상의 좌선회 편파 방사패턴
Fig. 6. LHCP radiation pattern of simulation.

그림 5는 A점의 다이오드가 동작할 때의 모의 실험상의 방사패턴으로 우선회 원편파의 특성을 보임을 확인할 수 있고, 그림 6은 B점의 다이오드가 동작함으로써 좌선회 원편파의 특성을 보임을 확인할 수 있다. 그리고 모의 실험상에서 안테나의 이득은 축비 특성이 가장 좋은 1.965 GHz에서 좌·우 선회 원편파 모두 co-pol, cross-pol 특성이 6.04 dBi로 동일하게 나타났다.

IV. 실험 결과 및 고찰

그림 7은 실제 제작한 안테나이다. 제작한 안테나의 패치는 얇은 동판을 사용하였고, 접지면과의 일정 높이를 유지하기 위해 유전체 봉을 사용하여 고정시켰다.

제작된 안테나에서 DC 바이어스를 +1 V 인가하였을 때, 모의 실험값과 측정값의 우선회 원편파 반사손실을 그림 8에서 나타내었고, DC 바이어스를 -1 V 인가하였을 때 모의 실험값과 측정값의 좌선회 원편파 반사손실을 그림 9에서 나타내었다. 그림 8과 9의 측정결과로부터 좌·우 선회 원편파 모두 -10 dB 임피던스 대역폭은 1.75~2.08 GHz로 약 17



(a) 안테나의 패치
(a) Patch part of antenna



(b) 안테나의 급전
(b) Feed part of antenna

그림 7. 제작한 안테나의 패치부와 급전부
Fig. 7. Patch part and feed part of fabricated antenna.

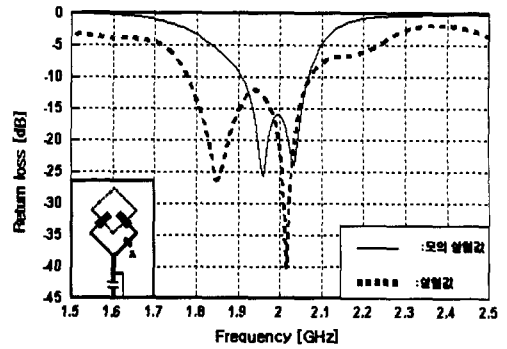


그림 8. 우선회 원편파의 반사손실
Fig. 8. Return loss of RHCP.

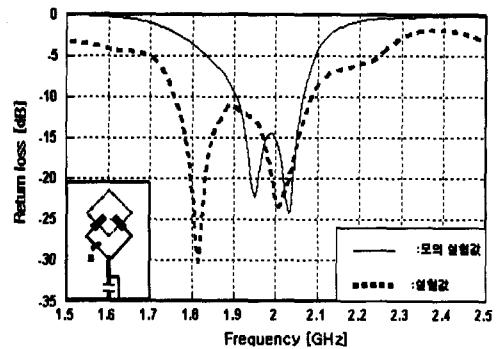


그림 9. 좌선회 원편파의 반사손실
Fig. 9. Return loss of LHCP.

%로 측정되었다.

그림 10은 각각의 인가된 DC 바이어스에 따른 축비를 측정하여 비교해 보았으며, 그림 10에서 측정된 3 dB 축비 대역폭은 우선회 원편파일 때 1.89~1.93 GHz이고, 좌선회 원편파일 때 1.84~1.88 GHz로 각각 약 2%이다. 또한 이런 축비 대역폭은 -10

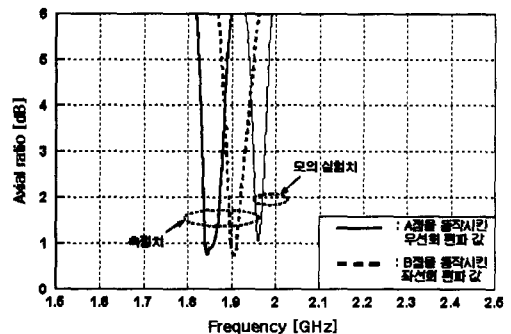


그림 10. 측정된 축비
Fig. 10. The measurement of axial ratio.

dB 임피던스 대역폭에 포함됨을 확인할 수 있다. 모의 실험상의 임피던스 대역폭보다 측정된 임피던스 대역폭은 9.5 %, 축비는 약 0.7 % 정도 넓게 측정되었다. 이런 결과는 실제 제작한 안테나의 경우 모의 실험상에는 고려하지 않은 패치와 기판 금속면의 두께 및 다이오드의 임피던스에 의해 공진 주파수가 더 떨어짐으로 인해, 측정된 임피던스 대역폭이 모의 실험상의 임피던스보다 넓게 분포되어졌고, 섭동 모드로 형성되어지는 축비 특성이 반사 손실의 주파수 이동에 의해 약간의 이동이 생긴 것으로 판단된다. 그리고 그림 10에서 보는 것과 같이 모의 실험과 측정된 좌·우 선회 편파의 축비 특성들이 차이가 보이는 이유는 실제 제작 과정에서 전력 분배기 형태 급전의 좌, 우 비대칭성과 접지면의 슬롯과 동판 패치 위치의 오차 및 방사체인 패치 동판의 약간의 휘어짐 등의 제작 공정상의 오차로 인한 것으로 판단된다.

V. 결 론

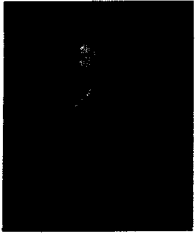
본 논문은 단일 패치로 스위칭 소자를 사용하여, 좌·우 선회 원편파를 모두 사용할 수 있는 편파 다이버시티 원편파 안테나를 새롭게 제안하였으며, 실험을 통해 가능성을 검증하였다. 측정 결과 스위칭 동작으로 제작된 안테나가 제작 공정상의 이유로 인해 모의 실험치와 측정치들이 3 dB 축비 대역폭에서 약간씩은 벗어나 있으나, 측정치 모두 좌·우 선회 원편파 안테나로써의 구현이 가능함을 확인할 수 있었다. 향후에도 계속적인 연구로 제안한 단일 마이크로스트립 외에 또 다른 형태의 급전 방식이나, 더 세밀한 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 공정 등으로 안테나 및 스위치를 제작한다면 높은 주파수에 더 소형화된 안테나를 구현할 수 있을 것으

로 판단되고, 이렇게 설계된 안테나는 RFID와 DBS 위성 방송용 안테나 등에 응용할 수 있을 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

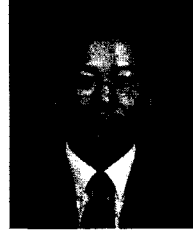
- [1] H. M. Chen, K. L. Wong, "On the circular polarization operation of annular-ring microstrip antennas", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.* vol. 47, no. 8, pp. 1289-1292, Aug. 1990.
- [2] C. S. Lee, V. N. "Planar circularly polarized microstrip antenna with a single feed", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.* vol. 47, no. 6, pp. 1005-1007, Jun. 1999.
- [3] 오세창, 전중창, 박위상, "단일 급전 원형 편파 마이크로스트립 안테나 설계", 한국전자파학회 논문지, 10(7), pp. 998-1009, 1999년 12월.
- [4] W. S. Chen, K. L. Wong and C. K. Wu, "Inset microstripline-fed circularly polarized microstrip antennas", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.* vol. 48, no. 8, pp. 1253-1254, Aug. 2000.
- [5] K. L. Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, WILEY, pp. 162-213, 2002.
- [6] R. Garg, P. Bhartia and I. Bahl, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, pp. 493-530, 2001.
- [7] M. Boti, L. Dussopt and J. M. Laheurte. "Circularly polarised antenna with switchable polarisation sense", *Electron Letters*, vol. 36, no. 18. 31st, Aug. 2000.
- [8] F. Yang, "A reconfigurable patch antenna using switchable slots for circular polarization diversity", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 12, no. 3, pp. 2116-2124, Mar. 2002.

윤 천 수



2000년 2월: 제주대학교 통신공학과 (공학사)
2004년 2월~현재: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
[주 관심분야] 안테나, RF 회로 및 시스템 설계

양 규 식



1974년 2월: 한국항공대학교 통신공학과 (공학사)
1984년 2월: 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1991년 8월: 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1986년 9월~현재: 한국해양대학교 전자통신공학과 교수
[주 관심분야] 마이크로파 능·수동 소자 설계, 프린트형 안테나

박 동 국



1987년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학사)
1989년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1994년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1994년 8월~1996년 3월: LG전자

선임연구원

2000년 1월~2001년 1월: 미국 UCLA 전기공학과 방문 교수

1996년 4월~현재: 한국해양대학교 부교수

[주 관심분야] 안테나, 이동통신 부품