

I-모양 슬롯 섭동과 수직한 급전구조를 이용한 원형 편파 마이크로스트립 안테나

Circularly Polarized Microstrip Antenna Using I-Shape Ground Slot Perturbation and Perpendicular Feeding Network

신윤철 · 노윤상 · 이민재 · 표성민

Yooncheol Shin · Yoonsang Noh · Min-Jae Lee · Seongmin Pyo

요 약

본 논문은 I-모양의 슬롯 섭동과 수직한 급전구조를 이용한 원형 편파 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나는 대칭 및 수직한 급전구조와 접지면의 I-모양 슬롯 섭동이 구비된 방사체로 구성된다. 수직한 급전구조와 접지면의 슬롯 섭동 구조로 인하여 90도 위상 차이를 가지는 모드가 형성되어 좌회전 편파(left-handed circular polarization)가 발생한다. 제작한 안테나는 위성통신시스템을 위한 S-대역 2.2 GHz로 설계하였으며, 측정 결과 91 MHz의 -10 dB 대역폭이 관찰되었다. 대역폭 내에서 측정된 안테나의 이득, 원거리 방사패턴 그리고 축비는 이론적인 실험 결과와 잘 일치함을 확인하였다.

Abstract

This paper proposes a circularly polarized microstrip antenna using an I-shape ground slot perturbation and a perpendicular feeding network. The proposed antenna consists of the symmetrical and perpendicular feeding and the microstrip square radiator loaded with the I-shape ground slot perturbation. The left-handed circular polarization(LHCP) formed by a 90-degree phase difference can be radiated by the perpendicular feeding network and the ground slot perturbation. An implemented antenna is designed for the use in the satellite communication system operated in S-band of 2.2 GHz, and is to be the 91 MHz of -10 dB bandwidth. The measured results of the antenna gain, far-field radiation pattern, and axial ratio agree well with the simulation results.

Key words: Microstrip Antenna, Circular Polarization, Slot Perturbation, I-Shape Ground Slot

I. 서 론

적은 비용으로 제작과 발사가 용이한 큐브위성(Cube-Sat)이 활성화되어, 그 어느 때보다도 많은 큐브위성에 사용되는 다양한 안테나에 대한 연구 및 개발이 수행되고

있다^[1]. 이러한 위성통신을 위해서는 다중경로 페이딩(fading), 전리층과 같은 지구의 대기에 의한 전파장애, 그리고 통신환경에서의 간섭을 최소화하는데 유리한 원형 편파가 사용된다^[2]. 또한 선형 편파와 달리 원형 편파는 편파면의 일치에서 자유롭다는 이점이 있다.

「이 논문은 2016년도 한밭대학교 교내 학술연구비의 지원을 받았음.」

한밭대학교 정보통신공학과(Department of Information and Communication Engineering, Hanbat National University)

· Manuscript receive March 2, 2017; Revised April 4, 2017; Accepted May 24, 2017 (ID No. 20170302-019)

· Corresponding Author: Seongmin Pyo (e-mail: spyo@hanbat.ac.kr)

마이크로스트립 안테나는 소형화 및 경량화가 쉬운 장점과 저비용 제작이 쉬워 많은 무선통신 기기에 사용이 되고 있다^[3]. 단일급전을 사용하여 마이크로스트립 원형 편파 안테나를 구현하기 위해서는 섭동을 이용하여 대각선 방향으로 크기가 같고, 90도 위상차이를 갖는 **degenerate** 모드를 발생시키는 방법이 사용된다^[4]. 그러나 원형 편파로 동작하는 대역폭이 협소한 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 종래의 단일 급전구조를 수직급전구조로 변형하고, 대각선 방향으로 발생하는 크기가 동일하고 90도의 위상차이를 가지는 주파수를 접지면의 I-모양의 슬롯을 이용하여, 공진주파수를 조절하여 원형 편파를 구현할 수 있는 안테나 구조를 제안하였다. 이어지는 본문에서는 제안한 안테나의 동작 원리를 기술하고, 이를 바탕으로 모의실험, 제작 및 측정 결과에 대하여 구체적으로 서술하겠다.

II. 안테나 구조 및 설계

제안한 원형 편파 안테나는 그림 1에서 볼 수 있듯이, 유전체 기판 상단부의 정사각형 패치와 3 dB 전력분배기 역할을 하는 수직한 급전구조, 그리고 접지면에 위치한 I-모양의 슬롯으로 구성되어 있다. 수직한 급전은 참고문헌 [5], [6]에서 볼 수 있듯이, 급전위치에 따라서 수평 및 수직선형 편파를 가지는 두 개의 공진을 발생시킨다. 전력이 y 축에 인가되는 경우 슬롯이 H-모양으로 보이게 되어 수평선형 편파를 발생시키며, x 축에 인가되는 경우 I-모

양으로 보이는 슬롯으로 인해 수직한 선형 편파를 발생 시키게 된다. 이때, y 축 급전으로 인한 공진 주파수가 더 낮고 두 공진주파수가 근접하기 때문에 좌회전원형 편파 안테나로 동작하게 된다. 따라서 슬롯의 기하학적 모양을 바꾸어 x 축 급전의 수직선형 편파를 더 낮은 주파수에서 공진 하도록 만들면 우회전원형 편파를 구현할 수 있다. 이러한 구조는 $1/4$ 의 위상지연을 위한 구조가 없이도 원형 편파를 구현할 수 있는 장점이 있으며, 종래의 단일급전 원형 편파 안테나와 같이 대각선 방향의 **degenerate** 모드 주파수를 이용하지 않는 새로운 원형 편파 구현 방법이다. 또한 **degenerate** 모드를 조절하기 위해 패치길이의 변경 없이 독립적으로 두 모드를 변화시킬 수 있다^{[5],[6]}. 또한, 접지면에 슬롯이 위치하기 때문에 패치면에 슬롯이 위치한 안테나보다 대역폭 및 안테나 이득이 증가하는 장점이 있다^[7]. 제안한 안테나의 경우 슬롯이 패치면에 있을 때보다 접지면에 있는 경우, 안테나 이득 및 대역폭이 각각 3.53 dB, 0.5 % 증가하였다. 여기에 동일한 면적의 사각형 및 사각링 슬롯과 비교하여 감소된 공진 주파수를 제공할 수 있다.

그림 2는 제안한 안테나의 위상변화에 따른 전류 분포도를 보여주고 있다. 모의실험환경으로 비유전율 4.3, 두께 1.6 mm를 갖는 유전체 기판을 사용하였다. 수직한 급전구조는 기판의 뒷면에서 50 동축선을 직접 연결하고, 동축선 종단에는 두 갈래로 나누어진 설계가 단순한 100 Ω 마이크로스트립 전송선을 이용한 3 dB 전력분배기를 배치하였다. 방사체와 전력분배기 사이에는 임피던스 변환기를 이용하여 이중 급전 구조를 구현하였다. 정사각형 패치의 한 변의 길이 p 는 24 mm이고, 접지면에 위치한 I-모양 슬롯의 길이 l 은 16.5 mm, 폭 w 는 9.9 mm, 두께 s 는 1.5 mm, 그리고 금속과 금속사이의 간격 g 는 0.2 mm로 2.2 GHz에서 동작하도록 설계하였다.

위상이 변화함에 따라 전류가 시계 방향으로 회전하며, 좌회전 편파(left-handed circular polarization)가 발생함을 알 수 있다.

III. 안테나 제작 및 측정

그림 3은 모의실험 결과를 검증하기 위해 FR4($\epsilon_r=4.3$) 기판에 제작한 안테나를 촬영한 사진이다. 안테나의 접지

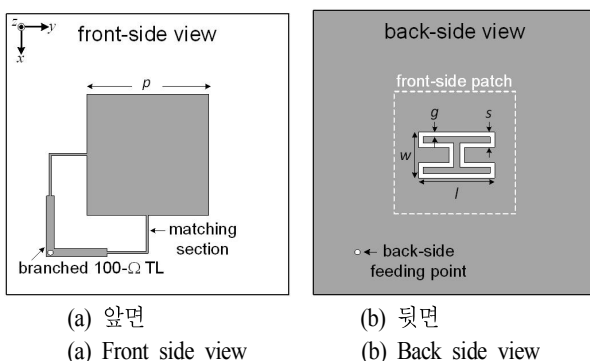


그림 1. 제안한 원형 편파 안테나 구조
Fig. 1. Configuration of the proposed circular polarized antenna.

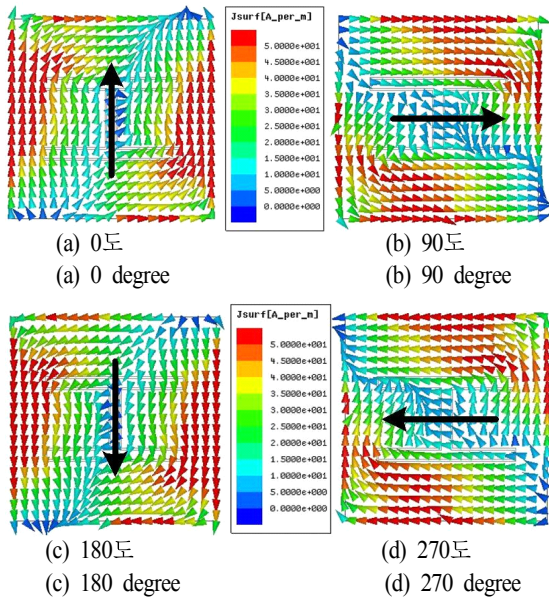


그림 2. 위상변화에 따른 전류 분포도
Fig. 2. Current distributions as variation of the phase.

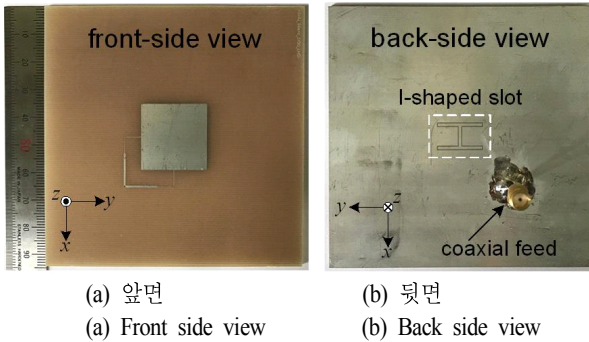


그림 3. 제작한 안테나 사진
Fig. 3. Photograph of the proposed antenna.

면은 큐브위성에 집적이 가능한 크기인 가로와 세로의 길이 각각 94 mm로 제작하였다.

그림 4는 제안한 안테나의 모의실험 및 측정된 반사계수의 결과를 도식한 것이다. 중심주파수 2.21 GHz에서 반사계수는 -10.27 dB이며, -10 dB를 만족하는 임피던스 대역폭은 2.203 GHz에서 2.294 GHz로 91 MHz를 나타내었다.

그림 4에 나타난 바와 같이, 안테나 반사계수 측정결과 는 모의실험 결과와 비교하여 유사하게 나타났음을 알 수 있다.

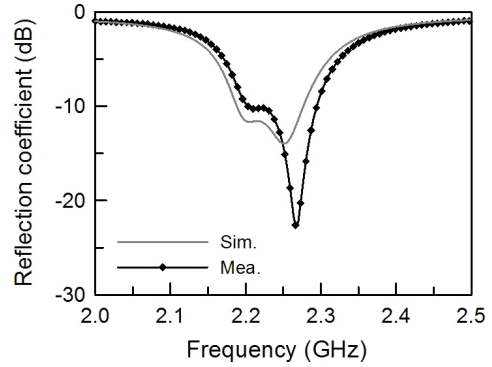


그림 4. 제안한 안테나의 반사계수
Fig. 4. Reflection coefficient of the proposed antenna.

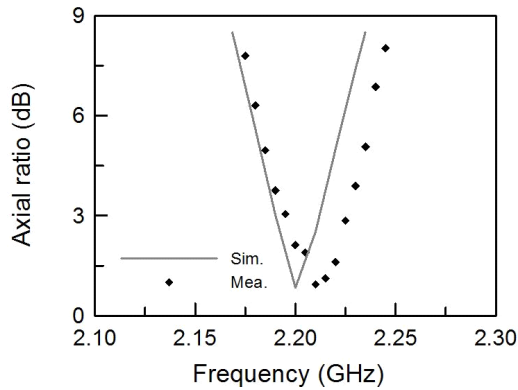
그림 5는 제안한 안테나의 모의실험 및 측정된 축비와 이득을 도식한 것이다. 안테나의 3D 방사특성은 $5.5 \times 5.5 \times 5 \text{ m}^3$ 크기의 전자파 무반사실에서, 방위각(θ)과 양각(ϕ)을 각각 5도 단위로 측정하였다. 그림 5(a)에서 알 수 있듯이, 축비는 중심주파수 2.21 GHz에서 0.938 dB로 측정되었으며, 3 dB를 만족하는 대역폭은 2.200 GHz에서 2.225 GHz로 약 25 MHz를 나타내었다.

또한 그림 5(b)에서 보이는 바와 같이, 최소 축비를 나타내는 2.210 GHz에서 0.844 dBic의 최대이득이 측정되었다.

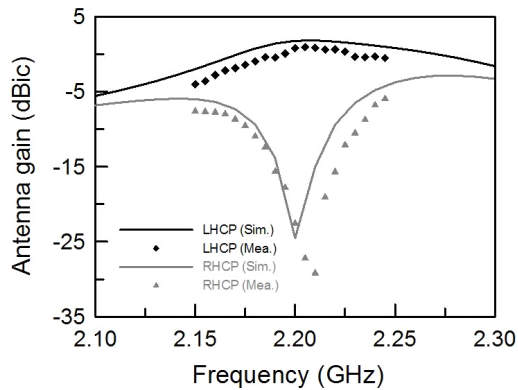
그림 6(a)와 그림 6(b)는 2.21 GHz에서 측정된 방사패턴을 도식한 것이다. 모의실험 및 측정 결과, 일반적인 마이크로스트립 안테나의 방사패턴과 동일하게 $+z$ 축 방향에서 최대 이득이 발생하며, 측정 편차 내에서 측정결과와 모의실험 결과, 모두 잘 일치하였다. 또한 그림 6(a)와 그림 6(b) 모두 좌회전 편파로 동작하는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 단일급전구조를 수직한 급전구조로 변형하고, 90도의 위상 차이를 발생시키는 부가적인 회로 없이 접지면의 I-모양의 슬롯을 섭동으로 이용하여, 크기가 같고 90도의 위상 차이를 갖는 수직한 두 개의 주파수를 조절하여 원형 편파를 발생하는 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 모의실험 및 측정실험을 통해 제안한 안테나는 좌회전 편파가 방사함을 확인하였다. 제안한 안테나는 소형 경량화에 최적화된 큐브위성의 통신시스템에 적용 가능할 것으로 판단된다.



(a) 축비
(a) Axial ratio

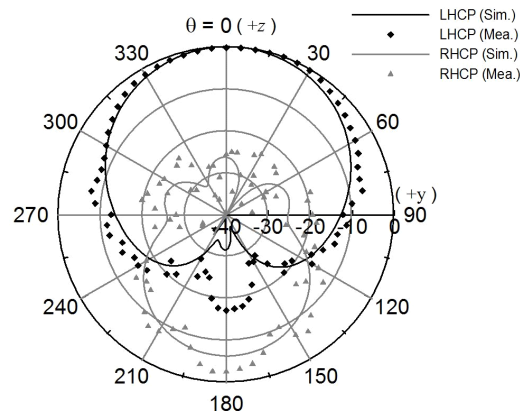


(b) 안테나 이득
(b) Antenna gain

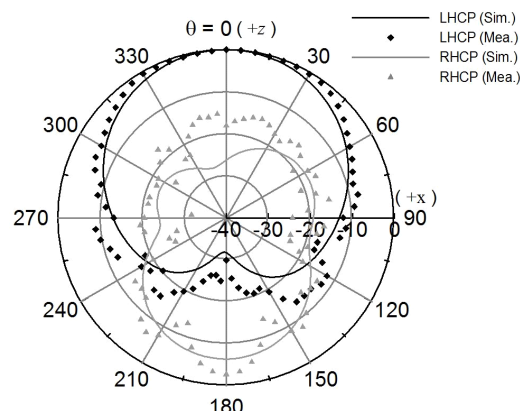
그림 5. 제안한 안테나의 축비와 이득
Fig. 5. Axial ratio and antenna gain of the proposed antenna.

References

[1] A. Toorian, K. Diaz, and S. Lee, "The CubeSat approach to space access", *IEEE Aerospace Conf.*, Big Sky, MT, pp. 1-14, Mar. 2008.
 [2] 이태훈, 김명석, 김영두, 이홍민, "원형 편파를 갖는 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나", *한국전자과학회 논문지*, 14(1), pp. 75-80, 2003년 1월.
 [3] 성영제, 김덕환, 김영식, "여파기와 안테나로 동시에 적용이 가능한 마이크로스트립 공진기", *한국전자과학회 논문지*, 21(5), pp. 475-485, 2010년 5월.
 [4] C. A. Balanis, *Antenna Theory*, 3rd ed., New Jersey: J. Wiley & Sons, 2005.



(a) yz평면
(a) yz-plane



(b) zx평면
(b) zx-plane

그림 6. 제안한 안테나의 방사패턴
Fig. 6. Radiation patterns of the proposed antenna.

[5] 임은숙, 이동효, 표성민, "차량 단말 통신을 위한 이중대역 직교편파 마이크로스트립 안테나", *한국전자과학회 논문지*, 26(7), pp. 606-612, 2015년 7월.
 [6] 임은숙, 표성민, "PIN 다이오드가 구비된 H모양 슬롯을 이용한 직교편파 이중대역 변환 마이크로스트립 안테나", *한국전자과학회 논문지*, 27(2), pp. 156-162, 2016년 2월.
 [7] S. Pyo, Y. Sung, "A circularly polarized microstrip antenna with an arrow shaped slotted ground", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 54, no. 1, pp. 271-273, Jan. 2012.