

# 변형된 급전 구조를 가지는 소형 직사각형 스파이럴 안테나

이동현<sup>1</sup> · 김태수<sup>2</sup> · 전중창<sup>3</sup>

<sup>1</sup>포항공과대학교

<sup>2</sup>위덕대학교

<sup>3</sup>진주산업대학교

## Compact Rectangular Spiral Antenna Employing Modified Feeding Network

Dong-Hyun Lee<sup>1</sup> · Tae-Soo Kim<sup>2</sup> · Joong-Chang Chun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pohang University of Science and Technology

<sup>2</sup>Uiduk University

<sup>3</sup>Jinju National University

E-mail : jcchun@jinju.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 그라운드 평면을 가지는 소형 직사각형 스파이럴 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 일반적인 스파이럴 안테나의 급전 방식인 중앙에서 급전하지 않고, 스파이럴이 끝나는 가장자리에서 급전되는 변형된 급전 구조를 가진다. 이와 함께 급전 위치에 'ㄱ'자 모양의 매칭회로를 추가하였다. 이 매칭회로는 공간의 제약을 받지 않고 쉽게 입력 임피던스를 매칭 할 수 있도록 한다. 안테나의 원형 편파 특성을 결정하는 파라미터를 설명하고, 제안한 안테나의 설계 방법을 제시하였다. 9.5GHz에서 동작하는 안테나를 설계하였으며, 제안한 안테나의 크기는  $0.6\lambda_g \times 0.6\lambda_g$ 로 소형이다. 시뮬레이션 한 안테나의 입력 임피던스 대역폭( $S_{11} \leq -10$ )과 AR 대역폭( $AR \leq -3$ )은 각각 8.12%, 4.62%으로 간단한 구조에 비해 특성이 매우 우수하다.

### ABSTRACT

In this letter, a compact rectangular spiral antenna is proposed. Instead of a center excitation of conventional spiral antennas, the proposed antenna is adopted a modified feed network, feeding at the end of the spiral. The matching circuit of 'ㄱ' shape is added at the feeding point. With this matching circuit, we can easily match the input impedance well, without the limit of the space. The parameter which determines the circular wave characteristic is explained, and the design guideline of the proposed antenna is presented. We design a proposed antenna operating at 9.5 GHz. Its size is only  $0.6\lambda_g \times 0.6\lambda_g$ . The simulated bandwidth of the input impedance ( $S_{11} \leq -10$ ) is 8.12% and that of AR ( $AR \leq -3$ ) is 4.62%, which is excellent characteristics as compared to its simple structure.

### 키워드

Spiral Antenna, 원형 편파, Axial Ratio(AR), Compact, Planar

### 1. 서 론

장애물이 많이 존재하거나, 지상과 위성 간 또

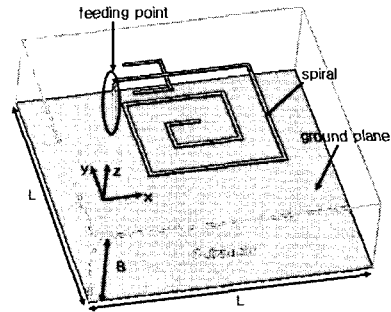
는 우천 시와 같은 극성 변환이 심한 무선 통신 환경에서 안정적인 수신 레벨을 제공하기 위해 안테나는 원형 편파 특성을 지녀야 한다. 대표적

인 평판형 원형 편파 안테나로 패치의 가장자리를 잘라낸 truncated 패치 안테나가 있다. 이 안테나는 구조가 간단하여 구현이 쉽고, 가볍고, low profile이며, 부피가 작다. 하지만 truncated 패치 안테나는 입력 임피던스 대역폭과 Axial Ratio(AR) 대역폭이 매우 협소한 단점이 있다[1]. 입력 임피던스 대역폭과 AR 대역폭을 향상시키기 위해 이중 급전을 사용한 개구면 급전 마이크로스트립 안테나[2]와 sequential 어레이 구조를 사용한 배열 안테나[3]가 있다. 두 구조는 넓은 입력 임피던스 대역폭과 AR 대역폭을 제공하지만, 다중의 급전 구조를 부가적으로 설계해야 하는 단점이 있다. 최근에 비교적 간단한 구조를 가지면서 비교적 넓은 AR 대역폭을 나타내는 평판형 스파이럴 혹은 curl 안테나에 대한 연구가 진행되었다. 그라운드 평면에서부터 약  $\lambda/4$  높이 위에 대칭적인 spiral-loop wire를 둔 평판형 스파이럴 안테나는 매우 넓은 AR 대역폭을 제공한다(~15%)[4]. 하지만 대칭적인 spiral loop로 말미암아 너비가 약  $\lambda$ 로 비교적 크며, 그라운드 평면으로부터 특정 높이 위에 위치시켜야 하는 추가적인 구조물이 필요한 단점이 있다. 그라운드 평면을 가지는 유전층 위의 단일 스파이럴 안테나는 소형이면서 비교적 넓은 AR 대역폭(~15%)을 제공한다[5]. 하지만 입력 임피던스가 100옴이며, 이를 조절하기 어려워 50옴 시스템에 적합하지 않다.

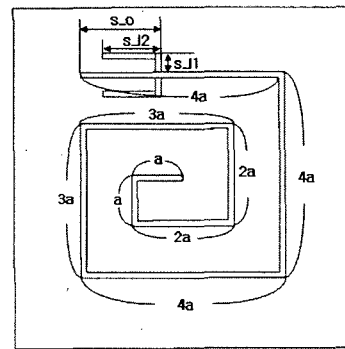
본 논문에서는 기존의 스파이럴 안테나가 가지는 입력 임피던스를 조절할 수 없는 문제점을 해결하고, 패치 안테나보다 작으면서 넓은 AR 대역폭을 나타내는 소형의 평면형 스파이럴 안테나를 제안하였다. 일반적인 스파이럴 안테나와 같이 스파이럴이 시작되는 지점에서 급전하지 않고, 스파이럴이 끝나는 지점에서 급전하는 변형된 급전 구조를 사용하여 보다 쉽게 입력 임피던스를 맞출 수 있도록 하였다. 제안한 안테나의 다양한 파라미터 변화에 따른 안테나의 입력 임피던스 및 AR 특성을 분석하고, 이로부터 제안하는 안테나의 설계 방법을 제시하였다.

## II. 제안된 안테나의 구조

제안하는 스파이럴 안테나의 구조를 그림 1에 나타내었다. 그림 1 (a)에서 보는 바와 같이 제안하는 안테나는 그라운드 평면을 가지는 유전체 위에 존재하며, 기존의 스파이럴 안테나와는 달리 급전을 중앙에서 하지 않고, 가장자리에서 하여 매칭이 용이하도록 하였다. 유전체의 높이는 B이고, 그라운드 평면을 포함한 안테나의 크기는  $L \times L$ 이다. 스파이럴은 중앙에서부터 'a'의 배수로 증가된다. 처음 길이는 a, 두 번째 길이는 a 그리고 세 번째 네 번째는 2a이다. 이런 식으로 길이가 4a가 될 때까지 증가된다. 마지막 변의 길이는



(a)



(b)

그림 1. 제안한 안테나 구조: (a) 3차원 구조 (b) 정면 구조

4a로 두었는데, 이는 전체 구조를 대칭적으로 두어 원형 편파 특성을 향상시킨다. 전체 최외각 스파이럴 안테나의 너비는 약  $11a$ 로 동작 주파수의 1파장이다. 이는 large loop 안테나의 길이와 유사하며 매칭 회로가 없을 때에는 입력 임피던스는 약 100옴으로 large loop 안테나와 유사하다. 50옴 시스템에 사용하기 위해 급전 위치를 중앙이 아닌 가장자리로 이동시켰으며, 매칭을 위한 'G' 모양의 매칭 stub를 추가하였다. 이를 그림 2(b)에서 볼 수 있다. 이러한 구조는 스파이럴에 접치지 않고 stub의 길이를 증가시킬 수 있어 매칭을 보다 용이하게 한다.

시뮬레이션 시 사용한 안테나의 기본적인 설계 파라미터 값은 다음과 같다.  $\epsilon_r$ (유전체의 유전율) = 4.4, B(유전체의 두께) =  $0.1665\lambda_g$ , L(안테나 한 변의 길이) =  $0.5827\lambda_g$ , a =  $0.07076\lambda_g$ 이다. 스파이럴의 최외각 둘레는  $15a$ 로 약  $1.0614\lambda_g$ 이다. 그라운드 평면을 포함한 안테나 크기가 약  $0.6\lambda_g \times 0.6\lambda_g$ 로 소형이다. 스파이럴의 line 너비는 0.15 mm로 두었다. 이 때  $\lambda_g$ 는 아래의 수식으로 계산된다.

$$\lambda_g = \lambda \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

이 때  $\lambda$ 은 중심 주파수에서의 파장이다.

표 1. 제안한 안테나의 파라미터 값(mm)

파라미터	값(mm)	파라미터	값(mm)
$\lambda$	31.58	$\lambda_g$	19.22
L	11.2	B	3.2
a	1.36	S_0	2
S_11	0.5	S_12	1.4

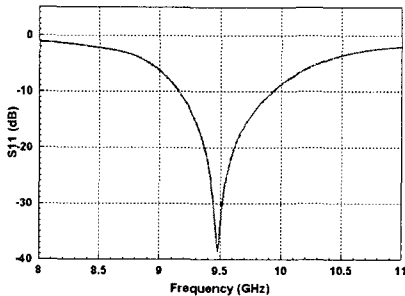


그림 2. 제안한 안테나의 반사 손실(S11)

제안하는 안테나의 원형 편파 특성은 유전체의 두께인 B가 결정하고, 입력 임피던스 특성은 '그' 모양의 매칭회로가 결정한다. 이 때 매칭회로는 안테나의 원형 편파 특성에 거의 영향을 주지 않는다. 따라서 제안한 안테나 설계하기 위해서는 B를 이용하여 안테나의 원형 편파 특성을 먼저 결정한 후 매칭 회로의 stub의 길이와 offset을 나타내는 파라미터인 S\_0, S\_11, 그리고 S\_12를 조절하여 안테나의 입력 임피던스를 조절한다.

### III. 제안한 안테나의 특성

그림 1의 제안한 안테나를 중심 주파수 9.5GHz에 설계하였으며, 이 때 사용된 파라미터 값을 표 1에 나타냈다. 시뮬레이션 툴은 CST사의 Microwave Studio(MWS) Ver. 5.0을 사용했다.

표 1의 파라미터 값을 가지는 제안한 안테나의 반사 손실을 그림 2에 나타냈다. 그림에서 안테나의 대역폭( $S_{11} \leq -10\text{dB}$ )은 9.16GHz ~ 9.93GHz로 중심 주파수 9.5GHz에서 8.12%이다. 이는 일반적인 단일 패치 안테나의 입력 임피던스 대역폭보다 넓다.

그림 3은 제안한 안테나의 AR 특성을 나타낸다. AR 대역폭( $\leq -3\text{dB}$ )은 9.25GHz ~ 9.69GHz로 중심 주파수 9.45GHz에서 4.62%로 truncated 패치 안테나의 AR 대역폭 보다 넓다. 중앙에서 급전하면, 보다 넓은 AR 대역폭을 얻을 수 있지만 입력 임피던스를 정합하기 어려운 단점이 있다.

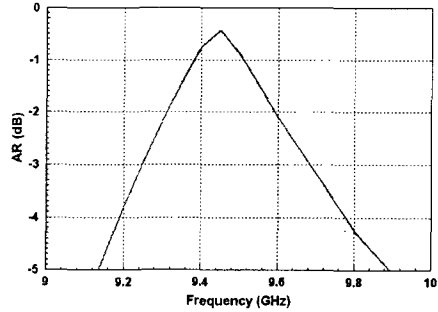
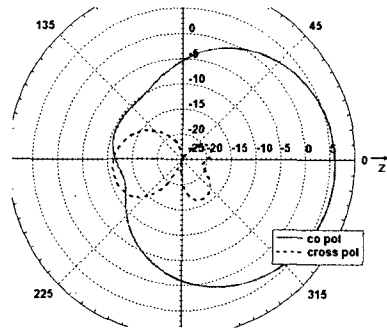
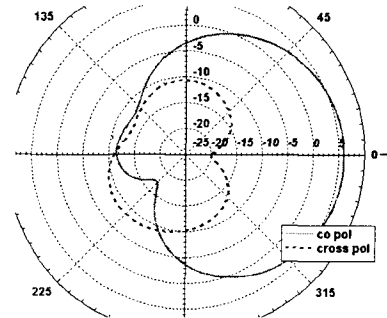


그림 3. 제안한 안테나의 Axial Ratio(AR)



(a)



(b)

그림 4. 제안한 안테나의 방사 패턴: (a) xz 평면, (b) yz 평면 (co-pol: LHCP, cross-pol: RHCP)

일반적인 패치 안테나에 비해 유전체가 두꺼운데, 유전체의 높이를 줄이기 위해서는 그라운드 평면 대신 mushroom 구조의 EBG (Electromagnetic Band) 구조를 사용할 수 있을 것이다.

그림 4는 제안한 안테나의 중심 주파수인 9.5GHz에서의 xz 평면과 yz평면에서의 방사패턴을 나타낸다. 이 때 주 편파는 LHCP (Left-Handed Circular Polarization)이고, 교파 편파는 RHCP (Right-Handed Circular Polarization)이다. broadside 방향에서의 두 편파의 차이가 약 25dB 이상 나며, 이는 곧 원형 편파 특성이 우수함을 의미한다.

9.5GHz에서 이득은 약 6.1dBi로 동일한 크기의 패치 안테나보다 높다.

Conducting Plane," *Trans. Antennas Propaga.*, vol. 50, no. 1, pp. 17-23, 2002.

## V. 결 론

본 논문에서는 그라운드 평면을 가지는 소형 직사각형 스파이럴 안테나를 제안했다. 일반적인 스파이럴 안테나의 급전 방식인 중앙에서 급전하지 않고, 스파이럴이 끝나는 가장 자리에서 급전하였으며, 매칭을 위해 'G'자 모양의 stub를 추가하여 입력 임피던스 매칭이 용이하도록 하였다. 제안한 안테나를 설계하기 위해서는 유전체의 높이로 원형 편파 특성을 먼저 결정한 후 매칭회로의 stub를 조절하여 입력 임피던스 대역폭을 AR 대역폭에 일치되도록 한다.

제안한 설계 방법을 검증하기 위해 중심 주파수가 9.5GHz인 안테나를 설계하였다. 시뮬레이션 시 설계한 안테나의 입력 임피던스 대역폭은 8.12%이고, AR 대역폭은 4.62%이다. 9.5GHz에서의 이득은 6.1dBi로 관찰된다. 제안한 안테나의 간단한 구조에 비해 매우 우수한 특성을 가짐을 알 수 있다. 그라운드 평면을 포함한 제안한 안테나의 크기는 약  $0.6\lambda_g \times 0.6\lambda_g$ 로 소형이다.

제안한 안테나를 제작하여 시뮬레이션 한 안테나의 특성을 검증할 예정이다. 또한 유전체의 높이를 줄이는 EBG 구조를 그라운드 평면에 두어 이에 대한 특성을 연구할 것이다.

## 참고문헌

- [1] P. C. Sharma and K. C. Gupta, "Analysis and optimised design of single point feed circularly polarised microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propaga.*, vol. 31, pp. 949-955, 1983.
- [2] S. D. Targonski, and D. M. Pozar, "Design of Wideband Circularly Polarized Aperture-Coupled Microstrip Antenna," *IEEE Trans. on Ant. and Prop.*, vol. 41, no. 2, pp. 214-220, 1993.
- [3] T. Teshirogi, M. Tanaka, and W. Chujo, "Wideband Circularly Polarized Array with Sequential Rotation and Phase Shift of Elements," *Proc. ISAP*, pp. 117-120, 1985.
- [4] Y. Zhang, and L. Zhu, "Printed Dual Spiral-Loop Wire Antenna for Broadband Circular Polarization," *Trans. Antennas Propaga.*, vol. 54, no. 1, pp. 284-288, 2006.
- [5] H. Nakano, J. Eto, Y. Okabe, and J. Yamauchi, "Tilted- and Axial-Beam Formation by a Single-Arm Rectangular Spiral Antenna With Compact Dielectric Substrate and