

# 위성 성능 시험용 S대역 원추형 이중 스파이럴 안테나

## S-Band Conical Dual-Spiral Antenna for Satellite Performance Testing

김 우 준<sup>1</sup> · 이 재 현<sup>2\*</sup> · 최 영 조<sup>3\*</sup>

Woo-Jun Kim<sup>1</sup> · Jae-Hyun Lee<sup>2\*</sup> · Young-Jo Choi<sup>3\*</sup>

### 요 약

본 논문에서는 위성에 장착된 안테나와 유사한 특성을 가지도록 설계된 원추형 이중 스파이럴 안테나에 대해 연구하였다. 해당 안테나는 위성의 EMC 성능을 검사하거나 잡음 신호 특성을 통해 RF 시스템을 검증하기 위해 설계되었다. 기존 스파이럴 안테나 제작 방법의 어려움을 개선하기 위하여 마이크로스트립 분배기를 사용한 새로운 발룬 구조와 3D 프린트 기법을 제안하였다. 안테나의 상부 지름과 하부 지름이 전체 주파수 대역에서 반사손실에 영향을 주며, 동일 안테나 높이에 대하여 안테나를 둘러싼 나선의 감은 횟수가 증가할수록 지향성이 증가하였다. 제작된 안테나 성능은 설계 값과 유사함을 확인하였다.

### Abstract

In this study, a conical dual-spiral antenna was designed with characteristics similar to those of antennas mounted on satellites. This antenna was designed to examine the EMC performance of satellites and verify RF systems based on noise signal characteristics. To overcome the difficulties of traditional spiral antenna fabrication methods, a novel balun structure using microstrip dividers and a 3D printing technique were proposed. The top and bottom diameters of the antenna affected the return loss over the entire frequency band, and the directivity increased with the number of spirals wrapped around the antenna at the same antenna height. The performance of the fabricated antenna was similar to the designed values.

Key words: Conical, Sprial, Helical, Antenna, S-Band

### I. 연구배경

원추형 이중 스파이럴(conical dual sprial) 안테나는 원형편파를 이용하여 위성통신용으로 개발된 안테나이다. 원추형 이중 스파이럴 안테나는 나선방향에 따라 RHCP(right handed circular polarization) 또는 LHCP(left handed

circular polarization)로 원형편파 생성이 용이한 구조적 특징을 가지고 있다.

기존 스파이럴 안테나 구조는 급전부 연결 및 복사 소자 구현에 어려움이 있다. 스파이럴 안테나의 급전부로는 발룬(balun)<sup>[1],[2]</sup> 또는 동축선로<sup>[3]</sup> 사용한다. 발룬을 사용하는 경우 전송선로와 그라운드에 스파이럴 안테나를 연

「이 연구는 2023년도 (주)국동통신 연구비의 지원으로 연구되었음.」

(주)국동통신(KUKDONG Telecommunication Co)

\*충남대학교 전파정보통신공학과(Department of Radio and Information Communications Engineering, Chungnam National University)

1: 선임연구원(<https://orcid.org/0009-0003-2597-2068>), 2: 지도교수(<https://orcid.org/0000-0001-7697-3982>),

3: 연구소장(<https://orcid.org/0009-0007-9217-1657>)

· Manuscript received January 3, 2025 ; Revised February 6, 2025 ; Accepted June 4, 2025. (ID No. 20250103-010S)

· Corresponding Author: Woo-Jun Kim (e-mail: sola4499@naver.com)

결하고 견고하게 지지하는 것에 어려움이 있다. 한편, 동축선로를 사용하는 경우 외부 도체 및 내부 도체를 각각 안테나의 그라운드와 급전부에 연결한다. 이 경우도 안테나와 동축선로를 연결하고 견고하게 지지하는 제작에 어려움이 있다.

또한, 복사 소자로 사용되는 도체를 원추형의 전개도에 동 테이프를 붙여 제작하므로, 스파이럴 안테나의 원추형 전개도의 연결부분에 추가적으로 납땜을 해야 하는 제작의 어려움이 있다. 이를 극복하기 위하여 3D 프린팅 기법을 사용하여 복사 소자를 부분도금을 하지만<sup>[2],[4]</sup> 이 역시 3D 프린터 구조물이 복잡하고, 도금을 일부만 진행해야 하기 때문에 제작에 어려움이 있다.

본 논문에서는 참고문헌 [1]을 참고하여 제작의 용이성이 고려된 S대역(2.1 ~2.3 GHz) 원형편파 원추형 이중 스파이럴 안테나를 제안한다. 동축선로와 0° 및 180° 위상차를 둔 마이크로스트립 기판과 안테나를 납땜하는 방식을 사용하였으며, 3D 프린터로 동박 테이프를 붙일 공간이 포함된 원추형 지지대를 출력하여 제작성을 개선하였다.

## II. 원추형 스파이럴 안테나

그림 1은 원추형 스파이럴 안테나(CSA, conical spiral antenna)의 파라미터를 나타낸 그림이다. 원뿔대의 절반 각도( $\theta_0$ ), 스파이럴의 뒤틀림 각도( $\alpha$ ), 스파이럴의 각도 폭( $\delta$ ) 3가지 요소로 안테나의 방사패턴을 정의한다. 본

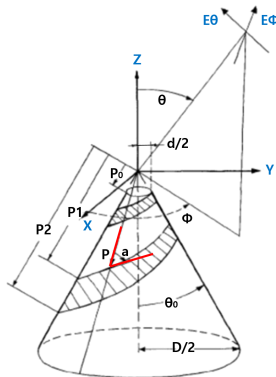


그림 1. 원추형 스파이럴 안테나의 파라미터  
Fig. 1. Parameters of conical spiral antenna.

논문에서 원뿔대의 절반 각도는 안테나의 상부지름( $d$ )과 하부지름( $D$ )으로 변화를 주었으며, 스파이럴의 뒤틀림 각도는 안테나의 높이( $H$ )와 감긴 횟수( $n$ )로 변화를 주었다. 스파이럴의 각도 폭은 참고문헌 [1]과 같이 90°로 설정하였다.

## III. 원추형 이중 스파이럴 안테나

표 1은 원추형 이중 스파이럴 안테나의 제작 목표이다. 그림 2는 안테나를 CST의 magus 프로그램을 이용하여 설계한 그림이다. 안테나 상부 지름 쪽에 discrete 포트를 설정하여 180° 위상차를 주었다. 상부 지름은 15 mm까지, 하부 지름은 65 mm까지 작아질수록 반사손실이 개선되었다. 안테나 높이는 213 ~233 mm 사이에서는 방사패턴에 변화를 주지 않았다. 나선이 감긴 횟수는 4번에서 3.2번으로 적어질수록 방사패턴이 지향성을 가지게 되었으며, 빔폭 120° 이상을 맞추기 위한 감긴 횟수는 3.6번이다.

그림 3은 안테나의 유전체 지지대 구조를 나타낸 것이다. 그림 4와 그림 5는 유전체 지지대( $\epsilon_r=2.8$ )의 두께( $t$ )

표 1. 원추형 이중 스파이럴 안테나 제작목표  
Table 1. Conical dual spiral antenna manufacturing goal.

Contents	Production goal
Frequency	2.1 ~2.3 GHz
VSWR	1.5 : 1 below
Antenna diameter	70 mm below
Antenna height	240 mm below
Polarization	RHCP
Radiation pattern	120° more
Axial raito	2 dB below

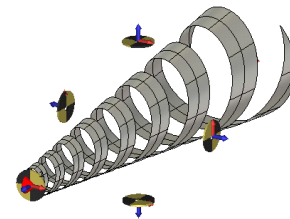


그림 2. 원추형 이중 스파이럴 안테나 CST 설계  
Fig. 2. Conical dual spiral antenna CST design.

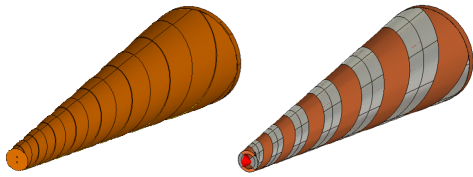


그림 3. 원추형 이중 스파이럴 안테나 유전체 지지대  
Fig. 3. Conical dual spiral antenna dielectric support.

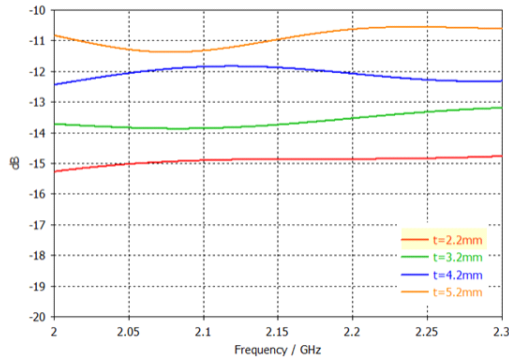


그림 4. 유전체 지지대 두께 변화에 따른 반사손실  
Fig. 4. Reflection loss due to variation in dielectric support thickness.

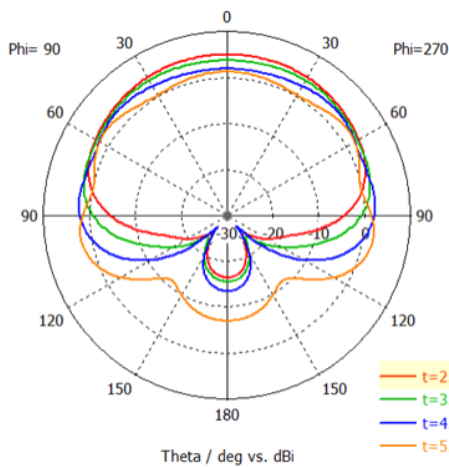


그림 5. 유전체 지지대 두께 변화에 따른 방사패턴  
Fig. 5. Radiation pattern according to variation of dielectric support thickness.

변화에 따른 반사손실과 방사패턴을 보여준다. 반사손실은 유전체의 두께가 증가함에 따라 저하되었고, 방사패턴

은 유전체의 두께가 증가함에 따라 유전체에 의한 전파의 굴절로 인해 빔폭이 넓어지는 현상이 나타났다. 방사패턴의 빔폭을 설계목표인  $120^\circ$  정도로 맞추기 위해, 유전체 지지대의 두께는 2.2 mm로 결정하였다.

#### IV. 마이크로스트립 분배기와 동축선로

그림 6은 마이크로스트립 분배기와 동축선로를 CST로 설계한 그림이다. 그림 2에서 사용한 discrete 포트 대신 마이크로스트립 분배기와 동축선로를 이용하여  $180^\circ$  위상차를 주었다. 그림 7에서 중심주파수 2.2 GHz에선 위상차가  $180^\circ$ 이지만 2.1 GHz에선 위상차가  $190^\circ$ 이다.  $10^\circ$  정도의 위상차는 방사패턴에 거의 영향이 없기 때문에 본 논문에서는 마이크로스트립 분배기와 동축선로를 채택하였다.

그림 8은 3D 프린팅 기법을 이용하여 제작된 안테나 지지대와 마이크로스트립 분배기이다. 그림 9는 중심 주

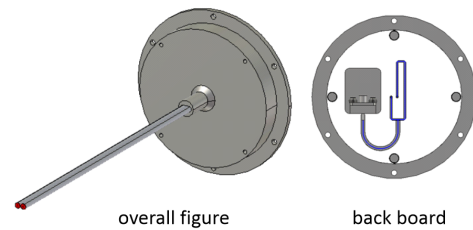


그림 6. 마이크로스트립 분배기와 동축선로 구조  
Fig. 6. Microstrip divider and coaxial line structure.

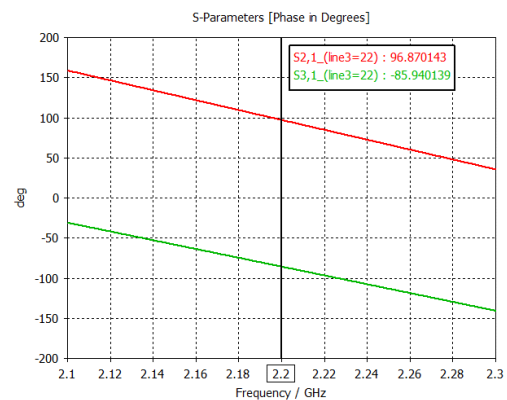


그림 7. 분배기와 동축선로 위상차  
Fig. 7. Divider and coaxial line phase difference.

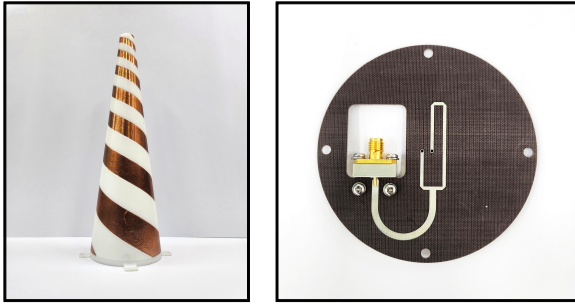


그림 8. 3D프린터 지지대 및 마이크로스트립 분배기  
Fig. 8. 3D Printer supports and microstrip dividers.

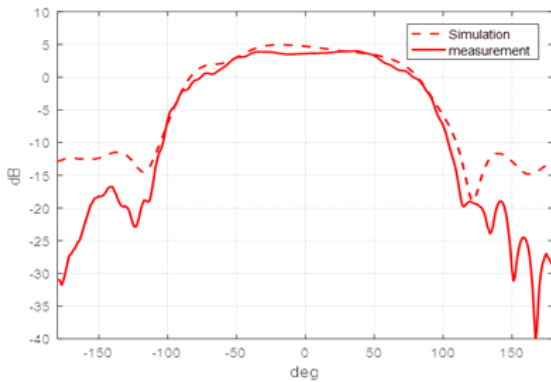


그림 9. 제작된 원추형 이중 스파이럴 안테나 방사패턴  
Fig. 9. Fabricated conical dual-spiral antenna radiation pattern.

표 2. 원추형 이중 스파이럴 안테나 제작결과  
Table 2. Results of fabrication of a conical double spiral antenna.

Contents	Production goal	production results
Frequency	2.1~2.3 GHz	2.1~2.3 GHz
VSWR	1.5 : 1 below	1.45 : 1 below
Antenna diameter	70 mm below	65 mm
Antenna height	240 mm below	223 mm
Polarization	RHCP	RHCP
Radiation pattern	120° more	132°
Axial ratio	2 dB below	1.4 dB below

파수(2.2 GHz)에서의 안테나 복사패턴( $\Phi=0$ )이며, 표 2는

제작된 원추형 이중 스파이럴 안테나의 성능이다.

## V. 결 론

본 논문에서는 S대역에서 RHCP 원형편파로 동작하는 위성 성능 시험용 원추형 이중 스파이럴 안테나를 설계하여 제작 목표를 만족함을 확인하였다. 마이크로스트립 분배기 및 3D 프린팅 기법을 이용하여 제작의 용이성을 갖는 구조를 제안하였다.

해당 안테나는 위성에 실제 장착되는 안테나와 유사한 성능을 가지도록 설계가 되었기 때문에 안테나를 통해 유입되는 노이즈 신호의 특성을 통해 위성의 EMC 성능을 검토하거나 위성의 RF 시스템을 검증하는 용도로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- [1] Y. Z. Zhu, J. D. Xu, "Design of two-arm conical spiral antenna for low elevation angle communication," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, vol. 24, no. 5-6, pp. 785-794, Apr. 2010.
- [2] C. M. Wallish, D. S. Filipovic, "Design of a 3D printed 4-arm conical spiral antenna," in *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting*, Portland, OR, Jul. 2023.
- [3] X. Zhao, M. Li, N. Chen, and Q. Y. Hou, "Four-arm 2nd-mode conical spiral antenna feeding with split tapered coax balun," in *2013 European Microwave Conference*, Nuremberg, Oct. 2013.
- [4] C. M. Wallish, M. A. Elmansouri, and D. S. Filipovic, "Design of a conical spiral antenna with 3D printing enabled cavity and radome," in *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting(AP-S/URSI)*, Denver, CO, Jul. 2022.