

# 자기상보 구조를 갖는 초광대역 다이폴 안테나

박원빈\*, 권오현\*, 이성우\*,  
 이종민\*, 박영미\*\*, 황금철\*

## A Super-Wideband Dipole Antenna With a Self-Complementary Structure

Won Bin Park\*, Oh Heon Kwon\*,  
 Sungwoo Lee\*, Jong Min Lee\*,  
 Young Mi Park\*\*, Keum Cheol Hwang\*

### 요약

본 논문에서는 자기상보 구조를 갖는 신호정보 수집용 초광대역 다이폴 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 한 쌍의 자기상보 구조의 다이폴 안테나와 평형 급전을 위한 테이퍼드 발룬(tapered balun)으로 구성되어 있다. 제안된 안테나의 -10 dB 이하 반사계수 대역폭 비는 28:1(0.73-20 GHz) 이상이며, 3 dB 이하 축비 대역폭 비는 3.25:1(1.91-6.22 GHz)로 +z 축 방향에서 RHCP (Right Hand Circular Polarization) 특성을 나타낸다. 또한 저주파 대역에서는 무지향성, 고주파 대역에서는 지향성 특성을 나타내었고, 동작주파수 대역 내에서 최대이득은 2.83-7.66 dBi로 분포함을 확인하였다.

**Key Words** : dipole antenna, self-complementary, signal intelligence, super-wideband, tapered balun

### ABSTRACT

In this paper, a SWB (Super-WideBand) dipole antenna with self-complementary structure is proposed

for signal intelligence. The proposed antenna consists of a self-complementary dipole antenna and a tapered balun for balanced feeding. The measured -10 dB reflection bandwidth of the proposed antenna is more than 28:1 (0.73-20 GHz) and 3 dB axial ratio bandwidth is 3.25:1 (1.91-6.22 GHz) with RHCP (Right Hand Circular Polarization) at +z direction. The measured radiation patterns are omni-directional in lower frequency band and bi-directional in higher frequency band. The measured peak gain within -10 dB reflection bandwidth varies from 2.83 dBi to 7.66 dBi.

### 1. 서론

2002년 미국 연방통신위원회 FCC(Federal Communications Commission)에서 주로 군통신에 이용했던 3.1-10.6 GHz 주파수 대역을 민간에 개방하면서 UWB(Ultra-WideBand) 대역에 대한 관심이 높아졌다. 이에 따라 UWB 대역에서 동작하는 UWB 안테나에 대한 연구가 이루어졌다<sup>1)</sup>. 하지만 최근 무선 정보통신기술의 발달로 인해 UWB 안테나보다 더 넓은 동작대역을 갖는 안테나의 필요성이 높아지고 있다. 이러한 요구에 따라 -10 dB 이하 반사계수 대역폭 비가 10:1 이상인 초광대역(Super-WideBand: SWB) 특성을 갖는 안테나에 대한 연구가 필요한 실정이다.

초광대역 특성을 구현하기 위해서 안테나는 일반적으로 모노폴, 다이폴, 슬롯 구조를 갖는다<sup>2)</sup>. 또한 자기상보(self-complementary) 구조가 적용된 안테나는 주파수와 무관하게 임피던스 특성이 일정하기 때문에 초광대역 특성을 구현하는데 용이하다<sup>3)</sup>.

본 논문에서는 자기상보 구조를 적용하여 초광대역 다이폴 안테나를 제안하였다. 초광대역 반사계수 대역폭 특성을 구현하기 위해서 다이폴 안테나에 스피드론 프랙탈 구조를 적용하였으며, 평형 급전을 위한 테이퍼드 발룬 구조를 사용하였다. 연구의 타당성을 검증하기 위해 상용 시뮬레이션 툴을 이용해 안테나를 시뮬레이션 하였고, 이를 바탕으로 안테나를 제작 및 측정하였다.

\* 본 연구는 방위사업청 및 국방과학연구소에 의해 설립된 신호정보 특화연구센터의 지원을 받아 수행되었음.

• First Author : School of Electrical and Electronic Engineering, Sungkyunkwan University, wonbin923@hanmail.net, 학생회원

◦ Corresponding Author : School of Electrical and Electronic Engineering, Sungkyunkwan University, khwang@skku.edu, 정회원

\* School of Electrical and Electronic Engineering, Sungkyunkwan University

\*\* Electronic Warfare PMO, Agency For Defense Development

논문번호 : KICS2016-10-294, Received October 7, 2016; Revised November 3, 2016; Accepted November 3, 2016

## II. 안테나 설계

그림 1은 제안된 안테나의 구조이다. 안테나의 하나의 암(arm)은 스피드론 프렉탈 구조이며, 두 개의 암을 이용하여 자기상보 구조를 갖도록 설계하였다<sup>[4]</sup>. 본 연구에서 적용한 스피드론 프렉탈 구조는 10개의 직각 이등변 삼각형들이 반복되어 형성되어있다. 이때, 축소 비율(scale factor)은  $\sqrt{2}/2$  이다. 그리고 스피드론 프렉탈 형상의 첫 번째 삼각형의 한 변의 길이 S는 85 mm이다. 제작의 용이성을 위해서 3-D프린터를 이용하여 안테나의 기판을 제작하였다. 이때, 사용된 기판의 물질은 유전율  $\epsilon_r$ 이 3.2, 손실 탄젠트  $\tan\delta$ 가 0.02인 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene) 수지이고, 기판의 두께 d는 2.5 mm이다. 이후, 3D 프린터로 제작된 유전체의 표면에 스피드론 프렉탈 형상의 동태이프를 부착하였다.

그림 2는 제안하는 안테나의 주파수에 따른 입력 임피던스 시뮬레이션 결과이다. 실수부의 경우 0.7-20 GHz에서 145- $\Omega$ 에 가까운 값들로 분포하며, 허수부의 경우 0.7-20 GHz에서 0- $\Omega$ 에 가깝게 분포한다. 따라서 제안된 안테나는 0.7 GHz부터 주파수 독립 특성을 갖는 것을 확인할 수 있다.

그림 3은 본 논문에서 제안된 테이퍼드 발룬 구조

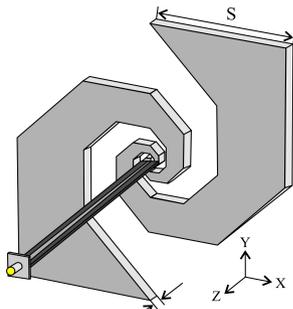


그림 1. 제안된 안테나의 구조  
Fig. 1. Configuration of the proposed antenna

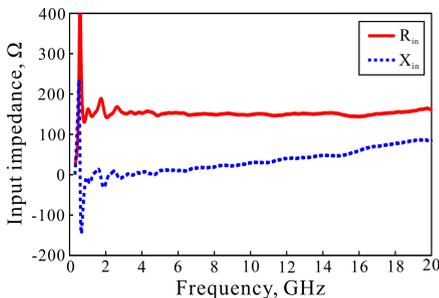


그림 2. 제안된 안테나의 입력 임피던스 시뮬레이션 결과  
Fig. 2. Simulated input impedance of the proposed antenna

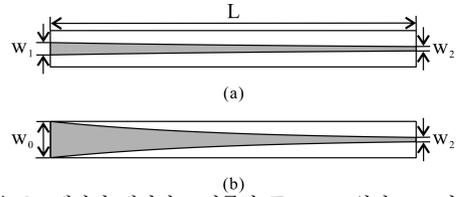


그림 3. 제안된 테이퍼드 발룬의 구조: (a) 윗면, (b) 아랫면  
Fig. 3. Configuration of the proposed tapered balun: (a) top view, (b) bottom view

이며, 그림 3(a)와 3(b)는 각각 발룬의 윗면과 아랫면을 나타낸다. 발룬의 입력단은 너비가  $w_1$ 인 마이크로 스트립 구조이며, 발룬의 출력단은 너비가  $w_2$ 인 평행 스트립 구조이다. 평행 스트립의 특성 임피던스는 제안된 안테나의 입력 임피던스인 145- $\Omega$ 으로 최적화되었다. 발룬의 길이 L은 최저 동작 주파수를 만족시키기 위해 500 MHz를 기준으로  $\lambda_0/4$  길이로 설계되었으며, 광대역 임피던스 매칭을 위해서 자연대수 함수식 형상의 테이퍼드 구조를 적용하였다<sup>[5]</sup>. 발룬의 기판은 두께가 1.52 mm이고, 유전율  $\epsilon_r$ 이 3.5, 손실 탄젠트  $\tan\delta$ 가 0.0018인 Taconic사의 RF-35 기판을 사용하여 설계 및 제작되었다. 설계된 테이퍼드 발룬의 설계 변수 값은  $w_0=10$  mm,  $w_1=3.4$  mm,  $w_2=1$  mm,  $L=150$  mm 이다.

## III. 측정 결과

그림 4는 제안하는 안테나의 반사계수 시뮬레이션 및 측정 결과와 제작된 안테나의 형상이다. 시뮬레이션 및 측정된 -10 dB 이하 반사계수 대역폭 비는 각각 22.7:1(0.73-16.61 GHz)과 28:1(0.73-20 GHz) 이상으로 초광대역 대역폭 비를 갖는다. 시뮬레이션과 측정 결과 차이는 제작과정에서 발생한 오차에서 기인한다.

그림 5는 제안된 안테나의 최대 이득과 축비의 시

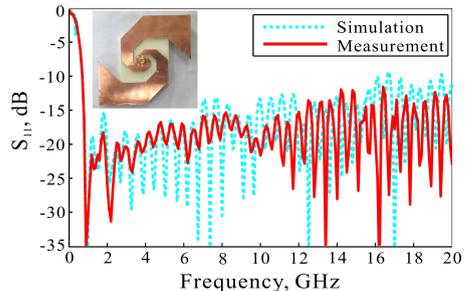


그림 4. 제안된 안테나의 반사계수 시뮬레이션 및 측정결과  
Fig. 4. Simulated and measured reflection coefficient of the proposed antenna

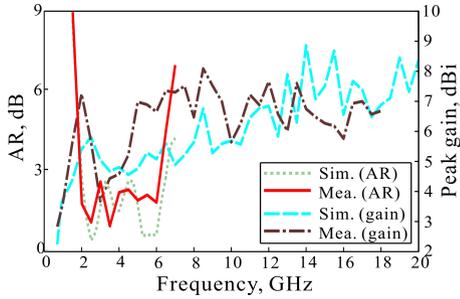


그림 5. 제안된 안테나의 최대이득 및 축비특성  
Fig. 5. Peak gain and axial ratio of the proposed antenna

물레이션 및 측정 결과이다. 시물레이션 및 측정된 3 dB 이하 축비 대역폭 비는 각각 3.31:1(1.97-6.54 GHz)과 3.25:1(1.91-6.22 GHz)이다. 이득의 경우 측정상의 한계로 인해서 18 GHz까지만 측정이 되었다. 시물레이션 및 측정된 최대 이득은 각각 2.24-8.86 dBi와 2.83-7.66 dBi로 분포한다.

그림 6은 제안된 안테나의 0.7 GHz, 6 GHz, 18 GHz에서의 xz-평면, yz-평면에 대한 방사패턴이다. 0.7 GHz, 18 GHz에서 안테나는 선형편파로 동작하며, 6 GHz에서 안테나는 원형편파로 동작한다. 선형편파의 경우, xz-평면에서 co-polarization이 수평편파

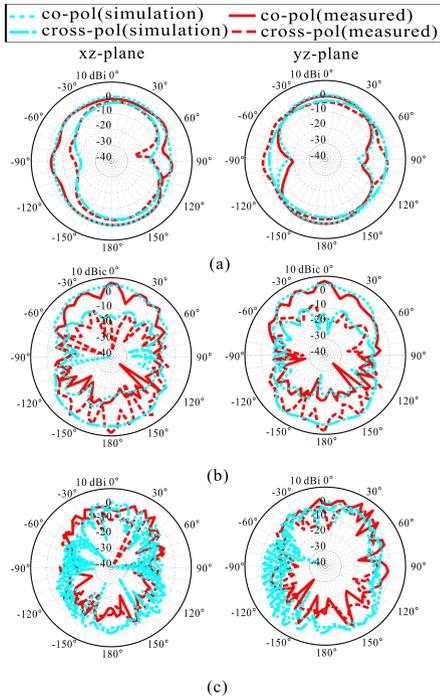


그림 6. 0.7 GHz, 6 GHz, 18GHz 에서의 방사패턴  
Fig. 6. Radiation pattern at 0.7 GHz, 6 GHz and 18 GHz

이고, cross-polarization이 수직편파이다. 원형편파의 경우 co-polarization이 RHCP, cross-polarization이 LHCP(Left Hand Circular Polarization)로 나타났다. 방사패턴을 살펴보면 0.7 GHz에서는 무지향성 특성을 보이며, 6 GHz, 18 GHz에서는 +z축 방향으로 지향성 특성을 나타낸다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 자기상보 구조를 이용한 초광대역 특성을 갖는 다이폴 안테나를 제안하였다. 시물레이션 및 측정을 통해 안테나의 성능을 검증하였으며, -10 dB 이하 반사계수 대역폭 비는 28:1(0.73-20 GHz) 이상이며, 3 dB 이하 축비 대역폭 비는 3.25:1(1.91-6.22 GHz)이다. 또한 동작 주파수 내 안테나의 최대이득은 2.83-7.66 dBi로 분포한다. 따라서 제안된 안테나는 향후 초광대역 신호정보 탐색 및 수집을 위한 안테나로 활용 가능하다.

#### References

- [1] J. J. Kim, S. W. Kim, J. J. Park, M. A. Jeong, K. W. Park, and D. Y. Choi, "Design and analysis of UWB circular patch antenna using microstrip line," *J. KICS*, vol. 40, no. 5, pp. 938-943, May 2015.
- [2] V. Paraforou, D. Caratelli, and D. Tran, "A novel low-profile SWB unidirectional super-shaped antenna for advanced ground penetrating radar applications," *Proceedings of the 15th International Conference on Ground Penetrating Radar*, pp. 828-832, Brussels, Belgium, Jun. 2014.
- [3] Y. Mushiake, "Self-complementary antennas," *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol. 34, no. 6, pp. 23-29, Dec. 1992.
- [4] K. C. Hwang, "Broadband circularly-polarised spidron fractal slot antenna," *Electron. Lett.*, vol. 45, no. 1, pp. 3-4, Jan. 2009.
- [5] L. Song and Q. Fang, "A conformal conical archimedean spiral antenna for UWB communications," *Chinese Journal of Electronics*, vol. 24, no. 2, pp. 402-407, Apr. 2015.