

인덕티브 라인을 이용한 광대역 다중 타원 안테나

박 원 빈*, 최 재 훈*, 김 선 우*,
박 영 미**, 황 금 철^o

Wideband Multiple Elliptical Antenna with Inductive Line

Won Bin Park*, Jaehoon Choi*,
Sunwoo Kim*, Young Mi Park**,
Keum Cheol Hwang^o

요 약

본 논문에서는 인덕티브 라인을 이용한 UWB (ultra-wide band) 다중 타원 패치안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 다중 타원 구조, 접지면 그리고 다중 타원 구조와 접지면을 연결하는 인덕티브 라인으로 구성된다. 인덕티브 라인을 통해 저주파 및 고주파 대역에서의 임피던스 특성이 개선되어 광대역 특성을 갖는다. 제안된 안테나의 -10 dB 이하 반사계수 대역폭은 3.04-11.69 GHz이며, UWB 대역을 만족한다. 안테나는 선형편파로 동작하며, 주 편파는 수직편파이다. 제안된 안테나는 코니칼 방사패턴을 갖는다. 무인기 실장을 고려하여 무인기 몸체의 배면에 안테나를 수직으로 실장하여 시뮬레이션 하였으며, 안테나의 무인기 실장 전후의 방사 패턴이 유사한 결과를 가짐을 확인 하였다.

Key Words : inductive line, multiple-elliptical, ultra-wide band, unmanned aerial vehicle

ABSTRACT

In this paper, a UWB (Ultra-Wide Band) multiple

elliptical patch antenna with inductive line is proposed. The proposed antenna consists of multiple elliptical structure, ground plane, and inductive line connecting multiple elliptical structure and ground plane. The impedance characteristics in the low and high frequency bands are improved through the inductive line. Therefore, the proposed antenna has wideband characteristic. The measured -10 dB reflection bandwidth of the proposed antenna is 3.04-11.69 GHz for operating UWB band. The proposed antenna operates with linear polarization, and the co-polarization is vertical polarization. The proposed antenna has a conical radiation pattern. The antenna pattern mounted on the UAV (Unmanned Aircraft Vehicle) also has similar results.

1. 서 론

UWB(Ultra-Wide Band) 시스템은 고속 데이터 무선 통신 기술을 기반으로 하여 의료분야, 휴대폰분야, 방송분야, 산업분야 등 다양한 분야에서 활용된다^[1]. 최근에는 드론과 같은 무인 항공기(Unmanned Aircraft Vehicle: UAV) 시장이 확대되면서 항공기간의 충돌 방지 시스템 및 무선 통신 구축을 위해 UWB 시스템이 사용되고 있다^[2]. 이러한 UWB 시스템을 위한 다양한 안테나들이 연구되었으며, 원형 패치를 이용한 안테나^[3], 다이오드를 이용한 안테나^[4], 인덕티브 라인을 통한 광대역 안테나^[5], 코니칼 타입의 스파이럴 안테나^[6] 등이 있다.

본 논문에서는 인덕티브 라인을 이용한 UWB 다중 타원 패치안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 다중 타원 구조를 가지고 있으며, CPW(Co-Planar Waveguide) 급전 방식을 사용하였다. 인덕티브 라인은 다중 타원의 구조와 CPW의 접지면을 서로 연결하여 저주파 대역의 대역폭 개선과 고주파 대역의 임피던스 특성 개선하였다. 이를 통해 안테나는 광대역 특성을 갖는다. 제안된 안테나는 상용 시뮬레이션 툴을 사용하여 설계 및 시뮬레이션 하였고, 이를 바탕으로

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

• First Author : (ORCID:0000-0002-5818-2464) School of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University, wonbin923@hanmail.net, 학생회원

◦ Corresponding Author : (ORCID:0000-0002-8074-1137) School of Electrical and Electronic Engineering, Sungkyunkwan University, khwang@skku.edu, 정회원

* Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University

** Electronic Warfare PMO, Agency For Defense Development

논문번호 : KICS2017-09-268, Received September 27, 2017; Revised January 23, 2018; Accepted January 23, 2018

안테나를 제작 및 측정하여 검증하였다.

II. 안테나 설계

그림 1은 제안된 안테나의 구조를 나타낸다. 안테나의 다중 타원 구조는 장축과 단축의 길이가 각각 r_1 , r_2 인 중심 타원 S_0 을 기준으로 닻음 비가 n_i 인 타원 S_i ($i=1, 2, 3, 4$)가 연속적으로 연결된 구조이다. 타원 S_i 는 타원 S_{i-1} 의 장축 꼭지점을 중심점으로 하여 설계되었다. 안테나는 CPW 급전 구조를 가지고 있으며, 급전 선로의 너비와 접지면 사이의 거리는 각각 w_1 과 g_1 , 접지면의 높이는 h_1 이다. 인덕티브 라인은 두께 w_2 로 다중 타원을 g_2 의 간격으로 둘러싸고 있다. 인덕티브 라인과 다중 타원은 중심 타원 S_0 의 중심점으로부터 $+x$ 축 방향으로 d 만큼 떨어진 위치에 너비가 w_3 인 스트립을 통해 연결된다. 동시에 인덕티브 라인은 CPW 접지면에 단락된다. 안테나의 기판은 두께가 1.52 mm, 유전율 ϵ_r 이 3.5, 손실 탄젠트 $\tan\delta$ 가 0.0018인 Taconic사의 RF-35를 사용하였으며, $90 \times 38.4 \text{ mm}^2$ 의 크기를 갖는다. 안테나는 무인 항공기 몸체 배면 실장을 고려하여 한 변의 길이가 gnd 인 정사각형 접지면 위에 수직으로 설계 되었다. 1 mm 반지름을 갖는 원형 홀이 접지면 중심에 위치해 있다. 홀을 통해서 SMA 커넥터가 안테나의 급전부와 연결된다. 각 파라미터는 UWB 대역에서 동작하도록 최적화 되었으며, 값은 표 1에 정리되어 있다.

그림 2는 인덕티브 라인의 유무에 따른 안테나의 입력 임피던스 시뮬레이션 결과이다. 6-9 GHz 대역의 실수부와 허수부의 값은 인덕티브 라인의 유무에 따른 값의 변화가 거의 없다. 4-6 GHz 대역의 경우 실수부와 허수부의 값의 변화는 있으나 반사계수 특성에 영향이 작다. 3-4 GHz 대역의 경우 다중 타원과

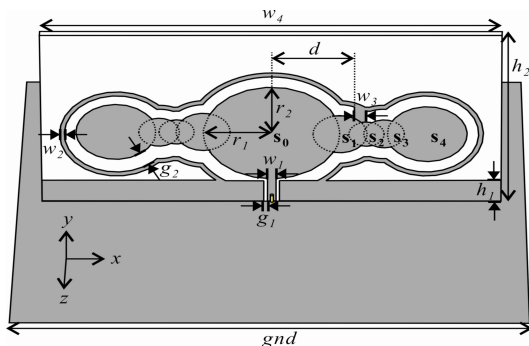


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Configuration of the proposed antenna

표 1. 제안된 안테나의 설계 파라미터
Table 1. Design parameters of the proposed antenna

Parameter	r_1	r_2	h_1	h_2	g_1	g_2
Value(mm)	13.2	10.8	4.68	38.4	0.25	2.52
Parameter	w_1	w_2	w_3	w_4	d	gnd
Value(mm)	1.8	0.92	2.23	90	16.4	100
Parameter	n_1	n_2	n_3	n_4		
Value(mm)	0.4	0.26	0.3	0.59		

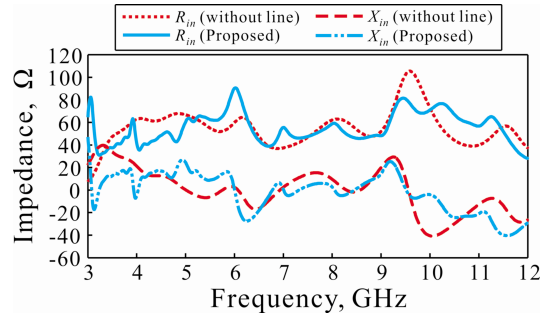


그림 2. 시뮬레이션된 제안된 안테나의 입력 임피던스
Fig. 2. Simulated input impedance of the proposed antenna

CPW 접지면을 선로로 연결하여 발생한 인덕턴스와 다중 타원과 라인 사이 거리로 발생한 커패시턴스로 X_{in} 이 0에 가까운 값을 가지게 되며, 인덕티브 라인을 통해 전기적 길이가 증가하여 임피던스 실수 값 R_{in} 이 증가하였다. 9-10 GHz 대역은 실수부, 10-11 GHz 대역은 허수부의 임피던스 특성이 개선된다. 인덕티브 라인을 통한 입력 임피던스의 변화로 제안된 안테나는 대역폭 특성이 개선되며, UWB 대역에서 동작한다.

III. 측정 결과

그림 3은 제안된 안테나의 반사계수 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸다. 시뮬레이션된 인덕티브 라인이 없는 안테나의 -10 dB 이하 반사계수 대역폭은 3.53-9.32 GHz이다. 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 결과는 각각 3.03-11.36 GHz와 3.03-11.36 GHz이다. 인덕티브 라인 구조를 통한 저주파 및 고주파 대역에서의 임피던스 개선이 안테나의 광대역 특성을 가지게 함을 알 수 있다. 제작된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 결과가 유사하며, 결과의 차이는 제작 및 측정 과정에서 발생한 오차에서 기인한다.

그림 4는 제안된 안테나의 3 GHz, 7 GHz, 11 GHz에서의 yz-평면, xy-평면(E-평면)에 대한 시뮬레

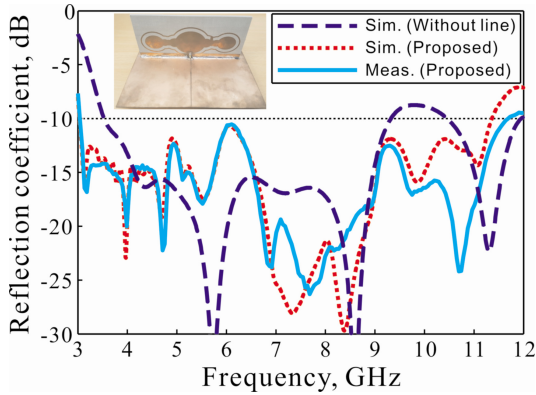


그림 3. 시뮬레이션 및 측정된 제안된 안테나의 반사계수
Fig. 3. Simulated and measured reflection coefficients of the proposed antenna

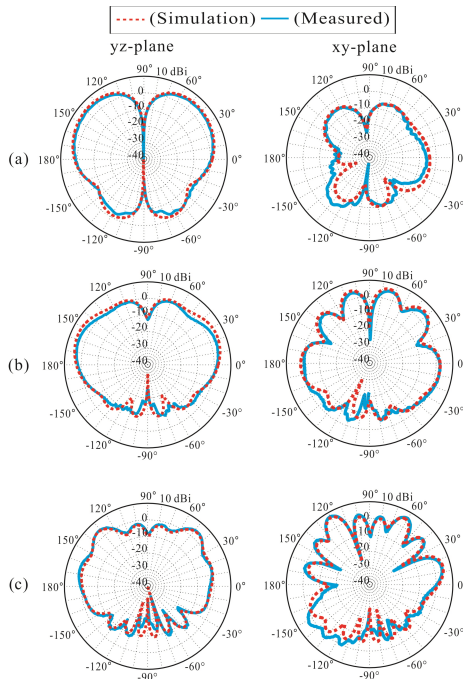


그림 4. 시뮬레이션 및 측정된 제안된 안테나의 방사패턴:
(a) 3 GHz, (b) 7 GHz, (c) 11GHz
Fig. 4. Simulated and measured radiation patterns of the proposed antenna: (a) 3 GHz, (b) 7 GHz, (c) 11 GHz

이션 및 측정된 방사패턴이다. 제안된 안테나는 x -축에는 수직이며, y -축에는 평행한 선형편파를 형성한다. 방사패턴은 주 편파만을 나타내었으며, 접지면의 영향으로 코니칼 패턴을 갖는다. xy -평면 비대칭 패턴은 다중 패치와 인덕티브 라인을 연결해주는 스트립으로 인한 안테나의 비대칭 구조에서 발생한다. 측정 결과는 시뮬레이션 결과와 유사하다.

그림 5는 제안된 안테나의 주파수에 따른 최대 이

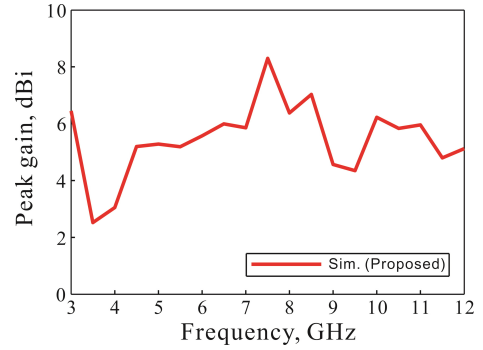


그림 5. 제안된 안테나의 최대 이득
Fig. 5. Peak gain of the proposed antenna

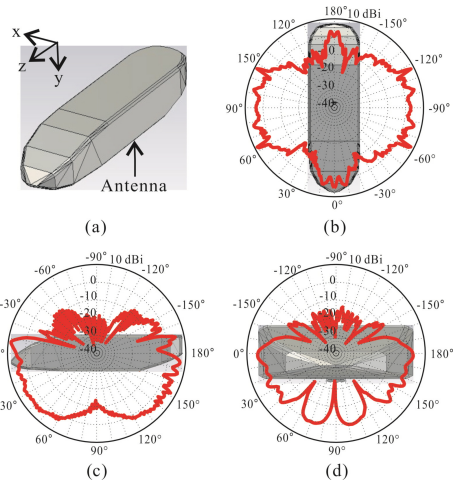


그림 6. UAV에 실장된 제안된 안테나의 7.5 GHz에서의 시뮬레이션된 방사패턴: (a) UAV 몸체 형상, (b) xz -평면, (c) yz -평면, (d) xy -평면
Fig. 6. Simulated radiation patterns of the proposed antenna with UAV at 7.5 GHz: (a) Shape of UAV, (b) xz -plane, (c) yz -plane, (d) xy -plane

득 시뮬레이션 결과이다. 안테나의 동작 주파수 대역 내 최대 이득 값은 2.52-8.30 dBi로 분포한다.

그림 6는 제안된 안테나를 UAV의 몸체 밑면에 실장하여 7.5 GHz에서의 시뮬레이션된 방사패턴이다. 방사패턴은 주 선형편파를 기준으로 나타나 있다. UAV의 몸체 크기는 실제 UAV 모델과 유사하게 설계하였으며, 배면의 중심부에 안테나가 위치한다. 안테나의 패턴은 코니칼 패턴이며, 단일 안테나와 유사한 패턴 결과를 보인다.

IV. 결 론

본 논문에서는 인덕티브 라인을 이용한 UWB 다중 타원 패치 안테나를 제안하였다. 측정을 통해 안테나

의 성능을 검증하였으며, 측정된 -10 dB 이하 반사 계수 대역폭은 3.04-11.69 GHz이다. 제안된 안테나의 방사패턴은 코니칼 방사패턴을 나타내며, UAV모델에 적용된 안테나의 방사패턴 결과와도 유사하다. 동작 주파수 내 최대 이득 값은 2.52-8.30 dBi로 분포한다. 제안된 안테나는 UWB 대역인 3.1-10.6 GHz에서 동작하며, 향후 UAV에 적용한 UWB 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] A. A. Moses, "RADAR based collision avoidance for unmanned aircraft systems," Electronic These and dissertations, University of Denver, 2013.
- [3] R. K. Saraswat and M. Kumar, "A frequency band reconfigurable UWB antenna for high gain applications," *Progress in Electromagnetics Research B*, vol. 64, pp. 29-45, Nov. 2015.
- [4] S. Mondal and P. P. Sarkar, "Design of a extremely wideband planar elliptical metal antenna," *IEEE Antennas wireless propag. Lett.*, vol. 12, no. 1, pp. 1508-1511, Nov. 2013.
- [5] S. Lizhong and F. Qingyuan, "A conformal conical archimedean spiral antenna for UWB communications," *Chin. J. Electron.*, vol. 24, no. 2, pp. 402-407, Apr. 2015.