

원통형 구조물이 결합된 광대역 소형 모노콘 안테나

Electrically Small Wideband Monocone Antenna with Cylindrical Structures

금 교 승¹ · 최 재 훈²

Kyoseung Keum¹ · Jaehoon Choi²

요 약

본 논문에서는 원통형 구조물이 결합된 광대역 소형 모노콘 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 원통형 및 보조 원통형 구조물이 결합된 모노콘 방사체, 원형 디스크, 원형 디스크와 접지면을 연결하는 단락 핀으로 구성된다. 단락 핀을 원형디스크와 접지면에 부착시킴으로써 저주파 대역을 확장하였으며, 모노콘 방사체에 원통형 구조물과 보조 원통형 구조물을 부착시킴으로써 중간대역, 고주파 대역의 임피던스 매칭 특성을 향상시켰다. 제안된 안테나는 경량화를 위해 3D 프린터를 이용하여 제작하였으며, 안테나 표면에 도체 페인트를 분사하여 코팅 처리하였다. 제안된 안테나의 -10 dB 임피던스 대역폭은 0.52 GHz~ 2.22 GHz이며, 모노폴 형태의 방사패턴을 가진다.

Abstract

In this paper, an electrically small wideband monocone antenna with cylindrical structures is proposed. The proposed antenna consists of a monocone radiator with cylindrical and sub-cylindrical structures, a circular disk, and shorting pins connecting the circular disk and the ground plane. By attaching the shorting pins from the circular disk to the ground plane, the low-frequency band is expanded, and by attaching cylindrical and sub-cylindrical structures to the monocone radiator, the impedance matching characteristics in the middle-and high-frequency bands are improved. The proposed antenna was manufactured using a 3D printer to reduce the weight, and the surface of the antenna was coated by spraying the conductive point. The proposed antenna had a -10 dB impedance bandwidth ranging from 0.52 GHz to 2.22 GHz and a monopole-like radiation pattern.

Key words: Wideband Antenna, Monocone Antenna, Capacitive Element

I. 서 론

최근, 드론과 같은 무인 항공기(unnamed aerial vehicle: UAV) 시장이 확대됨에 따라 전방향성 방사패턴 및 광대역 특성을 갖는 모노콘 안테나에 대한 연구가 활발히 진

행되고 있다. UAV용 안테나가 제한된 공간 내에 장착되기 위해서는 작은 크기와 광대역 특성이 요구되며, 탑재 하중 용량을 충족시키기 위해 경량화가 요구된다^[1]. 안테나 소형화를 위해 페라이트 물질을 사용하거나^[2], 저항 소자를 연결하는 방법이 사용되었으나^[3] 방사 효율이 줄

「이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2018-0-00732, 밀리미터파 대역 5G 단말용 배열안테나의 병목기술 해결을 위한 기초 연구).」

한양대학교 융합전자공학부(Department of Electronic Engineering, Hanyang University)

1: 박사과정(<https://orcid.org/0000-0001-6301-8230>), 2: 교수(<https://orcid.org/0000-0003-0596-7934>)

· Manuscript received October 12, 2021 ; Revised October 23, 2021 ; Accepted November 3, 2021. (ID No. 20211012-090)

· Corresponding Author: Jaehoon Choi (e-mail: choijh@hanyang.ac.kr)

어드는 단점이 있다. 보편적으로는 안테나 상부의 가장자리 부분을 단락 핀으로 접지면에 연결하는 방법을 사용한다. 안테나의 대역폭 향상을 위해서 안테나 주변에 기생 슬리브를 놓는 방법^[4], 급전부에 유전체를 부착하는 방법^[5], 모노콘 방사체 상부에 간격을 두고 도체판을 위로 올리는 방법^[6], 단락핀과 링 슬롯을 이용한 방법^[7] 등 다양한 광대역화 연구가 진행되었다.

본 논문에서는 원통형 구조물이 결합된 광대역 소형 모노콘 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 기존의 단락핀과 링 슬롯을 이용한 안테나에 원통형/보조 원통형 구조물을 추가로 장착하여 모노콘 방사체의 크기가 소형화 되었으며, 더 넓은 비대역폭을 가지게 된다. 단락 핀으로 원형 디스크와 접지면을 서로 연결함으로써 저주파 대역을 확장하였으며, 원통형 구조물을 통해 중간 대역의 임피던스 특성을, 보조 원통형 구조물을 통해 고주파 대역의 임피던스 특성을 개선하였다. 제안된 안테나는 상용 시뮬레이션 툴(Ansys 社 HFSS)을 사용하여 설계 및 모의 실험을 진행하였으며, 측정을 통해 안테나의 성능을 검증하였다.

II. 안테나 설계

그림 1은 제안된 안테나의 구조를 나타낸다. 모노콘 방사체는 두 개의 원통형 구조물과 두 개의 보조 원통형 구조물이 결합된 구조를 가진다. 고주파 대역 공진을 형성하는 커패시턴스와 인덕턴스를 조절하기 위해 원통형 및 보조 원통형 구조물의 반지름과 접지면 사이의 간격을 최적화 하였다. 원형 디스크는 모노콘 방사체 상부에 부착되어 있으며, 두 개의 단락 핀을 통해 접지면과 연결된다. 두 개의 단락 핀은 모노콘 방사체에 부착된 원통형 구조물과 직각을 이루는 위치에 세워져 있다. 안테나 크기 변동 없이 대역폭을 향상시키기 위해 원형 디스크의 반지름을 고정시켰다. 원형 디스크의 크기가 고정되었으므로, 저주파 공진을 이루는 커패시턴스도 고정된다. 따라서, 저주파 공진을 이루는 인덕턴스를 최적화하기 위해 단락 핀 반지름의 크기를 조절하였다. 링 슬롯을 추가함으로써 저주파 대역에서는 인덕턴스 성분이, 고주파 대역에서는 커패시턴스 성분이 강해진다. 이러한 특성을 갖는

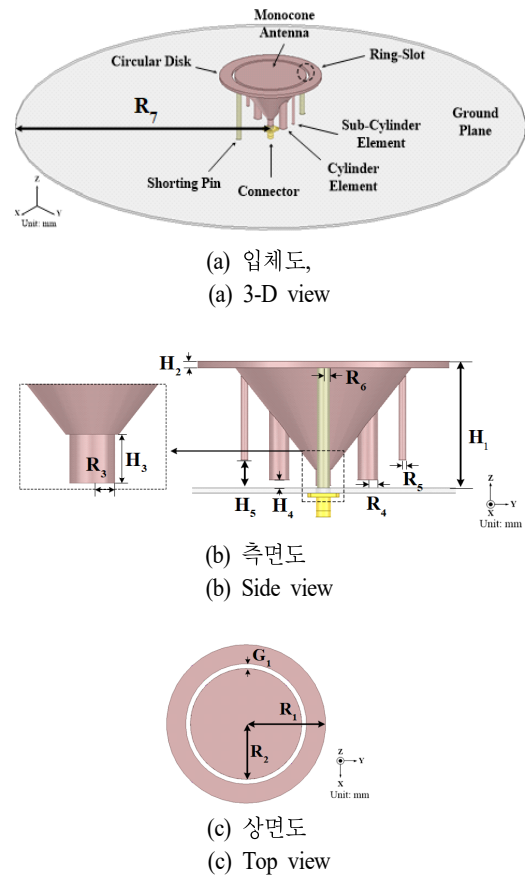


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Configuration of the proposed antenna.

링 슬롯의 간격을 최적화함으로써, 각 대역의 두 성분 사이의 균형을 맞추어 고주파대역의 임피던스 매칭 특성을 향상시켰다. 제안된 안테나는 3D 프린터를 통해 제작되었으며, 제작 이후 도체 스프레이를 이용하여 안테나 표면을 금속 페인트로 코팅하였다. 접지면은 실제 UAV 사시의 그라운드 크기를 고려하여 250 mm의 반지름을 갖는 원형 도체 평판으로 제작되었으며, 중앙의 SMA 커넥터를 통해 급전된다. 안테나의 설계 파라미터 값은 표 1에

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

Parameter	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
Value(mm)	50.8	35.6	3.05	4.1	1.53	2.6	250
Parameter	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	G_1	
Value(mm)	49.5	2.54	6.44	3.4	11.4	3	

정리되어 있다. 제안된 안테나는 최저 동작 주파수 기준 0.086λ 크기의 지름을, 0.088λ 크기의 높이를 가진다.

III. 안테나 분석

단락 핀, 원통형 구조물, 보조 원통형 구조물의 매칭 영향을 분석하기 위해 Ref. 1(원형 디스크가 부착된 모노콘), Ref. 2(단락 핀, 원형 디스크가 부착된 모노콘), Ref. 3(단락 핀, 원형 디스크, 원통형 구조물이 부착된 모노콘)와 제안된 안테나의 반사계수를 비교하여 그림 2에 나타내었다. 단락 핀을 통해 저주파 대역이 확장되었으며, 원통형 구조물을 통해 중간대역의 매칭성능이 개선되었다. 보조 원통 구조물을 추가함으로써 고주파 대역의 매칭성능을 향상시켜 안테나 대역폭이 향상된 것을 확인할 수 있다.

그림 3은 Ref. 1, Ref. 2, Ref. 3 및 제안된 안테나의 입력 임피던스 시뮬레이션 결과이다. 단락 핀과 원형 디스

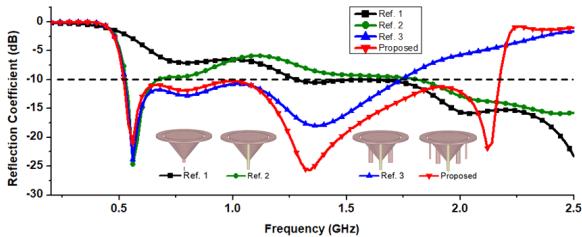


그림 2. Ref. 1, Ref. 2, Ref. 3 및 제안된 안테나의 반사계수 시뮬레이션 결과

Fig. 2. Simulated reflection coefficients of Ref. 1, Ref. 2, Ref. 3, and the proposed antenna.

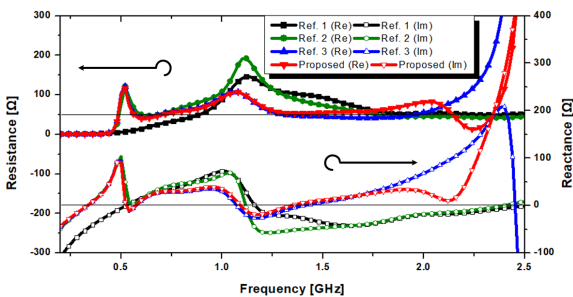


그림 3. Ref. 1, Ref. 2, Ref. 3 및 제안된 안테나의 입력 임피던스 시뮬레이션 결과

Fig. 3. Simulated input impedance of Ref. 1, Ref. 2, Ref. 3, and the proposed antenna.

크가 반공진을 형성하여^[8] 0.5 GHz 부근 저주파 대역이 확장되었음을 확인할 수 있다. 또한, 접지면과의 커패시턴스, 구조물 자체의 인덕턴스 성분을 모두 가지고 있는 원통 및 보조 원통형 구조물을 추가하여 중간, 고주파 대역의 임피던스 매칭 성능이 개선되었으며, 최적화를 통해 안테나의 임피던스 대역폭이 확장되었다. 최종 제안된 안테나의 -10 dB 반사계수 대역폭은 0.52~2.16 GHz이다.

IV. 측정 결과

그림 4는 제안된 안테나의 제작 사진이다. 제안된 안테나는 3D 프린터를 이용하여 제작되었으며, 안테나 표면에 전도성 스프레이(Super shield 社, 841-340G)를 분사하여 표면을 코팅 처리하였다.

그림 5는 제안된 안테나의 반사계수 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸다. 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 -10 dB 반사계수 대역폭은 각각 0.52~2.16 GHz, 0.52



(a) 입체도 (a) 3-D view (b) 상면도 (b) Top view

그림 4. 제안된 안테나 제작 사진

Fig. 4. Photograph of the proposed antenna.

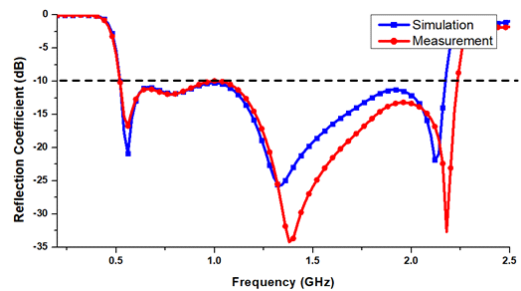


그림 5. 제안된 안테나의 반사계수 시뮬레이션 및 측정 결과

Fig. 5. Simulated and measured reflection coefficients of the proposed antenna.

~2.22 GHz이다.

그림 6은 제안된 안테나의 0.56 GHz, 1.36 GHz, 2.12 GHz에서의 E-평면(xz평면) 및 H-평면(xy평면) 방사패턴 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸다. 측정 방사패턴은 시뮬레이션 결과와 유사하지만, 안테나 상단부와 하단부에서 오차가 일부 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이는 안테나 제작 시 커넥터가 설계 수치보다 조금 높게 위치하게 되어 안테나의 급전부 위치가 높아져 발생된 것으로 보인다. E-평면에서 모노폴 형태의 방사패턴을, H-평면에서는 전방향성 방사패턴임을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 원통형 구조물을 이용한 광대역 소형 모노콘 안테나를 제안하였다. 측정을 통해 안테나의 성능을 검증하였으며, 측정된 -10 dB 반사계수 대역폭은 0.52 GHz~2.22 GHz이다. 제안된 안테나는 최저 동작 주파수 기준 0.086 λ 크기의 지름을, 0.088 λ 크기의 높이를 가지며, 동작 대역에서 모노폴 형태의 방사패턴을 가진다. 따라서, 제안된 안테나는 넓은 임피던스 대역폭과 함께 우수한 방사특성을 가지므로 향후 UAV 안테나로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

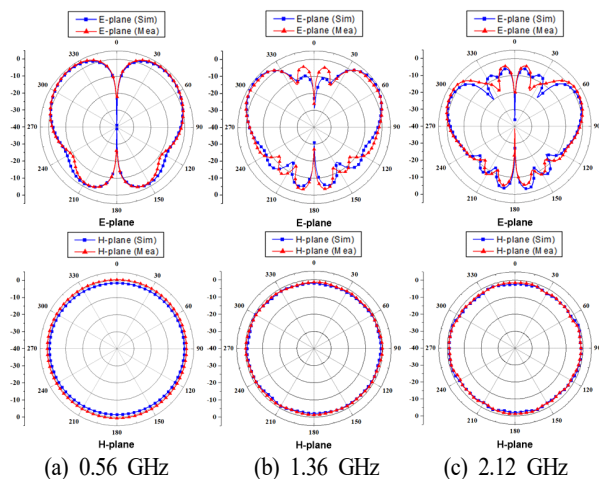


그림 6. 제안된 안테나의 방사패턴 시뮬레이션 및 측정 결과

Fig. 6. Simulated and measured radiation patterns of the proposed antenna.

References

- [1] S. Lee, S. Kim, Y. Park, and J. Choi, "A 3D-printed tapered cavity-backed flush-mountable ultra-wideband antenna for UAV," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 155612-155619, Oct. 2019.
- [2] H. Moon, G. Lee, C. Chen, and J. Volakis, "An extremely low-profile ferrite-loaded wideband VHF antenna design," *IEEE Antennas Wireless and Propagation Letters*, vol. 11, pp. 322-325, Mar. 2012.
- [3] Y. Yu, J. Li, "Analysis of electrically small size conical antennas," *Progress in Electromagnetics Research*, vol. 1, pp. 85-92, 2008.
- [4] Z. Zhang, G. Fu, W. Wu, J. Lei, and S. Gong, "A wideband dual-sleeve monopole antenna for indoor base station application," *IEEE Antennas Wireless and Propagation Letters*, vol. 10, pp. 45-48, Jan. 2011.
- [5] S. Palud, F. Colombel, M. Himdi, and C. Meins, "A novel broadband eighth-wave conical antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 56, no. 7, pp. 2112-2116, Jul. 2008.
- [6] M. Koohestani, J. Zürcher, A. Moreira, and A. Skrivervik, "A novel, low-profile, vertically-polarized UWB antenna for WBAN," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 62, no. 4, pp. 1888-1894, Apr. 2014.
- [7] L. Yang, Z. Xing, S. Xu, D. Zhang, and Y. Li, "Design of a 3D top-loaded low-profile sleeve antenna for UAV applications," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 34718-64724, Apr. 2020.
- [8] K. Lau, P. Li, and K. Luk, "A monopolar patch antenna with very wide impedance bandwidth," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 53, no. 3, pp. 1004-1010, Mar. 2005.