

광대역 특성을 갖는 3층형 소형 모노콘 안테나

Electrically Small 3-Stage Monocone Antenna with Wideband Characteristics

최준모¹ · 오영균^{2*} · 최재훈³ · 정경영⁴Junmo Choi¹ · Youngkyun Oh^{2*} · Jaehoon Choi³ · Kyung-Young Jung⁴

요 약

본 논문에서는 광대역 특성을 갖는 3층형 소형 모노콘 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 3층형 모노콘 방사체, 방사체 상부에 위치한 원형 디스크, 접지면과 원형디스크를 잇는 단락 핀, 그리고 기생 구조물로 구성된다. 모노콘 방사체를 3층으로 나눔으로써 상위대역 매칭 성능을 향상시켰으며, 원형디스크에 링 슬롯을 삽입함으로써 중간대역의 임피던스 매칭 특성을 향상시켰다. 단락 핀을 이용하여 저주파 대역을 확장시켰으며, 기생 구조물을 접지면에 부착시킴으로써 중간대역의 임피던스 매칭 특성이 더욱 향상되었다. 제안된 안테나의 -10 dB 임피던스 대역폭은 0.98 GHz~ 11.1 GHz이며, 모노폴과 유사한 방사패턴을 가진다.

Abstract

In this study, an electrically small 3-stage monocone antenna with wideband characteristics is proposed. The proposed antenna consists of a 3-stage monocone radiator, a circular disk located above the radiator, shorting pins connecting the circular disk and the ground plane, and parasitic structures. The impedance matching characteristics in the high-frequency band are improved by dividing the monocone radiator into three stages. The insertion of a slot in the circular disk improves the mid-frequency band performance. The low-frequency band is expanded by using shorting pins. In addition, by attaching parasitic structures to the ground plane, the impedance-matching characteristics in the mid-frequency band are further improved. The proposed antenna has a -10 dB impedance bandwidth ranging from 0.98 to 11.1 GHz and a monopole-like radiation pattern.

Key words: Wideband Antenna, Monocone Antenna, Parasitic Structure

I. 서 론

군용, 상업 그리고 상용 무선 통신 시스템의 급속한 발전에 따라, 전방향성 방사패턴을 갖는 모노콘 안테나의

소형화 및 광대역 연구가 활발히 진행되고 있다. 모노콘 안테나 소형화를 위한 방법으로, 저항소자를 안테나와 접지면 사이에 연결하거나^[1], 페라이트 물질을 부착하는^[2] 방법이 있다. 이 방법들은 효과적으로 저주파 대역을 확

「본 논문은 산업통상자원부가 전담하는 “소재부품기술개발사업 - 소재부품패키지형 사업개발 5G 통합 초광대역 커넥티드카용 안테나 모듈 및 광대역 커넥터 개발(20016522) 사업의 지원을 통하여 작성되었음.”

한양대학교 융합전자공학과(Department of Electronic Engineering, Hanyang University)

*위너콤 개발부문(Winnercom Development Division)

1: 석 · 박통합과정(<https://orcid.org/0000-0003-0357-4432>), 2: 리더(<https://orcid.org/0000-0002-0525-8006>),

3: 명예교수(<https://orcid.org/0000-0003-0596-7934>), 4: 정교수(<https://orcid.org/0000-0002-7960-3650>)

· Manuscript received October 25, 2022 ; Revised November 11, 2022 ; Accepted December 3, 2022. (ID No. 202221025-088)

· Corresponding Author: Kyung-Young Jung (e-mail: kjung3@hanyang.ac.kr)

보할 수 있지만, 저항소자를 이용한 방법은 안테나의 방사 효율이 줄어든다는 단점이 있으며, 페라이트를 이용한 방법은 가격이 매우 비싸다는 단점이 있다. 모노콘 안테나의 대역폭 향상을 위한 방법으로는 안테나 급전부 주위에 유전체로 감싸는 방법^[3], 안테나 주변에 원형 슬리브를 배치시키는 방법^[4], 방사체에 구조물을 부착시키는 방법^[5], 방사체 상부에 간격을 두고 위에 도체판을 두는 방법^[6] 등이 있다.

본 논문에서는 광대역 특성을 갖는 3층형 소형 모노콘 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 3층형 모노콘 방사체와 원형 디스크, 단락 핀, 기생 구조물로 구성되어 있다. 모노콘 방사체를 3층으로 나누어 방사체와 접지면 사이의 간격을 조절함으로써 상위대역을, 원형 디스크에 링 모양의 슬롯을 추가함으로써 중간대역의 임피던스 매칭 특성을 향상시켰다. 그리고 원형 디스크와 접지면 사이에 단락 핀을 연결함으로써 저주파 대역을 확장시켰으며, 마지막으로 기생소자를 중간대역의 매칭 특성을 보다 더 향상시켰다.

II. 안테나 설계

그림 1은 제안된 안테나의 구조를 나타낸다. 제안된 안테나는 접지면 중앙에 위치한 급전 커넥터를 통해 3층형 모노콘 방사체로 급전된다. 원형디스크와 접지면 사이를 4개의 단락 핀으로 연결하였으며, 접지면 위에 4개의 기생 구조물을 위치시켰다. 일반적으로 모노콘 안테나는 진행파를 형성하여 광대역 특성을 가지며, 방사체와 접지면 사이의 간격을 조절하여 대역별 임피던스 매칭 특성을 변화시킬 수 있다. 급전부로부터 가까울수록 고주파 대역의 임피던스 매칭 특성을, 가장자리에 가까울수록 저주파 대역의 매칭 특성을 변화시킬 수 있다. 그림 1(b)에서 보듯이, 모노콘 방사체를 3층으로 나누어 각 층의 높이 및 반지름을 조절하여 안테나 동작 주파수 상위대역의 임피던스 매칭특성을 최적화시켰다. 그리고 원형 디스크에 링 슬롯을 추가함으로써 중간대역의 임피던스 매칭 특성을 안정화시켰으며, 안테나 소형화를 위해, 원형 디스크와 접지면 사이를 단락 핀으로 연결하여 저주파 대역을 확장시켰다. 마지막으로, 기생 구조물을 접지면에 부착하여

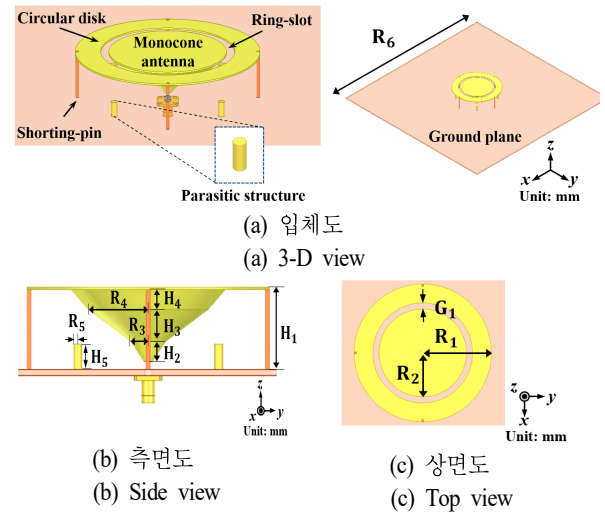


그림 1. 제안된 안테나의 구조

Fig. 1. Configuration of the proposed antenna.

표 1. 제안된 안테나의 최적화된 설계 파라미터

Table 1. Optimized design parameters of the proposed antenna.

Parameter	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
Value (mm)	55	35	8	27	2	400
Parameter	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	G_1
Value (mm)	25	6	10	6	9	5

중간대역의 임피던스 매칭 특성을 추가적으로 향상시켰다. 제안된 안테나의 경량화를 위해 안테나 방사체와 기생 구조물은 3D 프린터(poly lactic acid 소재)를 이용하여 제작되었으며, 도체 스프레이를 이용하여 금속 코팅(니켈 소재)하였다. 제안된 안테나의 설계 파라미터값은 표 1에 정리되어 있다. 제안된 안테나는 최저 동작 주파수 기준 0.180λ 크기의 반지름, 0.082λ 크기의 높이를 가진다.

III. 안테나 분석

모노콘 방사체의 각 층의 기울기에 따른 반사계수 변화를 분석하기 위해 그림 2와 같이 안테나 방사체를 3개의 층으로 나눈 후, 1, 3번째 층에 동일한 R, H 변수를 설정하여 R, H 값 변화에 따른 반사계수 변화 시뮬레이션을 진행하였다. 방사체 각층의 기울기가 모두 동일한(방사체

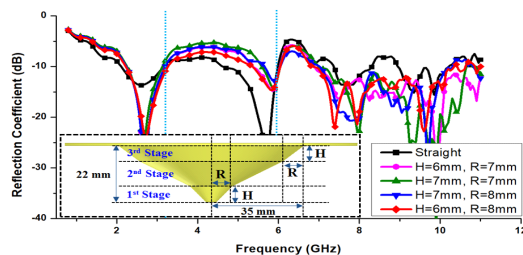


그림 2. 3층형 모노콘 방사체의 R , H 변화에 따른 반사계수 시뮬레이션 결과

Fig. 2. Simulated reflection coefficients of 3-stage monocone radiator with various R and H .

모선이 직선인) 경우, 하늘색 점선 사이의 대역에서는 비교적 좋은 성능을 보여주지만, 8 GHz 이상 대역에서는 매칭 특성이 급격히 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 하늘색 점선 사이의 대역의 매칭 성능은 링 슬롯 및 기생 구조물을 통해 개선이 가능하므로 이 대역에서 가장 좋은 성능을 보여준 변수값($H=6$ mm, $R=8$ mm)을 선정하였다.

링 슬롯, 단락 핀, 기생 구조물의 임피던스 매칭 영향을 분석하기 위해 참고문헌 [1](3층형 모노콘), 참고문헌 [2](링 슬롯이 추가된 3층형 모노콘), 참고문헌 [3](단락 핀, 링 슬롯이 추가된 3층형 모노콘)과 제안된 안테나의 반사계수를 비교하여 그림 3에 나타내었다. 먼저, 링 슬롯을 통해 하늘색 점선 사이의 대역이 크게 개선되었다. 여기에 단락 핀을 추가함으로써 단락 핀의 인덕턴스 성분과 원형 디스크의 커패시턴스 성분이 병렬 공진을 형성^[7]하여 1 GHz 부근에 저주파 대역을 확장하였음을 확인할 수 있다. -10 dB 반사계수를 만족하지 못하는 4 GHz 대역 부근은 기생 구조물을 통해 안테나 방사체와 접지면 사

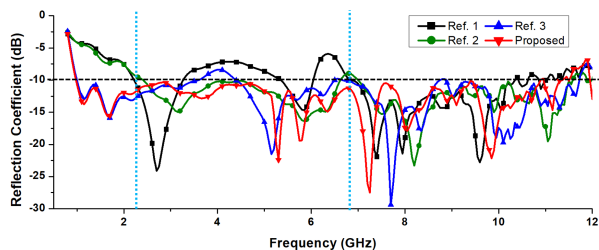


그림 3. 참고문헌 [1], 참고문헌 [2], 참고문헌 [3] 및 제안된 안테나의 반사계수 시뮬레이션 결과

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

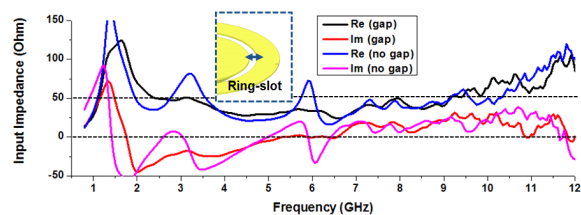


그림 4. 링 슬롯 유무에 따른 입력 임피던스 특성 시뮬레이션 결과

Fig. 4. Simulated input impedance characteristics with and without ring-slot.

이의 간격을 조절하여 개선되었음을 확인할 수 있다. 제안된 안테나의 -10 dB 반사계수 대역폭은 0.98 GHz~11.34 GHz이다.

그림 4는 모노콘 방사체에 링 슬롯 추가 유무에 따른 입력 임피던스 특성 시뮬레이션 결과이다. 링 슬롯이 없는 경우, 특정 주파수 부근에서 크게 솟거나 낮아지는 특성을 가지지만, 링 슬롯을 추가할 경우에는 비교적 안정적인 입력 임피던스 특성 결과를 보여준다. 이러한 특성을 갖는 링 슬롯의 간격을 최적화함으로써 중간 대역의 임피던스 매칭 성능을 향상시켰다.

IV. 측정 결과

그림 5는 제안된 안테나의 제작 사진이다. 제안된 안테나는 3D 프린터를 이용하여 제작되었다. 안테나 표면에 전도성 스프레이를 분사하여 안테나 및 기생 구조물의 표면을 금속 코팅 처리하였다.

그림 6은 제안된 안테나의 반사계수 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸다. 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 -10 dB 반사계수 대역폭은 각각 0.98 GHz~11.34

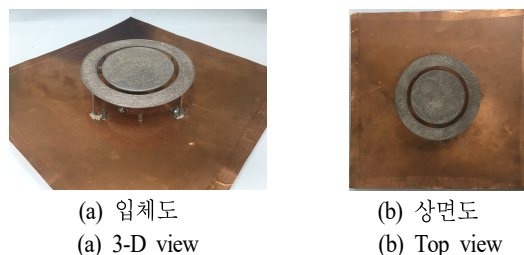


그림 5. 제안된 안테나 제작 사진

Fig. 5. Photograph of the proposed antenna.

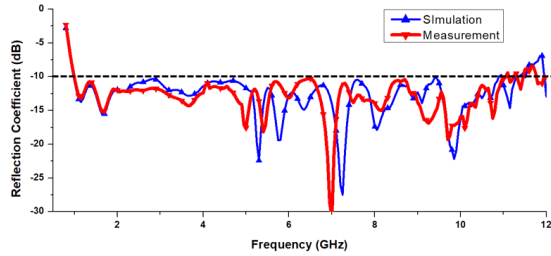


그림 6. 제안된 안테나의 반사계수 시뮬레이션 및 측정 결과

Fig. 6. Simulated and measured reflection coefficients of the proposed antenna.

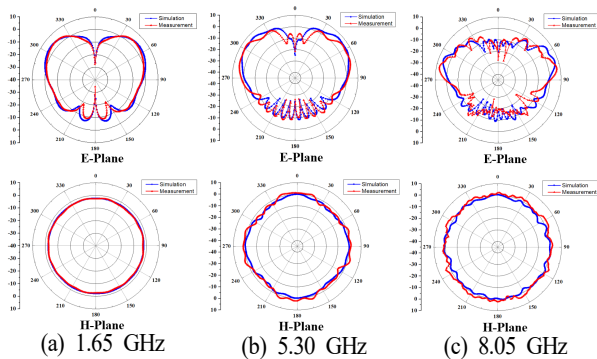


그림 7. 제안된 안테나의 방사패턴 시뮬레이션 및 측정 결과

Fig. 7. Simulated and measured radiation patterns of the proposed antenna.

GHz, 0.98 GHz~11.1 GHz이다.

그림 7은 제안된 안테나의 1.65 GHz, 5.3 GHz, 8.05 GHz 에서의 E-평면(xz평면) 및 H-평면(xy평면) 방사패턴 시뮬레이션 및 측정 결과를 나타낸다. 측정 방사패턴은 시뮬레이션 결과와 유사한 방사패턴을 보여준다. E-평면에서는 모노폴 형태의 방사패턴을, H-평면에서는 전방향성 방사패턴을 확인할 수 있다. 안테나의 방사효율은 동작대역에서 60 %~93 %이며, 7 GHz에서 최대 93 %로 나타났다.

V. 결 론

본 논문에서는 3층형 모노콘 방사체를 이용한 광대역 소형 모노콘 안테나를 제안하였다. 측정된 -10 dB 반사계수 대역폭은 0.98 GHz~11.1 GHz이며(비대역폭: 167

.5 %), 최저 동작 주파수 기준 0.180λ 크기의 반지름, 0.082λ 크기의 높이를 가진다. 또한, 동작 대역에서 모노폴 형태의 방사패턴을 가지며, 3D 프린터를 통해 안테나를 제작하여 경량화하였다. 따라서, 제안된 안테나는 넓은 임피던스 대역폭과 더불어 소형화 특성을 가지므로, 향후 군용 및 상용 무선통신 통신 시스템용 안테나로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

References

- [1] Y. Yu, J. Li, "Analysis of electrically small size conical antennas," *Progress in Electromagnetics Research Letters*, vol. 1, pp. 85-92, 2008.
- [2] H. Moon, G. Y. Lee, C. 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] S. Palud, F. Colombel, M. Himdi, and C. Le Meins, "A novel broadband eighth-wave conical antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 56, no. 7, pp. 2112-2116, Jul. 2008.
- [4] K. S. Keum, Y. M. Park, and J. H. Choi, "A low-profile wideband monocone antenna using bent shorting strips," *Applied Sciences*, vol. 9, no. 9, p. 1896, May 2019.
- [5] K. Keum, J. Choi, "Electrically small wideband monocone antenna with cylindrical structures," *Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 32, no. 11, pp. 1023-1026, Nov. 2021.
- [6] M. Koohestani, J. F. Zürcher, A. A. Moreira, and A. K. 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] K. L. Lau, P. Li, and K. M. Luk, "A monopolar patch antenna with very wide impedance bandwidth," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 53, no. 2, pp. 655-661, Feb. 2005.