

변형된 접지면 구조를 이용한 대역폭 확장 특성을 갖는 보우-타이형 준-야기 안테나

Bow-Tie Quasi-Yagi Antenna with the Modified Ground Plane Structure for Bandwidth-Enhanced Characteristics

이지수 · 조제훈 · 최재훈 · 정경영

Jisu Lee · Jaehoon Cho · Jaehoon Choi · Kyung-Young Jung

요약

본 논문에서는 변형된 접지면 구조를 이용하여 대역폭 확장 특성을 갖는 보우-타이형 준-야기 안테나를 제안한다. 제안된 안테나의 접지면 구조는 접지면에 평행 결합 급전선 폭과 동일한 평행판 접지를 추가하여 임피던스 정합 성능을 향상시켰다. 이와 같은 간단한 접지면 변형 구조에 의한 추가적인 인덕턴스, 커패시턴스, 상호 인덕턴스 및 상호 커패시턴스 성분으로 임피던스 정합 특성이 개선되었다. 제안된 안테나의 측정결과, -10 dB 반사계수 대역폭은 30 %이며, 중심 주파수에서 7.7 dBi의 실현 이득을 가짐을 확인하였다.

Abstract

In this paper, a bow-tie quasi-Yagi antenna with a modified ground plane structure is proposed for wideband characteristics. The ground plane structure of the proposed antenna improved the impedance-matching characteristics by inserting a parallel plate ground with a width equal to the parallel-coupled feed line width. This simply modified ground plane structure can lead to an improvement in impedance matching by additional inductance, capacitance, mutual inductance, and mutual capacitance components. The proposed antenna has a -10 -dB reflection coefficient fractional bandwidth of 30 % and a realized gain of 7.7 dBi at the center frequency.

Key words: Quasi-Yagi Antenna, Wideband Antenna, Modified Ground Plane Structure

I. 서론

군사용, 항공용, 위성통신용 등으로 빈번하게 사용되는 UHF 신호(300 MHz~3 GHz)는 HF/VHF 신호(3 MHz~300 MHz) 신호에 비해 전파 도달 거리가 상대적으로 제한되기 때문에 고이득 안테나 특성^[1]이 요구된다. 따라서

복사기, 반사기, 도파기로 이루어진 야기-우다(Yagi-Uda) 안테나는 고이득 특성을 가지므로 UHF 대역에서 널리 사용되고 있다. 한편, 평면형 기판^{[2],[3]}을 이용한 준-야기 안테나^{[4]~[9]}는 금속만으로 이루어진 야기-우다 안테나에 비해 제작이 용이하며 소형화가 가능하다. 일반적인 야기-우다 안테나와 준-야기 안테나는 협대역 동작 특성을 가

한양대학교 융합전자공학과(Department of Electronic Engineering, Hanyang University)

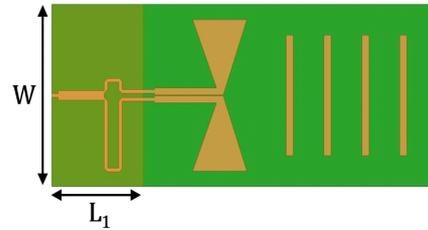
· Manuscript received November 20, 2022 ; Revised December 10, 2022 ; Accepted January 4, 2023. (ID No. 20221120-094)

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

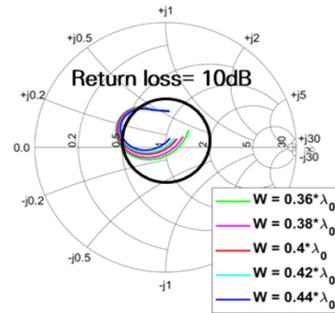
지므로, 광대역 신호 수집에 활용하기 위해서는 대역폭 확장 기술 적용이 필요하다. 일반적으로 준-야기 안테나의 대역폭 확장기법은 보우-타이형태의 복사기를 이용하는 방법이 일반적으로 적용되고 있다^{[7]~[9]}. 보우-타이 복사기 형태를 변형한 참고문헌 [7]에서는 안테나의 대역폭을 확장시킨 반면, 고이득 특성을 만족시키지 못하였다. 또한 참고문헌 [8] 및 참고문헌 [9]에서는 복사기를 보우-타이형태로 이용하고, 도파기의 형태를 변형하여 대역폭 확장을 하였지만, 도파기의 폭이 매우 증가하여 고이득 특성 구현을 위한 다단 도파기를 적용하기에는 한계가 있다. 본 논문에서는 다단 도파기를 사용하여 고이득 특성을 구현하였으며, 보우-타이형태의 복사기와 반사기 접지면 형태를 변형한 추가적인 정합구조를 적용하여 대역폭을 확장하였다.

II. 안테나 설계

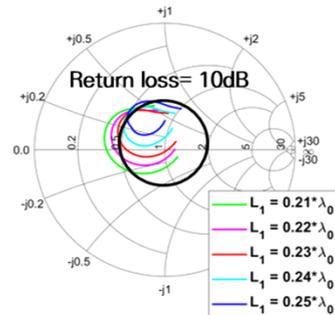
본 연구에서는 FR-4 기판(상대 유전율: 4.4, 손실탄젠트: 0.02, 기판 높이: 3.2 mm)을 이용하여 보우-타이형 준-야기 안테나를 설계하였다. 그림 1(a)는 보우-타이형 복사기와 4단 도파기를 적용한 일반적인 준-야기 안테나의 구조를 나타낸다. 한편, 준-야기 안테나 구조는 발룬 구조이지만 접지면이 존재하여, 복사기와 도파기 구조의 유효 유전율은 마이크로스트립 구조의 유효 유전율과 다르므로, 참고논문 [10]에서 제안된 접지면이 없는 구조에 대한 유효 유전율을 사용하였다. 안테나의 접지면 폭(W)에 따른 임피던스 정합특성을 그림 1(b)에 도시하였다. W 에 따른 임피던스 정합 성능 변화는 크게 일어나지 않았으며, 본 논문에서는 $0.4 \lambda_0$ 를 사용하였다(λ_0 : 최소 동작주파수 파장). 한편, 복사기와 반사기 사이의 거리는 임피던스 정합 특성변화에 영향을 주며^[11], 그림 1(c)는 접지면의 길이(L_1)에 따른 임피던스 정합 특성을 표시하였다. L_1 이 $0.23 \lambda_0$ 일 때 임피던스 정합 특성이 가장 우수함을 확인할 수 있으며, -10 dB 반사계수 비대역폭은 약 9%이다. 본 논문에서는 간단한 접지면 변형 구조를 이용하여 보우-타이형 준-야기 안테나의 대역폭을 확장시켰다. 그림 2와 같이 평행 결합 급전선 폭과 동일한 평행판 접지를 추가하여 결합 평행판 구조를 구현하였으며, 접지면의



(a) 정면도
(a) Front view



(b) W 에 따른 스미스차트
(b) Smith chart versus W



(c) L_1 에 따른 스미스 차트
(c) Smith chart versus L_1

그림 1. 일반적인 보우-타이형 준-야기 안테나
Fig. 1. Conventional bow-tie quasi-Yagi antenna.

길이(L_2)와 결합 평행판 길이(H)를 조절하여 임피던스 정합 특성을 개선하였다. 그림 3에서 볼 수 있듯이, 각 변수의 최적값은 L_2 는 $0.18 \lambda_0$ 이며, H 는 $0.07 \lambda_0$ 이다. 최적의 변수값을 적용한 -10 dB 반사계수 대역폭은 약 28%임을 확인하였다.

결합 평행판 구조의 등가회로를 ANSYS Q3D를 이용하여 추출하였으며, 그림 4에서 보는 바와 같이 결합 평행판 길이에 해당하는 인덕턴스(L_1, L_2), 결합 평행판 사이

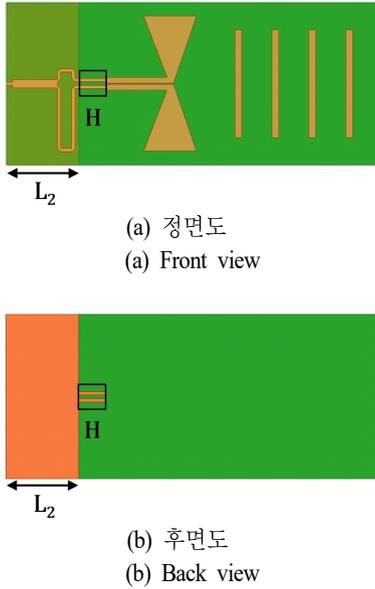


그림 2. 제안된 보우-타이형 준-야기 안테나
Fig. 2. Proposed bow-tie quasi-Yagi antenna.

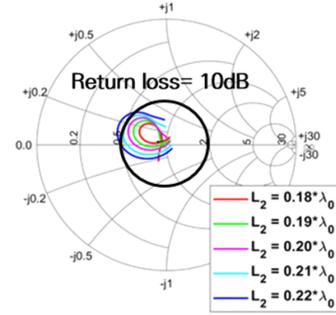
에서 발생하는 커패시턴스(C_1, C_2), 상호 커패시턴스 성분 (C_M), 상호 인덕턴스 결합 계수(k)를 이용하여 등가적으로 구성된다. 이 중 k 는 식 (1)과 같이 두 개의 인덕턴스와 상호 인덕턴스(M)로 표현될 수 있다.

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad (1)$$

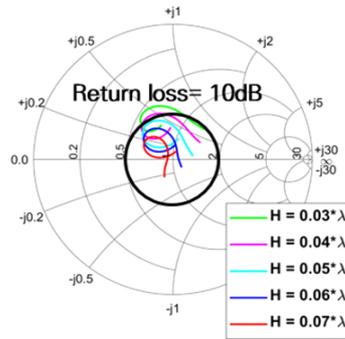
그림 5는 제안된 보우-타이형 준-야기 안테나 파라미터를 나타내는 구성도이며, 표 1에 각각의 파라미터에 대한 최적값을 표기하였다.

III. 제작 및 측정 결과

본 논문에서 제안하는 접지 구조 형태를 갖는 보우-타이형 준-야기 안테나를 제작하였다. 제작된 보우-타이형 준-야기 안테나를 그림 6과 같은 무반사실 환경에서 측정하였다. 그림 7은 안테나의 반사계수 모의실험 및 측정 결과를 나타내며, -10 dB 반사계수 비대역폭 모의실험 결과는 28 %이며, 측정 결과는 30 %임을 확인하였다. 그림 8은 $f_0, 1.125 f_0, 1.25 f_0$ 에서의 E-평면 및 H-평면 방사패턴 모의실험 및 측정 결과를 나타낸다. f_0 에서의 최대 실



(a) L_2 값에 따른 스미스차트
(a) Smith chart versus L_2



(b) H 값에 따른 스미스차트
(b) Smith chart versus H

그림 3. 제안된 보우-타이형 준-야기 안테나 반사계수 특성
Fig. 3. Reflection coefficient characteristics of the proposed bow-tie quasi-Yagi antenna.

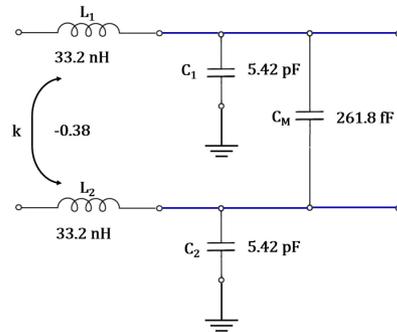


그림 4. 결합 평행판 구조의 등가회로
Fig. 4. Equivalent circuit of the coupled parallel plate.

현 이득 모의실험 결과는 7.3 dBi, 측정 결과는 7.2 dBi이고, $1.125 f_0$ 에서의 최대 실현 이득 모의실험 결과는 7 dBi, 측정 결과는 7.7 dBi이다. 마지막으로, $1.25 f_0$ 에서의 최대

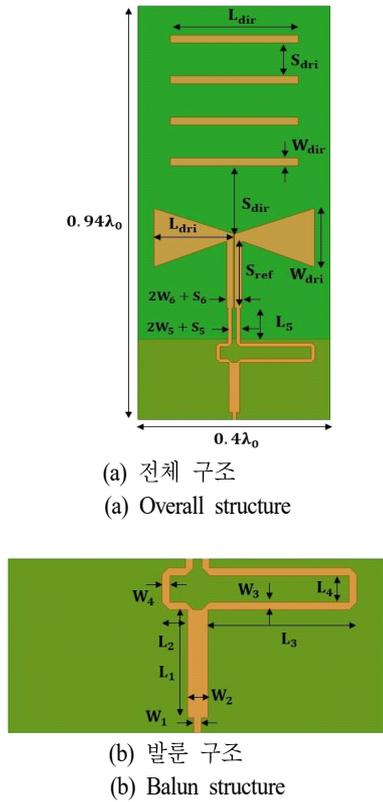


그림 5. 제안된 보우-타이형 준-야기 안테나 파라미터
Fig. 5. Proposed bow-tie quasi-Yagi antenna parameters.

실현 이득 모의실험 결과는 8.2 dBi, 측정 결과는 7.8 dBi 이다. 측정 반사계수 및 방사패턴은 모의실험 결과와 유사함을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 간단한 접지면 변형 구조를 이용하여 대역폭 확장 특성을 갖는 보우-타이형 준-야기 안테나를

표 1. 제안된 안테나의 최적화된 설계 파라미터
Table. 1. Optimized design parameters of the proposed antenna.

Parameter	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_{dri}	W_{dir}
Value	$0.008 \lambda_0$	$0.021 \lambda_0$	$0.008 \lambda_0$	$0.008 \lambda_0$	$0.008 \lambda_0$	$0.015 \lambda_0$	$0.133 \lambda_0$	$0.017 \lambda_0$
Parameter	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_{dri}	L_{dir}	
Value	$0.113 \lambda_0$	$0.027 \lambda_0$	$0.157 \lambda_0$	$0.028 \lambda_0$	$0.071 \lambda_0$	$0.165 \lambda_0$	$0.265 \lambda_0$	
Parameter	S_5	S_6	S_{ref}	S_{dri}	S_{dir}			
Value	$0.009 \lambda_0$	$0.003 \lambda_0$	$0.152 \lambda_0$	$0.155 \lambda_0$	$0.076 \lambda_0$			

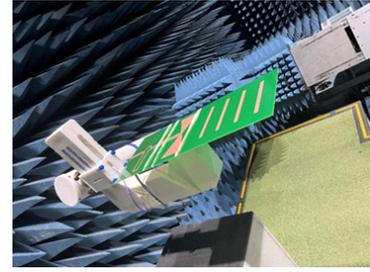


그림 6. 방사패턴 측정 셋업
Fig. 6. Radiation pattern measurement setup.

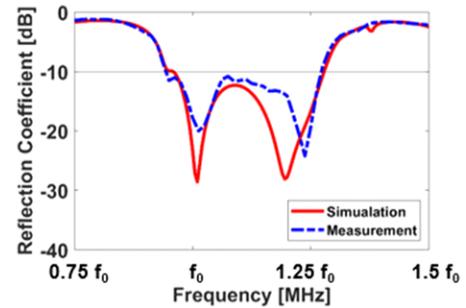


그림 7. 제안된 보우-타이형 준-야기 안테나 반사계수
Fig. 7. Reflection coefficients of the proposed bow-tie quasi-Yagi antenna.

제안하였다. 간단한 접지면 변형 구조를 적용한 제안된 보우 타이 형 준-야기 안테나는 접지면의 길이를 조절하고, 접지면에 평행 결합 급전선 폭과 동일한 평행판 접지 구조 연결을 통한 추가적인 인덕턴스, 커패시턴스, 상호 인덕턴스 및 상호 커패시턴스 성분을 이용하여 임피던스 정합 특성을 개선하였다. 측정된 -10 dB 반사계수 대역폭은 30 %이며, 기존 접지면 안테나 구조에 비해 약 20 % 향상되었다. 또한, 다단 도파기를 사용하여 제안된 보우 타이 형 준-야기 안테나의 고이득 특성을 구현하였으

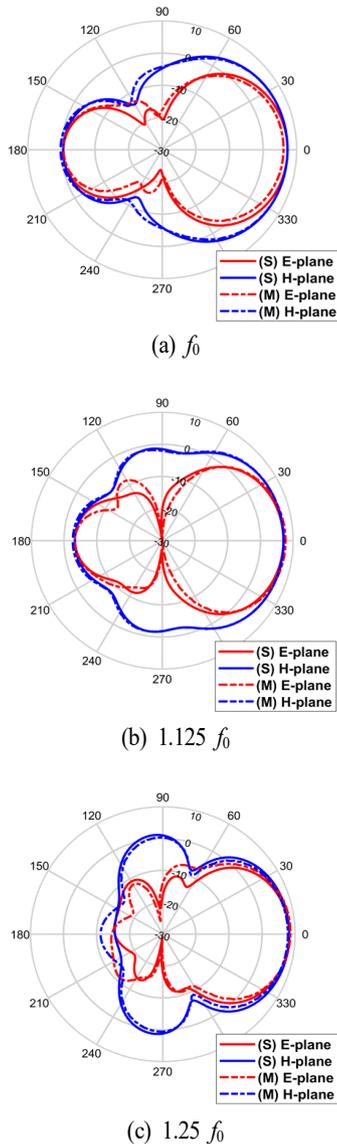


그림 8. 제안된 보우-타이형 준-야기 안테나 방사패턴
Fig. 8. Radiation pattern of the proposed bow-tie quasi-Yagi antenna.

며, f_0 에서 7.2 dBi, $1.125 f_0$ 에서는 7.7 dBi, $1.25 f_0$ 에서는 7.8 dBi의 실현 이득값을 가짐을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 안테나는 RFID(radio frequency identification)^[12], 실내 무선 전력 전송 시스템^[13] 등에 활용할 수 있으며, 더 나아가 배열 구조로 확장하여 고이득 특성을 요구하는 신호수집용 안테나, 선박, 항공기 등을 탐지하는 다기능 레이더^[14] 등에도 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] D. T. Phan, C. W. Jung, "Transparent liquid multiple- antenna array with a high gain and beam diversity for UHD TV applications," *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 22, no. 3, pp. 186-194, Apr. 2022.
- [2] H. Wang, Y. B. Park, and I. Park, "Reduced-size series-fed two-dipole endfire antenna," *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 22, no. 5, pp. 563-570, Sep. 2022.
- [3] S. Park, K. Y. Jung, "Novel compact UWB planar monopole antenna using a ribbon-shaped slot," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 61951-61959, Jun. 2022.
- [4] Y. Qian, W. R. Deal, N. Kaneda, and T. Itoh, "Microstrip-fed quasi-Yagi antenna with broadband characteristics," *Electronics Letters*, vol. 34, no. 23, pp. 2194-2196, Nov. 1998.
- [5] S. X. Ta, S. G. Kang, and I. Park, "Closely spaced two-element folded dipole driven quasi-Yagi array," *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 12, no. 4, pp. 254-259, Dec. 2012.
- [6] S. X. Ta, S. G. Kang, J. J. Han, and I. Park, "High-efficiency, high-gain, broadband quasi-Yagi antenna and Its array for 60-GHz wireless communications," *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 13, no. 3, pp. 178-185, Sep. 2013.
- [7] T. Zhao, Y. Xiong, X. Yu, H. Chen, M. He, and L. Ji, et al., "A broadband planar quasi-Yagi antenna with a modified bow-tie driver for multi-band 3G/4G applications," *Progress in Electromagnetics Research C*, vol. 71, pp. 59-67, Jan. 2017.
- [8] P. Wang, Z. Q. Cai, "A compact ultra-wideband planar printed bow-tie quasi-Yagi antenna with rhombus director and tapered CPS connection structure," *IETE Journal of Research*, vol. 64, no. 3, pp. 324-330, 2018.
- [9] J. I. Lee, J. Yeo, and J. T. Park, "Compact half bow-tie-type quasi-Yagi antenna for terrestrial DTV reception," *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation*

Society, vol. 14, no. 4, pp. 1908-1914, Apr. 2013.

[10] A. Abbosh, "Accurate effective permittivity calculation of printed center-fed dipoles and its application to quasi Yagi-Uda antennas," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, no. 4, pp. 2297-2300, Apr. 2013.

[11] H. J. Song, M. E. Bialkowski, and P. Kabacik, "Parameter study of a broadband uniplanar quasi-Yagi antenna," in *13th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications. MIKON- 2000. Conference Proceedings*, Wroclaw, May 2000, pp. 166-169.

[12] J. I. Lee, J. Yeo, and W. S. Baek, "Design of a compact

quasi-Yagi antenna for portable RFID reader," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 20, no. 1, pp. 15-21, Jan. 2016.

[13] M. H. Abdullah, A. Marzuki, and M. T. Mustafa, "Design of unlicensed dual band quasi-Yagi antenna using semi-bowtie for indoor wireless power transfer application," *Journal of Communications*, vol. 16, no. 12, pp. 535-544, Dec. 2021.

[14] S. Kim, J. Han, Y. Jang, and J. Choi, "A compact VHF/UHF band quasi-Yagi antenna for multifunction radar applications," *Microwave and Optical Technology Letter*, vol. 60, no. 10, pp. 2525-2530, Sep. 2018.

이 지 수 [한양대학교/석·박사통합과정]

<https://orcid.org/0000-0001-6875-0949>



2019년 8월: 서경대학교 전자공학과 (공학사)
 2019년 8월~현재: 한양대학교 융합전자공학과 석·박사통합과정
 [주 관심분야] 안테나 설계

최 재 훈 [한양대학교/명예교수]

<https://orcid.org/0000-0003-0596-7934>



1980년: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년: 미국 Ohio State University 전자공학과 (공학석사)
 1989년: 미국 Ohio State University 전자공학과 (공학박사)
 1989년~1991년: 미국 Arizona State University 연구교수

1991년~1995년: 한국통신위성사업단 연구팀장
 1995년~2022년 8월: 한양대학교 융합전자공학부 교수
 2022년 9월~현재: 한양대학교 융합전자공학부 명예교수, 한양대학교 산학협력단 연구위원, (주) E&R 기술고문
 [주 관심분야] 안테나 및 마이크로파 회로 설계, EMC

조 제 훈 [한양대학교/연구교수]

<https://orcid.org/0000-0003-3043-6561>



2004년: 대전대학교 통신공학과 (공학사)
 2006년: 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 (공학석사)
 2015년: 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 (공학박사)
 2015년~2016년: 한양대학교 Post-Doctoral Researcher

2016년~현재: 한양대학교 연구교수
 [주 관심분야] 전자파 수치해석, 전파전파 모델링, 안테나

정 경 영 [한양대학교/정교수]

<https://orcid.org/0000-0002-7960-3650>



1996년: 한양대학교 전파공학과 (공학사)
 1998년: 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
 2008년: 미국 Ohio State University 전기및컴퓨터공학과 (공학박사)
 1998년~2004년: SK하이닉스 선임연구원
 2009년~2011년: 아주대학교 전자공학부

전임강사
 2011년~현재: 한양대학교 융합전자공학부 교수
 [주 관심분야] 전자파 수치해석, 안테나, 초고주파공학