

대역폭이 향상된 브이형(Vee) 쌍원뿔 다이폴 안테나

Biconical Vee Dipole Antennas for Bandwidth Enhancement

김 흥 경 · 이 용 식

Hong Gyung Kim · Yongshik Lee

요 약

본 논문에서는 쌍원뿔 안테나의 대역폭 향상을 위해 브이형(vee) 구조를 활용하는 기술을 제안한다. 이를 통해 브로드사이드 방향으로 이득 향상은 물론 기존 쌍원뿔 안테나에서 발생하는 빔 분할 현상을 억제함으로써 브로드사이드 이득이 0 dB 이상인 대역폭(“이득 대역폭”)을 크게 향상할 수 있었다. 브이 각도의 영향을 파악하기 위해 일반적인 쌍원뿔 소자를 사용하였으며, 소자를 브이형으로 배치함으로써 빔 분할로 인한 브로드사이드 이득 감소를 방지하였다. 제안한 안테나의 이득 대역폭이 기존의 110~320 MHz에서 120~500 MHz로 확장, 이 대역폭 내 97.4 %의 구간에서 반사 특성이 -10 dB 미만을 유지하였다. 기존 쌍원뿔 안테나에서 2.9 dB에 불과하던 최대 이득 또한 크게 증가되어 390 MHz에서 7.0 dB에 달하였다.

Abstract

This study proposed a vee configuration for bandwidth enhancement of a biconical antenna. The broadside gain improved, and the beam-splitting phenomenon that occurs in standard biconical antennas was suppressed, significantly enhancing the gain bandwidth. Standard biconical elements were used to assess the effect of the vee angle; the elements were arranged in a vee structure to prevent broadside gain reduction owing to beam splitting. The greater than 0-dB gain bandwidth of the proposed antenna was extended from 110~320 MHz to 120~500 MHz; reflection under -10 dB was maintained in 97.4 % of this bandwidth. The maximum gain, that was only 2.9 dB in the standard biconical antenna, also significantly increased, reaching 7.0 dB at 390 MHz.

Key words: Bandwidth Enhancement, Biconical, Vee

I. 서 론

쌍원뿔 안테나는 두 개의 원뿔 구조물로 구성돼 꼭짓점 사이에서 중앙 급전되는 전방향성 광대역 안테나이다. 전방향성 방사 패턴으로 인해 이득이 0~2 dB 정도로 낮지만 설계가 간단하고 길이가 무한할 경우 매우 넓은 대역폭을 갖는다는 장점이 있다. 이는 특성 임피던스가 주

파수와 무관하게 오로지 원뿔 확산각에 의해서만 변하기 때문이다^[1]. 대표적인 활용 사례로는 VHF 대역의 전자기 적합성(EMC) 실험용 표준 안테나로 쓰이고 있으며^[2] 평면형으로 변형한 평면형 보우타이 안테나는 UHF 대역의 단거리 지상파 수신용으로 많이 쓰인다^[3].

실제 쌍원뿔 안테나는 길이가 유한하므로 주파수 특성을 띠게 되고 무엇보다 주파수가 증가함에 따라 일부 주파

「이 논문은 2022년도 정부(방위사업청)의 재원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(KRIT-CT-23-005).」

연세대학교 전기전자공학과(Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University)

· Manuscript received May 19, 2025 ; Revised June 4, 2025 ; Accepted August 8, 2025. (ID No. 20250519-048)

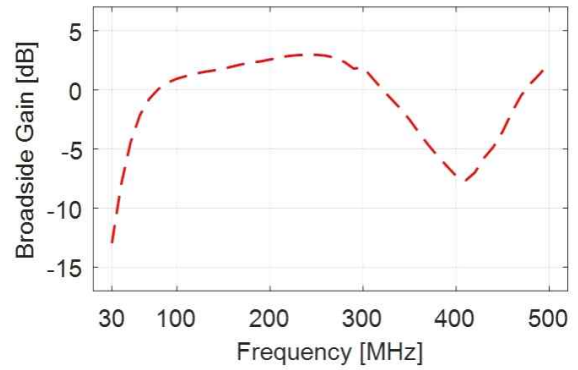
· Corresponding Author: Yongshik Lee (e-mail: yongshik.lee@yonsei.ac.kr)

수에서의 빔 분할 현상이 발생하여 브로드사이드 이득이 대폭 감소하므로 대역폭이 제한된다는 단점이 있다^[1]. 이를 극복하기 위해서 기존에는 접지면과 유전체 삽입으로 전기적 크기를 늘리거나 커패시턴스 부하를 통한 임피던스 매칭 향상을 시도하는 등 다양한 기법들이 활용된 바 있다^[4]. 또한 쌍원뿔 안테나 주위에 루프 안테나와 유사한 구조를 비접촉식으로 배치하여 쌍원뿔 안테나의 하한점 부근에서 공진하도록 설계한 쌍원뿔-루프 혼합형 안테나도 제안되었다^[5]. 이러한 기법들이 대역폭 확장으로는 유용하지만 안테나의 크기가 많이 증가하므로 VHF 대역을 비롯한 상대적으로 낮은 주파수 대역의 쌍원뿔 안테나에서는 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 무엇보다 기존의 대역폭 확장 기술들은 쌍원뿔 안테나의 하한 동작 주파수를 확장하는 기법들로, 상한 주파수를 제한시키는 빔 분할 문제를 해결하지는 못한다. 따라서 VHF 대역과 같은 저주파 쌍원뿔 안테나 대역폭 향상을 위해서는 빔 분할로 인한 브로드사이드 이득 감소에 대한 대책이 필요하다.

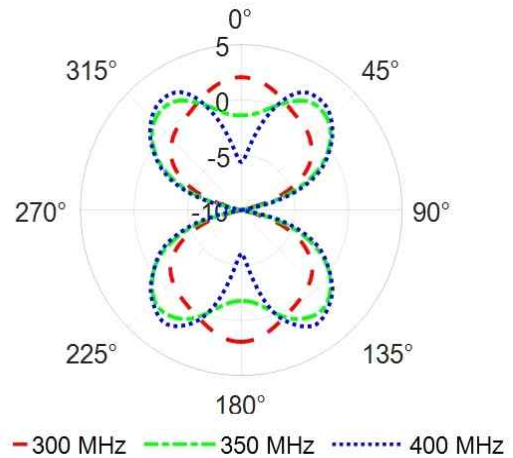
본 논문에서는 쌍원뿔 안테나의 이득 대역폭 향상을 위해 브이형 구조 활용 방안을 제안하였다. 각 쌍원뿔 소자의 사이드로브를 브로드사이드 방향으로 모음으로써 이득이 크게 향상됐을 뿐만 아니라 빔 분할 현상을 억제하기 때문에 이득 대역폭을 대폭 향상할 수 있었다. 쌍원뿔 소자를 회전하여 브이 각도(θ)를 조절할 수 있게 제작하였으며, 최적 브이 각도인 $\theta=110^\circ$ 에서 이득 대역폭이 기존 표준 쌍원뿔 안테나의 110~320 MHz에서 120 MHz부터 500 MHz로 획기적으로 확장되었다. 기존 쌍원뿔 안테나 대비 최대 13.3 dB 향상되었으며, 390 MHz에서 최대 브로드사이드 이득 7.0 dB를 얻었고, 상한 주파수는 300 MHz에서 500 MHz로 확장할 수 있었다. 브이 구조 적용에 따른 전기적 크기 감소로 인해 저주파 대역의 반사 손실 특성은 오른쪽으로 소폭 이동하였고, 이에 의해 하한 주파수의 브로드사이드 이득도 소폭 감소하였다.

II. 브이형 쌍원뿔 다이폴 안테나의 설계

그림 1(a)는 $\theta=180^\circ$ 일 때 길이가 1,370 mm인 기존 쌍원뿔 안테나의 구현 이득을 모의실험한 결과를 나타낸다. 주파수가 증가함에 따라 이득이 완만하게 증가하며 최대



(a) 브로드사이드 이득
(a) Broadside gain



(b) 방사 패턴

(b) Radiation pattern

그림 1. 길이가 1,370 mm인 기존 쌍원뿔 안테나의 모의 실험 결과

Fig. 1. Simulation results for conventional biconical antenna with 1,370 mm length.

3.0 dB의 브로드사이드 이득이 나타난다. 하지만 이후부터 이득은 감소하기 시작하며 특히 280 MHz부터 급격히 감소해서 410 MHz에서는 -7.7 dB까지 낮아진다. 이는 안테나의 길이가 1.25 λ 보다 길어지면서 전류 분포의 최대 지점이 안테나 중앙으로부터 떨어진 곳에서 발생하므로 빔폭이 넓어지기 시작하여 결국 빔 분할 현상으로 이어지기 때문이라는 것을 그림 1(b)의 방사패턴 모의실험 결과를 통해 확인할 수 있다.

그림 2에는 제안한 브이형 쌍원뿔 안테나의 구조를 나

타내었다. 주요 설계 매개변수는 표 1에 정리하였다. 길이가 1,370 mm인 기존 표준형 쌍원뿔 안테나의 두 원뿔 구조물이 각도, θ 를 이루는 브이형 구조로 배치되었고, 구아넬라 발룬과 이를 담은 함체, 삼각 거치대와 결합할 동축 지지봉으로 구성돼 있다. 빔 분할이 발생할 때 로브가 그림 1(b)와 같이 나비 모양으로, 대략 $30^\circ \sim 40^\circ$ 방향으로 방사하기 때문에 이를 보완하기 위해서 원뿔 구조물을 브이형 구조로 모으면 각 로브가 브로드사이드 방향으로 보강간섭하여 빔 분할로 인한 브로드사이드 이득 감소를 억제할 수 있을 것으로 기대한다. 이에 따라 안테나는 지향성 특성을 갖게 되고, 후방 쪽 두 개의 로브는 각각 대략 90° 와 270° 방향으로 뻗을 것으로 예상된다. 쌍원뿔 소자를 가까이 모음으로써 두 소자 간의 결합 현상이 강화하여 브이 각도의 추가 조정이 필요할 것으로 예상된다. 저주파 대역에서는 안테나의 작은 전기적 크기로 인해 전방향성 방사패턴을 가지므로 브이형 구조 적용에 의한 영향은 적을 것으로 예상된다.

그림 3(a)에는 제안한 브이형 쌍원뿔 안테나의 브이 각도에 따른 반사 손실의 모의실험 결과를 나타내었다. 브

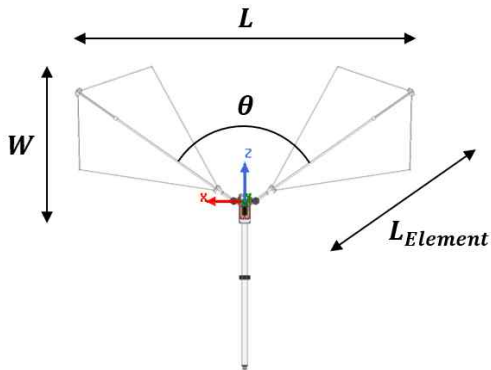


그림 2. 제안한 브이형 쌍원뿔 다이폴 안테나
Fig. 2. Proposed biconical vee dipole antenna.

표 1. 제안 안테나의 최적 파라미터
Table 1. Optimized parameters of proposed antenna.

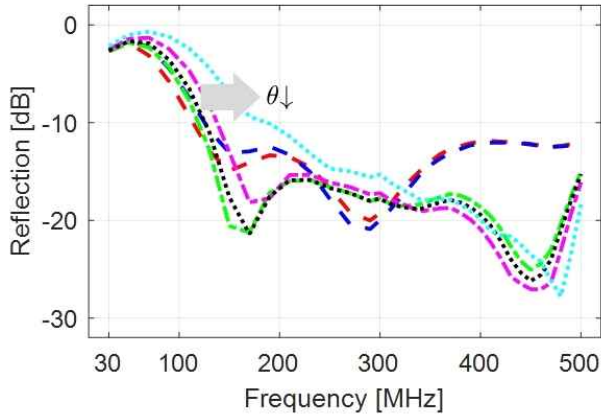
Parameter	Value
L	1,150 mm
$L_{Element}$	610 mm
θ	110°

이형 쌍원뿔 안테나의 반사 손실은 브이 각도가 좁아질수록 감소하는 전기적 크기로 인해 개형이 오른쪽으로 이동하는 경향성을 확인할 수 있다. 중고주파 대역에서는 발룬, 함체 등으로 인한 기생 성분의 영향이 지배적이다.

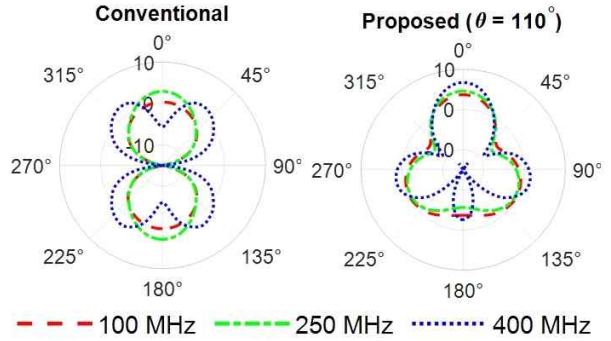
그림 3(b) 및 그림 3(c)에는 기존의 $\theta=180^\circ$ 인 쌍원뿔 안테나와 제안하는 $\theta=110^\circ$ 의 브이형 쌍원뿔 안테나의 E와 H-평면 방사패턴 모의실험 결과를 비교하였다. 기존 쌍원뿔 안테나의 경우 빔 분할이 일어나기 전까지 방사패턴이 다이폴 안테나의 것과 유사하다. 하지만 제안한 브이형 쌍원뿔 안테나의 경우 후방 로브(back lobe)가 작은, 지향성 특성을 갖는 안테나이다. 브이형 쌍원뿔 안테나는 저주파에서도 지향성을 띠는데 이는 사이 거리가 가까워진 두 원뿔 소자 간의 결합 현상으로 인한 것이다. 후방 로브는 쌍원뿔 소자와 알루미늄 소재인 발룬이 내장된 함체 간의 결합으로 인한 것인데, 함체를 폴리옥시메틸렌(POM, polyoxymethylene)을 비롯한 소재로 대체하면 후방 로브를 최소화할 수 있을 것으로 예상된다.

그림 3(d)에는 쌍원뿔 안테나의 브이 각도에 따른 브로드사이드 실현 이득의 모의실험 결과를 나타내었다. 브이 각도가 $\theta=180^\circ$ 인 경우가 기존 쌍원뿔 안테나로, 이의 그림 3(d) 이득은 그림 1(a)의 이득과 일치한다. 그림 1(b)에서 나타난 바와 같이 기존 쌍원뿔 안테나의 경우 낮은 주파수에서는 다이폴(dipole) 안테나와 유사한 방사패턴을 보이며 주파수에 따라 이득이 완만하게 증가한다. 하지만 전체 길이가 1.25λ 가 되는 주파수 근방부터 최대 전류 지점이 안테나 중앙에서 양 끝으로 이동하여 빔 분할 현상이 발생하게 된다. 이는 이득의 급격한 저하를 가져와서 동작할 수 있는 상한 주파수에 제한을 주게 된다. 반면 제안한 브이형의 경우 1.25λ 되는 주파수를 넘어서도 메인 빔의 분할이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다.

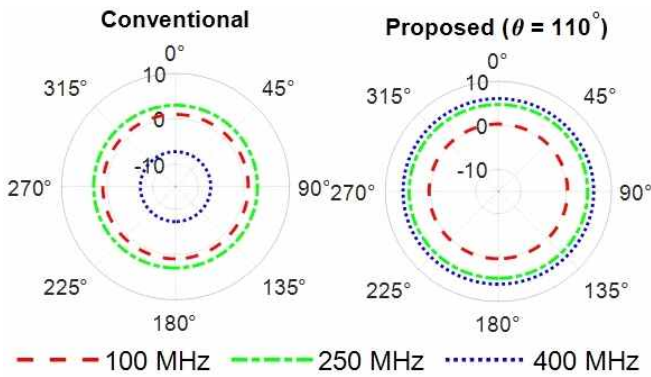
브이 각도 θ 를 줄일수록 고주파 대역의 브로드사이드 이득은 증가하는 경향성을 보인다. 이는 쌍원뿔 소자를 브이형 구조로 모음으로써 분할한 빔이 브로드사이드 방향으로 보강간섭하고, 주파수 상승에 따른 전기적 길이 증가로 인해 선형 테이퍼 슬롯 안테나(linearly tapered slot antenna)와 유사한 구조를 가지므로 진행파 안테나 특성을 갖기 때문이다. 하지만 60° 와 같이 브이 각도를 과도하게 줄일 경우 두 빔의 정렬이 틀어져 브로드사이드 이



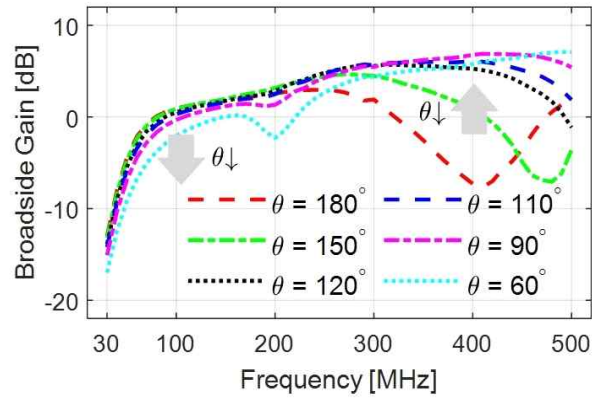
--- $\theta = 180^\circ$ --- $\theta = 150^\circ$ $\theta = 120^\circ$
 --- $\theta = 110^\circ$ --- $\theta = 90^\circ$ -.-.- $\theta = 60^\circ$
 (a) 반사 손실
 (a) Reflection loss



--- 100 MHz --- 250 MHz 400 MHz
 (b) E-평면 방사패턴 모의실험 결과 비교
 (b) Comparison of simulated E-plane radiation patterns



--- 100 MHz --- 250 MHz 400 MHz
 (c) H-평면 방사패턴 모의실험 결과 비교
 (c) Comparison of simulated H-plane radiation patterns



--- $\theta = 180^\circ$ --- $\theta = 110^\circ$
 --- $\theta = 150^\circ$ --- $\theta = 90^\circ$
 $\theta = 120^\circ$ -.-.- $\theta = 60^\circ$
 (d) 브로드사이드 이득
 (d) Broadside gain

그림 3. 브이 각도에 따른 성능 모의실험
 Fig. 3. Simulated performance of biconical vee antenna depending on vee angle.

득이 다시 감소한다. 상대적으로 브이 각도에 둔감하게 변하던 반사 손실도 $\theta=60^\circ$ 에서는 중저대역에 많이 열화하여 이득 감소에 영향을 끼친 것을 볼 수 있다. 즉, 브로드사이드 방향에서의 빔 정렬과 반사 손실을 모두 고려했을 때 최적의 브이 각도는 $\theta=110^\circ$ 로 판단된다. 이 경우 기존 쌍원뿔 안테나와 비교하였을 때 빔 분할로 인한 브로드사이드 이득 감소가 억제되어 반사 손실의 큰 변

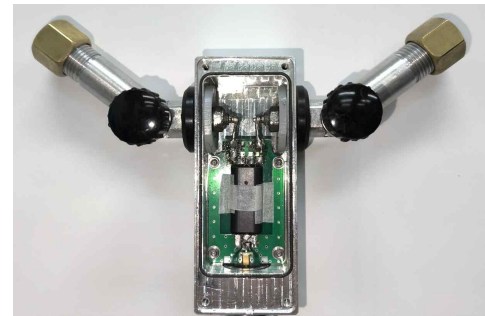
화 내지 열화가 없으면서도 고주파 대역의 브로드사이드 이득을 대폭 향상할 수 있다.

III. 브이형 쌍원뿔 다이폴 안테나 제작 및 측정

실험적 검증을 위해서 제안한 브이형 쌍원뿔 안테나를 제작하였다. 원뿔 구조물은 슈왈츠백(Schwarzbeck) 사의

BBA 9106 상용 안테나^[6]의 원뿔 구조물을 활용하였고, 제작 후 추가적인 최적화가 가능하도록 두 원뿔 구조 사이의 각도를 임의로 조절할 수 있는 모듈을 제작하였다. 또한 페어라이트(Fair-Rite) 사의 27 mm 길이인 61-소재의 다중어퍼처(multi-aperture) 페라이트 코어와 외경 0.3 mm인 구리선을 도선 간 거리 0.35 mm를 유지하여 구현한 100 Ω 연선을 활용해 1:4 구아넬라(Guanella) 발룬을 설계하여 FR-4 기판에 제작하였다^{[7][8]}. 그림 4는 구아넬라 발룬이 내장된 각도 조절 모듈의 설계도이며, 그림 5는 제작된 각도 조절 모듈과 브이형 쌍원뿔 안테나를 나타낸다.

설계된 안테나의 측정은 국립전파연구원 전파시험인증센터에서 진행하였다. 실험은 ANSI 63.5의 표준시험장법대로 50×60 m² 크기의 전도성 접지가 있는 야외시험장에서 기준 안테나 측정법으로 시행하였다^[9]. 기준 안테나는 슈왈츠백 사의 VULB 9168 쌍원뿔-대수주기(bi-log) 안테나^[10]를 사용하였고, 기준 안테나의 높이를 1~4 m로 스위치해 가며 높이 스캐닝 평균 측정 방법(height scanning averaging)으로 이득과 방사패턴을 측정하였다. 안테나 간

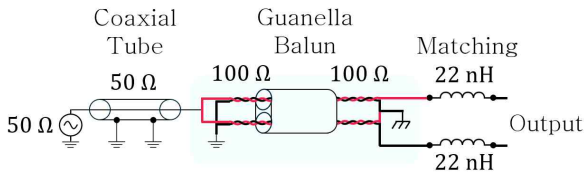


(a) 제작한 각도 조절 모듈
(a) Fabricated angle adjusting module

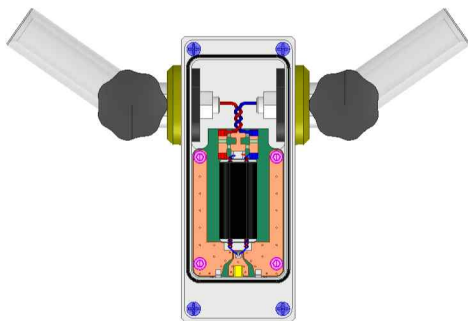


(b) 제작한 브이형 쌍원뿔 다이폴 안테나 사진
(b) Fabricated biconical vee dipole antenna

그림 5. 제안한 브이형 쌍원뿔 다이폴 안테나
Fig. 5. Proposed biconical vee dipole antenna.



(a) 발룬 회로도
(a) Schematic of designed balun



(b) 발룬이 내장된 각도 조절 모듈
(b) Angle adjusting module with balun

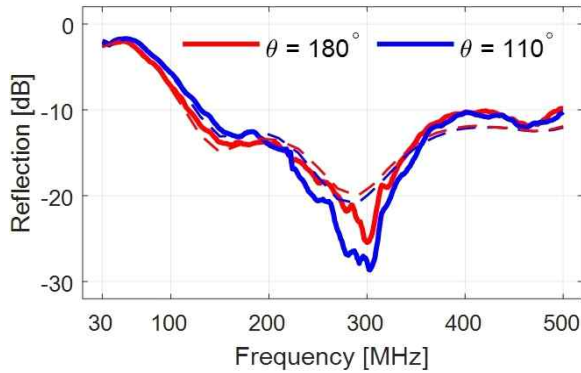
그림 4. 각도 조절 모듈 설계도
Fig. 4. Schematic of angle adjusting module.



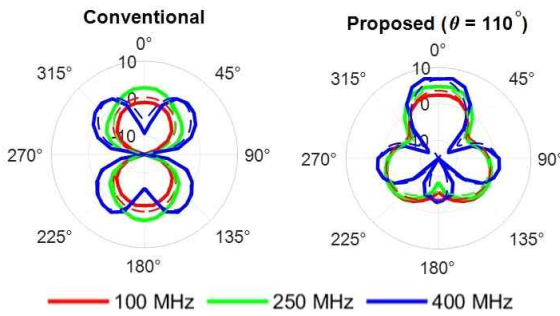
그림 6. 안테나 성능 검사 현장
Fig. 6. Antenna measurement set-up.

의 거리는 10 m이었다. 측정 장비는 로데슈바르츠(Rohde & Schwarz) ZVA 50 벡터 네트워크 분석기를 사용했으며, 교정은 로데슈바르츠 ZCAN 교정 키트로, TOSM(through open short matched) 방식으로 수행하였다. 그림 6은 안테나 성능 검사 현장 사진이다.

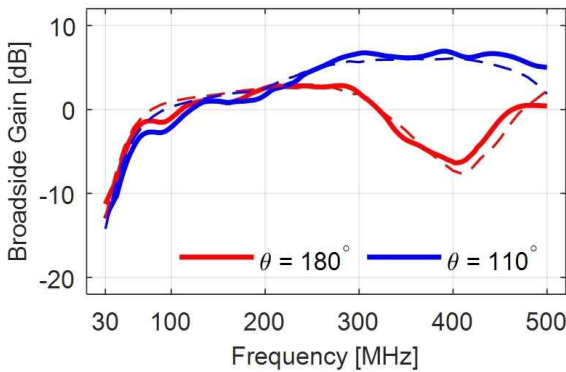
그림 7(a)는 반사 손실의 측정 결과이며 비교를 위해서 모의실험 결과도 포함하였다. 이전에 분석한 바와 같이



(a) 반사 손실
(a) Reflection loss



(b) E-평면 방사패턴 비교
(b) Comparison of E-plane radiation patterns



(c) 브로드사이드 이득
(c) Broadside gain

그림 7. 실험 결과(실선: 측정, 점선: 모의실험)
Fig. 7. Experimental results (solid: measured, dotted: simulated).

원뿔 소자를 브이형 구조로 굽힘으로써 전기적 크기가 감소하여 중저대역의 반사 개형이 오른쪽으로 소폭 이동

한 것을 확인할 수 있다. 300~400 MHz에서는 반사 손실이 악화한 것을 볼 수 있는데 이는 매칭과 발룬 회로를 구현하는 과정에서 발생한 기생 성분이 지배적인 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고 반사가 -10 dB 이하이므로 이득에는 부정적인 영향을 끼치지 않았다.

그림 7(b)는 방사패턴 측정 결과의 비교이고 마찬가지로 모의실험 결과도 포함하였다. 기존 쌍원뿔 안테나의 경우 400 MHz에서 빔 분할 현상으로 인해 브로드사이드 이득이 감소한 것을 확인할 수 있고, -6.2 dB로 측정되었다. 반면 브이형 쌍원뿔 안테나의 경우, 동일한 주파수에서 빔 분할로 인한 브로드사이드 이득 감소가 발생하지 않았고, 12.9 dB의 추가 이득을 확보한 6.7 dB로 측정되었다.

그림 7(c)는 제안한 브이형 쌍원뿔 안테나($\theta=110^\circ$)와 기존 쌍원뿔 안테나($\theta=180^\circ$)에 대한 브로드사이드 이득을 나타낸 것이고, 마찬가지로 비교를 위해서 모의실험 결과도 포함하였다. 하한 동작 주파수인 30 MHz에서 브이형 쌍원뿔 안테나의 브로드사이드 이득은 기존 쌍원뿔 안테나 대비 1.7 dB 감소하였다. 이는 이전에 분석했듯이 원뿔 소자를 브이형 구조로 굽힘으로써 전기적 크기가 감소함으로 인한 것이다. 기존 쌍원뿔 안테나는 280 MHz 부근에서 빔 분할로 인해 브로드사이드 이득이 급격히 감소하고, 최저 -6.4 dB로 측정되었다. 반면, 브이형 쌍원뿔 안테나의 경우, 빔 분할로 인한 브로드사이드 이득 감소가 발생하지 않고, 이득이 오히려 완만하게 증가하였으며, 최대 7.0 dB로 측정되었다. 빔 분할의 영향이 가장 컸던 주파수 기준으로 브이형 쌍원뿔 안테나는 기존 대비 13.0 dB의 이득 향상이 측정되었다. 이득 대역폭은 110~320 MHz에서 120 MHz부터 500 MHz로 확장되었다.

표 2. 기존 쌍원뿔 안테나 대역폭 향상 기법과 비교
Table 2. Comparison of existing biconical antenna bandwidth enhancement techniques.

	[3]	[4]	Proposed
Size ($W \times =L$)	$0.150 \times 0.550 \lambda_L^2$	$0.192 \times 0.117 \lambda_L^2$	$0.050 \times 0.115 \lambda_L^2$
Gain ≥ 0 dB Bandwidth	3.0:1	4.825:1	4.2:1

측정 결과는 모의실험 결과와 일치도를 보였다.

표 2는 기존 쌍원뿔 안테나의 대역폭 향상 기술과 제안한 브이형 쌍원뿔 안테나의 전기적 크기와 0 dB 이상인 대역폭을 비교한 표이다. 서론에서 언급했듯이 기존 연구는 안테나의 전기적 크기를 키움으로써 대역폭을 향상하였지만, 제안한 브이형 쌍원뿔 안테나는 작은 전기적 크기를 유지하면서도 넓은 대역폭을 확보할 수 있는 기술임을 보인다. 이를테면, 참고문헌 [4]의 0 dB 이상 대역폭은 4.825:1로 제안한 안테나의 대역폭인 4.2:1보다 넓지만, 안테나의 전기적 크기가 가장 낮은 동작 주파수에서의 파장 기준으로 4.2배 더 크기 때문에 이 기술을 VHF 대역에 적용할 경우 안테나의 부피가 매우 커진다. 따라서, 브이형 구조 적용이 VHF 대역의 쌍원뿔 안테나의 대역폭 향상 기술에 있어 우수함을 돋보인다.

IV. 결 론

본 논문에서는 브이형 구조를 활용한 쌍원뿔 안테나 대역폭 확장 기법을 제안했다. 쌍원뿔 소자를 브이형으로 배치함으로써 빔 분할로 인한 브로드사이드 이득 감소를 억제할 수 있었다. 브로드사이드 이득이 0 dB 이상인 대역폭은 기존의 110~320 MHz에서 120~500 MHz로 확장할 수 있었다. 해당 대역폭 내에서 기존 쌍원뿔 안테나의 최대 브로드사이드 이득은 2.9 dB였던 반면 제안한 브이형 쌍원뿔 안테나는 390 MHz에서 7.0 dB로 측정되었다. 반사 손실로는 위 대역폭의 97.4 %의 구간에서 -10 dB 미만을 유지했다.

감사의 글

본 연구는 국립전파연구원 전파시험인증센터의 표준야외시험장(Open Area Test Site, OATS) 측정 지원을 받았습습니다.

References

[1] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*,

Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, 2009.

- [2] *Department of Defense Interface Standard: Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment*, MIL-STD-461G, Dec. 2015.
- [3] P. B. Gieseler, "UHF television: A review and update," *Proceedings of the IEEE*, vol. 70, no. 11, pp. 1254-1263, Nov. 1982.
- [4] A. K. Amert, K. W. Whites, "Miniaturization of the biconical antenna for ultrawideband applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 57, no. 12, pp. 3728-3735, Dec. 2009.
- [5] S. He, L. Chang, and Z. Z. Chen, "Design of a compact biconical antenna loaded with magnetic dipoles," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 840-843, Sep. 2016.
- [6] Schwarzbeck Mess-Elektronik, "VHBB 9124 4:1 Balun with Biconical Elements BBA 9106." Available: <https://schwarzbeck.de/Datenblatt/91249106.pdf>.
- [7] G. Guanello, "New method of impedance matching in radio-frequency circuits," *The Brown Boveri Review*, vol. 31, no. 9, pp. 327-329, 1944.
- [8] M. A. Raymond, J. Sevic, *Sevic's Transmission Line Transformers: Theory and Practice*, 5th ed. Hampshire, Science and Technology Publishing, 2014.
- [9] *American National Standard for Electromagnetic Compatibility--Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference(EMI) Control -Calibration and Qualification of Antennas(9 kHz to 40 GHz) - Corrigendum 1*, C63.5-2017/Cor 1-2019, Mar. 2019.
- [10] Schwarzbeck Mess-Elektronik, "VULB 9168 TRILOG broadband antenna." Available: <https://www.schwarzbeck.de/en/antennas/hybrid-antenna/377-vulb-9168-trilog-broadband-antenna.html?highlight=WyJ2dWxliw5MTY4LjJ2dWxiIDkxNjgiXQ=>

김 홍 경 [연세대학교/석사과정]

<https://orcid.org/0009-0001-9784-4124>



2025년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학사)

2025년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 석사과정

[주 관심분야] 안테나, EMC, 전자파 보안

이 용 식 [연세대학교/교수]

<https://orcid.org/0000-0003-2623-3569>



1998년 2월: 연세대학교 전파공학과 (공학사)

2004년 4월: 미국 University of Michigan 전기공학과 (공학박사)

2004년 10월: 미국 Purdue University, Post-doctoral Research Associate

2005년 7월: EMAG Technologies, Inc.,

Senior Research Engineer

2005년 9월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수

[주 관심분야] 전자기 응용, 전자파 보안, 초고주파 회로 및 안테나