

주파수 대역 선택을 위한 세그먼트형 저항성 V-dipole 설계

^o최재욱, 김강욱

광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부

cju00228@gm.gist.ac.kr, mkkim@gist.ac.kr

I. 서론

최근 스카이칩과 같은 불법 무선 장비를 탐지할 수 있는 광대역 신호원 탐지 시스템의 중요성이 부각되고 있다. 본 연구에서는 진폭 방향 탐지 시스템에 사용할 수 있는 저항성 V-dipole 안테나를 설계하였다. 특히 사용 대역에 따라 세그먼트별로 제조립하여 사용할 수 있는 구조를 제안한다.

II. 본론

저항성 V-dipole 안테나는 안테나 arm을 따라 저항이 특정 프로파일로 장하된 안테나를 말한다[1]. 본 논문에서 고려하는 프로파일은 Wu-King 프로파일로, 해당 프로파일이 장하된 저항성 다이폴은 내부반사가 없는 진행파 안테나이며 초광대역에서 동작한다. Wu-King 프로파일은 다음 식과 같이 단위 길이당 저항으로 나타내어진다.

$$R'(z') = \frac{R_0}{1 - |z'/h|}$$

여기서 z' 은 급전 포인트로부터의 거리, h 는 안테나 arm의 길이, R_0 는 급전 포인트에서의 단위 길이당 저항이다. 그림 1의 실선은 안테나 arm에 장착된 단위 길이당 저항의 역수를 정규화하여 나타낸 것이다[2]. 위 식은 연속적인 값을 나타내지만, 연속적인 프로파일 을 작은 구간으로 이산화하고 칩저항을 이용하여 구현 할 수 있다. 이산화 시 칩저항 간 간격은 사용 주파수 대역의 최대 주파수에서 $\lambda/4$ 이하가 되도록 하여야 한다.

그림 1의 점선은 본 연구에서 나눈 3개의 세그먼트를 나타낸다. 안테나 arm을 3개의 세그먼트로 나누고, 급전 포인트에서의 단위 길이당 저항은 $R_0 = 1199 \Omega/\text{m}$ 로 설계하였다. 세그먼트 ①, ②, ③은 각각 10, 5, 5개의 작은 구간을 이산화하여 이산 저항으로 모델링하였다. 그림 2는 세그먼트 ①, ②, ③을 모두 사용한 50 cm 길이의 안테나, 세그먼트 ①, ②를 사용한 25 cm 안테나, 세그먼트 ①만 사용한 12.5 cm 안테나를 나타낸 것이다. 세 안테나 전부 R_0 값이 동일하므로 같은 프로파일을 가지고 있다고 할 수 있다. 표 1에 세그먼트 ①, ②, ③에 장하된 이산 저항값을 위치에 따라 정리하였다. $R'(\ell')$ 이 달라도 이산 저항들 간의 간격이 다르므로, 실제 장하된 저항들이 반복됨을 볼 수 있다.

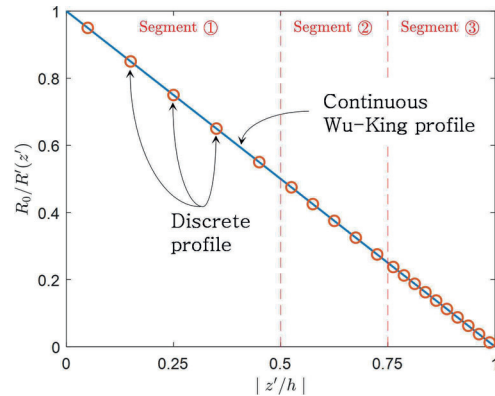


그림 1. Wu-King 프로파일

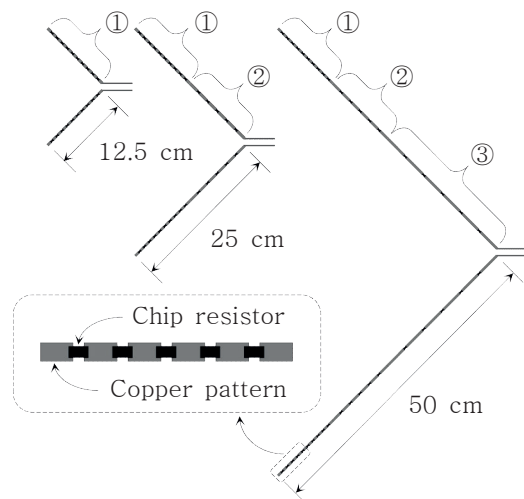


그림 2. 저항성 V-dipole의 구조

위치(cm)	Segment③ (Ω)		위치(cm)	Segment① (Ω)	
2.5	$R_{3,1}$	63.1	38.125	$R_{1,1}$	63.1
7.5	$R_{3,2}$	70.5	39.375	$R_{1,2}$	70.5
12.5	$R_{3,3}$	79.9	40.625	$R_{1,3}$	79.9
17.5	$R_{3,4}$	92.2	41.875	$R_{1,4}$	92.2
22.5	$R_{3,5}$	109.0	43.125	$R_{1,5}$	109.0
위치(cm)	Segment② (Ω)		44.375	$R_{1,6}$	133.2
26.25	$R_{2,1}$	63.1	45.625	$R_{1,7}$	171.3
28.75	$R_{2,2}$	70.5	46.875	$R_{1,8}$	239.8
31.25	$R_{2,3}$	79.9	48.125	$R_{1,9}$	399.7
33.75	$R_{2,4}$	92.2	49.375	$R_{1,10}$	1199.2
36.25	$R_{2,5}$	109.0			

표 1. 설계된 Wu-King 프로파일 저항값

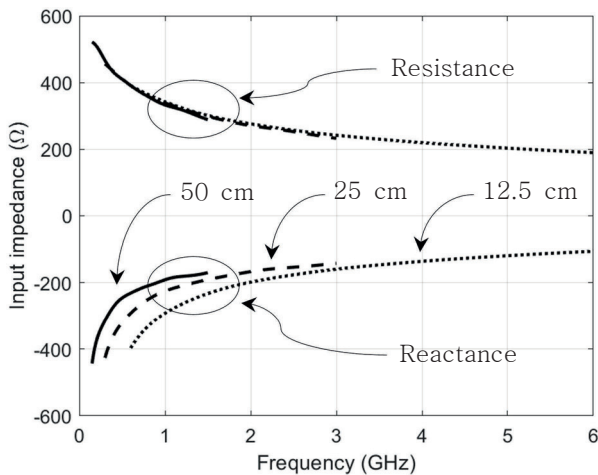


그림 3. 저항성 V-dipole의 입력 임피던스

기존 저항성 다이폴은 각 이산 저항값이 모두 다르고 많은 수의 저항값이 필요하여 부품의 종류가 많이 필요한 반면, 제안된 저항성 V-dipole은 기존에 비해 적은 수의 저항값을 사용할 수 있다. 이것은 제작에 필요한 저항값의 개수를 적게 사용할 수 있다는 것을 의미하므로 제작 비용의 절감과 제작 복잡도를 완화하는 효과가 있다.

50 cm 안테나는 0.15 - 1.5 GHz 대역, 25 cm 안테나는 0.3 - 3 GHz 대역, 12.5 cm 안테나는 0.6 - 6 GHz 대역에서 특성을 조사하였다. 그림 3은 저항성 V-dipole 안테나의 입력 임피던스를 길이별로 나타낸 것이다. 각 안테나의 길이가 달라도 동일한 Wu-King 프로파일을 적용했기 때문에 세 그래프가 유사한 특성을 보인다는 것을 알 수 있다. 일반적으로 협대역에서 동작하는 다이폴 안테나의 입력 임피던스와 달리 안정적인 입력 임피던스를 가짐을 확인할 수 있고, 이에 따라 광대역에서 사용할 수 있다는 것을 알 수 있다.

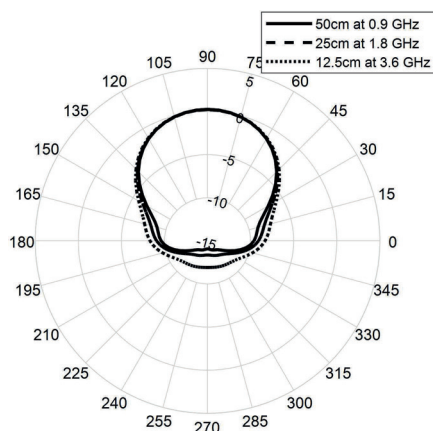


그림 4. 저항성 V-dipole의 H-plane 패턴

그림 4는 각 안테나의 총 길이가 6 파장인 주파수에서의 패턴을 나타낸다. 즉, 0.9 GHz에서의 50 cm 안테나 패턴, 1.8 GHz에서의 25 cm 안테나 패턴, 3.6 GHz에서의 안테나 패턴이다. 세 패턴은 길이로 정규화된 동일 주파수에서의 방사패턴을 의미하며, 세 안테나의 방사 패턴은 main direction에서 거의 동일한 것을 확인할 수 있다. 따라서 세그먼트별로 조합하여 길이를 변화시킴으로써 동작 대역을 선택할 수 있다.

III. 결론

본 연구에서는 주파수 대역 선택을 위한 저항성 V-dipole 안테나를 설계하였다. Wu-King 프로파일을 이용하여 광대역 특성을 확보하고, 세그먼트형 설계를 진행하였다. 세그먼트 재조합에 따른 임피던스와 방사 패턴을 조사하였으며, 길이로 정규화된 주파수 영역에서 입력 임피던스와 방사패턴의 특성 차이가 거의 없음을 확인하여 주파수 대역 선택이 가능함을 보였다.

저항성 V-dipole은 선형 안테나로 무게가 가볍고, 부피가 작다. 본 연구에서 제안하는 안테나는 세그먼트형으로 설계되어, 넓은 대역을 커버하기 위해서 별도의 안테나를 제작하는 대신, 사용 주파수 대역별로 세그먼트를 선택하여 사용함으로써 추가적인 무게와 부피감소 효과가 있다.

제안된 안테나는 도수 운반이 가능할 정도로 가볍게 구현이 가능하여 개인 이동형 방향 탐지 시스템 안테나로 활용이 가능할 것으로 보인다. 또한 필요한 주파수 대역에 맞는 추가적인 세그먼트를 설계할 수 있어, 주파수 대역을 확장할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the Institute of Civil Military Technology Cooperation funded by Defense Acquisition Program Administration and Korean Ministry of Trade, Industry and Energy (No. 22-SN-EC-15).

참고문헌

- [1] T. Wu and R. King, "The cylindrical antenna with nonreflecting resistive loading," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 13, no. 3, pp. 369-373, May 1965.
- [2] W. Kang, K. Kim and W. Kim, "A broad-band conductively-loaded slot antenna for pulse radiation," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 62, no. 1, pp. 33-39, Jan. 2014.



2024년 한국전자파학회 동계종합학술대회

2024. 2. 14(수) ~ 2. 17(토)
ICC JEJU (제주국제컨벤션센터)



<https://conf.kiees.or.kr>

주 최 KIEES 사단 법인 한국전자파학회

후 원 제주컨벤션뷰로

협 찬 에이티엠아이앤씨

대영유비텍, 안리쓰코퍼레이션, 엘아이지넥스원, 롯데렌탈, 한화시스템

LPKF Korea, RFHIC, 벨루션네트웍스, 브로던, 스마트레이더시스템, 와이테크, 이랑텍, 이스트포토닉스, 케이엠더블유, 코모텍, 한솔테크닉스, 화합물반도체센터

담스테크, 로데슈바르즈코리아, 모아소프트, 볼스아이, 수산이앤에스, 에이치시티, 올포랜드, 태진티엔에스, 피플아이, 하이게인안테나, 성균관대학교 아날로그/RF회로및시스템연구센터, 한국전자기술연구원

RF머트리얼즈, RF코어, 나인플러스IT, 넥스웨이브, 두산전자, 브이이엔지, 성산전자통신, 성원포밍, 씨앤지마이크로웨이브, 아이넥서스, 아이스팩, 알티테크, 이너트론, 차세대 전자파 융합 시스템 소프트웨어 연구센터, 티씨엔, 한국전자진흥협회, 한국전자진흥협회 전자파기술원

KIEES 사단 법인 한국전자파학회

구두 발표

안테나 이론 및 기술 III

2/15(목), 16:40~18:40, 402B(ICC 4층)

좌장 : 김강욱 교수(광주과학기술원)

구두 발표 K-III	시간	논문 제목	모든 저자(소속)
K-III-1	16:40~16:55	Pioneering a New Class of Cross-Polarization Mitigation to Establish Canonical Arrangement: Examining Current Imbalance Perspectives in Patch Antennas from Elements to Arrays	윤태영°, 이상훈, 김민제, 오정석 (서울대학교)
K-III-2	16:55~17:10	GPR 송수신 안테나 간의 직접 커플링 감소를 위한 안테나 배치 기법	권준홍°, 김강욱(광주과학기술원)
K-III-3	17:10~17:25	지능형 반사표면(IRS)을 통한 다양한 환경에서 통신 품질 개선	김수정°, 김예원, 박승근*, 권혜연*, 문정익*, 김동호(세종대학교, 한국전자통신연구원*)
K-III-4	17:25~17:40	Liquid Crystal-Based Reconfigurable Intelligent Surface for Sub-THz 6G Communications With Simultaneous and Dual Polarization Convertibility	문병주°, 방승우, 오정석(서울대학교)
K-III-5	17:40~17:55	광학기반 수치해석을 통한 기울어진 광각 빔 차량용 레이더 도로 시뮬레이션	강윤수°(에이치엘클레무브)
K-III-6	17:55~18:10	기계적 복잡성을 낮추기 위해 subdivision 개수를 최소화한 위성용 전개형 메쉬 리플렉터 안테나 설계	임창현°, 엄성식*, 박슬기*, 김기훈*, 박성균*, 추호성(홍익대학교, 한화시스템*)
K-III-7	18:10~18:25	주파수 대역 선택을 위한 세그먼트형 저항성 V-dipole 설계	최재욱°, 김강욱(광주과학기술원)
K-III-8	18:25~18:40	광역 재난환경 인명탐지 레이더를 위한 이중 편파 렌즈 배열 안테나	김정욱°, 이자열, 김형주, 박경환 (한국전자통신연구원)