

통신용 광대역 인쇄형 다이폴 어레이 안테나 설계

Design of a Wideband Printed Dipole Array Antenna for 6G Base Stations

이언호 · 주재율* · 임태흥** · 류성준*

Eon-Ho Lee · Jaeyul Choo* · Tae Heung Lim** · Sungjun Yoo*

요약

본 논문에서는 6G 기지국 및 위성통신에 적용할 수 있는 광대역 인쇄형 다이폴 어레이 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 기본 이론에 따른 대역폭을 최대한 유지하면서 다이폴의 소자 수를 줄여 크기를 소형화하였다. 또한 소자 수 감소에 따른 대역폭 변화를 추가적으로 조절하고, 기존 다이폴 어레이 안테나의 구조적 특성상 급전부가 물리적으로 방사 패턴을 막는다는 문제를 해결하기 위해 partial ground 급전부가 제안되었다. 동작 주파수 대역(5~20 GHz)에서 광대역의 반사계수 특성을 도출하기 위해 partial ground의 변수에 따른 반사계수 변화를 분석하였다.

Abstract

This paper proposes a wideband printed dipole array antenna for 6G base station and satellite communication. The proposed antenna's size is miniaturized by reducing the number of dipole elements while maintaining the bandwidth according to conventional theory. Also, a partial ground feeder is proposed to additionally adjust the bandwidth variation due to the reduced number of dipole elements and to solve the problem that due to the structural characteristics of conventional dipole array antennas, the feeder blocks the radiation pattern. To achieve a wideband reflection coefficient characteristic in the operating frequency band (5~20 GHz), analyze the reflection coefficient variation according to the parameters of the partial ground.

Key words: 6G, Satellite Communication, Printed Dipole Array Antenna, Partial Ground

I. 서론

최근 고속 무선통신, IoT 등에 대한 관심이 높아짐에 따라 6G 이동통신 및 위성통신에 적용하기 위한 기술에 대한 필요성이 증가하고 있다. 6G 이동통신 기술의 상용화가 이루어질 경우 대역폭이 증가함에 따라 전송 속도

가 향상되며, 기존 지상망 위주의 통신을 저궤도 위성통신을 통해 해상부터 우주까지 확장시킴으로써 무인항공기, 선박, 드론 등에 안정적인 통신 운용 환경을 제공할 수 있다. 하지만 이와 같은 기술을 현재 개발된 기술을 이용하여 즉시 적용하기에는 어려움이 있다. 현재 기지국에서 사용 중인 통신용 안테나는 6G 후보 주파수 대역인

「이 논문은 2025년도 국립경국대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.」

홍익대학교 전자전기공학과(Department of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University)

*국립경국대학교 전자기계공학부(School of Electronics & Mechanical Engineering, Gyeongbuk National University)

**국립금오공과대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Kumoh National Institute of Technology)

· Manuscript received December 16, 2025 ; Revised December 28, 2025 ; Accepted January 20, 2026. (ID No. 20251216-152)

· Corresponding Author: Sungjun Yoo (e-mail: sjryu@knu.ac.kr)

7.125~8.4 GHz, 14.8~15.35 GHz를 포함하지 못하며, 특히 위성통신 주파수 대역인 15 GHz 이상의 Ku-대역을 운용하기 위한 기술이 부재한 실정이다^{[1][2]}.

앞서 언급된 6G 및 위성통신 주파수 대역을 포함한 통신 운용 환경을 제공하기 위해서는 크게 2가지의 방법이 존재한다. 먼저는 현재 기지국 안테나에서 포 함하지 못하는 6G 후보 주파수 대역을 다수의 안테나를 추가로 설치하여 필요한 주파수 대역을 모두 포함하는 방법이 존재하며, 다른 방법으로는 앞서 언급된 모든 주파수 대역을 한 번에 포함하는 광대역 안테나를 이용하여 요구된 주파수 대역을 모두 포함하는 방법이 있다. 필요 주파수 대역을 모두 포함하는 광대역 안테나를 사용하여 전체 시스템을 개발하게 되면 전체 시스템의 크기가 작아지고, 유지보수에 용이하며, 하나의 시스템에서 다기능을 구현할 수 있다는 장점이 존재한다^[2]. 광대역 성능을 갖는 단일 안테나를 이용하여 넓은 대역폭을 커버하기 위한 안테나 타입으로 인쇄형 다이폴 어레이 안테나에 대한 연구가 진행된 바 있으나, 기존의 안테나 형상에 대한 이론 및 선행 연구는 안테나의 급전부가 고주파수 대역의 다이폴에 위치하여 안테나의 방사패턴의 방향과 겹치는 형상을 가지고 있다^[3]. 이러한 문제를 해결하기 위해 급전부로 부터 안테나의 후면 방사부로 급전 선로를 연장하여 방사패턴의 왜곡을 최소화하기 위한 연구들이 있으나, 단일 안테나가 아닌 다수의 안테나로 확장될 경우 제작의 복잡도가 증가한다는 문제를 가지고 있다^[4].

본 논문에서는 다이폴의 개수를 최적화하여 크기를 소형화 하였고, 기존 급전부가 방사패턴을 물리적으로 막는다는 문제점을 해결하기 위해 **partial ground** 급전부를 제안하였다. 제안된 안테나는 현재 사용 중인 5G 대역을 포함하여 6G 대역 및 위성통신용 Ku-대역까지 추가로 활용 가능하도록 5~20 GHz 까지 동작이 가능하도록 설계되었다.

II. 안테나 설계 및 제작

그림 1은 기존 형상과 제안된 형상의 급전부 위치와, 방사패턴의 전면방향을 나타낸다. 여기서 전면방향이란 빨간 화살표의 방향을 나타내며, $\theta=90^\circ$, $\phi=90^\circ$ 인 방향이다. 기존형상은 그림 1(a)와 같이 짧은쪽 다이폴에 급전되

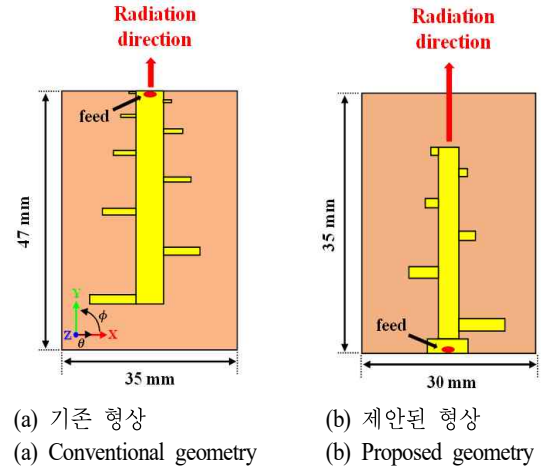


그림 1. 기존 형상 및 제안된 형상의 크기 비교

Fig. 1. Size comparison with conventional antenna and proposed antenna.

기 때문에 급전부가 방사패턴을 물리적으로 막아 방사패턴의 왜곡을 일으킬 수 있다. 하지만 그림 1(b)의 제안된 안테나 형상은 하단부의 **partial ground**를 통해 급전되므로 방사패턴이 급전부와 물리적으로 이격되어 있어 방사패턴의 왜곡을 최소화할 수 있다는 장점이 있다. 또한 제안된 안테나 형상은 최적화 과정을 통해 다이폴의 개수를 기존 9개에서 6개로 줄였으며, 면적을 기존 16.45 cm² 대비 10.5 cm²로 약 36.2 %가량 소형화하였다. 다이폴 소자 수 감소에 따른 대역폭 변화는 **partial ground**의 파라미터를 최적화하여 추가적으로 조절하였으며, 이를 통해 넓은 대역폭을 갖도록 설계하였다.

그림 2는 일반적인 다이폴 어레이 안테나와 제안된 안테나의 반사계수 특성을 보여주며, -10 dB를 기준으로 약 5~20 GHz에서 반사계수 성능을 유지함을 확인할 수 있다. 제안된 안테나는 **conventional** 안테나와 성능은 유사하면서 소형화가 가능한 것을 확인할 수 있다.

그림 3은 제안된 광대역 인쇄형 다이폴 어레이 안테나의 형상을 보여준다. 안테나는 동작 주파수 및 대역폭 조절을 위한 **partial ground**와 인쇄형 다이폴로 구성되며, 유효유전율 4.3, 두께 1.6 mm의 FR-4 기판 위에 인쇄된 형상이다. 기판의 가로 및 세로는 각각 g_x , g_y 이며, l 은 다이폴의 길이, w 는 다이폴의 두께, s 는 각 다이폴 간의 간격을 나타낸다. f_w , g_w , g_l 는 **partial ground**에 대한 파라미터이며, f_w 는

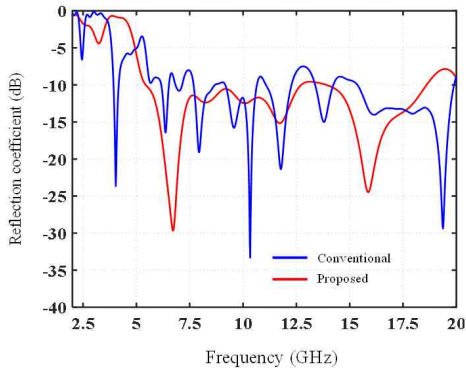


그림 2. 기존 안테나 및 제안된 안테나의 시뮬레이션 반사계수 비교
 Fig. 2. Comparison for the simulated reflection coefficient of conventional and proposed antennas.

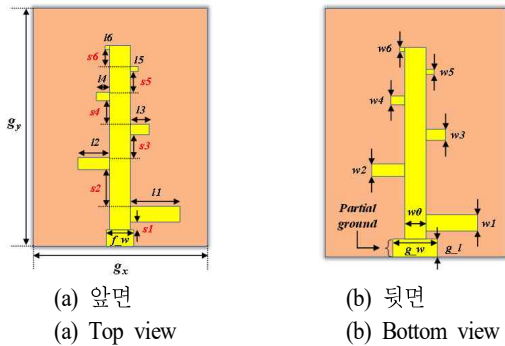


그림 3. 제안된 인쇄형 다이폴 어레이 안테나 구조
 Fig. 3. Proposed printed dipole array antenna structure.

앞면 급전부 피더 부분의 폭, g_w 와 g_l 은 각각 뒷면 partial ground 부분의 폭과 길이를 의미한다. 앞면 급전부의 길이는 g_l 과 동일하며, 각각의 안테나의 설계 변수는 광대역 특성을 도출하기 위하여 EM 시뮬레이터(CST Studio Suite 2025)를 사용하여 최적화하였다. 제안된 안테나의 최적화된 변수는 표 1에 나타내었다.

그림 4는 partial ground 구조가 적용된 제안된 안테나의 제작 사진을 보여준다. SMA 커넥터를 이용하여 partial ground 부분에 급전부를 구성하였고, 안테나의 크기는 30×35 mm로 기존 이론에 따른 크기보다 소형화되는 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 제안된 안테나의 반사계수 특성을 나타낸다. 제안된 안테나의 동작 주파수는 5~20 GHz이며, 시뮬레

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

Parameters	Value (mm)	Parameters	Value (mm)
g_x	30	$s1$	1.1
g_y	35	$s2$	5.7
f_w	4	$s3$	3.6
g_w	7	$s4$	3.3
g_l	2	$s5$	3
$w0$	3.5	$s6$	2.1
$l1$	7.9	$w1$	1.7
$l2$	5.2	$w2$	1.5
$l3$	3	$w3$	1.3
$l4$	2.3	$w4$	1.2
$l5$	1.7	$w5$	1.1
$l6$	1.1	$w6$	1

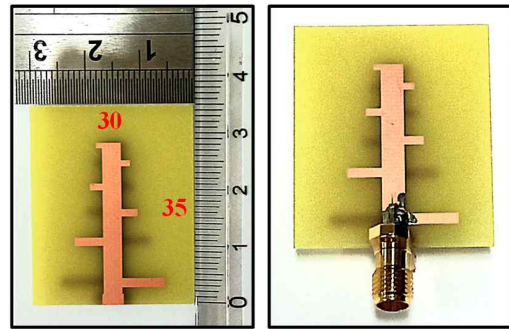


그림 4. 제작된 인쇄형 다이폴 어레이 안테나 사진
 Fig. 4. Photograph of the printed dipole array antenna.

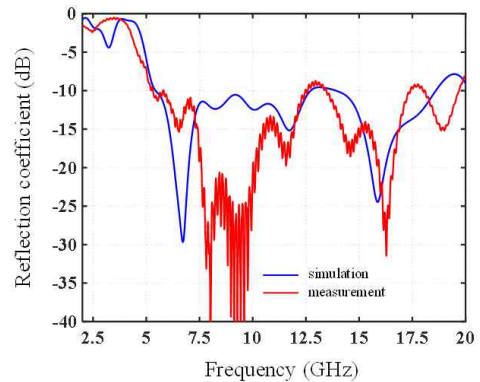


그림 5. 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 반사계수
 Fig. 5. Simulated and measured reflection coefficient of the proposed antenna.

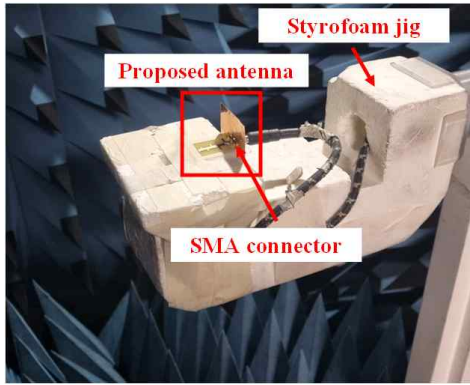


그림 6. 제안된 안테나의 측정환경 구성
Fig. 6. Measurement setup of the proposed antenna.

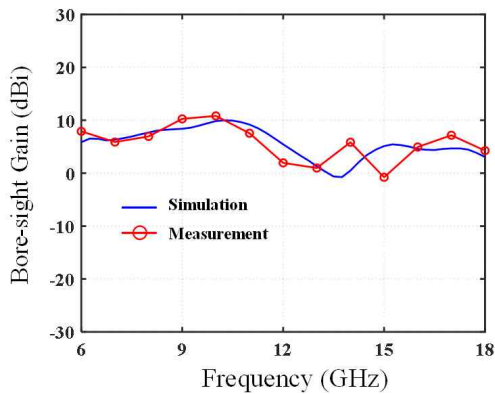


그림 7. 제안된 안테나의 전면방향 이득
Fig. 7. Bore-sight gain of the proposed antenna.

이선 및 측정값이 동작 주파수 내에서 -10 dB 이하의 정합 성능을 갖는 것을 확인할 수 있다.

그림 6은 제안된 안테나의 전면방향 이득 측정을 위한 측정환경 구성을 보여준다. 제안된 안테나의 전면방향 이득은 전파 무반향 반사실 내에서 측정되었다. 제안된 안테나의 전면방향 이득 특성은 그림 7과 같으며, 10.5 GHz에서 최대 10 dBi, 동작 주파수 대역 내에서 평균 5.7 dBi 이득 특성을 갖는 것을 확인할 수 있다.

III. Partial Ground 변수에 따른 반사계수 특성 및 전류분포 변화 분석

제안된 안테나의 partial ground는 마이크로스트립라인

으로 모델링할 수 있으며, 파라미터 w, h, l 의 조절을 통해 안테나의 임피던스 정합을 위한 정합회로로 동작할 수 있다. w 는 설계 파라미터 f_w 인 마이크로스트립 라인의 두께, l 은 마이크로스트립 라인(g, l)의 길이로 모델링 가능하다. 또한 Z_0' 를 마이크로스트립라인의 특성 임피던스, Z_m 을 급전부에서 바라본 안테나의 입력 임피던스, Z_L 을 partial ground의 끝에서 바라본 다이폴 방사부의 임피던스 라고 하면 Z_0' 와 Z_m 는 식 (1) 및 식 (2)과 같이 나타낼 수 있다^{[5],[6]}.

$$Z_0' = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_e}} \ln\left(\frac{8h}{w} + \frac{w}{4h}\right) & \frac{w}{h} \leq 1 \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_e} \left[\frac{w}{h} + 1.393 + 0.667 \ln\left(\frac{w}{h} + 1.444\right) \right]} & \frac{w}{h} \geq 1 \end{cases} \quad (1)$$

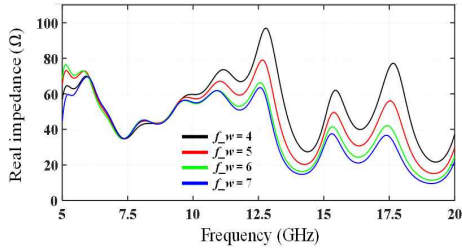
$$Z_{i,n} = Z_L = Z_0' \left(\frac{Z_L' + jZ_0' \tan(\beta l)}{Z_0' + jZ_L' \tan(\beta l)} \right) \quad (2)$$

안테나의 급전부에서 바라본 안테나의 입력 임피던스는 w, h 에 따른 Z_0' 와 l 에 따라 달라진다. 한편 제안된 안테나는 시스템의 최종단에 위치하여, 안테나의 입력 임피던스는 곧 부하 임피던스 Z_L 과 같으므로 반사계수는 식 (3)같이 나타낼 수 있다.

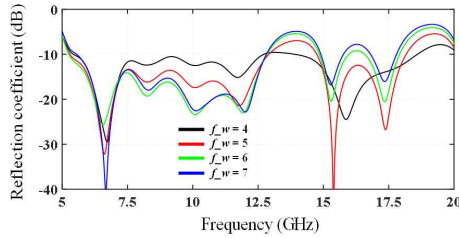
$$S_{11} = 20 \log(|\Gamma|) = 20 \log\left(\left| \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \right| \right) \quad (3)$$

즉 설계 파라미터 f_w, g, l, h 가 변하게 되면 안테나의 부하 임피던스(입력 임피던스)가 변하고, 이에 따라 반사계수 정합특성이 함께 변한다는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 제안된 안테나의 partial ground는 정합회로로 동작한다는 것을 확인할 수 있다. 그림 8(a)는 f_w 변화에 따른 실수부 임피던스 변화를 나타낸다. f_w 가 증가할수록 10 GHz 이상 주파수대역에서 실수부 임피던스 값이 전반적으로 감소하게 되는데, 식 (1) 및 식 (2)를 통해 $w(f_w)$ 가 증가하게 되면 partial ground 부분의 특성 임피던스 Z_0' 가 감소하게 되고, 이에 따라 실수부 임피던스가 함께 감소한다는 것을 확인할 수 있다.

그림 8(b)는 실수부 임피던스 변화에 따른 반사계수 특성의 변화를 나타낸다. 실수부 임피던스가 50Ω 을 기준으로 멀어질수록 반사계수 값이 증가하고, 가까워질수록 반사계



(a) f_w 에 따른 실수부 임피던스
(a) Real impedance according to f_w



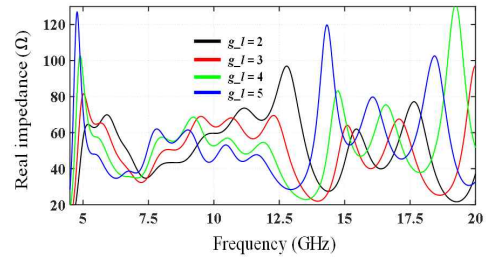
(b) f_w 에 따른 반사계수 특성
(b) Reflection coefficient according to f_w

그림 8. f_w 에 따른 반사계수 특성 변화 분석
Fig. 8. Reflection coefficient variation according to f_w .

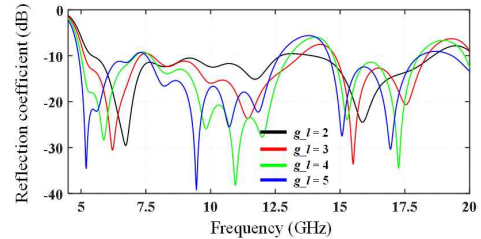
수 값이 감소하는데, 식 (3)을 통해 안테나의 부하 임피던스 Z_L 의 실수부 임피던스가 포트의 특성 임피던스(Z_0) 50 Ω에 근접할수록 반사계수가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

그림 9(a)는 g_l 변화에 따른 실수부 임피던스 변화를 나타내며, 그림 9(b)는 실수부 임피던스 변화에 따른 반사계수 특성의 변화를 나타낸다. g_l 이 증가함에 따라 5~7.5 GHz 주파수 대역에서 실수부 임피던스 특성이 저주파수로 이동하며, 10~13 GHz 주파수 대역에서 실수부 임피던스 값이 전반적으로 감소하게 되는데, 식 (2)를 통해 $l(g_l)$ 및 주파수(β)에 따라 \tan 항에 의해 실수부 임피던스가 변하는 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 반사계수 특성은 저주파수 대역으로 내려오며, 중간주파수 대역의 정합 특성이 변하게 된다. 이렇듯 partial ground 의 파라미터를 조절함에 따라 저주파수, 중간주파수, 고주파수 대역의 반사계수 특성을 조절할 수 있음을 알 수 있다. 이는 제안된 안테나를 기존 안테나 대비 36.2% 소형화시키면서 광대역 특성을 유지할 수 있도록 하는 핵심 설계 파라미터임을 확인할 수 있다.

그림 10은 동작 주파수 내에서 g_l 에 따라 전계 분포의



(a) g_l 에 따른 실수부 임피던스
(a) Real impedance according to g_l



(b) g_l 에 따른 반사계수 특성
(b) Reflection coefficient according to g_l

그림 9. g_l 에 따른 반사계수 특성 변화 분석
Fig. 9. Reflection coefficient variation according to g_l .

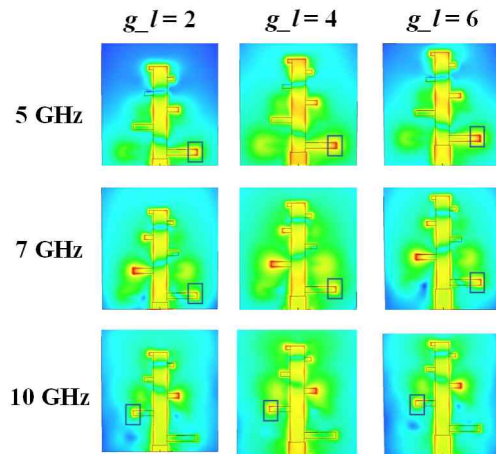


그림 10. 동작 주파수별 g_l 에 따른 전류분포 분석
Fig. 10. Current distribution according to g_l according the operating frequency.

변화에 대해서 분석한 결과이며, 동작 주파수 5, 7, 10 GHz에서 g_l 이 각각 2, 4, 6 mm일 때의 전계분포를 나타낸다. 먼저 동작 주파수 5 GHz에서 g_l 의 값이 증가할수록, 가장 긴 다이폴의 E-field 세기가 강해지는 것을 확인

표 2. 제안된 안테나와 선행연구의 성능 비교

Table 2. Comparison of the proposed antenna with previous researches.

Reference	Frequency range (GHz)	BW (GHz)	Fractional BW (%)	Size (mm×mm)
[7]	25~40	15	46.2	17.4×14.8
[8]	25.7~40	14.3	43.6	13×22
[9]	21~40	19	62.3	14×23
[10]	8.4~14.6	6.2	53.9	25.5×75
[11]	6.9~17.4	10.5	86.4	150×175
This work	5~20	15	120	30×35

할 수 있다. 이는 g/l 의 값이 증가할수록 동일한 주파수에서 저주파수 대역 다이폴이 방사에 더 크게 기여한다는 것을 의미하며, 이에 따라 안테나의 동작 주파수가 더 낮아진다는 것을 알 수 있다. 또한 동작 주파수 7 GHz에서 두 번째로 긴 다이폴의 E-field가 가장 강한 상태이며, g/l 의 값이 증가할수록 가장 긴 다이폴 끝의 E-field 세기가 강해지는 것을 확인할 수 있다. 이는 저주파수 대역 다이폴이 여전히 방사에 기여를 하고 있다는 것을 의미하며 안테나의 동작 주파수가 더 낮아진다는 것을 확인할 수 있다. 표 2는 제안된 안테나와 선행 연구의 성능 비교 결과를 보여주며, 제안된 안테나가 넓은 동작 주파수를 가짐에도 물리적인 크기가 소형화된 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 6G 이동통신 및 위성통신에 활용하기 위한 통신용 광대역 인쇄형 다이폴 어레이 안테나를 제안하였다. partial ground 구조를 도입하여 기존 인쇄형 다이폴 어레이 안테나의 방사패턴이 급전부에 의해 막히는 문제를 해결하였으며, 파라미터 최적화를 통해 36.2%의 소형화를 달성하였다. 시뮬레이션 및 측정을 통해 제안된 안테나의 반사계수 및 이득 특성을 확인하였다. 측정결과 동작 주파수는 5~20 GHz로 현재 사용 중인 5G 대역을 포함하여 6G 및 위성통신용 Ku-band까지 활용 가능한 것을 확인하였고, 최대 이득은 10 dBi로 확인되었다. 제안된 안테나의 성능을 선행연구들과 비교하였으며, 제안된 안테나의 fractional BW는 120%로 기존 선행연구에서 제안

된 안테나와 비교하였을 때 충분히 넓은 대역폭을 가짐을 확인하였다. 추가로 제안된 안테나와 유사한 동작 주파수를 가지는 기존 연구와 비교하여 안테나의 크기도 소형화되었음을 확인할 수 있다. 향후 동작 주파수 전 대역에서 이득의 균일성을 향상시키는 연구를 수행할 계획이며, 추가로 빔포밍 기술에 접목하기 위해 다 소자의 배열안테나 형상으로 확장할 계획이다.

References

- [1] M. Li, Y. Su, Y. Yao, W. Zhang, X. Lin, and Y. Fan, "A broadband dual-polarized C-/Ku-band shared aperture antenna array for satellite communications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 72, no. 11, pp. 8840-8845, Nov. 2024.
- [2] X. Teng, Y. Hou, C. Guo, S. Wang, and K. Ma, "Broadband low-profile multifunction dual-polarized dipole antenna and array for 5G and WiFi application," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 23, no. 6, pp. 1849-1853, Jun. 2024.
- [3] J. Park, C. Im, and H. Choo, "Design of a koch-curved LPDA antenna with optimized beamwidth to improve the aperture efficiency of reflector antennas," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 106747-106758, Jun. 2025.
- [4] D. E. Anagnostou, J. Papapolymerou, M. M. Tentzeris, and C. G. Christodoulou, "A printed log-periodic Koch-dipole array(LPKDA)," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 7, pp. 456-460, Dec. 2008.
- [5] I. J. Bahl, D. K. Trivedi, "A designer's guide to microstrip line," *Microwaves*, vol. 16, no. 5, pp. 174-182, May 1977.
- [6] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th ed. Hoboken, NJ, John Wiley & Son, pp. 56-63, 2011.
- [7] G. Zhai, Y. Cheng, Q. Yin, L. Chiu, S. Zhu, and J. Gao, "Super high gain substrate integrated clamped-mode printed log-periodic dipole array antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, no. 6, pp. 3009-3016, Jun. 2013.
- [8] Y. Chen, S. Wang, S. Shi, M. Jiang, J. Ding, and J. Gao, et al., "Landstorfer printed log-periodic dipole array antenna

with enhanced stable high gain for 5G communication," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 69, no. 12, pp. 8407-8414, Dec. 2021.

- [9] G. Zhai, Y. Cheng, Q. Yin, S. Zhu, and J. Gao, "Gain enhancement of printed log-periodic dipole array antenna using director cell," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 62, no. 11, pp. 5915-5919, Nov. 2014.
- [10] X. Wei, J. Liu, and Y. Long, "Printed log-periodic

monopole array antenna with a simple feeding structure," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 17, no. 1, pp. 58-61, Jan. 2018.

- [11] Z. Hu, S. Cao, M. Liu, C. Hua, and Z. Chen, "A planar low-profile log-periodic array based on cavity-backed slot," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 18, no. 10, pp. 1966-1970, Oct. 2019.

이 언 호 [홍익대학교/석·박사통합과정]

<https://orcid.org/0009-0008-7184-1604>



2026년 2월: 국립경국대학교 전자·기계공학부 (공학사)
 2026년 3월~현재: 홍익대학교 전자전기공학과 석·박사통합과정
 [주 관심분야] 광대역 안테나, 위상배열 안테나

임 태 흥 [국립금오공과대학교/조교수]

<https://orcid.org/0000-0001-7968-1272>



2016년 2월: 홍익대학교 전자전기공학부 (공학사)
 2018년 8월: 홍익대학교 전자전기공학과 (공학석사)
 2022년 2월: 홍익대학교 전자전기공학과 (공학박사)
 2022년 3월~11월: 울산과학기술원 박사

후 연구원

2022년 12월~2023년 12월: 국방과학연구소 선임연구원
 2024년 1월~현재: 국립금오공과대학교 전파공학과 조교수
 [주 관심분야] 배열안테나, 레이더 및 전자전 시스템, 능동 RCS 저감

주 재 율 [국립경국대학교/부교수]

<https://orcid.org/0000-0002-5804-858X>



2004년 2월: 홍익대학교 전기전자공학부 (공학사)
 2006년 2월: 홍익대학교 전파통신공학과 (공학석사)
 2014년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 2020년 9월~현재: 국립경국대학교 전자·

기계공학부 부교수

[주 관심분야] 안테나 설계 및 EMC

류 성 준 [국립경국대학교/조교수]

<https://orcid.org/0000-0002-0911-2186>



2014년 2월: 홍익대학교 전자전기공학과 (공학사)
 2016년 8월: 홍익대학교 전자정보통신공학과 (공학석사)
 2019년 8월: 홍익대학교 전자정보통신공학과 (공학박사)
 2019년 9월~11월: 홍익대학교 메타물질

전자소자연구센터 연구교수

2019년 12월~2025년 2월: 국방과학연구소 선임연구원
 2025년 3월~현재: 국립경국대학교 전자·기계공학부 조교수
 [주 관심분야] 위성 및 통신 배열안테나, 안테나 설계 및 위치 최적화, 광자 레이더