

6G IBFD 기지국용 광각 빔 조향을 위한 고격리도 이중 편파 배열 다이폴 안테나

강준현*, 최준모, 강명준, 김동준, 조제훈, 김선우
*한양대학교

*qnrrmrrha12@hanyang.ac.kr, cjmo311@hanyang.ac.kr, audwns3980@hanyang.ac.kr,
djune@hanyang.ac.kr, nflog@hanyang.ac.kr, remero@hanyang.ac.kr

Wide-Beam Scanning Magneto-Electric Dual-Polarized Dipole Array for 6G IBFD Base Stations

Jun-Hyeon Kang*, Junmo Choi, Myeong-Jun Kang, Dongjun Kim, Jaehoon Cho, and
Sunwoo Kim
*Hanyang Univ.

요 약

본 논문에서는 6G in-band full-duplex (IBFD) 통신을 위해 광대역, 고격리도, 그리고 광각 빔조향을 동시에 구현하는 방사체 공유형 위상 배열 다이폴 안테나를 제안한다. 제안된 구조는 기존 고격리도 magneto-electric (ME) 다이폴 안테나에 baffle과 bridge를 결합하여 송·수신 간 60 dB 이상의 격리도, 최대 43%의 대역폭, 40°- 50°의 빔조향 성능을 달성하였다.

I. 서 론

6G 이동통신 시스템은 초정확도, 초저지연, 초고속 데이터 전송률을 동시에 달성함으로써 자동화, 자율주행, e-Health 등 다양한 수직 산업과의 실시간 상호작용을 가능하게 할 것으로 예상된다[1]. 이러한 환경을 충족하기 위한 유력한 기술로 in-band full-duplex (IBFD) 방식이 주목받고 있다. IBFD는 동일한 주파수 대역에서 송신과 수신을 동시에 수행할 수 있어 스펙트럼 효율을 향상시키고 종단 간 지연 시간을 최소화할 수 있는 기술로, 6G 핵심 유망 기술 중 하나로 각광받고 있다[2].

IBFD 기술은 동일대역에서 신호를 송·수신하기 때문에 방사체 공유형 안테나의 이용이 가능하여 설치 면적을 최소화하는 장점이 존재하지만, 정확한 신호의 송·수신을 위해 높은 격리도 특성이 필요하다. 또한, 6G 기지국용 안테나는 넓은 서비스 범위를 만족하기 위한 광각 빔조향 성능이 필수적이다.

기존에 연구된 방사체 공유형 IBFD 안테나는 Π 형 급전 구조와 Γ 형 급전 구조를 수직하게 배치하고 각각 차동신호와 단일신호를 인가하여 광대역특성과 송·수신단 간의 높은 격리도를 확보했다. 그러나 광각빔조향 성능을 갖추기에는 안테나의 물리적 크기가 크다는 문제점이 있다. 따라서, 광대역, 고격리도, 그리고 광각빔조향이 동시에 가능하도록 추가적인 개선이 필요하다[3].

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 광각 빔조향이 가능한 광대역 고격리도 방사체 공유형 위상 배열 magneto-electric (ME) 다이폴 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 새로운 baffle의 monopole 방사 특성과 bridge의 전기적 경로 제공을 통해 광각 빔조향 성능을 확보하였다.

II. 방사체 공유형 ME 다이폴 단일 안테나

그림 1의 제안된 안테나는 방사체 공유형 단일 ME 다이폴 안테나를 나타낸다. 제안된 안테나는 $15 \times 15 \times 8.5 \text{ mm}^3$ 크기의 방사체와 $20 \times 20 \times 8 \text{ mm}^3$ 크기의 baffle로 구성된다. 신호는 50Ω SMA 커넥터를 통해 단일 급전구조와 차동 급전구조에 인가하였으며, 높은 격리도를 확보하기 위해 단일 급전구조와 차동 급전구조를 수직하게 배치하여 60dB 이상의 격리도를 확보하였다. 적용된 baffle 구조는 monopole의 방사 특성을 활용하여 half-power beam width (HPBW)를 넓히는 역할을 한다. 그림 2에 제시된 시뮬레이션 결과에서 볼 수 있듯이 HPBW는 기존 대비 최대 약 48° 향상되어, 동작 주파수 내에서 최소 77°, 최대 115°에 이르는 넓은 HPBW를 확보하였다. 또한, baffle 구조의 적용은 입력 정합 특성 개선에도 기여하여 -10 dB 반사계수 기준으로 단일 급전과 차동급전에서 각각 6.53-10.06GHz (42.56%), 6.92-10.75GHz (43.35%)의 대역폭으로 기존 대비 10%p 향상되었다.

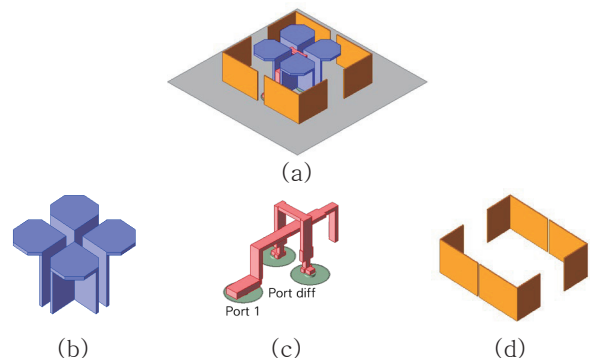


그림 1. 방사체 공유형 단일 ME 다이폴 안테나. (a) 3D-view, (b) 방사체, (c) 급전 구조, (d) Baffle

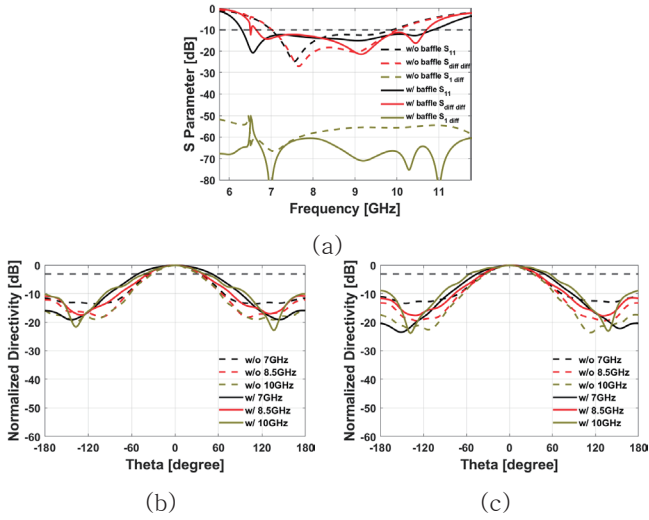


그림 2. 단일 ME 다이폴 시뮬레이션 결과. (a) S parameter, (b) 단일 급전 HPBW, (c) 차동 급전 HPBW

III. 방사체 공유형 ME 다이폴 배열 안테나

그림 3의 위상 배열 안테나는 인접한 단일 안테나 간의 coupling을 감소시키기 위해 baffle 간 상단에 bridge 구조를 추가로 적용하였다. Bridge는 인접 안테나 사이에 새로운 전기적 경로를 형성하여 전류를 효과적으로 분산시켜 배열 안테나 간의 coupling을 감소시키는 역할을 한다. 이를 통해 그림 4에서 볼 수 있듯이 5 dB 이상 격리도를 개선시켰다. 시뮬레이션 결과는 그림 5, 6에 나타냈으며, 제안된 baffle 및 bridge 구조를 함께 적용함으로써 단일급전 및 차동급전 모두에서 빔조향 각이 10° 증가하였고, 결과적으로 동작 주파수 내 $\pm 40^\circ$ ~ 50° 범위의 광각 빔조향 성능을 확보하였다.

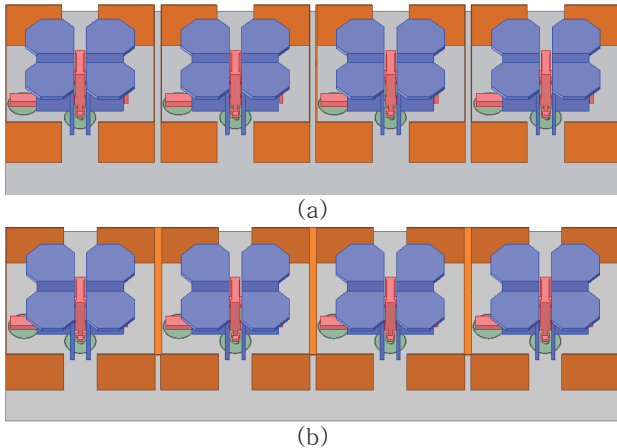


그림 3. 위상 배열 안테나. (a) Without Bridge, (b) With Bridge

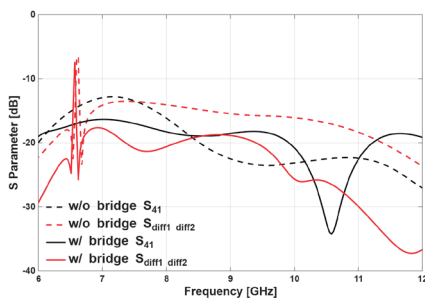


그림 4. 배열 안테나 간 동일 편파 격리도.

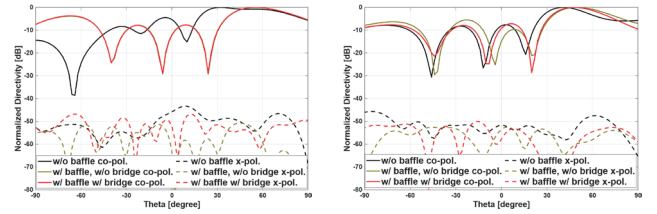


그림 5. 7GHz 빔조향 각도. (a) 단일 급전, (b) 차동 급전

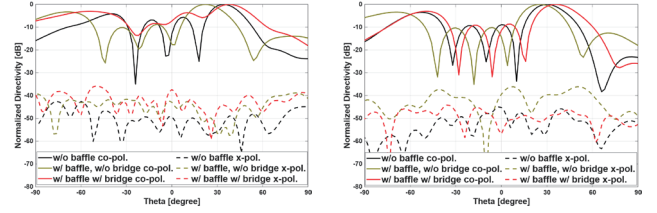


그림 6. 10GHz 빔조향 각도. (a) 단일 급전, (b) 차동 급전

IV. 결론

본 논문에서는 6G IBFD 통신에서 요구되는 광대역, 고격리도, 그리고 광각 빔조향 특성을 동시에 만족시키기 위해 방사체 공유형 위상 배열 ME 다이폴 안테나를 제안한다. 제안된 구조는 baffle 과 bridge 를 결합한 새로운 구조로 단일급전과 차동급전 모두에서 약 10%p의 대역폭 증가 및 최대 48°의 HPBW 개선, $\pm 40^\circ$ ~ 50° 의 빔조향 성능을 달성하였다. 제안된 안테나는 고격리도, 광대역, 그리고 광각 빔조향 성능을 갖춘 방사체 공유형 위상 배열 안테나로 차세대 6G IBFD 기지국용 안테나로 활용될 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00409492).

참 고 문 헌

- [1] S. Dang, O. Amin, B. Shihada, and M. Alouini, "What should 6G be?," *Nature Electronics*, vol. 3, pp. 20-29, Jan. 2020.
- [2] L. Haifeng, A. Bishnu, and T. Ratnarajah, "In-Band Full-Duplex Radios in 6G Networks: Implementation and Applications," *Foundations and Trends in Networking*, vol. 13, No. 1, pp. 1-105, 2023.
- [3] K. Tang, L. Ye, W. Zhu, and J. Li, "Broadband Dual-Polarized Magnetoelectric Dipole, Antenna for In-Band Full-Duplex Application," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 22, No. 9, pp. 2210 - 2214, Sep. 2023.