

위성통신용 S 대역 공유 개구형 이중 원형 편파 배열 안테나

Shared-Aperture Dual-CP Array for S-Band Satellite Communications

최원민¹ · 이동환² · 문효상^{3*} · 박승용^{4*} · 이상화^{5*} · 이창용^{6*} · 황금철⁷

Won Min Choi¹ · Dong Hwan Lee² · Hyosang Moon^{3*} · Seongyong Park^{4*} · Sanghwa Lee^{5*} ·
Changyong Rhee^{6*} · Keum Chol Hwang⁷

요 약

소형 위성 통신에는 안정적인 업/다운 링크가 가능한 고성능 소형 안테나를 요구한다. 본 논문에서는 적층 구조의 공유 개구(shared-aperture) 안테나를 제시한다. 제안 안테나는 S 밴드에서 이중 원형 편파(dual circular polarization)로 동작하며 각 포트에서 교차 편파와 18 dB 이상의 이격도 및 6.5 dBic 이상의 이득 특성을 보인다. 이후 순차 급전(sequential rotation)을 적용한 4×4 배열 안테나로 확장 설계하였다. 설계한 배열 안테나는 -6 dB 이하의 능동 반사 계수 조건에서 고각과 방위각 방향으로 ±30°까지 조향할 수 있다. 제안하는 안테나는 편파 다양성, 넓은 대역폭 및 전자식 빔 조향이 필요한 위성통신 시스템에서 유용하게 사용할 수 있을 것으로 기대한다.

Abstract

Small-satellite communications require compact high-performance antennas capable of reliable uplinks and downlinks. This study proposed a stacked shared-aperture antenna. The proposed antenna operated in the S-band with dual circular polarization and, for each port, achieved cross-polarization discrimination exceeding 18 dB and a realized gain above 6.5 dBic. This design was further extended to a 4×4 array using sequential rotation feeding. Under an active reflection coefficient of ≤ -6 dB, the array could steer beams up to $\pm 30^\circ$ in both elevation and azimuth. This antenna is expected to be useful for satellite communication systems that require polarization diversity, wide bandwidth, and electronic beam steering.

Key words: Dual Circular Polarization, Microstrip Antenna Array, S-Band Satellite Communication, Shared-Aperture Antenna

I. 서 론

소형 위성은 우주산업에서 주목을 받고 있으며 지상국

과 안정적인 업/다운 링크 동작이 가능하고 원형 편파로 동작하는 소형 안테나가 필요하다^[1]. 이러한 성능 특성은 패치를 활용해 구현하는 것이 일반적이다^[2]. 특히 커플러

「이 연구는 LIG Nex1 산학협력과제 지원으로 연구되었음.」

성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과(Department of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University)

*LIG넥스원(LIG Nex1)

1: 석 · 박사통합과정(<https://orcid.org/0009-0005-8316-5189>), 2: 석 · 박사통합과정(<https://orcid.org/0000-0002-5834-1591>),

3: 수석연구원(<https://orcid.org/0000-0003-1128-7249>), 4: 선임연구원(<https://orcid.org/0009-0001-3053-3380>), 5: 선임연구원(<https://orcid.org/0009-0003-0348-1022>),

6: 선임연구원(<https://orcid.org/0000-0002-0296-858X>), 7: 교수(<https://orcid.org/0000-0002-8074-1137>)

· Manuscript received September 8, 2025 ; Revised September 22, 2025 ; Accepted September 29, 2025. (ID No. 20250908-093)

· Corresponding Author: Keum Cheol Hwang (e-mail: khwang@skku.edu)

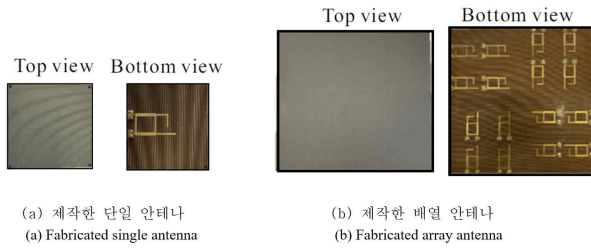


그림 3. 제작한 단일 안테나 및 배열 안테나
Fig. 3. Fabricated single antennas and array antennas.

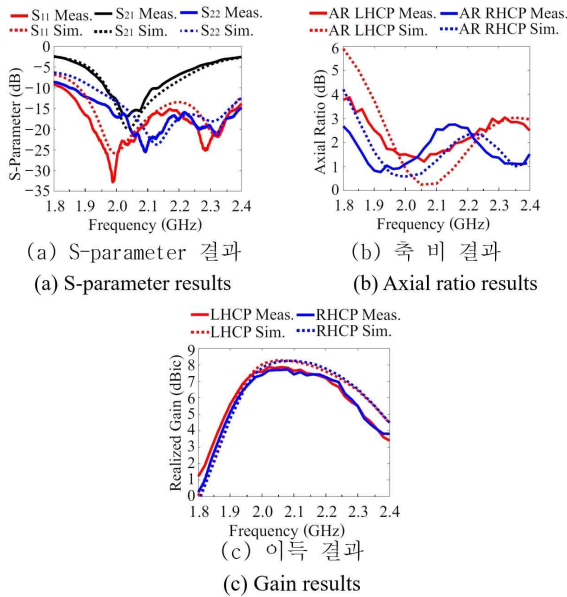


그림 4. 단일 안테나의 시뮬레이션 및 측정 결과
Fig. 4. Simulated and measured results for proposed antenna.

확인할 수 있다. 그림 4(a)는 S-parameter 결과이다. 포트 1은 측정에서 1.83~2.4 GHz(26.95%)를 달성하였고, 포트 2에서는 1.9~2.24 GHz(23.26%)를 확보하였다. 그림 4(b)는 축비 특성 결과이며 포트 1, 2 모두 임피던스 정합 대역 내에서 3 dB 이하의 축비를 확인할 수 있다. 결과적으로 실현 이득은 포트 1, 2에서 모두 6.5 dBi 이상을 확보하였고 이를 그림 4(c)에 나타내었다.

그림 5를 통해 2.1 GHz에서 확인한 단일 안테나의 방사 패턴 결과를 확인할 수 있다. 포트 1에서는 LHCP로 동작하며 RHCP 성분과 23 dB 이상의 이격도를 유지한다. 포트 2에서는 RHCP로 동작하며 LHCP 성분과 18 dB 이상의 이격도를 유지하며 높은 편파 순도를 확보하였다.

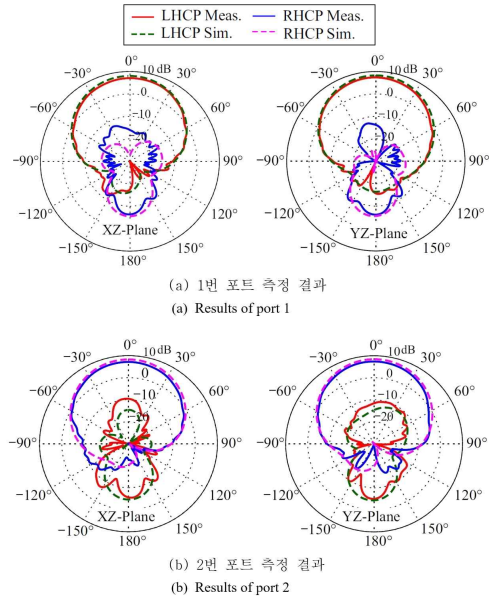


그림 5. 2.1 GHz에서의 단일 안테나의 방사 패턴 결과
Fig. 5. Radiation pattern for element antenna at 2.1 GHz.

그림 6은 배열 기준 브로드사이드 방향 방사 및 30° 조향에 대한 안테나의 능동 반사 계수 결과이다. 그림 6(a)에서 배열 중심 소자인 11번 포트 및 12번 포트의 결과와

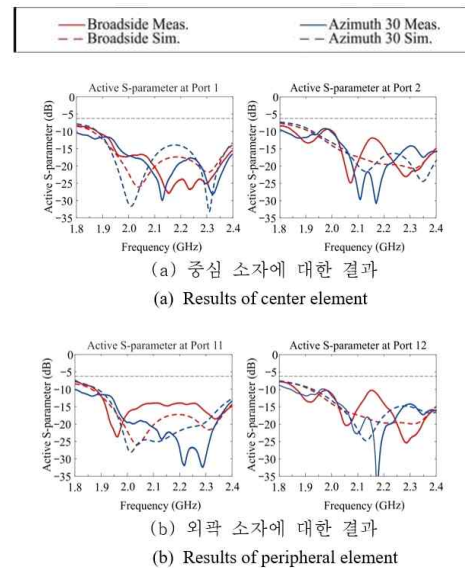


그림 6. 배열 중심 소자의 능동 반사 계수 측정 결과
Fig. 6. Active S-parameter results of the center element of the array.

IV. 결 론

직교 하이브리드 커플러와 다층 적층 패치 구성을 통합하여 이중 원형 편파 안테나를 설계하였다. 제안하는 안테나는 이중 포트를 사용하며 다운 링크(1.98~2.01 GHz) 및 업 링크(2.17~2.20 GHz) 주파수 대역에서 -10 dB 미만의 임피던스 대역폭, 3 dB 미만의 축비, 그리고 6.5 dBic 이상의 이득 특성을 달성하였다. 각 포트에서 형성한 방사패턴은 교차 편파와 18 dB 이상의 이격도를 형성한다. 이후 단일 소자 성능을 기반으로 빔 조향을 지원하는 4×4 위상 배열을 설계하였다. 설계한 배열 안테나는 능동 반사 계수 -6 dB 미만을 유지하며 고각 및 방위각에서 최대 30° 까지 효과적인 빔 조향이 가능하고 안정적인 이득 성능을 보였다. 제안한 이중 원형 편파 안테나는 S 대역에서 견고한 성능을 제공하며, 편파 다양성, 넓은 대역폭 및 전자식 빔 조향이 필요한 위성통신 시스템에서 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

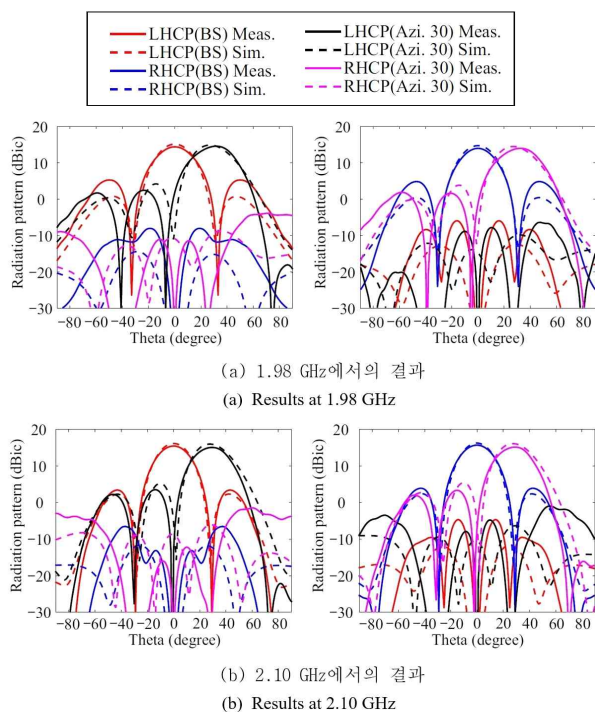


그림 7. 배열 안테나의 방사 패턴 결과
Fig. 7. Far-field measurement of array antenna.

그림 6(b)에서 외곽 소자인 1, 2번 포트 결과를 확인할 수 있다. 해당 소자에 대한 능동반사 계수를 측정하는 과정에서 다른 소자의 모든 포트는 50 Ω 로 종단하였다. 결과를 통해 동작 대역 내에서 -6 dB 이하의 안정적인 능동 반사 계수 특성을 확인할 수 있다.

그림 7은 1.98 GHz 및 2.10 GHz에 대한 빔 조향 결과를 나타낸다. 측정 결과는 Active element pattern을 이용하여 도출한 결과이다. 홀수 포트는 LHCP로 동작하며 짝수 포트에 대한 방사 패턴은 RHCP로 동작한다. 시뮬레이션과 측정 결과 모두 30° 조향까지 이중 원형 편파 동작 특성을 확인할 수 있다.

References

- [1] S. Gao, Y. Rahmat-Samii, R. E. Hodges, and X. X. Yang, "Advanced antennas for small satellites," *Proceedings of the IEEE*, vol. 106, no. 3, pp. 391-403, Mar. 2018.
- [2] K. L. Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, 2002.
- [3] Z. Mousavirazi, H. Naseri, M. M. M. Ali, P. Rezaei, and T. Denidni, "A low-profile and low-cost dual circularly polarized patch antenna," *Progress in Electromagnetics Research Letters*, vol. 107, pp. 67-74, Oct. 2022.
- [4] A. H. Mohammed, F. M. Alnahwi, and Y. I. A. Al-Yasir, "A circularly polarized microstrip antenna with dual circular polarization using a 90° hybrid coupler and proximity-coupled feeding for LTE 43 5G applications," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 24, p. 11877, Dec. 2024.