

회전형 시퀀셜 급전 구조를 갖는 안테나-인-패키지용 원형편파 배열안테나 설계

Design of Circularly Polarized Array Antennas with a Rotated Sequential Feeding Network for Antenna-in-Package Applications

이창희 · 강우택 · 김영원* · 주지한* · 채희덕* · 김지은* · 변강일

Changhee Lee · Wootack Kang · Youngwan Kim* · Jihan Joo* · Heeduck Chae* · Jieun Kim* · Gangil Byun

요약

본 논문에서는 회전형 시퀀셜 급전 구조를 통해 축비 대역폭 확장이 가능한 안테나-인-패키지용 원형편파 배열안테나를 제안한다. 제안된 개별 안테나는 삼각 배열을 위해 육각형 형태를 가지며 원형편파 특성을 구현하기 위한 90°의 위상차를 갖는 분배선로를 통해 두 개의 핀으로 원형 패치에 급전된다. 설계된 개별 안테나를 기반으로 한 2×2 부배열 안테나는 각각의 개별 안테나를 90°씩 회전 배열함으로써 축비 대역폭을 개선함과 동시에 빔 대칭성을 확보하여 축비 특성이 안정적으로 유지되도록 설계하였다. 그리고 90° 위상 분배층을 통해 개별 안테나 급전 위치를 재배열하고 위상차를 보정함으로써, 일반적인 빔조향 알고리즘을 적용할 수 있도록 설계하였다. 제안된 형상을 바탕으로 4×4 배열안테나 모델을 디자인하였다. 시뮬레이션 결과 90° 위상 분배 층은 목표 대역 내에서 5° 이내의 오차를 가지며, 축비 대역폭은 7.1%에서 75%로 확장되었다. 또한, 빔조향 시에도 $\theta_0 = \pm 60^\circ$ 범위에서 축비 특성이 안정적으로 유지됨을 확인하였다.

Abstract

In this study, a circularly polarized antenna-in-package array antenna with an expandable axial ratio bandwidth was proposed using a rotating sequential feed structure. Each antenna in the proposed design had a hexagonal shape for a triangular array configuration and featured a circular radiating patch. In addition, it was fed by two pins through a feed line with a 90° phase difference to implement circular polarization characteristics. A 2×2 subarray antenna was designed to enhance the axial ratio bandwidth by rotating each antenna by 90° and ensuring beam symmetry. This maintained stable axial ratio characteristics. A 90° phase distribution layer was used to rearrange the feed positions and correct the phase differences, allowing the use of conventional beam steering algorithms. A 4×4 array antenna model was designed based on the proposed configuration, and the antenna characteristics were analyzed. The simulation results showed that the 90° phase distribution layer exhibited an error within 5° in the target bandwidth, and the axial ratio bandwidth expanded from 7.1% to 75%. Furthermore, during beam steering within the range of $\theta_0 = 60^\circ$, the axial ratio characteristics remained stable compared with those of conventional array antennas.

Key words: Array Antenna, Circular Polarization, Antenna in Package

「이 연구는 LIG넥스원(주) 연구비의 지원으로 연구되었음.」

울산과학기술원 전기전자공학과 (Department of Electrical Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology)

*LIG 넥스원(주)(LIG Nex1 Co., Ltd.)

· Manuscript received January 31, 2024 ; Revised February 26, 2024 ; Accepted March 12, 2024. (ID No. 20240131-014)

· Corresponding Author: Gangil Byun (e-mail: byun@unist.ac.kr)

I. 서론

최근 5G 이동 통신 및 위성통신의 데이터양이 증가하고 통신 속도가 증가함에 따라, 넓은 대역폭을 가지는 밀리미터파 대역에 대한 수요가 증가하는 추세이다. 이에 따라 소형화 및 경량화가 가능하고 시스템을 구성하는 컴포넌트 간의 전달손실을 최소화 가능한 안테나-인-패키지(antenna-in-package) 기술에 대한 수요 또한 증가하고 있으며, 그와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다^{[1],[2]}. 또한, 밀리미터파 대역에서 원형편파를 사용할 경우, 다중 경로 전파 현상에 의한 지연 확산 현상을 감소시키는 데 유리하다^{[3],[4]}. 그러나, 원형편파 안테나를 활용한 안테나-인-패키지 기술에 관한 연구는 부족한 실정이다^[5]. 또한, 일반적인 형태의 원형편파 안테나는 제한된 AR(axial ratio) 대역폭과 AR 커버리지 영역을 가져 넓은 대역폭 특성을 가지기 어렵다^{[6],[7]}. 이는 빔조향 시 조향 각도에 따른 AR 대역폭을 유지하는 것을 어렵게 만들어 원형편파 안테나의 빔조향 성능을 열화시키는 주요 원인이 된다^{[8],[9]}.

본 연구에서는 회전형 시퀀셜 급전 구조를 적용하여 AR 대역폭을 증가시키고, 빔 대칭성 확보를 통해 빔조향 성능을 개선하는 안테나-인-패키지용 원형편파 안테나를 제안한다. 제안된 개별 안테나는 삼각 배열을 위해 육각형 형태를 가지며 원형 방사 패치를 갖는다. 또한, 원형편파 특성을 구현하기 위한 90°의 위상차를 갖는 분배선로를 통해 두 개의 핀으로 급전된다. 제안된 배열안테나의 축비 특성을 개선하기 위해 2x2 부배열 단위로 회전대칭 배열을 적용하였다^{[10]~[12]}. 하지만 회전대칭 배열을 사용할 경우 각 안테나의 급전 위치 또한 함께 이동한다. 따라서 대부분의 회전대칭 배열안테나의 경우 corporate feeding 형태의 급전 구조를 사용하게 되어 빔조향이 제한되거나 일반적인 빔조향 알고리즘을 적용할 수 없게 된다^{[10]~[13]}. 이러한 문제를 극복하기 위해 부배열에 90° 위상 분배 층을 추가함으로써 안테나 급전 위치를 재배열하여 일반적인 빔조향 알고리즘 적용이 가능하도록 설계하였다. 제안된 90° 위상 분배 층은 선로의 길이에 차이를 주어 각 개별 안테나의 위상을 조절하였으며, 목표 대역에서 5° 이내의 위상 오차를 가진다. 또한, 제안된 안

테나를 활용하여 목표 주파수를 기준으로 20 %의 능동산란계수 대역폭과 75 %의 AR 대역폭 특성을 확인하였다. 그리고 일반적인 배열 방식과 비교하여 제안된 방식을 적용한 안테나는 45° 빔조향 에서도 목표 대역 내에서 AR 대역폭을 유지함을 확인하였다.

II. 안테나 설계 과정

그림 1은 제안된 모델의 적층 구조를 보여준다. 제안된 2x2 배열은 7개의 층으로 구성되어 있으며 각각 방사 층(L1-L2), 안테나 위상 분배 층(L2-L4), 90° 위상 분배 층(L4-L6), 그리고 전원 공급 층(L6-L7)으로 구분된다. L1에는 방사 패치가 인쇄되어 있으며, L2는 방사 소자의 ground이다. 또한, 패치 안테나가 원형편파 특성을 가질 수 있도록 90°만큼의 위상차를 부여하는 급전 구조가 L3에 설계되었다. L5에는 90°만큼의 위상차를 가지는 선로가 각각의 1~4번 안테나에 맞게 존재한다. L7에는 SMPM 커넥터를 통해 전원이 공급된다.

그림 2는 제안된 배열안테나 형상의 발전 과정을 보여 주며, 그림 2(a)는 제안된 단위 소자 형상을 나타낸다. 그림 2(b)는 그림 2(a)에서 설계된 개별 안테나를 2x2 배열로 확장하였으며, 그에 따라서 90° 위상 분배 선로 또한 동일한 방향으로 배열되어 있음을 확인할 수 있다. 반면에 그림 2(c)는 배열안테나의 원형편파 특성 개선을 위해 90°만큼 회전하여 배열되었으며, 이를 위해 각 단위 소자에 분배 선로 층이 추가되었다. 그림 3(a)는 제안된 부배열의 방사 층을 나타낸다. 각 개별 안테나는 원형편파 형성을 위해 2개의 신호 비아(signal via)를 통해 급전되며,

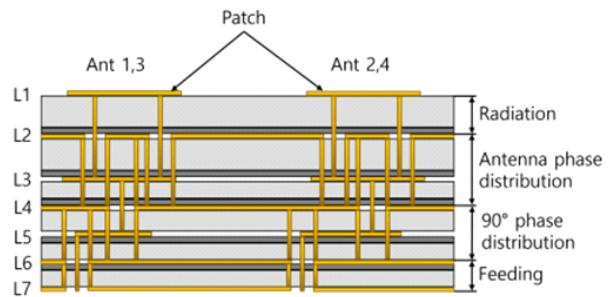


그림 1. 제안된 모델의 적층 구조

Fig. 1. Stacked structure of the proposed array antenna.

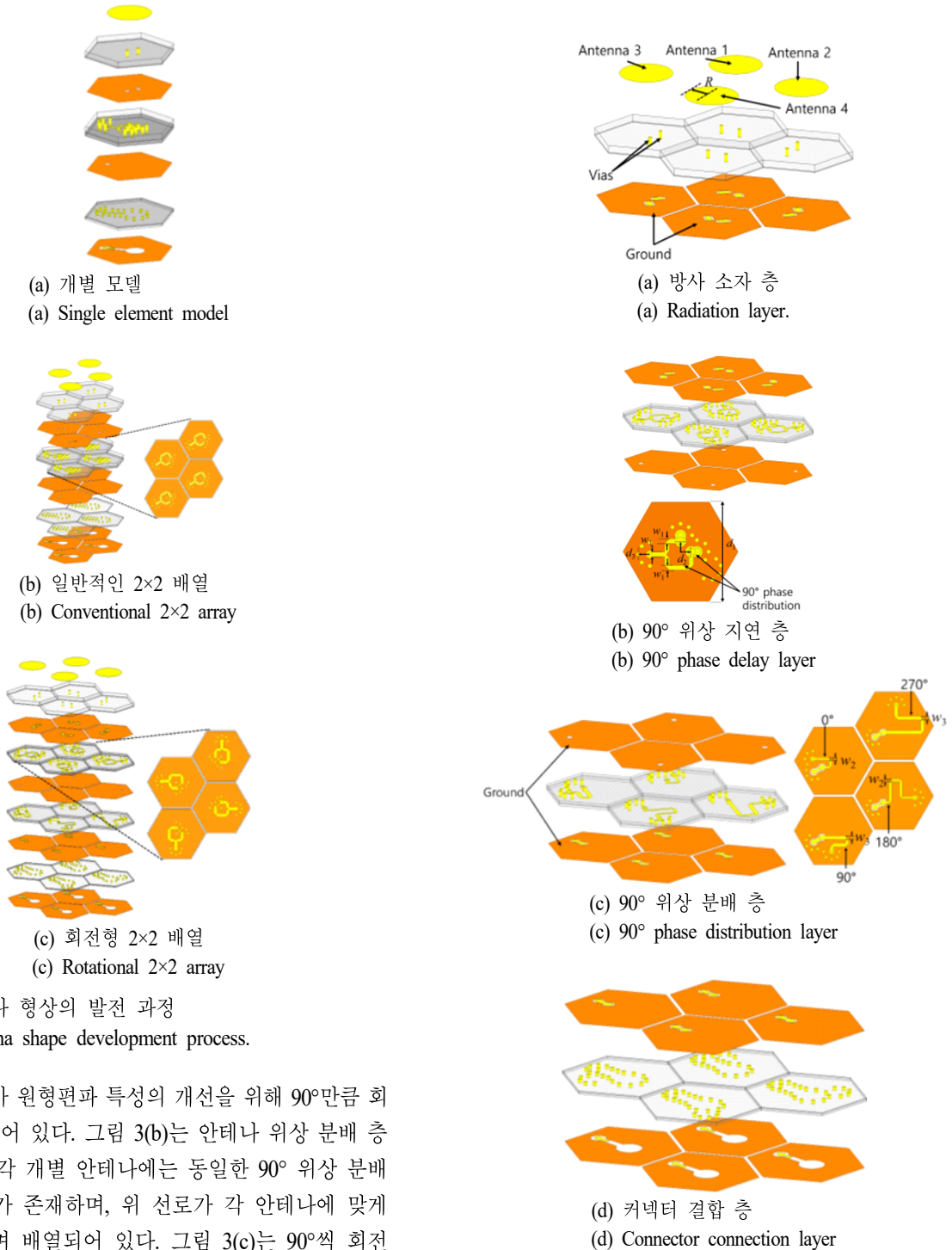


그림 2. 안테나 형상의 발전 과정
Fig. 2. Antenna shape development process.

4개의 안테나가 원형편파 특성의 개선을 위해 90°만큼 회전하며 배열되어 있다. 그림 3(b)는 안테나 위상 분배 층을 나타낸다. 각 개별 안테나에는 동일한 90° 위상 분배를 위한 선로가 존재하며, 위 선로가 각 안테나에 맞게 90°씩 회전하며 배열되어 있다. 그림 3(c)는 90°씩 회전 배열된 각각의 안테나에 90°만큼의 위상차를 주어 순차 급전 선로의 형태를 2x2 배열안테나에서 갖추도록 설계된 90° 위상 분배 층을 나타낸다. L5의 전송 선로 위상 보

그림 3. 제안된 2x2 부배열 구조
Fig.3. Proposed 2x2 subarray structure.

상 구조를 통해 아래층의 급전 위치를 동일한 위치에 두어 기존 빔조향 알고리즘을 사용하여 빔조향이 가능하도록 설계되었다. 각 선로의 위상차는 28 GHz 기준으로 90° 위상차가 발생하도록 설계되었으며, 위 선로는 목표 주파수 대역인 27.5~28.5 GHz 사이에서 최대 5° 이내의 오차값을 가진다. 그림 3(d)의 전원 공급 층은 커넥터와 제안된 안테나 모델을 연결하기 위해 사용된 층으로, 개별 안테나에 개별 커넥터가 연결되도록 설계되며 각 안테나 간의 간격은 $0.5\lambda_0$ 의 간격을 가진다. 표 1은 제안된 안테나의 주요 설계 변수를 나타낸다. 안테나 크기 d_1 의 경우 28 GHz 기준 $0.5\lambda_0$ 이며, d_2 는 안테나의 중심에서 두 개의 급전 핀 사이의 거리, d_3 는 급전 핀과 손실 차단을 위한 비아(via) 사이의 거리이다. 변수 w_1 은 개별 안테나 위상 분배선로의 선폭, w_2 는 1, 4번 안테나의 위상 분배선로의 선폭, w_3 는 2, 3번 안테나 위상 분배선로의 선폭을 의미한다.

그림 4(a) 및 그림 4(b)는 각각 제안된 배열안테나의 평면도와 저면도이다. 2x2 부배열은 1~4번 안테나가 회전 배열된 구조이며, 해당 부배열 4개를 4x4 배열로 확장하였다. 이는 제안된 2x2 배열안테나가 배수로 확장이 가능함을 나타낸다.

III. 안테나 성능 분석

그림 5는 제안된 배열안테나의 능동 산란계수(active s parameter)와 실현 이득(realized gain)에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그림 5(a)에서는 제안된 안테나 배열 중, 대칭 특성이 유지되는 최소 단위 배열 소자 4개의 능동 산란계수에 관한 결과를 보여준다. 1번과 4번 소자, 2번과 3번 소자는 각각 서로 유사한 경향성을 가지며, 목표 대역폭인 27.5 GHz~28.5 GHz를 포함하는 25.59 GHz~32.72 GHz의 능동 산란계수 대역폭을 갖는다. 또한 그

표 1. 제안된 배열안테나의 주요 설계 변수
Table 1. Design parameter of proposed array antenna.

| Parameter | R | d_1 | d_2 | d_3 |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| Value (mm) | 1.55 | 5.357 | 0.55 | 0.6 |
| Parameter | w_1 | w_2 | w_3 | |
| Value (mm) | 0.24 | 0.17 | 0.25 | |

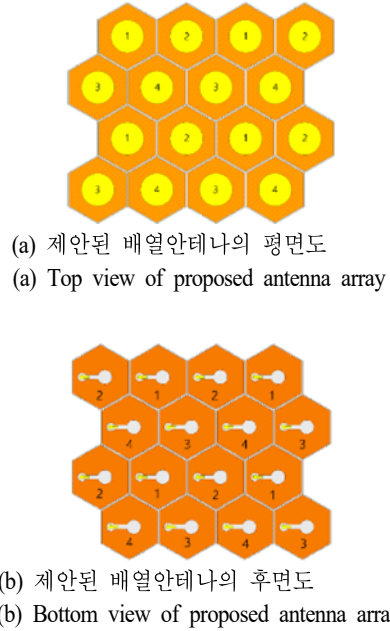
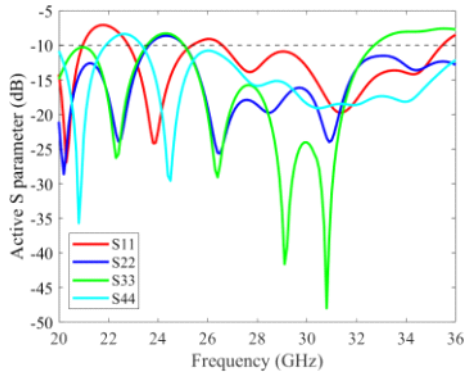
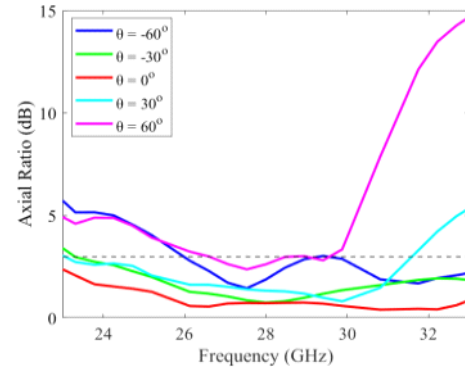


그림 4. 제안된 배열안테나의 전체 배열 형상
Fig. 4. Full array shape of proposed antenna array.

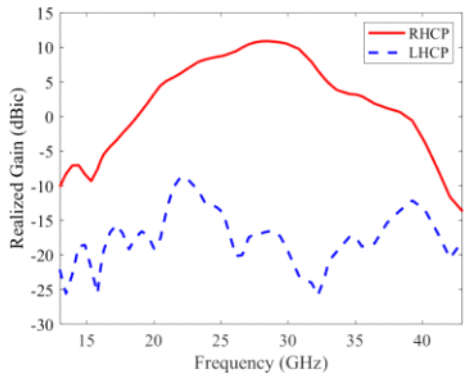
림 5(b)와 같이, 제안된 배열안테나는 목표 주파수 대역에서 최대 10.8 dBic의 RHCP(right-hand circular polarization)를 가지며, RHCP와 LHCP(left-hand circular polarization) 간 최대 27.7 dB의 편파 분리도를 갖는다. 그리고 그림 5(c)는 제안된 배열안테나의 빔조향 시뮬레이션 시 RHCP 패턴을 나타내며, $\theta_0=0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 60^\circ$ 으로 빔조향 한 경우 각각 10.8 dBic, 9.6 dBic, 5.7 dBic의 원형편파 이득(CP gain)을 가진다. 그림 6에서는 제안된 형태의 회전형 시퀀셜 급전 구조를 적용한 배열안테나와 일반적인 형태의 배열 방식이 적용된 배열안테나의 빔조향 시 측비 특성 변화를 비교하였다. 그림 6(a)와 같이, 제안된 배열안테나의 경우, $\pm 60^\circ$ 까지의 빔조향 시 목표 대역폭에서 3 dB 이하의 측비 특성이 유지됨을 확인할 수 있다. 반면, 일반적인 배열안테나의 경우, 빔조향 각도가 $\theta_0=30^\circ$ 일 때 AR 대역폭이 목표 대역폭의 절반(28 GHz~28.5 GHz)만 포함하였고, 빔조향 각도가 $\theta_0=60^\circ$ 인 경우엔 3 dB 이하의 측비 특성이 나타나지 않음을 확인하였다. 이는 일반적인 배열안테나와 비교하여 회전형 시퀀셜 급전 구조를 적용할 경우, 배열안테나의 방사패턴이 보다 대칭적으로 형성되기 때문이다. 따라서, 제안된 방식의 배열 형태가 보다 안정적



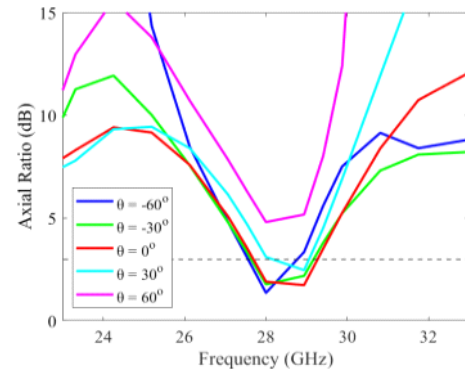
(a) 능동 산란계수(dB)
(a) Active S parameter (dB)



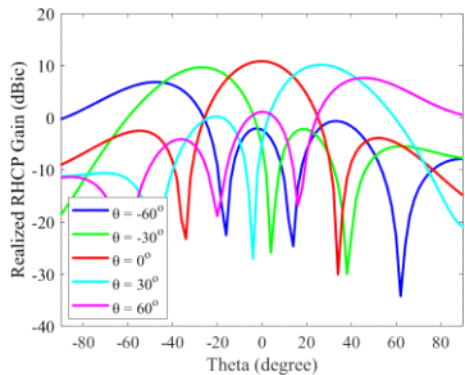
(a) 제안된 배열안테나의 조향각에 따른 축비(dB)
(a) Axial ratio according to steering angle of proposed array antenna (dB)



(b) RHCP 및 LHCP 이득(dBic)
(b) Realized gain (dBic) of RHCP and LHCP patterns



(b) 일반적인 배열안테나의 조향각에 따른 축비(dB)
(b) Axial ratio according to steering angle of conventional array antenna (dB)



(c) 조향각에 따른 RHCP 이득(dBic)
(c) Realized RHCP gain (dBic)

그림 5. 제안된 배열안테나의 성능 시뮬레이션
Fig. 5. Simulation performance of the proposed antenna array.

인 축비 특성을 유지할 수 있음을 확인할 수 있다. 그림 7은 제안된 배열안테나의 급전부를 그림 3(b)에서 언급된

그림 6. 빔조향 각도에 따른 배열안테나의 성능 비교
Fig. 6. Comparison of performance of array antenna according to beam steering angle.

전형적인 형태의 급전 구조를 사용하였을 때와 제안된 방식의 회전형 급전 구조를 사용한 경우의 축비 특성 비교를 나타낸다. 일반적인(conventional) 타입 급전 구조의 경우 27.69 GHz~29.27 GHz의 AR 대역폭을 갖는 반면, 회전형(rotated) 급전 구조를 사용할 경우 AR 대역폭이 17.8 GHz~37.8 GHz까지 확장됨을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

그림 8은 회전형 4x4 array와 일반적인 4x4 array 각각의 축비 특성과 반전력 빔폭을 U-V평면에 나타낸 그래프이다. 회전형 배열안테나의 경우, 일반적인 배열안테나와 달리 축비 특성이 최소가 되는 지점이 반전력 빔폭 영역

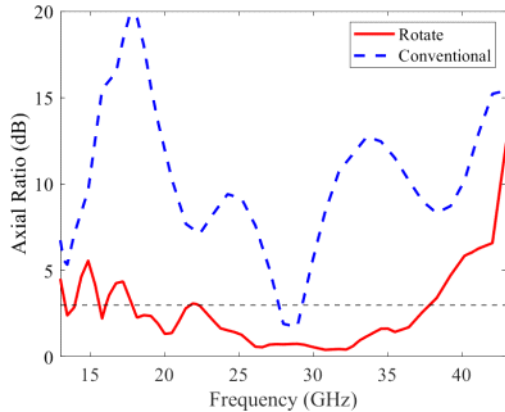


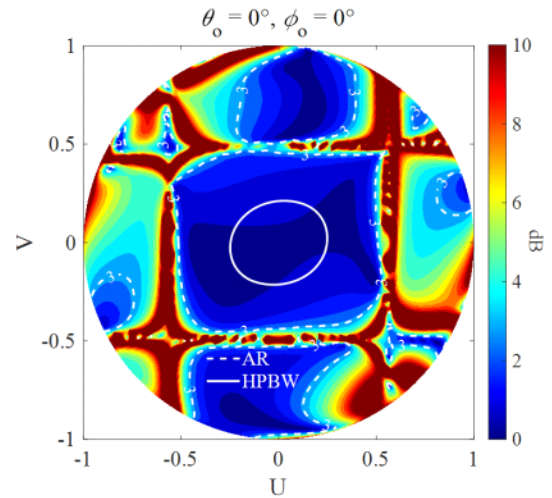
그림 7. 배열 방식에 따른 축비 특성 비교
Fig. 7. Compare of axial ratio value.

내부에 형성되며 전 영역에서 축비 특성이 대칭적으로 형성되었다.

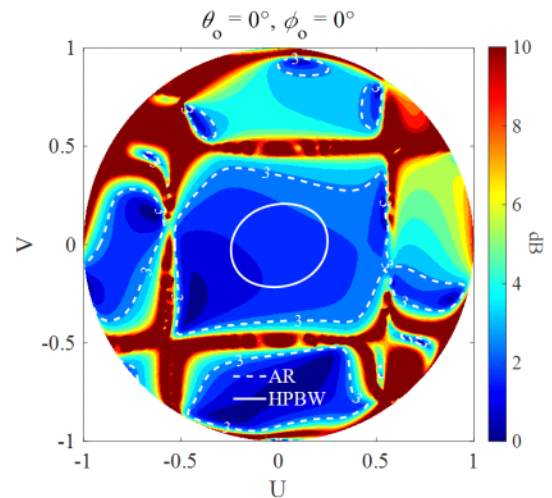
그림 9는 $\theta_0=30^\circ$ 방향으로 빔조향 한 경우, 제안된 배열안테나와 일반적인 배열안테나 간의 축비 특성과 반전력 빔폭을 U-V 평면에 나타낸 그래프이다. 그림 9(a) 및 그림 9(b)에 나타난 바와 같이, 일반적인 배열안테나와 달리 제안된 배열안테나의 경우 빔조향 시에도 축비 특성이 3 dB 아래인 영역이 반전력 빔폭 영역을 포함하는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 안테나-인-패키지용 배열안테나 설계 시, 목표 대역폭 내에서의 축비 특성을 안정화를 위해 회전형 시퀀셜 급전구조를 적용한 원형편과 배열안테나를 제안하였다. 제안된 배열안테나는 총 7개의 층으로 구성되었으며, $0.5\lambda_0$ 의 크기를 갖는 개별 원형편과 단위 소자를 4개 단위로 회전시켜 배열한 형태이다. 개별 단위 소자를 회전 배열하는 과정에서, L5에 90° 위상 분배 구조를 적용함으로써, 회전형 시퀀셜 급전 구조를 적용하여도 일반적인 방식의 빔조향 알고리즘을 적용할 수 있도록 전송 선로의 위상을 보정 하였다. 제안된 배열안테나의 성능 분석은 HFSS E&M 시뮬레이션 툴을 통해 진행되었다. 시뮬레이션 결과, 제안된 배열안테나는 25.59 GHz~32.72 GHz의 능동 산란계수 대역폭을 가지며, 최대 10.8 dBic의 RHCP와 27.7 dB의 편파 분리도를 가짐을 확인하였다. 또



(a) 회전 4×4 배열
(a) Rotational 4×4 array



(b) 일반적인 4×4 배열
(b) Conventional 4×4 array

그림 8. 배열 방식에 따른 축비 특성 비교
Fig. 8. Comparison of axial ratio according to array method in UV plane.

한, 제안된 방식의 회전형 시퀀셜 급전 구조를 적용한 경우 $\theta_0=0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 60^\circ$ 빔조향 시, 일반적인 방식의 배열안테나와 달리 목표 대역폭 내에서 3 dB 이하의 축비 특성을 유지함을 확인하였다. 특히, 전면 방향을 조향하는 경우 일반적인 배열안테나는 AR 대역폭이 2 GHz에 그쳤으나, 제안된 배열안테나는 AR 대역폭이 20 GHz까지 확장

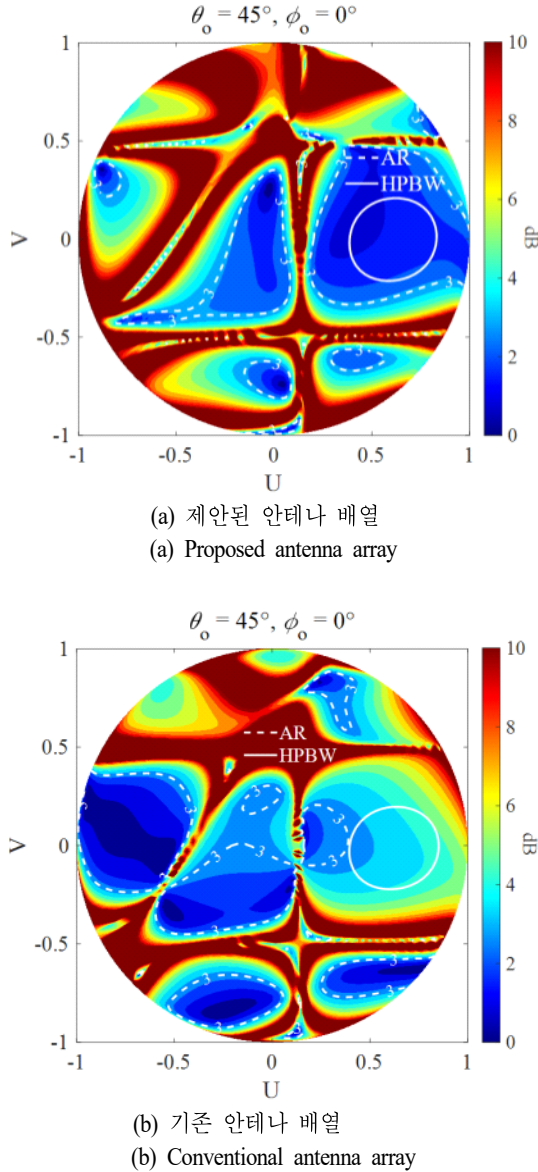


그림 9. 빔조향 시 배열 방식에 따른 축비 특성 비교
Fig. 9. Comparison of axial ratio according to array method in beam steering.

되었다. 이에 더해, 빔조향 각도에 따른 축비 특성을 UV 평면에서 비교해 보았을 때, 제안된 형태의 배열안테나의 경우 빔조향 상황에도 축비 특성이 최소가 되는 지점이 반전력 빔폭 영역 내에 위치함을 확인하였다. 이를 통해 일반적인 배열안테나에 제안된 방식의 회전형 시퀀셜 급전 구조를 적용할 경우, 보다 안정적인 축비 특성을 유지

할 수 있음을 알 수 있다.

References

- [1] D. Liu, X. Gu, C. W. Baks, and A. Valdes-Garcia, "Antenna-in-package design considerations for Ka-band 5G communication applications," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 65, no. 12, pp. 6372-6379, Dec. 2017.
- [2] T. H. Lin, K. Kanno, A. O. Watanabe, P. M. Raj, R. R. Tummala, and M. Swaminathan, et al., "Broadband and miniaturized antenna-in-package(AiP) design for 5G applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 19, no. 11, pp. 1963-1967, Nov. 2020.
- [3] T. Manabe, Y. Miura, and T. Ihara, "Effects of antenna directivity and polarization on indoor multipath propagation characteristics at 60 GHz," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 14, no. 3, pp. 441-448, Apr. 1996.
- [4] T. Manabe, K. Sato, H. Masuzawa, K. Taira, T. Ihara, and Y. Kasashima, et al., "Polarization dependence of multipath propagation and high-speed transmission characteristics of indoor millimeter-wave channel at 60 GHz," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 44, no. 2, pp. 268-274, May 1995.
- [5] W. Zhang, Y. P. Zhang, M. Sun, C. Luxey, D. Titz, and F. Ferrero, "A 60-GHz circularly-polarized array antenna-in-package in LTCC technology," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, no. 12, pp. 6228-6232, Dec. 2013.
- [6] K. F. Tong, T. P. Wong, "Circularly polarized U-slot antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 8, pp. 2382-2385, Aug. 2007.
- [7] Z. Wang, R. She, J. Han, S. Fang, and Y. Liu, "Dual-band dual-sense circularly polarized stacked patch antenna with a small frequency ratio for UHF RFID reader applications," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 15260-15270, Jul. 2017.

- [8] M. A. Sofi, K. Saurav, and S. K. Koul, "Linear-to-circular polarization converter with wide angular stability and near unity ellipticity: Application to linearly polarized antenna array," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 69, no. 12, pp. 4779-4783, Dec. 2022.
- [9] H. W. Lai, D. Xue, H. Wong, K. K. So, and X. Y. Zhang, "Broadband circularly polarized patch antenna arrays with multiple-layers structure," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, pp. 525-528, Jul. 2016.
- [10] A. Chen, Y. Zhang, Z. Chen, and C. Yang, "Development of a Ka-band wideband circularly polarized 64-element microstrip antenna array with double application of the sequential rotation feeding technique," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 10, pp. 1270-1273, Nov. 2011.
- [11] N. D. Phong, L. Ho Manh, K. N. Khac, and D. Ngoc Chien, "Circular polarization dual-feed array antenna for X-band satellite communication," in *2018 IEEE Seventh International Conference on Communications and Electronics(ICCE)*, Hue, Jul. 2018.
- [12] Z. Qi, Y. Zhu, and X. Li, "Compact wideband circularly polarized patch antenna array using self-sequential rotation technology," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 21, no. 4, pp. 700-704, Apr. 2022.
- [13] H. Al-Saedi, W. M. Abdel-Wahab, S. Gigoyan, R. Mittra, and S. Safavi-Naeini, "Ka-Band antenna with high circular polarization purity and wide AR beamwidth," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 17, no. 9, pp. 1697-1701, Sep. 2018.

이 창 희 [울산과학기술원/석·박사 통합과정]

<https://orcid.org/0009-0005-1036-5374>



2023년 2월: 울산과학기술원 전기전자공학
학과 (공학사)
2023년 3월~현재: 한국 울산과학기술원
전기전자공학과 석·박사 통합과정
[주 관심분야] RF, 배열안테나, 원형 편파
안테나, EM 분석 등

김 영 완 [LIG넥스원/수석연구원]

<https://orcid.org/0000-0001-6404-8335>



2005년 2월: 광운대학교 전자공학부 (공학
사)
2007년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학
석사)
2007년 2월~현재: LIG넥스원 수석연구원
[주 관심분야] 위상 배열 안테나 설계, 능
동 위상 배열 안테나 시스템, 레이더 시
스템, 초고주파 수동 회로 설계

강 우 택 [울산과학기술원/석·박사 통합과정]

<https://orcid.org/0000-0001-8543-3224>



2022년 2월: 서울과학기술대학교 전기정
보공학과 (공학사)
2022년 3월~현재: 한국 울산과학기술원
전기전자공학과 석·박사 통합과정
[주 관심분야] 배열안테나, 원형 편파 안
테나, 안테나-인-패키지 등

주 지 한 [LIG넥스원/수석연구원]

<https://orcid.org/0000-0003-0643-6246>



2002년 8월: 충북대학교 전파공학과 (공학
사)
2004년 8월: 광운대학교 전파공학과 (공학
석사)
2008년 8월: 광운대학교 전파공학과 (공학
박사)
2008년 7월~현재: LIG넥스원 수석연구원
[주 관심분야] 마이크로웨이브 탐색기, 레이더 시스템

채 희 덕 [LIG넥스원/수석연구원]

<https://orcid.org/0000-0002-9329-5519>



1999년 2월: 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (공학사)
2001년 2월: 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (공학석사)
2008년 2월: 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
2007년 3월~현재: LIG넥스원 수석연구원

[주 관심분야] 위상 배열 안테나 설계, 능동 위상 배열 안테나 시스템, 레이더 시스템, 초고주파 수동 회로 설계 및 전자파 수치 해석

변 강 일 [울산과학기술원/부교수]

<https://orcid.org/0000-0001-9388-9205>



2010년 2월: 홍익대학교 전자전기공학 (공학사)
2012년 2월: 홍익대학교 전자정보통신공학과 (공학석사)
2015년 8월: 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 (공학박사)
2018년 2월~현재: 울산과학기술원 전기

전자공학과 부교수

[주 관심분야] Antenna, Array Antenna, Metasurface, Bio EM Sensor 등

김 지 은 [LIG넥스원/연구원]

<https://orcid.org/0009-0004-7139-1675>



2023년 2월: 충남대학교 전자정보통신공학과 (공학사)
2023년 1월~현재: LIG넥스원 초고주파기술개발단 1팀 연구원

[주 관심분야] 위상 배열 안테나 설계, 능동 위상 배열 안테나 시스템, 레이더 시스템