

5G 이동통신용 시퀀셜 급전 밀리미터파 패치 배열안테나 설계

Design of a Millimeter-Wave Sequential Fed Patch Array Antenna for 5G Mobile Communication

이 문 희^{*,**1} · 이 주 호^{*2} · 손 태 호^{*3}

Moon-Hee Lee^{*,**1} · Joo-Ho Lee^{*2} · Taeho Son^{*3}

요 약

본 논문에서는 28 GHz 대역 5G 이동통신 소형 기지국용 8×8 패치 배열안테나를 설계하고, 이를 제작하였다. 축비대역폭이 넓은 우회전원편파(RHCP)특성을 얻기 위하여 2×2 기본 배열소자에 시퀀셜 급전하였다. PTFE 기판에 제작한 안테나를 측정된 결과, 반사계수 -10 dB 기준으로 2.02 GHz(7.25 %BW) 주파수대역폭을 가진다. 측정 축비는 0도에서 2.71 dB의 특성을, 축비대역폭은 3 dB 기준으로 1.18 GHz(4.24 %BW)의 대역폭을 보였다. 안테나의 이득은 중심주파수 28 GHz에서 15.9 dBic(x-z면), 15.06 dBic(y-z면)로 측정되었다.

Abstract

In this study, an 8×8 patch array antenna for a 28-GHz-band 5G mobile communication small base station was designed and implemented. To increase the right-hand circular polarization axial ratio(AR) bandwidth, a 2×2 subarray element was set to a sequential feed. Measurement results for the implemented antenna on a polytetrafluoroethylene substrate show a frequency bandwidth of 2.02 GHz(7.246 %BW) based on a reflection coefficient of -10 dB. The measured AR at 0° was 2.71 dB, while the 3-dB AR bandwidth was 1.18 GHz(4.24 %BW). The gains of the antenna were measured to be 15.9 dBic(x-z plane) and 15.06 dBic(y-z plane) at a center frequency of 28 GHz.

Key words: Sequential Feeding, Array Antenna, 5G Communication, Millimeter Wave, Circular Polarization

I. 서 론

현재 5G 이동통신에서는 빠른 전송 속도와 신호 처리를 위해서 28 GHz 밀리미터파 대역에 대한 연구가 활발히 진행되어 조만간 적용될 것으로 예상되고 있다. 5G 밀

리미터파 이동통신은 원편파를 사용한다. 원편파를 위한 안테나 중 truncated, slot, stub 등을 이용한 일반적인 마이크로스트립 패치안테나는 주파수대역폭 및 축비대역폭 모두 좁다^{[1][2]}. 이들의 패치 배열안테나를 설계할 경우 통신대역폭을 만족하지 못하게 된다. 따라서 대역폭을 넓히

「이 연구는 순천대학교 학술연구비의 지원으로 수행하였음.」

*순천대학교 정보통신공학과(Department of Information and Communication, Soonchunhyang University)

**한국천문연구원(Korea Astronomy and Space Science Institute)

1: 박사과정, 박사후연구원(<https://orcid.org/0000-0002-1406-4553>), 2: 학사졸업(<https://orcid.org/0000-0001-7215-6416>),

3: 교수(<https://orcid.org/0000-0003-0008-3718>)

· Manuscript received July 17, 2020 ; Revised August 24, 2020 ; Accepted September 16, 2020. (ID No. 20200717-060)

· Corresponding Author: Taeho Son (e-mail: tson@sch.ac.kr)

기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다^{[3]~[7]}.

본 논문에서는 정사각형 패치에 시퀀셜 급전으로 5G 밀리미터파 이동통신 대역인 27.5~28.5 GHz에서 동작하는 8×8 배열안테나를 설계하고 이를 구현한다. 제안한 안테나는 2×2 배열안테나를 기본 소자로 구성한다. 기본소자 각 패치의 위상차가 90도 나도록 같은 크기로 급전하고, 이들 소자를 4개씩 균일 급전한다^{[8],[9]}. 제작을 위해 PTFE 기판을 사용한다. 설계 및 이론적 결과를 위한 시뮬레이션 툴은 HFSS를 이용하고, 제작된 안테나의 측정은 Agilent사 네트워크 분석기 E8363B와 전자과학기술원의 ORBIT사 전자파 무반사실에서 측정한다.

II. 안테나 설계

제안한 안테나는 2×2배열을 기본 구조로 놓고 마이크로스트립 급전 선로의 위치를 90°씩 차이를 두어 4개의 패치 안테나가 각각 다른 위상을 가지도록 하고, RHCP로 동작하도록 하였다. 원형편파를 발생을 돕기 위해서 기판에서 안테나의 위치상 높이를 조금 차이를 두어 구조상 원형 편파가 발생되도록 유도하였다^[8]. 이러한 2×2배열 기본구조를 나열하여 8×8 배열구조로 하였다. 기판의 중앙에서 급전하여 각각의 안테나로 균일 분배를 하였다. 그림 1은 제안한 안테나의 전체적인 모습이다. 안테나의 전체크기는 100 mm(가로) × 100 mm(세로)로 비유전율 2.08, 두께 1 mm이고 손실탄젠트 0.0009의 PTFE 기판을 사용하였다. 안테나 급전은 기판의 후면 중앙 위치에

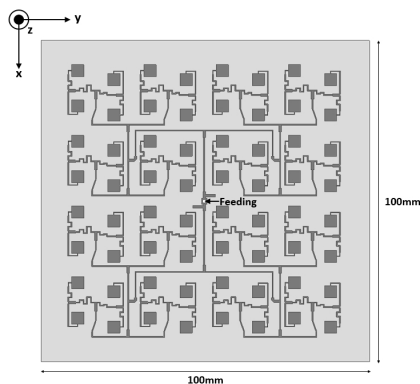


그림 1. 제안한 배열안테나
Fig. 1. Proposed array antenna.

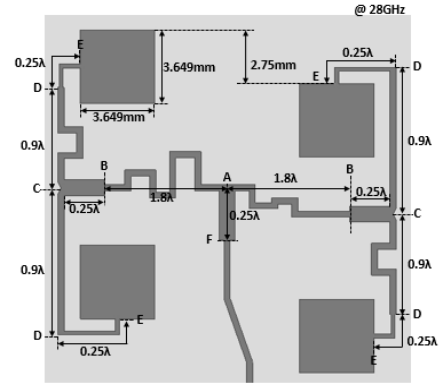


그림 2. 배열안테나 상세도
Fig. 2. Detailed view of array antenna.

SMA 커넥터를 장착하여 전면으로 급전되도록 하였다.

그림 2는 2×2 기본소자 배열안테나를 나타낸 상세도이다. 선로의 길이와 폭은 중심주파수인 28 GHz에 맞추어 설정하였다. 그림에서 보듯이 각각의 안테나에 대한 급전 위치가 90°씩 차이가 나게 하며, 급전선의 길이를 1/4파장씩 늘리고 있다. A-F, B-C의 선로 임피던스는 100 Ω이며, A-B, C-D의 선로 임피던스는 150 Ω이다. D-E는 패치안테나와의 정합을 위해서 선로 임피던스를 170 Ω으로 하였다. 각 구간의 선로 길이는 그림 2에 나타내었다. 패치안테나는 시퀀셜 급전 회로에 장착되어 28 GHz 대역에서 동작하도록 3.65 mm(가로) × 3.65 mm(세로) 크기의 정사각형 형태로 하였다. 안테나 사이의 간격은 1 파장이다.

배열안테나의 급전은 기판의 중앙에서 시작하여 균등하게 급전되도록 좌우를 대칭으로 설계하였다. 각각의 선로는 2×2 배열안테나에서 사용되었던 임피던스와 같이 100 Ω와 150 Ω을 이용하여 분배하였다. 기판 중앙에서 급전하여 2×2 배열안테나까지의 16개의 선로 끝지점까지 균일하게 급전이 되도록 하였다.

III. 안테나 제작 및 측정

그림 3은 시뮬레이션 설계를 바탕으로 제작한 안테나 사진이다. 제작은 Taconic사의 PTFE 기판을 사용하였다. 기판의 중앙에 급전을 위해서 후면에 SMA 커넥터를 장착하였다. 안테나는 두께 5mm인 AL 케이스에 장착되어 있다.

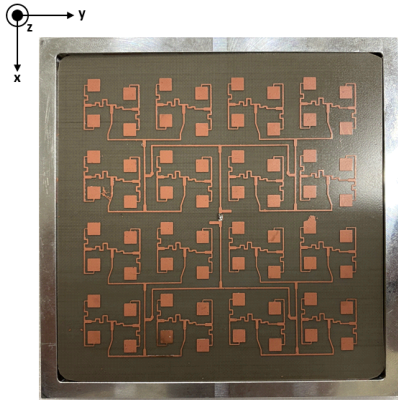


그림 3. 제작된 배열안테나 사진

Fig. 3. Photograph of the implemented array antenna.

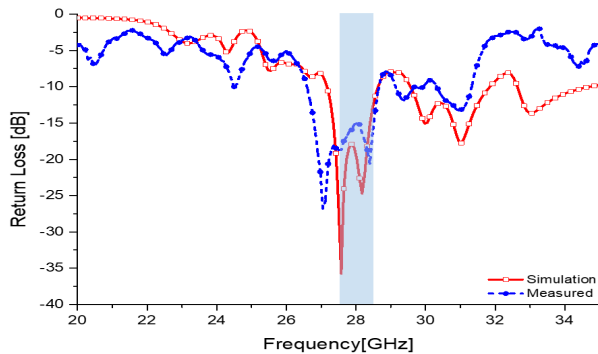
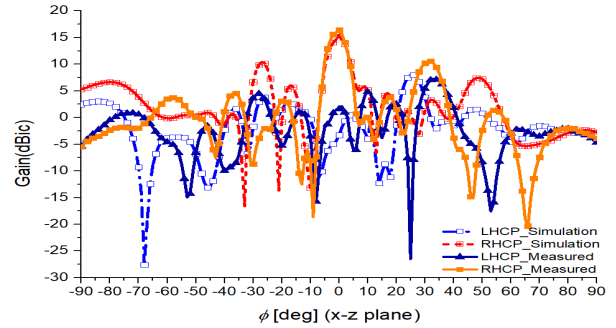


그림 4. 배열안테나의 반사손실 결과

Fig. 4. Return loss result of array antenna.

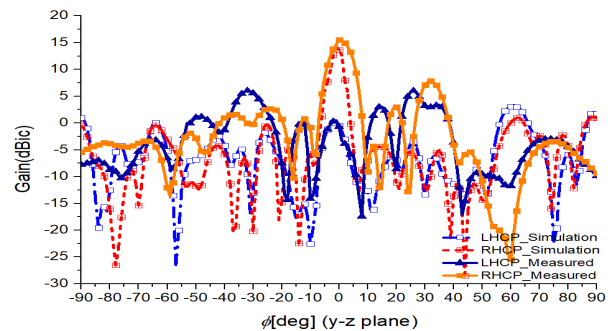
그림 4는 제안 안테나의 시뮬레이션과 측정한 반사손실 결과를 비교한 그림이다. 측정은 Agilent사의 네트워크 분석기를 이용하였다. 그리고 시뮬레이션과 달리 실제 측정에서는 안테나의 고정을 위하여 알루미늄 재질의 케이스에 장착하였다. 측정 결과는 목표 대역인 27.5~28.5 GHz에서 반사손실이 -10 dB 이하로 전체적으로 시뮬레이션 결과와 실제 측정 결과가 유사하게 나타나고 있다.

그림 5는 대역의 중심 주파수인 28 GHz에서의 방사패턴 측정 결과를 나타낸 것이다. x-z 면에 대한 RHCP 이득은 시뮬레이션 및 측정 시 각각 15.81 dBic 및 15.9 dBic이었다. y-z 면의 경우는 각각 14.29 dBic 및 15.06 dBic의 시뮬레이션 및 측정 이득이 나타났다. 알루미늄 케이스 장착으로 인해 접지 조건이 향상되어 약간의 차이가 있지



(a) x-z 면의 방사패턴

(a) x-z plane



(b) y-z 면의 방사패턴

(b) y-z plane

그림 5. 안테나의 방사패턴

Fig. 5. Radiation patterns of antenna.

만 측정결과와는 시뮬레이션과 대체로 잘 맞는 결과를 보이고 있다.

그림 6은 중심 주파수인 28 GHz에서 안테나의 축비 결과이다. 0°에서의 시뮬레이션 및 측정 축비는 각각 2.41dB와 2.71dB로서 3dB이하의 특성을 만족하고 있다. 그림 7은 시뮬레이션을 통해 얻은 축비대역폭 결과를 나

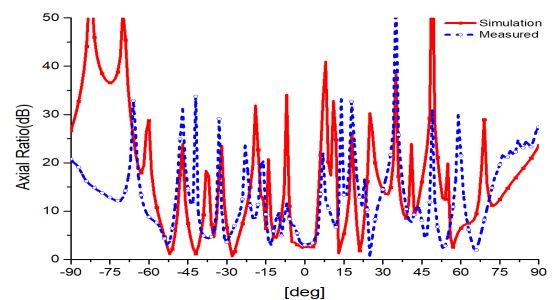


그림 6. 배열안테나의 축비 결과(28 GHz)

Fig. 6. Axial ratio of array antenna(28 GHz).

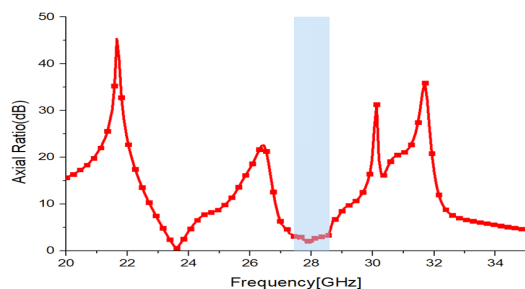


그림 7. 배열안테나의 주파수별 축비 결과

Fig. 7. Axial ratio of array antenna depend on the frequency.

타낸 것으로 27.4~28.58 GHz에서 3 dB 이하로써 설계대역을 포함하고 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 8×8 배열안테나를 이용한 5G 통신 소형 기지국용 안테나를 설계하고 이를 구현하였다. 안테나는 2×2 시퀀셜 급전 안테나를 기본 소자로 하여 8×8 배열안테나가 되도록 하였다. 기판을 포함한 안테나의 전체크기는 100 mm(가로) × 100 mm(세로)이며, 사용된 기판은 두께 1mm, 비유전율 2.08, 손실탄젠트 0.0009인 PTFE 기판을 사용하였다. 측정결과, 주파수대역폭으로는 반사계수 -10 dB 기준으로 26.6~28.62 GHz로 2.02 GHz, 축비대역폭으로는 3 dB 기준으로 27.4~28.58 GHz로 1.18 GHz의 넓은 대역특성을 보였다. RHCP 이득은 중심주파수 28 GHz에서 15.9(x-z면) dBic 및 15.06 dBic(y-z면)로 측정되었다.

REFERENCES

[1] K. L. Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, New York, NY, John Wiley & Sons, 2002.
 [2] G. Kumar, K. Ray, *Broadband Microstrip Antennas*, Boston, MA, Artech House, 2003.

[3] J. S. Yoo, H. Jo, H. Cho, and J. Yu, "Compact meander slot magnetic dipole antenna for wide-angle scanning," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 30, no. 10, pp. 799-802, Oct. 2019.
 [4] C. K. Park, K. S. Min, "Broadband dual polarization dipole antenna with feeding structure of PCB coupling," *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 28, no. 3, pp. 163-169, Mar. 2017.
 [5] H. Xia, T. Zhang, L. Li, and F. Zheng, "A low-cost dual-polarized 28 GHz phased array antenna for 5G communications," in *2018 International Workshop on Antenna Technology (iWAT)*, Nanjing, 2018, pp. 1-4.
 [6] M. H. Dahri, M. H. Jamaluddin, M. Khalily, M. I. Abbasi, R. Selvaraju, and M. R. Kamarudin, "Polarization diversity and adaptive beam steering for 5G reflect arrays: A review," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 19451-19464, 2018.
 [7] K. Klionovski, A. Shamim, and M. S. Sharawi, "5G antenna array with wide-angle beam steering and dual linear polarizations," in *2017 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, San Diego, CA, pp. 1469-1470, 2017.
 [8] J. Huang, "A Ka-band circularly polarized high-gain microstrip array antenna," *IEEE Transactions on Antenna and Propagation*, vol. 43, no. 1, pp. 113-116, Jan. 1995.
 [9] S. K. Lin, Y. C. Lin, "A compact sequential-phase feed using uniform transmission lines for circularly polarized sequential-rotation arrays," *IEEE Transactions on Antenna and Propagation*, vol. 59, no. 7, pp. 2721-2724, Jul. 2011.