

60 GHz 대역 능동 안테나 모듈 설계

Active Antenna Module for 60 GHz Frequency Band

안 세 인¹ · 윤 상 원²Se-In Ahn¹ · Sang-Won Yun²

요 약

본 논문에서는 상용 트랜스미터 칩과 패치 어레이 안테나를 결합하여 60 GHz 대역에서 동작하는 능동 안테나 모듈을 설계, 제작하였다. 설계된 모듈은 안테나 PCB와 트랜스미터 칩이 장착된 송신 모듈 PCB가 결합되는 구조로 하였다. 주파수 제어신호 및 바이어스 제어신호는 아두이노 키트를 사용하여 인가하였으며, 기저대역의 I/Q 신호가 트랜스미터 칩으로 인가될 수 있도록 하였다. 송신 모듈의 출력은 단일 출력으로 안테나에 연결되므로 차동 출력을 내는 트랜스미터 칩의 출력을 링 하이브리드 발룬에 전달하고, 이를 초소형 상용 커넥터로 2×4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나 PCB로 전달되도록 하였다. 최종 출력되는 밀리미터파 신호의 방사패턴 측정을 통하여 시뮬레이션 결과와 비교하는 방식으로 확인하였다. 제작된 능동 안테나 모듈의 방사패턴 측정 결과, 3 dB 빔폭과 null 포인트의 위치가 시뮬레이션 결과와 잘 일치함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, an active antenna module operating in the 60 GHz band is designed and fabricated by combining a commercial transmitter chip and patch array antenna. The designed module is composed of an antenna PCB and a PCB with a transmitter chip. The frequency-control and bias-control signals are applied to the transmitter chip, using an Arduino kit. A baseband I/Q signal is also applied to the chip. A ring hybrid balun converts the output of the transmitter module to a single output, which is the output of the transmitter chip that outputs a differential output. The output is delivered to the 2×4 microstrip patch array antenna PCB as a micro-computer connector. The radiation pattern of the millimeter-wave signal of the final output is compared with the simulation results. The measured radiation patterns of the fabricated active antenna module confirm that the positions of the 3 dB beam width and null point agree well with the simulation results.

Key words: Active Antenna Module, 60 GHz Band, Transceiver Module, Microstrip Patch Array Antenna

I. 서 론

최근 밀리미터파 대역 신호를 사용한 광대역 무선전송 시스템 개발에 대한 관심이 증대되고 있다. 밀리미터파

대역 중 60 GHz 대역은 국내외에서 비 면허 주파수 대역(57~64 GHz)이며, 넓은 주파수 대역을 사용할 수 있기에 근거리 초고속 데이터 전송이 용이하다는 장점이 있다^[1]. 그러나 이러한 주파수 대역을 활용하기 위해서는 짧은

서강대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Sogang University)

1: 석사과정(<https://orcid.org/0000-0001-9392-1981>), 2: 교수(<https://orcid.org/0000-0002-9208-8569>)

· Manuscript received April 11, 2019 ; Revised May 22, 2019 ; Accepted May 28, 2019. (ID No. 20190411-039)

· Corresponding Author: Sang-Won Yun (e-mail: swyun@sogang.ac.kr)

파장으로 인한 원치 않는 기생 성분을 줄이기 위하여 초소형으로 회로 및 시스템을 개발하여야 한다. 따라서 안테나 시스템도 소형화된 능동 안테나를 사용하는 것이 유리하다^[2].

이러한 밀리미터파 송수신 시스템과 부품을 모듈화하여 시스템을 설계, 제작하는 방안에 대한 논의가 세계적으로 활발하게 진행되고 있다^[3]. 또한 밀리미터파 신호를 활용하기 위한 통신시스템에서 능동 안테나를 신호의 송수신에 사용하고 있다.

본 논문에서는 이러한 밀리미터파 대역에서 초소형의 능동 안테나 모듈을 안테나 PCB와 송신 모듈 PCB를 별도로 제작하여 두 PCB를 결합하는 형태로 설계하는 방법을 제시한다.

II. 설 계

먼저 트랜스미터 칩으로는 기저대역 I/Q 신호를 입력으로 하고, 밀리미터 대역신호로 출력을 내어주는 칩을 선택하였다. 안테나는 수평면에서 60도 정도의 커버리지를 갖는 마이크로스트립 배열 안테나로 제작하였다. 2×4 패치가 이러한 성능을 만족하였다. 안테나 PCB와 트랜스미터 PCB는 그 두께가 5 mil로 surface wave mode가 발생하지 않도록 하였으며, 안정적인 두 PCB의 결합을 위하여 그림 1에서와 같이 30 mil 두께의 결합용 PCB를 통하여 연결되도록 하였다.

즉, 안테나와 트랜스미터 회로는 서로 다른 기판 위에 장착하되, 그림 2와 같이 트랜스미터 최종 출력단과 안

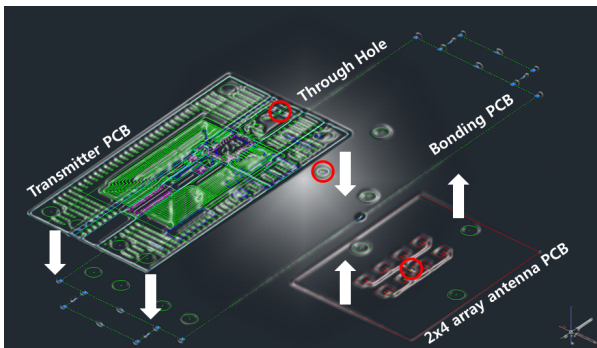
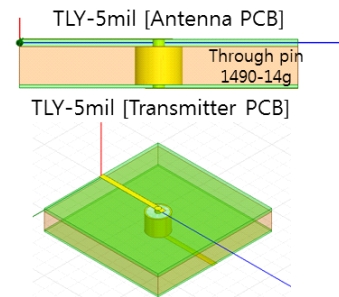


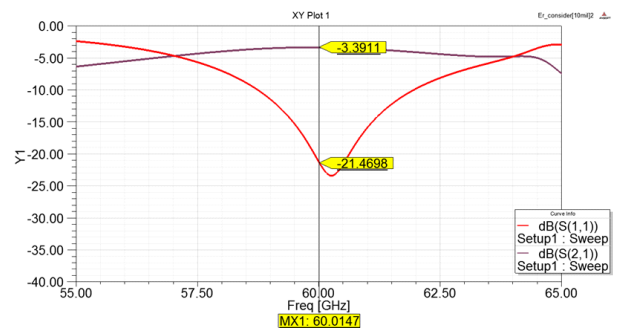
그림 1. 능동 안테나 구조
Fig. 1. Active antenna structure.

테나 입력단 간의 연결은 50옴 특성 임피던스를 갖는 상용 through pin(미국 South west(社) 제품)으로 연결하였다. 상용 through pin은 그림 2(a)에서와 같이 두 기판 사이에 있는 결합용 PCB를 통하여 결합시킨다. 이렇게 제안된 연결 구조를 HFSS 프로그램으로 55~65 GHz 대역에서의 전달특성을 시뮬레이션 한 결과, 그림 2(b)와 같이 삽입손실은 3.4 dB, 반사손실은 21.5 dB를 얻었다.

트랜스미터 칩의 출력은 차동 출력이므로 단일 출력으로 변환하기 위하여 발룬이 필요하다. 본 연구에서는 링 하이브리드를 발룬으로 사용하였으며, 그 구조와 ADS 시뮬레이션 결과는 그림 3과 같다. 본 링 하이브리드의 출력을 안테나에 전달되도록 하였다. 이렇게 제안된 연결 구조를 ADS 프로그램으로 60 GHz 대역에서의 전달특성을 시뮬레이션 한 결과, 그림 3(b)와 같이 약 3 dB 이상의



(a) 두 PCB 사이에 위치하는 상용 through pin
(a) Commercial through pin located between two PCBs



(b) 밀리미터파 대역에서의 상용 through pin 전달 특성
(b) Commercial through pin transmission characteristics in the millimeter-wave band

그림 2. 상용 through pin의 위치 및 전달 특성
Fig. 2. Position and transfer characteristics of commercially available through pins.

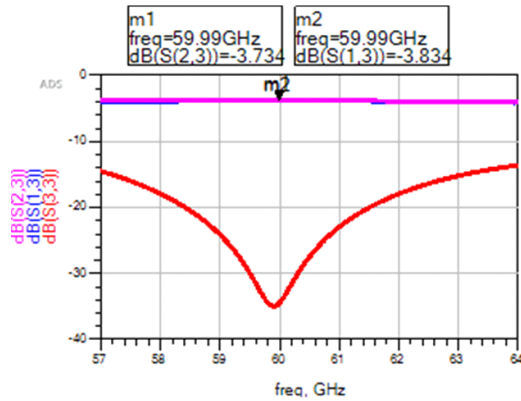
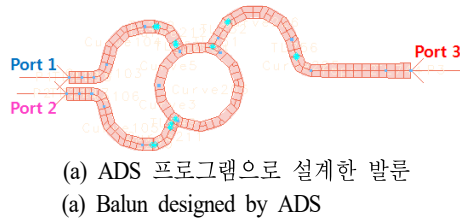


그림 3. 설계되어 송신 모듈 PCB에 장착된 발룬
Fig. 3. Designed balun on the transmitter PCB.

반사손실을 확인하였다.

III. 제 작

트랜스미터 모듈 PCB에 장착된 상용 트랜스미터 칩(HMC6300/Analog & Device(社))에 입력해야 하는 바이어스 제어신호, 주파수 제어신호와 기저대역의 I/Q 데이터 신호를 인가해 주기 위하여 DC 바이어스 및 RF 제어 PCB를 설계, 제작하였다(그림 4). 트랜스미터 모듈 PCB와 본 컨트롤 PCB는 그림 5에서와 같이 FPCB(Flexible line PCB)로 연결하였다. 그림 4의 중앙에 위치한 소켓으로 FPCB를 연결하였다.

트랜스미터 칩과 발룬이 탑재되는 기관인 트랜스미터 모듈 PCB는 Taconic(社)의 두께가 5 mil인 TLY 재질의 기관을 사용하여 크기가 39.4 mm×20.4 mm로(그림 5(a)), 안테나가 탑재되는 기관은 동일한 재질과 두께로서 14 mm×10 mm 크기로 각각 설계하였다(그림 5(b)). 설계된 제어용 소프트웨어를 아두이노 키트를 통해 상용 트랜스미터

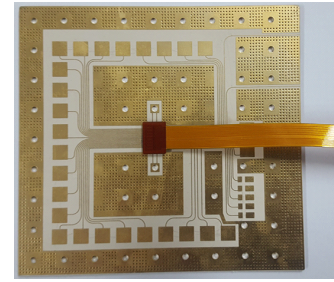
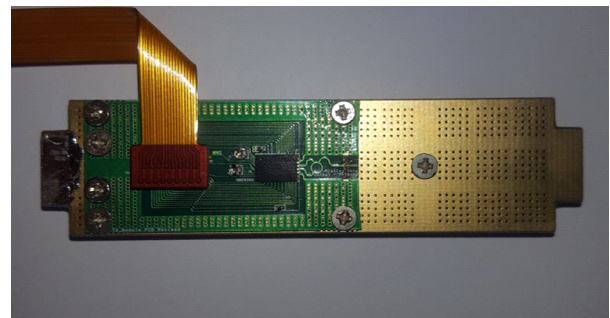
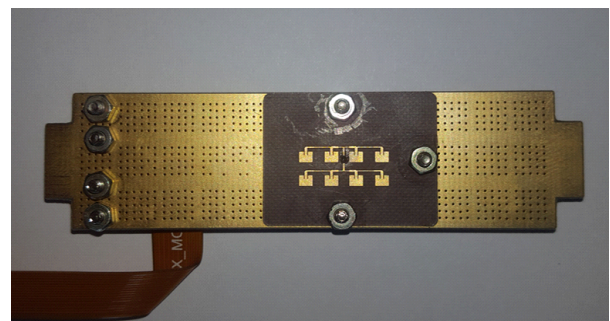


그림 4. 설계 제작된 DC 바이어스 및 RF 제어 PCB
Fig. 4. Designed PCB for DC bias and RF control.



(a) 장착된 트랜스미터 PCB
(a) Mounted transmitter PCB



(b) 장착된 안테나 PCB
(b) Mounted antenna PCB

그림 5. 제작 된 능동 안테나 모듈
Fig. 5. Fabricated active antenna module.

칩에 인가함으로써 바이어스 전압 공급 및 주파수 합성기 제어가 가능토록 하였다.

IV. 측정 결과

안테나 방사패턴은 Anritsu(社)의 스펙트럼 분석기(MS

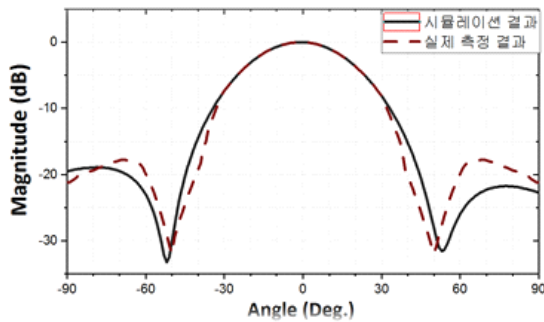
V. 결 론

본 논문에서는 상용 트랜스미터 칩과 2×4 패치 어레이 안테나를 결합하여 60 GHz 대역에서 동작하는 능동 안테나 모듈을 설계, 제작하였다. 설계된 모듈은 안테나 PCB와 트랜스미터 칩이 장착된 PCB가 상용 through pin으로 결합되는 구조로 설계, 제작하였다. 개발된 주파수 제어 및 바이어스 제어 소프트웨어를 사용하여 생성된 신호를 아두이노 키트를 통해서 칩에 인가하였다. 동시에 기저대역의 I/Q 신호가 트랜스미터 칩으로 인가되도록 하였다. 방사패턴 측정 결과, 3 dB 빔폭은 수평 및 수직 방향 모두 시뮬레이션 결과와 거의 일치함을 보였다. 첫 번째 부로브와 주로브 사이 최저 신호 세기를 갖는 null point의 결과 역시 시뮬레이션 결과와 거의 일치하였다.

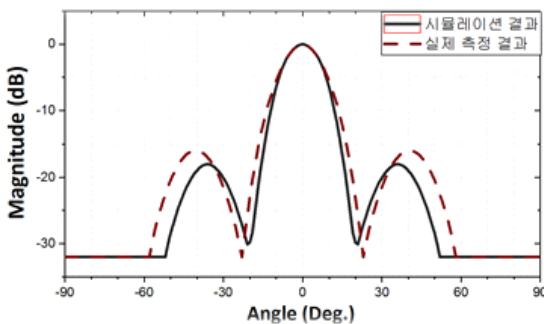
모듈을 다층 기판화하여 소형화 한다면 초소형 모듈화가 가능하여 향후 밀리미터파 대역 능동형 massive MIMO에 접목 가능하리라 예상된다.

References

- [1] H. Yan, S. Ramesh, T. Gallagher, C. Ling, and D. Cabric, "Performance, power, and area design trade-offs in millimeter beamforming architectures," *IEEE Circuits and Systems Magazine*, vol. 19, no. 2, pp. 33-58, May 2019.
- [2] D. Wang, H. Wong, K. B. Ng, and C. H. Chan, "Wide-band ahorted higher-order mode millimeter-wave patch antenna," in *Proceedings of the 2012 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation*, Chicago, IL, Nov. 2012, pp. 1-2.
- [3] W. Chen, X. N. Suo, C. Wang, R. H. Wen, and H. Y. Li, "The microstrip beamforming array antenna of millimeter wave fuze," in *2018 12th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory(ISAPE)*, Hangzhou, Feb. 2018, pp. 1-3.



(a) 안테나 수평 방사패턴 시뮬레이션 및 측정 결과
(a) Simulated and measured antenna radiation pattern(horizontal)



(b) 안테나 수직 방사패턴 시뮬레이션 및 측정 결과
(b) Simulated and measured antenna radiation pattern(vertical)

그림 6. 안테나 방사패턴 시뮬레이션 및 측정 결과
Fig. 6. Simulated and measured antenna radiation pattern.

2760A)로 측정하였다. 소프트웨어를 사용하여 트랜스미터 모듈의 출력을 10 dBm으로 설정한 후 안테나 방사패턴의 측정하였다. 측정결과는 그림 6에 제시되었다. 상용 트랜스미터 칩의 35 dBi 이득과 2×4 패치 어레이 안테나의 17 dBi 이득은 각각 이론값에 부합하는 결과를 보였다. 수평, 수직 방향의 경우 주로브의 3 dB 빔폭(BW)은 각각 40°, 20°이었으며, 첫 번째 부로브와 주로브 사이 최저 신호 세기를 갖는 null point는 각각 ±50°, ±21°이었다. 이는 빔폭의 경우 시뮬레이션 결과와 거의 일치하였다. Null point의 경우 그림 6(a)와 같이 수평 방향에서 시뮬레이션 결과에 비하여 약 3.9 %의 오차율을, 그림 6(b)와 같이 수직 방향에서 약 4.55 %의 오차율을 보였다.