

그라운드 모드의 공진을 이용한 광대역 격리도를 가지는 스마트 안경용 소형 MIMO 안테나

Compact MIMO Antenna with Wide-Band Isolation and Ground Mode Resonance for Smart Glasses

유 종 인¹ · 김 형 동²

Jongin Ryu¹ · Hyeongdong Kim²

요 약

본 논문에서는 스마트 안경에서 사용가능한 2.4 GHz 무선 근거리 통신망(WLAN) 대역용 소형 다중 입력 다중 출력(MIMO) 안테나 설계 및 구현에 대한 제안을 하였다. MIMO 안테나 시스템을 소형화하기 위해서, 안테나의 그라운드 면을 방사체로서 사용하였으며, T 자형의 접지면을 제안하고 있다. 광대역 격리도를 특성을 확보하기 위해, 이중 공진이 그라운드 모드에서 형성되도록 한다. 하나의 공진은 T 자형 접지에 의해 생성되고, 두 번째 공진은 두 개의 급전선 사이에 슬롯과 커패시터를 추가하여 만들어진다. 구현된 안테나의 측정 결과, 반사 계수 특성은 -5.1 dB보다 작지만, 얻는 격리 특성은 -20 dB 미만이다. 다이버시티 성능은 측정된 2차원 방사 패턴을 사용하여 평가하였고, 목표 대역(2.4~2.5 GHz)에서 측정된 ECC(envelope correlation coefficients) 값은 0.1 미만이다.

Abstract

In this letter, a compact multiple-input multiple-output(MIMO) antenna design for a 2.4 GHz wireless local area network(WLAN) band is proposed for use in smart glasses. To miniaturize the MIMO antenna system, a ground plane is employed within the antenna and a T-shaped ground is proposed. To achieve wideband isolation, dual resonance is formed by the ground mode. One resonance is created by the T-shaped ground and the second resonance is created by adding a slot and a capacitor between the two feed lines. The measurements show that the reflection coefficient characteristic was less than -5.1 dB, whereas the isolation obtained was less than -20 dB. The diversity performance was evaluated using the measured two-dimensional radiation patterns, and the envelope correlation coefficient(ECC) values achieved in the target band(2.4~2.5 GHz) were less than 0.1.

Key words: MIMO, Wide-Band Isolation, Envelope Correlation Coefficient(ECC), Ground Mode

I. 서 론

무선 통신의 개발로 휴대용 장치가 널리 사용되고 있

다. 이러한 장치는 디스플레이 장치, CPU, 메모리 칩 및 기타 구성 요소를 포함하기 때문에 크기가 제한되고 결과적으로 안테나에 할당된 공간도 작아진다. 최근 스마트

한양대학교 전자컴퓨터통신공학과(Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University)

1: 박사과정, 2: 교수

· Manuscript received August 23, 2018 ; Revised September 20, 2018 ; Accepted October 1, 2018. (ID No. 20180823-089)

· Corresponding Author: Hyeongdong Kim (e-mail: hdkim@hanyang.ac.kr)

안경과 같은 장치로 교통 정보를 전송하려는 요구가 증가하고 있다. 스마트 안경에서 고성능 무선 통신 네트워크 요구 사항을 충족시키기 위해 다중 입력 다중 출력 (MIMO) 통신 기술은 필수적이다. MIMO 안테나는 적어도 두 개의 안테나를 가지고 있으며, 이 안테나를 안경의 다리에 배치하는 기술이 연구 중에 있다^[11-14]. 안테나를 안경의 다리에 배치하려면 안테나는 매우 좁고 긴 형태를 가지고 있어야 된다. 작은 영역에 높은 격리 특성을 가지는 안테나를 구현하는 것은 어려운 문제이다. 기존에는 추가적인 디커플링 공진기(예: 스트립, 슬롯)의 적용과 특성 모드의 채택을 포함하여 소형화 및 높은 격리 특성에 대한 다양한 연구가 보고되었다. 그러나 이전 연구의 모든 안테나 구조는 여전히 넓은 영역을 차지하고 스마트 안경에 구현하기 어려우며, 추가적인 디커플링 구조가 필요하다. 따라서 안경테의 구조를 따라 소형화된 MIMO 안테나 설계가 요구된다.

본 논문에서는 T 자형 접지면이 있는 소형 MIMO 안테나 설계를 기본으로 제안하고 있다. 기존 발표한 안테나는 T 접지면만 이용하였으며, 격리도 관점에서 하나의 공진만을 이용한 것과 달리 제안된 논문에서는 두 안테나 사이의 격리 약점을 극복하기 위해 슬롯 구조를 안테나 사이에 삽입 후, 커패시터를 추가하여 두 번째 공진을 만들어 내었으며, 이로 인해 이중 공진 특징을 만들어 내었다. 이 구조를 통해 광대역 격리를 갖는 소형 MIMO 안테나를 설계, 구현하였다.

II. 본 론

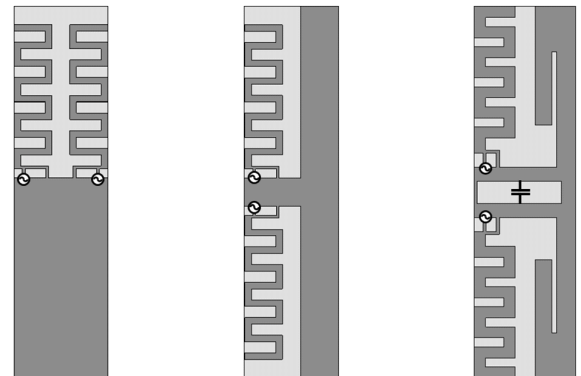
작은 공간에서 안테나 사이의 격리도를 얻기 위해, 기존의 T자형 접지면 이용과 두 개의 급전 사이의 접지면에서 공진이 발생하는 구조를 사용하여 이중 공진 모드를 생성하도록 설계하였다. T자형 그라운드 면을 이용한 이중 공진 원리는 3개의 포트를 사용하여 발표된 기존 발표 논문을 기반으로 한다^[4]. 간략히 살펴보면, 3 포트 시스템은 접지를 포트 3으로 가정하고, 각 안테나를 포트 1 및 포트 2로 가정하여 분석할 수 있다. 이론적 배경은 참고 문헌 [3], [4]에 기술되어 있으며, 식 (1)이 유도되며, Z_{12}' 는 포트 1과 포트 2 사이의 커플링을 의미한다. 이론상으로 이 값이 0이면 두 안테나 사이의 높은 격리도를 얻을

수 있다.

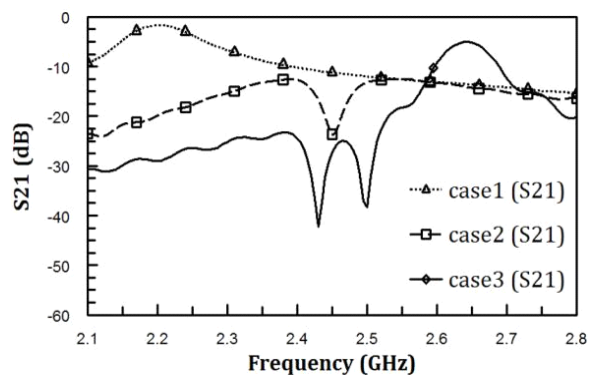
$$Z_{12}' = Z_{12} - \frac{Z_{13}Z_{32}}{Z_{33}} \tag{1}$$

Z_{12}' 는 Z_{33} 의 임피던스 특성에 의존한다는 것을 알 수 있으며, 접지면의 모양을 조정하여 Z_{33} 이 제어 가능하다.

접지면의 형태에 따른 세 가지 연구 사례를 그림 1에서 나타내었다. 그림 1(a)는 안테나가 정상적인 접지를 사용하는 경우(case 1), 그림 1(b)는 T자형 접지를 사용한 경우(case 2), 그림 1(c)는 슬롯이 있는 T자형 접지와 커패시터를 사용하는 경우(case 3)이며, 그림 1(d)는 그림 1(a)~그림 1(c)의 경우에 따른 S_{21} 곡선을 나타낸다. 그림 1(a)의 경



(a) 보통 접지면 (b) T 자형 접지면 (c) 제안된 접지면
(a) Normal ground (b) T-shaped ground (c) Proposed ground



(d) 세 가지 연구 사례에 대한 시뮬레이션 결과
(d) Simulated results for the three case studies

그림 1. 제안된 MIMO 안테나 시스템의 파라미터 연구
Fig. 1. Parameter study of the proposed MIMO antenna system.

우, 일반적인 지면 형상을 사용한 경우이며, Z_{33} 을 제어하지 않으므로 $Z_{12}' \approx 0$ 으로 만들 수 없게 되고, S_{21} 공진에 의해 향상되는 지점을 나타내지 않는다. T자형 접지면을 가지는 안테나의 경우, $Z_{12}' \approx 0$ 이 되는 구조의 접지면을 형성할 수 있으며, 하나의 공진을 생성한 결과를 그림 1(d)에서 볼 수 있다⁴⁾. 그림 1(c)의 결과는 T자형 접지에 슬롯과 커패시터를 추가하여 이중 공진을 유도한 결과이다. 그림 1(d)에서 case 3의 결과를 살펴 보면 두 개의 공진에 의한 격리도를 확인할 수 있다. 제안된 접지면 구조는 두 개의 안테나 급전단 사이에 슬롯과 커패시터에 의한 공진을 만든 것으로 커패시터의 값에 따른 공진점 이동이 가능하다. 슬롯의 크기가 작으므로 슬롯 형태의 변경에 따른 공진 유도는 용이하지 않았으며, 커패시터를 추가하여 공진을 유도하였다. 그림 2는 두 안테나의 급전 사이의 커패시터 변경에 따른 S_{21} 의 이중 공진 연구 결과를 보여준다. 시뮬레이션은 커패시터의 값이 0.8 pF, 1.0 pF 및 1.2 pF인 경우를 대표적으로 나타내었다. 제시된 공진에서 작은 슬롯에 의해 인덕턴스가 작게 유도되고, 커패시터가 상대적으로 큰 값이 되어서 공진을 결정하는 주요 요소가 된다. 그 결과, 커패시터 값에 민감하였으며, 커패시터와 슬롯 크기의 최적 조합이 필요하였다.

제안된 안테나는 3차원 시뮬레이터인 CST를 사용하였으며, 0.2 mm 두께의 FR-4 기판($\epsilon_r=4.4$, $\tan\delta=0.03$)에서 설계 및 구현되었으며, 그림 3은 제안된 MIMO 안테나를 보여준다. 이 안테나는 단락 핀을 가지고 있는 2개의 미엔더 안테나와 T자형 접지면 형태를 가지고 있는 형태로

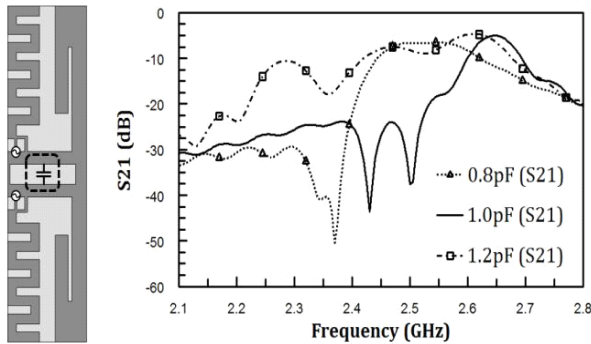


그림 2. 제안된 커패시터의 파라미터 연구
Fig. 2. Parameter study of the proposed capacitor in ground.

구성된다. 제안된 안테나 시스템의 크기는 10 mm×37 mm이다. 각 미엔더 안테나는 대칭이며, 0.3 mm 폭의 급전선, 1.1 mm 폭과 0.9 mm 간격, 3.5번의 턴을 가지는 방사체로 구성되어 있다. 단락 핀의 폭과 높이 및 급전선으로부터의 거리는 각각 0.3 mm, 1.4 mm 및 1.35 mm이다. 두 번째 공진을 만들어 내기 위한 구조 설계를 보면, 두 급전 사이의 접지 폭은 5 mm이고, 삽입 슬롯은 폭이 2.2 mm이며, 길이가 8.3 mm이다. 1.0 pF 커패시터는 슬롯의 중앙에 위치하여 있다.

제작된 MIMO 안테나를 그림 4에 나타내었다. 제작된 안테나의 크기는 설계와 동일함을 확인하였다. 그림 5는 제작된 MIMO 안테나의 시뮬레이션과 측정된 S-파라미터이다. 시뮬레이션 결과는 점선으로 표시하고, 측정된 결과는 실선으로 나타내었다. S_{11} 과 S_{22} 는 각각 안테나 1과 안테나 2의 반사 손실이며, 대칭이기 때문에 동일한 특성을 나타낸다. 반사 계수는 -5.1 dB 미만이며, 두 안테나 사이의 격리도 원하는 주파수 대역에서 -20 dB 미만이다. 측정값은 시뮬레이션과 거의 일치한다는 것을 확인할 수 있다.

제안된 MIMO 안테나의 다이버시티 성능과 방사 패턴

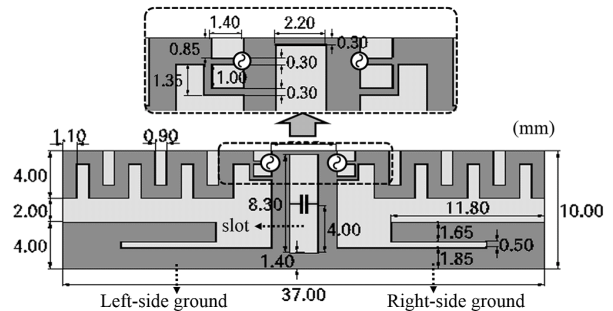


그림 3. 제안된 스마트 안경용 MIMO 안테나 시스템
Fig. 3. The proposed MIMO antenna system for smart glasses.

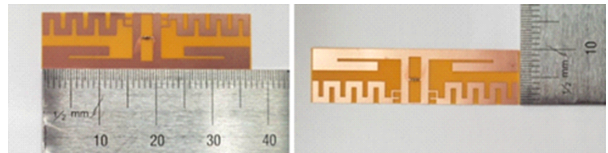


그림 4. 구현된 MIMO 안테나
Fig. 4. Fabricated MIMO antenna.

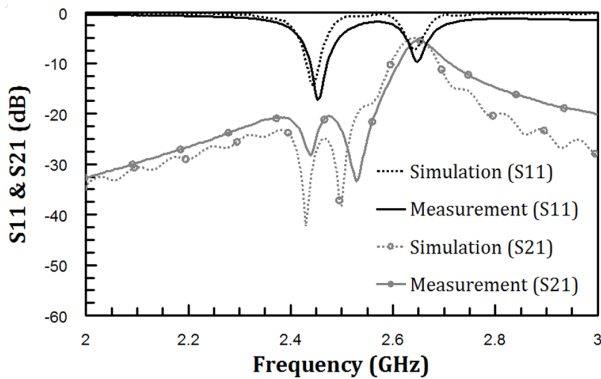


그림 5. 제안된 MIMO 안테나 측정
Fig. 5. Measurement of the proposed MIMO antennas.

은 6 m×3 m×3 m의 3차원 셀룰러 통신 및 인터넷(CTIA OTA) 무반사실에서 측정하였다. 그림 6은 제안된 안테나의 2.45 GHz에서의 시뮬레이션 및 측정된 2차원 방사 패턴을 나타낸다. 그림 6에 나타난 바와 같이, 시뮬레이션 및 측정된 방사 패턴은 두 안테나에 대해 일치하고, 각 안

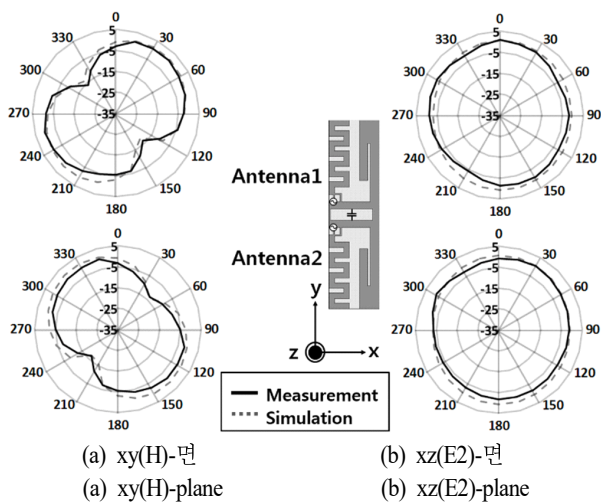


그림 6. 시뮬레이션 및 측정된 방사 패턴
Fig. 6. Simulated and measured radiation patterns.

테나는 xz-평면상에서 전 방향성 패턴을 생성한다. 측정된 평균이득 및 효율은 각각 -3.1 dB 및 49.2 %이다. 제안된 MIMO 안테나의 다이버시티 성능을 평가하기 위해 포락선 상관 계수(ECC)를 측정하였으며, 측정된 ECC 값은 목표 주파수 범위에서 0.1 미만이었다.

III. 결 론

본 논문에서는 격리도를 확보하기 위하여, T자형 접지에서 첫 번째 공진을 확보하고, 두 안테나 급전선 사이에 슬롯과 커패시터를 사용하여 두 번째 공진을 만들어 소형 MIMO 안테나 구현에서 방법을 제시했다. 제안된 MIMO 안테나는 소형 크기로 구현되었으며, 두 개의 공진을 이용하여 격리도가 -20 dB 미만으로 구현되었고, 스마트 안경에서 사용 가능할 결과를 얻었다.

References

- [1] S. Choi, J. Choi, "Miniaturized MIMO antenna with a high isolation for smart glasses," in *2017 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications(APWC)*, Verona, 2017, pp. 61-63.
- [2] Z. Qin, W. Geyi, M. Zhang, and J. Wang, "Printed eight-element MIMO system for compact and thin 5G mobile handset," *Electronic Letters*, vol. 52, no. 6, pp. 416-418, Mar. 2016.
- [3] L. Qu, R. Zhang, and H. Kim, "Decoupling between ground radiation antennas with ground-coupled loop-type isolator for WLAN applications," *IET Microwave Antennas & Propagation*, vol. 10, no. 5, pp. 546-552, 2016.
- [4] J. Ryu, H. Kim, "Compact MIMO antenna for application to smart glasses using T-shaped ground plane," *Micro-wave and Optical Technology Letters*, vol. 60, no. 8, pp. 2010-2013, 2018.