

스마트 안경용 초소형 MIMO 안테나 설계

Design of a Compact MIMO Antenna for Smart Glasses

최 세 환*** · 최 재 훈**

Sehwan Choi*** · Jaehoon Choi**

요 약

본 논문에서는 스마트 안경용 초소형 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 안테나를 제안하였다. 제안된 MIMO 안테나는 가깝게 놓인 두 개의 대칭 IFA(Inverted-F Antenna) 안테나 사이에 접힌 T-형태의 isolator를 삽입하고, 접지면에 추가로 한 쌍의 slots을 설계함으로써 격리도 개선 및 임피던스 매칭 특성을 얻었다. 제안된 안테나는 2.4 GHz ISM(Industrial, Scientific, and Medical) 대역에서 동작하며, 35 mm×9 mm×0.8 mm의 작은 크기를 갖는다. 제안된 안테나는 phantom을 사용하여 인체의 영향을 고려해 설계하였으며, 측정실험을 통해 18 dBm의 입력하에서 1.38 W/kg의 SAR(Specific Absorption Rate)값을 가짐을 확인하였다. 제안된 안테나의 성능은 기존의 연구결과와 비교하여 검증하였다.

Abstract

In this paper, a compact MIMO(Multiple Input Multiple Output) antenna for smart glasses is proposed. The proposed MIMO antenna is designed using T-shaped isolator inserted between two closely located Inverted-F Antenna(IFA) and using two slots located in the ground for isolation enhancement and impedance matching characteristic. The proposed antenna has only the overall dimensions of 35 mm×9 mm×0.8 mm and operates in the 2.4 GHz industrial, scientific, and medical(ISM) band. To verify human body effect, the phantom is used for antenna performance. The measured specific absorption rate(SAR) value is 1.38 W/kg with an input power of 18 dBm. The performance of the proposed antenna is compared with that of previous works for verification.

Key words: Compact Antennas, MIMO Antennas, Isolation, Smart Glasses

I. 서 론

ICT의 급속한 발전으로 5세대 통신에서는 기존의 통신 방식을 넘어서서 사람과 사물이 네트워크로 연결되는 초연결 통신 사회를 이루고자 한다. 이러한 초연결 통신 시스템을 구축하는 핵심 구성체가 바로 사물 통신(M2M:

Machine to Machine), 사물인터넷(IoT: Internet of Things), 만물 인터넷(IoE: Internet of Everything)이며, 실제로 현재 상용화 되어 많은 분야에서 사용되고 있다. 이에 따라, 최근 근거리 통신 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있고, 그 중에서도 수 m 내외의 통신 기기들 간에 데이터를 전송하는 새로운 전송방식인 WBAN(Wireless Body

「본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음[R7119-16-1005, SAR을 고려한 유연 안테나를 탑재한 운전자 증강현실안경용 System-on-Display 지능형 반도체 개발].」

*전자부품연구원(Korea Electronics Technology Institute: KETI)

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

· Manuscript received January 16, 2017 ; Revised February 24, 2017 ; Accepted March 27, 2017. (ID No. 20170116-003)

· Corresponding Author: Jaehoon Choi (e-mail: choijh@hanyang.ac.kr)

Area Network) 기술에 관한 연구가 주목을 받고 있다.

4G 이동통신부터 본격적인 데이터 중심의 통신서비스가 개발되어 현재 상용화되고 있다. 그러나 스마트 시계나 스마트 안경 등과 같은 다양한 모바일 스마트기기 사용의 증가와 초 연결 통신의 도래에 따른 빅데이터의 출현으로 인해, 점점 더 높은 품질의 멀티미디어 서비스를 더 빠르게 송수신하고자 하며, 이를 위해 새로운 무선 네트워크 용량 증대 기술이 절실히 요구되고 있다.

따라서 앞서 소개한 WBAN 통신 가능 범위 확장, 데이터 용량 증대 및 속도 향상을 위해서는 이동 통신의 핵심 기술로 주목받는 다중 입출력 기술(MIMO: Multiple-Input Multiple-Output)이 필수적이다. 이 기술은 여러 개의 안테나를 사용해 동일한 무선 채널환경에서 두 개 이상의 데이터 신호를 전송함으로써 무선 통신의 범위를 넓히고, 속도를 크게 향상시킬 수 있는 고속 멀티미디어 데이터 통신을 가능하게 한다^[1].

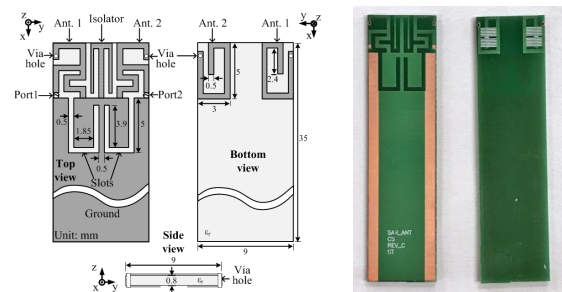
MIMO 안테나 설계 측면에 있어서 가장 중요한 핵심 요소는 휴대용 무선 통신기기의 고집적화와 소형화에 따른 설계 공간 협소로 야기되는 근접한 두 안테나 사이의 격리도 개선이다. 이를 위해서 많은 연구가 이루어지고 있으며, 가장 기본적으로는 두 안테나 사이의 거리를 반파장 이상 이격시키는 방법이 있으나, 이는 휴대 단말기의 특성상 제한된 공간으로 사실상 적용시키기에 어려움이 있다^[2]. 커패시터와 같은 lumped element를 이용한 격리도 향상 공진기(isolating resonator)를 사용하는 경우 소형화는 가능하지만, 비용 문제가 야기된다^[3]. 안테나 사이에 EBG(Electromagnetic Band-Gap) 구조와 같은 메타물질 구조를 이용하기도 하지만, 그라운드 사이즈에 비해 상당한 크기와 복잡한 구조물을 필요로 하므로 소형 기기에 적합하지 않다^[4]. 그 밖에 Neutralization technique이나 suspended-line, slot 또는 distributed LC 공진기를 사용한 연구가 제안되었으나, 스마트 안경과 같은 소형 무선기기에 적용하기에는 여전히 소형화가 필요하다^{[5]-[8]}.

본 논문에서는 2.4 GHz ISM(industrial, Scientific, and Medical) 대역에서 동작하는 스마트 안경용 초소형 MIMO 안테나를 제안하였다. 제안된 MIMO 안테나는 IFA(Inverted-F Antenna) 구조를 이용하여 소형화 하였고, 두 안테나 사이에 LC 공진기와 slot 구조를 위치시켜 격리도

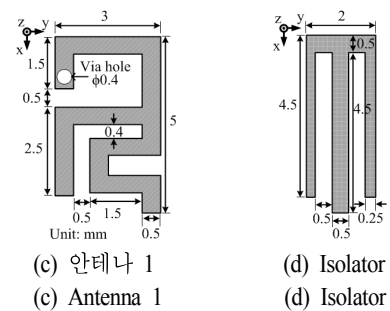
특성을 개선하였다. 또한, 인체의 특성을 고려하기 위하여 인체의 전기적 상수를 갖는 phantom 위에 안테나를 위치시켜 성능을 분석하고, 측정을 통해 검증하였다.

II. 안테나 설계 및 측정 결과

그림 1은 제안된 스마트 안경용 초소형 MIMO 안테나의 구조와 제작된 사진을 보여준다. 제안된 MIMO 안테나는 서로 가깝게 놓인 두 개의 대칭 IFA 안테나 사이에 접힌 T-형태의 isolator가 접지면 위에 위치하고, 접지면에 추가적인 두 개의 slot이 대칭으로 위치한다. 좁은 공간에 효율적인 IFA 안테나 설계를 위해 비아홀을 통해 아래면으로 방사체의 길이를 연장하였다. 접지면과 IFA 및 isolator를 포함한 안테나의 전체 크기는 35 mm×9 mm×0.8 mm로, 스마트 안경의 안경다리에 위치하기에 적합하도록 비유전율 4.4의 FR-4 기판 위에 초소형으로 설계하였다. 또한, 제안된 안테나는 설계 초기부터 인체의 영향을 고려하여 SPEAG에서 제공하는 120 mm×60 mm×60 mm 크기의 phantom sample($\epsilon_r=28, \sigma=1.1$) 위에서 10 mm 이



(a) 제안된 안테나의 구조 (b) 안테나사진
(a) Geometry of the proposed antenna (b) Photograph



(c) 안테나 1 (d) Isolator
(c) Antenna 1 (d) Isolator

그림 1. 제안된 안테나의 구조

Fig. 1. Geometry of the proposed antenna.

격시켜 안테나 설계 및 측정을 진행했다.

그림 2는 isolator와 slots 유무에 따른 산란 파라미터 특성을 보여준다. 제안된 안테나는 두 개의 IFA가 매우 근접하게 위치하기 때문에 기존의 연구에서 주로 사용하던 안테나 사이의 isolator만으로는 우수한 격리도 특성을 얻을 수 없다. 그러므로 본 논문에서는 추가로 1쌍의 slots을 설계함으로써 우수한 격리도 특성을 얻을 수 있었다. 게다가 slots을 IFA 안테나의 임피던스 정합부분인 급전부와 단락부 사이에 적절하게 설계함으로써 동시에 임피던스 정합특성을 개선할 수 있었다. 격리도 개선 특성은 그림 3의 isolator와 slots 유무에 따른 2.45 GHz에서 안테나의 표면 전류 분포 비교를 통해서 명확히 확인할 수 있다.

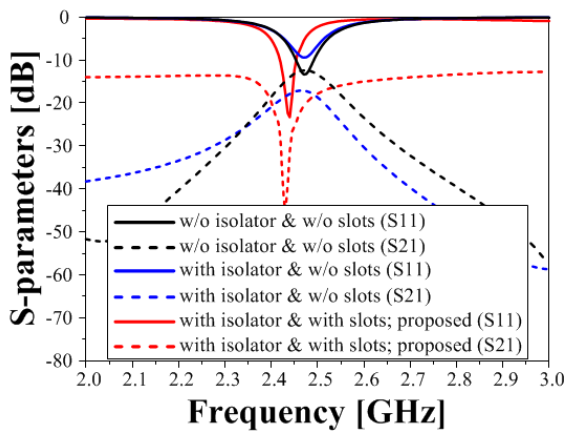


그림 2. Isolator와 slots 유무에 따른 산란 파라미터 특성
Fig. 2. S-parameter characteristics according to with or without of an isolator and slots, respectively.

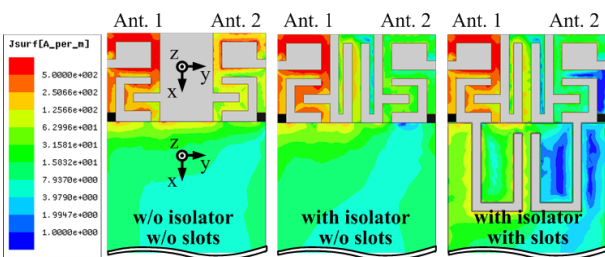
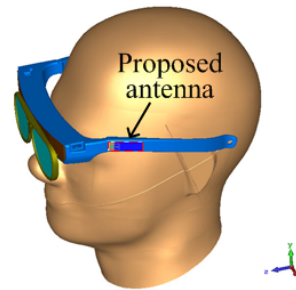


그림 3. Isolator와 slots 유무에 따른 2.45 GHz에서 MIMO 안테나의 표면 전류 분포 비교
Fig. 3. Comparison of the current distributions of the MIMO antenna at 2.45 GHz according to with or without of an isolator and slots, respectively.

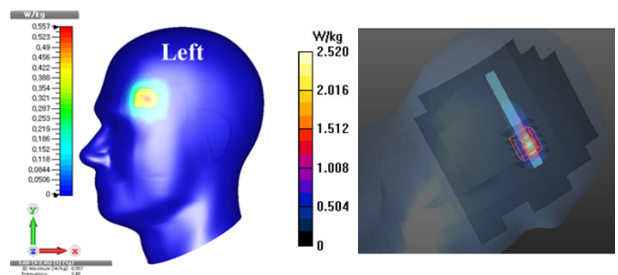
제안된 안테나는 스마트 안경용으로써 인체에 근접해 위치하기 때문에 인체 전자파 영향(SAR: Specific Absorption Rate)을 필수적으로 고려해야 한다. 그림 4는 CST社의 MWS를 이용한 SAR 분포를 보여준다.

제안된 안테나는 그림 4(a)와 같이 안경다리에 부착되기 때문에 이를 고려하여 안구 옆쪽으로 10 mm 이격시켜 모의실험을 하였다. 입력 전력은 일반적으로 Wifi나 Bluetooth 통신에서 사용하는 입력 전력 규격인 18 dBm을 인가하였고, 이때 제안된 안테나의 SAR 값은 그림 4(b)와 같이 왼쪽과 오른쪽 각각 0.557 W/kg과 0.454 W/kg으로써, 1 g 평균 1.6 W/kg으로 제한한 FCC의 지침을 초과하지 않음을 알 수 있었다⁹⁾. 또한, Dasy5를 이용한 측정결과도, 동일한 조건하에서 1.38 W/kg으로 FCC 기준을 만족하였다.

그림 5는 제안된 안테나의 측정결과이며, 안테나는 모의실험과 동일하게 phantom으로부터 10 mm 이격시켜 측



(a) 제안된 안테나의 실장 위치
(a) Integrated location of the proposed antenna



(b) 1 g SAR 분포 (b) 1 g SAR distributions
(c) SAR 측정 (c) SAR measurement

그림 4. 제안된 안테나의 SAR 시뮬레이션 및 측정
Fig. 4. SAR simulation and measurement of the proposed antenna.

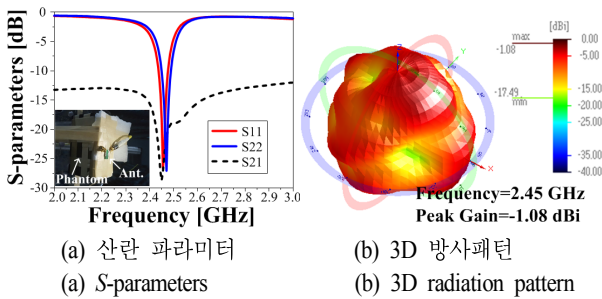


그림 5. 제안된 안테나의 측정 결과
Fig. 5. Measured results of the proposed antenna.

표 1. 제안된 안테나와 기존 연구 성능 비교
Table 1. Performance comparison between the proposed antenna and previous works.

2.4 GHz 대역 MIMO 안테나	크기 [mm ³]	방사체 사이의 거리 [mm]	격리도 [dB]	최대 방사 이득 [dBi]	인체적용여부
Ref. [5]	100×40×4	28	37.5	NA	×
Ref. [6]	75×50×1.6	14.2	40	1.1	×
Ref. [7]	40×20×1.6	3.6	30	2	×
Ref. [8]	40×40×5	26	30	1.49	○
Proposed	35×9×0.8	3	29	-1.08	○

정하였다. 측정 결과는 모의실험 결과와 상당히 일치하며, 측정된 안테나는 50 MHz(2.43~2.48 GHz)의 -10 dB S₁₁ 대역폭을 가지고, 2.45 GHz에서 29 dB의 격리도 특성을 갖는다. 그림 5(b)에서 볼 수 있듯이, 제안된 안테나는 -1.08 dBi의 최대이득, -6.37 dBi의 평균이득과 23 %의 방사효율을 가진다. 표 1은 이러한 특성을 앞서 서론에서 소개했던 isolator나 slot 등을 사용하는 다양한 MIMO 안테나와 제안된 안테나의 성능 비교를 보여준다.

III. 결 론

제안된 안테나는 작은 접지면과 인체 영향으로 인해 기존 안테나에 비해 작은 방사 이득과 효율을 갖는다. 하지만, 매우 작은 크기를 가지며, 두 안테나 사이의 거리가 매우 가까움에도 불구하고, isolator와 slots을 동시에 사용함으로써 우수한 격리도를 갖도록 설계되었다. 또한, 시뮬레이션과 측정치에서 제한규격 이하의 SAR 값을 가지

므로, 제안된 초소형 MIMO 안테나는 스마트 안경에 적용이 가능할 것으로 사료된다.

References

- [1] 최재훈, 김정표, 한민석, "안테나 최근 기술 동향 - 휴대 단말기용 안테나를 중심으로", 한국전자과학회 논문지 전자과학기술, 20(6), pp. 3-16, 2009년 11월.
- [2] K. Wong, J. Chou, C. Tang, and S. Yeh, "Integrated internal GSM/DCS and WLAN antennas with optimized isolation for a PDA phone", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 46, no. 4, pp. 323-326, Aug. 2005.
- [3] 이정훈, 김지훈, 김민기, 김형훈, 김형동, "격리구조 기법을 이용한 안테나 격리도 변화 분석", 한국전자과학회논문지, 26(12), pp. 1044-1049, 2015년 12월.
- [4] J. Itoh, N. Michishita, and H. Morishita, "A study on mutual coupling reduction between two inverted-F antennas using mushroom-type EBG structures", *2008 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, pp. 1-4, San Diego, CA, Jul. 2008.
- [5] 이현석, 윤상원, 박현창, 박형무, "다수 쌍의 L-Slot을 이용하여 무선 휴대 단말기용 MIMO 안테나 시스템의 격리도를 향상시키는 방법", 한국전자과학회논문지, 19(8), pp. 820-825, 2008년 8월.
- [6] C. Lee, S. Chen, and P. Hsu, "Integrated dual planar inverted-F antenna with enhanced isolation", *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 8, pp. 963-965, Aug. 2009.
- [7] A. C. K. Mak, C. R. Rowell, and R. D. Murch, "Isolation enhancement between two closely packed antennas", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 11, pp. 3411-3419, Nov. 2008.
- [8] 김성진, 김동호, 권결, 최재훈, "인체부착형 Headset MIMO 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 22(12), pp. 1107-1115, 2011년 12월.
- [9] "Evaluating compliance with FCC guidelines for human exposure to radiofrequency electromagnetic fields", *FCC, Washington, DC, Tech. Rep. OET Bull. 65 Supp. C*, Jun. 2001.