

인체 부착용 방사패턴 재구성 안테나의 SNR 및 BER 성능 분석

이창민¹, 정창원^{*}

¹서울과학기술대학교 NID융합기술대학원

Performance analysis of SNR and BER for radiation pattern reconfigurable antenna

Chang Min Lee¹, Chang Won Jung^{*}

¹Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Science and Technology

요약 본 논문은 생체신호 (체온, 혈압, 맥박 등)를 측정하는 웨어러블 (Wearable) 디바이스에 장착된 인체 부착용 방사패턴 재구성 안테나의 통신성능 비교에 관한 논문이다. 제안된 안테나의 동작주파수는 블루투스 (Bluetooth) 통신 대역의 2.4 - 2.5 GHz 이며, 안테나의 최대이득은 1.96 dBi 이다. 제안된 안테나는 두 개의 RF 스위치 (PIN diode)를 이용하여 서로 반대방향의 빔을 생성하여 전자파 신호를 효율적으로 송수신 한다. 또한 제안된 안테나는 탑 로딩(Top Loading)을 이용 세 가지의 각도 변경 (30°, 90°, 150°)을 통해 각 방사패턴의 지향성 변화를 조사 하였다. 본 논문에서는 방사패턴 재구성 안테나를 통해 전파 간섭이 없는 전자파 차폐실의 이상적인 전파환경과 실제 전파간섭이 존재 (Universal Software Radio Peripheral, USRP) 하는 스마트 하우스 내에서 웨어러블 디바이스 안테나의 신호대 잡음비 (Signal-to-Noise Ratio, SNR) 및 비트 에러율 (Bit Error Rate, BER) 성능 측정을 진행하였다. 두 경우의 측정 비교 시 SNR은 평균적으로 5 dB의 성능저하를 보이며, BER은 최대 10배 증가하여 수신 에러율 (Error rate of receiving signal)이 높아지는 것을 확인하였으며, 본 논문에서 측정된 SNR과 BER의 측정 결과로 전자파기기의 방해전파로 인한 성능저하를 수치상으로 예측 하였다.

Abstract This paper presents the communication performance for the radiation pattern reconfigurable antenna in the wearable device measuring bio signal (temperature, blood pressure, pulse etc.) of human body. The operational frequency is 2.4 - 2.5 GHz, which covers Bluetooth communication bandwidth. The maximum gain of the antennas is 1.96 dBi. The proposed antenna is efficiently transmitting and receiving signal by generating two opposite beam directions using two RF switches (PIN diode). Also, we investigated how radiation pattern changes according to three angles (30°, 90°, 150°) of Top Loading. In this paper, we measured and compared the SNR (Signal-to-Noise Ratio) and BER (Bit Error Rate) performances of the proposed antennas in the condition between an ideal environment of anechoic chamber and smart house existing practical electromagnetic interferences (Universal Software Radio Peripheral, USRP). Throughout the comparing the results of the measurement of two cases, we found that the SNR is degraded over 5dB in average and BER is increased over ten times in maximum, therefore, it is confirmed that the error rate of receiving signal is increased. The measured results of SNR and BER value in this paper able to expect the performance degrading by the interference from the electromagnetic devices.

Key Word : Radiation pattern reconfigurable antenna, Fitbit Flex, Bluetooth, SNR, BER

이 연구는 MKE/KEIT의 IT R&D 프로그램 과제 [10041145, Self-Organized Software-platform (SOS) for welfare devices] 사업의 지원으로 수행되었다.

*Corresponding Author : Chang Won Jung(Seoul National University of Technology and Science)

Tel: +82-2-970-6803 email: changwoj@snut.ac.kr

Received February 25, 2015

Revised (1st April 30, 2015, 2nd May 8, 2015 3rd May 12, 2015)

Accepted June 11, 2015

Published June 30, 2015

1. 서론

의료시장의 규모가 커짐에 따라, 일상생활에 적용되는 의료기기들이 빠른 속도로 상용화 되고 있다. 무선 신체 영역 네트워크 (Wireless Body Area Network, WBAN)는 인체 내부 또는 외부에서 형성되는 근거리 통신 방식으로, 이러한 의료기기들의 인체 내외 통신 방식을 표준화 한다. IEEE에서는 WBAN을 인체내부 및 인체로부터 3미터 이내의 무선통신으로 정의하고 있다. WBAN 통신이 쓰이는 곳은 치료의 목적으로 인체 내부에서 쓰이는 심장박동기도 있는 반면에, 최근 의복, 신발 및 액세서리 등에 적용하여 일상생활에서 자주 볼 수 있는 웨어러블 기기들이 출시되고 있다. 현재 지역별로 WBAN 주파수 이용대역은 온바디 (On-body) 통신을 위한 대역으로 2400 - 2500 MHz가 모든 국가에 허용되었다. 또한 최근 헬스케어 분야에 핵심적으로 응용이 되는 네트워크인 WBAN에 대해서 IEEE 802.15 Working Group을 중심으로 물리계층 (PHY) 및 네트워크계층 (MAC)에서 표준화가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 팔목부착 형태로 생체 신호를 측정하여 정보를 제공하는 무선기기의 안테나의 성능을 향상시킨 방사패턴 재구성 안테나를 설계, 제작, 및 측정하였다 [1,2,3,4,5], 방사패턴 재구성 안테나는 하나의 안테나로도 높은 이득과 전방향의 전파를 수신할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서 제작된 안테나는 기존 팔목부착용 안테나 보다 방사패턴과 이득 면에서 성능이 향상됨을 보였다. 또한 제안된 안테나는 두 개의 빔을 통하여 전방향의 신호를 감지한다. 방사패턴 재구성 안테나를 이용한 무선 제품의 통신효율을 측정하기 위해 SNR (Signal to Noise Ratio) 및 BER (Bit Error Rate)을 측정하였으며, 그 결과를 분석하였다.

2. 안테나 설계

Fig. 1은 본 논문에서 제안된 방사패턴 재구성 안테나의 형상을 보여준다. $14 \times 50 \times 1 \text{ mm}^2$ 의 크기를 가진 FR-4 기판에 하나의 모노폴 형태의 안테나로 두 가지 (CASE1, CASE2)의 방사패턴을 형성하기 위해 설계되었다. 루프와 모노폴로 결합된 형태로 결합되는 부위를 통해 안테나의 빔을 제어하게 된다. 제안된 안테나의 규격은 $a = 12.8 \text{ mm}$, $b = 18.5 \text{ mm}$, $c = 8 \text{ mm}$ 이며, 공진

주파수대역은 블루투스 통신대역 2.4 ~ 2.5 GHz이다. 모노폴 상부에 위치시킨 탑로딩 (Top Loading)을 추가하여 리액턴스의 변화에 의한 안테나 소형화가 가능하며, 또한 제안된 안테나에 탑 로딩 각도에 따른 방사패턴의 변화를 알아보기 위해 세 가지 각도 (30° , 90° , 150°)를 정하여 방사패턴의 지향성 변화를 조사하였다. 또한 루프와 모노폴이 교차하는 지점에 두 개의 RF 스위치 Pin Diode (MPP4203)을 사용하여 빔을 재구성 하도록 하였다. Table 1에서와 같이 제안된 안테나는 두 개의 스위치 SW1과 SW2를 통하여 이들의 on/off 상태에 따라 두 가지 경우 (CASE1, CASE2)에서 서로 다른 지향성 방향을 갖게 된다. 제안된 안테나의 반사계수 (S11) 시뮬레이션 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 공진 주파수에서 세 가지 탑 로딩 각도에서 모두 반사계수 (S11)가 -6 dB 이하의 값을 갖는다. 또한, 두 가지 경우 (CASE1, CASE2)의 방사패턴 시뮬레이션 결과를 Fig. 3에 나타내었다. CASE1의 경우 SW1이 단락되고 SW2가 개방되며 SW2 방향에 있는 루프는 반사기 (reflector)로써 동작한다. 이를 통해서 방사 패턴은 $-X$ 방향으로 지향성을 가지게 되며 이를 Fig. 3(a)에서 확인 할 수 있다. 마찬가지로, CASE2의 경우 SW1는 개방 되고, SW2는 단락 되어 방사패턴은 $+X$ 방향으로 지향성을 갖게 되며 이를 Fig. 3(b)를 통해서 확인 할 수 있다.

Fig. 4은 방사패턴 재구성 안테나의 실제 제작된 샘플의 사진이다. RF 스위치는 MPP4203이 Pin Diode이 사용되었으며, RF block 인덕터(SAMSUNG's 0603)의 인덕턴스 값은 $0.27 \mu\text{H}$ 이다. RF block 인덕터의 역할은 안테나에 입력되는 고주파 전류를 막기 위해 사용된다.

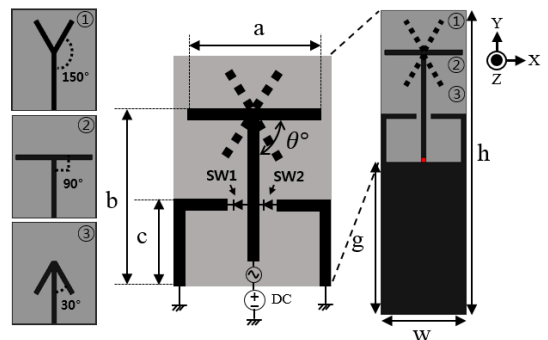


Fig. 1. The antenna geometry

Table 1. The classification of the proposed antenna based on the cases

	CASE1	CASE2	DC
SW1	On	Off	+ 1.2 V
SW2	Off	On	1.2 V

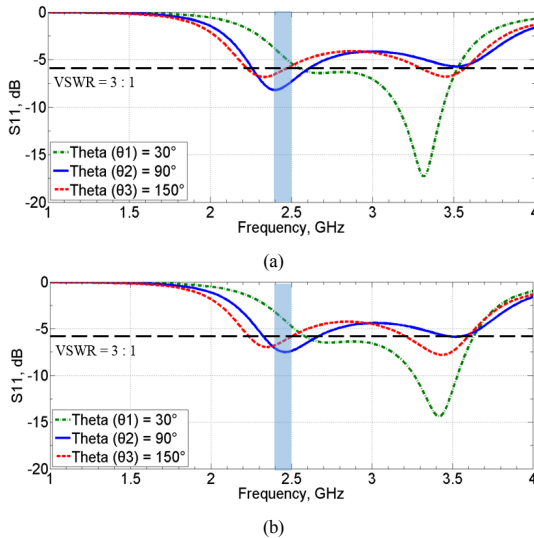


Fig. 2. Simulation result of (S11) (a) CASE1 (b) CASE2

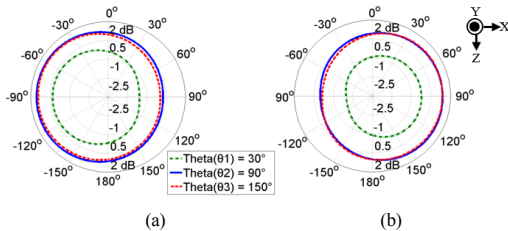


Fig. 3. Simulation result of radiation pattern of the proposed antenna at 2.4GHz (a) CASE1 (b) CASE2

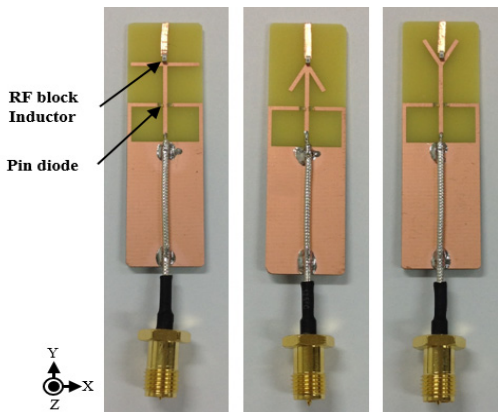


Fig. 4. The photographs of fabricated radiation pattern reconfigurable antennas

3. 안테나 측정 결과

Fig. 5는 제안된 안테나의 반사계수 측정값이며 CASE1 과 CASE 2에서 모두 블루투스 대역인 2.4 - 2.5 GHz대역에서 -6dB (VSWR 3:1) 이하를 만족하는 것을 보인다.

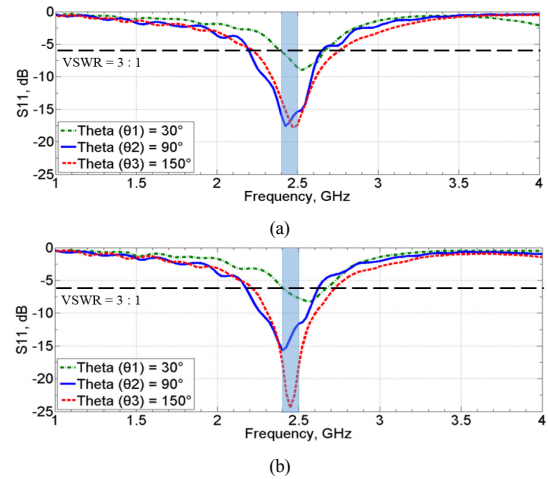


Fig. 5. Measurement result of (S11) of the radiation pattern reconfigurable antennas (a) CASE1 (b) CASE2

Fig. 6 (a)와 (b)의 경우는 각각 CASE1과 CASE2의 방사패턴 측정 결과를 나타낸다. Theta가 90°인 경우에 최대이득 1.96 dBi의 결과를 나타내며, 서로 다른 두 가지의 방사패턴을 통해 전방향의 신호를 탐지할 수 있다. 본 논문에서 제안된 안테나가 기존 웨어러블 디바이스 내 안테나에 비해 최대이득 면에서 우수함을 보인다.

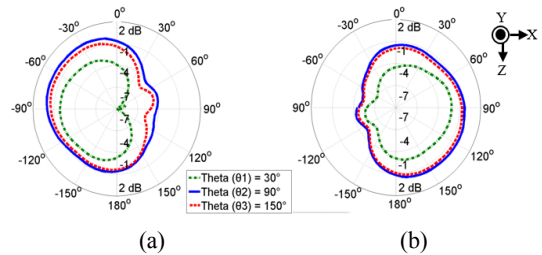


Fig. 6. Radiation pattern of the proposed antenna simulation result at 2.4 GHz (a) CASE1 (b) CASE2

4. SNR / BER 성능 측정 결과

제안된 안테나의 실제 환경에서의 통신 효율을 알아 보기 위해 신호대 잡음비 (Signal to Noise Ratio, SNR)

와 비트에러율 (Bit Error Rate, BER)을 측정하였다. SNR은 공기 중 존재하는 노이즈 전력대비 신호 전력의 크기를 나타내며, BER은 수신한 데이터가 송신한 데이터에 비해 오류가 발생하는 비율을 나타낸다. 다음 두 파라미터는 통신 시스템의 정확성을 판별하는 중요한 요소이다.

실험을 수행한 장소로 이상적인 전파환경을 위한 실내 챔버와 가정 내 전파간섭이 존재하는 스마트 하우스 내에서 실험을 수행하였다. 실내 챔버는 외부 전파의 간섭을 최소화시키기 위해 전자파 차폐실을 이용하였다. 스마트 하우스의 전파환경은 일반적인 가정 실내환경과 동일한 환경을 구축하기 위해 실험기기 주변에 무선랜, 전자레인지, 디지털 무선 전화기 등을 설치하였다. 실험의 구성으로 두 대의 노트북 컴퓨터와 USRP (Universal Software Radio Peripheral)를 이용하였다. 각 노트북 컴퓨터는 각자 USRP에 연결되며, USRP1과 USRP2로 이름 지었다. USRP1은 신호를 보내는 송신부이며, USRP2는 신호를 탐지하는 수신부 역할을 한다. USRP1과 USRP2 사이의 거리는 3 m로 지정하였다. Fig. 7 (a)는 챔버 및 스마트 하우스 내에서 3 m 떨어진 두 대의 USRP 사이의 거리를 3 m로 고정해 놓고 통신 효율을 측정하는 모델이다. 또한 Fig. 7 (b)는 사용자 측인 USRP2가 USRP1으로부터 3 m 떨어진 거리에서 수직으로 3 m를 15초 동안 이동하면서 통신 효율을 측정하게 된다. 실제 실험 측정을 하면서 인체의 한 부위인 팔목에 제한된 안테나를 착용 후 USRP1로부터 3 m에 해당하는 거리 밖에서 정지 혹은 이동하면서 측정 하였다. 이때 사용한 변조 방식은 O-QPSK (Offset Quadrature Phase-shift house (a) Tx static (b) Tx moving (c) Rx static (d) Rx moving keying) 이다.

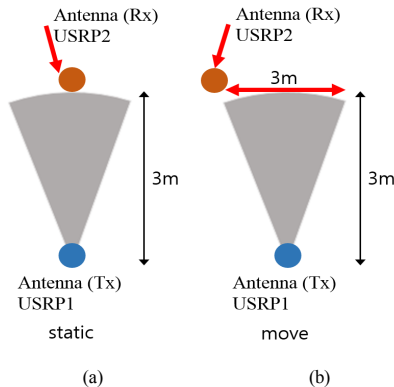
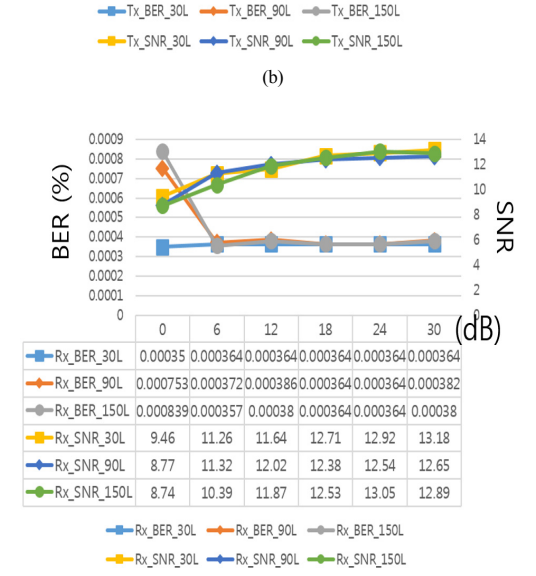
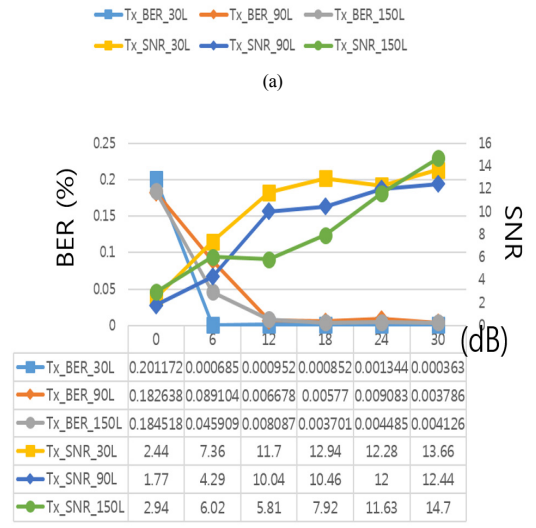
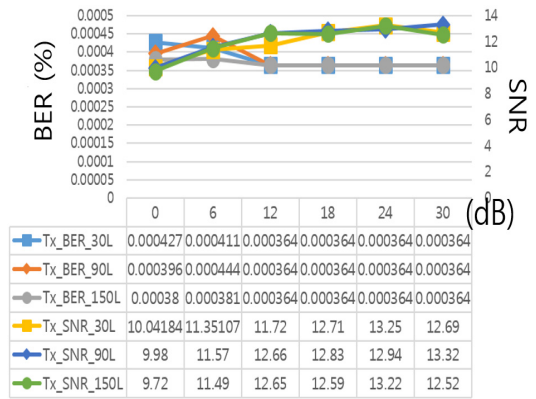


Fig. 7. SNR/BER measurement environment in chamber and smart house (a) static state (b) moving state



(c)

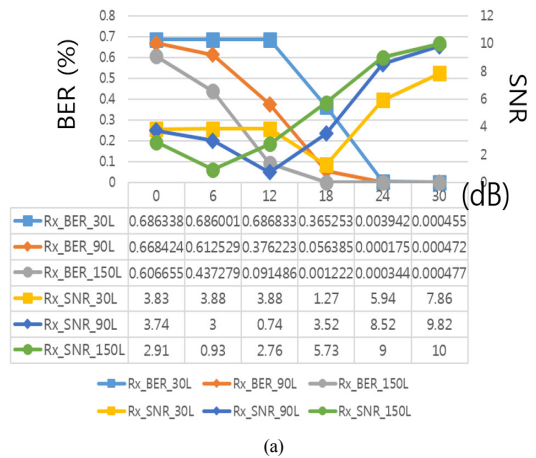
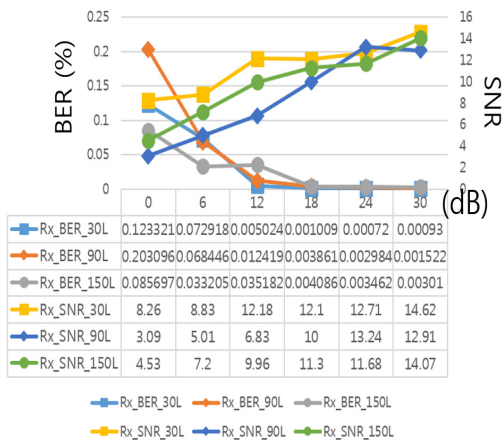


Fig. 8. SNR/BER measurement result in chamber (a) Tx static (b) Tx moving (c) Rx static (d) Rx moving

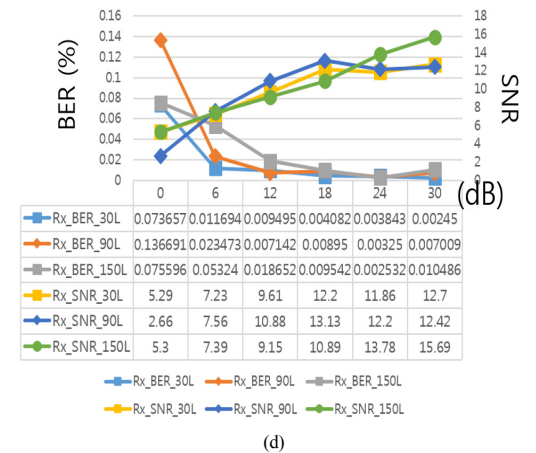
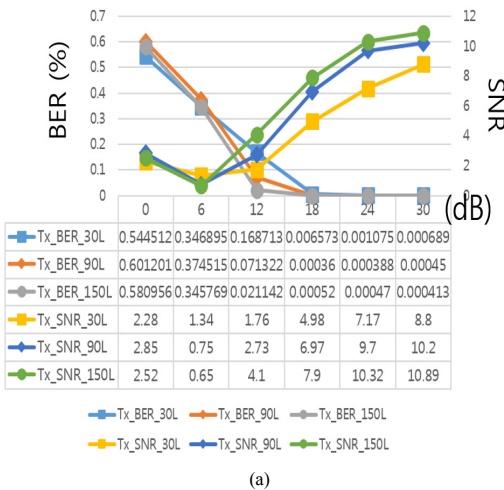


Fig. 9. SNR/BER measurement result in smart

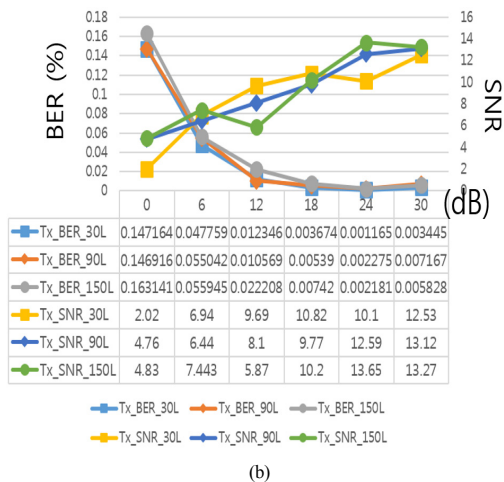


Fig. 8은 실내 챔버 환경에서 SNR 및 BER의 측정 결과를 보여준다. 측정 주파수는 2412 MHz이다. 측정은 Tx 신호 세기의 범위를 0 dB에서 30 dB로 변화시키면서 SNR과 BER을 측정하였다. SNR의 측정 결과로 Tx 및Rx 신호의 세기를 크게 할수록 SNR이 커지는 경향을 보인다. 이 때 Tx를 크게 함에도 불구하고 SNR값이 작아졌다가 커지는 경우를 볼 수 있는데, 이는 외부 기기에 의한 원인으로 볼 수 있다. 반면에 BER은 작아지며 사용자가 움직이지 않을 시에는 약 0.003 % 으로 수렴하며, 움직일 시에는 0.05 %로 움직이지 않을 때 보다 높은 에러가 발생됨을 보인다. 마찬가지로 Fig. 8의 (b)와 (d)을 통해 볼 수 있듯이, 움직이지 않을 때 보다 움직일 때 SNR과 BER의 변동폭이 크게 측정되었다. Fig. 9은 실제 환경과 동일한 환경인 스마트 하우스 내에서 SNR 및 BER의 측정 결과를 보여준다. 실제 환경과 동일한 환경에서는 무선랜, 전자레인지, 무선 전화기 전파의 간

섭 등으로, BER 및 SNR의 측정결과에 영향을 미친다. 스마트 하우스 내에서도 실내 챔버 환경과 마찬가지로 Tx신호와 Rx신호의 범위를 0 dB에서 30 dB로 변화시키면서 SNR과 BER을 측정하였다. SNR의 측정 결과로 Tx 및 Rx신호를 크게 할수록 움직임 때보다 BER의 값은 커지는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과를 통해 유해 전파가 없는 전자파 차폐실에서 실행된 SNR과 BER의 실험결과 Fig. 8 보다 스마트 하우스에서 실행된 실제 전파환경에서의 실험결과 Fig. 9에서 볼 수 있듯이, SNR은 평균적으로 5 dB의 성능저하를 보이며, BER은 최대 10배 증가하여 에러율이 높아지는 것을 확인하였다. 따라서 본 실험을 통해 일상생활에서 웨어러블 기기가 실제 전파 환경에서 받는 영향을 수치화 할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 손목부착형태의 방사패턴 재구성 안테나를 설계 제작 및 측정하였으며 하나의 안테나에서 두 개의 RF 스위치를 이용하여 서로 다른 방사 방향의 두 개의 빔을 갖는 빔 스티어링 기술을 통해 전방향의 빔을 생성하게 된다. 동작 주파수는 블루투스 대역의 2.4 - 2.5 GHz이며 최대이득은 1.96 dBi 이다. 또한 실제 환경에서 통신 효율을 측정하기 위해 USRP를 통하여 SNR 및 BER 측정을 수행하였다. 이때 통신 환경 구축을 위해 실내 전파영향이 없는 실내 챔버 (Chamber)와 실내 전파영향이 있는 스마트 하우스 두 곳에서 실험을 수행하였으며, 두 대의 USRP사이의 Tx와 Rx 신호 크기에 대한 SNR 및 BER의 결과를 분석하였고 스마트 하우스에서 SNR은 평균적으로 5 dB의 성능저하를 보이며, BER은 최대 10배 증가하여 에러율이 높아지는 것을 확인하였다. 따라서 본 실험을 통해 일상생활에서 웨어러블 기기가 실제 전파 환경에서 받는 영향을 수치화 할 수 있었다.

References

[1] K. Bahng, C. W. Jung, and K. Kim, "A compact beam reconfigurable antenna for symmetric beam switching," Progress In Electromagnetics Research., vol. 129, pp. 1 - 16, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2528/PIER12032005>

[2] W. Kang and K. W. Kim, "A beam pattern-reconfigurable antenna using PIN diodes," Antenna and Propagation Society International Symposium, vol. 40, no. 23, pp. 1 - 4, July. 2010.
[3] J. Y. Kim, B. J. Lee and C. W. Jung, "Reconfigurable beam steering antenna using double loops," Electron. Lett., vol. 47, Issue. 7, pp. 430 - 431, Mar. 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/el.2011.0278>
[4] K. Bahng, C. W. Jung, and K. Kim, "Design and measurement of beam reconfigurable antenna based on folded dipole structure," Electron. Lett., vol. 45, Issue. 3, pp. 138 - 139, Jan. 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/el.20093243>
[5] S. Lim and H. Ling, "Design of electrically small, pattern reconfigurable Yagi antenna," Electron. Lett., vol. 43, no. 24, pp. 1326 - 1327, Nov. 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/el.20072393>

이 창 민(Chang Min Lee)

[준회원]



- 2014년 2월 : 강릉원주대학교 전자공학과(공학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술 대학원 석사과정

<관심분야>
안테나, RF

정 창 원(Changwon Jung)

[정회원]



- 2001년 12월 : University of Southern California, 전자공학 (석사)
- 2005년 6월 : University of California, Irvine, 전자공학 (박사)
- 1997년 1월 ~ 2000년 6월 : LG 정보통신, 연구원
- 2005년 7월 ~ 2005년 10월 : University of California, Irvine, Post Doctor
- 2005년 11월 ~ 2008년 4월 : 삼성중합기술원, 전문연구원
- 2008년 5월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교, NID 융합기술 대학원, 교수

<관심분야>
안테나, RF, EMI/EMC, RF-MEMS, 센서