

# 메탈 프레임 커플링을 이용한 웨어러블 디바이스용 다중대역 안테나 설계

이 경 학\*, 한 민 석\*\*

## Design of Multi-band Antenna Using Metal Frame Coupling for Wearable Device Application

Kyunghak Lee\*, Minseok Han\*\*

**요 약** 본 논문에서는 메탈 프레임 커플링을 이용한 웨어러블 디바이스용 다중대역 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 45 mm X 35 mm 크기의 메탈 프레임을 이용한 안테나와 접지면 이중 커플링 구조를 가지고 있다. 본 논문에서 제안한 다중대역 안테나는 웨어러블 디바이스와 같은 소형 디바이스에 최적화 된 구조이다. 메탈 프레임을 안테나의 일부로 사용함으로써 안테나 체적을 축소시키고 VSWR 3:1 이하 기준으로 저주파 대역에서 70 MHz (870~940 MHz), 고주파 대역에서 280 MHz (1600~1880 MHz) 과 280 MHz (1900~2170 MHz) 임피던스 대역폭을 만족한다. 또한, 무선 성능 지표들인 TRP/TIS 측정을 통해 웨어러블 디바이스 적용 가능성을 검증하였다.

**Abstract** In this paper, we propose a multi-band antenna for wearable devices using metal frame coupling. The proposed antenna has a 45 mm × 35 mm antenna using metal frame and a ground dual coupling structure. The proposed multi-band antenna in this paper is optimized for small devices such as wearable devices. By using the metal frame as a part of the antenna, the volume of the antenna is reduced and satisfies under VSWR 3:1 impedance bandwidth of 70 MHz (870 ~ 940 MHz) in low frequency band, 280 MHz (1600 ~ 1880 MHz) and 280 MHz (1900 ~ 2170 MHz) in high frequency band. It also verified the applicability of wearable devices by measuring wireless performance indicators such as TRP/TIS.

**Key Words** : LTE Band 3, LTE Band 5, LTE Band 8, Metal Frame Coupling, Multi-band Antenna, Smart Watch, Wearable Device, 3G UMTS Band1

### 1. 서론

현재 대부분의 웨어러블 디바이스 제품은 스마트 워치와 같은 손목시계 형태나 손목 밴드를 중심으로 피트니스와 활동 추적기 등 모바일 헬스 관련 제품이 대다수를 차지하고 있다. 하지만 최근 애플과 삼성전자를 중심으로 자체 LTE (Long Term Evolution) 통신 기능을 탑재하였고 스마트워치 운영체제(Operating System)를 탑재해 스마트폰 없이

자체 LTE 통신으로 음성통화, 메시지 송수신, 앱 다운로드 등이 모두 가능하다. 하지만, 이를 구현하기 위해서는 아주 작은 공간에 최소 4개 대역을 모두 만족하는 소형의 다중대역 안테나가 필요하다. 이를 위한 안테나의 소형화 방법에는 집중소자 기술을 사용하는 방법, 기하학적 구조를 사용하는 방법, 기생소자를 사용하는 방법, 메타물질 구조를 이용한 방법 등이 있다[1]~[2]. 또한, 마이크로스트립 급전과 접

This Paper was supported by research Fund of Osan University in 2017.

\*WARP Solution (kyunghak@kaist.ac.kr)

\*\*Corresponding Author : Department of Electronics, Osan University (mshan1024@osan.ac.kr)

Received October 31, 2017

Revised November 07, 2017

Accepted November 24, 2017

지면을 사용하여 안테나의 크기를 파장의 1/4로 줄이고, 추가적인 패치를 사용함으로써 기본 패치의 방사를 보충하여 성능을 향상시켜주는 기법을 주로 사용한다[3]. 하지만, 스마트 워치와 같은 소형의 웨어러블 디바이스에 상용화 통신 대역의 주파수를 만족하는 다중 대역 또는 광대역의 공진을 만들어 주는 것은 안테나의 집적도 문제 때문에 쉽지 않다. 또한, 안테나의 소형화는 전류밀도가 커지고 Q값이 커지게 되어, 대역폭이 감소하게 되는 문제점이 있다 [4]~[7]. 이러한 문제를 해결하기 위해서 제시 되는 방법이 고차 모드를 이용하는 방법, 평면형 방사소자에 슬릿을 추가하여 새로운 공진 특성을 구하는 방법, 선형 방사 구조를 사용하는 방법, CP(Coplanar Waveguide) 급전 방식을 사용하는 방법, 주방사 소자에 기생패치를 추가하여 커플링 효과로 다른 공진 대역을 형성 하는 방법 등이 사용되고 있다[8]~[12].

본 논문에서는 웨어러블 디바이스와 같은 소형디바이스에 최적화 된 구조로 메탈 프레임을 안테나의 일부로 사용함으로써 안테나 체적을 축소시켜 300 mm<sup>3</sup> 최소한의 공간에 저주파 대역 (LTE Band5 (824~894 MHz), LTE Band8 (905~960 MHz)) 과 고주파 대역 (LTE Band3 (1710~1880MHz), 3G UMTS(Universal Mobile Telecommunications System) Band1 (1920~2170 MHz))에 모두 적용 가능한 다중대역 안테나를 제안하고 실제 손 팬텀(Hand Phantom)에 장착 후 무선 성능을 나타내는 지표인 TRP(Total Radiated Power)/TIS(Total Isotropic Sensitivity) 측정을 통해 성능 검증을 진행 하였다.

## 2. 안테나 구조 설계

그림 1은 웨어러블 디바이스용 국내 이동통신 주파수 분배 현황을 나타내주고 있다. 현재 출시되어 있는 삼성전자 갤럭시 기어S3 프론티어(LTE)의 경우, 3G WCDMA와 4G LTE FDD 인프라를 활용할 수 있도록 저주파 대역 (LTE Band5(850)와 고주파 대역 (LTE Band3(1800), 3G UMTS Band1(2100))을 지원한다. 또한, 최근에 저주파 대역의 LTE Band8(900) 도 추가되어 아주 작은

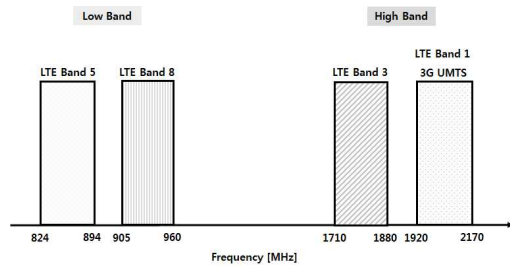


그림 1. 웨어러블 디바이스용 국내 이동통신 주파수 분배 현황

Fig. 1. Frequency distribution of domestic mobile communication for wearable devices

공간에 최소 4개 대역을 모두 만족하는 소형의 다중대역 안테나가 필요한 실정이다.

그림 2를 통해 본 논문에서 제안하고자 하는 메탈 프레임 커플링을 이용한 다중대역 안테나 구조를 살펴보면 제안된 안테나는 45 mm X 35 mm 크기의 메탈 데코 프레임을 이용한 안테나와 접지면 2중 커플링 구조를 가지고 있다. 또한, 웨어러블 디바이스와 같은 소형디바이스에 최적화 된 구조로 메탈 프레임을 안테나의 일부로 사용함으로써 안테나 체적을 축소시켜 300 mm<sup>3</sup> 최소한의 공간에 원하는 대역을 모두 만족하는 다중대역 안테나를 구현할 수 있다. 제안된 다중대역 안테나는 저주파 대역 (LTE Band5(850), LTE Band8(900)) 과 고주파 대역 (LTE Band3(1800), 3G UMTS Band1(2100)) 을 모두 만족한다.

그림 3은 제안된 안테나의 동작 원리를 나타내기 위해 메탈 프레임 링을 갖는 다중대역 안테나의 등가 회로 모델을 수동소자(R, L, C)를 이용해 나타내었다. 특히, 접지면 커플링을 이용한 메탈 프레임 방사 구조는 웨어러블 디바이스와 같은 소형의 디바이스에 다중대역 안테나를 구현할 때 자주 사용하는 방법으로 메탈 프레임 데코 부분과 안테나 사이에 커플링 값을 결정짓는  $C_{couple}$  값과 안테나로 동작하는 메탈 프레임 데코 부분과 접지면 사이의 커플링 값을 결정짓는  $C_{gnd}$  값이 임피던스 매칭 특성과 안테나 성능에 영향을 준다. 또한, Slot 커플링 방식의 분리된 안테나 패턴을 이용해 Wide Band 구현이 가능하다.

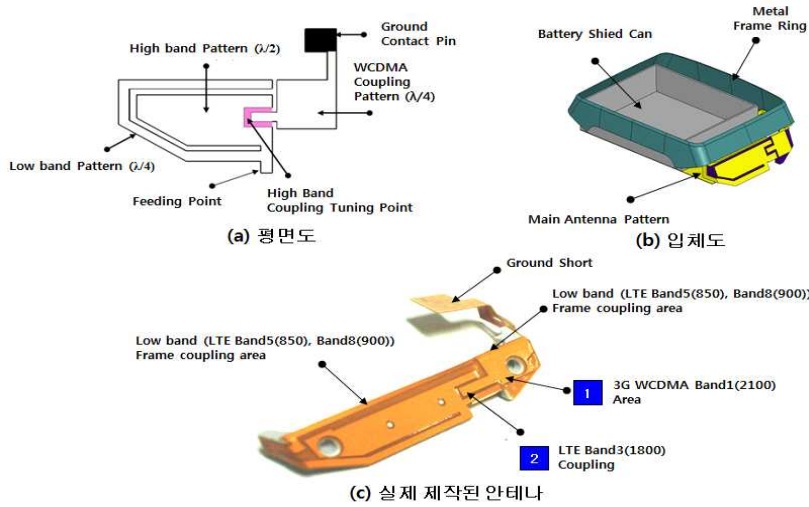


그림 2. 제안하고자 하는 메탈 프레임 커플링을 이용한 다중대역 안테나 구조  
 Fig 2. Geometry of the proposed multiband antenna using a metal frame coupling

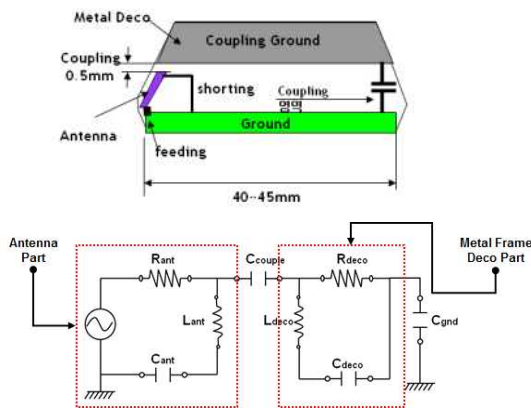
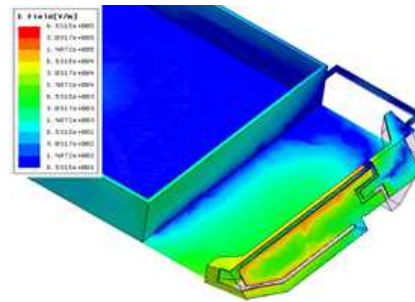
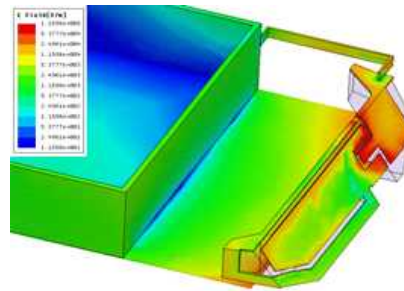


그림 3. 메탈 프레임 데코 링을 갖는 제안된 다중대역 안테나의 등가 회로 모델  
 Fig. 3. Equivalent circuit model of the proposed multiband antenna with a metal frame deco ring

### 3. 시뮬레이션 및 측정 결과 분석



(a)



(b)

그림 4. 시뮬레이션을 통한 전기장 분포; (a) 저주파 대역, (b) 고주파 대역

Fig. 4. Simulated electric field distribution; (a) Low band, (b) High band

그림 4는 제안된 안테나의 동작 특성을 확인하기 위해 고주파 시뮬레이션 Tool을 활용해 저주파 대역과 고주파 대역을 구분해서 각각의 전기장 분포를 살펴보았다. 저주파 대역의 경우, 메탈 프레임 링과 저주파 대역 (LTE Band5(850), Band8(900)) 커플링 영역에 전기장이 집중적으로 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 고주파 대역의 경우, LTE Band3(1800) 커플링 영역과 3G WCDMA Band1(2100) 영역에 전기장이 집중적으로 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다.

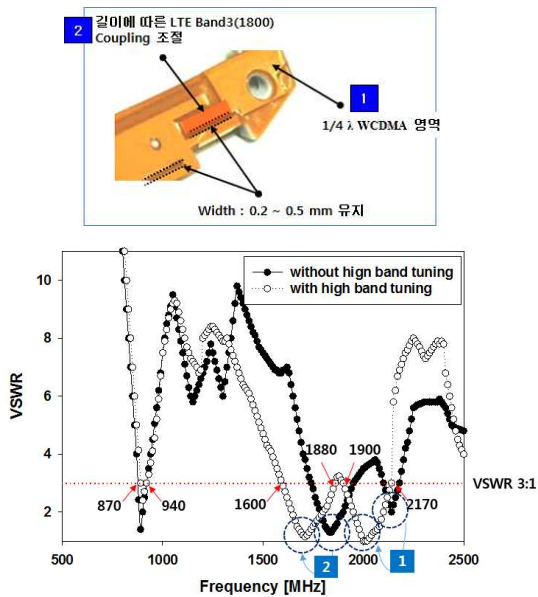


그림 5. 측정된 정재파비(VSWR) 특성  
Fig. 5. Measured VSWR characteristics

그림 5는 네트워크 분석기를 통해 실제 측정된 정재파비(VSWR: Voltage Standing Wave Ratio) 특성을 통해 LTE Band3(1800) 커플링 영역과 3G WCDMA Band1(2100) 영역을 조절했을 때 변화되는 공진주파수 및 임피던스 특성의 변화를 나타내주고 있다. LTE Band3(1800) 커플링 영역과 3G WCDMA Band1(2100) 영역을 늘려주게 되면 저주파 대역 특성의 변화는 거의 없이 고주파 대역만 파장이 길어져서 공진주파수가 낮은 주파수 대역으로 이동하고 커플링 되는 양이 많아지기 때문에 임피던스 매칭 특성도 더 좋아지는 것을 알

수 있다. 최종적으로 제안된 안테나는 VSWR 3:1 이하 기준으로 저주파 대역에서 70 MHz (870~940 MHz), 고주파 대역에서 280 MHz (1600~1880 MHz) 과 280 MHz (1900~2170 MHz) 임피던스 대역폭을 만족한다.

그림 6은 각각의 대역별 시뮬레이션을 통한 3차원 방사패턴 특성을 나타내주고 있다. 그림 6에서 나타난 각각의 주파수별 방사패턴을 살펴보면 모두 무지향성의 방사패턴 특성을 갖고 있는 것을 확인할 수 있다.

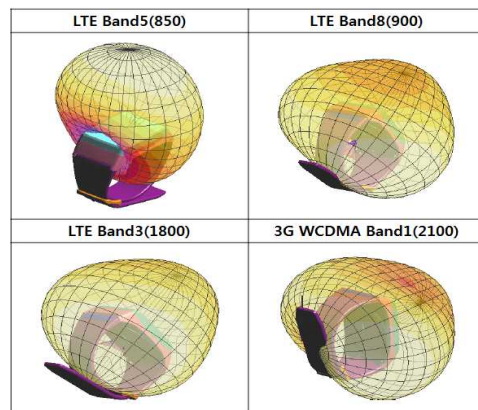


그림 6. 시뮬레이션을 통한 3차원 방사패턴 특성  
Fig. 6. Simulated 3D (three-dimensional) Radiation Pattern Characteristics

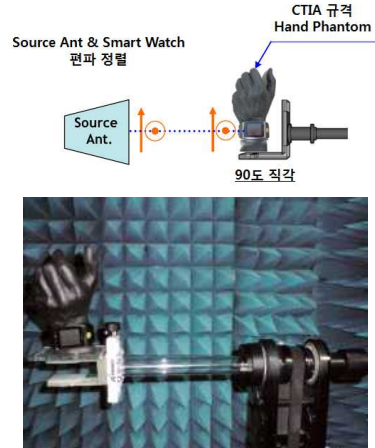


그림 7. TRP/TIS 측정 환경  
Fig. 7. TRP/TIS Measurement Test Condition

그림 7은 제작된 안테나를 장착한 스마트 위치를 실제 손 팬텀에 장착 후 챔버에서 무선 성능을 나타

내는 지표인 TRP/TIS 측정을 위한 테스트 환경을 나타내주고 있다. 스마트 워치를 손목에 거치할 때 기존에 사용되는 지그를 사용하면 안테나 편파가 틀어져서 측정 신뢰성이 부족하여 자유공간 특성 대비 특성 차이가 매우 심할 뿐 아니라 현장 검증 결과와 동떨어진 특성이 나타난다. 따라서, 정확한 성능 평가를 위해서는 안테나 간의 편파를 잘 맞춰줘야 하기 때문에 그림 7과 같이 CTIA 규격의 손팬텀을 이용하여 소스(Source) 안테나와 스마트 워치 안테나 사이의 편파정렬을 위해 90도 직각을 이룰 수 있도록 하고 유전율이 공기와 가까운 유전체를 가진 거치대를 사용하였다.

표 1은 그림 7과 같은 환경에서 실제 측정된 각각의 대역별 목표치 및 실제 측정값을 자유공간 상태와 손 거치 상태를 서로 비교해서 나타내주고 있다. 손에 거치했을 때 LTE Band5(850) TRP 성능을 제외한 나머지 성능은 모두 원하는 목표치를 다 만족한 것을 알 수 있다. 향후 접지면 접촉 불안에서 오는 무선 성능 저하 문제점을 실드 캔(Shield Can)과 배터리 메탈 프레임의 접지면 접촉 강화 및 메탈 프레임 구조 개선을 통해 LTE Band5(850) TRP 성능을 2 dB 정도 개선할 예정이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 무선 통신 기능을 갖는 메탈 프레임 커플링 기반 웨어러블 디바이스용 다중대역 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 45 mm X 35 mm 크기의 메탈 프레임을 이용한 안테나와 접지면 이중 커플링 구조를 가지고 있다. 또한, 제안된 안테나는 웨어러블 디바이스와 같은 소형디바이스에 최적화 된 구조로 메탈 프레임을 안테나의 일부로 사용함으로써 안테나 체적을 축소시켜 300 mm<sup>3</sup> 최소한의 공간에 원하는 대역을 모두 만족하는 다중대역 안테나를 구현할 수 있다. 제안된 다중대역 안테나는 저주파 대역 (LTE Band5(824~894 MHz), LTE Band8(905~960 MHz)) 과 고주파 대역 (LTE Band3(1710~1880MHz), 3G UMTS Band1(1920~2170 MHz)) 의 주파수 대역을 만족하는 결과를 보였다.

향후 접지면 접촉 불안에서 오는 무선 성능 저하 부분은 실드 캔과 배터리 메탈 프레임의 접지면 접촉 강화 및 메탈 프레임 구조 개선을 통해 추가적인 성능 개선을 진행할 예정이다.

표 1. 대역별 목표치 및 측정된 TRP/TIS 비교 결과  
Table. 1. Measured TRP/TIS results compared with the targeted specification

Band		LTE Band5 (850)	LTE Band8 (900)	LTE Band3 (1800)	3G WCDMA Band1 (2100)
Target (Hand)		12/-95	17/-97	17/-97	12/-97
Status	Free	15.5/-97	22.1/-97.5	20/-99	13.3/-98.5
	Hand	10/-95	17/-96.7	17.7/-97.2	12.6/-97.8

## REFERENCES

- [1] K. Hiraswa, M. Haneishi, Analysis, Design, and Measurement of Small and Low-Profile Antennas, Artech House, London, 1992.
- [2] H. Lee, "Design of an Electrically Small Antenna Using Metamaterial Structure", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, 3(1), pp. 24-30, Mar 2010.
- [3] J. Wang, I. Yoon, S. Hwang, X. Yan, and H. Park, "A Study on Multi-band Antenna for Mobile using Coupling Feeding", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, 7(4), pp. 188-194, Dec 2014.
- [4] X. Ren, Y. Yin, W. Hu, and Y. Wei, "Compact triband rectangular ring patch antenna with asymmetrical strips for WLAN/WIMAX applications", Journal of Electromagnetic Waves and Applications, vol. 24, pp. 1829-1838, 2010.
- [5] M. Han and J. Choi, "Multiple Antenna System for Net Generation Mobile Communication", Journal of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, vol. 21, no. 6, pp. 660-669, June 2010.
- [6] J. Shim, "A Novel Monopole Antenna for ISM 2.45 GHz/5.8 GHz Dual Band Characteristics by a Linear Monopole Antenna Combined with a Crossed Planar Monopole Antenna", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, 8(6), pp. 515-519, Dec 2015.
- [7] S. Park, N. Kim, S. Rhee, and S. Lee, "Spiral slot antenna fed by coplanar waveguide using magnetic phase difference", Microwave and Optical Technology Letters, vol. 52, no. 1, pp. 28-30, 2010.
- [8] J. Chun, "Implementation of Double Resonance in the Cylindrical Monopole", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, 6(4), pp. 267-271, Dec 2013.
- [9] S. Lee, T. Oh, J. Ha, and Y. Lee, "Design of Dual-Polarization Antenna with High Cross-Polarization Discrimination", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, 10(3), pp. 199-205, June 2017.
- [10] G. Lim and Y. Yoo, "A Study on the Properties of UWB Circular Monopole Antenna with Folded Structure", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, 8(2), pp. 147-151, Apr 2015.
- [11] W. Choi and H. Lee, "Design of Dual LTE-band MIMO Antenna", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, 4(1), pp. 46-52, Mar 2011.
- [12] G. Lim, "A study on the Ground Effect in a Ultra-Wideband Planar Monopole Antenna", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, 6(3), pp. 162-167, Sep 2013.

---

저자약력

---

**이 경 학(Kyunghak Lee)**

[정회원]



- 2010년 8월 : 광운대학교 전자공학과 (공학석사)
  - 2012년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학과 박사과정
  - 1999년 1월 ~ 2007년 1월 : LG전자 기술원 주임연구원
  - 2007년 2월 ~ 2012년 2월 : LG전자 MC연구소 주임연구원
  - 2012년 3월 ~ 2015년 2월 : 실리콘 알앤디 수석연구원
  - 2015년 4월 ~ 2017년 7월 : 한국과학기술원 (재)스마트IT 융합시스템 연구단 책임연구원
  - 2016년 1월 ~ 현재 : 위프솔루션 대표이사
- 차세대 이동통신 시스템, 안테나 및 RF시스템, 무선전력전송시스템, 초고주파능동 회로 설계

<관심분야>

**한 민 석(Minseok Han)**

[정회원]



- 2002년 2월 : 아주대학교 전자공학부 (공학사)
  - 2005년 8월 : 한양대학교 대학원 전자통신컴퓨터공학과 (공학석사)
  - 2003년 4월 ~ 2007년 8월 : LG전자 MC연구소 주임연구원
  - 2011년 8월 : 한양대학교 대학원 전자컴퓨터통신공학과 (공학박사)
  - 2011년 6월 ~ 2013년 6월 : LS전선 중앙연구소 책임연구원
  - 2013년 7월 ~ 2016년 2월 : 한국과학기술원 (재)스마트IT 융합시스템 연구단 연구부교수
  - 2016년 3월 ~ 현재 : 오산대학교 전자과 교수
- 차세대 이동통신 시스템, 안테나 및 RF시스템, 무선전력전송시스템

<관심분야>