THE JOURNAL OF KOREAN INSTITUTE OF ELECTROMAGNETIC ENGINEERING AND SCIENCE. 2019 May; 30(5), 333～338.

http://dx.doi.org/10.5515/KJKIEES.2019.30.5.333
ISSN 1226-3133 (Print) · ISSN 2288-226X (Online)

메탈 림 특성 모드를 활용한 WLAN 대역 초소형 이중 대역 그라운드 방사 안테나

Compact Dual-Band Ground Radiation Antenna Using Controlled Endless Metal-Rim Modes for WLAN Application

전 지 환 · 김 형 동

Ji-hwan Jeon · Hyeong-dong Kim

요 약

본 논문에서는 메탈 림의 특성 모드 제어를 활용한 WLAN 대역용 초소형 이중 대역 그라운드 방사 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 그라운드 상에 초소형 이중 대역 그라운드 방사 안테나에 의해 메탈 림의 1파장 모드와 2파장 모드를 여기시켜 WLAN의 저주파수 대역인 2.4 GHz, 고주파수 대역인 5 GHz에서 방사체로 활용한다. 메탈 림은 그라운드와 2 mm 이격되어 그라운드를 둘러쌓고 있으며, 메탈 림과 그라운드 사이에 1파장 모드와 2파장 모드를 제어하기 위한 두 개의 커패시터가 삽입되어 있다. 제안된 안테나를 측정한 결과, −6 dB 기준 각 대역에서 330 MHz, 800 MHz으로 넓은 임피던스 대역폭은 가지는 것을 확인하였으며, 방사 효율은 각 대역에서 69.7 %와 50 %를 얻어 제안된 안테나가 높은 방사 성능을 가진다는 것을 확인하였다.

Abstract

In this study, we introduce a dual-band ground radiation antenna using an endless metal-rim mode control method that operates in the WLAN band. In the proposed antenna, the metal-rim modes are excited as one- and two-wavelength-mode radiators by a dual-band ground radiation antenna, which occupies a small space on the ground plane. The metal rim surrounds the ground plane with a gap of only 2 mm. In addition, two capacitors are inserted between the ground plane and the endless metal rim to control the one- and two-wavelength modes of the endless metal rim. Based on simulation and measurement results, we noted that the proposed antenna has an impressively high radiation performance.

Key words: Antenna, Mobile Antenna, Dual-Band Antenna, Characteristic Mode

Ⅰ. 서 론

최근 WLAN 통신에서는 채널 간섭에 의한 통신 속도 저하로 인해 2.4 GHz 대역보다 채널이 많고 대역폭이 넓은 5 GHz 대역의 수요가 증가되고 있다. 이에 따라 휴대 단말기용 고성능 이중 대역 안테나의 수요도 늘어나고 있다. 그러나 웨어러블 디바이스와 같은 초소형 휴대 단말기의 경우, 단말기의 특성에 의해 안테나 공간은 더 좁아지는 상황이며, 이러한 상황에서 고성능 이중 대역 안테나를 구현하는 것은 몹시 어려운 일이다. 이는 이중 대역 안테나만의 문제가 아니라, 단일 대역 안테나 구현에 있어서도 동일한 상황이기도 하다. 그러나 단일 대역 안

한양대학교 전자컴퓨터통신공학과(Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University)
· Manuscript received April 1, 2019 ; Revised April 29, 2019 ; Accepted April 29, 2019. (ID No. 20190401-032)
· Corresponding Author: Hyeong-dong Kim (e-mail: hdkim@hanyang.ac.kr)

ⓒ Copyright The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science. All Rights Reserved.

테나의 경우, 이러한 문제점을 극복하기 위해 휴대 단말기의 그라운드를 방사체로 활용하기 위해 안테나와 그라운드의 특성모드의 결합을 강화시키는 다양한 연구들이 보고되었다[1],[2]. 이러한 연구들 중, 그라운드 특성 모드의 공진 주파수가 안테나의 동작 주파수와 일치할 경우 강한 결합을 얻을 수 있다고 보고되었으며, 단일 대역의 그라운드 특성 모드의 공진 주파수를 제어하는 방법에 대한 연구들이 계속 진행되고 있다[3],[4]. 그러나 앞서 언급된 바와 같이 WLAN 통신은 이중 대역의 수요의 증가에 의해 단일 대역 그라운드 특성 모드 제어법이 아닌 이중 대역 그라운드 특성 모드 제어법에 대한 연구가 요구된다.

본 논문에서는 메탈 림의 특성 모드들의 제어를 활용한 이중대역 고성능 그라운드 방사 안테나를 제시한다. 제안된 기술은 초소형 그라운드 상에 이중 대역 그라운드 방사 안테나가 설계되며, 그라운드 주변에 2 mm의 간격으로 메탈 림이 둘러 쌓여있는 구조로 구성된다. 제안된 기술의 핵심은 그라운드를 둘러쌓는 메탈 림의 특성 모드들(1파장 모드, 2파장 모드)과 이중 대역 그라운드 방사 안테나와의 결합을 보다 강화시켜 메탈 림의 특성 모드들을 방사체로 활용하여 고성능 이중대역 안테나를 구현하는 것이다. 이를 위해 메탈 림의 특성 모드들의 공진 주파수를 제어하여 이중대역 그라운드 방사 안테나의 동작 주파수들과 일치시키기 위한 두 개의 커패시터가 메탈 림과 그라운드 사이에 삽입되었다. 두 커패시터의 위치는 각 메탈 림의 1파장 모드와 2파장 모드들의 전류 분포에 의해 결정된다. 두 모드들의 전류 분포는 서로 낮은 상관도를 보여 서로 독립적인 제어가 가능하다. 제안된 설계에서 1파장 모드는 WLAN의 저주파수 대역(2.4 GHz), 2파장 모드는 WLAN의 고주파수 대역(5 GHz)에서 방사체로 활용되어진다. 시뮬레이션과 측정 결과를 통해 제안된 안테나의 방사 성능과 동작 원리를 분석하였으며, 각 대역에서 높은 방사 성능을 가진다는 것을 확인하였다.

Ⅱ. 본 론

2-1 안테나 구조

그림 1은 제안된 안테나의 구조를 도식화하였다. 제안된 안테나는 두께 1 mm의 FR-4 기판에 제작하였고, 그라운드의 크기는 30 mm×20 mm로 초소형 크기를 가진다. 그림 1에서 보는 바와 같이 5 mm×3 mm의 크기를 갖는 이중 대역 그라운드 방사 안테나가 그라운드 상에 설계되었다. 또한, 34 mm×24 mm×4 mm의 메탈 림이 그라운드와 2 mm의 간격으로 떨어져 그라운드를 둘러싸고 있으며, 이 메탈 림과 그라운드는 하나의 모의 휴대단말기로 고려될 수 있다. 추가적으로 메탈 림의 특성 모드들 중 1파장 모드의 공진 주파수를 제어하여 WLAN 대역의 저주파수 대역(2.4 GHz)에 활용하기 위한 커패시터 C_l과 2파장 모드의 공진 주파수를 제어하여 WLAN 대역의 고주파수 대역(5 GHz)에 활용하기 위한 커패시터 C_h들이 메탈 림과 그라운드 사이에 삽입된다. 그라운드 상에 설계된 이중 대역 그라운드 방사 안테나는 각 대역의 입력 임피던스를 제어하기 위한 커패시터 C_f와 각 대역의 동작 주파수를 제어하는 커패시터 C_o 그리고 고주파수 대역의 입력 임피던스 제어를 위한 커패시터 C_s, 마지막으로 저주파수 대역의 동작 주파수를 제어하는 인덕터 L로 구성된

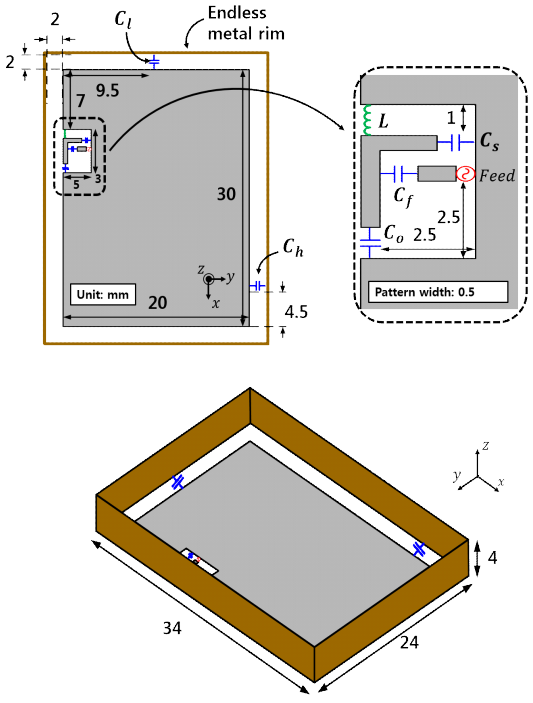
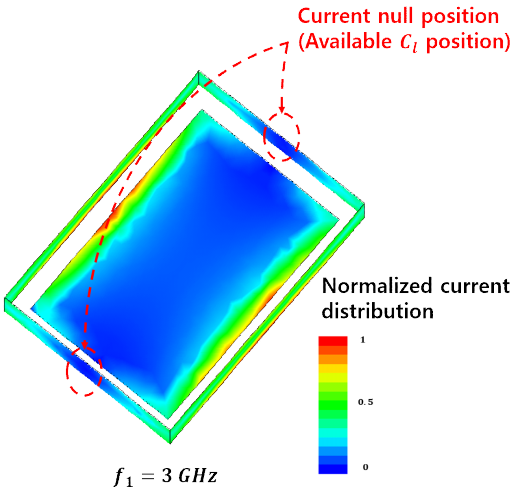


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of the proposed antenna.

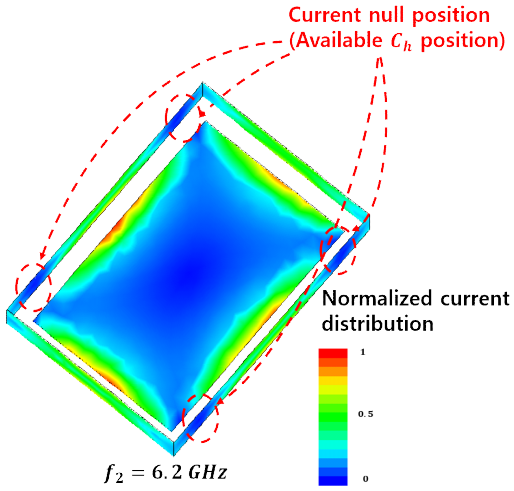
다[2]. 시뮬레이션 결과에서 사용된 C_l, C_h, C_f, C_h, C_o, C_s, 그리고 L의 값들은 각각 0.3 pF, 0.18 pF, 0.6 pF, 0.195 pF, 0.33 pF 그리고 1 nH이다.

2-2 안테나 동작 원리

제안된 안테나는 이중 대역 그라운드 방사 안테나와 메탈 림의 특성 모드들(1파장 모드, 2파장 모드) 간의 결합에 의해 동작한다. 안테나의 방사 성능은 이 둘 간의 결합의 정도에 의해 결정되며, 둘 간의 강한 결합은 메탈 림 특성 모드들의 공진 주파수들을 각각 이중 대역 그라운드 방사 안테나의 동작 주파수인 2.4, 5 GHz로 이동시킴으로써 얻을 수 있다. 이러한 공진 주파수들을 메탈 림의 물리적인 변화 없이 전기적인 길이만을 변화시켜 제어하기 위해 각 모드들의 전류 분포의 최소 지점에 커패시터들을 삽입하여야 한다. 그림 2는 공진 주파수가 3 GHz인 메탈 림의 1파장 모드와 공진 주파수가 6.2 GHz인 2파장 모드의 특성 모드 전류 분포를 도시화하였다. 1파장 모드의 전류 분포 최소 지점은 메탈 림의 상단 및 하단 가운데에 있는 것을 확인할 수 있으며, 이러한 지점이 1파장 모드를 제어하는 커패시터 C_l의 위치로 결정되었다. 또한 2파장 모드의 경우 메탈 림의 구석 네 군데에 전류 분포가 최소 지점인 것을 확인할 수 있으며, 이러한 네 지점들이 2파장 모드를 제어하는 커패시터 C_h의 위치로 결정되었다. 추가적으로 1파장 모드와 2파장 모드의 전류 분포 최소 지점이 명확하게 다른 것을 확인할 수 있으며, 이는 두 커패시터 C_l과 C_h 들에 의해 1파장 모드와 2파장 모드들이 각각 독립적으로 제어가 된다는 것을 확인할 수 있다.



(a) 1파장 모드 (f_1=3 GHz)



(b) 2파장 모드 (f_2=6.2 GHz)

그림 2. 메탈 림의 특성 모드 전류 분포
Fig. 2. Characteristic mode current distribution of the endless metal-rim.

2-3 시뮬레이션 및 측정 결과

제안된 안테나를 그림 3과 같이 실제 제작하여 측정하였다. 그림 4는 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 반사계수 결과를 보여준다. 시뮬레이션 결과에서, −6 dB 기준 저주파수대역에서 180 MHz(2.36~2.54 GHz), 고주파수 대역에서 800 MHz(5.11~5.91 GHz)의 임피던스 대역폭을 얻었다. 측정 결과에서는 −6 dB 기준, 저주파수 대역과 고주파수 대역에서 각각 330 MHz(2.24~2.57 GHz), 830 MHz(5.05~5.88 GHz)의 임피던스 대역폭을 얻었다. 임피던스 대역폭의 결과를 통해 제안된 안테나가 WLAN 대역에서 완벽하게 동작할 수 있는 것을 확인할 수 있다. 표 1은 측정된 방사 효율의 결과를 보여준다. 제안된 안테나는 저주파수 대역에서는 평균 69.7%, 고주파수 대역에서는 평균 50%의 방사 효율을 가졌다. 고주파수 대역의 방사 효율이 저주파수 대역보다 전체적으로 10%가 낮을 것을 확인할 수 있는데, 이는 그림 5에서 도시화된 저주파수 대역과 고주파수 대역의 중심 주파수인 2.44 GHz, 5.4

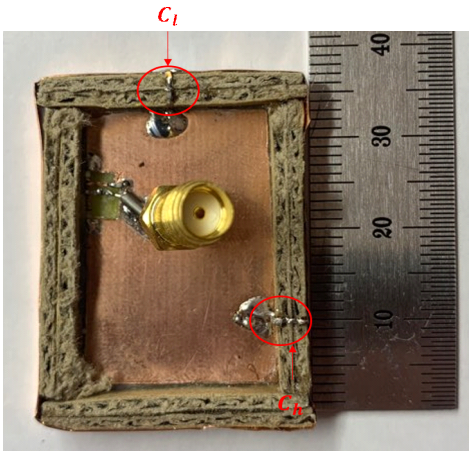


그림 3. 실제 제작한 제안된 안테나
Fig. 3. Fabricated the proposed antenna.

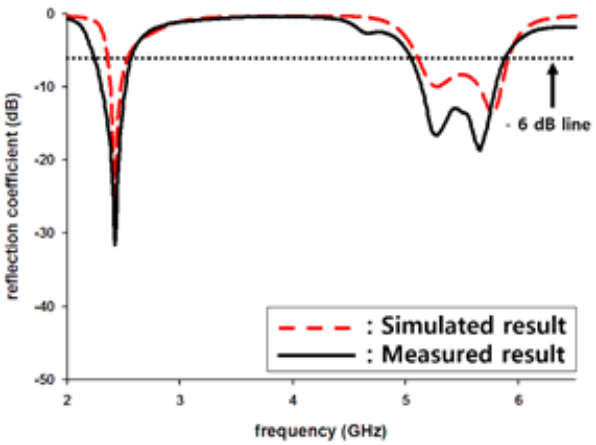
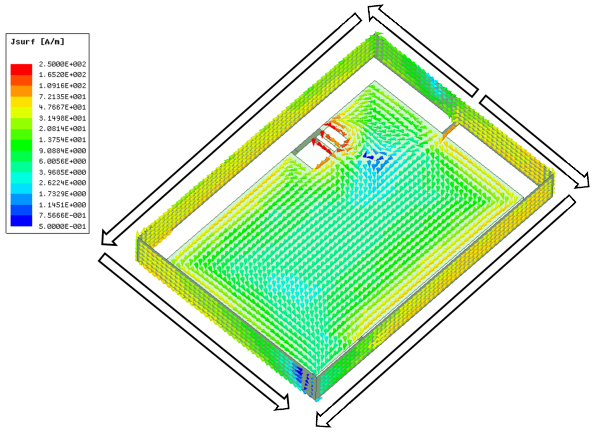


그림 4. 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 반사 계수
Fig. 4. Simulated and measured reflection coefficients of the proposed antenna.

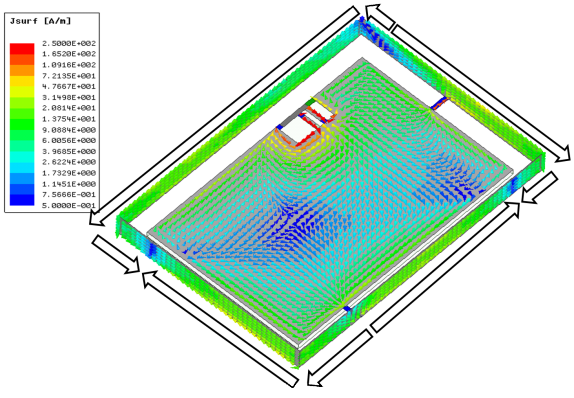
표 1. 제안된 안테나의 측정 방사 효율
Table 1. Measured total radiation efficiencies of the proposed antenna.

Frequency(GHz)	2.4	2.44	2.48	5.2	5.4	5.6	5.8
Efficiency(%)	71.5	74.1	61.1	45.1	52.0	57.9	46.3

GHz에서의 시뮬레이션 전류 분포 및 방향을 확인하여 그 원인을 분석할 수 있다. 그림 5(a)에서 2.44 GHz에서 제안된 안테나의 메탈 림 전류 분포를 확인해 보면 전류의 최소 지점이 메탈 림의 상, 하단에 존재하는 것과 같이 1파장 모드로 여기되는 것을 확인할 수 있으며, 메탈 림의 전류가 서로 방향이 반대여서 상쇄되는 부분이 적은 것을 확인할 수 있으나, 그림 5(b)에서 5.4 GHz의 메탈 림의 전류는 구석 네 군데에 전류의 최소 지점이 존재하여 2파장 모드로 여기되는 것을 확인할 수 있다. 또한 메탈 림의 전류의 방향이 서로 반대되는 지점이 저주파수 대역보다 더 많은 것을 확인할 수 있으며, 이는 반대되는 전류들끼리 서로 상쇄시켜 방사 성능의 저하를 발생시키게 된다. 이를 극복하기 위해서는 메탈 림의 구조를 제안된 안테나와 같이 직사각형이 아닌 정사각형 구조를 제안할 경우, 2파장 모드에서 발생되는 방사 성능 저하를 보다 더



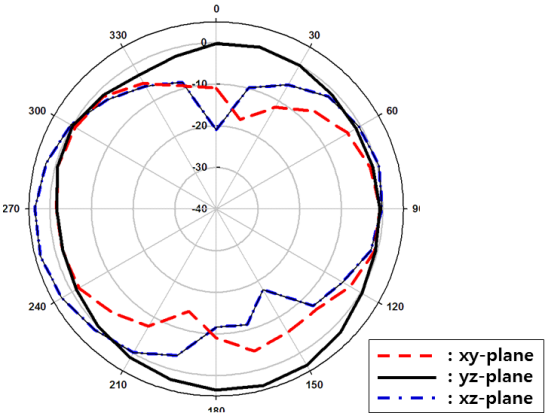
(a) 2.44 GHz



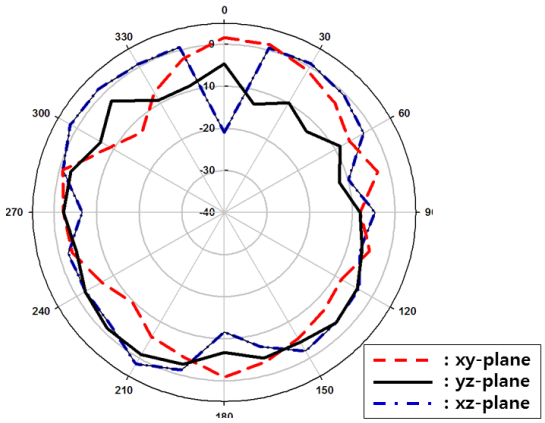
(b) 5.4 GHz

그림 5. 제안된 안테나의 시뮬레이션 전류 분포 및 방향
Fig. 5. Simulated current distribution and direction of the proposed antenna.

저하시킬 수 있으나, 제안된 구조는 일반적인 스마트 워치 구조에서 이중 대역 안테나를 구현하기 위해 직사각형의 구조를 제안하였다. 추가적으로, 제안된 안테나의 각 주파수 대역에서의 전류 분포를 통해 제안된 안테나가 그림 2에서 도시화한 메탈 림의 1파장, 2파장 특성 모드들과 강하게 결합하여 방사하는 것을 확인할 수 있다. 그림 6은 WLAN 대역의 중심 주파수(2.44 GHz, 5.4 GHz)에서 제안된 안테나의 방사 패턴을 도시화하였다. 제안된 안테나의 방사 패턴 특성이 각 대역에서 등방향성 특성을 가지고 있어 휴대 단말기 안테나에 요구되는 방사 패턴 특성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다. 이러한 측정 결과들은 제안된 안테나가 초소형 그라운드 및 안테나 영역을 가지면서도 높은 방사 성능을 가지고 있음을 보여준다.



(a) 2.44 GHz



(b) 5.4 GHz

그림 6. 제안된 안테나 측정 방사 패턴
Fig. 6. Measured radiation patterns of the proposed antenna.

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 WLAN 대역에서 동작하는 메탈 림 특성 모드를 활용한 초소형 이중 대역 그라운드 방사 안테나를 제안하였다. 제안된 기술은 이중 대역 그라운드 방사 안테나와 메탈 림의 특성 모드들(1파장 모드, 2파장 모드)와의 강한 결합을 활용하여 메탈 림의 특성 모드를 방사체로 동작시켰다. 강한 결합을 위해 각 모드의 공진 주파수를 메탈 림과 그라운드 사이에 삽입한 두 개의 커패시터를 통해 안테나의 동작 주파수와 일치시키게 제어하였다. 또한 결합되는 1파장 모드와 2파장 모드는 각 모드의 전류 분포의 상관도가 낮은 것을 활용하여 독립적으로 제어할 수 있다. 제안된 기술은 1파장 모드를 WLAN의 저주파수 대역, 2파장 모드를 고주파수 대역으로 활용할 수 있게 설계하였다. 제안된 안테나는 −6 dB 기준 저주파수 대역에서 330 MHz(2.36~2.54 GHz), 고주파수 대역에서 830 MHz(5.05~5.88 GHz)의 측정된 임피던스 대역폭을 얻었으며, 방사 효율은 저주파수 대역에서 70 %, 고주파수 대역에서 50 %로 측정되어, 제안된 안테나가 높은 방사 성능을 가지고 있는 것을 확인하였다. 따라서 제안된 안테나는 초소형 특성을 가지며. 이중 대역과 고성능을 요구하는 휴대 단말기에 효율적으로 사용될 수 있다.

References

[1] Y. Liu, J. Lee, H. H. Kim, and H. Kim, "Ground radiation method using slot with coupling capacitors," *IET Electronics Letters*, vol. 49, no. 7, pp. 447-448, Mar. 2013.

[2] Y. Liu, H. H. Kim, and H. Kim, "Loop-type ground radiation antenna for dual-band WLAN application," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 61, no. 9, pp. 4819-1823, Sep. 2013.

[3] L. Qu, R. Zhang, H. Shin, J. Kim, and H. Kim, "Performance enhancement of ground radiation antenna for Z-wave application using tunable metal loads," *IET Electronics Letters*, vol. 52, no. 22, pp. 1827-1828, Oct. 2016.

[4] J. Jeon, L. Qu, H. Lee, and H. Kim, "Ground radiation antenna for mobile devices using controlled endless metal rim mode," *ETRI Journal*, vol. 40, no. 2, pp. 180-187, Apr. 2018.

전 지 환 [한양대학교/석·박사통합과정]

https:///orcid.org/0000-0002-2819-2580

2013년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학사)

2013년 3월～현재: 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석·박사통합과정

[주 관심분야] Antenna Design

김 형 동 [한양대학교/교수]

https://orcid.org/0000-0003-4540-9451

1984년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)

1986년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)

1992년 5월: University of Texas at Austin 전기공학과 (공학박사)

1992년 6월~1992년 5월: University of Texas at Austin (Research Assistant)

1992년 6월~1993년 1월: University of Texas at Austin (Post doctoral Fellow)

1993년 3월～현재: 한양대학교 융합전자공학부 교수

[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 마이크로파 회로 전자파 해석