

대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 이용한 USB Dongle용 이중 대역 MIMO 안테나

Dual-Band MIMO Antenna Using a Band Stop Matching Circuit for USB Dongle Applications

한 민 석 · 최 재 훈

Minseok Han · Jaehoon Choi

요 약

본 논문에서는 차세대 USB dongle 적용을 위한 대역 저지 특성 정합 회로를 갖는 이중 대역 MIMO 안테나를 제안한다. 제안된 이중 대역 MIMO 안테나는 광 대역 특성을 갖는 두 개의 이중 대역 PIFA로 구성된다. LTE 대역의 격리도 특성을 개선하기 위해서, 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로가 각각의 안테나 끝부분에 삽입되었다. 삽입된 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로는 특정 주파수에서 표면 전류를 억압할 수 있고, LTE 대역의 770 MHz와 DCN 대역의 830 MHz에서 추가적인 공진을 발생시킨다. 제안된 MIMO 안테나는 LTE 대역과 DCN 대역을 동시에 만족시킨다.

Abstract

In this paper, a dual-band MIMO antenna with a band stop matching circuit for next generation USB dongle application is proposed. The proposed multiband MIMO antenna consists of two dual-band PIFAs which provide wideband characteristics. In order to improve the isolation characteristic at the LTE(Long Term Evolution) band, a band stop matching circuit was inserted at the corner of each antenna element. The inserted band stop matching circuit is to suppress the surface current at the specific frequency band and to generate two additional resonances around 770 MHz for LTE band and near 830 MHz for digital communications network(DCN) service. The proposed MIMO antenna can cover LTE and DCN services, simultaneously.

Key words : Multiband, MIMO Antenna, USB Dongle, Isolation, Band Stop Matching Circuit

I. 서 론

차세대 이동 통신 기술인 4세대 이동 통신은 이동 중 100 Mbps급 속도, 정지 중에는 1 Gbps급 속도를 제공해 유선과 무선, 통신과 방송이 융합되는 기술로서 2012년에 상용화가 시작될 것으로 예측된다. 4세대 이동 통신의 핵심 기술로 주목 받는 몇 가지 기술 중에서 다중 입출력 기술(Multi Input Multi Out-

put: MIMO)은 이동 통신 환경에서 다수의 안테나를 사용해 데이터를 송수신하는 다중 안테나 신호처리 방식으로 여러 개의 안테나를 사용해 동일한 무선 채널에서 두 개 이상의 데이터 신호를 전송함으로써 무선 통신의 범위를 넓히고, 속도도 크게 향상시킬 수 있는 장점을 가지고 있다^[1]. 미국의 Verizon Wireless는 이러한 MIMO 기술을 이용해 60 Mbps의 전송 속도를 갖는 LTE 방식의 모바일 통신 서비스를

「본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구 결과로 수행되었음.
한양대학교 전자통신컴퓨터공학과(Department of Electronics Computer Engineering, Hanyang University)

· 논문 번호 : 20090730-02S

· 수정완료일자 : 2009년 9월 4일

2009년에 미국 2개 도시에서 시험 운용할 예정이라고 발표하였고, 2010년에는 상용 서비스도 정식으로 할 예정이며 서비스 지역도 25~30개로 확대한다는 계획이다. Verizon은 노트북을 기반으로 하는 데이터 통신 서비스를 먼저 시작할 예정이기 때문에 USB(Universal Serial Bus) dongle 형태의 LTE(Long Term Evolution) 대역을 포함한 MIMO 안테나 시스템 구현이 무엇보다 절실히 요구된다.

소형 USB dongle에 LTE 대역(746~787 MHz)과 DCN 대역(824~894 MHz)을 동시에 만족시키는 MIMO 안테나 시스템을 구현하기 위해서는 반 파장보다 아주 작은 공간내에 둘 이상의 안테나 소자가 배치되어야 하므로 공간상의 제약사항들이 많다. 또한 USB dongle에 MIMO 안테나를 적용할 경우, 가까이 배열된 안테나 소자간 방사 결합을 포함한 상호 결합의 영향은 MIMO 안테나의 성능을 저하시키는 주요 원인이 된다. 이러한 상호 결합의 영향을 최소화시키기 위한 방법으로 접지면에 슬릿이나 스테브를 이용해서 격리도를 개선하는 방법이 있으며^{[2],[3]}, 최근에는 두 안테나 사이의 거리가 아주 가까운 경우에 사용되는 디커플링(decoupling)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[4]~[6]}. 이러한 방법들은 상호 결합을 줄이는데 효과적이기는 하지만, USB dongle과 같은 아주 작은 공간에 LTE 대역을 포함한 MIMO 안테나를 구현하기에는 상당한 어려움이 있다.

본 논문에서는 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 이용한 소형의 USB dongle용 이중 대역 MIMO 안테나를 제안하였다. 제안된 이중 대역 MIMO 안테나는 광 대역 특성을 갖는 두 개의 이중 대역 PIFA로 구성된다. LTE 대역의 격리도 특성을 개선하기 위해서, 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로가 각각의 안테나 끝부분에 삽입되었다. 삽입된 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로는 특정 주파수에서 표면 전류를 억압할 수 있고, LTE 대역의 770 MHz와 DCN 대역의 830 MHz에서 추가적인 공진을 발생시킨다. 제안된 MIMO 안테나는 LTE 대역 13과 DCN 대역을 동시에 만족시킨다.

II. 이중 대역 MIMO 안테나 설계

2-1 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 설계

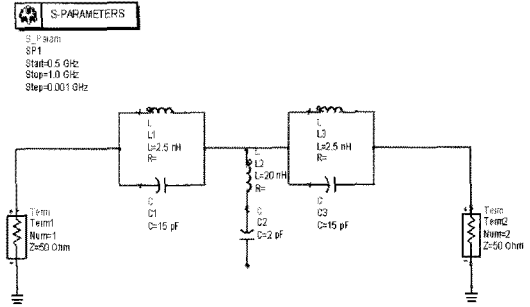


그림 1. 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로
Fig. 1. Band stop matching circuit.

LTE 대역에서 두 안테나 사이의 격리도 특성을 개선하기 위해 먼저 중심 주파수가 LTE 대역과 DCN 대역 중간인 0.82 GHz이고, 3 dB 대역폭이 190 MHz인 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 설계하였다. 그림 1은 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 나타낸 것이다. 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로는 특정 주파수에서 표면 전류를 억압할 수 있고, LTE 대역의 770 MHz와 DCN 대역의 830 MHz에서 추가적인 공진을 발생시키는 것을 알 수 있다.

그림 2는 ADS 툴을 이용한 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로의 산란 파라미터 특성을 나타낸 것이다. 이 때, 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로의 중심 주파수는 인덕터(L_1, L_3)값만 변화시키면 조절 가능하다.

2-2 이중 대역 MIMO 안테나 설계

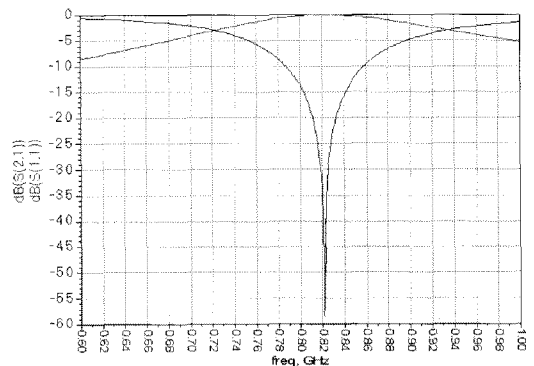
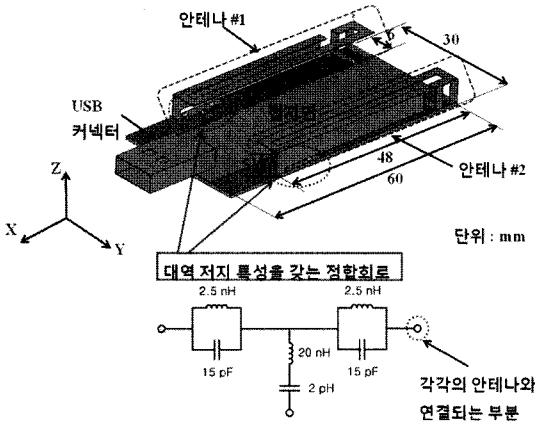
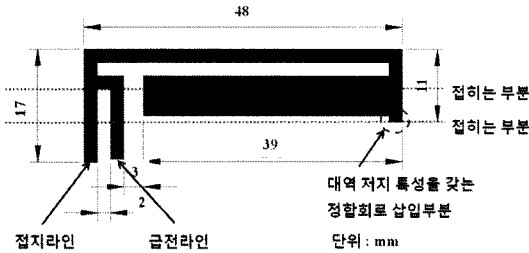


그림 2. 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로의 산란 파라미터 특성

Fig. 2. S-parameter characteristics of a band stop matching circuit.



(a) 이중 대역 MIMO 안테나 입체도
(a) 3D view of dual-band MIMO antenna



(b) 안테나 구조
(b) Structure of radiating element

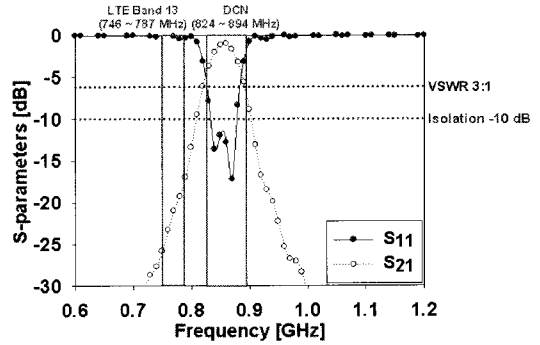
그림 3. 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 이용한 USB dongle용 이중 대역 MIMO 안테나의 구조

Fig. 3. Geometry of dual-band MIMO antenna using a band stop matching circuit for USB dongle application.

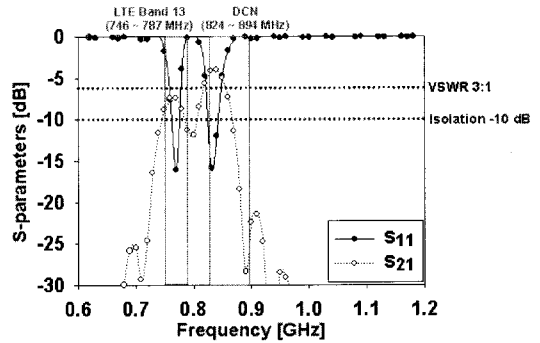
그림 3은 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 이용한 USB dongle용 이중 대역 MIMO 안테나의 구조를 나타낸 것이다.

제안된 이중 대역 MIMO 안테나는 광대역 특성을 갖는 두 개의 이중 대역 PIFA로 구성된다. PIFA의 크기는 48 mm×6 mm×5 mm이다. LTE 대역의 격리도 특성을 개선하기 위해서 각각의 안테나 소자 끝 부분에 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로가 삽입되었다. 삽입된 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로는 특정 주파수에서 표면 전류를 억압할 수 있고, LTE 대역의 770 MHz와 DCN 대역의 830 MHz에서 추가적인 공진을 발생시킨다.

그림 4는 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입하기 전과 후의 산란 파라미터 특성을 비교한 시뮬



(a) 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입 전
(a) Without a band stop matching circuit



(b) 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입 후
(b) With a band stop matching circuit

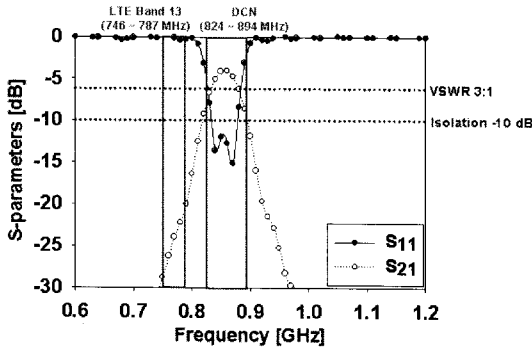
그림 4. 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입 전/후의 산란 파라미터 특성(시뮬레이션 결과)

Fig. 4. Simulated S-parameter characteristics with and without a band stop matching circuit(simulation result).

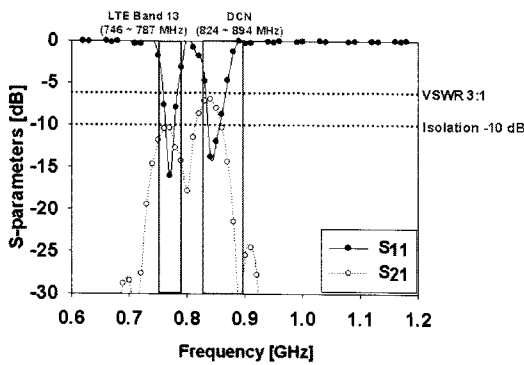
레이션 결과이다. MIMO 안테나에 있어서 격리도 특성은 두 안테나 사이의 상호 전자기적 결합의 정도를 나타내는 아주 중요한 성능 지수로서 가까이 배열된 안테나 소자간 방사 결합을 포함한 상호 결합의 영향은 MIMO 안테나의 성능을 저하시키는 주요 원인이 된다. 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 삽입했을 때 LTE 대역과 DCN 대역에 추가 공진을 발생시켜 안테나 성능이 개선되고, LTE 대역 13의 특정 대역에서 -10 dB 이상의 격리도 특성을 갖는 것을 알 수 있다.

III. 제작 및 측정

그림 5는 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입 전과 후의 산란 파라미터 특성을 비교한 측정 결과이다. 측정 결과도 시뮬레이션 결과와 유사한 결과



(a) 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입 전
(a) Without a band stop matching circuit



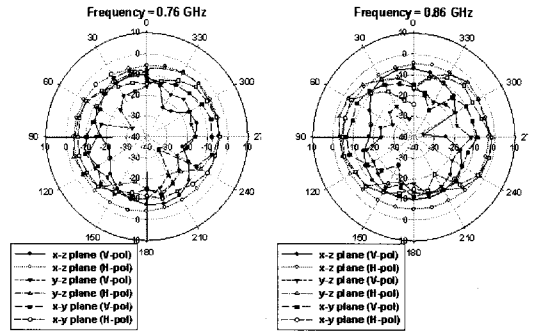
(b) 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입 후
(b) With a band stop matching circuit

그림 5. 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입 전/후의 산란 파라미터 특성(측정 결과)

Fig. 5. Measured S-parameter characteristics with and without band stop matching circuit(measurement result).

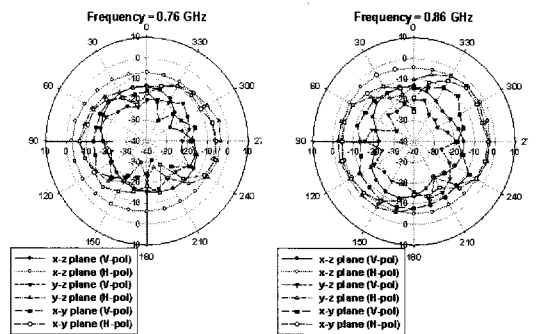
값을 갖는 것을 알 수 있고, 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 삽입했을 때 LTE 대역과 DCN 대역에 추가 공진을 발생시켜 안테나 성능이 개선되고, LTE 대역 13의 전 대역에서 -10 dB 이상의 격리도 특성을 갖는 것을 알 수 있다.

그림 6은 실제 제작된 MIMO 안테나 각각의 주 방사체 끝부분에 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 삽입한 후 원하는 주파수 대역의 중심 주파수에서 방사 특성을 측정하였다. 안테나 #1을 측정할 때, Port #2는 50 Ω 종단시킨 후, 포트 #1에서의 방사 패턴을 측정하였다. 마찬가지로 안테나 #2를 측정할 때, Port #1은 50 Ω 종단시킨 후, 포트 #2에서의 방사 패턴을 측정하였다. H(xz)-평면 패턴으로부터, 안테나는 원하는 주파수 대역에서 거의 전방향성 특성을 갖는 것을 알 수 있다.



(a) 안테나 #1

(a) Antenna #1



(b) 안테나 #2

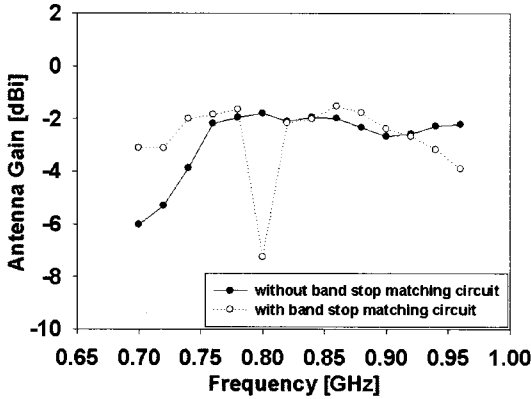
(b) Antenna #2

그림 6. 제작된 MIMO 안테나의 방사 패턴

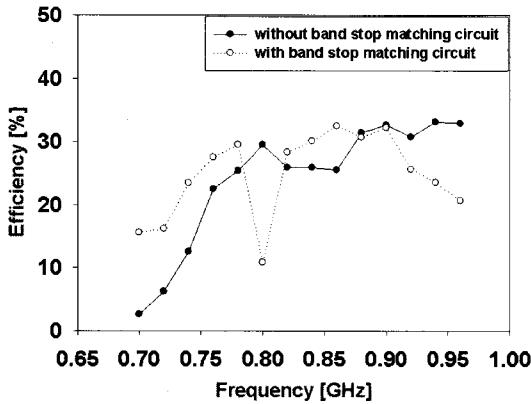
Fig. 6. Measured radiation patterns of the fabricated MIMO antenna.

그림 7은 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입 전과 후의 안테나 평균 이득 및 효율을 비교한 측정 결과이다. 안테나 평균 이득과 효율은 MTG사의 3D 측정 시스템을 통해서 측정되었다^[8]. 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 주 방사체 끝부분에 삽입함으로써 격리도 특성을 개선할 수 있을 뿐 아니라 DCN 대역의 안테나 이득은 거의 그대로 유지하면서 LTE 대역의 안테나 이득을 정합 회로 삽입 전 특성에 비해 1~2 dB 이상 개선할 수 있다. 또한, LTE 대역의 안테나 효율을 정합 회로 삽입 전 특성에 비해 10% 이상 개선할 수 있다. 제안된 MIMO 안테나의 경우 LTE 대역에서 측정된 안테나의 평균이득인 -3~-2 dBi 값은 LTE 대역 휴대 단말기용 MIMO 안테나가 평균 이득이 -3.42 dBi 값을 갖는 기존의 연구 논문과 비교했을 때, 동등 또는 그 이상의 값을 갖는 것을 알 수 있다^[7].

안테나 #1의 효율을 측정할 때, Port #2는 50 Ω 종



(a) 안테나 평균 이득
(a) Antenna average gain



(b) 안테나 효율
(b) Antenna efficiency

그림 7. 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로 삽입 전/후의 안테나 평균 이득 및 효율 특성
Fig. 7. Measured antenna average gains and efficiencies with and without band stop matching circuit.

단시킨 후, 안테나 #1의 효율을 측정하였다. 마찬가지로 안테나 #2의 효율을 측정할 때, Port #1은 50 Ω 종단시킨 후, 안테나 #2의 효율을 측정하였다.

MIMO 안테나 성능 검증을 위해 주로 사용되는 성능 지수인 상관계수는 방사 패턴으로부터 구할 수 있는데 계산 과정이 복잡하므로, 균일한 다중 경로 환경을 가정하면 측정된 산란 파라미터로부터 상관계수를 근사화 시켜서 아래 식 (1)처럼 구할 수 있다^[9].

$$\rho_e = \frac{|S_{11}^* S_{12} + S_{12}^* S_{22}|^2}{(1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2)(1 - |S_{22}|^2 - |S_{12}|^2)} \quad (1)$$

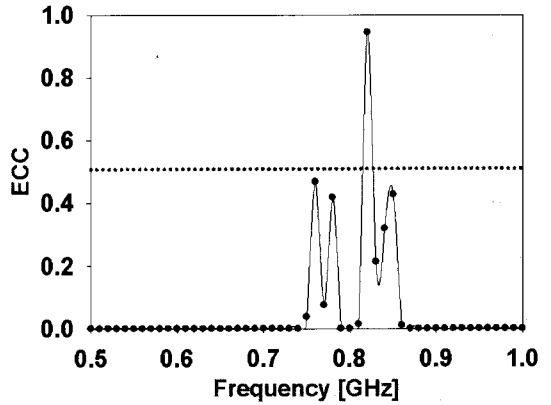


그림 8. 산란 파라미터로부터 추출한 상관계수 특성
Fig. 8. ECC(Envelope Correlation Coefficient) characteristic from S-parameters.

그림 8은 산란 파라미터로부터 추출한 상관계수 값을 보여주고 있다. MIMO 안테나 성능 검증을 위한 성능지수인 상관계수를 산란 파라미터로부터 추출한 결과 LTE 대역 13에서 0.5 이하 값을 갖는 것을 알 수 있으며, 이 값은 본 논문에서 제안한 이중 대역 MIMO 안테나가 우수한 Diversity 성능을 갖는 것을 나타내주고 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 이용한 USB dongle용 이중 대역 안테나를 제안하였다. 제안된 소형의 USB dongle용 MIMO 안테나는 대역 저지 특성을 갖는 정합 회로를 각각의 안테나 소자 끝부분에 삽입하여, LTE 대역과 DCN 대역에 추가 공진을 발생시켜 안테나 성능이 개선되고, LTE 대역 13의 특정 대역에서 -10 dB 이상의 격리도 특성을 갖는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 권수갑, "4G 소용기술 개발 동향", 전자부품연구원, 2009년 5월.
[2] T. -Y. Wu, S. -T. Fang, and K. -L. Wong, "Printed diversity monopole antenna for WLAN operation", *Electron. Lett.*, vol. 38, no. 25, pp. 1625-1626, Dec. 2002.
[3] Y. Ge, K. P. Esselle, and T. S. Bird, "Compact

- diversity antenna for wireless devices", *Electron. Lett.*, vol. 41, no. 2, pp. 52-53, Jan. 2005.
- [4] A. Diallo, C. Luxey, P. L. Thuc, R. Staraj, G. Kossiavas, M. Franzen, and P. -S. Kildal, "MIMO performance of enhanced UMTS four-antenna structures for mobile phones in the presence of the user's head", in *Proc. IEEE AP-S Int. Symp.*, pp. 2853-2856. Jun. 2007.
- [5] C. -Y. Lui, Y. -S. Wang, and S. -J. Chung, "Two nearby dual-band antennas with high port isolation", in *Proc. IEEE AP-S Int. Symposium*, Jun. 2008.
- [6] C. -Y. Lui, Y. -S. Wang, and S. -J. Chung, "Two nearby dual-band antennas with high port isolation", in *Proc. IEEE AP-S Int. Symposium*, Jun. 2008.
- [7] G. Park, M. Kim, T. Yang, J. Byun, and A. S. Kim, "The compact quad-band mobile handset antenna for the LTE700 MIMO application", 2009 *IEEE International AP-S Int. Symp.*, SC, USA, Jun. 2009.
- [8] Microwave Technologies Group [Online]. Available: <http://mtginc.co.kr>
- [9] R. G. Vaughan, J. B. Anderson, "Antenna diversity in mobile communications", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-36, no. 4, pp. 147-172, Nov. 1987.

한 민 석



2002년 2월: 아주대학교 전자공학과 (공학사)
 2005년 8월: 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 (공학석사)
 2005년~2007년: LG전자기술원 주임연구원
 2007년 9월~현재: 한양대학교 전자

통신컴퓨터공학과 박사과정

[주 관심분야] RF소자 및 안테나 설계

최 재 훈



1980년: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년: 미국 Ohio State University 전기공학과 (공학석사)
 1989년: 미국 Ohio State University 전기공학과 (공학박사)
 1989년~1991년: 미국 Arizona State

University 연구교수

1991년~1995년: 한국통신위성사업본부 연구팀장

1995년~현재: 한양대학교 전자통신공학부 교수

[주 관심분야] 안테나 및 마이크로파 회로 설계, EMC