

휴대 단말기용 내장형 TDMB 안테나의 설계 및 구현

Design and Implementation of an Internal Mobile Phone Antenna for TDMB System

이 정 호 · 송 재 관* · 육 종 관

Jeong-Ho Lee · Jae-Kwan Song* · Jong-Gwan Yook

요 약

본 논문에서는 휴대 단말기에 내장이 가능한 소형화된 지상파 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 안테나의 설계 및 구현에 관하여 연구하였다. 제작된 안테나의 크기는 30 mm×5 mm×0.6 mm로서 Kapton 재질의 유전체 전, 후면에 안테나 방사체가 미엔더 구조로 설계되어 있으며, 비아 홀을 통해 양쪽이 서로 연결되는 구조를 가진다. 또한 유전체 후면에 기생 소자를 배치하고 정합 소자로 220 nH의 인덕터를 사용함으로써, 안테나 소형화로 인해 부족해진 공진 길이를 보상하는 한편, 제한된 공간 내에서 정확한 공진 주파수를 가진 안테나를 구현할 수 있었다. 제안된 안테나의 이득은 중심 채널인 195 MHz에서 -13.01 dBi를 나타내었으며, 하위 채널인 174 MHz와 상위 채널인 216 MHz에서는 각각 -17.60 dBi와 -14.98 dBi의 이득 특성을 나타내었다.

Abstract

In this paper, an internal TDMB(Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting) antenna for mobile phone is proposed. The overall dimension of designed antenna with substrate is 30 mm×5 mm×0.6 mm. The proposed antenna consists of a meander type radiator which is connected front- and back-plane of Kapton substrate by via hole and parasitic element for tuning the resonant frequency. And to compensate the electric length of desired frequency, passive inductor is used for matching element. Measured gain of the implemented antenna -17.6 dBi at 174 MHz, -13.01 dBi at 195 MHz, and -14.9 dBi at 216 MHz.

Key words : TDMB, Internal Antenna, Meander, Parasitic Element

I. 서 론

최근 휴대 단말기들이 소형화 되면서 단말기 내부에 안테나가 차지하는 공간은 더욱 협소해지고 있으나, DMB, GPS, Bluetooth, Wi-Fi 등 다양한 무선 서비스의 발달로 인해 휴대 단말기의 다기능화 요구가 증가하고 있는 추세이다. 특히 국내 지상파 DMB(TDMB: Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting)의 경우 수도권과 지방 대도시 지역을 중심으로 서비스

가 본격화되면서, 차량용 TV와 네비게이션, 노트북, PMP(Portable Multimedia Player)는 물론 휴대폰을 이용한 서비스의 이용이 급속히 증가하고 있으며, 점차 많은 종류의 디지털 기기에 DMB 기능이 탑재되고 있다. 하지만 지상파 DMB 서비스는 주파수 대역이 174~216 MHz에 이르는 초단파 대역을 사용하기 때문에 0.25 λ로 설계된 일반적인 모노폴 안테나의 경우 450~350 mm 길이의 매우 큰 안테나를 필요로 하게 된다. 따라서 휴대 단말기와 같은 슬립형 제품

연세대학교 전기전자공학과(Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Yonsei University)

*LG전자 MC사업본부 MC연구소(Mobile Handset R&D Center, Mobile Communications Company, LG Electronics Inc.)

· 논문 번호 : 20091231-154

· 교신저자 : 이정호(e-mail : jlee0@yonsei.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 3월 12일

에 맞춰 안테나를 소형화하는 것이 매우 어려우며, 최근에도 지상파 DMB용 외장 안테나의 소형화 개발 및 휴대 단말기용 내장형 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[1],[2]}.

본 논문에서는 휴대 단말기에 내장이 가능하도록 설계된 FPCB(Flexible Printed Circuit Board) 타입의 초소형 TDMB 안테나의 구조에 대해 제안한다. 제안된 안테나의 크기는 30 mm×5 mm×0.6 mm이며, Kapton 재질의 유전체 전, 후면에 비아 홀로 연결된 안테나 방사체가 미엔더 구조로 설계되어 있다. 또한 유전체 후면에 기생소자를 배치하여 공진 주파수의 조절이 가능하게 함으로써, 안테나의 크기를 크게 축소시킨 내장형 TDMB 안테나를 구현한다. 안테나의 설계와 특성 검토는 시뮬레이션 툴인 Ansoft사의 HFSS v11을 이용하였으며, 제작된 안테나는 전자파 무반사실을 이용하여 그 특성을 확인하였다.

II. 안테나 설계

국내에서 주로 사용되는 휴대 단말기용 TDMB 안테나의 종류는 모노폴 타입의 외장형 안테나로서, 길이는 140~180 mm가 사용되고 있다. 하지만 안테나가 휴대 단말기 내부에 장착되기 위해서는 일반적인 휴대 단말기의 두께를 고려하여 높이 10 mm 이내로 설계되는 것이 효과적이다. 따라서 제안된 안테나는 높이를 5 mm로 설계하여 일반적인 휴대 단말기는 물론 슬림형 휴대 단말기에도 내장이 가능하도록 제작되었으며, 안테나의 폭은 30 mm로 설계하여 일반적인 휴대 단말기의 폭을 넘지 않도록 하였다. 또한 안테나의 두께는 0.6 mm로 설계하여 안테나가 휴대 단말기 내부의 측면 틈새 공간을 활용하여 장착이 용이하도록 제작하였다.

그림 1은 시뮬레이션 설계된 안테나와 장착 구조를 나타낸다. 유전체 기판은 실제 휴대 단말기의 인쇄 회로 기판(PCB)과 같은 $\epsilon_r=4.6$ 의 FR4 기판으로서, 길이는 100 mm, 폭은 46 mm이며, 두께는 0.8 mm이다. 또한, 안테나의 장착 구조는 기판의 측면에서 2.4 mm 지점에 수직 방향으로 세워진 구조이기 때문에 실제 휴대 단말기에 장착 시 단말기 상, 하단은 물론 좌, 우 측면에도 장착이 가능한 구조로 되어 있다.

그림 2는 제안된 안테나의 전, 후면 패턴 형상 및

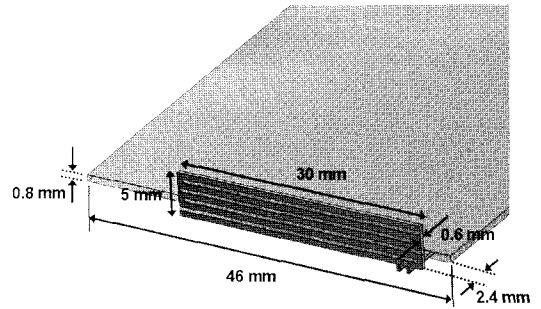


그림 1. 제안된 안테나의 장착 구조
Fig. 1. Installed structure of proposed antenna.

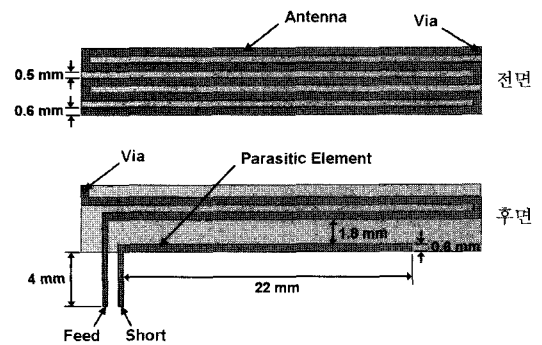


그림 2. 제안된 안테나의 전, 후면 구조
Fig. 2. Structure of the proposed antenna.

기생 소자의 구조를 나타내고 있다. 안테나 유전체는 0.5 mm 두께의 Kapton 재질로서, 후면에 FR4 기판과 단락되는 모노폴 안테나 패턴이 배열되어 있으며, 비아 홀을 통해 전면의 미엔더 구조 패턴과 연결되어 있다. 안테나 패턴의 폭은 0.6 mm, 두께는 0.05 mm로서 전면과 후면이 동일하며, 안테나 패턴 사이의 간격은 0.5 mm로 설계되어 있다. 또한 유전체 후면의 안테나 패턴 하단에는 기생 소자가 배열되어 있으며, 길이 변화를 통해 공진 주파수를 조절할 수 있다. 기생 소자의 폭과 두께는 마찬가지로 0.6 mm, 0.05 mm이며, 안테나 패턴과의 간격은 1.8 mm이다. 기생 소자의 한쪽 부분은 FR4 기판과 단락된다.

제안된 안테나 패턴의 길이는 220 mm(0.125 λ)로서 전기적 길이가 매우 짧게 설계되어 있으며, 미엔더 패턴 구조의 특성인 역방향 선로 간의 전류 상쇄 현상으로 인해 공진 길이는 더욱 짧아지게 된다^[3].

따라서 안테나의 부족한 공진 길이를 보상에 주어야 하는데, 이를 위해 기생 소자 배치, 큰 용량의

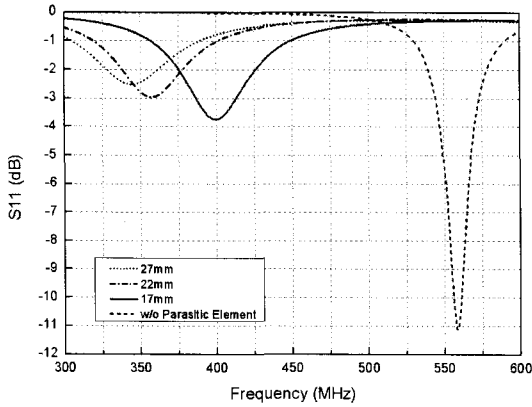


그림 3. 기생 소자 길이에 따른 시뮬레이션 S_{11} 특성
Fig. 3. Variation of S_{11} by the parasitic element length.

인덕터를 정합 소자로 사용 및 고유전율의 유전체를 사용하는 방법 등 시뮬레이션을 통해 그 특성 변화를 연구하였다^{4),5)}.

먼저 기생 소자의 유, 무 및 기생 소자의 길이 조절에 따른 공진 특성의 변화에 대하여 검토하였으며, 그림 3에 반사 손실 변화가 나타나 있다. 기생 소자를 배치하지 않은 경우 560 MHz 대역에서 공진 주파수가 형성되어 있는 것을 볼 수 있으며, 27 mm 길이의 기생 소자를 배치한 경우 반사 손실 특성은 다소 떨어지나 345 MHz 대역에서 공진 주파수가 형성되는 것을 볼 수 있다. 또한 기생 소자의 길이가 짧아짐에 따라 공진 주파수도 고주파 대역으로 이동하게 되는데 기생 소자의 길이 조절을 통해 정확한 공진 주파수의 조절이 가능하며, 기생 소자의 배치를 통해 안테나의 크기를 축소하는 효과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

그림 4는 기생 소자의 길이가 17 mm인 제안된 안테나 구조에서 인덕터를 정합 소자로 사용한 경우의 공진 특성 변화를 나타낸다. 인덕터를 사용하지 않은 경우 400 MHz 대역에 공진 주파수가 형성되어 있으며, 120 nH 내외의 인덕터를 직렬로 연결하여 사용하는 경우 공진 주파수가 200 MHz 근처에서 형성되는 것을 볼 수 있다. 따라서 기생 소자와 함께 큰 용량의 인덕터를 사용하여 부족한 공진 길이를 보상하고 공진 주파수를 조절하는 것이 가능한 것을 확인할 수 있다.

일반적으로 높은 비유전율의 유전체를 사용하는 경우 안테나를 소형화하기에 유리하지만 유전체로

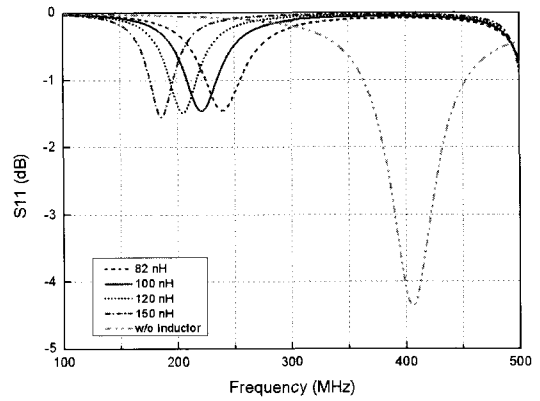


그림 4. 인덕터 용량에 따른 시뮬레이션 S_{11} 특성
Fig. 4. Variation of S_{11} by the inductor value.

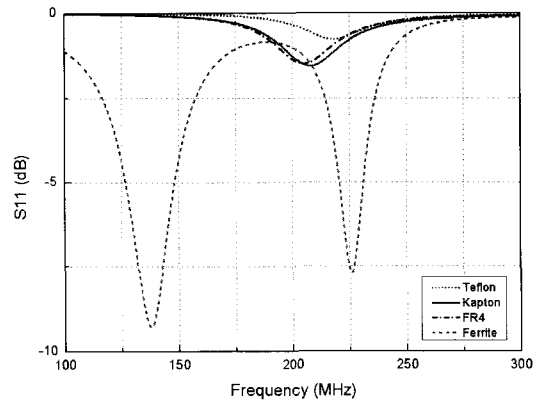


그림 5. 유전체 재질에 따른 시뮬레이션 S_{11} 특성
Fig. 5. Variation of S_{11} by the dielectric material.

인한 안테나의 전력 손실이 증가하며, 협대역 특성이 나타나는 문제가 발생할 수 있다. 반면 낮은 비유전율을 가진 유전체의 경우 공진 길이를 맞추기 위해서는 더 큰 안테나를 필요로 하게 된다. 그림 5는 제안된 안테나 구조에 대해 $\epsilon_r=2.1$ 인 Teflon과 $\epsilon_r=3.5$ 의 Kapton, 그리고 $\epsilon_r=4.6$ 의 FR4와 $\epsilon_r=12$ 의 Ferrite 재질에 대하여 시뮬레이션 된 반사 손실 특성을 보여준다. 비유전율이 낮은 Teflon의 경우 다른 유전체 재질보다 높은 주파수 대역에 공진이 형성되어 있으며, 매우 낮은 반사 손실 특성을 나타내고 있다. 반면에 비유전율이 높은 Ferrite의 경우는 우수한 반사 손실 특성을 나타내며, 공진 주파수가 137 MHz 대역에 형성되어 있어 안테나 소형화 및 저주파 대역 설계에 유리한 유전체 특성을 나타내는 것을 볼 수 있다. Kapton과 FR4의 경우 공진 주파수가 200

MHz 근처에 형성되어 있으나, Teflon과 마찬가지로 낮은 반사 손실 특성을 나타내고 있다.

반사 손실 특성과는 다르게 유전체 재질에 대한 안테나 이득 특성은 Teflon이 -15.9 dBi로 가장 우수하였으며, Kapton이 -21.4 dBi, FR4가 -23.6 dBi를 나타내었다. 또한 Ferrite가 -34.1 dBi로서 고유전율의 유전체로 인한 이득 손실이 크게 발생하는 것을 볼 수 있으며, 고유전율 유전체가 안테나의 소형화 설계에는 유리하지만 안테나의 이득 특성을 확보하기 어렵기 때문에, 제안된 안테나 구조에는 효과적이지 못한 것을 확인하였다. 따라서 실제 제작된 안테나의 유전체로는 Kapton을 사용하였으며, 검토 결과상에서는 Teflon의 이득이 가장 우수하였으나 FP-CB 방식으로 제작이 용이한 Kapton을 선정하였다.

III. 제작 및 측정

시뮬레이션을 통해 확인된 안테나의 공진 특성을 바탕으로 FPCB 방식의 실제 안테나를 제작하였으며, 제작된 형상은 그림 6에 나타나 있다. 또한 제작된 안테나를 일반적인 휴대 단말기의 인쇄 회로 기판 크기인 46 mm×100 mm×0.8 mm의 FR4($\epsilon_r=4.6$) 기판에 장착하여 그 특성을 확인하였다. 제안된 안테나 구조는 기생 소자의 길이와 정합 회로에 사용된 인덕터의 용량 변화를 통해 공진 주파수를 조절할 수 있는 구조로 설계되어 있다. 따라서 실제 제작된 안테나에 대하여 인덕터의 용량을 150~270 nH까지 변화시키는 동시에 기생 소자의 길이를 19~27 mm로 변화시켜 공진 주파수를 조절하였으며, 전자파 무반사실

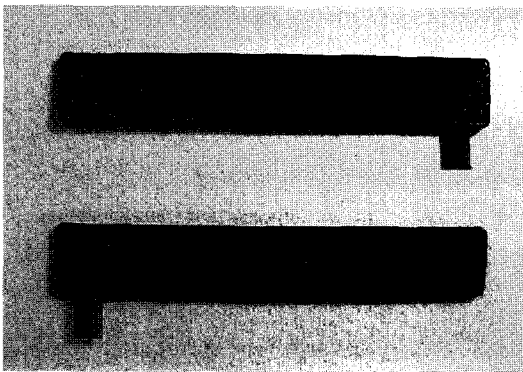


그림 6. 제작된 내장형 TDMB 안테나
Fig. 6. Structure of TDMB internal antenna.

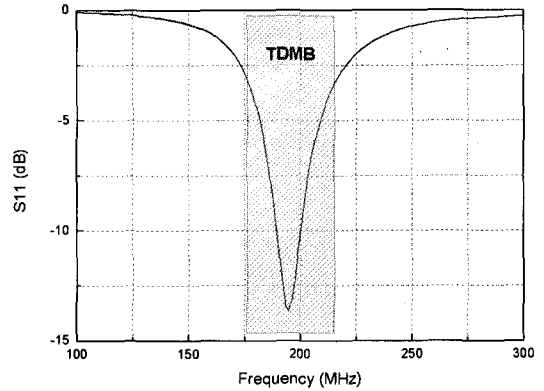


그림 7. 확정된 안테나의 S₁₁ 특성
Fig. 7. Measured S₁₁ of the final proposed antenna.

을 이용하여 이득을 측정 후 특성을 확인하였다.

먼저 150 nH의 인덕터를 사용하고 기생 소자 길이를 27 mm로 제작하여 공진 길이를 조절한 경우, 중심 채널인 195 MHz에서 안테나 이득은 -14.62 dBi를 나타내었으며, 180 nH의 인덕터를 사용하고 기생 소자 길이를 24 mm로 제작한 경우의 이득은 -13.95 dBi를 나타내었다. 또한 220 nH의 인덕터를 사용하고 기생 소자의 길이를 22 mm로 제작한 경우 이득은 -13.01 dBi를 나타내었으며, 270 nH의 인덕터를 사용하고 기생소자 길이를 19 mm로 제작한 경우 이득은 -13.68 dBi를 나타내었다. 따라서 확정된 안테나의 정합 소자로 220 nH의 인덕터를 사용하였고, 기생 소자의 길이를 22 mm로 제작하였으며, 측정된 반사 손실 특성은 그림 7과 같다.

실제 제작된 안테나의 반사 손실 특성은 시뮬레이션된 결과보다 우수한 특성을 나타내는 것을 볼 수 있다. 이는 저주파 대역 소형 안테나를 설계하는 경우, 시뮬레이션 프로그램 상에서 설정한 접지면의 크기와 다르게, 실제 제작된 안테나의 특성을 측정하는 장치와 장비 등의 측정 환경에서 발생하는 그라운드 확장 효과로 인해, 시뮬레이션 된 안테나의 특성보다 실제 제작한 안테나의 특성이 우수하게 나타나는 것으로 분석해 볼 수 있다.

그림 8은 확정된 안테나 구조에 대해 전자파 무반사실에서 측정된 H면과 E면의 방사 패턴을 나타낸다. 미엔더 구조로 되어 있는 안테나 패턴의 길이가 220 mm로 매우 짧고, 접지면인 유전체 기판을 포함한 전체 길이 역시 100 mm 정도로 매우 짧은 전기적

또한 표 1은 확정된 안테나의 이득 특성을 보여주 고 있으며, 하위 채널인 176 MHz에서 -17.40 dBi, 중심 채널인 195 MHz에서 -13.01 dBi, 상위 채널인 216 MHz에서 -14.98 dBi의 이득을 나타내고 있다.

IV. 결 론

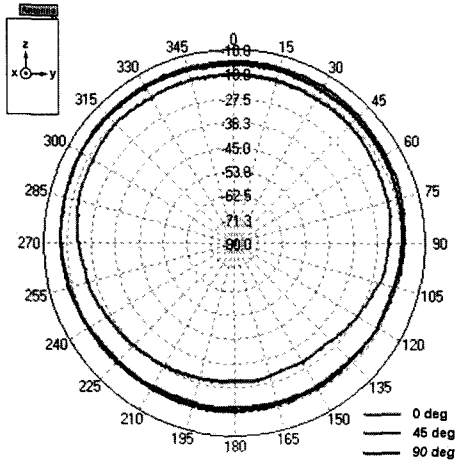
본 논문에서는 휴대 단말기에 내장할 수 있도록 소형화된 FPCB 타입의 지상파 DMB 안테나의 구조 를 제안하였다. 제안된 안테나는 30 mm×5 mm×0.6 mm로 매우 작아서 슬림형 휴대 단말기 내부에도 장 착이 가능하도록 설계되었다. 또한 안테나 패턴 하 단에 기생 소자를 배치하여 공진 주파수를 100 MHz 이상 저주파 대역으로 이동시킴으로써 안테나의 전 기적 길이를 줄이고 안테나의 크기를 축소하는 효과 를 구현하였다. 제안된 안테나의 이득 특성은 중심 채널에서 -13.01 dBi를 나타내었으며, 하위 채널과 상위 채널에서 각각 -17.40 dBi와 -14.98 dBi를 나 타내었다.

일반적으로 사용되는 외장형 탈부착식 모노폴 안 테나의 이득이 중심 주파수에서 -7~-8 dBi를 나 타내며, 단말기에 장착된 외장형 모노폴 안테나의 이득은 -11~-12 dBi인 것과 비교하면 제안된 안 테나의 이득 성능은 다소 낮으나 극 약전계 지역을 제외하면 대부분의 지상파 DMB 서비스 지역에서 방 송 수신에 가능할 것으로 예상된다.

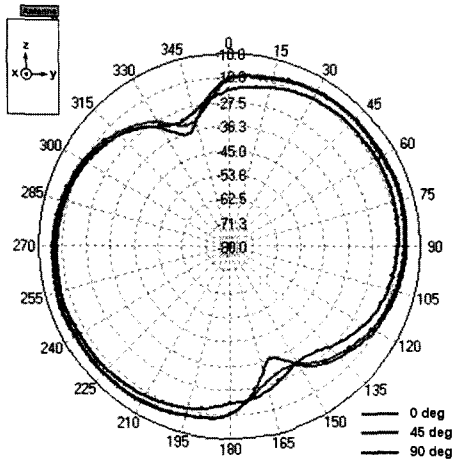
본 연구는 휴대 단말기에 내장되는 소형안테나의 설계 기법과 단말기의 무선 성능 개선을 위한 연구 에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] Kamal Sarabandi, "Design of an efficient minia-
turized UHF planar antenna", *IEEE Antennas and
Propagation*, vol. 51, no. 6, pp. 1270-1276, Jun.
2003.
- [2] 홍용의, 이치우, 양묘근, 김기호, 성원모, "PCB를
이용한 T-DMB(Band III)/DAB(L-Band)/Wibro 삼중
대역 안테나", 한국전자파학회논문지, 18(2), pp.
227-232, 2007년 2월.
- [3] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Desi-
gn*, John Wiley & Sons, 1997.



(a) H-평면(x-y 평면) 패턴
(a) Pattern of H-plane(x-y plane)



(b) E-평면(y-z 평면) 패턴
(b) Pattern of E-plane(y-z plane)

그림 8. 확정된 안테나의 방사 패턴
Fig. 8. Radiation pattern of the final proposed antenna.

표 1. 확정된 안테나의 이득 특성
Table 1. Antenna gain of the final proposed antenna.

Pol.	Frequency		
	176 MHz	195 MHz	216 MHz
H	-18.36	-14.41	-15.94
V	-17.40	-13.01	-14.98

길이를 가지고 있기 때문에 방사 패턴이 일반적인 모노폴 안테나의 방사 패턴과 다르게 전방향 특성의 구형에 가까운 형태를 나타내는 것을 볼 수 있다.

[4] 이현규, 이택경, 장원호, 강연덕, "기생소자에 의한 소형 평면 맴돌이형 모노폴 안테나", 한국전자과학회논문지, 16(6), pp. 563-571, 2005년 6월.

[5] Steven R. Best, "On the resonant properties of the

Koch fractal and other wire monopole antennas", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 1, pp. 74-76, 2002.

이 정 호



1987년 2월: 동아대학교 전자공학과 (공학사)
 1989년 2월: 동아대학교 전자공학과 (공학석사)
 1995년 9월~현재: LG전자 MC연구소 수석연구원
 2000년 8월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, SAR, EMI/EMC

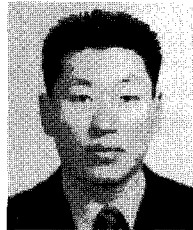
육 중 관



1987년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1989년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1998년: University of Michigan 전기전자공학과 (공학박사)
 1999년 3월~2000년 2월: 광주과학기술원 조교수

2000년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수
 [주 관심분야] 마이크로파 시스템 해석 및 설계, Computational Electromagnetics, RF MEMS, Bio-Radar and Sensors, EMI/EMC, 안테나 시스템

송 재 관



2006년 2월: 건국대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 2005년 9월~2008년 8월: (주)코마테크 선임연구원
 2008년 9월~현재: LG전자 MC연구소 선임연구원
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석