

# 기생 소자를 이용한 휴대 단말기용 RFID 리더 안테나

## Design of RFID Mobile Antenna by Using Parasitic Element

우덕제\*, 김성진\*, 김상수\*, 김요식\*, 이광재\*, 이택경\*

Duk-Jae Woo\*, Sung-Jin Kim\*, Sang-Su Kim\*, Yo-Sik Kim\*, Kwang-Jae Lee\* and Taek-Kyung Lee\*

### 요 약

본 논문에서는 접지면에 기생 방사소자를 연결하여 광대역을 실현한 모노폴 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나 광대역 기법을 이용하여 휴대 단말기 내장형 안테나를 설계 및 제작하였다. 제작된 안테나의 반사손실을 측정된 결과 VSWR 2:1 이하인 대역은 820 MHz~1040 MHz로써, 23.6 %의 대역폭을 갖는다. 따라서 제작된 안테나는 Cellular 대역(824 MHz~894 MHz), RFID(908.5 MHz~914 MHz) 및 GSM(송신:880 MHz~915 MHz, 수신:925 MHz~960 MHz) 대역을 모두 만족하는 매우 넓은 광대역 특성을 가진 안테나로 동작하고 있음을 확인 하였다. 안테나의 방사패턴 측정결과, 셀룰러 대역 중심 주파수 859 MHz와 RFID 중심 주파수인 911.25 MHz에서의 안테나 최대 이득은 각각 -0.7 dBi 및 0.16 dBi로 측정되었으며, GSM 송신(897.5 MHz) 및 수신(942.5 MHz) 중심 주파수에서의 안테나의 최대 이득은 -0.48 dBi 와 1.69 dBi로 관측되었다.

### Abstract

In this paper, the wide-band monopole antenna with a parasitic element on the ground plane for application in Cellular, GSM and RFID mobile terminals such as the mobile phone or Personal Digital Assistant(PDA) phone is presented. The VSWR of the designed antenna is 2:1 over the frequency range of 820 MHz to 1040 MHz(bandwidth of 23.6 %). Therefore, the designed antenna can provide wide bandwidth covering the Cellular(824 MHz~894 MHz), RFID(908.5 MHz~914 MHz) and GSM(Tx:880 MHz~915 MHz, Rx:925 MHz~960 MHz). The radiation characteristics of the fabricated antenna were also studied. According to the measured radiation patterns, the maximum gains at 859 MHz and 911.25 MHz(center frequencies of the Cellular and RFID bands) are -0.7 dBi and 0.16 dBi, respectively. The measured maximum gains of GSM bands are -0.48 dBi(897.5 MHz, the center frequency of Tx) and 1.69 dBi(942.5 MHz, the center frequency of Rx).

Key words : wide-band monopole antenna, parasitic element, GSM, Cellular, RFID

### I. 서 론

RFID 기술에 대한 관심이 고조되고 국가적으로 기술개발이 추진되고 있는 상황에서 휴대폰이나 PDA가 RFID 리더의 기능을 할 수 있도록 하는 휴대용 RFID 시스템이 매우 큰 관심을 끌고 있다[1]-[4].

휴대 단말기용 RFID의 사용 주파수는 908.5 MHz~914 MHz로서, 휴대폰이나 PDA의 서비스에 혼신을 주지 않는 RFID 별도의 소형 안테나나 기존의 서비스와 RFID를 동시에 서비스 할 수 있는 다중대역 및 광대역 안테나의 개발이 필수적이다. 현재까지 휴대단말기용 RFID 리더 안테나의 개발 수준이 미비

\* 한국 항공 대학교 (School of Electronics, Telecommunication, and Computer Engineering, Korea Aerospace University)

· 제1저자 (First Author) : 우덕제

· 접수일자 : 2007년 1월 18일

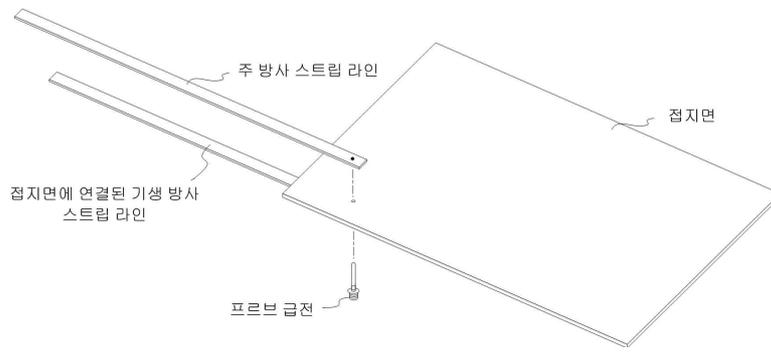


그림 1. 접지면에 기생 방사 스트립 라인이 삽입된 모노폴 안테나

Fig. 1. Three dimensional view of monopole antenna with parasitic radiated element on the ground plane

한 상태이기 때문에 RFID 리더에 적합한 효율적인 안테나 개발이 시급하다.

이동 통신서비스에 이용되는 개인 휴대 단말기는 소형화, 다기능화, 경량화 및 저 전력화를 목표로 발전되어 왔으며, 기지국 및 단말기에 필수적인 안테나는 신호 입출력의 처음과 끝을 담당하며, 통화 품질을 결정하는 핵심 부품으로서 기본 이론 및 설계 기술의 난이도가 높은 분야이다[5]-[9]. 단말기 안테나는 단말기에 장착하기 위해서 기본적으로 소형화가 이루어 져야 하며, RFID 리더 겸용으로 사용하기 위해서는 다중 대역 및 광대역 특성을 갖는 안테나의 개발이 이루어 져야한다.

본 논문에서는 휴대용 단말기에 장착하기가 용이한 광대역 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 접지면에 기생 방사소자를 연결하여, 주 방사소자와 기생 방사소자가 서로 다른 주파수에서 동작하도록 설계한 구조로써, 두 주파수 대역의 인접도에 따라, 이 중대역 및 광대역 안테나로 동작하는 특성을 가지고 있다. 제안된 안테나의 각 구조에 대한 parameter변화에 따른 안테나 특성에 대하여 설명을 하였고, 이를 이용하여 Cellular(824 ~ 894 MHz), GSM(880 ~ 960 MHz) 및 RFID(908.5 ~ 914 MHz)에서 동작하는 광대역 휴대 단말기용 안테나를 설계 및 제작하였다.

## II. 기생 방사체를 삽입한 광대역 모노폴 안테나

그림 1은 제안된 안테나의 입체도를 보여주고 있

다. 주 방사패치가 접지면 위쪽에 이격되어 위치하고 있으며, 프로브로 급전이 이루어져 있다. 접지면과 연결된 기생 방사 스트립 라인은 접지면과 같은 평면상에 위치하여, 광대역 특성을 실현할 수 있게 설계하였다.

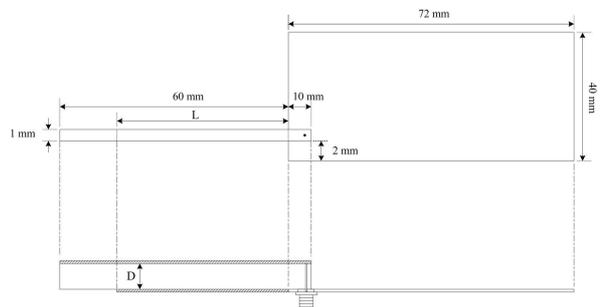


그림 2. 제안된 안테나의 구조

Fig. 2. Geometry of the proposed antenna.

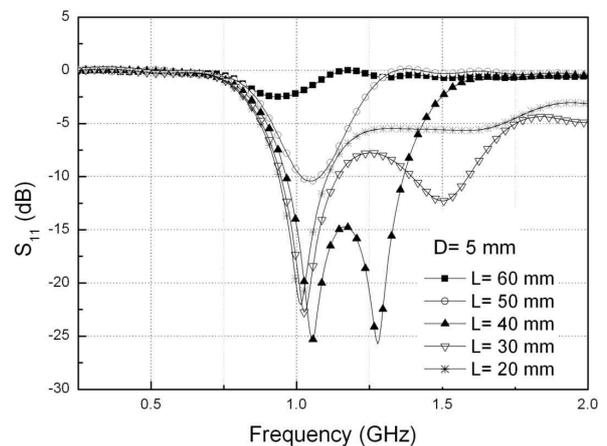


그림 3. 기생 방사 스트립 라인의 길이(L)에 따른 반사손실 (D=5 mm)

Fig. 3. Return losses for various parasitic strip line lengths (L) (D=5 mm).

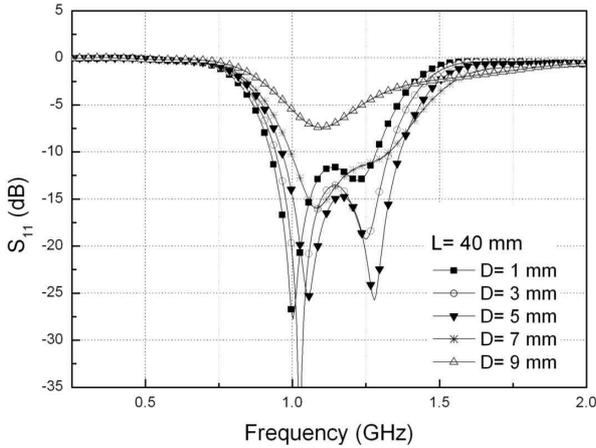


그림 4. 주 방사 스트립 라인의 높이(D)에 따른 반사손실(L=40 mm)

Fig. 4. Return losses for various heights of main strip line (D) (L=40 mm).

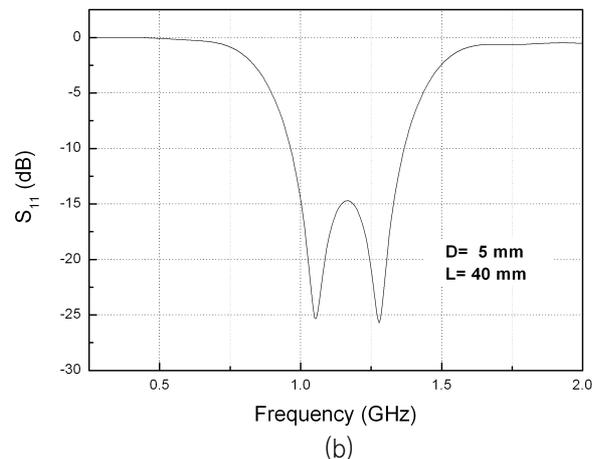
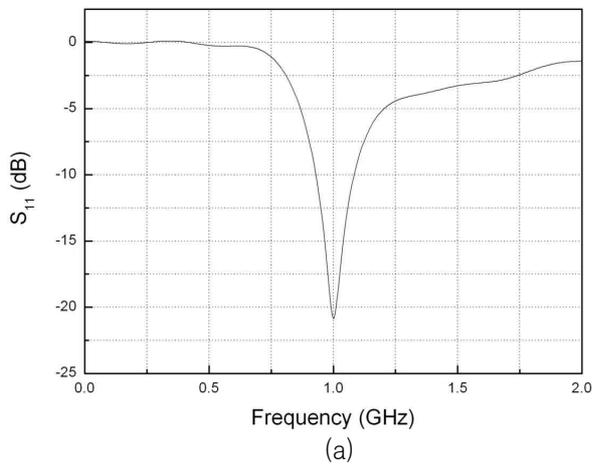


그림 5. 기존 모노폴 안테나(a)와 제안된 안테나(b)의 반사손실 비교

Fig. 5. Comparison results between the return loss of the conventional monopole antenna (a) proposed antenna (b).

이러한 형태의 안테나는 위쪽의 패치가아래쪽의 기생 패치에 결합 급전을 해주는 역할을 하면서, 동시에 그 자신이 모노폴 안테나로 동작을 하게 된다. 따라서 위쪽 모노폴 안테나에 의한 공진주파수와 아래쪽 기생 패치에 의한 공진 주파수가 존재하게 되어, 두 주파수 대역에서 동작하는 이중 대역 안테나로써의 특성을 가지고 있으며, 두 공진 점을 가까이 위치시키면 광대역 특성을 갖는 안테나로써의 설계도 가능하다. 또한 주 방사 스트립 라인과 기생 방사 스트립 라인의 위치가 바뀌어도 동일한 안테나 특성을 얻을 수 있다.

그림2는 제안된 안테나를 휴대단말기의 접지면과 유사한 크기(72 mm × 40 mm)를 갖도록 설계한 모습을 보여주고 있다. 시뮬레이션은 EM 시뮬레이터인 CST 사의 Microwave Studio을 사용하였다.

그림 3은 그림 2에서 표현된 구조에서 접지면과 주 방사 스트립 라인 사이의 이격거리(D)를 5 mm로 고정시킨 후 아래쪽 기생 방사 스트립 라인의 길이(L)를 변화 시켰을 때의 주파수 특성을 보여주고 있다. 예상한대로, 주 방사 스트립 라인(60 mm)에 의한 공진 주파수는 1 GHz 주변에서 크게 변화를 나타내고 있지 않고 있으며, 기생 방사 스트립 라인의 길이 변화에 따라서 위쪽의 공진주파수가 변화하는 모습을 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과, 기생 방사 스트립 라인의 길이가 40 mm일 때 1.05 GHz와 1.3 GHz에서 양호한 정합 특성을 가지면서 반사손실 -15 dB 이하가 1.0 GHz~1.3GHz이므로, 약 26 %의 광대역 특성을 보이고 있다. 또한 기생 방사 스트립 라인의 길이가 30 mm일 때는 1.5 GHz에서 부정합 특성을 보이고 있지만, 단말기용으로 사용가능한 반사손실 -6 dB 이하에서는 60.6 %의 대역폭(920 MHz~ 1720 MHz)을 갖는 것으로 계산되었다.

그림 4는 아래쪽 기생 방사 스트립 라인의 길이(L)를 40 mm로 고정한 후, 주 방사 스트립 라인의 높이(D) 변화에 따른 안테나의 반사손실을 보여주고 있다. 높이 변화에 따라 안테나의 정합특성이 변화하고 있음을 확인시켜주고 있다. 그림 4에서는 주 방사 스트립 라인과 접지면의 거리가 5 mm일 때, 가장 좋은 정합 특성을 보여주고 있다.

그림 5는 제안된 안테나와 기존 모노폴 안테나의

대역폭을 비교하였다. 그림 5(a)는 그림 3에 표현된 안테나에서 아래쪽의 기생 방사 스트립 라인을 제거한 후의 반사손실 계산 결과이며, 그림 5(b)는 그림 3에서 기생 방사 스트립 라인의 길이를 40 mm, 주 방사 스트립 라인이 높이를 5 mm로 설계 했을 때의 반사손실 계산 결과이다.

그림 5(a)에서 보여 지듯이, 단일 모노폴 안테나의 공진 주파수는 1 GHz이며, 반사손실 -10 dB 이하는 0.92 GHz~1.08 GHz로써 약 15 %의 대역폭을 갖는 것으로 계산되었다. 그림 5(b)에 표현된 결과에서는, 제안된 안테나의 주파수 특성이 주 방사 스트립 라인에 의해서 1.05 GHz에서 공진점이 형성되고, 기생 방사 스트립 라인에 의해서 1.28 GHz의 공진점이 형성되는 것을 보여주고 있으며, -10 dB 이하의 대역폭은 0.96 GHz~1.37 GHz로 약 35.2 %로 계산되었다. 이러한 결과는 제안된 안테나가 단일 모노폴(대역폭 15 %)에 비해 134 %의 대역폭 확장 특성을 가진 광대역 안테나로 동작하고 있음을 보여준다.

### III. 광대역 휴대폰 RFID 리더 안테나

본 절에서는 기생 방사 스트립 라인이 삽입된 광대역 모노폴 안테나를 휴대폰 RFID 리더 안테나에 응용한 구조에 대해서 설명하였다. 그림 6은 휴대단말용 내장형 RFID 리더 안테나의 구조를 보여주고 있다. 설계된 안테나는 단말기에 탑재가 용이할 수 있도록, 주 방사 스트립 라인과 기생 스트립 라인이 구부러진 형태를 취하고 있다. 안테나는 유전률 3.0의 유전체로 둘러 싸여져 있으며, 접지면의 크기는 가로 40 mm, 세로 72 mm로 설정하였다. 설계된 안테나는 방사 스트립 라인들이 외곽에 위치하고 있기 때문에, 안테나 내부에 다른 장치들이 들어갈 수 있는 공간이 확보가 되어 실제 단말기 내장형 안테나로써의 활용 가능성을 최대화 하였다.

그림 7은 제작한 안테나의 모습을 보여주고 있다. 주 방사체의 위쪽으로 유전체 덮개가 존재하며, 아래쪽 기생 방사체와 위쪽 주 방사체 사이에도 유전체 층이 존재한다.

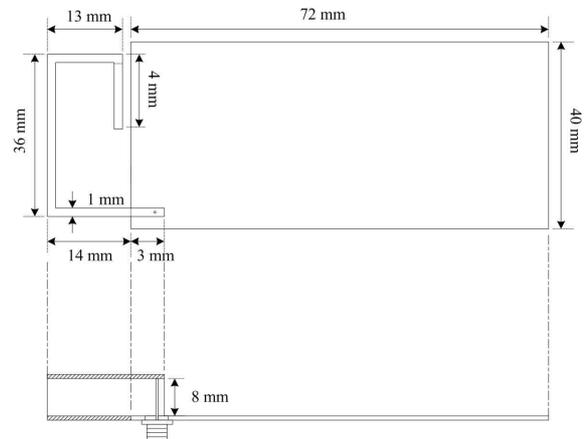
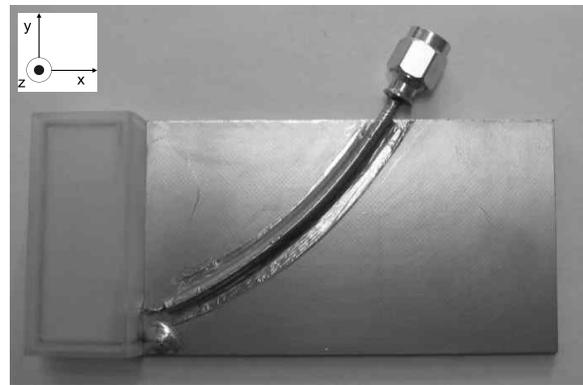
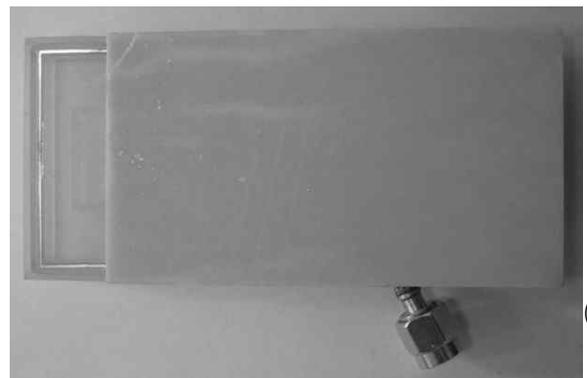


그림 6. 휴대단말기용 내장형 RFID 리더 안테나  
Fig. 6. Mobile RFID reader inner antenna.



(a) 윗면 (top view)



(b) 아랫면 (bottom view)

그림 7. 제작된 휴대단말기용 내장형 RFID 리더 안테나  
Fig. 7. Fabricated mobile RFID reader inner antenna.

유전체는 보통의 단말기 외장형 덮개로 사용되는 유전률 3.0의 PT계열을 사용 하였다. 그림 8은 실제 제작한 안테나의 반사손실을 보여주고 있다. 공진주파수는 880 MHz 및 990 MHz에서 나타나고 있으며, 812 MHz ~ 1064 MHz에서 VSWR 2.5:1 이하의 반사손실 특성을 보이므로, 약26.8%의 대역폭을 확인할

수 있다. VSWR 2:1 이하인 대역은 820 MHz ~ 1040 MHz로써, 23.6 %의 대역폭을 갖는다. 따라서 제작된 안테나는 Cellular 대역(824 MHz~ 894 MHz), RFID(908.5 MHz~ 914 MHz) 및 GSM(송신:880 MHz~915 MHz, 수신:925MHz~960 MHz) 대역을 모두 만족하는 매우 넓은 광대역 특성을 가진 안테나로 동작하고 있음을 알 수 있다.

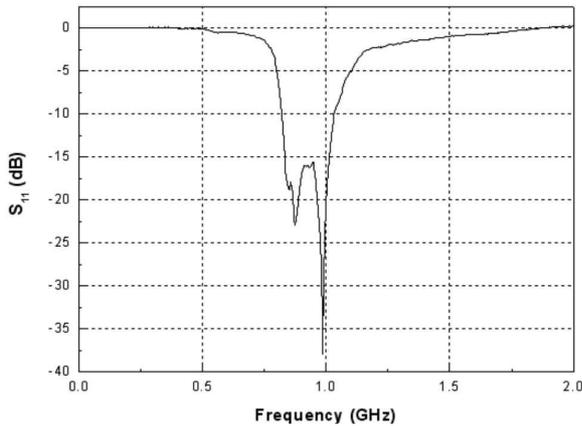
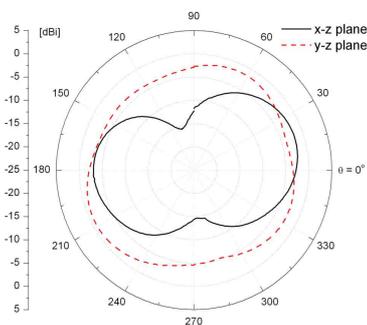
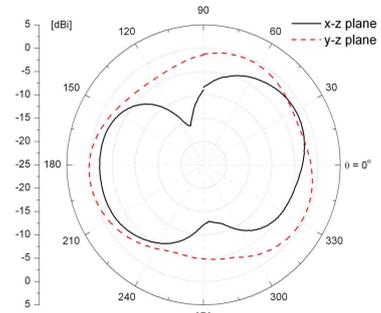


그림 8. 제작된 안테나의 반사손실  
Fig. 8 Measured return loss of the fabricated antenna.

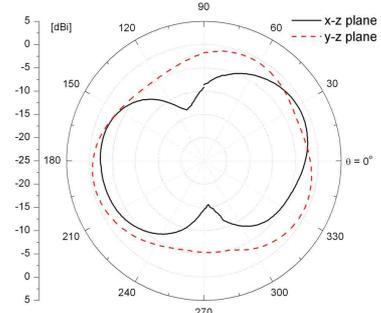
그림 9는 제작된 안테나의 방사 패턴을 나타내고 있다. 셀룰러 대역, RFID 대역 및 GSM 대역에 대해서 안테나 방사 패턴을 측정하였으며, 그림에서 보여 지듯이 y-z 평면에서 전방향성을 갖는 것을 알 수 있다. 따라서 휴대용 단말기 안테나로 매우 적합한 방사특성을 갖는 것으로 확인 되었다.



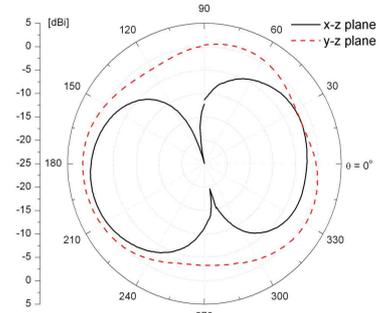
(a) 859 MHz



(b) 911.25 MHz



(c) 897.5 MHz



(d) 942.5 MHz

그림 9. 측정된 안테나 방사패턴  
Fig. 9. Measured radiation patterns.

셀룰러 대역 중심 주파수 859 MHz와 RFID 중심 주파수인 911.25 MHz에서의 안테나 최대 이득은 각각 -0.7 dBi 및 0.16 dBi로 측정되었으며, GSM 송신 (897.5 MHz) 및 수신 (942.5 MHz) 중심 주파수에서의 안테나 최대 이득은 각각 -0.48 dBi 및 1.69 dBi로 관측되었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 접지면에 기생 방사체를 가진 새로운 형태의 휴대 단말기용 광대역 안테나 설계기법을 제안하였다. 제안된 안테나는 접지면에 기생 방사체를 삽입하여, 주 방사체가 기생 방사체에 결합

급전을 하는 구조로써, 두 방사체가 각각의 공진주파수를 갖는 특징을 가지고 있다.

이러한 기법을 사용하여 휴대 단말기용 내장형 광대역 안테나를 설계 및 제작하였다. 제작된 안테나는 셀룰러, RFID 및 GSM 대역에서 매우 우수한 반사손실 특성과 방사패턴을 갖고 있음을 확인하였다. 본 논문에서 제안된 광대역 기법은 각종 휴대용 단말기 및 통신 시스템의 안테나에 응용되어, 보다 향상된 양질의 통신 서비스를 제공할 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- [1] F. Karus, RFID Handbook, John Wiley & Sons, Ltd, 2003.
- [2] K. Udo, "Fully integrated passive UHF RFID Transponder IC with 16.7  $\mu$ W minimum RF input power", *IEEE Journal*, 2003.
- [3] KETI, "소액지불 RFID 무선카드 및 단말기 핵심 모듈 개발에 관한 연구", 2004년 1월.
- [4] W. S. Chan, W. S. Wong, "5.8 GHz active transponder for electronic road pricing", *Asia-Pacific Microwave conference Proceedings*, pp. 694-697, 1995.
- [5] K. L. Wong, Planar Antennas for Wireless Communications. New York: Wiley, 2003, Ch 2.
- [6] P. Ciaisi, R. Staraj, G. Kossivas, and C. Luxey, "Design of an internal quad-band patch antenna for mobile phones," *IEEE Microw. Wireless Components Lett.*, vol. 14, no. 4, pp. 148-150, Apr. 2004.
- [7] Y.-X. Guo, M. Y. W. Chia, and Z. N. Chen, "Miniature built-in multi band antennas for mobile handset," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 52, no. 8, pp. 1936-1944, Aug. 2004.
- [8] C. R. Rowell and R. D. Murch, "A capacitively loaded PIFA for compact mobile telephone handsets," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 45, no. 5, pp. 837-842, May 1997.
- [9] M. F. Abedin and M. Ali, "Modifying the ground plane and its effect on planar inverted-F antennas for mobile phone handsets," *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*

t., vol. 2, pp. 226-229, 2003.

### 우 덕 제 (禹德濟)



2002년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(공학사)  
 2005년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(공학석사)  
 2005년 3월~현재 : 한국항공대학교 박사과정  
 관심분야 : 주기구조의 모델링 및 회로응용, 능동/수동 소자 모델링, 안테나

### 김 성 진 (金聖珍)



2006년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(공학사)  
 2006년 3월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(석사과정)  
 관심분야 : 전자파 해석

### 김 상 수 (金相洙)



2006년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(공학사)  
 2006년 3월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(석사과정)  
 관심분야 : 마이크로파 수동회로 및 안테나

### 김 요 식 (金堯植)



2006년 2월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(공학사)  
 2006년 3월 : 한국항공대학교 항공 전자공학과(석사과정)  
 관심분야 : 전자파 해석

## 이 광 재 (李光宰)



2007년 2월 : 한국항공대학교 항공  
전자공학과(공학사)

2007년 3월 : 한국항공대학교 항공  
전자공학과(석사과정)

관심분야 : 안테나 설계 및 마이크  
로파 능동/수동 소자

## 이택경 (李澤璟)



1983년 2월: 고려대학교 전자공학과  
졸업 (공학사)

1985년 2월: 한국과학기술원 전기  
및 전자공학과 졸업(공학석사)

1990년 2월: 한국과학기술원 전기  
및 전자공학과 졸업(공학박사)

1990년 5월~1991년 4월: Univ. of

Texas at Austin, Post-Doctoral Fellow

1991년 9월~1992년 2월: 한국과학기술원 정보전자 연구  
소 연구원

2001년 7월~2002년 7월: Univ. of Illinois, Urbana  
Champaign, Associate Visiting Research Professor

1999년 3월~현재: 한국항공대학교 전자정보통신 컴퓨터 공  
학부 교수

관심분야 : 마이크로파, 안테나, 전자파 해석, 레이더