한국산학기술학회논문지
Vol. 10, No. 12, pp. 3608-3613, 2009

Mobile RFID (Radio Frequency Identification) 용 안테나 설계

김용진[1*], 정창원[2]
[1]인하공업전문대학 전기정보과, [2]서울산업대학교 NID 융합기술대학원

Design of mobile Radio Frequency Identification (m-RFID) antenna

Yongjin Kim[1*] and Chang Won Jung[2]
[1]**Department of Electrical Information, Inha Technical College**
[2]**Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Technology**

요 약 본 논문에서는 휴대용 단말기 적용이 가능한 mobile Radio Frequency Identification (m-RFID) system 을 위한 안테나의 설계 방법을 제안했다. 전기계 안테나와 자기계 안테나의 결합을 통하여 안테나의 휴대 단말 장착시 m-RFID 적용 방향으로 안테나의 패턴이 지향성의 특징을 나타낸다. 전기계 안테나는 PIFA 구조의 안테나를 사용하였으며, 자기계 안테나는 loop 형 안테나를 구현하였다. 목표 주파수 대역은 900 MHz 대역이며, 목표 이득은 4dBi 이상으로 설계 되었다. Ansoft 사의 HFSS 를 사용하여 시뮬레이션하였으며, 목표치 이상의 결과를 보였다. 제작된 안테나는 FR4 epoxy 기판 (h=1 mm, ε_r=4.4) 을 사용하여 제작되었으며, 시뮬레이션과 유사한 결과를 보였다.

Abstract In this paper, we propose a mobile Radio Frequency Identification antenna for mobile hand set. The proposed antenna with directive radiation characteristics based on combination of electric-magnetic radiators can be installed in the mobile hand-set. The combination of PIFA antenna for electric radiator and loop antenna for magnetic radiator is presented and designed for료 m-RFID reader system. Target frequency band is 900-MHz band. and desired gain is 4dBi. The antenna is simulated using Ansoft HFSS software and shows expected results. The antenna is also manufactured using FR4-epoxy circuit board (h=1 mm, ε_r=4.4). There are good agreements between the simulated and measured VSWR curves and radiation characteristics.

Key Words : Mobile RFID antenna, Directive radiation, Internal mobile hand-set antenna

1. 서론

미래 사회의 키워드로 등장하는 것이 유비쿼터스 사회이다. 언제 어디서나 어떤 디바이스를 통해서도 네트워크와 연결이 되는 유비쿼터스 사회는 기존의 사회생활을 많이 변화시키리라 예상된다. 유비쿼터스 사회에 기반이 되는 서비스 중의 하나가 Radio Frequency Identification (RFID) 라 할 수 있다. RFID 는 기존의 bar-code 를 대체할 목적으로 개발 되었으나 이것의 응용 사례는 전파를 이용한다는 특성으로 인하여 점차 증가하고 있다. RFID 는 tag 의 정보를 전자기파를 이용하여 무선으로 Reader 로 읽어서 그 정보를 이용하는 시스템이다. 예를 들어, 대형 마트에서의 쇼핑을 생각하면, 현재의 경우 계산원이 일일이 물건을 집어서 bar-code 를 찍어서 물품값을 알아내는 방식이지만, RFID 의 경우, 그냥 계산대를 통과함으로써 무선으로 tag 가 인식되어 계산이 되는 방식이다. 이러한 시스템은 물류 관리, 의료 관리 등 많은 면에서 사용 될 수 있으며, 미래 사회에는 반드시 구현될 응용 시스템이다. 따라서, RFID 시스템과 연동되어지는 안테나 연구는 1990 년대 이후 많이 이루어지고 있다 [1-3]. RFID reader 시스템을 휴대 단말기에 장착하여 휴대폰으로 tag 의 정보를 얻고자 하는 것이 mobile RFID

본 논문은 2008 학년도 인하공업전문대학 교내연구비지원에 의하여 연구되었음.
*교신저자 : 김용진(yongjink@inhatc.ac.kr)
접수일 09년 10월 05일 수정일 09년 11월 18일 게재확정일 09년 12월 16일

(m-RFID) 이다. 휴대폰을 사용하여 tag안에 저장된 정보를 읽음으로써 사용자 에게 도움이 되는 많은 정보를 얻을 수 있다. m-RFID의 서비스 예의 경우는 영화 포스터에 붙어있는 tag에 수록된 정보를 휴대 단말을 통하여 읽은 다음, 통신망을 통해서 영화의 예고편을 시청하거나, 영화표를 인터넷 망을 통해서 예약하는 서비스가 가능하다.

본 연구는 mRFID sytem 과 함께 동작 가능한 안테나를 개발하는 것으로써, 기존의 휴대 단말기 및 RFID 전용 단말기용 지향성을 가지는 안테나를 설계하였다. 기존의 휴대 단말용 안테나의 경우는 안테나 사이즈 최적화에 초점이 맞추어져 있으며, 이 경우는 소형의 안테나는 자체 특성상 omni-directional 한 방사 특성을 보이게 된다. m-RFID 시스템의 성능을 결정하는 요소 중의 하나는 read range 이다. read range 의 경우, mRFID 는 50 cm - 1 m 가 목표이나, 현재의 omni-directional 한 방사 패턴을 가지는 안테나로서는 어려움이 있다. 안테나를 기존을 사용하고 mRFID 의 목표 read-range 를 달성하기 위해서는 송신전력을 높여야 한다. 하지만, 현재의 시스템 들은 저 전력 소모를 지향 하고 있다. 따라서, 소형의 휴대 단말에 장착되어 방향성을 보이는 안테나를 개발하여 power 소모 없이 m-RFID 의 read range 확대 하는 효과를 가져 온다. 일반적으로, 소형의 안테나는 그 물리적 특성상 omni-directional 한 방사 패턴을 가지는 것으로 알려져 있다. 따라서, 휴대 단말기에 실장 가능한 소형의 크기로 방향성을 구현하는 것은 새로운 기술이며, 이러한 연구는 현재 진행 중에 있다[4-5].

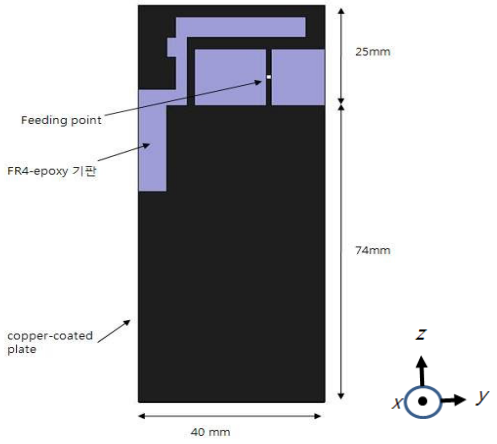
제안된 안테나는 방향성을 가지는 안테나를 전기적 안테나와 자기적 안테나의 결합으로 구현 함으로써, 향후, 소형의 안테나 사이즈가 요구되면서 방향성 방사 패턴을 필요로 하는 많은 응용 분야에 적용 가능하리라 생각한다. 주파수 대역은 휴대 단말 작동이 가능한 920 MHz 대역의 m-RFID 주파수 대역을 목표로 하였다. read range 는 RFID system 의 성능을 나타내는 중요한 요소이며, 현재는 8 dBi reader 안테나 기준으로 약 2-4 m 를 달성하고 있다. 이때의 안테나 크기는 대략 20 cm x 8 cm 정도 되며 이런 경우 휴대 단말의 부착은 불가능 하다. m-RFID 의 경우, 목표 read range 는 약 0.5 - 1 m 정도이나, 현재의 -3 - 0 dBi 의 휴대 단말기용 omni-directional 안테나로써는 이러한 read range 달성이 힘들다. 이에 에너지를 한쪽 방향으로 최대한 집중함으로써 이득을 향상시키는 안테나를 제안하였다.

2. 안테나 설계 및 시뮬레이션 결과

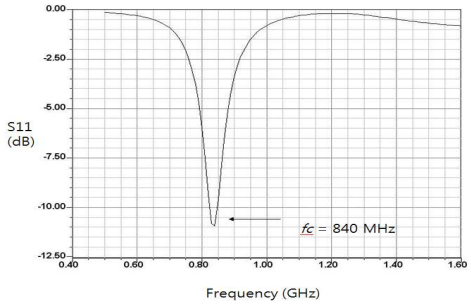
본 연구의 목적은 지향성의 안테나를 구현해서 한 방향으로의 이득을 최대화 하여 m-RFID 사용 시 read range 를 확대 하는 것이다. 사용자가 원하는 방향으로 전파 에너지의 방사를 최대화함과 동시에 휴대 단말기에 실장이 가능한 크기의 소형화를 이루어야 한다. 이러한 소형방향성 안테나 구현 시도는 참고 문헌[6-7] 에 이론적 배경과 구현 가능성이 제기 되어 있다. 소형의 전기계 안테나 (Dipole type) 의 경우는 매우 capacitive 한 전기적 특성을 보이고, 자기계 안테나의 경우 (Loop type) 의 경우 소형에서 inductive 한 전기적 특성을 보인다. 이러한 두 개의 다른 type 의 안테나를 조합함으로써, 소형의 안테나를 구현 가능하며, 또한 소형 상태의 안테나 impedance 의 특성이 서로 상쇄함으로써, 공진을 이룰 수 있다. 또한, 전기계 안테나 와 자기계 안테나가 조합 되었을 경우, 한방향의 방사 패턴은 서로 상쇄됨으로써, 지향성의 방사패턴을 구현할 수 있다. 안테나의 이러한 이상적인 두 공진을 이루기 위해서는 각 각의 안테나들의 전기적 길이 및 서로의 ideal 한 조합이 이루어져야 한다.

2.1 Dipole 과 Loop 안테나 설계

전기계 안테나는 기존의 단순 PIFA 형식의 안테나로 구현 되었으며, 안테나의 구조는 그림 1 에 나와 있다. Ground plane 의 크기는 40 mm x 74 mm 이며, FR4-epoxy circuit board (h=1mm, ε_r=4.4) 위에 동판 구조로 이루어져 있다. 안테나 방사체의 크기는 25 mm x 40 mm 의 평면형 구조이다. 급전부는 loop 안테나와의 동시 급전을 위하여 위쪽에 위치하고 있다.



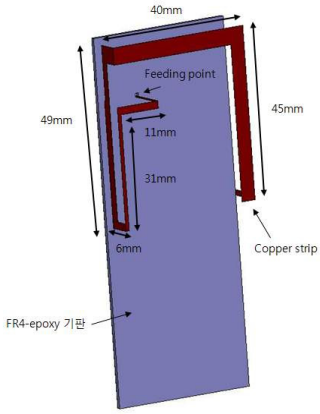
[그림 1] 전기계 PIFA 안테나 구조



[그림 2] 전기계 PIFA 안테나 S11 결과

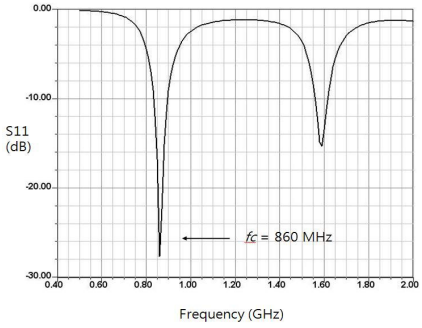
그림 1에 보여진 PIFA 안테나의 시뮬레이션 결과는 그림 2 에 있다. S11 계산 결과를 보여주는데, 중심 주파수는 840 MHz 이며, 약 20 MHz 의 대역폭을 가진다. 이론적으로는 전기계와 자기계의 안테나 결합 시 공진 주파수는 낮아져야 한다. 위의 제시된 안테나의 경우, 840 MHz 와 2.3 GHz에서 공진을 하는데, 안테나의 결합 시 저주파수대역은 올라가고 고주파수 대역은 내려오는 특성을 보였다. 본 연구의 목적 주파수의 900 MHz 대역에 맞추면서 적정한 수준의 안테나 사이즈를 유지하기 위해서 저주파대역 안테나 위주로 설계 하였다. 안테나의 groung plane 의 모양은 loop 안테나의 길이를 확보하기 위해서 그림 1과 같이 변형 되었다.

자기계 안테나로는 loop 안테나를 설계하였다. 900 MHz 대역은 그 파장의 길이가 약 33cm 정도 된다. 이러한 긴 길이의 안테나를 단말기용 platform 에 삽입하기는 쉽지 않다. 따라서, 본 안테나에서는 구조는 복잡하나, 기구물의 표면을 이용하면 loop 안테나를 장착할 수 있는 구조로 설계 하였다. 자세한 loop 안테나의 구조는 그림 3에 보여 진다.



[그림 3] 자기계 loop 안테나 구조

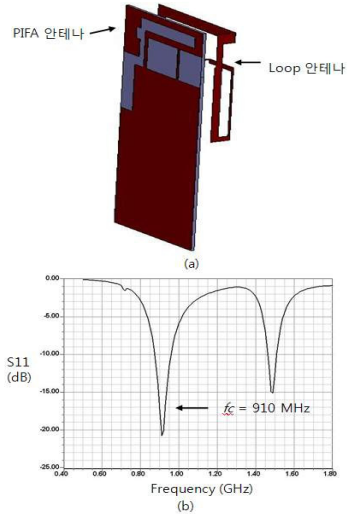
Loop 안테나의 총길이는 대략 20.8cm 이며, 이는 공진 주파수 860 MHz 기준으로 약 0.6λ 에 해당된다. 본 loop 안테나의 경우, 급전부를 제외한 대부분의 안테나 구조를 무선 단말기나 혹은 RFID 전용 단말기의 외부 case 에 장착이 가능하다. Loop 안테나의 입력 임피던스 특성은 그림 4 에 S11 그림으로 나타내었다. 중심 주파수는 목적 주파수 대역인 900 MHz 보다 낮은 860 MHz 에 나타났다. Bandwidth 는 VSWR < 2 기준으로 대략 60 MHz 정도의 특성을 보인다.



[그림 4] 자기계 loop 안테나 S11 시뮬레이션 결과

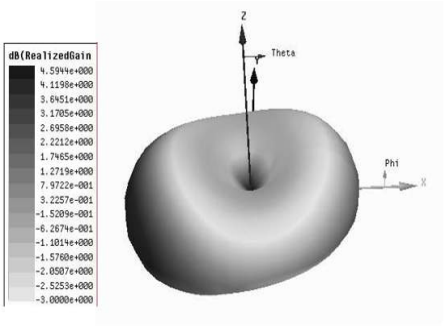
2.2 결합형 안테나 설계

Dipole 형 안테나와 Loop 형 안테나의 m-RFID 응용을 위한 결합형 안테나의 시뮬레이션 모델은 그림5 (a) 에 보인다. 안테나의 세부 구조는 그림 1과 그림 3 에 보여진 안테나를 하나의 급전으로 묶어서 동시 급전 하는 구조로 되어 있다. 결합형 안테나의 입력 임피던스 특성은 그림 5 (b) 에 보였다.



[그림 5] (a) 결합형 안테나 구조 (b) 및 입력 임피던스 시뮬레이션 결과

중심 주파수는 910 MHz 이며, bandwidth 는 약 80 MHz 의 특성을 보였다. 시뮬레이션 결과상 제안된 결합형 안테나의 경우, 목적 주파수인 910 MHz 대역의 S11 = -20 dB 이상의 우수한 특성을 보였다. 본 안테나의 안테나 방사 패턴의 시뮬레이션 결과는 그림 6에 보인다. 최대이득은 -x 축 방향 (m-RFID 적용 방향) 으로 4.59 dBi 이며, x 축 방향의 이득은 3.4 dBi의 이득이 나왔다. 두 방향의 비교해 보면 약 1.6 dBi 의 이득 증가를 보였으며, 단일 PIFA 와 Loop 안테나의 이득과 비교해서도 약 1.5 - 2 dBi 이상의 이득 향상을 보였다.

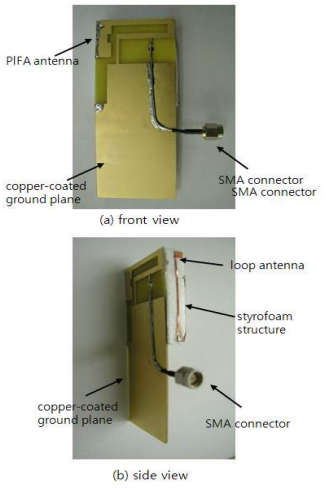


[그림 6] 결합형 안테나 방사 패턴

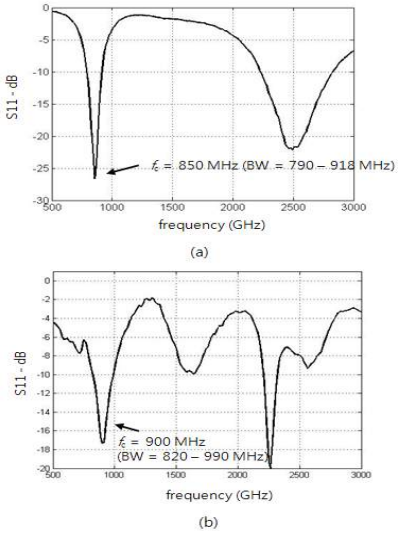
3. 안테나 제작 및 측정 결과

그림 5에 제안된 결합형 안테나의 proto-type 안테나를 제작 하였다. 안테나는 FR4-epoxy 기판위에 제작 되었으며, copper-coated tape을 이용하여 loop 안테나를 구현 하였다. Loop 안테나의 구조를 지탱하기 위하여 styrofoam 을 사용하였다. 제작된 안테나의 사진은 그림 6에 보인다.

제작된 프로토타입의 안테나는 Network analyzer 로 S11 을 측정하였으며, 그 결과는 그림 7 에 보인다. 그림 1 에 보여진 다이폴 형상의 안테나의 S11 특성은 그림 8 (a) 에 보였다. 중심 주파수는 850 MHz 이며, S11 = -10 dB 의 bandwidth 는 790 MHz - 918 MHz 이다. 시뮬레이션 결과와 거의 동일한 결과를 보였다. 그림 8 (b) 에는 그림 5 에 보여진 결합형 안테나의 S11 특성을 보여준다. 이때 중심주파수는 900 MHz 이며, S11 = -10 dB 기준의 bandwidth 는 820 MHz - 990 MHz 의 특성을 보인다. 이것은 그림 5 에 보여진 시뮬레이션 결과와 거의 동일한 결과를 보였다.



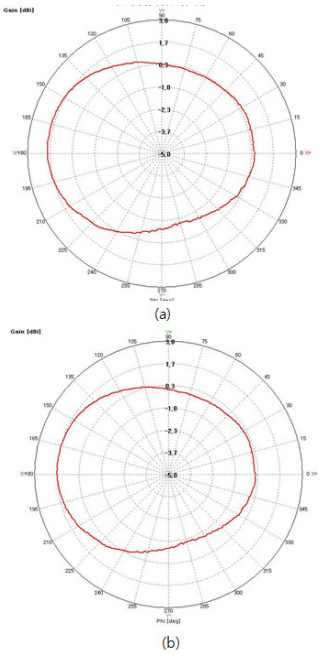
[그림 7] 프로토 타입 결합형 안테나



[그림 8] 안테나 S11 특성 (a) PIFA 단일 안테나 (b) 제안된 결합형 안테나

제안된 안테나의 패턴 측정 결과는 그림 9 에 보여 진다. 그림 9 에는 주파수 920 MHz 와 910 MHz 에서의 이득 패턴 그림을 보여준다. 편파는 Vertical 편파 이며, co-polarization 결과 이다. 그림 7 에서 제안된 안테나는 -x 축 방향으로 지향성의 패턴을 보여준다. 제안된 안테나의 최대 이득은 1.83 dBi 이며, 평균 이득은 0.63 dBi 이다. PIFA 안테나의 동일 측정 환경의 최대 이득은 -0.98 dB가 측정 되었다. 제안된 안테나의 경우, 시뮬레이션 대비 이득이 약 -2 dB 정도 낮으나, 비교 모델로 측정한 그림 1의 PIFA 안테나의 이득도 약 -3 dB 이상 낮

게 측정 되었다. 또한, 제안된 안테나의 -x축 (forward direction) 과 x축 (backward direction) 과의 이득 차이는 약 2.5 dBi - 3 dBi 의 차이를 보였다. 따라서, 기본적으로 지향성 패턴 구현 및 이때 따른 -x 축으로의 이득향상은 달성되었다.



[그림 9] 제안된 안테나 측정 이득 패턴
(a) f = 920 MHz, (b) f = 910 MHz, H-plane, co-polarization.

3. 결론

본 논문에서는 m-RFID 시스템을 위한 지향성을 가지는 단말기용 안테나를 제안하였다. 전기계와 자기계 결합형 안테나 구조를 사용하여 지향성의 방사패턴을 달성하였으며, forward direction 과 backward direction 의 이득비는 약 2.5 dBi - 3 dBi 를 달성하였다. 주파수 대역은 S11 < -10 dB 기준으로 820 - 990 MHz 의 광대역을 달성하였다.

단말기 적용 가능한 안테나의 지향성 안테나를 구현함으로써, m-RFID 시스템 적용 뿐만 아니라, SAR 저감 방안 적용, MIMO 안테나의 isolation 저감 등에도 사용할 수 있다. 이에 관한 구체적 연구는 향후 연구 방향으로 한다.

참고문헌

[1] K. Finkenzeller, "RFID Handbook – Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identifications", 2nd Ed. John Wiley & Sons, England, 2003.

[2] Pavel V. Nikitin and K.V.S. Rao, "Performance Limitations of Passive UHF RFID Systems", 2006 International Sysmposium on Antennas and Propagation and USNC/USRI National Radio Science Meeting, pp.1011-1014, July, 2006.

[3] 임상민, 이근왕, "RFID 기반의 Reference Tag를 이용한 쇼핑 고객 위치추적 및 동선분석에 관한 연구", 한국산학기술학회논문지, Vol.10, No.1, pp.151-157, 2009.

[4] Yongjin Kim, Byung-Tae Yoon, Ick-Jae Yoon, Youngeil Kim, "Read range measurement and estimation of 900-MHz-band mobile radiofrequency identification (mRFID) system", Microwave and Optical Technology Letters, vol. 49, issue 11, pp. 2753-2755, Nov. 2007.

[5] Yohan Lim, Kihun Chang, Young Joong Yoon, Yongjin Kim, Youngeil Kim and Ick-Jae Yoon, " A study on the Intenna Based on PIFA with Multi Element", 한국전자파학회 논문집, 제 18권, 제 7호, July 2007.

[6] D.H. Kwon, "On the radiation Q and the gain of crossed electric and magnetic dipole moments," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 53, no. 5, pp. 1681-1687, May 2005.

[7] Do-Hoon Kwon, E.V. Balzovsky, Y.I. Buyanov, Yongjin Kim and V.I. Koshelev, "A Small Printed Combined Dipole-Loop Ultra-Wideband Antenna with Directive Radiation Characteristics", IEEE trans. Antennas and Propagations, vol. 56, No.1, pp.237-241, Jan. 2008.

김 용 진(Yongjin Kim) **[정회원]**

- 1996년 2월 : 오하이오주립대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2003년 6월 : 오하이오주립대학교 전기공학과 (공학박사)
- 2003년 7월 ~ 2007년 3월 : 삼성종합기술원 전문연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 인하공업전문대학 전기정보과 조교수

<관심분야>
RF, 소형 안테나, 지향성 안테나, 최적화 알고리즘

정 창 원(Chang Won Jung) **[정회원]**

- 2001년 1월 : 남가주 대학교 (USC) 전자공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 캘리포니아 대학교 (Irvine) 전자공학과 (공학박사)
- 2005년 11월 ~ 2008년 4월 : 삼성종합기술원 전문연구원
- 2008년 5월 ~ 현재 : 서울산업대학교 NID 융합기술대학원 조교수

<관심분야>
RF, Reconfigurable antenna, 소형 안테나, MIMO 안테나