

금속에 부착 가능한 UHF 대역 RFID 태그 안테나*

UHF Band RFID Tag Antenna Mountable on metallic Object

정준모**
(Jun-Mo, Jung)

유병길***
(Byung-Gil, Yu)

정병운***
(Byung-Woon, Jung)

이병제****
(Byung-Je Lee)

요약

본 논문에서는 금속 물질에 부착 가능한 UHF 대역 RFID(Radio Frequency Identification) 수동형 태그 안테나를 제안하였다. 제안된 태그 안테나는 일반적인 PIFA(Planar Inverted-F Antenna), IFA(Inverted-F Antenna)형태의 안테나를 갖는 태그보다 부착 되는 금속 물질 크기에 상당히 둔감한 특성을 나타내었다. 안테나의 구조는 멀티 층(multi layer)을 구성하였고, "L"자 슬릿을 추가 하여 방사 패치의 크기를 줄였다. 제안된 태그 안테나의 분석을 위해 HFSS 시뮬레이션 툴(tool)을 사용하였으며, 후방산란(back-scattering)방법을 이용하여 측정하였다. 시뮬레이션과 측정은 금속 물질 크기를 변화시키면서 태그 안테나의 성능을 확인하였다.

Abstract

A UHF band RFID passive tag antenna, which can be attached on metallic objects, is proposed. The proposed tag antenna is more insensitive to the size of the metallic object than conventional PIFAs or IFAs. It is constructed on a multi-layer and its size is reduced by using a "L" slit. Performances of the antenna is analyzed by Ansoft's HFSS and measured using a back-scattering method. The simulated and measured data are obtained with varying the size of metallic object.

Key Words : UHF, RFID, Tag, Antenna, Tag antenna

1. 서론

RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 사물에 부착된 태그를 이용하여 사물들의 정보를 무선으로 인식하는 기술로서 크게는 리더, 태그, 호스트 컴퓨터로 구성된다. 이전에는 저주파 대역의

RFID 시스템이 많이 사용되었지만, 최근에는 다중 인식(anti-collision), 긴 인식 거리, 데이터 처리속도 등의 기술적인 장점으로 인해 UHF 대역 RFID 시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다.

RFID 시스템 구성 중 태그는 안테나와 IC 칩(chip or microchip)으로 구성되어 있으며, 특정 사

* 본 연구는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금으로 수행한 최우수실험실 지원사업의 연구결과입니다.
** 주저자 : 광운대학교 전파공학과 석사과정
*** 공저자 : 광운대학교 전파공학과 박사과정
**** 공저자 : 광운대학교 전파공학과 교수
† 논문접수일 : 2006년 2월 21일

물에 부착되기 때문에 부착 환경에 대한 특성을 고려한 안테나 설계가 필요하다[1]. 특히 금속면에 부착 가능한 태그를 설계하기 위해서는 일반적인 label type의 태그와는 다른 형태의 태그 안테나 설계가 필요하다.

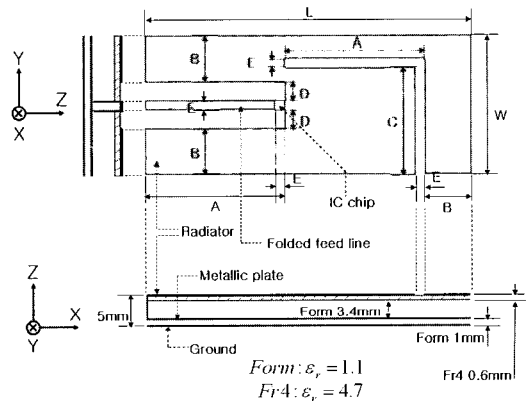
기존의 연구된 금속 물질에 부착 가능한 태그 안테나 구조는 마이크로스트립 패치(Microstrip patch), IFA(Inverted-F Antenna), PIFA(Planar Inverted-F Antenna)형태의 안테나 구조들을 갖는다 [2-4]. 이러한 구조들은 자체적으로 접지면을 가지고 있기 때문에 금속면에 부착이 가능하다. 마이크로스트립 패치형태의 안테나는 $\lambda/2$ 공진 길이를 갖고 있으며, 일반적인 IFA, PIFA 형태의 태그 보다는 금속 물질 크기나 모양의 변화에 따라 성능 변화가 적지만, 크기가 큰 단점을 가지고 있다. PIFA, IFA 형태의 안테나는 $\lambda/4$ 공진 길이의 방사체를 갖고 마이크로스트립 패치 형태의 태그 보다는 작은 크기로 구현할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 IFA, PIFA는 접지면이 안테나의 일부로 동작하기 때문에 접지면 크기나 모양에 따라 성능의 변화가 심하다[4]. 그러므로 일반적인 IFA, PIFA 구조의 안테나는 접지면 크기나 모양에 대해 영향을 많이 받기 때문에 접지면의 크기가 최적화되어야 한다. 이러한 접지면의 변화는 부착되는 금속 물질 크기나 모양에 따라 태그의 성능을 변화시킬 수 있음을 의미한다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 개선하기 위해 기존의 마이크로스트립 패치 안테나의 변형된 형태로 부착되는 금속물질의 영향을 줄이기 위해 안테나의 구성을 단일 층이 아닌 멀티 층(multi-layer)을 구성하였다[4]. 또한 마이크로스트립 패치의 크기를 줄이기 위하여 “L”자 슬릿을 이용하였다. 제안된 안테나는 시뮬레이션과 측정을 통해 검증 및 비교 하였으며, 측정은 후방산란(back-scattering) 방법을 이용하였다[5].

II. 제안된 안테나 구조 및 분석

<그림 1>은 본 논문에서 제안한 태그 안테나로

서 방사체, 접힌 급전 선로(folded feed line), 방사체와 접지면 사이의 금속면, 접지면 으로 구성된다. 제안된 태그 안테나의 전체 크기는 $70 \times 30 \times 5 \text{ mm}^3$ 이다. 방사체는 0.6 mm의 FR4 기판 위에 구성되어 있으며, 접힌 급전 선로는 방사체와 접지면 사이의 금속면과 전기적으로 연결되어 있다. 방사체는 크기를 줄이기 위해 “L”자 슬릿을 삽입하였다. 접힌 급전 선로는 중간의 금속면과 연결하여 제안된 태그 안테나의 임피던스 특성을 인덕티브(inductively)하게 하고, 방사체와 접지면 사이의 층을 분리시켜 금속 물질에 부착 되었을 때 금속 물질에 대한 안테나 성능의 변화를 최소화 할 수 있도록 하였다. 제안된 안테나는 마이크로스트립 패치 안테나의 급전 방법인 인셋(inset)급전 방법을 응용한 구조이다. 일반적인 microstrip patch 안테나의 경우 반파장의 공진 길이를 가지며 인셋(inset) 급전은 패치의 중심으로 갈수록 안테나의 실수 저항 성분이 급격하게 변하게 된다.[6] 본 논문에서는 “L”자 슬릿으로 인해 방사체 중앙 부근에서 안테나 임피던스의 실수 저항 성분이 가장



<그림 1> 안테나 구조
<Fig. 1> Antenna Structure

<표 1> 안테나의 방사체 치수(mm)

<Table 1> Radiator Size of Antenna

변수	W	L	A	B	C	D	E
값	30	70	30	10	23	4	2

낮은 값을 갖게 된다. 하지만 급전 라인의 인셋 (inset)만으로는 임피던스의 급격한 변화로 IC 칩 임피던스 중 실수 저항 성분(real part)의 정합하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 접힌 급전 선로와 방사체와의 간격(D)을 조절함으로써 IC 칩에 실수 저항 성분의 정합을 하였으며, 또한 급전라인의 인셋(inset)길이 변화는 안테나 임피던스의 허수 성분을 조절할 수 있다. 접힌 급전 선로의 최적화된 길이는 28mm, 폭은 2mm이고, 급전 선로와 방사체와의 간격은 4 mm로 이다. 본 논문에서 사용되어진 RFID 태그 IC칩(IC chip or microchip)의 임피던스는 915 MHz에서 6.2-j128 Ω을 갖는다[7].

III. 태그 안테나 시뮬레이션 및 측정 결과

<그림 2>는 금속면 크기에 대한 제안된 안테나의 임피던스 특성과 공진 주파수 변화를 나타내는 시뮬레이션 결과이다. 부착되는 금속 물질 크기는 최대 $1\lambda \times 1\lambda$ 까지 변화를 주었고, "free space"는 금속 물질에 부착하지 않은 상태를 의미한다. 제안된 안테나는 $1\lambda \times 1\lambda$ 이하에서만 변하고 그 이상의 크기를 갖는 금속면에 부착되었을 때는 거의 변화를 나타내지 않았다. 금속면 크기에 따라 제안된 안테나의 공진 주파수 변화는 8 MHz 이고 반사 손실은 최대 3.3 dB의 변화를 나타내었다.

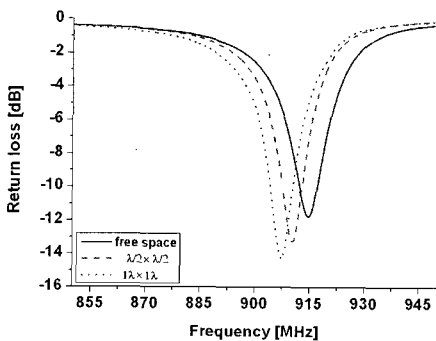
<그림 3>은 반사 손실 측정 결과를 나타낸 그림이다. 반사 손실 측정은 Network Analyzer로 측정

된 데이터를 바탕으로 IC칩의 임피던스를 재정규화 (renormalize) 하였다. 시뮬레이션의 결과와 측정 결과가 유사한 특성을 보이는 것을 확인 할 수 있다. 공진 주파수의 변화는 9MHz 이고 반사 손실은 최대 3.5 dB의 변화를 나타내었다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교해 보면 시뮬레이션 결과 3 dB 대역폭이 금속면에 부착하지 않은 자유 공간에서 23 MHz (902 ~ 925 MHz), $\lambda/2 \times \lambda/2$ 일 때 21 MHz(898 ~ 919 MHz), $1\lambda \times 1\lambda$ 일 때 13 MHz (894 ~ 907 MHz)의 대역폭을 가지며, 측정 결과 실제 3 dB 대역폭은 자유 공간에서 20 MHz (905 ~ 925 MHz), $\lambda/2 \times \lambda/2$ 일 때 17 MHz (900 ~ 917 MHz), $1\lambda \times 1\lambda$ 일 때 14 MHz (898 ~ 912 MHz)의 대역폭을 갖는다. 이것으로 제안된 안테나가 금속면 크기에 대해 임피던스나 공진 주파수의 변화가 적음을 확인 할 수 있다. <표 2>는 시뮬레이션과 측정 결과 태그의 공진 주파수를 나타낸 표이다. 시뮬레이션과 측정결과 공진 주파수의 변화는 1 ~ 2 MHz 임을 알 수 있다.

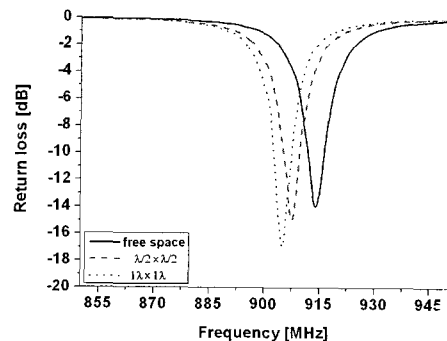
<표 2> 공진 주파수 비교

<Table 2> Read ranges of tag antenna

	Simulation	Measurement
free space	915 MHz	914 MHz
$\lambda/2 \times \lambda/2$	910 MHz	908 MHz
$1\lambda \times 1\lambda$	907 MHz	905 MHz



<그림 2> 반사 손실 시뮬레이션
<Fig. 2> Simulation of Return Loss



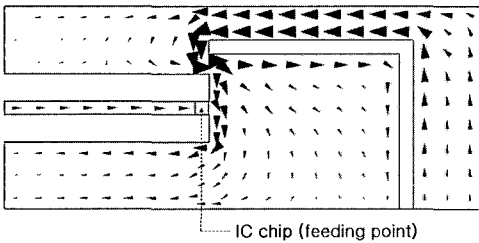
<그림 3> 반사 손실 측정 결과
<Fig. 3> Measurement of Return Loss

<그림 4>는 제안된 안테나의 전류 분포 이다. 삼각형의 방향은 전류의 방향을 나타내고, 삼각형의 크기는 전류의 크기를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 “L”자 슬릿 좌/우 로 전계의 최대 점 과 최소 점이 형성되며, $\lambda/2$ 의 공진 길이를 가지고 있다.

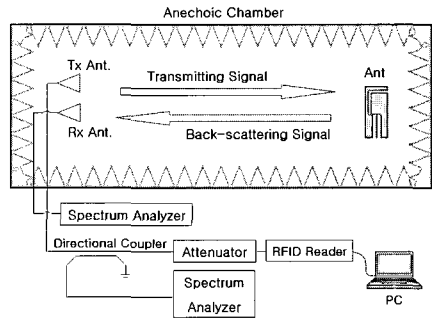
<그림 5>는 제안된 태그 안테나의 방사 패턴 측정 시스템을 나타내었다. UHF 대역 RFID 태그 IC칩과 공액 정합되어 있는 태그 안테나의 임피던스는 50Ω 을 갖지 않고, 높은 인덕티브(inductive)의 허수 성분과 낮은 실수 성분을 가지고 있다. 그러므로 기존의 안테나 측정방법을 RFID 태그에 적용하면 임피던스의 부정합과 케이블에 의한 영향으로 인하여 정확한 측정이 어렵다. 또한 일반적으로 낮은 이득과 전방향 방사패턴을 갖는 소형 안테나

의 경우 케이블에 의한 재 방사, 반사, 산란으로 인해 방사패턴의 왜곡을 갖는다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 케이블을 연결하지 않고 외부에서 태그의 IC 칩을 구동시키기 위한 신호를 보내고, 신호의 세기에 대한 태그의 반응을 측정의 기반으로 하였다. 전송 시스템 (Transmitting system)은 RFID reader(ARL-9780)[6]와 안테나로 구성되어 있으며, 리더(Reader)의 전력(Power)은 조절 가능한 감쇠기(variable attenuator)를 이용하여 조절 하였다. 수신 시스템(Receiving system)은 수신 안테나와 spectrum analyzer로 구성되며, 태그의 후방 산란(back-scattering) 신호의 전력을 검출한다.

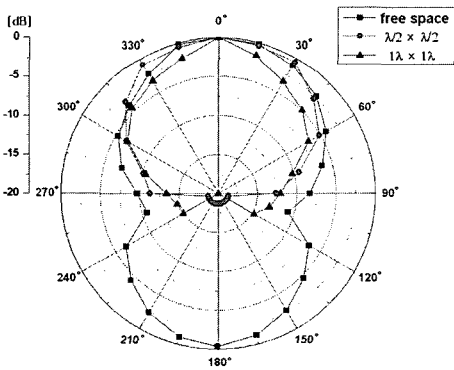
<그림 6>은 이러한 측정 시스템을 바탕으로 실제 금속 물질을 제안된 안테나의 부착하여 측정하였으며, 금속 물질 크기에 따라 변하는 방사 패턴



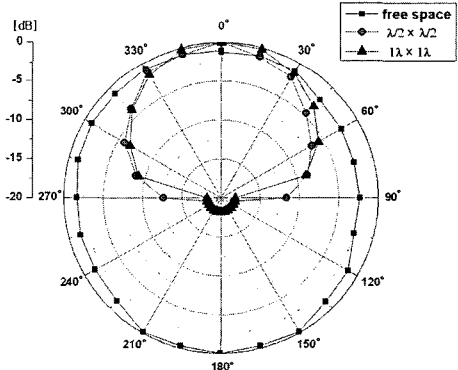
<그림 4> 전류 분포도
<Fig. 4> Current Distribution



<그림 5> 측정 시스템 ; 태그의 방사패턴
<Fig. 5> Measurement system ; radiation pattern of tag



(a) y-z 평면 (a) y-z plane



(b) x-z 평면 (b) x-z plane

<그림 6> 방사 패턴

<Fig. 6> Radiation Pattern

을 측정한 그림이다. 측정된 방사 패턴은 각각의 금속 물질 크기에 대한 공진 주파수에서 측정하였다. 리더(Reader)의 최소 전력(minimum power)을 각도별로 측정하여 정규화(normalize) 하였다. 부착되는 금속 물질 크기에 따라 방사 패턴의 주 빔의 방향은 변하지 않음을 확인 할 수 있다. <표 3>는 부착된 금속 물질의 크기 변화에 따른 최대 인식거리를 측정한 결과를 정리한 것이다. 측정은 무반사실 내에서 Alien社의 RFID Reader(ARL-9780)와 5.97 dBi의 이득을 갖는 선평 편파 리더 안테나를 이용하여 측정한 결과이다. 측정결과 금속 물질에 부착하지 않았을 때 최대 인식 거리는 4.05 m, 부착된 금속면이 $1\lambda \times 1\lambda$ 일 때 3.9 m의 최대 인식 거리를 나타내었다.

<표 3> 태그 안테나의 인식거리

<Table 3> Read ranges of tag antenna

	인식거리
free space	4.05 m
$\lambda/2 \times \lambda/2$	3.95 m
$1\lambda \times 1\lambda$	3.9 m

IV. 결 론

본 논문은 금속에 부착 가능한 UHF 대역 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작 하였다. 안테나의 크기를 줄이기 위하여 “L”자 슬릿을 삽입하여 공진 길이를 확보하였고 방사체와 접지면 사이의 멀티층(multi-layer)으로 구성되게 함으로써 부착되는 금속 물질의 영향을 최소화 하였다. 측정은 부착되는 금속 물질의 크기를 $1\lambda \times 1\lambda$ 까지 변화를 주어 방사패턴과 인식거리를 측정하여 제안된 안테나의 성능을 검증 하였다. 금속 물질 크기에 대한 최대 인식 거리 차이는 15 cm를 나타내었다. 그러므로 제안된 태그 안테나는 다양한 모양과 크기를 갖는 금속 물질에 부착되어 사용 될 수 있을 것이다. 향

후 태그 안테나의 대역폭 확장 방법과 소형화 방법 등에 대해 연구할 것이다.

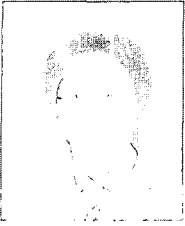
V. 감사의 글

본 과제(결과물)는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] P.R. Foster and R.A. Burberry, "Antenna problems in RFID system", *RFID Technology(Ref. No. 1999/123), IEE Colloquium.*, Oct. 1999.
- [2] Leena Ukkonen, Lauri Sydanheimo, and Makku Kivikoski, "Effects of metallic plate size on the performance of microstrip patch-type tag antennas for passive RFID", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Lett.*, Vol. 4, pp.410-413, 2005.
- [3] M. Hirvonen, P. Pursula and K. Laakkonen, "Planar inverted-F antenna for radio frequency identification", *Electronics Lett.*, Vol. 40, No. 14, pp.848-850, July 2004
- [4] Leena Ukkonen, Daniel Engels, "Planar wire-type inverted-F RFID tag antenna mountable on metallic objects", *2004 IEEE AP-S*, Vol. 1, pp.101-104, June 2004.
- [5] P. Pursula, T. Varpula, and M. Hirvonen, "Antenna radiation characterization by backscattering modulation", *URSI/IEEE XXIX Convention on Radio Science Symp. Proc.*, pp.115-118, 2004.
- [6] C. A. Balanis, *Antenna theory*, Wiley-Interscience, pp.816-825, 2005.
- [7] <http://www.alientechnology.com>

〈저자 소개〉



정 준 모 (Jun-Mo, Jung)

2006년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 석사과정

2006년 2월 : 광운대학교 전자공학부 (공학사)



유 병 길 (Byung-Gil, Yu)

2006년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 박사과정

2006년 2월 : 광운대학교 전파공학과 (공학석사)

2004년 2월 : 순천향대학교 전기전자공학과 (공학사)



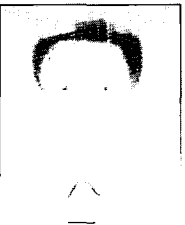
정 병 운 (Byung-Woon, Jung)

2005년 광운대학교 박사과정 수료(안테나공학전공)

2003년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 박사과정

2003년 2월 : 광운대학교 전파공학과 (공학석사)

2001년 2월 : 광운대학교 전파공학과 (공학사)



이 병 제 (Byung-Je, Lee)

1998년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 부교수

1997년 2월 : 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학박사)

1993년 12월 : 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학석사)

1988년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1997년 5월~1998년 2월 : 삼성전자 정보통신연구소 선임연구원

1998년 3월~2000년 3월 : 광운대학교 전자공학부 전임강사

2000년 4월~2004년 2월 : 광운대학교 전자공학부 조교수

1998년 8월~현재 : 광운대학교 RFIC 운영위원

2004년 3월~현재 : 광운대학교 전파공학과 부교수