

RF 에너지 충전 시스템 기능을 위한 이중대역 RFID 태그 안테나

Dual-band RFID Tag Antenna Applicable for RF Power Harvester System

문 병 귀*
(Byeongwi Mun)

이 창 용*
(Changyong Rhee)

김 재 식**
(Jae-Sik Kim)

차 정 훈***
(Junghoon Cha)

이 병 제****
(Byungje Lee)

요 약

본 논문에서는 RF 에너지 충전 시스템 기능이 가능한 이중대역 RFID 태그 안테나(Tag antenna)를 제안한다. 제안된 안테나는 UHF 대역과 Microwave 대역에서 각각 수동형과 능동형의 RFID 태그 안테나로 동작을 한다. 또한 능동형으로 동작하는 Microwave 대역 RFID 태그의 제한된 배터리 용량을 보충하기 위하여 수동형 태그로 동작하는 UHF 대역의 RFID 태그를 위한 RF 신호를 충전 회로에 적용 가능한 이중대역 RFID 태그 안테나의 특징을 가진다. 제안된 안테나는 UHF 대역 (917~923.5 MHz)과 Microwave 대역 (2.4~2.45 GHz)에서 동작을 위한 50Ω의 단일극전이 이용된 다이폴(Dipole) 구조와 미앤더(Meander) 기생 소자들을 이용한 $\lambda/2$ 다이폴과 1λ 다이폴로 각각 동작하는 이중대역 안테나의 특징을 가진다. 다이폴 구조는 Microwave 대역에서 동작을 하며, 다이폴 구조에 추가된 미앤더 기생 소자와 함께 UHF 대역에서 동작을 한다. 즉, Microwave 대역에 대하여 동작하는 다이폴 구조는 UHF 대역에서 동작을 위한 기생 소자들의 간접급전의 역할을 한다. 제작된 안테나는 UHF 대역의 917~923.5 MHz와 Microwave 대역의 2.4~2.45 GHz의 대역에 대하여 VSWR 2:1 이하를 만족하며, 또한 전방향적인 방사패턴 (Omni-directional radiation pattern)을 가진다. 안테나의 효율은 UHF 대역에서 45 % 이상, Microwave 대역에서 70 % 이상이며, 각각의 대역에서 0.18 dBi, 2.8 dBi 이상의 최대 이득을 가진다.

핵심어 : 알에프아이디 태그, 안테나, 수동형/능동형 태그, 이중대역, 저전력 PM 기술

Abstract

In this paper, a dual-band antenna is proposed for the RF power harvester system as well as RFID tag. The proposed antenna operates as the passive and active RFID tag antenna in the UHF and microwave band, respectively. In addition, to charge the battery of an active RFID tag in the microwave band, it harvest the RF signal for tagging from the passive RFID tag antenna in the UHF band. The proposed antenna operates in the UHF band (917~923.5 MHz) and microwave band (2.4~2.45 GHz). In order to obtain the dual-band operation, the dipole structure and meander parasitic elements are proposed as the $\lambda/2$ and 1λ dipole antenna, respectively. The radiating dipole structure in the microwave band acts as the coupled feed for the meander parasitic elements in the UHF band. The impedance bandwidth (VSWR < 2) of the proposed antenna covers 917~923.5 MHz (UHF band) and 2.4~2.45 GHz (Microwave band). Measured total efficiencies are over 45 % in the UHF band and over 70 % in the microwave band. Peak gains are over 0.18 dBi and 2.8 dBi in the UHF and microwave band with an omni-directional radiation pattern, respectively.

Key words : RFID Tag, Antenna, Passive/Active Tag, Dual-band, Low-power PM technology

† 본 논문은 지식경제부 산업융합원천기술개발사업으로 지원된 연구결과입니다.

[10043982, 철도차량 스마트 운영 관리를 위한 듀얼밴드의 맞춤형 능동형 태그 및 응용 SW 개발]

* 주저자: 광운대학교 전자융합공학과 석박사통합과정, ** 공저자: 주식회사 소노비전,

*** 공저자: 주식회사 KIC시스템즈,

**** 교신저자: 광운대학교 전자융합공학과 교수

† 논문접수일 : 2013년 09월 25일

† 논문심사일 : 2013년 10월 10일

† 게재확정일 : 2013년 10월 10일

I. 서 론

RFID (Radio Frequency IDentification) 시스템은 유통, 물류, 자재 시스템 관리 및 출입문 통제 등과 같은 분야에서 광범위하게 활용이 가능한 기술이다. RFID 시스템은 기본적으로 리더(Reader)와 태그(Tag)로 구성이 되며, RFID 기술이 적용된 대상물에 부착된 태그(Tag)의 IC칩에 저장된 정보를 리더기(Reader)와 무선을 통해 인식을 한다. 기존의 제한된 정보만을 가지는 바코드 시스템을 대체하기 위하여 다양한 시스템 플랫폼 환경에서 RFID 시스템을 적용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. RFID 시스템을 구성하고 있는 태그는 이를 동작시키는 배터리의 유무에 따라서 수동형(Passive)과 능동형(Active)으로 구분되고, 또한 동작 주파수 대역에 따라 분류가 되기도 한다 [1-3].

지금까지 국제 표준 RFID 주파수인 HF 대역 (13.56 MHz), UHF 대역 (433 MHz, 860~960 MHz), Microwave 대역 (2.4~2.5 GHz)에서 많은 연구가 진행되어 왔다. 900 MHz 대역의 UHF 대역은 수동형 태그로 동작을 하며 태그의 인식률과 인식거리가 뛰어나고 저비용의 생산이 가능하여 큰 주목을 받고 있다. 또한 Microwave 대역은 국제전기통신연합 (ITU-T)이 규정한 산업, 과학, 의료 분야에서 자유롭게 사용 가능한 주파수 대역으로서 RFID 시스템의 경우 수동형 또는 능동형 태그로서 동작을 하고 UHF 대역의 태그와 유사한 특성을 가진다 [4].

본 논문은 이중대역 (UHF/Microwave band) RFID 태그 안테나의 설계에 대한 연구이다. 대다수의 태그는 단일대역의 무선통신의 특징을 가지는 시스템에 대하여 설계가 된다. 하지만 인식거리나 인식률에 대한 고 신뢰성을 필요로 하는 경우에 대하여 이중대역의 RFID 시스템이 요구된다. 이러한 경우에 대하여 UHF 대역과 Microwave 대역의 RFID 시스템이 함께 사용이 가능하다. 하지만, 배터리의 전력으로 운용되는 Microwave 대역 능동형 태그는 배터리의 수명에 따라 태그의 가용 주기가 결정되어 진다. 따라서 장기적인 능동형 RFID 태그의 사용을 위해서는 효율적인 저전력

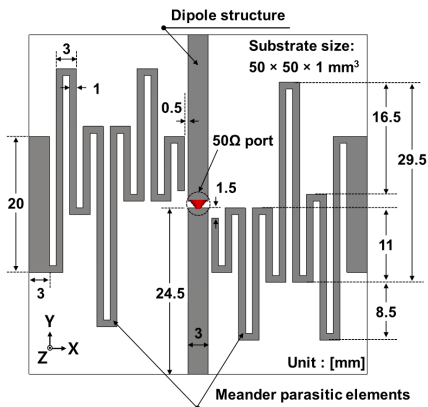
PM (Power Management) 기술이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 PM 기술에 대하여, UHF 대역의 수동형 태그에 인가되는 RF 신호를 통해 Microwave 대역 능동형 태그의 향상된 배터리의 가용주기를 위한 RF 충전 시스템 기능을 가능하도록 하는 이중대역 RFID 태그에 대한 연구를 진행하였다. 제안하고자 하는 이중대역 RFID 태그 안테나는 UHF 대역과 Microwave 대역에서 각각 태그 안테나의 기능을 수행한다. 또한 UHF 대역에서 운용되는 수동형 태그의 동작 전력인 -10 dBm 이상의 RF 전력을 이용하여 RF 충전 기능이 가능하도록 하여, Microwave 대역의 능동형 RFID 태그에 대한 전력 공급이 가능하게 하는 특징을 가진다.

제안된 안테나는 비교적 간단한 구조의 방사체를 통해 이중대역의 특성을 만족하였다. 50Ω의 단일급전을 통해 직접급전이 되는 다이폴 구조를 이용하여 VSWR 2:1 이하에서 Microwave 대역에 대한 동작을 만족하였다. 또한 다이폴 구조(Dipole structure)의 좌우측에 미앤더 기생 소자(Meander parasitic element)들을 배치함으로써 UHF 대역에서 동작이 가능하도록 하였다. UHF/Microwave 대역에서 동작이 가능하도록 제안된 이중대역 안테나의 성능은 효율과 최대 이득을 통하여 분석 및 검증되었다 [5].

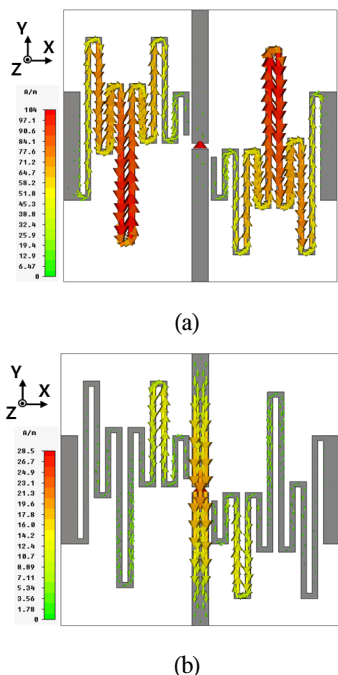
II. 안테나 구조 및 설계

UHF/Microwave 대역에서 동작하는 비교적 구조가 단순하고 크기가 작은 이중대역 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작하였다. <그림 1>은 제안된 안테나의 전체적인 구조를 나타낸다. 안테나는 $50 \times 50 \times 1$ [mm³]의 크기를 가지는 FR-4 ($\epsilon_r = 4.4$) 유전체 기판 위에 설계되었다. 50Ω의 단일급전 구조의 다이폴 안테나는 국내 RFID 시스템의 Microwave 대역(2.4~2.45 GHz)에서 동작하도록 설계되었다. 또한 본 다이폴은 국내 RFID 시스템의 UHF 대역(917~923.5 MHz)의 태그 기능과 이 대역의 신호를 이용한 RF 에너지 충전 기능을 추가하기 위해서 본 다이폴의 좌우측에 추가 배치된 미

앤더 기생소자들의 간접급전(Coupled feed)으로도 동작한다. 따라서, <그림 1>의 제안된 이중대역 안테나 구조에서 각각의 UHF 대역과 Microwave 대역의 태그 기능과 추가적으로 Microwave 대역의 능동형 태그에 대하여 UHF 대역의 RF 신호의 전력을 통한 RF 에너지 충전이 가능하도록 한다.



<그림 1> 제안된 안테나의 전체적인 구조
<Fig. 1> The overall structure of proposed antenna



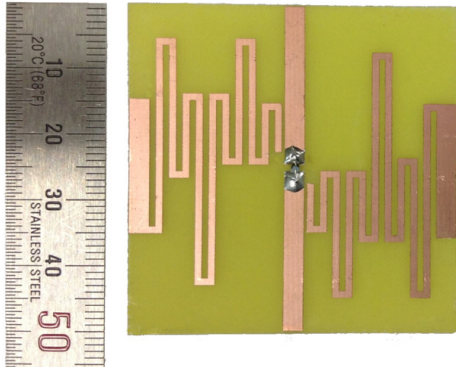
<그림 2> 제안된 안테나의 전류분포:
(a) 920 MHz, (b) 2.425 GHz
<Fig. 2> Current distribution of proposed antenna:
(a) 920 MHz and (b) 2.425 GHz

제안된 안테나는 CST Microwave Studio를 통해 설계 및 EM 시뮬레이션 검증을 진행하였다. <그림 2>는 제안된 안테나의 920 MHz(UHF 대역)와 2.425 GHz(Microwave 대역)에서의 전류분포를 나타낸다. <그림 2>의 (b)에서 전류분포는 단일급전(50Ω)에 대하여 Microwave 대역에서 동작하는 $\lambda/2$ 다이폴 안테나의 특징을 가짐을 볼 수 있다. 또한 다이폴 구조는 <그림 2>의 (a)에서 볼 수 있듯이, UHF 대역에 대한 간접급전으로서 동작한다. 그리하여 다이폴 구조의 좌우측에 배치된 미앤더 기생소자들은 UHF대역에서 1λ 다이폴 안테나의 전류분포를 나타내고 있다. 또한 <그림 2>의 (a)에서, 기생 소자들에 분포하는 전류분포의 최대지점을 다른 미앤더 기생 소자들의 구조들과 이격시킴으로서 근접한 전류의 흐름에 대한 영향을 저감시켜 효율적인 전류의 흐름을 가지도록 설계를 하였다. 그리고 미앤더 기생 소자들의 끝부분을 넓게 하여 축전기판(Capacitor-plate) 안테나와 같이 방사체에 비교적 균일한 전류가 흘러 이상적인 다이폴 안테나에 가깝게 동작특성을 가지도록 유도하였다. 또한 동일한 크기와 형태를 가지는 방사체를 안테나의 중심축을 기준으로 180° 회전되어진 좌우측의 배치를 통해서 다이폴 안테나의 동작 특성인 전방향성의 특징을 만족하는 방사패턴을 확보하도록 하였다.

제안된 안테나는 <그림 2>와 같은 전류분포를 통해 다이폴 안테나의 특징을 가짐에 따라 UHF 대역은 x축에 평행한 선형편파(Linear polarization)와 Microwave 대역은 y축에 평행한 선형편파의 특징을 가진다.

III. 제작 및 측정결과

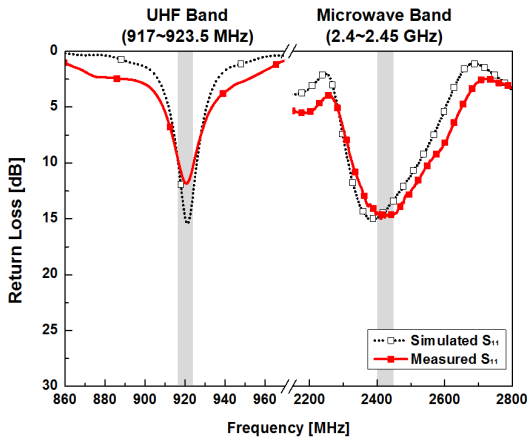
<그림 3>은 제안된 이중대역 RFID 태그 안테나의 실제 제작 사진이다. <그림 3>에서 볼 수 있듯이, 실제 50Ω을 가지는 Coaxial feed를 유전체 기판의 후면으로 배치시켜 RFID 안테나를 동작시켰다.



〈그림 3〉 제안한 이중대역 RFID 태그 안테나 제작 사진
 〈Fig. 3〉 Photo of proposed dual-band RFID tag antenna

〈그림 3〉의 제작된 이중대역 RFID 태그 안테나는 Agilent 사의 네트워크 분석기 E5071B와 무반사 챔버를 이용하여 측정 및 검증을 진행하였다.

〈그림 4〉는 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 반사손실(Return loss)을 나타낸다. 안테나는 917~923.5 MHz와 2.4~2.45 GHz에서 VSWR 2:1 이하를 만족하며 이중대역 RFID 태그 안테나의 특성을 가진다.

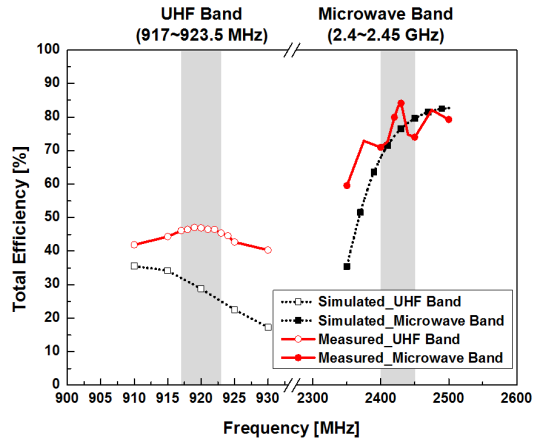


〈그림 4〉 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 반사손실
 〈Fig. 4〉 Simulated and measured return loss of proposed antenna

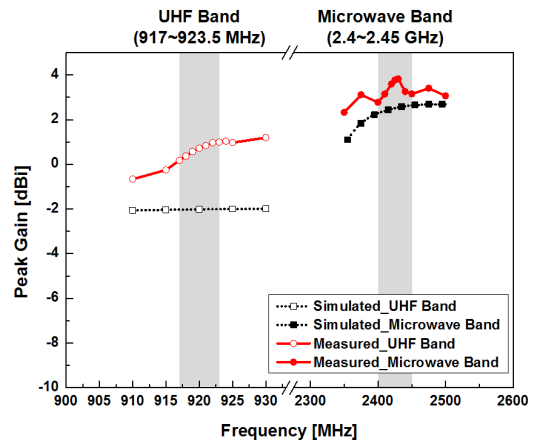
〈그림 5〉는 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 효율(Efficiency)을 나타낸다. 〈그림 5〉에서 볼 수 있듯이, 측정된 이중대역 RFID 태그 안테나는

UHF 대역에서 45 % 이상, Microwave 대역에서 70 % 이상의 효율을 각각 만족한다.

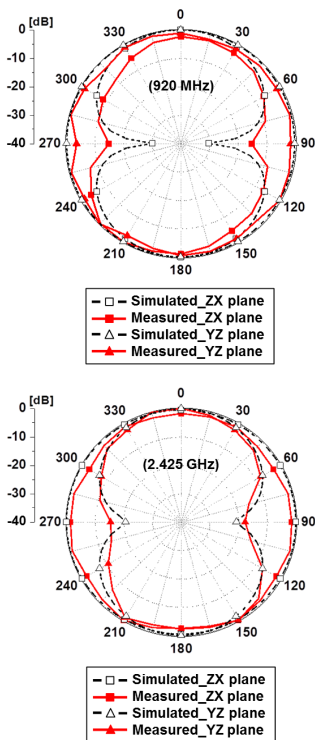
〈그림 6〉은 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 최대 이득(Peak gain)을 나타낸다. 측정된 이중대역 RFID 태그 안테나는 UHF 대역에서 0.18 dBi 이상, Microwave 대역에서 2.8 dBi 이상의 최대 이득을 각각 가진다.



〈그림 5〉 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 효율
 〈Fig. 5〉 Simulated and measured total efficiency of proposed antenna



〈그림 6〉 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 최대 이득
 〈Fig. 6〉 Simulated and measured peak gain of proposed antenna



〈그림 7〉 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정된 방사패턴
 〈Fig. 7〉 Simulated and measured radiation pattern of proposed antenna

〈그림 7〉은 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정을 통한 정규화된 방사패턴(Normalized radiation pattern)을 나타낸다. 이는 UHF 대역과 Microwave 대역에서 제안된 안테나에 대하여 각각 수직면인 YZ와 ZX 면에서 나타나는 방사패턴을 나타낸다. 이를 통하여 부착된 면을 고려하여 볼 때, 제안된 이중대역 RFID 태그 안테나는 전방향성의 특징을 가지며 일반적인 RFID 리더기와 통신이 가능할 것으로 고려된다.

V. 결 론

본 논문에서는 다이폴 구조와 미앤더 기생 소자들을 이용하여 저전력 PM 기술을 위한 RF 충전 시스템 기능에 적용 가능한 이중대역 RFID 태그 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 UHF 대역과 Microwave 대역에서 각각 수동형과 능동형의

RFID 태그 안테나로 동작을 하고, 능동형으로 동작하는 Microwave 대역 태그의 배터리의 전력을 공급하기 위하여 수동형으로 동작하는 UHF 대역의 RF 신호를 충전 회로에 적용하는 이중대역 RFID 태그 안테나의 특징을 가진다. 제작 및 측정된 안테나는 단일급전(50Ω)을 이용하여 급전선에 연결되어진 다이폴 안테나를 통해 Microwave 대역(2.4~2.45 GHz)을 VSWR 2:1 이하를 기준으로 만족하였다. 또한 Microwave 대역을 위한 다이폴 안테나는 좌우측에 추가 배치된 미앤더 기생 소자들에 대하여 간접급전으로 동작하게 함으로서 UHF 대역(917~923.5 MHz)을 동일한 기준으로 만족하였다. 제작 및 측정된 안테나는 각각 x축과 y축에 대하여 평행한 선형편파를 가지며 전방향적인 특성을 가진다. 제안된 이중대역 RFID 태그 안테나는 UHF 대역에서 45 % 이상, Microwave 대역에서 70 % 이상의 효율을 가진다. 또한 UHF 대역에서 0.18 dBi 이상, Microwave 대역에서 2.8 dBi 이상의 최대 이득을 가짐을 보였다. 제안된 이중대역 RFID 안테나는 RF 에너지 충전시스템 분야에 효율적으로 적용이 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] J. R. Tuttle "Traditional and emerging technologies and applications in the radio frequency identification (RFID) industry", in Proc. *IEEE Radio Frequency Integrated Circuit(RFIC) Symp.*, pp.5-8, Denver, CO, USA, June 1997
- [2] Z. N. Chen, *Antennas for Portable Device*, John Wiley & Sons Ltd, 2007.
- [3] J. Jung, B. Yu, B. Jung, and B. Lee "UHF band RFID tag antenna mountable on metallic object" *J. Korea Inst. Intell. Transp. Syst.*, vol. 5, no. 1, pp.65-70, Apr. 2006.
- [4] G. Marrocco "The art of UHF RFID antenna design: impedance-matching and size-reduction techniques" *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol.

50, no. 1, pp.66-79, Feb. 2008.

2.45GHz RFID tag application”, *IET Electron.*

[5] S. Jeon, Y. Yu and J. Choi “Dual-band slot-coupled dipole antenna for 900MHz and

Lett., vol. 42, no. 22, pp.1259-1260, Oct. 2006.

저자소개

**문 병 귀 (Mun, Byeonggwi)**

2011년 2월 ~ 현 재 : 광운대학교 전자융합공학과 석박사통합과정 (전파공학)

2011년 2월 광운대학교 공학사 (전파공학)

e-mail : antlab.mun@gmail.com

연락처 : 02) 940-5299

**이 창 용 (Rhee, Changyong)**

2012년 2월 ~ 현 재 : 광운대학교 전자융합공학과 석박사통합과정 (전파공학)

2012년 2월 광운대학교 공학사 (전파공학)

e-mail : ley7657@naver.com

연락처 : 02) 940-5299

**김 재 식 (Kim, Jae-Sik)**

2010년 8월 광운대학교 공학박사 (전자재료공학)

2003년 3월 ~ 2005년 2월 : 광운대학교 공학석사 (전자재료공학)

2011년 3월 ~ 현 재 : (주)소노비전 수석연구원

2011년 8월 ~ 2013년 2월 : 한국폴리텍III대학 춘천캠퍼스 전자과 산학협업교원

2005년 3월 ~ 현 재 : 여주대학 전자과 시간강사

e-mail : hulhaha@paran.com

연락처 : 010-4194-1018

**차 정 훈 (Cha, Junghoon)**

2012년 8월 연세대학교 박사 수료 (정보산업공학전공)

2010년 2월 연세대학교 공학석사 (산업정보경영전공)

2012년 12월 ~ 현 재 : KIC시스템즈(주) CTO 재직중

2010년 3월 ~ 2011년 2월 : 한국폴리텍대학 정보통신과 겸임교수

2003년 9월 ~ 2011년 8월 : (주)미네르바 CEO

1993년 11월 ~ 2001년 4월 : 현대전자 정보통신연구소 주임연구원

e-mail : Huni.Cha@gmail.com

연락처 : 02) 866-1188

**이 병 제 (Lee, Byungje)**

1997년 5월 미국 Southern Illinois University 공학박사 (전자공학)

1993년 12월 미국 Southern Illinois University 공학석사 (전자공학)

1988년 2월 경북대학교 공학사 (전자공학)

1998년 3월 ~ 현 재 : 광운대학교 전자융합공학과 교수

1997년 6월 ~ 1998년 2월 : 삼성전자 정보통신연구소 선임연구원

e-mail : bj_lee@kw.ac.kr

연락처 : 02) 940-5299