
전파 적응형 900MHz 수동형 RFID 태그 설계 및 구현

손형도* · 강승찬**

Design and Implementation of the Electromagnetic Adaptive RFID Tag in 900MHz

Hyung-doh Shon* · Seung-chan Kang**

요 약

본 논문에서는 열악한 전파 환경에서 동작하는 전파 적응형 900MHz 수동형 RFID 태그를 설계하고 구현하였다. 수동형 태그의 크기는 102mm x 102mm x 9mm이며, 동작주파수는 908~914MHz이고 인식거리는 5.1m이다. 본 논문에서 구현한 수동형 RFID 태그는 내열성 내방수성 내충격성의 특징을 가지고 있어서 특히 자동차관리를 위한 매립형과 같은 열악한 환경에서 우수한 성능을 보인다.

ABSTRACT

In this paper, an adaptive RFID tag antenna in 900MHz for using in inadequate electromagnetic environment is designed and implemented. The dimension of the proposed passive tag is 102mm x 102mm x 9mm, the operating frequency band is 908~914MHz and the detection range is 5.1m. This paper describes the development of the thermal, water and impact resisting tag. The implemented tag can be used for the inadequate environment such as in-built tag on the ground for the car management service.

키워드

알에프아이디, 알에프아이디 안테나, 알에프아이디 태그, 900MHz

Key word

RFID, RFID Antenna, RFID tag, 900MHz

* 정회원 : 한국기술교육대학교 (shd@kut.ac.kr)

** 정회원 : 한국기술교육대학교

접수일자 : 2011. 01. 24

심사완료일자 : 2011. 02. 13

I. 서 론

최근 광범위한 응용분야를 가지고 연구되고 있는 RFID 기술은 가까운 미래에 우리 생활 전반에서 큰 영향을 미치게 될 것이다[1]. 그러나 많은 적용분야에서 하드웨어적인 문제점과 소프트웨어적인 문제점이 야기되고 있다.

특히 환경을 고려한 실생활 적용시 많은 문제점을 야기하는 부분은 태그 기술이다. 태그는 유통, 물류 분야 등에서 긴 인식거리에 대한 요구가 증가함에 따라 RFID 시스템의 동작 주파수가 UHF 대역 이상으로 높아지고 있는 추세이며, 동작 주파수가 높아짐에 따라 인식거리와 같은 시스템 성능을 최대화하기 위해서는 적절한 RFID 태그 안테나 설계가 더욱 중요한 부분을 차지하게 된다.

RFID 시스템 구성 중 태그는 안테나와 태그 칩으로 구성되어 있으며, 특정 사물에 부착되어 사용되기 때문에 부착 환경에 대한 전기적인 특성을 고려한 안테나 설계가 반드시 요구되어진다.

태그는 크게 일반형 라벨태그와 특수형 태그로 구분되어진다. 일반형 라벨 태그는 얇은 PET 재질에 에칭 및 인쇄 방식을 이용하고 태그의 안테나 구조는 슬롯 다이폴(slot dipole), 미앤더 다이폴(meander dipole), 폴디드 다이폴(folded dipole) 형태가 주로 쓰이고 있으며 적용분야는 일반 종이 및 플라스틱 등 유전율 값이 낮은 재질에 많이 쓰이고 있다.

특수형 태그는 일반형 태그와 다르게 외부환경을 고려하여 패키징 기술이 요구되고 특수형 안테나의 구조는 유도 결합 급전을 이용한 발란스 구조와 유도 결합 급전을 이용한 슬롯(Slot) 구조와 인셋(Inset) 급전을 이용한 PIFA형 구조를 사용한다[2-7]. 대부분의 일반형 라벨태그는 좁은 대역폭을 가지고 있어, 양산성의 효율과 성능의 변화가 심해 시스템 적용에 많은 문제점들을 나타내고 있는 것이 현재 실정이다. 또한 라벨 형태의 태그들은 금속면에 근접하면 태그의 성능이 감소된다. 즉 태그 안테나의 성능 저하로 인식거리의 감소를 초래한다. 다이폴 안테나는 금속 물체의 표면과 평행하게 가까이 놓이게 될 경우 리더에서 출력된 전자파는 금속 물질에 의해 180도 위상 차이를 가지면서 반사된다. 이것은 반사된 전자파가 안테나로 입사되는 전자

파와 상쇄되는 현상을 초래한다. 그러므로 안테나의 방사 효율을 저하 시킨다[8]. 또한 금속 물체와 태그 안테나 사이의 기생 캐패시턴스 성분으로 인하여 공진 주파수, 안테나 임피던스, 방사 패턴 등의 특성이 변하게 된다[9][10]. 따라서 금속면과 액체성분의 외부환경과 같은 열악한 환경에서 동작하는 태그의 개발이 요구된다. 가까운 미래에 우리의 생활을 보다 윤택하고 편리하게 만들어 줄 수 있는 RFID 기술의 확산을 위해서는 응용 분야별 전파환경 특성을 고려한 태그의 개발이 반드시 필요하다.

이러한 응용 분야의 RFID 핵심 기술인 태그는 동작 주파수, 전원 공급 방법, 태그 적용 분야, 센서 포함의 유무 등에 따라 분류되며 응용 분야에 따라 다양한 종류의 개발이 가능하다. 본 연구에서는 동작 주파수는 900 MHz 대역이고 공급전원과 센서가 장착 되지 않으며 고온과 고충격에 견디는 내 환경성 태그를 개발하고자 한다. 본 논문에서 개발된 태그는 철강 분야와 자동차분야 등 다양한 응용분야에 적용이 가능하며, 특히, 공장 자동화 분야와 자동차 물류관리 시스템에서 완성된 자동차 위치 관리 센터(Vehicle Position Center, VPC) 등의 열악한 환경에 적합한 특징을 가지고 있다.

II. 본 론

2.1. 태그 안테나 설계

RFID 태그는 다양한 외부적인 환경에 적용될 수 있다. 우리가 금속성분의 물질을 관리 한다든지 혹은 액체성분의 물질을 관리 한다든지 하는 환경이 존재를 하게 된다. 본 논문은 바닥에 부착하는 태그에 대해서 연구한다. 태그가 외부바닥에 부착될 경우 바닥면이 금속면이나 아스팔트, 시멘트, 흙과 같은 면에 놓일 수 있다. 그리고 비가 올 경우와 아주 뜨거운 자외선에 노출이 되는 경우가 발생을 한다. 또한 바닥에 매립되기 때문에 태그를 매립한 매질을 투과하여 태그가 인식되어야 한다. 또한 매립된 태그는 사람의 눈에 잘 보이지 않으며 적게는 약 600 kg에서 많게는 10,000 kg의 중량이 나가는 차량이 지나갈 경우 그 하중을 견딜 수 있어야 한다. 또한 매립된 상태에서 비, 눈, 지열 등의 열악한 환경에서 태그의 기구적 특성이 변형되거나 전기적 특성이 저하되지 말아

야 한다. 이러한 특성을 고려하여 태그 재료를 선정하고 태그의 구조를 설계하고자 한다.

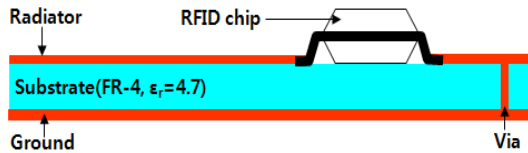


그림 1. 설계된 태그 안테나 구조
Fig 1. Structure of Designed Tag antenna

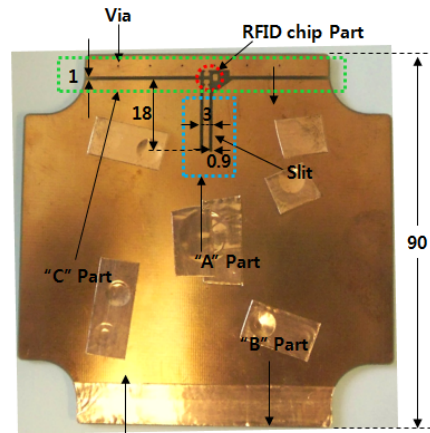
그림 1은 바닥면에 부착하는 특수태그의 안테나 구조를 나타낸다. 이런 태그 안테나의 구조는 CST社의 Microwave Studio 2009로 설계와 모의실험을 실시한 기본 구조이다. 태그 안테나는 그림 1과 같이 바닥면에 접지면(Ground Plane), 윗면에 방사체(radiator), 그리고 접지면과 방사체 사이의 유전율 4.7을 갖는 유전체(substrate), 칩(chip) 접합부로 구성되어 있으며 단락핀(Via Hole)을 사용하여 전면과 후면의 접지면을 연결하는 PIFA(Planer Inverted F-Antenna) 구조이고 에일리언사의 히스3 SOT-323 패키지 IC[11]와 공액 정합이 되도록 설계하였다.

2.2. 특성용 태그 제작 및 측정

그림 2는 모의실험을 통해 설계된 태그 안테나의 성능을 측정하기 위해 제작한 특성용 태그 안테나의 앞면(a)과 뒷면(b)이다. 제작한 태그 안테나는 유전율 4.7, 두께 2.3 mm의 FR-4 양면 기판을 사용하여 제작하였고 태그의 앞면에는 방사부, 태그 칩 접합부, 임피던스 허수부 조절부("A" Part), 임피던스 실수부 조절부("B" Part), 임피던스 세부 조절부("C" Part)로 구성된다. 그리고 지름 0.5 mm의 6개의 비아로 아래쪽 접지부와 방사부의 접지부를 연결하였다. 설계된 태그 안테나의 전체 크기는 90 mm × 90 mm × 2.3mm이다.

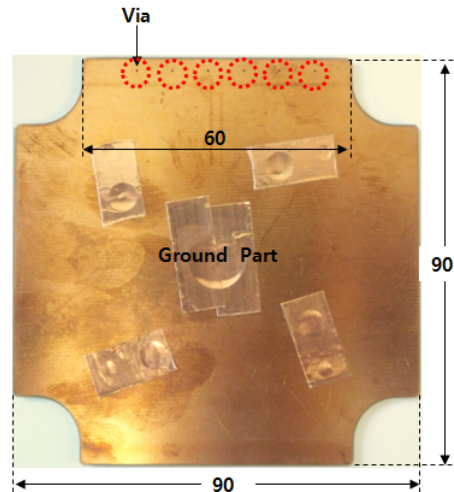
그림 3은 제작된 태그 안테나의 모의실험과 측정 결과를 비교한 그래프이다. 임피던스를 측정하기 위해 대구대학교 유비쿼터스 신기술 연구센터의 태그 안테나 임피던스 측정 시스템[12]을 사용하였다.

측정 결과 측정값의 레지스탕스(실수) 결과가 모의실험 값보다 3.71Ω 높고, 리액턴스(허수) 성분이 74.71Ω 낮은 것을 확인할 수 있다.



Radiator Part

(a)



(b)

그림 2. 제작된 태그 안테나 (a) 앞면 (b) 뒷면
Fig 2. Manufactured Tag Antenna
(a) the front (b) the reverse

그림 4는 식-1을 이용하여 그림 3의 결과를 변환하여 태그 안테나의 동작주파수를 모의실험과 측정 결과를 비교한 그래프이다. 모의실험 결과 태그 안테나의 동작주파수는 909 ~ 912 MHz이고, 측정 결과는 904 ~ 918 MHz이다. 실제 제작한 태그의 경우 모의실험에 비해 대역폭이 11 MHz 향상되었고 908.5 ~ 914 MHz인 한국 RFID 주파수를 충분히 만족하는 것을 확인할 수 있다.

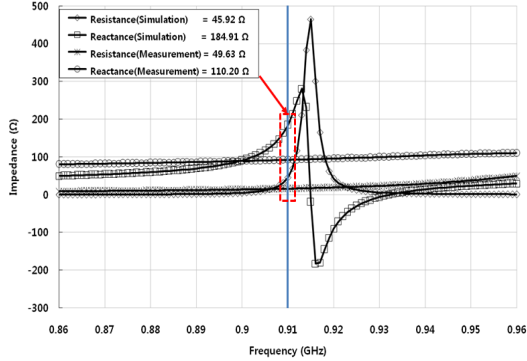


그림 3. 태그 안테나 임피던스
Fig 3. Tag Antenna Impedance

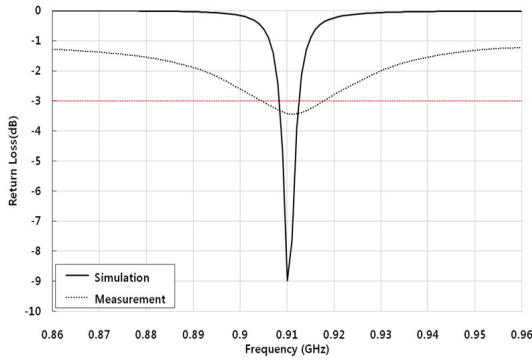


그림 4. 태그 안테나의 동작주파수
Fig 4. Operating Frequency of Tag Antenna

$$Return Loss [dB] = 20 \log_{10} \left| \frac{Z_a - Z_b}{Z_a + Z_b} \right| \quad <식-1>$$

Z_a : Impedance of a tag antenna

Z_b : Impedance of RFID Xp

2.3. 환경 적용용 태그 제작

그림 5는 VPC 환경의 간략도이다. 태그는 차량이 주차되는 앞쪽에 설치되며, 태그의 방사부가 공기 중에 표출되도록 설치된다. 태그는 절대로 이동할 수 없도록 금속핀으로 고정된다.



그림 5. VPC 환경
Fig 5. VPC Environment

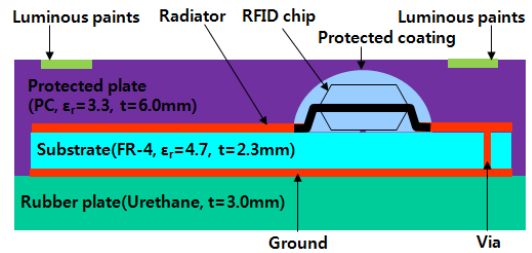


그림 6. VPC 환경을 위한 태그 패키징 구조
Fig 6. Tag Packaning Structure for VPC

그림 6은 VPC 환경을 위한 태그 패키징 구조이다. 태그는 딱딱한 표면에 부착되어 무거운 자동차가 밟고 지나가더라도 물리적으로 변형 되지 않기 위해 태그 안테나 회로의 아래쪽에는 유연성이 있는 두께 2.3 mm 우레탄 플레이트를 부착한다. 태그의 방사부는 외부에 표출되는 부분으로서 외부적인 충격에 견딜수 있도록 폴리카보네이트 재질의 유전율 3.3, 두께 6.0 mm의 보호 레이더를 부착한다. 태그의 칩 부착부는 칩이 물리적인 충격이나 환경적인 변화 요인에 칩이 태그 안테나와 분리되는 것을 막기 위해 특수 실리콘 접착제를 이용하여 코팅을 실시한다. 태그는 VPC의 야간 작업에서도 식별이 가능해야하므로 태그의 상단부에 야광 표식을 반드시 해주어야 한다.

그림 7은 제작 완료된 VPC용 태그이다. 크기는 102 mm × 102 mm × 9 mm이고, 태그를 고정하기 위한 지름 5 mm의 고정 구멍(4개)과 야간에도 태그의 식별을 가능하게 하는 4개의 야광 표시부를 가지고 있다. 그림 7에서 보여주는 부분은 태그의 방사부로서 태그가 폴리카보네이트 재질의 레이더로 보호되어 있는 사진이다.

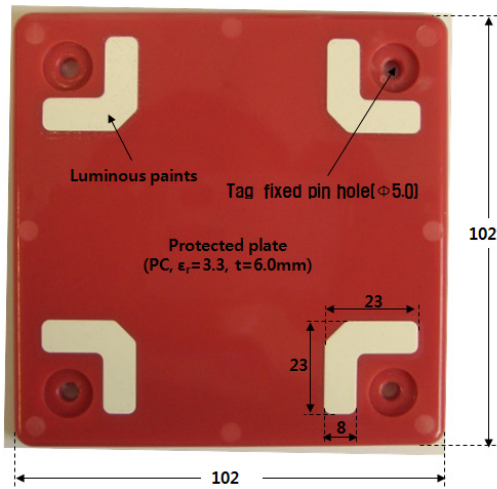


그림 7. 제작 완료된 VPC용 태그
Fig 7. Manufactured Tag for VPC

태그를 유전율이 있는 재료로 코팅을 하고 RFID 칩을 코팅제로 보호하였기 때문에 그림 2 태그 안테나에서 "A, B, C"의 길이와 폭을 조절하여 그림 6의 구조로 태그 안테나를 패키징하였을 경우, 태그 인식이 최대가 되도록 최적화 하였다.

2.4. 환경 적응용 태그 동작 시험

그림 8은 제작 완료된 그림 7의 태그의 성능을 확인하기 위해 인천 송도 RFID/USN 센터의 전자파 무반사실에서 감도를 측정한 결과이다. 감도 측정 결과 860 ~ 960 MHz에서의 평균 감도는 -6.57 dBm이고, 910MHz에서 감도는 -11.72 dBm이다.

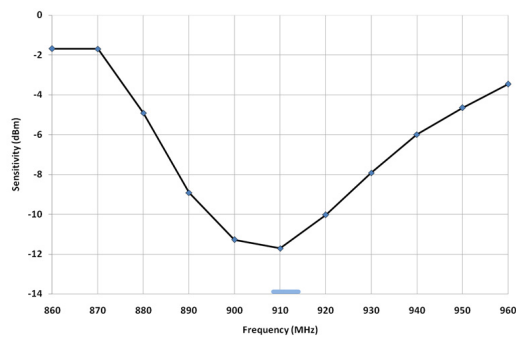


그림 8. 태그 감도 측정 결과
Fig 8. Result of Tag Sensitivity Measurement

그리고 그림 7의 태그를 무반사실에서 측정한 결과 최대 인식거리는 5.1 m가 측정 되었다. 또한 그림 7 태그의 신뢰성 확인을 위해 온도/습도 챔버에서 측정 조건 온도 0 ~ -20 °C/습도 0 % 에서 10시간, 온도 25 °C/습도 50 ~ 90 %에서 16시간, 온도 65 °C/습도 40 %에서 10시간 경과 후 태그 안테나의 기구적/전기적 성능을 측정하여 이상이 없음을 확인하였으며 설치 환경이 열악한 VPC에서 충분히 내열성, 내방수성을 견딜 수 있을 것으로 판단 된다.

본 논문에서 제작 완료된 태그는 각종 외부 환경에 강하게 설계되었다. 현재 본 논문에서 제작된 태그와 비교되는 태그는 없으며, 단 메탈 태그와 비교하였을 때 인식 거리 등 일반적인 태그 성능 외에 환경적 요인을 볼 때 메탈 태그는 장기간 외부에 노출되어 사용될 경우 각종 오염으로 인한 성능저하를 가져오지만, 본 논문에서 제작된 태그는 외부 오염으로부터 신뢰성 있는 성능을 보여 준다.

III. 결 론

본 논문에서 제안한 태그는 환경 적응형 900MHz 대역 RFID 수동형 태그로서 내열성, 내방수성, 내충격성이 요구되는 VPC 환경에서 사용하기 적합하도록 설계 되고 구현되었다. 구현된 태그는 인천 송도 RFID/USN 센터의 전자파 무반사실에서 측정한 결과 최대 인식거리는 5.1 m이고 태그 안테나의 동작 주파수는 -3 dB 이하를 기준으로 904 ~ 918 MHz로 한국 RFID 주파수인 908.5 ~ 914 MHz를 만족하였다. 태그의 온도/습도 챔버에서 측정 조건 온도 0 ~ -20 °C/습도 0 % 에서 10시간, 온도 25 °C/습도 50 ~ 90 %에서 16시간, 온도 65 °C/습도 40 %에서 10시간 경과 후 태그 안테나의 기구적/전기적 성능을 측정하여 이상이 없음을 확인하였다.

환경 적응형 태그는 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 신뢰성 부분 강화를 위해 태그 안테나 회로의 아래쪽에는 유연성이 있는 두께 2.3 mm 우레탄 플레이트를 부착하였다. 또한 태그의 칩 부착부는 칩이 물리적인 충격이나 환경적인 변화 요인에 칩이 태그 안테나와 분리되는 것을 막기 위해 특수 실리콘 접착제를 이용하여 코팅을 하였다. 또한 야간 작업환경에서도 태그의 식별이 가능하도록 태그의 상단부에 야광표시를 하였다. 구현한 태그

의 성능 테스트를 통하여 차량관리센터에서 차량관리용 매립형 태그로서 적합함을 검증하였고, 우수한 성능을 입증하였다.

참고문헌

- [1] K. Finkenzeller, RFID handbook, 2nd edition, John Wiley & Sons, England, 2003
- [2] H.-W Son and C.-S Pyo "Design of RFID tag antenna using an inductively coupled feed," *Electron. Lett.*, vol. 41, pp. 994-996, September 2004.
- [3] H. Choo, and H. Ling, " Design of electrically small planar antennas using inductively coupled feed," *Electron. Lett.*, vol. 39, pp. 1563-1565, October 2004.
- [4] H. Furuuchi, H. Morishita, H. Ide, Z. Tanaka, and K. Fujimoto, "A balance-fed loop antenna system for handsets," *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 1, pp. 6-9, July 1999.
- [5] K. Ogawa, H. Iwai, and Y. Koyanagi, "A balance-fed planar built-in antenna," *Antenna and Propagation and EM Theory, ISAPE 2000. 5th International Symposium*, pp. 680-683, 2000.
- [6] H.-W Son, G.-Y Choi, and C.-S Pyo "Design of wideband RFID tag antenna for metallic surfaces," *Electron. Lett.*, vol. 42, pp. 263-265, March 2006.
- [7] L. Ukkonen, L. Sydanheimo, and M. Kivikoski, "Effects of metallic plate size on the performance of microstrip patch-type tag antennas for passive RFID," *IEEE/Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 6, pp. 518-520, 2007.
- [8] P. Raunonen, L. Sydanheimo, L. Ukkonen, M. Keskilammj, and M. Kivikoski, "Folded Dipole Antenna Near Metal Plate," *2003 IEEE International Antennas and Propagation Symposium*, June 2003.
- [9] L. Ukkonen, L. Sydanheimo, and M. Kivikoski, "A Novel Tag Design Using inverted-F Antenna for Radio Frequency Identification of Metallic Objects," *IEEE/Sarnoff Symposium.*, pp. 91-94, April 2004.
- [10] M. Huynh and W. Stutzman, "Ground plane effects on planar inverted-F antenna performance," *IEE*

Proceedings. Microwaves, Antenna and Propagation., vol. 150, pp. 209-213, August 2003.

- [11] 에일리언사의 희스3 SOT-323 패키지 IC
- [12] J.S. Jung, J.S. Lee, K. Lee, J.M. Yang, "900 MHz Common RFID Label Tag Impedance Analysis Using Produced Prove Station," 2010 Winter Symposium, Korean Information and Communications Society, Vol. 41, pp.165, Feb. 2010.

저자소개

손형도(Hyung-doh Shon)



1999년 한국기술교육대학교
정보통신공학과 공학석사
2001년~현재 한국폴리텍IV대학
아산캠퍼스 정보통신
시스템과 부교수

현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학과
공학박사과정

※ 관심분야: RFID, 네트워크킹

강승찬(Seung-chan Kang)



1986년 한양대학교 전자공학과
학사
1988년 한양대학교 전자공학과
공학석사

1993년 한양대학교 전자공학과 공학박사
1993~현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부
교수

※ 관심분야: 인터넷네트워킹, 멀티캐스트