

# 금속환경에 적용가능한 UHF대역 라벨 태그의 구현 및 성능평가

## (A Folded Label Tag for Metallic Environment over UHF Band)

엄 태 환<sup>1)</sup>, 문 병 현<sup>2)\*</sup>

(Tae-Hwan Eum and Byung Hyun Moon)

**요 약** 본 논문에서는 일반라벨 형태의 태그를 접어서 금속환경에 사용 가능한 RFID(Radio Frequency Identification) 태그 안테나를 설계 및 제작을 하였다. 일반 라벨 태그의 경우, 금속 환경에서 인식이 열화되는 단점을 보완하여 접힌 형태의 태그 안테나를 제안한다. Ansoft社의 HFSS를 사용하여 칩 임피던스는  $52-j158\Omega$ 에 따라 910MHz에서 동작하도록 설계되었다. 태그의 크기는  $65 \times 23 \times 3(\text{mm})$ 이며 실제 제작 후 테스트 결과 5.5M까지 인식되었다.

**핵심주제어** : 접은 라벨태그, 금속환경 RFID

**Abstract** In this paper, a folded label type RFID tag antenna is designed and produced for metallic environment over UHF band. Since performance of regular label type RFID tag is seriously degraded for the metallic environment, a folded label tag is proposed to improve the performance. The proposed tag is operating at 910MHz by using inductive T Matching Feed and simulated in HFSS by Ansoft. The actual size is  $65 \times 23 \times 3(\text{mm})$  with the impedance of  $52-j158\Omega$ . The maximum distance of identification for the proposed tag is measured as 5.5 meters.

**Key Words** : Folded label tag, Metallic Environment

### 1. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)시스템은 초기에는 주로 공공부문에서 활용되기 시작하였으나, 최근에는 건물의 출입 감시 통제 및 출퇴근 인사관

리, 회수자산관리, 화물관리, 자재관리, 폐기물처리, 의료응용, 교통운수, 방법응용, 동물 감시와 제어, 자동제어 등 다양한 분야로 적용 범위를 넓혀 가고 있는 추세이다. 향후 RFID 시스템의 적용 범위가 사회 전반으로 확대될 경우, 실시간 정보관리를 통한 업무 처리 효율 개선과 이로 인한 비용절감 및 서비스 증진 등의 효과를 수반할 것으로 예상된다. 또한 장거리 인식의 수요가 높아짐에 따라 동작 주파수 대역도 HF에서 UHF대역으로 높아지고 있는 추세이다.

일반적인 UHF대역의 라벨형 RFID 태그는 <Fig. 1>과 같이 스티커 형태로 제작된다. 태그는 용도의

\* Corresponding Author

이 논문은 2013년 대구대학교의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

Manuscript received December 31, 2014 / Revised February 20, 2015 / Accepted February 26, 2015

1) (주) 루셈

2) 대구대학교 정보통신공학부, 교신저자(bhmoon@daegu.ac.kr)

특성상 특정 사물에 부착되어 사용되므로 나무, 병, 플라스틱, 금속 등 태그의 부착 물체의 특성 및 동작 환경에 따른 최적화가 필요하다. 또한 부착물질과 리더기에 따른 특성이 변화되지 않고 동작이 가능하도록 하기 위하여 광대역 특성의 설계도 필요하다. UHF 전 대역에서 동작하도록 하기 위해서도 광대역 특성의 설계는 필수적이다.



Fig. 1 UHF Band Label Type Tag

태그의 적용 환경이 <Fig. 2>와 같이 금속 환경일 경우 근거리장이 왜곡되어서 특성이 크게 변화하여 원래의 성능에 비해 그 특성이 열화하게 된다 [1,2]. 도체에 전기적으로 근접하게 되면 전자기파의 경계 조건에 의하여 IC 칩 구동에 필요한 전위차를 얻지 못하게 되어 태그 칩 구동에 필요한 충분한 전력을 얻는데 장애요소가 된다. 따라서 태그로서의 역할을 하지 못하게 될 뿐만 아니라 금속체와 태그 안테나 사이의 이격 공간 사이의 기생 커패시턴스(Parastic Capacitance) 성분으로 인하여 공진주파수, 안테나 임피던스, 방사 효율, 반사손실 등의 특성이 변화한다 [3]-[4].

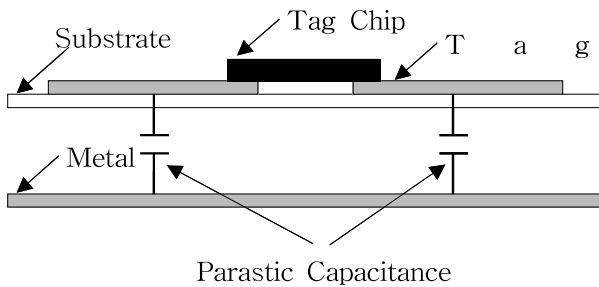


Fig. 2 Metallic Label Type RFID Tag

이러한 금속환경에서 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 inverted-F 형태의 라벨타입의 UHF 대역 RFID 태그가 연구되었다 [5]-[7]. 또한, 태그의 이득과 임피던스의 관점에서 안테나의 추가적인 루프를 설치하여 태그는 인식거리를 증가시켜 태그의 위치

가 금속과 1mm 간격을 유지할 때 인식거리가 3m로 측정되었다 [8].

본 논문에서는 금속과 같은 고유전율을 가지는 물체에 부착하여 사용가능한 라벨타입의 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작을 하였다. 일반 라벨형태의 태그 안테나를 한글의 'ㄷ'자 형태로 접어서 PIFA 형태를 구현하였으며 금속환경에 사용가능하도록 설계 하였다.접힌 부분에는 인식거리를 증가시키기 위하여 스트리폼을 삽입하여 사용하였다. Inductive T matching Feed를 사용하여 910MHz에서 동작 하도록 설계하였다. Ansoft社의 HFSS를 사용하여 설계되었다.

2장에서는 접은 라벨태그의 구조에 대하여 설명 하였다. 3장에서는 접은 라벨태그의 시뮬레이션 결과를 나타내었으며 4장에서는 제안된 태그의 제작과 테스트 결과를 설명하였다. 마지막으로 5장에서는 결론에 대하여 설명하였다.

## 2. 접은 라벨태그의 구조

본 논문에서 제안된 태그는 저가에 대량으로 생산을 할 수 있는 금속용 RFID 태그이다. 기존적인 개념은 일반 라벨형 태그를 접어서 PIFA 안테나의 Shorting Plate 방식으로 동작이 가능하도록 하는 것이다. <Fig. 3>과 같이 펼쳐진 일반 라벨형 태그를 접어서 'ㄷ'자 형태의 3차원의 구조를 가진다. 접었을 때 중앙에 유전체를 삽입하여 3차원 구조가 고정될 수 있도록 하였고 유전체는 저렴한 단가로 구입 가능한 스티로폼을 사용하였다.

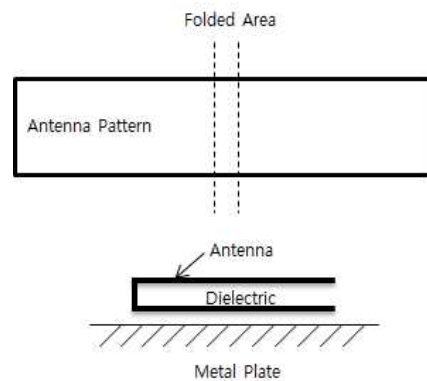


Fig. 3 Proposed Tag Structure

제안된 태그 안테나의 상세한 크기는 <Fig. 4>에서 나타내었다. ah는 태그의 세로 크기이며 aw는 태그의 가로 크기를 나타낸다.

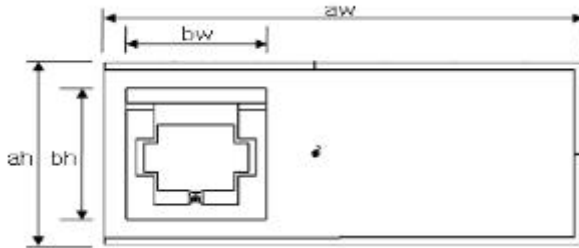


Fig. 4 Proposed Tag Size

### 3. 시뮬레이션 실험결과

UHF 대역의 RFID 태그의 경우 860~960MHz의 광대역으로 사용되고 있으나 리더기의 주파수는 각 나라별로 정해져 있다. 국내는 908.5~914MHz가 할당 되어있지만, 미국의 경우 902~928MHz등을 사용하고 있다. 태그의 경우 광대역으로 설계되어 860~960MHz에서 모두 동작되게 설계해야 하지만 금속태그의 특성상 광대역으로 설계하는 것은 쉽지 않다.

따라서 본 논문에서는 국내에서 동작 가능하도록 설계를 하였다. 중심주파수는 910MHz로 설정을 하였다. 이때 안테나의 대역폭은 -3dB를 설정하여 설계를 하게 되는데 이는 태그가 정상 작동할 때의 HPBW(half power beam width)를 기준으로 한 것이다. 시뮬레이션 툴로 Ansoft사의 HFSS 11을 사용하여 안테나는 알루미늄 에칭한 PET Substrate로 삽입되는 유전체는 스티로폼( $\epsilon_r \approx 1$ )두께 3mm로 고정하여 시뮬레이션 하였다. 그리고 Impinj Monza2의 경우 bump 연결 방식에 따라 칩의 임피던스가 변화하며 국내 UHF대역의 Single-ended connection의 경우  $52+j158\Omega$ 으로 시뮬레이션 하였다.

#### 3.1 안테나 패치길이(aw)에 따른 시뮬레이션 결과

태그의 가로길이(aw)를 65mm에서 69mm까지 1mm씩 변화 시켰다. <Fig. 5>와 <Fig. 6>에서에서는 안테나의 길이 변화에 대한 실수 및 리액턴스의 변화

를 나타내었다. aw의 길이에 따라 리액턴스 성분과 실수 성분의 공진점을 조절하여 동작 주파수를 조절 할 수 있다. <Fig. 7>에서는 태그 안테나의 S-parameter를 나타내었다. aw의 길이가 65mm에서 69mm까지 변화할 때 동작주파수의 변화를 나타내었다. <Fig. 7>에서 보는바와 같이 aw=65mm 일 때 880MHz에서 동작하며, aw=69mm인 경우 동작주파수가 910MHz로 주어졌다. aw의 길이가 증가할수록 동작주파수는 감소함을 관찰할 수 있다.

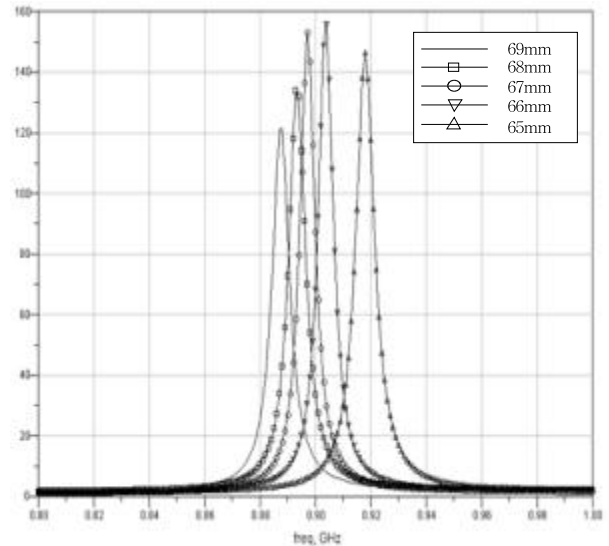


Fig. 5 Real Value vs. Length(aw)

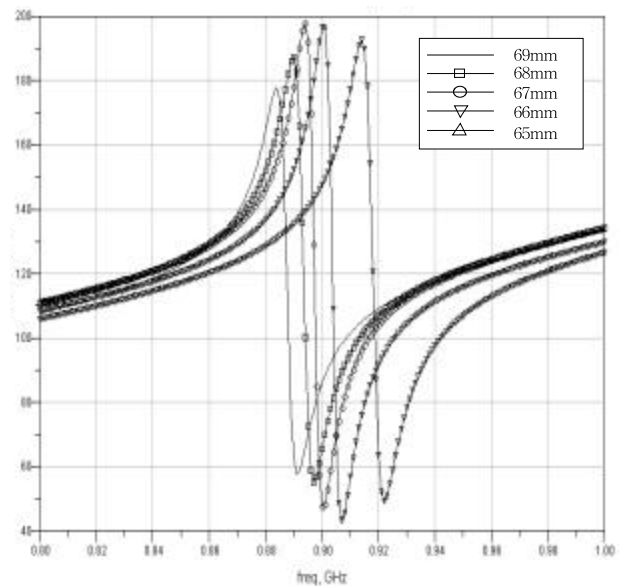


Fig. 6 Reactance vs. Length(aw)

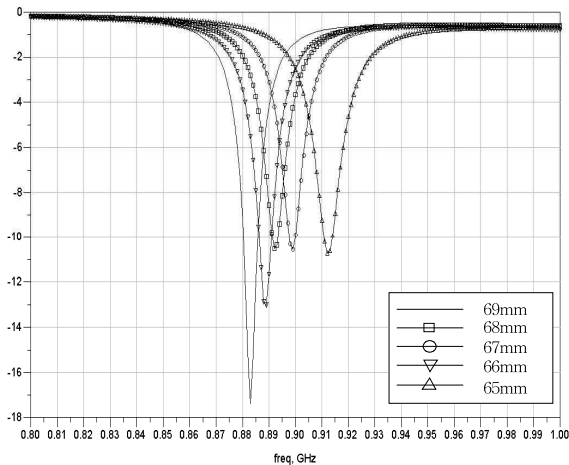


Fig. 7 S-Parameter(dB(S(1,1)) vs Length(aw)

<Fig. 8>에서는 급전부 루프의 위치가 Shorting Plate에서 떨어진 거리에 따른 시뮬레이션 결과이다. 안테나 패치 사이즈를 65mm로 고정을 한 상태에서 급전부의 위치를 0mm, 3mm, 5mm, 7mm로 시뮬레이션을 하였다. <Fig. 8>에서와 같이 Shorting Plate에서 거리가 멀어질수록 동작 주파수가 높아지는 것을 볼 수 있으며, 0mm와 같이 경우에도 동작 주파수가 높아지는 것을 볼 수 있다. 앞서 안테나 패치 길이(aw)에 따른 결과를 고려하면 급전부 루프의 위치가 너무 멀거나 가까우면 원하는 주파수 대역에서 동작하거나 동작 주파수 대역을 낮추기 위해서는 패치의 길이 또한 길어져야 한다. 따라서 급전부 루프의 위치가 3mm일 때 최소 사이즈의 안테나를 사용이 가능하다.

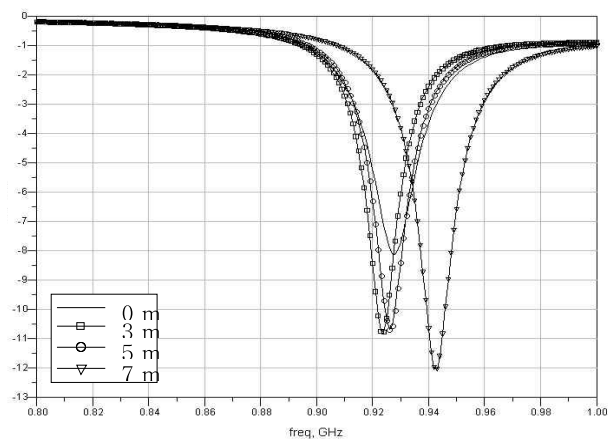


Fig. 8 S-Parameter(dB(S(1,1)) for Varying Power Feeding Location

태그 적정한 세로 길이를 결정하기 위하여 <Table 1>과 같은 크기를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 <Fig. 9>와 같은 결과를 도출하였다. 태그의 동작 대역폭은 898MHz 에서 921MHz로 대역폭=23MHz, 중심 주파수= 910MHz로 관찰되었다. 안테나의 Total Gain은 1.4dBi이며, 안테나의 효율은 62%이다.

Table 1 Designed Tag Antenna Parameter

Parameter	aw	ah	bw	bh
Length(cm)	65	23	20	18

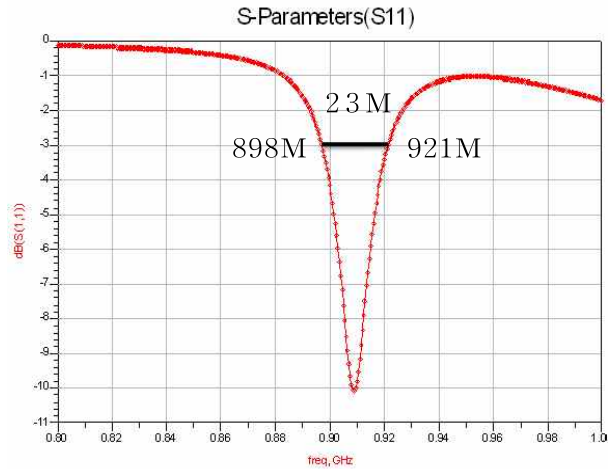


Fig. 9 S-Parameter for the Proposed Tag

#### 4. 제안된 태그의 제작 및 측정

본장에서는 <Table 1>과 같은 크기의 태그 안테나는 알루미늄 에칭된 PET Substrate 안테나를 제작하였다. 접히는 부분의 중간 유전체로 스티로폼을 사용하였다. <Fig. 10>와 같은 태그 안테나를 접어서 3mm의 스티로폼에 삽입하면 <Fig.11>과 같이 완성된다.

제작된 태그를 네트워크 분석기로 측정하였다. 측정된 파일을 매트랩을 사용하여 S-parameter를 표시하였다. 측정시 주의 사항은 금속면과 태그 사이에 기생 캐패시턴스 성분이 생기지 않도록 태그와 금속면이 밀착되어 측정되어야 한다. <Fig. 11>은 태그 안

테나의 측정된 S-parameter이다. 측정된 결과는 -3dB에서 측정된 대역폭은 904MHz~927MHz 사이의 23MHz로 주어진다. 이는 국내 UHF RFID 대역인 기준 908.5- 914MHz를 만족한다.



Fig. 10 Sample Tag Antenna



Fig. 11 Folded Tag Antenna

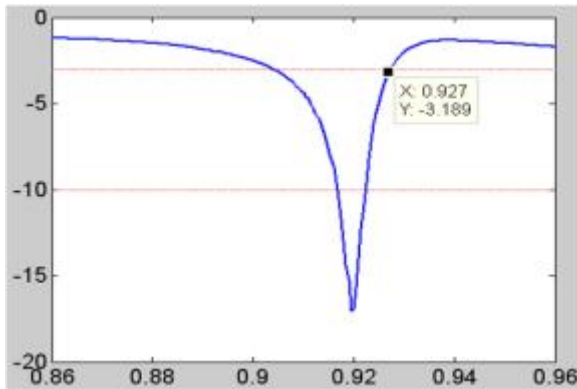


Fig. 12 S-Parameter for the Folded Tag Antenna

RFID 태그 칩을 본딩 후 태그의 주파수별 최소 응답전력을 측정하면, 태그의 Sensitivity를 측정할 수 있다. Sensitivity를 측정하면 실제 태그의 중심주파수 추세를 확인할 수 있다. 태그의 최소 응답전력이 낮게 나올수록 낮은 전력에서 태그가 동작할 수 있으므로, 최대 인식거리 또한 증가한다. Sensitivity는 4m 간격 무반사 챔버에서 측정을 하였다. 또한, 태그를 금속에 부착하지 않은 상태에서 동작되는 중

심 주파수는 940MHz이며 금속 알루미늄 판에 부착하여 태그의 동작 주파수를 측정한 결과 910MHz 중심 주파수에서 동작을 하는 것을 확인하였다.

마지막으로 태그 안테나의 인식거리를 측정하기 위하여 10m 무반사 챔버에서 알루미늄 판에 부착하여 실시되었다. 6dbi 안테나를 사용하여 측정된 최대 인식거리는 최대 5.5m까지 인식이 되었다. 이 결과는 동일 환경에서 측정된 상용 금속태그와 비교해 보면 제안된 접은 라벨태그는 상용태그의 평균 수치인 2.95m를 보다 우수한 성능을 나타내었다.

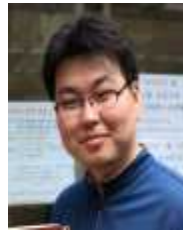
## 5. 결론

본 연구에서 금속환경에서 사용 가능한 라벨 형태의 접힌 태그를 제안하였다. 제안된 태그의 크기는 13.3cm를 접어서 두께 3mm와 가로길이 6.5cm의 크기를 가진다. 접힌 부분은 3mm의 스트리폼을 삽입하여 금속환경에서의 사용이 가능한 태그로 제작되었다. 제작된 태그는 동작주파수 904MHz에서 927MHz로 주어지며 대역폭은 23MHz로 측정되었다. 또한 무반사 10m 챔버에서 실시된 인식거리 측정에서 최대 5.5m까지 인식되었다.

## References

- [1] L. Mo and H. Zhang, "RFID Antenna near the surface of metal", IEEE Int. Symp. microw., Antenna, Propag., EMC Technol. Wireless Commun., pp, 803-806, 2007.
- [2] C. Cho, H. Choo, and I. Park, "Design of planar RFID tag Antenna for metallic objects," Electron. Lett., vol. 44, pp. 175-177, 2008.
- [3] R. Bridgelall. "Enabling mobile commerce through pervasive communications with ubiquitous RF tags." IEEE Wireless Communications and Networking. Vol 3. pp. 2041-2046, Mar. 2003.
- [4] Raunonen, P, et al. "Folded dipole antenna near metal plate" 2003 IEEE International Symposium Antennas and Propagation Society, Vol. 1. PP. 845-851. June 2003.

- [5] K. Rao, S. F. Lam and P. V. Niktin, "Wideband Metal Mount UHF RFID tag" in Proc. IEEE Antenna Propag. Soc. Int. Symp., pp. 1-4, July 2008.
- [6] 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 Wireless Propagation Letters, vol 4, pp. 410-413, 2005.
- [7] H. Kwon and B. Lee, "Compact Slotted Planar Inverted-F RFID Tag Mountable on Metallic Objects," Electron. Lett., vol. 41, pp. 1308-1310, 2005.
- [8] Tae W. Koo. et. al., "Design of a Label-Typed UHF RFID Tag Antenna for Metallic Objects" IEEE Antenna and Wireless Propagation Letters, Vol. 10, pp. 1010-1014, Dec. 2011.



**엄 태 환** (Tae-Hwan Eum)

- 정회원
- 2007년 2월 : 대구대학교 정보통신공학부 (공학사)
- 2009년 2월 : 대구대학교 정보통신공학과 석사
- 관심분야 : 무선센서네트워크



**문 병 현** (ByungHyun Moon)

- 정회원
- 1985년 6월 : Southern of Illinois University 전자공학과 (공학사)
- 1987년 6월 : University of Illinois(Urbana-Campaign) 전자공학과 (공학석사)
- 1990년 12월 : Southern Methodist University 전자공학과 (공학박사)
- 1991년 9월~현재 : 대구대학교 정보통신공학부 교수
- 관심분야 : 통신이론, 무선통신