

장거리 인식 첼제카트용 소형 케비티 UHF 태그 설계

Long Range Small Cavity UHF RFID Tag Antenna Design for a Metal Cart

프랑크 키메타 · 설 창 환 · 정 유 정

Frank Kimetya · Chang-Hwan Suel · Youchung Chung

요 약

본 논문은 자동차 부품물류 첼제카트나 팔레트에 적용 가능한 UHF(Ultra High Frequency) 대역의 RFID(Radio Frequency Identification) 태그를 소형의 케비티 구조로 장거리 인식이 가능하도록 설계를 하였다. 태그 안테나는 $140 \times 60 \times 10 \text{ mm}^3$ 크기로 해외에 수출되는 부품용 카트에 붙여지고, 입출고, 재고 등의 정보를 관리할 수 있다. 수출된 카트를 회수하여서 누락되는 카트나 팔레트의 회수율을 높여서 수출시 지불했던 카트에 관한 관세를 반납 받게 된다. 태그 안테나의 손상을 막기 위해 태그 안테나에 커버를 장착하고, 커버의 유전율을 감안하여 설계하였고, 실제 인식거리도 측정하였다. 태그 안테나는 LP(Linear Polarization) 안테나로 12m, CP(Circular Polarization) 안테나로 약 10 m의 인식거리를 확보하였다. 본 920 MHz UHF RFID 태그는 케비티 구조로서 붙여지는 물체의 재질에 상관없이 안테나의 인식거리가 보장이 된다.

Abstract

This paper presents an UHF(Ultra High Frequency) band small cavity structured RFID(Radio Frequency Identification) tag antenna with a long reading range, designed to apply on metal cart or pallet for auto-parts logistics. The size of tag antennas is $140 \times 60 \times 10 \text{ mm}^3$, attached on a exporting metal cart, and it can give the information of inventory and logistics of carts. By collecting the exported carts and increasing the recovery rate of missing carts or pallets, the paid import tax can be refunded when the carts are returned back to the manufacture. The tag antenna was equipped with a cover to prevent damage, and the dielectric constant of the cover is considered for the simulation. The reading range of the tag antenna is 12 m using LP(Linear Polarization), 10 m with CP(Circular Polarization) reader antennas. This 920 MHz UHF RFID cavity tag ensures the long reading distance of the antenna regardless of the material of the object where it is attached.

Key words: UHF RFID, Long Range RFID Tag, Cavity Metal Tag, Tag for Pallet

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 RFID 리더기, 태그, 리더기에 연결되는 안테나 그리고 응용프로그램으로 구성된다. 리더기 안테나는 리더기에서 출력이 되는 전파

를 태그로 전달하고, 태그의 신호를 받는 역할을 한다. UHF RFID(840~960 MHz) 태그는 RFID chip과 태그 안테나로 구성되어 있고, 자체 전원이 없는 수동형 태그는 리더기에서 안테나를 통하여 전송된 신호의 전자기파(electromagnetic wave)를 이용하여 역산란(back scattering)

「이 연구는 대구대학교 연구비의 지원으로 연구되었음.」

대구대학교 정보통신공학과(Department of Information and Communication Engineering, Daegu University)

· Manuscript received May, 8, 2017 ; Revised July, 3, 2017 ; Accepted September, 4, 2017. (ID No. 20170508-043)

· Corresponding Author: Youchung Chung (e-mail: youchung@daegu.ac.kr)

방법으로 리더에게 태그의 정보를 전송한다^[1].

RFID 적용 분야는 최근 다양해지고 있다. 물품 관리서비스, 입출고관리, 재고관리, 요금징수, 컨테이너 운송관리, 수출입 물류 관리서비스, 탄약관리, 보안/기밀 관리, 병력 출입관리, 국방 통합 물류 서비스, 제품정보(제조사, 유효기간, 생산일자, 유통과정, 식품요리 방법 등) 관리 및 유통과정 실시간 추적 관리 등으로 여러 분야에 적용이 되고 있다^[2~14].

현재 많은 회사들은 자동차 및 부품들을 해외로 수출할 때 그 부품을 담은 팔레트와 카트를 수출품목으로 포함시켜서 수출을 한다. 이에 팔레트와 카트는 관세를 지불하게 되어 있으며, 이를 해외에서 다시 회수하게 되면 지불한 관세를 돌려받게 된다(관세법 제99조 및 부가가치세법 제27조 제12호). 하지만 실제 많은 부분의 카트나 팔레트는 현지에서의 유실이 많으며, 실제 회수율은 매우 적다. 그래서 카트나 팔레트에 RFID UHF 장거리 인식 태그 안테나를 부착하여 해외에서 유실을 줄이고, 회수율을 늘려서 관세를 줄일 수 있다^[5].

일반 라벨형 태그는 금속에 부착하면 안테나의 임피던스가 변화하여서 태그는 정상적으로 동작하지 않는다. 그래서 금속형 태그는 붙여지는 쪽에 금속박을 두어 붙여지는 금속 물체의 효과를 최소화하여 설계를 한다^{[4]~[7]}.

참고문헌 [6], [7]에서 소개된 태그는 두 가지로서 $176 \times 52 \times 10 \text{ mm}^3$ 크기와 $176 \times 61 \times 30 \text{ mm}^3$ 로 개발되었으며, 인식거리는 해당 논문과 비슷한 13~15 m이며, 대형 중장비나 금속 자재 등 대형금속 환경에서 적용 가능한 태그로서, 본 논문의 태그보다 크기가 약 3배 이상 크므로 사용에 제한이 따를 수가 있다. 참고문헌 [8], [9]에서 인식거리가 길고 금속용 bowtie형 RFID 태그 안테나를 개발했는데, 금속용 bowtie형 RFID 태그는 AMC(Artificial Magnetic Conductor)를 삽입하여 약 890 MHz에서 인식거리 약 12 m이며, 해당 논문보다 크기는 작지만 구조가 복잡하고 제작이 용이하지가 않다.

본 논문에서는 금속이 부착되어도 큰 성능 변화가 없게 하기 위하여 소형의 cavity 형태를 사용하였고, 태그를 보호를 위하여 ABS 재질의 커버로 덮었으며, 커버의 유전율을 감안하여서 태그를 설계하였다.

II. 메탈용 장거리 태그 안테나 설계

태그는 UHF RFID 대역에서 주로 915 MHz와 920 MHz에서 사용이 가능한 태그로서 안테나 크기는 $140 \times 60 \times 10 \text{ mm}^3$ 로 케비티 구조로 개발하였으며, 최대 CP(Circular Polarization) 안테나로 약 10 m 이상에서 인식이 되도록 설계되었다. 그림 1은 cavity 구조를 가진 안테나로 안쪽을 공기와 유전율이 유사한 스티로폼($\epsilon=1.01$)을 삽입한 뒤, 겉 부분을 구리로 커버하여서 Cavity 구조를 완성하고, 30 mil 두께의 유전율 3.2의 RF용 보드 위에 설계가 되고, ABS 재질의 태그 커버를 장착하여 메탈카드에 장착이 되도록 설계하였다.

파라미터들은 $\text{ant_w}=63$, $\text{ant_h}=7$, $\text{tmat_h}=1$, $\text{tmat_w}=65$, $\text{loop_w}=5$, $\text{loop_h}=32$, $\text{port_w}=2.2$, $\text{Plastic_w}=177$, $\text{Plastic_h}=64 \text{ mm}$, Cavity_L 높이 10으로 설계하였다. Simulation을 통하여 S_{11} 의 값을 915와 920 MHz에서 만족하도록 설계하였다. 또한 RFID 칩은 Alien사의 Higgs3 칩을 사용하여 안테나 임피던스가 칩의 임피던스에 공액정합이 되도록 설계하였다. 920 MHz에는 Higgs3 칩 임피던스는 $Z_C = 27 - j200$ 이고, 915 MHz에는 $Z_C = 27 - j201$ 이다.

그림 2는 제작한 태그 안테나의 상단의 cover 모습이다. 해당 cover는 ABS 재질로서 유전율은 Agilent사의 85070E

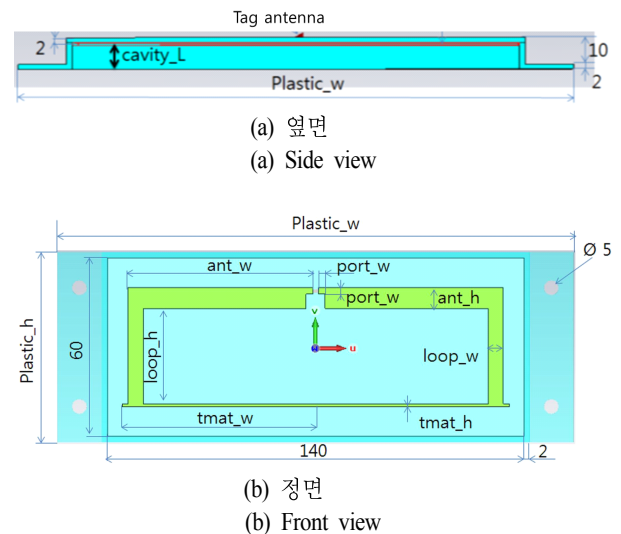


그림 1. Cavity 반사기가 있는 태그 안테나 구조
Fig. 1. Structure of the cavity tag antenna.

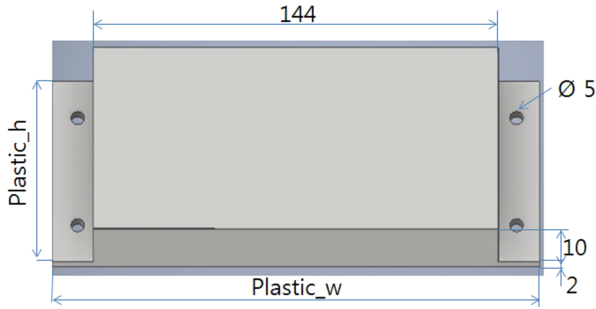


그림 2. ABS 재질의 태그 안테나 덮개(3D 모델)
Fig. 2. ABS material tag cover(3D model).

dielectric 측정기로 측정한 결과 $\epsilon = 1.3$ 으로 측정하여 simulation 프로그램에 유전율 수치를 적용하여 안테나를 설계하였다.

그림 3은 cavity 구조를 가진 안테나를 parameter sweep을 통해 시뮬레이션하여 얻은 반사계수의 그래프이다. 그림 1에서 안테나의 아래 부분의 크기인 ant_w의 값을 61, 62, 63, 64, 65로 parameter sweep를 하여 63라는 최적의 값을 얻었다.

그림 4는 설계된 cavity 구조를 가진 안테나의 simulation에 의한 반사계수 크기와 안테나를 실제 제작하여 태그가 붙어있지 않는 상태에 network analyzer를 사용하여 측정한 실제 반사계수의 크기를 나타낸 그래프다. 그래프의 결과는 네트워크 아날라이저에서 측정한 수치와 Higgs3의 저항과 캐패시터의 수치를 사용하여 공액정합 식 (1)을 대입하여 나온 결과이다. 920 MHz에서 $|S_{11}|$ 값이 -13.3 dB와 915 MHz에서 -10 dB이며, 측정치로 920 MHz에서

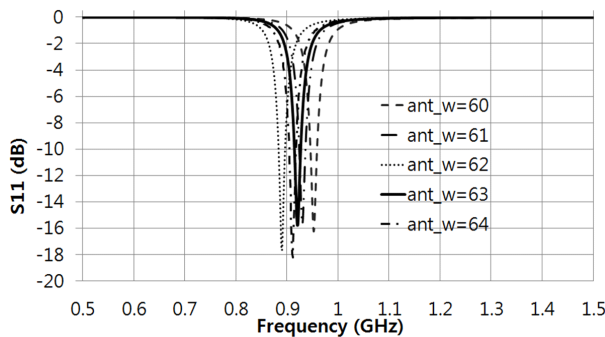


그림 3. tmat_w 크기에 따른 $|S_{11}|$ 의 값
Fig. 3. $|S_{11}|$ vs. size of tmat_w.

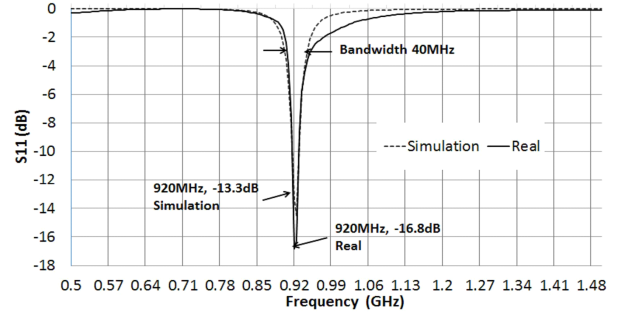


그림 4. Simulation과 측정된 반사계수의 크기
Fig. 4. Measured and simulated $|S_{11}|$.

-16.8 dB이고, 915 MHz에서 -12 dB 정도로 측정이 되어 두 대역에서 사용하기에 충분하고 유사한 결과가 도출되었다. 또한 -3 dB 대역에서의 대역폭은 905 MHz에서 945 MHz으로 약 40 MHz의 폭을 보였다.

$$\Gamma = \left(\frac{Z_a - Z_c^*}{Z_a + Z_c} \right) \quad (1)$$

Z_a : 안테나 임피던스, Z_c : 칩 임피던스

Cavity 구조를 가진 안테나를 cavity_L의 값을 2, 4, 6, 8, 10 mm으로 Parameter Sweep를 하여 10라는 최적의 값을 얻었다. 케비티 구조가 안테나의 이득에 끼치는 영향은 안테나의 케비티 구조를 제거하여 시뮬레이션 하였으며, 케비티 구조를 제거한 결과 이득이 약 -0.17 dB로 아주 낮은 값을 보였으며, 인식거리도 약 0.5 m로 아주 낮은 인식거리를 보였다.

그림 5는 안테나 이득 패턴이다. 그림 1 안테나는 기본 다이폴 형태의 안테나로 보이지만, cavity 안테나 구조로 인해 안테나의 빔 패턴은 지향성을 가지게 된다. 이를 수치로 표현하면 주파수 920 MHz에서 주엽의 이득은 6.38 dB이다.

그림 6은 제작된 cavity 구조의 태그의 실제 제작한 모습이다. 제작된 커버를 장착하여 인식거리를 측정하였으며, Alien사의 ALR 9900 리더와 리더 안테나(이득 6 dBi)를 이용하여 Alien사의 RFID program을 사용하여 측정하였다. 6 dBi LP안테나를 사용하여 12 m로 가장 긴 인식거리가 나왔으며, CP안테나를 사용했을 때 인식거리가 10 m

인 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 CP안테나로 측정한 인식 거리 패턴을 θ (방향), ϕ (방향)으로 보여주는 그림이다. 인식 거리 θ

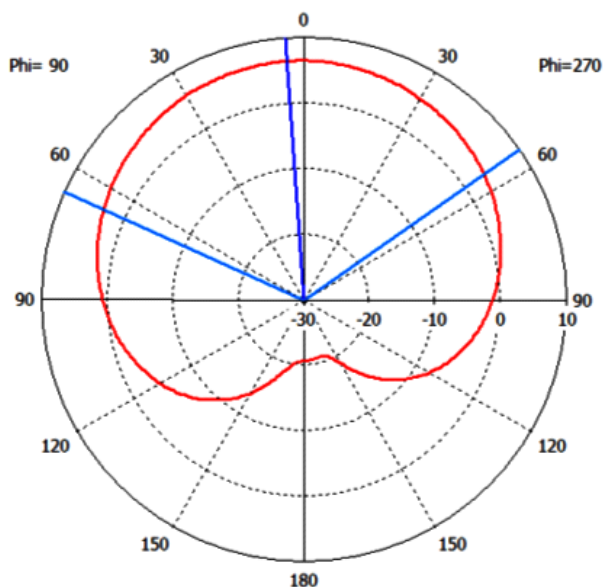


그림 5. Cavity 구조 안테나 이득패턴(simulation)
Fig. 5. Cavity structure antenna gain pattern.

방향 인식 거리는 그림에서 보듯이 제작한 태그는 0도에서 약 10 m의 인식 거리를 보이고 있으며, ϕ 방향 인식 거리는 제작한 태그는 0도에서 약 10 m의 인식 거리를 보이고 있다.

그림 8에서는 태그 안테나가 금속카트($1.5 \times 0.86 \times 0.8$ m)에 밑에 부분에 부착되며, 금속 카트에 부착되었을 때와 미부착시에 인식거리가 같음을 확인하였다.

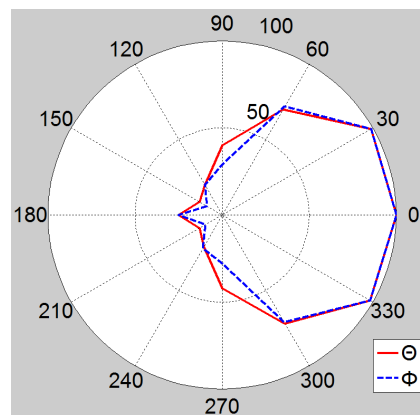


그림 7. 측정된 안테나 인식 거리 패턴
Fig. 7. Measured antenna reading range pattern.



(a) 정면
(a) Front view



(b) 뒷면
(b) Bottom view

그림 6. 제작된 cavity 태그 안테나
Fig. 6. Fabricated cavity tag antenna.

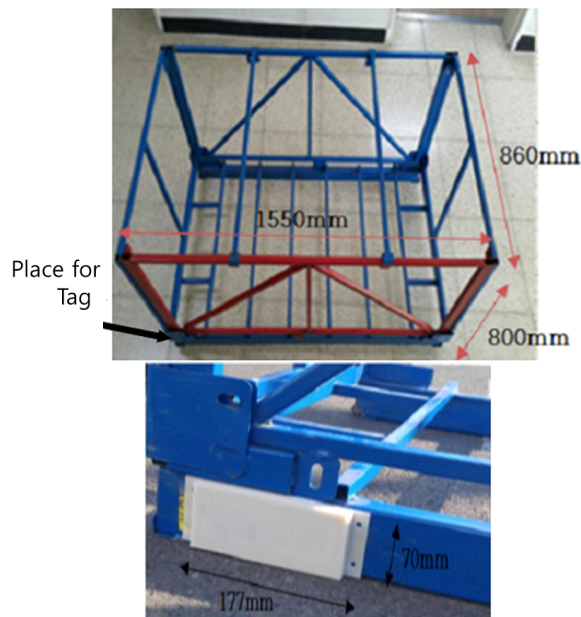


그림 8. 철제 카트 모습과 태그가 부착된 모습
Fig. 8. Metal cart shape and attached tag on the cart.

III. 결 론

본 논문에서 개발된 태그는 UHF 대역(915, 920 MHz)에서 동작하는 작은 cavity 구조의 태그로서, 부품용 철회 팔레트 혹은 카트에 부착하여 자동차 부품과 카트의 위치, 이동경로를 확인할 수 있다. 본 태그는 철회에 부착해도 인식거리가 줄어들지 않는 소형의 $140 \times 60 \times 10 \text{ mm}^3$ 크기의 철회용 cavity 형태로 설계를 하였으며, 인식 거리는 LP 안테나로 12 m, CP로 10 m의 장거리 인식용이다. 본 태그는 붙여지는 물체에 따라서 성능이 변화하지 않으므로 어디에나 붙여서 사용이 가능한 장거리 인식용 소형 케비티 태그이다. 수출 시 카트에 대한 수출 관세를 납부하는데, 해외에서 유실되는 팔레트나 카트를 쉽게 회수하여 카드가 다시 국내로 회수 시에 납부한 관세를 돌려받아 관세절약과 더불어 회사의 이익을 증대시킬 수 있다. 또한 태그의 정보를 저장, 이용하여 프로그래밍도 동시에 개발이 이루어진다면 효율적으로 사용이 가능하다

References

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, England, 2003.
- [2] 남세현, 정유정, "실버링크와 점퍼구조를 사용한 신용 카드 크기의 UHF & HF RFID 태그 안테나", 한국전자과학회논문지, 27(11), pp. 972-977, 2016년 11월.
- [3] 정유정, 전병돈, "생목 삽입용 볼트모양의 UHF RFID

태그 안테나 설계", 한국전자과학회논문지, 23(2), pp. 271-271, 2012년 2월.

- [4] 손해원, 최원규, 표철식, "UHF RFID 태그기술", 한국전자과학회 전자과학기술, 16(2), pp. 55-63, 2005년.
- [5] B. F. Kimetya, S. Choi, J. Kim, J. Kim, and Y. Chung, "Smart school-food materials inspection and logistic system using intelligent HF/UHF RFID smart box", 한국통신학회 하계종합학술발표논문집, pp. 434- 436, 2015년.
- [6] 이진성, 이경환, 여준호, 정유정 "케비티 구조를 사용한 장거리 인식용 UHF RFID 금속용 태그 설계에 관한 연구", 한국통신학회논문지, 4(12), pp 1468-1474, 2009년 12월.
- [7] D. Kim, J. Yeo, "A passive RFID tag antenna installed in a recessed cavity in a metallic platform", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 58, no. 12, pp. 3814-3820, Dec. 2010.
- [8] D. Kim, J. Yeo, "Dual-band long-range passive RFID tag antenna using an AMC ground plane", *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 6, pp. 2620-2626, Jun. 2012.
- [9] D. Kim, I.-Y. Park, "Artificial magnetic conductor loaded long-range passive RFID tag antenna mountable on metallic objects", *Electronics Letters*, vol. 50, no. 5, pp. 335-336, 27th Feb. 2014.

Byondi Franck Kimetya



2011년 1월: 대구대학교 한국어연수
2015년 2월: Daegu University 통신공학과 (공학사)
2017년 2월: 한국 Daegu University 통신공학과 (공학석사), 실습 조교
2017년 3월~현재: 대구대학교 정보통신공학과 박사과정, TA & RA

[주 관심분야] 안테나 설계, RFID, EMC 등

설 창 환



2016년 2월: 대구대학교 통신공학과 (공학사)
2014년 12월: 경북벤처창업동아리 경진대회 3위
2016년 1월: 한국통신학회 우수논문 선정
2016년 5월: 한국IT서비스학회 IT 융합비즈니스모델공모전 장려상

2017년 3월~현재: 대구대학교 정보통신공학부 석사과정

[주 관심분야] RFID 태그 안테나 설계, 마이크로프로세서와 센서 적용 수화용 글로브

정 유 정



1990년: 인하대학교 전기공학과 (공학사)

1994년: University of Nevada, Reno 전기전자공학과 (공학석사)

1999년: University of Nevada, Reno 전기전자공학과 (공학박사)

2000년 1월~2003년 4월: Utah State University, ECE Dept. 연구조교수

2003년 5월~2004년 8월: University of Utah ECE Dept. 연구조교수

2004년 9월~현재: 대구대학교 정보통신공학과 교수

2004년~현재: IEEE Senior Member

2006년~2008년: Associate Editor of International Journal of Antenna Propagation (IJAP)

[주 관심분야] RFID, 유전자알고리즘을 이용한 안테나 최적화, 다중밴드 안테나 최적화, 전선오류 검침, 배열 안테나 최적화, RFID 시스템