

캐비티 구조를 사용한 장거리 인식용 UHF RFID 금속용 태그 설계에 관한 연구

정회원 이진성*, 이경환*, 여준호**, 정유정**°

A Study of UHF RFID Metallic Tag Design for Long Reading Range Using a Cavity Structure

Jin Seong Lee*, Kyoungwan Lee*, Junho Yeo**, You-Chung Chung**° *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 Cavity 구조를 사용하여 장거리에서 인식 가능한 금속태그를 개발하였다. ISO-18000-6에 의하면 리더 시스템의 등방향 방사전력(EIRP)은 36dBm으로 제한되어 있으므로 수동형 태그의 인식거리는 한계가 있다. 태그의 인식거리를 확장하기 위해서는 고이득 안테나의 구조로 태그 안테나를 설계해야 한다. 개발된 태그 안테나는 Cavity 구조를 태그 안테나에 접목시켜 장거리(10m 이상)에서 인식 가능하도록 설계 하였다. Cavity 구조를 사용함으로써 지향성을 가진 등방향 방사 패턴을 형성하고 금속에 부착 하였을 때에도 안정적으로 동작하게 되었다. 개발된 태그는 176 × 52 × 10 mm와 176 × 61 × 30mm로 두 가지 종류로 개발 되었으며 대형 중장비나 금속 자재 관리 등 대형 금속 환경에서 적용 가능한 태그이다. 두 태그를 금속에 부착하였을 때 약 11m와 15m에서 인식이 되었다.

Key Words : UHF RFID, Long Range, High Gain Antenna, Cavity Metallic Tag

ABSTRACT

This paper shows an UHF RFID metallic tags using a Cavity structure for a long reading range. The reading range of a general passive tag is limited because the EIRP of a reader system is limited as 36dBm by ISO 18000-6. To extend the reading range, the tag antenna should have a high gain antenna structure. The designed tag antenna is recognized over 10m range with a Cavity structure. The directivity pattern and the performance of the tag with the Cavity structure is stable when it is attached to a metallic object. The designed tag antenna has two kinds as cavity thickness. The sizes of designed tag antennas are 176 × 52 × 10 mm and 176 × 61 × 30mm They can be attached to a large metallic materials and heavy equipments. The measured reading ranges of the tags are about 11m and 15m when they are attached to a metallic object.

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 RF 무선 통신을 이용하여 사물을 인식하는 기술이며, 현

재 재고관리, 자재 유통, 가축 관리, 안심먹거리 등 다양한 분야에서 적용 되고 있다. RFID는 크게 리더 시스템과 태그로 구성된다. 리더 시스템에는 호스트 컴퓨터, 리더 그리고 리더 안테나가 있다.

※ 본 지식재산권은 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 지원을 받아 수행된 연구결과임. (B1120-0901-0002, IT 특화연구소설립)

* 유비쿼터스 신기술 연구센터(jslee@utrc.re.kr), 유비쿼터스 신기술 연구센터(khlee@utrc.re.kr), **대구대학교 정보통신공학부(jyeo@daegu.ac.kr), (youchung@daegu.ac.kr)-(° : 교신저자)

논문번호 : KICS2009-10-512, 접수일자 : 2009년 10월 31일, 최종논문접수일자 : 2009년 12월 10일

RFID 태그는 RF 칩과 태그 안테나로 구성되어 있다. 자체 전원이 없는 수동형 태그는 리더에서 전송된 신호를 이용하여 RF 칩이 동작되고, 리더에게 태그의 정보를 전송한다^[14].

리더 시스템의 방사 출력은 ISO (International Standard Organization)-18000-6에 의해 36dBm으로 제한되어 있으므로 일반 다이폴 구조의 태그 인식 거리는 한계가 있다. 일반적인 상용 태그의 인식 거리는 약 5~6m이다. 따라서 수동형 태그를 장거리 (10m이상)에서 인식 가능하도록 설계하려면 안테나의 구조가 고이득 안테나 구조이거나 이득을 높이는 구조로 설계되어야 한다. 고이득 안테나 구조는 혼 안테나, 야기 우다 안테나, 패치 안테나 등이 있고, 이득을 높이는 구조는 Cavity model, Meta-material, 배열 구조 등이 있다^[5]. 참고 문헌 [6], [7]은 야기 우다 안테나를 태그 안테나에 접목시킨 것으로 인식 거리는 8m 정도이다.

일반 라벨 태그는 주변 환경에 의한 전자파 간섭을 받거나 태그 칩과 태그 안테나의 임피던스가 부정합 되면 동작되지 않는다. 일반 라벨 태그를 금속에 부착하면, 태그 안테나와 금속면 사이에 기생 커패시턴스가 발생한다. 기생 커패시턴스의 영향으로 태그 안테나의 임피던스가 변하고 칩 임피던스와 부정합 되어 태그는 정상적으로 동작하지 않는다 [8]. 따라서 금속 태그는 일반 라벨 태그 구조와 다른 특수한 구조로 설계 되어야 한다. 참고논문 [9]에서는 PCB에 via, meander line, patch의 조합으로 제작된 다양한 소형 금속 태그를 소개했다. 현재 상용 금속 태그의 인식거리는 3~5 m으로 노트북, 캐비닛관리 등 근거리 인식이 가능한 응용 분야에서 사용되고 있다. 대형 철판이나 대형 금속 자재 창고, 중장비 관리 등 장거리(5~10m)에서 대형 금속을 관리하는 곳에서는 인식거리의 한계로 현재 상용 금속 태그를 사용할 수 없다. 따라서 이런 환경에 RFID를 적용하려면 금속에 부착되어도 성능 변화가 크게 없으면서 장거리에서 인식이 가능한 특수 태그 설계가 필요하다.

본 논문에서는 Cavity model을 태그 안테나에 적용하여 장거리에서 인식 가능한 금속 태그를 소개하였다. Cavity 구조를 사용하면 등방향 방사 패턴이 지향성 있는 패턴으로 변하게 되어 등방향 패턴 안테나 보다 이득이 높게 나타나고 전·후방비 (FBR, Front to Back Ratio)가 높아진다^[10]. 이 Cavity 구조를 태그 안테나에 적용하여 성능을 측정하였을 때 최대 약 15 m에서 인식이 가능하였다.

본 논문의 2장에서는, 금속에 부착 가능한 태그를 설계하여 모의실험 결과를 나타내었으며, 각 태그를 금속에 부착 하였을 때와 부착하지 않았을 때 반사계수와 방사패턴을 비교하였다. 3장에서는 설계된 태그 안테나를 제작 및 성능을 측정하였으며, 태그를 금속에 부착 및 미 부착에 따른 태그의 감도, 인식거리 등을 비교하였다.

II. 태그 안테나 설계 및 모의실험

태그 안테나는 CST社의 Microwave Studio 2009를 이용하여 설계 되었으며, 태그 안테나의 임피던스는 Alien社의 Higgs2 Strap 임피던스에 정합되도록 하였다.

그림 1은 태그 안테나의 전체적인 구조를 나타냈다. 태그 안테나는 2 mm 두께의 FR4 면에 9 μm 두께로 구리로 에칭 되었다. FR4와 Cavity사이에는 공기와 비슷한 유전율(ε=1.01)인 스티로폼을 삽입하였다. Cavity의 높이는 10 mm와 30 mm로 두 종류의 태그를 설계 하였다.

그림 2는 각 태그 안테나의 구조이다. 설계된 안테나의 크기는 176 × 52 × 10 mm(그림 2의 (a), 이하 UMT1)와 176 × 61 × 30 mm(그림 2의 (b), 이하 UMT2)이다. Cavity 높이가 달라지면 안테나의 임피던스가 달라지므로 Cavity 높이에 따라 안테나의 임피던스가 칩 임피던스에 정합이 되도록 파라미터를 최적화 시켰다. 표 1은 Cavity 높이에 따른 각 안테나의 파라미터를 정리한 것이다.

태그 안테나의 반사계수로 동작 주파수 및 대역폭을 확인 한다. 반사계수는 식 (1)을 이용하여 계산하였다^[11].

$$ReturnLoss(dB) = 20\log_{10}\left(\frac{Z_a - Z_c}{Z_a + Z_c}\right) \quad (1)$$

Z_a : 안테나 임피던스, Z_c : 칩 임피던스

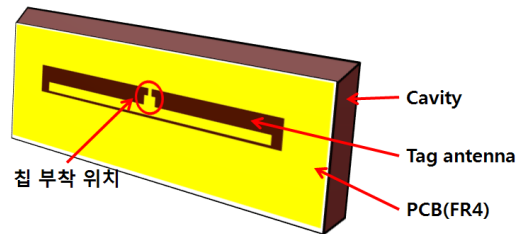
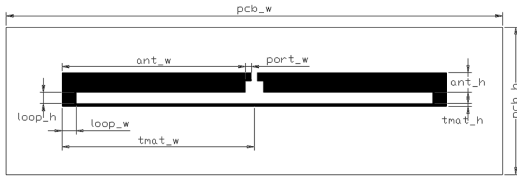
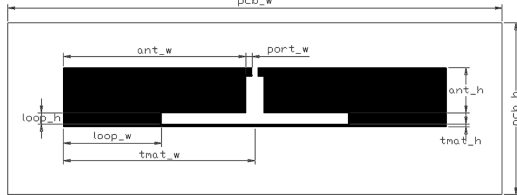


그림 1. 태그 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of the tag antenna



(a) UMT1 (Cavity 두께 10 mm)
(a) UMT1 (Cavity thickness 10mm)



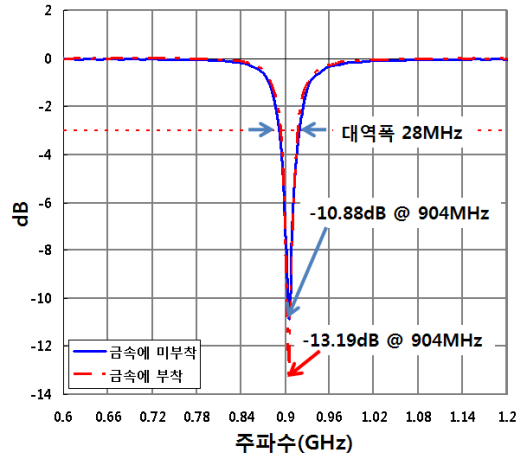
(b) UMT2 (Cavity 두께 30 mm)
(b) UMT2 (Cavity thickness 30mm)

그림 2. 설계된 태그 안테나의 변수값
Fig. 2. Parameters of tag antennas

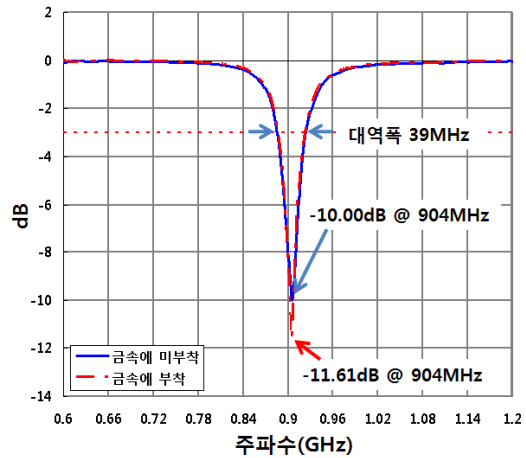
UMT1			
Parameter	value	Parameter	Value
loop_w	5 mm	loop_h	4 mm
ant_w	65 mm	ant_h	7 mm
tmat_w	68.2 mm	tmat_h	1 mm
pcb_w	176 mm	pcb_h	52 mm
port_w	2.2 mm	Cavity 높이	10 mm
UMT2			
Parameter	value	Parameter	Value
loop_w	35 mm	loop_h	4 mm
ant_w	65 mm	ant_h	16 mm
tmat_w	68.2 mm	tmat_h	1 mm
pcb_w	176 mm	pcb_h	61 mm
port_w	2.2 mm	Cavity 높이	30 mm

그림 3은 식 (1)을 이용하여 simulation에 의한 반사계수의 크기를 나타낸 그래프이며 각 태그의 금속 부착 여부에 따른 반사계수의 변화를 나타내었다. 금속 부착의 여부에 따라 금속 각 태그의 동작 주파수와 대역폭 변화는 없었지만, 동일한 태그를 금속에 부착한 것이 미 부착한 것보다 반사계수가 약 1~3 dB 더 낮아졌음을 알 수 있다.

UMT1의 동작 주파수는 904 MHz로 금속에 부착되지 않았을 때 반사계수는 -10.88 dB이며, 금속에 부착되었을 때 반사계수는 -13.19 dB이다. -3 dB 기준으로 대역폭은 약 28 MHz이다. UMT2의 동작 주파수는 904 MHz로 금속에 부착되지 않았을 때 반사계수는 -10.0 dB이며, 금속에 부착되었을 때 반사계



(a) 금속 유·무에 따른 UMT1 태그의 반사계수
(a) Return loss of UMT1 with and without metallic plate



(b) 금속 유·무에 따른 UMT2 태그의 반사계수
(b) Return loss of UMT2 with and without metallic plate

그림 3 반사계수 비교 (모의실험 결과)
Fig. 3. Comparison of return loss (Simulation result)

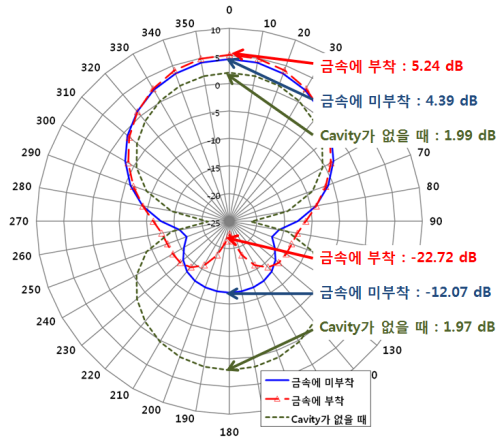
수는 -11.61 dB이다. -3dB 기준으로 UMT2의 대역폭은 39 MHz이다. UMT2가 UMT1보다 대역폭이 약 10 MHz 더 넓다.

그림 4는 금속 부착 유·무와 각 태그의 Cavity의 유·무에 따른 각 태그의 방사패턴을 비교 하였다. Cavity가 없으면 방사패턴이 일반 다이폴 형태의 패턴이다. 즉 Cavity가 있으므로 안테나의 빔 패턴이 지향성을 가지게 된다. Cavity가 있으면 전체적으로 각 태그를 금속에 부착하면 부착하지 않았을 때 보다 이득의 변화는 약 0.5~1.0 dB정도 더 높아졌으며, 후엽은 10~15 dB 더 낮아지므로 주엽(Main-lobe)의 이득 변화보다는 후엽(Back-lobe)의 이득 변화가 있다. 그러므로 전후방비가 좋아짐을

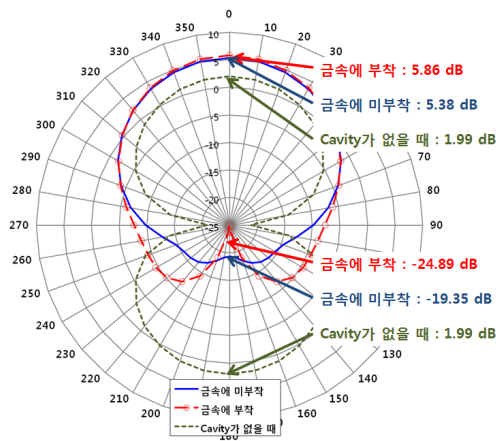
III. 태그 제작 및 성능 측정

그림 5는 제작된 태그와 패키징한 사진이다. Alien社 Higgs2 Strap을 태그 안테나에 실버 페이스트(Silver Paste)를 이용하여 본딩 하였으며, 태그의 견고성을 위하여 태그 케이스에 패키징 하였다. 태그 케이스 재질은 ABS(Acrylonitrile, Butadiene, Styrene, 유전율=3)를 사용하였으며, 금속에 부착이 가능하도록 케이스 옆으로 $\phi 3$ 홀(hole)을 만들었다.

태그의 감도는 태그가 동작하는 리더의 전력을 측정하는 것으로, 태그의 동작 주파수와 동작에 필요한 리더의 최소 전력을 알 수 있다. 감도 측정은 인천 송도 RFID/USN Center의 4m 전자파 무반사실에서 측정되었으며, 태그와 리더 안테나의 거리를 1m로 고정 후 리더의 전력을 변화시켜가며 측정된다. 그림 6은 측정 시스템에 대한 자세한 구조를 도식화 하였다. 측정에 사용된 리더는 TESCOM社의 2600A이며, 출력을 -10 dBm에서 20 dBm으로 가능



(a) UMT1 태그의 방사패턴 과 이득
(a) Radiation pattern and gain of UMT1 tag



(b) UMT2 태그의 방사패턴 과 이득
(b) Radiation pattern and gain of UMT2 tag

그림 4. 각 금속태그의 방사패턴
Fig. 4. Radiation patterns of metallic tags

알 수 있다.

그림 4의 방사패턴을 참고로, 금속 부착 유·무에 따른 각 금속태그의 전·후방비를 계산하였다. UMT1의 전·후방비는 24.14 dB이며, 금속에 부착하면 27.96 dB로 금속에 부착하면 전·후방비가 약 4 dB 상승한다. UMT2의 전·후방비는 24.73 dB이며, 금속에 부착하면 30.75 dB로, 금속에 부착하면 전·후방비가 약 6.02 dB 상승한다. 이것은 금속이 태그 안테나의 반사기 역할을 하여 방사패턴의 후엽을 줄어뜨리게 하므로 전·후방비를 상승시켜주는 효과가 있다.

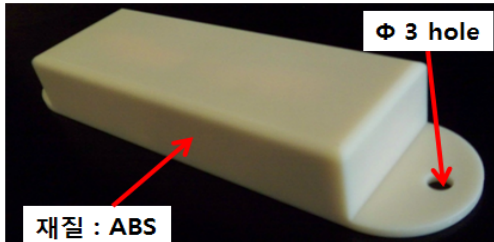
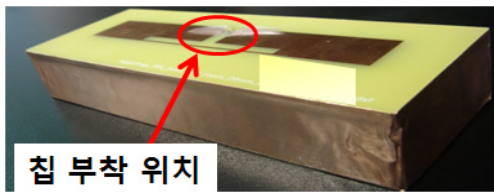
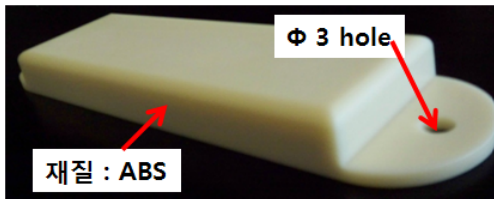


그림 5. 제작된 태그와 패키징 구조
Fig. 5. Fabricated tags and packaging structure

하다. 리더 안테나는 이득은 6dBi인 LS산전 리더 안테나를 사용하였다.

그림 7은 금속 부착 여부에 따른 각 태그의 감도 측정 결과이다. 각 금속태그는 금속에 부착과 미부착 결과가 동일하다. 금속에 태그를 부착했을 때 860~960 Mhz 전체 평균 감도는 UMT1이 -13.19 dBm, UMT2가 -15.73 dBm이며 UMT2가 UMT1보다 약 2 dBm 더 낮다. 두 태그 모두 930 Mhz에서 -20.60 dBm으로 감도가 최소이며, 910 Mhz에서는 UTM1은 15.70 dBm, UTM2는 -16.70 dBm으로 UTM2가 1 dBm 낮다.

태그 인식거리 측정은 그림 8과 같이 인천 송도 RFID/USN Center의 10 m 전자파 무반사실에서

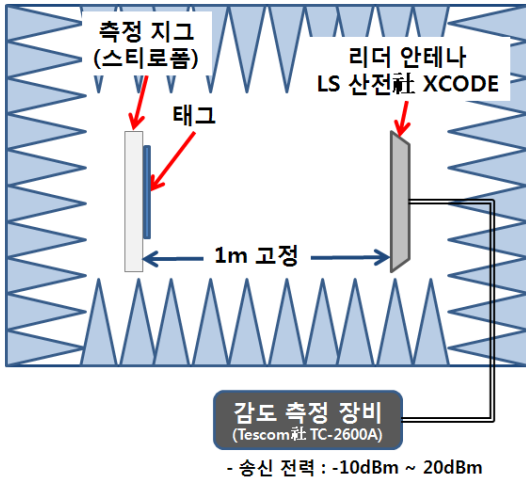


그림 6. 감도 측정 시스템(4m 전자파 무반사실)
Fig 6. Sensitivity measurement system(4m, electromagnetic anechoic chamber)

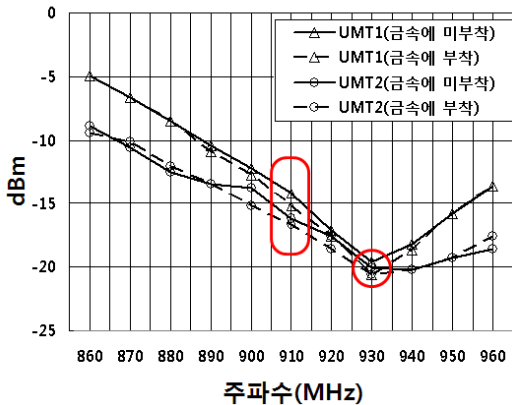


그림 7. 각 태그의 감도 측정 결과
Fig 7. Sensitivity measurement result of each tag

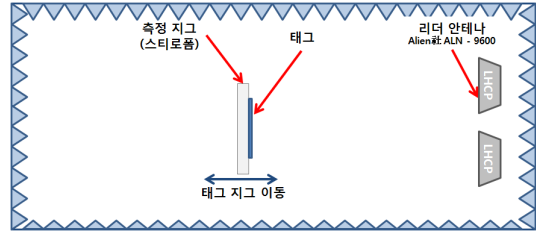


그림 8. 인식거리 측정 시스템(10m 전자파 무반사실)
Fig 8. Reading range measurement system(10m, Electromagnetic anechoic chamber)

측정 되었다. 리더 안테나는 고정되어 있고, 태그를 부착한 지그가 움직이면서 인식 거리를 측정한다. 인식거리 측정에 사용된 리더는 Alien社의 ALR - 9800이며, 리더 안테나는 Alien社의 ALR - 9650으로 LHCP와 RHCP 각 1개씩 사용하였다.

그림 9는 각 태그의 측정된 인식거리이다. 태그가 10 m 이상에서 인식되기 때문에 리더의 전력을 줄여서 측정하였다. UMT1의 인식거리는 금속에 부착되지 않으면 8.40 m이고, 금속에 부착되면 11.02 m이다. UTM2의 인식거리는 금속에 부착되지 않으면 11.16 m 이고, 금속에 부착하여 측정하면 14.96 m이다. 두 태그의 인식거리는 금속에 부착하여 측정된 결과가 금속에 미부착하여 측정된 결과보다 인식거리가 약 3 m 이상 증가하였다.

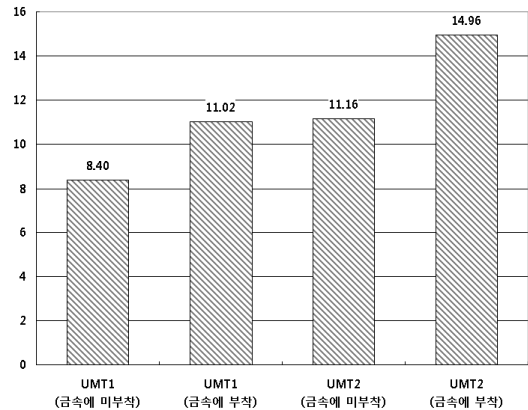


그림 9. 금속에 부착 여부에 따른 태그의 인식거리
Fig 9. Reading ranges of tags with and without metallic plate

IV. 결 론

본 논문에서 Cavity 구조를 태그 안테나에 접목시켜 금속에 부착하여 장거리에서 인식 가능한 900 Mhz 대역의 UHF RFID 태그를 소개 하였다. Cavity

의 높이가 다른 두 가지의 안테나를 설계하고 금속의 부착과 미부착에 따른 태그 성능을 비교하였다. 안테나의 크기는 176×52×10 mm (UMT1)와 176×61×30 mm (UMT2)이다. 안테나의 전후방비는 이득을 기준으로 금속에 부착하였을 때 27.96 dB (UMT1)과 30.75 dB (UMT2)로 두 태그 모두 27dB 이상이다. 태그의 감도와 인식거리는 인천 송도 RIFD/USN Center에서 측정되었다. 860 ~ 960 MHz 대역에서 UMT1의 평균 감도는 -13.19 dBm, UMT2의 평균 감도는 -15.73으로 UMT2가 UMT1보다 2 dBm 더 낮다. 금속에 부착된 상태에서 UMT1의 최대 인식거리는 약 11 m, UMT2의 최대 인식거리는 약 15m로 금속에 부착된 상태에서 두 태그 모두 10 m이상에서 인식 되었다.

개발된 태그는 금속에 부착 되면 인식거리가 증가하며 최대 15m에서 인식 가능하므로 대형 중장비 관리나, 대형 자동차 부품 창고 등 태그가 금속에 부착되어 장거리 인식이 필요한 환경에 적용이 가능할 것이라고 여겨진다.

참 고 문 헌

- [1] K.Finkenzeller, RFID Handbook, 2nd Edition, John Wiley & Sons, England, 2003.
- [2] B. Strassner, K. Chang, "Integrated antenna system for wireless RFID TAG in monitoring oil drill pipe," IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, vol. 1, pp.208-211, Jun. 2003.
- [3] B. Strassner, K. Chang, "5.8 GHz Circular polarized rectifying antenna for microwave power transmission," IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., pp.1859-1862, May 2001.
- [4] T. Razban et al., "Passive transponder card system-identifying objects - through microwave interrogation," Microwave Journal, pp.135-146, Oct. 1987.
- [5] Constantine A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2000.
- [6] 이경환, 정유정, "후엽이 작은 장거리 인식용 Yagi-Uda UHF RFID 태그 안테나 설계", 한국전자파 학회지, 제18권, 제11호, pp.1211-1216, 2007.

- [7] K. Lee, Y. C. Chung, "High gain Yagi-Uda UHF RFID tag antennas," IEEE International Symposium on Antenna and Propagation, pp.1753-1756, June 2007.
- [8] 손해원, 최원규, 표철식, "UHF RFID 태그 기술", 한국전자파학회 전자파기술, 16(2), pp.55-63, 2005.
- [9] Y.-K. Park, Y. Kim, K. Lee, Y. C. Chung, "Various UHF RFID tag for metallic object," IEEE International Symposium on Antenna and Propagation, pp.2258-2288, June 2007.
- [10] 안정선, 이진성, 정병운, 이병제, "격리도가 향상된 UP-PCS 대역 대내용 중계기 안테나 설계" 한국전자파학회논문지 제16권 제1호, 2005.
- [11] David M. Pozar, Microwave and RF Wireless Systems, John Wiley & Sons, 2006.

이진성 (Jin-Seong Lee)

정회원



2001년 호서대 전파공학사
2003년 광운대 전파공학석사
2007년 8월 광운대학교 전파공학 박사
2007년 9월~현재 유비쿼터스
신기술연구센터

<관심분야> 초광대역 고풍력 안테나, RFID 태그, 리더 안테나, 환경분석

이경환 (Kyoungwan Lee)

정회원



2006년 2월 대구대 통신공학사
2008년 2월 대구대학교 통신공학과 석사
2008년 1월~현재 유비쿼터스
신기술연구센터

<관심분야> 고이득 태그 안테나 설계, 안테나 최적화, 유전자 알고리즘을 이용한 안테나 설계, 환경분석, RFID

여 준 호 (Junho Yeo)

정회원



1992년 경북대 전자공학사
1994년 경북대 전자공학 석사
2003년 Pennsylvania State University 전기공학과 공학 박사
1994년3월~1999년6월 국방과학연구소 연구원

2003년 9월~2004년 6월 Pennsylvania State University, 박사 후 과정

2004년 8월~2007년 2월 한국전자통신연구원 RFID 시스템 연구팀 선임연구원

2007년 3월~현재 대구대학교 정보통신공학부 교수
<관심분야> 전자파수치해석, 고속화기법, EBG 구조를 이용한 안테나설계, FSS 및 AMC 설계, RFID 태그안테나 설계

정 유 정 (You Chung Chung)

정회원



1990년 인하대 전기공학사
1994년 University of Nevada 전자공학과 M.S.
1999년 University of Nevada 전자공학과 (Ph.D)
2000년 1월~2003년 4월 Utah State University, 연구조교수

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

2004년~현재 IEEE Senior Member,

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

2004년 9월~현재 대구대학교 정보통신공학과 교수
<관심분야> RFID, 유전자 알고리즘을 이용한 안테나 최적화, 다중밴드 안테나 최적화, 배열 안테나 최적화