

고유전체 표면에 부착되는 RFID 태그 안테나에 관한 연구

채규수, 임중수, 김민년
백석대학교 정보통신학부
e-mail:gschae@bu.ac.kr

A study on RFID Tag antenna on the high permittivity material

Gyoo-Soo Chae, Joong-Soo Lim, Min-Nyun Kim
Division of Information & Communication Eng.,
Baekseok University

요 약

본 논문은 RFID(Radio frequency identification) 수동 태그 안테나의 설계 시 고려 할 사항에 대한 연구이다. 일반적으로 RFID 태그 안테나는 몇 가지의 기본적인 사용 용도에 따라 안테나가 최적화 되어있다. 최근에는 그 용도가 다양화 되고 특수한 용도로 사용되는 경우가 빈번하나 이에 대한 기본적인 연구가 미비하였다. 본 연구에서는 상용화 된 태그 안테나를 사용하여 도자기 표면에서의 안테나 특성 변화를 살펴보고 이를 통해 좀 더 다양한 태그 안테나의 설계와 튜닝 방법에 대해 논의 하고자 한다.

1. 서론

최근 제품이나 사물을 인식하는 핵심기술로 RFID와 유비쿼터스 센서네트워크(USN)가 집중 조명을 받고 있다. 특히 RFID는 유비쿼터스 환경의 단초가 되는 핵심 기술이다. 물리공간에 존재하는 모든 것(기계, 동물, 사람 등)에 붙이는 태그(Tag)에 고유한 정보를 입력하고, 리더(Reader)를 통하여 이 정보를 읽고, 기존의 인공위성, 이동통신망, 인터넷 망과 연계하여 정보시스템과 통합하여 사용된다. 이러한 기술이 기업경영, 공급 망 관리, 유통관리, 지식관리 등 거의 모든 분야에서 혁신적인 기술발전을 주도하게 될 것이다. RFID기술은 약 20년 전에 처음 등장했으나, 지금까지 널리 사용되지 못하다가, 지난 2000년부터 ISO에서 표준화가 추진되고 있으며 최근에 새롭게 관심을 끌고 있다. 상품이나 물류와 관련하여 기존에 널리 사용되고 있는 바코드 방식과 달리, RFID는 비 접촉 방식으로서 포장, 대상 표면의 재질, 환경변화 등의 여부에 관계없이 항상 인식이 가

능하다. 또 마이크로칩이 내장되어 있어서 바코드보다 훨씬 많은 정보를 저장 할 수 있으므로, 물류재고관리, 도난 방지 등에 적용할 수 있다. 또한, 스마트카드 등과 연계하여 사용하면 보안통제와 같은 더욱 다양한 분야에 응용할 수 있다. 최근에는 휴대폰에 RFID기능을 추가하여 자신이 원하는 상품의 정보나 기타 필요한 정보들을 휴대폰으로 전송 받는 기술이 개발 되고 있다. RFID 기술은 그 적용 상품의 특성에 따라 저 주파수(12.5KHz, 13.56MHz) 대역의 시스템과 고주파 영역(900MHz, 2.4GHz)의 두 가지가 사용되는데, 최근에는 주로 UHF(900MHz) 대역을 중심으로 상용화에 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. UHF 대역의 연구에서 인식 거리가 중요하게 다루어지고 인식거리에 영향을 주는 요소들에 대한 연구가 소개되고 있다[1-4]. 기본적으로 태그의 인식거리는 태그 안테나를 통해 태그 칩에 전달되는 전력에 따라 결정된다. 현재 상용화된 태그 IC는 수십 마이크로와트의 전력을 필요로 하며, 이것은 리더에서 36dBm(EIRP)이 방사되는 경우에

인식거리가 수 미터 정도 된다는 것을 의미한다. 이런 모든 경우에 태그는 자유공간에 있을 경우에는 최초의 설계 사양과 유사한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 실제 태그가 사용되는 상품에는 금속, 액체, 고유전율 플라스틱($\epsilon_r=2\sim4$)이나 세라믹(혹은 도자기) 계열($\epsilon_r=5$ 이상)인 경우에는 태그 안테나 자체의 성능이 저하 되므로 인식거리가 현저히 줄어드는 것을 예상 할 수 있다. 물론 각 상품 별로 최적의 안테나를 만들기 위해 몇 가지의 표준화 안테나가 각 회사 별로 판매되고 있다. 현재 제공되는 태그 안테나는 종이박스, 육류포장지, 옷 등의 몇 가지 상품에 사용될 안테나가 제공되고 있다. 그리고 최근에는 금속 표면에 부착 가능한 안테나와 금속판과 액체가 채워진 플라스틱 병에 대한 연구결과가 소개 되었다 [1][7]. 실제 금속판이나 다른 물체가 태그 근처에 있는 경우에 인식거리가 10~30%정도 줄어든다는 연구 결과이다. 그리고 태그가 붙어있는 종이 박스가 창고에 쌓여 있거나 수십 개의 박스가 한꺼번에 포장 되어있는 경우에 인식률이 현저히 떨어지는 것을 보여주고 있다. 특히 액체가 채워진 병이 박스에 쌓여있는 경우 인식률이 25~70% 정도이고 태그가 바닥으로 위치한 경우에는 인식률이 0%인 경우도 보고되고 있다. 또한 종이 박스의 경우에도 박스에 습기가 어느 정도 포함되어 있느냐에 따라 미세한 인식률의 차이를 보이고 있다. 본 연구에서는 RFID 태그가 고유전체(도자기 제품)에 부착 되는 경우에 대해 안테나 특성을 분석하고 인식률을 측정하였다. 안테나의 분석 결과에 따라 안테나를 튜닝한 후 인식률을 측정한 결과를 보여주고 있다.

2. 안테나 제작 및 측정 결과

현재까지 개발된 UHF 대역의 RFID 태그 안테나는 일반적으로 수동형의 역 산란 방식의 시스템을 사용한다. 이 방식은 RFID 리더에서 변조된 신호가 방사되고 태그 안테나를 통해 칩에 전달된다. 태그의 안테나를 통해 전달된 신호가 칩에 전원을 공급하게 되고 메모리에 저장된 정보가 안테나를 통해 보내지게 된다. 태그의 칩이 디자인되면 임피던스 정합이 되는 안테나가 설계 되어야 한다. 현재까지 슬롯(slot), 패치(patch), 굴곡(meander), 접힌 다이폴(folded dipole), 역F-형 안테나 등 많은 종류의 RFID 태그 안테나가 소개되었다. 그러나 태그 안테

나의 기본적인 동작 특성이나 안테나의 특성 분석에 관한 연구가 미미 하였다. 최근에 전반적인 태그 안테나에 대한 실험적인 연구가 소개되었다[2]. 그리고 태그 안테나가 고유전체 표면에 부착되는 경우에 안테나를 간단히 튜닝 하는 방법이 제시되었다[4].

본 논문에서는 현재 사용되고 있는 태그에 적용된 접힌 다이폴 형태의 안테나를 사용하여 기본적인 안테나 특성 분석을 하였다. 이 특성 분석 결과를 토대로 실제 RFID 태그의 인식거리를 측정하였고 안테나가 부착되는 표면의 특성에 따른 안테나 튜닝의 필요성을 제기 하였다.

먼저 안테나의 특성을 살펴보기 위해 상용 태그의 안테나를 기본으로 그림 1과 같은 910MHz대역에서 동작하는 안테나를 제작 하였다. 실제 태그 안테나는 칩 임피던스 매칭 때문에 50Ω매칭 특성을 기준으로 한 것보다 약간 길게 튜닝 되어있어서 양쪽 끝을 6mm가량 잘라내고 910MHz 공진 주파수를 맞추었다. 그림 2에서는 안테나를 자유공간, 종이박스, 두꺼운 책, 도자기(두께 약 5mm)의 표면에 장착하여 S 파라미터를 측정한 결과를 보여주고 있다. 도자기의 경우 주파수 천이가 200MHz 정도 생기는 것을 볼 수 있다.

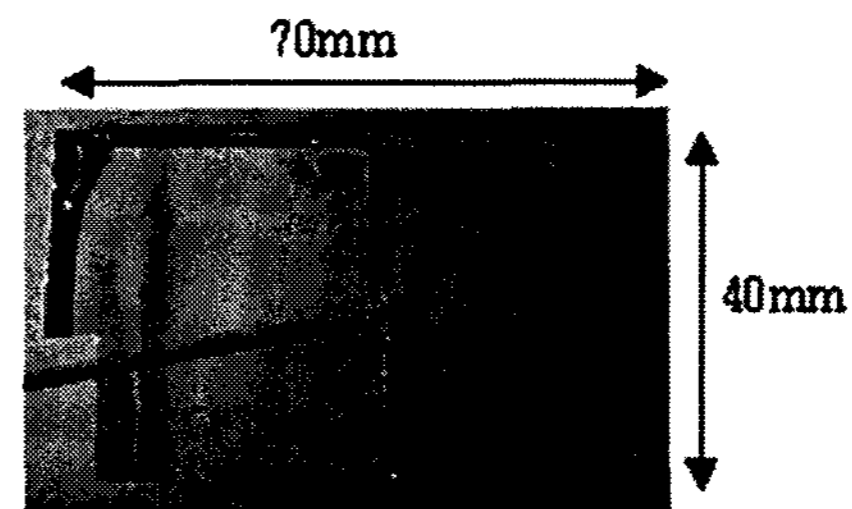


그림 1. 실제 제작된 안테나 모양

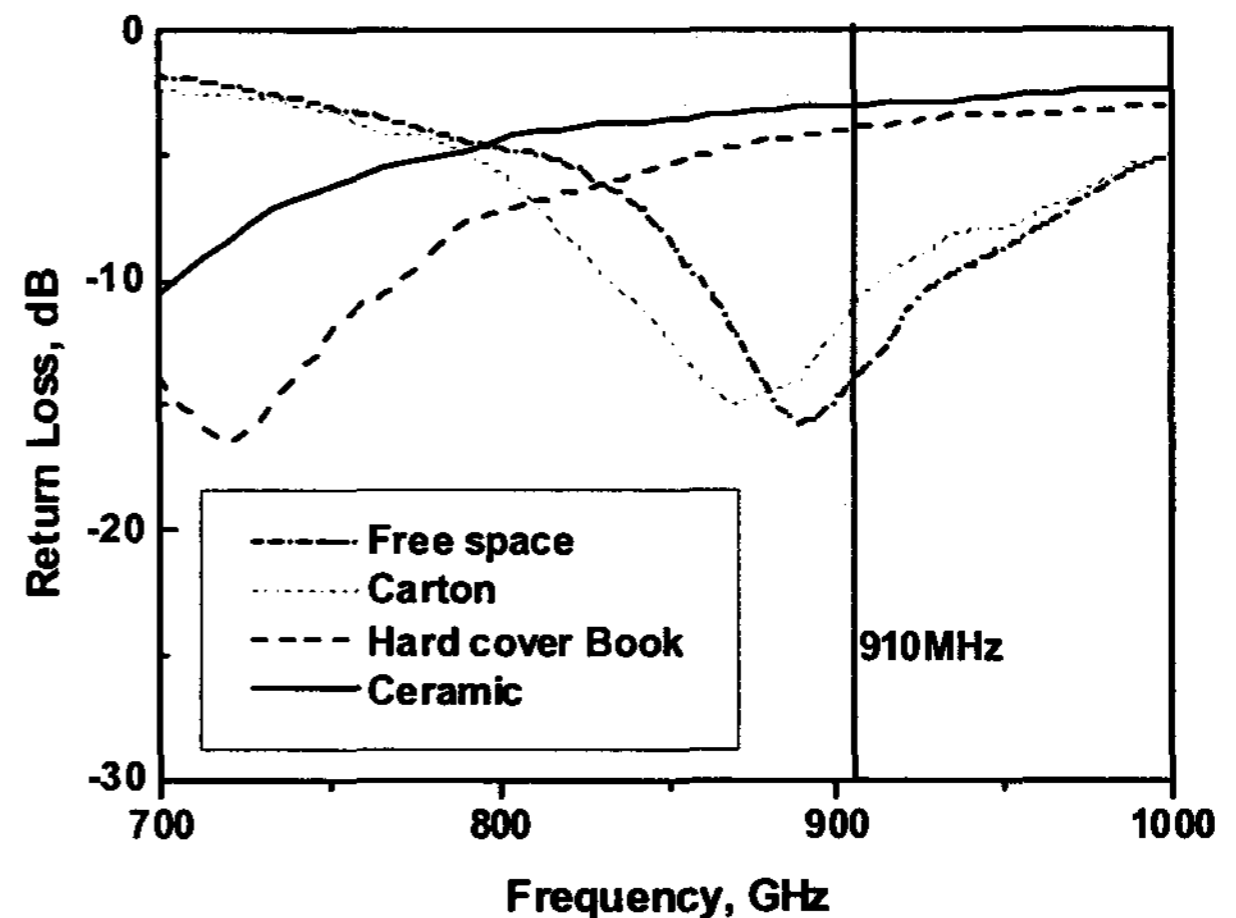


그림 2. 안테나 Return Loss

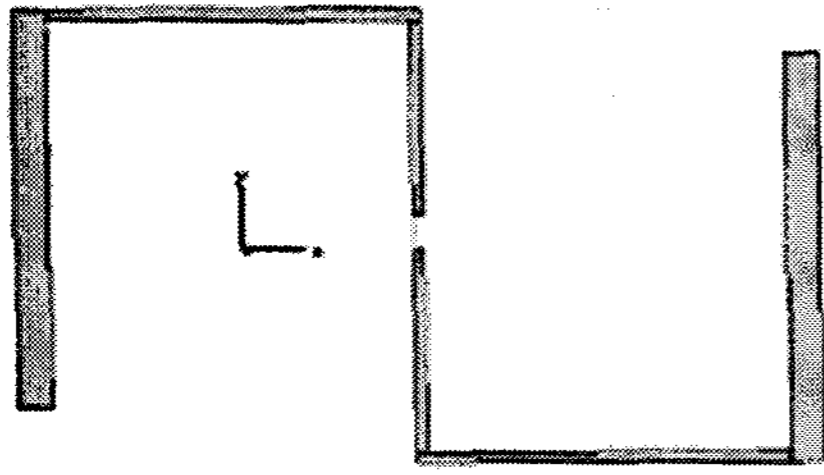
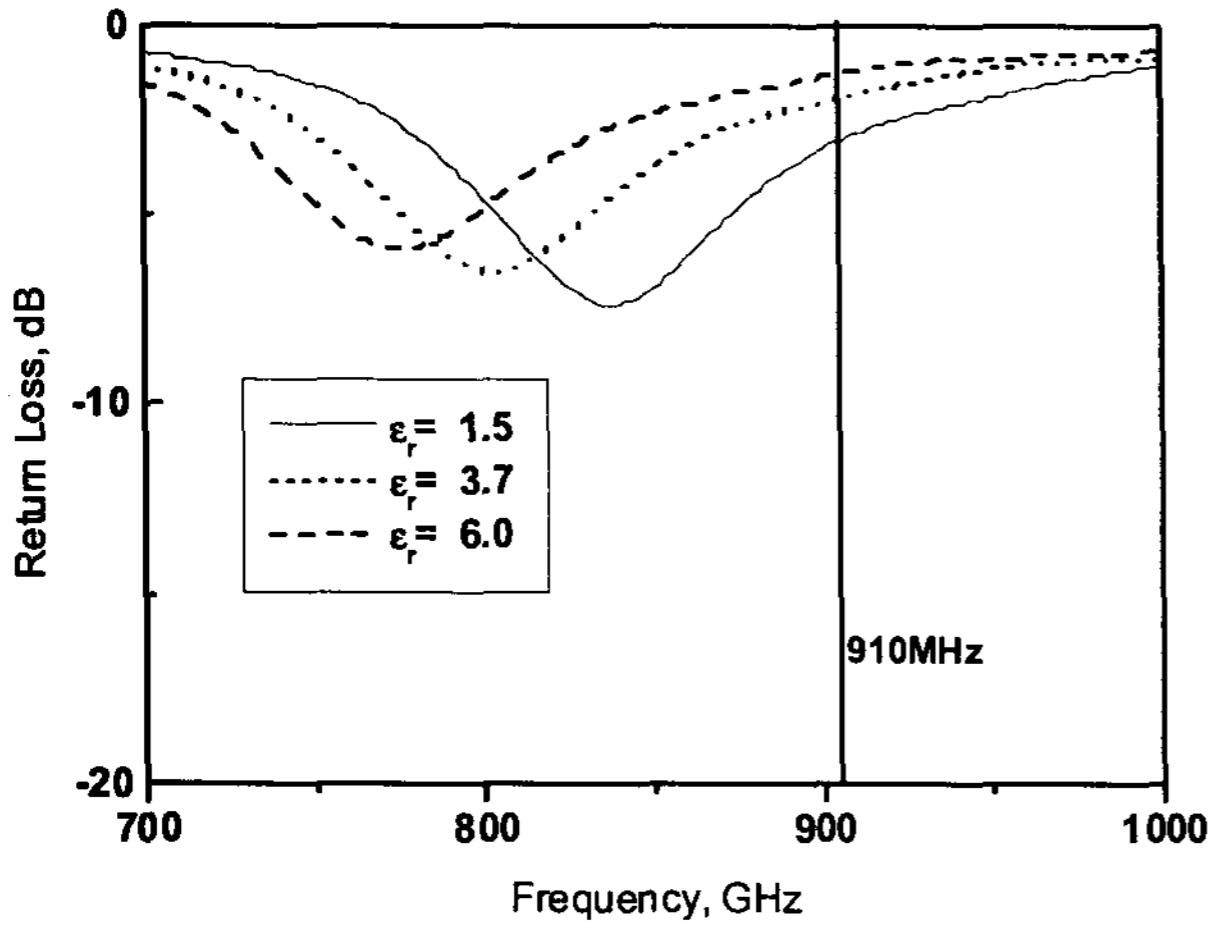
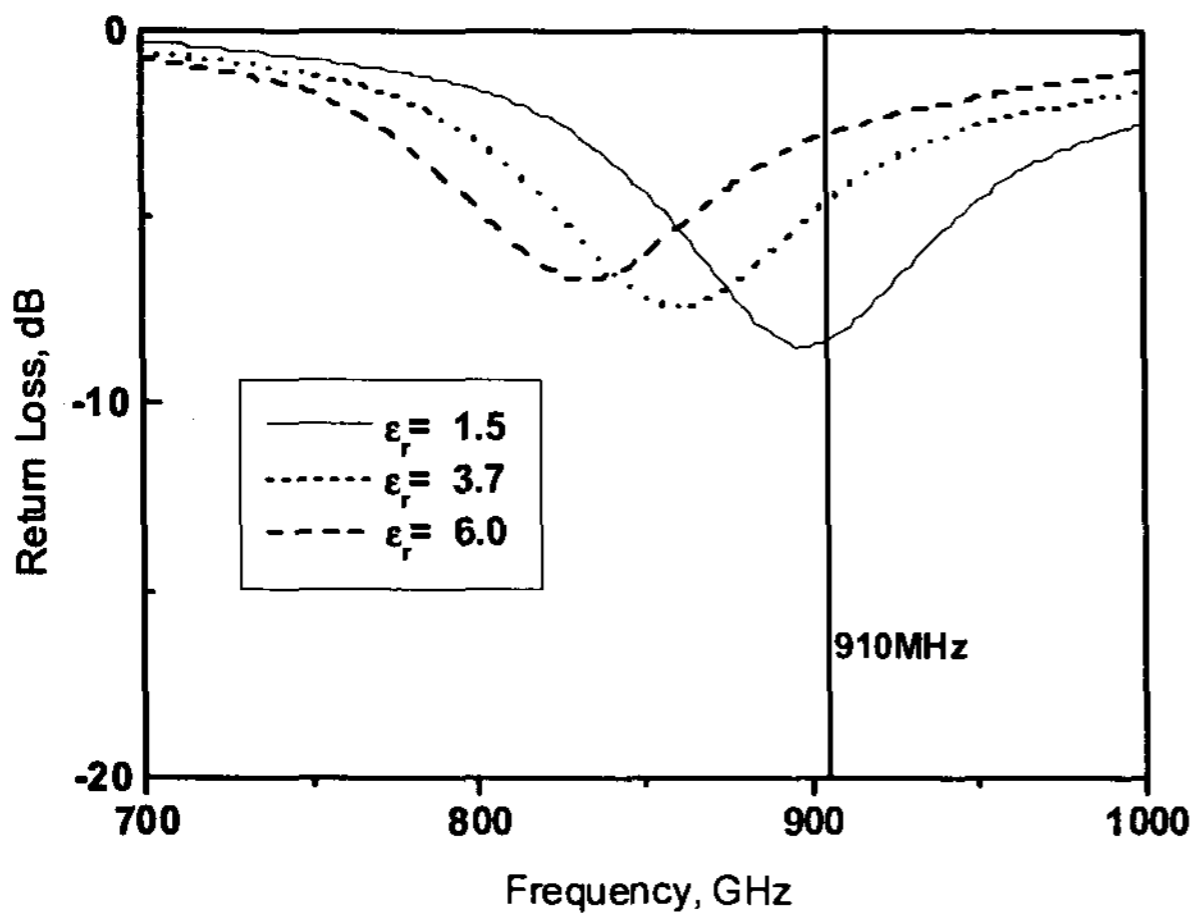


그림 3. 접힌 다이폴 형태의 RFID 태그 안테나 시뮬레이션 모델



(a)



(b)

그림 4. RFID 태그 안테나 시뮬레이션 결과
(a) 안테나 튜닝 전
(b) 안테나 튜닝 후

그림 3에서는 CST를 이용한 시뮬레이션 모델을 보여주고 있다. 그림 4(a)는 태그 안테나의 사이즈 그대로 설계하고 유전율이 6인 경우 840MHz에서 공진됨을 볼 수 있다. 이 안테나를 RFID 동작 주파수 근처인 910MHz 근처로 옮기기 위해 6mm 정도 잘라내어서 그림 4(b)와 같이 910MHz에서 공진 주파수를 얻었다. 그림 5는 실제 실험에 사용한 태그의 사

진이다. 그림 6에서는 태그의 인식거리를 측정하기 위해 테스트한 결과이다. 여기서는 인식거리를 측정하지 않고 같은 거리에서의 태그 인식률을 비교하여 안테나의 특성을 비교하였다. 테스트 환경은 일반 사무실에서 RFID 리더를 설치하고 1m 정도의 거리에서 태그를 공기 중에서 튜닝하기 전에 측정하였다. 그림 6(a)에서 보여주듯이 태그가 잘 인식되고 있음을 볼 수 있다. 이제 태그를 도자기 표면에 부착하고 측정한 결과 그림 6(b)와 같이 인식률이 약간 떨어짐을 볼 수 있다. 이것은 태그 안테나가 자유공간에서 동작하도록 설계되었기 때문에 고유전율 물체 표면에 부착 하였을 때 안테나의 성능이 저하되기 때문이다. 이것을 개선하기 위해 안테나를 6mm 정도 튜닝 한 후 인식률을 측정한 결과 원래 안테나를 공기 중에서 측정한 결과와 거의 유사한 인식률을 얻었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 특수한 표면에서 태그 안테나의 튜닝이 태그인식률에 큰 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 그래서 특수한 물체, 특히, 고유전율 표면에 부착하는 안테나의 설계 시 안테나의 특성을 유전율에 맞추어 적절하게 설계하는 것이 중요함을 알 수 있다.

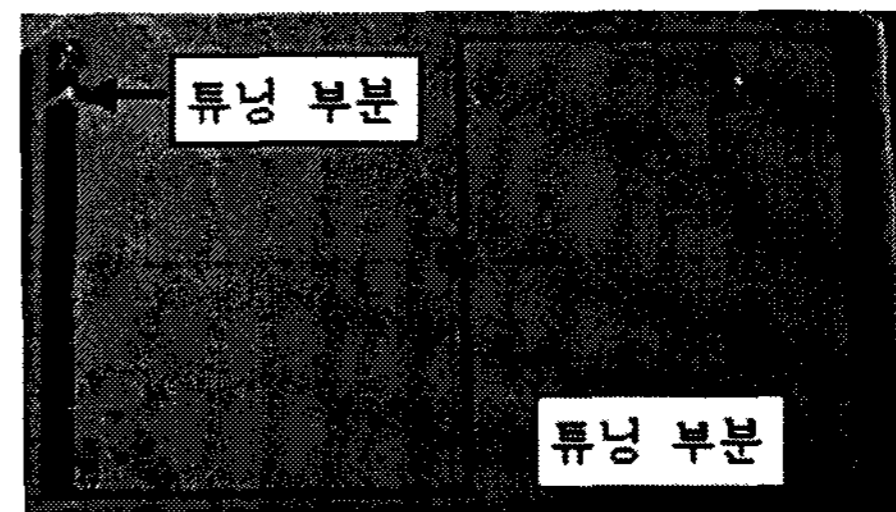
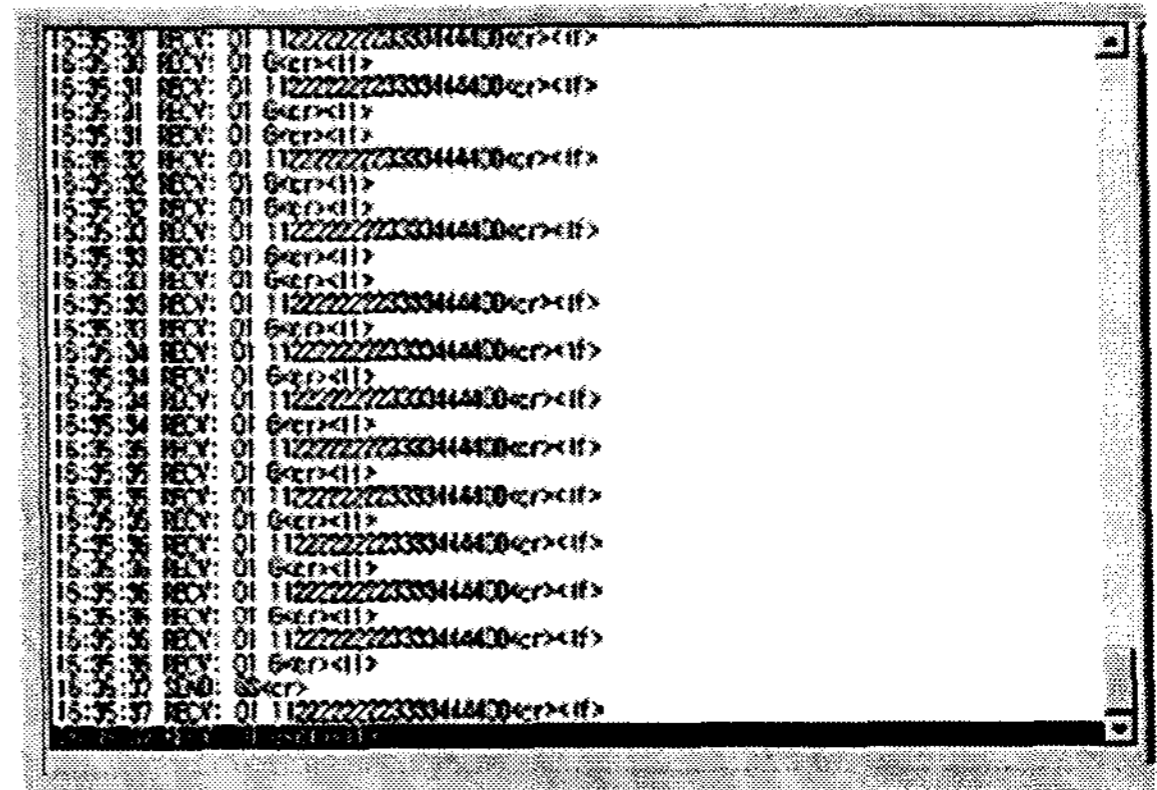


그림 5. RFID 인식률 측정 시 사용된 태그 안테나

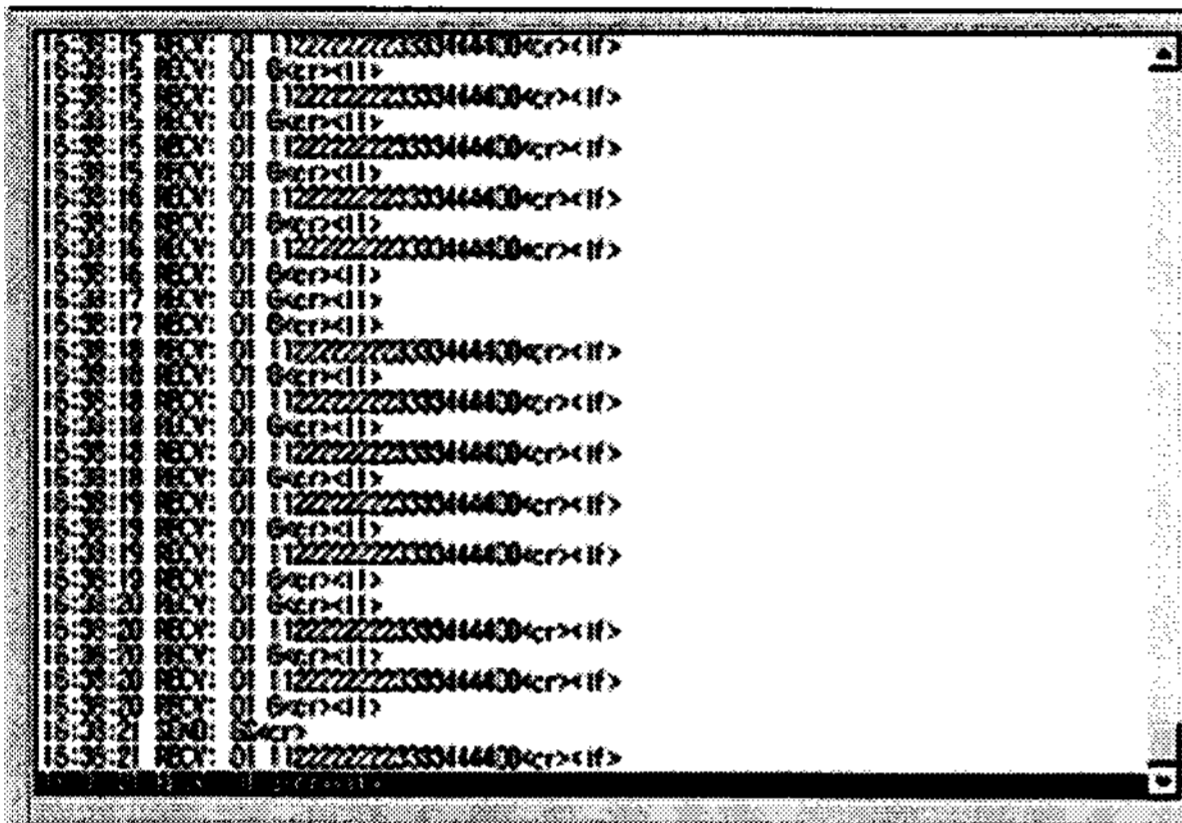


(a)

참고문헌



(b)



(c)

그림 6. RFID 인식을 측정 결과
 (a) 안테나 튜닝 전 자유공간
 (b) 안테나 튜닝 전 도자기표면
 (c) 안테나 튜닝 후 도자기 표면

3. 결론

본 논문에서는 RFID 태그 안테나의 설계 시 고려할 사항에 대해 다루었다. 일반적으로 RFID 태그 안테나는 몇 가지의 기본적인 사용 용도에 따라 안테나가 최적화 되어야 하며 태그의 용도가 다양화되고 특수한 용도로 사용되는 경우가 빈번하여 이에 대한 기본적인 연구가 진행되었다. 본 연구에서는 상용화 된 태그 안테나를 사용하여 도자기 표면에서의 안테나 특성 변화를 살펴보고 안테나를 튜닝하고 태그 인식률이 향상됨을 보았다. 향후 이 연구를 기초로 고유전체 표면에 부착 가능한 안테나의 개발과 현재 디자인되어있는 상용안테나를 고유전체 표면에 부착할 때 원하는 주파수에서 공진시키는 방법에 대한 연구가 진행 될 것이다.

[1] D. M. Dobkin and S. M. Weigand, "Environmental effects of on RFID tag antenna," *Microwave Symposium Digest, 2005 IEEE MTT-S International*, pp. 1452 -1460, 12-17 June, 2005.

[2] K. V. S. Rao, P. V. Nikitin and S. F. Lam, "Antenna design for UHF RFID tags: A review and a practical application," *IEEE Trans. on Antennas and Prop.*, Vol. 53, No. 12, pp. 3870-3876, Dec. 2005.

[3] J. Siden, P. Jonsson, T. Olsson and G. Wang, "Performance degradation of RFID system due to the distortion in RFID tag antenna," *11th International Conference "Microwave & Telecommunication Technology"*, pp. 371-373, 10-14 Sep, Ukraine, 2001.

[4] 광재현, 임세진, 남원준, 김수호, "무선주파수 특성의 튜닝 방법 및 이를 사용하는 RFID 태그," 대한민국특허, 공개번호 10-2006-0132299.

[5] J. D. Griffin, G. D. Durgin, A. Halda and B. Kippelen, "Radio link budgets for 915MHz RFID antennas placed on various objects," *Texas Wireless Symposium 2005*, pp. 22-26.

[6] P. R. Foster and R. A. Burberry, "Antenna problems in RFID systems," *IEE Colloquium on RFID Technology*, pp. 3/1-5, London, 1999.

[7] S. Bovelli, F. Neubauer and C. Heller, "A Novel Antenna Design for Passive RFID Transponders on Metal Surfaces," *36th European Microwave Conference*, Sept. 2006, pp. 580-582.