
HFSS를 이용한 UHF RFID 세라믹 안테나 개발

황기현* · 차경환**

Development of UHF RFID Ceramic Antenna Using HFSS

Gi-Hyun Hwang* · Kyung-Hwan Cha**

요 약

본 논문에서는 최근에 널리 사용되고 있는 RFID 설계 Tool인 HFSS를 이용하여 UHF RFID 세라믹 안테나를 개발하였다. 개발한 세라믹 안테나는 HFSS를 이용하여 반사손실(Return Loss)과 스미스 차트(Smith Chart)를 통해 특성을 분석하였다. HFSS 설계를 바탕으로 세라믹 안테나를 제작하였고, 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 이용하여 임피던스 매칭과 이득을 측정하여 성능을 분석하였다. 그리고 UHF RFID 휴대용 단말기에 세라믹 안테나를 부착하여 일반적으로 널리 사용되는 5가지 형태의 RFID 태그(Tag)에 대해서 거리측정을 실시하여 그 성능을 입증하였다.

ABSTRACT

In this paper, we report the design of UHF RFID ceramic antenna using HFSS, one of the widely used RFID design tools. Of the developed antenna system, we analyze its Return Loss using HFSS and its characteristics using Smith Chart methodology. We built the ceramic antenna system based on the HFSS design, and analyzed its performance by measuring the impedance matching and gains using Network Analyzer. We attach the developed prototype to UHF RFID portable terminal, and performed distance measuring for five widely used types of RFID tags to verify the performance of our proposed antenna system.

키워드

UHF RFID, Ceramic Antenna, Return Loss, Smith Chart

I. 서 론

RFID란 마이크로 칩을 내장한 태그(Tag), 라벨(Label), 카드(Card) 등에 저장된 데이터를 무선 주파수를 이용하여 리더기에서 자동 인식하는 기술을 말한다 [1]. RFID는 제품에 붙이는 태그에 생산, 유통, 보관, 소비의 전 과정에 대한 정보를 담고 자체 안테나를 갖추고 있으며, 리더기(Reader)로 하여금 이 정보를 읽고, 통신

망과 연계하여 정보시스템과 통합하여 사용되는 활동을 지원하는 시스템으로 구체화 할 수 있다. RFID 시스템은 크게 안테나가 포함된 리더기, 무선자원을 송수신 할 수 있는 안테나, 정보를 저장하고 프로토콜로 데이터를 교환하는 태그, 서버 등으로 구성되며, 각 부분의 기능을 보면 리더기는 RFID 태그에 읽기와 쓰기가 가능하도록 하는 장치이고, 안테나는 정의된 주파수와 프로토콜로 태그에 저장된 데이터를 교환하도록 구성되어 있

* 동서대학교 컴퓨터정보공학부

** 동서대학교 컴퓨터정보공학부, 교신저자

으며, 태그는 데이터를 저장하는 RFID의 핵심 기능을 담당한다. RFID는 비접촉식으로 여러 개의 태그를 동시에 인식할 수 있고, 먼 거리에서 이동 중에도 인식이 가능하고 장애물의 투과 기능도 가지기 때문에 다양한 분야에 적용이 가능하며 반영구적인 사용이 가능한 장점이 있으며, 또한 태그에 대용량의 데이터를 반복적으로 저장할 수 있으며, 데이터 인식속도도 타 매체에 비해 빠른 장점이 있다[2-9]. 원래 RFID는 70년대 탄도미사일 추적을 위해 개발된 기술로서 80년대 태그의 크기가 작아지고, 가격이 낮아지면서 가축관리, 기타 산업분야에서 일 반용으로 사용되기 시작하였으며, 90년대 들어 RF기술이 발전함에 따라 저가, 고기능의 태그가 개발되어 카드, 라벨, 화폐 등 다양한 형태의 제품이 출현하게 되었으며, 2000년대 들어서 RFID는 무선 인식 기술의 중요성이 부각되면서 다양한 솔루션(Solution)이 개발되었고 전자화폐, 물류관리, 보안시스템, SCM 등의 핵심 기술로 발전하여 현재 사용 중인 바코드와 2차원 바코드의 기능을 대체할 것으로 기대된다.

따라서, 본 논문에서는 RFID 구성 요소 중 하나인 무선자원을 송수신할 수 있는 세라믹 안테나를 개발하고자 한다. UHF RFID 세라믹 안테나는 최근에 널리 사용되고 있는 RFID 설계 Tool인 HFSS를 이용하였고, 반사손실(Return Loss)과 스미스 차트(Smith Chart)를 통해 특성을 분석하였다. HFSS 설계를 바탕으로 시제품을 제작하였고, 네트워크 분석기(Network Analyzer)를 이용하여 반사손실과 스미스 차트를 측정하여 성능을 분석하였다. 그리고 UHF RFID 휴대용 단말기에 세라믹 안테나를 부착하여 일반적으로 널리 사용되는 5가지 형태의 RFID 태그에 대해서 거리측정을 실시하여 그 성능을 입증하였다.

II. UHF RFID 안테나 설계

2.1 HFSS를 이용한 UHF RFID 안테나 설계

RFID 설계 Tool인 HFSS를 이용하여 900MHz RFID 세라믹 안테나를 설계하였고, 그 성능을 분석하였다. 시제품 안테나 제작 후, 네트워크 분석기를 이용하여 안테나에 대한 임피던스 매칭과 이득을 측정하였다. 임피던스 매칭과 이득을 높이기 위해 튜닝을 한 후 테스트를 거쳐 세라믹 안테나를 제작하였다. 그림 1은 본 논문에서

개발하고자하는 세라믹 안테나에 대한 제작 과정을 나타내었고, 제작과정을 요약하면 다음과 같다.

- ① HFSS 모델링 : RFID 설계 Tool인 HFSS를 이용하여 세라믹 안테나를 모델링한다.
- ② HFSS 분석 : HFSS로 설계된 세라믹 안테나에 대해서 반사손실과 스미스 차트를 분석한다.
- ③ 샘플 제작 : HFSS 설계를 바탕으로 시제품 제작한다.
- ④ 네트워크 신호분석 : 제작된 시제품을 이용하여 반사손실 파라미터 측정을 통하여 임피던스 매칭을 분석한다.
- ⑤ 안테나 제작 : 임피던스 매칭을 통해서 안테나를 튜닝하고 다시 테스트 및 측정을 통해서 안테나를 제작한다.

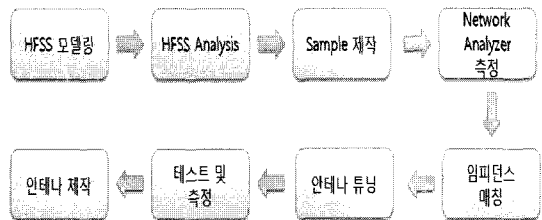


그림 1 UHF RFID 안테나 제작 과정
Fig. 1 UHF RFID antenna manufacture process

(1) 세라믹 안테나

그림 2는 HFSS를 이용하여 UHF RFID 세라믹 안테나 구성도를 나타내었다. 재질은 알루미늄 패치와 세라믹 유전체를 사용하였고, 포트 설정은 Waveport로 설정하였다.

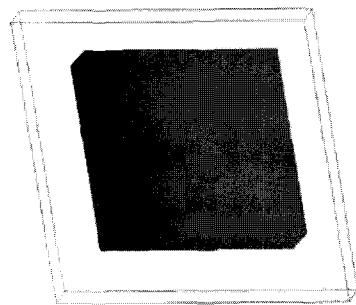
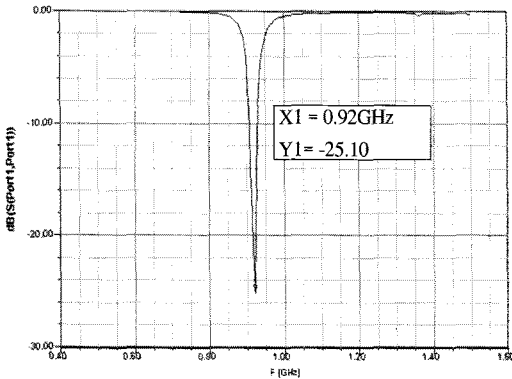
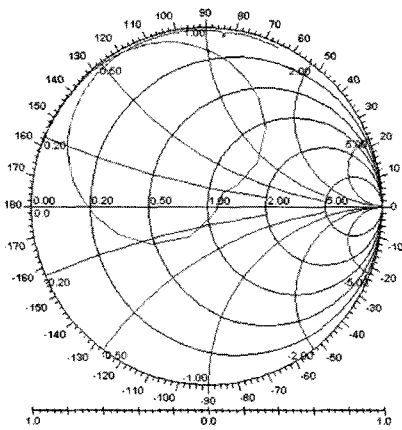


그림 2 세라믹 안테나 구조
Fig. 2 Ceramic Antenna structure

그림 2에서 설계된 세라믹 안테나에 대해서 HFSS Tool을 통해 반사손실과 스미스 차트를 분석하였다. 그림 3은 세라믹 안테나에 대한 반사손실과 스미스 차트를 나타내었다. 그림 3에서 보는 것처럼, 910MHz 주파수 대역에서 약 20dB 이득을 가지고 임피던스는 50[Ω]에서 매칭이 이루어져 있음을 알 수 있다.



(a) 반사손실



(MP=1.671 ∠ -22.732, RX=-2.525-j1.820, GB=-0.261+j0.188)

(b) 스미스 차트

그림 3 반사손실과 스미스 차트
Fig. 3 Return loss and Smith chart

(2) Ceramic+PCB Antenna

먼저 설계된 세라믹 안테나에 대해서 이득을 높이기 위해 그림 4와 같이 HFSS Tool을 이용하여 세라믹 안테나에 PCB 기판 부분을 추가하여 안테나를 모델링 하였다.

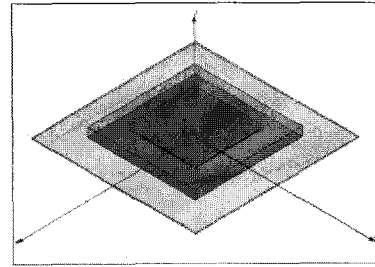
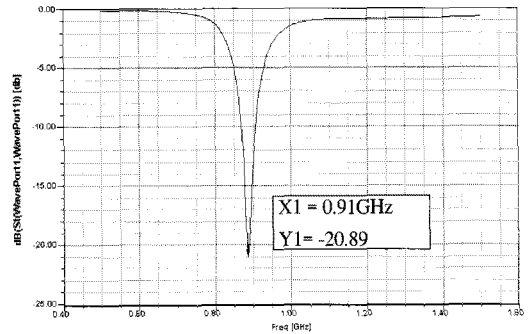
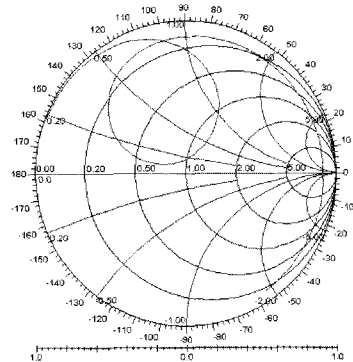


그림 4 PCB 기판을 추가한 Ceramic Antenna
Fig. 4 Ceramic Antenna added PCB

그림 5는 세라믹 안테나에 PCB기판을 추가한 UHF RFID 세라믹 안테나에 대한 반사손실과 스미스 차트를 나타내었다. 그림에서 보는 것처럼, 910MHz 대역주파수에서 20dB이상의 이득을 가지며 세라믹 안테나보다 넓은 대역폭을 가지고 있다. 이때의 안테나 임피던스는 50[Ω] 부근에서 매칭되고 있음을 알 수 있다.



(a) 반사손실



(MP=15671 ∠ -24.554, RX=-2.406-j2.153, GB=-0.231+j0.207)

(b) 스미스 차트

그림 5 반사손실과 스미스 차트
Fig. 5 Return loss and Smith chart

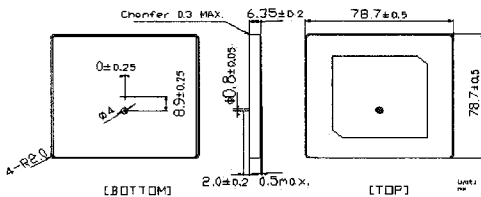
III. UHF RFID 안테나 제작

제2장에서 HFSS 이용하여 설계한 UHF RFID 세라믹 안테나에 대해서 시제품을 제작하고자한다. 본 논문에서 제작하고자하는 세라믹 안테나는 전기적인 특성은 표 1과 같다.

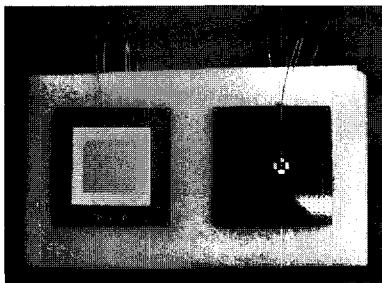
표 1 세라믹 안테나의 전기적인 특성
Table 1 Electrical characteristic of Ceramic Antenna

Parameters	Spec.	Unit	Remark
Frequency	912 ± 4	MHz	
Band Width	12 min.	MHz	@ -10 dB R.L.
Impedance	50	Ohms	
Peak Gain	0.5 min.	dBIL	
Polarization	RHCP		
Beam Width	100	Deg.	

본 논문에서 제작하고자하는 세라믹 안테나에 대한 기계적인 구조 및 시제품은 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서 보는 바와 같이, 그림 6(a)는 기계적인 구조를 나타내었고, 그림 6(b)는 세라믹 안테나 시제품을 나타내었다.



(a) 기계적인 구조



(b) 세라믹 안테나

그림 6 세라믹 안테나
Fig. 6 Ceramic antenna

본 논문에서 제작한 세라믹 안테나에 대한 성능을 분석하였다. 그림 7은 네트워크 분석기를 이용하여 세라믹

안테나 성능 테스트 과정을 나타내었다.

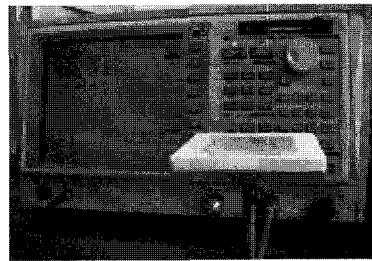
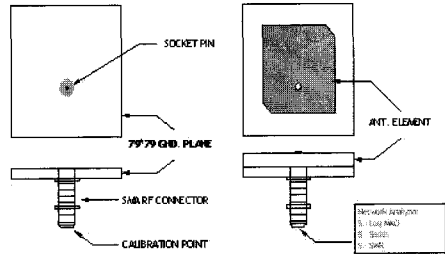
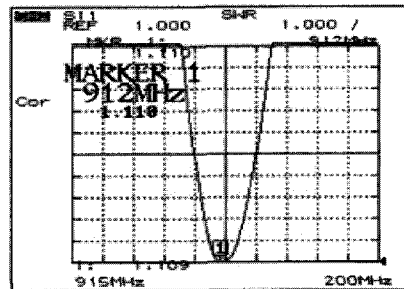
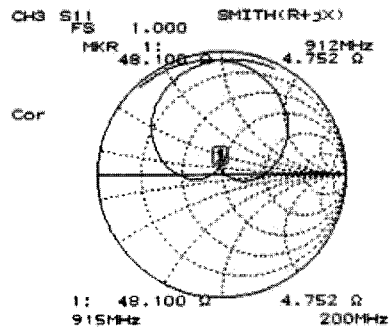


그림 7 세라믹 안테나 성능 테스트
Fig. 7 Performance test of ceramic antenna



(a) 반사손실



(b) 스미스 차트

그림 8 세라믹 안테나 테스트 결과
Fig. 8 Result test of ceramic antenna

본 논문에서 제작한 세라믹 안테나를 네트워크 분석기에 연결하여 반사손실과 스미스 차트 신호를 측정하였고, 그 결과는 그림 8에 나타내었다. 세라믹 안테나를 네트워크 분석기로 측정 결과, 912MHz 주파수 대역에서 -25dB의 이득을 가지며 임피던스 값은 48[Ω]으로 50[Ω] 근처에서 매칭 되어 있음을 알 수 있다.

IV. 성능 평가

본 논문에서 개발한 UHF RFID 세라믹 안테나를 휴대용 RFID 단말기에 장착하여 그 성능을 테스트하였다. 성능 테스트에는 일반적으로 널리 사용되고 있는 RFID 태그에 대해서 인식거리를 측정하여 세라믹 안테나의 성능을 측정하였다.

① 태그(I): RFID 태그 안테나 패턴을 가지고 인식거리 테스트를 실시하였다. HFSS 분석 결과 가장 우수한 이득을 가지는 태그(I)의 테스트 결과 약 3M 60Cm의 거리에서 인식을 하였다. 그림 9는 테스트 측정을 나타내었다.

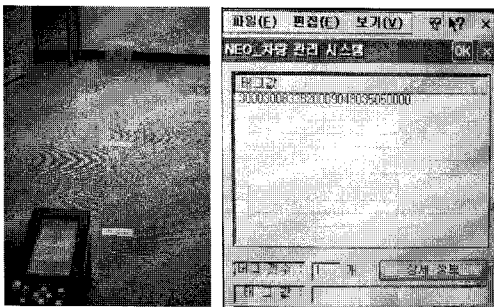


그림 9 태그(I)에 대한 세라믹 안테나 테스트 결과
Fig. 9 Result test of ceramic antenna for Tag(I)

② 태그(V): HFSS 분석 결과 낮은 이득을 가지는 태그에 대해서 인식거리 테스트를 실시하였다. 테스트 결과 약 80cm에서 인식을 하였다.

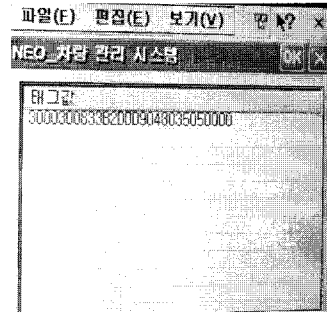
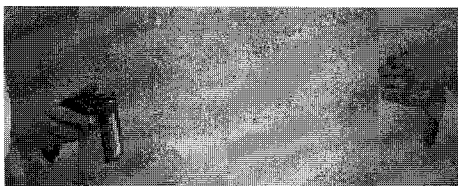
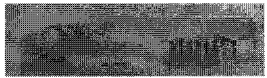






그림 10 태그(V)에 대한 세라믹 안테나 테스트 결과
Fig. 10 Result test of ceramic antenna for Tag(V)

이상의 결과를 요약하면 표 2와 같다. 표 2에서 보는 바와 같이, 다양한 RFID 태그에 대해서 본 논문에서 제작한 세라믹 안테나가 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

표 2 세라믹 안테나의 실험결과
Table 2 Experiment result of ceramic antenna

Tag	인식거리	태그 이미지
I	3m60cm	
II	45cm	
III	20cm	
IV	30cm	
V	80cm	

V. 결론

본 논문에서는 RFID 구성 요소 중 하나인 무선자원을 송수신할 수 있는 세라믹 안테나를 개발하였다. UHF RFID 세라믹 안테나는 RFID 설계에 최근에 널리 사용되고 있는 HFSS를 이용하였고, 반사손실과 스미스 차트를 통해 특성을 분석하였다. 그 결과 910MHz 대역주파수에서 20dB이상의 이득을 가지고 안테나 임피던스는 50[Ω] 부근에서 매칭되었다.

HFSS 설계를 바탕으로 시제품을 제작하였고, 네트워크 분석기를 이용하여 반사손실과 스미스 차트를 측정하여 성능을 분석하였다. 그 결과, 912MHz 주파수 대역에서 -25dB의 이득을 가지며 임피던스 값은 48[Ω]으로 50[Ω] 근처에서 매칭되었다. HFSS에서 설계한 세라믹 안테나의 성능이 실제 제작한 시제품에 대해서 유사한 성능을 보임을 알 수 있다. 그리고 UHF RFID 휴대용 단말기에 세라믹 안테나를 부착하여 일반적으로 널리 사용되는 5가지 형태의 RFID 태그에 대해서 거리측정을 실시하여 그 성능을 입증하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지역혁신센터사업과 동서대학교 특별연구비의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

[1] 김상태, “RFID 기술개요 및 국내의 동향 분석”, IITA, 2003. 8

[2] 박동국, 조익현, 양규식, “프랙탈 이론을 이용한 433MHz 대역의 RFID 태그 안테나 개발”, 한국해양정보통신학회논문지, 제 3권 12호, 2008

[3] 고대수, 김영길, “UHF 대역 멀티밴드 멀티프로토콜 ubiquitous-ID 휴대형 리더기 시스템 구현”, 한국해양정보통신학회논문지, 제 4권 11호, 2007

[4] 정분도, 장기영, “RFID/USN을 이용한 u-물류/유통 모델”, 한국해양정보통신학회논문지, 제 11권 10호, 2007

[5] 유승화, “RFID/USN 기술 및 표준화 동향”, 「중소기업 정보화 경쟁력 강화를 위한 하계 세미나」, 2004. 8. 25.

[6] Chabrow, E. Sullivan, L, “RFID Rolls Along A startup motorcycle maker uses RFID to gain supply-chain advantages”, INFORMATION WEEK -MANHASSET-, 1.997 No.2, 2004

[7] Huault, G. , “How Did They Do That? Play Tag With RFID Manufacturers, retailers, shipping companies, and

even government officials are either using or implementing the use of RFID tags to better identify, track, and manage products. We show you how RFID tags work”, SMART COMPUTING , Vol.15 No.4, 2004

[8] Currier, D. S. , “RFID Manufacturers advised to roll out RFID tags now”, COMPUTER WEEKLY, Vol.62 No.16, 2004

[9] Sharp, K. R., “Planning for RFID Ubiquity What if there really were a radio tag on every item in your supply chain? New industry developments promise to let you capitalize on RFID’s potential”, ID SYSTEMS , Vol.20 No.7, 2000

저자 소개

황기현(Gi-Hyun, Hwang)



1996년 부산대학교 전기공학과 석사 졸업
2000년 부산대학교 전기공학과 박사 졸업

2003년 동서대학교 컴퓨터정보 공학부 교수
※관심분야: RFID, 임베디드, 영상처리

차경환(Kyung-Hwan Cha)

현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수
(제12권 제12호 참조)