

바코드 모양의 UHF RFID 태그 안테나 설계

Bar-Code Shape UHF RFID Tag Antenna

전 병 돈 · 정 유 정

Byung-Don Jeon · You Chung Chung

요 약

기존 바코드와 RFID가 동시에 인식이 가능한 UHF 대역에서 동작하는 바코드 형태의 RFID 태그 안테나를 은색 도전성 잉크로 설계 및 제작하였다. 바코드는 일반 종이 박스에서 흔히 볼 수 있는 바코드를 샘플 바코드로 사용하였으며, 바코드에서 물품 코드 모양을 활용하여 UHF 대역의 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작하였다. 제작 방법은 도전성 실버 잉크를 사용하여 T-매칭 방식을 채택하여 설계하였다. 제작된 태그는 바코드 인식 환경과 UHF 대역 RFID 인식 환경을 모두 만족할 수 있게 제작하였다. 태그의 반사 계수와 인식 거리의 패턴을 측정하였다. 인식 거리는 111 cm로 만족함을 보였다.

Abstract

A bar-code shape UHF RFID tag antenna is designed and fabricated with silver conductive ink. It can be recognize by both bar-code scanner and RFID reader. The bar-code shape is taken from a general box of a product, and the product code of the bar-code is used for the antenna design. The tag antenna is fabricated with silver conductive ink using a T-matching structure. The designed tag antenna is satisfied with bar-code system and RFID system simultaneously. The input reflection coefficient characteristics and the reading range pattern are measured. The peak reading range is about 111 cm, which is long enough.

Key words : Bar-Code RFID Tag, UHF RFID Tag Antenna, Bar-Code

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 무선으로 사물을 인식하는 기술로 기존의 바코드 시스템을 대체할 수 있다. 새로운 많은 응용 분야에서 RFID를 적용할 수 있는 신기술로 주목하고 있다^{[1],[2]}. RFID 시스템은 태그, 리더, 미들웨어, 응용 서비스 등으로 구성되고, 인터넷 망에 연동되어 운용이 될 수 있다. 태그는 안테나와 RFID IC칩으로 구성되어 있으며, 리더는 전자파를 리더용 안테나를 통하여 전송하여 수동형(passive) 태그에 파워를 공급하면서 태그와

데이터를 주고받는다.

바코드는 각 물품별로 프린트가 되어서 바코드 스캐너로 하나하나 인식하지만, RFID는 직접 접촉하지 않고 여러 태그 정보를 인식할 수 있다는 것만으로 물류관리에서 뛰어난 효용성을 나타내고 있다. 이뿐만 아니라, 저장할 수 있는 정보의 양은 2-D 바코드는 수십 단어(1~100 byte), 1-D 바코드는 몇 개의 수에 불과하지만, RFID는 수 천 단어(64 kbyte)에서부터 점점 메모리의 크기가 점차 늘어나고 있다. 가격이나 제조 일자 등의 한정된 정보만을 담을 수 있는 바코드와 달리, RFID는 많은 양의 정보를 깨알

「이 논문은 대구대학교 학술연구비의 지원으로 연구되었음.」

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

· 논문 번호 : 20111004-112

· 교신저자 : 정유정(e-mail : youchung@daegu.ac.kr)

· 심사일자 : 2011년 11월 11일 · 수정완료일자 : 2011년 12월 29일

만한 작은 칩에 저장할 수 있어 제품의 기본적인 정보 외에도 원산지, 중간 이동 과정, 현재 제품의 상태, 구매 이력 등 다양한 정보를 담을 수 있다. 또한, 바코드처럼 찢어지거나 프린트 된 부분이 훼손되어 읽히지 않을 염려가 거의 없다는 것도 RFID의 장점이다^[3].

물품 관리를 위하여 현재 물품별로 붙어있는 바코드를 사용하고 있고, 게다가 물류 관리를 위하여 상용 UHF RFID를 추가로 부착하는 경우 비용 증가를 초래한다. 바코드에 저장된 내용의 부족, 불가능한 re-writable 기능 등의 취약점을 보완하고, RFID 시스템의 장점을 수용하여 바코드와 UHF RFID가 융합된 혼용 가능한 제품 개발에 목적을 두고 설계 및 제작하였다.

본 논문 II장에서는 바코드의 구조와 실버 잉크의 도전성 값에 의한 설계 그리고 III장에서는 바코드를 도전성 잉크로 제작한 RFID 태그 안테나의 제작과 측정치에 대해 설명하고, IV장에서 결론을 내렸다.

II. 도전성 잉크의 성질과 바코드형 태그 안테나 설계 및 제작

1-D 바코드는 그림 1과 같이 검은색 바와 흰색 간격이 평행으로 배열된 코드이며, 줄의 간격과 두께에 따라 읽혀지는 코드이다. 바코드에서 바의 그룹은 미리 정해진 패턴에 따라 배열되며, 지정된 기호로 된 데이터 형태로 표현된다. 검은 색 바와 흰색 간격에서 반사되는 레이저 빔의 응답에 따라 코드를 판독한다.

그림 1과 같이 대중적인 바코드는 EAN(European Article Number) 코드이며, 이 코드는 국가 식별 코드, 회사 식별 코드, 제조사 제품 번호와 확인번호(check digit)를 포함하여 12개의 숫자로 구성되어 있다



그림 1. 바코드
Fig. 1. Sample bar-code.

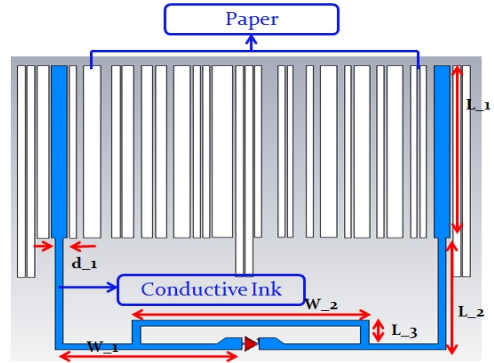


그림 2 바코드 모양의 태그 안테나
Fig. 2. Bar-code shape tag antenna.

다. 그림 1의 예에서는 880이 국가코드이며, 9246과 37000이 제조업체와 상품명 코드이다. 그리고 마지막 숫자는 오류 확인 번호이다. 그림 1의 샘플 바코드의 크기는 53.5 mm×35.73 mm이다.

참고논문 [4]에서 바코드 전체를 활용한 RFID 태그는 바코드 리더기와 RFID 리더기로 동시에 인식이 가능한 태그로서, 안테나를 구리 테이프를 설계 및 제작하였다. 그러나 참고논문 [4]와 같이 제작할 경우, 테이프가 떨어질 염려가 있으므로, 본 논문에서 제안하는 태그 안테나는 도전성 잉크로 프린트된 바코드 형태의 태그이다.

실험을 통해 얻은 바코드 형태의 UHF RFID 태그의 설계는 그림 2와 같다. 다이폴 형태에 바코드의 크기에 맞추기 위하여 T매칭 구조를 인가하였으며, 임피던스의 안정화도 도모하였다. 아래 그림과 같이 샘플 바코드에서 해당하는 바에 RFID 태그 안테나를 CST를 사용하여 설계하였다. 파라미터들의 값은 $L_1=29.11$, $L_2=16.73$, $L_3=4$, $W_1=22.13$, $W_2=20.6$, 그리고 $d_1=1$ mm이다.

도전성 잉크라 함은 전기적 성질을 지닌 잉크로, 프린트된 잉크의 저항 측정은 그림 3과 같이 도전성 잉크를 길이 100 mm와 폭은 위의 simulation의 두께와 같은 3 mm로 제작하고, 6개의 샘플을 만들어 측정된 저항 값의 평균으로 도전율 값을 계산하였다. 시뮬레이션 프로그램인 CST에 안테나를 시뮬레이션하기 위하여 도체의 도전율(conductivity)을 아래 식으로 계산하여 입력하였다.

$$K = \frac{1}{\rho} (\text{S/m}), \quad R = \rho \frac{l}{A} (\Omega) \quad (1)$$

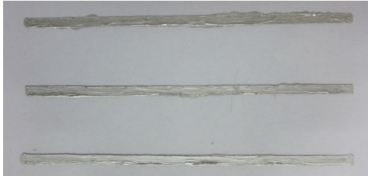


그림 3. 도전을 측정용 도전성 잉크 프린트
Fig. 3. Printed conductive ink for measuring conductivity.

여기서 R 은 전기 저항, l 은 도전성 잉크의 길이, A 는 도전성 잉크의 단면적이고, ρ 는 고유 저항 값을 나타낸다. 도전을 값은 측정치가 $2.93e+6 \sim 4.04e+6$ (S/m)로 평균값을 사용하였다.

Ⅲ. 바코드의 도전성 잉크를 이용한 태그 안테나 제작 및 측정치

그림 2에서 simulation의 결과를 기본으로 하여 아래 그림과 같이 제작하여 측정하였다. 제작시 사용한 Tag chip은 Alien社의 Gen2 Higgs2 strap을 사용하였으며, 임피던스는 920 MHz에서 $11.7 - j132 \Omega$ 이다. 측정과 설계를 거듭하여 보정하여서 얻은 파라미터들의 값은 $L_1=29.11$, $L_2=9.7$, $L_3=3$, $W_1=22.13$, $W_2=18$, 그리고 $d_1=1$ mm이다. L_1 과 W_1 은 바코드의 크기가 정하여져서 변화될 수 없는 값이다.

제작했을 때, 측정 후 보정 작업을 통해 L_2 , L_3 의 길이가 짧아졌으며, T-매칭의 폭의 길이 또한 약간 작아졌다. 제작한 태그의 모양은 그림 4에서 보여준다.

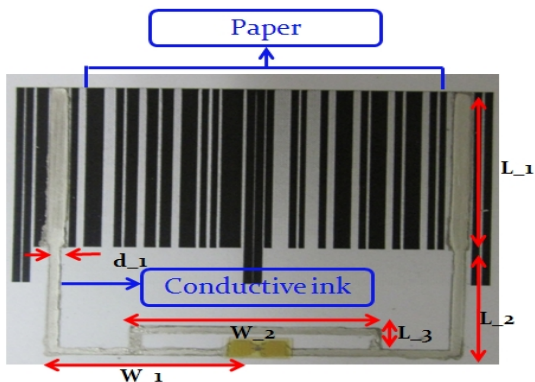


그림 4. 제작된 바코드형 태그
Fig. 4. Fabricated bar-code shape UHF RFID tag.

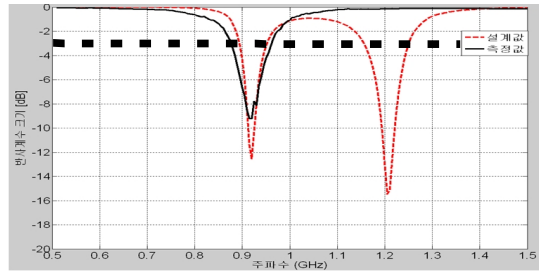
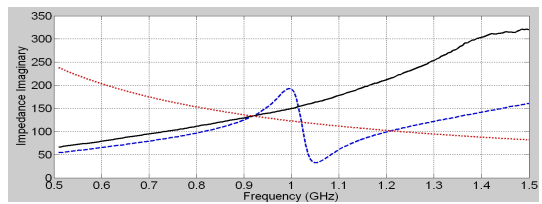


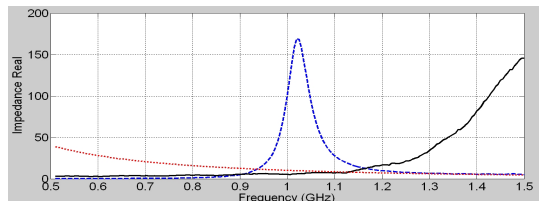
그림 5. 설계한 태그와 제작한 태그의 $|S_{11}|$
Fig. 5. Measurement & simulation results of $|S_{11}|$.

그림 5에서는 설계한 태그와 제작한 태그 안테나의 반사 계수의 크기를 비교하였다. 측정된 반사 계수 크기는 920 MHz에서 -9.22 dB를 나타내었고, -3 dB 대역폭은 880~955 MHz로 75 MHz의 대역폭을 보이고 있다.

그림 5에서 1.2 GHz 대역에서 설계시 이중 공진이 발생하는 이유는 사용한 Higgs2 Tag 칩의 주파수에 따른 임피던스의 변화 때문이다. 그림 6에서는 설계한 태그와 측정된 태그의 임피던스와 Alien社의 Higgs2 strap의 임피던스를 보여주고 있다. 측정시에는 이중 공진이 일어나지 않는 이유는 그림 3에서 측정된 도전을과 실 사용된 안테나의 도전을의 차이로 안테나의 임피던스가 증가되어 그림 6(a)에서 측



(a) 허수값
(a) Imaginary value



(b) 실수값
(b) Real value

그림 6. 설계와 측정된 태그 안테나와 칩 임피던스
Fig. 6. Simulated & measured impedance of chip and tag antenna.

정한 칩의 허수값과 한 곳에서 공진이 일어나는 이유이다.

표 1은 5개의 바코드 형태의 태그 안테나를 제작하여 바코드 시스템의 인식률과 RFID 시스템의 인식률을 조사한 표이다. 인식률은 Motorola社의 MC-9090-G 핸드 헬드형 RFID 리더와 바코드 리더기를 이용하여 측정하였으며, 인식률 조사 결과, 제작한 태그 모두 바코드 환경과 RFID 환경에서 100 % 인식됨을 확인하였다.

그림 7은 제작한 태그 안테나의 인식 거리를 Theta(θ , 방향), Phi(ϕ , 방향)으로 보여주는 그림이다. Theta 방향 인식 거리는 그림에서 보듯이 설계했을 때, 최대 인식 거리는 0도에서 111 cm로 나타났으며, 80도에서 18 cm의 최소 인식 거리를 보였다. 제작한 태그는 0도에서 83 cm의 인식 거리를 보이고 있으며, 300도에서 29 cm의 최소 인식 거리를 나타내었다. Phi 방향 인식 거리는 설계했을 때 전 방향 111 cm를 보이고 있으며, 측정된 결과, 전 방향 89~97 cm의 고른 인식 패턴을 보여주고 있다. 이론적 인식 거리와 측정된 인식 거리 패턴이 약간의 차이점

표 1. 바코드 스캐너와 RFID 리더에 의한 인식률
Table 1. Recognition by bar-code scanner and RFID reader.

	1	2	3	4	5
바코드	인식	인식	인식	인식	인식
RFID (태그 ID)	~9,458	~9,460	~9,455	~9,454	~9,463

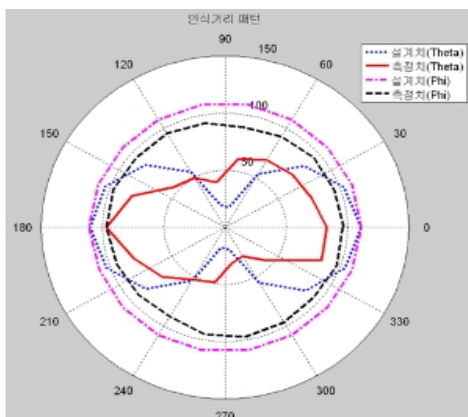


그림 7. 인식 거리 patterns
Fig. 7. Reading range patterns.

을 보이는 것은 오픈된 공간에서 측정했기 측정하는 사람의 움직임 등으로 인해 이론적인 인식 거리보다 측정된 인식 거리가 약간의 차이점을 보였다. 이론적 인식 거리 계산은 Higgs2 strap의 최소동작전력은 -14 dBm, 리더의 출력 전력 0 dB, 리더 안테나 이득 6 dBi를 이용하여 Friis 공식을 통해 계산하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 바코드 모양의 RFID 태그 안테나를 도전성 잉크로 설계하여 바코드와 혼용 가능한 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작하였다. 그래서 바코드 스캐너와 RFID 리더기로 동시에 인식이 100 % 가능한 태그를 설계하였다.

설계 및 제작 시에 필요한 도전성 잉크의 도전율 값을 계산하여 시뮬레이션 툴에 적용하였으며, 크기를 줄이기 위해 T-매칭 방법과 다이폴 형태를 채택하여 설계하였다. 도전성 잉크로 제작한 태그 안테나는 53.5 mm×85 mm로 실제 바코드에 응용 가능하다. 개발된 바코드 형태의 RFID 태그를 사용하면, 바코드가 있는 상품에 따로 상용 RFID 태그를 붙이지 않아 제조비용 절감, 손상된 바코드를 RFID로 대체 인식이 가능해 향상된 물류 관리가 가능하여 질 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] R. Glidden, C. Bockorik, S. Cooper, C. Diorio, D. Dressler, V. Gutnik, C. Hagen, D. Hara, T. Hass, T. Humes, J. Hyde, R. Olive, O. Onen, A. Pasavento, K. Sundstrom, and M. Thomas, "Design of ultra-low-cost UHF RFID tags for supply chain application", *IEEE Communication Magazine*, vol. 42, pp. 140-151, Aug. 2004.
- [2] K. Fingenzeller, *RFID Handbook*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Elgland, 2003.
- [3] 표철식, 박상준, 김기일, 김동균, 이문규, 김관중, 김선진, 서정해, "훤히 보이는 RFID/USN", 전자신문사, 2008년.
- [4] 전병돈, 정유정, "바코드와 혼용 가능한 UHF RFID 태그 안테나 설계", 2010년도 한국전자과학기술회 종합학술발표회, p. 15, 2010년 11월.