

도전성 잉크를 사용한 바코드의 국가코드 모양 UHF RFID 태그 안테나

중신회원 정 유 정*, 정회원 전 병 돈*

UHF RFID Tag Using National Code in a Bar-code Using Conductive Ink

You Chung Chung*^o *Lifelong Member*, Byung-Don Jeon* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 바코드 중에서 국가코드 부분을 활용하여 UHF 대역의 RFID 태그 안테나를 도전성 잉크로 설계 및 제작하였다. 바코드는 일반 종이 박스에서 흔히 볼 수 있는 바코드를 샘플 바코드로 사용하였다. 제작 방법은 도전성 잉크로 제작된 바코드 모양의 도전율을 측정하고, 그 측정치를 simulation 프로그램에 입력하여 설계하였다. 제작된 태그 안테나는 T-매칭 방식을 채택하여 크기를 줄이고, 제작된 태그는 바코드의 인식과 UHF 대역 RFID 태그 인식이 모두 만족할 수 있게 제작하였다. 임피던스를 측정하여 태그 칩과의 정합정도를 계산하였고, 인식거리 패턴을 측정하였다.

Key Words : Bar-code Tag, UHF RFID Tag, Tag for logistics

ABSTRACT

An UHF RFID tag is designed and fabricated using the national code in a bar-code with conductive ink. The bar-code sample was taken from a general bar-code from a general box. The conductivity of the conductive ink was measured, and the measured conductivity was used for the simulation tool to design the printed bar-code shape tag antenna. The tag antenna was fabricated using T-matching to reduce the size of the tag, and the bar-code tag antenna is recognized by both a general bar-code reader and an UHF RFID reader. The input reflection coefficient characteristic, the reading range pattern and the reading rate of the tag antenna are measured.

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification)는 무선으로 사물을 인식하는 기술로 기존의 바코드 시스템을 대체할 수 있을 뿐만 아니라, 새로운 물류응용 분야에 적용할 수 있는 신기술로 주목 받고 있다. RFID의 개념은 2차 세계대전 때 개발된 Radar 시스템에서 적과 아군을 식별하는 시스템에서 시작되었으며, 요즘 HF

(High Frequency) 대역 RFID가 근거리 자계장(electromagnetic near field)의 결합을 이용하며 인식 거리가 짧은것에 비하여 최근 주목 받고 있는 UHF(Ultra High Frequency) 대역(840~960 MHz) RFID는 원거리에서 전자기파를 이용하여 역산란(backscattering) 방법으로 정보를 전달하며 인식거리가 길어서 많은 적용이 되고 있다^{1,2)}.

RFID 시스템은 태그, 리더, 미들웨어, 응용프로그

* 대구대학교 정보통신공학부(youchung@daegu.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-10-464, 접수일자 : 2011년 10월 14일, 최종논문접수일자 : 2012년 2월 17일

램 등으로 구성되고 태그는 안테나와 RFID IC칩으로 구성되어 있으며, 전원이 없는 수동형(Passive)과 전원이 있는 능동형(Active) 태그로 나누어진다. 태그는 안테나와 RFID 칩으로 구성되는데, 이 마이크로 칩은 태그 안테나의 급전점에 위치하여 리더의 신호로부터 필요한 모든 에너지를 받아 에너지화하며 응답을 한다. 태그의 전원 인가 방식으로는 Schottky 정류 회로를 이용하여 전자파에너지를 직류로 변환한다. 개별 전원이 없는 수동형 태그의 경우 이렇게 정류되어진 직류 전압을 사용하여 동작하게 된다³⁻⁵⁾.

국제 규격을 결정하는 ISO(International Organization for Standard)와 IEC(International Electro-technical Commission)에서는 RFID 무선 인터페이스와 관련하여 주파수 대역별로 아래와 같이 규정하고 있다. 135kHz이하 대역은 ISO18000-2, 13.56MHz 대역은 ISO18000-3, 433MHz 대역은 ISO18000-7, 840-960MHz UHF 대역은 ISO18000-6과, 2.45GHz 대역은 ISO18000-4에서 규정된다. 우리나라는 917~920.8MHz 대역의 4W 그리고 920.8~923.5MHz 대역의 200mW EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)로 2008년 12월에 인가가 되었으며, 2011년 6월까지의 기존의 주파수와 새로운 대역을 공용하도록 하였다^{6,7)}.

RFID는 직접 접촉하지 않고 정보를 인식할 수 있고, 저장할 수 있는 정보량의 경우 바코드는 수십 단어(1~100byte)에 불과 하지만, RFID는 메모리의 용량이 크므로 많은 양의 내용을 저장 가능하며, 메모리의 용량은 점차 크기가 늘어나고 있다. 가격이나 품명 등의 한정된 정보만을 담을 수 있는 바코드와 달리, RFID는 많은 양의 생산자, 생산일자, 품명, 원산지, 구매이력, 유통과정 및 영양정보를 작은 칩에 저장할 수 있어 다양한 정보를 담을 수 있다. 또한, 바코드는 찢어지거나 프린트 된 부분이 훼손되어 읽히지 않는 경우가 많은데, RFID는 이러한 단점을 보완하였다^{8,9)}.

본 논문에서는 기존 바코드와 같이 사용이 가능한 UHF 대역에서 동작하는 바코드 형태의 RFID 태그 안테나를 설계하는데, 바코드 중에서 앞부분인 국가코드 부분에 태그를 설계 및 제작하였다. 바코드의 구조는 다음 장에서 설명 하지만, 간단하게 그림1과 같이 바코드의 앞에 부분은 국가코드와 다음 부분은 물품 코드로 구성되어 있다. 본 논문에서 제안하는 바코드 형태의 태그 안테나는 바코드의 국가코드에 RFID 태그 안테나를 설계함으로써, 하나의 국가에서 생산되는 모든 제품에 적용 가능하다는 장점을 지닌다.

본 태그는 현재 바코드에 비해 RFID가 비싸다는 단점이 있기는 하나, 바코드와 따로 상용 RFID 태그를 부착하는 경우 제조 및 물류비용의 증가를 초래한다. 그래서 바코드와 RFID 태그가 하나가 되어서 융합된 혼용 가능한 제품 개발에 목적을 두고 설계하게 되었다.

본 논문 II장에서는 바코드의 국가코드에 도전성 잉크로 제작한 RFID 태그 안테나 설계 및 제작에 대해 설명하고, III장에서 결론을 내렸다.

II. 본 론

일반적인 바코드는 그림 1과 같이 검은색 바와 흰색 간격이 평행한 다른 굵기의 선으로 된 코드이며, 선의 굵기와 간격에 따라 이진수론 코드이다. 좁은 바가 간격을 두고 있는 연속적인 형태는 숫자와 알파벳으로 해석이 된다. 바코드는 레이저 스캐너로 판독할 수 있으며, 검은 색 선의 굵기와 흰색 간격에서 반사되는 레이저 빔의 응답에 따라 코드로 판독이 된다. 그림 1과 같이 대중적인 바코드는 EAN(European Article Number)코드라고 하며, 이 코드의 구성은 국가 식별 코드, 회사 식별 코드, 제조사 제품 번호와 확인번호(check digit)를 포함하여 12개의 숫자로 구성되어 있다.



바코드의 국가코드

그림 1. 일반적인 바코드와 국가코드의 위치
Fig. 1. The configuration of general bar-code and position of national codes

실험을 통해 얻은 바코드의 국가 식별 코드의 위치는 그림 1과 같다. 그림 1과 같이 일반 박스에서 취득한 샘플 바코드에서 크기가 같도록 국가코드에 해당하는 바에 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작하였다. 앞부분에는 바코드 모양에 태그 안테나를 인가한 모양이고 뒷부분은 바코드의 원래 모양을 하고 있는 모습이다.

그림 2는 바코드의 국가코드에 태그를 x-y평면상에 설계한 그림이다. 설계한 태그는 국가코드의 첫

부분과 마지막 부분을 사용하여 설계하였으며, folded 다이폴 형태로 설계하였다. 전체적인 바코드의 크기는 53.5mm×98mm로 일반 박스에서 취득한 바코드를 샘플로 사용 하였다. 매칭을 위해 세로의 길이가 안테나의 길이 관계로 길어졌다. 또한, T-매칭 구조를 사용하여 태그의 크기를 줄임과 동시에 임피던스를 안정화 하였다. 각 파라미터의 설계 크기는 그림 1에서 보는 바와 같이 L_1은 98mm, L_2는 30mm로 그림에서 다른 안테나의 길이를 나타내는 파라미터들을 보여 주고 있다.

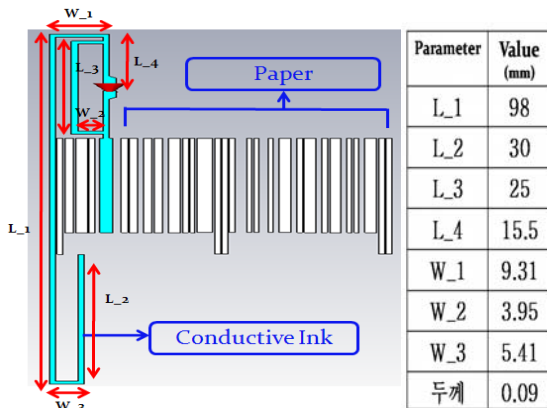


그림 2. 도전성 잉크로 설계한 태그 안테나와 파라미터
Fig. 2. Tag Antenna designed by conductive ink and parameters

도전성 잉크는 전기적 성질을 지닌 잉크로, Dotite사 제품으로 D500 제품을 사용하였다. 그림 3과 같이 도전성 잉크를 프린트하여 길이 100 mm로 두께는 안테나와 같은 두께로 제작하고 여러 가지의 샘플을 만들어 측정된 저항값의 평균으로 프린트된 잉크의 도전을 값을 계산하여 MWS 프로그램에 입력하여 안테나 설계를 하였다.



그림 3. 도전성 잉크로 프린트한 선로
Fig. 3. Printed conductive ink

도전성 잉크의 측정된 저항값은 2.1~2.84 ohm을, 도전율은 2.93~4.054 S/m의 값을 갖는데 평균값을 사용하였다. 저항 측정은 도전율(K) 값은 수식(1)과 같이 유도할 수 있다. 여기서 R은 전기저항, l은 도전성 잉크의 길이, A는 도전성 잉크의 단면

적이고 ρ는 고유저항 값을 나타낸다.

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

그림 4는 도전성 잉크로 설계한 크기를 바탕으로 제작한 태그 안테나 이다. 전체적인 바코드의 크기는 53.5mm×85mm로 설계값과 비교하여 가로 길이는 같고 세로의 길이는 98에서 85mm로 짧아졌다. 각 길이별 파라미터 변수를 나타내었고, 제작시 최적화한 파라미터들의 값을 설계값과 함께 비교하여 아래 그림에 명시하였다. 제작했을 때, 측정 후 보정을 통해 L_1, L_2의 길이가 짧아 졌다.

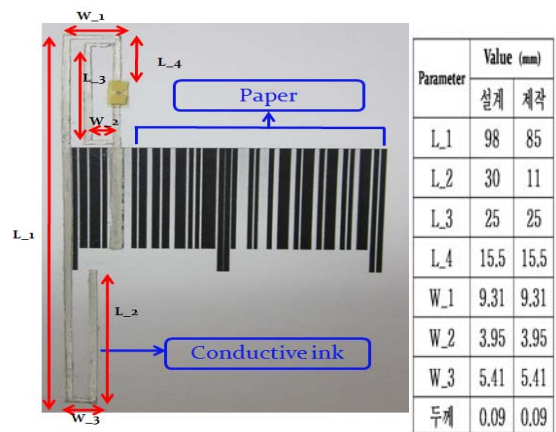


그림 4. 도전성 잉크로 제작한 태그 안테나와 파라미터
Fig. 4. Tag Antenna fabricated by conductive ink and parameters

제작한 바코드 형태의 태그 안테나를 바코드 리더기와 RFID 리더기로 인식률을 조사하였다. 5개의 태그 안테나를 설계하여 인식한 결과 바코드의 인식환경과 RFID의 인식환경에서 100%인식률을 나타내었다.

설계한 태그와 제작한 태그 안테나의 반사계수의 크기를 비교한 것을 그림 5에 보여주고 있다. 설계한 태그 안테나의 반사계수 크기는 920MHz에서 -23.52dB를 보이고 있으며, -3dB 대역폭은 807~955MHz로 148MHz의 대역폭을 나타냈다. 제작한 태그 안테나의 반사계수 크기는 920MHz에서 -5.76dB를 나타내었고, -3dB 대역폭은 790~995MHz로 205MHz의 대역폭을 보이고 있다. 측정결과 920MHz에서 안테나 임피던스 $Z_A = 36.3 + j134.89\Omega$ 이며 칩 임피던스는, $Z_C = 11.7 - j132\Omega$ 으로 측정되어 안테나 저항치와($R_a=36.3$) 칩 저항값이($R_c=11.7$) 큰 차이를 나타내게 되어 반사계수가 좋

지 않게 나왔다. 이는 안테나의 도전을 문제인데, 도전성 잉크로 제작하는 과정에서 저항값의 차이를 보인 것으로 고려된다. 또한 도전성 잉크와 태그 칩과의 본딩 과정에서 저항값의 증가로 인하여 차이가 나는 것으로 사료된다.

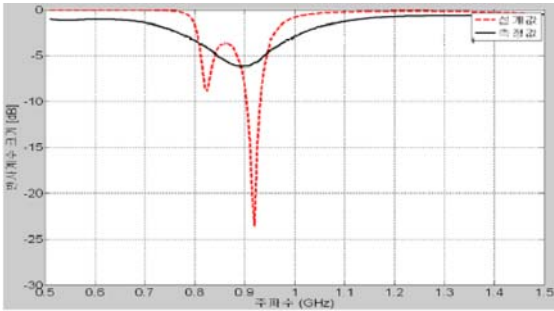


그림 5. 설계와 제작한 태그의 반사계수크기 비교
Fig. 5. Simulated and measured values of $|S_{11}|$ for fabricated and simulated tag antenna

제작한 바코드 형태의 태그 안테나의 인식거리를 측정하였다. 그림 6은 도전성 잉크로 설계한 태그 안테나의 이론적 인식거리와 제작한 태그 안테나의 인식거리를 Theta(X-Z 방향), Phi(X-Y방향) 스캔한 그림이다. Theta 방향 인식거리는 설계했을 때, 전 방향 112~115cm로 나타났으며 제작한 태그는 전 방향 103~108cm를 보였다. 설계한 태그의 Phi 방향 이론적 인식거리는 약 80도에서 115cm의 최대 인식거리를, 0도에서 6cm의 최소 인식거리를 나타냈다. 도전성 잉크로 제작한 태그를 Phi 방향 인식거리를 조사한 결과 100도에서 108cm의 최대 인식거리를 나타내었으며, 0도에서 19cm의 최소 인식거리를 보였다.

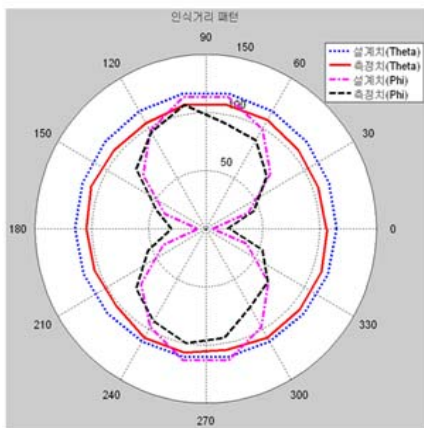


그림 6. 도전성 잉크로 제작한 태그의 이론적 인식거리와 측정된 인식거리 (Theta, Phi)
Fig. 6. Simulated and measured reading range pattern (Theta, Phi) of fabricated tag antenna.

III. 결 론

본 논문에서는 하나의 국가에서 모든 상품에 적용이 가능하도록 바코드의 국가코드 부분에 RFID 태그 안테나를 설계하여 바코드와 혼용 가능한 RFID 태그 안테나를 설계 및 제작하였다. 제작 방법은 도전성 잉크로 제작하는 방법으로 설계 및 제작하였다. 설계 및 제작 시에 필요한 도전성 잉크의 도전율 값을 계산하여 시뮬레이션 툴에 적용하였으며, 크기를 줄이기 위해 T-매칭 방법과 폴디드 다이폴을 채택하여 설계하였다. 도전성 잉크로 제작한 태그 안테나는 9.31mm×85mm로 바코드에 응용 가능하다. 제작한 태그 모두 바코드의 인식환경과 RFID의 인식환경을 100% 만족하였다. 도전성 잉크로 제작한 태그는 920MHz에서 -5.76dB의 반사계수 크기와 Phi 방향 최대 108cm의 인식거리를 확보하였다. 또한 바코드 리더기와 RFID 리더기로 동시에 인식이 가능함을 보였다.


개발된 바코드 형태의 RFID 태그를 사용하면, 물류용 박스나 물품에 바코드와 따로 상용 태그를 붙이지 않아 제조비용 절감가능하고, 손상된 바코드를 RFID로 대체 인식이 가능해 향상된 물류 관리가 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] K. Finkenzeller, "RFID Handbook", 2nd edition, John Wiley & Sons, England, 2003.
- [2] 표철식, "UHF RFID", 정보통신연구진흥원 학술정보 TTA 저널, no. 94호, pp. 122, 2004.
- [3] 최재한, 전병돈, 정유정, "혈액배출 UHF RFID 태그 안테나와 혈액관리용 시스템" 전자공학회 TC 논문지, vol.48, no. 1, pp.102-107, 1월, 2011.
- [4] 정유정 "작은 UHF RFID를 이용한 열쇠 관리 철재 캐비닛 시스템과 인식률에 관한 연구", 한국통신학회논문지, vol. 35, no. 2, 263-268, 2월, 2010.
- [5] 이진성, 이경환, 정유정, "귀금속 관리를 위한 900 MHz Near field RFID 시스템에 관한 연구", 한국통신학회논문지, vol. 35, no. 1, 78-84, 1월, 2010.
- [6] 'Regulatory status of using RFID in the UHF spectrum,' <http://www.epcglobalinc.org/>, March, 2009.
- [7] 무선설비규칙 제2008-137호, 방송통신위원회

- 고시, 12월, 2008.
- [8] T. Razban et al., "Passive transponder card system-identifying objects through microwave interrogation", *Microwave Journal*, pp. 135-146, Oct. 1987.
- [9] 표철식, 박상준, 외6, "흰히 보이는 RFID/USN", *전자신문사*, 2008.
- [10] 전병돈, 정유정 "바코드와 혼용 가능한 UHF RFID 태그 안테나 설계", *2010년 동계 한국전자과학기술학회 학술대회 논문지*, 11월, 2010.

정 유 정 (You Chung Chung) 중신회원



1990년 2월 인하대 전기공학사
1994년 12월 Univ. of Nevada
전기전자공학과 M.S.
1999년 12월 Univ. of Nevada
전기전자공학과 (Ph.D)
2000년 1월~2003년 4월 Utah
State

Univ., ECE Dept. 연구조교수
2003년 5월~2004년 8월 University of Utah, ECE
Dept. 연구조교수
2004년 9월~현재 대구대학교 정보통신공학과 교수
2004년~IEEE Antenna Propagation Society, Senior
Member
<관심분야> RFID, 유전자 알고리즘을 이용한 안테
나 최적화, 다중밴드 안테나 최적화, 배열 안테나
최적화, RFID 태그 및 시스템

전 병 돈 (Byung-Don Jeon) 정회원



2009년 2월 대구대학교 통신
공학과(공학사)
2011년 8월 대구대학교
정보통신공학과 석사
<관심분야> RFID 태그 안테
나, 고유전율 태그 안테나,
도전사 태그 안테나