

전도성 천을 이용한 UHF RFID 태그 안테나 설계

Conductive Fabric UHF RFID Tag Antenna Design

강 주 원 · 정 유 정*

Juwon Kang · Youchung Chung*

요 약

본 논문에서는 전도성 천으로 920 MHz UHF(Ultra High Frequency) 대역의 RFID(Radio Frequency IDentification) 태그 안테나를 설계하였다. 4가지의 전도성 천의 저항을 측정하여 각 천의 전도율을 계산하였고, UHF 대역의 RFID 태그 안테나로서 사용가능한 가장 좋은 전도율을 가지는 천을 선별하였다. 태그 안테나를 설계하기 위하여 선별된 천의 전도율을 시뮬레이션 프로그램에 입력하여서, T-Matching 구조를 갖는 UHF 대역 RFID 태그 안테나를 시뮬레이션을 통하여 80×40 mm 명찰 크기로 설계 제작하였다. 태그의 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교하였으며, 세탁성 테스트를 완수하였다. 제작된 태그의 인식거리는 약 2 m이다. 전도성 천을 이용하여 태그를 제작하면 직물이나 옷에 접착이 용이하므로 RFID 출입관리 시스템 등에 쉽게 적용이 가능하다.

Abstract

This paper presents the design of a 920 MHz ultra-high frequency(UHF) band radio frequency identification(RFID) conductive fabric tag antenna. The resistance values of four different conductive fabrics are measured, and the conductivities of the fabrics are calculated. The fabric with the best conductivity is selected, and the best conductivity of the fabric is used to simulate the fabric tag antenna design. The fabric UHF RFID tag antenna with a T-Matching structure and name-tag size of 80×40 mm is simulated and designed. The simulated and measured results are compared, and a laundry test is performed. The reading range of the fabric tag antenna is about 2 m. This fabric tag can be easily applied to an entrance control system as it can be attached to other fabrics and cloths.

Key words: UHF RFID Tag, Conductive Fabric RFID Tag, Fabric UHF Tag Antenna

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification) 태그는 일반적으로 사물에 부착되어 리더기 안테나를 통하여 해당 사물의 정보를 리더기로 전송하는 기술에 사용되었다. 현재 이 기술은 일반적으로 교통카드, 물류관리 등에 적용되어 RFID 시스템이 사용되고 있다. RFID 시스템은 사용하는

주파수 대역에 따라 응용분야가 구분된다. HF(High Frequency) 대역은 13.56 MHz로 근거리용으로 사용되고, UHF 대역은 능동형으로 430 MHz와 수동형으로 840~960 MHz로 물류관리에 사용되며, 2.45 GHz 대역은 수표인증이나 여권인식 등에 사용된다^{[1]~[3]}.

공공기관이나 연구소, 방송국 등 대부분의 건물의 출입관리 시스템이나 교통카드에 RFID가 적용되어 있는데,

「이 연구는 대구대학교 연구비의 지원으로 연구되었음.」

대구대학교 정보통신공학부(Department of Information and Communication Engineering, Daegu University)

· Manuscript received February 14, 2019; Revised March 11, 2019; Accepted March 21, 2019. (ID No. 20190214-019)

· Corresponding Author: Youchung Chung (e-mail: youchung@daegu.ac.kr)

이는 HF 대역의 RFID 카드를 사용한다. 이 HF 방식은 RFID 태그를 리더기에 접촉시켜서 인식시켜야 하고, 하나씩 차례대로 인식시켜야 하므로 불편함이 있다. 이러한 HF 대역의 RFID 태그 대신에 UHF 태그를 이용한다면 인식거리가 충분하고 다중인식이 동시에 가능하므로 동시에 많은 사람들을 인식이 가능하므로 출입관리 시스템 등에 적용이 용이하다.

RFID 태그 안테나는 구리나 도전체를 사용하므로 금형제작, 밀링시스템이나 프린팅 방법을 사용하는 것이 일반적이다. 하지만 전도성 천을 이용하여 UHF RFID 태그를 제작하면 옷이나 천에 태그를 부착하기 쉬우므로 RFID 출입관리 시스템에서 사람을 쉽게 인식이 가능하다.

전류가 흐르는 실인 도전사를 이용하여 제작된 태그 안테나가 최초로 국내외에 소개가 되었다^[4]. 또한 도전사로 박음질이나 자수형태로서 글자모양으로 태그 안테나를 설계하는 과정과 어려움들을 논문에서 자세하게 보여 주었고, 전도성 실을 이용하면 제봉이나 자수기계에 여러 가지 어려움이 있음을 설명하였다^{[6]~[8]}. 그리고 전기 섬유 재료는 절단하기 쉽고 기존 직물에 눈에 띄지 않게 적용할 수 있으며, 또한 은 또는 구리 등의 함유 물질을 갖는 전도성 잉크를 이용하는 것이 주파수가 올라감에 따라 중요성을 보여 주었다^[9].

따라서 본 논문에서는 도전사를 이용한 태그보다 설계가 더 용이하고, 관리가 편한 Silver Woven 전도성 천을 이용한 UHF 대역 태그 안테나 설계를 제시하였다. II 장 본문에서 여러 전도성 천을 이용하여 설계 가능한 천을 선택하는 과정을 보여주며, 각 천들의 전도율을 계산하는 과정을 보여주었다. 전도율이 가장 좋은 천의 전도율을 시뮬레이션 프로그램에 입력하여 UHF RFID 태그 설계하는 과정과 결과를 보여주었다. III 장에서는 본 논문의 결론을 보여 주었다.

II. 본 론

2-1 전도율 측정과 태그 설계

전도성 천을 이용한 UHF RFID 태그 설계를 위하여 EM 시뮬레이션 프로그램인 CST를 사용하였다. 시뮬레이션 프로그램을 이용해 태그 설계를 하기 위해서, 태그 제작에 이용되는 전도성 천의 전도율 값을 입력해야 한다. 따

라서 도전성 천의 전도율 값을 측정해야 하는데, 전도율 값을 유추하기 위하여 다음 공식과 측정값을 이용하여 저항값과 천의 두께와 단면적으로 계산이 가능하다. 전도율 K 는 ρ 비저항의 역수이고, 비저항은 R 저항과 단면적 S 의 곱에 단위길이 l 을 나눈 값이다.

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad [\Omega] \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{\frac{RS}{l}} = \frac{l}{RS} \quad [S/m] \quad (2)$$

위의 전도율 값을 찾기 위하여 제작에 사용할 전도성 천을 선택하여야 한다. 설계에 후보로 사용된 4가지 전도성 천의 종류는 그림 1의 4가지(A~D)에 사용한 도전성 천을 보여준다. 천의 명칭은 (A)는 adafruit-1168로서 Woven conductive silver coated fabric이며, (B)는 p1364로서 knit 종류이다. (C)는 com-14110로서 카본형태의 검은색 천이며, (D)는 com-14111로서 압축된 카본형태의 천이다.

전도성 천의 전도율 값을 계산하기 위하여 각각의 천을 넓이를 1 cm를 기준으로 정하여 자르고, 가로길이를 1 cm부터 20 cm까지 1 cm씩 증가시켜 멀티미터를 이용하여 각각 저항값을 길이별로 측정하였다.

그림 2에서 모든 종류의 천에서 길이가 증가함에 따라 저항값도 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 그림 2를 보면 com-14110과 com-14111은 kΩ의 값으로서 단위 길이 당 저항값이 크고, p1364와 Adafruit-1168은 저항값이 Ω 단위로서 상대적으로 작은 값을 가지고 있어서 태



그림 1. 4가지 전도성 천의 사진

Fig. 1. Photo of 4 different conductive fabrics.

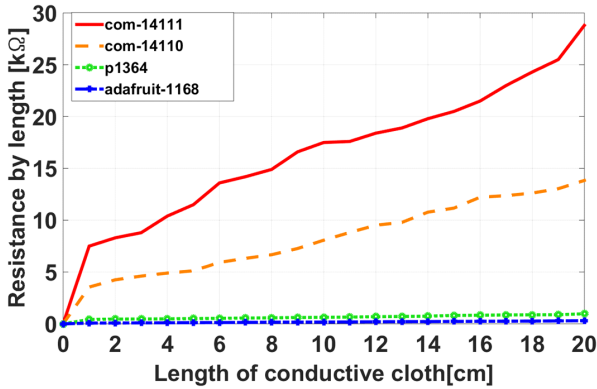


그림 2. 전도성 천들의 길이 vs. 저항값

Fig. 2. Resistance value vs. length of conductive fabrics.

그 설계에 적합하다. A와 B 두 천의 저항값을 식 (1)과 (2)에 대입하여서 전도율 K의 값을 계산하여, (A) adafruit-1168은 8,600 [S/m]이고, (B) P1364는 720 [S/m]으로 계산이 되었다.

4가지 종류 천의 측정된 저항값으로 태그 설계에 적합한, 전도율 값이 가장 작은 (A) adafruit-1168을 사용하였고, 저항값이 가장 작은 두 가지 천의 간략한 저항값을 표 1에 자세하게 보여준다.

2-2 전도성 천을 이용한 UHF RFID 태그 설계

전도율 값을 시뮬레이션 툴에 입력하여 UHF 대역 주

표 1. P1364와 adafruit-1168의 저항값 요약

Table 1. Resistance values of p1364 & adafruit-1168.

Resistance value by length [cm]	p1364[Ω]	adafruit-1168[Ω]
2	4.25	0.46
4	4.90	0.48
6	5.93	0.53
8	6.67	0.58
10	8.07	0.63
12	9.52	0.69
14	10.78	0.74
16	12.22	0.83
18	12.62	0.87
20	13.84	0.97

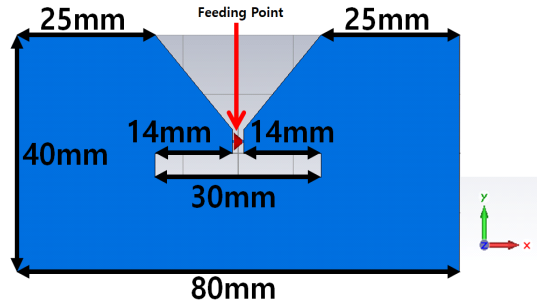


그림 3. 설계된 태그 안테나의 파라미터

Fig. 3. Parameters of designed tag antenna.

파수인 920 MHz에 맞추도록 태그를 설계하였다. 태그 제작에 사용된 칩은 Alien사의 Higgs3 칩을 사용하였다. Higgs3 칩의 Data sheet에 제공된 캐패시턴스 값은 0.85 pF이고, 저항값은 1,500 kΩ이다. 그래서 920 MHz에서 칩의 임피던스 값은 $Z_c = 27 - j200$ 이며, 태그 안테나의 임피던스는 칩 임피던스에 공액정합이 되도록 설계하여 최적의 파라미터 값을 그림 3에서 80×40 mm 크기로 보여준다.

그림 4는 시뮬레이션 프로그램 상에서 태그 안테나의 임피던스를 보여주는 Smith chart이다. 그 값은 920 MHz에서 $Z_s = 32 - j196$ 이다. 네트워크 아날라이저로 측정된 태그 안테나의 임피던스는 그림 5에서 보여준다. 그 값은 920 MHz에서 $Z_m = 85 - j212$ 이다.

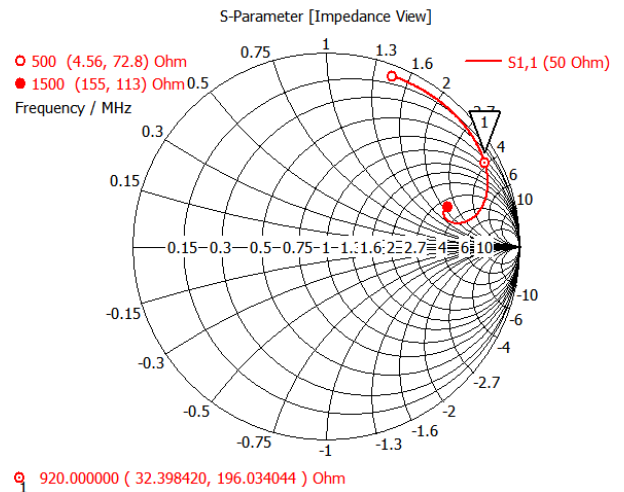


그림 4. 시뮬레이션된 Smith chart 상의 안테나 임피던스

Fig. 4. Simulated antenna impedance on Smith chart.

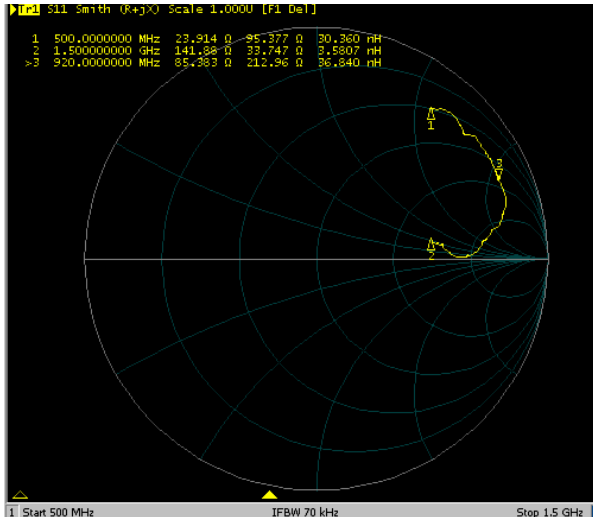


그림 5. Smith chart상의 측정된 안테나 임피던스
Fig. 5. Measured antenna impedance on Smith chart.

그림 6은 설계된 태그의 시뮬레이션과 실제 측정된 $|S_{11}|$ 값을 비교한 그래프로서 시뮬레이션에서 920 MHz에서 반사계수가 약 -19 dB 값을 가지는데 실제 측정을 하였을 때 공진 주파수는 약 885 MHz에서 반사계수가 -12.7 dB로 측정되었다. 시뮬레이션 결과 값과 네트워크 아날라이저로 측정한 결과 값에서 주파수와 반사계수 값이 차이가 나는 이유는 태그에 칩을 부착할 때 사용한 전도성 본드의 저항값이 추가된 이유로 차이가 나는 것으로 사료된다.

그림 7은 실물로 제작한 태그의 사진으로 레이저 커팅

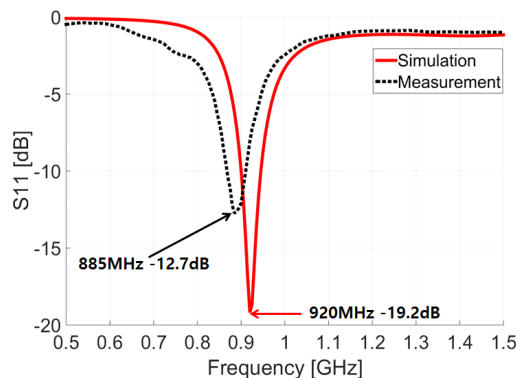


그림 6. 시뮬레이션과 측정된 태그 안테나의 $|S_{11}|$
Fig. 6. Simulated and measured $|S_{11}|$ of tag antenna.

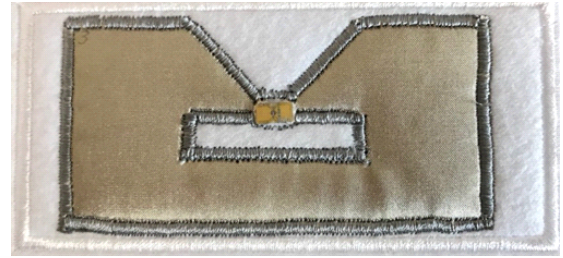


그림 7. 최종 설계된 태그 안테나
Fig. 7. Final designed tag antenna.

기를 이용하여 도전성 천을 잘라서 제작하였다. 태그가 훼손되지 않도록 명찰 제작 시에 사용이 되는 부직포 재질을 이용하여 태그 뒤쪽에 부직포를 박음질을 하였다. 명찰의 유전율을 측정하였을 때 공기와 큰 차이가 나지 않았다. 그리고 박음질 전후에 인식거리의 차이가 거의 없었다.

그림 8은 제작된 그림 3의 태그의 x-y 평면(Phi)과 z-x 평면(Theta)에서의 인식거리를 각도별로 원형 편과 안테나를 사용하여 측정한 것을 보여준다. 정면에서의 최대 인식거리는 1.8 m이다.

전도성 천을 이용하여 제작한 태그 안테나는 의류관리로 직물에 적용하기 때문에 세탁성 테스트를 하였다. 세탁성 테스트는 한국섬유개발연구원에 의뢰하였으며, KS ISO6330의 기준으로 30~40분 세탁을 하는 것으로 세탁을 하여 측정하였다. 건조를 하지 않고 젖어있는 상태와 건조했을 때 두 가지 상태일 때 인식거리를 측정하였으

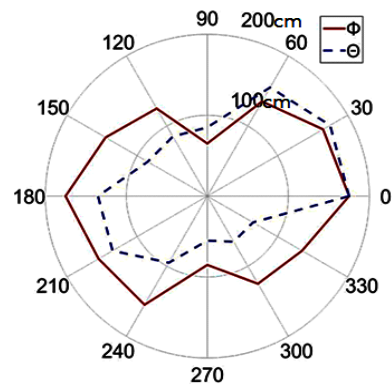


그림 8. 측정된 인식거리 패턴
Fig. 8. Measured reading range patterns.

며 1회, 3회, 5회, 10회로 반복하여 측정하였다. 측정 결과, 태그의 인식거리가 세탁 전에 약 2 m로 세탁 후에 거의 동일하였음을 확인하였다.

III. 결 론

본 논문에서는 전도성 천을 이용하여 T-Matching 구조를 갖는 UHF 대역 RFID 태그 안테나를 제작하였다. 전도성 천을 이용하여 설계에 적합한 천을 선택하는 과정을 보여주었으며, 각각의 천의 전도율을 계산하였다. 전도율이 가장 좋은 천을 선택하여 그 전도율 값을 시뮬레이션 프로그램에 입력하여 UHF RFID 전도성 천 태그 안테나를 설계하는 과정과 결과를 보여 주었다. 설계한 태그 안테나는 80×40 mm의 크기로서 명찰 크기에 맞도록 제작하였으며, 인식거리는 정면에서 최대 1.8 m로 측정되었다. 한국섬유개발연구원에 의뢰하여 세탁성 테스트를 하였으며, 최대 10회 세탁 후에도 도전성 천으로 제작된 태그가 인식이 됨을 증명하였다. 제안된 UHF RFID 태그 안테나를 이용하면 설계된 태그를 여러 직물 또는 의류에 쉽게 부착할 수 있으므로 출입관리 시스템 등에 용이하게 사용될 수 있을 것이다.

References

- [1] K. Fingenzeller, *RFID Handbook*, 2nd ed. New York, John Wiley & Sons, 2003.
- [2] 손해원, "UHF RFID 안테나 기술," 한국전자과학회 전자과학기술, 19(6), pp. 40-50, 2008년.
- [3] 남세현, 정유정, "군 계급장 UHF RFID 태그를 이용한 군 보안출입관리 시스템," 한국통신학회논문지, 38C(11), pp. 966-971, 2013년 11월.
- [4] Y. Kim, K. Lee, Y. Kim, and Y. Chung, "Wearable UHF RFID tag antenna design using flexible electro-thread," in *2007 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Honolulu, HI, Jun. 2007, pp. 5487-5490.
- [5] 김연호, 정유정, "도전사를 이용한 UHF RFID 태그안테나 설계," 한국전자과학회논문지, 19(1), pp. 1-6, 2008년 1월.
- [6] 정유정, 김연호, 이경환, "'ㅂ'자 자수형 전도성 천 UHF RFID 태그 안테나," 한국전자과학회논문지, 20(10), pp. 1071-1076, 2009년 10월.
- [7] 최재한, 정유정, "글자 모양의 자수형 도전사 UHF RFID 태그 안테나 디자인," 한국전자과학회논문지, 20(10), pp. 1114-1120, 2009년 10월.
- [8] 남세현, 정유정, 최재한, 박용권, "도전사를 이용한 A자 자수형 RFID 태그 안테나 설계에 관한 연구와 RFID 태그에 관한 리뷰," 한국섬유공학학회논문지, 47(1), pp. 48-53, 2010년 2월.
- [9] A. R. Guraliuc, M. Zhadobov, G. Valerio, and R. Sauleau, "Enhancement of on-body propagation at 60 GHz using electro textiles," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 603-606, Jan. 2014.

강 주 원 [대구대학교/석사과정]



2015년 대구대학교 통신공학과 (공학사)
2017년 9월~현재: 대구대학교 정보통신
공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 설계, RFID 태그 안
테나, 다중대역 태그 안테나, 웨어러블
안테나설계, RFID 시스템 프로그램

정 유 정 [대구대학교/교수]



1990년 2월: 인하대학교 전기공학과 (공학
사)
1994년 12월: University of Nevada 전기전
자공학과 (공학석사)
1999년 12월: University of Nevada 전기전
자공학과 (공학박사)
2000년 1월: Utah State University 연구조

교수

2003년 5월: University of Utah 연구조교수

2004년: IEEE Senior Member

2006년: Associate Editor of International Journal of Antenna Pro-
pagation(IJAP) Associate Editor of KIEES

2004년 9월~현재: 대구대학교 정보통신공학과 교수

[주 관심분야] RFID, 유전자 알고리즘을 이용한 안테나, 배열안
테나 최적화, 다중밴드 안테나 최적화, Live Wire 오류검침과
위치 추적