

‘ㅂ’자 자수형 도전사 UHF RFID 태그 안테나

Embroidery ‘ㅂ’ Character Type UHF RFID Tag Antenna Design

정 유 정 · 김 연 호 · 이 경 환

You Chung Chung · Yeonho Kim · Kyoung-Hwan Lee

요 약

본 논문에서는 도전사를 이용하여 UHF 대역에서 동작하는 ‘ㅂ’자 자수 형태의 wearable RFID tag 안테나를 설계하였다. T-정합 형태를 가지는 ‘ㅂ’자의 자수형 tag 안테나를 다양한 도전사의 특성을 분석하여 전기적 성질이 좋은 200D(데니아)의 도전사로 자수 형태로 의복에 직접 자수를 넣을 수 있도록 설계하였다. 의류 위에 전도성을 가진 도전사를 이용한 태그를 자수해서 넣음으로 해서 의류의 착용할 수 있고 구부러질 수 있으면서 인식이 가능하게 하였다. 도전사의 데니아(denier)별로 제작 가능한 실의 전기적 특성을 측정하고, 그 측정치를 기반으로 자수 형태의 RFID 태그를 제작하였다. 제작한 안테나의 성능을 검증하기 위하여 반사 손실, 인식 거리 패턴 등을 측정하여 약 1.52 m의 인식 거리를 갖는 것으로 나타났다.

Abstract

A wearable embroidery ‘ㅂ’ character shape UHF RFID tag antenna has been designed using conductive electro-thread. After testing characteristics of various electro-threads, the embroidery tag, with a T-matching structure, has been designed on a cloth with 200D(denier) electro-thread which performs electrically better. The embroidery tag on a piece of fabric or clothes made with the flexible electro-thread is a wearable tag and possible to be recognized by an RFID system. The conductivity of different deniers of electro-threads has been measured. The measured conductivity has been used for simulation and fabrication to have accurate simulation results. To verify the characteristics of the tag antenna, the return loss and reading range of the fabricated embroidery electro-thread UHF RFID tag antenna have been tested. The reading range is approximately 1.52 m.

Key words : Wearable RFID Tag Antenna, RFID, Embroidery Antenna, Electro Textile Antenna

I. 서 론

RFID(Radio Frequency Identification) 시스템은 리더기와 태그 그리고 리더와 연결된 호스트 컴퓨터로 이루어져 있다. 이렇게 구성된 RFID 시스템은 사물이나 사람을 인식하는 무선 자동 인식 기술이다. 이 RFID 시스템의 요소 중에 태그는 안테나와 안테나의 급전점에 연결된 RFID IC칩으로 구성되어 있으며, 태그의 형태는 사용 목적 및 부착되는 물체의 재

질 등에 따라 여러 가지 모양으로 설계될 수 있다. 이러한 태그들은 대부분 구리판을 이용하여 만든 형태로서 태그의 유연성을 가지지 못한다는 단점이 있다. 최근에는 태그의 대량 생산을 목적으로 태그 안테나 부분을 도전성 잉크로 프린트하여 어느 정도는 구부릴 수 있는 기술도 개발되고 있다. 하지만, 일반적인 태그는 사람의 옷과 같이 유연한 동작을 필요로 하는 곳에는 부착하기가 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 그래서 이러한 구부러질 수 있는 곳에 사용

「2004학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.」

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

· 논문 번호 : 20090714-066

· 수정완료일자 : 2009년 9월 23일

할 수 있는 태그 안테나를 개발하기 위하여 도전 사실을 이용하는 움직임이 점차 늘어나고 있고, 초기의 설계로서 도전사를 이용하여 간단한 다이폴 형태의 태그를 설계하여 동작함을 보여주었다^{[1],[2]}. 또한 전도성 재료로 FleTron를 사용한 2.4 GHz 단일 급전 링모양의 직물 안테나와 직물 재료로 평면 안테나의 모양을 직물의 특성을 보존하고 옷 안에 부드럽게 붙일 수 있는 2.4 GHz의 직물 패치 안테나, 그리고 전도성 직물 모델링에 관한 연구가 소개되었으며, 4 가지 형태로 6 GHz에서 동작할 수 있는 전송 선로도 디자인하여 소개하였다^{[3]-[5]}.

위에서 소개된 적용 외에 wearable computer나 GPS 등 생활에 필요한 안테나 등을 옷에 장착형으로 개발한 여러 적용들을 보여준다^{[6]-[9]}. 하지만 도전사 자수형 안테나로 설계된 것은 없었으며, 특히 사람이 입는 옷에 RFID 자수형 안테나 태그를 디자인하여 옷 자체나 옷의 일부를 RFID 태그로 사용하는 적용 또한 전무한 상태이다. 일반적인 태그를 따로 상표에 삽입하는 수고 없이, 옷 자체에 자수로 태그 안테나를 인식을 할 수 있으면 옷의 관리나 그 옷을 입은 사람의 출입 관리, 특수한 직종의 제복을 입은 사람들의 관리가 용이할 수 있다.

본 논문에서는 전기가 통하는 실의 일종인 도전사를 사용하여 자수된 글자 형태로 태그 안테나를 설계를 하였다. 도전사의 전기적 성질을 이용하여 천이나 옷에 자수를 놓음으로서 입을 수 있고 구부러짐이 가능하도록 태그가 설계되었다. 태그 안테나는 한글 문자인 ‘ㅂ’자 형태로 설계되었다.

도전사의 전도성(conductivity)을 측정하여 그 값을 이용해서 simulation 하였으며, 따로 옷에 붙이지 않고 직물에 직접 자수를 하도록 하였다. II 장에서는 간단한 RFID의 원리와 태그 안테나를 설계하기 전에 도전사의 전기적 특성들을 보여주었으며, III 장에서는 본 논문이 제안하는 안테나의 설계 수치와 실제 제작한 결과와 비교하였다. IV 장에서 결론을 보여준다.

II. 기본 RFID Tag 안테나의 동작 원리 및 도전사

2009년도부터 EPC global의 발표에 의하여 UHF RFID 주파수가 중국이 840~844.5 MHz의 대역을

2W ERP FHSS로 사용함에 따라 840~960 MHz 대역으로 조금 확장되었다. 한국은 기존의 908.5~914 MHz에서 새로이 917~920.8 MHz 대역의 4W 그리고 920.8~923.5 MHz 대역의 200 mW EIRP로 HFSS나 LBT 방식으로 2008년 12월에 인가가 되었으며, 2010년 3월까지의 기존의 주파수와 새로운 대역을 공용하여도 되도록 하였다^[10].

본 논문에서는 2010년 3월까지의 두 가지를 공용하여도 되므로 현 시스템에 사용할 수 있는 중전의 사용된 중심 주파수인 911 MHz를 사용하였고 Alien사의 Gen1 strap를 사용하였다. 태그 안테나 임피던스는 RFID 칩 임피던스와 공액 정합시켜야 하므로 칩의 임피던스를 감안하여 안테나의 목표 설계치를 $Z_{ant}=7+j120$ 과 같이 정하였다.

그리고 태그 칩과 태그 안테나의 임피던스 매칭 부분이기도 하며, 태그 칩을 정전기로부터 보호하기 위한 방법으로 안테나를 T-매칭 구조를 갖는 글자형 태인 ‘ㅂ’자 모양으로 설계하였다.

태그 안테나로 제작에 사용될 도전사의 기본적인 성질은 참고문헌 [1], [2]에서 설명이 되었다. 도전사는 전기가 통하는 실로서 금속사가 함유된 것을 말하며, 세계적으로는 도전사(conductive yarn 또는 electro-thread)로 표현된다.

도전사의 굵기에 따라 특성을 분석하고 측정하고, 그 측정치에 따라 simulation하여 설계를 시작하였다. 도전사에 대한 자세한 정보가 미흡하여, 취할 수 있는 도전사를 확보하여 측정하였다.

일반적인 실의 구분은 Denier(데니어)로서 실 또는 화이버의 측정 단위이고, 9,000미터의 실 또는 화이버의 무게의 단위인 그램(gram)으로 나타낸 것이다. 보통 표기는 'D'로 하며, 예로 100D의 실은 그 실의 길이가 9,000 m일 때 100그램이라는 말이다^[11].

측정된 도전사는 간단한 이름은 각각 70D, 100D, 200D이다. 그림 1에서 길이별 도전사의 저항값을 보여주고 있다. 한 가닥의 실 자체의 저항은 70D가 3.92 ohm/cm이고, 100D가 2.18 ohm/cm, 200D가 0.68 ohm/cm이다. 또한 여러 줄을 겹쳐서 꼬아 측정시 전기적인 값들은 200D의 2줄이 0.32 ohm/cm, 5줄이 0.16, 10줄이 0.09 ohm/cm이며, 100D의 2줄이 1.19 ohm/cm, 5줄이 0.49, 10줄이 0.25 ohm/cm이다. 70D의 실 2줄이 2.19 ohm/cm, 5줄이 0.91, 10줄이 0.43 ohm/

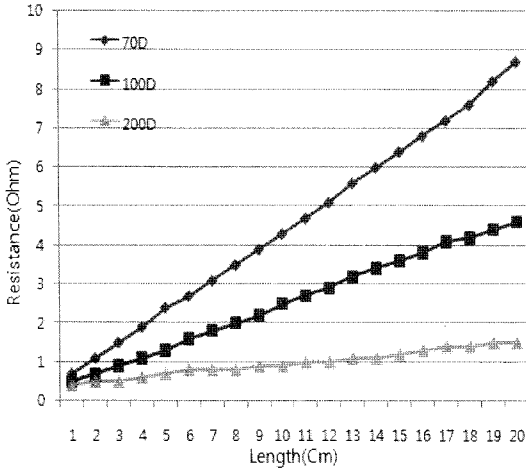


그림 1. 도전자별 길이당 저항 측정표
Fig. 1. Resistivity of electro-threads vs. length.

cm로서 저항 값은 일반적인 예상과 같이 겹쳐진 줄의 수에 반비례함을 알 수 있었다. 사용된 실은 저항성이 가장 낮은 Article 200D 도전자이다.

III. RFID Tag 안테나 설계 방법

도전자와 도전 직물은 단위 cm당 저항을 가지고 있다. 이를 측정함으로써 시뮬레이션에 필요한 K값 (식 (1))을 알 수 있다.

$$K = \frac{1}{\rho} \quad (1)$$

그림 1의 측정치를 가지고 도전자 저항을 측정하였다. 식 (2)에서 ρ 값을 구한다. 여기서 l 은 도전사의 단위 길이이고, S 는 도전사의 면적이다.

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (2)$$

식 (2)을 이용해서 ρ 값의 역수인 K값(전도율)을 구하면 약 0.025가 나온다. K값을 simulation tool을 사용할 때, 전도율 값으로 사용하여 설계하였다.

시뮬레이션을 통해 앞서 디자인한 다이폴 안테나 참고문헌 [1]에서와 같이 도전사를 이용해도 일반 구리와 같은 성질이 나온다는 사실을 알았다. 안테나를 쉽게 디자인하기 위해 정합하기 쉬운 글자로서 T매칭 구조를 갖는 ‘ㅂ’자 모양으로 안테나를 설계하였다. 그림 2에서 도전자로 만든 자수형으로 디자인된 RFID tag 안테나 모양과, 그 안테나의 각 파라미

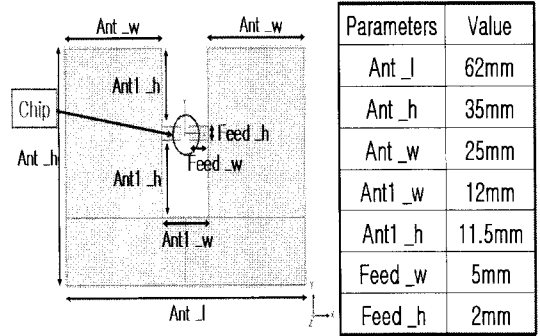


그림 2. 도전자 자수형 ‘ㅂ’자 RFID tag 안테나
Fig. 2. UHF RFID embroidery character ‘ㅂ’ shape tag antenna using electro-thread.

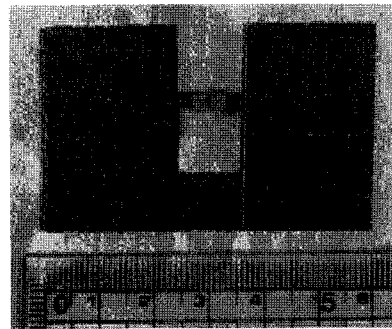


그림 3. 제작된 도전사를 사용한 자수형 UHF RFID 태그 안테나

Fig. 3. Fabricated UHF RFID tag antenna with electro-thread.

터값을 보여준다. 각 파라미터들은 종전의 한국 UHF RFID 중심 주파수 911 MHz에 맞게 설계하였다.

그림 3은 실제 제작한 RFID 태그 안테나의 모습이다. 전체 크기는 62 mm×35 mm이다. 가운데 RFID 칩이 내장된 strap이 부착되고, 평평하게 자수로서 안테나를 제작하였다.

그림 4는 시뮬레이션 값과 실제 측정한 반사 계수 값을 서로 비교한 그림이다. 다이폴 안테나와 마찬가지로 안테나의 미러 효과를 이용하여 반사 계수를 측정하고, NI 장비와 소형 챔버에서 지그를 이용한 측정 장비로 확인하였다. 그림 4에서 시뮬레이션한 안테나의 중심 주파수는 911 MHz이고, 그 반사계수는 약 -13 dB이다. -10 dB 대역폭(bandwidth)은 약 17 MHz로 나타났다. 측정치는 중심 주파수에서 반사계수는 약 -11 dB이고, 대역폭은 약 10 MHz로 나타났다. 그 차이는 strap의 본딩 저항 등의 오차로

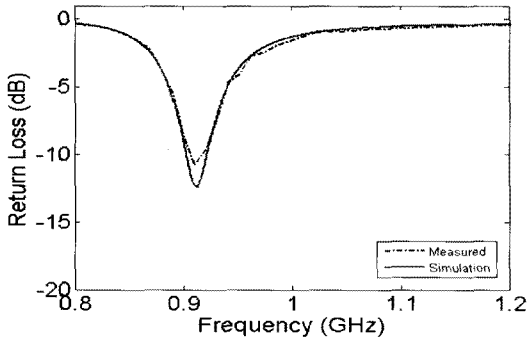


그림 4. 도전사 자수형 안테나의 반사 계수
Fig. 4. Return loss of embroidery RFID tag antenna.

사료된다. 이득은 2.379 dB로 나왔다.

그림 5는 도전사로 만든 자수형 태그의 위치별 저항 측정 표이다. 위치 7과 g 사이의 위치인 7-g(2 mm)인 부분이 RFID 태그가 붙여지는 안테나의 급전점이다. 저항이 7.8 Ω인데 태그 칩의 임피던스인 $7+j120$ 에서 저항 성분과 비슷함을 보여주어 정합이 잘 되었음을 보여주고 있다. 전체적인 단위 길이당 저항의 평균은 0.11~0.06 ohm 정도이고, 이 저항 값들은 그림 1에서 각각의 실의 저항 값보다 자수형 태이크로 10배 가량 저항 값이 줄어든 값이다. 칩이 부착되는 좁은 곳은 0.32~0.5 ohm 정도이다.

그림 6은 시뮬레이션과 측정된 안테나의 임피던스의 값을 서로 비교한 그림이다. 측정값과 예상치가 거의 같음을 볼 수 있었다. $Z_{ant}=7+j120$ 의 값에 근사한 값을 아래 그림에서 볼 수 있었다. 사용한 도전사의 특성을 실제 측정하여 설계시에 사용함으로

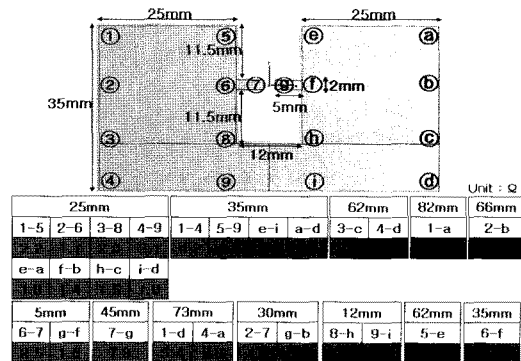
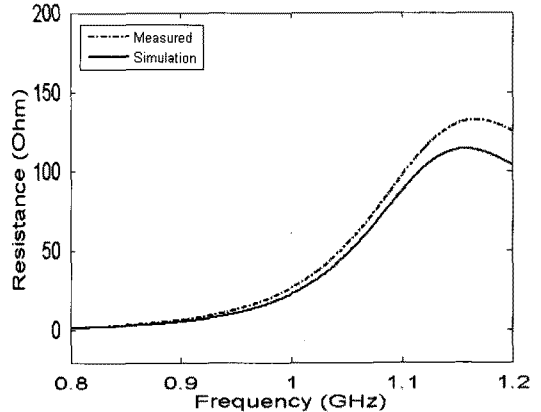
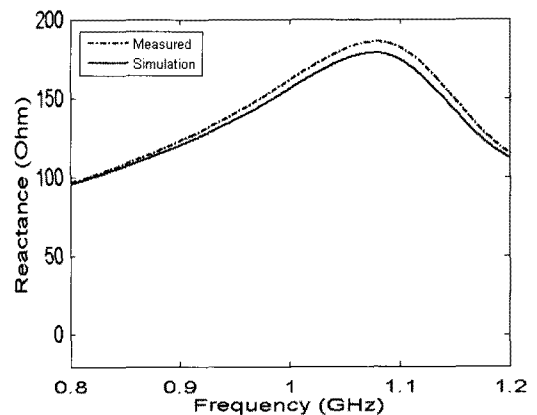


그림 5. 자수형 태그의 위치별 저항 측정값
Fig. 5. Resistance values of embroidery tag antenna vs. locations.



(a) 안테나의 입력 저항
(a) Input resistance of antenna



(b) 안테나의 입력 리액턴스
(b) Input reactance of antenna

그림 6. 도전사 자수형 RFID tag 안테나의 임피던스
Fig. 6. Impedance of electro-thread embroidery tag antenna.

써 임피던스에서 측정치와 설계치의 오차를 작게 할 수 있었다.

그림 7은 실제 제작한 태그 안테나의 인식 거리 X-Y 평면상의 패턴을 보여주고 있다. 제작한 도전사 안테나의 최대 인식 거리는 90°에서 약 1 m 52 cm이다. 이로써 다이폴 안테나와 마찬가지로 도전사를 사용한 안테나는 시뮬레이션 값과 실제 측정값이 대부분 일치하는 것을 알 수 있다. 안테나의 이득은 2.38 dB이며 구리로 만든 태그보다는 인식 거리가 짧은 결과는 도전사의 저항성 성분으로 인함으로 사료된다. 그리고 옆의 방향인 0도와 180도에서는 30 cm로 다소 짧은 인식 거리를 보여주고 있으며, 뒤쪽

참 고 문 헌

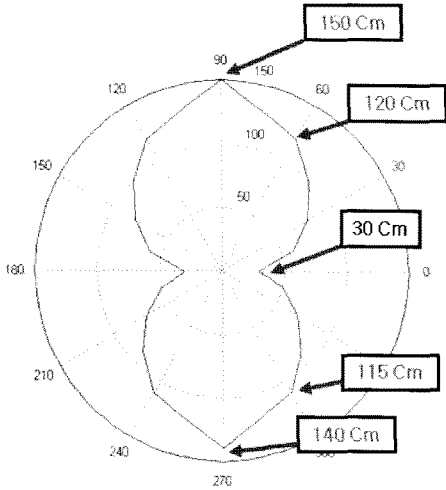


그림 7. 도전 직물로 만든 RFID tag의 인식 거리
 Fig. 7. Reading range of embroidery RFID tag using electro-thread.

방향에서는 10 cm 정도 짧은 약 140 cm의 인식 거리를 보여주고 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 도전사와 도전 직물로 만든 안테나로 향후 RFID 태그용 안테나로 적용 가능하다는 사실을 알 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 UHF 대역에서 동작하는 자수형 RFID tag로서, 한글 자음의 ‘ㅂ’자 모양으로 태그 안테나를 설계 및 측정하였다. Tag는 T 매칭 구조를 갖는 ‘ㅂ’자 모양으로 도전사로 태그 안테나를 설계하였고 측정하였다. 도전사는 전도성을 가지고 있고 일반 금속과는 비슷하면서도 부드러운 성질을 나타내는 것을 알 수 있었다. 그리고 도전사 저항을 측정하여 수식적으로 계산한 값을 안테나 설계 전에 그 측정값을 simulation tool에 입력하여 시뮬레이션한 결과로 구해진 그림 4의 return loss 값과 측정된 결과 값이 비슷하게 도출되었다.

본 논문에서 설계한 자수형 태그는 의류에 부착한 상태에서 자유롭게 활동할 수 있는 장점이 있다. 향후 스마트 의류에 적용되어, 본 RFID 태그 안테나를 이용한 사용자의 위치 추적이나, 제복을 입은 사람의 출입 관리, 유아 및 병약자 관리 시스템 등 기존의 시스템을 한 단계 업그레이드 시킬 수 있는 임지를 마련하였다.

[1] 김연호, 정유정, "도전사를 이용한 UHF RFID 다 이폴 태그 디자인", 한국전자과학회논문지, 19 (1), pp. 1-6, 2008년 1월.

[2] Y. H. Kim, K. H. Lee, and Y. C. Chung, "Wearable UHF RFID tag antenna design using flexible electro-thread", *IEEE International Symposium on Antenna Propagation, Session 417.9, Hawaii*, pp. 5487-5490, Jun. 2007.

[3] A. Tronquo, H. Rogier, C. Hertleer, and L. Van Langenhove, "Robust planar textile antenna for wireless body LANs operating in 2.45 GHz ISM band", *Electronics Letters*, vol. 42, pp. 142-143, 2006.

[4] I. Locher, M. Klemm, T. Kirstein, and G. Trster, "Design and characterization of purely textile patch antennas", *IEEE Transactions*, vol. 29, issue 4, pp. 777-788, 2006.

[5] D. Cottet, J. Grzyb, T. Kirstein, and G. Troster, "Electrical characterization of textile transmission lines", *IEEE Transactions*, vol. 26, issue 2, pp. 182-190, 2003.

[6] Ouyang Yuehui, W. J. Chappell, and W. L. Stutzman, "Diversity characterization of body-worn textile antenna system at 2.4 GHz", *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium 2006*, vol. 3, pp. 2117-2120, 2006.

[7] P. Salonen, Y. Rahmat-Samii, M. Schaffrath, and M. Kivikoski, "Effect of textile materials on wearable antenna performance: A case study of GPS antennas", *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, vol. 2, pp. 459-462, 2004.

[8] P. Salonen, Y. Rahmat-Samii, and M. Kivikoski, "Wearable antennas in the vicinity of human body", *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, vol. 2, pp. 467-470, 2004.

[9] P. Salonen, Y. Rahmat-Samii, M. Schaffrath, and M. Kivikoski, "Effect of textile materials on wearable antenna performance: A case study of GPS antennas", *Antennas and Propagation Society Interna-*

ational Symposium 2004, IEEE, vol. 1, pp. 459- 462, Jun. 2004.

[10] "Regulatory status of using RFID in the UHF

spectrum", <http://www.epcglobalinc.org/> Mar. 2009.

[11] Denier의 설명 <http://en.wikipedia.org>

정 유 정



1990년 2월: 인하대학교 전기공학과 (공학사)
1994년 12월: University of Nevada, Reno, 전자공학과 (공학석사)
1999년 12월: University of Nevada, Reno, 전자공학과 (공학박사)
2000년 1월: Utah State University 연

구조교수

2003년 5월: University of Utah 연구조교수

2004년~현재: IEEE Senior Member

2006년~2008년: Associate Editor of International Journal of Antenna Propagation (IJAP)

2004년 9월~현재: 대구대학교 정보통신공학부 교수

[주 관심분야] RFID, 유전자 알고리즘을 이용한 안테나 최적화, 다중밴드 안테나 최적화, 배열 안테나 최적화

이 경 환



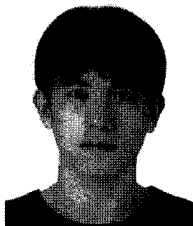
2006년 2월: 대구대학교 통신공학과 (공학사)

2008년 2월: 대구대학교 정보통신공학과 (공학석사)

2008년 3월~현재: 대구대학교 UT-RC 연구원

[주 관심분야] 고이득 태그 안테나 설계, RFID, 안테나 최적화, 유전자 알고리즘을 이용한 안테나 디자인

김 연 호



2006년 2월: 대구대학교 통신공학과 (공학사)

2008년 2월: 대구대학교 통신공학과 (공학석사)

2008년 3월~ 2009년: 삼테크 RFID

2009년~현재: 전자부품연구원 연구원

[주 관심분야] RFID, 초소형 태그 안테나 및 리더 안테나