

실버잉크와 점퍼구조를 사용한 신용카드 크기의 UHF & HF RFID 태그 안테나

UHF & HF RFID Credit Card Size Tag Antenna Designs Using Silver-Ink and Jumper Structure

남 세 현 · 정 유 정

Sehyun Nam · Youchung Chung

요 약

본 논문에서는 920 MHz UHF(Ultra High Frequency) 대역과 13.56 MHz HF(High Frequency) 대역의 RFID 태그 안테나가 PE film에 단면에 프린트된 이중대역 태그를 설계하는 과정과 그 결과를 보여준다. 태그의 전체 크기는 일반 신용카드의 크기인 80 mm×50 mm이고, 가장자리에 UHF 태그 안테나가 76 mm×44 mm로 카드 크기보다 조금 작게 설계되었다. HF 대역 태그는 UHF 태그의 중앙에 40 mm×42 mm 크기로 상호작용을 감안하여 설계되었다. 단면에 실버잉크 Printing 기법으로 일반적인 HF용 태그와 다르게 Via를 사용하지 않고, 단면에 PE Film 위에 프린트를 한 후에 Jumper를 추가함으로써 HF 대역용 Loop 안테나와 UHF 태그와 같은 면에 설계하였다. 인식거리는 UHF 대역에서 약 6 m로 장거리에서 인식이 가능하고, HF 대역에서는 5 cm 이상으로써 두 개의 대역에서 사용이 가능한 태그로서 물류와 검증용으로 사용이 가능하다.

Abstract

This paper introduces development process and results of HF & UHF band(13.56 MHz, 920 MHz) tag antennas using a single-side printing method on a PE film. The size of tag antenna is designed in the area of 80 mm×50 mm, little bit smaller than a credit card. The UHF tag antenna, 76 mm×44 mm, is located at the outside of the card size tag antenna, and the HF tag antenna, 40 mm×42 mm, is located at the center of the UHF tag antenna. The UHF and HF tag antennas are designed with consideration of coupling effects. The single-side printing method with a jumper structure without using a via is used to make a loop antenna of HF tag antenna. The reading range of UHF tag antenna is about 6m, and the reading of HF tag antenna is about 5 cm. The designed tag antennas have long enough reading ranges for both bands. The tag is applicable to logistics and authentication.

Key words: Dual Band RFID Tag, UHF HF Tag, HF Jumper Type Tag, Card Type Tag, Printed RFID Tag

I. 서 론

RFID(Radio Frequency IDentification)는 무선으로 사물에 부착되어 있는 태그를 인식하여 태그 칩에 저장된 정보

를 수집하는 기술로서, 제약, 자동차, 철강, 유통/물류, 주류산업, 한우의 이력추적을 통한 유통과정의 투명화 등에 적용되어 널리 사용되고 개발되어져 왔다. 그리고 교통, 교육과 문화, 환경, 의료등 여러 분야에서 사용되고

「이 연구는 대구대학교 학술연구비의 지원으로 연구되었음.」

대구대학교 정보통신공학과(Information and Communication Engineering, Daegu University)

· Manuscript received April 20, 2016 ; Revised August 3, 2016 ; Accepted October 24, 2016. (ID No. 20160420-047)

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

있으며, 다양한 주파수 대역의 RFID 시스템이 사용되고 있다^[1].

주파수 대역별로 RFID 무선 인터페이스와 관련하여 국제규격을 결정하는 ISO(International Organization for Standard)와 IEC(International Electro-technical Commission)에서는 아래와 같이 규정하고 있다. 135 kHz 이하 대역은 ISO18000-2에서 규정하고, 13.56 MHz HF 대역은 ISO-18000-3에서, 433 MHz 대역은 ISO18000-7로서 능동형 태그를, 840~960 MHz UHF 대역은 ISO18000-6과, 2.45 GHz 대역은 ISO18000-4에서 규정된다. 대한민국에서는 2009년에 변경된 규정에 의하여 UHF 대역을 917~920.8 MHz 대역에서 4 W, 그리고 920.8~923.5 MHz 대역의 200 mW EIRP(Effective Isotropic Radiated Power)로 사용하고 있다. HF 대역은 근거리 자기장(magnetic near field)의 결합을 이용하는데 비하여, UHF 대역(840~960 MHz)은 원거리(farfield)에서 전자기파(electromagnetic wave)를 이용하여 역산란(backscattering) 방법으로 정보를 전달하며, 물류관리 등에 사용이 된다^{[1],[2]}.

유통이나 물류의 적용에서는 보통 최소 2~4 m의 인식 거리를 요구하고, 또한 많은 수의 태그를 동시에 인식해야 하므로 UHF 대역의 태그가 사용되어진다. 하지만 UHF 태그는 인식거리가 길어서 멀리 존재하는 태그까지 불필요하게 인식이 되는 단점이 있다. 그래서 때로는 UHF 리더용 안테나를 shielding하여서 불필요한 부분의 태그가 인식이 되지 않도록 설치를 하기도 한다. 그리고 하나의 개별 품목을 인식하거나, 마트에서 하나하나의 인식이 필요할 때나, 큰 시설물을 하나씩 파악할 때에는 그 지정된 물건의 태그만을 인식해야 하는데, 이러한 상황에서는 HF 대역의 태그가 유용하기도 하다. 이와 같이 태그가 사용되는 RFID 시스템에서, 용도와 적용과 태그가 붙여지는 물건에 따라서 HF와 장거리 인식용 UHF 두 가지 태그를 필요로 하는 시스템과 적용이 늘어나고 있다^{[1],[2]}.

이중 대역 태그 논문을 크게 대역별로 나누면, 참고문헌 [3]~[6]에서는 하나의 안테나로 UHF 대역과 2.45 GHz 대역의 이중대역 태그의 설계를 보여주고 있다. 참고문헌 [3]에서는 Bow-tie형의 태그에 Fractal 면을 가미하여 UHF와 2.45 GHz의 이중 대역 태그를 설계하였으며, 참고문헌 [4]에서는 U shape dual band 태그를 RFID chip의 사용을

고려하지 않은 급전점으로 설계하였다. 참고문헌 [7]에서는 UHF, 2.45 GHz와 5.8 GHz의 tri-band 대역의 태그의 설계를 보여준다. 그리고 참고문헌 [8]에서는 2.45 GHz와 5.8 GHz의 이중 대역 태그를 곡면에 Resonator를 사용하여 설계함을 보여주고 있다.

대부분의 논문들에서 소개된 모든 태그들이 UHF와 HF, 마이크로웨이브(2.45 GHz, 5.8 GHz) 대역의 태그로서 하나의 안테나로 두 개의 대역에서 사용이 가능한 태그이다. 안테나 급전점인 feeding point가 하나로 되어져 있는 태그이므로 RFID 두 대역의 칩 중에서 하나만을 사용할 수가 있다. 안테나는 이중 대역이지만, 칩을 두 개를 사용하는 것이 아니므로 결국은 하나의 대역만을 사용하게 된다. 또한, 이중 대역에서 모두 사용이 가능한 칩은 없는 것으로 알려져 있으므로 결국 하나의 대역에서만 사용이 가능하다. 참고문헌 [5]과 [6]에서는 UHF 태그가 HF의 Loop 가운데 영역에 존재하는 형태의 태그이므로 UHF 대역의 음영 구역이 존재한다. 참고문헌 [8]에서는 본 논문과 비슷한 HF와 UHF 태그의 설계를 보여주지만, UHF 대역의 태그 안테나를 HF 코일형 태그의 중앙에 배치하였기 때문에, UHF 대역의 음영 구역이 +/-90도에서 생기는 현상이 있는 것이 문제이다.

따라서 본 논문에서는 두 개의 칩을 사용하여 두 개의 태그가 공존하면서 음영 구역을 적게 하고, 상호간섭을 고려하여서 HF와 UHF 대역의 태그를 카드 크기의 영역에 안테나를 단면에 프린팅 기법(Single-side printing method)으로 제조하도록 설계하였다. 또한, UHF 태그 안테나가 바깥 부분에 설계되어서, UHF 대역의 인식거리에서 HF 대역의 태그의 상호작용으로 인하여 UHF 대역 인식거리의 음영구역이 존재하지 않도록 설계하였고, HF 대역의 간섭에서도 한국 920 MHz 대역에서 장거리에서(5 m 이상) 인식을 목표로 실버잉크와 점퍼 구조를 사용하여 단면 프린팅 기법으로 설계하였다.

II. 본 론

본 논문에서 설계한 UHF/HF 대역 태그는 카드 크기의 80 mm×50 mm 영역에 UHF와 HF 두 대역에서 동작하는 Dual-band 태그의 안테나를 single side printing 기법으로 설계하였고, EM simulation tool인 CST 프로그램에서 설

제한 태그의 모양은 그림 1에서 보여주고 있다. UHF 대역의 칩과 HF 대역의 칩, 두 가지가 공존하는 형태로서, 설계 목표는 UHF 태그가 5 m 이상에서 인식이 되고, HF 태그가 4 cm에서 인식이 되는 것이다.

그림 1에서 바깥쪽에 UHF 대역의 태그가 76 mm×44 mm이고, 안쪽에 HF 대역의 태그의 크기가 42 mm×40 mm이다. UHF 대역에서 사용된 RFID 칩은 Impinj社의 Monza4QT로, Single mode일 때 칩 임피던스는 11-j143 Ω이며, 태그 안테나의 동작 주파수 대역은 915~923.5 MHz로 설계하였다. 그리고 HF 대역에서 사용된 RFID 칩은 NXP사의 MFOICU10 00칩을 사용하여 설계하였다.

본 논문의 이중대역 태그는 전면에 실버잉크 Printing 기법으로 일반 HF용 태그와 다르게 칩이 부착되는 주변에 Via를 사용하지 않고 단면 프린트 후에 Jumper를 추가함으로써 HF 대역용 Loop 안테나를 구성하였다. 그리고 그림 1에서 UHF 태그는 HF 태그의 주변 가장자리에 위치하도록 설계하여 기존 UHF 대역의 태그 안테나 음영 구역이 거의 없도록 하였다. 카드 크기의 태그 환경에서 UHF 대역 안테나의 반사계수의 크기가 최소가 되도록 파라미터들을 각각 최적화하여 설계하였다.

그림 2에서는 태그의 크기와 각 파라미터 값들을 보여 준다. HF 태그는 42 mm×40 mm의 크기 안에 회전수가 9인 코일 형태의 Loop 안테나이다. 코일의 도체 부분의 굵기는 0.4 mm이고, 선 간격은 0.4 mm이다. UHF 태그의 크기는 76 mm×44 mm이고, 각 파라미터들의 값은 그림 2에

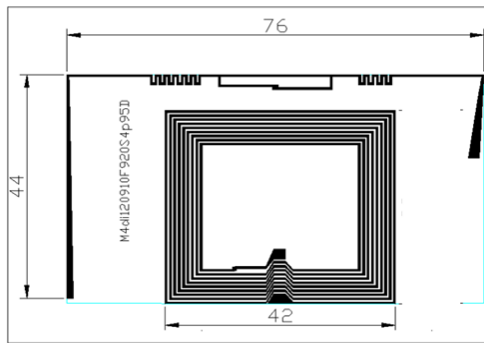


그림 1. UHF/HF 단면 프린팅 방법으로 설계한 RFID 태그의 모양

Fig. 1. Shape of UHF/HF tags using a single side printing method.

서 보여주고 있다.

본 논문에서 HF 태그 안테나의 설계에 사용된 NXP社의 MFOICU10 00칩은 입력 Capacitance 값이 14.85~20.13 pF으로 13.56 MHz에서는 17 pF이다. 그리고 단면 프린팅 구조이므로 HF 태그의 폐루프(closed loop) 양단의 끝을 연결하기 위하여 점퍼 구조를 가진다. 칩 패키지와 winding capacitance를 고려하여서 목적된 C값은 27 pF이고, 그림 2와 같이 트랙 두께와 간격을 조절하여서 공진 주파수는 $1/2\pi\sqrt{LC}$ 로서 13.56 MHz에 공진이 되도록 설계하였으므로 공식에 의해서 목표 L값은 4.94 uH이다.

UHF 대역의 태그는 Monza4QT로, Single mode일 때 칩 임피던스는 11-j143 Ω에 공액정합이 되도록 설계가 되었다. UHF 태그의 반사계수의 크기는 그림 3과 같이 920 MHz에서 -12 dB 값을 얻었다. 또한, UHF 대역 920 MHz S_{12}/S_{21} 와 HF 대역에서 S_{12}/S_{21} 을 확인한 결과 주파수 차이가 크므로 거의 상호간섭이 없는 것으로 simulation 결과가 나타났다. 또한, 실버잉크와 같은 두께의

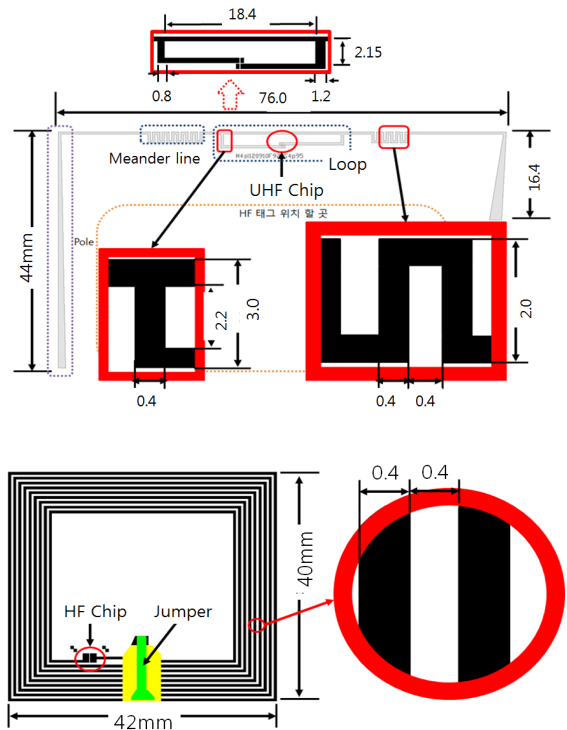


그림 2. 설계한 UHF/HF 태그의 파라미터 값
Fig. 2. Parameter values of UHF/HF band tags.

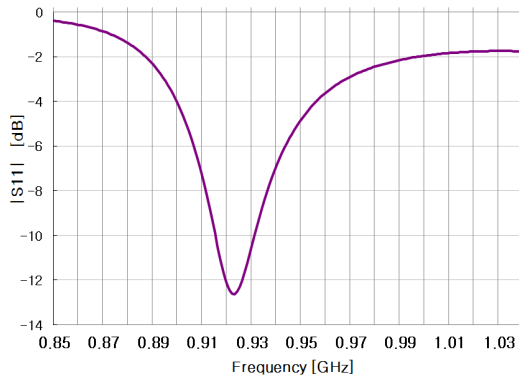


그림 3. 설계한 UHF 태그의 측정된 반사계수의 크기
Fig. 3. Measured value of $|S_{11}|$ for UHF tag antenna.

0.5 oz 구리를 thin film 형태의 테이프로 구성된 안테나와는 성능의 차이가 없음을 simulation을 통해 확인을 하였다.

설계한 태그 안테나의 주파수에 따른 임피던스는 실수값과 허수값으로 표현되는데, $Z_{ant} = \text{Ant_re} - j \text{Ant_im}$ 이고, RFID 칩의 임피던스는 $Z_{chip} = \text{Chip_re} + j \text{Chip_im}$ 이며, 그림 4와 같이 설계치를 보여준다.

그림 5에서는 측정된 태그 안테나 인피던스에 의한 반사계수의 크기를 도시하였다. HF 대역의 태그 공진 주파수가 13.56 MHz보다 약간 낮은 주파수인 13.3 MHz이고, Return loss는 약 -37 dB이며, 인식거리는 5 cm로 측정되었다. 설계 목적치를 넘는 값으로 만족함을 보였다. 주파수가 조금 바뀌는 것은 본딩과 생산과정에서의 오류 등

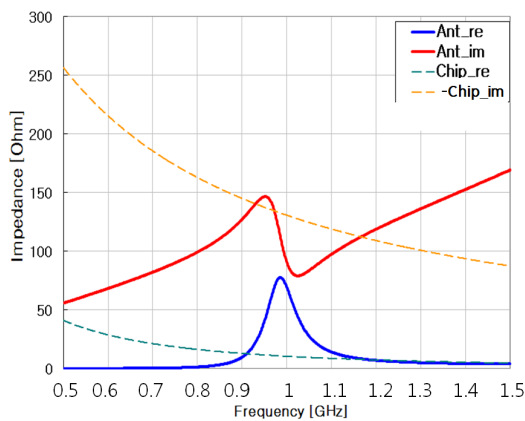


그림 4. 설계한 UHF 태그의 안테나와 chip 임피던스
Fig. 4. Simulated impedance of chip and tag antenna.

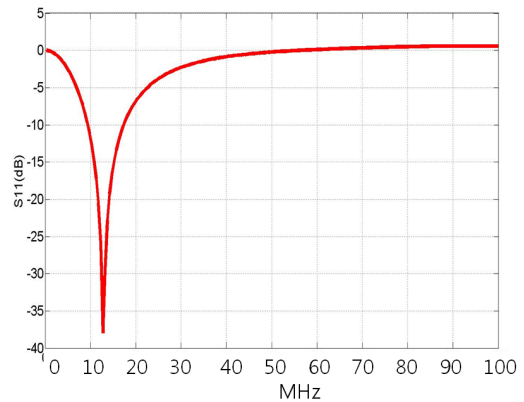


그림 5. 설계한 HF 태그의 측정된 반사계수의 크기
Fig. 5. Measured $|S_{11}|$ for HF tag antenna.

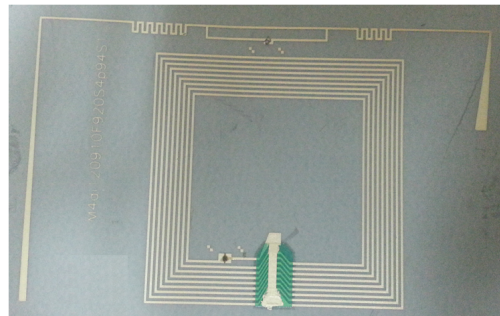


그림 6. 단면 프린팅 기법으로 제작된 UHF/HF 태그.
Fig. 6. Fabricated UHF/HF dual band tag using single-side printing method.

으로 인한 약간의 오차이다.

제작된 태그는 그림 6과 같이 단면 인쇄 프린팅 기법으로 제작되었으며, 프린팅된 PE film에 잉크가 번짐을 고려하여서 실버의 농도를 65% 미만으로 하여 점도를 조절하며 제작되었다. 제작된 태그는 HF와 UHF의 측정 방법에 따라 측정하였다. 전도성 Silver Oxalate ink를 프린팅 했을 때 전기저항은 $45 \text{ m } \Omega/\square$ 이다.

UHF 대역의 태그 안테나는 TemCell로 태그의 감도를 측정하여서, 인식거리로 변환한 값이 그림 7과 같이 도출되었다. 인식거리가 920 MHz에서 약 6 m로 설계 목표치를 상회하는 값을 얻었다. 설계 이득은 약 1 dB이다.

인식거리의 각도별 패턴은 그림 8과 같이 UHF 대역 태그쪽인 0도에서 약 6 m의 인식거리를 기록하였다. 반대쪽인 180도에서도 약 6 m의 인식거리를 기록함을 보여주

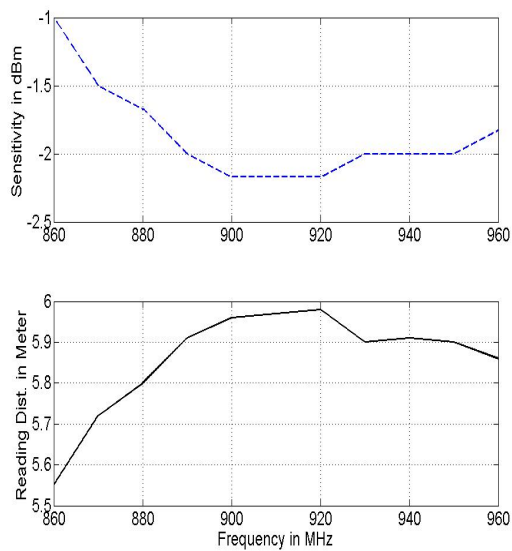


그림 7. UHF 대역태그의 측정 감도와 인식거리
Fig. 7. UHF measured sensitivity & reading distance.

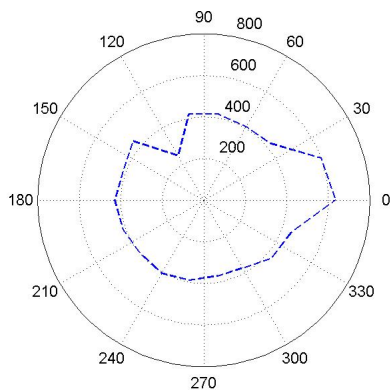


그림 8. UHF 대역 인식거리 패턴(거리: mm)
Fig. 8. UHF reading range pattern(distance: mm).

었다.

III. 결 론

논문에서 개발된 이중대역 태그는 UHF와 HF 대역에서 동시에 사용이 될 수 있는 태그로 single-side printing 기법으로 설계 제작되었다. 설계한 태그는 카드 크기로서 80 mm×50 mm 영역 안에 설계가 되었고, UHF 태그의 크기 76 mm×44 mm이고, 그 태그 안쪽에 HF 대역의 태그가 42 mm×40 mm로 설계되었다. HF 대역은 NXP사의 MFO-

ICU10 00칩을 사용하였고, UHF 대역은 Monza4QT로, Single mode로 설계하였으며, 인식거리의 설계 목표치는 HF 대역에서 4 cm와 UHF 대역에서는 5 m이다. 설계치를 기본으로 하여서 단면 프린팅 방법으로 제작하여서 본딩 시 및 프린팅 제작이 쉽고 빠르게 할 수 있도록 설계하였다. 제작된 태그를 측정 한 결과, HF 대역에서는 5 cm의 인식거리와 UHF 대역에서는 약 6 m의 인식거리를 확보하여 설계목표치를 만족하였다. 그래서 설계된 태그는 UHF 대역에서 물류관리용으로 HF 태그는 UHF 리더기가 없는 개인들이 검수용으로 사용이 가능하다.

References

- [1] Finkenzeller, *RFID Handbook*, 2nd edition, John Wiley & Sons, England, 2011.
- [2] Y. C. Chung "A study on animal information management system using an insertion type UHF RFID tag", *Journal of KICS, Networks*, vol. 36, no. 12, pp. 1680-1685, Dec. 2011.
- [3] Yi-Chi Lee, Jwo-Shiun Sun, "Dual-band dipole antenna for RFID tag applications", *Proceedings of the 38th European Microwave Conf.*, pp. 995-997, 2008.
- [4] M. Grilo¹, F. J. Arvnold, M. S. Gonçalves, L. Bravo-Roger, A. Moretti, and I. T. Lima Jr., "Novel dual-band RFID antenna configuration with independent tuning adjustment", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 9, pp. 2214-2217, Sep. 2012.
- [5] P. Iliev, Le Thuc, C. Luxey, and R. Staraj, "Dual-band HF-UHF RFID tag antenna", *Electronics Letters*, vol. 45, no. 9, pp. 439-441, Sep. 2009.
- [6] C. L. Tan, W. Ismail, "A compact dual band tag antenna design for RFID application", *Progress in Electromagnetics Research C*, vol. 31, pp. 29-40, 2012.
- [7] H. Aliakbari, A. Mallahzadeh, S. Mohammad, and A. Nezhad, "A tri-band, small size radio frequency identification tag antenna with U-shaped slots", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 8, pp. 1975-1978, Aug. 2012.

[8] Z. L. Ma, L. J. Jiang, J. Xi, and T. Ye, "A single-layer compact HF-UHF dual-band RFID tag antenna", *IEEE Antenna and Wireless Prop. Letters*, vol. 11, pp. 1256-1260, 2012.

[9] K. H. Lee, S. Y. Huh, and Y. C. Chung, "Study od UHF & HF dual-band RFID tag antenna design", *KICS Conf. Commun.* 2013, pp. 55-56, Jun. 2013.

남 세 현



1985년 2월: 연세대학교 전자공학사 (공학사)
1987년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1991년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1994년 9월~현재: 대구대학교 정보통신

공학부 교수

[주 관심분야] 컴퓨터통신, 통신시스템, RFID

정 유 정



1990년: 인하대학교 전기공학사 (공학사)
1994년: University of Nevada 전기전자공학과 (공학석사)
1999년: University of Nevada 전기전자공학과 (공학박사)
2000년 1월~2003년 4월: Utah State University, ECE Dept. 연구조교수

2003년 5월~2004년 8월: University of Utah ECE Dept. 연구조교수

2004년 9월~현재: 대구대학교 정보통신공학과 교수

2004년~현재: IEEE Senior Member

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

2016년: 한국전자파학회 논문집 Editor

[주 관심분야] RFID, 유전자알고리즘을 이용한 안테나 및 Array 최적화, 다중밴드 안테나 최적화, RFID 시스템, 비행기 전송선로 오류 검출