

# 휴대용 UHF대역 RFID 시스템을 위한 선형 테이퍼드 슬롯 정류 안테나

## Linear Tapered Slot Rectifying Antenna for Portable UHF-Band RFID System

표 성 민<sup>\*</sup>

Seongmin Pyo<sup>\*</sup>

### Abstract

In this paper, we propose a linear tapered slot rectifying antenna for a portable UHF-band RFID system. Since the proposed rectifying antenna does not use a dielectric substrate, the planar antenna is implemented with a thin metal thickness. The rectifier circuit converts input RF power into output DC voltage using a voltage doubler circuit based on two anti-parallel schottky diodes. The rectifying antenna is integrated by the voltage doubler circuit into a linear tapered slot antenna. For conjugate impedance matching of the rectifying circuit and the linear tapered slot antenna, the source-pull method was utilized by adjusting the angle of the tapered slot and the length of the antenna feed line. The proposed antenna prototype has been verified with the electrical and radiation characteristics through RF-DC conversion and far-field radiation test in open space measurement environment. Finally, the proposed antenna is realized to 0.23-wavelength (75 mm) and 0.18-wavelength (60 mm) at 915 MHz center frequency.

### 요 약

본 논문에서는 휴대용 UHF대역 RFID 시스템을 위한 선형 테이퍼드 슬롯 정류 안테나를 제안하였다. 제안한 정류 안테나는 별도의 유전체 기판을 사용하지 않기 때문에, 얇은 금속 두께로 평판형 안테나를 구현하였다. 정류 안테나는 입력 RF전력을 출력 DC전압으로 전환하는 정류회로는 2개의 쇼트키 다이오드를 이용한 배전압회로를 이용하였으며, 선형 테이퍼드 슬롯 안테나에 집적하여 정류 안테나를 설계하였다. 배전압 정류회로와 선형 테이퍼드 슬롯 안테나의 임피던스 공액정합을 위하여, 테이퍼드 슬롯의 각도와 안테나 급전선의 길이의 조절을 통해 source-pull 방법을 이용하였다. 제안한 안테나 시제품은 자유공간 무선회로시험 환경에서 RF-DC전환 실험과 원거리장 안테나 방사패턴 측정실험을 통해 회로 및 방사 특성을 검증하였다. 최종 제안한 안테나는 중심주파수 915 MHz 기준으로 0.23-파장(75 mm)와 0.18-파장(60 mm) 크기로 소형화하였다.

*Key words* : Linear tapered slot antenna, rectifying antenna, RFID, UHF, Portable device

---

\* Dept. of Information and Communication Engineering, Hanbat National University

★ Corresponding author

E-mail : [spyo@hanbat.ac.kr](mailto:spyo@hanbat.ac.kr), Tel: +82-42-821-1202

※ Acknowledgment

This research was supported by the research fund of Hanbat National University in 2017.

Manuscript received Mar. 10, 2020; revised Mar. 19, 2020; accepted Mar. 20, 2020.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

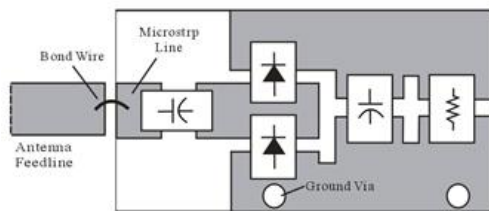
1. 서론

RFID(Radio Frequency Identification, 무선인식) 기술은 비접촉식 방식으로 전자기파를 이용한 인식방법으로써, 교통, 물류, 보안, 금융 등의 다양한 분야에서 활용되고 있다[1]. RFID 시스템은 일련번호 등 정보를 포함한 칩, 인식신호를 수신 및 역산란 반송하기 위한 태그(tag)와 태그 정보를 판독하는 리더(reader)로 구성된다. 이때, RFID 안테나는 휴대용 시스템에 적용이 가능한 소형화된 크기를 가지며, 동시에 안테나 크기 감소에 따른 방사 성능 열화를 최소화하는 연구는 최근까지 활발히 진행되고 있다[2-5].

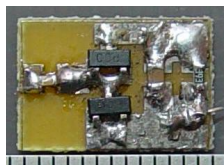
본 논문에서는 902 MHz에서 928 MHz까지의 UHF 대역에서 동작하고, 약 1 m 거리에서 동작하는 휴대용 RFID 시스템에 적용할 수 있는 소형 선형 테이퍼드 슬롯 정류 안테나를 제안하였다. 정류회로, 정류회로가 집적된 정류 안테나 설계 및 분석과 측정 실험을 통한 제안한 안테나의 성능 검증을 수행하였다.

II. 정류 안테나 설계 및 분석

그림 1은 정류회로의 구조도와 제작된 정류회로를 도식한 것이다. 정류회로는 SOT-23 패키지로 구성된 Broadcom사의 HSMS-2700 Schottky 다이오드 2개를 사용하여 배전압회로(voltage doubler)



(a) Rectifying circuit layout.  
(a) 정류회로 구조도



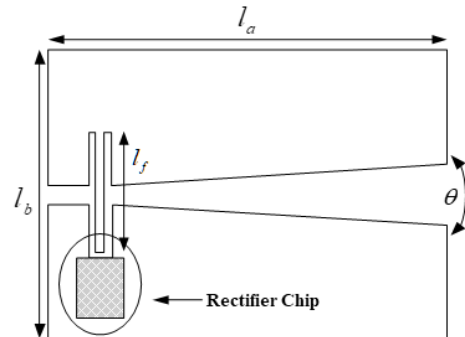
(b) Photograph of fabricated circuit.  
(b) 제작된 정류회로 사진

Fig. 1. Rectifier circuit layout and photograph of the fabricated circuit.

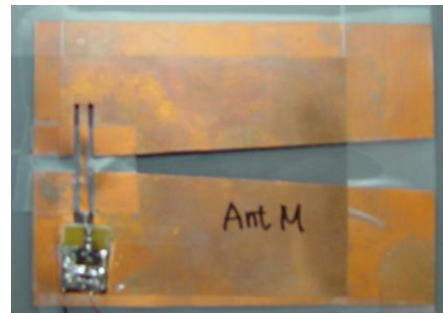
그림 1. 정류회로 및 제작 사진

를 구성하였다. DC block 및 RF bypass 용도로 각각 22 pF 캐피시터와 RFID chip의 등가 저항으로 39 kW를 사용하였다.

그림 2는 제작된 정류회로가 집적된 선형 테이퍼드 정류 안테나 구조 및 제작 사진을 도식한 것이다. 선형 테이퍼드 슬롯 정류 안테나는 902 MHz에서 928 MHz에서 동작하도록, FEM 기반의 full-wave 전자기 상용 소프트웨어를 이용하여 최적화 하였으며, 안테나 크기는 가로  $l_a = 75$  mm와 세로  $l_b = 60$  mm로 설계되었다. 종래의 선형 테이퍼드 슬롯 안테나와 달리, 소형화 뿐만 아니라 가벼운 중량을 구현하기 위하여 유전체 기판을 사용하지 않고, 얇은 금속만을 이용하여 안테나 두께를 약 0.1 mm로 최소화 하였다. 직접 제작한 집적된 RFID 등가 chip 시제품과의 안테나 임피던스 매칭을 위하여 안테나 급전선 길이( $l_f$ )를 조절하였으며, 급전선와 RFID 등가 chip은 와이어 본딩을 이용하여 연결하였다. 제안한 정류 안테나는 선형 테이퍼드 슬롯 각도( $\theta$ )를 통해 안테나 임피던스를 조절할 수 있다.



(b) Geometry of the proposed rectifying antenna.  
(b) 제안한 정류 안테나 구조



(b) Photograph of the implemented prototype.  
(b) 제작된 시제품 사진

Fig. 2. Configuration of the proposed rectifying antenna and photograph of the implemented prototype.

그림 2. 제안한 정류 안테나 구조 및 사진

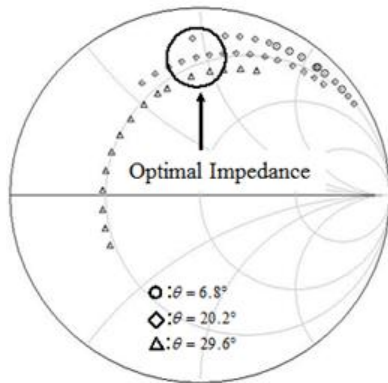


Fig. 3. Impedance ranges of the proposed rectifying antenna for linear tapered angle variation.

그림 3. 선형 테이퍼드 각도 변화에 대한 정류 안테나 임피던스 변화

그림 3은 제안한 정류 안테나의 선형 테이퍼드 각도가 6.8°에서 29.6°까지 변화할 때, UHF 대역 중심주파수 915 MHz에서의 임피던스 변화량을 도식한 것이다. RFID 시스템 안테나는 종래의 반사 계수를 최소화하는 50-W 임피던스 정합 방법이 아닌 정류회로의 부하 임피던스(109 + j305 W)와 공액정합(conjugate matching)을 사용해야 한다. 따라서 그림 3에 도식된 최적 임피던스 영역에 맞는 선형 테이퍼드 슬롯 각도를 source-full 정합 실험을 통해 최종 치수값을 결정하였으며 최종 정류 안테나의 급전선 길이( $l_f$ )는 7.2 mm이다.

### III. 전환회로 실험 및 방사패턴 측정결과

그림 4는 제안한 정류 안테나의 성능 검증을 위한 측정환경을 촬영한 사진이다. 자유공간 환경은 900 MHz 혼 안테나와 E8648C 신호 발생기를 송신단

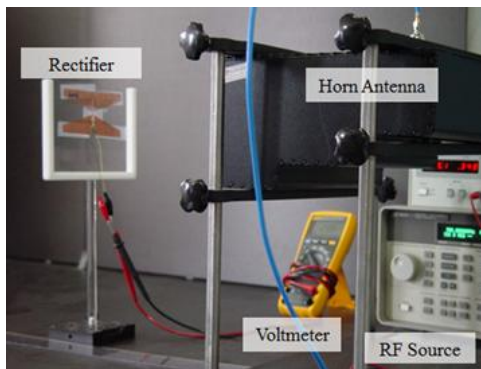


Fig. 4. Open-space experiment environment of the proposed rectifying antenna.

그림 4. 제안한 정류 안테나의 자유공간 실험환경

으로 사용하였으며, 제안한 정류 안테나에 voltmeter를 연결하여 출력전압을 수신단으로 이용하였다. 900 MHz의 1배 파장 거리인 33 cm 에서 RF-DC 전환 실험을 수행하였으며, 제안한 정류 안테나의 원거리 방사패턴을 측정하기 위한 11 파장에 해당하는 3.3 m 거리에서 원거리장 측정 실험을 수행하였다. 제안한 안테나의 성능 열화 정도를 판단하기 위하여 RFID 시스템에서 전통적으로 사용되는 보우-타이 모양의 다이폴 안테나를  $l_a = 120$  mm와 세로  $l_b = 60$  mm,  $l_f = 7.2$  mm 및  $\theta = 110.4^\circ$ 로 구성된 정류 안테나를 이용하여 성능을 비교하였다.

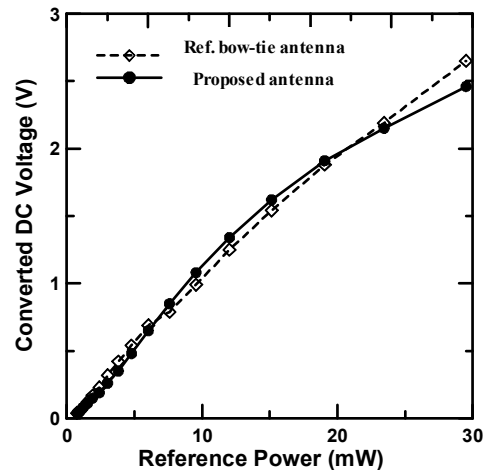


Fig. 5. Realized antenna gains of the proposed antenna.

그림 5. 제안한 안테나의 이득

그림 5는 비교를 위한  $120 \times 60 \text{ mm}^2$  면적의 정류 안테나와 제안한  $75 \times 60 \text{ mm}^2$  면적의 선형 테이퍼드 슬롯 정류 정류 안테나의 입력 RF 전력이 출력 DC 전압으로 변환된 양을 비교한 그래프이다. 결과에서 알 수 있듯이, 제안한 선형 테이퍼드 슬롯 정류 안테나는 전통적인 보우-타이 안테나에 비하여 약 40% 감소된 크기를 가지고 있지만, RF-DC 전환 양은 25 mW 입력전력 까지 차이를 보이지 않음을 확인하였다.

그림 6은 제안한 선형 테이퍼드 슬롯 정류 안테나의 방사패턴을 측정한 결과이다. 측정주파수는 915 MHz이다. 전통적인 선형 테이퍼드 슬롯 안테나는 가로 길이( $l_a$ )를 동작주파수의 5~10 배에 해당하는 길이를 가짐으로써, 높은 안테나 이득을 갖는 지향성 방사패턴을 제공하는 특징을 가지고 있다. 반면 제안한 선형 테이퍼드 정류 안테나는 구조적으로 동일하지만, 가로 변의 길이를 동작주파

수의 0.23 파장의 짧은 길이로 감소시킴으로써, 전기적 소형 (electrical small) 다이폴 안테나로 동작할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 안테나의 H-평면(수평면)에서 전방향으로 전력을 방사하는 무지향성 무지향성 방사패턴을 보여줌을 알 수 있다. 또한 안테나의 E-평면(수직면)은 다이폴 안테나와 같은 8자 모양의 방사패턴을 가지나, 안테나 크기의 소형화로 인해, 교차편파 (cross polarization)의 크기가 증가함을 알 수 있다. 환언하면, 제안한 선형 테이퍼드 슬롯 정류 안테나는 가로 0.23 $\lambda$  길이와 세로 0.18 $\lambda$  길이의 소형화된 크기로 인하여 무지향성 방사패턴을 갖는 전기적 소형 다이폴 안테나와

등가한 방사패턴을 가짐을 실험을 통해 확인할 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 안테나 기판을 사용하지 않는 얇은 두께로 소형화된 선형 테이퍼드 슬롯 형태의 정류 안테나를 제안하고, 제작 및 측정실험을 통해 성능을 검증하였다. 제안하는 선형 테이퍼드 슬롯 정류 안테나는 RFID 시스템에서 주로 사용되는 보우-타이 모양 다이폴 안테나의 중심을 기준으로 구조적 대칭성을 이용하여, 선형 테이퍼드 슬롯의 각도와 급전선의 길이 조절을 통해 약 60% 크기로 구현하였다. 이는 지갑 크기에 내장이 가능한 크기로, 안테나 기판을 사용하지 않는 얇은 안테나 두께의 장점으로 향후 휴대용 RFID 시스템에 적용하기 적합할 것으로 판단된다.

#### References

[1] K. Fingenzeller, RFID Handbook, 2nd ed. New York, John Wiley & Sons, 2003.

[2] S. Nam, Y. Chung, "UHF & HF RFID credit card size tag antenna designs using silver-ink and jumper structure," *Journal of KIEES*, Vol.27, No.11, pp.972-977, 2016.  
DOI: 10.9766/KIMST.2019.22.5.607

[3] 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, 2012.  
DOI: 10.1002/mop.26949

[4] 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. DOI: 10.2528/PIERC12041811.

[5] J.-I. Lee, J. Yeo, W.-S. Baek, "Design of a compact quasi-Yagi antenna for portable RFID reader," *J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.*, Vol.20, No.1, pp.15-21, 2016.  
DOI: 10.6109/jkiice.2016.20.1.15

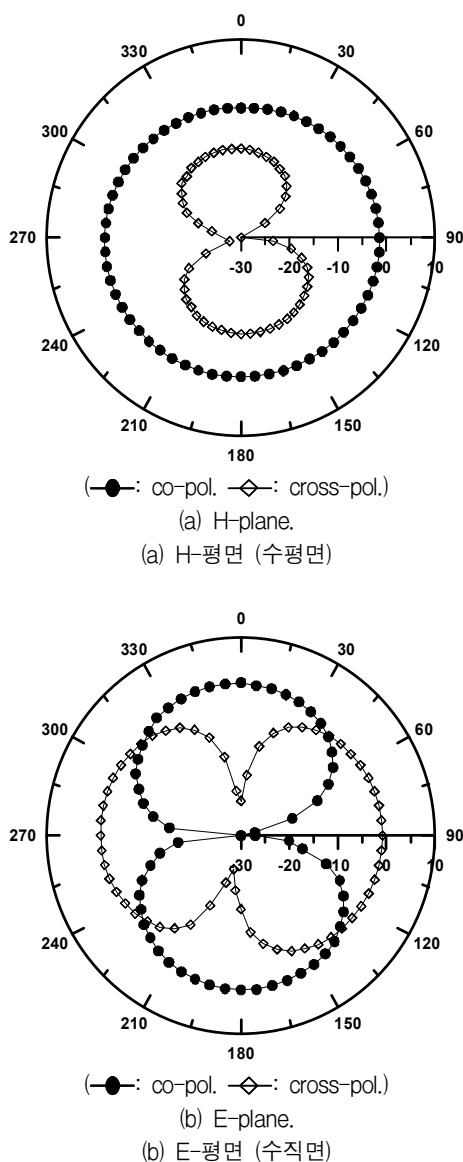


Fig. 6. Measured far-field radiation patterns of the proposed rectifying antenna.

그림 6. 제안한 정류 안테나의 원역장 방사패턴 측정결과