

# 무선 전력변환장치의 전력변환 회로에 대한 설계 및 분석

## Design and analysis of RF-DC power conversion circuit

김용상\*, 임상욱, 이용제, 김양모

(Yong Sang Kim, Sang Wook Yim, Yong Jea Lee and Yang Mo Kim)

\* 충남대학교 전기공학과(전화:(042)822-1998, 팩스:(042)823-7970, E-mail : ysangk@hanmail.net)

**Abstract** : We have studied DC energy conversion of RF card by wireless communication. In order to attain an objective, it used the system which is a Rectenna. The main purpose of energy conversion system is the operation of the circuits at RF-ID system.

The proposed RF-ID system is a lot classified with the reader and tag. Reader is a kind of the base station role supporting RF energy. And priority tag convert RF energy from the reader it was delivered with a wireless to DC energy. The energy which is converted like Tag. It transmits to the reader characteristic ID of each card.

The tag is mainly divided into rectifier, power module, memory and controller. The FRAM maintains the data like a ROM in no-power situation. And the advantage is a low power element compared with other EEPROM.

There are two considerations, when RF energy is converted into DC source by wireless. One is energy amount supported from the reader, the other is high power efficiency. This paper presents a study of simulation and experiments on the RF-DC conversion circuit in tag by the power efficiency concentrated.

**Keywords** : RF/DC, Tag, energy conversion, power efficiency

### 1. 서 론

최근에 RF-ID(Radio Frequency Identification) 시스템을 이용한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 그 응용분야도 광범위하게 사용되고 있다. RF-ID 시스템은 사람들의 신분을 확인하고, 동물을 추적하고 물체 등의 위치를 확인하기 위하여 radio 주파수를 사용하는 비접촉 신분확인 시스템이다. RF-ID 시스템은 비접촉 방식이어서 수명이 반영구적이며, 자체적으로 전원을 내장할 필요가 없으므로 크기를 줄일 수 있어서 휴대나 부착이 용이하다. 만약 전지를 내장하면 수명, 교환 문제라든가 카드의 두께를 얇게 할 수 없다는 등의 문제가 발생한다.

RF를 이용한 시스템은 직접 접촉할 필요가 없을 뿐만 아니라 무선(wireless)이기 때문에 사람이 직접 작업하기 어려운 곳이나 주차 관리 시스템, 출입문 관리 시스템, 공장 자동화나 제품관리 등에 편리하게 활용될 수 있다. 또한 버스나 지하철 등의 대중교통 요금 지불 시스템, 나아가서 고속도로 등의 유료 도로의 통행료 관리와 전자화폐 등에도 매우 효율적으로 응용될 수 있고, 실제로 현재 이용되고 있기도 하다.

RF-ID 시스템은 크게 리더(Reader)와 태그(Tag)로 구분되는데, 리더는 RF 에너지를 공급하는 일종의 기지국 역할을 하는 것이다. 그리고 태그는 우선 리더로부터 무선으로 전달받은 RF 에너지를 DC 전압으로 변환하게 된다. 이렇게 변환된 에너지는 태그를 구성하는 IC 회로에 구동전압으로 이용되어, 각 카드마다의

고유 ID를 리더로 전송하는 역할을 하게 된다.

태그는 크게 정류부, 전력모듈부, 메모리부 그리고 컨트롤러부로 나뉜다. 이 중 메모리부에 쓰이는 칩은 FRAM으로 일반 RAM과 달리 전원이 없는 상황에서도 ROM과 같이 데이터를 유지한다는 특징이 있으며, 가장 큰 이점은 EEPROM에 비교하여 저 전력 소자라는 것이다. 그리고, 요즘의 휴대 가능한 RF 제품들은 매우 작기 때문에 제품 수명에 충분한 전력을 공급할 배터리를 포함하기 어렵다. RF 영역에서 동작하는 장치들은 간단하고 값싼 회로로 구성된다. 그 회로를 살펴보면 하나의 안테나와 1개 이상의 정류다이오드 그리고 몇 개의 수동소자로 구성되어 방사된 RF 영역의 무선전력을 DC 전력으로 바꿔주는 역할을 하게 된다.

무선으로 RF 에너지를 DC 에너지로 변환하는 방법에서 가장 중요시 되어야 할 점은 리더에서 많은 에너지를 공급해야 한다는 것과 태그에서 많은 전력을 공급할 수 있는 즉, 전력효율이 높아야 한다는 것이다. 이에 본 논문에서는 무선 전력변환장치의 태그에서 전력효율에 중점을 두며 시뮬레이션과 실험을 통한 설계 및 분석을 해 보았다.

### II. RF-DC 변환장치

RF를 DC에너지로 변환하려는 노력은 과거에서부터 시도되어 왔는데 이러한 목적을 달성하기 위하여 Rectenna라는 장치를 사용하였다. Rectenna라는 용어

는 Rectifier와 Antenna를 합성한 말로서 다음과 같은 구조로 되어 있다.

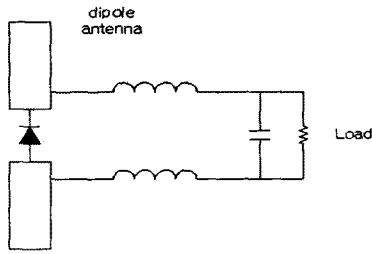


그림 1. Rectenna의 구조

Rectenna는 기본적으로 Dipole antenna의 맨 중앙부에 정류 다이오드를 접속한 구조로 다이오드 위치를 약간 조정하여 안테나와 다이오드의 임피던스 정합을 취한 다음 low pass filter를 거쳐 전력을 얻는 장치로 Rectenna를 필요한 수만큼 병렬로 연결하여 전력을 얻는 구조이다. Rectenna는 기본적으로 대용량의 전력을 얻는 구조이다. Rectenna는 기본적으로 대용량의 전력을 무선으로 전송하기 위한 장치로 송신안테나로는 Horn Antenna 또는 접시 안테나를 사용한다. 또한 전력전송이 목적이므로 기존의 Rectenna를 통신안테나로서 사용하는 데 어려운 점이 있다.

RF-DC 변환장치를 RF-ID, batteryless sensor 등에 적용하기 위해서는 전력전송 뿐만 아니라 통신이 가능하여야 하고, IC회로를 동작시키기 위한 전압이 나와야 한다. 원거리에서 IC회로를 동작시키기 위한 회로는 RF-DC 변환회로 외에 전력 저장장치가 필요하다. 이러한 전력 저장장치는 현재 capacitor가 대부분 사용되며, 집적회로 기술이 발전하면서 사용되는 IC회로가 점점 저 전력화되고 통신하는 정보의 속도가 증가됨에 따라 sensor 및 ID에서 소모되는 전력은 점점 작아지고 있다. 그러나 IC회로의 동작전압이 일정하므로 회로에 맞는 출력 전압을 갖는 RF-DC 변환장치가 필요하게 된다.

본 논문에서 다루는 무선 전력변환장치가 적용될 태그의 구조는 다음과 같다.

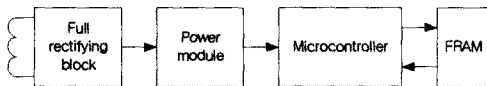


그림 2. 태그의 개념도

그림 2의 태그는 크게 무선신호를 수신하는 안테나, 무선전력을 DC로 변환하여 회로의 전원으로 변환시키는 정류부 & 전력 모듈부, 그리고 메모리와 정보교환을 하게 되는 컨트롤러 그리고, 태그의 고유 ID를 가지고 있는 메모리부로 구분된다. 이 구조에서 가장 중

요한 것은 태그의 안테나에서 받은 무선전력을 얼마나 효율적으로 DC 전원으로 변환시키는 가가 관건이라 할 수 있겠다.

### III. RF-DC 전력변환 회로

그림 2에 소개된 태그에서 무선전력을 DC 전원으로 변환하는 부분은 정류부 & 전력모듈부로 그 회로는 그림 3과 같다.

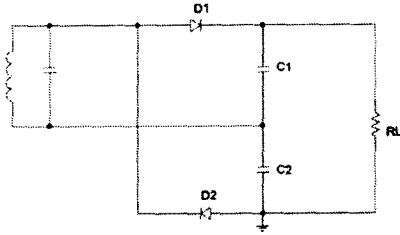


그림 3. 전파 정류 방식의 배전압 회로

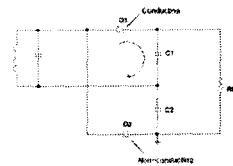


그림 4-1. 회로의 작동상태 - (+) 반주기

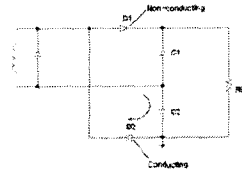


그림 4-2. 회로의 작동상태 - (-) 반주기

그림 3은 전파 정류 방식의 배전압 회로이고, 그림 4는 회로의 작동상태를 나타내고 있다. 입력신호가 최대값이  $V_m$ 인 정현파 일때, 입력의 (+) 반주기동안 다이오드  $D_1$ 이 단락되어,  $C_1$ 은 최대전압  $V_m$ 으로 충전된다. 이 때  $D_2$ 는 차단 상태가 된다. (-) 반주기 동안  $D_1$ 은 차단 상태가 되고,  $D_2$ 가 단락되므로  $C_2$ 는  $V_m$ 으로 충전된다. 부하가 연결되어 있지 않으면 이 회로의 출력 전압은  $2V_m$ 으로 계속 유지된다. 이 회로에서 부하에 전류를 공급하게 되면  $C_1$ 과  $C_2$ 의 양쪽 단자에 나타나는 전압 파형은 전파 정류(full-wave rectification)에 의한 파형과 같다. 여기서  $C_1$ 과  $C_2$ 는 직렬로 연결되어

있기 때문에 커패시턴스 값은 항상  $C_1$ 이나  $C_2$ 보다 작은 값이다. 커패시턴스 값이 작아지기 때문에 1개의 커패시터를 이용한 필터 특성보다는 성능이 나빠진다.

그림 3을 구성하는 회로는 크게 다이오드, 커패시터 그리고 부하저항으로 나눌 수 있는데, 이때 다이오드의 종류, 커패시터의 용량 그리고 부하저항의 크기에 따라 그 결과가 달라질 수 있다. 따라서 본 논문에서는 그림 3의 회로를 기반으로 하여 다이오드의 종류와 커패시터의 용량 등을 부하저항을 가변시켜 보면서 실험을 진행해보았다.

#### IV. Simulation 및 실험 결과

먼저 그림 2의 회로가 전압 배가기로 동작됨을 Pspice simulation을 통하여 확인해 보았다.

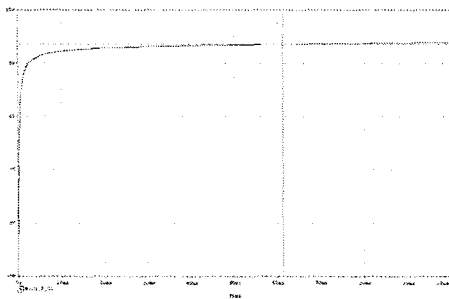


그림 5. 전압 배가기의 파형

입력 전원은  $f=125kHz$ ,  $V_p=2V$ 인 정현파로 하였고, 다이오드는 1N4148의 실리콘 다이오드, 커패시터는  $100\mu F$  그리고, transient analysis는  $100ms$ 로 하였다. 그리고 다이오드와 커패시터의 종류를 바꾸어 가며 실험을 해보았다.

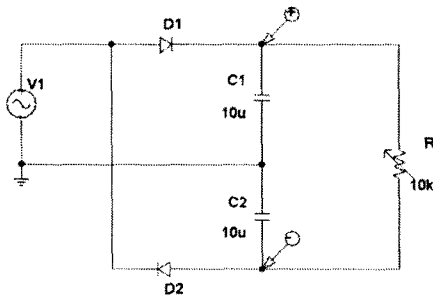


그림 6. 전압 배가기의 test 회로

그림 6은 소자를 변화시키면서 실험해볼 회로로서 그 방향은 다음과 같다. 첫째, 저항 R을 가변시켜 전력을 측정해본다. 둘째, 회로를 구성하는 다이오드( $D_1$ ,  $D_2$ )와 커패시터( $C_1$ ,  $C_2$ )를 바꿔보면서 측정해 본다. 입

력신호는  $f=125kHz$ ,  $V_p=10V$  로 하였다.

i) case 1

$D_1=D_2$ : 1N60 (게르마늄 다이오드)

$C_1=C_2$ : RSH 16V  $100\mu F$

(Ultra Low Impedance -  $105^\circ C$ )

ii) case 2

$D_1=D_2$ : 1N60

$C_1=C_2$ : TWL 16V  $10\mu F$  (Low Leakage)

iii) case 3

$D_1=D_2$ : 1N5711 (Schottky 다이오드)

$C_1=C_2$ : RSH 16V  $100\mu F$

iv) case 4

$D_1=D_2$ : 1N5711

$C_1=C_2$ : TWL 16V  $10\mu F$

v) case 5

$D_1=D_2$ : 1N5711

$C_1=C_2$ : 16V  $10\mu F$  vs 16V  $100\mu F$

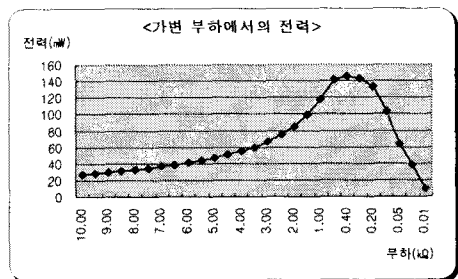
vi) case 6

$D_1=D_2$ : 1N60

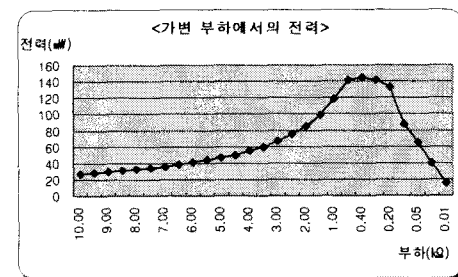
$C_1=C_2$ : 16V  $10\mu F$  vs 16V  $100\mu F$

case 1~case 4까지는 다이오드와 커패시터의 종류에 따른 실험이고, case 5~case 6은 커패시터의 용량에 따른 분석을 위한 구분이다. 그리고 저항 R은  $10k\Omega$ 에서부터 가변시켜 보았다.

<case 1>



<case 2>



#### IV. 결 론

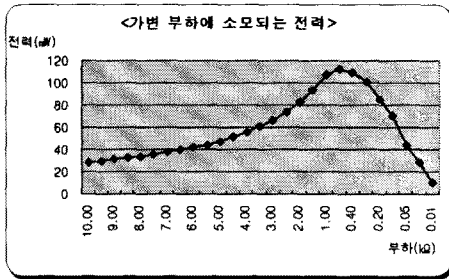
본 논문에서의 Simulation 및 실험결과를 통해 간단한 전압배가기로 RF-DC 변환을 보여주었다. 비록 실험에서는 입력 전원으로 교류 신호발생기를 사용하였지만, 그 대신 안테나를 연결하여 같은 정현파신호를 발생시킨다면 같은 결과를 보여줄 수 있을 것이다. 이번 실험에서는 소자에의 변화를 다양하게 주지 못한 점이 다소 아쉽게 여겨진다. 현재 같은 종류의 다이오드라도 더 우수한 성능의 소자는 계속 만들어지고 있음에 틀림없을 것이다. 이에 폭 넓은 자료의 수집과 정보를 통하여 보다 저 전력을 소모하는 소자를 구하는 것이 필요할 것이다. 이를 바탕으로 하여 본 논문에서 궁극적으로 추구하고자 하는 태그와 리더간의 데이터 통신도 구현해봐야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 김종범, 김광수, 박석하, 진인수, 김양모, "RF-DC 변환회로에 대한 설계 및 분석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 3256-3258, 7. 1999.
- [2] "MicroID 125kHz RFID System Design Guide", MicroChip Technology Inc, 1998.
- [3] Robert Boylestad, Louis Nashelsky, "Electronic Devices and Circuit Theory", Prentice Hall, 1999.
- [4] "Schottky & Rectifier Diodes Databook", SGS-THOMSON Microelectronics, March. 1994.
- [5] "The Electronic component catalogue", Farnell Components, 1997/1998.
- [6] "Non-RF Applications for the Surface Mount Schottky Diode Pairs HSMS-2802 and HSMS-2822", Agilent Technology, Inc. Application Note 1069, 1999.
- [7] "Designing the Virtual Battery", Hewlett-Packard Co. Application Note 1088, 1997.
- [8] "Designing Detectors for RF/ID Tags", Agilent Technology, Inc. Application Note 1089, 1999.
- [9] Yang-Ha Park, Dong-Gi Youn, Kwan-Ho Kim, Young-Chul Rhee, TENCON 99. Proceedings of the IEEE Region 10 Conference, vol. 2, pp 1423-1426, 15-17 Sept. 1999.

본 연구는 미세정보시스템연구센터(MICROS)의 연구 지원으로 수행되었음

<case 3>



<case 4>

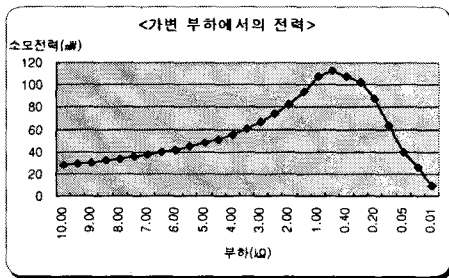


그림 7. case 1~case 4까지의 결과 그래프

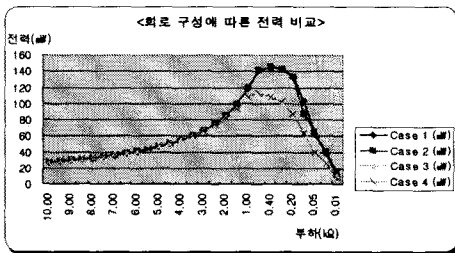


그림 8. 전체 전력을 비교한 그래프

그림 7에서는 각각의 경우(case 1~case 4)에 대한 부하-전력 그래프이다. 그리고 그림 8은 하나의 좌표에 그래프를 합쳐 놓은 것이다. 그림 8에서 나타나는 것처럼 case 1, case 2의 경우에 보다 높은 전력을 R=400 Ω 되는 지점에서 보여주고 있다. case 1과 case 2의 공통점은 게르마늄 다이오드를 사용했다는 것이다. 이것으로 보아 게르마늄 다이오드가 타 다이오드에 비해 자체 전력소모는 적으며, 부하 쪽에 더 많은 전력을 공급함을 알 수가 있다.

그리고 case 5와 case 6의 실험 결과는 다이오드의 종류에 상관없이 100μF의 커패시터를 사용하였을 때, 10μF의 커패시터일 때 보다 부하가 10kΩ~3kΩ 까지는 약 0.03V 더 충전되었고, 2kΩ 이하에서는 약 0.08V 더 충전됨을 알 수 있었다.