

RF-ID 시스템에서 안테나에 따른 무선전력전송에 관한 연구

김용상\*, 임상욱, 김양모  
충남대학교 전기공학과

A Study on the Wireless Power Transmission according to the Antenna for RF-ID System

Yong-Sang Kim\*, Sang-Wook Yim, Yang-Mo Kim  
Dept. of Electrical Engineering, Chungnam National University

**Abstract** - In recent years, the smart card is widely applied for wireless communication, tracking, transportation logistics, diagnostic monitoring, access control and security. RF-ID system is universally applicable. Passive RF-ID system consists of reader and passive tag. The reader transmits energy and simple information to a tag by wireless and the power from the reader is transformed for controller, FRAM and Bluetooth module. In this paper, proposed for the improvement of wireless power transmission and demonstrated the propriety through experiments in several conditions.

다. 리더로부터 무선으로 전달된 RF 에너지를 통해 태그 내의 회로는 구동전압을 갖는다.

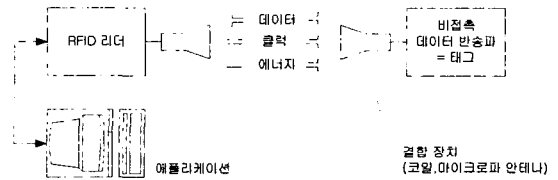


그림 1. RF-ID 시스템의 구성도

1. 서 론

사회가 정보화 및 컴퓨터의 발달로 정보를 수집하고 관리하는 것이 매우 쉽고 중요하게 되었다. 이에 산업의 모든 분야에서 전자ID에 대한 관심이 높아지고 있다. RF-ID는 전자기파를 이용하여 사람, 자동차, 가축 등의 개체를 식별할 수 있도록 정보를 부가하는 시스템으로 개발된 지는 약 20년 정도지만 가게에서의 도난 방지장치, 동물 추적장치, 자동차 안전장치, 출입 및 접근허가 장치, 전자요금 징수장치, 생산관리, 철도운송 컨테이너 추적장치 등 여러 분야에서 널리 응용되고 있다. 이와 유사한 바코드나 마그네틱 카드는 접촉식 시스템으로서 몇 가지 단점들이 지적된다. 접촉식은 사용하면 할수록 그 ID 판독률이 떨어지고, data를 저장하거나 새로운 정보로 갱신하는 것이 불가능하다. 이에 반하여 RF-ID 시스템은 무선으로 정보전송을 하기 때문에 이러한 문제점을 극복할 수 있다. 또한 비접촉으로 읽기와 쓰기가 가능하다는 점 때문에 화학적 손상, 습도 및 마찰에 강하여 보다 오래 사용할 수 있는 장점이 있다.

리더는 카드가 지속적으로 에너지를 얻을 수 있게 RF field를 형성하고, 스마트카드가 그 field에 들어 왔을 때 리더와 카드 사이에서 통신을 시작한다. 먼저, 스마트 카드가 RF-field에 들어왔을 때 카드가 영역 내에 진입했음을 리더로 알리게 된다. 그리고 RF 에너지는 RF-DC 변환을 통해 카드 내 회로의 구동전원으로 쓰이게 되고, 최종적으로 리더와 카드에 장착되어 있는 Bluetooth 모듈 사이에서 통신을 하게 된다.

- 그리고, 설계된 시스템의 개요는 다음과 같다.
- 사용 주파수: 125kHz
  - Controller: PIC16F873-04(28-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontroller)
  - 메모리: FRAM(FM24CL16-S), 2048\*8 bits
  - Bluetooth 모듈: Promi-ESD™ (RS232C Serial Board)

RF-ID 시스템은 크게 리더(Reader)와 태그(Tag)로 구분되는데, 리더는 RF 에너지를 공급하는 일종의 기지국 역할을 하는 것이다. 그리고 태그는 리더로부터 무선으로 전달받은 RF 에너지를 DC 전압으로 변환하고, 이 변환된 에너지를 통하여 태그를 구성하는 IC칩들은 구동하게 된다. 태그는 크게 안테나, 정류회로, 전력모듈, 메모리, 컨트롤러 그리고 Bluetooth 모듈로 구성되는데, 무선 전력전송을 통하여 IC칩들의 구동전원을 얻는다는 것은 한계가 있기 때문에 태그를 구성하는 소자들은 저전력 소자를 선택하는 것이 무엇보다 중요하다.

2.2 안테나

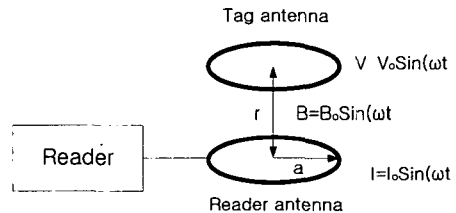


그림 2. 전자유도 안테나

본 논문에서는 이런 RF-ID 시스템의 passive type 이라는 특성에 따라 태그에서는 게르마늄 다이오드와 FRAM 등의 선택을 통하여 저전력 소비를 꾀하였다. 그리고 리더에서 태그로, 보다 많은 RF 에너지를 공급하는 방법에 대하여 여러 조건을 가지고 실험을 해보았다.

본 논문에서의 안테나는 루프 안테나로써 코일은 캐리어 주파수에 대하여 공진이 일어난다. 그림 2와 같이 리더와 태그 안테나와의 거리를 r, 리더 안테나의 반경을 a라고 하면 코일에서 발생하는 자속 B는 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

2. 본 론

$$B = \frac{\mu_0 I N a^2}{2(a^2 + r^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I N a^2}{2} \left(\frac{1}{r^3}\right), \quad r^2 \gg a^2 \quad (1)$$

2.1 RF-ID 시스템 구성 및 개요

RF-ID 시스템의 전체적인 구성은 다음의 그림 1과 같

즉, 자장의 세기는 전류와 코일의 감은 횟수와 리더의 면적에 비례하고 거리  $r^2$ 에 반비례한다는 것을 알 수 있다. 또한, 태그 안테나의 수평면과 리더 안테나의 수평면이 서로 마주보고 있는 상태에서 가장 큰 자장의 힘을 얻을 수 있다. 태그가 받는 유도 기전력은 Faraday의 법칙에 의하면 (2)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_o = 2\pi f_o N Q S B_o \cos\alpha \quad (2)$$

여기서,  $f_o$ : 공진주파수

$N$ : 태그코일의 턴수

$Q_o$ :  $\frac{1\text{주기당시스템에저장된에너지}}{1\text{주기당시스템에서방사된에너지}}$

$$\left( = \frac{B}{f_o} = R \sqrt{\frac{C}{L}} \right)$$

$S$ : 태그안테나의면적

$\alpha$ : 도착신호의각도

### 2.3 리더

리더는 전력공급기, 발전기, 전력증폭기 그리고 Bluetooth 모듈로 구성되어 있다. Bluetooth 모듈은 태그에 있는 또 다른 Bluetooth 모듈과 통신을 하게 된다. 그림 3은 리더의 구성을 보여준다.

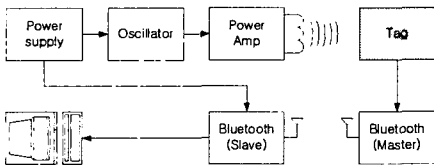


그림 3. 리더의 구성도

### 2.4 태그

그림 4는 태그의 구성을 보여주는데, Power supply 모듈은 리더로부터 수신된 RF 신호를 정류하여 커패시터에 충전을 하게 된다. 그리고 이렇게 충전된 DC 전원으로 태그를 구성하는 IC칩의 구동전원으로 사용한다.

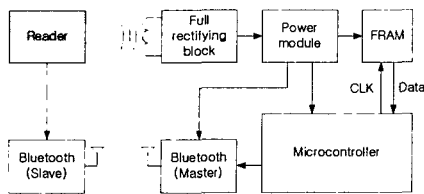


그림 4. 태그의 구성도

그리고 태그 내에서 가장 중요한 것은 전체 소비전력이 낮아야 한다는 것이다. 따라서 태그 회로는 저전력 소자로 구성하였고, 그 소비전력은 표 1과 같다.

표 1. 태그에서 소비되는 전력

Section Part	Power(Active)	Part No. & Model	Spec.
FRAM	202.5 $\mu$ W / 270 $\mu$ W	FM24CL16	16 Kbit, 2.7~3.6V
PIC	1.8mW	PIC16F873A-04	4KByte, 2.5~6V
Rectifier	10mW	1N60 (2ea)	Germanium diode
Bluetooth module	63mW	Primi-ESD™	RS232C Serial Board 3V~3.3V

위 표에서 보는 것과 같이 태그를 구성하는 부분을 구동

시키기 위해서는 75mW의 전력이 필요해진다. 태그에서 RF-DC 전력변환 효율을 높이는 것도 중요한 일이겠지만, 더 효과적인 방법은 리더에서 태그로 공급되는 RF 에너지를 높이는 것이라 할 수 있다. 따라서 설계된 증폭기와 리더 안테나를 조합한 실험을 통해 이 방법을 개선코자 하였다.

### 2.5 실험 결과

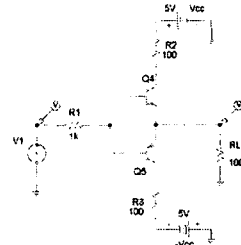
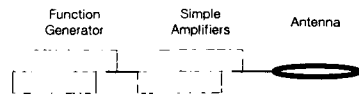
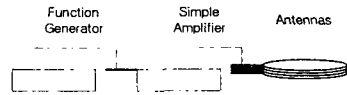


그림 5. 실험에 사용된 B급 증폭기

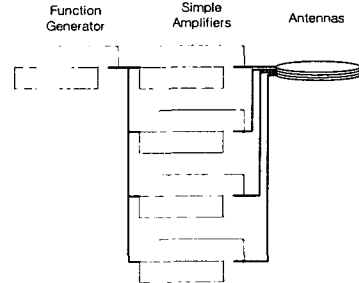
본 실험은 증폭기의 출력에 연결된 리더 안테나를 통하여 공진된 태그 안테나에 수신되는 전압 레벨을 비교하려는데 그 목적이 있다. 따라서 그림 5와 같은 간단한 증폭기를 그림 6과 같은 방법으로 구성하여 실험하였다.



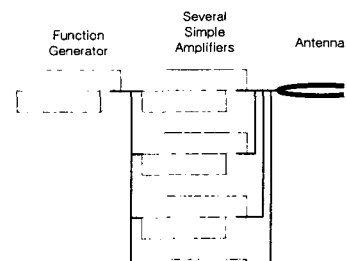
(a) case 1: 증폭기 1대에 1개의 안테나를 연결했을 때



(b) case 2: 증폭기 1대에 4개의 안테나를 연결했을 때

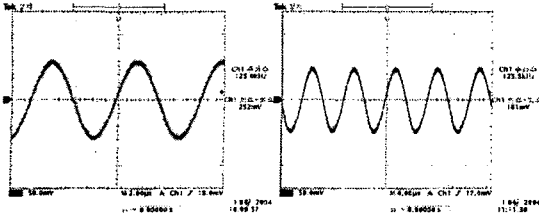


(c) case 3: 증폭기 4대에 4개의 안테나를 연결했을 때

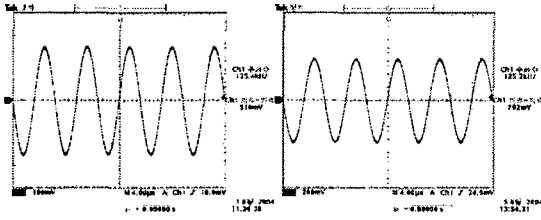


(d) case 4: 증폭기 4대에 1개의 안테나를 연결했을 때  
그림 6. 각 실험에 대한 구성도

### 2.5.1 리더 안테나에서만의 전압



(a) case 1:  $V_{pp}=252[mV]$  (b) case 2:  $V_{pp}=161[mV]$

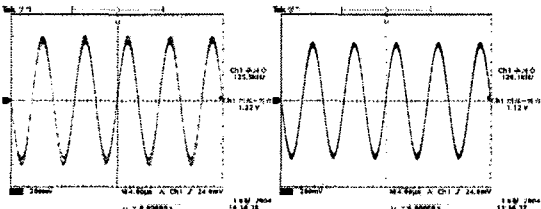


(c) case 3:  $V_{pp}=510[mV]$  (d) case 4:  $V_{pp}=792[mV]$

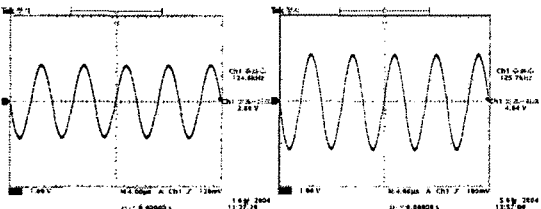
그림 7. 리더 안테나에서 수신되는 전압레벨

그림 7의 파형은 case 1:case 4에 대해 증폭기에 리더 안테나만 연결되었을 때의 전압레벨을 보여준다. case 4에서  $V_{pp}=792[mV]$ 로 가장 좋은 값을 보이고, case 2인 증폭기 1대에 4개의 안테나를 연결한 경우가  $V_{pp}=161[mV]$ 로 가장 낮은 값을 보여주고 있다.

### 2.5.2 공진된 태그안테나에 수신되는 전압



(a) case 1:  $V_{pp}=1.22[V]$  (b) case 2:  $V_{pp}=1.12[V]$



(c) case 3:  $V_{pp}=3.60[V]$  (d) case 4:  $V_{pp}=4.64[V]$

그림 8. 태그 안테나에서 수신되는 전압레벨

그림 8의 파형은 case 1:case 4에 대해 증폭기의 리더 안테나로부터 공진된 태그 안테나로 유도되는 전압레벨을 보여준다. case 4에서  $V_{pp}=4.64[V]$ 로 가장 좋은 값을 얻었고, case 2인 증폭기 1대에 4개의 안테나를 연결한 경우에는  $V_{pp}=1.12[V]$ 로 가장 낮은 값을 보여주고 있다.

이것은 case 2와 case 1을 비교하였을 때, 단일 안테

나의 턴수를 높인 것이 아니고, 여러 개의 안테나를 쌓아 올린 것이기 때문에, 각 안테나 사이에서의 누설자속 발생으로 인한 유도전압의 저하라 볼 수 있다. 또한, 이것은 case 3과 case 4의 값 비교에도 같은 관점으로 볼 수 있다. 그리고 case 4는 case 1과 비교했을 때, 증폭기의 대수가 1대에서 4대로 증가되었다. 따라서 4배의 정수배 값인  $V_{pp}=4.88[V]$ 를 예상할 수 있을 것이다. 비록 이 예상 값에는 도달하지 못하였지만, 이것은 각 증폭기의 위상차에 의한 전압수준의 저하와 샘플 안테나의 제작이 정밀하지 못하였기 때문에 기인한 결과라 볼 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 RF-ID 시스템에서, 리더로부터 태그로 공급되는 RF 에너지를 높이기 위한 방법을 증폭기와 안테나의 수량에 주안점을 두고 실험을 해보았다. 무선으로 공급받은 전력으로 태그의 구성회로를 구동하는 것은 저전력 소모라는 큰 문제에 직면하게 된다. 따라서 이것을 위하여 태그회로의 간소화와 저전력 소자의 발견에 많은 시간을 보내었다. 작게나마 성과를 보이기도 하였지만, 노력만큼의 결과는 나타나지 않았기 때문에 관점을 다시 하여 리더로부터 공급되는 전력의 양을 높이는 것에 대해 접근하게 된 것이다.

따라서 위상차의 문제는 배제하고 증폭기의 대수를 늘리고 안테나의 규모와 모양, 그리고 여러 조합들의 수신 전압 상태를 실험하게 된 것이다. 앞 절에 나타난 실험 파형들뿐만 보았을 때, 이와 같은 접근 방법은 올바른 선택이었다고 판단된다. 그리고 본 논문에서는 언급되지 않은 안테나의 모양과 배열 등에 대한 실험도 시행하여 더 나은 결과를 최종적으로 얻어 유도전압의 극대화를 이루어야 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] "MicroID 125kHz RF-ID System Design Guide", Microchip Technology Inc, 1998.
- [2] Transponder device, Patents: US 4,724,427, Feb. 9, 1998.
- [3] 김용상, 임상욱, 이용제, 김양모, "무선 전력변환장치의 전력변환 회로에 대한 설계 및 분석", 2003 정보 및 제어 학술회의 논문집, pp.35-38, 2003, 11.
- [4] Malvino, "Electronic Principles", Mcgraw Hill, pp.854-855, 1993.
- [5] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook", WILEY, 2003.
- [6] Microchip PIC16F87X Datasheet.
- [7] "Shottky & Rectifier Diodes Databook", SGS-THOMSON Microelectronics, March. 1994.

본 연구는 미세정보시스템연구센터(MICROS)의 연구 지원으로 수행되었음