

Capacitive방식을 이용한 Passive RFID Tag System 구현

배 명 수, 여 영 호, 손 수 국
수원대학교 정보통신공학과
전화 : 031-220-2532 / 핸드폰 : 019-274-3491

A Study on Implementation of Passive RFID Tag System Using A Capacitive method

MyungSoo Bai, YoungHo Yeo, SuGoog Shon
Dept. of Information Communication Engineering, The University of Suwon.
E-mail : bms1014@hanmail.net

Abstract

This paper is about the implementation of passive RFID(Radio Frequency Identification) tag system using a capacitive method, and explains the design and circuit's structure of this system. Fundamentally the capacitive RFID tag system consists of a tag reader, a passive tag and a host computer.

And then this paper shows the system's prototype which analyzes a specification, and suggests the passive RFID system as a new method which manufactures a low cost tag system easily

I. 서론

RFID (Radio Frequency Identification :무선인식)기술은 예를 들어 사람, 자동차, 화물, 가축 등에 개체를 식별하는 정보를 추가하는 시스템이다. 부가정보를 어떤 통신 매체를 이용하여 비접촉으로 해독함으로써 종래 바코드와 같이 사람의 손에 의지하고 있던 각종 어플리케이션을 자동화할 수 있다. 점차 RFID 응용시스템의 응용범위가 확대되어 가고 있다.

기존의 스마트카드라고 알려져 있는 교통카드나 출퇴근관리 RFID System은 Inductive 방식을 사용한다.

리더에서 송신된 Electromagnetic Field에 Passive Tag가 존재하게되면 수신안테나에 유도 기전력이 발생하며 이것을 Passive Tag의 전원으로 사용한다. 태그 제어용 IC는 소형으로 작게 만들 수는 있지만, Passive 태그의 안테나 코일은 설계하기가 어려우며 가격도 비싸다는 단점이 있다.

본 논문에서는 RFID Tag System의 안테나 부분을 Inductive 방식이 아닌 Electromagnetic Field를 사용한 Capacitive 방식을 이용하는 Passive Tag System의 개발 및 특성 향상 기술에 대하여 제안한다. 기본적으로 Capacitive 방식의 RFID System은 Tag Reader, Passive Tag, 및 Host Computer로 구성되며 이 시스템의 설계 및 회로구성에 대하여 설명한다. 실제 프로토타입의 시스템을 제작하여 각종의 특성을 분석하고, 저가형이며 제작하기 쉬운 새로운 방식의 Passive RFID System을 제안한다.

II. Capacitive 방식의 원리

2.1 Inductive방식과 Capacitive방식의 차이

기존의 RFID system은 Inductive 방식이다. 즉 리더에서 자계(magnetic field)를 만들고 그 자계가 미치는

범위내에 태그가 존재하였을 때 태그는 동작한다. 이것은 자계를 만들기 위한 리더와 태그에서의 코일설계에 많은 어려움이 있고 가격 또한 비싸진다.

Capacitive 방식을 이용하게 되면 이러한 문제는 해결된다. 단지 평판 안테나를 부착시키면 되는 것이다. 태그에서는 안테나로서 카본 잉크 패턴(Carbon Ink Pattern)으로 프린트만 해주면 된다.

2.2 Capacitive 방식의 Maxwell 방정식 유도

리더에서 LC공진으로 인해 전계(Electric Field)를 만들고 리더와 태그의 송·수신안테나 사이에 커패시턴스에 의한 임피던스 전압강하는 전계에 의한 전압강하로 해석될 수 있다. 그러면 송수신 안테나는 커패시턴스를 형성한다고 설명할 수 있으며, 신호 에너지는 리더 안테나에서 태그안테나로 전계를 통하여 전달된다. 이것을 이론적으로 설명하면, 리더와 태그의 안테나 사이의 전계는 Maxwell 방정식중 Faraday 법칙(1)

$$\nabla \times H_1 = J_1 + \epsilon \frac{\partial E_0}{\partial t} \quad (1)$$

에 의하여 결정되게 된다. 그러나 양 안테나사이에 전도 전류(conduction current)가 없다고 가정할 경우 (2)와 같이 간략화 될 수 있다.

$$\nabla \cdot J_1 = -\frac{\partial \rho_0}{\partial t} \quad (2)$$

이 경우 안테나 사이의 특성은 Capacitive 또는 Inductive의 경우로 해석 될 수 있다. 직류상태에서는 Electric Field와 Magnetic Field 사이에 커플링(coupling)이 없기 때문에 두 가지를 분리해서 다룰 수 있다.

실제 안테나는 공기를 통하여 절연되어 있어서 도전 전류가 흐르지 않는다고 가정할 수 있다. 식(2)에서 변위 전류의 다이버전스는 전하의 축적으로 나타나는데, 자유전하는 10^{-6} 초 이내에 소멸된다.(흙과 같은 물질에서의 relaxation rime constant가 microsec 수준) 따라서, 여기서 사용하는 100kHz 이하의 주파수에서는 변위전류의 변화율을 무시할 수 있게 된다.

2.3 회로해석 모델 유도

송·수신안테나가 공간상에 고정된 간격으로 위치해 있고 안테나주위로 폐공간적분을 적분하면 (3)과 같은 회로방정식으로 간략하게 유도된다.

$$I = C \frac{dV}{dt} \quad (3)$$

이와 같은 간략화를 준정적 근사라고 하며, 전자기

파의 파동 방정식을 회로 방정식으로 단순화하는 것이다. 커패시턴스 형태의 송수신 안테나사이에서의 송신 신호와 수신된 신호 사이에는 다음과 같은 관련성이 있다. Electric Field는 스칼라(scalar)전위에 의해 재구성되고 이것에 의한 수신안테나의 전류는 송신전위의 시간 도함수에 커플링 되어있다. 커패시티브 방식의 RFID는 회로이론의 Capacitive로 간주 할 수 있음을 확인 할 수 있다.

송신안테나에서의 신호는 전압형태로 인가되고, 수신안테나에서의 신호는 전하의 축적에 따른 전류의 변화로 해석되는데, 식(3)에서 시간의 적분을 통하여 식(4)와 같이 유도된다.

$$\int I(t)dt = CV(t) \quad (4)$$

여기서 I(t) 수신전류, V(t) 송신전압이며 모두 시간의 함수로 주어진다. C값을 이용하여 리더와 태그 사이의 임피던스 값을 계산해 낼 수 있고 임피던스의 변화로서 태그의 Data를 리더로 읽어 들일 수 있다. 이 신호처리 기법을 활용하여 다음의 장에서 시스템 설계와 실험적 분석을 한다.

III. Capacitive RFID system

3.1 Capacitive RFID system의 기본구조

그림 1에서 보는바와 같이 Binary Counter and Oscillator로 만들어진 125kHz Carrier Signal은 LC 공진 회로에 의해 높은 전압의 Electric Filed를 생성한다. 이 신호는 리더 안테나에 인가되어, 수신측 Tag 안테나 사이에 Electric Field가 만들어진다. 이 Electric Field는 수신 태그안테나에 전하량 축적을 발생시키며, 렉테나(Rectenna) 기술을 응용하여 Tag-IC에서 사용할 수 있는 전원을 만들어 낸다. Reader에서 신호를 받아 수신Tag에서의 Data를 시스템에서 처리

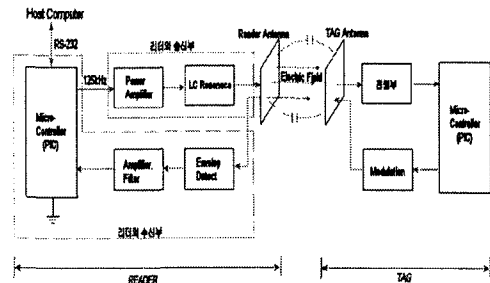


그림 3 Block Diagram of Capacitive RFID system

한 후 Reader로 Data를 송신한다. Reader의 LC공진부에 수신된 신호는 신호처리를 거쳐 원래의 송신신호와 비교하여 그 값을 신호처리 과정을 거쳐 Host Computer로 보내진다.

3.2 리더의 기본구조

(1) 송신부

Binary Counter and Oscillator에서 4MHz의 신호를 PIC의 클럭으로 보내주며 4MHz를 32로 분주하여 125kHz를 만들어 낸다. 125kHz 신호는 RLC 직렬회로에 의해 sine wave형태로 만들어지며 TR 증폭회로에 의해 Power 신호로 만들어지고 LC 공진회로(L=1.8mH, C=1000pF)를 거쳐 그림 2에서와 같이 최대 40V, 최소 -24V의 125kHz 진폭 60V의 carrier 신호가 만들어진다. 이 신호는 L과 C사이의 공진점에 평판 안테나를 설치하여 안테나 주위에 전계(Electric Field)를 형성하게 된다.

(2) 수신부

그림 2에서와 같이 만들어진 Carrier 신호는 안테나를 통해 나감과 동시에 피크-피크 검출기(peak-peak detector)로 들어간다. 이것은 송신부에서 만들어진 신호를 수신부로 유입하면서 LC공진회로의 임피던스량을 0으로 초기화시키는데 목적이 있으며, tag와의 통신은 LC 공진부의 임피던스의 변화량을 검출해냄으로써 이루어질 수 있다. 이 신호는 필터를 거쳐 TTL 레벨의 신호로 만들어져 Microcontroller(PIC)로 들어간다. PIC에서는 Max233 RS-232 Driver를 이용하여 호스트 컴퓨터로 데이터를 보내게 된다.

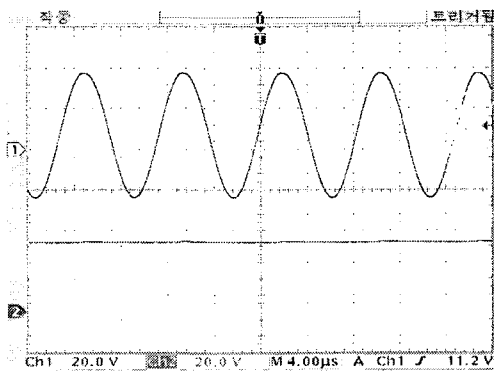


그림 4 LC공진부의 송신 신호와 peak-peak 검출기를 통한 수신신호

3.3 FSK 프로토콜 구조

태그에서의 Backscattering 신호를 받아 처리하는 과정은 demodulation을 거쳐 나온 신호를 detecting하여 PIC로 보내준다. 다음 그림 3에서와 같이 송신한 carrier 신호부터 PIC로 들어가는 신호의 변화를 나타내었다. 즉, 주파수차를 이용하여 Peak-peak 검출기를 통한 신호의 변화가 나타나는 시간이 carrier 신호의 10개를 차지하면 리더에서는 그 신호를 '1'로 인식한다. 마찬가지로 carrier 신호의 8개를 차지하면 그 신호는 '0'으로 인식하게 된다.

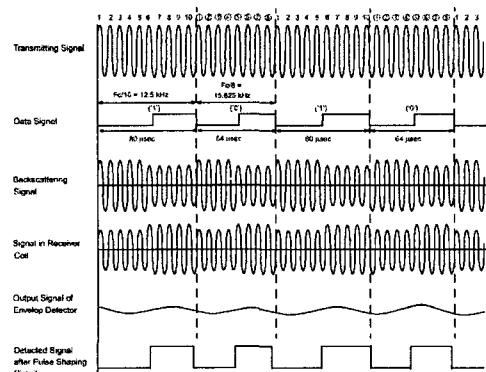


그림 5 FSK Protocol의 동작원리

3.4 태그의 기본구조

(1) 전원부

리더와의 통신을 하기 위해서는 태그는 전원이 필요하다. 전원으로서 전지를 사용한다는 것은 Passive RFID 태그의 목적에 어긋나기 때문에 리더에서의 carrier 신호를 태그의 전원으로서 사용해야 한다. 안테나에서 축적된 전하를 이용하여 병렬 공진회로를 거친 신호는 전파 2배 전압기를 통해 전원을 공급한다. 정전압 유지 회로를 부가하여 측정된 결과 부하측에서 2V로 측정되었다.

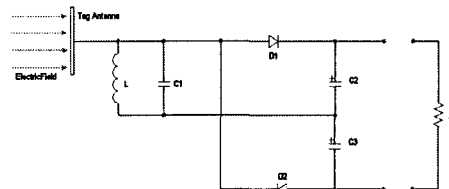


그림 6 태그의 전원부 설계

(2) 마이크로 컨트롤러

PIC16F84를 이용하여 tag를 구성한다. PIC 내부에 있는 EEPROM에 tag의 ID와 같은 Data를 저장하고, 그 Data를 읽어서 PIC의 프로그래밍으로 Coding과정을 거쳐 출력 I/O포트로 신호를 내보낸다. 전체 96bits의 데이터를 보내며 처음 16bits는 configuration 부분이다. 코딩 방식은 Biphase_L(Manchester)를 사용하였다.

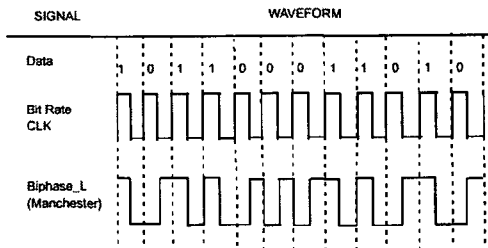


그림 7 Biphase_L(Manchester)의 동작원리

PIC의 클럭은 RC방식으로 공급되며, OSC Output핀을 이용하여 125kHz의 신호를 발생시킨다.

(3) Modulation부

PIC의 OSC output 단자에서 나온 출력을 LC공진을 이용하여 전압레벨을 높이고 코딩된 신호를 Small signal diode(1N914)를 이용하여 혼합하여 리더로 보내질 Backscattering 신호를 만들어 낸다. 그림 6은 이진 데이터 '1001 0000'을 코딩 시켰을 때의 backscattering 신호의 앞부분(1001)을 나타낸다.

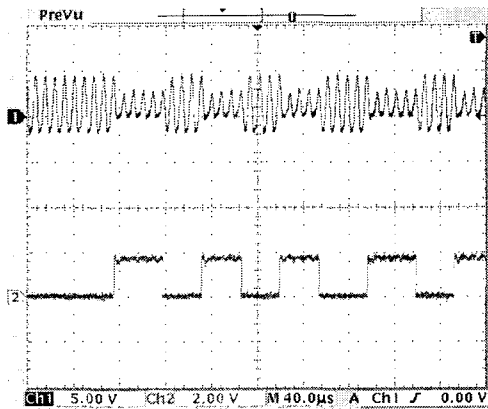


그림 8 Backscattering 신호와 Data 신호

즉, 125kHz의 신호가 Data 신호에 따라 진폭이 변함을 알 수 있다. 이 신호는 다시 태그의 안테나를 통해 다시 리더 안테나로 보내지며 리더의 LC 공진부의 임피

던스 변화를 가져오게 된다.

IV. 결론

Capacitive 방식의 Passive RFID System은 Inductive 방식을 응용하여 제작되었다. 앞에서 서술한 바와 같이 본 연구에서는 Passive RFID system에 있어 Inductive 방식이 아닌 Capacitive 방식을 이용하여 전체적인 RFID system을 구현하였으며 실제 제품제작이 아닌 prototype 형태의 System으로 제작, 실험하였다. RFID의 가장 중요한 Range 문제와 같이 system은 비록 작은 범위에서 동작을 하고, 많은 수정해야할 문제점을 가지고 있지만 안테나의 설계와 LC 공진부의 튜닝 작업을 거친다면 보완하여 향상시킬 수 있을 것이라고 본다.

본 연구를 통하여 Passive RFID tag system의 기술 변화와 현존 system 보다 저가형으로 RFID를 제작할 수 있음을 보였고 Capacitive 방식의 기초자료로서 활용될 수 있을 것이라고 사료된다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] Joshua Reynolds Smith, "Electric Field Imaging" Massachusetts Institute of Technology, February 1999.
- [2] William H. Hayt, JR. "Engineering Electromagnetics", 5th ed., McGraw-Hill, 1989.
- [3] Pete Sorrells, "Passive RFID Basic", AN680, Microchip Technology Inc. 1998.
- [4] Motorola Inc. "Bistatix™ Whitepaper version 4.0" Motorola Inc. 1999.
- [5] 오원석. "저전력 고속 CMOS RFID용 트랜스폰더 IC 설계에 관한 연구", 인천대학교 대학원, 1998. 12

Acknowledgements

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2002-000119-0)지원으로 수행되었음.

This work was supported by grant No. (R05-2002-000119-0) from the Basic Research Program of the Korea Science & Engineering Foundation.