

저주파를 이용한 무선인식 시스템에 관한 연구

정완보*, 박양하*, 이원태*, 김관호*, 이영철**, 김창일***
한국전기연구소*, 경남대학교**, 인터콤 엔지니어링(주)***

Study on the Low Frequency Wireless Recognition System

"Woan-Bo Jeong", Yang-Ha Park", Won-Tae Lee", Kwan-Ho Kim"
Young-Chel Lee", Chang-II Kim"
K E R I, Kyung Nam University,
INTERCOM Enginnering CO., LTD."

Abstracts

In this paper, we develop prototype of wireless recognition system using low frequency. Application of this system is very broad. Namely, High-way toll gate, animal management, parking system and industrial automation et al. This system is composed of controller, decoder and tag. Controller is personal PC, decoder is signal module and tag is mobile responder module. Modulation is ASK, 4,800bps, frequency is 120/60kHz and transmission length is about 80cm. And now we study improvement of stability, low power consumption, compact of tag and transmission length improvement.

1. 서 론

최근에 무선을 이용한 비접촉식 인식 장치의 개발이 활발히 진행되고 있다. 이러한 시스템은 공장 자동화, 물류자동화, 무인 감시 제어, 출입자 관리 및 차량관리등에 적용되고 있으며, 이에 대한 연구 개발이 국내외에서 진행되고 있다. 통신 방식으로는 RF, 고주파, 저주파 및 적외선을 이용하는 방식이 있으나 본 연구 개발에서는 일상적 환경과 장애물에 대한 투과성이 우수한 저주파수를 이용한 무선 인식 시스템을 개발하였으며 개발한 시스템의 구성도를 그림1에 나타내었다.

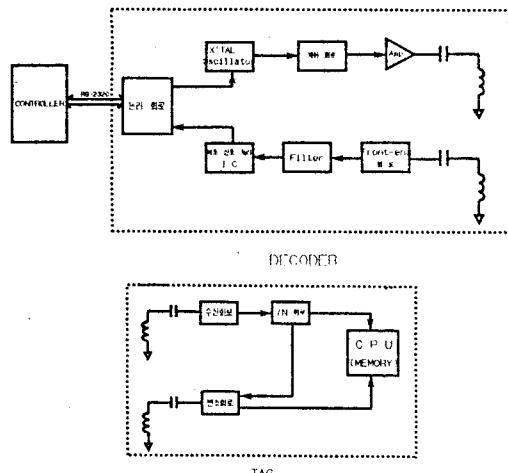


그림 1. RF-ID의 구성도

본 시스템은 Controller, Decoder 및 Tag로 구성되어 있다. Controller는 PC로서 전체 시스템의 데이터 처리, 제어, DB화 및 Monitoring을 담당하며, Decoder는 신호 처리 및 Read/Write를 수행한다. Tag는 Responder로서 수신된 반송파 신호에 따라 고유의 ID를 Decoder에 송신하는 역할을 담당한다. 본 시스템에서는 두 주파수 f_1 , f_2 를 Read/Write하는데 사용하였다. Tag에서의 데이터를 Read하기 위하여 Decoder에서는 PLL방식이나 Envelop Detection방식을 사용하나 ASK방식인 경우 SNR이 거의 비슷하므로 여기에서는 시스템 구성에 간단한 Envelop Detection방식을 사용하였다. 전체 시스템의 동작은 다음의 통신Protocol에 따라 수행하였다.

- (1) 평상시에 Tag는 매우 적은 전력을 소비하는 대기 상태에 돌입한다.
 - (2) Decoder로부터 f_1 반송파 신호를 받았을 때 Tag는 f_2 의 고유의 ID신호를 Decoder에 송신한다.
 - (3) f_1 반송파 신호의 밍위를 빛이났을 때, Tag는 ID신호의 송신을 멈추고 다시 대기상태에 돌입한다.
- 위와 같은 통신 Protocol에 따라 Decoder 및 Tag를 설계, 제작하였으며 기본적인 전송 시험을 하였다.

2. Hardware의 설계 및 제작

(1) Decoder의 설계

Decoder의構成은 크게 송신부(f_1), 수신부(f_2) 및 논리부로 이루어져 있다. 송신부는 항상 일정한 120kHz(f_1)의 반송 주파수를 발생시키며, 또한 논리부의 마이크로 프로세서에 의해서 제어되어 Tag의 ID를 Write하는 대도 이용된다. f_1 반송 주파수의 발생은 Crystal Oscillator에 발생되며 이 주파수는 2진 Counter에 분주되어 MOSFET Power IC에 입력되어 이 신호의 출력은 L, C공진 회로에 의해 증폭되어 Inductor에 의해 전자 유도되며 Tag의 감지 작용을 하게 된다. 그림2는 Decoder와 Tag의 전자 유도 관계를 나타내었다.

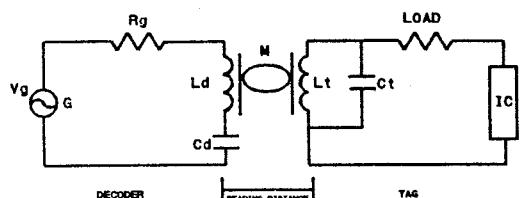


그림 2. Decoder와 Tag의 결합관계

그림2에서 보듯이 정현파 발생기 G는 공진회로 Ld, Cd에 의해서 주파수 공진을 하게 된다. 여기서

$$A = \sin \omega t \quad (1)$$

라 하면 이상적인 회로(무손실)에서 공진 회로에 흐르는 최대 전류는 다음과 같이 주어진다.

$$I = V_g / R_g \quad (2)$$

R_g 은 소스 저항이고, 식(2)로부터 최대 전류 흐름의 제한 요소는 R_g 임을 알 수 있다. L_d 는 Open Magnetic Inductor 이므로 공간에 자계를 형성한다. 이 자계의 한 부분은 L_d 코일에 의해서 검지 되며 이것은 C_g 와 공진 관계를 이루어 G 의 주파수를 검출한다.

Decoder의 수신단의 신호는 Tag로부터 빈조신호(f_2), 잡음 및 Decoder(f_1)의 신호가 혼재된 상태에서 수신이 된다. 이를 혼재된 신호 성분에서 필요한 Tag신호를 추출하기 위하여 BPF 및 LPF를 설계하였으며 또한 미약한 신호를 증폭하기 위한 증폭단을 구성하였다. 그림3에는 BPF 회로를 나타내었다. BPF는 등동필터로 구성하였으며 2차의 필터를 종속 연결하여 4차의 BPF로 구성하였다. 여기서 중심 주파수는 60kHz로 하였으며 다음의 설계식에 따라 구성하였다.

$$\begin{aligned} R_1 &= R_2 = R_3 = R_4 \\ C &= C_1 = C_2 \\ \omega_0 &= \frac{1}{RC} \\ Q &= \frac{R_k}{R} \end{aligned} \quad (3)$$

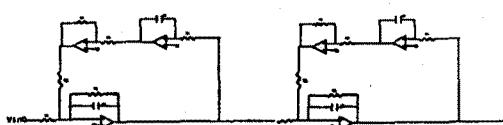


그림 3. BPF의 회로도

또한 그림4에는 수신된 신호의 테이터 복조를 위한 LPF를 설계하였다. 여기서 Cutoff Frequency는 3kHz, $Q=1.3$ 인 등동 소자를 이용한 다중 귀환형으로 설계하였으며 식(4)에 관계 설계식을 나타내었다.

$$\begin{aligned} R_f &= R_1 = R_2 = R_3 = 16k\Omega \\ C_f &= \frac{1}{\omega_0 R_f} t \\ C_1 &= 3QC_f \\ C_2 &= \frac{C_f}{3Q} t \end{aligned} \quad (4)$$

LPF를 통과한 신호는 다시 슈비트 트리거회로에 의해서 원신호로 복조된다. 복조된 디지털 신호는 논리회로부에 의해서 고유의 ID 신호처리가 이루어진다.

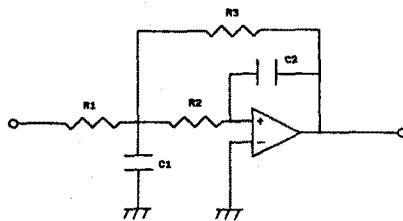


그림 4. 다중 귀환형 LPF회로도

(2) Tag의 설계

인식 범위에 들어온 Tag는 Decoder로 부터 120kHz 반송 주파수를 감지하여 고유의 ID를 반송파와 함께 ASK변조하여 Decoder에 송신을 한다. ASK방식의 전송 신호 $S(t)$ 는 일반적으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$S(t) = A \cos(\omega_0 + \theta) \quad (5)$$

여기서 $W_t = 2\pi f_c t$ 이며 반송 주파수는 60kHz를 사용하였다. 식(5)은 2진 데이터에 의한 디지털 송신인 경우 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} S(t) &= A \cos(\omega_0 + \theta) : \text{High인 경우} \\ &= 0 : \text{Low인 경우} \end{aligned} \quad (6)$$

ASK방식에 대한 최적 수신 오류 확률을 구하기 위하여 2진 신호의 발생 확률은 동일한 것으로 가정한다. 먼저 동기검파(Coherent Detection)에서의 BER은 식(7)과 같이 주어진다.

$$P = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{2N_0}} \quad (7)$$

비동기 검파(Noncoherent Detection)를 사용한 경우의 BER은 식(8)로 주어진다.

$$P = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{E_b}{2N_0}\right) \quad (8)$$

식(7),(8)을 비교하면 BER은 동기검파가 비동기검파보다 1dB향상될 뿐이므로 본 연구에서는 시스템의 구성이 간단한 비동기 검파방식을 사용하였다. Tag의 전송 속도는 4,800bps로 하였으며 소비 전력을 절약하기 위하여 송수신 부분은 수동 소자를 사용하였다. 또한 송수신 안테나는 Ferrite rod형으로 설계하여 사용하였다. 그림5에는 Tag의 테이터와 송신 출력파형을 나타내었으며 그림6은 Decoder에 입력된 신호와 BPF를 통과한 신호파형을 나타내었다. BPF를 통과하므로 120kHz정현파와 잡음 성분이 제거되고 순수한 Tag의 신호 성분만이 남게 됨을 알 수 있다.

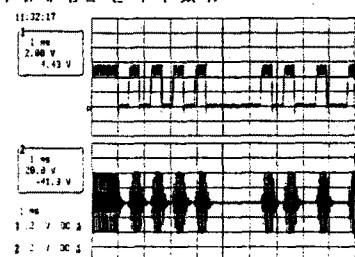


그림 5. Tag의 송신출력파형

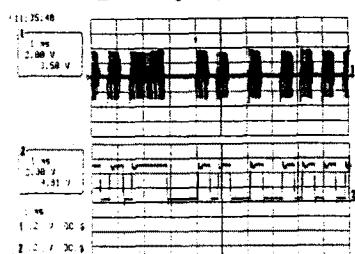


그림 6. BPF를 통과하므로 제거된 잡음성분과 복원된 신호성분

BPF를 통과한 신호는 다시 LPI를 거쳐서 Tag의 ID 데이터를 복원하게 된다. 그림7은 원 데이터와 복조된 데이터를 나타내었다.

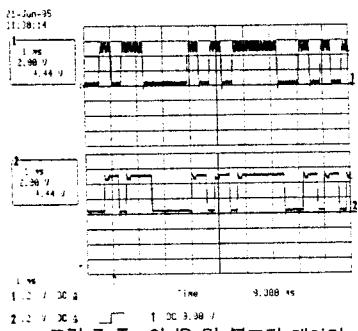


그림 7. Tag의 ID 및 복조된 데이터

3. Software의 설계

무선태이터 통신에서 매우 중요한 문제는 신뢰성 높은 데이터의 전송과 효율적인 시스템 운영이다. 무선태이터 전송은 유선 전송 방식에 비해 태이터가 전송 중에 손실되거나 유선 방식에 비해 많은 잡음의 영향으로 인해 에러가 발생한다. 그러므로 Decoder 및 Tag사이의 태이터 송·수신 중에 발생하는 에러를 검출하여 올바른 데이터를 사용자에게 전달하는 ACK(automatic repeat request) 프로토콜을 채용, 에러 발생을 줄이고자 했다. 송·수신 태이터의 구성을 동기핀드, 주소핀드 등 헤드부분과 정보핀드로 구성되는데 헤드는 표준화 되어 있고 정보 핀드의 길이는 가변이나 헤드 및 정보핀드를 포함해서 최대 128Byte 까지 지원된다.

이동체에 부착되는 Tag는 내장된 베터리로 부터 전원을 공급받기 때문에 효율적인 소비전력관리가 매우 중요하다. Tag에서 발생하는 대부분의 소비 전력은 Tag에 내장된 마이크로 프로세서가 대부분분을 소비한다. 따라서 본 시스템의 Tag에 사용한 마이크로 프로세서는 Low power idle 및 Power down modes를 지원하는 ATMEL사의 8051계열 CPU인 AT89C205를 사용하였다. Tag의 소비 전력을 줄이기 위하여 평상시에는 power down mode로 동작하다가 Decoder에서 발생되는 120KHz의 주파수가 Tag의 안테나에 유도되었을 때만 이 신호를 Tag의 wake-up signal로 사용하여 Tag가 작동하도록 하였다. 그림 8은 Decoder와 Tag사이의 정보 전달 체계를 나타내는 순서도 및 전달 정보 태이터의 양식을 나타내고 있다.

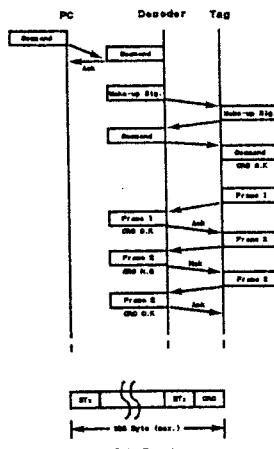


그림 8. Decoder 와 Tag 사이의 정보전달 순서도

4. 시험 및 검토

개발된 시스템의 성능을 시험하기 위하여 전송시험을 하였다. 그 결과 80cm까지는 양호한 측정치를 얻을 수 있었다. 앞으로 계속하여 전송 거리를 2m 이상 확대하기 위하여 Decoder의 안테나 및 수신신호 처리에 대한 문제 등을 현장 시험을 통하여 계속적인 수정 보완을 할 예정이다.

5. 결 론

본 연구에서는 자주파수의 전자유도 관계를 이용한 자동 인식 시스템의 설계 및 시작품의 제작을 하였다. 전체적인 구성은 Controller, Decoder 및 Tag로 구성하였다. Controller는 PC로서 전체적인 제어 및 DB를 담당하며 Decoder는 Tag로부터의 ID 수신, 신호처리 및 복조를 담당한다. Tag는 소형, 경량화 및 이동체로서 저소비전력을 위하여 마이크로 프로세서를 제외한 소자는 대부분 수동 소자로 하였다. Decoder의 송신 주파수는 120kHz, Tag의 송신 주파수는 60kHz, 변조방식은 ASK이며 전송 속도는 4800bps 이상으로 하였다. 기본적인 전송시험 결과 양호한 전송 특성을 얻을 수 있었으나 전송거리의 확대가 중요한 문제로 대두되었으며 앞으로 이 문제 해결을 위한 현장시험을 통한 계속적인 수정 보완을 할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Advanced Micro Devices "Eight - Bit 80C51 Embedded Processors," 1990, Data Book
- [2] ATMEL "8-Bit Microcontroller with 2Kbytes Flash AT89C2051", 1995, Data Book
- [3] William J. Robinson, "Wireless Power Transmission in a Space Environment," Journal of Microwave Power, 5(4), pp. 232 - 243, 1970.
- [4] R.J. Klensch, J. Rosen, and H. Staras "A Microwave Automatic Vehicle Identification System," RCA Review, Vol. 34, pp. 566 - 579, Dec., 1973.
- [5] Boni Angelo, Massimo Montecchi "Improving the Reading Distance of Omnidirectional Transponder-Based Systems," MED S.p.A. R & D lab. v. TITO, 11, pp. 285 - 293.