

# 2.45GHz 마이크로파 무선데이터 인식 시스템 개발

정희원 윤 동 기\*, 박 양 하\*\*, 김 관 호\*\*, 이 영 철\*

## Development of 2.45GHz Microwave Identification System

Dong-Gi Youn\*, Yang-Ha Park\*\*, Kwan-Ho Kim\*\*, Young-Chul Rhee\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 2.45GHz 비접촉식 마이크로파 무선인식시스템을 개발하고 특성을 분석하였다. 응답기와 질문기 사이에 9,600bps 전송속도로 데이터 인식을 위하여 통신절차와 에러검출 보정방식 및 송·수신회로 범용소자를 이용하여 설계·제작 하였고, 송·수신안테나와 응답기 전원제어를 위한 제어 프로토콜을 추가하여 시스템의 신뢰성을 향상시켰다. 실험결과, 응답기는 3.6V의 전원 공급시 15 $\mu$ A의 저전류 소모를 보였으며 최대, 80km/h의 이동속도에 대한 데이터 전송 성공률은 최대 인식거리 10m에서 90%이상의 결과를 얻었다.

### ABSTRACT

In this paper, we have developed and analyzed the 2.45GHz microwave RFID system. Which is composed tag and interrogator using custom IC, and we have made the software driving the hardware for the bidirectional data transmission method. Using 3.6V power supply was used, the optimal identification range in the information transmission of the designed microwave RFID system operating at 9,600bps was 10m. In the control circuit of the tag, the low current consumption of 15 $\mu$ A and the tag data transmission rate of 90% when the moving velocity was 80km/h.

### I. 서론

고도정보화 사회를 지원하는 정보통신 시스템은 디지털 정보의 다양한 처리방법의 개발로 인해 혁신적으로 발전되고 있으며, 특히 무선통신 방식은 이러한 디지털 기술들이 적용됨으로서 시간과 공간에 관계없이 물체와 정보 시스템을 연결시키는데 큰 기여를 하고 있다. 이러한 방식중에는 이미 바코드와 같은 방식이 있으나 공간적인 한계성이 있으므로 전자파를 이용한 대상체의 정보를 효율적으로 일체화시킬 수 있는 정보시스템 기술이 무선인식(Radio Frequency Identification : RF-ID)시스템이다<sup>[1]</sup>.

무선인식시스템 기술은 인식대상 물체의 정보화에 따라 데이터 처리방식, 크기, 인식범위 등에 따

라 다양하게 개발되고 있으며 정보와 제어의 분산화 기술추세에 따라 시대의 흐름에 적합한 기술로서 새로운 분야에서 응용분야가 확대되고 있으며 무선인식시스템의 시장성과 사용환경의 개선을 위해 국제전기통신 조약에 부속된 무선통신규칙에 따라 사용주파수, 변조방식, 데이터 포맷 등에 대한 표준화 등 제도적 뒷받침이 활성화되고 있다<sup>[2]</sup>. 이러한 무선인식시스템의 응용범위는 전송매체인 사용주파수의 특성에 따라 결정된다. 저주파의 경우, 비교적 근거리 인식범위와 저속의 정보전달 특성을 갖게되고, 고주파의 경우, 넓은 인식 범위와 정보전달 속도가 빠른 특징을 갖게 된다. 따라서 저주파인 경우 근거리용의 장애물 등 나쁜 환경을 대상으로 정보화 하는 데 주로 사용되고, 고주파인 경우 고속 이동체를 대상으로 하는 교통산업 등에 적합한 방식으로 분류된다<sup>[3]</sup>. 이와 같은 무선인식시스템의 다양

\* 아주대학교 컴퓨터공학과(chlee@seri.re.kr),

\*\* 대전보건대학 경영정보과,

\*\*\* 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학부(khchoi,khchung,sparky@madang.ajou.ac.kr)

논문번호: 98470-1027, 접수일자: 1998년 10월 27일

한 적용 가능성에 따라 공장자동화(FA), 교통정보, 물류 및 보안시스템 등에 적용시키기 위해 본 논문에서는 마이크로파 무선인식시스템을 개발·분석하고자 한다. 본 논문에서 사용된 마이크로파 주파수는 ISM 대역인 2.45GHz를 채택하였으며, 사용 주파수에 맞는 마이크로파 소자 및 안테나 설계는 HMIC(Hybrid Microwave Integrated Circuits) 기법을 적용하였다. 또한 무선인식 시스템의 통신을 원활하게 수행하기 위한 통신 프로토콜을 개발·분석하고자 한다.

## II. 무선 데이터 인식의 동작과 시스템구성

그림 1의 마이크로파 무선인식시스템은 기존의 저주파 무선인식시스템 방법과 비교하면 마이크로파의 직진성을 통해 비교적 원거리 인식 범위를 갖게 되고 주파수 대역을 충분히 확보할 수 있어 데이터 전송이 빠른 시간내에서 이루어질 수 있기 때문에 고속 이동물체의 인식에 유리하다. 또한 마이크로파 반송파 에너지를 이용하여 응답기의 반송파신호로서 작용시킬 수 있는 RF-ID시스템 구성이 가능하기 때문에 무선데이터 인식시스템을 구성하기 위하여 본 논문에서는 ISM(Industrial, Scientific and Medical) 대역의 2.45GHz의 마이크로파 주파수를 통신매체로 선정하였다.

본 논문에 적용된 마이크로파 무선인식시스템은 질문기(Interrogator)와 응답기(Tag)로 구분하였고, 질문기는 다시 각각의 송신 모듈과 수신 모듈로 구성하였다. 질문기는 고정식 장치로 만들 수 있기 때문에 장치의 크기와 무게 등에 제약을 덜 받지만 응답기는 이동 또는 휴대가 가능하도록 해야 하므로 크기와 무게 등에 많은 제약을 가진다.

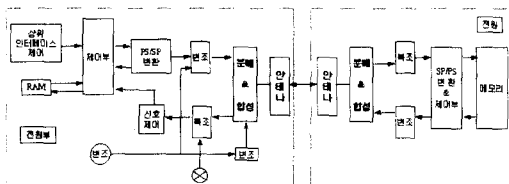


그림 1. 마이크로파 무선인식시스템의 구성도

따라서 이러한 영향을 고려하여 응답기는 소형·경량의 특성을 갖도록 송·수신 시스템의 개발이 필요하며, 특히 응답기에서 소비되는 전력의 양을

최소로 하기 위한 설계 방법을 고려하였다. 그림 2에 설계사양을 고려한 마이크로파 무선인식시스템의 질문기 구성도를 나타내었다. 질문기는 마이크로파 송수신부, 안테나, 논리부 및 전원장치로 설계하였으며, 마이크로파 송신부는 2.45GHz의 반송파를 발생시키는 고안정 발진기로 동작시키고자 위상동기발진기(PLO : Phased Locked Oscillator)를 적용하였다. 일반적으로 마이크로파 방식의 무선인식 시스템의 회로에서 무선인식 과정은 다음과 같은 네가지의 동작으로 구성된다.

첫째 응답기의 응답 ID 인식이다. 응답기의 고유 ID정보 기록은 질문기에 연결되어 있는 PC에 의하여 질문기의 제어장치에 응답기에 기록할 정보를 전송시키며, 이 제어기에 의하여 응답기에 전송하려는 직렬데이터를 반송파주파수로 ASK변조시켜 질문기의 송신안테나를 통하여 응답기에 인가한다. 응답기의 안테나에 인가된 ASK변조신호는 포락선 검파 되고, 복조와 파형 정형회로를 거쳐 디지털화 된 신호를 SP(Serial/Parallel)변환부를 통하여 병렬 데이터신호로 변환하고, 응답기의 주제어부에서 기록 명령 및 기록정보가 식별되어 데이터 메모리에 정보가 입력된다. ASK는 PCM의 2진 부호를 하나의 반송파에 태우고 반송파의 진폭을 두 가지의 레벨로 변화시키는데, 이러한 변조과정은 단극 부호를 반송파와 곱하여 만들어진다. ASK 변조 파형은 반송파  $A_c \cos(2\pi f_c t)$ 를 2진 비트 신호  $S_i(t)$ 로 진폭변조시키는 경우

$$s(t) = \frac{A}{2} [1 + m s_i(t)] \cos(2\pi f_c t) \quad (1)$$

로 되며,  $m$ 은 변조지수이다. 여기서  $S_i(t)$ 는 +1또는 -1이며 양극 데이터로 생각한다. 변조지수  $m=0$ 이면 반송파만이 전송되고 만일  $m=1$ 로 하면 진폭 A의 정현파적 버스트가 보내진다. 식 (2)는 ASK 신호에 대해 보다 작은 SNR(신호 대 잡음비)에서 애러확률의 기준값을 정하기 위한 것으로 다음과 같이 주어진다.

$$V(t) = A \cos \omega_0 t + n_c(t) \cos \omega_0 t - n_s(t) \sin \omega_0 t \quad (2)$$

식 (2)에서 A는 신호의 진폭이고,  $n_c(t)$ 와  $n_s(t)$ 는 cosine과 sine의 잡음성분 진폭이다. 식 (2)는 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$V(t) = E \cos [w_o t + \phi(t)] \quad (3)$$

$$E = [(A + n_c)^2 + n_s^2]^{1/2} \quad (4)$$

$$\varphi(t) = \tan^{-1} \frac{n_s(t)}{A + n_c(t)} \quad (5)$$

수신기에 입력된 신호의 잡음전력은

$$\sigma^2 = \frac{n_c^2}{2} + \frac{n_s^2}{2} \quad (6)$$

잡음신호 크기에 대한 확률밀도 함수는

$$p_s(E) = \frac{E}{\sigma^2} I_0\left(\frac{AE}{\sigma^2}\right) \exp\left[-\frac{E^2 + A^2}{2\sigma^2}\right] \quad (7)$$

만일 잡음만 존재한다면 (A=0)라면,

$$p_n(E) = \frac{E}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{E^2}{2\sigma^2}\right] \quad (8)$$

이에 따른 분포함수는

$$Q_s(e) = \exp\left[-\frac{A^2 + E^2}{2\sigma^2}\right] \sum_{m=1}^{\infty} \left(\frac{E}{A}\right)^m I_m\left(\frac{EA}{\sigma^2}\right) \quad (9)$$

$$Q_n(E) = 1 - \exp\left[-\frac{E^2}{2\sigma^2}\right] \quad (10)$$

여기서  $I_m$ 은 m차의 변형된 Bessel 함수이다. 이 수식을 이용하면 에러확률은

$$P(1/0) = \exp\left[-\frac{k^2 A^2}{2\sigma^2}\right] = e^{-k^2 R} \quad (11)$$

$$P(0/1) = \frac{e^{-(1-k)^2 R}}{2(1-k)} \sqrt{\frac{k}{\pi R}} \left[1 - \frac{3+6k-k^2}{16k(1-k)^{2R}}\right] \quad (12)$$

과 같다. 수식에서 P(1/0)와 P(0/1)은 0과 1의 신호가 전송되었을 때 에러 확률을 나타낸 것이다<sup>[4]</sup>. 정보의 판독은 응답기가 R/W 단으로부터 전송된 명령을 검출하고 지정된 메모리영역의 정보를 읽어내는 방식으로 이루어진다<sup>[5]</sup>.

둘째, 질문신호의 전송이다. 질문신호를 전송하기 위하여 질문기의 송신부에서 PLO의 발진신호는 논리부에 의해 제어되며, 평소엔 CW(Continuous Wave)를 발생하다가 응답기가 감지범위에 들어오면 응답기와 통신을 위한 신호가 논리부의 제어에 따라 질문신호의 송신에 이루어진다. 질문신호는 ASK 변조하였고 변조된 신호는 약 700mW의 출력을 나타내도록 최종단에 전력증폭기를 구성하였다. 이 증폭된 신호는 전력 분배기를 거쳐 2×2로 배열된 방

사형 패치 마이크로스트립 송신안테나를 통하여 전파를 방사하게된다<sup>[6]</sup>.

셋째, 응답신호의 전송과정이다. 질문기의 질문신호를 수신한 응답기의 경우 그림 3과 같은 구조로 구성되며, 응답기는 한개의 안테나로 송수신이 가능하도록 이루어진다. 질문기로부터 전달된 2.45GHz의 CW신호는 응답기를 구동시키는 wake-up신호와 다시 질문기로 응답신호를 전송시키기 위한 반사파신호로 이용된다. 질문기로부터 수신된 질문신호는 검파기를 통과하여 복조가 이루어지며 이 신호는 응답기의 마이크로프로세서에 입력되어 응답신호를 발생한다. 응답기의 ID신호는 질문기의 CW신호와 변조되어 질문기로 재송신(반사)함으로써 질문기에 응답하게 된다. 응답기에 적용되는 송·수신 마이크로스트립 방사형 패치 안테나는 선형편파를 이용하였다<sup>[7]</sup>.

넷째, 응답신호의 수신과정이다. 응답기의 응답신호를 수신하는 질문기의 수신부는 2×2로 배열된 방사형 패치 마이크로스트립 수신안테나로부터 미약한 신호와 잡음이 혼재되어 수신되므로 잡음을 제거하기 위한 BPF를 설계·제작하였다. BPF를 통과한 신호는 저잡음증폭기(LNA)를 거쳐 신호 증폭을 하며, LNA를 통과한 신호는 검파기에 의해서 응답기의 ID신호의 검파가 이루어진다<sup>[8,9]</sup>. 검파된 응답기의 ID 신호는 OP-AMP를 통과하여 증폭이 이루어진 후에 논리부로 전송되어 응답기의 ID를 기록·저장하게 된다. 본 논문에서 고려한 마이크로파 무선인식시스템의 사양은 표 1과 같다.

표 1. 마이크로파 무선인식시스템의 사양.

항 목	내 용	비 고
반송 주파수	2.45GHz	
전송속도	9,600bps	확장가능
변조방식	ASK	
복조방식	포락선 검파	
전송거리	최대 10m	
전송방식	Backscatter방식	반사형 RFID
송신출력	최대 700mW	
응답기 전원	배터리 내장형	
질문기 송수신 안테나	Microstrip Patch/ Horn 안테나	2×2 array
응답기 송수신 안테나	Microstrip Patch 안테나	
편파방식	Linear Polarization	

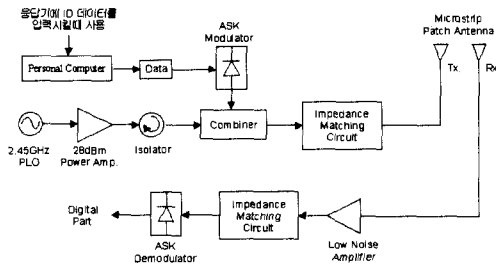


그림 2. 질문기의 구성도

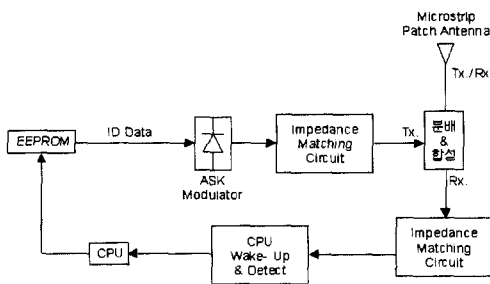


그림 3. 응답기의 구성도

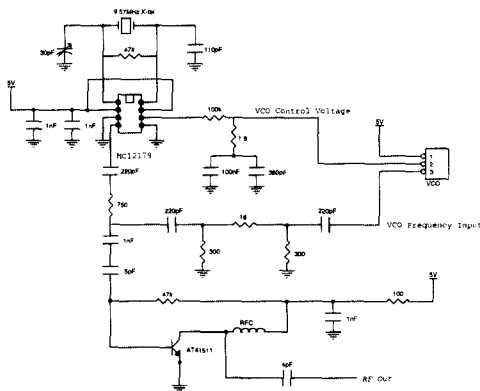


그림 4. 설계·제작된 PLO 회로도

### Ⅲ. 마이크로파 무선인식시스템의 설계 및 운영 프로토콜

#### 1. 무선인식시스템의 모듈설계

그림 2와 3에 나타난 2.45GHz의 마이크로파 무선 인식시스템을 구현하기 위하여 본 논문에서는 주요 마이크로파 모듈의 설계와 시스템 운영 프로토콜로 구분하여 설계하였다.

마이크로파 무선인식시스템의 2.45GHz의 반송파 신호는 고안정 특성을 나타내기 위하여 MC12179 Frequency Synthesizer 소자를 이용하여 그림 (4)와

같은 PLO를 제작하였다. PLO에는 MES-FET KH 1030소자를 이용하여 VCO를 설계하였고, 고안정 국부발진기에 적용되는 루프필터는 MC12179 PLL 내부에서 charge pumping작용에 의하여 OP-AMP에 의한 능동필터와 LC수동필터를 이용할 수 있게 되어 있으므로 수동 루프필터로 설계하였다. 실제 제작된 고안정 국부발진기의 주파수 안정도는  $\pm 25$  kHz이내에 있음을 확인할 수 있었으며, 위상잡음 특성도 offset 주파수가 100kHz에서  $-104.83\text{dBc/Hz}$ 을 나타내었다.

국부발진기의 신호와 데이터를 상향 변환시키는 ASK 변조기는 변조신호인 펄스 신호를 따라 반송파 신호를 변조시키고자 PIN 다이오드를 이용한 반사형 ASK 변조기를 설계하였다<sup>[10]</sup>. 본 논문에서 반사형 ASK 변조기의 설계는 유전율이 4.4이고 두께가 1.6mm인 FR-4 기판을 이용하였으며, 변조기에 사용된 PIN 다이오드는 3GHz의 범위까지 스위칭 기능을 가지는 HSMP-4890을 사용하였다. 변조회로의 설계시 다이오드 등가회로의 파라미터 값을 마이크로파 프로그램을 이용하여 구하였으며, 다이오드 등가회로 분석에 의해 임피던스 정합회로 등 주변회로를 설계한 후 그림 5와 같이 제작되었다.

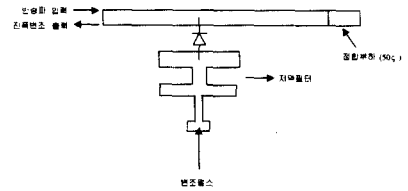


그림 5. 반사형 ASK 변조기의 구성

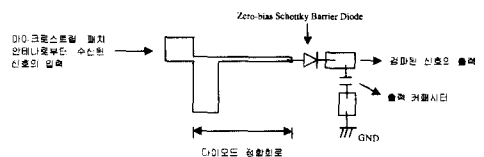


그림 6. 검파기의 구조

본 논문에서는 Zero-Bias 쇼트키 다이오드(HS MS -2850)를 사용하여 검파기 회로를 설계·제작하였다. Zero Bias를 사용한 다이오드는 부가적인 바이어스 회로가 필요 없으므로 회로의 전체 크기가 작고 바이어스에 따른 부가적인 문제점이 발생되지 않지만 다이오드가 온도의 변화에 민감한 특

성을 가지고 있으므로 온도의 변화에 따른 다이오드의 특성변화와 출력전력에 주의할 기술여야 한다. 검파기 설계는 회로설계 프로그램을 이용하여 등가 회로를 분석하였으며, 입·출력단 임피던스 정합회로를 구성하였다. 설계된 검파기는 HMIC(Hybrid Microw- ave Integrated Circuit)기법을 사용하여 그림 6과 같이 제작하였다.

그림 7은 본 논문에서 설계·제작한 마이크로파 무선인식시스템의 송수신 통신모듈을 보여주고 있으며, 그림 8은 2x2 배열 마이크로스트립 방사형 패치 안테나를 보여주고 있다. 질문기의 구성은 앞 절에서 언급된 2.45GHz의 마이크로파 송수신 모듈, 송·수신 안테나, 전원장치 및 논리부로 구성하였다. 질문기 안테나는 직사각형 패치 안테나를 2개씩 구성하였으며, 또한 송수신 범위의 확장을 위하여 혼 안테나를 적용하여 시험을 하였다.

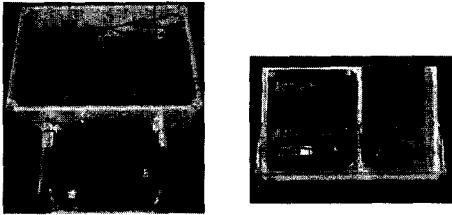


그림 7. 설계된 마이크로파 무선인식시스템  
(a) 질문기 (b) 응답기

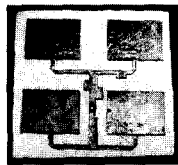


그림 8. 설계된 질문기의 송·수신안테나

2. 통신프로토콜의 설계

질문기의 Firmware를 구축하기 위하여 32KB의 ROM과 RAM을 가지는 DS80C320 마이크로프로세서와 MC146818을 사용하여 질문기의 동작시간을 real-time clock 처리하도록 하였다. 질문기와 응답기사이의 통신채널은 DSC80C320에 내장된 시리얼 통신모드 1채널을 사용하여 비동기방식으로 통신을 수행하도록 하였다. 질문기에서 사용하는 비동기 파일전송은 패킷(Packet)으로 이루어지며, 이 패킷은 파일 데이터를 갖는 하나의 필드와 패킷내의 에러유무를 확인하기 위해 필요한 정보를 가지고 있는

여러개의 제어필드로 구성된다.

질문기의 Firmware시스템에서 패킷 구성은 패킷 시작필드(STX), TSW 바이트, 데이터필드, CHECK SUM의 검사 값으로 구성되며, 패킷규약은 ARQ (Automatic Repeat Request)이다. 이 규약에서는 수신된 패킷 내에서 check sum 검사값과 패킷의 데이터 부분상의 check sum 검사값을 비교하여 일치할 때 수신기는 ACK신호를 송신함으로써 패킷을 접수하고 그렇지 않을 경우 수신기는 NAK을 전송하여 디코더는 자동적으로 해당 패킷의 재전송을 요구하게 된다. 한편 응답기에 사용한 마이크로프로세서는 low power idle 및 power down mode를 지원하는 AT89C2051을 사용하였다. 응답기의 소비전력을 줄이기 위하여 평상시에는 power down mode로 동작하다가 질문기에서 발생하는 반송파가 응답기의 안테나에 유기 되었을 때 이 신호를 응답기의 wake-up 신호로 사용하여 응답기가 작동되어 질문기와 양방향 비동기 통신을 응답기에 내장된 마이크로프로세서의 RS- 232C 포트를 사용하여 9,600 bps 전송속도로 통신을 행한다. 그림 9에 응답기의 데이터 전송 및 수신에 한 흐름도를 나타내었다.

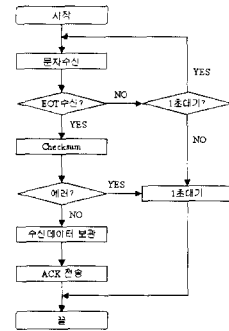


그림 9-a. 응답기의 데이터 전송흐름도

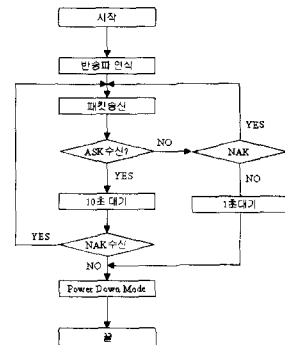


그림 9-b. 응답기의 데이터 수신 흐름도

### 3. 질문기의 데이터 송신과정

질문기에서 데이터를 응답기에 전송할 때 응답기가 질문기 신호를 인식하기 위하여 질문기에서 2.45 GHz의 반송파를 송신한다. 이때 응답기는 이 반송파 신호를 인식함으로써 질문기의 수신 영역내에 있게 되므로 power down mode에 있던 응답기는 활성화 되어 최초의 ID를 송신하게 된다. 반송파를 인식한 응답기는 파일 데이터의 블록을 패킷화 하여 송신하고, 송신 후 ACK(Acknowledge)신호가 질문기로부터 접수되면 송신한 패킷이 에러 없이 수신되었음을 해석하게 된다. 만약 NAK(Negative Acknowledge)신호를 수신하게 되면 응답기는 패킷의 재전송을 시작하며 정해진 시간내에 질문기로부터 아무런 응답이 없으면 응답기는 전송을 무조건 종결하게 된다.

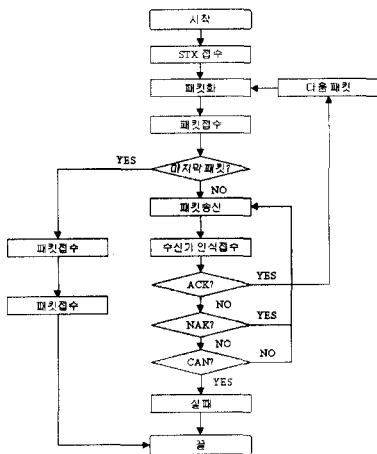


그림 10-a. 질문기의 데이터 전송 프로그램 흐름도

응답기에서 ACK 신호를 접수하여 신호전송이 정상적으로 종결되면 응답기는 EOT(End of Text)신호를 전송하여 질문기에 더 이상의 데이터 파일이 없음을 알리게 되고 질문기는 응답기의 EOT를 ACK로 접수하게 되며, 그 이후에는 응답기는 power down mode상태로 전환된다. 만약 질문기로부터 CAN(Cancel)신호가 전송되거나 아무런 신호의 전송 없이 비정상적으로 종결하게 되면 응답기는 EOT신호를 송신하지 않는다. 그림 10은 질문기의 데이터 전송을 위한 프로그램 흐름도를 보여주고 있다.

### 4. 질문기의 응답기데이터수신

질문기에서는 응답기로부터 데이터 패킷을 수신하는 것은 물론 서비스 필드에 포함된 정보를 바탕으로 수신된 패킷이 기대한 패킷과 일치하는지 에러 없이 수신되었는지 확인해야 한다. 이러한 과정은 (1)질문기에서는 2.45GHz 반송파를 계속적으로 송신함과 동시에 응답기로부터 재발신되어 돌아오는 신호를 수신하고자 질문기는 수신대기 상태에 있으며 응답기의 고유ID를 수신한다. (2)응답기로부터 ID가 수신되면 질문기는 수신모드(루프)에 들어가고 응답기의 패킷으로부터 STX는 패킷의 도착을 의미하며 이후 수신 패킷에 대하여 첫째, 패킷이 STX로 시작되어 바르게 인식되고 EOT 비트가 있으면 전송의 종료 평가한다. 둘째, 패킷내의 데이터 필드의 CRC(Cyclic Redundancy Check)검사를 수행한 결과와 수신된 패킷의 check sum 검사값을 비교하여 일치하면 수신기는 ACK를 송신하고 불일치하면 NAK를 송신하는 평가를 수행한다. (3)질문기의 전송이 정상적으로 끝나면 응답기는 질문기의 패킷 전송완료 신호인 ACK를 송신함으로써 질문기에서는 수신을 종료하게 된다.

질문기에서는 응답기 데이터 수신을 위하여 항상 대기 상태에 있기 때문에 일정시간 동안 수신데이터를 기다리다 정해진 시간내에 기대한 데이터를 수신하지 못할 경우 전송을 요구하는 NAK 신호를 발생시키는 Time-out 알고리즘의 규약을 가지고 있으며 응답기가 질문기의 수신영역에 장시간 머물렀을 경우 질문기는 동일한 데이터를 연속적으로 수신하기 때문에 응답기는 질문기로부터 전송완료신호인 ACK를 수신한 후 약 10초간의 Time-out을 가진 후 전송을 개시하도록 알고리즘을 설정하였다.

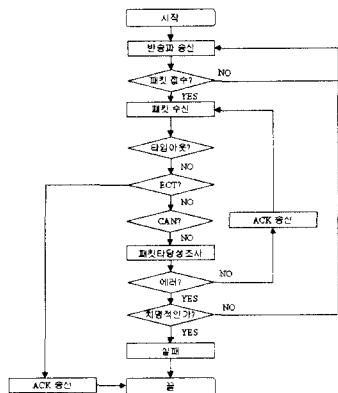


그림 10-b. 질문기의 데이터수신을 위한 흐름도

#### IV. 마이크로파 무선인식 실험 및 분석

본 논문에서 설계·제작한 무선인식시스템의 프로토콜은 다음과 같은 절차에 의하여 수행된다. 첫째, 질문기의 송신부는 항상 2.45GHz 주파수를 발생시키며 둘째, 응답기는 매우 적은 전력을 소비하는 응답대기상태에 있으며 셋째, 응답기에서는 질문기로부터 2.45GHz의 신호를 인식했을 때 응답기는 구동상태로 전환되며 넷째, 응답기는 2.45GHz 반송파 주파수에 의하여 반사파와 고유 ID에 의한 ASK 변조하여 신호를 질문기에 송신한다. 다섯째, 반송파 주파수가 2.45GHz의 신호범위를 벗어났을 때 응답기는 ID신호의 송신을 멈추고 다시 응답 대기상태에 돌입한다.

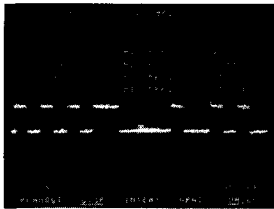


그림 11. 응답기의 고유 ID신호

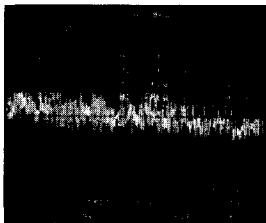


그림 12. 질문기에 검파된 잡음이 포함된 신호

데이터의 전송시에는 데이터의 손실을 방지하기 위하여 송·수신 데이터의 시작 부분에는 STX가 삽입되고 데이터의 마지막 부분에 EOT가 이루어지도록 구성하여 다음과 같이 실험하였다. 응답기에서는 인식범위에 들어온 질문기의 송신신호를 감지하며 감지된 신호는 응답기의 마이크로프로세서의 인지신호를 동작시킨다. 그림 11은 본 연구에서 개발한 프로그램에 의하여 발생된 응답기의 ID신호를 나타내었다. 이때 응답기의 마이크로프로세서에 의한 응답기의 고유 ID신호는 질문기의 반사파 신호와 함께 ASK 변조되어 다시 질문기로 전송되며 질

문기의 수신단은 응답기로부터의 고유 ID신호를 추출하기 위하여 수신신호를 저잡음 증폭하고 대역통과필터 통과 등의 신호처리과정을 거쳐 그림 12와 같은 잡음성분을 제거하고 그림 13과 같이 검파회로에 의하여 복원된 고유 ID는 그림 14와 같다. 검파된 ID신호에 대하여 복조된 신호는 만족할만한 특성을 나타내었고, 응답기의 고유 ID신호와 질문기에서 최종 복원된 ID 신호를 비교하여 응답기의 송신 ID 데이터와 질문기에서 최종 복조된 신호에 의하여 응답기의 고유 ID신호가 인식됨을 알 수 있었다.

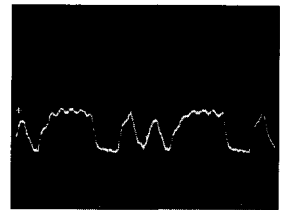


그림 13. 검파된 응답신호형태



그림 14. 응답기 송·수신 ID의 비교

본 논문에서 개발한 통신프로그램에 의한 데이터 처리 프로그램의 결과를 그림 15와 같이 마이크로파 무선인식시스템의 모니터 화면에 나타내었다. 이때 무선인식시스템의 성능을 시험하기 위하여 응답기의 전원은 3.6V, 전송속도는 9,600bps로 하였다. 질문기의 송수신 안테나를 마이크로스트립 패치 안테나를 사용하였을 때 질문기와 응답기사이의 전송거리는 최대 5m 정도였으며 평균 90%이상의 데이터 인식률을 달성하였다. 질문기의 송수신 안테나를 거리의 확장을 위하여 20dBi의 안테나 이득을 갖는 혼 안테나로 교체하여 시험하였을 때 최대 인식거리가 10m로 나타났으며 인식거리가 10m 이상으로 멀어질수록 잡음과 주변환경의 영향으로 전송에 어려가 발생함을 알 수가 있었다. 전체적으로 본 논문에서 개발한 마이크로파 무선인식시스템은 응답기의 제어회로에서는 15 $\mu$ A의 저전류 소모특성을 보였으

며 인지대상의 이동체가 속도(80km/h)에 따른 응답기의 데이터 전송률은 90%이상의 결과를 얻을 수 있었다.

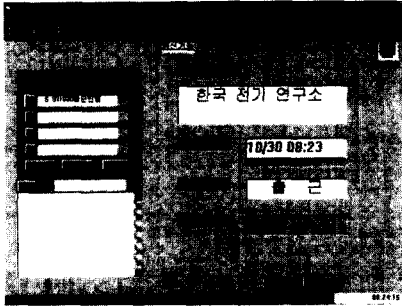


그림 15. 마이크로파 무선인식시스템의 모니터화면

### V. 결론

최근 많은 양의 정보를 다루는 정보인식 작업에 대한 여러 가지 방법들이 제시되는 가운데 본 논문에서는 비접촉식 2.45GHz 마이크로파 무선정보인식 시스템 개발에 대하여 언급하였다. 마이크로파 무선인식시스템의 기본적인 규격을 정하기 위해 현재 국외에서 상품화되고 있는 제품들의 규격을 조사 분석하여 저가격의 시스템을 구성할 수 있도록 소자의 수나 통신방식의 간편성을 추구하였으며, 기능 향상이나 표준화에 대응할 수 있는 무선인식시스템 개발을 목표로 설계하였다. 본 논문의 마이크로파 무선인식 송수신시스템의 반송파주파수는 ISM 대역인 2.45GHz를 선정하였으며 인식거리의 확장을 위해 응답기의 능동형(Active) 방식을 채택하였다. 응답기의 반송주파수는 질문기로부터의 반사파를 이용한 ASK 통신방식을 구현하였고, 이에 따른 응답기와 질문기 사이의 통신 알고리즘을 개발하여 전용 통신프로그램을 설계하였다. 마이크로파 무선인식의 통신제어 프로토콜의 설계에 따라 Firmware 형태를 모듈별로 설계·제작하여 응용에 따른 질문기 및 응답기의 기능을 발휘하도록 하였다. 통신프로토콜은 통신절차와 여러검출 보정방식 및 송·수신 회로는 고유의 방식으로 설계·제작되었고, 송수신 안테나와 응답기의 수명을 위한 비동작 전원 제어 하드웨어 및 소프트웨어 제어기능이 추가됨으로서 신뢰성을 향상시켰다. 무선인식시스템 성능을 좌우하는 송·수신거리는 패치 안테나와 혼 안테나를 사용하였으며 80km/h의 이동속도를 갖는 이동체에 대

한 최대인식거리는 10m(패치안테나는 5m)였고, 이때 9,600bps 전송속도로 반복측정을 통한 데이터 인식률은 90%이상이었다.

시스템의 이동속도(80km/s)에 따른 데이터 전송률도 시스템 설계를 만족하였으나 주변환경이나 설치주변의 장애물 등의 영향을 고려할 때 이동체의 이동속도의 제한 및 교신거리의 제한이 있으리라 예상되어 혼이나 파라볼라 안테나 등을 이용한 확장성도 고려해야 한다. 기존에 제작되어 사용중인 마이크로파 무선인식시스템의 인식 거리는 3-5m 이내로 한정적이며 저속에서 데이터 인식률은 약 97%에 이르고 있다. 본 논문에서 개발된 마이크로파 무선인식시스템은 수신안테나의 크기에 따라 최대 10m의 인식 거리와 순수 차체 기술에 의한 개발로 시스템의 변경 및 확장이 용이하며 지속적인 연구·개발로 데이터 인식률 및 인식 거리를 증가시킬 수 있다. 향후 연구 개발 방향은 시스템 설치환경에 따른 통신 성능을 제고시키기 위해 잡음환경에 우수한 확산대역 통신방식 또는 이중변조방식의 채택이나 교신거리의 증대를 위한 송신 출력의 증대 등이 요구되었으며, 또한 제작공정 및 소비전력의 저감화를 위해 응답기의 ASIC화된 칩 제작이 요구된다.

### 참고 문헌

- [1] Raymond W. Waugh, "Designing Detectors for RF/ID Tags", Hewlett-Packard Company Communications Components Division, 1995
- [2] Daniel D. Mawhinney, "Microwave Tag Identification Systems", *RCA Review*, Vol. 44, December 1983
- [3] Sugawara et al., "Radio Frequency Identification System", United States Patent, Patent Number 4,92 6,187, May 1990
- [4] I. Frigyes, Szabo and Vanyai, "Digital Microwave Transmission", Elsevier Scientific Publishing Co., 1989
- [5] Ogata et al., "Signal Transmission System and Method", United States Patent, Patent Number 4,9 83,976, Jan. 1991
- [6] Dr. I. J. Bahl, "Build Microstrip Antennas with Paper-Thin Dimensions", *Microwaves*,



Oct., 1995

- [7] J. R. James and P. S. Hall, "*Hand Book of Microstrip Antennas*", IEE Peter Peregrinus Ltd., 1989
- [8] D. V. Morgan and M. J. Howes, "*Microwave solid state devices and applications*", Peter Peregrinus Ltd., 1980
- [9] Harry A. Atwater, "Impedance Transformations for the Generalized Reflection Modulator", IEEE Transaction on Microwave Theory and Techeniques, Vol. MTT-29, No. 3, March 1981
- [10] 官内一洋 & 山本平一, "通信用 마이크로波 回路", 기전출판사, 1995

윤 동 기(Dong-Gi Youn)

정회원

1972년 11월 6일생

1997년: 경남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1997~현재: 경남대학교 대학원 전자공학과 박사과정, 한국전기연구소 정보통신연구팀 위촉연구원

<주관심 분야> RF & Microwave 회로 및 시스템 설계

박 양 하(Yang-Ha Park)

정회원

한국통신학회 논문지 '99-3, Vol.24, No.2B 참조

김 관 호(Kwan-Ho Kim)

정회원

한국통신학회 논문지 '99-3, Vol.24, No.2B 참조

이 영 철(Young-Chul Rhee)

정회원

한국통신학회 논문지 '99-3, Vol.24, No.2B 참조