

무선주파수를 이용한 철도 차량 인식에 관한 연구

A study on the Identification of Train Using Radio Frequency

강민수*
Kang, Min-Soo

이정석*
Lee, Jung-Suk

곽철성**
Kwaha, Chil-Seoung

이기서***
Lee Key-Seo

Abstract

This paper is designed for the identification system of the train using RFID(radio Frequency Identification) in the 134.2kHz. The reader of transmitter transmits an interrogation signal to the tag, then the tag of receiver retransmits the defined data to the reader after receiving the interrogation signal from it. The system is also applied to the reflection communication as a backscatter modulation and selected the passive power system which does not need an active electrical power device. It is useful that we can effectively manage and control the information of train such as materials loaded in the train. We make the reader of the identification system for the train, which can communicate with the tag installed under the train.

1. 서론

현재 무선통신을 이용한 이동체와 고정체간의 상호 통신으로 이동체의 데이터 정보 및 인식 식별등 다양한 형태의 통신을 이용하고 있으며, 이미 도로에서는 고속도로, 유료도로 등에서 대량교통의 효율적인 처리를 위하여 화물 수송의 극대화, 요금 수납의 간소화가 큰 과제가 되어 현재 시범적으로 실시하고 있다. 이러한 서비스가 필수가 되는 상황에서 정보를 전송 또는 교환하여 인식할 수 있는 기본기능을 이용하여 철도차량에서도 적용할 필요가 있다. 철도 물류관리에 있어서는 원활한 운송 측면에서 볼 때 물류비 절감형 인식 시스템을 물류관리 차원으로 전환 및 발전 방안을 모색하는 것이 시급한 과제라 하겠다. 따라서 근거리 인식에 적합한 무선인식(RF/ID:Radio Frequency Identification)시스템을 철도차량에 적용하였다.

본 논문에서는 무선주파수(Radio Frequency)를 이용하여 고정체인 리더(Reader)에서는 암호(Interrogation) 신호를 발생하여 이동체인 태그(Tag)로 전달하고, 그 태그에서는 암호신호에 의해 정의된 데이터를 리더로 송신함으로써 철도차량의 정보를 인식할 수 있게 설계하였다. 이 시스템은 철도차량에 부착될 태그와 교차지점에 리더 및 안테나를 설치하고, 능동(Active)방식 보다는 전원장치가 따로 필요치 않은 수동(Passive)방식을 채택하여 구현하였다.

2. 무선인식 시스템(Radio Frequency Identification System)

무선인식 시스템은 근거리 내에서 짧은 시간 안에 리더와 태그 상호간의 데이터를 정의된 주파수 대역 즉, 134KHz 대역 내에서 무선신호를 이용하여 데이터를 주고받는 일대 다수의 통신이 가능한 시스템이다. 또한 철도차량에 부착된 태그와 리더는 철도차량에 장착된 리더의 인식 데이터를 상위의 시스템으로 전송하여 차량정보관리를 할 수 있다. 그림 1의 무선인식시스템의 블록도는

* 광운대학교 제어계측공학과 박사과정, 정회원

** 재능대학 전자과 부교수, 비회원

*** 광운대학교 제어계측공학과 정교수, 정회원

철도 차량에 부착될 태그가 리더를 지나가면 리더의 안테나에서 발생하는 에너지와 암호신호를 134KHz 대역에서 포착하여 그에 맞는 데이터를 안테나를 통하여 주파수천이(FSK: Frequency Radio Keying) 변조 방식으로 리더에 인식 데이터를 전송하게 된다.

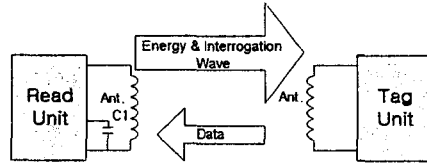


그림 1 무선인식 시스템의 블록도

2.1 리더(Reader)

리더는 태그의 유무에 관계없이 암호신호와 에너지를 항상 발생하여 태그가 적정범위에 들어왔을 경우 송신과 수신을 할 수 있게 구성되어야 한다.

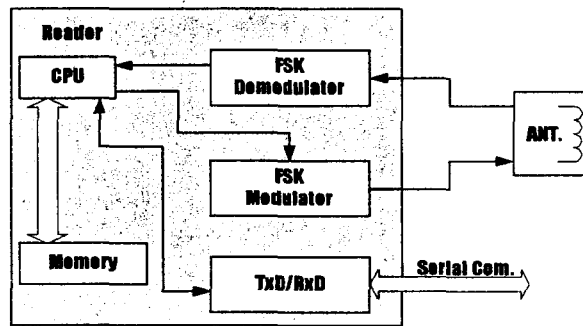


그림 2 리더의 내부 구성도

그림 2는 리더의 내부를 블록도로서, 리더의 내부 구성도에는 CPU (PIC16C621A-041/SO), 무선 아날로그 신호를 디지털신호로 변환하고 규정한 변조 방식으로 통신하기 위한 주파수 천이 변/복조기, 태그로부터 수신된 데이터를 저장하기 위한 메모리 그리고 시리얼 통신을 위한 부분으로 구성되어 있다. 리더는 안테나로부터 태그의 데이터가 수신되면 FSK 복조기에서 신호를 처리한 후 CPU로 보낸다. CPU에서는 메모리를 통하여 데이터를 저장하며, FSK 변조기를 통하여 여러 태그들이 가지고 있는 주파수를 인식 할 수 있다. 이렇게 수신된 인식 데이터들을 상위 시스템으로 데이터를 전송하기 위하여 MAX233 칩을 사용하여 시리얼 통신을 가능하게 했다.

2.1.1 주파수 천이 변조(Frequency Shifting Keying)

본 연구에서는 변조 방식을 주파수 천이 변조 방식을 채택하였다. 주파수 천이 변조(FSK: Frequency Shift Keying) 방식은 회로가 비교적 간단하며 진폭천이 변조(ASK: Amplitude Shift Keying) 방식 보다 BER(Bit Error Rate)특성이 좋아서 무선 데이터통신에 적합하다. 이는 반송파에서 순시 주파수가 PCM부호에 대응하여 2개 또는 그 이상의 값이 천이 된다. 이러한 주파수 천이 변조 방식은 기본적인 CMOS 오실레이터를 이용하여 스위치 형태로 간단히 설계할 수 있다. 메모리로부터 출력되는 부호가 "0"일 경우 스위치가 발진기 $\cos \omega_0 t$ 로 옮겨지고 PCM부호가 "1"일 경우 발진기 $\cos \omega_1 t$ 로 스위칭 된다. 그림 3에 주파수 천이 방식을 이용한 회로를 나타내었다. 그림 3에서 주파수 천이 방식을 이용하여 주파수가 "0"과 "1"로 스위칭 되어 그 값을 인식할 수 있게 설계되었다.

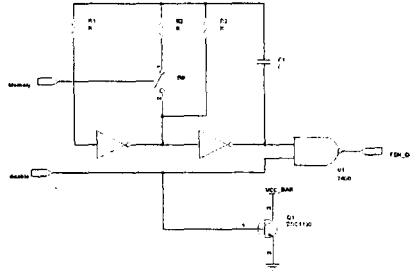


그림 3 주파수 천이 변조 회로

2.1.2 시리얼 통신

시리얼 통신은 양방향으로 송수신이 가능한데 본 연구에서는 단방향(Simplex)으로 리더에서 인식데이터를 상위 시스템으로 전송할 수 있게 구성하였다. 상위 시스템과 인식데이터를 전송하기 위해서는 RS-232 통신방식을 택했으며 칩은 MAX233을 사용하였다. MAX233은 RS-232 통신을 위하여 사용되었으며 기존의 시리얼 통신을 위한 여러 칩에 비해 캐패시터를 사용하지 않아 회로를 간소화할 수 있어 이를 사용하여 데이터를 전송한다.

2.2 태그(Tag)

태그는 통상 대기상태를 유지하고 있다. 리더로부터 암호 신호를 받은 경우 필요한 시간만 동작하는 것이 일반적이다. 이러한 형태의 태그가 수동(Passive)형태이며 대기시의 소비전력은 수 μA 정도만 소비하게 된다. 또한 동작시의 소비전력이 카드가 지니는 기능에 따라서 다르지만 태그 측에 통신기록의 일반적인 기억기능, 표시기능 등이 부가된 경우에는 수십 mA가 소비되는 경우도 있다. 따라서 소비전력이 적은 CMOS형의 LSI를 사용하여 바이어스어스전류의 억압(회로의 동작점)을 최적화함으로써 태그의 소비전력을 최소화 할 수 있다. 이와 같은 조건을 만족함으로써 저전력 소량 및 경량의 태그를 실현할 수 있을 것이다. 그림 4는 태그의 내부를 블록도로 나타내었다.

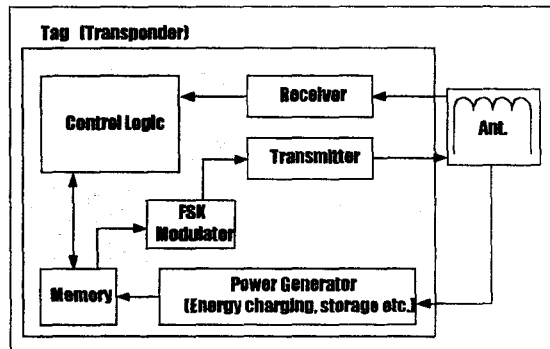


그림 4. 태그의 내부 블록도

그림 4에 나타낸 블록도는 RF신호를 리더로부터 발생되는 신호를 받아들일 수 있는 안테나와 신호처리를 할 수 있는 부분을 나타내었다. 안테나에서 에너지를 받으면 전원 발생기에서는 전원을 발생하여 저장하거나 소비하게 된다. 이때 수신기에서는 리더로부터 암호신호를 받아서 신호처리를 할 수 있게 하고, 제어 로직에서는 메모리에서 이미 정의된 데이터 수신기를 통하여 리더로 송신할 수 있게 하였다.

2.2.1 태그의 전원 발생부

전원 발생부는 전원을 발생하고 소비하는 역할을 하게 된다. 그림 5는 안테나의 L_1 에서 리더

부분으로부터 전원공급을 위한 전력 버스트(burst)파형을 전송 받고, 이때 C_1 과 C_2 에서는 전원을 발생시키게 된다. 이때 전원의 2배 이상을 충전하게 된다. 태그로 전송된 암호신호의 양을 수식으로 계산하면 식 1과 같다.

$$P_r = P_t G_t G_r \lambda^2 / (4\pi R)^2 \quad (1)$$

P_t :안테나 G_t 의 이득으로부터 전송된 power

G_r :수신안테나의 이득

P_r :수신된 power

λ :free space wavelength

R :안테나 사이의 거리

전력발생을 위한 파형은 약 15VAC정도 가 된다. 따라서 C_5 에 충전은 50ms 이후에 25V가 된다. 이렇게 발생된 교류 성분의 전력은 태그의 나머지 회로를 구동시키기 위해 직류 성분으로 정류하게 된다. 정류된 전력은 태그 전체를 구동시킬 수 있는 전원으로 사용된다.

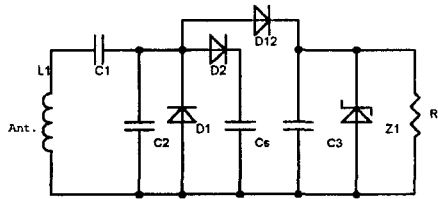


그림 5 전원 발생부

2.3 안테나

무선인식 시스템의 리더와 태그 사이에 원활한 무선통신을 위하여 안테나가 고려되어야 만 한다. 리더나 태그에 사용하는 적절한 안테나는 마이크로스트립(Microstrip) 안테나와 루프 안테나를 생각 할 수 있다. 마이크로 스트립 안테나는 패턴형태로 만들어지기 때문에 제작이 쉽고 평면 구조의 특징이 있어 어레이 안테나의 소자 또는 소형안테나로도 자주 사용된다. 이러한 특성 때문에 태그의 안테나는 마이크로 스트립 안테나를 적용하였다. 또한 루프 안테나는 전계가 아닌 자계에 감응하는 안테나로서 리더부분의 안테나에 적합하다. 루프 안테나는 무선수신기에서도 사용하고 있으며 사용하는 주파수에 따라서 응용할 수 있는 범위가 많다. 따라서 리더부분의 안테나는 루프 안테나를 적용하였다. 각각의 형태에 맞게 제작된 안테나는 태그의 경우 소형화가 가능하고, 인식 거리는 리더 측 안테나의 크기 및 안테나 증폭회로에 의해서 인식거리가 결정될 수 있다. 따라서 리더 측 안테나의 크기를 조절하여 인식거리를 조정하였다.

각각의 안테나를 이용하여 주파수 천이 변조 방식으로 리더에서는 인식데이터를 태그로부터 전송 받는다. 리더에서는 안테나로부터 발생된 주파수에서 태그와 최적의 무선 통신을 하기 위하여 다음과 같은 요구조건을 만족 해야한다.

- 인덕턴스 값 : 46~48uH
 - 안테나의 크기 : 100mm×100mm
 - 코일의 규격 : 0.2mm 에나멜 코일
- 로 규정하여 실험하였다.

3. 철도 차량 인식

본 연구에서는 무선주파수를 이용한 무선인식 시스템을 이용하여 철도 차량의 위치, 물류정보 등 차량의 데이터를 수신 받아 상위 시스템에서 보다 원활하고 정확하게 철도 차량을 관리한다. 그림 6은 철로 변의 리더와 철로 내에 안테나가 설치된 형태를 나타내었다. 이렇게 구성된 철도차량 인식 시스템에서 태그는 철도 차량의 아래 부분에 장착되어 철도 차량이 안테나를 지나 갈 경우 인식 할 수 있게 구성하였다. 리더는 가까운 거리에서 한 개 이상의 안테나를 연결할 수 있다.

리더에 연결된 안테나와 태그의 안테나로부터 인식데이터를 수신한 후 상위 시스템으로 인식 데이터를 전송할 수 있게 설계하였다.

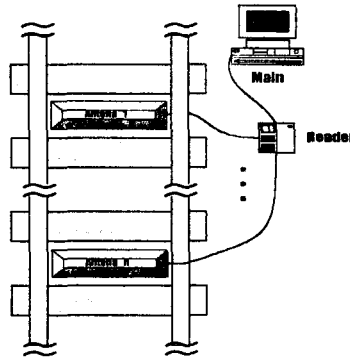


그림 6. 철로내부에 설치된 리더 및 통신연결

철도차량 인식을 위해서 인식 시스템을 설치장소에 따라 구분될 수 있다. 일반 역내에서는 본선이나 부분선등 진입선에 안테나를 설치하여 본선으로 철도 차량이 진입했는지 부분선으로 철도차량이 진입했는지를 리더로부터 철도 차량 진입 여부를 상위 시스템에서 파악할 수 있다. 또한 역 구내에 진입한 철도 차량이 역구내를 통과했는지 여부를 철도 역구내에서 상황을 파악할 수 있다.

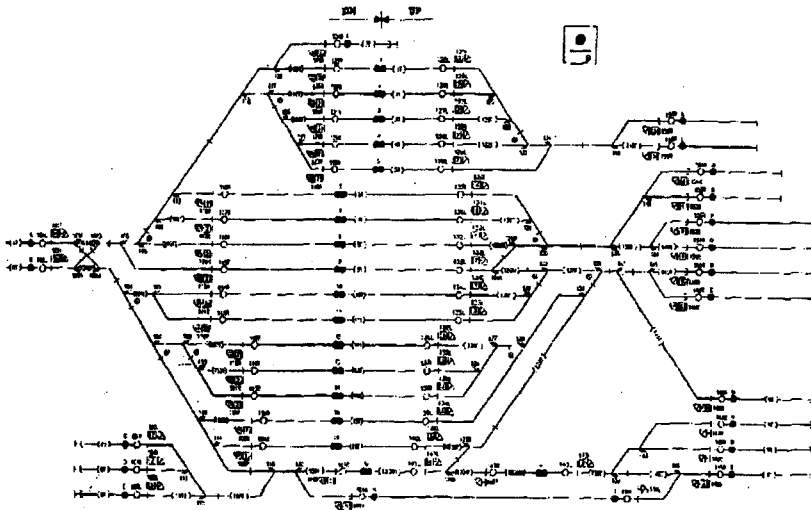


그림 7 철도역의 복잡한 선로도의 예

그림 7은 복잡한 선로도의 예를 나타내었다. 선로도에서는 역구내나 조차장 등이 매우 복잡한 형태로 구성되어 있음을 알 수 있다. 이렇게 복잡한 선로의 철도차량 분배를 담당하는 조차장이나 하역장에서는 각각의 도시로 수송되어야 할 물류들과 이미 도착한 물류들을 관리하기 위해서 각각의 레일 분기점에 안테나를 설치하여, 설치된 시스템은 철도 차량이 지나가면서 차량의 아래쪽에 장착된 태그가 안테나에서 발생하는 암호신호와 전원 발생 파형을 수신하여 태그내부에 저장된 인식 데이터를 안테나를 통하여 주파수 변조 방식으로 리더의 안테나로 전송하게 된다. 리더의 안테나로 전송된 인식 데이터는 리더에서 디지털화 된 정보를 시리얼 통신을 이용하여 상위 시스템으로 데이터를 전송한다. 철로 변의 여러 곳에서 각 리더로부터 수신된 인식 정보를 상위 시스템에서 전체적인 차량통제 및 관리를 수행 할 수 있다. 인식데이터를 이용하여 분기점에 있는 전철기 등을 이용하여 보다 원활하고 손쉬운 물류관리 체계를 정확히 처리 할 수 있을 것이다.

4. 실험결과

그림 8은 제작한 리더보드와 루프 안테나를 나타내었다. 리더보드에서는 시리얼 통신을 하기 위한 부분, 주파수 발생 및 무선데이터를 처리하기 위한 RF모듈로 구성하였다.

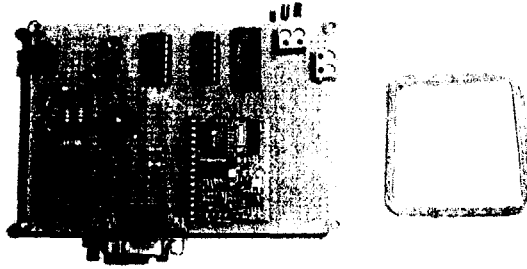


그림 8 리더보드와 안테나

리더와 태그간에 데이터를 송수신을 위한 파형을 그림 9와 10에 나타내었다. 주파수천이 방식으로 변조된 파형을 측정하기 위해서 오실로스코프(200MHz)를 이용하였다. 측정 결과 134.2KHz대역에서 태그가 인식거리에 없을 경우 리더에서는 수신데이터를 받을 준비를 하고 있다. 수신데이터를 받을 준비는 "0"과 같은 상태와 주파수 발생 상태가 일정 주기로 이루어지고 있으며, 주기별로 인식데이터를 수신하는 형태가 그림 9에 나타나있다. 그림 10은 태그가 리더의 인식 거리 내에 존재하고 있을 때 태그로부터 데이터를 수신하는 것을 나타내었다. 리더에서는 데이터가 완전히 전송될 때까지 기다리는 상황을 나타내었다. 따라서 태그에서 데이터를 전송할 때 리더에서 암호 신호와 전력발생 신호를 보내는 시간이 신호를 발생하지 않는 시간 보다 짧아짐을 알 수 있었으며, 이는 반이중 방식으로 송수신하여 태그에서 인식 데이터를 전송할 경우 리더에서는 수신만 할 뿐 신호 발생은 하지 않는다. 이때 태그의 안테나와 리더의 안테나 사이간 인식거리는 약 10cm 정도에서 인식되었다. 리더에서는 안테나로부터 발생되는 전력 발생을 위한 파형과 암호신호를 발생하는 출력이 미세하기 때문에 인식할 수 있는 거리가 길지는 않았다.

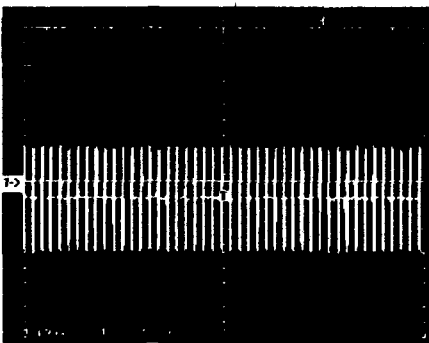


그림 9 리더에서 발생하는 파형

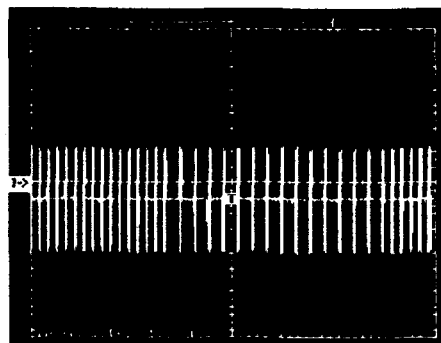


그림 10 태그에서 수신된 인식 데이터

5. 결론

본 연구에서는 차량인식을 위한 리더보드와 안테나를 설계 제작하였다. 리더보드는 134kHz 대역에서 전력발생신호와 암호신호를 주기적으로 주파수 천이 변조 방식으로 발생하도록 설계하였다. 또한 태그와 리더 사이의 통신은 태그에서 리더로 인식 데이터를 전송할 때 리더 측에서는 실제로 데이터를 수신만 할 뿐 송신이 없는 반이중 방식으로 전송할 수 있게 설계하였다. 그리고 수신된 데이터를 상위 시스템으로 전송할 수 있는 시리얼 통신단을 설계하여, 상위 시스템에서 차량의 통제 및 관리를 할 수 있게 하였다.

그러나 리더와 수동형 태그의 경우 미약한 전파를 사용하기 때문에 인식되는 거리에는 한계가 있었다. 한계를 극복하기 위해서는 리더에서 안테나 출력 측에 증폭회로를 사용하여 적정 주파수

를 조절(Tuning)하면서 최대한 증폭하고, 안테나의 크기를 확대 조정함으로써 인식할 수 있는 거리의 범위를 확대하는 것을 고려해야 할 것이다.

참고문헌

- 1.J.D Gerdeman, 1995, "Radio Frequency Identification Application 2000." RTC Inc.
- 2.Louse E.Frenzel, 1998, "Principle Electronic Communication System.", McGraw Hill.
- 3.Marcel,Hansruedi,Benedickter and Wener Baechtold,1999, "Circuit Polarized Aperture Coupled Patch Antennas for an RFID System in the 2.4Hz ISM Band.", IEEE
- 4.Sau-Mou, Jeng-Rern, Yang,Tzen-Yi Liu, "A Transponder Wireless Identification Systems." ,1996 IEEE