

# 무선통신을 이용한 철도신호제어에 관한 연구

## A study on the Railway signal Control Using Radio Frequency

강민수\*      김윤집\*\*      이정석\*      이동선\*      유광균\*\*\*      이기서\*\*\*\*  
Kang, Min-Soo      Kim, Yun-Jib      Lee, Jung-Suk      Lee, Dong-Sun      Ryu Kwang-Kyun      Lee Key-Seo

### Abstract

This paper proposes the system to describe the data transmission methods using the simply frequency transmission methods between a railway track and the train. This system can control the railway signals through the ABS or ATS system located in the train and stations, having the frequency about 433.92 MHz. It shows the advanced system to send a lot of data through the microprocessor installed in a transmitter and transmitter-receiver at the train and railway.

### 1. 서론

현대 산업사회에서는 무선통신을 이용하여 이동체와 고정체간의 상호 통신으로 이동체의 데이터 정보와 인식 등 다양한 형태의 통신을 이용하고 있다. 실례로 고속도로, 유료도로 등에서 대량교통의 효율적인 처리를 위하여 화물 수송의 극대화, 요금 수납의 간소화가 큰 과제가 되어 현재 시범적으로 실시되고 있는 실정이다. 이러한 서비스가 필수가 되는 상황에서 정보를 전송 또는 교환하여 인식할 수 있는 기본기능을 철도차량에서도 적용할 필요가 있다.

철도 신호관리 측면에 있어서 기존의 ATS 시스템이나 ABS 시스템 등은 단순한 주파수 송수신으로 철도 신호를 관리하고 있으나, 데이터의 전송 등으로 발전 및 전환 방안을 모색하는 것이 시급한 과제라 하겠다. 따라서 철도 신호 제어에 적합한 무선 통신 시스템을 철도차량에 적용하였다.

본 논문에서는 무선주파수(RF:Radio Frequency)를 이용하여 고정체인 철로변에서는 암호(Interrogation) 신호와 데이터를 발생하여 이동체인 열차로 전달한다. 데이터를 송신한 열차에서는 암호신호에 의해 정의된 데이터를 바탕으로 열차를 서행하게 되며, 상황에 따라서 정지할 수 있게 한다. 이 시스템은 철도차량에 부착될 수신 시스템과 철로변의 교차지점이나 철로변에 송신 시스템을 설치 운용함으로써 철도신호를 제어할 수 있게 한다.

### 2. 무선 (Radio Frequency) 송수신 시스템

무선 송수신 시스템은 근거리 및 중단거리 내에서 짧은 시간 안에 이동체와 고정체 상호간의 데이터를 정의된 주파수 대역 즉, 433.92 MHz 대역 내에서 데이터를 주고받는 일대일 또는 일대다수의 통신이 가능한 시스템이다. 또한 철도차량에 부착된 수신부는 상위 시스템으로부터 데이터를 유선으로 수신하여 철도 차량에 장착된 무선 수신부로 데이터를 전송하고, 철로변의 송신부는 상위 시스템으로 데이터를 전송함으로써 차량정보관리 및 철도 신호제어를 가능하게 하였다. 그림 1에 무선통신 시스템의 블록도를 나타내었다.

\* 광운대학교 제어계측공학과 박사과정, 정회원  
\*\* 광운대학교 석사과정, 비회원  
\*\*\* 한국철도대학 철도신호과 교수, 정회원  
\*\*\*\* 광운대학교 제어계측공학과 정교수, 정회원

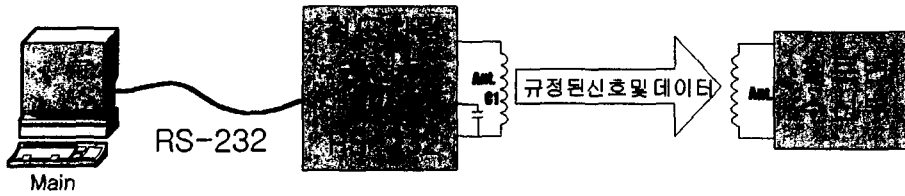


그림 1. 무선 통신 시스템의 블록도

철도 차량에 부착될 수신부가 철로변의 송신부를 지나가면 송신부의 안테나에서 발생하는 암호 신호와 데이터를 433.92MHz 대역에서 포착하여 철도 차량에 데이터를 전송하게 된다. 철도차량 수신부 및 RS-232 에서는 상위 시스템으로부터 정보를 RS-232 통신으로 데이터를 수신 받아 마이크로 프로세서가 장착된 컨트롤러를 사용하여 상위에서 수신된 정보를 시리얼통신으로 처리한다. 철로변의 송신부에서 송신한 데이터를 철도 차량에서 수신 받아 차량이 멈추거나 서행할 수 있게 처리 한다. 또한 상위에서 전송된 데이터는 철도 차량으로 데이터를 무선 송신하게 된다. 이러한 무선 송수신 시스템은 상호 통신할 수 있는 거리는 평지의 장애물이 없는 상태에서 평균 약 100~200m 정도였다.

### 2.1 수신부

수신부는 송신부의 유무에 관계없이 데이터와 암호신호 데이터를 항상 수신하거나 궤도회로 등으로 부터 철도 차량이 적정범위에 들어왔을 경우 수신을 할 수 있게 구성되어야 한다.

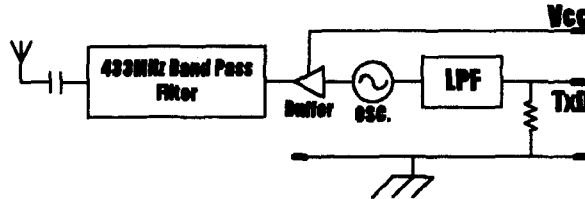


그림 2. 수신부 블록도

그림 2는 수신부의 내부를 블록도를 나타내었다. 수신부의 내부 구성도에는 안테나, 주어진 주파수 대역에서 수신할 수 있게 밴드 패스 필터, 버퍼, 오실레이터 및 LPF로 구성되어 있다. 수신부는 안테나로부터 송신부의 데이터가 수신되면 밴드패스 필터와 LPF를 이용하여 수신된 정보를 철도 차량의 상위로 전송한다. 또한 수신부는 상위 시스템과 데이터를 송수신할 수 있게 RS-232 통신을 가능하게 구현하였다.

### 2.2 송신부

송신부는 통상 대기 상태를 유지하지만 궤도회로 등으로부터 열차의 진입, 유무등의 상황이 발생하면 송신 준비를 갖추게 된다. 상위로 부터 데이터 및 암호 신호를 받은 경우 필요한 시간동안 동작하는 것이 정의되어야 한다. 이러한 형태의 송신부의 내부 블록도를 아래 그림 3에 나타내었다. 그림 3에 나타낸 블록도는 RF신호를 철로변의 송신기로부터 발생하는 신호를 받아들일 수 있는 안테나와 신호처리를 할 수 있는 부분으로 구성되어 있다. 안테나에서 데이터를 받으면 수신기에서는 송신기로부터 암호신호 및 데이터를 받아서 신호처리를 할 수 있게 하여 철도 차량이 서행하거나 정지 가능하게 한다.

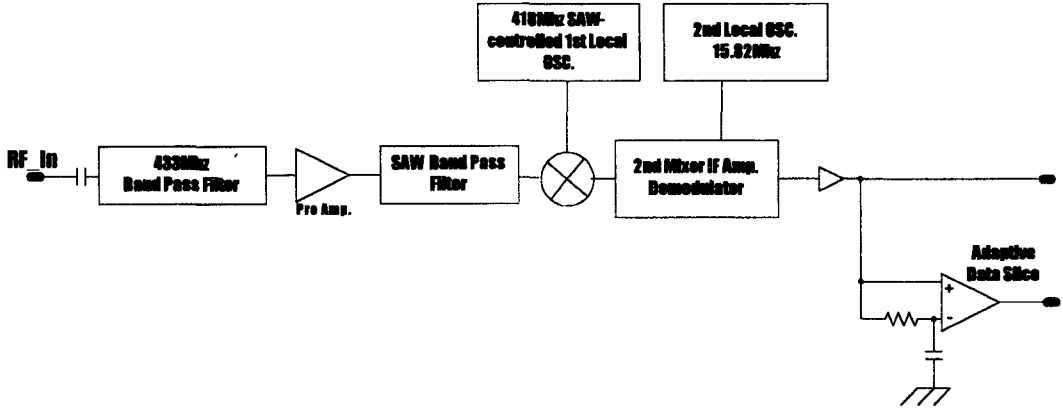


그림 3. 송신부의 내부 블럭도

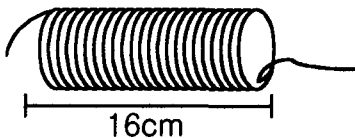
### 2.3 시리얼 통신

본 연구에서는 양방향(duplex)통신으로 철로변의 송수신부를 구성하였다. 유선 송수신부에서는 데이터를 상위 시스템으로 전송할 수 있게 구성하였다. 상위 시스템은 데이터를 전송하기 위해서 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 있으며 환경요인에 제약받지 않아 이를 사용하여 데이터를 전송한다.

### 2.4 안테나

무선통신 시스템의 송신부와 수신부간에 원활한 데이터통신을 위하여 안테나가 고려되어야 한다. 송수신부에 사용하는 적절한 안테나의 종류에는 헬리컬(Helical) 안테나, 루프 안테나와 왁(Whip) 안테나를 생각 할 수 있다. 루프 안테나는 무선수신기에서도 사용하고 있으며 사용하는 주파수에 따라서 응용할 수 있는 범위가 많다. 각각의 형태에 맞게 제작된 안테나는 수신부의 경우 소형화가 가능하고, 통신거리는 송신 측 안테나의 크기 및 안테나 증폭회로에 의해서 통신거리가 결정될 수 있다.

본 논문에서는 헬리컬 안테나를 이용하였다. 송신 측 안테나의 크기를 조절하여 통신거리를 조정하였다. 헬리컬 안테나를 이용하여 주파수 천이 변조 방식으로 송신부에서는 데이터를 수신부로 부터 전송 받는다. 아래 그림은 헬리컬 안테나의 구조를 나타내었다. 송신부에서는 안테나로부터 발생된 주파수에서 수신부와 최적의 무선 통신을 하기 위하여 다음과 같은 요구조건을 만족 해야 한다.



- 코일의 규격 : 0.5mm 에나멜 코일
  - 감은 회수 : 24회
- 로 규정하여 실험하였다.

### 3. 철도 신호 제어

본 연구에서는 무선주파수를 이용한 무선통신 시스템을 이용하여 철도 차량의 위치를 궤도회로 등으로부터 데이터를 전송받아 열차의 현황을 파악하고 상위 시스템에서는 보다 원활하고 정확하게 철도 신호를 제어 가능하게 한다. 그림 4은 철로 변에 설치된 형태를 나타내었다. 이렇게 구성된 무선통신 시스템에서 수신부는 철도 차량의 아래 부분에 장착되어 철도 차량이 안테나를 지나갈 경우 데이터를 수신 할 수 있게 구성하였다. 송신부는 가까운 거리에서 한 개 이상의 안테나를 연결할 수 있다. 송신부에 연결된 안테나와 철도차량의 수신안테나로부터 데이터를 수신할 수 있게 하고 상위 시스템에서는 데이터를 전송할 수 있게 설계하였다.

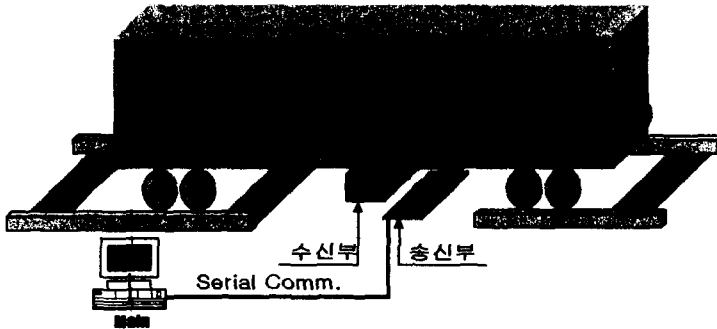


그림 4. 철로변과 철도차량에 설치된 무선통신 시스템

철도차량과 철로변의 데이터 통신을 위해서 시스템은 설치장소에 따라 구분한다. 일반 역내에서는 본선이나 부분선등 진입선에 안테나를 설치하여 본선으로 철도 차량이 진입했는지 부분선으로 철도차량이 진입했는지를 궤도회로등으로 부터 철도 차량 진입 여부를 상위 시스템에서 파악할 수 있다. 이때 송수신 장치를 이용하여 궤색구간에서 열차의 진행, 서행 그리고 멈춤 신호를 철도 차량으로 정보를 전송하게 된다. 따라서 역구내에 진입한 철도 차량이 역구내를 통과했는지 등 각각의 선로에서 철도차량의 진행여부를 파악할 수 있다.

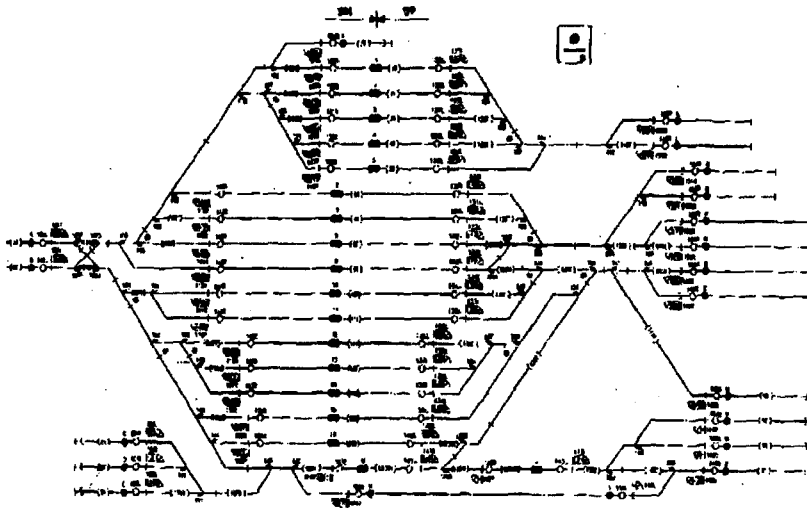


그림 5. 철도역의 복잡한 선로도의 예

그림 5는 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 관리한다. 각각의 레

일 분기점 및 ATS 시스템이 설치되어야 할 곳에 안테나를 설치하여, 철도 차량이 지나가면서 차량의 아래쪽에 장착된 송신부가 안테나에서 발생되는 암호신호와 데이터를 수신하게 된다. 송신부의 안테나로 전송된 데이터는 철로변의 송수신부에서 디지털화 된 정보를 시리얼 통신을 이용하여 상위 시스템과 데이터를 송수신 하게된다. 철로 변의 여러 곳에서 각 송신기로부터 수신된 정보는 상위 시스템에서 전체적인 차량통제 및 관리를 수행 할 수 있다. 또한 수신 데이터를 이용하여 분기점에 있는 전철기 등을 이용하여 보다 원활하고 손쉬운 철도신호 체계를 정확히 처리 할 수 있을 것이다.

#### 4. 실험결과

그림 6은 제작한 송신부와 수신부를 나타내었다. 송신보드에서는 마이크로 프로세서를 장착하였으며, 시리얼 통신을 하기 위한 부분, 주파수 발생 및 무선데이터를 처리하기 위한 RadioMetrix사의 RF모듈로 구성하였다.

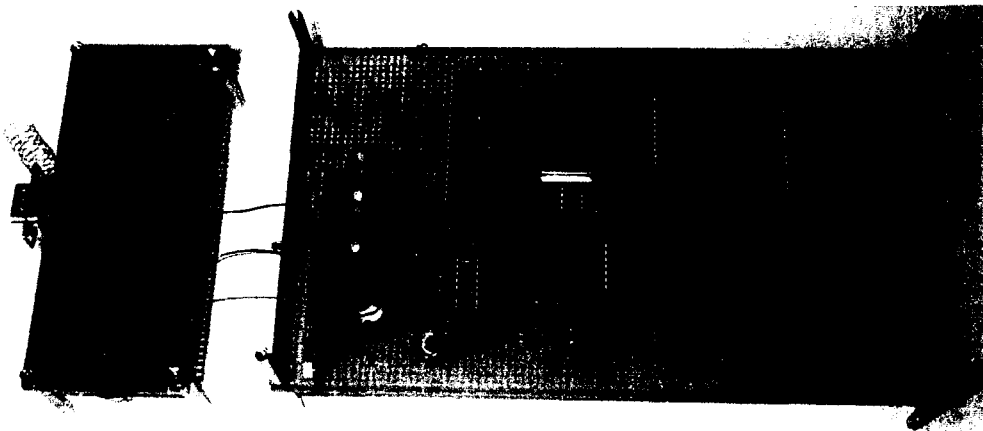


그림 6 무선 시스템의 송수신부 사진

데이터 전송을 측정하기 위해서 오실로스코프(500MHz)를 이용하였다. 측정 결과 433.92 MHz대역에서 수신부가 인식거리가 없을 경우 송신부에서는 암호신호와 데이터를 받을 송신할 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 암호신호와 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.

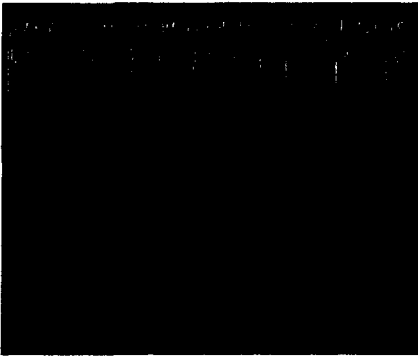


그림 8 송신기에서 발생하는 파형



그림 9 수신된 인식 데이터 파형

## 5. 결론

본 연구에서는 무선통신을 이용한 철도 신호제어를 위한 마이크로 프로세서를 내장한 송수신보드와 안테나를 설계 제작하였다. 수신보드는 433.92MHz 대역에서 상위 시스템으로부터 수신한 데이터를 정의된 시간내에서 데이터 및 암호신호를 발생하도록 설계하였다. 또한 송신부와 수신부 사이의 통신은 실제로 데이터를 수신만 할 뿐 송신이 없는 방식으로 설계하였다. 그리고 수신된 데이터를 이용하여 철도차량은 정지, 서행 진행 할 수 있게 하였다. 무선으로 송신 가능한 보드는 상위 시스템과 데이터를 전송할 수 있게 시리얼 통신단을 설계하여, 차량의 통제 및 관리를 할 수 있게 하였으며, 기존의 시스템과 비교하여 본 논문에서 실험한 시스템은 통신거리가 약 100~200m사이에서 무선통신이 가능함을 실험을 통하여 입증 할 수 있었다. 측정거리에 대한 오차는 약 1m정도였으며, 데이터 전송률은 9600BPS로 하여 실험하였다.

그러나 송신부와 수신부의 경우 단일 통신으로만 구성하였다. 기존의 ATS 시스템이나 ABS 시스템의 경우가 그렇듯이 기존의 시스템이 가지는 기능을 그대로 실험하였다. 앞으로의 철도 차량과 철로변의 무선 양방향 통신은 허용 가능한 주파수 대역의 규정된 정의와 양방향으로 송수신 기능을 갖춘 무선통신시스템 구축은 앞으로의 연구과제라 할 수 있겠다.

## 참고문헌

1. Sau-Mou, Jeng-Rern, Yang,Tzen-Yi Liu, "A Transponder Wireless Identification Systems.", 1996 IEEE
2. Louse E.Frenzel, 1998, "Principle Electronic Communication System.", McGraw Hill.
3. J.D Gerdeman, 1995, "Radio Frequency Identification Application 2000." RTC Inc.
4. Marcel,Hansruedi,Benedickter and Wener Baechtold,1999, "Circuit Polarized Aperture Coupled Patch Antennas for an RFID System in the 2.4Hz ISM Band.", IEEE
5. Issue E, 3 rd December TX2 & RX2, Data Sheet, Radiometrix Co .LTD,1998,