

# 다정보 철도신호의 양방향 전송

박정수\*, 장대식, 안상권, 김양모

충남대학교 전기공학과

## A bi-directional transmission of Railway signal for mass information

Jeong-Soo Park\*, Dae-Sik Jang, Sang-Kwon Ahn, Yang-Mo Kim

Dept. of Electrical Eng, Chung-Nam Nat'l Univ

### Abstract

In modern train systems, the high-speed and the high-density of train operation have been required. Effective train control systems need various information interchanged between the ground-site and on-board devices. So the systems are essential to the digital systems to admit lots of information and to raise the accuracy of transmission.

In this paper, it is dealt with a bi-directional transmission of digital information between on-board devices and ground-site. Especially, this paper shows the experiment of bi-directional transmission of mass information by using transponder.

### 1. 서론

최근, 고속 전철의 도입 등으로 열차의 고속화가 빠르게 진행되고 있으며, 여객과 화물의 운송량도 날이 증가하고 있다. 이러한 시점에서 열차운행의 인텔리전트화가 빠른 속도로 개발되고 있고, 철도 전국에서는 여러 인텔리전트 시스템이 실제 적용되고 있다. 또한 여객의 서비스 질을 향상시키기 위해, 철도의 여러 분야에서 많은 노력이 경주하고 있다.

열차운행의 인텔리전트화와 여객에 대한 서비스의 질을 향상시키기 위해서는, 지상의 선로상태와 차량의 운행상태 등의 운전조건을 충분히 파악한 열차제어가 필수적이다. 이를 위해서는 반드시 차량과 지상에 설치된 중앙제어장치간의 긴밀한 정보교환이 선행되어야 한다. 이와 같은 정보교환을 바탕으로 하는 열차운행 제어시스템으로서 ATC(Automatic Train Control)시스템이 있다. ATC는 자동적으로 열차의 운행을 제어하는 시스템으로서, 선행열차와의 간격이나 선로 상태에 따라, 지상의 제어장치에서 미리 설정한 지시속도 및 신호를 열차에 전송함으로 해서, 열차를 안전하게 운행도록 한다.<sup>[1][2]</sup>

ATC와 같은 열차제어 시스템을 효과적으로 실현하기 위해서는, 열차의 진행속도와 행선지, 속도제한, 다음 역까지의 거리, 선로의 상태 등을 포함하는 다양한 정보가 차상과 지상장치사이에 교환되어야 한다. 이런 정보교환을 실현하는 유용한 장치로서, 트랜스пон더(TRANSPONDER)가 제시되고 있다. 트랜스пон더는 지상·차상간의 정보전송을 점제어식으로 하는 고속 디지털 통신장치로서, 철도 전국에서는 이미 다정보 ATS시스템, 열차번호·선별정보의 전송 그리고 지점정보의 전송 등에 응용되고 있다.<sup>[3][4][5]</sup>

본 논문은 효과적인 열차제어를 실현시키기 위한, 다정보 철도신호의 양방향 전송에 대하여 논하였으며, 특히 FSK(Frequency Shift Keying) 변조방식을 채용한 트랜스폰더의 특성을 이용하여, 차상과

지상장치간의 정보교환을 실현하였다.

### 2. 열차제어 시스템

#### 2. 1 ATC 시스템

ATC는 자동열차제어 시스템(Automatic Train Control)으로서, 자동적으로 열차의 속도를 제어하는 시스템이다. 선행열차와의 간격이나 선로의 상태에 따라서, 미리 설정해 놓은 지시속도·신호를 항상 열차에 전송한다. 낙석이나 돌발상태 등으로 선로에 이상이 발견되는 경우에는 긴급한 정지신호를 열차에 전송하여, 열차를 감속 또는 정지시킨다. 따라서, 열차를 안전하게 운행하는 열차운전체어방식으로서 가장 우수한 방식이다.<sup>[1][2]</sup>

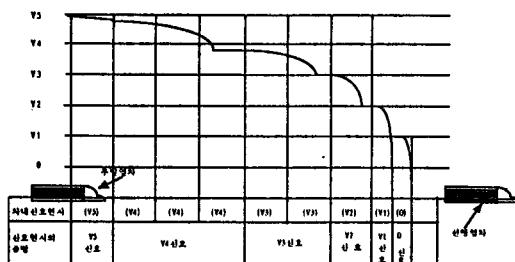


그림 1. ATC 시스템의 개념도

그림 1은 ATC에 있어서, 열차와 열차의 충돌을 방지하기 위해 동작하는 시스템을 보인 것으로서, 선행열차가 주행(혹은 정지)하고 있는 이전구간에서 후발열차가 정지하도록 한다. 이를 위해 운전조건(선로상태와 운행상태)을 충분히 파악한 후, 지상에서 차량으로 전송

표 1. 차상↔지상간 송·수신 정보의 예

송수신 정보	지상 ↓ 차상	• 신호 표시정보(정지신호까지의 거리) • 열차방호정보(진년목, 낙석 등) • 역에 대한 정보 • 다음 지상자의 위치 • 속도제한 정보(주행허가정보) • 지상자 번호 • 위치에 대한 정보 등	
	차상 ↓ 지상	• 일차번호 • 열차의 종별 • 열차의 진행속도 • 열차 편성정보 • 행선지 등	

하는 주행하기 정보에 의해 열차는, 자동적으로 그림에 표시한 운전곡선을 따라 주행하게 된다. 서론에서 이미 설명한 바와 같이 ATC를 효과적으로 실현하기 위해서는, 차상과 지상장치 사이에 많은 정보교환이 이루어져야 한다. 지상과 차상간에 상호 교환되는 정보의 예를 표 1에 보았다.

## 2. 2 FSK 변조방식

열차제어 시스템에서 차상자와 지상자 사이에 교환되는 정보량을 증가시키기 위해서는 반송파의 주파수를 높일 필요가 있는데, 높은 주파수에 있어서는 변주식 또는 전폭변조식에 의한 정보전송이 곤란 하므로, 필연적으로 디지털 방식으로 전환되어야 한다.<sup>[2]</sup> 디지털 방식을 실현시킬 수 있는 효과적인 방법으로, FSK(Frequency Shift Keying)변조방식을 들 수 있다. 이것은 보내고자 하는 정보의 입력신호를 코드화하여, 변형된 2진신호의 패턴에 따라 두개의 발진주파수를 대응시켜 송신하는 방식이다.

대개의 무선전송로에서는 페이딩(fading) 때문에 수신신호의 진폭이나 위상이 불규칙하게 변동하여, 수신기에서의 오류율이 대단히 커지는 경우가 있다. 그래서 페이딩에 강한 주파수 변조의 기술을 디지털정보의 전송에 응용하는 것을 생각해 볼 수 있는데, 이것이 바로 FSK이다. FSK방식은 신호를 비교적 용이하게 발생시킬 수 있으며, 비동기 복조가 가능하다는 이점을 가지고 있다. 또한 신호진폭이 일정하고, 주파수 엣갈림이나 전송로의 비선형성에 대해서도 매우 강하다는 특징을 가지고 있다. 그림 2는 FSK의 원리와 변조된 디지털 신호의 모습을 보이고 있다. 그림 2(a)에서 보듯이 주파수신호로 변조된 디지털 신호는 복조기를 거쳐 원래의 디지털 신호로 재생된다. 그림 2(b)의 파형은 두개의 발진주파수로 변조된 디지털 신호의 모습을 보여주고 있다.

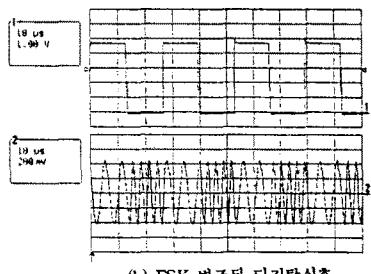
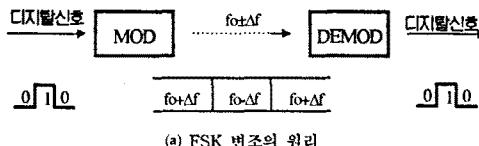


그림 2. FSK 변조방식

## 3. 양방향 정보전송 시스템

표 2. 실험장치의 제원

지 상 ↓ 차 상	전문 길이	64bit (정보 48bit)
	변조주파수	70kHz ± 2kHz(지상→차상)
		90kHz ± 2kHz(차상→지상)
	변조 방식	FSK 변조
안 테 나	전송 속도	10 kbit/s
	지 상	각형(10×20cm), 20turn 에나멜 피복동선 (1.0mm)
차 상		각형(10×20cm), 20turn 에나멜 피복동선 (1.0mm)

지상과 차상간의 양방향 정보전송 실험을 위해 실험실내에서 간단히 제작할 수 있는 모형 실험장치를 구성하였다. 모형 실험장치의 차량과 지상에 각각 안테나와 트랜스пон더를 설치하였으며, 트랜스пон더의 전송제원과 안테나의 구성은 표 2와 같다.

### 3. 1 트랜스пон더의 개요

트랜스пон더(TRANSPONDER)란 일반적으로 통신위성의 중계기나 항공기의 식별표식을 가리키지만, 열차제어에 있어서는 지상에 설치한 안테나(지상자)와 차상에 설치한 안테나(차상자)간에 정보교환을 이루는 디지털 통신장치를 말한다. 이것은 Transmitter와 Responder로 구성되는 통신기기로서, 양방향(지상→차상)으로 정보전송이 가능한 전 2중 통신방식을 채용하고 있다. 트랜스пон더는 지상자가 설치되어 있는 곳에서만 정보의 교환이 가능하다는 제약이 있으나, 고통신의 다정보를 고속도로 전달하는 기본적인 특징을 갖고 있다.<sup>[3][4][5]</sup>

그림 3은 트랜스пон더의 구조를 블록도로 표시한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 지상장치와 차상장치의 구조는 크게 변조부와 복조부로 구성되어 있으며, 그들의 모습은 매우 유사하다. 변조부는 번

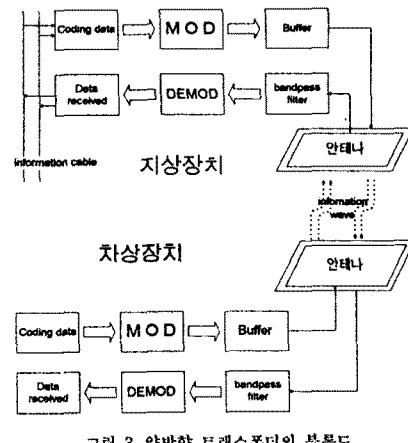


그림 3. 양방향 트랜스пон더의 블록도

조기(MOD)와 Buffer로 구성되며, 복조부는 복조기(DEMOD)와 대역통과필터로 구성되었다. 디지털형식으로 코드화된 데이터는 변조부를 거쳐, 두개의 서로 다른 발진주파수를 갖는 신호로 변조된 후, 안테나를 통해 전송된다. 그리고 안테나를 통해 전송받은 정보는 복조부에서 디지털신호로 복조된다.

### 3. 2 트랜스пон더의 구성

트랜스пон더의 구성하는데에 필요한 FSK 변·복조회로를 각각 그림 4와 그림 5에 나타내었다. 그림 4는 트랜스пон더의 변조부에 해당하는 장치의 일부로서, 디지털형식으로 코드화된 정보를 두개의 서로

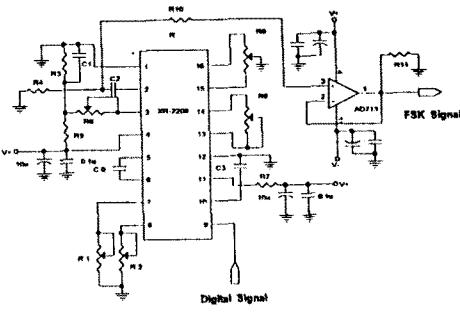


그림 4. FSK 변조기

다른 주파수 신호로 변환시키는 FSK 변조기이다. FSK 변조기로서 XR-2206 IC 칩을 사용하였고, 안테나와의 버퍼로서 AD-713을 사용하였다. 디지털신호에 대응하여 변조되는 주파수  $f_1$ ,  $f_2$ 는 각각

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C_0}, \quad f_2 = \frac{1}{R_2 C_0}$$

로 주어진다.

그림 4의 회로에 의해 발진되는 주파수가, 표 2에서 제시한 것과 같은 값을 갖도록, 회로정수를 설정하였다. 또한 변조과정을 거치, 안테나로 유기되는 FSK신호가 일정한 주파수에서 공전되도록, 캐시터를 안테나(변조부)코일과 병렬로 연결하였다.

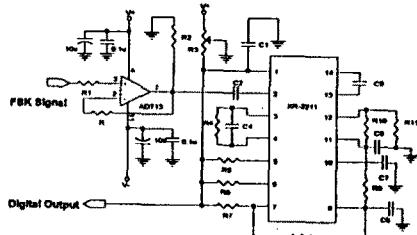


그림 4. FSK 변조기

한편, 그림 5는 복조부에 해당하는 장치의 일부로서, 이것은 대역통과필터를 거친 FSK 신호를 전송받은 후, 복조기를 이용하여 디지털신호로 복조하는 회로이다. 안테나를 통해 전달된 주파수 신호는 대역통과 필터를 거친 후, XR-2211 복조기를 통해 디지털신호로 복원되었다.

### 3. 3 대역통과필터(BPF)

그림 3에서 보듯이, 트랜스폰더는 변조부와 복조부를 공유하고 있다. 따라서 원하지 않는 주파수 신호를 수신함으로 인해 복조기에서의 오류가 발생할 수 있다. 변조부에서 주파수 신호로 전송한 정보를 오류없이 검출하기 위해, 복조부 이전에 협대역의 대역통과필터를 설

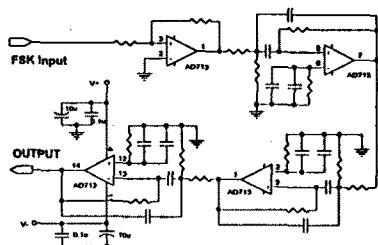


그림 6. narrow-band pass filter의 구성

치하였다. Op-Amp를 이용하여 구성한 에디브 필터를 그림 6에 보았다. 이것은 저상과 차상장치의 복조부에 설치되어, 각각 70Hz와 90Hz의 중간주파수를 갖고, 6dB의 대역폭을 갖도록 회로정수를 설정하였으며, AD-713을 사용하여 구성하였다.

### 3. 4 디지털 정보의 수수

그림 7은, 그림 2와 같이 구성된 트랜스폰더에 입력되는 디지털 정보의 모양과 복조기를 거쳐 복원된 디지털 정보의 모습을 보인 것이다. A의 파형은 본론에서 언급된 바와 같이 디지털화된 정보로서, 저상에서 차상으로 전송하고자 하는 디지털 정보의 모습이며, 이것은 저상 변조부에서 연속적으로 공급된다. B의 파형은 차상 복조부에 연결되어 있는 안테나가, 연속적으로 FSK 신호를 방출하는 저상의 안테나를 통과하는 순간에 디지털 신호로 복조된 모습이다. C, D의 파형은 A, B와 반대로 차상에서 저상으로 정보를 전송할 때의 모습을 보인 것으로서, 각각 입력 되는 디지털 신호와 복조된 디지털 신호를 보여주고 있다.

### 5. 결 론

종래에 사용되어 오던 열차제어에서 요구되는 정보는, 몇 개의 코드로 지정되어서 속도만을 나타내는 단순한 형태였지만, 열차의 고속, 고밀도화와 더불어 열차제어의 앤드리전트화가 진행되어감에 따라 차상 및 저상통제장치에 제공되는 정보도 고속화, 다정보화할 필요가 있으며, 상호간에 정보의 교환이 필요하다. 이러한 요구에, 트랜스폰더를 이용한 디지털 방식이 아주 유용한 것으로 알려져 있다.

본 논문에서는 FSK 변조방식을 채용한 트랜스폰더를 구성하여, 저상장치와 차상장치 상호간에 다양한 디지털 정보가 양방향 전송과 수수가 가능함을 확인하였다. 이 실험을 바탕으로 실제 열차제어 시스템에 적용하기 위한 시스템의 개발을 진행시킬 예정으로 있으며, 종래의 열차제어 시스템보다 효율적인 시스템으로 도입될 수 있으리라 본다.

### 참 고 문 헌

- [1]菱沼好章, “信号保安・鐵道通信入門”, 中央書院, 1991
- [2]日本鐵道電氣技術協会, “信号入門”, 1992
- [3]平野賀久, “トランスポンダお應用したシステムについて” JREA, Vol.29, No.12, pp.16983-16986, 1986
- [4]宮地正和, “トランスポンダの新幹線速度向上への應用”, JREA, Vol.20 No.1 1986
- [5]Masakazu MIYACHI, “The Development of the Speed Verification Type ATS with the Transponder”, RTRI, Vol.29, No.3, 1988

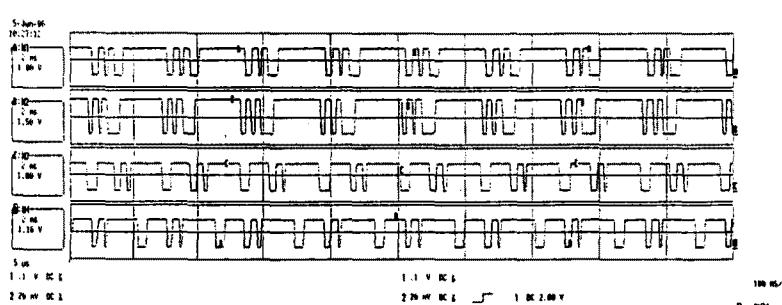


그림 7. 트랜스폰더를 통해 수수된 디지털 정보