

경량전철 신호시스템 열차무선데이터 전송시스템의 개발

이을재*, 운용기**, 정락교**, 최규형**
이경산전(주), 한국철도기술연구원

Development of Vehicle's Radio Data Communication System for LRV Signalling System

Eul-jae Lee*, Yong-Gi Youu**, Rak-Gyo Jung**, Gyu-Hyung Choi**
E-Kyoung Systems Inc., KRRI(Korea Railway Research Institute)

Abstract - 경량전철의 무인운전을 위한 무선제어 신호 시스템 중에서 열차 제어정보 처리를 위한 무선데이터 전송시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 각각 중앙운용시스템, 지상무선중계시스템 및 개별차량운용시스템으로 구성된다. 무선데이터 네트워크는 2.4GHz 대역의 확산스펙트럼 방식의 주파수 호핑 라디오 모뎀을 사용하여 전용망을 구성하였으며 1초 이내에 무선망 내에 위치하는 모든 무선데이터 전송시스템과 정보를 교환하도록 설계되었다. 현재 실험실 테스트를 완료하고 새로이 건설된 전용 시험선에서 그 유효성을 테스트 중에 있다.

치에 송신하는 한편 지상에서 개별차량에서 필요로 하는 제어를 제공하기 위한 차상무선데이터통신장치, 지상무선중계장치 그리고 중앙통신제어장치 및 제어화면으로 구성된 무선제어 시스템을 의미한다. 즉, CBTC-ATO 시스템이 열차의 운행과 관련된 제어동작을 수행한다면 RS 시스템은 열차의 백그라운드 정보 송수신 및 차내 편의 시설의 원격 제어와 CBTC-ATO 장치의 고장시에 차량 운전을 위한 백업 동작을 하는 것을 주요한 기능으로 하고 있다.

1. 서 론

경량전철은 수송력에 있어서 중량전철과는 많은 차이를 보이고 있지만 건설의 편의성, 소요예산의 규모 및 건설 후 낮은 유지보수 비용 등이 중량전철에 비하여 많은 이점이 있으므로 주로 근거리 수송 및 타 수송체계와의 원활한 연결에 그 목적을 가지고 건설되고 있다. 경량전철 신호제어시스템은 컴퓨터시스템을 이용한 무인운전체계, 차상과 지상간의 통신 및 열차위치 검지방법 등에서 기존의 중량형 전철의 신호제어시스템과 커다란 차이가 있다. 기존에 건설된 중량형 전철의 신호제어 시스템은 주로 궤도회로에 기반을 둔 고정 혹은 이동 폐색 시스템으로 구성되고 제한된 시공간 데이터를 제어한다. 이러한 이유로 인하여 시스템의 유연성이 매우 낮아 최초 설계된 운행 시격 및 운전형식을 변경하는 것이 상당히 어렵다. 반면 무선통신을 기반으로 하는 CBTC(Communication Based Train Control) 시스템에서는 제어 매체가 무선이며 유한한 공간인 폐색을 이용하는 방법이 아니기 때문에 상업운영에서 얻어진 운전 데이터를 토대로 시스템의 증설, 운전방식, 시격 등의 조정이 원활히 이루어질 수 있는 장점이 있다.

현재까지 국내에는 상용목적의 경량전철이 도입된 사례가 전무하다. 이에 따라 경량전철에 관련된 대부분의 기술이 국내에 습득되어 있지 않은 상황이며 특히 무선에 의한 열차제어(CBTC)는 선진국에서만 시도되거나 시운전중인 핵심제어 기술이다. 본 논문은 무선에 의한 경량전철 제어를 위해 기술개발중인 신호제어 시스템 중에서 열차무선데이터 통신제어장치(RS : Radio data communication control System)에 대한 것으로서 경북 경산에 완공된 경량전철 전용 시운전 선로에 적용된 사례를 근간으로 하여 각 장치의 구성과 제어 내용에 대하여 기술하였다.

2. 열차무선데이터 통신시스템

2.1 열차무선데이터 통신시스템의 구조

경량전철 시스템은 기본적으로 무인운전을 전제로 운영되므로 개별 차량의 운전정보 및 제어정보를 순시적으로 지상에서 정확하게 파악하는 것이 매우 중요하다. 열차무선데이터 통신장치는 운행중인 차량의 운전 및 제어 정보를 차상에서 취합하여 무선 네트워크를 통하여 지상장

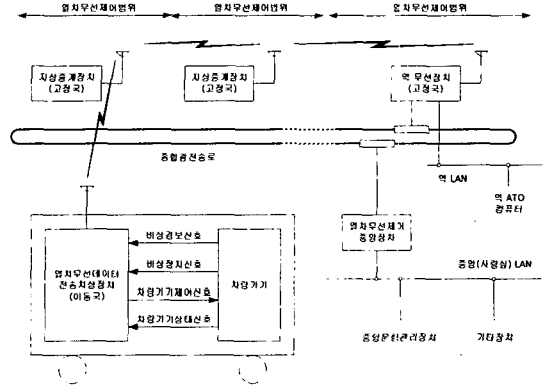


그림 1 열차무선데이터 통신시스템의 구조

2.2 무선데이터 네트워크의 구성

열차무선데이터 통신시스템은 기본적으로 소신호의 무선장치들로 구성된 전용네트워크 시스템이다. 2.4GHz 대역의 ISM(Industrial Scientific and Medical) 밴드를 이용하여 통신망을 구성하므로 타 장치와의 간섭이 최소화되도록 장치의 출력전력과 허용주파수가 제한된다. 본 장치에서는 주파수 호핑(Frequency Hopping)방식의 무선모뎀을 사용하여 장치간의 주파수 중복 제한을 극복하였다. 적용된 주파수 호핑 방식에서는 무선장치에 허용된 76개의 주파수 채널에 대한 시간-주파수 할당을 달리하여 통신을 함으로써 근접한 거리에 있는 두 무선장치 간에도 상호 혼신의 우려를 최소화하여 신뢰성 있는 통신이 가능하다.

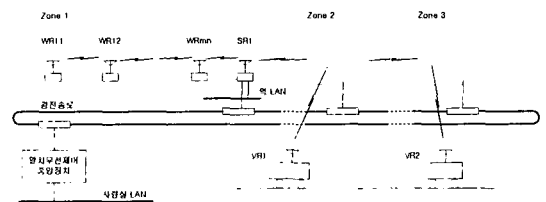


그림 2 무선데이터 네트워크의 구성

표 1 열차무선데이터 통신시스템 무선네트워크 성능사양

항목	내용
통신방식	CDMA, TDMA
주파수대역	2.4000 ~ 2.4835 GHz
채널수	76 채널
대역폭	400 kHz
Spread Code	Frequency Hopping
Hopping 패턴	입의 49개 패턴
무선장치 이득	135 dB
출력전력	10 ~ 1000mW (사용사선택)
네트워크내 연결 노드	20 노드
TDMA Slot 수	20 (최대 200)
무선장치 종류	차상장치, 중계장치, 역장치
인터페이스	RS232C, RS422, Ethernet
무선전송거리	약 500m 내외
네트워크 송수신 시간	1 초이내

표 1에 무선통신 네트워크의 성능사양을 나타내었다. TDMA 슬롯은 최대 200 슬롯까지 사용가능하나 슬롯의 수가 늘어날수록 시분할 간격이 적어지므로 송수신 데이터 패킷의 용량에 제한을 받게 된다. 본 시스템에서는 네트워크내 원활한 통신을 위해 20개의 슬롯을 사용하여 하나의 네트워크 존(Zone)을 구성하였다.

3. 제어장치의 구성

3.1 차상 무선데이터 제어장치

차상장치는 운전실내의 제어함에 위치하여 차상의 정보와 지상의 정보를 상호 교환하는데 사용된다. 지상에서는 차량별 운전정보를 요청할 수 있으며 차내의 각종 시설물들에 대한 제어를 원격으로 수행할 수 있다. RS 422 직렬통신포트를 사용하여 차상 TCMS 장치와 상시 통신을 수행함으로써 차량의 운행정보와 지상의 운전제어명령을 송수신한다. 한편 CBTC 장치와는 디지털포트를 사용하여 정보를 교환하는데 송수신정보의 내용은 인칭정지(Inching Stop)의 사용여부, 오버런(Over Run) 발생시 재발진 여부 등에 대한 것이다.

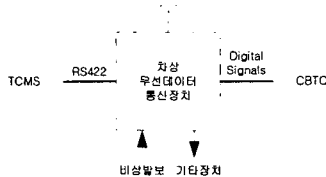


그림 3 차상무선데이터장치 구조

3.2 지상 무선데이터 통신장치

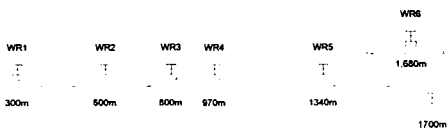


그림 4 시험선로에서 지상무선장치의 배치

지상 무선데이터 통신장치는 차상과 지상의 데이터 중계를 위한 네트워크 구성에 사용된다. 지상장치는 일정한 간격을 두고 선로변에 평행하게 구성이 되는데 몇 개의 무선장치들이 하나의 제어영역(Zone)을 이루고 영역내의 열차들을 관리하게 된다. 각각의 Zone은 독립적인 제어 구조를 갖는데 이를 위하여 역 무선데이터 통신장치가 개별구간의 제어를 담당하고 광전송망에 연결되어 중앙

장치로부터의 통제를 받게 된다. 시험선로에서는 트랙의 길이가 길지 않아서 하나의 Zone으로만 네트워크를 구성하였으며 6개의 지상 무선데이터 통신장치가 선로변에, 1개의 역 무선데이터 통신장치가 사령실에 직접 위치한다.

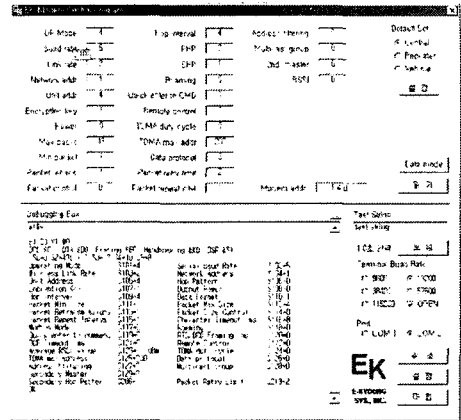


그림 5 역 무선데이터 통신장치의 제어화면

3.3 중앙 무선데이터 처리장치

중앙 무선데이터 처리장치는 열차무선데이터 통신시스템의 최상위 제어장치로 사령실에 위치하여 모든 무선장치들의 상태 파악 및 제어 그리고 네트워크 내에 진입한 모든 열차의 상태를 추적, 제어하는 기능을 수행한다.

표 2 중앙무선데이터 처리장치의 기능

열차통신제어		열차원격제어	
열차 통신	열차추적기능	열차 제어	열차종별
	열차전송감시		임시속도제어
	전구간 호출, 주기호출		인칭지령, 재발진명령
열차 관리	열차번호관리	열차 상태 정보	저가감속도지령
	소속통신구간관리		비상제동 리셋
장치 제어	열차등록, 소거	열차 상태 정보	비상정지 제어
	입출고 처리		고장상태표시
	냉난방제어		운전상태표시
	조명제어	열차 상태 정보	제동동작표시
			CBTC 동작상태표시
			열차속도, ATO 제한속도
			정위치정지실패
			출입문, 승린도어 상태표시
			비상정지조작여부

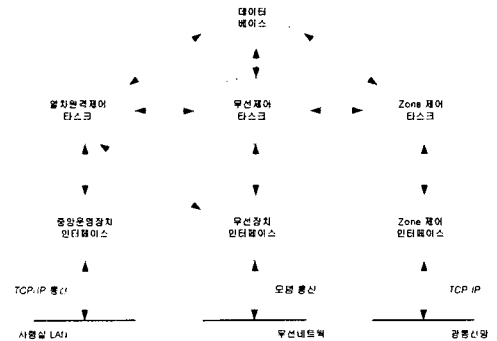


그림 6 중앙무선데이터 처리장치의 S/W 타스크 구조

시스템은 산업용 컴퓨터를 기반으로 하는 I/W 장치와 다수 개의 S/W TASK로 구성된다. 표 2는 중앙 무선데이터 처리장치의 기능을 열거한 것이다. 주요기능은 크게 열차통신제어와 열차원격제어 기능으로 구분되는데 열차통신제어가 주로 차량의 추적에 관련 것이라면 열차원격제어는 표에 나타난 바와 같이 차량의 제어와 열차상태표시에 관련된 것이다.

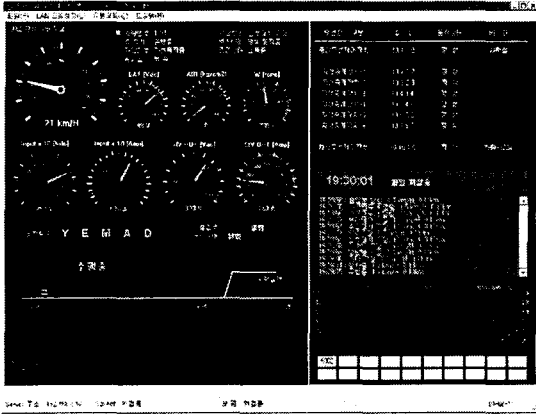


그림 7 중앙무선데이터 처리장치의 운용화면(예)

3. 결 론

경량전철 신호시스템을 위한 무선데이터 통신시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 1) 무선허가가 요구되지 않는 2.4 GHz ISM 밴드내에서 소출력으로 무선 네트워크를 구성하였다.
- 2) 타 무선 장치와의 충돌을 최소화하기 위하여 주파수 호핑방식의 SS(Spread spectrum) 모뎀을 사용하였다.
- 3) TDMA에 의한 슬롯방식으로 하나의 Zone 영역에는 20개의 슬롯이 제공된다.
- 4) 지상장치가 고장이 난 경우에도 연속적인 통신이 가능하도록 바이패스 기능을 적용하였다.
- 5) 네트워크내의 전 무선장치는 1초 이내에 송수신을 수행한다.

현재 공장내 기본시험을 마치고 경량전철 전용시험선에서 실차를 대상으로 유효성 검증을 위한 시험이 진행 중이다.

본 논문은 건교부에서 시행한 경량전철 신호 제어 시스템 기술개발사업의 일환임을 밝힘.

[참 고 문 헌]

- [1] 이을재 외, 신호제어시스템 기술개발, 경량전철시스템 기술개발사업 보고서, 5차년도 연구결과 보고서, 2004. 2
- [2] 정락교 외, "경량전철 시험평가를 위한 무선통합시스템 설계", 대한전기학회 춘계학술대회, pp.220-222, 2004

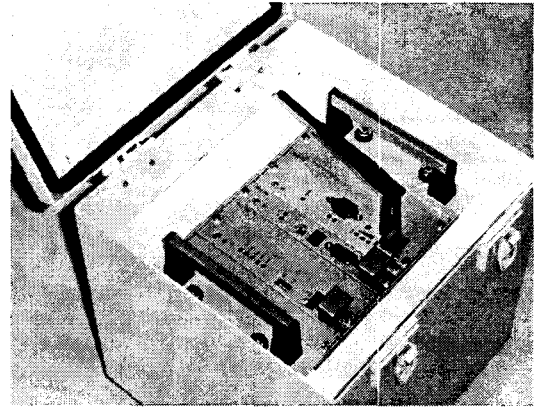


그림 8 지상무선데이터 통신장치(시작품)

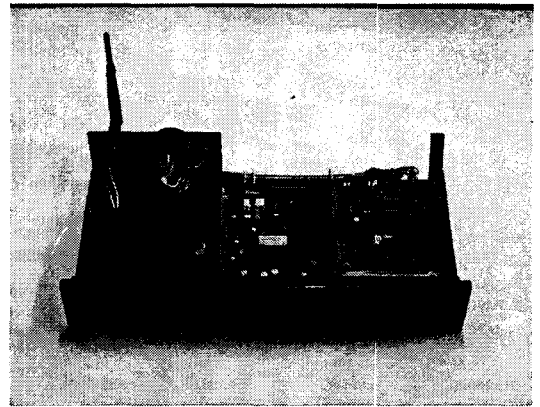


그림 9 차상 무선데이터 통신제어장치(시작품)