

VHF 열차무선시스템의 개량방안에 관한 연구

*조봉관
한국철도기술연구원

이재호
한국철도기술연구원

류상환
한국철도기술연구원

김종기
한국철도기술연구원

A Study of VHF Train Radio Communication

*Cho, bongkwan
KRII

Lee, jaeho
KRII

Ryu, sanghwan
KRII

Kim, jongki
KRII

Abstract - 선로상에 열차의 운행에 지장을 주는 장애물을 감지하였을 때 반대편 열차에 알려거나 열차내의 긴급한 상황이 발생하였을 경우에 대비하여 열차와 지상의 사령과는 항상 열차무선을 통하여 정보를 교환한다.

초창기에 사용하는 열차무선시스템은 열차의 운행면도나 사용자의 측면에서 아날로그방식의 음성통화로 충분한 서비스를 제공할 수 있었으나, 근래에는 고밀도의 열차운행 및 고속화로 다수의 사용자가 요구하는 서비스를 충족하기에는 많은 개량할 부분을 가지고 있다.

통신기술의 발전과 더불어 한국의 고속철도에서 사용 예정인 열차무선시스템은 이러한 사용자들의 요구를 충족하기 위해 통신망의 개념을 도입하고 디지털의 TRS 시스템을 이용하여 많은 사용자의 요구를 충족하려고 노력하고 있다. 또한, 유럽에서 여러 국가를 횡단하는 고속열차의 경우 열차무선시스템에서 횡단하는 국가들간의 호환성을 극복해야하는 문제 등을 가지고 있다.

본 연구에서는 기존 VHF방식의 개량할 점과 TRS 시스템의 특징 및 유럽에서 사용중인 열차무선시스템의 운영방법 등을 통하여 열차무선의 발전방향을 제시하고자 한다.

를 이용하여 항상 Monitoring하고 있어야 한다.

사령과 열차와의 통신을 위한 사령통화는 한국통신 중계소를 이용하고 있으며 작업통화는 작업자 상호간, 역 또는 열차와 작업자간 휴대용 무전기를 통해 통화를 하고 있다.

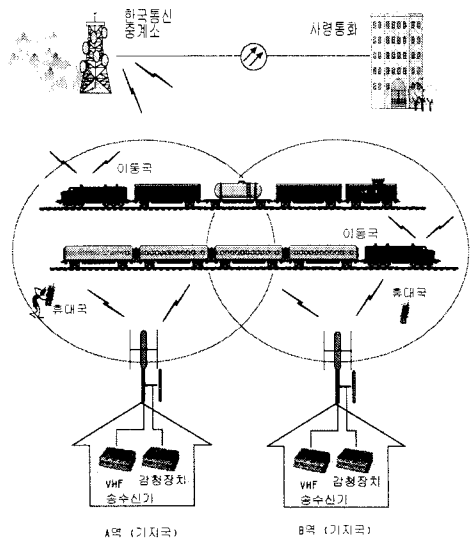


Fig. 1 국철의 열차무선 통신망

1. 서 론

현재, 국철에서 사용하고 있는 열차무선은 1960년대 에 도입하여 아날로그방식의 음성통화에 사용하고 있으며, Network의 개념없이 1:1통화를 하고 있어 장비의 사용이 간단하며 유지보수가 용이하다. 그러나, 같은 채널을 동시에 여러 사람이 사용함으로써 사용자들 상호간에 간섭 및 잡음에 의한 통화품질이 저하되는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 최근에 도입되는 경부고속철도의 열차무선시스템과 유럽에서 사용하고 있는 열차무선시스템의 현황을 조사 분석하였다.

2. 본 론

2.1 국철의 열차무선

2.1.1 국철의 열차무선망

국철의 열차무선망은 Fig. 1과 같이 기지국, 육상이동국 및 휴대국으로 구성되며, 열차무선시스템은 무선 송·수신기, 감청장치, 안테나, Control head 및 송·수화기 (Hand set) 등의 장치들로 구성되어 있다.

2.1.2 통화의 종류

통화의 종류는 크게 일반통화, 비상통화, 사령통화, 작업통화로 구분되며 주파수 및 통신상대방이 상이하다. 일반통화는 경부선 전구간에서 동일한 주파수를 사용하므로 열차가 운행 중 어디서나 통화가 가능한 반면 혼신 및 간섭이 있다. 운행정보의 교환을 주목적으로 하고 있으며 주파수는 153.440MHz 단신방식을 사용한다.

비상통화는 153.520MHz를 사용하고 있으며 천재 지변, 열차운전사고 및 기타 위급한 사태가 발생하였거나 발생할 우려가 있을 때 사용하는 통화로 감청장치

Table 1 열차무선통화의 분류

통화 종류	사용채널	사용구간	통신상대방
일반통화	채널 1번	전선(단, 통신가능 구역 내)	고정국: 고정국 상호간 기지국: 기지국-육상이동국 육상이동국: - 육상이동국상호간 - 육상이동국과 기지국간
비상통화	채널 2번	상 통	모든 무선국 상호간 (임편과 2채널 보수용은 제외)
사령통화	채널 3번	서울, 부산, 순천 지방청 관내 통신가능 지역	사령과 열차
	채널 4번	방우CTC, 대전, 영주지방청과 지하철 관내 (수도권전동차 1호선에 한함)의 통신가능 지역	사령과 열차
작업통화	채널 3, 1번 (단, 2채널용은 채널2번)	보수작업장의 통신가능 한 구역 내	작업장내 무선국 상호간
	채널 2, 3, 1번 (채널2번은 비상통화 주파수와 상이)	임편작업장의 통신가능 한 구역내	작업장내 무선국 상호간

2.1.3 VHF 열차무선시스템 주파수 이용현황

기존철도의 무선망은 153MHz 주파수 대역의 VHF 방식을 사용하고 있으며 단순 통화기능만 단신방식으로 서비스되고 있다. 경부선 구간에서 CH1을 일반통화용, CH2를 비상통화용으로 사용하고 있으며, 역기지국-열차, 열차-열차, 열차내 기관사-승무원간 운행정보 교류를 목적으로 사용하고 있다. CH3과 CH4는 사령통화용으로 사용되며, 한국통신의 회선을 임대하여 CH1, CH2와는 별도의 네트워크로 구성되어 있다. 특히, 경부선 구간에 8개의 한국통신 중계소에서 사령통화를 지원하고 있으며, 서울의 경우는 삼성산에서 인천 및 평택 지역까지 CH3으로 사령통화를 지원하고 있다.

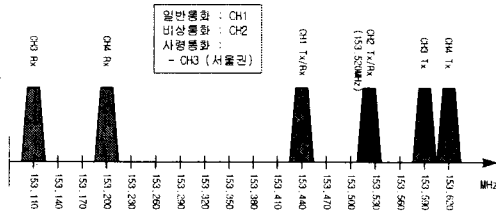


Fig. 2 열차무선 주파수이용 현황

2.1.4 열차무선 통화권 분석

VHF 열차무선의 주파수 대역과 송신출력 및 안테나 이득 등을 토대로 Fig. 3과 같이 VHF 열차무선의 통화권(Cell-planning)을 조사, 분석하였다. 그 결과 낮은 주파수 대역에서 높은 출력을 사용함으로써 역기지간에 통화권이 중첩되어 있어 간섭과 잡음이 높아 통화품질이 저하되는 문제점을 가지고 있다.

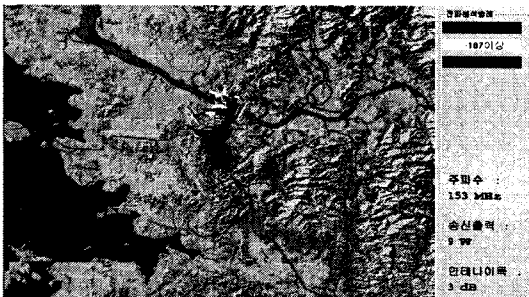


Fig. 3 시흥역의 통화권

2.2 고속철도의 열차무선

경부고속철도에 도입되는 TRS시스템은 미국 모토로라(사)에서 80년대 말에 상용화에 성공하여 미국, 호주, 홍콩 등 10여 국에서 무선통신시스템으로 활용중인 Astro Smartzone system으로 국내 고속철도 환경에 적합하도록 Simulcast방식을 적용하고 있다.

주파수는 850MHz 대역의 15개 채널을 사용하며, 통신네트워크의 개념을 도입하여 데이터와 음성통신망을 구축하고 있으며, 최고 시속 350km/h의 고속주행에서도 통화의 단절이 없으며 터널이나 산악지역 등 악조건에서도 통신이 가능하도록 설계되어 있다.

또한, 디지털방식으로 통화품질이 우수하며, 통화 상대방과 개별호출, 그룹호출 및 일제호출이 가능하다.

2.2.1 고속철도의 열차무선망

전체적인 무선통신망은 아래 그림과 같이 구성되며, 모든 채널의 할당 및 전체 망의 관리는 중앙제어국에서 처리하고 있다. 또한, 터널시스템과 중계기지를 설치하여 통화가 두절되는 음영지역을 없애도록 구성되어 있다.

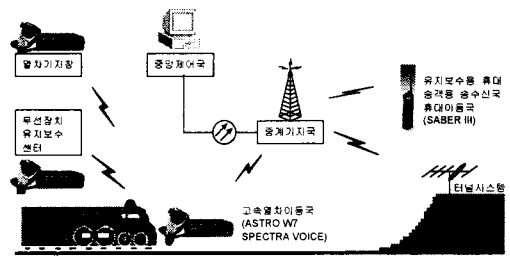


Fig. 4 경부고속철도의 열차무선망

광전송망은 안정성과 효율성을 고려하여 Ring Network와 Linear Network를 혼합하여 사용하고 있다. 아래 그림은 수도권에서 광전송망 구성을 나타내고 있다.

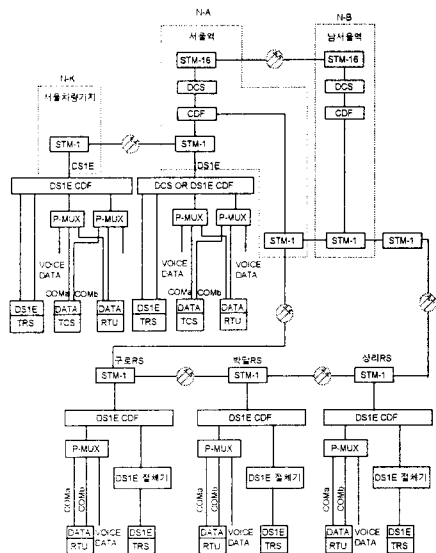


Fig. 5 경부고속철도의 광전송망 구성

(가) Backbone 전송망

경부고속철도 광통신망의 중심이 되는 Backbone Network는 STM-16 (2.5Gbps)으로 구성된다. 이는 30,000명 이상이 동시에 통화할 수 있는 방대한 네트워크로 철도 관련 각종 서비스와 향후 다량의 영상까지도 전송할 수 있는 규모이다. 주요 역마다 STM-1 단위로 Add/Drop을 하고 있으며 서울역과 남서울 역에서 STM-16으로 연결될 수 있다.

(나) STM-1 Ring Network

서울역 ~ 남서울역 ~ 구로RS ~ 상리RS ~ 박달RS 간에는 STM-1 Ring 망으로 전송로가 구축되어 있다. Ring Network은 어느 한 구간에서 전송로가 단절되어도 다른 Route를 통하여 신호가 연결될 수 있도록 구성된 망이며 Linear망에 비해 2배 이상의 신뢰성을 갖게 된다.

(다) TRS 중계기지와국 연결

모든 TRS 중계기지국에는 E1(2.048Mbps) 2개가 연결되어 있다. 실제 TRS 중계기지국에서는 E1 1개면 용량이 충분하나 전송로를 보호하기 위하여 2개의 E1을 공급하고 있다. TRS와 연결되기 전에 DS1E 절체기를 통하여 회선 절체를 수행한다.

2.2.2 경부고속철도의 TRS 주파수

Table 2 고속철도 TRS 주파수 사용계획

구분	기지국 송신 (MHz)	기지국 수신 (MHz)	용도	
A 주파수	A1	851.3875	806.3875	주채어채널
	A2	851.8875	806.8875	보조채어채널, 음성
	A3	853.3875	808.3875	음성
	A4	854.4375	809.4375	음성
	A5	855.4375	810.4375	음성
B 주파수	B1	855.8875	810.8875	열차 데이터 송수신
	B2	853.8875	808.8875	강매, 가이가지창 데이터 송수신
	B3	852.4375	807.4375	가이가지창 주채어채널
	B4	852.8875	806.8875	가이가지창 보조채널, 음성
	B5	854.3875	809.3875	가이가지창 음성채널
C 주파수	C1	851.4375	806.4375	주채어채널, 강매기지창 제어채널
	C2	852.3875	807.3875	보조채어채널, 음성, 강매 음성용
	C3	853.4375	808.4375	음성, 강매 음성용
	C4	854.8875	809.8875	음성, 강매 음성용
	C4	855.3875	810.3875	음성, 강매 음성용

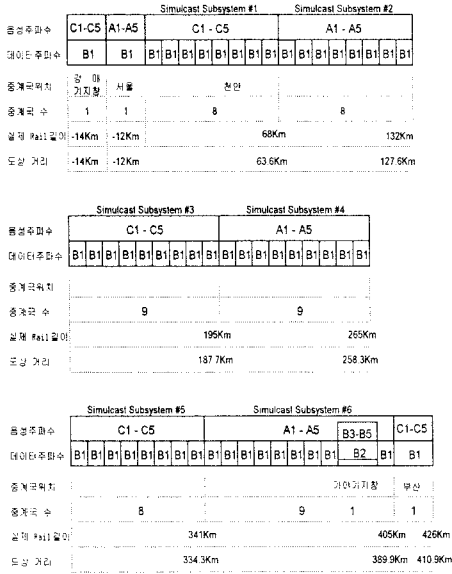


Fig. 6 고속철도 TRS 주파수 배치계획

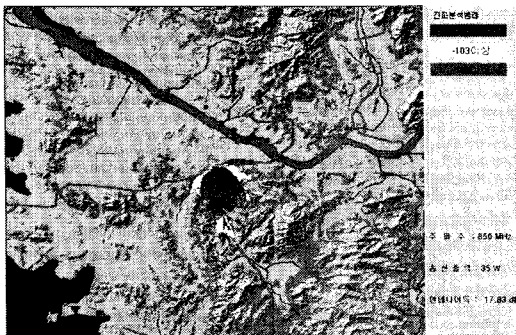


Fig. 7 구로역 TRS 중계기지국통화범위

2.3 선진 외국의 열차무선

선진 외국의 철도무선은 우리나라와는 달리 초기부터 망(Network)의 형태로 구축되었으며, 기존의 아날로그 방식을 디지털로 교체하는 등 지속적으로 통신망을 발전시켜 나가고 있다. 그리고, 고속열차를 운행하는 국가는 대표적으로 프랑스, 독일, 일본 등으로 이들은 각각 자신들만의 통신망을 구축하여 안전과 효율을 함께 추구하고 있다.

특히, 유럽은 여러 국가가 지형적인 구별없이 단일화된 지역으로 통합되고 구 소련의 붕괴로 이념의 벽도 허물어지는 등 유럽 통합작업이 진행됨에 따라 유럽의 여러 국가를 횡단하는 고속열차는 필연적으로 열차무선 운용의 호환성이 문제로 대두되고 있으며 각국은 주파수와 통신방식을 개별적으로 사용하고 있는 상황에서 통합된 열차무선 장비가 필요로 하게 되었다.

기존의 운용방법에서는 국가마다 다른 주파수와 무선기를 탑재하여 운행함에 따라 여러 가지 비효율적인 요소를 포함하게 되어 이에 대한 개선방법이 필요하게 되었다. 가장 먼저 국가간 운용의 호환성을 고려한 프로젝트가 "카멜레온 무선(Chameleon Radio)"으로 국경을 통과하는 Eurostar와 Class92 기관차에 탑재되어 통과하는 국가나 지역의 지상시스템에 맞추어 통신방식을 바꾸어 가며 운행하는 동안 기관사에 의해 선택된 언어의 표준메시지로 통화를 가능하게 하고 있다.

또한, EIRENE(European Integrated Radio Enhanced Network) project와 MORANE project 등을 통하여 다년간에 걸쳐 유럽의 새로운 디지털 열차무선장치의 개발 계획을 실행중에 있으며 향후 시제품에 대한 시험구간에 실시를 통하여 상용화할 계획이다. 이러한, 유럽의 움직임은 유럽표준공동규격작업을 통한 유럽의 철도인프라 구축을 함으로서 국가간 통과열차에 대해 장비의 교체없이 자연스럽게 무선장비를 사용할 수 있도록 함으로서 철도의 대외 경쟁력을 도모하고 있다.

2.3.1 EIRENE project

유럽철도를 대표하여 새로운 디지털 무선장비의 표준을 개발하는 프로젝트로 GSM Cellular를 기반으로 하고 있으며 국제간 운용의 호환성과 국제 Roaming을 목표로 하는 차세대 시스템과 호환성을 갖추고 음성과 데이터 통신이 가능한 규격이다. 1992년부터 경제성 검토를 하였으며 다음과 같은 목표를 가지고 있다.

- 디지털 방식을 사용하고 유럽 표준을 적용해야 함.
- 음성과 데이터 통신이 가능해야 함.
- 유럽 전역에서 열차무선의 호환성 확보.
- 900MHz 대역에서 주파수를 공동으로 사용할 것
- 기존 시스템을 새로운 시스템으로 교체하기 위한 전략을 수립할 것.
- 모든 철도 관할청에 대한 사용승인을 취득할 것
- 유럽에서 시스템의 현장시험을 수행할 것.

2.3.2 MORANE project

UIC에서 규정한 표준과 철도에 대한 범용적인 요구사항을 만족하는 GSM기술을 근간으로(제어를 포함) EIRENE 표준을 규격화, 개발, 시험 및 품질보증 하는 것을 내용으로 GSM-R 시스템을 도입하여 단일 표준에 의한 통신시스템으로 사용자가 요구하는 모든 기능을 수용하고자 하는 Project이다. MORANE은 독일 이탈리아, 프랑스에서 완전한 ERTMS(European Rail Traffic Management System)의 구현을 위해 동일한 현장시험 구간을 사용할 계획이다. MORANE Project를 추진하게 된 배경은, 현재 유럽에서 사용중인 여러 국가의 열차무선 시스템이 다양한 방식과 주파수 등의 원인으로 혼재되어 국가간 연결 주행시 운용의 호환성이 보장되지 않아 이의 해결을 위해 각국의 철도청에서 요구사항이 있었기 때문이었다.

2.3.3 GSM-R 규격화

일반 GSM을 철도통신에 부합되는 공통 주파수를 찾아서 조화를 이루는 것으로 다음 사항을 기대할 수 있다.

- 이미 개발된 장비의 사용함으로 비용 절감효과
- 주파수 관리 측면에서 주파수 효율 상승
- 기술적인 측면에서 아날로그에서 디지털로의 전환

(가) GSM의 주파수 대역

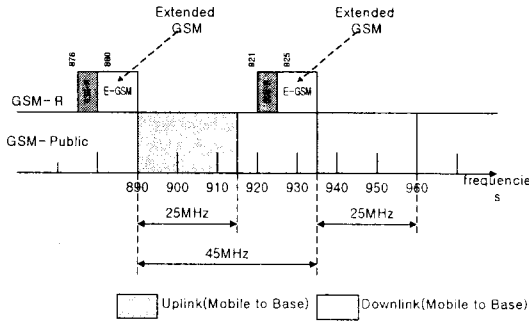


Fig. 8 GSM의 주파수 할당

(나) GSM 네트워크의 구조

GSM은 다음과 같은 기능적인 요소들로 구성된다.

- 이동국 (Mobile Station (MS))
- 기지국시스템 (Base Station Sub-system (BSS))
 - 기지국 (Base Station)
 - 기지국 제어기 (Base Station Controller (BSC))
- 네트워크서브시스템 (Network Sub-system (NSS))
 - 이동전화 교환시스템 (MSC)
 - 방문자 위치 등록장치 (VLR)
 - 가입자 위치 등록장치 (HLR)
- 망관리장치
- 운용 및 유지보수 센터 (OMC)

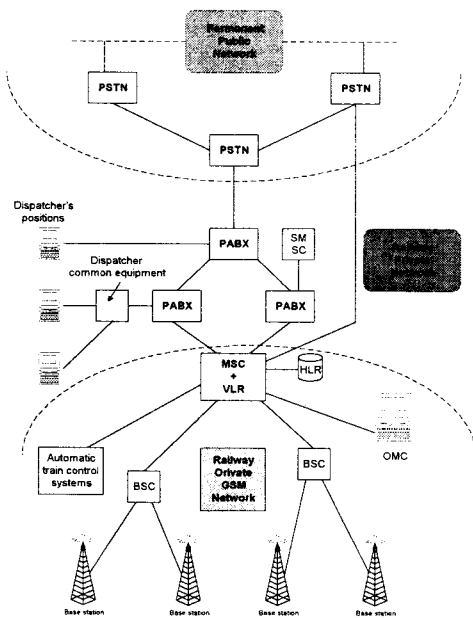


Fig. 9 GSM-R의 논리적 Block Diagram

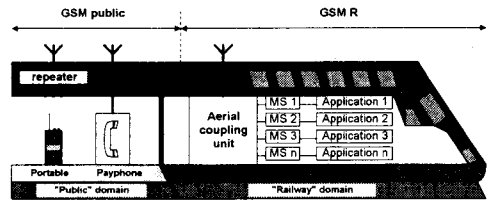


Fig. 10 이동국에 대한 GSM-R Block Diagram

3. 결 론

국철에서 사용하는 VHF 열차무선시스템은 사용자의 요구사항과 기반기술의 발전과 더불어 개량의 필요성이 절실히 요구되고 있다. 또한, 새로운 시스템의 도입에는 장기간에 걸쳐 막대한 시설투자가 투입되어야 한다. 따라서, 시스템의 도입하기에 앞서 충분한 타당성 검토 및 기술분석이 선행되어야 할 것이다.

본 연구는 이러한 취지에서 국철의 열차무선시스템 현황과 고속철도에 도입되는 열차무선시스템을 조사, 분석하였으며, 선진외국의 열차무선시스템 개발 현황에 대해 분석하였다.

향후, 국철에 도입되는 열차무선시스템은 국외의 사례를 충분히 반영하여 국가무선망과의 연계 및 철도무선통신의 표준화 작업이 체계적으로 연구될 필요성이 요구되고 있다. 또한, 철도에 종사하는 철도원의 요구사항을 충분히 만족하여야 하며, 확장성과 호환성을 고려한 시스템으로 선정하여야 할 것이다. 그리고, 경제성과 유지보수성의 측면에서도 충분한 검토가 선행되어야 할 것으로 사려된다.

(참 고 문 헌)

- [1] Theodore S. Rappaport, "Wireless Communications"
- [2] R J Parris & J G Saul, "CHAMELEON RADIO"
- [3] 스펙트럼통신기술, "무선통신망 설계기술 세미나"
- [4] EIRENE -Michael Watkins-
- [5] 열차무선시스템 시공감독훈련 내용 요약 -한국고속철도 건설공단-
- [6] 경부고속철도 제1시험선구 열차무선시스템 설치공사 자체 규격서
- [7] 경부고속철도 무선통신망 구축 제안서 -모토롤라-
- [8] TRS 시스템 교육자료 -모토롤라-
- [9] The MORANE project -Robert sarfati-
- [10] Training of the KNR TGV staff radio network -SYSTRA-