

디지털 열차무선시스템에 관한 고찰

조봉관 류상환
한국철도기술연구원

A study on digital train radio system

B. K. Cho S. H. Ryu
KRRI

Abstract - train radio system used for shinkansen in japan has been 18 years since it was opened in 1982 and grown old. Analogue train radio is short of the number of lines and can't cope with the needs for the new high speed data transmission by 1,200 bps. The construction to renew the Tohoku - Joethu shinkansen train radio system(shinkansen train radio system) with digital method started from 2000 in JREast. Digital method makes it possible to improve the quality of radio transmission, reliability of the network and every device, the speed and capacity of transmission and to be more efficient maintenance by introducing the latest IT technology. This paper will consider synchronization between base station, diversity method, software receiver, mobile high speed digital radio system, high reliability LAN introduced as technologies supporting these.

1. 서 론

현재, 국철에서 사용하고 있는 열차무선은 1960년대에 도입하여 아날로그방식의 음성통화에 사용하고 있으며, Network의 개념없이 1:1통화를 하고 있어 장비의 사용이 간단하며 유지보수가 용이하다. 그러나, 같은 채널을 동시에 여러 사람이 사용함으로 사용자들 상호간에 간섭 및 잡음에 의한 통화품질이 저하되는 문제점을 가지고 있다.

일본의 신간선에서 사용하고 있는 열차무선시스템은 1982년 개통 이래 이미 18년이 경과되고 설비 노후화가 진행되었다. 아날로그 열차무선은 회선수가 부족하고 데이터의 전송속도 또한 1,200bps로 새로운 고속데이터 전송의 요구에 대응할 수 없는 상황이다. JR동일본에서는 東北(토호쿠)上越(조에쓰)신간선 열차무선시스템(이하, "신간선 열차무선시스템")을 디지털방식으로 갱신하는 공사를 2000년부터 착수하고 있다. 디지털 방식은 최신의 IT기술을 도입함으로써 "무선전송품질향상", "네트워크 및 각 기기의 신뢰성 향상", "고속대용량의 데이터 전송", "효율적인 유지보수 확립" 등을 가능하게 한다. 본 고에서는 국철의 열차무선시스템 현황과 일본의 열차무선시스템 개량 현황을 분석하였다 또한, 이들을 지지하는 기술로서 도입된 "기지국간 동기방식", "최대비합성 다이버시티방식", "소프트웨어 수신기", "이동체용 고속디지털 무전기", "고신뢰도 LAN구성"에 관해서 소개하고자한다.

2. 본 론

2.1 국철의 열차무선

2.1.1 국철의 열차무선망

국철의 열차무선망은 Fig. 1과 같이 기지국, 육상이동국 및 휴대국으로 구성되며, 열차무선시스템은 무선 송수신기, 감청장치, 안테나, Control head 및 송수화기(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 구간에서 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 천재지변, 열차운전사고 및 기타 위급한 사태가 발생하였거나 발생할 우려가 있을 때에 사용하는 통화로 감청장치를 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.

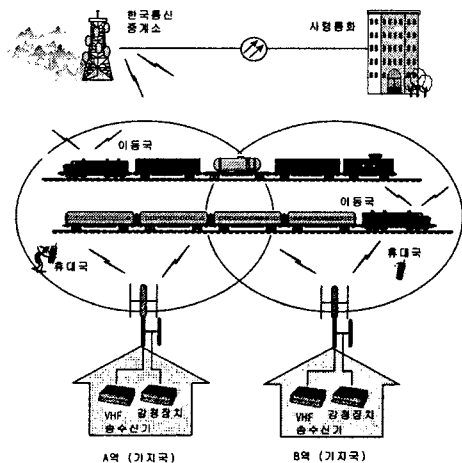


Fig. 1 국철의 열차무선 통신망

Table 1 열차무선통화의 분류

통화 종류	사용채널	사용구간	통신상대방
일반 통화	채널 1번	전선(단, 통신가능 구역 내)	고정국: 고정국 상호간 기지국: 기지국-육상이동국 육상이동국: 육상이동국상호간 (입환과 2채널 보수용은 제외)
비상 통화	채널 2번	상 동	모든 무선국 상호간 (입환과 2채널 보수용은 제외)
사령 통화	채널 3번	서울, 부산, 순천 지방청 관내 통신가능 지역	사령과 열차
	채널 4번	망우CTC, 대전, 영주지방청과 지하철 관내 (수도권전동차 1호선에 한함)의 통신 가능 지역	사령과 열차
작업 통화	채널3,4번 (단, 2채널용은 채널2번)	보수작업장의 통신가능 한 구역 내	작업장내 무선국 상호간
	채널2,3,4번 (채널2번은 비상통화 주파수와 상이)	입환작업장의 통신 가능 한 구역내	작업장내 무선국 상호간

2.1.3 VHF 열차무선시스템 주파수 이용현황

기존철도의 무선망은 153MHz 주파수 대역의 VHF 방식을 사용하고 있으며 단순 통화기능만 단순방식으로 서비스되고 있다. 경부선 전구간에서 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 삼삼산에서 인천 및 평택 지역까지 CH3으로 사령통화를 지원하고 있다.

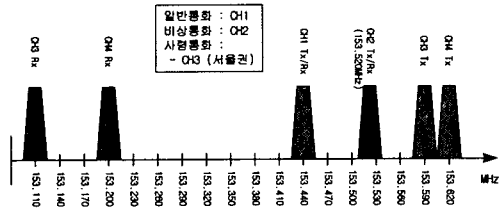


Fig. 2 열차무선 주파수이용 현황

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 역기지국 간에 통화권이 중첩되어 있어 간섭과 잡음이 높아 통화 품질이 저하되는 문제점을 가지고 있다.

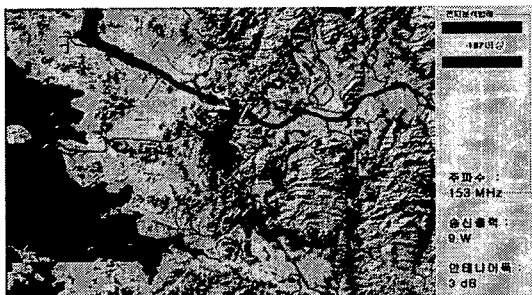


Fig. 3 시흥역의 통화권

2.2 신간선 열차무선시스템의 기지국간 동기방식

지연과 성분은 방해파로서 이를 처리하기 위해 적응동화기 방식을 적용하며, 각 기지국은 Zone 경계인 중단반에서 상부방향의 인접 기지국과 Frame 위상차를 측정하고 그 결과를 토대로 하부방향의 기지국이 1symbol분의 지연이 될 수 있게 Frame 주기를 조정한다.

Fig. 4에서 A기지국을 시스템 전체의 Frame 동기용 Master 기지국으로 하였다. Master 기지국은 GPS(Global Positioning System)기준 clock과 무선 Frame과의 Timing 오차를 상시 감시하고 각 기지국에 통보한다. Master 기지국 이외에는 동동시에만 Master 기지국으로부터 통보되는 Timing 정보에 Frame 동기를 맞추고 이후에는 상부방향의 중단반으로부터 Frame의 위상차에 근거하여 Frame 주기 조정을 실시한다. Master 기지국에 장애가 발생한 경우에는 Master 기지국의 하부방향의 기지국이 Master 기지국이 된다.

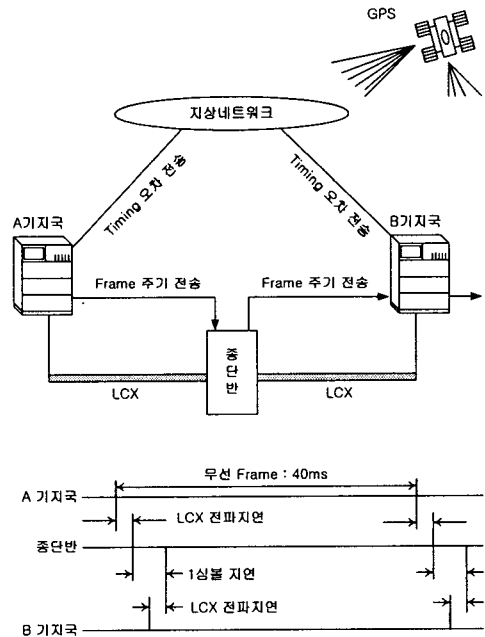


Fig. 4 신간선 열차무선시스템의 기지국간 동기 개념도

2.3 최대비 합성 다이버시티 방식

이동통신에서는 회절파와 반사파 등 다중파 경로간의 간섭은 수신파의 순시치 변동 즉, 페이징을 발생시키고 회선품질에 악영향을 미친다. 페이징의 영향을 경감시키는 기술로 2가지 이상의 수신파를 이용하는 다이버시티 수신방식이 있다. 디지털 열차무선에서 BER(Bit Error Rate)이 전송품질의 지표가 되며 기지국에서 이동국 방향의 BER 개선책으로 4면 최대비 합성 다이버시티 방식을 채용하였다.

최대비 합성 다이버시티에서는 진폭레벨에 비례하고 잡음전력에 반비례한다. 실제의 이동국에서는 차량 측면의 2면을 분할해서 4면의 안테나를 사용하고 있다.

4면 최대합성다이버시티의 효과를 확인하기 위해 2000년 9월11월에 동북신간선 일부구간에서 실차주행 시험을 실시하였으며, 1면, 2면 및 4면에 관해서 각각 수신 전계강도와 BER을 측정하였다.(Table 2 참조)

Table 2 주행시험에서 BER 특성

측정조건(수신안테나)	측정결과
1 branch(전방)	310^{-4}
2 branch(좌, 우측)	110^{-6}
4 branch(전후좌우)	410^{-8}

이 결과, 4branch의 최대비 합성다이버시티는 2branch의 최대비 합성 다이버시티와 비교해서 개선되어있음을 알 수 있었으며 고속이동시의 유효성을 확인하였다.

2.4 신간선 열차무선시스템의 소프트웨어 수신기

신간선 열차무선 기지국은 지령전화, 공중전화 등에 사용하고 있기 때문에 열차가 운행중일 경우에는 설비를 사용 중지시켜 무전기 성능을 측정할 수 없다. 때문에 심야의 수 시간 동안 측정하게 된다. 또한, 효율적인 보전방법으로 소프트웨어 무전기라는 기술을 응용하여 기지국으로부터 이격된 장소에서 운용중에 무전기 성능을 측정한다.

소프트웨어 무전기란 하드웨어를 제어하는 소프트웨어 프로그램을 필요시 외부에서 조작, 갱신하여 하나의 하드웨어로 다양한 통신방식에 대응할 수 있게 만든 무전기이다. 소프트웨어 무전기의 수신부를 소프트웨어 수신기라 한다. 소프트웨어 수신기의 특징은 1대의 수신기로 멀티모드 복조기능 및 소프트웨어 다운로드 기능이 있으며 복조시 소프트웨어에 의한 디지털 신호처리를 응용하여 얻어진 주파수 스펙트럼으로부터 무전기 성능을 구할 수 있다.

열차무선용 보수단말(OS는 Window NT)을 지령실, 보수반 등에 설치하며 보수단말은 통신네트워크를 통해 중앙장치통제국 및 LAN으로 구성되며 기지국의 시험 인터페이스부와 접속하여 기지국의 고장감시, 이상시의 계절체 등 제어 이외에 무전기의 성능측정에도 사용된다.

2.5 이동체용 고속 디지털 무전기

신간선 열차무선의 디지털화와 함께 고속대용량의 무전기를 개발하였다. 디지털 무선방식에서 다중화방식은 TDM/TDMA, 변조방식은 위상변조의 /4 시프트 QPSK로 어느 쪽도 디지털 휴대전화 등에서 채용되고 있는 방식이다. 전송속도는 현재 할당된 주파수에서 384kbps와 307.2kbps의 2파로 하였다.

무선채널은 음성계에서 22CH로 아날로그방식과 비교해서 8CH 늘었으며, 데이터계는 전부 14CH로 아날로그방식과 비교해서 10CH 늘었다. 또한, 데이터 전송속도도 아날로그구간이 1.2kbps(무선구간)인 것에 반해 9.6-64kbps로 고속화되었다.

일반 휴대전화의 데이터 전송속도가 9.6kbps, PHS가 3264kbps 정도인 것을 감안하면 신간선에서 고속으로 이동을 고려하면 보다 고속대용의 무전기라 말할 수 있다. 이러한 디지털방식은 아날로그방식과 비교해서 주파수의 유효이용을 도모할 수 있다.

2.6 신간선 열차무선시스템의 고신뢰도 LAN 구성

동경에 있는 중앙장치와 각 지역의 통제국 장치 내부는 기기간 접속에 LAN을 사용하고 있으며, LAN장해에 대한 신뢰성을 향상시키기 위해서 용장성을 고려한 LAN구성을 도입하였다. LAN의 용장구성은 스위칭 HUB(이하, 스위치)에 의한 spanning tree기능을 채용하였다. spanning tree란 루프형태로 형성된 네트워크 내에서 데이터가 영원히 순환하는 것을 방지하기 위한 제어방식이다.

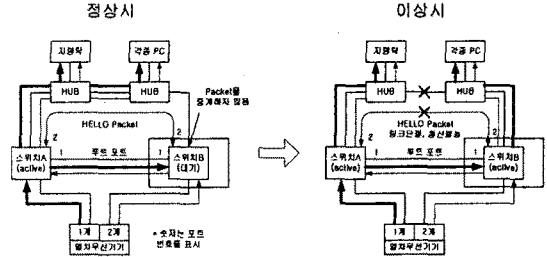


Fig. 5 고신뢰도 LAN 구성

Fig. 5에서 LAN상에 스위치 2대를 설치하고 한쪽의 스위치(A)가 동작상태일 때, 다른 한쪽의 스위치(B)는 대기상태가 되며, 액티브 스위치의 지정은 MAC 어드레스 또는 운용자의 설정으로 정해진다. 또한, 스위치간에는 BPDU(Bridge Protocol Data Unit) HELLO 패킷을 통하여 통신불능 상태와 루프 해제 등을 판단하고, 대기 스위치를 통해서 통신을 가능하게 한다.

열차무선시스템 다운을 피하기 위해 spanning tree의 최대 이점인 "장해시에 우회경로를 확보할 수 있다." 것을 중요시하여 채용한다.

3. 결 론

2000년 4월에 시작한 소산(小山)우도궁(宇都宮) 지구의 모델선구공사는 현재 전구간에서 중앙장치통제국 장치 등의 공사가 진행되고 있다. 또한, 이동국 장치의 개조공사도 선태(仙台)총합차량소에서 순조롭게 진행되고 있다. 2001년 말에는 지상공사가 거의 완료되었으며 2002년부터는 주행시험을 포함한 총합시험이 실시하고 디지털 열차무선이 사용 개시될 예정이다.

현재, 우리나라 국철에서도 기존의 아날로그 열차무선에 대한 현대화 사업이 추진되고 있는 실정이고 보면 일본 신간선의 열차무선 개량사업은 좋은 본보기가 될 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 조봉관, "VHF 열차무선시스템의 개량방안에 관한 연구", 대한전기학회 춘계학술대회, 2001
- [2] Oshima yoshio, "東北 上越 신간선 디지털 열차무선에 도입되는 새로운 IT기술", 일본 철도와 전기기술, 200 1.9 Vol.12 No.9