

밀리미터파방식의 열차무선시스템에 관한 고찰

A study on the train radio system of millimeter wave method

조봉관^{*)}
Cho, Bong-Kwan

Abstract

Construction of Yamanashi Maglev Test Line in Japan was proceeded based on "superconducting maglev Yamanashi Testline plan" approved by Ministry of Transport Government of Japan in 1990, which was performed by Yamanashi Maglev Test Line construction project team organized by personnel of Japan Railway Construction Public Corporation, RTRI and Central Japan Railway Company, and overall adjustment test was performed. Yamanashi Maglev experimental project team was organized, sponsored by RTRI and Central Japan Railway Company from April in 1997. Running test for the application was performed by this project team. Technical availability was proved by "superconducting maglev committee" of Ministry of Transport Government in March, 2000. In this paper, train radio system by LCX and by millimeter wave will be reviewed.

1. 서론

일본의 Yamanashi 리니어 실험선(東八代郡境川村~南都留郡秋山村간 총연장 42.8km)의 건설은 1990년 일본 운수성으로부터 승인된 "초전도 자기부상식철도 山梨(Yamanashi)실험선 건설계획"에 근거하여 일본철도건설공단, 재단법인 철도총합기술연구소, 동해여객철도주식회사의 3개 기관이 주체가 되어 山梨(Yamanashi)리니어실험선 건설프로젝트팀을 구성하고 건설이 진행되었으며 1997년 3월말까지 공사의 최종 단계인 종합조정시험이 실시되었다. 그리고, 1997년 4월부터 재단법인 철도총합기술연구소와 동해여객철도주식회사 2사가 주체가 되어 山梨(Yamanashi)리니어 실험프로젝트팀을 구성하였으며 실험프로젝트팀에 의해 실용화평가를 위한 주행시험이 실시되고 2000년 3월에는 운수성의 "초전도 자기부상식 철도실용기술평가위원회"에서 기술적 가능성을 인증받았다. 본 논문에서는 일본의 山梨(Yamanashi)리니어실험선에서 지상~차상간 정보전송으로 사용하고 있는 LCX방식 열차무선시스템과 밀리파 방식 열차무선시스템에 관해 고찰하였다.

* 한국철도기술연구원, 철도신호통신연구팀, 주임연구원, bkcho@krti.re.kr

2. 山梨(Yamanashi)리니어실험선

山梨(Yamanashi)리니어실험선은 운전속도가 500km/h를 초과하는 차세대 고속수송시스템이다. 리니어차량의 운전제어는 모두 지상에서 실시하고있기 때문에 차량의 안전 및 효율적인 운전을 하기 위해서는 지상측에서 상시 차량의 상태를 감시할 수 있는 고속이면서 고품질의 전송이 요구된다.

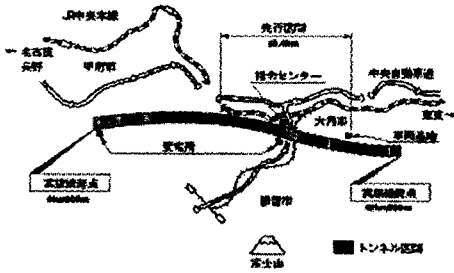


그림 1. Yamanashi 리니어실험선 노선도

그림 2. 山梨(Yamanashi)실험센터

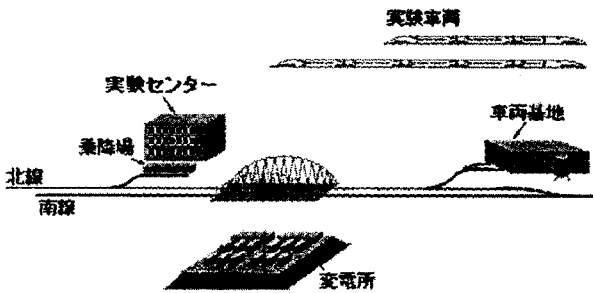


그림 3. 실험선 설비 개요

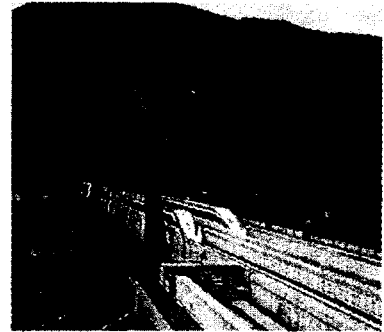


그림 4. 주행시험

3. LCX방식의 열차무선시스템

LCX방식 열차무선시스템은 신간선 등에 실적이 있는 고품질의 무선시스템이다. 山梨(Yamanashi)리니어실험선의 시스템은 이동체가 선로근방에 시설된 누설동축케이블(LCX : Leaky Coaxial Cable)과 근방계로 결합한다. 때문에 전파경로상의 장애물을 줄일 수 있으며 상시 직접파

를 수신할 수 있어 안정된 전계가 얻어지고 고품질의 통신로를 확보할 수 있는 것이 특징이다. 본 시스템은 신간선에 사용하고 있는 열차무선시스템을 디지털화하고 변조방식에 $\pi/4$ 시프트 QPSK 방식을 채용하여 전송속도 296kbit/s의 열차무선시스템을 실현하고 있다.

3.1 시스템의 구성

본 시스템은 서비스 영역내에 2편성 리니어 차량과 동시통신이 가능하게 구성되어 있다. 통신은 실험센터에 설치된 기지국과 리니어차량의 이동국간을 선로근방에 설치된 2개의 LCX를 통하여 실시하고 있다.(그림 5) 주파수는 400MHz대역 3파를 사용하고 있으며, 세부적으로는 지상→차상 방향으로 1파를 시분할방식을 적용하여 2편성으로 각각 할당하고 남은 2파를 편성마다 할당하여 차상→지상방향 통신에 사용한다.

3.2 $\pi/4$ 시프트 QPSK 무선기

본 시스템에 채용하는 무선기는 전송대역에 대한 고유주파수대역이 협대역이며 요구조건으로 전파간섭에 강해야 한다. 따라서, 1주기에 4가지 값이 전송가능하고 페이징 내성이 좋은 $\pi/4$ 시프트 QPSK 방식을 채용하고 있다. 고유대역폭은 전송속도 3/4 이하까지 협대역화된다.

3.3 다이버시티

철도시설환경에 기인하는 반사파와 기지국서비스영역 경계에서 발생하는 전파간섭은 회선품질 열화의 최대 요인이다. 이것을 개선하기 위해 복수의 안테나를 사용하여 수신 입력중에 전계강도가 강한 것을 선택하는 다이버시티 수신방식을 채용하고 전파간섭에 강한 시스템 설계를 하였다.

지상→차상방향의 수신에는 선두차량 양측면의 전후로 약 17m 거리를 이격하여 설치한 2면의 안테나로부터 선택하는 공간다이버시티방식을 채용하고, 차상→지상방향의 수신에서는 선로근방에 시설된 2개의 LCX로부터 선택을 하는 루트 다이버시티 방식을 채용하고 있다. 또한, 수신기의 후단에서는 복조후 프레임검증을 실시하고 있으며 오류가 없는 프레임선택을 하는 프레임단위의 다이버시티도 동시에 실시하고 있다. 이것은 2계통의 안테나 수신파가 경로차로 인해 시간지연이 생길 경우에 유효한 기능이다.

3.4 도플러·시프트 대책

고속으로 주행하는 리니어차량에 송수신되는 전파는 기지국을 중심으로한 열차위치에 따라 그 주파수가 편이하다. 소위, 도플러효과를 유발시킨다. 이것에 의한 영향은 이동체의 주행속도와 전송속도에 비례하며 전송로에서 동기오차를 유발하고 회선품질을 열화시킨다. 따라서 본 시스템에서는 기지국 클럭으로 시스템 전체를 동기시킴으로서 지상→차상간 도플러 시프트의 영향을 배제하는 방식을 취하고 있다. 이 방식은 이동국 수신측에서 대책이 필요없이 회로를 간단화할 수 있는 장점을 가진다. 그러나, 기지국수신에서 클럭은 반환되어 2배의 시프트를 받기 때문에 수신프레임을 축적하고 재동기시킴으로서 대처하고 있다. 이것에 의해 차량의 주행속도에 의존하지 않고 상시 회선품질을 안정시킨 통신을 제공할 수 있다.

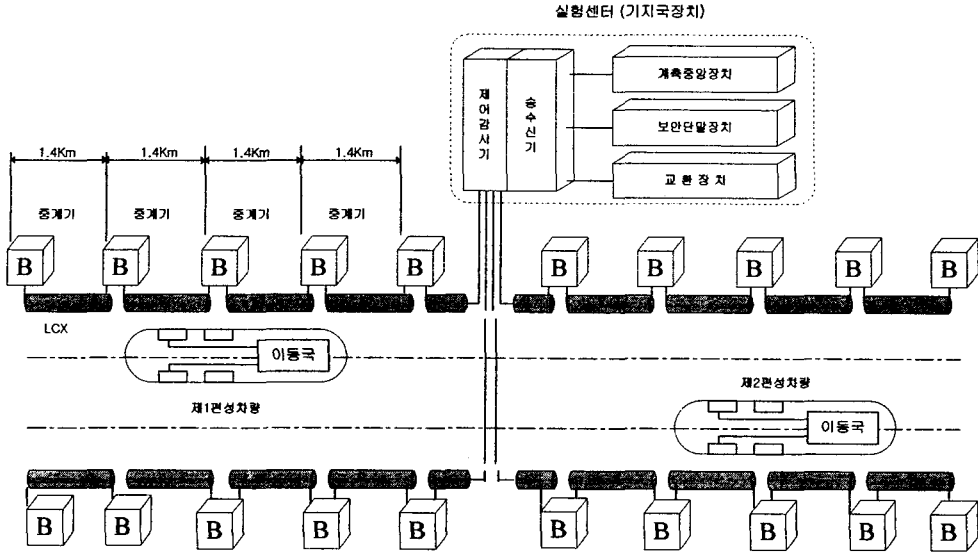


그림 5. LCX방식의 열차무선시스템의 구성

4. 밀리파방식 열차무선시스템

밀리파방식 열차무선시스템은 일본에서 전혀 실적이 없는 새로운 방식의 열차 무선이다. 밀리파는 주파수가 상당히 높은 전파(30~300GHz대역)로 지향성이 강하고 터널내를 잘 전파한다. 그러나, 강우 등에 의한 감쇄가 크다는 특징이 있다. 또한 LCX방식 열차무선으로 사용되고있는 UHF 대역과 비교하면 상당히 넓은 영역을 커버할 수 있기 때문에 대용량 전송이 가능하다.

산梨(Yamanashi)리니어실험선에서는 영업선 용도의 시스템 개발을 목표로 하고있으며 본 시스템에서 평가를 하기 위해 전파전파특성, 전송품질, 추적교환기능을 확인하는 시험을 하고 있다. 더욱이 6.312Mbit/s의 고속디지털 전송으로 차상에서 전방감시를 하는 CCD카메라의 영상과 차량상황감시화상을 실험센터 지령실로 전송하는 디지털 화상전송을 시험하고 있다.

밀리파방식 열차무선시스템은 일본에서 전혀 실적이 없는 새로운 방식의 열차 무선이다. 밀리파는 주파수가 상당히 높은 전파(30~300GHz대역)로 지향성이 강하고 터널내를 잘 전파한다. 그러나, 강우 등에 의한 감쇄가 크다는 특징이 있다. 또한 LCX방식 열차무선으로 사용되고있는 UHF 대역과 비교하면 상당히 넓은 영역을 커버할 수 있기 때문에 대용량 전송이 가능하다.

산梨(Yamanashi)리니어실험선에서는 영업선 용도의 시스템 개발을 목표로 하고있으며 본 시스템에서 평가를 하기 위해 전파전파특성, 전송품질, 추적교환기능을 확인하는 시험을 하고 있다. 더욱이 6.312Mbit/s의 고속디지털 전송으로 차상에서 전방감시를 하는 CCD카메라의 영상과 차량상황감시화상을 실험센터 지령실로 전송하는 디지털 화상전송을 시험하고 있다.

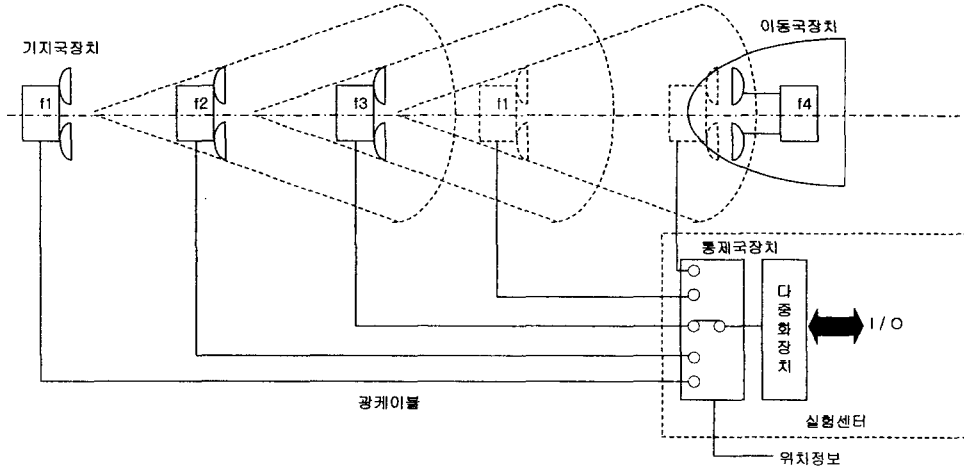


그림 6. 밀리파방식 열차무선시스템 구성

4.1 시스템 구성

山梨(Yamanashi)리니어실험선에 설치한 밀리파방식의 열차무선시스템의 구성을 그림 6에 표시하였다. 본 시스템에서는 지상·차상간에 6.312Mbit/s의 고속디지털 전송회선을 구성하고 열차의 이동에 따른 기지국의 순차절환, 전송회선의 추적교환을 실시하는 방식을 취하고 있다. 이동국 안테나는 리니어 차량의 진행방향 선두차량에 설치되어 가이드웨이내에 설치된 기지국과 교신을 한다. 기지국과 통제국에는 광전송장치가 설치되어 있으며 이 사이는 전용 광케이블을 매체로 하여 데이터전송을 실시하는 구성으로 되어 있다.

주파수는 45GHz 대역의 4파 사용하고 있으며 지상→차상방향으로 3파, 차상→지상방향으로 1파를 할당하고 있다.

4.2 공간다이버시티

이동체통신에서 고속디지털 전송은 페이징에 의한 레벨감쇄로 인해 버스트적인 부호오류가 발생한다. 이를 개선하는 방법으로서 복수의 안테나 수신신호를 절체하는 공간다이버시티 수신방식을 채용하고 있다. 이동국 및 기지국에는 2면 안테나를 설치하여 수평방향으로 각각 1.6m, 0.43m 간격을 두고 배치하고 있다. 수신신호의 절환은 bit 단위로 실시하고 절환판정에는 아이패턴의 열화를 이용하고 있다.

아이패턴을 절환판정에 사용함으로써 수신신호의 레벨저하뿐만 아니라 수신신호의 파형 변형에 따른 부호오류도 보완할 수 있다.

4.3 동기방식

시스템 동기방식으로는 지상장치와 차상장치가 별개의 클럭원에서 작동하는 독립동기방식을 채용하고 있다. 때문에 클럭 차에 의해 bit shift가 발생하고 이것을 지상과 차상에서 각각의 버퍼메모리에서 흡수를 하고 있다. 또한, 전송경로의 차이에 의한 전송지연차, 도플러효과에 의한 주파수 편이에 따라서도 bit shift가 발생하고 이것도 버퍼메모리에서 흡수를 하고 있다.

4.4 무선존의 구성

무선존은 Overlap 구성을 기본으로 하고 기지국의 설치간격에 따라 2zone 겹침 또는 3zone 겹침 구성이 가능하며 이동국 및 기지국의 기기고장 및 강우에 의한 감쇄에 대해 용장성을 가지고 있다. 기지국의 송신주파수는 3주파수를 할당하여 순환적으로(cycling) 배치하고 있다. 또한, 과도하게(overreach) 중첩되어 전파간섭을 일으키는 것을 방지하기 위해 열차재선구간만 송신하고 동일주파수 전파가 동시에 송신되지 않도록 제어를 하고 있다.

무선존의 전환은 무순단으로 실시할 필요가 있기 때문에 새로운 존으로 진입할 때에는 동기를 확립하고 프레임 위상을 맞춘 후 전환하는 방식으로 하고 있다.

5. 결론

신간선과 리니어로 대표되는 고속의 수송시스템에서는 운전보안에 적용되는 정보를 정확하고 신속하게 전달할 필요가 있다. 또한 멀티미디어로 데이터정보가 확장되면서 음성만의 통신에서 데이터통신과 화상통신 등 다종다양한 정보를 전송할 수 있는 시스템이 요구되고 있다. 향후에는 본 실험선에서 이러한 열차무선의 기본기능을 평가하고 영업선으로 전개할 수 있는 시스템으로 발전을 도모할 예정이다. 참고로, 본 개발은 일본 국고보조금으로 실시하고 있었다.

참고문헌

1. 鐵道曲線(1991), 교우사, 일본
2. 秋山 良夫(동해여객철도 리니어개발본부), 新倉 弘久(RTRI 부상식 철도개발본부), 일본 전자정보통신학회, 2002.1 Vol.85