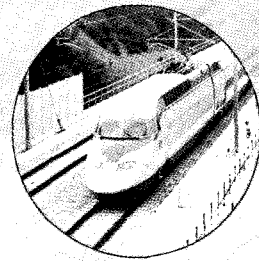


특별Session

자기부상철도 신호시스템 검토

변윤섭 _ 한국철도기술연구원



자기부상열차 신호시스템 검토

Investigation for Signal System of MAGLEV Trains

변윤섭*
Byun, Yeun Sub

김민수**
Kim, Min Soo

이영훈***
Lee, Young Hun

이관섭****
Lee, Kwan-Sup

ABSTRACT

Because of many advantages of Maglev(magnetic levitation) trains, the study of Maglev technology has been accelerated rapidly throughout the world. As a results of that, German commercialized the super-speed magnetic train in Shanghai at the world-wide beginning. Japan started the first commercial service for the low speed Maglev train system in Nagoya in the world. For the commercial service of Maglev trains, signal system must be installed on the operation line and be controlled by operation control center. In this paper, Maglev train operation systems of the inside and outside of the country are investigated and what is supplied for domestic Maglev train system is investigated.

1. 서론

자기부상 철도시스템에 대한 국내외의 많은 연구가 수행되어왔다. 그 결과 독일은 자국에서 개발한 초고속 자기부상열차를 중국 상하이에서 세계최초로 상업운행 시켰다. 일본은 중저속 자기부상열차를 자국의 동부구릉선에서 상업운행중이다. 국내역시 자기부상열차에 대한 연구가 수행 중에 있다. 열차의 상업운행을 위해서는 주행선로 내에 열차 운행을 위한 각종 신호장치들이 설치되고 운영제어실에서 이들 신호들을 수집하고 선로내의 차량들을 통제하게 된다. 본 논문에서는 국내외의 자기부상열차 운영제어 시스템과 속도/위치검지 시스템에 대한 검토하고 보완사항들에 대해 논의한다.

2. HSST의 신호시스템

2.1 신호시스템 구성

일본에서 개발된 중저속 자기부상열차 HSST-100L의 열차제어시스템의 기반은 선로 상에 설치된 유도방사 케이블(Inductive radial cable)을 이용한 통신방식으로 이루어진다[1].

* 한국철도기술연구원 정회원 선임연구원
E-mail : ysbyun@krrri.re.kr
TEL : (031)460-5437 FAX : (031)460-5649
** 한국철도기술연구원 정회원 선임연구원
*** 한국철도기술연구원 정회원 선임연구원
**** 한국철도기술연구원 정회원 수석연구원

HSST-100L의 열차제어는 ATC(Automatic Train Control)개념으로 구현되고 ATC 내에는 ATO(Automatic Train Operation), ATP(Automatic Train Protection), ATS(Automatic Train Supervision) 등의 부속시스템으로 구성된다.

ATO시스템은 다음과 같은 기능을 수행한다.

- ① 정속도 운전제어
- ② 열차의 역내 자동정차
- ③ 저속우선제어
- ④ 정차시 이동방지
- ⑤ 출입문 제어
- ⑥ 출발제어

ATP시스템의 수행 기능은 다음과 같다.

- ① 열차의 속도가 선로변 장치로부터 취득한 속도제한 코드를 초과한 경우에 열차의 상용 제동을 수행한다.
- ② 열차 위치검출장치나 ATP선로 변 장치의 이상이 검출될 경우에 비상제동을 수행한다.

APS시스템은 열차의 운영을 관리한다. 열차의 운영계획, 교통제어, 주행감시, 운행조정, 상태감시 등을 수행한다.

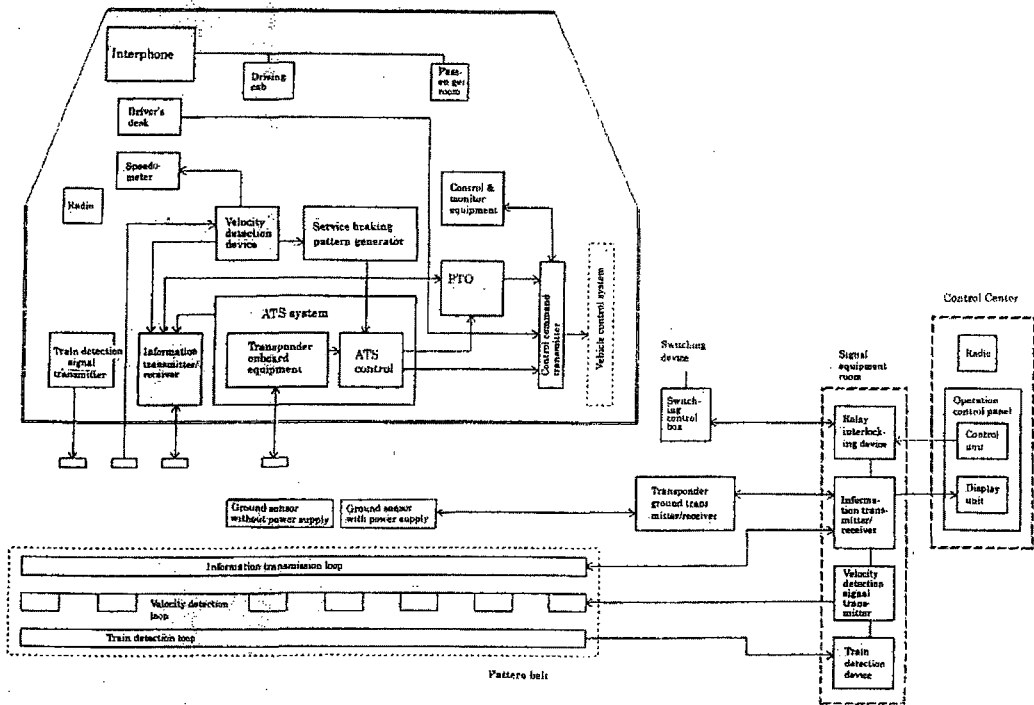


그림 1. 신호통신장치 구성도

2.2 속도/위치 검지시스템

열차의 속도는 선로상에 설치된 패턴벨트와 차량에 탑재된 안테나에 의해 이루어진다. 패턴 벨트는 선로의 양쪽 레일과 레일 사이에 설치되는데 이 패턴벨트에는 고주파 신호가 전송된다. 차량의 안테나에서는 패턴벨트 위를 주행하면서 유도되는 전압의 변화를 감지하여 속도로 변환하게 된다[1].

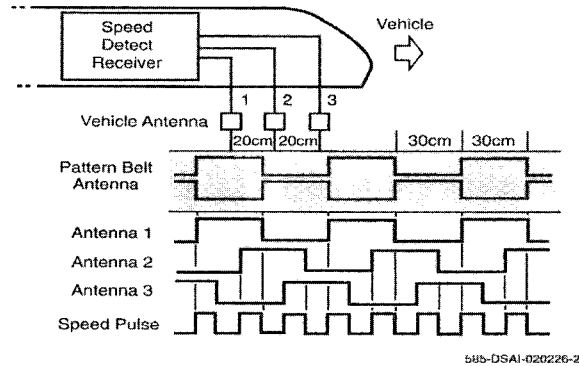


그림 2. 속도검지패턴

열차의 위치검지기능은 차량에 탑재된 TD(Train Detection) transmitter로부터 선로의 각 궤도회로로 설치된 ATC/TD loop로 정보를 전송함으로써 이루어진다. 열차검출장치는 열차의 위치를 검출하기 위해서 연속적인 check-in, checkout 방법을 사용한다. 차량에 탑재된 TD transmitter는 Transmission antenna를 통하여 연속적인 check-in, checkout 신호를 지상에 설치된 ATP/TD Loop antenna로 송출한다. 지상의 ATP/TD Loop antenna의 한쪽 끝에는 Check 신호송출부가 다른 한쪽에는 Check 신호검출부가 설치되어 ATP/TD Loop내에 열차가 존재하는지와 Loop의 단선 유무를 검출하게 된다[1].

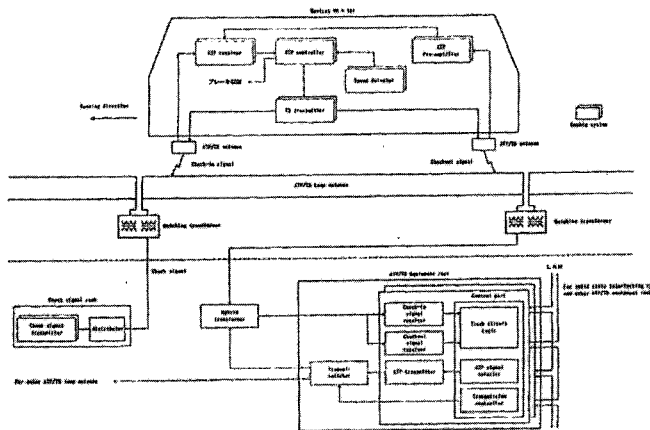


그림 3. 열차의 위치검지장치 구성도

3. Transrapid의 신호시스템

3.1 운영제어시스템 구성

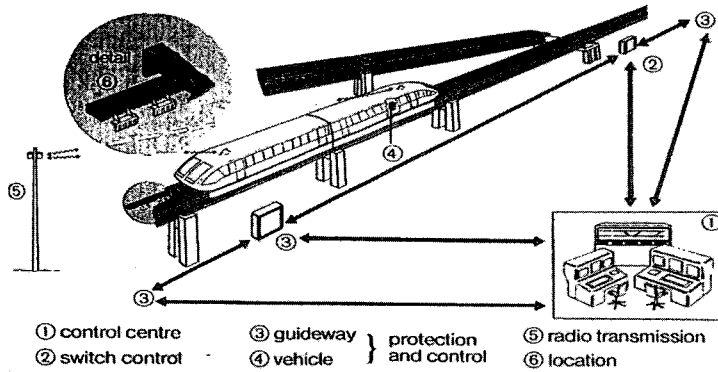


그림 4. Transrapid-07 통신 및 운영제어시스템

Transrapid는 지상 1차 리니어 모터방식으로 되어있어 열차의 주행속도제어는 지상의 전력 변환기에서 공급하는 전류제어에 의해 이루어진다. 따라서 지상 1전력변환기에서는 1열차밖에 구동이 되지 않아 1전력변환기가 1폐색구간이 된다. 이렇게 열차의 주행제어는 운영제어센터를 통하여 변전소에서 행해진다. 이렇게 동기형 열차제어의 경우 열차의 위치와 전력변환기의 전환위치가 어긋나면 추력이 저하되기 때문에 수cm 고정도의 열차 위치검지가 요구된다.

3.2 속도/위치 검지시스템

Transrapid의 위치검지는 Incremental Vehicle Location System(INKREFA)에 의해 이루어진다[5]. 이 시스템은 차량에 설치된 INKREFA sensor와 선로 상에 설치된 Location reference lug(LRL)에 의해 이루어진다. LRL은 아래그림과 같이 전도성판 안에 특정배열을 갖는 4개의 slit으로 구성된다. 차량의 INKREFA sensor가 LRL을 통과할 때 slit 배열에 따른 자속을 변화를 검지하여 2진 코드를 생성하고 이 특정 2진 코드에 할당된 절대 위치정보 검출하게 된다. 이 위치정보는 차상안테나를 통하여 mm파로 제어센터에 전송되고 이 정보를 바탕으로 열차의 운행제어를 수행하게 된다.

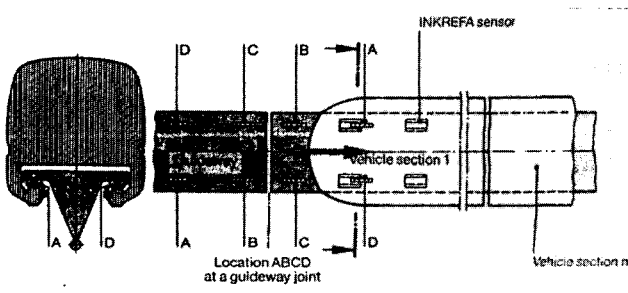


그림 5. 열차위치센서와 지상장치의 배치도

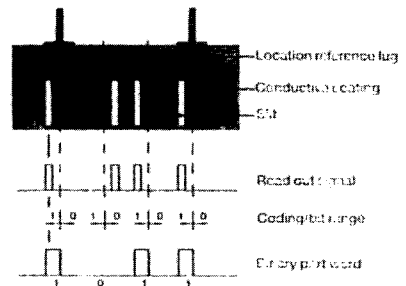


그림 6. LRL의 코드

LRL은 거리의 정확성과 값의 범위를 증가시키기 위해 4 bit의 4 LRL로 16 bit를 조합하여 200m마다 설치한다면 표시할 수 있는 거리는 $200m \times 2^{16} \approx 13,000km$ 이다.

4. 산자부모델의 신호시스템

4.1 신호시스템 구성

산자부과제로 개발된 자기부상열차의 열차제어시스템은 RF-CBTC(Radio Frequency-Communication Based Train Control System) 기반으로 하고 있다. RF-CBTC는 사령설비, 현장제어설비(역단위 및 전자연동장치 등), 선로변설비(무선통신안테나, 통신모듈 등), 차상장치로 구성되어있다. 사령설비는 열차운행감시 및 프로그램에 의한 스케줄관리, 수동개입 등 종래의 도시철도 사령설비와 동일하다[2]. 현장제어설비는 ATP(Automatic Train Protection)/ATO(Automatic Train Operation) 안전운행을 위한 핵심 감시 및 제어시설, 분기기, 전자연동장치를 포함한 역단위 각종 제어/감시용 시설로 구성된다. 선로변 설비로는 지상-차상 인터페이스 통신을 위한 무선통신 중계기 및 안테나 설비로 구성된다[2]. 차상장치는 ATP/ATO 제어용 차상장치로 구성된다.

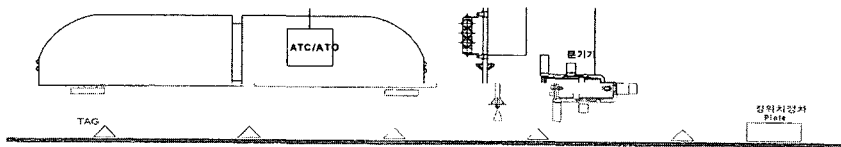
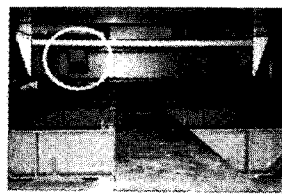


그림 7. 신호시스템 구성도

4.2 속도/위치 검지시스템

열차의 속도는 도플러 센서(Doppler sensor)를 용하여 수행하고 있다. 도플러 센서는 송출된 신호가 물체에 반사되어 돌아올 때 주파수 변화를 이용하여 속도를 측정하게 된다[3].



Doppler Sensor 설치 위치 I



Doppler Sensor 설치 위치 II

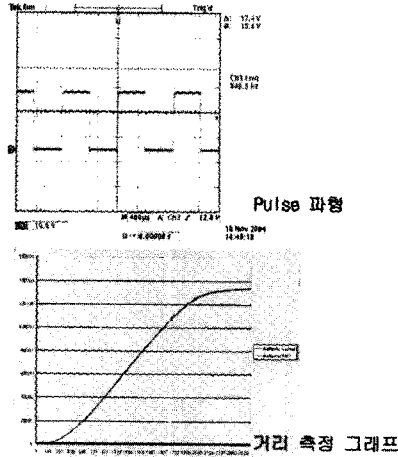


그림 8. 열차 속도검지장치

열차의 위치는 선로변에 100m 간격으로 설치된 Transponder Tag 및 DGPS 이용하여 보정 활용한다. Transponder 위치검지시스템 무선 인식 방식으로 리더기, 안테나 및 Transponder 로 구성되어 있다. 리더는 차량에 장착되고 Transponder는 선로에 장착된다. 원리는 리더기의 안테나가 Transponder 감지영역에 위치하게 되면 Transponder는 자신이 가지고 있는 고유한 데이터를 전송하게 되고, 리더기는 이 데이터를 판독하여 고정 위치 정보를 획득하게 된다. 이 정보는 차상-지상 안테나 설비를 통하여 사령실로 전달된다.

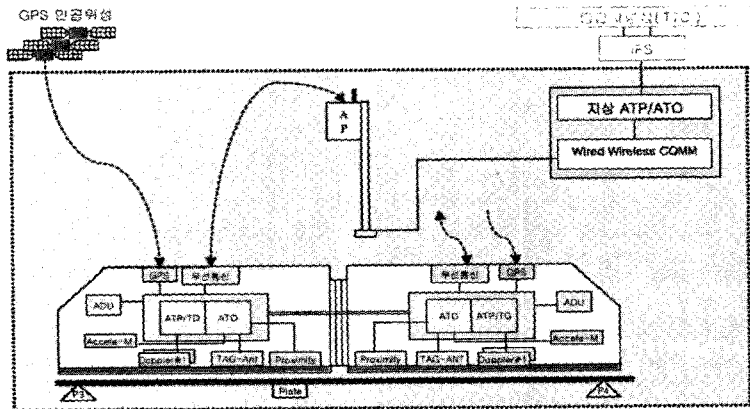


그림 9. 차량/지상 신호시스템 구성도

5. 결론

앞서 살펴본 자기부상철도 신호시스템에서 열차위치/속도 검지시스템의 기존철도방식과 차이가 있다. 기존철도의 단락에 의한 궤도회로방식에서는 열차가 자신의 위치를 지상통제실 알려 주려는 능동적인 행위 없이 지상에서 열차가 점유하는 구간을 확인할 수 있어 타 열차의 점유폐색구간 통제가 가능하다. 일본의 HSST의 신호시스템의 경우 기존의 궤도 회로 방식과 유사하게 열차의 위치를 지상통제실에서 직접 확인하지만 차량에서 능동적으로 Check in/Check out 신호를 지상궤도에 송출하지 못하면 열차의 위치파악을 할 수 없게 된다. RF-CBTC 신호시스템 역시 열차의 전송정보 없이 통제실에서 위치확인 불가능하다. 현재 신호시스템의 발전추세는 Transrapid나 국내개발 자기부상열차처럼 RF-CBTC 방식을 적용하는 것이다. 고정폐색방식의 불리한 점을 개선하고 안전성과 운영 효율을 높이며 실시간 열차위치파악 등을 위해 다량의 정보를 지상통제실과 송수신하고 있다. 이런 신호시스템의 발전추세 속에서도 항상 최우선으로 고려되는 부분은 차량의 안전운행이다. 자기부상열차 실용화를 추진하려하는 국내실정에서 독일의 자기부상열차 충돌사고는 우리에게 커다란 시사점을 남긴다. 사고가 운영상의 실수이던 시스템적인 결함이던 간에 운영상 소홀이 대비했던 부분에서 사고 발생 여지를 남겼다고 볼 수 있다. 현재까지의 사고경위 보도를 정리해 보면 유지보수차량의 신호시스템미비와 함께 지상신호시스템과의 신호연동체계의 구성 미비상태에서 음성통신에 의해 유지보수차량을 운영하던 과정에서의 실수로 보인다. 이런 사고결과에서 보듯이 신호연동체계를 구성하지 못한 상태에서 차량이나 인력이 어떤 목적으로 선로에 진입하는 것에 대한 시스템적 보완대책이 필요한 것으로 보인다. 또한 국내 자기부상철도 실용화에서는 도시철도 성능시험을 만족하고 도심에서의 빈번한 운행에 적용되기 위한 철저한 신호시스템의 신뢰성 검증이 요구된다.

참고문헌

1. Chubu HSST Maglev System Evaluation and Adaptability for US Urban Maglev, FTA-MID-26-7029-03.8
2. 자기부상열차 설치사업 실시설계보고서 2006.2
3. 자기부상열차 실용화를 위한 모델개발 2차년도 제 1차 운영위원회 보고자료
4. Applicability of CHSST Maglev Technology for U.S. Urban Transportation, Report Number FTA-MD-26-7029-2003.1
5. Dr.-Ing. Klaus Heinrich "Transrapid Maglev System,"

