

선형유도모터형식 경전철 신호제어시스템 표준사양 연구

조봉관, 황현철, 조홍식, 홍재성, 류상환**
한국철도기술연구원

Signalling System Standardization for Linear Induction Motor Type Light Rail Transit

Cho, Bong-Kwan, Hwang, Hyeon-Chyeol, Cho, Hong-Shik, Hong, Jai-Sung, Ryu, Sang-hwan
Korea Railroad Research Institute

Abstract - Light Rail Transit (LRT) is optimized vehicle system for complex urban circumstance. LRT systems have many merits such as improved accuracy and safety. There are many LRT systems such as monorail, tram, automated guideway transit, linear induction motor propulsion and so on. These systems have been operated in Japan and other advanced countries. In Korea, local government has many projects to apply the advanced LRT system. But there are no standards regulation, performance test regulation and construction regulation for monorail system, linear induction motor system and tram in Korea. We expect that standardization brings economical construction and safety.

The linear induction motor system has been usually applied to subway in Japan and ART(Advanced Rapid Transit) in Canada. In Korea, the linear induction motor system has been adopted for Yong-In LRT and currently under construction. This paper presents signalling system and TCMS(train control and monitoring system) of linear induction motor system.

1. 서 론

도시의 대중교통은 지하철 중심에서 수송수요와 경제성이 부족한 대도시 지선망이나 중소도시 간선망, 관광지 및 공항 등의 서브 수단으로 새로운 교통시스템이 필요하며 이러한 새로운 개념의 교통시스템은 적절한 수송용량과 정시성, 신속성 및 안전성을 높일 수 있는 Light Rail Transit(경전철)이 최적이다. 일본 등 교통선진국에서는 수요자의 요구에 맞게 다양한 시스템이 개발 운영되고 있으며, 국내에서도 관련 지자체의 수요와 지리적 특성을 고려한 다양한 시스템의 도입이 예상된다. 현재 세계에서 운행되고 있는 경전철시스템 현황은 모노레일, 노면전철(Tram), AGT(Automated Guideway Transit)(철제차량, 고무차륜), 선형유도모터(Linear Induction Motor), 자기부상, 가이드웨이 버스, Cable 등 30여종, 60개국 751노선이 운행되고 있으며 132개 노선이 건설 및 계획중이다. 따라서 다양한 경전철시스템에 대한 효율적인 운영, 경제적인 건설 및 안전을 위해서는 표준화체계의 수립이 필요하다. 현재 많은 국내 지자체들이 경전철을 건설 또는 사업 추진 중에 있어 다양한 경전철 시스템에 대한 표준화 기준을 조속히 마련할 필요가 있다.

경전철 표준사양은 현재의 기술추세를 반영하며 객관성을 가져야 한다. 그리고, 외국의 시스템을 그대로 도입해서는 안되며 국내의 환경을 충분히 고려하고 국내 산업을 보호하는 방향으로 표준사양이 연구되어야 한다. 또한, 표준사양의 결과는 국내법으로 고시되어야 한다.

현재 경전철시스템(노면전철, 모노레일, LIM)의 국가 표준화 기준 마련에 대한 연구가 진행중에 있다. 본 연구에서는 경전철 차량 표준사양(안)에 대한 연구 내용을 수행하고 있다. 연구를 진행하면서 일반사항 및 기술사항에 대해서는 각 지방자치단체, 시스템 제작사, 도시철도 운영기관으로부터 의견을 수렴하며 그 이후 공청회 개최를 통하여 재차 의견수렴 과정을 거친다. 최종적으로 건설교통부의 차량위원회의 의견을 거쳐 고시하게 된다.

본 논문에서는 국내에서 건설중인 또는 건설예정인 선형유도모터(LIM : Linear Induction Motor)형식의 경전철 차량 표준사양에 명시되는 신호제어시스템분야에 대한 연구를 다루었다.

2. 본 론

2.1 신호제어시스템

신호제어시스템에 대한 표준사양은 급속하게 변화하는 전기/전자 기술의 응용이 쉽도록 장치들의 상세한 시스템 설계사양보다는 기능중심으로 표준화하였다.

경전철은 무인으로 운행되기 때문에 종합제어장치는 차량의 각종 기기들을 감시, 표시, 출력, 중앙사령실 상태보고 등의 차량 감시기능을 수행하고 출입문 개폐 및 제동/역행 제어 등의 차량 제어기능을 열차자동제어장치가 수행하도록 설계되고 있다. 표준사양에서는 이러한 추세를 반영하여 종합제어장치의 차량제어기능을 자동열차제어장치가 담당하도록 하였다.

신호보안장치 용어는 표준사양 및 다양한 문서에서 ATC/ATO장치와 ATP/ATO장치로 혼용되었다. 표준사양에서는 국제표준 규격인 IEEE 1474.1 [2]와 IEC/PAS 62267 [3], 그리고 신호제어시스템 개발업체의 최근 시스템사양자료를 근거로 신호보안장치를 “자동열차제어장치(ATC: Automatic Train Control)”로 용어와 개념을 변경하였다. 표 1, 2, 3에서는 국내 구축예정인 경전철과 IEEE 1474.1의 종합제어장치와 자동열차제어장치를 비교하여 나타냈다.

2.2 종합제어장치와 자동열차제어장치 비교

2.2.1 용인 경전철

용인경전철은 종합제어장치에 HMS와 수동운전을 위한 차량제어장치가 탑재되어 있다. 장치의 특성은 다음의 표 1과 같다.

〈표 1〉 용인 경전철 시스템

종합제어장치	<ul style="list-style-type: none"> ○ HMS (Health Monitoring System) <ul style="list-style-type: none"> - 터치스크린, PLC 프로세서로 구성 ○ 차량제어장치 <ul style="list-style-type: none"> - 수동운전시 사용
자동열차제어장치(ATC)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지상/차상 신호보안장치 논리적 구성 <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <pre> graph TD ATC[ATC] --> ATP[ATP] ATC --> ATO[ATO] ATC --> ATS[ATS] </pre> </div> ○ 차상 신호보안장치 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 차상ATP: 열차의 위치 결정 - 차상ATO: 속도제어, 정위치 정차, 정차시간, 승객정보 및 안내 방송등 관리 ○ 지상 신호보안장치 구성 <ul style="list-style-type: none"> - 지상ATP: 열차로 전송되는 모든 ATC데이터 관리 - 지상ATO: 열차이동과 역사 운영에 대한 관리와 관련된되는 가능 수행 - 열차등록시스템(TRS): 사전 정의된 특정한 지역 또는 구역 내의 열차의 운영을 등록 - ATS: 시스템에 대한 성능 감시 및 표시제어, 스케줄링과 차군 형성 방지 가능, 진단/경보/데이터 기록 및 보관, 중앙제어망 구성(운영자워크스테이션 시스템 감시 디스플레이)
공급업체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 봄바르디아 / CITYFLO650 - IEEE 1474.1 및 ASCE APM 기준 준수
운전모드	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무인운전모드, 수동운전모드
출입문 개폐	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지상ATO와 차상ATO의 연동

2.2.2 부산-김해간 경전철

부산-김해간 경전철에서는 종합제어장치가 종합감시기능을 수행한다. 종합제어장치와 자동열차제어장치의 주요 특징을 비교하면 표 2와 같다.

〈표 2〉 부산-김해간 경전철 시스템

종합제어장치	○ 종합감시기능 수행
자동열차제어장치(ATC)	○ 지상/차상 신호보안장치 논리적 구성 <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD ATC[ATC] --- ATP[ATP] ATC --- ATO[ATO] ATC --- ATS[ATS] </pre> </div> ○ 차상 신호보안장치 - ATP : 열차의 위치결정, 비상제동장치 및 출입문 연동 기능 등 - ATO : 속도조절, 정위치 정차, 열차 출입문 통제 및 성능 레벨 규제, Non-vital한 기능 수행, 속도/방향/장애코드/위치 등 정보를 ATS에 전달, 수동운전모드에서 열차 승무원과 차상 서브시스템 사이에 인터페이스 제공
공급업체	○ 탈레즈
운전모드	○ 무인운전모드, 수동운전모드
출입문 개폐	○ ATP와 ATO의 연동

2.2.3 IEEE 1474.1

IEEE 1474.1의 주요 특징은 표 3과 같다.

〈표 3〉 IEEE 1474.1

자동열차제어장치(ATC)	○ 지상/차상 신호보안장치 논리적 구성 <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD ATC[ATC] --- ATP[ATP] ATC --- ATO[ATO] ATC --- ATS[ATS] </pre> </div> ○ ATP의 주요기능 - 열차위치 및 열차 속도 결정, 안전 열차 간격 유지, 과속방지 및 제동 보증, 영속도 검지, 개문제어 보호 연동기능 (발주기관 선택), 출발 연동기능 (발주기관 선택) ○ ATO의 주요기능 - 자동속도 조절, 정거장 정위치 정차 제어, 열차 출입문 제어 (발주기관 선택) ○ ATS의 주요기능 - CBTC 열차 확인 및 열차 추적, 열차 진로결정, 자동 열차 조정, 승객정보시스템 인터페이스 - CBTC 및 열차 장애보고
운전모드	○ 자동운전모드, 유인운전모드, 기타 운전모드 지원
출입문 개폐	○ ATP와 ATO의 연동 (발주처 선택)

2.3 종합제어장치 사양(안)

2.3.1 차량 제어 및 감시기능

- 고전압장치, 추진제어장치, 제동장치, 보조전원장치, 출입문장치, 냉난방 및 환기장치, 자동열차제어장치 차상설비, 기타 주요 전기장치 등의 동작 상태를 감시 및 현시장치에 표시하고, 고장 발생시 상태기록 및 출력을 실시할 수 있으며, 고장 내용은 중앙사령실에 전송할 수 있어야 한다.
- 운전자에 의하여 조작되는 주간제어기 및 각종 스위치와 버튼의 정보를 수집하여 제어명령을 시행하며 상태 정보를 현시장치에 표시하여야 한다.

2.3.2 검수지원 기능

- 출고시 주요 기기의 동작 확인기능을 갖추어야 한다.
- 차상감시기능을 지원하여야 한다.

2.4 자동열차제어장치 사양(안)

2.4.1 자동열차제어장치

자동열차제어장치(ATC : Automatic Train Control)는 자동열차방호장치(ATP : Automatic Train Protection)와 자동열차운전장치(ATO : Automatic Train Operation)로 구성한다.

2.4.2 자동열차방호장치

- 고장이 발생하여도 안전측으로 동작(fail-safe)하는 구조로 설계되어야 한다.
- 지상신호설비와 연계하여 충돌, 추돌 및 과속 등 위험 상황을 방지하기 위한 방호기능을 갖추어야 한다.
- 지상신호설비와 연계하여 열차위치 및 속도를 결정할 수 있고 선형열차와의 안전거리 유지기능을 갖추어야 한다.
- 열차위치에 따른 안전속도를 생성하거나 지상신호설비로부터 수신하여 속도표시장치에 표시하고 무인운전모드 또는 자동운전모드로 운행될 경우 자동열차운전장치에 전달한다.
- 주행속도가 안전속도를 초과하였을 경우, 상용브레이크지령을 출력하고 무인이외의 운전모드에서 운전자에게 시정각에 의한 경고를 출력해야 한다. 일정 시간내에 상용브레이크로도 소정의 감속도가 얻어지지 않을 경우 비상브레이크지령을 출력하고 무인운전인 경우 중앙사령실에 통보해야 한다.
- 영속도 검지 기능을 갖추어야 하고 열차가 정위치 정차하면 영속도를 출력하여 출입문 개폐가 가능하도록 하는 연동기능이 있어야 한다.
- 구름 검지 기능을 갖추어야 하고 과도한 구름이 검지되면 비상제동이 체결되도록 한다.
- 열차의 출입문 닫힘상태를 확인하고 출입문이 완벽히 닫히지 않은 상태에서 열차가 출발하지 못하도록 해야 한다.

2.4.3 자동열차운전장치

- 무인운전모드와 자동운전모드에서 작동하며 출발제어, 정차제어, 속도제어, 출입문 개폐제어 등을 수행해야 한다.
- 자동열차방호장치로부터 전달되는 안전속도 이하에서 최적의 주행속도를 유지하도록 가속제어, 정속도제어, 감속제어를 수행해야 한다.
- 현재의 주행속도 및 정차위치까지의 거리등을 계산하여 정위치 정차하도록 가·감속 제어를 한다.
- 차량이 역에 도착하면 지상신호설비와 연계하여 정위치 정차를 확인하고 출입문 개폐조작과 관련된 차량기기를 제어하는 기능을 가져야 한다.
- 자체진단을 수행하여 상태, 고장정보를 종합제어장치로 전송하여 현시, 기록되도록 하고 고장발생시 오동작 출력이 차단되도록 한다.
- 역행지령과 제동지령을 종합제어장치에 전송하여 현시되도록 한다.

3. 결 론

IEEE 1474.1에 의하면 자동열차제어기능은 자동열차방호(ATP: Automatic Train Protection), 자동열차운전(ATO: Automatic Train Operation), 자동열차감시(ATS: Automatic Train Supervision)으로 구성된다. 자동열차감시는 지상 설비에 포함되는 기능이기 때문에 본 표준사양에서는 차량의 자동열차제어장치를 자동열차방호장치와 자동열차운전장치로 구분하였다. 무인운전의 안전성을 고려하고 국제표준 IEEE 1474.1의 기술사양을 참조하여 자동열차방호장치의 기능에 영속도 검지기능, 구름검지기능, 출입문 연동제어기능, 안전거리유지기능 등을 포함하였다.

신호제어시스템에 대한 국제표준 동향을 살펴보면 IEEE 1474.3 [4]에서 지상/차상 장치별 기능에 대한 초안이 이미 작성되었다. 따라서 국내에서도 경전철의 지상신호제어시스템에 대한 표준화 작업이 조속히 이뤄져야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 용인경전철주식회사, “용인경전철 차량 및 시스템 사양서”, 2002
- [2] IEEE Std 1474.1, “Communications Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements”, 2005.2.25
- [3] IEEE P1474.3/D7.0, Recommended Practice for Communications-Based Train Control (CBTC) System Design and Functional Allocation
- [4] IEC/PAS 62267, Railway applications-Automated Urban Guided Transport (AUGT) safety requirements, 1st edition, 2005.12