

## 한국형 저상트램 신호시스템 구축에 관한 고찰

신승권\*, 조현정\*, 황종규\*, 김용규\*  
한국철도기술연구원\*

### Signalling System for Korean Low-Floor Tram

Seung-Kwon Shin\*, Hyun-Jeong Jo\*, Jong-Gyu Hwang\* Young-Kyu Kim\*  
Korea Railroad Research Institute\*

**Abstract** - 최근 국내에서 저렴한 건설비 및 교통약자들에게 대중교통 서비스 제공이 가능한 저상트램에 대한 관심이 많아지고 있으며, 자연환경을 보호하고 도시의 교통을 체계적으로 구축하기 위하여 저상트램에 관한 적용 가능성을 검토하고 있다. 전주시, 울산광역시 등에서 트램 도입에 대한 관심을 보이고 있으며, 본격적인 건설에 착수한 국내의 기관은 없지만, 2012년 여수 국제엑스포에 신고통수단으로서 무가선 하이브리드 저상트램을 기본 운행시스템으로 선정하여 운행될 예정이다. 저상트램시스템은 승객의 안전 및 보행자의 안전 측면에서 1인 유인운전으로 운영되지만, 기존 도시교통시스템과의 간섭과 도로교통신 신호시스템과 연계가 필수적이다. 따라서, 본 논문은 한국형 저상트램의 신호시스템 기본구축 방법에 대해 다룬다.

## 1. 서 론

현재 우리나라에는 교통사고, 혼잡, 정체, 환경오염 등으로 인하여 막대한 사회적 비용이 발생하고 있다. 이는 버스 등 대중교통수단의 품질 저하, 서비스 수준의 미흡 등 여러 가지 요인으로 인하여 대중교통이 외면받고 있는 현실에 기인한다. 자가용 수요를 대중교통으로 흡수하여 도로교통(Surface Traffic)의 혼잡과 환경오염 등 막대한 사회적 비용을 절감하기 위해서는 버스의 유연성과 철도의 정시성, 친환경성 등 고품질의 서비스를 제공할 수 있는 신개념의 대중교통수단 개발이 매우 필요하다. '교통약자 이동편의 증진법', '대중교통 육성 및 이용 촉진에 관한 법률' 등 최근 교통약자에 대한 교통 서비스가 사회적 문제로 대두됨에 따라 정부는 다양한 정책적인 수단을 강구하고 있다. 따라서 최근 지방자치단체의 경량전철 수요가 확대되고 있으나, 취약한 재정적 여건 등으로 실제 사업의 추진이 어려운 실정이다. 이러한 상황에서 저상트램은 많은 비용이 소요되는 고가 구조물과 역사가 필요 없기 때문에 재정 부담도가 취약한 지방자치단체에 최적의 신고통수단이 될 수 있다. 또한 지하 또는 고가에 건설되는 여타의 중량전철 및 경량전철과 비교하여, 저상트램은 궤도레벨에서 차량의 바닥면까지 높이가 불과 20~30cm에 불과하여, 승객들의 접근성이 뛰어나고 유모차 이용자, 고령자 등 교통약자들에게 고품질 대중교통 서비스 제공이 가능하다. 그리고 보행로 활성화 및 주변 상점가와 연계한 Transit Mall을 조성할 경우, 지역개발사업과 효과적으로 병행 추진이 가능하고 넓은 장을 통해 승객들의 조망권 확보가 가능하다. 단지, 일반 도로교통과의 혼합 운영에 따른 경쟁력이 문제가 되고 있으나, 일부의 효율적인 혼합 운전기술이 개발되어 적용된다면, 효과적으로 건설하여 쾌적한 도시교통환경을 건설 할 수 있을 것이다.

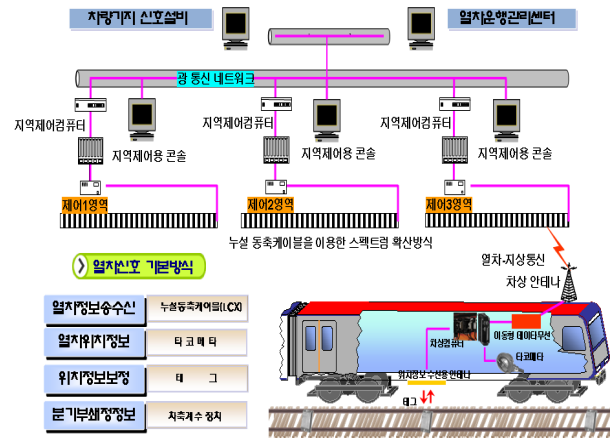
본 논문은 향후 국내에서 개발 건설되는 무가선 하이브리드 저상트램의 국내 기술을 이용한 안정적이고 효과적인 건설을 위하여 트램 차상 신호장치, 트램의 위치검지방법, 도로교통과의 혼합 운영에 따른 교차로 제어시스템과 국내에서 생산되어 운영하고 있는 연동장치, 전원장치, 전기 선로전환기 등 저상트램의 신호시스템에 대해 다루고자 한다.

## 2. 저상트램 신호시스템

트램의 신호시스템은 도시철도 신호시스템과 유사하지만 일반 도로 차량들과 병행 운전을 하게 되므로 교차로에서의 안전한 진로설정과 제어가 무엇보다 중요하며, 기본 기능은 다음과 같다.

- 운전자의 조작 없이 트램선로 감지
- 트램위치를 관제실에 전송
- 트램선로의 진로 생성, 운영, 모니터링

- 트램 차상신호장치 및 관제실로부터 선로전환기 제어 및 명령
- 트램의 교차로 진입시 안전한 권한 생성



〈그림 1〉 신호시스템 구성방안

트램 신호시스템의 기본 기능을 구현하기 위해, 트램선로는 여러 궤도 영역으로 분리된다. 트램 신호시스템의 운전모드는 즉시 운영되고, 따라서 트램은 특정 지역에서 감지되는 것이 필요하다. 분기구역(shunting zone), 시야가 확보가 되지 않는 구역(구불어진 트랙, 터널 등), 정거장(depot)에서 감지되는 것이 필요하다.

### 2.1 저상트램 위치검지

열차검지방법에는 일반적으로 차축계수장치, 트랜스폰더, 타코미터, 유도루프, GPS 등이 사용될 수 있으며 각각의 설비구성과 특징은 다음 표와 같다.

〈표 1〉 열차검지방법

구분	차축계수 장치	트랜스 폰더	타코 메터	유도루프	GPS
설비 구성	기계실 수신기 현장모듈 휠카운터	기계실 수신기 현장모듈, 안테나 트랜스폰더, 차상장치, 차상안테나	차상수신기 타코미터	유도루프, 송수신장치, 정보수집 및 전송장치	차량 GPS 수신기, 선로변 안테나 및 정보수집 장치
열차 위치 정보 형태	일정구간 및 고정위치 정보	일정구간 및 고정위치 정보	연속적인 열차위치 정보	일정구간 열차위치 정보	연속적인 열차위치 정보
적용 검토	연속정보 불가능하나 분기부의 쇄정정보 가능	연속정보 불가능 보조장치로 사용가능	연속적인 열차 위치정보 가능	일정구간의 열차검지에 따른 연속검지기능 부적합	연속정보는 가능하나 지하구간은 사용불가

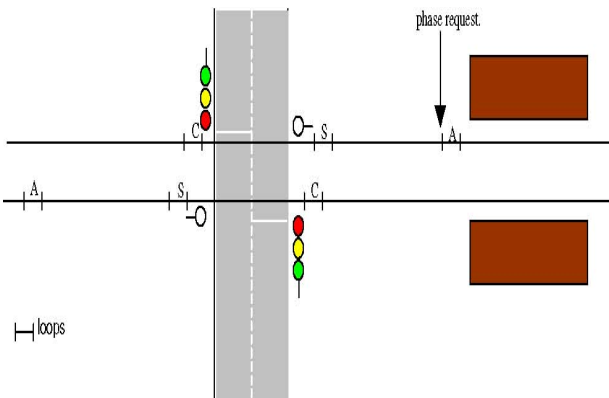
트램의 궤도회로는 매입형 선로전환기와 분기의 췌정과 플래폼, transit, approach section, 등 특정지역에서 트램의 위치검지를 위해 사용되며, 매입형 도로 궤도영역(embedded road track area)과 자갈도상 궤도영역(ballasted track area)로 나눌 수 있다.

매입형 도로 궤도영역에서, 장거리 궤도회로를 사용하는 것은 불가능하고, 선로전환기와 분기는 분리될 수 없다. 따라서 어떤 움직임을 방지하기 위해 검지 루프시스템이 사용된다. 자갈도상 궤도영역에서는 일반적인 궤도회로가 사용된다. 궤도회로가 사용될 수 없는 경우 optical security beam 시스템이 설치될 수 있다. optical security beam 시스템은 2개의 선로전환기사이에서 트램의 안전한 검지를 가능하게 한다.

## 2.2 저상트램 우선 신호시스템

도심 등 교통량이 많고 노면전차와 자동차와의 상호간에 영향을 주는 교차점에서는 지하 또는 고가(高架)에 의한 입체교차로(立體交叉路) 형태로 하는 것이 가장 효과적이지만, 입체교차로 건설시 비용이 증가하게 되어 트램의 최대 장점인 저렴한 건설비가 증가될 수 있으므로, 교통량이 그다지 많지 않은 교차점에서는 트램 우선 신호시스템을 설치하여 자동차 교통의 영향을 적게 하는 대책을 세우는 것이 일반적이다.

저상트램의 신호우선권의 주요 목적은 도로교통에서 차량에 영향을 주지 않으면서 저상트램에 신호 우선권을 주기위해서 이다. 트램의 신호 우선권은 운전시각 단축을 통해 저상트램 운행 계획을 향상시키기 위해 사용될 수 있다. 일반적으로 트램이 자동차와 버스보다 더 많은 승객을 수송하므로, 트램의 신호우선권 부여를 통해 더 효율적인 승객수송이 가능하다.



〈그림 2〉 저상트램 우선 신호시스템

트램이 교차로에 근접할 때, 첫 번째 접근 검지기가 트램의 존재를 검지하고 처리를 시작한다. 모든 것이 만족한다면, 선로변 신호기는 운전자에게 트램이 첫 번째 검지기에서 검지됨을 알린다. 그렇지 않다면, 운전자는 분기 바로 앞에 위치한 두 번째 검지기를 향해 진행하고, 안전을 위해 멈출 것이다. 그 다음 처리는 정상적으로 된다. 보행자 뿐만 아니라 모든 차량이 멈추어 안전할 때, 트램은 분기부 앞으로 갈 수 있으며, 통과할 수 있다. 분기부 끝부분에서, 세 번째 검지기가 트램의 통과 종료를 검지하기 위해 설치되고 도로 교통이 계속되도록 허가한다.

최적의 조건을 고려하면, 트램 선로는 도로교통보다 절대적인 우선권을 가진다. 교차로의 효율적 운영을 하기 위해, 교통정보센터와 협력이 필요하며, 이러한 운영을 위해 다음과 같은 장치가 설치되어야 한다.

- 진행 권한을 주기위한 트램 우선 신호시스템
- 자동차, 보행자, 자전거 멈춤 신호
- 트램 검지기
- 교통 제어기(Traffic Regulator)

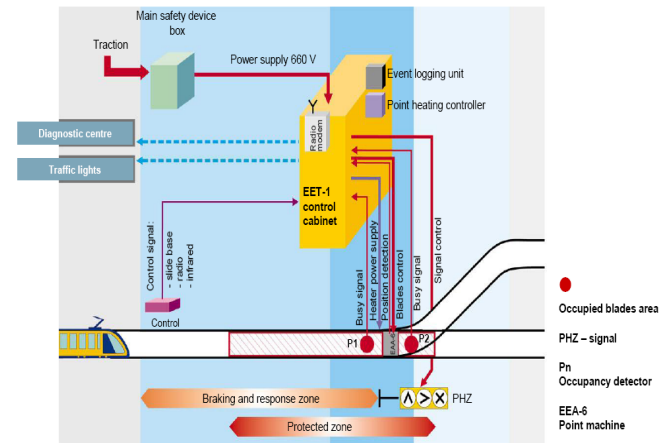
선로변 장치와 인터페이스 및 도시 교통 운영을 위해 교통제어기(Traffic Regulator)가 도로를 위한 제어장치가 있는 도로 교차로 근처의 제어함에 설치된다. 이 교통제어기는 관제실로 부터 수정될 수 있는 우선권 정도 프로그램에 따라 작동되며, 신호를 제어하고 감시한다. 각각의 트램위치 추적이 가능하고 트램과 직접 통신이 가능하기 때문에 운영자는 운영 효율성을 최대한 높여 트램 네트워크를 운영할 수 있다. 네트워크는 필요에 따라 headway 모드와 timetable 모드로 운영될 수 있다.

## 2.3 저상트램 분기 제어

트램 분기 제어시스템은 도로 노면에 설치되므로 방수기능이 필요하며, 신속한 유지보수 작업을 위해 교체가능 하도록 모듈화 되어야 한다. 또한 트램의 분기를 위해 선로전환기가 도로에 매입되어야 하므로, 매입형 선로전환기가 개발되어야 한다. 매입형 선로전환기는 노면에 설치되므로 선로전환기의 배수(drain), 청소, vacuuming이 필요하며, 겨울철 결빙을 예방하기 위해 히터가 설치된다.



〈그림 3〉 매입형 선로전환기 및 지상 신호기



〈그림 4〉 분기 제어시스템

## 3. 결 론

친환경 신교통수단인 저상트램 시스템의 국내 적용을 위하여 대중교통과의 자체적인 경쟁력 향상은 필수적이며, 경쟁력 향상을 위해 다른 교통수단인 버스, 자가용의 표정주행속도 보다 높은 향상된 표정속도를 보유하여야 하고 이를 위해 도로교통 사거리에서 저상트램의 우선권 확보 및 안정적인 운영을 위해 지능형 교차로 제어시스템의 구축이 필요하다. 또한 국내 실용화 적용시 국가교통정보센터의 지능형교통체계(ITS : Intelligent Transport System)와의 연계도 고려되어야 할 것이다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Final Report, "Assess Impact and Benefits of Traffic Signal Priority for Bus", 2005.
- [2] Chad Chandler, Dr. Lester A. Hoel, "Effects of Light Rail Transit on Traffic Congestion", 2004.
- [3] 국토해양부, "기술자립형 도시철도시스템 기술개발 기획", 2008
- [4] Adam Juretko, "Tram turnout control system"