

노면전철형식의 경량전철 운전규정에 관한 연구

이수환*, 김유호**, 이훈구***, 편선호****, 황현철*****
 (주)에이알텍*, (주)에이알텍**, (주)에이알텍***, (주)에이알텍****, 한국철도기술연구원*****

The Study of Operation provision for lightrail of tram formats

Lee, Soo-Hwan* Kim, You-Ho* Lee, Hoon-Koo* Pyeon, Seon-Ho* Hwang, Hyeon-Chyeol**
 Kyong Bong Technology Co., Ltd.* Korea Railroad Research Institute**

Abstract - The road surface scripture season must be interpreted with hitherto whole aspect line scripture season different. TRAM (street cars) it respects an operation it stands and back must be operated the bus which runs place and riding grade different public transportation means and to be mixed. With the numerous crossroads zebra crossing and the coat platform must operate back. The role of the operation article most is important. It undergoes the influence of traffic signal specially directly. It considers each facility etc. of the road and must construct a proper equipment in him with connection method of the signal system which it follows in the middle urethra. Must secure the fixed time characteristic of the operation which road surface scripture season is efficient and expression speed and operation. In order the [le] according to interface plan with traffic signal it does to consider a traffic signal first of all. This the research of operation provision is necessary.

수준으로 구분하며, 대중교통(Public Transport) 차량들을 위한 우선권은 제어 가능한 범위에서 우선권 중단 방식(단계 변화), 청신호 시간대 연장 그리고 규정된 패턴에 의해 현장에서 연속적으로 수행한다. 규정되어진 우선권 단계는 확실한 우선권(만약 다른 공공차량들에 의하여 지연되지 않으면) 단계부터 보편적인 우선권단계까지 조정가능하며, 지역에 따른 특별한 조건, 일반적인 교통상황, 그리고 경쟁하고 있는 대중교통 수단에서 발생하는 지연시간에 따라 우선권의 단계를 조정하여 적용하도록 한다.

1. 서 론

노면전차는 도시의 대량수송 시스템과 비교하면 수송력, 속도 등은 떨어지지만, 일반적인 도로를 이용하므로 역 설비, 인프라(infrastructure)를 단순하게 할 수 있어 건설비가 대폭적으로 절감되는 큰 장점이 있다. 인구가 2~30만 정도의 수송수요가 그다지 많지 않은 중·소도시에 교통 효율을 위해 도입이 가능하다. 운행특성으로는 승객의 편리성은 높지만, 정시성, 표정속도는 연선(沿線)의 주행조건에 크게 좌우되므로 일반적으로 표정속도는 15km/h 정도로 적용되며 차량 및 편성은 4~6축, 길이 14~21m, 승차인원은 100~180명 정도로 그 중 20~40%가 좌석으로 되어 있고 편성은 1량 또는 2량, 가끔 3량 편성으로도 운행되며, 최고 속도는 40~60km/h 정도로 적용되어진다. 따라서 속도향상을 위하여 운전규정에 따른 우선신호체계가 필요하며 노면경전철은 버스의 자유로운 운행형태와 통행량에 따른 임의적인 변화의 버스운영체제의 특성상 통합관리는 불가능하나, 도로교통 운영 정보의 상호보완적인 시스템 구축은 필수적이며, 교통관리센터와 상호 연계된 교통운영체제를 고려하여 운전규정을 수립하여야 한다.

2. 본 론

2.1 해외 노면전차의 운행현황

해외에서 운행하는 노면전차의 운전방식에서 도로교통과의 연계성을 검토하고 이에 따른 신호방식을 검토하고 이를 근거로 운전규정을 검토하였다.

2.1.1 BALANCE방식(독일, 뮌헨)

LLAMD 협회 드라이브 II 계획의 일부를 이루어진 BALANCE(평형 적합한 네트워크 제어 공법)는 Munich COMFORT project(뮌헨 안정화 계획, Friedrich et.al . 1995)에 개발된 교통 신호 제어 방법으로 BALANCE(Toomey, et.a l. 1997)는 지역 컴퓨터에서 진행되는 것으로 경제적인 모형을 기반으로 하며, 도시교통의 전체적인 제어는 뮌헨의 각 지역 컴퓨터의 제어 프로그램(차량 발동작용)을 확장하여 제어된다. BALANCE(균형)의 개념은 2단계 제어 전략으로 구성되며, 도시교통제어(UTC)의 하부 연동을 위하여 (I)분산형(decentralize)의 조작가능 수준과 (ii) 집중형(centralised)의 전체적으로 수평적인

2.1.2 로스앤젤레스 시스템(미국, 롱비치)

경량전철의 시간의 상황에 따라 몇 개의 교차로에서 우선권을 부여받을 수 있으며, 절대적 우선권과 부분적 우선권방식으로 구분되고 부분적 우선권방식은 경량전철의 운행에 따라 교통신호기의 진행신호를 일부 연장 또는 일부 빠르게 시작하는 윈도우 스트레칭방식에 기초하여 조정되어지는 녹색 진행시간은 다른 단계들로부터 조정되어지므로 조정되는 시간에는 일정한 한계가 있다. 그리고 절대적 우선권 방식은 제한 사항이 없으며, 경량전철의 진행에 따라 교통신호제어기를 조정된다.

2.1.3 Sydney Coordinated Adaptive Traffic System(호주, 멜버른)

멜버른 SCATS시스템은 중앙제어 시스템에서 대중교통 우선권을 수행하며, SCATS는 최악의 상황에서의 교통조건을 근거로 교통신호계획을 수립하고 최악의 도로교통 제어상황은 다른 서브시스템 교차의 다양한 교통수요 변환에 따라 조화적으로 수행된다. 교차로 근처의 열차 검지기는 노면전차 전방의 대기열에 따라 우선권 반응시간을 연장하거나 우선권 반응연장 시간을 제어하도록 한다.

2.1.4 세펠드(영국)

세펠드에서는 도로교차의 교통신호체계에서 노면전차에 절대적 우선권을 제공하는 것으로 Supertram을 도입하였으며, 이것은 Supertram 시스템(Saffer와 Wright(1994))의 적용을 위한 교통신호제어 기술 및 운전규정의 개발을 발생시켰다. 만약 경전철 우선권에서 동일한 상황이 지속적으로 발생할 경우 이에 대한 특별한 정의를 없다면 경전철은 일반 신호와 동일하게 적용하도록 하였다.

2.1.5 SPOT 시스템(스웨덴, 고펜부르크)

공공 수송 기관 우선권을 드라이브 II에 적용하면서 고펜부르크의 대중교통 우선권 개발은 교통상황에 따라 동작하는 도로를 제어하기 위하여 새로운 거점 분산형 트래픽 제어기들의 동작계획을 중앙에서 수립하도록 하였다. 교통제어를 위한 PROMPT(Priority and InforMatics in Public Transport[a DRIVE II project])의 우선권 프로그램 시스템은 AUT(교통 자동 업데이트, Automatic Updating of TRANSYT)와 KomFram AVL 시스템에서 결정되어진 함수 값을 기초로 프로그램에 적용하여 교차로에서의 우선권 차량들의 경험적인 도착 예정시간을 제공합니다.

2.1.6 Stuttgart 시스템(독일, 슈투트가르트)

Stuttgart의 경량전철시스템의 일부 실시간 신호 제어 전략은 버스 그리고 경량전철의 우선권 서비스를 위해 사용되며, 우선권은 세 가지의 단계로 주어진다.

2.1.7 VS-PLUS(독일, 뒤스부르크[Duisburg])

독일의 Duisburg시의 노면전차는 교통신호에 대한 우선권(Lange and Lenzen, 1997)을 길가 표지들과 적외선 통신들에

의하여 제공 받으며, 노면전차가 특정한 위치에서 교통신호제어기에 위치정보를 전송하면 다른 교통신호체계에서 최소의 영향을 미치는 범위를 계산하여 우선권을 제공하고 그 결과로 다른 교통시스템의 진행시간을 최소한의 감소를 발생시킨다.

2.1.8 뛰리히(스위스)

뛰리히는 법적 권한이 높은 수준의 대단히 성공적인 통합된 교통시스템을 보유하며, 공공 수송 기관 차량들을 위한 우선권 시스템은 지연시간 제로의 수준을 목표로 발전되었으며, 공공 수송 기관 차량의 위치감지에 따라 현장의 교통제어기는 차량이 통과하는 교차로에서 진행신호를 확실하게 보장도록 되어 있다.

2.1.9 해외 노면전차 운전현황

도시의 특징에 따라 다르게 적용되어졌으며, 도시에 교통체계가 없는 경우에는 노면전철의 우선신호체계의 절대적 적용방안과 교통신호체계를 준수하는 방식으로 검토되었으며, 도시에 교통체계가 구축된 경우에는 교통신호체계에서 몇 단계의 방안으로 도로교통에서 교차로 제어하는 것으로 조사되었다. 따라서 노면전차의 경우에는 운전규정은 도로교통체계와 깊은 관련이 있으며, 우선신호체계에 대한 기술이 개발되지 않은 상태에서는 적용이 어려우며, 운전규정에서는 이를 감안하여 검토 적용되어야 할 것이다.

<표 1> 도로교통 신호규정의 검토

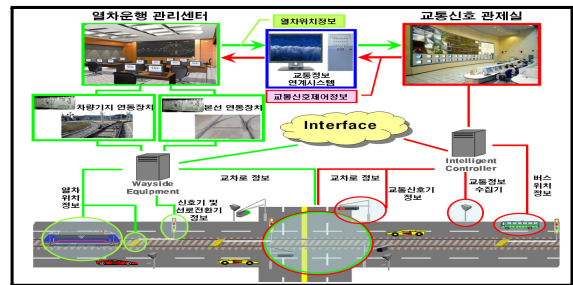
시스템명	도시	국가	제어방식	검지방식
BALANCE	뮌헨	독일	- 도시교통제어 - 분산형, 집중형 - S/W 단계제어 - 지연시간평가	트랜스폰더
로스앤젤레스 시스템	롱비치	미국	- 절대적, 부분적 우선권 - 교통신호시간조정 - 교통신호제어기 제어	루프 검지기
SCATS	멜버른	호주	- 대중교통 우선 신호 - 관련사거리를 고려 - 교통계획에 따라 수행	루프 검지기
세펠드	세펠드	영국	- 단계별 적용 - 요구발생시 우선권 - 표상시 일반적용	루프 검지기
SPOT 시스템	고텐부르크	스웨덴	- 거점분산 트래픽 제어 - 시간 팬던방식 - 현장운영후 수정반영	루프검지기
Stuttgart 시스템	슈투트가르트	독일	- 단계별 제어 - 진행신호 연장제어 - 절대적 우선권부여	인덕턴스 루프 적외선 비컨
VS-PLUS	뒤스부르크	독일	- 교통상황을 고려 - VS-PLUS S/W사용	적외선통신
뛰리히 시스템	뛰리히	스위스	- 운행위치에 따른 진행 - 안정적 기초정보 활용 - 복잡구간대중교통우선	트랜스폰더 루프검지기

2.2 도로교통과 운전규정의 문제점

도시철도법과 도로교통법의 구조와 운용방법이 각각 다르므로, 도시철도법을 기준으로 할 경우와 도로교통법을 기준으로 할 경우 기본 개념이 다를 수 있으므로 법의 충돌이 발생 할 수 있으며, 정확한 법규체계가 없으므로 건설 및 기술기준의 적용에 있어 불분명한 상황이 발생할 수 있다. 따라서 선로의 전용화 및 교차로의 입체화가 이루어지지 않으면 경전철의 품질인 정시성, 정확도, 고속도, 향상, 안전 확보가 저하되고 교통체계로써의 경쟁력이 떨어지며, 도로는 더 혼잡해 질 수 있으며, 기존의 도로교통에도 악영향을 초래할 수 있으므로 노면전철의 특성상 버스 운영체제와 통합관리는 불가능하며, 원활하고 안전한 운행을 위하여 도로교통신호와의 상호보완적인 시스템구축 및 안전성 확보를 위한 운전규정의 확보가 요구된다. 이를 위하여 노면전차의 운전제어와 도로교통의 운전제어가 연계하여 운영되어야 하고 이를 위한 운전규정이 수립되어야 한다. 따라서 운전규정의 원활한 운영위하여 통합적 또는 연동적인 운전제어가 수행되어야 하고 이를 위한 연계방안을 검토하였다.

2.2.1 노면전차와 도로교통의 연계방안

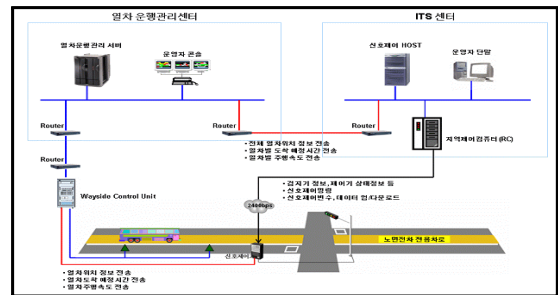
노면전철과 도로교통신호체계와의 연계방안은 현재 도로교통에서 운영중인 신호패턴방식을 유지하면서, 노면전철용 도로교통신호패턴을 추가하여 노면전철 신호체계를 운영토록 계획하여야 한다.



<그림 1> 노면전철의 연계구성도

2.2.2 운전규정의 연계를 위한 정보인터페이스

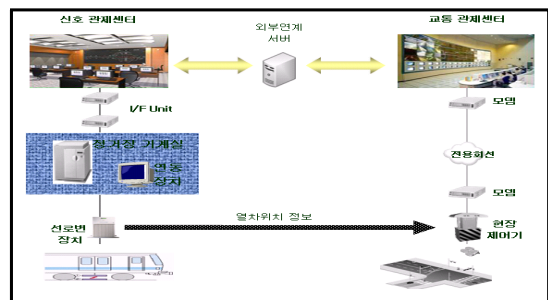
노면전차의 열차운행 위치 및 운영정보를 종합사령실에서 실시간 검지 및 확인하고 위치정보를 교통관리센터에 송신하여 도로교통 신호기의 통합관리 체계를 운영토록 하여야 한다. 또한 교통관리센터에서는 종합사령실로 도로교통의 변경 현황정보를 송신하도록 구성하여야 한다.



<그림 2> 노면전철의 정보인터페이스구성도

2.2.3 노면전철의 운전을 위한 설비의 구성

노면전철과 도로교통의 연계설비의 구성은 아래와 같다.



<그림 3> 노면전철의 설비연계 구성도

3. 결 론

노면전철의 운전규정은 노면전철의 특성을 고려하여 작성되어야 한다. 또한 위에서 연구되어진 바와 같이 도로교통과의 연계성을 고려하여 운전규정을 검토하고 제어방식의 연계에 따른 운전규정의 특수 조항을 추가 및 신설하여야 한다. 또한 도로교통의 운전규정에도 영향을 미치므로 도로교통의 운전규정 또한 병행되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] Selectde Vehicle Priority in the UTM Environment (Urban Traffic Management and Control, 1998)
 [2] 경량전철기술(Light Rail Transit)(2005)
 [3] Application of Part 10 of the Manual on Uniform Traffic Control Devices to Light Rail Transit Projects(Jack W.Boorse, 9th National Light Rail Transit Conference)
 [4] Bombardier Transportation Light Rail Vehicle Projects(BOMBARDIER)