

트램 신호시스템과 도로교통설비와의 연계 제어 방안 연구

Research on control method of convergence system between signaling system for tram and traffic signal

양희준*[†], 강덕원*, 박성호*

Hee-Joon Yang*[†], Deok-won Kang*, Sung-Ho Park*

Abstract A tram is a rail vehicle which runs on tracks along public urban streets, and also sometimes on a segregated right of way. Nowadays tram lines increase in overseas markets so new tram line is expected to open in domestic soon. Tram has to interface a traffic signal for safety because tram runs on tracks along streets with cars. According to analyzed examples of tram operation and accidents in overseas, study a configuration and interface between tram and wayside equipment, that is interlocking system for tram to cross a switch and a traffic signal for tram to cross an intersection. Also tram has protection function in the switch and the intersection through that interface so its safety and availability are improved. That is the purpose of this research

Keywords : Tram, Signal, Traffic, Interface, Control

초 록 트램은 도로상에 부설된 레일을 따라 움직이는 전동차로 최근 해외 철도교통 부분에서 적용이 증대되고 있다. 국내에도 트램의 적용이 확대될 것이 예상되며 자동차와 혼용 운행하는 운용특성에 맞추어 트램 신호시스템과 도로교통설비와의 인터페이스 및 제어 방안에 대한 연구를 수행하였다 이 연구를 위해서 해외에서 운용되는 트램의 운영사례와 사고사례를 분석하였고 이것을 참조하여 트램 신호시스템이 레일을 따라 운행하기 위한 지상제어설비 및 도로를 운행하기 위한 도로교통설비와 인터페이스하는 시스템을 구성하고, 분기구간 및 교차로에서 사고를 최소화 할 수 있는 제어기능을 구현하여 트램의 안전성 및 가용성을 향상시키는 것이 목적이다.

주요어 : 트램, 신호, 교통, 연계, 제어

1. 서 론

최근 해외 철도교통 부분에서 친환경 교통수단인 트램의 적용이 확대되고 있다. 트램은 노면 전차, 시가전차, Tram, Tramcar, Trolley 및 Streetcar로 다양한 명칭으로 불리지만, 도로상에 부설된 레일을 따라 움직이는 전동차로 의미는 동일하다. 트램의 운행에 필요한 지상설비의 구성방안을 해외에 적용된 트램 운영사례의 분석을 통하여 효율적으로 구성하고, 해외에서 발표된 트램의 사고사례를 바탕으로 교차로에서 트램의 안전한 운행을 위한 최소한의 방호기능을 구현하여 안전성 및 가용성을 향상시키는 목적으로 연구를 수행하였다.

[†] 교신저자: 현대로템 신호통신팀(yangheejoon@hyundai-rottem.co.kr)

* 현대로템 신호통신팀

2. 본 론

2.1 운행방식

2.1.1 시계운전

트램은 기관사에 의한 수동 운전을 기본으로 한다. 즉, 트램의 가속, 감속 및 출입문개폐 등에 대한 것이 기관사의 판단으로 이루어진다. 따라서 버스와 같이 날씨 및 주야와 같은 환경의 영향을 받는다.

2.1.2 운행노선

트램은 기본적으로 전용노선과 혼용노선 방식으로 구분된다. 전용노선은 트램만이 운행할 수 있도록 경계석등과 같은 물리적인 방법으로 차도와 경계를 만들어 차의 운행을 금지한다. 반면, 혼용노선은 물리적인 구분 없이 트램과 차량이 함께 운행하는 방식이다.



Fig. 1 Tram only line (France,T3)



Fig. 2 Tram line with cars(Lisbon)

하지만 전용노선과 혼용노선 모두 도로에 부설된 레일에 따라 운행하므로 교차로구간은 차량과 함께 이용해야 한다

2.2 사고사례

해외트램(호주 빅토리아, 2014 ~ 2016년)의 사고 사례는 탈선, 트램간 충돌/추돌, 시설물과 충돌, 차량과 충돌, 트램 낙상, 승강장 낙상, 궤도 파손, 화재로 분류한다.

트램 신호시스템에서 방호 가능한 사고사례에 대해 자세히 알아본다.

Table 1 Incident statistics

Category type	2014				2015				2016		Total
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	
Running line derailment	8	2	6	4	3	9	7	8	5	7	59
Collision (Tram)	6	3	2	3	1	1	1	6	2	6	31
Collision (Road vehicle)	210	185	194	229	208	197	182	268	237	247	2157
Total	224	190	202	236	212	207	190	282	244	260	2247

탈선은 평균 5.9회, 트램간 충돌/추돌은 평균 3.1회 그리고 차량과의 충돌은 평균 215.7 회로 사고사례 중 차량과의 충돌이 가장 많은 비중을 차지한다. 도로교통차량과 트램이 혼용하여 운행하는 교차로 구간에서 대부분 발생한 사고로 추정된다.

2.3 트램 신호시스템 구성

트램 차상신호장치는 제어부, 속도센서, Tag Reader, DMI 및 무선모듈로 구성되어 있으며 제어부는 속도센서, Tag Reader, DMI 및 무선모듈을 통하여 주요기능을 수행한다. 바퀴에 장착되어 속도센서로 열차의 속도를 계산하고 Tag Reader로 지상에 설치된 Tag를 인식한다. 그리고 DMI를 통해 기관사에게 계산된 속도 프로파일 및 편의정보를 제공한다.

또한, 교차로 통과신호를 생성하는 도로교통신호기 및 선로전환기 제어를 담당하는 연동장치와 무선모듈을 통하여 정보를 송수신하는 신호시스템을 구성한다

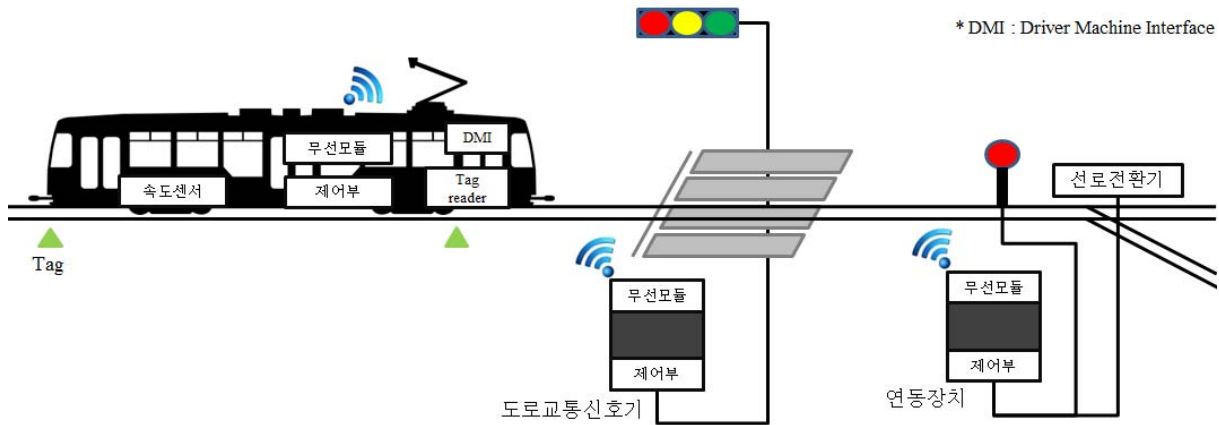


Fig. 3 Signaling system configuration for tram

2.4 트램 신호시스템 기능

2.4.1 교차로 제어

트램 신호시스템은 교차로구간 약 200m 전방에서부터 도로교통신호기로부터 통과 가능한 시간을 수신한다. 또한, 교차로까지 남은 거리, 그리고 현재 트램 속도를 이용하여 교차로 통과에 필요한 시간을 계산한다.

$$\text{필요시간}(T) = \frac{\text{남은거리}(\Delta S)}{\text{속도}(V)} \quad (1)$$

수신한 통과 가능한 시간과 계산된 필요한 시간을 비교하여 트램이 교차로를 통과할지 정차할지를 사전에 판단한다.

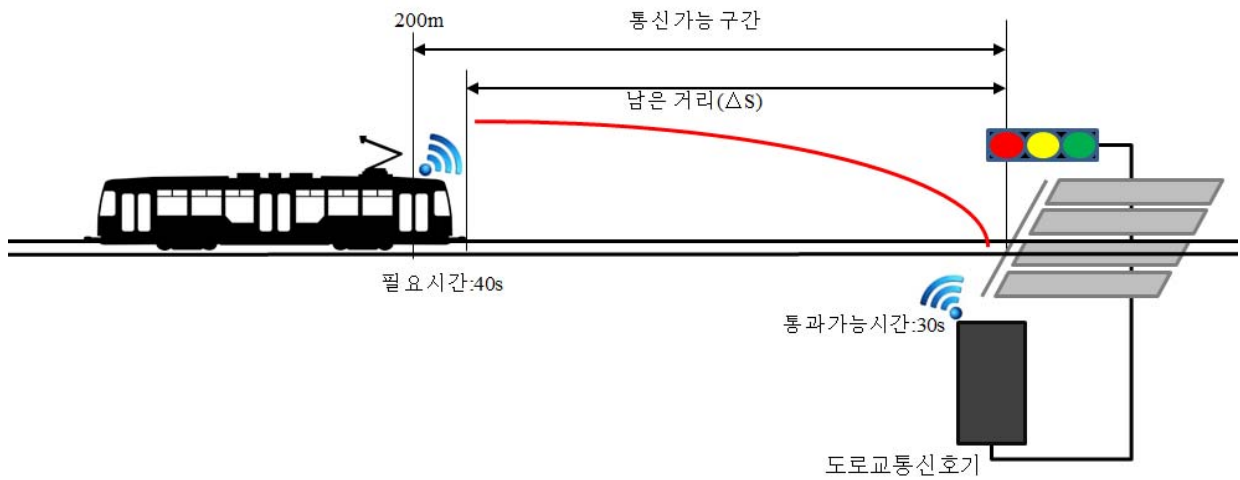


Fig. 4 Stop in front of an intersection

통과 가능 시간이 필요시간보다 적을 경우 교차로 앞에서 정차하는 속도 프로파일을 기관사에게 제공한다.

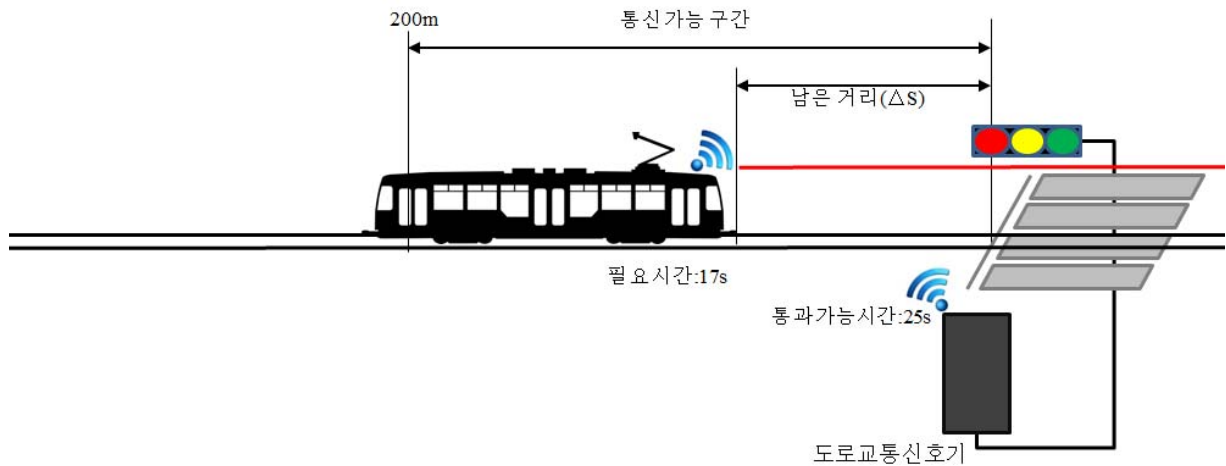


Fig. 5 Crossing an intersection

통과 가능 시간이 필요시간보다 많을 경우 교차로를 통과하는 속도 프로파일을 기관사에게 제공한다.

2.4.2 분기구간 제어

트램 신호시스템은 분기구간 약 200m 전방에서부터 연동장치로부터 이동 가능한 거리를 수신한다. 이동 가능한 거리가 분기구간 전까지면 분기구간 진입 전에 정차하고, 분기구간 넘어서까지 이동 가능한 거리가 수신되면 분기구간을 통과하여 이동하게 된다.

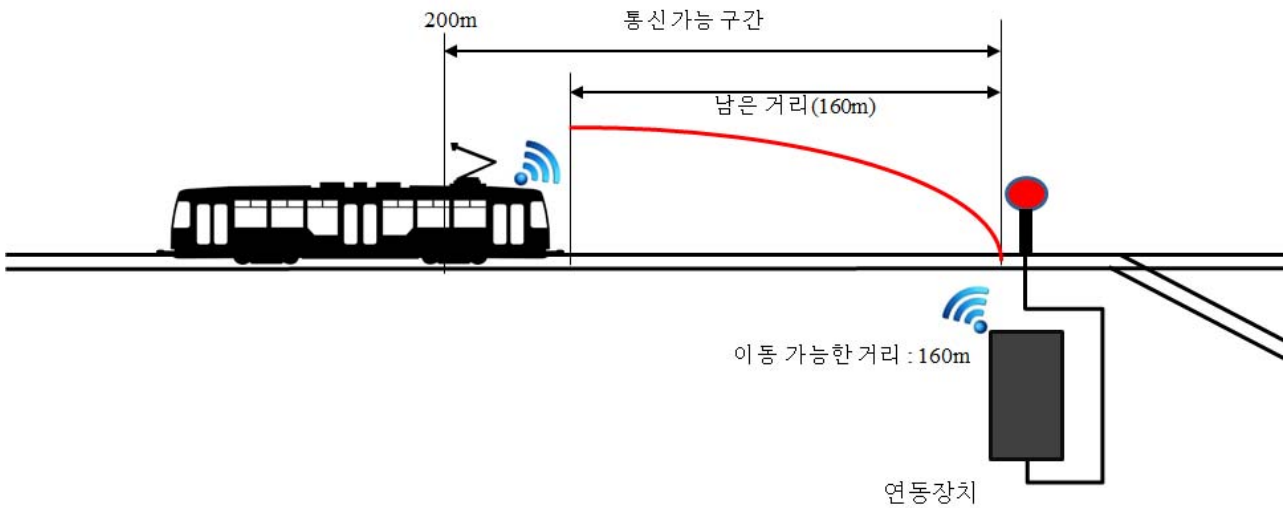


Fig. 6 Stop in front of a switch

연동장치로부터 수신한 이동 가능한 거리, 즉 분기구간 앞에서 정차하는 속도 프로파일을 기관사에게 제공한다.

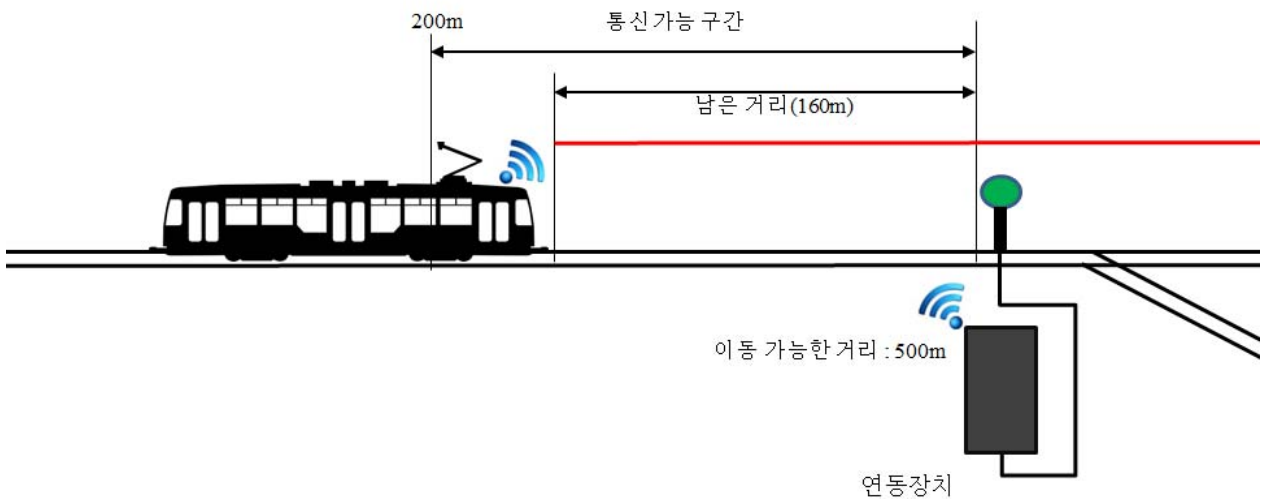


Fig. 7 Crossing a switch

연동장치로부터 수신한 이동 가능한 거리, 즉 분기구간을 통과하는 속도 프로파일을 기관사에게 제공한다.

2.4.3 교차로와 분기 혼용구간 제어

트램 신호시스템은 교차로와 분기 혼용구간 약 200m 전방에서부터 도로교통신호기로부터 통과 가능한 시간을 수신하고 연동장치로부터 이동 가능한 거리를 수신한다. 필요시간을 계산하여 수신된 통과 가능한 시간과 비교 하고, 수신된 이동 가능한 거리까지 통합한다.

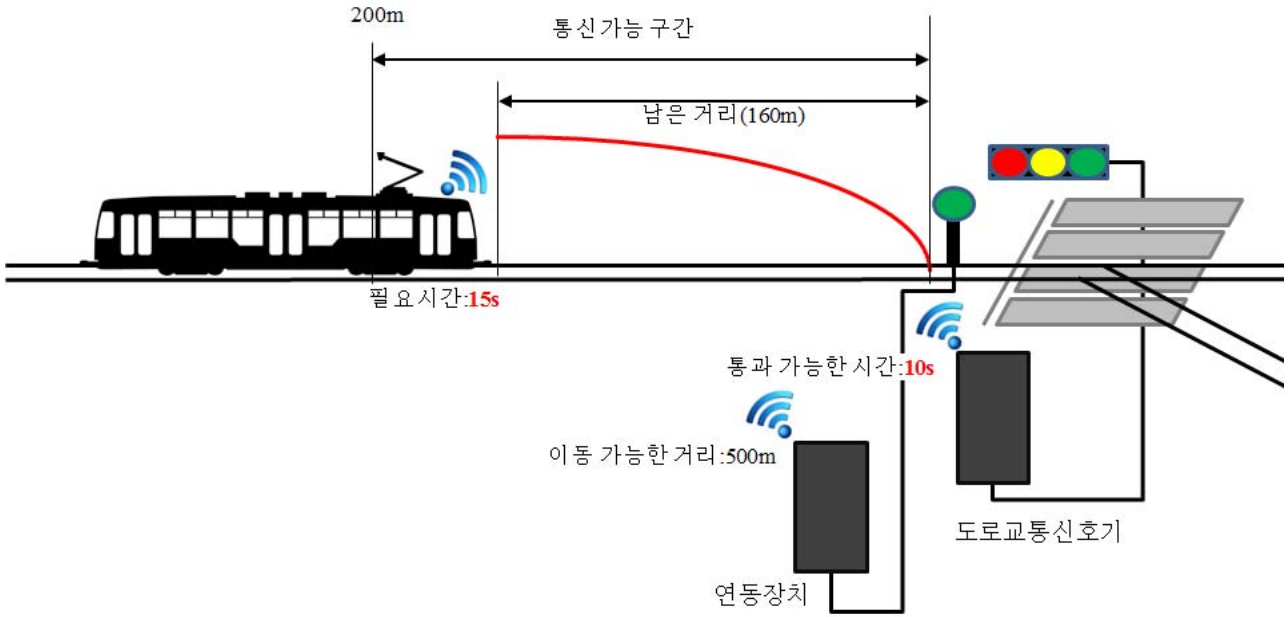


Fig. 8 Stop in front of mixed zone

이동 가능한 거리는 500m로 분기기 통과가 가능하지만 도로교통신호기의 통과 가능한 시간이 필요시간보다 적기 때문에 혼용구간 앞에 정차하는 속도 프로파일을 기관사에게 제공한다.

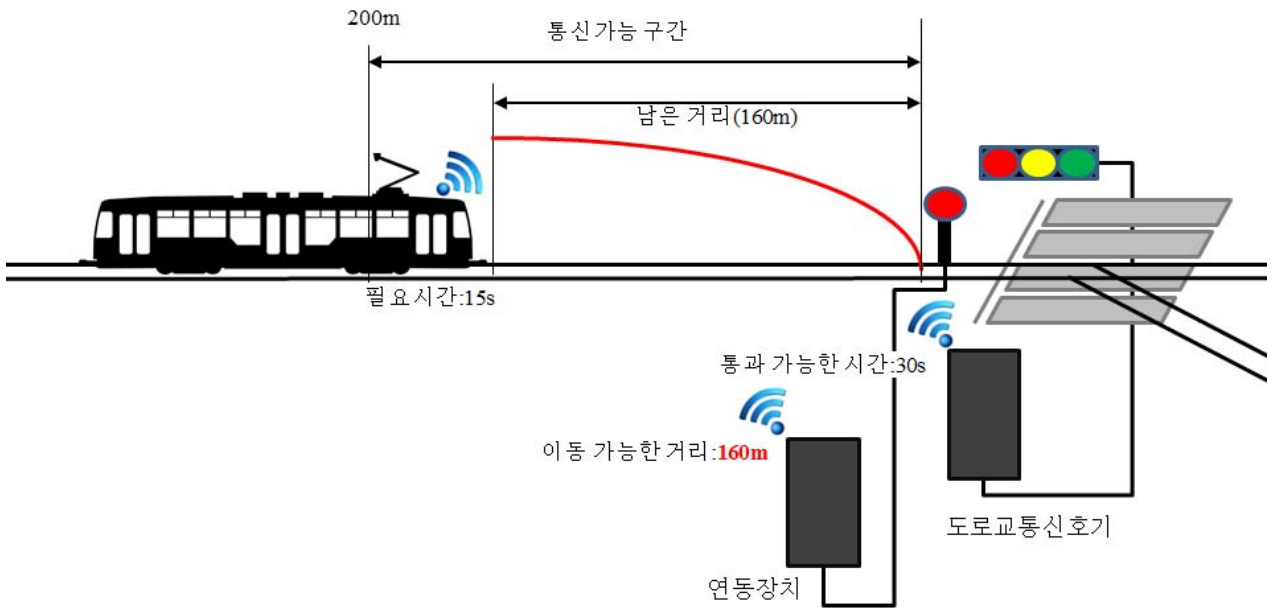


Fig. 9 Stop in front of mixed zone

통과 가능한 시간이 필요시간보다 많아 교차로 통과가 가능하지만 연동장치의 이동 가능한 거리는 160m이기 때문에 혼용구간 앞에 정차하는 속도 프로파일을 기관사에게 제공한다.

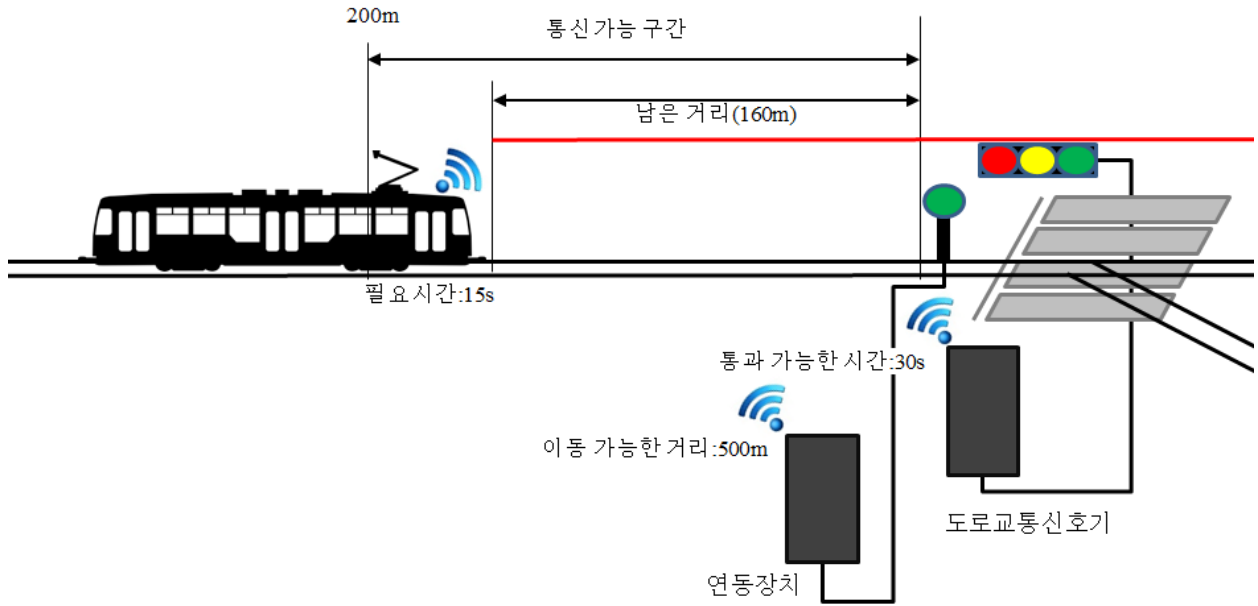


Fig. 10 Crossing mixed zone

통과 가능한 시간이 필요시간보다 많고 이동 가능한 거리도 500m이기 때문에 혼용구간을 통과하는 속도 프로파일을 기관사에게 제공한다.

3. 결론

위와 같이, 본 논문에서 해외트램의 운영사례와 사고사례를 분석을 통하여 교차로구간에서 트램에서 발생할 수 있는 사고를 최소화할 수 있는 시스템을 구성하였다. 트램은 기관사에 의한 수동운전을 기반으로 운행하기 때문에 기관사가 판단하기 어려운 교차로나 분기기에 대해 신호시스템이 방호기능을 수행함으로써 트램운행의 안전성과 가용성을 향상시킬 것으로 판단된다.

후 기

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업 “무가선 저상트램 실용화(13RTRP-B067379-03)” 과제의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] the Tram safety incident statistics :TSA (2016) Quarterly incident statistics for TRAM 2016 – 2nd Quarter, pp. 11-15.