

# 트램사고 방지를 위한 사고유형 분석 및 교차로 제어방안에 대한 고찰

## A Review on Accident Type Analysis and Crossing Control Measures for Tram Accident Prevention

김 유 호<sup>†</sup> · 이 수 환<sup>\*</sup> · 김 예 지<sup>\*</sup> · 황 현 철<sup>\*\*</sup>

(You-Ho Kim · Soo-Hwan Lee · Ye Ji Kim · Hyeoncheol Hwang)

**Abstract** - Korea's first tram (so called "tram" ), which was commenced the operation on May 4, 1899 of late Joseon Dynasty and run until 1968, played a pivotal role of public transportation. However, tram as new transportation mean is being recognized as traffic congestion problem becomes issue due to geometric automobile increase and reckless urban plan after stoppage of tram service. Tram has an advantage of inexpensive construction cost and eco-friendly means compared to existing and city railway, carrying more passengers rather than existing bus, excellent connectivity of existing transportation because of easy accessible to destination in the city center. Therefore, tram, what is called "Green Rvolution of Public Transportation", has a dreaming of revival and in the process of pushing. We suggest the accident type which might break out in the early stage of tram introduction and preventive measures by surveying the accident cases of tram advanced country, and study the crossing control measures.

**Key Words** : TRAM, RAMS(Reliability, availability, maintainability and safety)

### 1. 서 론

공공교통의 녹색혁명이라고 할 수 있는 노면전차(이하 트램)는 독일, 러시아, 우크라이나를 비롯한 전세계 50개국의 약 400개의 도시에서 운행 중에 있으며, 중소형 도시 및 그 근교에서 여객의 이동 수단으로 각광 받고 있다.

트램은 기존 철도와 도시철도에 비해 건설비가 대단히 저렴하고 친환경적이면서 기존 버스에 비해 많은 승객을 운송할 수 있으며 도심속 목적지 까지 쉽게 이동이 가능하여 기존 운송수단과의 연계성이 탁월하다. 이미 오래전부터 세계의 여러 도시에서 트램이 운행되고 있음은 트램이 많은 장점을 가진 대중교통으로서의 역할을 하고 있다는 증거이기도 하다. 이와 같이 최적의 교통수단으로서 효과를 보고 있는 트램의 장점과 필요성을 인식한 정부가 정책사업의 하나로 국가철도연구기관과 차량제작사가 공동연구를 추진하여 상용화를 목적으로 이미 오송역 트램 전용선에서 시험운전 중에 있다. 이와 함께 철도기술연구원을 중심으로 차량, 철도관제, 도로교통관제를 담당하는 기관들이 트램과 기존도로 교통과의 연계운행을 위한 관제시스템 구축과 사거리 운행방안에 대한 연구를 진행하고 있다. 국내 트램개발의 단계는 차량은 제작이 완료되었으나, 아직 도로교통과의 관제시스템 구성 및 제어방안, 교차로 제어방법 등 상용운전에 대

한 방법은 제작사와 연구기관 그리고 경찰청 등의 협의를 통해 선행과제를 풀어나가는 중에 있다.

따라서 본 논문에서는 국내에 처음 도입되는 트램의 간단한 소개와 트램 초기 도입시 안정화에 이르기까지 발생가능한 트램사고 유형과 선진국의 트램 사고 데이터를 분석하여 영업운전 초기단계에서 발생할 수 있는 다양한 위험원을 줄이기 위한 위험도 도출방법 및 분석에 대한 설명과 사고의 대부분을 차지하는 교차로 신호제어 구축방법에 대한 운영방안을 제시하고자 한다.

### 2. 트램의 특징

#### 2.1 트램의 특징과 교통분류

트램은 일반적으로 도로에 포설된 레일 위를 달리는 노면전차로서 차량은 1량(Single차) 또는 2~4량(Bogie차)이 있다. 보통 철제차륜을 이용하여 운행하므로 형태는 열차와 도시철도차량과 흡사하지만 일반 도로상을 주행하는 교통수단으로 일반 도로교통수단으로 보는 시각도 있으며, 국가별로 적용되는 법과 규정이 일부 상이하다. 트램의 선진국이라 할 수 있는 러시아, 독일, 호주, 프랑스는 철도시스템으로 적용하고 있으며, 일본역시 철도사업법과 궤도법을 따라 철도 교통으로 분류하고 있다.

우선적으로 트램의 장점은 매우 많다. 철도나 도시철도, 버스 및 택시 등과 같은 기존의 대중교통에 대하여 접근성이 매우 뛰어나며, 장애인이나 노약자도 쉽게 이용할 수 있다.

또한 매우 친환경적이며, 콘크리트 교각이나 땅을 굴착할 필요 없이 기존 도로위에 레일만 깔면 되므로 트램을 위한 역설비, 인프라구조물, 신호보안시스템을 간단하게 설치할 수 있으며, 교각을 세우는 경량전철이나 전용선이 필요한 철

<sup>†</sup> Corresponding author : The school of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University, Korea

E-mail : asa812@korea.com

<sup>\*</sup> R&D Center, Asia Railway Technology Co.,Ltd.,Korea

<sup>\*\*</sup> Korea Railroad Research Institute. Korea

접수일자 : 2015년 7월 10일

수정일자 : 2015년 8월 12일

최종완료 : 2015년 10월 8일

도나 터널을 건설해야 하는 지하철에 비해 상대적으로 적은 건설비가 소요되므로 굉장히 경제적인 교통수단이다.

장점에 비해 단점이라 하면 차량의 성능에 비해 도로여건과 교차로의 신호등, 짧은 정거장 간격, 타교통수단과의 지장 등으로 트램전용선에서는 50km/h 정도이며, 일반 도심지에서는 30km/h 이상으로 속도를 낼 수 없다는 것이 단점이다. 트램우선 신호체계를 도입하면 어느 정도의 속도향상은 가능하나 도로교통과 함께 이용하는 트램의 특성상 지속적인 해결방안을 찾아야할 과제로 남아있다. 그러나 속도문제를 제외하고는 장점이 매우 큰 교통수단이다.

### 2.2 국내트램 개발 현황 및 해외트램 조사

과거 노면전차는 트롤리를 이용한 급전방식으로 운영을 하였다. 그러나 배터리기술이 발전하면서 차량에 대용량 배터리를 탑재하고 가선 또는 선로바닥에 충전할 수 있는 방식을 적용하여 무가선 방식이 가능하게 되었으며, 신설노선을 추진하는 여러 도시에서 도입되고 이미 사용되고 있다. 그로 인한 도시의 미관을 해치는 전차선도 없어지는 추세이다. 다음 표 1은 우리나라 트램 개발현황과 주요 선진국 트램 현황으로, 국내 트램은 배터리 충전기술을 이용한 유/무가선 방식으로 제작되어 시험운행 중에 있다. 우리나라 개발 트램은 무/유가선 급전운영이 가능하도록 배터리를 이용하여 운행하고 있는 매우 진보된 형태의 차량이다.

표 1 트램 국내외 개발 현황

Table 1 Tram line samurai status at home and abroad

구분	기관 (국가)	개발명/ 시기	차량	특징
배터리 시스템	Alstom 프랑스	Citadis Nice (2007~)		무/유가선 하이브리드 NI-MH 배터리(500m x 2무가선) 가선을 통한 급전 및 충전
	RTRI 일본	HI-Tram LH01 (2003~) LH02 (2005~)		무/유가선 하이브리드(1량1편성) Li-ion 배터리+가선을 통한 급전 및 충전
	KRRI 한국	W Tram (2006~)		무/유가선 하이브리드(5량1편성) Li-Polymer배터리 +가선을 통한 접촉 급전 및 충전
접촉급전 시스템	Alstom 프랑스	Citadis Bordeaux (2003~)		3레도/가선 하이브리드 APS(3레도 Type)접촉급전 공사비 5배/가선공사
무접촉 급전시스템	Bombardier 캐나다	Primove (2008~)		무접촉 충전 유도급전을 통한 무접촉 충전 슈퍼캡 탑재 인프라 공사비 증대
급속충전 시스템	CAF 스페인	Urbos (2010)		정거장 급속충전 슈퍼캡+배터리 최대1.4km 무가선 인프라공사비 증대

### 3. 트램사고 유형 분석

#### 3.1 일반적 트램 사고의 유형 조사

위 2.2의 국내의 트램 현황을 분석한 결과 노면전차는 일반 철도처럼 전용선로가 확보된 것이 아니라 도로 노면과 같은 수평면에 레일상면이 위치하여 주행하기 때문에 도로 교통차량들이 수시로 넘나들 수 있어 사고에 대한 경계운전이 각별히 요구되고 있다.

대부분의 트램사고는 교차로에서 집중적으로 발생한다. 트램운행의 정시성 확보와 사고를 줄이기 위해 일반적으로 교차로에서는 트램이 우선신호를 받을 수 있도록 신호체계를 운행하고 있으나, 트램과 마찬가지로 승용차와 버스는 로직화된 자동스케줄에 따라 운행되는 것이 아니라 운전자의 운전습관과 운전역량을 통해 최대한 스케줄을 준수하면서 운전하는 것이다.

따라서 운전자의 시계확보와 운전습관은 신호무시, 꼬리물기 등의 사고 위험으로 이어지고 그로 인하여 사고가 많이 발생하는 것으로 조사되었으며, 교차로가 아닌 일반 선로 구간에서는 일반도로교통 차량과 같이 운행하기 때문에 사고의 대다수는 도로차량 끼어들기 및 접촉사고 등이 일반적이며, 트램과 보행자간 사고, 트램간 추돌 사고 등도 발생하는 것으로 조사됐다. 우리나라 역시 트램 도입시 사고가 발생하지 않을 수 없다는 보장이 없다. 따라서 해외사고사례 조사를 통한 사고유형을 조사하였다.

아래 그림 1과 같이 아일랜드 수도의 더블린 노면전차 사



그림 1 트램 사고 사례

Fig. 1 Tram accident cases

고는 교차로에서 우선신호의 진행을 받은 트램을 2층 버스가 신호를 무시하여 발생한 사고이며, 프랑스 스트라스부르 노면전차 사고는 주행 중인 트램을 무리하게 앞지르려던 승용차가 트램과 충돌한 사고이다. 흔하진 않지만 호주 멜버른에서 발생한 트램간 추돌사고도 트램의사고유형에다.

**3.2 사고 통계 및 발생 현황**

우리나라는 1968년 노면전차 운행 중단 이후 모든 도로교통신호체계는 일반도로교통 체계로 운용되어 왔기 때문에 사고를 줄이기 위하여 트램도입시 기존 신호체계에 익숙해진 운전자들에게 많은 사전홍보와 대비가 필요하다.

따라서 해외 트램 선진국인 프랑스의 사고사례와 현황을 파악하기 위해 프랑스의 대중교통기술국 STRMTG(Service Techniques des Remontées Mécaniques et des Transports Guidés)에서 발행하는 안내서에 근거하여 운영과 사고에 대한 여러 가지 분석자료와 통계자료를 인용하였다. 참고로 대중교통기술국은 프랑스의 정부기관으로서 교통 인프라 및 서비스, 육상 교통통제, 도로교통 안전을 담당하고 있으며, 1979년부터 프랑스 여객 운송의 안전 관련 활동을 담당하고, 철도 성능 개선을 담당하는 철도조달기구로서 운영과 사고에 대한 여러 가지 분석자료와 통계를 구하고 있다.

다음은 프랑스 2010년에서 2013년까지 4년간 프랑스의 트램사건 발생 현황 통계를 시 타교통과의 충돌(66.89%)과 승객사건(29.93%)가 전체의 96.83%로 대부분을 차지하는 것으로 조사됐다.

**표 2 2010~2013년 프랑스 트램사건 발생현황**

**Table 2 France 2010-2013 Tram accident Occurrence**

구분	2010년	2011년	2012년	2013년
타교통 충돌	1,121	1,176	1,207	1,323
트램간 충돌	3	3	2	5
장애물 충돌	16	21	24	29
탈선	6	10	4	10
승객사건	415	522	563	660
화재	2	3	2	3
기타	8	23	30	25
계	1,571	1,758	1,832	2,055

2010년에서 2013년까지 4년간 프랑스의 트램사건 사상자 발생현황 통계를 시 사망 0.55%, 중상 3.72%, 경상95.73%로 경상이 전체의 대부분을 차지하는 것으로 조사 되었다.

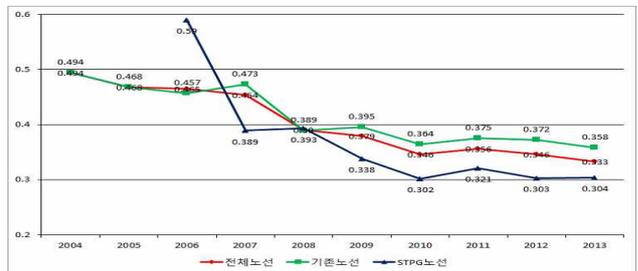
2010년에서 2013년까지 4년간 프랑스 트램사건 사상자 발생현황통계에서 타 교통과 충돌(40.2%) 및 승객사건(58.4%)이 전체의 98.59%로 대부분을 차지하는 것으로 조사 되었다.

2006년에 상업운전을 시작한 프랑스 STPG노선은 첫째 10,000km당 사건발생은 0.59로 높았으나 감소추세를 보여서 5년 후 0.3대로 안정화로 운용초기에는 사건발생이 많을 것으로 파악되었다. 국내 트램 역시 상업운행을 시점으로 초기에는 트램은행과 관련하여 신호체계 적응기간, 홍보부족 등 다양한 원인으로 인해 사고발생 확률이 개통 이후 집중하여 발생될 것으로 예상된다. 다음 표 5는 프랑스STPG노선의 사건발생 비율변화를 나타낸 것이다.

**표 3 2010~2013년 프랑스 트램사건 분류별 사상자 발생건수**

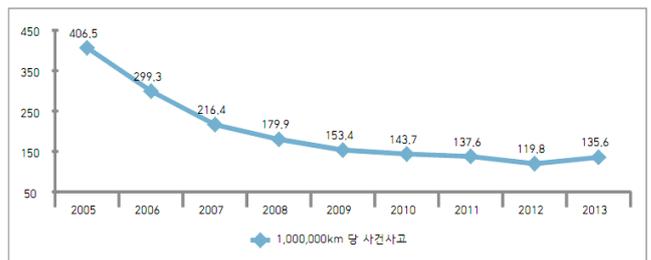
**Table 3 The number of casualties occurred 010-2013 years, France Tram events Classifieds**

구분	2010			2011			2012			2013		
	경상	중상	사망									
타교통충돌	301	22	9	372	35	2	307	26	2	351	26	5
트램간충돌	1			3			9					
장애물충돌	1											
탈선				3								
승객사건	439	7		512	7		532	5	1	608	6	1
화재										1		
기타	1			6			14			11	1	
계	743	29	9	896	42	2	862	31	3	971	33	6



**그림 2 STPG노선 10,000km당 사건발생 비율 변화**  
**Fig. 2 STPG route 10,000km per incident rate changes**

2004년에서 2013년까지 10년간 프랑스 트램과 타 교통사고발생을 조사한 결과 승용차와의 충돌사건이 대부분을 차지하였으며, 그 뒤를 이어 보행자 사고가 대부분을 차지하였다. 그러나 보행자의 경우 트램과 직접 부딪치는 사고가 대부분이어서 사상자 발생비율은 승용차와 비슷한 결과가 나오는 것으로 조사되었다.



**그림 3 2004~2013년 프랑스 대상별 타교통 충돌사건 비율**  
**Fig. 3 2004 to 2013, France targeted other traffic collision incident rate**

2004년에서 2013년까지 10년간 프랑스 트램과 타 교통사고발생에 대해 대략 10가지 장소를 구분하여 충돌사건 발생비율을 분석하였다. 일반 트램 주행로에서는 횡단보도가 아닌 장소에서 보행자가 임의로 횡단하여 발생비율이 높았으며, 단순교차로 보다는 복합교차로(3거리/4거리)에서 많이

발생하였다. 이러한 이유는 일반차로와 같이 신호꼬리물기 및 무리한 교차로 진행 통과 등에 따른 사고로 분석되었다.

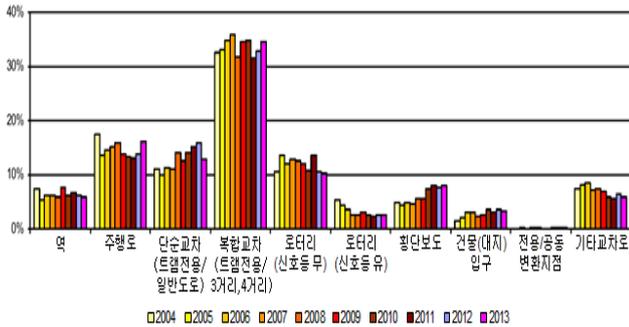


그림 4 2004~2013년 프랑스 충돌사건 발생 장소 발생현황  
Fig. 4 France 2004-2013 collision accident occurred place and occurrence

위에서 조사한 내용과 같이 실제 발생한 사고유형을 바탕으로 국내 트램시험 절차서에 다양한 위험원을 포함시키고 돌발상황 시나리오를 제시하여 상황별 대처방안에 대하여 실험을 하여야 한다.

3.3 국내 운영처 열차사고 유형분석

국내 철도 건설처인 한국철도시설공단은 철도 신호설비 안전분석 업무기준은 ‘철도시설의 기술수준’(국토교통부고시 제2013-839호)에 정하고 있으며, 여기에서 사고는 대분류와 소분류나 나누어 열차충돌(열차, 시설물, 종사자), 열차탈선, 화재, 전자기적 오동작으로 구분하고 있다. 다음 표 5는 철도 시설의 기술기준에서 제시하고 있으며 열차사고의 분류이다.

표 5 열차 사고의 분류

Table 5 Classification of train accident

구분	사고 대분류	사고 소분류
1	열차충돌	열차-열차 충돌
		열차-(시설/지장물)충돌
		열차-종사자 충돌
2		열차탈선
3		화재
4		전기 및 전자파에 의한 신호 오작동

3.4 위험원 도출과 분석 방법

트램의 위험원 도출을 하기 위해서는 일반적인 두 가지 방법이 필요하다. 첫째 실제 사고사례의 데이터를 수치화 하여 그에 따른 위험원을 산출하는 방법인 경험적 방법(체크리스트, FMEA)방법과 아직 발생하지 않은 위험원을 예측하여 발생 가능한 예상시나리오를 도출하는 창의적 방법(HAZOP, Brainstorming)이 있다.

FMEA는 각각의 결함으로부터 결함의 영향을 일반적으로 귀납적인 방법(고장모드 사용)을 이용하는 것이고 HAZOP은 결함에 대하여 가능한 원인과 결과를 양방향으로 평가하는 방식이다.

다음으로 도출된 위험원은 두 가지 방법으로 분석할 수 있다. 하위시스템과 하위 수준 이벤트로 구성된 시스템의 최상위수준 위험원 분석(FTA)과 위험원에서 시작하여 결과를 추적해서 발생할 수 있는 이벤트와 그 결과를 예상하는 (ETA)방법이다.

(1) FTA방법

FTA의 최하의 이벤트에는 주로 기능고장에 대한 발생빈도가 정량적으로 입력된 후 하나의 결과로 인한 발생 가능한 원인을 찾는 분석방법이다.

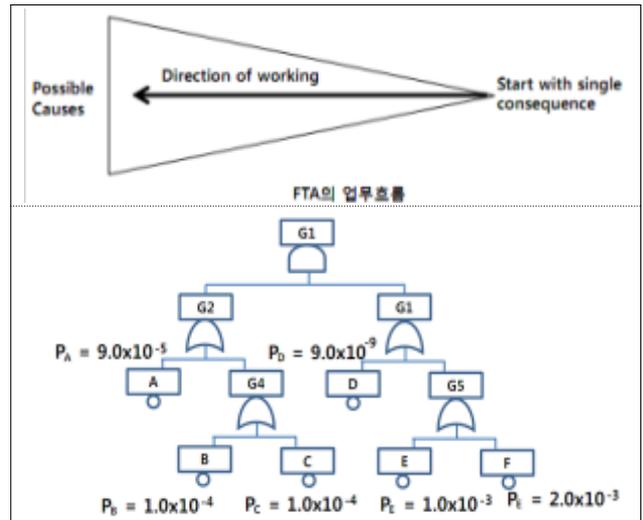


그림 5 FTA 분석방법  
Fig. 5 FTA analysis

(2) ETA 분석방법

인적오류와 같이 정량적 접근이 용이하지 않은 사항에 대해서 ETA를 통해 정량적 수치를 할당하여 분석한다.

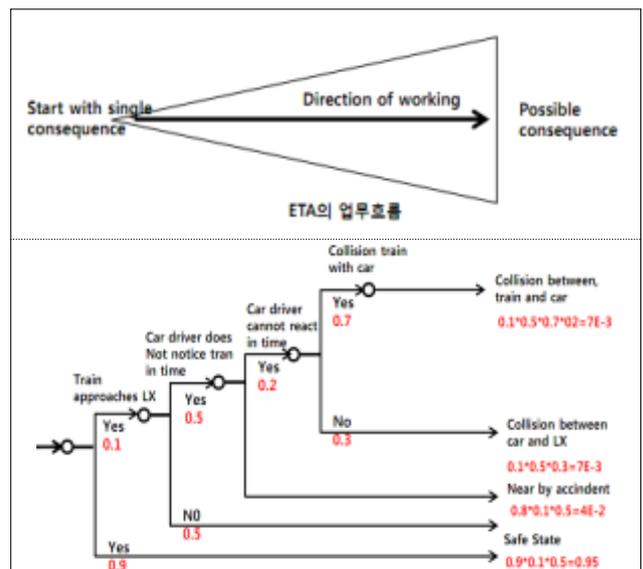
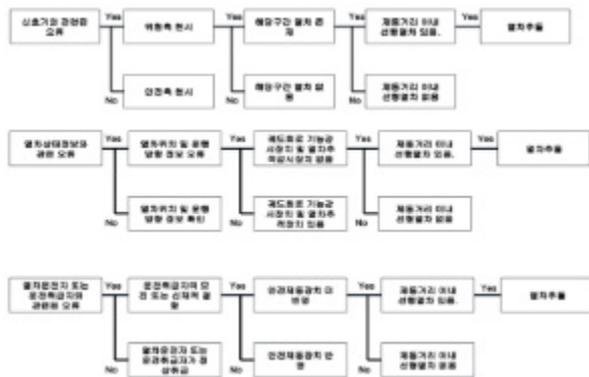


그림 6 ETA 분석방법  
Fig. 6 ETA analysis

우리나라는 1968년 이후 트램 운행이 완전 중단됨에 따라 실질적 트램에 대한 자료가 전무한 상태이다. 따라서 국내 트램 실정에 맞는 위험원 분석을 하기 위해서는 3.2의 내용처럼 사고유형별 사례 중 가장 비중이 큰 트램 선진국의 사고사례 분석을 통해 국내 트램 위험원을 대략적으로 유추할 수 있다. 그러나 프랑스의 교통 환경과 국민성 등 다양한 요소들이 우리와 현실적으로 차이가 있기 때문에 본 논문에서는 각기 다른 국가와 상황 등을 고려하여 국제적 기준 및 국내기준을 가지고 위험원 분석방법을 제시하도록 한다.

**3.5 국내 운영체 위험원 분석방안**

위험원의 도출방법은 위에서 검토한 실제 사고사례를 근거로 그에 따른 위험원을 산출하는 방법인 경험적 방법(체크리스트, FMEA)을 적용하되 국내에는 경험사례가 없으므로 관련 법규에 따른 체크리스트 방법을 적용하였다. 따라서 기본적인 사고의 분류는 프랑스의 사고 사례와 국내 철도시설의 기술기준을 근거로 열차충돌(열차간, 시설물, 종사자), 열차탈선, 화재, 전자기 오동작으로 구분하였다. 그리고 위험원의 분석방법은 하위시스템과 하위 수준 이벤트로 구성된 시스템의 최상위수준 위험원 분석(FTA)과 위험원에서 시작하여 결과를 추적해서 발생할 수 있는 이벤트와 그 결과를 예상하는 (ETA)방법에서 위험원의 시작에서 결과를 추적하는 방법으로 위험원을 분석하는 EAT방법을 적용하여 위험원을 도출하였다. 기본적인 위험원의 구분은 위험원(L0)은 사고의 유형(열차속도, 신호진로 등), 위험원(L1)은 사고의 관계(장치, 열차상태, 운전취급자 관련 등)를 기준으로 위험원을 분석하였다.



**그림 7** ETA 분석방법을 통한 위험원 도출  
**Fig. 7** Risks caused by ETA analysis

ETA분석방법을 적용하여 사고의 분류에 따라 발생 가능한 원인을 위험원(L0)을 산정하고 이를 세분화하여 사고의 관계를 고려하여 트램에서의 위험원을 도출하면 아래의 표 6과 같은 위험원을 도출할 수 있다. 물론 현재는 연구가 계속되고 있으므로 개발내용에 따라 다르게 적용될 수 있을 것이다.

**4. 교차로 운전제어를 위한 트램 운영시나리오**

트램의 시스템은 현재 개발 중에 있으므로, 구조적 형태

**표 6** 세부 위험원 분석

**Table 6** Detailed analysis of risk sources

구분	사고대분류	사고소분류	트램 적용 위험원 사례	
			위험원(L0)	위험원(L1)
1	열차충돌	열차-열차충돌	열차진로제어와 관련된 오류	신호기와 관련된 오류
				열차상태 정보와 관련된 오류
			열차진로제어와 관련된 오류	열차상태정보와 관련된 오류
				열차운전자 또는 운전취급자와 관련된 오류
			열차속도제어와 관련된 오류	신호기와 관련된 오류
				열차속도제어와 관련된 오류
		열차속도제어와 관련된 오류	열차운전자 또는 운전취급자와 관련된 오류	
		열차-열차충돌	승강장 선로의 낙하물	지장물이 승강장에서 선로로 낙하
			열차-시설/지장물충돌	운행선로의 낙하물
		열차-종사자충돌	철도시설 유지·관리업무 수행자의 열차접촉사고의 위험원	
2	열차탈선	열차진로제어와 관련된 오류	운전취급자, 건널목관리자, 현장작업자 및 입환작업자와 관련된 오류	
			선로전환기와 관련된 오류	
		열차진로제어와 관련된 오류	선로전환기와 관련된 오류	
			열차속도제어와 관련된 오류	운전취급자, 건널목관리자, 현장작업자 및 입환작업자와 관련된 오류 열차과속과 관련된 오류
		열차충돌사고에 의한 열차탈선	폭염, 폭우, 폭설, 강풍및지진	
3	화재	철도신호제어설비의 전기회로에 의한 과열, 누전 또는 아크로 인하여 발화원 또는 폭발사고의 위험원		
		철도신호제어설비의 가용성을 높이기 위하여 예비용의 전력공급장치를 확보할 것		
4	전기 및 전자파에 의한 신호오작동	전위상승 등과 같은 이상상태로 인한 신호제어설비 훼손	낙뢰로 인한 장애 외부 서지에 의한 장애	
		전력설비 및 열차 추진장치의 유도전압 및 전자파로 인한 장애 발생		

는 변경될 가능성이 있으나, 기본적으로 트램관제실과 도로 교통관제실, 그리고 차량 및 현장제어장치의 4가지 형태로 분류된다. 관제실과 차량간의 형식과 인터페이스 통신방식 등은 협의 중에 있으며, 트램신호장치와 도로교통신호제어기의 정보교환은 실시간 도로상황을 파악하여 정보가 공유되

어야 한다. 운영시나리오는 크게 종합관계 운영시나리오와 차량운영시나리오, 교차로 통과에 대한 운영시나리오가 제시 되어야 한다.

트램 시스템은 다음 그림 8과 같이 구성된다

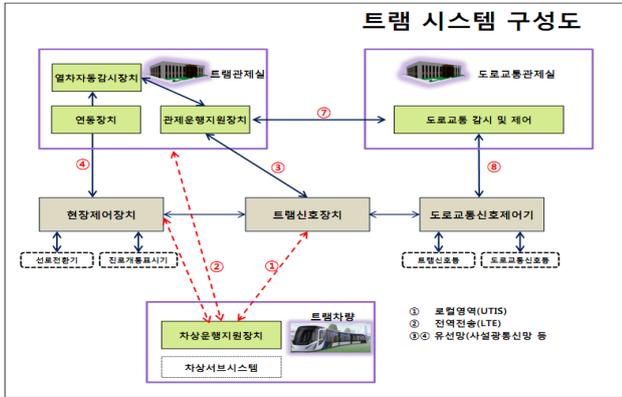


그림 8 트램 시스템 구성방안  
Fig. 8 Tram system configuration plan

종합관계실의 역할은 트램운영의 전체적인 운항스케줄과 교차로 및 진로 감시가 주 업무이며, 다음과 같은 업무처리를 한다.

- ① 일정표 관리
- ② 열차서비스 관리
- ③ 진로설정
- ④ 열차시격조정

표 7 종합관계 운행일정표 생성 입출력 데이터

Table 7 Comprehensive control operation schedule input and output data generation

Ref: TRAMSIG-FRS-V09 2.1.(1) ENGART-TRAM-001-V04 OCC-N-001						
시나리오 : 시스템은 운영계획에 의한 일정표를 가져올 수 있어야 하며 선택된 일정표를 전시할 수 있어야 한다.						
Mandatory	○	Optional		Vital		Nonvital
기능할당						
관련 장치명	열차자동감시장치(ATS)					
기능 코드	가능	입력장치	입력데이터	출력장치	출력데이터	
1	일정표 리스트 수집	열차자동감시장치	일정표 리스트			
2	일정표 선택 (자동)	열차자동감시장치	날짜/시간 정보			
3	일정표 선택 (수동)	관제사	일정표 선택			
4	일정표 내용 전시			열차자동감시장치	일정표내용	
Note: [사전정보] *노선별 운행 일정표는 요일별/시간별/특수일별 운영계획(배차정보)에 따라 자동적으로 할당됨. *지정된 노선의 운행계획에 따라 자동적으로 개별 트램의 운행일정표를 생성함. *관제사에 의한 수동방식으로 지정된 운행계획은 자동 지정된 운행계획보다 우선함. [예외사항] *운영계획에 의한 일정표 부재시, 경고메시지를 표출함.						

- ① 안전한 진로보장
- ② 열차 안전거리 보장
- ③ 안전속도 보장
- ④ 차량운전
- ⑤ 선로감시
- ⑥ 승객 승하차 감시
- ⑦ 열차 운행

트램사고 방지를 위한 사고유형 분석 및 교차로 제어방안에 대한 고찰

- ⑤ 운영 중단 관리
- ⑥ 열차 추적
- ⑦ 승객감시
- ⑧ 전차선 전력제어
- ⑨ 교차로 및 진로 감시
- ⑩ 감시열차 및 선로설비 감시

표 7은 종합관계 운영시나리오 하나의 기능인 일정표 관리에 대한 표이다. 위에서 열거한 10가지 항목에 대해서도 동일한 표의 형식을 가지고 입력과 출력데이터를 비교하여 운영과 관련된 기능이 구현되도록 인터페이스 하였다.

표 8 차량 진로설정에 대한 연동장치 기능생성

Table 8 The Creation of interlock function on a vehicle route setting

Ref: TRAMSIG-FRS-V09 3.1.1.(2) ENGART-TRAM-001-V05 INT-N-002						
시나리오 : 정상적 상태에서 기관사는 운전대의 스위치 조작과 수동으로 진로를 설정한다.						
Mandatory	○	Optional		Vital	○	Nonvital
기능할당						
관련 장치명	차상 장치					
기능 코드	가능	입력장치	입력데이터	출력장치	출력데이터	
1	정위/반위 입력	차상운영지원장치	정위/반위	관제운영지원장치	진로 요청	
2	진로 정보	관제운영지원장치	진로 정보	연동장치	진로 정보	
3	진로 설정	연동장치	진로 정보	현장제어장치	정위/반위	
4	진로 선택	차상운영지원장치	위치 정보	연동장치	선택	
5	진로 정보	연동장치	진로 정보	관제운영지원장치	진로 현시	
Note: [사전정보] *운전대의 스위치 조작 *진로 설정						

- ① 교차로 신호
- ② 교차로 신호등 표출
- ③ 진로신호 교차로 신호 연계

표 9 교차로 신호제어를 위한 기능생성

Table 9 Generating s function for crossing signal control

Ref: TRAMSIG-FRS-V09 4.1.(3) ENGART-TRAM-001-V04 TRE-N-003						
시나리오 : 시스템은 트램의 운행지연시 자동적으로 교차로 우선신호를 요청할 수 있어야 하며 기관사, 관제사 요청에 의하여도 교차로 우선신호를 요청할 수 있어야 한다.						
Mandatory	○	Optional		Vital		Nonvital
기능할당						
관련 장치명	관제 운영지원장치, 트램신호장치					
기능 코드	가능	입력장치	입력데이터	출력장치	출력데이터	
1	트램 운행 이력 정보	열차자동감시장치	트램 운행이력			
2	관제사/기관사 운영조작	열차자동감시장치 차상운영지원장치	관제사 운영조작	열차자동감시장치	관제사 운영조작	
3	교차로 우선신호 요청 정보제공			도로교통신호관제	우선신호 요청정보	
4	교차로 우선신호 요청 정보제공			교통신호제어기	우선신호 요청정보	
Note: [사전정보] *차동 우선신호 요청은 사전 정의된 정류장지체 임계치 보다 큰 지연이 발생시 관제 운영지원장치에서 우선신호 정보를 생성, 제공함. *관제지원장치와 도로교통 신호관제시스템과 센터간 정보연계 규정에 준하여 연계되어야 함. *교차로 우선신호 허용급지는 센터내 도로교통관제시스템을 경유하여 '경찰청 표준 프로토콜'을 기반으로 교차로 신호제어기로 전송됨.						



저 자 소 개



**김 유 호 (金 侑 鎬)**

1986년 건국대학교 전기공학과 졸업.  
2006년 연세대학교 전기전자공학 석사 졸업.  
2006년~현재, 연세대학교 전기전자공학  
박사 재학. 2007년~현재 (주)에이알텍

Tel : 02-2083-5601

Fax : 02-2083-5650

E-mail : asa812@korea.com



**이 수 환 (李 秀 桓)**

현, (주)에이알텍 기술연구소 상무  
2010년 우송대학교 철도대학원 철도전기  
공학 졸업(석사)

Tel : 02-2083-5631

Fax : 02-2083-5650

E-mail : ksjlsh1@naver.com



**김 예 지 (金 藝 智)**

현, (주)에이알텍 기술연구소 대리  
2010년 단국대학교 전자물리학과 졸업

Tel : 02-2083-5636

Fax : 02-2083-5650

E-mail : goldenmax@daum.net



**황 현 철 (黃 鉉 喆)**

1997년 인하대학교 전자공학과 학사,  
1999년 동 대학원 석사, 2006년 동 대학  
원 박사, 2006년 ~ 현재 한국철도기술연  
구원, 선임연구원, 관심분야는 철도신호  
통신시스템