

# 수소전기트램 자율주행 시스템 연구 및 실증시험

## The Study and Verification test of Autonomous system for Hydrogen electric tram

서정규\*, 김훈\*, 서상준\*†, 홍구선\*, 한정수\*\*

Jeong-gyu Seo\*, Hun Kim\*, Sang-Jun Seo\*†, Goo-Sun Hong\*, Jeong-Soo Han\*\*

**초 록** 국내에 트램이 도입되며 사람과 자동차 그리고 철도차량이 한 도로에서 통행을 하는 환경이 만들어졌다. 이에 따라 철도차량에도 자동차의 운전자 보조 시스템과 같은 안전한 주행이 가능한 설계가 필수적인 요소가 되었다. 본 논문에서는 선로 곡선 인식을 기반으로 위험 요소를 감지, 이미지 데이터를 활용한 객체 인식 알고리즘 등 철도 차량에 특화된 자율주행 시스템의 연구에 대하여 소개한다. 실증시험을 통해 검증된 자율주행 시스템은 안전 기능에 큰 효과를 기대할 수 있으며, 열차종합제어장치(TCMS)와 연동되어 트램의 에너지 효율 운행 또한 가능하도록 한다.

**주요어** : 수소전기트램, 자율주행, 딥러닝, 이미지 프로세싱, 에너지 효율, TCMS, 현대로템

## 1. 서론

국내에 도로에서 주행하는 트램이 도입되며 사람과 자동차 그리고 철도차량이 한 도로에서 통행을 하는 환경이 만들어졌다. 이에 따라 안전을 우선 시 하는 주行的 필요성이 대두되었다. 따라서 수소전기트램은 자율주행 시스템을 탑재하여 도로에서 발생할 수 있는 위험을 미리 감지하고 사고를 예방할 수 있도록 설계되었다.

## 2. 본론

### 2.1 시스템 구성

수소전기트램에 적용된 자율주행 시스템은 메인 컴퓨터, 라이다, 카메라, GPS, Head-Up Display(이하 HUD) 로 구성되어 있다. Fig.4에서 전체 트램의 시스템 구성도를 확인 할 수 있다.

#### 2.1.1 메인 컴퓨터

메인 컴퓨터는 라이다, 카메라, GPS로부터 수신한 데이터를 분석한다. 이미지 프로세싱을 통해 선로의 곡선 반경을 미리 인식할 수 있고, 딥러닝 연산을 통한 객체 인식으로 행인, 자동차 등의 구분이 가능하다.

#### 2.1.2 라이다

라이다 센서는 3차원 Point Cloud 데이터를 통한 연산으로 전방 탐지 범위 내 물체에 대한 센서 기준 상대적 위치를 파악한다. 측정 거리는 100m 이며  $\pm 3\text{cm}$ 의 오차를 가진다.

#### 2.1.3 카메라

카메라는 트램의 양쪽 운전실에 설치되어 선로 및 전방을 촬영한다. 촬영된 영상 데이터는 메인 컴퓨터에서 실시간으로 처리한다.

## 2.2 주요 기능

### 2.2.1 카메라 기반 곡선 감지 알고리즘

카메라를 통해 촬영한 사진을 OpenCV에서

† 교신저자: 현대로템 통신제어연구팀  
(sjseo@hyundai-rottem.co.kr)

\* 현대로템 통신제어연구팀

\*\* 현대로템 신호통신연구실 실장

line detection 알고리즘(Gaussian, Canny Edge, Sliding Window 등)을 사용하여 선로를 검지하는 알고리즘을 개발 및 적용하였다. 자율주행 시스템은 검지된 선로의 곡선 반경을 이용하여 탈선 예방 및 승차감 개선을 할 수 있다. 향후 딥러닝을 통해 선로의 상태를 학습하여 탈선 감시 기능 연구를 추가적으로 진행 예정이다.



Fig. 1 Line Detection

### 2.2.2 객체 인식

철도 차량 환경에 적합하도록 실시간 분석이 가능한 Yolo 모델을 적용하여 객체를 인식하였다. 여러가지 예시 사진을 통해 객체 인식에 대한 학습을 하였다. 객체까지의 거리는 라이다 데이터를 사용하여 더욱 정확한 거리 정보를 알 수 있다. 열차의 속도를 고려하여 인식된 객체가 위험한 범위에 있는 경우, TCMS에 객체의 정보(객체 종류, 거리 등)를 전송한다.



Fig. 2 객체 인식

### 2.2.3 TCMS 인터페이스

TCMS는 메인 컴퓨터로부터 선로 정보, 가까운 객체 정보를 수신하고 이 정보를 바탕으로 열차를 제어한다. 이 정보를 활용하여 진행 경로에 곡선이 있는 경우 속도를 줄이고,

위험한 위치에 사람이 있는 경우 비상제동을 잡는 등 효율적이고 안전한 주행이 가능하도록 열차 제어가 가능하다. 또한 선로 정보를 미리 알고 활용함으로써 최적의 주행 시뮬레이션이 가능하고 이를 통해 에너지 절감 효과도 얻을 수 있다.

### 2.2.4 HUD

HUD는 추가적인 안전장치로서, HUD를 적용할 경우 운전자가 시야를 변경하지 않은 상태에서 운전을 할 수 있어 보행자와 주변 차량에 안전성을 높인다. 또한 선로와 표시 정보 간의 초점 변경을 최소화함으로써 운전자에게도 높은 편안함을 제공한다. HUD에 현시하는 정보는 Table 1 에서 확인 가능하다.

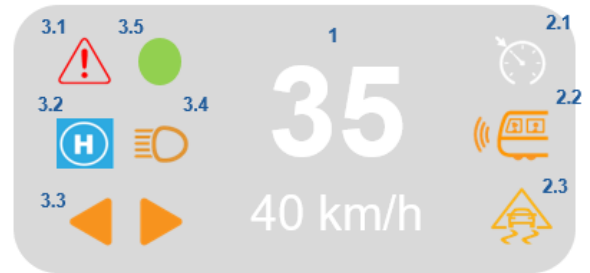


Fig. 3 HUD

Table 1 Description of HUD

Icon	Description
1	Speed and maximum speed allowed
2.1	Cruise control
2.2	Anti-collision
2.3	Slide & Skid protection
3.1	General warning
3.2	Stop request
3.3	Blinkers & Warning
3.4	High beam
3.5	Availability for departure

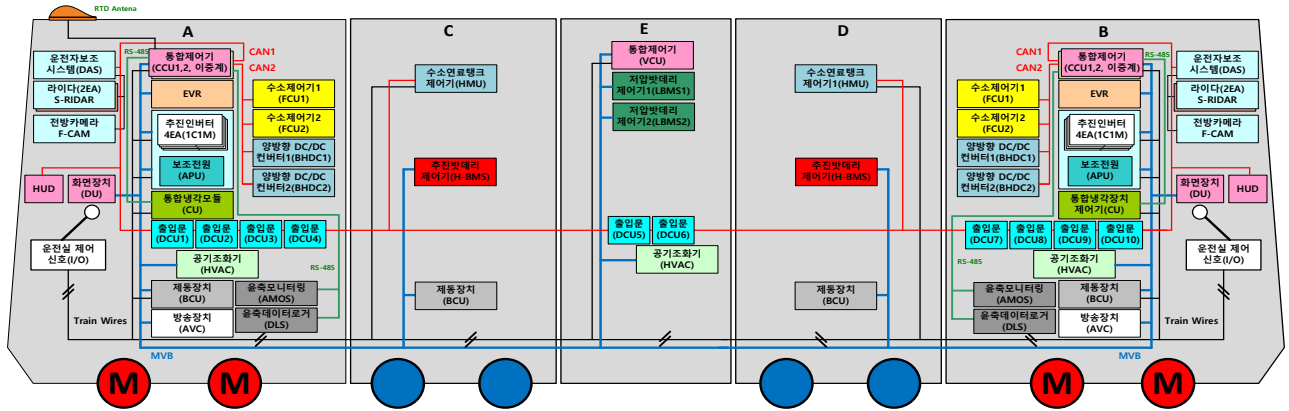


Fig. 4 수소전기트램 시스템 구성도

### 3. 결론

본 논문에서 적용한 자율주행 시스템을 통하여 도로에서 주행하지만 안전성을 갖춘 트램 시스템을 개발하였다. 이후 실제 노선에서의 데이터로 추가적인 학습을 통해 더욱 정확성이 높은 자율 주행 시스템을 구축할 것이다.

### 참고문헌

- [1] 열차종합제어장치에 의한 자동 정속주행 제어에 관한 연구, 현대로템, 2017
- [2] [특허] 철도차량용 곡선 감지장치 10-2022-0134238 (2022)