

# 딥러닝 기법을 활용한 자율주행의 구급차 회피 기동 시스템

한양대학교 미래자동차공학과  
4학년 김 동 욱, 김 찬 주  
지도교수: 유 지 형

## 논문 배경 및 목적

### 1. 논문 배경

- 대부분의 자율주행은 비전 센서에 의존하여 구급차를 비롯한 긴급 차량을 탐지하고 운전자에게 경고함.
- 그러나 이는 사람의 인지 시스템보다 느리며, 그에 따라 긴급 차량의 기동에 방해 요소로 작동하고 운전자의 안전에 위협을 초래함.

### 2. 논문 목적

- 비전 센서와 더불어 오디오 센서와의 퓨전을 통해 구급차가 보이지 않는 사각지대에서도 실시간 음원 위치 추정을 통한 구급차 위치를 인식함.
- 또한 데이터셋 및 테스트 환경의 구축의 어려움으로 선행 연구들에 서 수행되지 못한 모델 및 알고리즘 수행 및 성능 평가를 시도함.

## Vision model

### Image Classification

#### 1) ResNet50 Classification Model (Pre-trained)

- ImageNet 데이터셋 (1000 classes, 14 million images)
- 407 ambulance class가 구급차를 나타냄

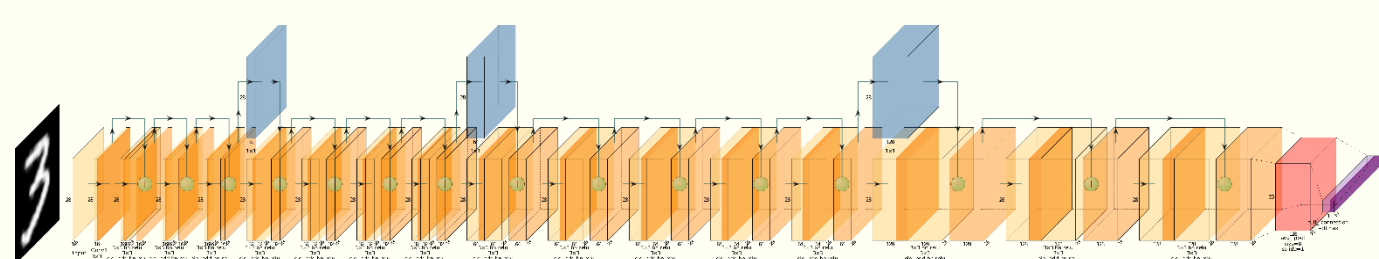


그림 1. ResNet50 구조도

#### 2) Fine-tuning-> 이진분류 (Binary Classification)

- 자체 구축 데이터 셋 (2 classes, ambulance & not ambulance)
- 18,000개 train set, 4,000개 validation set (5:5 ratio)
- AveragePooling 2D layer, Sigmoid Function (활성화 함수)

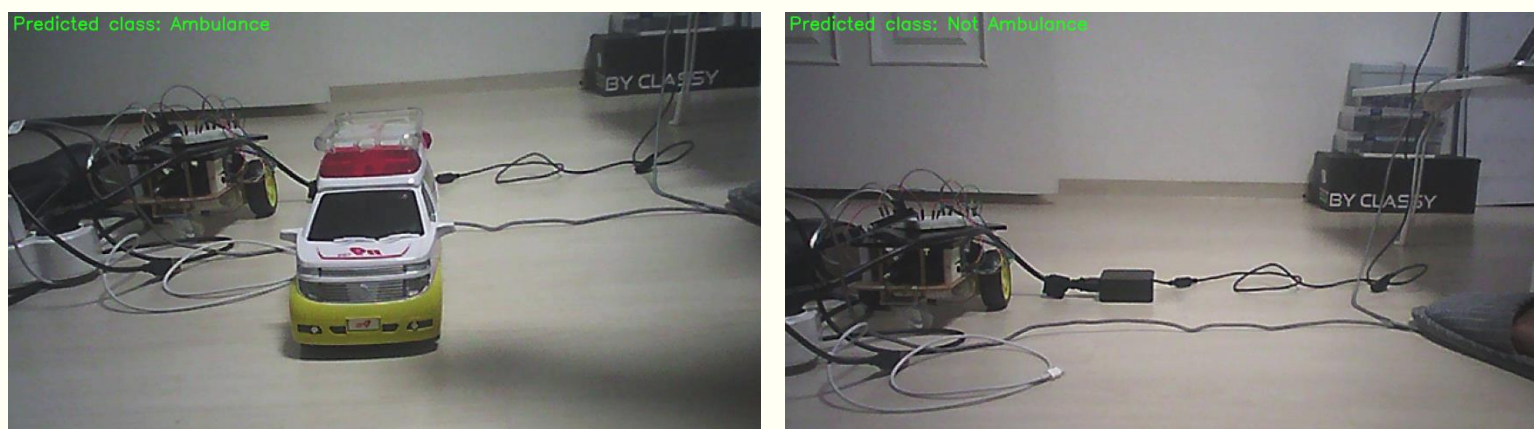


그림 2. 자체 구축 데이터(좌:ambulance, 우:not ambulance)

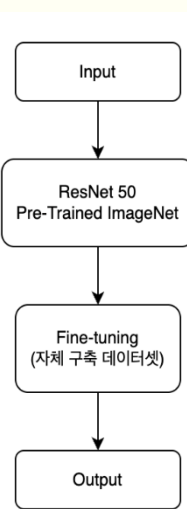


그림 3. Vision Model 순서도

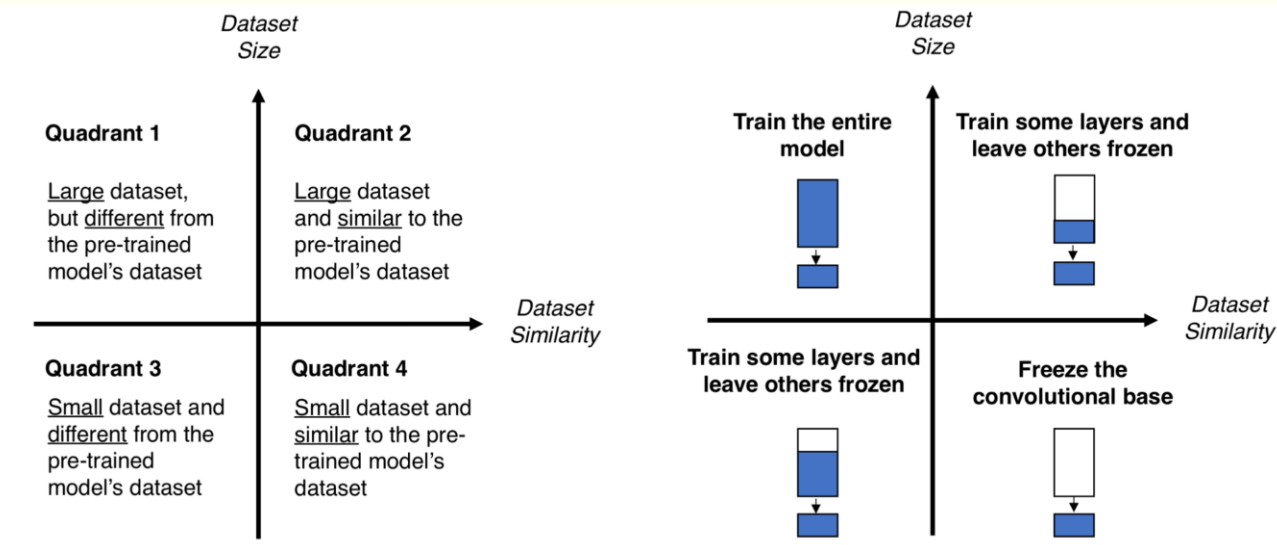


그림 4. Fine-Tuning Strategy

## Audio model

### Siren Source Detection and Localization Model

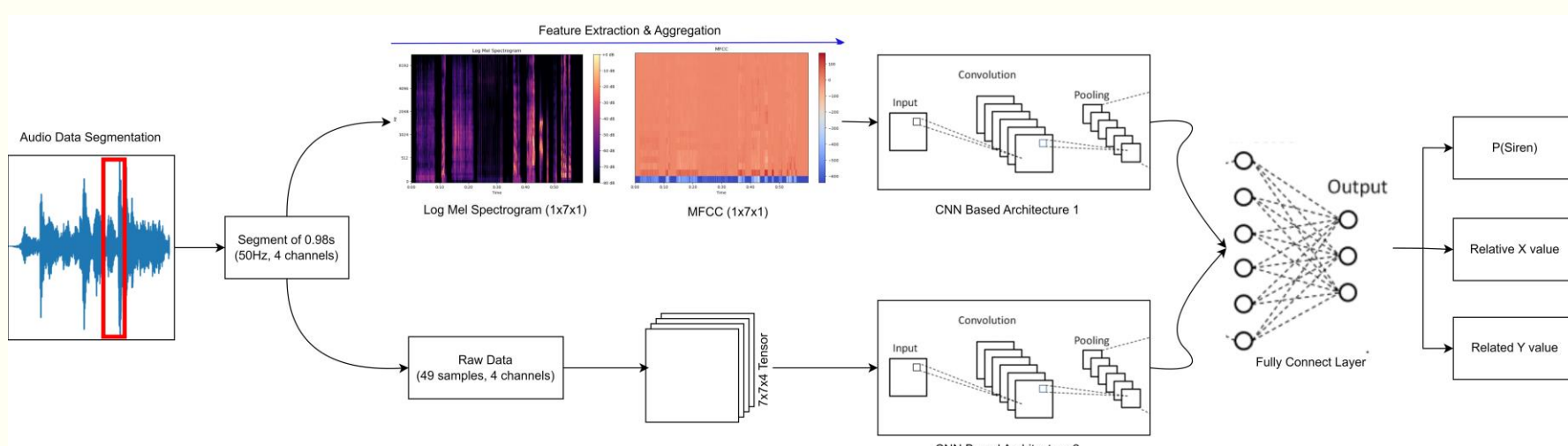


그림 5. 오디오 기반 EV-ML 시스템의 블록 다이어그램

#### 1) 사이렌 탐지 및 음원 위치 추정 모델 구축

- 음원의 원시 파형을 통해 시간-음원 강도 특성 학습
- 로그 멜 스펙트로그램, MFCC를 통해 시간-주파수 특성 학습
- 사이렌 여부 및 상대적인 x, y좌표의 3가지 라벨 예측
- Conv2D, MaxPooling, Dense 등 12 layer와 약 220k의 parameter로 구성

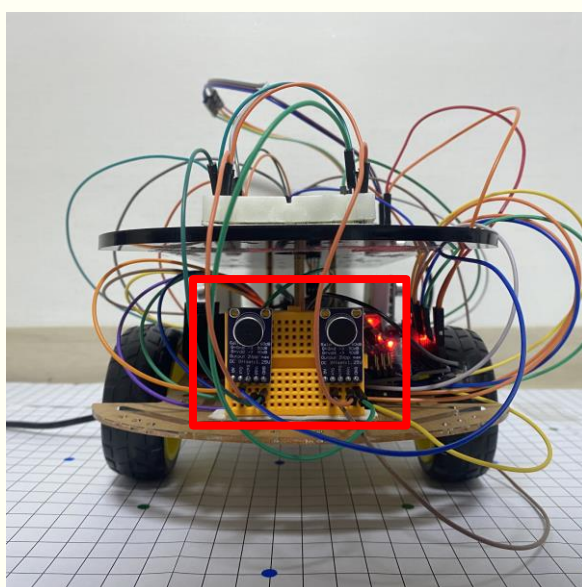


그림 6. 전면 마이크 센서

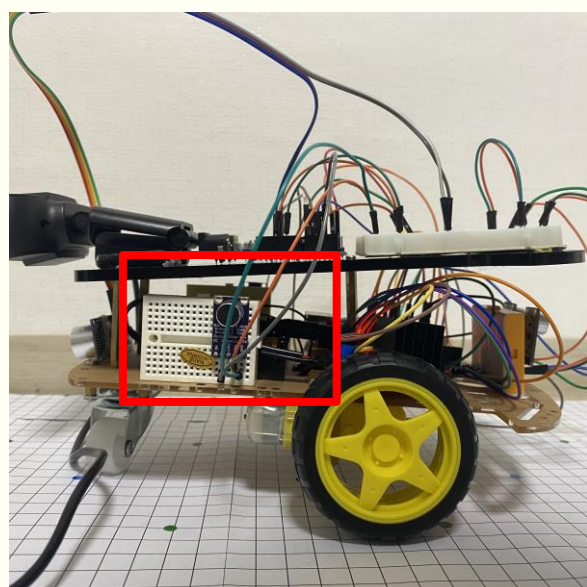


그림 7. 측면 마이크 센서

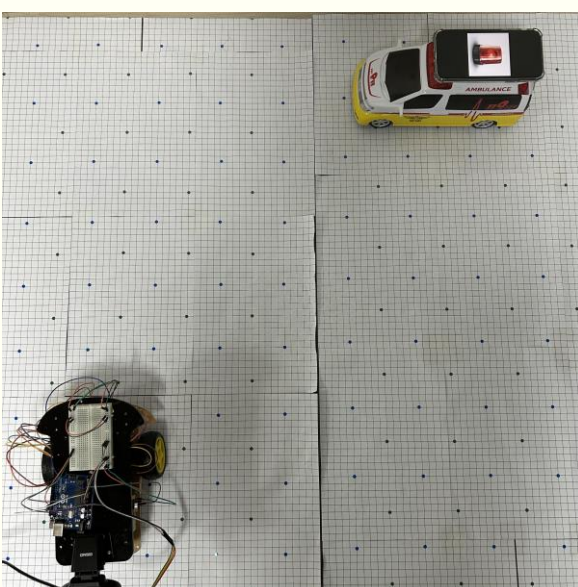


그림 8. 자체 데이터셋 구축 환경

#### 2) 자체 데이터셋 구축

- 자율주행 차량에 마이크 센서 4개 부착
- 1cm 간격의 정밀측위 2D 보드 제작
- 5~10cm 간격의 위치에서 음원 수집 (최대 1.5m 범위 내)
- 약 20만 개의 데이터셋 구축

#### 3) 모델 학습

- hyperparameter info: optimizer(adam), lr(init: 1e-3, min: 1e-9), loss(mse), batch\_size(32), epoch(14)

#### 4) 성능 평가

- siren\_classification: accuracy(0.95), recall(0.97)
- rmse of x: 10.0cm
- rmse of y: 7.3cm
- 전체 테스트 베드(3m\*3m)에서 약 6%의 거리 오차 발생으로 준수함

## 하드웨어 및 알고리즘 구현

#### 1) 하드웨어 구현

- 아두이노 우노, 2WD 자율주행 모형차, 구급차 모형 RC카
- 카메라 센서(Webcam), 마이크 센서(Max9814), 초음파 센서
- 사이렌 음원(스마트폰 재생)

#### 2) 판단 및 제어 알고리즘

- 비전 & 오디오 & 초음파 센서의 퓨전을 통해 탐지
- 센서 값들을 엡지 컴퓨터에서 받아들이며 시나리오 인식
- and, or 등의 논리 연산 활용
- 정해진 룰 기반의 Decision making 및 Route Planning
- 최종적으로 모터 제어값 전송
- Python 및 C/C++(Arduino) 언어 기반으로 작성

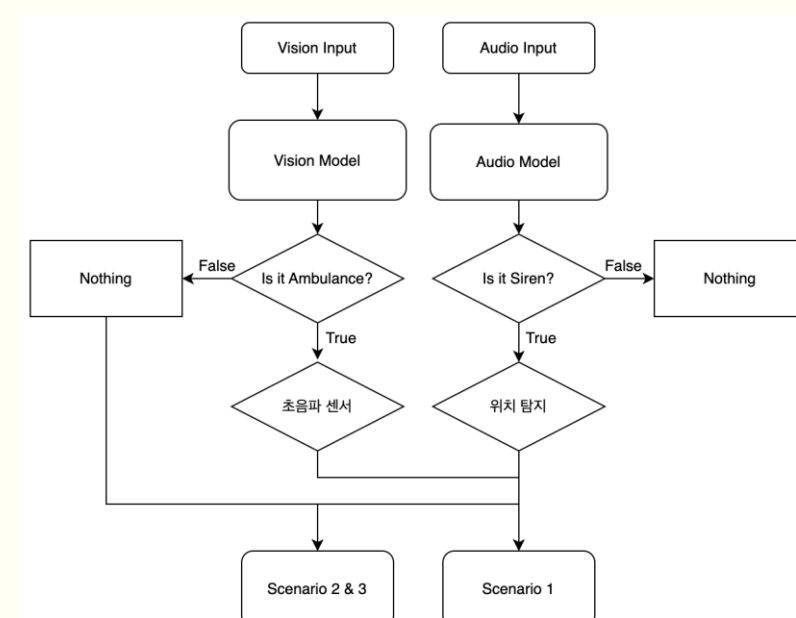


그림 9. 회피 기동 알고리즘

#### 시나리오 1

- 구급차가 후방에서 접근 시 차선 변경 및 속도 제어를 통한 양보 주행

#### 시나리오 2

- 사각지대에서 좌회전하는 구급차의 위치를 오디오 센서를 통해 인지 및 속도 제어

#### 시나리오 3

- 구급차가 전방 반대편 차로로 접근 시 정상 주행

## 연구 결과

### 시나리오 1. 후방 접근

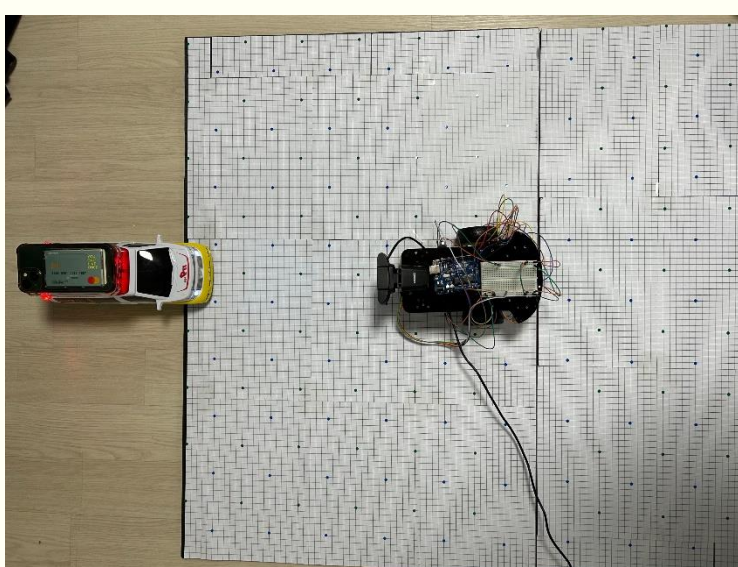


그림 10. 후방 접근 인지

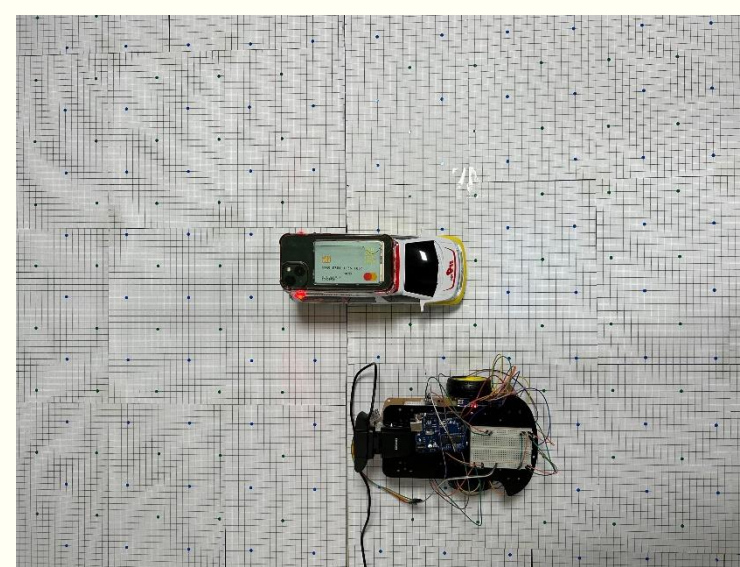


그림 11. 차선 변경 및 속도 제어

### 시나리오 2. 교차로 접근

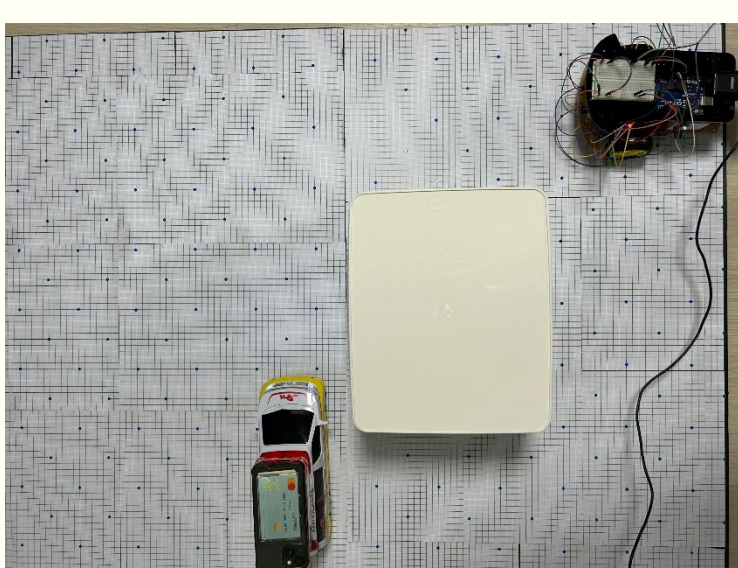


그림 12. 구급차 위치 추정 및 인지

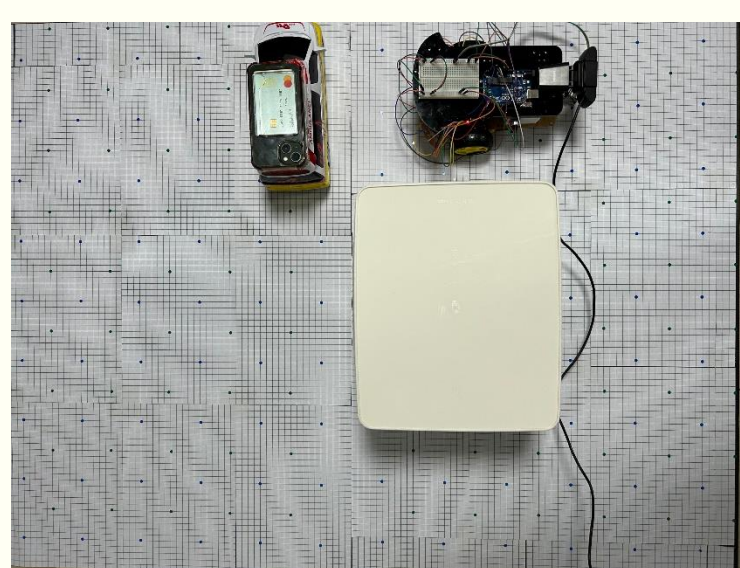


그림 13. 속도 제어 및 정차

### 시나리오 3. 전방 접근

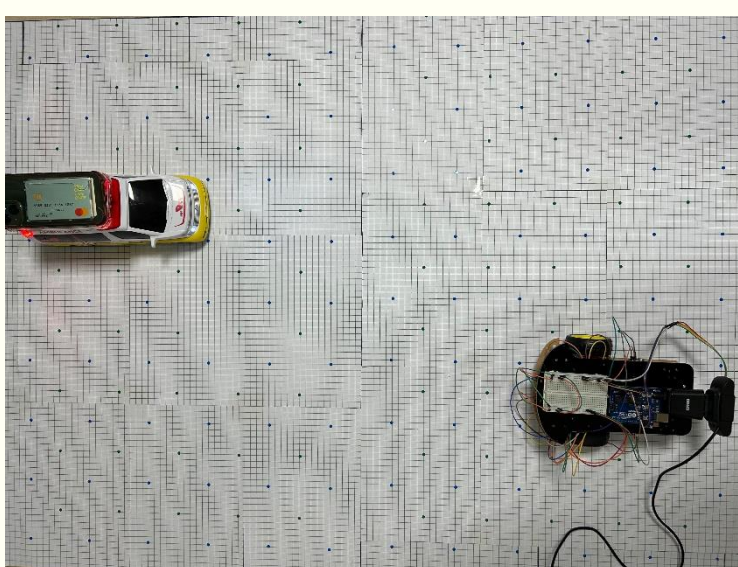


그림 14. 전방 접근 인지

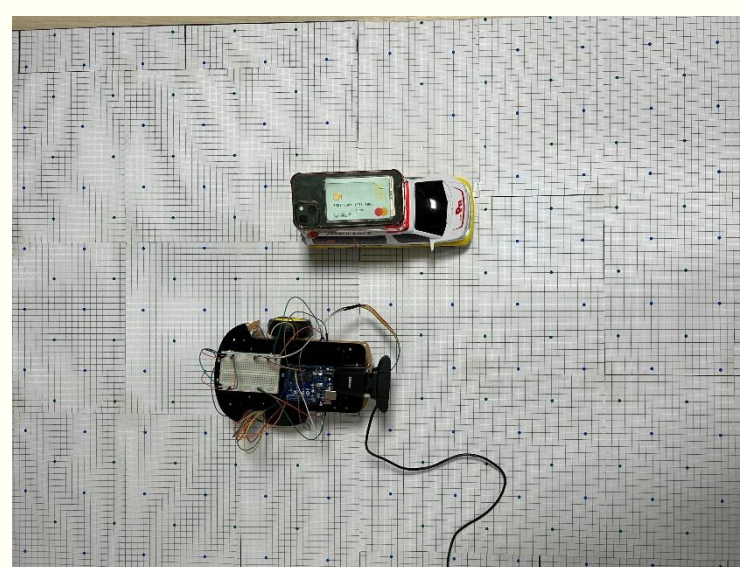


그림 15. 정상 주행

## 결론

- 비전 및 오디오 센서 퓨전을 통해 테스트 환경에서 성공적으로 구급차 회피 기동을 수행할 수 있었음
- 실제 구축한 데이터셋을 사용하여 기존의 비전 모델 및 오디오 모델의 성능을 향상시킬 수 있었음
- 이를 통해 향후 자율주행 시스템의 긴급 차량에 대한 회피 기동 성능 개선 및 기타 상황에도 적용이 가능할 것으로 기대됨