

## Introduction

악천후 환경은 자율주행 차량의 운행 안정성을 저하시켜 이용자들에게 높은 불안감을 유발할 수 있으며, 이는 자율주행 차량의 이용을 꺼리게 만드는 주요 요인 중 하나이다. 본 연구는 다양한 악천후 조건이 자율주행자동차의 여러 센서에 미치는 영향을 고찰하고, 악천후 조건에서도 자율주행 차량의 정확도와 신뢰성을 높이는 방안을 모색한다. 신뢰도 높은 정보 수집을 위한 V2X 정보 공유, 짙은 안개 속에서도 사람을 감지하기 위한 Wi-Fi CSI 데이터를 활용한 기계학습, 센서 클리닝 장치 설계 및 구현을 통한 해결 방법 등 다양한 주제에 대한 기존 연구들을 고찰하고 종합적으로 분석하였다.

<NOTION QR>



## V2X 통신 기술을 이용한 정보 공유

자율주행에서 신뢰도 높은 인지와 판단을 위해 V2X 통신을 통한 정보 수집이 필수적이다. V2X 통신 기술의 발전에 따라 실제로 적용될법한 기술을 구현하였다.

### V2P

V2P 기술을 통해 차량은 사각지대에 있는 보행자의 위치와 이동 방향을 인지할 수 있다. 보행자의 위치를 정밀하게 감지하기 위해 BLE 기반의 비콘(beacon)을 사용하였으며, BLE의 RSSI를 활용해 보행자의 위치를 추정한다. 이 정보를 주변 차량에 전달하여, 차량은 사각지대에서 나타나는 보행자의 정보를 인지하고, 이에 미리 대응할 수 있게 된다.

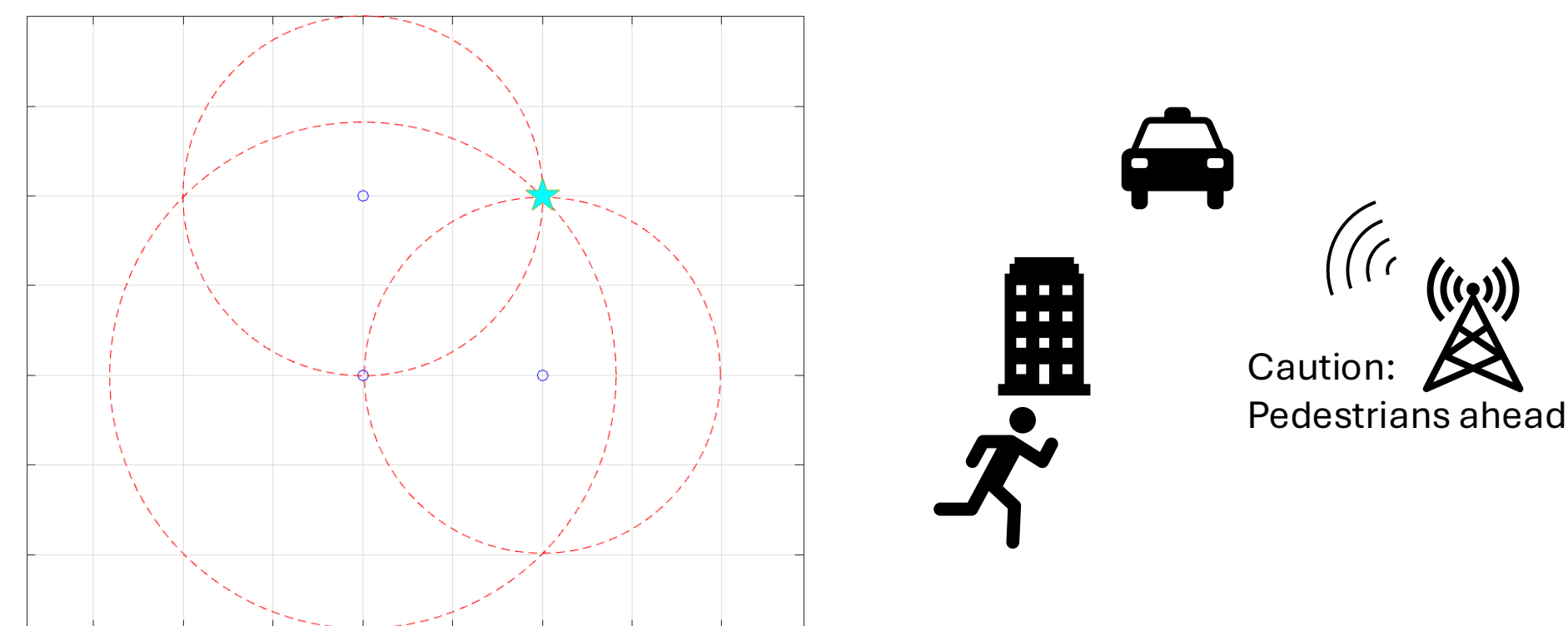
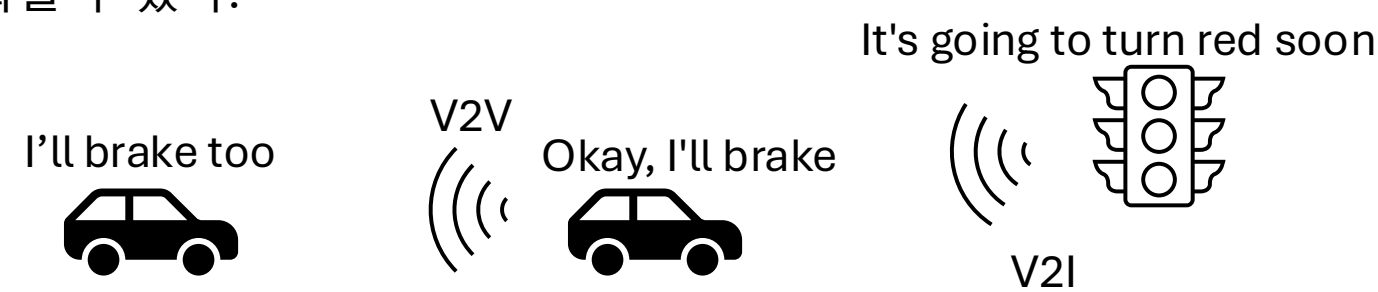


Fig 1-1. beacon(blue circle) and user(cyan star)

### V2I & V2V

V2I 기술을 통해 딜레마존 문제를 해결한다. 신호등이 바뀌기 전에 차량에 미리 정보를 제공하여, 운전자가 신호 변경 전에 속도를 줄일 수 있도록 돕는다. 또한, V2V 기술을 통해 뒤따르는 차량에게 전방 상황이나 브레이크 제어 정보를 공유함으로써 추돌 사고를 방지하고, 유령 정체 현상을 최소화할 수 있다.



## Wi-Fi CSI 데이터를 활용한 기계학습

### CSI(Channel State Information) 데이터 수집

두 대의 ESP32-CAM이 Wi-Fi 신호를 송수신하며 CSI 데이터를 수집했고, 다음 4가지 상황에 따라 데이터를 분류한다. Fig2-1.ESP32-CAM/ESP32-CAM MB

- 두 대의 ESP32 사이에 아무것도 없는 상태
- 두 대의 ESP32 사이에 사람이 왼쪽에 있을 때
- 두 대의 ESP32 사이에 사람이 가운데에 있을 때
- 두 대의 ESP32 사이에 사람이 오른쪽에 있을 때



각 상황마다 10,000개의 CSI 데이터를 수집하여 충분한 양의 학습 데이터를 실시간으로 확보한다.

### 데이터 전처리 및 기계 학습

수집된 CSI 데이터는 노이즈 제거 및 결측값 처리 후 StandardScaler로 정규화한다. 이후 라벨링된 데이터를 기반으로 CSI buf 배열에서 128개의 특징을 추출하여 Random Forest 모델로 학습시킨다.

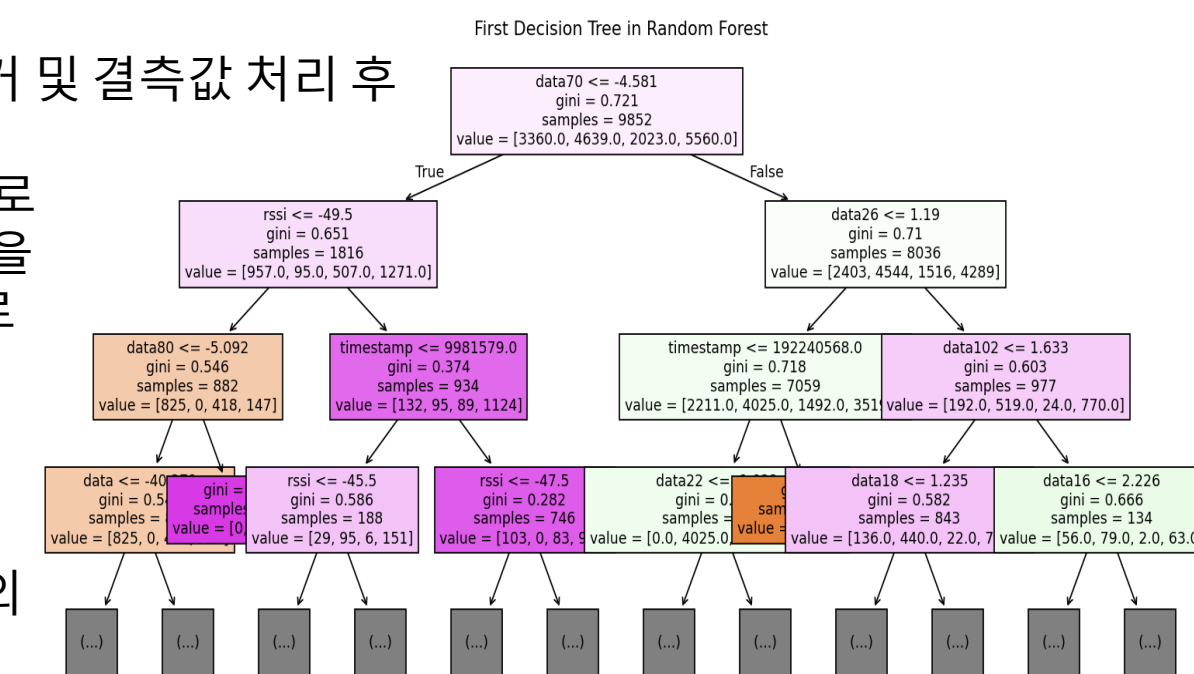


Fig2-2. 랜덤 포레스트 모델의 깊이가 3인 개별 결정 트리

### 정확도 및 성과

Random Forest 모델을 사용해 4가지 상황을 정확히 분류했으며, 실험 결과 다양한 환경에서도 90% 이상의 높은 정확도를 기록하였다.

Classification Report			
	0	1	2
accuracy	0.91	0.89	0.90
macro avg	0.93	0.93	0.92
weighted avg	0.93	0.93	0.93
	precision	recall	f1-score

Confusion Matrix			
	No Person	Left	Center
True	748	1	46
False	0	1057	0
	33	22	408
	41	28	13
			1412
	No Person	Left	Center

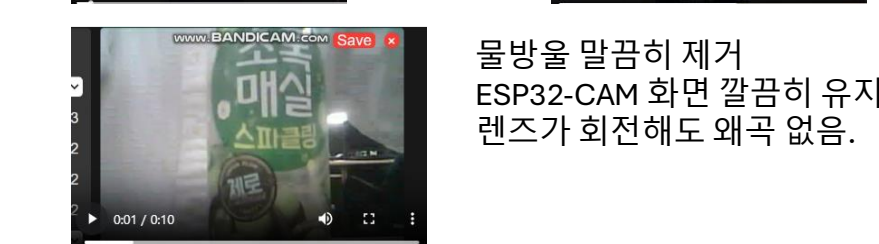
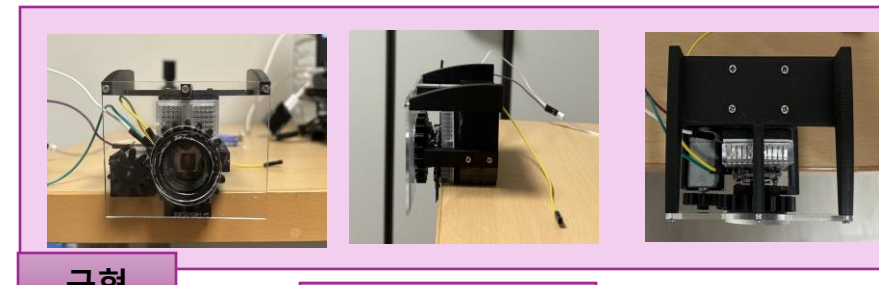
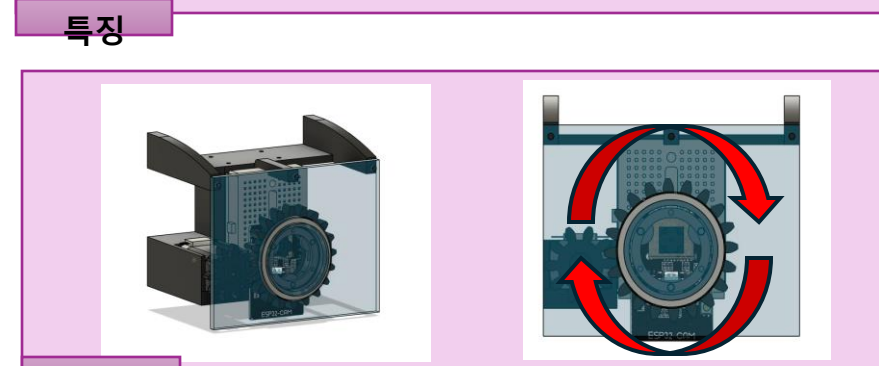
Fig2-3. Classification Report & 혼동 행렬

## 센서 클리닝 장치 설계 및 구현

### Rotate-Cam

렌즈를 회전시켜 발생하는 원심력으로 물방울 및 이물질을 제거한다.

와이퍼와 같은 물리적 장치가 없어 시야를 가리는 일이 발생하지 않고 항상 깨끗한 화면을 유지할 수 있다.

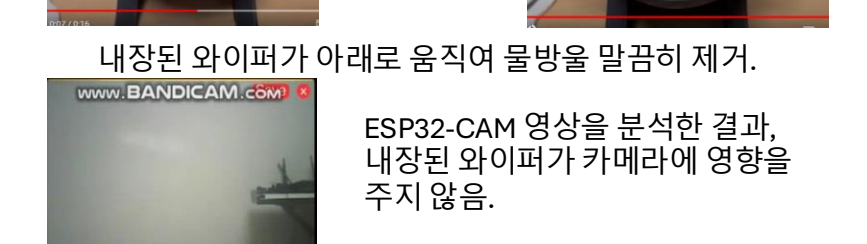
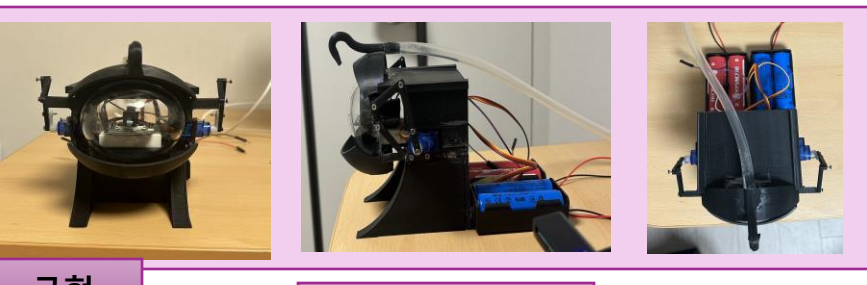
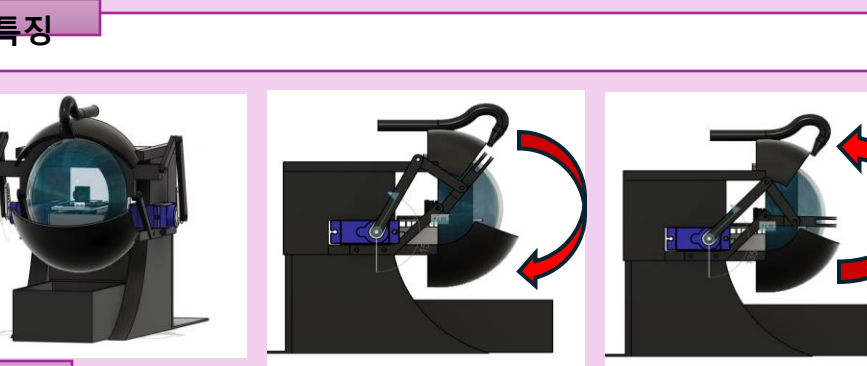


자세한 동작, 실현 영상,시물레이션, 설계 방법 등 구체적인 정보는 QR코드에 있으니 꼭 확인 부탁드립니다.

### Eye-Cam

사람의 눈은 매우 빠른 속도로 깜빡여 평소엔 인지하지 못한다.

여기에서 힌트를 얻어, 내장된 얇은 눈꺼풀 모양의 와이퍼를 사람의 눈이 깜빡이는 속도로 이동시켜 카메라 센서가 인식하지 못하게 만들었다



워셔액 테스트 결과, 강력한 수압으로 이물질을 제거 및 렌즈를 효과적으로 세척.

## <Conclusion>

이 연구는 악천후 환경에서 자율주행 차량의 성능을 유지하는 도전에 대해 다루었으며, 이는 사용자 신뢰와 채택에 큰 영향을 미친다. 다양한 악천후 조건이 자율주행 차량의 센서에 미치는 영향을 종합적으로 분석하고, 이러한 조건에서도 정확도와 신뢰성을 높이기 위한 해결 방안을 모색했다. 연구 결과는 우리가 접근한 기술들이 통합될 경우 악천후에서 자율주행 차량의 강인성과 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있음을 보여준다. 그러나 다양한 날씨 조건에서의 추가 테스트와 각 해결 방안의 실제 배치 최적화 필요성 같은 한계점도 확인되었다. 향후 연구는 이러한 방법들을 개선하고, 악천후 환경에서 자율주행 차량 시스템을 더욱 향상시킬 수 있는 추가 기술들을 탐색하는 데 중점을 두어야 한다.

