

# 야간 및 악천후 환경에서의 딥러닝 기반 실시간 차선 인식 시스템

현은빈, 김자운, 유지은, 정재원, 허재영

제주대학교 전자공학과

E-mail: eunbin030505@naver.com

## 요 약

본 연구는 야간 및 악천후 상황에서 차선이 잘 보이지 않는 문제를 해결하기 위해 기획된 인공지능 기반 차선 감지 시스템에 관한 것이다. 본 시스템은 편광 필름을 장착한 카메라와 Raspberry Pi를 활용하여, 물리적 빛 반사 억제와 영상 보정 알고리즘을 적용함으로써 영상 입력의 시인성을 향상시킨다. 이후 Segmentation 기반 딥러닝 모델을 적용하여 차선을 정밀하게 검출하고, 그 결과는 마스크 형태로 디스플레이에 실시간 출력된다. 제안된 시스템은 운전자의 시야 확보를 지원하며, 야간 및 악천후 환경에서도 차선 인식률을 높여 교통사고 발생 가능성을 줄이는 데 기여할 수 있다.

## I. 서 론

야간이나 비가 오는 악천후 속에서는 도로의 차선이 잘 보이지 않아 교통사고 위험이 증가한다. 기존의 영상 기반 차선 인식 기술 중 엣지 기반 방식은 연산이 비교적 간단하지만, 반사광과 같은 복잡한 시야 환경에서 인식 성능이 크게 떨어진다는 문제점이 있다[1]. 본 과제는 이러한 문제점을 해결하기 위해 편광 필름을 활용하여 영상 내 반사광을 물리적으로 줄이고, 이를 딥러닝 기반의 실시간 차선 인식 알고리즘과 결합하여 야간·우천 환경에서의 시야 확보 기술 모델을 제안하고자 한다.

## II. 본 론

### 1. 전체 구성

본 시스템은 카메라에 편광 필름을 부착하여 반사광을 줄이고 시인성을 향상시키는 것을 출발점으로 한다. 필름 사용 시 발생할 수 있는 광량 저하와 색 왜곡은 밝기 조절 및 CLAHE 등의 영상 보정 알고리즘으로 보완한다. 이후 보정된 영상을 기반으로 딥러닝 기반의 Segmentation 모델을 활용하여 차선을 픽셀 단위로 정밀하게 검출하고 이를 실시간으로 마스크 형태로 시각화하여 디스플레이에 출력함으로써 운전자가 직관적으로 인지할 수 있도록 한다.

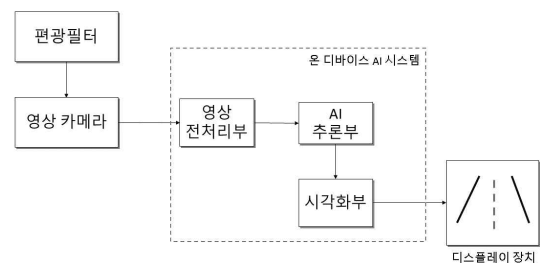


그림 1. 전체 구성 순서도

### 2. 하드웨어 구성

본 시스템은 편광 필름을 카메라에 부착하여, 야간 및 악천후 상황에서 발생하는 반사광(글레어)을 효과적으로 차단한다[2]. 편광 필름이 일부 광량을 차단하기 때문에 영상이 어둡게 촬영되는 문제가 발생하는데, 이를 보완하기 위해 조리개 값이 낮고 ISO 감도가 높은 카메라를 사용하여, 저조도 상황에서도 노이즈를 줄이고 밝고 선명한 영상을 확보한다. 영상 처리 및 인공지능 추론은 소형 크기, 낮은 전력 소모, 낮은 발열의 Raspberry Pi 5를 기반으로 실시간 수행된다.

### 3. 소프트웨어 구성

본 연구에서는 AI hub의 악천후 및 야간 환경에서의 차선 이미지 데이터를 활용하였다[3][4]. 해당 데이터는 선별하여 총 1461장 수집하였으며, 실험공간에서 촬영하여 자체 제작 데이터 400장을 추가하였다. 차선의 종류는 white\_line과 yellow\_line으로 두 클래스로 구분하

여 라벨링 하였으며, Segmentation 학습이 가능하도록 픽셀 단위의 mask를 생성하였다. 영상 보정에는 OpenCV를 활용하여 밝기 동적 조절 및 CLAHE를 통해 야간 및 악천후 상황에서 더욱 선명하게 하여 편광 필름으로 인한 영향을 최소화하고 AI 인식 성능이 최적화하였다.

#### 4. 성능 평가

모델 학습은 Segmentation AI 모델 중 추론 속도가 빠르고 경량화된 YOLO-Segmentation 모델을 선택하여 진행하였다. 본 논문에서는 YOLO-Segmentation 버전 5, 8, 11을 각각 학습시켜 성능을 비교하였다. 표 1은 각 모델의 mAP50, mAP50-95, FPS 값을 정리한 것이며, 그림 2는 Raspberry Pi 5 환경에서 측정한 평균 FPS를 나타낸다.

model	mAP50	mAP50-95	FPS
YOLOv5n-seg	0.843	0.516	1.13
YOLOv8n-seg	0.851	0.572	1.38
YOLOv11n-seg	0.856	0.577	1.54

표 1. 클래스별 차선 Segmentation 성능 지표

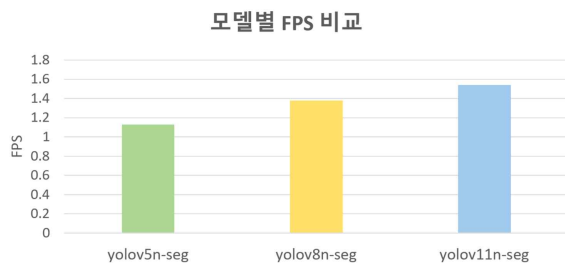


그림 2. YOLO-Segmentation 평균 FPS

세 가지 모델을 비교해 본 결과, 버전이 높을수록 mAP과 FPS 값이 증가한다. 즉, 평균 정확도 및 실시간성 측면에서 YOLOv11n-seg 모델이 가장 우수한 성능을 나타냈다. 특히, YOLOv11n은 mAP50에서 0.856, FPS에서 1.54를 기록하여 정확도와 속도 면에서 가장 효과적인 모델로 평가된다.

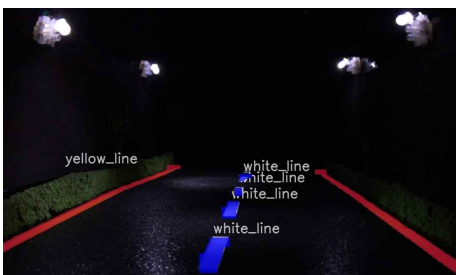


그림 3. 야간 환경 테스트 결과

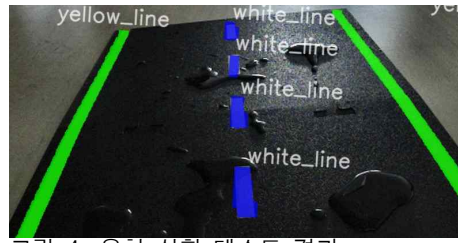


그림 4. 우천 상황 테스트 결과

따라서 실제 연구에서 사용된 모델은 'YOLOv11n-Segmentation' 이다. 그림 3은 야간 환경에서 테스트한 결과이며, 그림 4는 우천 상황에서의 인식 결과를 보여준다. 두 환경 모두에서 white\_line과 yellow\_line이 정확하고 안정적으로 검출된 것을 확인할 수 있다.

### III. 결 론

제안된 시스템은 실시간 차선 인식을 통해 야간 및 악천후 환경에서 차선의 시인성을 효과적으로 향상시켜, 운전자의 주행 안전성을 높이고 교통사고 예방에 기여할 수 있다. 또한, 편광 필름 기반의 영상 시인성 향상 기술과 Segmentation AI 기반 차선 인식 알고리즘을 결합하여 실시간으로 차선 정보를 인식 및 시각화하여 운전자 보조 시스템(ADAS), 자율주행 차량과 같은 분야에 실용적으로 적용될 수 있다.

### References

- [1] S. Sultana and B. Ahmed, "Lane Detection and Tracking under Rainy Weather Challenges", *2021 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP)*, Dhaka, Bangladesh, pp. 1-6, Aug. 2021.
- [2] S. H. Lim, S. K. Ryu and Y. H. Yoon, "Image Recognition of Road Surface Conditions using Polarization and Wavelet Transform", *Korean society of civil engineers*, vol. 24, no. 4D, pp. 471-477, 2007
- [3] AI hub, "Passenger autonomous vehicle night city road data", <https://url.kr/vlbcey>
- [4] AI hub, "High precision data collection vehicle bad weather data", <https://url.kr/6zslme>