YOLOPv2 와 OpenCV 를 적용한 차선 검출 알고리즘

김호재 [1], 서동규 [2], 정인혁 [3], 황영석 [4], 박은병 [5]
[1, 2] 성균관대학교 소프트웨어학과 학부생
[3, 4] 성균관대학교 전자전기공학부 학부생
[5] 성균관대학교 전자전기공학부 교수

ghghghost@g.skku.edu, lmatarodo@g.skku.edu, jeongih822@g.skku.edu, hhyun3032@g.skku.edu, epark@skku.edu

Advanced lane detection algorithm using YOLOPv2 and OpenCV

Ho-Jae Kim [1], Donggyu-Seo[2], Inhyuk Jeong[3], Yeongseok Hwang[4], Eunbyung Park[5]
[1,2] School of Computing and Informatics, Sungkyunkwan University
[3,4 ,5] School of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University

요　　약

본 논문에서는 YOLOPv2 를 기반으로 OpenCV 를 활용한 후처리 과정을 도입하여 차선 검출 성능을 극대화할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 주요 단계로는 YOLOPv2 모델을 활용한 차선 인식, Bird’s eye view 변환, Sobel 및 Morphology Filter 를 통한 왜곡 보정, Histogram 기반 차선 검출, 그리고 후처리 알고리즘 적용이 있다. 이 기술은 자율 주행 및 도로 정보 활용 분야에 활용 가능할 것으로 기대되며, 차선 검출 정확도를 향상시킬 수 있다.

1. 서론

국토 교통부에서 2023 년 주요 업무 계획으로 ‘완전자율주행 기술(레벨 4)의 제도적 기반 구축을 목표로 설정하였다. 국제자동차기술자협회(SAE)에 따르면, 레벨 4 자율주행은 운전자의 개입없이 시스템이 정해진 조건 내 모든 상황에서 차량의 속도와 방향을 제어할 수 있다 [1]. 이에 따라, 자율주행 기술 중 다양한 도로 조건과 환경에서의 안정적인 주행을 위해 기본이 되는 차선 검출 기술의 중요성이 더욱 강조된다. 본 논문에서는 차선 인식 모델인 YOLOPv2 를 기반으로 OpenCV 및 후처리 과정을 도입하여 차선 검출 성능을 극대화할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

2. 이론적 배경 및 연구 방법

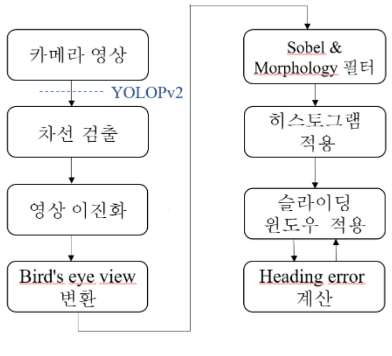


그림 1. 알고리즘 순서도

본 연구에서는 그림 1 과 같은 영상 처리 기법을 사용하였다.

1) 차선 검출을 위한 YOLOPv2 모델 적용
차량의 진행 방향에 위치한 도로 상황에 대한 영상에 YOLOPv2 모델을 적용하여 차선을 인식하고 lane segmentation 을 통해 mask 를 생성한다 [2].

2) 차선 이진화
인식된 차선 mask 를 OpenCV 를 통해 검은색 화면에 흰색으로 덧씌워 이진화된 이미지를 생성한다. .

3) Bird’s eye view 변환
2)과정에서 생성한 이진화한 mask 를 차선의 진행 방향과 곡률에 따른 자동차 앞 바퀴의 조향각 계산의 정확도를 향상시키기 위해 수집된 영상을 ROI(Region of Interest)를 설정하여 선형변환을 통해 Bird’s eye view 형식으로 OpenCV 를 이용해 변환한다.

4) Sobel & Morphology Filter
Bird’s eye view 변환 과정에서의 원근 변환에 의해 거리에 따른 차선 폭의 왜곡이 발생한다. 왜곡된 영상을 Sobel & Morphology Filter 기법을 활용하여 인식된 차선을 보정한다. Sobel Filter 는 이미지의 수평 방향 밝기 변화를 기반으로 경계를 찾아내고, Morphology Filter 는 객체의 경계를 Erosion(침식), Dilation(팽창)시켜 객체의 노이즈를 제거하는데 사용한다 [3].

5) Histogram 기반 슬라이딩 윈도우 적용
Bird’s eye view 로 변환된 이진화 된 이미지의 픽셀 값을 수평 축을 기준으로 더하여 histogram 을 도출한다. Histogram 값이 최대인 두 부분을 중앙을 기준으로 왼쪽과 오른쪽 차선으로 설정한다. 그리고 열을 기준으로 일정 범위마다 차선의 픽셀 값을 검출하는 Sliding window 방식으로 최종 차선을 검출한다. 하지만 위 방식으로 차선 검출을 진행할 경우, 햇빛과 같은 예외 상황에서 차선이 인식되지

않거나 잘못 인식되는 경우가 존재한다. 따라서 본 연구에서는 해당 예외를 처리하여 차선 검출의 정확도를 향상시키기 위해서 추가적인 후처리 방법을 도입하였다.

6) 후처리 알고리즘 적용

클러스터링 방식을 활용하여 검출된 차선의 위치들을 근접한 것끼리 그룹화하여 cluster threshold 값보다 가까이에 있는 위치들을 하나로 묶는다. 이후 각 클러스터의 평균 값을 차선 후보로 한다. 이전 윈도우 및 픽셀 상에서 검출된 차선 위치와 heading error 를 사용하여 다음 차선 위치를 귀납적으로 예측한다. 예측된 차선의 위치에는 이전 heading error 의 평균과 현재 heading error 값의 차이에 비례한 값이 보정되어 더해진다. 그리고 클러스터링으로 반환한 차선 후보와 검출된 차선 사이에 오차를 비교하여 오차가 적은 차선을 선택하고, 선택된 차선을 바탕으로 예측된 차선과 heading error 를 통해 예측된 차선에 가중치를 두어 실제 차선을 수정한다. 따라서, 차선이 보이지 않거나 부분적으로만 보일때도 이전 차선과 heading error 의 정보를 바탕으로 실제 차선을 수정할 수 있다.

7) 차선 곡률을 통한 Heading error 계산

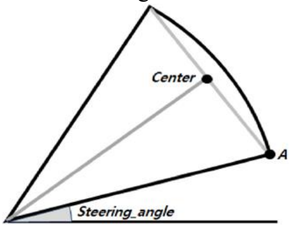


그림 2. 곡률 계산

곡률 계산은 다음과 같은 방식으로 진행한다. 먼저 array 에 담긴 슬라이딩 윈도우의 중심 좌표를 이용해 카메라에 잡힌 차선에서 y 좌표가 가장 큰 윈도우의 x 좌표와 가장 작은 윈도우의 x 좌표 사이의 기울기를 계산한다. 해당 각도는 그림 2 에서 점 A 와 center 을 이은 직선의 기울기이다.

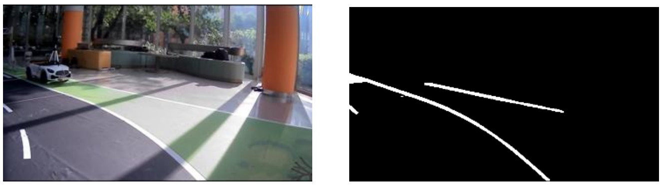
$$\text{angle} = \frac{hy \times ymm - ly \times ymm}{hx \times xmm - lx \times xmm} \quad (1)$$

symbol	description
xmm, ymm	Ratio between pixels and actual physical distance in an image converted to Bird's eye view
hy, hx	y-coordinate and x-coordinate at the top
lx, lx	y-coordinate and x-coordinate at the bottom

표 1. Symbol Description

계산한 angle 값과 양 끝점 사이의 중간 좌표인 그림 2 의 center 좌표를 기반으로 원의 중심좌표를 계산한다. 이후 점 A 에 자동차의 앞 부분이 존재한다고 가정할 때 heading error 는 y 축에 대한 점 A 에서의 접선의 기울기와 같다. 해당 각도는 그림 2 의 점 A 와 원의 중심좌표를 이용해 계산된 steering_angle 값과 같다.

3. 알고리즘 구현 결과

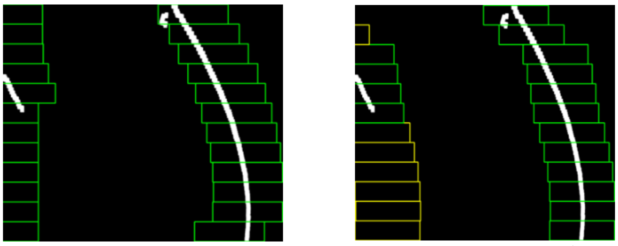


ㄱ. 원본 사진　　ㄴ. 이진화

ㄷ. 시점 변환　　ㄹ. Sobel & Morphology

그림 3. 차선 인식 알고리즘 수행 과정

그림 3 은 위 알고리즘을 순서대로 적용하여 카메라에서 받아온 이미지의 차선을 검출하는 과정을 보여준다.



ㄱ. 차선 검출 보완 전　　ㄴ. 차선 검출 보완 후

그림 4. 차선 검출 보완 알고리즘

그림 4 는 차선이 인식되지 않는 경우에 대한 차선 검출 결과를 OpenCV 로 시각화한 것이다. 검출된 차선은 Green Box 로 표시된다. '그림 4 -ㄱ' 에서는 차선이 인식되지 않은 부분에서 잘못된 위치를 차선으로 검출하는 것을 확인할 수 있다. '그림 4 -ㄴ'은 후처리 알고리즘을 적용한 결과로, 차선이 원래 인식되지 않은 부분에도 정확하게 차선을 예측하였다. 예측된 차선은 Yellow Box 로 표시되어있다.

4. 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘은 YOLOPv2 를 적용해 차선을 인식한 후, OpenCV 를 통한 이미지 처리 및 슬라이딩 윈도우에 후처리 방법을 적용하여 차선이 인식되지 않는 경우에도 차선을 예측해 검출되도록 한다.

해당 알고리즘을 통해 도출된 차선 검출 결과를 바탕으로 차선이 보이지 않거나 일부만 보이는 예외적인 상황에서도 안정적으로 차선을 유지하도록 할 수 있다. 또한, 예측한 차선 데이터를 이용하여 자율 주행 및 도로 정보가 필요한 분야에서 다양하게 활용할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022098, 2023 년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업)

참고문헌

[1] 이중기, "SAE 자동화단계 구분과 운전작업의 분류 : 운전자책임, 안전기준규제, 제조물책임에 대한 영향", 法學論文集, 44 권, 1 호, pp. 484-511, 2020.

[2] Han, Cheng, et al. "Yolopv2: Better, faster, stronger for panoptic driving perception," arXiv preprint arXiv:2208.11434, 2022.

[3] 오동언, 이민채, 선우명호, "Morphology 와 다중 ROI 를 이용한 차선 인식 및 추적," 2010 KSAE 부문종합 학술대회, pp.1263-1267, 2010.