

슬라이딩 윈도우 기법을 활용한 차선 인지 및 유지 개선 방안

강동일¹, 박해수², 신현호³, 여현승⁴, 이승엽⁵, 김규남^{*}

¹성균관대학교 기계공학부

0417ehddlf@g.skku.edu, qkrgotn74@g.skku.edu, shh135078@g.skku.edu
sonasfusta@g.skku.edu, tyler0307@g.skku.edu, kyunam.kim@skku.edu

Method to improve lane detection and maintenance using sliding window algorithm

Dong-il Kang¹, Hae-Soo Park¹, Hyeon-ho Shin¹, Hyun-seung Yeo¹, Seung-yeop Lee¹
School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

자율주행 시스템에서 차선 인지는 주행의 성능과 안전에 중요한 역할을 한다. 차선 인지 분야에서는 다양한 알고리즘이 사용된다. 본 논문에서는 슬라이딩 윈도우 기법을 사용한 알고리즘을 기반으로, 더 정확하고 효율적인 차선 인지를 위한 개선 방안을 소개한다.

1. 서론

자율 주행은 인지, 판단, 제어 알고리즘으로 나누어진다. 그 중, 인지 단계는 다양한 센서와 알고리즘을 통해서 구현된다. 인지 단계의 가장 중요한 요소로 차선 인지를 언급할 수 있다. 차선을 제대로 인지하지 못한다면 안정적인 주행을 할 수 없을 뿐만 아니라, 탑승객이 위험한 상황에 직면한다.

차선을 인지할 때 여러 과정이 진행된다. 먼저, 설치된 카메라가 화면을 인지한다. 이때, 카메라 화면의 왜곡을 수정하고, 필요한 부분만 검출하기 위해서 관심 영역을 설정한다. 관심 영역에 필터를 적용하여 차선의 색만 검출하여 알고리즘은 흰색과 검은색만 구분한다. 이후 Edge detection 과 허프 변환(Hough transform), 슬라이딩 윈도우(Sliding window) 등 다양한 알고리즘을 이용해 차선의 정보를 인지한다[1].

본 연구에서는 차선 검출 알고리즘으로 슬라이딩 윈도우 알고리즘을 사용한다. 슬라이딩 윈도우 차선 인식은 이미지 내의 차선을 윈도우로 나누어 검출하기에 곡선 차선에도 인지가 뛰어나다. 이것이 직선 차선 검출에 특화되고 특정 각도를 제한하여 검출하는 Edge detection 과 허프 변환 대신 슬라이딩 윈도우를 사용한 이유이다.[1] 구현 이후 발생하는 문제점을 해결하여 안정적인 차선 인지를 위한 개선 방안을 제시한다.

2. 관심 영역의 Bird's eye view 변환

카메라가 인지한 화면에서 차선이 차지하는 비율이 낮고, 왜곡이 존재하기 때문에 정상적인 인지가 어렵다[2]. 이 때문에 인지하려는 특정 영역을 설정하는데,

이를 관심 영역이라고 한다. 관심 영역을 단순히 직사각형으로 설정하면 왜곡된 형태 그대로 재현되기 때문에 정상적인 인지가 불가능하다. 그러므로 Bird's eye view 변환을 활용하여 왜곡을 보정한다. Bird's eye view 는 원근법을 고려한 카메라 보정의 일종으로, 좁은 상단과 넓은 하단을 가진 사다리꼴 형태의 관심 영역을 통해서 화면을 재구성한다. 연구 환경에서 카메라 보정에서 많이 사용하는 체커보드와 유사한 횡단보도를 사용해서 Bird's eye view 의 완성도를 높일 수 있다. 그림 1 에서 붉은 점과 선을 통해 관심 영역의 설정을 확인할 수 있다.



그림 1. 카메라 화면의 관심영역 설정

3. 슬라이딩 윈도우의 구현

관심 영역을 설정한 후, 슬라이딩 윈도우 알고리

즘을 사용하기 위해 필터를 적용한다. 색상(Hue), 밝기(Lightness), 채도(Saturation)의 값인 HLS 의 상한선과 하한선을 지정한다. 범위 내의 값과 외의 값을 각각 0 과 1 로 구분하여 차선과 차선을 제외한 것을 구분한다. 구분된 화면에 슬라이딩 윈도우 알고리즘을 적용할 수 있다. 슬라이딩 윈도우 알고리즘을 통한 차선 인식 과정은 다음과 같다. 화면 가로방향인 x 축 좌표 마다 1 의 개수를 누적한 히스토그램을 통해 차선의 기준이 될 수 있는 윈도우(window)의 베이스 지점을 찾는다. 베이스 지점을 기준으로 지정한 폭과 개수의 윈도우를 생성하여 이미지 내의 차선을 검출한다[3]. 슬라이딩 윈도우 구현 화면은 그림 2 를 통해 확인할 수 있다. 차선을 따라 생성된 사각형들이 윈도우에 해당한다.



그림 2. 슬라이딩 윈도우 구현 화면

4. Gradient 기반 조향 제어

본 연구에서는 바퀴의 회전각을 결정하기 위한 요소로 기울기를 의미하는 gradient 를 적용한다. 슬라이딩 윈도우 알고리즘의 각 윈도우가 인지한 차선의 윤곽선과 윤곽선의 무게 중심들을 계산하고, 이를 쌓아 올린다. 이때, 각 윈도우의 베이스 지점을 배열에 좌표 형태로 저장한다. 저장된 좌표와 윈도우의 y 좌표를 통해 1 차 함수가 생성되고, 차선의 기울기를 측정한다. 이를 통해 주행에 적용하는 기울기인 gradient를 구하고, 모터 제어에 사용한다.

5. 차선 유지 보조 함수

본 연구에서 차량은 카메라의 좁은 시야 각도 때문에 오른쪽 차선만을 인지한다. 이렇게 되면, 차량은 차량의 위치와 관계없이 차선의 기울기에 의존하여 주행한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 실제 자율주행 차량이 차선의 중앙을 유지하는 방식을 적용한다. 차량이 차선의 중앙에 있을 때, 관심영역에 인식되는 차선의 위치를 기준(criteria)으로 선정한다. 각 윈도우의 베이스 지점의 좌표(mx_i)를 기준으로부터 이탈하는 정도를 특정 계수(div)로 나누어 보정 값(alpha)을 구한다. 그리고 보정 값을 차선의 기울기인 gradient 에 합산하여 실제 조향 각도 값을 산출한다.

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n (mx_i - criteria)}{n} \times \frac{1}{div} \quad (1)$$

실제 자율주행 차량은 양쪽 두 차선 곡률의 평균을 이용해 조향 각도를 판단한다. 차량이 좌회전해야 하는 도로 상황에서 왼쪽 차선의 곡률이 오른쪽 차선의 곡률보다 더 크기 때문이다. 본 연구에서는 오른쪽 차선만을 인지했기에 실제로 좌회전할 때는 인지한 기울기보다 더 큰 각도로 회전하고, 우회전할 때는 인지한 기울기보다 더 작은 각도로 회전해야 한다. 이에 알맞게 제어하기 위해 최종 조향 각도가 특정 값 이상 혹은 이하인 경우, 각도를 일부 보정한다.

차선이 급격하게 변하는 커브 구간에서 차선 일부가 사라지는 경우가 존재한다. 윈도우가 인지되지 않으면 그 전에 존재하던 윈도우의 양극단 좌표를 베이스 지점으로 지정한다. 이러한 왜곡으로 실제 차선의 기울기보다 관심영역에 감지된 측정값이 더 작아지는 문제가 있다. 차선 인지가 되지 않은 윈도우의 개수가 기준 값 이상일 경우, 회전의 강제 보정을 도입한다.

차선 유지 보조 함수에 적용된 구체적인 수치는 연구 환경에서 최적화된 수치를 실험을 통해 도출하였다.

6. 결론

본 연구에서는 슬라이딩 윈도우 알고리즘 기반으로 차선 인지 시스템의 개선을 연구하였다. 관심영역을 지정하고, Bird's eye view 를 활용하여 슬라이딩 윈도우를 구현할 수 있었다. 이후 차선 인지 시스템의 개선을 위해 1차 함수의 gradient 를 도입하여 차선의 기울기 기반 모터 조향 시스템을 구현할 수 있었다. 추가로 차선 유지가 어려운 상황에 사용할 수 있는 차선 유지 보조 함수의 도입을 통해서 안정적인 주행을 할 수 있는 개선 방안을 마련하였다. 본 연구에서는 성균관대학교 자율주행 SW 종합설계 경진대회의 환경에 특화된 연구를 진행하였다. 따라서 적용하고자 하는 특정 환경에 맞는 추가 연구가 필요할 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

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

참고문헌

- [1] 김정환, “자율주행을 위한 센서 융합 및 딥러닝 기반의 주행 제어 알고리즘”, 박사학위논문, 한양대학교, 2021.
- [2] Md. Ebrahim Shaik, Md. Rezwanul Haque, Md. Milon Islam, Kazi Saeed Alam, Hasib Iqbal, A Computer Vision based Lane Detection Approach, I.J. Image, Graphics and Signal Processing, 2019, 3, 27-34.
- [3] 김태욱, 이현규, 김종찬, “군집주행 차선인지를 위한 슬라이딩 윈도우 보정”, 한국자동차공학회 논문집, 제 29 권, 제 11 호, 2021.