
이동 상황에서의 실시간 차선 인식을 통한 무인자동차 제어

- labeling을 사용한 dynamic한 상황에서의 강인한 차선 인식



Lane detection system for self-driving car



김현준, Hyunjun Kim* 류문욱 Moonwook Ryu** 이석한, Sukhan Lee***



요약 최근 하드웨어의 발달로 영상처리를 사용한 운전자 보조 기능의 차선인식 시스템이 상용화 되고 있다. 하지만 고속도로 주행과 같은 차선이 확실하고 곡률이 완만한 비교적 이상적인 상황에서의 차선인식을 전제로 만들어진 시스템이 많아 시내도로와 같이 상대적으로 곡률이 크고 일부 차선이 확실치 않은 장소에서는 차선인식이 힘들어 무인 자동차 제어에는 적용하기 힘들다. 본 논문은 무인차량의 자동주행을 위해 labeling과 차선예측을 통해 급격한 곡선 차로나 차선이 한쪽만 그려져 있는 경우에도 강인하게 차선인식이 가능한 시스템을 제안한다. 제안된 방법을 이용하여 이상적인 경우가 아닌 급격한 곡선차로가 있거나, 차선이 한쪽만 있는 실제 환경의 경우에서도 차선인식이 가능함을 보였다.



Abstract Recently, for development of hardware systems, it has been commercially developed for lane detection system of assistive function to drivers. There are so many driving systems that is capable of detecting lane for ideal environment like quite visible lane and sweep curve just like highway, but these kinds of system are hard to apply for self driving system because it is difficult to detect lane in dynamic environment, which have rapid curve or only one sided lane. For this paper, we proposed intelligent driving system that is able to detect the lane in case of rapid curve by labeling, or one sided lane by lane prediction. based on experimental results, we prove our lane detection system is able to detect lane not only in ideal environment, but also environment which have rapid curve or one sided lane.



핵심어: lane detection, labeling, clustering



*주저자 : 성균관 대학교 전자전기공학과 e-mail: kimhj8574@yahoo.co.kr

**공동저자 : 성균관 대학교 전자전기컴퓨터공학과 e-mail: moonwook@ece.skku.ac.kr

***교신저자 : 성균관 대학교 전자전기컴퓨터공학과 교수 e-mail: Lsh@ecc.skku.ac.kr

1. 서론

기술, 산업의 발달로 인한 대량생산, 가격하락으로 많은 사람들이 차량을 소유하게 되었지만 이에 대한 부작용으로 차량 집중으로 인한 교통 혼잡, 사고가 크게 늘어났다. 이를 해결하기 위하여 소극적인 해결책으로 운전자의 운전보조시스템, 적극적인 해결책으로는 무인자동차를 개발하는 방법*[1]이 모색되고 있다. 전자의 경우 차선인식 시스템을 탑재해 졸음운전 등으로 차선이 벗어날 경우 경보를 울려주거나 후방감지, 앞차와 거리 측정 등 운전자 보조 시스템을 구축하여 지금의 문제점을 개선시키자는 것이고 후자의, 경우 완전 자동화된 무인자동차 네트워크 시스템을 구축하여 각종 도로정보 수집 장치들과 각각 차량들 간의 네트워크로 높은 효율과 높은 안전을 달성하자는 개념이 제시되고 있다.*[1] 많은 기업, 대학 등에서 Hough transform*[2], Histogram, Clustering*[3] 등을 이용한 차선인식을 연구하고 있고 실제 비전을 사용한 차선인식, 운전자 경고 기능이 장착된 네비게이션 등 차선인식 기능이 사용된 제품들이 출시되고 있지만, 대부분 고속도로같은 비교적 이상적인 환경에서의 차선인식을 전제로 하고 있어 능동적인 무인자동차 제어를 위한 차선인식으로는 약간 부족한 부분이 있다. 본 논문은 무인자동차 제어를 위해 기존 운전자 보조 차선인식보다 좀 더 dynamic한 상황에서도 작동 가능한 차선인식 알고리즘을 제안한다.↵

2. 본론

-처리 과정

1.canny edge detection, 관심영역 masking

edge를 찾아내기 위해 canny 알고리즘을 사용하였다.*[4] canny edge detector에 의해 이미지는 우선 가우시안 마스크를 이용하여 smoothing 하고 1차 미분 마스크를 x,y방향에 적용하여 x,y방향 미분 값을 구하여 기울기 크기와 방향 값을 구하고 기울기 크기가 큰 곳을 edge로 선택한다. 이때 edge가 너무 넓거나 끊어져 나올 수 있기 때문에 추가적으로 threshold를 두고 방향각 방향의 주변 픽셀과 기울기 크기를 비교하여 edge를 선별한다. edge detection 후, 관심영역이 아닌 영상의 위쪽 1/4을 연산에서 제외하기 위해 셀 값을 0으로 하여 masking한다.

2.Labeling

edge에서 line을 추출하기 위해 우선 labeling을 사용한다. Hough transform의 경우 연산복잡도가 커진다는 단점이 있어 시스템을 좀 더 가볍게 하기 위하여 labeling을 사용하였다. labeling의 경우, 인접한 픽셀끼리 연결시켜

grouping 시킨다. edge detecting 이 된 이미지에서 edge 픽셀을 찾은 후 이 픽셀에 ID를 부여하고 인접 8셀에 edge를 찾아 이들도 같은 ID를 부여해 주고 이들 픽셀에서 다시 반복적으로 인접픽셀을 찾아 labeling을 수행한다. 더 이상 인접 픽셀이 없으면 ID를 1 증가시키고 labeling 되지 않은 새로운 edge 픽셀을 찾아 반복한다. 이런 식으로 인접한 edge 들 끼리 ID를 부여하여 각 edge들을 grouping 한다. 이 때 label 크기에 하한 값을 두어 너무 작은 Label 영역은 연산에서 제외시킨다.

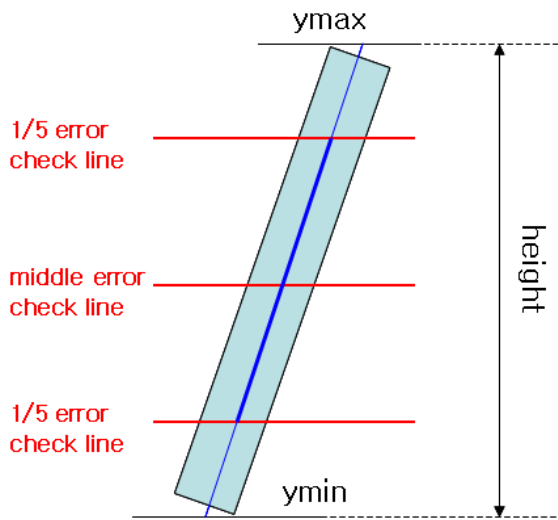
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	2	2	0
0	1	1	1	1	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	1	0	0	2	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	3	3	3	0	0	0	0
0	0	0	0	3	3	3	3	3	0
0	0	0	0	0	0	0	3	3	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[그림 1] labeling 수행 결과

3.lane 추출

(1)1차 직선 차선 추출

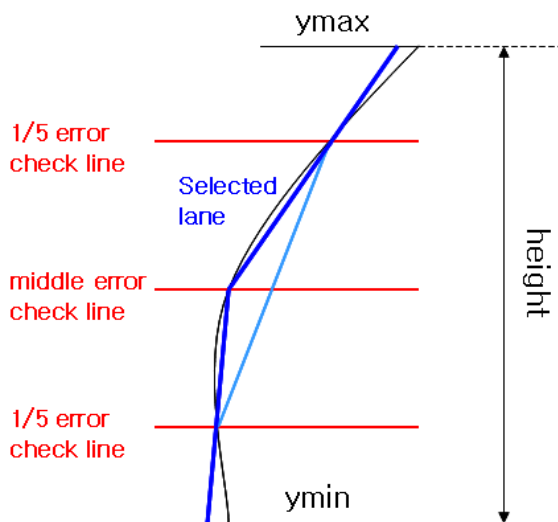
각각 labeling 된 group 중에서 어떤 것이 차선인지 추출하기 위해 우선 각 label의 x축 방향으로 최대, 최소 점을 구하고 y축 방향으로 최대, 최소 점을 구하여 x축으로의 label 길이(width), y축으로의 label 길이(height)를 구하여 label이 x축, y축 중 어느 방향으로 더 긴지 알아낸다. x축 방향으로 더 길 때는 y축과 평행한 error check line을 사용하고 y축 방향으로 더 길 때는 x축과 평행한 error check line을 사용하여 label이 적합한 차선인지를 검사한다. y축으로 더 긴 때를 예로 들어 설명하면 [그림 1]과 같이 label 양 끝 각각 1/5 지점과 중앙에서 label의 폭과 픽셀 평균값을 구한다. 이 1/5 지점 두 부분의 각 픽셀 평균값을 이용하여 라벨이 직선 차선일 때의 중앙 error check line에서의 이상적인 픽셀 평균값을 구한다. 그리고 실제로 구한 label 중앙에서의 픽셀 평균값과 이상적인 픽셀 평균값을 비교하여 이 차이가 일정 이하면 직선차선으로 인식한다.



[그림 2] 1차 직선 차선 추출

(2) 2차 곡선 차선 추출

(1)에서 추출된 차선은 직선형태의 차선이다. 하지만 곡선 차선의 경우 (1)에서 검출할 수 없다. 곡선 차선을 인식하기 위해 차선을 분할 인식하는 방법을 사용한다. (1)에서 각 끝 1/5 지점과 label 중앙에서 label의 폭이 일정 이하였지만 중앙에서의 픽셀 평균값이 예측값(각 끝 1/5 지점의 중앙값)과 차이가 클 때 이를 곡선 차선으로 인식한다. (1)에서는 각 끝 1/5 점을 있는 형태로 차선은 인식하지만 여기서는 각 끝 1/5 점과 label 중앙에서의 labeling 픽셀 평균점과 이어지는 두 개의 선을 인식한다.

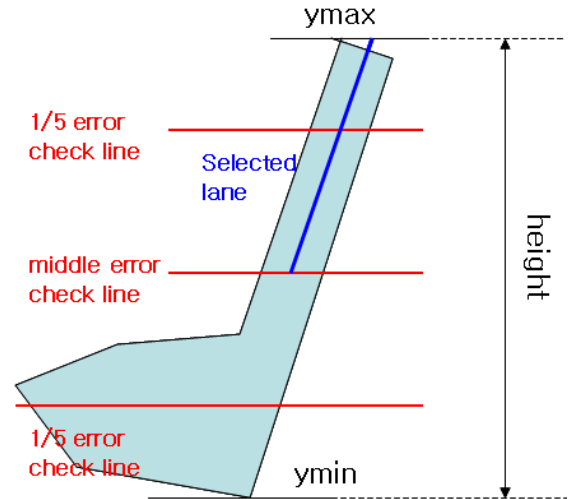


[그림 3] 2차 곡선 차선 추출

(3) 3차 일부 선택 차선 추출

도로 위의 교통정보 표시나 얼룩 등으로 인해 차선과 주위 다른 사물이 함께 labeling 될 수도 있다. 이러한 경우

검출할 수 있는 일부분이라도 차선으로 검출하여 차선인식에 사용한다. (1)에서 각 끝 1/5 지점과 label 중앙에서의 label 폭이 모두 일정수치가 되지 않은 label 중에서 label 중앙과 다른 한쪽 1/5 끝 점 두 점의 label 폭이 일정수치 이하면 이 1/5 끝 점과 label 중앙의 label 픽셀 평균값을 있는 선을 차선으로 채택한다.

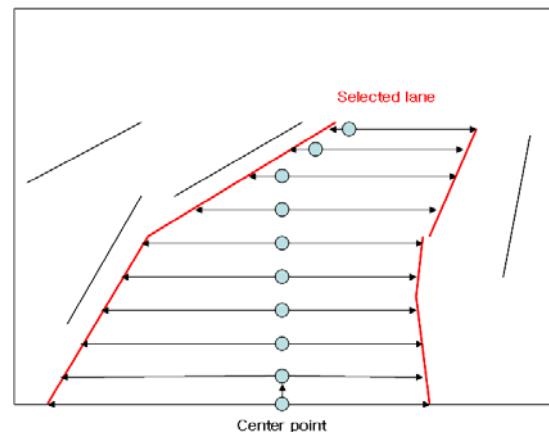


[그림 4] 3차 일부 선택 차선 추출

4 차선 선택, 주행 선로 설정

(1) 차선 선택

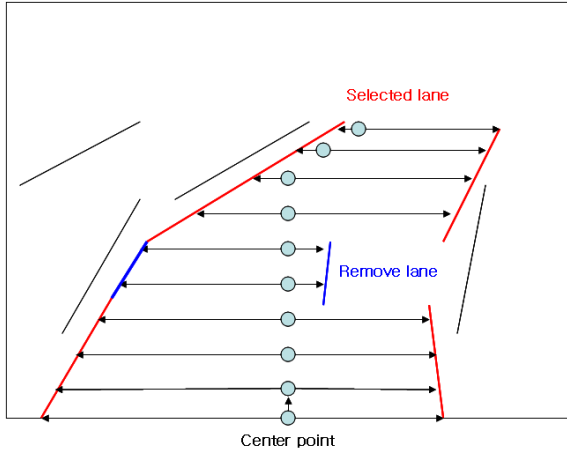
3에서 수행한 내용은 차선에 가까운 후보영역을 선택한 것이고 이들 중에서 실제 주행할 차선을 선택하여야 한다. 입력된 이미지의 맨 하단 중앙에 center point 픽셀을 지정하여 한 픽셀씩 올라오며 양쪽으로 탐색을 해 양쪽 차선을 검출한다. 코너를 돌 경우, center point가 이미지 중앙 픽셀부터 올라오면 어느 정도 올라왔을 때 한쪽 차선을 넘어가버릴 수 있다. 이러한 경우를 해결하기 위해 center point와 만난 차선의 기울기를 이용해 차선이 기울어진 쪽으로 중심점을 이동하여 연산한다.



[그림 5] 주행 차선 선택

(2) 차선 예측, 주행경로 설정

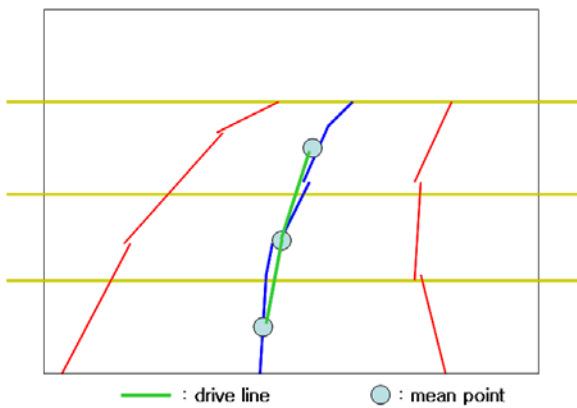
차선이 한쪽만 검출될 경우가 있다. 이러한 경우 미리 입력해 놓은 각 이미지 높이에서의 차선 폭 자료를 사용해 다른 한 쪽 차선의 위치를 예측할 수가 있다. 또한 각 이미지 높이에서의 차선폭이 예측 값과 차이가 매우 클 경우 차선을 잘못 인식한 것으로 판단, 차선에서 제외한다.



[그림 6] 차선 필터링

또한 주행 선로가 급격히 바뀌는 것을 방지하기 위해 이전 주행 선로위치와 현재 받아온 주행 선로 위치를 mix해서 사용하는 간단한 filtering 알고리즘을 적용하였다.

관심영역을 3부분으로 분할하여 각 영역에서의 차선 위치의 평균을 구해 이를 주행경로로 선택한다.



[그림 7] 영역 분할 평균계산, 주행경로 생성

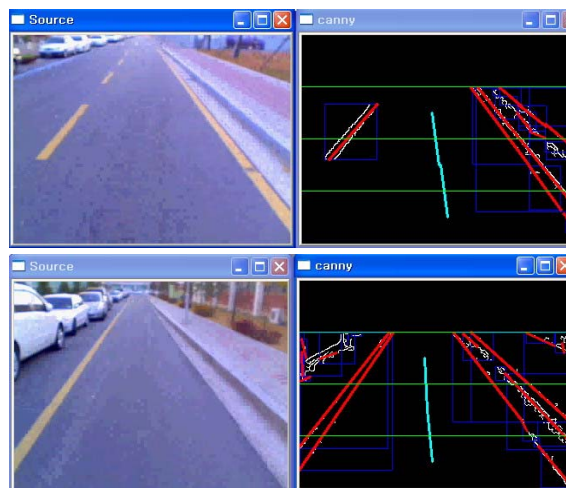
3. 실험 및 결과

무인차량에 웹캠을 장착한 후 수동주행으로 교내 도로를 주행하며 녹화한 동영상에 대해 실험을 수행하였다. 실험은 오후 2시 맑은 날씨에 수행하였다. 실험용 영상 입력 장치로는 로지텍 quick cam 5000을 사용하여 동영상을 획득하였으며 영상처리에 사용된 컴퓨터의 CPU는 INTEL 펜티엄

M753(1.2GHz) 이다. 영상처리에 사용된 동영상의 해상도는 320*240 이다.



[그림 8] 곡선 구간 차선인식



[그림 9] 직선 구간 차선인식



[그림 10] 한쪽만 차선 검출 시

실험 결과 [그림 8]에서와 같이 완전한 곡선 뿐 아닌 비교적 급격한 곡선 차선도 차선인식이 잘 되는 것을 볼 수 있었고, [그림 9]에서 보이는 직선구간 또한 차선인식이 잘 되는 것을 볼 수 있다. [그림 10]과 같이 한쪽 차선만 검출

될 경우에도 도로 중앙을 예측하여 주행경로를 생성하는 모습을 볼 수 있었다. 이렇게 생성된 주행경로의 위치와 각도를 이용하여 무인차량 제어에 적용 가능하다.

이후 개선되어야 할 문제점이라면 현재 시스템에서는 횡단보도나 과속방지턱을 인식하지 못해 이러한 부분에서는 주행경로 생성이 되지 못하는 단점이 있다. 앞으로 횡단보도나 과속방지턱을 인식하여 주행경로생성 능력을 더 높일 계획이다.

4. 결론

무인차량이 실제 도로에서 유인차량과 함께 주행하기 위해선 아직 많은 연구가 필요하다. 본 논문에서는 무인제어가 가능한 골프장용 소형차량의 도로주행을 위한 차선인식 시스템을 제안, 실험을 수행하였다. 급한 곡선 차로나 한쪽 차선만 보이는 등에서도 높은 성능으로 차선인식이 가능함을 확인할 수 있었다. 실제 도로주행을 위해서는 차선뿐만이 아닌 신호등, 교통표지판 등을 인식해야 하고 주변 차량

들의 움직임도 주시해야 한다. 정확한 차선인식은 무인차량 상용화의 첫걸음이다. 앞으로 차선 외에도 주위 여러 환경 인식 기능을 추가하여 연구를 진행할 예정이다.



참고문헌

- [1] "Cybernetic Technologies for the Car in the City", Presentation(www.cybercars.org/cyb-presentation.html)
- [2] Bin Yu and Anil K. Jain, "Lane Boundary Detection Using A Multiresolution Hough Transform", IEEE Image Processing, 1997. Proceedings., International Conference on, pp. 748-751 vol.2, Oct 1997
- [3] 안수진(Soo-Jin Ahn), 한민홍(Min-Hong Han), "자율주행차량을 위한 차선인식에 관한 연구", 한국정보기술학회, 5권, 1호, pp.136-142, 2007.3
- [4] J. Canny, "A computational approach to edge detection," IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell., vol. 6, pp. 679-698, 1995