

자율 주행을 위한 실시간 차선 인식

황인찬, 이봉환, 이규원
대전대학교 정보통신공학과

e-mail : ichhwang@pine.dju.ac.kr, {blee, kwlee}@dju.kr

Real-Time Road Lane Recognition for Autonomous Driving

In-Chan Hwang, Bong-Hwan Lee, Kyu-Won Lee
Dept of Infomation & Communications Engineering, Daejeon University

요 약

본 논문에서는 실제 도로 환경에서의 실시간 차선 인식 방법을 제안한다. 전방주시카메라를 활용하여 촬영한 입력영상으로부터 도로영역에 해당하는 관심영역을 추출하고 반복적인 평균 명도를 측정하여 이진화함으로써 차선 특징을 검출하고 YCbCr 변환한 영상에 대한 실험 임계값을 적용하여 중앙선의 특징을 검출하였다. 이에 Canny 알고리즘을 이용한 에지 추출로 허프 변환시의 작업량을 최소화하였으며 허프 변환하여 얻은 차선 후보군으로부터 각도를 기반으로 필터링하여 통계적으로 우선순위가 높은 선분을 차선으로 인식하였다. 또한 실제 도로 환경에서 수집한 동영상으로 실험한 결과 강건한 차선 인식률을 보였다.

1. 서론

전 세계적으로 자동차 보유량이 급격히 증가함에 따라 교통사고에 따른 사상자가 증가하는 등 많은 문제점을 야기하고 있다. 이에 교통사고의 예방과 방지 및 회피를 위하여 많은 시스템의 개발과 연구가 이루어지고 있고 그 중 인간의 지각능력에 의존한 주행 방법의 한계점을 보완하고 안전 운전을 도와 운전자의 부담과 피로도의 경감을 목적으로 하는 자율 주행 시스템이 개발되고 있다.

자율 주행 시스템의 주요 요소 중 차선 인식 방법으로는 모폴로지(Morphology)와 기하학적인 변환을 이용하는 방법[1], 에지의 연결정보를 이용하는 방법[2], 히스토그램(Histogram)을 이용하는 방법[3], 스네이크(Snake)를 이용하는 방법[4] 등이 있지만 구현이 복잡하고 계산량이 많아 실시간 구현을 위해서 보다 간단하고 비교적 잡음에 강한 허프 변환(Hough Transform)을 이용한 알고리즘[5]을 이용하였다. 또한 주행환경의 인식을 위해서는 다양한 환경 정보 수집 센서가 필요한데 도로에 추가적인 설치가 없고 비교적 측정범위가 넓은 전방주시카메라를 활용하여 정보를 수집하였다. 수집된 영상정보는 도로정보 이외에도 다양한 정보가 포함되어 있으므로 계산량을 줄이기 위하여 관심영역 설정 및 영상의 평균 명도값을 이용한 이진화 처리 단계, 에지추출 단계를 거치어 영상처리와 차선인식 작업이 실시간으로 이루어질 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 제 2장에서는 차선인식 과정을 설명하고, 제 3장에서는 차선인식에 제안된 방법에 따른 실험 및 결과를 고찰하고, 제 4장에서 결론을 맺는다.

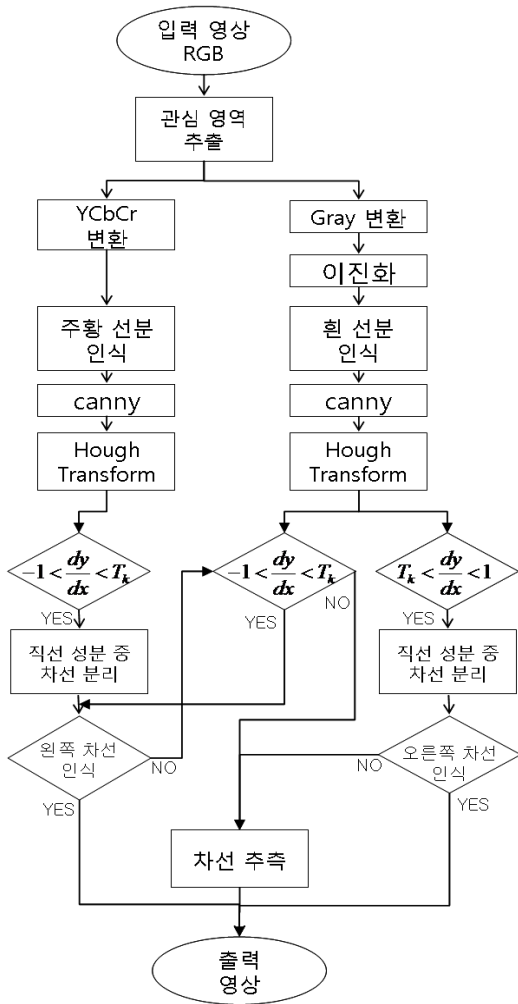
2. 차선 인식 과정

차선인식은 입력영상 중 관심영역을 설정하여 전처리 과정을 거친 후 차선을 인식함으로써 차선이탈을 방지하고 나아가 자율 주행 시스템에 적용될 수 있도록 하였다. 차선인식과정은 다음과 같다. 입력된 도로영상을 차선인식 알고리즘에 적용하기 위해서는 먼저 도로영상에 대해서 전처리가 선행되어야 한다. 즉, 관심영역(ROI : Region Of Interest)을 정하고 YCbCr 변환, 이진화, Canny 알고리즘을 사용하여 차선의 특징을 추출한다. 이 후 전처리된 영상을 바탕으로 허프 변환을 이용하여 영상내 직선 선분을 검출하고 검출된 차선 후보군을 각도를 기준으로 필터링하여 통계적으로 가장 우선순위가 높은 선분을 차선으로 인식하였다. 이와 같은 과정을 그림 1로 나타내었다.

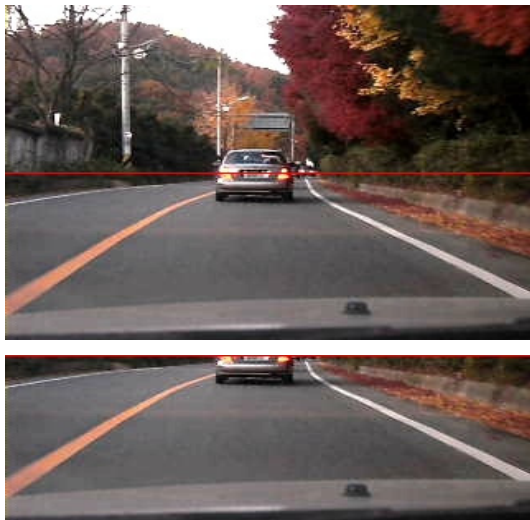
2.1. 관심 영역 설정

수집된 영상에는 가로등, 건물 등이 포함되어 있어 바로 차선 검출에 활용될 수가 없으며 이러한 잡음은 차선 검출 시 많은 작업량과 소요시간, 낮은 인식률의 원인이 된다. 따라서 실험환경에서 명백히 도로 성분이 아니라 판단되는 영역을 관심영역 밖으로 설정하여 제거하였다.

입력 영상의 크기는 320*240로 정하였고 입력 영상의 세로 120픽셀 지점이 지평선이 되어 하단 320*120 영역이 도로 영역이 되도록 실험 차량의 중앙에 카메라를 부착하고 각도를 조절하여 실험하였다. 그림 2는 입력영상과 관심 영역으로 설정한 영상으로 이후 차선인식을 위한 영상 처리는 하단의 관심영역 내에서만 이루어진다.



(그림 1) 차선 인식 과정



(그림 2) 입력영상과 관심영역 영상

2.2. 도로영상의 이진화

2.2.1. YCbCr을 통한 이진화

중앙선을 검출하여 인식하는 것은 실제 도로에서 더욱 안전한 자율 주행을 실현하기 위하여 필수적인 요소이다.

관심 영역 내의 도로 영역 중 중앙선의 주황색을 검출하기 위하여 입력된 RGB영상으로부터 각 픽셀의 $R(x,y)$, $G(x,y)$, $B(x,y)$ 값에 식(1)을 적용하여 $Y'(x,y)$, $Cb'(x,y)$, $Cr'(x,y)$ 값으로 변환하였다.

$$\begin{bmatrix} Y'(x,y) \\ Cb'(x,y) \\ Cr'(x,y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.439 & -0.368 & -0.071 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R(x,y) \\ G(x,y) \\ B(x,y) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$C'(x,y) = \begin{cases} 255 & \text{if } ((89 \leq Cb'(x,y) \leq 152) \cap (148 \leq Cr'(x,y) \leq 201)) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

YCbCr로 변환된 영상의 차선 후보영역으로부터 정확한 차선영역을 얻기 위하여 식(2)를 적용하였다. 식(2)의 Cb 임계값 89, 152와 Cr 임계값 148, 201은 실제로도 영상에서 얻은 프레임 중 3분 4320프레임을 실험하여 얻은 실험값으로 각 픽셀의 Cb , Cr 값에 대한 범위를 제한하였다. 식(2)의 $C'(x,y)$ 는 중앙선 영역인 주황색을 추출하기 위하여 임계값을 적용한 후 각 픽셀의 출력값이다. 그림 3은 YCbCr 변환을 통하여 이진화 한 결과이며 오른쪽 대각선 영역은 도로가에 쌓인 낙엽이지만 중앙선을 검출하기 위해 적용한 식(2)의 임계값 범위에 포함되어 나타나게 되었다.



(그림 3) YCbCr 변환을 한 영상

2.2.2. 명도 값에 대한 임계값을 이용한 이진화

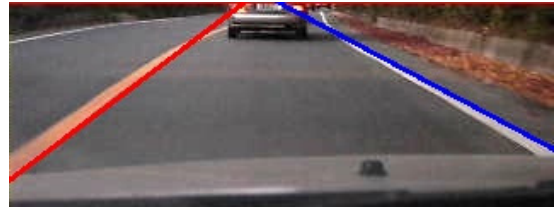
$$I'(x,y) = \begin{cases} 255 & \text{if } (I(x,y) \geq Th) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

도로 영역은 차선과 도로 부분에 확연한 명도값의 차이가 있다. 흰 차선의 흰색을 검출하기 위하여 식(3)을 적용하였다.

식(3)의 Th 은 관심영역 내 평균 명도 값이며, 이를 구하기 위하여 관심영역내 명도 값의 합을 해당 픽셀 수로 나누어 구하였고, 이 작업은 반복적으로 수행되어 도로상황에 따른 영상 내 명도값의 변화에 대처하였다. $I(x,y)$ 는 입력 영상의 해당 픽셀의 명도값이며 $I'(x,y)$ 는 이에 식(3)을 적용한 해당 픽셀의 결과값이다. 명도값 차이에 대한 임계값 Th 보다 큰 픽셀은 255의 명도값을 할당하고 임계값 Th 보다 작은 픽셀은 0의 명도 값을 할당하여 흰 차선의 특징을 검출하였다. 그림 4는 평균 명도 값을 임계값으로 하여 이진화한 결과이다.



(그림 4) 명도 값에 임계값을 적용하여 이진화한 영상



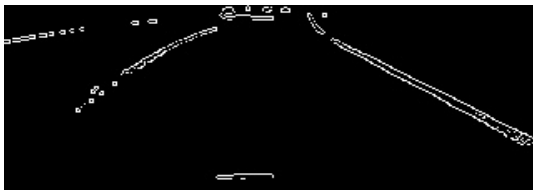
(그림 7) 허프 변환하여 인식한 차선을 표시한 영상

2.3. 에지 추출

에지 추출 알고리즘으로는 Canny 알고리즘을 사용하였다.[6] Canny 알고리즘을 이용하여 에지를 추출함으로써 허프 변환에서의 작업량을 줄일 수 있다.



(그림 5) YCbCr 변환을 한 영상에 대하여 Canny 알고리즘을 적용한 영상



(그림 6) 명도 값에 임계값을 이용하여 이진화한 영상에 Canny 알고리즘을 적용한 영상

2.4. 허프 변환 및 차선 인식

차선을 검출하기 위하여 YCbCr 변환한 영상과 명도값으로 이진화한 영상에 허프 변환을 하여 차선 후보군인 직선성분을 검출하였다.

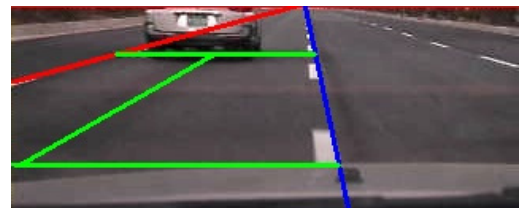
왼쪽 차선을 검출하기 위해서 차선 후보군으로부터 식(4)를 적용하고 각도를 기준으로 필터링 하여 통계적으로 우선순위가 높은 선분을 왼쪽차선이라 인식하였다. 식(4)의 T_k 는 왼쪽 직선과 오른쪽 직선을 구분하기 위한 경계값으로 0이다. 또한 오른쪽 차선을 검출하기 위해서 차선 후보군으로부터 식(5)를 적용하여 오른쪽 차선을 인식하였다. 그림 7과 같이 왼쪽 차선에는 빨간 선으로 표시하고 오른쪽 차선에는 파란 선을 그려 표시하였다.

$$-1 < \frac{dy}{dx} < T_k \quad (4) \quad T_k < \frac{dy}{dx} < 1 \quad (5)$$

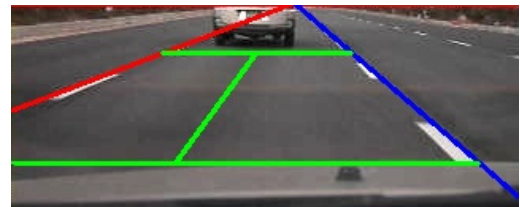
3. 실험 및 결과 고찰

각각 3분의 동영상 4320프레임을 촬영하여 실험에 이용한 결과 주간 편도 4차선 직선 영상에서 95%, 주간 편도 1차선 직선과 곡선이 모두 있는 영상에서 97.7%의 인식률을 보이며 강건하게 차선을 인식하는 것으로 판단되나 야간 편도 2차선 직선 영상에서 24%, 야간 곡선 편도 1차선 영상에서 20%의 낮은 인식률을 보였다. 야간에는 가로등의 불빛이 중앙선의 색과 유사한 주황색을 띄는 점과 도로의 외곽이 어두워 흰 차선의 특징이 드러나지 않는 것이 차선 인식에 장애요인이 되었다.

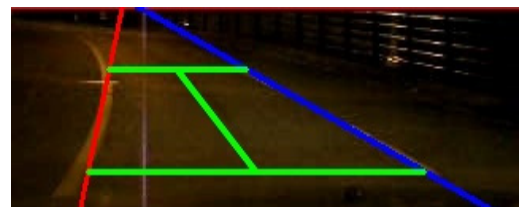
그림 12는 곡선 주행 시 차선인식 결과를 40프레임 간격으로 나타낸 것이다.



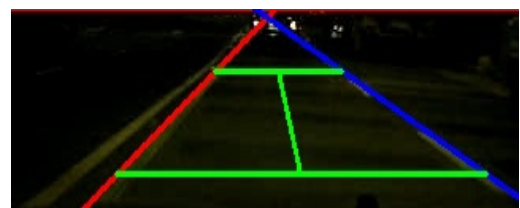
(그림 8) 주간 직선 편도 4차선



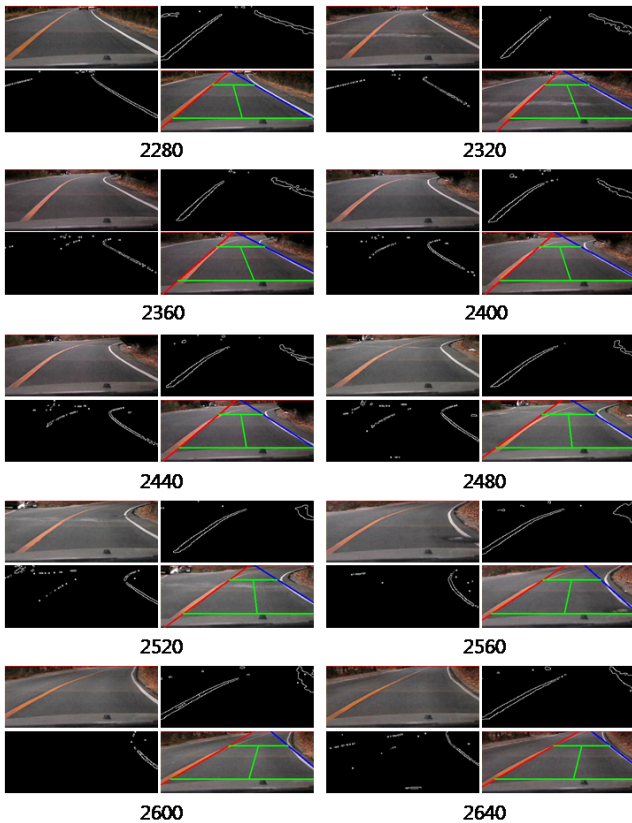
(그림 9) 주간 직선 편도 4차선



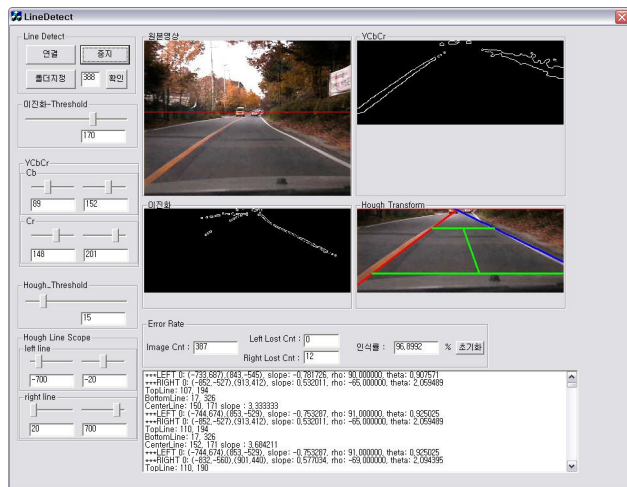
(그림 10) 야간 곡선 편도 1차선



(그림 11) 야간 직선 편도 2차선



(그림 12) 곡선에서의 차선인식 (프레임)



(그림 13) 차선 인식 UI

Acknowledgement

본 연구는 중소기업청의 산학연 공동기술개발지원 사업의 지원으로 수행되었음

참고문헌

- [1] Alberto Broggi, "Robust real-time lane and road detection in critical shadow conditions," In Proceedings IEEE International Symposium on ComputerVision, November pp. 19-21, 1995
- [2] Swee Meng Wong, Ming Xie, "Lane Geometry Detection for the Guidance of Smart Vehicle," Proceedings of the IEEE/IEEJ/JSAI International Conference on Intelligent Transportation System.Tokyo, pp. 925-928, 1995.
- [3] Juan Pablo Gonzalez, Umit Ozgumer, "Lane Detection Using Histogram-Based Segmentation and Detection Trees," IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings Dearborn, pp. 346-351, 2000.
- [4] Lee Eung Joo, "Lane Extraction Using Grouped Block Snake Algorithm," Korea Multimedia Society, Vol. 3, May, pp. 445-453, 2000.
- [5] Richard O. Duda, "Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures," Communications of the ACM, vol. 15, pp. 11-15, 1972
- [6] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, no. 6, pp. 679-698, 1986
- [7] 안수진, 한민홍, "자율주행차량을 위한 차선인식에 관한 연구," 한국정보기술학회논문지, pp.136-142, 2007. 3
- [8] 권오일, 양현석, "차선검출 및 주행선 변경감지 알고리즘의 개발," 과학기술연구소 논문집 제14편, pp. 745-753, 2003.

4. 결론

본 논문에서는 실제 도로상황에서 차선 인식 방법을 제안하였다. 주간 도로상황에서는 강건하게 차선을 인식하였다. 자율주행 시스템으로 도입하여 인식된 차선을 바탕으로 차량의 진행방향을 알아냄으로써 핸들의 제어가 가능할 수 있게 하고 차선 내에 차량이 중앙에 위치할 수 있게 하여 운전자의 안전 운전을 도울 수 있을 것으로 예상된다. 향후 주간, 직선의 도로상황 뿐만 아니라 야간, 곡선의 도로상황에서도 뛰어난 차선인식 능력을 보이는 알고리즘의 개발을 지속적으로 수행할 것이다.