

허프변환과 차선모델을 이용한 효과적인 차선검출에 관한 연구

Study on Effective Lane Detection Using Hough Transform and Lane Model

김기석*, 이진욱**, 조재수***
Gi-Seok Kim, Jin-Wook Lee, Jae-Soo Cho

Abstract - This paper proposes an effective lane detection algorithm using hough transform and lane model. The proposed lane detection algorithm includes two major components, i.e., lane marks segmentation and an exact lane extraction using a novel postprocessing technique. The first step is to segment lane marks from background images using HSV color model. Then, a novel postprocessing is used to detect an exact lane using Hough transform and lane models(linear and curved lane models). The postprocessing consists of three parts, i.e, thinning process, Hough Transform and filtering process. We divide input image into three regions of interests(ROIs). Based on lane curve function(LCF), we can detect an exact lane from various extracted lane lines. The lane models(linear and curved lane model) are used in order to judge whether each lane segment is fit or not in each ROIs. Experimental results show that the proposed scheme is very effective in lane detection.

Key Words : 차선검출, 차선모델, 허프변환, 후처리

1. 서론

능동형 안전차량의 중요한 기반 기술 중 하나인 차선 이탈 인식 시스템은 입력된 영상정보를 통해 정상주행중인 차량의 차선 이탈 여부를 판별한다. 입력영상에서 차선에 대한 정보를 추출하는 알고리즘은 시스템에서 가장 핵심적인 기술이며 어떤 알고리즘을 선택하느냐에 따라 시스템의 성능이 크게 좌우된다. 입력영상에는 도로상 장애물의 그림자나 다른 차량, 도로 임의의 자국, 도로 주변환경 등 차선인식을 방해하는 요소가 등장하며, 이것은 차선검출에 있어서 매우 큰 장애물로 작용한다. 대부분의 차선 검출 방법들은 도로에서 차선을 구분하기 위해 색상정보 혹은 외곽선 정보를 활용하게 되는데, 이것만으로도 이들 노이즈 성분을 정확히 구별하여 제거하는 일은 거의 불가능하며 반드시 후처리과정이 필요하다. 이전 연구들은 후처리 과정을 위해 선형 특징을 추출하는 방법을 가장 많이 사용해왔으며 이를 위해 허프 변환과 같이 선형 특징을 이용[1]하거나 모폴로지등을 통해 연결된 정보를 활용하는 방법[2]을 주로 활용하였다. 이는 카메라에서 나오는 스팟성 노이즈나 도로 노면, 주변 환경의 작은 방해물은 효과적으로 제거할 수 있으나 그림자, 주변 차량과 같은 큰 물체로부터 나오는 노이즈는 효과적으로 제거하기 어렵다.

이에 본 논문에서는 HSV 컬러모델을 이용하여 차선을 검

출한 뒤(2장) 후처리 과정으로 허프변환을 통해 영상내의 직선들을 검출하고 차선의 특징 모델[3]을 이용하여 노이즈 성분을 제거함으로써(3장) 더욱 정확한 차선 인식을 하는 방법을 제안한다.

본 논문에서는 차량의 정면 중앙에 영상입력장치를 설치하고 영상의 최상단에 지평선이 일치하도록 하였으며 비탈길을 주행하거나 차량이 상하로 진동하는 일이 없이 일정한 영상을 입력받을 수 있다고 가정하였다.

2. HSV 컬러모델을 이용한 차선추출

2.1 HSV 차선 컬러모델

먼저 차선을 추출하기 위해 본 논문은 HSV 컬러 모델을 활용하였다. Fig.1 (c)에서 보듯이 차선은 대부분의 밝기분포를 차지하는 지면보다 특히 밝은값을 가지며, (b)에서 보듯이 채도가 주변에 비해 훨씬 낮다. 이 두 가지 특징을 활용해서 차선을 검출할 수 있다.

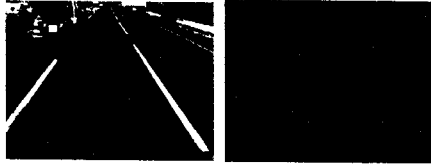


(a) 색조 (b) 채도 (c) 밝기

Fig. 1 HSV 모델을 사용한 입력영상 색상의 분리

저자 소개

- * 김 기 석 : 한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부 대학생
- ** 이 진 욱 : 한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부 대학원생
- ***조 재 수 : 한국기술교육대학교 인터넷미디어공학부 조교수



(a) HSV모델을 이용해 검출된 차선
(b) 세션화한 결과 영상

Fig. 2 HSV 모델 검출 결과를 세션화한 결과영상

2.2 가로 컴포넌트 제거 및 세션화

정상 주행중인 차량에서 볼 수 있는 차선 성분은 세로로 분포되어 있으며 반대로 가로방향의 성분은 대부분 인접차량에서 나타나게 된다. 그러므로 모든 세그먼트에 대해서 가로방향의 성분을 삭제하고, 차선이 아닌 노이즈의 크기를 줄일 수 있다. 또한 3장에서 서술할 허프변환은 입력화소의 개수에 따라 그 성능이 달라진다. 하나의 세그먼트에 대해서 하나의 라인을 검출하는 것이 가장 이상적이겠지만 세그먼트가 여러 픽셀로 이루어질 경우 불필요한 다수의 직선 성분을 검출하게 된다. 이를 방지하고 성능을 향상시키기 위해서 세션화가 필수적이다. 세로방향의 직선성분을 검출하기 위함으로 세션화는 가로방향으로만 수행하면 된다.

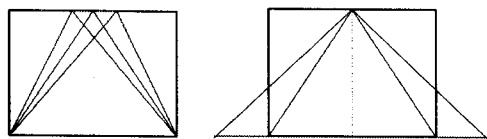
가로방향의 컴포넌트를 제거하고 세션화를 진행하기 위해 본 논문에서는 가로방향으로 이어진 컴포넌트가 나타날 경우 무조건 좌측의 화소를 삭제하는 방법을 사용하였다. 이렇게 하면 차선의 가장 우측으로 이어진 성분을 추출할 수 있게 된다. Fig. 2는 세션화한 결과영상을 보여주고 있다.

3. 허프변환 및 필터링

본 논문에서는 차선이 추출된 영상을 3등분하여 허프변환을 수행한다. 허프변환을 수행하면 영상에 나타나는 모든 직선정보를 얻을 수 있다. 여기에는 차선으로부터 나타나는 직선은 무조건 포함되어 있을 뿐 아니라 전방 내지 측방의 차량이나 배경에 의한 노이즈도 포함되어 있다. 이들 중에서 정상주행하는 일반적인 상황에서의 차선으로서는 나타날 수 없는 각도와 위치를 가지는 것을 노이즈로 간주하고 제거할 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 직선과 곡선의 두 가지 모델을 이용하여 필터링한다.

3.1. 직선모델

먼저 차선이 직선일 때를 가정하여 차선이 어떤 식으로 나타나는지를 생각할 수 있다. 본 논문에서는 차량의 상하운동이나 경사면을 주행하는 일이 없어 지평선의 위치가 일정하다고 가정하며, 이 지평선을 이미지의 최상단에 일치시킨다. 이 때 직선차선의 모습은 Fig. 3 같다.



(a) 소실점의 변위범위 (b) 차선의 변위범위

Fig. 3 정상 주행 상태 차량에서 차선의 소실점과 폭의 변위범위

Fig. 3(a)는 차량이 차선을 변경하면서 생기는 소실점의 변화를 나타낸 것이다. 차량이 차선과 평행으로 달릴 경우 차선의 소실점은 정 가운데 나타나게 되지만 차선을 변경하기 위해 차량의 주행각이 변할 경우 소실점은 좌우로 움직이게 된다. 차량의 주행속도가 느릴수록, 차량의 차선변경이 빠르게 이루어질수록 소실점의 변화량은 커지게 된다. 반면에 일정 속도 이상으로 안정적으로 주행할 경우 소실점의 변화폭은 크지 않다. Fig. 3(b)는 검출하려는 차선의 좌우 폭을 나타낸 것이다. 더 많은 범위의 차선을 검출하기 위해서는 해당 폭을 더 넓게 설정할 필요가 있다. 차선의 폭이 넓을수록 이는 더 넓어져야 할 것이다. Fig. 4는 (a)와 (b)를 토대로 나타낸 것이며 관심범위의 직선은 무조건 L_1 과 L_2 를 지나야 한다.

Fig. 4와 같이 전체영상을 분할할 경우 추출된 직선의 연장선이 L_1 과 L_2 를 모두 지나지 않는다면 관심 밖의 직선성분으로 간주할 수 있다.

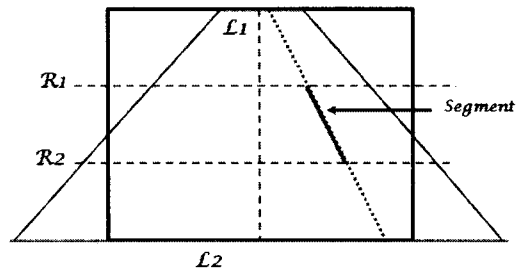


Fig. 4 차선 세그먼트의 유효범위

3.2. 곡선모델

차선이 곡선의 형태로 나타날 경우 또 다른 형태의 차선이 나타날 수 있다. 이러한 곡선형태의 차선까지 고려하여 필터링을 하기 위해 본 논문에서는 곡선차선모델로서 LCF(Lane Curve Function)[3]를 활용하였다. LCF는 Fig. 5처럼 영상에서 볼 수 있는 차선을 변곡선으로 모델링하며 이 변곡선은 두 점근선을 가진다.

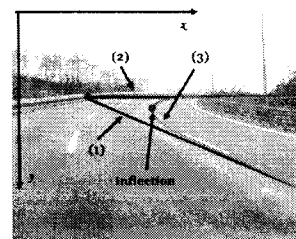


Fig.5 LCF 차선 모델 예시 영상

LCF에 의하면 근거리쪽 점근선을 (1) 식처럼 정의하고,

$$y = mx + n \quad (1)$$

원거리쪽 점근선을 (2)식처럼 정의할 수 있다.

$$y = v \quad (2)$$

이때 차선에 대한 식은 (3)식과 같다.

$$y = \frac{m}{2}x + \frac{(n+v)}{2} \pm \sqrt{\frac{m^2}{4}x^2 + \frac{m(n-v)}{2}x + \left(\frac{(n+v)}{2}\right)^2 + \frac{m}{2}k} \quad (3)$$

본 논문에서는 차량이 흔들리거나 경사면을 주행하는 일이 없다고 가정하고 지평선 v 를 항상 0으로 한다. 이 때 차선은 (4)식과 같이 모델링할 수 있다.

$$y = \frac{m}{2}x + \frac{n}{2} \pm \sqrt{\frac{m^2}{4}x^2 + \frac{mn}{2}x + \left(\frac{n}{2}\right)^2 + \frac{m}{2}k} \quad (4)$$

여기서 k 는 곡률을 말하는 것으로 음수이면 우회전 차선이 되고 0이면 직진, 양수이면 좌회전 차선이 된다.

k 의 최대값은 도로의 사정, 카메라의 특성에 따라 달라질 수 있다. 도로의 제한속도가 높을수록, 카메라의 높이가 낮을수록 곡률반경은 커지게 되고 차선은 더욱 직선의 형태를 띄게 된다.

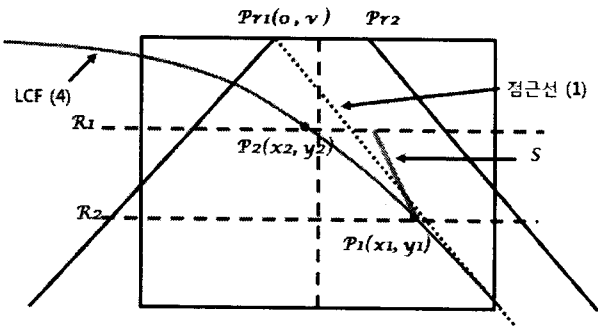


Fig. 6 곡선모델에서의 필터링

다음과 같이 R_1 과 R_2 사이에서 추출한 세그먼트 S 에 대하여 차선이 곡선임을 고려하더라도 관심영역 안의 세그먼트로 간주할 수 있는지를 알아보려고 한다. 이를 위해 R_2 상의 P_1 을 지나는 곡선모델이 R_1 을 지나는 점 P_1 의 최소, 최대 x_2 값을 구하고 세그먼트 S 의 R_1 상의 점이 이 범위 안에 있는지를 확인하면 된다. x_2 가 가장 작을 때는 LCF의 점근선이 소실점제한범위인 Pr_1 을 지나며, 곡률반경 k 가 가장 최대가 될 때이다. $Pr_1(0, v)$ 를 식(1)에 대입하고 $P_1(x_1, y_1)$ 를 식(4)에 대입하여 두 식을 연립하여 풀면 m 과 n 을 구할 수 있다. 이렇게 구해진 LCF에 y_2 를 대입하여 x_2 를 알아낼 수 있다. x_2 의 최대값은 반대로 최소 k 와 Pr_2 를 활용하면 역시 구할 수 있다.

이와 같이 곡선에 대해서도 제안하는 필터링을 적용할 수 있으나 변곡점 위쪽의 경우 차량의 진행방향과 반대방향으로 기울어지며 수평선에 가까워지게 되므로 차선정보로서 큰 의미가 없다고 할 수 있다. 이에 따라 Fig. 7과 같이 ROI를 일반적으로 나타낼 수 있는 변곡점 범위의 아래쪽으로 잡고 영상을 세분화하면 각각의 부분에 대해서는 곡선을 직선으로 모델링할 수 있다.

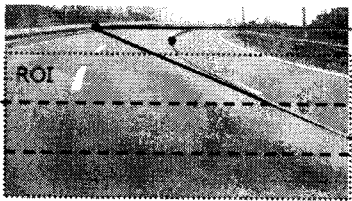
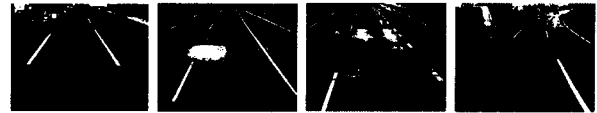


Fig. 7 ROI 설정

4. 실험 및 결론

실험은 본 논문에서 제안한 방법대로 이루어졌다. 먼저 입력영상에 대해 HSV를 통해 차선을 추출하고(Fig.8(a)) 세션화한 후(Fig.8(b)) 영상은 3등분하여 허프변환을 통해 세그먼트들을 추출하였다.(Fig.8(c)) 여기서 제안한 방법 중 직선 모델을 통해 필터링한 후(Fig.8(d)) 가장 강한 특성을 보이는 라인을 좌우에서 하나씩 선택하였다 (Fig.8(e)).

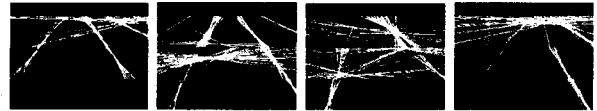
실험에 쓰인 ROI 및 소실점의 범위, 라인의 탐색범위는 경험적으로 산출하였으며 본 실험에서 영상의 크기는 320*240, ROI의 범위는 최상단으로부터 30픽셀 아래쪽, 소실점의 범위는 (120, 200), 하단의 탐색범위는 (-90, 410) 이다. Pentium M 프로세서 1.7GHz 로 테스트한 결과 약 23.3 fps의 처리속도를 보였다.



(a) HSV 모델을 이용한 입력영상 이진화



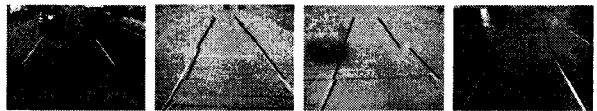
(b) 세션화 결과



(c) 각 ROI에 대한 Hough Transform 결과



(d) (c)결과에 대한 필터링



(e) 최종 차선검출 결과

Fig.8 실험결과

Fig 8에서 보듯이 제안한 차선검출 방법은 실제 주행 영상에서 다양한 장애물과 도로 환경 변화에 의한 노이즈를 효과적으로 제거하고 다양한 실험환경에서 강인하게 정확한 차선을 검출하는 것을 확인할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] C. Taylor, J. Košecá, R. Blasi, and J. Malik, "A comparative study of vision-based lateral control strategies for autonomous highway driving," *Int. J. Robot. Res.*, vol. 18, no. 5, pp. 442 - 453, May 1999.
- [2] Y. Wang, E. Teoh, and D. Shen, "Lane detection and tracking using B-snake," *Image Vis. Comput.*, vol. 22, no. 4, pp. 269 - 280, Apr. 2004.
- [3] 박종웅, 이준웅, 장경영, "차선 검출을 위한 이미지 좌표계상의 LCF(Lane Curve Function)에 관한 연구", 대한기계학회 춘추학술대회, pp. 852~857, May, 2002.