

Steerable 필터를 이용한 외부환경에 강인한 차선 검출 방법

*현승화, 한동석

경북대학교 모바일통신공학과

e-mail : tamnicer@gmail.com, dshan@knu.ac.kr

Robust Lane Detection Using Steerable Filter

*Seunghwa Hyun, Dong Seog Han

School of Mobile Communication Engineering

Kyungpook National University

Abstract

This paper proposes an algorithm for robust lane detection using a steerable filter and the improved vertical mean distribution (iVMD) method. This helps to improve the lane detection rate by reducing the effects of shadow, stain and road markings. The proposed algorithm is compared with the conventional algorithm that uses the Sobel filter by computer simulations.

I. 서론

최근 자동차 수가 꾸준히 증가하고 있으며, 이에 따른 교통사고의 수 역시 급등하고 있다. 그중 중앙선 침범에 의한 사고 역시 많은 부분을 차지한다[1]. 그러므로 LDWS(lane departure warning system), LKAS (lane keeping assist system)와 같은 차선인식 기술에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2013-H0401-13-1005)

기존의 차선인식에 관한 논문들은 Sobel 필터를 사용하여 에지(edge)정보를 얻는다. 그러나 Sobel 필터는 수직, 수평성분의 에지만을 추출하기 때문에 대각선의 성질을 갖는 차선검출에 적합하지 않다.

본 논문에서는 에지에 방향성을 부여하는 steerable 필터를 사용하여 도로 내에 존재하는 그림자, 노면의 얼룩 등의 외부영향으로부터 강인한 차선검출 알고리즘을 제안한다. 또한 steerable 필터만을 사용했을 때 도로 이외의 영역에 남아있는 직선성분을 제거하기 위하여 수평선 검출 기법인 iVMD 방법을 결합하였다. 이를 통하여 도로영역 지정과 차선정보 추출의 단순한 과정을 통하여 효과적으로 차선을 검출해 낼 수 있음을 확인한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 iVMD 방법과 steerable 필터를 접목한 제안 시스템을 소개한다. 3장에서는 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안 시스템의 성능을 분석한다. 그리고 4장에서 결론을 맺는다.

II. 차선 검출 방법

본 장에서는 외부환경에 강건하게 차선을 인식하기 위하여 사용한 steerable 필터에 대하여 살펴보고, 외요인을 제거하기 위한 iVMD 방법에 대해 알아본다.

2.1 Steerable 필터

Steerable 필터는 “기저 필터”라고 정의되는 기준 방향을 가진 필터들의 선형조합으로 이루어지며 임의의 방향성을 갖는다[2]. 주로 사용되는 필터는 다음과 같이 2차원 가우스 함수의 형태를 이용한다[3].

$$G(x, y) = e^{-(x^2 + y^2)} \quad (1)$$

이를 수직인 두 축(x, y)으로 미분한 형태는

$$G_1^{0\circ} = \frac{\partial}{\partial x} e^{-(x^2 + y^2)} = -2xe^{-(x^2 + y^2)} \quad (2)$$

$$G_1^{90\circ} = \frac{\partial}{\partial y} e^{-(x^2 + y^2)} = -2ye^{-(x^2 + y^2)} \quad (3)$$

와 같이 표현할 수 있다. 식(2)와 식(3)을 선형 조합하여 구현한 steerable 필터는

$$G_1^\theta = \cos(\theta) \cdot G_1^{0\circ} + \sin(\theta) \cdot G_1^{90\circ} \quad (4)$$

와 같다.

차선성분을 검출하기 위하여 좌, 우로 나눈 영상에 대하여 기존의 steerable 필터를 좌측은 -45° , 우측은 45° 로 적용하여 얻은 결과는 그림 1과 같다. 수평의 도로 분리대 성분은 억압되고 대각선의 차선성분이 강하게 검출된 것을 확인할 수 있다. 그러나 steerable 필터를 적용한 영상에는 차선 이외에도 가로수, 도로 분리대, 터널 조명 등 영상 상단의 외부 요인이 여전히 남아있어 향후 차선검출에 영향을 미칠 수 있다.

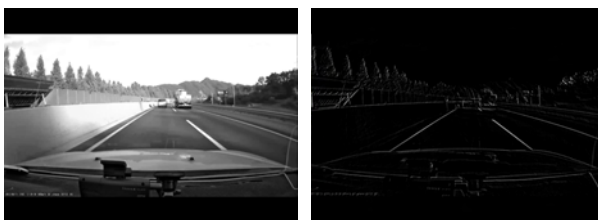


그림 1. 원본영상(좌)과 steerable 필터 결과(우)

2.2 iVMD

영상에서 도로 분리대, 방음벽 등 강한 수평성분을 나타내는 외부요인을 제거하기 위하여 본 논문에서는 iVMD라는 방법을 적용한다. iVMD를 이용하여 수평선을 검출하고 이 수평선 아래에서 차선으로 예상되는 영역을 ROI(region of interest)로 지정한다. 이것을 통하여 상단의 외부요인과 계산영역을 줄일 수 있다[4].

i 번째 행의 밝기 평균을 나타내는 iVMD의 영상의 수직 평균 분포는

$$VMD(i) = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^W Gr(i, j); i \in (1, H) \quad (5)$$

와 같이 나타낸다. 여기서 W 와 H 는 영상의 너비와 높이, $Gr(i, j)$ 는 영상의 i 번째 행, j 번째 열 픽셀의 밝기 값이다. 이를 최소가 되도록 하는 값을 수평선으로 감지하여 그 값은

$$Horizontal\ position = \arg \min VMD(i) \quad (6)$$

와 같다.

III. 컴퓨터 모의실험

본 논문의 성능을 검증하기 위하여 사용한 영상의 해상도는 640x480이며, 실험환경은 Intel i7 3.5GHz, 8GB RAM, Windows 7이다. 본 논문에서 실험한 영상은 일반적인 환경, 그림자가 심한 환경, 노면 표시가 있는 환경, 얼룩이 많은 환경, 터널 등 다양한 환경의 3,200여장이다[5]. 기존의 Sobel 필터를 사용한 경우와 제안한 알고리즘의 성능을 평가하였다.

실험에 사용한 영상은 그레이 스케일로 변환된 것이다. iVMD 방법을 통해 수평선을 검출하고 수평선의 중점과 양 모서리부분을 이어 ROI로 지정하였다. 이후 steerable 필터링을 통해 에지정보를 얻고, Otsu 이진화를 거쳐 차선정보를 추출하였다. Otsu 이진화는 밝기 값 면에서 클래스 간 간격을 최대화 하는 문턱치를 선택하는 이진화 방법으로 히스토그램 연산에 의해 쉽게 얻을 수 있다. 그림 2는 그 결과를 나타낸다.

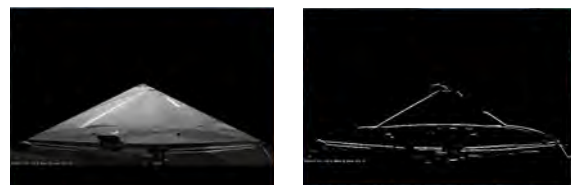


그림 2. ROI 영상(좌)과 이진화 결과(우)

실험은 총 3가지로 진행되었다. Sobel 필터와 ROI를 지정한 경우와 steerable 필터와 ROI를 지정한 경우, 그리고 ROI를 지정하지 않고 steerable 필터만 사용한 경우이다.

본 실험에서는 steerable 필터링을 통해 얻은 차선정보에서 Hough 변환을 통해 직선성분을 추출한 것을 차선으로 보았다. 동일한 환경에서 Sobel 필터를 이용해 실험을 했을 때 외부요인에 의해 차선을 검출하지 못한 경우가 발생하였다. 표 1은 실험에 대한 결과를 보여준다.

표 1. 차선인식 결과

	Sobel 필터+iVMD	steerable 필터+iVMD	steerable 필터
총 프레임 수	3242	3242	3242
인식된 프레임 수	2760	3110	570
인식에 실패한 프레임 수	482	132	2672
인식률	85.13%	95.93%	17.58%

Steerable 필터와 Sobel 필터의 성능을 비교한 결과는 그림 3과 같다. Steerable 필터를 사용한 경우 Sobel 필터를 사용한 것에 비해 그림자, 노면 얼룩, 노면 표시 등과 같이 차선과 다른 기울기 특성을 가지는 요인들에 대해 그 영향이 줄어들었음을 확인할 수 있다.



그림 3. 차선인식 결과 (a) 노면 표시가 있는 경우에서의 steerable 필터의 결과 (b) 노면 표시가 있는 경우에서의 Sobel 필터의 결과

iVMD 기법을 사용하여 ROI를 지정하지 않은 경우에는 가드레일, 방음벽, 도로 분리대의 효과로 인해 차선검출이 어려웠다. 동일한 환경에서 표 1에서 iVMD를 사용하지 않았을 때 인식률이 낮게 나온 이유는 이진화 영상에서 차선성분을 추출할 때 평균치를 사용하였기 때문이다. 외부요인에 의한 오차로 인해 차선 검출에 있어 인식에 실패한 프레임의 수가 증가하는 결과를 얻었다. 그러나 iVMD 기법을 사용한 경우 그림 4와 같이 다양한 환경에서 차선 검출이 가능했음을 알 수 있다.

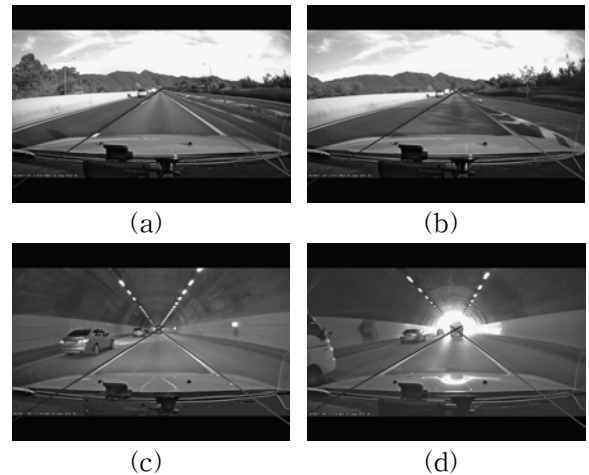


그림 4. 다양한 상황에서의 차선인식 결과 (a) 일반적인 환경 (b) 그림자가 심한 환경 (c) 터널 환경 (d) 터널의 출구 환경

그림 5는 차선 인식에 실패한 경우에 대해 보여준다. 차선을 변경하는 과정에서 차선을 인식하지 못하였고 차량이 차선에 완전히 들어올 때까지의 지연이 발생하였다. 또한 터널에 진입하는 경우에 대해서는 입구에 존재하는 강한 직선성분의 터널 그림자로 인해 그림 5와 같이 차선인식에 실패하였다.



그림 5. 차선인식에 실패한 경우

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 차량인식 성능을 평가하기 위해 steerable 필터와 iVMD 방법을 적용한 알고리즘을 제안 하였다. 실험을 통해 steerable 필터가 기존의 Sobel 필터에 비해 도로 상태나 조명에 더 강인함을 확인할 수 있었다. 또한 iVMD 방법과 결합하였을 때 도로가 아닌 영역의 영향을 줄여 보다 나은 성능을 나타내는 것을 확인하였다. 이를 통해 보다 단순한 방법으로 차선정보를 추출해 낼 수 있었다. 그러나 적용한 알고리즘은 차선 변경이나 밝기가 급격히 변하는 터널

진입등의 과정에서 차선을 인식하는데 실패하였다.

향후에는 수평선 검출 및 정확한 도로영역 ROI를 지정하여 steerable 필터와 간단한 형태학적 처리를 통하여 차선을 검출할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] “2013년판 교통사고통계,” 경찰청, 2013.
- [2] W. T. Freeman and E. H. Adelson “The Design and Use of Steerable Filters,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 13, no. 9, pp. 891-906, Sep. 1991.
- [3] H. G. Jung, Y. H. Lee, H. J. Kang and J. Kim “Sensor Fusion-Based Lane Detection For LKS+ACC System,” Int. J. Automotive Technology, vol. 10, no. 2, pp. 219-228, Apr. 2009.
- [4] 임동혁, 조상복, “악 조건 환경에서의 강건한 차선 인식 방법”, 전자공학회논문지, 제50권, 제5호, pp. 224-230, 2013년 3월.
- [5] [현대 엠엔소프트-소프트맨R700] 오후 고속도로 주행영상[후광], <http://www.youtube.com/watch?v=pkKiVw8OJto>, 2012년 9월.