

논문 2012-49SC-1-12

# 도로 환경 변화에 강인한 차선 검출 방법

( Robust Lane Detection Method in Varying Road Conditions )

김 병 수\*, 김 회 율\*

( Byeoung-su Kim and Whoi-Yul Kim )

## 요 약

자동차 기술의 발전으로 카메라를 이용하여 차선을 검출하는 운전자 보조 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 비가 오거나 차선이 노후화된 경우 차선 검출이 어려운 문제가 있다. 본 논문에서는 도로 환경 변화에 강인한 차선 검출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 밝기 값과 차선의 평균적인 폭 정보를 이용하여 후보 영역을 추출한다. 추출된 후보 영역을 기준으로 허프 변환을 이용하여 구간별 직선을 추출하고, B-Snake 방법을 사용하여 자연스러운 차선을 검출하게 된다. 노후화되거나 손실된 차선을 검출하기 위하여, 기존에 검출된 차선 정보를 이용하여 다음 프레임에서 차선이 위치할 경로를 계산하고, 계산된 경로를 기준으로 차선 영역에서 검출되는 후보 영역에 대한 가중치를 부여한다. 실험 결과 제안하는 방법은 노후화되거나 비가 내리 차선의 밝기가 낮은 경우에도 효과적으로 차선을 검출하였다.

## Abstract

Lane detection methods using camera, which are part of the driver assistance system, have been developed due to the growth of the vehicle technologies. However, lane detection methods are often failed by varying road conditions such as rainy weather and degraded lanes. This paper proposes a method for lane detection which is robust in varying road condition. Lane candidates are extracted by intensity comparison and lane detection filter. Hough transform is applied to compute the lane pair using lane candidates which is straight line in image. Then, a curved lane is calculated by using B-Snake algorithm. Also, weighting value is computed using previous lane detection result to detect the lanes even in varying road conditions such as degraded/missed lanes. Experimental results proved that the proposed method can detect the lane even in challenging road conditions because of weighting process.

**Keywords :** Lane detection, intelligent vehicle, machine vision

## I. 서 론

자동차 기술의 발전으로 운전자 보조 시스템(DAS: Driver Assistance System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적인 응용으로 차선 이탈 경보, 전방 충돌 경보, 사용자의 운전 패턴 분석을 통한 줄임운전 감지 등이 있으며, 이를 위한 주요 기술로 차선 검출 방법에 대한 연구가 활발하게 이뤄지고 있다.

도로에서 차선을 검출하기 위하여 다양한 영상 처리

알고리즘들이 개발되어 왔으며, 특징값을 이용하여 차선을 검출하는 방법의 경우 차선이 한정된 색상이나 형태를 가진다고 가정하고 색상<sup>[1]</sup>, 경계선<sup>[2-3]</sup>, 텍스처<sup>[4-5]</sup>를 이용하여 차선을 검출한다. 이러한 방법들의 경우 간단한 알고리즘을 사용하기 때문에 낮은 복잡도를 가지나, 그림자가 발생하거나 비로 인한 도로 환경 변화가 발생하는 경우 적용이 어려운 문제가 있다.

이러한 문제를 해결하고, 다양한 도로 환경에 대응하기 위하여 모델링 기반 방법들이 제안되어 왔다. 이 방법들은 도로에서 차선들이 직선 혹은 곡선 형태를 가진다고 가정하고 추출된 특징값을 허프변환(Hough transform)<sup>[6]</sup>, 차선 피팅(Lane fitting)<sup>[7-8]</sup>을 이용하여

\* 정회원, 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과  
(Dept. of Electronics Computer Engineering,  
Hanyang University)

접수일자: 2011년11월8일, 수정완료일: 2011년12월20일



그림 1. 도로 영상의 예 : (a) 일반적인 도로 영상  
(b) 차선 검출이 어려운 영상

Fig. 1. Example of road : (a) road image on normal condition (b) road image on challenging condition.

차선을 검출한다. 이 방법들의 경우 높은 정확도를 가지나, 그림 1과 같이 차선의 페인트가 흐리거나 손실이 많은 경우 검출을 못하는 경우가 발생한다.

본 논문에서는 차선의 페인트 손실 및 노후, 비로 인한 도로 환경변화에 강인한 차선 검출 알고리즘을 제안한다. 영상에서 차선이 가지는 폭 정보를 이용하여 후보 영역을 다수 추출하고, 추출된 후보 영역을 모델링 기법을 사용하여 차선을 판단한다. 색이 흐리거나 손실이 많은 경우에도 검출이 가능하게 하기 위하여, 검출된 차선 정보를 기준으로 차선 영역에서 검출되는 후보 영역에 대한 가중치를 부여하였다. 이를 통해 차선이 계속 검출되는 영역에 위치한 흐린 차선의 경우에도 검출 가능하게 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 차선 후보 영역 검출 알고리즘에 대하여 설명하고, III장에 차선 검출 방법에 대하여 설명한다. IV장에서는 가중치 계산을 통한 도로 변화 대응 방법을 설명하고, V장에서 제안하는 방법의 성능을 실험을 통해 확인한다. 마지막으로 VI장에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

## II. 차선 후보 영역 검출

차선의 경우, 노란색 혹은 흰색 페인트를 사용하며 이에 따라 차선 검출을 위한 후보 영역 검출을 위하여 노란색이 강조 되도록 영상을 생성<sup>[9]</sup>하며 이는 수식 (1)과 같다.

$$I = 0.5 * R + 0.4 * G + 0.1 * B \quad (1)$$

그림 2의 경우 원본 입력 영상과 수식 (1)을 이용하여 차선을 강조하며 회색 영상을 생성한 예이다. 위와 같이 가중치를 달리하여 회색 영상을 생성 할 경우, 도



그림 2. 차선 검출을 위한 회색 영상 변환 :  
(a) 입력영상 (b) 회색 영상 변환

Fig. 2. Grayscale conversion for lane detection :  
(a) input image (b) gray image.

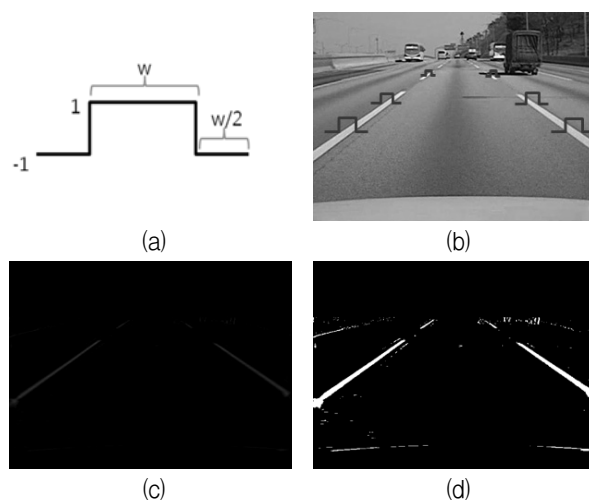


그림 3. 차선 후보 영역 검출 : (a) 차선 필터 (b) y축 위치에 따른 필터 적용의 예 (c) 차선 필터 적용 결과 (d) (c)의 이진화 영상.

Fig. 3. Lane candidates detection : (a) lane filter (b) example of lane filter usage by y-coordinate (c) lane filtering result (d) binary image of (c).

로 영역과 노란색 차선 영역에 대한 경계가 더욱 확실해진다<sup>[7]</sup>.

차선 검출을 위하여, 영상 내 차선의 경우 그림 3(b)와 같이 일정한 넓이를 가지며 차선 주변의 경우 어둡다는 특징을 이용하여 그림 3(a)와 같이 차선 필터<sup>[10]</sup>를 사용한다. 이때,  $w$ 는 영상에서 차선의 폭이 가지는 픽셀 수를 의미한다.

일반적으로, 차량에 장착된 카메라의 각도 및 화면의 해상도에 따라 기하학적인 영향으로 영상 위쪽으로 갈수록 그림 3(b)와 같이 차선의 폭이 줄어들게 된다. 이에 대응하기 위하여 y축 위치에 따라 필터의 폭을 적응적으로 대응해야 하며, 수식 (2)와 같은 선형적 수식을 사용하여 y축 위치에 따라 필터의 사이즈  $w$ 를 결정하였다.

$$w = y * 0.14 + 12.8 \tag{2}$$

이때, 파라미터의 경우 차량에 설치된 카메라에서 획득한 영상을 이용하여 실험적으로 결정하였다. 차선 후보 영역 검출을 위하여, 그림 3(c)와 같이 차선 필터 적용 결과를 임계값을 이용하여 이진화를 진행한 후 그림 3(d)와 같이 차선 후보 영역으로 사용한다. 이후, 모폴로지 연산을 이용하여 세선화를 진행하고 크기가 작은 영역을 제거하여 후보영역을 단순화한다.

### III. 차선 검출

본 논문에서는 차선 검출을 위하여, B-Snake을 이용한 방법<sup>[8]</sup>을 사용 하였다. 이 방법의 경우, 차선 후보 영역이 정확히 검출된 경우, 원근 효과 및 곡선 도로 검출이 용이한 장점을 가진다. 차선 검출을 위하여 입력 영상을 그림 4와 같이 나누며, 나눠진 영역 별로 허프 변환을 이용하여 직선을 검출한다.

영상에서 차선은, 평행한 두 직선이 소실점에서 만난다는 가정을 이용하여, 검출된 직선들이 공통적으로 만

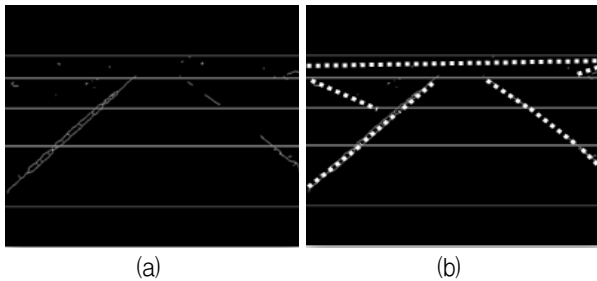


그림 4. 차선 검출의 예 : (a) 영역 분할 (b) 영역별 허프변환을 통한 직선 검출  
Fig. 4. Example and lane detection : (a) region division (b) land detection by hough transform on region.

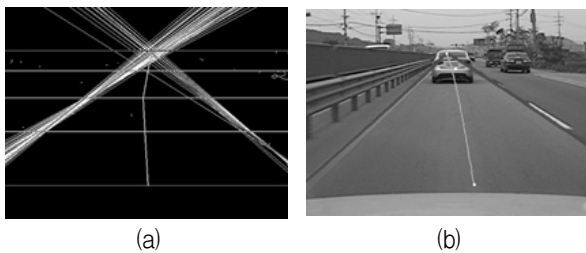


그림 5. 차선 검출 결과. (a) 초기 차선 검출 결과 (b) B-Snake 적용 결과.  
Fig. 5. Lane detection result. (a) initial lane detection result (b) result using B-Snake.

나는 소실점을 판단한다. 이후, 판단된 소실점을 기준으로 차선이 되는 직선들을 초기 차선으로 가정한다. 그림 5(a)와 같이 초기 검출된 직선 형태의 차선에 B-Snake 알고리즘을 적용한 결과는 그림 5(b)와 같다.

### IV. 가중치 계산을 통한 도로 변화 대응

실제 도로의 경우 페인트가 흐리거나 손실이 빈번하게 발생하며, 기존의 방법들의 경우 대응하지 못하는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 기존에 검출된 차선 정보를 기준으로 다음 프레임에서 차선 후보 영역 검출 시 가중치를 수식 (3)과 같이 계산한다.

$$p(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta^2}} \exp\left(\frac{-d^2}{2\delta^2}\right) \tag{3}$$

수식 (3)에서 영상에서 x,y 위치에서 가중치 p(x,y)의 경우, 가장 가까운 차선과의 거리 d를 이용하여 계산하게 되며 그림 6과 같다. 이때 분산의 경우 수식 (2)에서 계산된 필터 사이즈 w를 사용하였다.

그림 6(a)와 같이 차선이 검출된 결과를 이용하여 계산된 가중치는 그림 6(b)와 같이 차선 근처에서는 높은 가중치를 먼 곳에서는 낮은 값을 가지게 된다. 또한 영상 위쪽에서 아래로 내려갈수록 영상 내 차선 폭이 커지면서 가중치가 넓게 분포하게 된다. 계산된 가중치를 이용하여, 그림 3(c)와 같이 차선 필터 적용 결과에 곱하여 최종 후보 영역을 검출한다.

이를 통해 기존에 차선이 검출 되었다면, 흐린 차선의 경우에도 높은 가중치를 부여하여 검출이 가능하도록 하였다. 그림 7은 가중치를 부여한 경우와 그렇지



그림 6. 차선 검출을 위한 가중치 계산의 예 : (a) 차선 검출 영상 (b) 가중치 계산 결과  
Fig. 6. Example of weight computation for lane detection : (a) lane detection image (b) weight image.

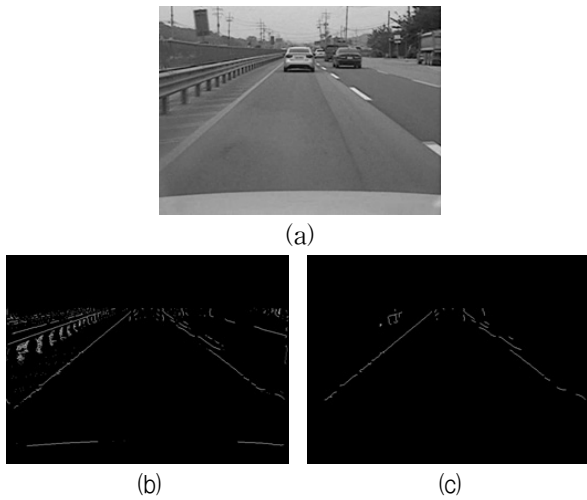


그림 7. 차선 후보 영역 검출 : (a) 입력 영상 (b), (c) 가중치 계산 미사용/사용 차선 후보 검출.  
 Fig. 7. Lane candidates detection results : (a) input image (b), (c) result without/with weighting.

않은 경우에 대한 차선 후보 영역 추출 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이, 가중치를 부여한 경우 가드레일이나 다른 노이즈에 대한 영향을 줄일 수 있다.

### V. 실험

제안한 알고리즘의 정확도 측정을 위하여 본 논문에서는 차량 전방에 설치된 카메라를 이용하여 실제 도로 주행 영상을 획득하였다. 또한 제안된 알고리즘이 다양한 환경에 대응함을 확인하기 위하여, 실험 영상을 그림 8과 같이 일반 도로, 비오는 도로, 곡선도로, 차선이 흐린

표 1. 정확도 측정 결과.

Table 1. Results on the performance.

도로 상황	[7]	[8]	제안하는 방법
일반 도로	78.2%	97.2%	<b>99.8%</b>
비오는 도로	36.6%	46.7%	<b>73.9%</b>
곡선 도로	66.5%	80%	<b>98.1%</b>
차선이 흐린 도로	21%	63.4%	<b>96.8%</b>

흐린 도로 4가지 영상으로 구분하였다.

제안하는 방법의 정확도 비교를 위하여 기존의 모델링 기반 방법 가운데, RANSAC을 이용한 방법<sup>[7]</sup>, B-Snake를 이용한 방법<sup>[8]</sup>이 이용되었다. 정확도의 경우 전체 실험 영상 중에 검출된 차선 결과가 실제 차선 위에 위치한 경우를 기준으로 계산하였다. 실험 영상을 이용하여 정확도를 측정한 결과는 표 1에 나타난 것과 같다. 표 1에 나타난 바와 같이 제안한 방법은 대부분의 실험에서 기존 방법과 유사하거나 더 높은 정확도를 보임을 확인할 수 있다.

그림 9는 실험 영상에서 제안하는 방법과 기존 방법들의 결과 영상이다. 일반적인 상황에서는 모든 방법들이 대체적으로 높은 검출률을 보였으나 비오는 도로, 차선이 흐린 도로와 같이 차선 검출이 쉽지 않은 영상의 경우 기존 방법들과 비교하여 매우 높은 정확도를 보임으로써 제안한 방법이 기존의 방법들에 비해 환경 변화에 잘 대응할 수 있음을 확인할 수 있었다.

하지만 그림 10과 같이 한쪽 차선이 영상에서 획득이

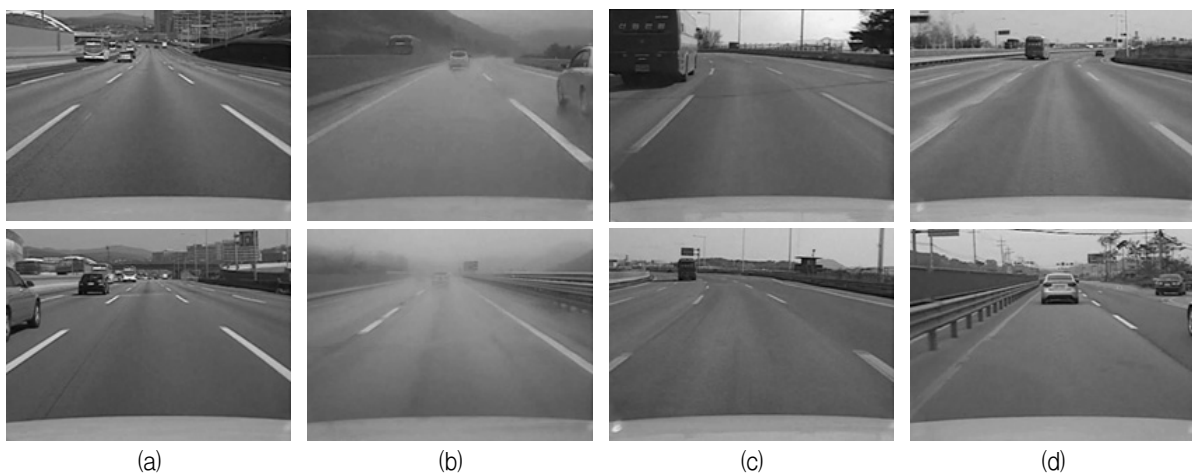


그림 8. 실험 영상의 예 : (a) 일반 도로 (b) 비오는 도로 (c) 곡선 도로 (d) 차선이 흐린 도로.  
 Fig. 8. Test images : (a) normal road (b) road on rainy day (c) curved road (d) degraded lane.

도로 상황	[7]	[8]	제안하는 방법
일반 도로			
비오는 도로			
곡선 도로			
차선이 흐린 도로			

그림 9. 실험 결과 영상.

Fig. 9. Lane detection results.



그림 10. 차선 검출이 안 된 영상의 예.

Fig. 10. Examples of lane detection failed case.

어렵거나 횡단보도 혹은 주변 차량의 영향으로 차선 검출이 잘못 되는 문제가 발생하였다. 또한 제안하는 방법은 Intel i5 컴퓨터에서 640x480 크기의 영상을 기준으로 평균 12 frames/sec로 동작하였다.

### VI. 결 론

본 논문에서는 다양한 도로 환경 변화에 강인한 차선 검출 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 기존 검출된

차선 정보를 이용하여 차선이 손실되거나 흐린 경우에도 효과적으로 차선을 검출하였다. 또한, 가드레일과 같이 차선이 아닌 영역이 검출 과정에서 제거되기 때문에 추후 차선 검출 알고리즘 적용 시에 계산 시간을 줄일 수 있다.

실험 결과 제안하는 방법은 다양한 도로 환경에서 평균 92%의 정확도를 나타내었으며, 이러한 결과를 통해 다양한 도로 환경에서 효과적으로 차선을 검출하는 것을 확인하였다. 하지만, 차선이 한쪽 차선이 없거나 횡

단보도와 같이 차선과 유사한 특성을 가지는 선이 다수 존재하는 영상의 경우 정확도가 하락하는 문제가 있다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 향후 추적 정보를 함께 이용하여 정확도를 향상 시키는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

### 참고 문헌

- [1] H-. Y. Cheng, C-. C. Tseng, K-. C. Fan, J-. N. Hwang, and B-. S. Jeng, "Hierarchical lane detection for different type of roads," IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, pp. 1349-1352, 2008.
- [2] K. Kluge, S. Lakshmanan, "A deformable template approach to lane detection," IEEE Intelligent Vehicle, pp. 54-59, 1995.
- [3] K. H. Lim, L-. M. Ang, K. P. Seng, and S. W. Chin, "Lane-vehicle detection and tracking," Proc. International Multiconference of Engineers and Computer Scientists, vol. 2, 2009.
- [4] C. Rasmussen, "Grouping dominant orientations for ill-structured road following," Proc. IEEE Comput. Soc. Conf., Comput. Vis. and Pattern Recognition., vol. 1, pp. 394-398, 2004.
- [5] C. Lipski, B. Scholz, K. Berger, C. Linz, T. Stich, and M. Magnor, "A Fast and Robust Approach to Lane Marking Detection and Lane Tracking," Proc. IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation, pp. 57-60, 2008.
- [6] D. J. Kang, J. W. Choi, and I. S. Kweon, "Finding and tracking road lanes using line-snakes," Conference on Intelligent Vehicle, pp. 189-194, 1996.
- [7] 허규성, 백열민, 윤재호, 김희율, "원거리 전방 영상을 이용한 실시간 차선 검출 방법", 제22회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵(IPIU), 2010.
- [8] Y. Wang, E. K. Teoh, and D. Shen, "Lane detection and tracking using B-snake," Image Vision Computing, vol. 22, no. 4, pp. 269-280, 2004.
- [9] Z. Kim, "Robust Lane Detection and Tracking in Challenging Scenarios," IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, vol. 9, no. 1, pp. 16-26, 2008.
- [10] R. Jiang, M. Terauchi, R. Klette, S. Wang, and T. Vaudrey, "Low-level image processing for lane detection and tracking," MITech-TR-42.

### 저자 소개



김 병 수(정회원)  
2006년 한양대학교 전자전기  
컴퓨터공학부 학사 졸업.  
2006년~현재 한양대학교 전자  
컴퓨터통신공학과 석박사  
통합 과정.  
<주관심분야 : 영상처리, 영상  
인식>



김 회 울(정회원)  
1980년 한양대학교 전자공학과  
학사 졸업  
1983년 Pennsylvania State  
University 전기공학과  
석사 졸업.  
1989년 Purdue University  
전기공학과 박사 졸업.  
1989년~1994년 University of Texas 조교수.  
1994년~현재 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부  
정교수.  
<주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식,  
머신비전, MPEG-7>