# 조명변화에 강인한 차선 검출 알고리즘에 관한 연구

오창범, 김봉조, 손광훈
연세대학교 전기전자공학과
khsohn@yonsei.ac.kr

# Illumination Robust Invariant Lane Detection Algorithm

Oh Changbeom, Sohn Jongin, Kim Bongjoe, Sohn Kwanghoon
Yonsei University

## 요 약

본 논문에서는 비전 시스템을 기반으로 한 조명변화에 강인한 실시간 차선 검출 알고리즘을 제안한다. 카메라의 기하학적 특성을 이용하여 ROI 를 설정하고, ROI 내에서 검색범위를 설정하여 한 방향에 대한 차선을 검출하고 도로의 지형적 특성을 고려하여 반대편 차선을 추정한다. 히스토그램에서 상위 5%의 밝기 값을 가지는 픽셀에 대해서 이진화를 진행함으로써 일반적인 조명변화에 대해서 강인한 모습을 보이며, ROI 및 검색 범위를 설정함으로써 기존 알고리즘에 비해 빠른 검출이 가능해진 알고리즘이다.

## 1. 서론

최근 영상처리 기술이 발전함에 따라 지능형 차량 시스템 발전에 대해 관심이 증가하였고, 이에 따라 인접차량과의 안전거리 확보, 충돌 회피 및 차량속도 제어와 같은 운전자 보조시스템(DAS: Driver Assistance System) 기술들이 지속적으로 개발 되어 왔다. 운전자 보조시스템의 일환으로 차선 이탈경보(LDW: Lane Departure Warning), 차선 유지 보조(LKAS: Lane keeping Assist System)등의 기술들에 대한 연구가 활발히 진행 되어 왔으며 차선 검출 기술은 지능형 자동차 시스템 개발을 위한 핵심기술로 다루어 지고 있다. 기존에 사용되는 차선검출 알고리즘으로 Texture 를 이용하는 방법[1,2,3], Edge 를 이용하는 방법[4,5,6], color 를 이용하는 방법들[6,9]이 있다. 기존의 방법들은 조명변화에 취약하여 다양한 실외 조명환경에서 차선검출이 어렵고, 많은 연산량 때문에 수행속도가 느리다. 본 논문에서는 조명변화 문제를 해결하기 위해 조명변화에 관계없이 차선을 검출하고 ROI 내에서 히스토그램 정보를 이용하여 부가적인 검색 영역을 지정함으로써 수행속도가 빠른 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 기존의 차선검출 알고리즘 검출 방법에 대해 2 장에서 소개하고, 3 장에서 조명변화에 강인한 차선검출 알고리즘을 제안한다. 4 장에서는 실험 및 결과를 분석하였다.

## 2. 기존 알고리즘

차선 검출을 위한 기존의 방법들로써 텍스처를 이용한 방법[1,2,3]은 차선 탬플릿 정합을 수행함으로써 복잡한 주변 환경에 의한 영향을 줄인다는 장점이 있지만, 다양한 탬플릿을 수행할 경우 수행속도가 오래 걸리며, 여러 가지 탬플릿을 정의하기가 쉽지 않은 단점이 존재한다. Edge 를 이용하는 방법[4,5]에서는 Hough Transform[7]을 이용하며 물체의 위치에 대한 사전 지식이 없어도 수행이 가능한 장점이 있지만, 임계 값에 따라서 모든 경우에 해당하는 연산을 하기 때문에 수행속도가 매우 느리다는 단점이 존재한다. 반면에 Moor-Neighbor Edge Trace[8]에서 제안된 방식은 차선의 예비후보 영역을 검출하고 이들의 연결성을 판단하여 최종적으로 차선을 검출하기 때문에 수행속도가 적게 걸린다는 장점이 있지만 차선이 중간에 끊기거나 장애물에 의해 가려질 경우에 연결성을 판단하기 어렵고 오검출을 할 우려가 있다. RANSAC fitting 을 이용하는 방법[10]에서는 확실한 inlier 의 기준을 가지고 있을 경우 직선 및 곡선의 형태를 지니는 차선에 대해서도 검출이 가능한 장점이 있지만 이 또한 모든 경우에 대해 계산하게 되므로 수행속도가 오래 걸리는 단점이 있다. 마지막으로 color 를 이용하는 방법[6,9]에서는 제한된 차선의 컬러 정보를 이용하여 색상에 대한 분류를 하고 이것을 기반으로 차선을 검출 할 수 있지만, 색상 정보는 조명의 변화에 민감함으로 검출에 신뢰성이 떨어지는 단점이 있다.

## 3. 제안하는 알고리즘

제안하는 알고리즘은 도로의 지형적인 특징을 알고 카메라의 calibration 및 특성화를 통해 카메라에 관련된 파라미터 정보 및 기하학적 특성을 모두 알고 수행하였다.

그림 1(b)과 같이 입력영상을 위로는 하늘과 차선영역이 나오지 않는 (실제거리 20m)영역아래, 밑으로는 본네트 바로 앞까지를 ROI 로 설정하였다

ROI 내에서의 영상을 흑백영상으로 변환 후, 축적 히스토그램의 픽셀 개수를 계산하는 함수 $C(p,k)$

$$C(k) = \sum_{k=0}^{k} Hist(k) \qquad (1)$$

$$where\ 0 \le \mathrm{k} \le 255$$

를 정의한다. 이때 k 는 픽셀의 밝기 값을 나타내며, $Hist(k)$ 는 픽셀 값 k 에 해당하는 개수를 나타낸다.

$$\mathrm{I}(i,j) = \begin{cases} 1, & if \quad \dfrac{C(k)}{N} > T \\ 0, & else \end{cases} \qquad (2)$$

이때 N 은 영상의 전체 픽셀 개수를 나타내고, 임계값 T 는 상위 밝기의 분포도를 나타내며 실험에서는 0.95 를 사용하였다. 식 (2)를 통해 밝기가 상대적으로 높은 흰색 차선의 차선정보를 추출하고, 영상을 이진화 한다.

이진화 되어있는 히스토그램 영상에서 가로축을 기준으로 그림 3 과 같이 6 단계로 나누고 각 단계에서 10x10 블락 단위로 차선을 나타내는 픽셀의 위치를 찾아내고, 처음 찾아낸 초기 위치의 좌표를 기준으로 각 단계별로 연산을 수행 한다. 첫 단계에서 차선을 찾지 못 할 경우는 다음 단계에서 찾은 값을 초기 위치로 사용한다.

(a) (b)

그림 1. ROI 설정

(a) (b)

그림 2. 히스토그램을 이용한 이진화

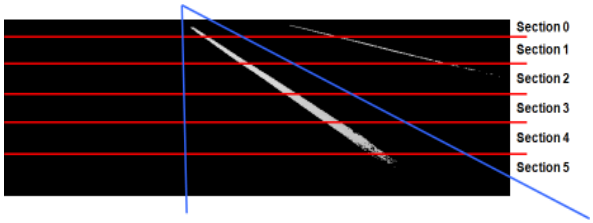


그림 3. 검색 범위 영역

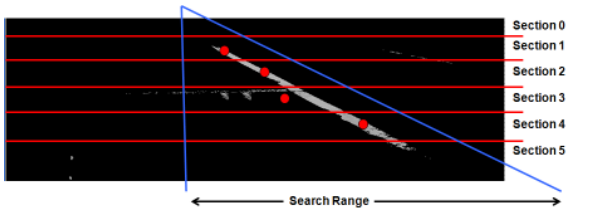


그림 4. 영역 내에서 차선 검출

설정된 검색 영역 내에서 값이 있는 좌표에 평균값을 각 단계별로 구하고, 구해진 좌표들끼리의 기울기를 구한다. 만약 기울기로부터 크게 벗어 나는 좌표에 대해서는 아웃라이어로 분류하고 남겨진 좌표들을 연결하여 그림 4 처럼 주 차선을 표시한다.

## 4. 실험 및 결과

차선 검출 실험은 날씨 및 주변환경을 고려하여 다양한 환경에서 수행하였고 입력영상으로는 640x480 칼라 영상이 사용되었다. 알고리즘의 성능은 검출율 및 수행속도로 평가하였고 비교 알고리즘으로는 [7]에서 제안한 방식을 사용하였다.

표 1. 차선 검출율

| | | 맑음/터널 | 우천 | 야간 |
|---|---|---|---|---|
| 비교 알고리즘 [7] | 검출 | 90.07% | 93.02% | 95.21% |
| | 오검출 | 9.93% | 6.98% | 4.79% |
| | 미검출 | 0% | 0% | 0% |
| 제안 방법 | 검출 | 93.18% | 84.27% | 98% |
| | 오검출 | 2.64 % | 3.63% | 0.7% |
| | 미검출 | 4.18% | 12.1% | 1.3% |

표 2. 수행 속도

| | 비교 알고리즘 | 제안 방법 | 속도 증가 |
|---|---|---|---|
| 수행속도 (프레임/초) | 15 | 26 | 약 1.7 배 |

(a) 검출 (b) 오검출 (c) 미검출

그림 5. 실험 결과 영상

표 1 은 기존방법과 제안한 방법의 차선검출 결과이다. 다양한 환경에서 비교하였을 때 제안한 방법의 검출율이 좀더 높은 것을 볼 수 있고, 표 2 에서 보이는 것처럼 제안한 방법에서 보다 실시간에 가까운 성능을 보여준다

## 5. 결론

본 눈문에서는 조명변화에 강인한 차선 검출 알고리즘을 제안하였다. 다양한 조명조건에서 실험해본 결과 제안한 방법이 기존방법에 비해 평균 3% 높은 검출율을 보였고 수행속도 또한 1.7 배 이상 향상 되었다.

그러나 제안 방법은 곡선도로에 대한 고려를 하지 않았고 미검출 영상이 발생하는 문제가 있다. 향후 이러한 점을 보완하는 연구를 진행할 계획이다.

## 6. 참고문헌

[1] C. Rasmussen, “Grouping dominant orientations for ill-structured road following,” in Proc. IEEE Comput. Soc. Conf., Comput. Vis. And Pattern Recognition., vol. 1, pp. 394-398, July, 2004.

[2] Z. Kim, “Robust Lane Detection and Tracking in Challenging Scenarios,” IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, vol. 9, no. 1, pp. 16-26, 2008.

[3] C. Lipski, B. Scholz, K. Berger, C. Linz, T. Stich, M. Magnor, “A Fast and Robust Approach to Lane Marking Detection and Lane Tracking,” Proc. IEEE Southwest Symposium on Image

[4] 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, April, 2004.

[5] K. H. Lim, L-. M. Ang, K. P. Seng, S. W. Chin, “Lane-vehicle detection and tracking,” Proc. International Multiconference of Engineers and computer Scientists, vol. 2, Mar. 2009.

[6] H-. Y. Cheng, C-. C. Tseng, K-. C. Fan, J-. N. Hwang, B-. S. Jeng, “Hierarchical lane detection for different types of roads,” IEEE Trans. On Acoustics, Speech and Signal Processing, pp. 1349-1352, May, 2008.

[7] Wook-Sun Shin, Doo-Heon Song, and Chang-Hun Lee. "Vehicle Classification by Road Lane Detection and Model Fitting Using a Surveillance Camera" International Journal of Information Processing Systems, Vol.2, No.1, March 2006

[8] 김병현, 한영준, 한헌수. "무어-네이버 에지추적 알고리즘을 이용한 차선검출기법" 2008년도 대한전자공학회 하계종합학술대회 제31권 제1호

[9] Bing-Fei Wu, Jhy-Hong Juang."ANew Vehicle Detection Approach in Traffic Jam Conditions" Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Image and Signal Processing

[10] A. Lopez, C. Caero, "Detection of Lane Markings based on Ridgeness and RANSAC" in IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems Vienna, Austria, September 13-16, 2005