

차선검출 위한 환경 적응적인 캐니 에지 추출 방법

유훈재 양옥일 손광훈

연세대학교 전기전자공학과

khsohn@yonsei.ac.kr

Environment Adaptive Canny Edge Detector for Lane Detection

Yoo, Hunjae Kang, Minsung Sohn, Kwanghoon

School of Electrical Electronic Engineering, Yonsei University

요약

최근 IT 기술이 융합된 지능형 자동차 기술에 대한 관심이 높아짐에 따라 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 차선 검출은 지능형 자동차의 주요 과제인 첨단 안전자동차 기술의 핵심적인 부분으로 국내외에서 다양한 방법들에 대한 연구가 진행되었다. 차량의 안전을 향상시키기 위해서는 충분한 제동거리 확보가 가능한 거리까지 정확하고 빠른 차선 검출이 이루어져야 한다. 기존의 경계선 검출기법들은 조명 변화에 따라 그 성능의 변화가 크게 발생하였다. 이는 차선과 도로의 사이의 값의 차이가 조명 조건에 따라 변하기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 영상 분석을 통하여 경계선을 판단하는 값을 조절함으로써 환경에 적응적인 경계선 추출 방법을 제안한다. 차량 주행 영상에서 제안한 방법과 기존의 경계선 검출 기법을 적용하여 성능을 비교한다.

1. 서론

IT 기술이 융합된 지능형 자동차에 대한 관심이 높아지면서 이에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히, 사고위험을 줄여주는 차선 이탈경보, 차선유지, 전방/측면차량 충돌경보, 보행자 충돌경보등과 같은 첨단안전자동차(ASV : Advanced Safety Vehicle)기술은 지능형 자동차 기술의 기초가 되는 기술로서 많은 연구와 기술개발이 이루어지고 있다.

차선 검출은 ASV 기술의 핵심 기술로 영상센서를 이용한 비전 기반 방법이 가장 널리 활용되고 있다. 비전 기반 차선 검출 기법은 크게 feature 추출, outlier 제거 및 후처리, 차선 추적의 세 단계로 이루어진다. 각 단계에서 사용하는 알고리즘에 따라 차선 검출 알고리즘의 성능 및 특성이 결정 된다.

차선 검출 기술에서 사용하는 feature는 크게 경계선과 칼라로 나눌 수 있다. 기존의 feature 들은 조명 변화에 따라서 feature의 검출 여부가 크게 좌우 되는 문제가 있었다. 따라서 이에 대한 해결방안으로 고해상도 데이터 획득이 가능한 센서를 사용하거나 탐지거리가 먼 이종의 센서를 결합하는 방법 등이 있으나, 이 또한 비용 증가와 실시간 처리의 어려움과 같은 문제가 있다.

본 논문에서는 환경에 취약한 기존 feature 검출 방법의 문제를 해결하기 위해 환경에 적응적으로 경계선을 검출하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 기존의 영상 기반 차선 검출 방법의 문제점에 대하여 2장에서 언급하고, 3장에서 환경 적응적인 변수 설정을 위한 gradient 강화 기법을 정의한다. 4장에서는 새로운 캐니 에지 검출 기법을 제안한다. 5장에서 실험 결과 및 분석을 하였다.

2. 기존 영상 기반 차선 검출

차선 검출 기술에서 사용하는 feature는 크게 경계선과 칼라로 나눌 수 있다. 칼라 기반 방법들은 조명 변화에 매우 취약한 성능을 보이기 때문에 초기 연구에 머무르고 있다. 이러한 이유로 경계선 검출 기반 방법들이 널리 연구되고 있다.

Wang은 CHEVP(Canny Hough Estimation Vanishing Point) 와 B-snake를 이용한 방법을 제안하였다[1]. Kim은 ANNs(Artificial Neural Networks)과 SVM 결합한 feature 추출 방법과 RANSAC, Partical filtering을 통한 후처리 과정을 제안하였다[2]. Danescu는 스테레오 영상을 이용한 차선 검출 방법을 제안하였다. 이 방법은 도로 모델에 대한 제한이 없고, 2D에 비해 많은 정보를 획득할 수 있지만, 3D 정보를 얻기 위한 깊이 추정과정과 metric calibration이 높은 복잡도를 갖는 문제가 있다[3].

위와 같은 경계선 검출 기반 차선 검출 방법은 그림 1과 같은 과정으로 이루어진다. 이들 방법들은 획득한 칼라 영상을 흑백 영상으로 변환하여 경계선 검출을 수행한다. 이는 칼라 영상에 적용되는 경계선 검출 기법들은 알고리즘의 복잡도 증가에 비해 성능 향상 효과가 적기 때문이다. 이러한 방법들은 outlier 제거 및 후처리 과정에서 부적절한 경계선들을 제거하고 검출되지 않는 영역에 대한 보상을 수행하는데 중점을 둔다. 그러나 경계선 검출이 잘 일어나지 않는 경우에는 전체 시스템의 성능 저하가 크게 나타날 수밖에 없다.



그림 1. 경계선 기반 차선 검출 방법

3. Gradient 강화 변환

경계선 기반 차선 검출에서 중요한 정보는 차선과 도로의 픽셀 차이, 즉 Gradient 이다. 1초동안의 조명변화가 발생하지 않는다고 가정하면 초당 30fps로 촬영되는 영상에서 현재 영상 기준으로 이전 30fps를 분석하여 이로부터 차선과 도로의 색을 파악하고 이들의 gradient를 최대로 하기 위한 변환식을 다음과 같이 정의한다.

$$g_{lane}(W_{Y_{max}}) = \max(g_{lane}(W)) \quad (1)$$

W 는 영상 변환 벡터이고, g_{lane} 은 차선과 도로사이의 gradient, 그리고 $W_{Y_{max}}$ 는 g_{lane} 을 최대화하는 변환 벡터이다.

LDA를 이용하여 (1)의 최적화 값을 얻음으로써 gradient 강화 변환 벡터를 얻을 수 있다.

4. 제안 방법

Gradient 강화 변환을 통해 변환된 영상은 기존의 흑백 영상에 비하여 차선과 도로 사이의 차이가 확연하게 나타난다. 그러나 환경에 따라 차선과 도로 사이의 값이 비슷하게 나타나는 경우는 여전히 고정된 변수를 사용하는 경계선 검출 기법에서 차선이 나타나지 않는다. 따라서 gradient 강화 변환을 통해 얻은 영상 분석 정보를 이용하여 환경에 적응적인 경계선 검출 변수를 결정한다.

캐니 에지 검출 기법은 경계선 여부를 결정하기 위해 2개의 변수를 사용한다. 1차 적은 높은 임계값(T_l)을 이용하여 확실한 경계선 영역을 추출하고 두 번째로 낮은 임계값(T_s)과 주변 에지 정보를 활용하여 경계선 여부가 불확실한 영역의 여부를 판단한다.

그동안의 방법들에서 이러한 변수들은 시뮬레이션을 통하여 실험적으로 결정되었다. 따라서 영상의 조건에 따라 최적화된 변수값이 다르지만 모든 상황을 통제하기 위해 최적화 되지 않은 변수들이 적용되었다. 이러한 점은 차선이 검출 되지 않거나 불필요한 경계선들이 남는 문제점을 안고 있다.

30장의 영상으로 분석된 차선과 도로의 색들은 정규 분포를 이룬다고 가정할 수 있다. 이 가정으로부터 차선과 도로의 gradient 변환 영상의 값들은 다음과 같은 분포를 갖는다.

$$p_c(W^{lc}x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_c^2}} \exp\left(-\frac{(W^{lc}x - m_c)^2}{2\sigma_c^2}\right) \quad (2)$$

$c \in \{road, lane^{lc}\}, lc \in \{white, yellow\}$

m_c 는 각 클래스의 평균이고, σ_c 는 각 클래스의 분산이다. W^{lc} 는

gradient 강화 변환 벡터 이다. 이러한 분포로부터 캐니 에지 검출을 위한 변수는 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$T_l^{lc} = |W^{lc}m_{lane^{lc}} - W^{lc}m_{road}| \quad (3)$$

$$T_s^{lc} = \max(|W^{lc}m_{lane^{lc}} - d_{lc}|, |W^{lc}m_{road} - d_{lc}|) \quad (4)$$

T_l^{lc} 는 차선색 lc 와 도로 사이의 높은 임계값이고, T_s^{lc} 는 차선색 lc 와 도로 사이의 낮은 임계값이다. d_{lc} 는 차선과 도로 사이의 확률 분포가 같은 지점이다. 각 임계값들의 의미는 그림 2와 같다

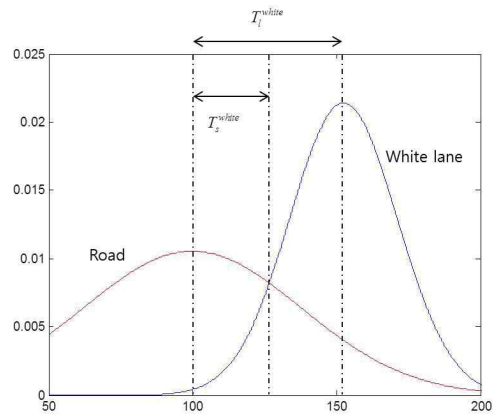


그림 2. 흰색 차선과 도로의 분포도와 캐니 에지 검출을 위한 임계치

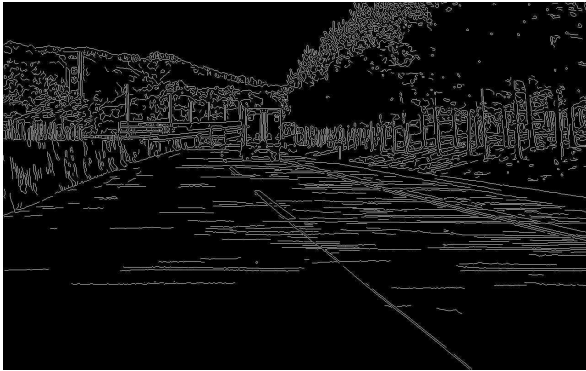
5. 실험 결과



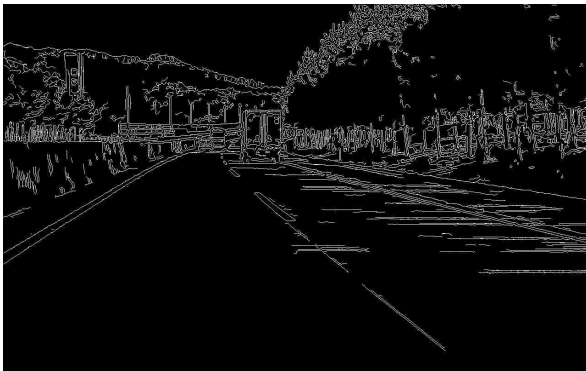
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3. (a)원본 영상, (b) 낮은 임계치를 이용한 경계선 검출 결과 (c) 높은 임계치를 이용한 경계선 검출 결과, (d) 제안한 경계선 검출 결과

차선 검출 실험은 주간 주행 영상에 대하여 수행하였다. 실험에서 사용한 입력 영상은 1280×800 칼라 영상이었다. 주변 장애물에 의한 차로 가려짐이 없는 영상을 대상으로 하였다.

그림 3은 기존 방식과 제안한 방식의 경계선 추출 결과이다. 결과를 비교하였을 때 제안한 방식이 차선 영역의 경계선 검출이 잘 이루어진 것을 확인할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 차선 검출을 위한 환경 적응적인 캐니 에지 검출 방법에 대하여 제안하였다. 주행 환경은 조명 변화가 심하기 때문에 최적화된 변수를 설정하는 것이 영상기반 지능형 자동차 시스템의 가장 큰 난제이다. 본 과제는 영상에서 도로와 차선의 값 분석을 통한 최적화 변수를 추정함으로써 전체 차선 검출 시스템의 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 제시하였다. 향후 연구로 제안한 방법을 차선 검출 시스템에 사용하여 전체적인 성능 향상 실험하고 분석을 수행할 것이다.

Reference

- [1] Y. Wang, E. Teoh, and D. Shen. "Lane detection and tracking using b-snake". *Image Vision and Computing*, 22(4):269 - 280, April 2004
- [2] ZuWhan Kim, "Robust Lane Detection and Tracking in

Challenging Scenarios" *IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems*, Mar. 2008

[3] R. Danescu, "Probabilistic Lane Tracking in Difficult Road Scenarios Using Stereovision" *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Jun, 2009