

바타차야 거리를 이용한 차선 검출 알고리즘

한재호*, 이철희*

*연세대학교 전기전자공학과

e-mail : jayhooo@yonsei.ac.kr, chulhee@yonsei.ac.kr

Lane Detection Algorithm with Bhattacharyya Distance

Jae-Ho Han*, Chul-Hee Lee*

*Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

요 약

본 논문에서는 도로주행 영상 내에서 차선을 검출하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 차량 내부 카메라로 촬영된 영상에 대하여 바타차야 거리를 이용해 차선 후보 영역을 검출한다. 검출된 영역에 대해 도로와 차선의 레퍼런스 RGB 값과의 바타차야 거리를 이용해 분류한 뒤, 차선이 갖는 특징을 모델링하여, 분류된 영역에서 차선으로 추정되는 영역만을 남긴다. 차선 영역 세그먼트의 흰 차선과 노란 차선의 클래스와의 유사도를 계산하여 검출된 차선정보를 제공한다.

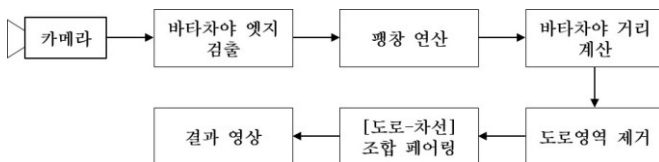
1. 서론

최근 인공지능 기술의 발전과 더불어 자율주행 기술 관련 시장이 대두되고 있다. 이와 함께 자율주행 기술에 반드시 필요한 첨단 운전자 보조 시스템 관련 여러 기술들이 연구가 되고있다. 예를 들어 도로의 형태와 카메라 위치정보만을 이용해 영상을 보정하는 방법[1]부터 주행영상에서 엣지를 검출한 뒤 허프트랜스폼을 통해 소실점을 검출한 뒤 도로 영역을 검출[2] 하거나 컬러 영역 변환을 통해 그림자와 조명에 무관하게 도로를 검출[3]하는 등의 다양한 연구가 많이 이루어졌다.

본 논문에서는 차량내부에 카메라를 이용해 다양한 환경의 주행영상으로부터 바타차야 거리를 계산해 차선을 검출하는 알고리즘을 제안한다.

2. 바타차야 거리를 이용한 차선 검출

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 바타차야 엣지[4]를 검출한 뒤 해당 엣지를 도로, 차선 영역으로 분류한 뒤 도로위의 차선이 갖는 특징을 이용해 차선을 검출할 것이다.



(그림 1) 알고리즘 구조

2.1. 위치정보를 통한 계산영역 감축

차량내부 카메라와 도로의 위치 관계상 일반적인 차량주행 영상에서 도로는 영상의 하단부에 위치하게 된다. 따라서 영상 전체에서 차선을 검출하는 것보다 필요한 영역만을 선택적으로 이용해 검출하는 것이

검출 속도와 신뢰성에 있어 보다 효율적이라 할 수 있어 일정 높이 이상은 계산하지 않도록 하였다.

2.2. 바타차야 엣지 추출

도로의 노면은 아스팔트로 인해 어두운 색을 띠고 차선은 눈에 잘 띄는 노란색과 흰색으로 이루어 진다. 이런 특성을 이용해 컬러 영역에서 바타차야 엣지를 추출함으로써 차선을 효율적으로 검출 할 수 있다.

$$B.E(x, y) = MAX[B.D_{UD}(x, y), B.D_{LR}(x, y),$$

$$B.D_{DL}(x, y), B.D_{DR}(x, y)]$$

$$B.D(x, y) = \frac{1}{8}(\mu_1 - \mu_2)^T \Sigma(\mu_1 - \mu_2) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{\det \Sigma}{\det \Sigma_1 + \det \Sigma_2} \right)$$

위 식에서 μ_i 와 Σ_i 는 각각 i 번째 블록의 평균과 공

분산행렬을 의미하며, $\Sigma = \frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2}$ 이다.

2.3. 레퍼런스 RGB 값과의 바타차야 거리 계산

추출된 엣지는 도로와 차선의 경계에 위치해 해당 영역이 도로인지 차선인지 구분하기엔 어려움이 있다. 따라서 팽창 연산을 수행함으로써 엣지 주변의 픽셀들을 포함한다. 레퍼런스 RGB 값을 이용해 각 클래스의 레퍼런스 값 간의 바타차야 거리를 계산하여 클래스를 분류한다.

$$C(x, y) = MIN[B.D_{wht}(x, y), B.D_{ylw}(x, y), B.D_{blk}(x, y)]$$

$$if B.D_a = MIN[B.D_a, B.D_b, B.D_c]$$

$$then, C(x, y) = a$$

$$B.D_a(x, y) : Bhattacharyya distance between a class and pixel$$

2.4. 차선의 특징 모델링을 통한 검출

일반적인 도로 영상에서 검출되는 차선의 픽셀은 도로와 인접한 특징을 갖는다. 따라서 영상내의 도로 영역들에 대하여 주변 5x5 인접 픽셀들을 탐색하여 도로 클래스로 분류된 픽셀이 존재하지 않을 경우 도로-차선 후보군에서 제외할 수 있다.

$$C_{\mathbf{B}}(x_i, y_i) = \begin{cases} C_{\mathbf{B}}(x_i, y_i) & cnt_{non.\mathbf{B}} > 0 \\ 0 & cnt_{non.\mathbf{B}} = 0 \end{cases}$$

where $C_{\mathbf{B}}(x_i, y_i) \in \mathbf{Black\ class}$

$cnt_{non.\mathbf{B}}$: number of non \mathbf{Black} class pixel in 5x5 window

또한 도로위의 언제나 [도로-차선]픽셀과 [차선-도로]의 나란한 조합을 갖는다. 그러므로 [도로-차선]의 픽셀조합과 평행하며 일정 거리내에 존재하는 [차선-도로]의 픽셀조합을 탐색하여 검출한다.

if $C(x_i, y_i) \in \mathbf{Black} \ \& \ C(x_i + \alpha, y_i) \in \mathbf{White\ or\ Yellow}$

then $C(x_i, y_i) \in P_{road-lane}$

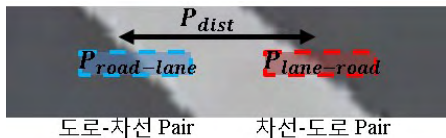
if $C(x_i, y_i) \in \mathbf{White\ or\ Yellow} \ \& \ C(x_i + \alpha, y_i) \in \mathbf{Black}$

then $C(x_i, y_i) \in P_{lane-road}$

if $\begin{cases} P_{dist} \leq ratio * offset & Lane \\ P_{dist} > ratio * offset & reject \end{cases}$

$$offset = \begin{cases} 60 & \text{for HD} \\ 90 & \text{for FHD} \end{cases}, \quad ratio = 0.003 + \frac{1 - y_i}{0.6 * height}$$

$$P_{dist,i} = x_{i+1} - x_i$$



(그림 2) 도로 위의 차선쌍 예시

2.5. 차선 검출 영역의 분류

검출된 차선에 대하여 connected components 를 검출하여 세그먼트내의 도로, 흰 차선, 노란 차선 레퍼런스와의 바타차야 거리의 합을 계산한다. 계산된 값을 통해 해당 차선 세그먼트의 클래스를 구분한다.

$$Cost_{i,color} = \sum_{B.Dist(x,y) \in seg_i} \frac{1 - B.Dist_{color}(x,y)}{num_{seg_i}}$$

num_{seg_i} : number of pixel in i_{th} segment

$Cost_{i,Whit}$ is MAX :

if $\begin{cases} Cost_{i,Whit} > 0.8 \\ Cost_{i,Blk} / Cost_{i,Whit} < 0.65 \end{cases} : \text{whitelane}$

else:road

$Cost_{i,Ylw}$ is MAX :

if $\begin{cases} Cost_{i,Ylw} > 0.8 \\ Cost_{i,Blk} / Cost_{i,Ylw} < 0.65 \end{cases} : \text{yellowlane}$

else:road

이후 위치에 따른 connected components 의 크기를 통해 최종 차선 분류 결과를 제시한다.

3. 결과 및 분석

본 논문에서는 차선 주변의 도로와 차선 및 차선의 종류를 수작업을 통해 정답 데이터를 제작하였다. 제작된 데이터를 기반으로 한 알고리즘의 성능평가는 아래와 같다.

<표 1> 제안하는 알고리즘을 이용한 도로,차선 검출 결과

정밀도	재현율	F 점수	정확도
0.753	0.833	0.791	0.995



(그림 3) 검출 결과 예시

4. 결론

본 논문에서는 블랙박스 영상 내의 엣지 검출을 통해 차선을 검출하고 해당 차선의 종류를 분류하는 알고리즘을 제안하고 있다. 하지만 자동차의 속도 및 블랙박스 카메라의 낮은 프레임으로 인한 화질 저하와 밝은 날 그림자로 인해 어두워진 차선이나 햇빛의 반사로 인해 밝아진 도로로 인한 에러는 존재할 것으로 보인다. 따라서 영상내의 조명 변화와 화질 저하로 인한 흐려짐에도 강건하게 올바른 정보를 추출할 수 있도록 개선을 해야 할 것으로 보인다.

참고문헌

[1] Broggi, Alberto. "Robust real-time lane and road detection in critical shadow conditions." Computer Vision, 1995. Proceedings., International Symposium on. IEEE, 1995.

[2] Zhang, Geng, et al. "An efficient road detection method in noisy urban environment." Intelligent Vehicles Symposium, 2009 IEEE. IEEE, 2009.

[3] Alvarez, José M. Álvarez, and Antonio M. Lopez. "Road detection based on illuminant invariance." IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 12.1 (2011): 184-193.

[4] Youn, Sungwook, and Chulhee Lee. "Multi-dimensional edge detection operators." SPIE Sensing Technology+ Applications. International Society for Optics and Photonics, 2014.