
적응적 Seed를 기초로한 분수계 분할을 이용한 차도영역 검출

박한동, 오정수
부경대학교 융합디스플레이공학과

Robust Road Detection using Adaptive Seed based Watershed Segmentation

Han-dong Park, Jeong-su Oh
Department of Display Engineering, Pukyong National University
esterlla@pukyong.ac.kr, ojs@pknu.ac.kr

요 약

전방 충돌 경고 시스템(FCWS) 및 차선 이탈 경고 시스템(LDWS)에서 차선 및 객체 검출을 위한 관심영역은 차도영역으로 설정되어야 한다. 분수계 분할(watershed segmentation)방법은 차도영역을 분리하기에 효과적인 알고리즘이다. 이 알고리즘은 초기 seed에 속해있는 watershed line과 국부 최소값에 따라서 분할 결과가 다르게 나타나는데 차도 seed에 그 이외의 영역이나 차량이 포함될 경우에 차도 이외의 부분이 차도영역으로 포함되어 분할된다. 이런 문제점을 보완하기 위해 도로 환경에 따라 차도 seed를 적응적으로 변경해야 한다. 그 방법으로 영상을 여러 개의 관심영역으로 분할하여 차선을 검출하고 자기차선을 잇는 직선을 초기 seed로 설정한다. 설정된 seed에 차량이 검출되면 seed 위치를 조정하고 조정된 위치에서 차선을 지나지 않는다면 차선을 지나도록 seed의 크기를 조정하여 최종적인 seed를 결정한다. 최종적으로 결정된 seed를 통해서 도로환경에 따라 적응적으로 차도영역을 검출을 가능하게 한다.

ABSTRACT

Forward collision warning systems(FCWS) and lane change assist systems(LCAS) need regions of interest for detecting lanes and objects as road regions. Watershed segmentation is effective algorithm that classify the road. That algorithm is split results appear differently depending on Watershed line with local minimum in the early part of the seed. If not road regions or vehicles combined the road's seed, It segment road with the others. For compensate the that defect, It has to adaptive change by road environment. The method is that image segmentate the several of regions of interest. Then It is set in a straight line that is detected in regions of interest. If It was detected cars on seed, seed is adjusted the location. And If It wasn't include the line, seed is adjusted the length for final decision the seed. We can detect the road region using the final seed that selected according to the road environment.

키워드

FCWS, LDWS, Road detection, Watershed segmentation, Seed

1. 서 론

최근 차량의 센서와 카메라 등을 이용한 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS : Advanced Driver Assistance System)의 시장이 커지고 있고 자율주행 및 반자율 주행차에 대한 기술이 날이

발전되고 있다. 운전자 보조 시스템을 위해 차량의 전방카메라를 통해 영상을 취득하고 영상내의 정보들을 이용하여 전방 충돌 경고 시스템(FCWS : Foward Collision Warning System)과 차선 변경 보조 시스템(LDWS : Lane Departure

Warning System)등은 저비용의 시스템으로 운전자를 편의를 제공할 수 있다. 차량 전방의 영상을 통해 객체 및 차선을 검출하기 위해서 검출할 영역을 관심영역으로 설정되어야 하는데 이때 관심 영역은 차도영역이어야 한다. 관심 영역을 설정하기 위해서는 차도영역과 그 외의 영역으로 분리가 되어야 한다.

컴퓨터 비전 분야에서 영상의 영역을 분할하는 다양한 방법이 연구되고 있다. 영상 분할은 에지 중심 방법(edge-based approach)과 영역 중심 방법(region-based approach)으로 나눌 수 있는데 분수계 분할 알고리즘(watershed segmentation algorithm)은 수학적 형태학을 통한 영역 분할 방법으로써 지형학에서 낮은 지형의 물에 해당되는 영역이 높은 경계선에 해당되는 영역을 임계값에 따라 분할이 되는 알고리즘이다. 분수계 분할 알고리즘을 이용하여 차도 영역과 그 외의 영역을 분할하기 위해서는 낮은 지형에 해당되는 영역에 대한 seed가 필요하다. 분수계 분할은 seed가 설정된 영역에 따라서 분할의 결과가 달라지는데 만약 seed가 원하지 않는 차선(lane)이나 다른 객체를 선택하면 차도영역에 포함이 된다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 전처리 과정에서 구한 차선과 차량 등의 정보를 통해 seed를 적응적으로 변경시켜서 적절한 차도영역 분할이 된다는 것을 보인다.

II. 본 론

2-1 전처리 과정

분수계 분할의 seed를 적응적으로 선택하기 위해서는 영상 내에 있는 정보를 검출하는 전처리 과정이 필요하다. 전처리 과정에서 검출한 정보들은 차선이탈 방지, 차량 접근 감지 등에 사용이 가능하다.

차도 내에서 검출 대상이 될 차선의 색상은 흰색과 노란색으로 되어 있다. 이런 특징을 이용하여 차선을 더욱 강조할 수 있다.

원본영상 그림1의 픽셀값을 구하기 위해 1채널의 그림2처럼 grayscale로 변환을 하거나 HSV영상으로 변환하여 명도(value)값을 이용한다. 하지만 날씨 등의 외부환경과 도로면의 상태에 따라 차선을 구분하기 어려운 경우가 있다.



그림 1. 차선을 강조할 원본영상



그림 2. grayscale 변환

그림3은 3채널 rgb영상을 적(red), 녹색(green), 청(blue) 각 1채널의 영상으로 분리하여 적색과 녹색 영상을 식 (1)을 이용하여 조합한다.

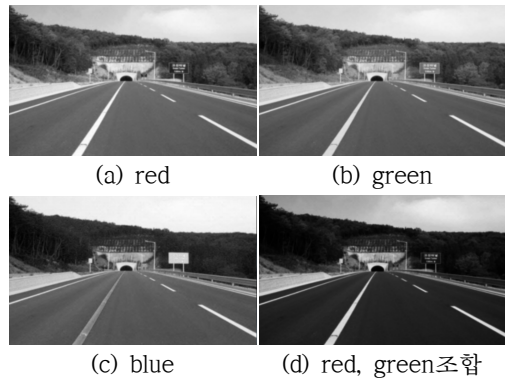


그림 3. rgb분리영상과 차선강조영상

차선의 색상 특성인 흰색과 노란색 중, 흰색은 적,녹,청 모든 채널에서 높은 값을 보이지만 노란색은 보색인 청색의 영상에서는 낮은 값을 가지게 된다. 식 (1)과 같이 청색 영상을 배제한 새로운 영상으로 조합을 하여 차선을 더욱 강조시킬 수 있다. 강조된 영상에서 차도영역을 가로로 나누어진 여러 개의 관심영역(ROI)을 지정한다.

$$I_{combination} = (I_{red} \times I_{green}) / (256 \times 256) \quad (1)$$

그림 4와 같이 여러 개의 관심영역을 지정을 하면 곡선 차선도 짧은 직선들로 검출이 가능하다. 각 관심영역별로 검출된 직선들의 가로 평균점을 구하면 평균점에서 가장 가까운 직선들은 현재 차로(road)의 차선(lane)이 된다. 이 차선에 해당되는 포인트들을 이용해 분수계 분할의 초기 seed 및 최종 seed를 설정할 수 있다.



(a) 직선차선 검출 (b) 곡선차선 검출

그림 4. 차선 검출

차도를 그 외의 영역으로부터 분리를 할 때, 전방의 차량은 배경영역으로 속해져야 한다. 그렇기 때문에 차량에 대한 검출이 요구되어 지는데 차량 하단부의 특징으로 이용할 수가 있다.

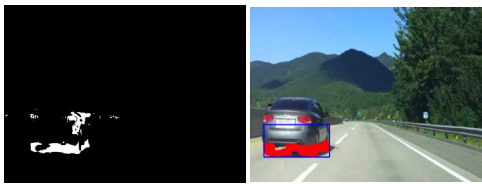
그림 5처럼 차량 하단부에는 차량의 그림자가 있다. 실험적으로 이 그림자들은 그림 6과 같이 높은 채도(saturation)와 낮은 명도값을 가지고 있다[1].



그림 5. 전방 차량이 있는 영상

(a)는 식 (2)를 이용하여 차량 하단부 검출을 위하여 조합한 영상이고 (b)는 a의 정보를 이용하여 차량을 검출 한 모습이다. 검출된 차량 정보를 통해 분수계 분할의 차도영역 seed에 차량이 포함되지 않도록 한다[1].

$$I_{new} = I_{saturation} - I_{value} \quad (2)$$



(a) 조합영상 (b) 차량 검출

그림 6. 조합영상을 이용한 차량 검출

2-2 분수계 분할(watershed segmentation)

영상 분할 알고리즘은 영상을 분석하기 위한 표현방법으로 많이 사용되고 있다. 영상 분할 알고리즘은 에지중심 방법(edge-based approach)과 영역중심 방법(region-based approach)로 구분할 수 있는데 전자는 화소값의 변화량을 통해 영역들의 경계선을 찾는 방법으로 정확한 에지를 찾는 방법이 필요하며 에지를 찾는 연산방법에 따라 다른 결과로 나타나게 되는 단점이 있다. 후자는 명암 히스토그램을 이용하며 영상 성장, 영역 병합, 영역 분할을 하여 특징 공간에서 화소들을 유사한 집단으로 정의하여 인접된 영역을 형성하는 방법이다[2-3].

분수계(watershed)는 원래 지형학에서 처음 시작된 개념으로 지형 높낮이에 따라 물이 흘러가는 이론이다. 이 개념은 Beucher와 Lantuejoul에 의해 처음으로 영상 분할에 적용되었다. 분수계 분할 알고리즘(watershed segmentation algorithm)은 영역중심 방법으로 수학적 형태학의 필터링을 이용해 영상을 단순화하고 단순화 된 영

상으로부터 기울기 영상을 생성한 후 분수계 개념을 적용하여 유사한 특성을 가지는 영역별로 분할하는 방법이다[2-3].

잡음이 제거된 영상을 식 (3)과 (4)의 형태학(morphology) 필터를 통해 비선형 확산을 하여 재구성한다.

$$A \ominus B = \cap \{A - b \cdot b \in B\} \quad (3)$$

$$A \oplus B = \cup \{A + b \cdot b \in B\} \quad (4)$$

재구성된 영상은 식 (5)와 같이 Euclidean 거리 변환을 한다.

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (5)$$

식 (6)을 통해 영상의 gradient를 구하고 영상을 이진화까지 하면 영상의 높낮이가 있는 영상을 구할 수 있는데 이를 watershed line과 catchment basins로 구분할 수 있다[2-3].

$$g(x) = |\text{grad } f(x)| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial v}\right)^2} \quad (6)$$

구분이 되고 나면 rainfall방식과 flooding 방식 중 선택을 하여 분수계 분할을 하게 되는데 전자는 (a)처럼 비가 떨어져서 아래에서부터 물이 채워지는 방식이고 후자는 (b)처럼 국부 최소 지점에 구멍을 뚫어 물을 채워나가는 방식이다. 이렇게 국부 최소점에서부터 watershed line의 임계값을 두어 영상 간의 분할이 이루어진다. 보통 분수계 분할은 각 영역에 seed를 두고 seed의 확장과 병합을 통해 분할을 하게 되는데 seed가 어떻게 설정되는가에 따라 watershed line이 다르게 설정되고 분할 결과도 다르게 나타난다. 그렇기 때문에 seed를 적절하게 선택하는 것이 중요하다[4].

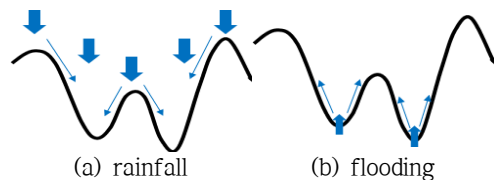


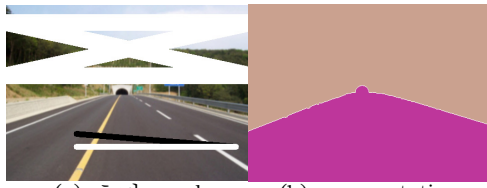
그림 7. 분수계 분할 방식

2-3 분수계 분할을 통한 차도영역 분리

전처리 과정을 통해 차량에 대한 정보와 차선에 대한 정보를 가지게 되었다. 이 정보들을 통해 분수계 분할을 위한 초기 seed를 설정하게 된다.

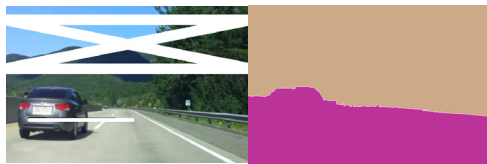
(a)처럼 좌우 차선을 가로지르는 영역으로 seed를 선택하게 되면 (b)처럼 현재 주행 중인 차로와 좌우 차로가 하나의 영역으로 분리 될

수 있다. 이 영역은 주행 중인 차량의 위험영역으로 다른 차량의 끼어들기와 차선이탈 등의 여부를 확인하는 관심영역이 될 수 있다.



(a) 초기 seed (b) segmentation
그림 8. 초기 seed를 통한 segmentation

하지만 그림 9처럼 초기 seed에 차량이 포함될 경우에는 차량까지 관심영역에 포함되기 때문에 적절한 분할이 되었다고 보기 어렵다.



(a) seed 선택 (b) segmentation
그림 9. 잘못된 segmentation

그림 10은 전처리 과정에서 검출된 차량 위치가 seed에 포함될 경우 seed의 위치를 차량 정보가 나타나지 않을 때까지 이동한 것이다. 하지만 seed의 위치만 조정할 경우에는 원근법에 의해서 차선간의 간격이 넓어지기 때문에 seed가 차선을 넘지 못해 잘못된 watershed line이 설정되어 적절하지 못한 분할이 될 수 있다. 이를 해결하기 위해 위치가 조정된 seed에서 좌우로 차선의 정보를 찾아서 그에 맞게 seed의 길이를 재조정한다. 만약 좌우 차선 중에 한쪽에만 점선의 형태를 가진 차선이라면 반대쪽에 검출된 차선에 의해 가상의 차선 위치로 인식하여 seed를 조정한다.

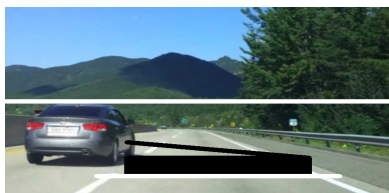


그림 10. 적응적인 seed 선택

2-4 실험결과

그림 8처럼 차량이 없는 환경에서는 초기에 선택된 seed를 통해 분할이 되었다.

전처리 과정으로 얻은 정보들을 이용하여 분수계 분할을 위한 seed를 선택을 하게 되었다. 만약 차량에 의해서 초기 seed가 적절하지 않을

때는 전처리 과정으로 얻은 정보들을 이용하여 그림 10처럼 차량 위치를 피하고 차선은 넘을 수 있도록 seed의 위치와 길이를 조정하여 그림 11과 같이 새로운 seed에 의해 적절한 분할이 이루어졌다.



그림 11. 적절한 segmentation

III. 결 론

본 논문에서는 분수계 분할을 통해 차도와 그 외의 영역을 분리하는 방법을 제시하였다. 전처리 과정을 통해 전방의 차량과 차선에 대한 정보를 가지게 하였고 차선 정보를 통해 초기 seed를 설정하여 분수계 분할을 하였다. 만약, 초기 seed에 전방의 차량이 포함되면 차량도 차도로 인식을 하게 된다. 이를 해결하기 위해 차량 정보를 피하도록 seed의 위치를 조정하고 조정된 위치에서 다시 차선정보를 찾도록 길이를 조정하여서 새로운 seed를 설정하도록 하였다. 실험 결과 분수계 분할을 위한 seed를 직접 설정할 필요 없게 되었고 잘못된 seed가 설정되었을 경우 적응적으로 조정을 하여 차도영역과 그 외의 영역으로 분리를 할 수 있게 되었다.

참고문헌

- [1] S. Han and H. Cho "Multimedia Signal Processing : HSV Color Model Based Front Vehicle Extraction and Lane Detection using Shadow Information." 멀티미디어학회논문지 5.2 (2002): 176-190.
- [2] I. Choi, Y. Lee and H. Kim "Morphological Shape Decomposition," 한국정보과학회 1993년도 가을 학술발표논문집 제20권 제2호, 1993.10, 345-348.
- [3] Parvati, K., Prakasa Rao, and M. Mariya Das. "Image segmentation using gray-scale morphology and marker-controlled watershed transformation." Discrete Dynamics in Nature and Society 2008 (2009).
- [4] Adams, Rolf, and Leanne Bischof. "Seeded region growing." Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on 16.6 (1994): 641-647.