

색상 정보와 HOG 특징을 이용한 실시간 도로표지판 검출 알고리즘

*김태동, 이승현, 정광훈, 강동욱, 정경훈

국민대학교

{20093117, eacham, mkcc520, dwkang, khjung} @ kookmin.ac.kr

Real-time Traffic Sign Detection Algorithm by Using Color Information and HOG Feature

*Kim Tae-Dong, Lee Seung-Hyun, Jung Gwang-Hoon,

Kang Dong-Wook, Jung Kyeong-Hoon

Kookmin University

요약

최근 지능형 차량과 ADAS(Advanced Driver Assistance System) 개발에 있어 차량 영상을 이용한 도로 정보 분석이 중요한 화두로 떠오르고 있다. 다양한 도로 정보 중에서 도로표지판 검출 및 판단은 차량 운행 환경을 파악할 수 있는 중요한 과정이 될 수 있다. 이에 본 논문에서는 차량 영상에서의 색상 정보를 이용하여 표지판의 후보 영역을 추출(Candidate Generation)하고, 후보 영상에 대한 HOG(Histogram of Gradient) 특징 분석을 통해 도로표지판 여부와 그 종류를 판단(Object Classification)하는 알고리즘을 구현하였다. 또한 구현 알고리즘은 실시간 처리가 가능한 속도를 보여주어 지능형 차량 또는 ADAS에서의 실제 적용이 가능하도록 하였다.

1. 서론

최근 지능형 차량이 큰 이슈로 떠오르면서 이를 위한 주행 시스템의 개발이 화두가 되고 있다. 이와 함께 차량 운행의 안전과 편의성을 위한 ADAS(Advanced Driver Assistance System) 기술로써 차량 영상을 이용한 주행 환경 인식 시스템들이 개발되고 있다. 이러한 시스템들의 개발을 위해서는 차선 인식, 전방 차량 인식, 장애물 탐지 등의 프로그램을 필요로 한다[1]. 그 중 도로표지판은 현재 주행 중인 도로 상황을 가장 정확하게 알려주는 도로 구조물이다. 이는 운전자 또는 지능형 차량이 위험을 미리 인지하고 돌발 상황에 대처할 수 있도록 함으로써 교통사고를 예방하는데 도움을 준다. 도로표지판의 가장 큰 특징은 모양과 색상이 규격화 되어 있다는 점이다. 이와 관련하여 도로표지판과 색깔과 모양을 이용하여 검출하는 연구가 있으며[2], HOG(Histogram of Oriented Gradient) 특징과 SVM(Support Vector Machine) 분류기를 이용하여 도로표지판을 검출하는 학습 알고리즘 연구가 있다[3].

본 논문에서는 차량 영상에서 컬러 공간 변환을 통해 색상 특징을 구분하여 도로표지판 후보 영역을 추출한다. 또한 학습과 분류과정을 거치지 않고 HOG 특징의 유사도만을 계산하여 도로표지판 여부를 판단하는 알고리즘을 제시한다.

2. 관련이론

1) YCbCr 색공간 정보

RGB 색공간과 YCbCr 색공간은 아래의 식 (1)과 같은 관계가 있

다. 이는 R, G, B 세 가지 색에 대한 영상 표현을 밝기(Y)와 색차(Cb, Cr) 성분으로 구분하여 나타내는 방법으로 이는 밝기 변화에는 둔감하며 정확한 색상 신호의 변화를 표현하기에 유리하다[4]. 도로표지판의 경우 빨간색, 노란색, 파란색 등 뚜렷한 색상 정보를 가지고 있으므로, 차량 영상에서 도로표지판의 후보영역을 선정하는데 YCbCr 색공간 모델링을 이용하는 것이 유용하다. RGB 색 공간과 YCbCr 색 공간의 관계는 8-비트 영상에서 아래 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ Cb &= (B - Y) 0.564 + 128 \\ Cr &= (R - Y) 0.713 + 128 \end{aligned} \quad \text{식 (1)}$$

2) HOG(Histogram of Gradient) 특징

HOG 특징은 기본적으로 영상 내의 물체에 대한 에지의 기울기 값 정보를 특징으로 삼는다[5]. 도로표지판은 원형, 삼각형 등의 모양 특징을 가지고 있으며, 그 종류에 따라서 특별한 에지의 기울기 특징을 갖기 때문에 도로표지판 검출 및 판단에 이용하기 좋은 특징 중 하나이다.

3. 제안 알고리즘

본 논문에서 제안한 도로표지판 검출 및 판단 알고리즘은 아래의 그림 1과 같이 크게 두 가지 과정으로 나누어진다. 첫 번째 과정에서는 색상 정보를 이용하여 영상에서의 도로표지판 후보 영역을 추출하게 된다. 두 번째 과정에서는 추출한 후보 영역에서의 HOG 특징을 계산

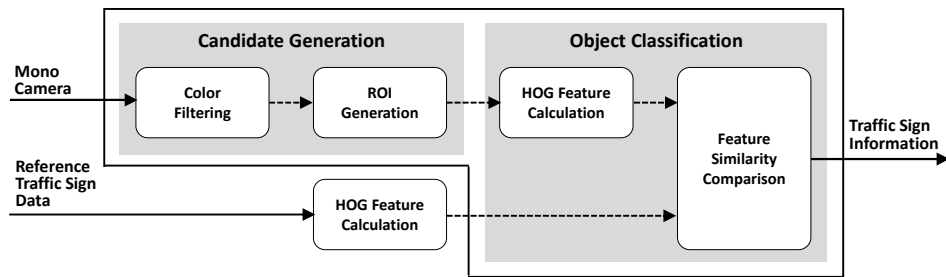


그림 1. 제안 알고리즘 순서도.

하여 기존에 미리 구해 놓은 참조 도로표지판 영상의 HOG 특징과의 유사도를 비교하여 도로표지판 여부 및 종류를 판단한다.

1) 색상 정보를 이용한 후보 영역 추출

차량 영상에서 받아온 RGB 신호를 YCbCr 색공간으로 바꾸어 색상 성분인 Cb, Cr에 대한 일정한 임계값을 주어 영상에서 원하는 색 영역을 그림 2의 (b)와 같이 구분한다. 그림 2의 (b)는 원하는 색 영역을 이진화 한 뒤, 그 영역의 윤곽선까지 검출한 모습이다. 윤곽선을 검출하여 가장 두드러진 영역을 도로표지판 후보 영역으로써 관심 영역(Region of Interest) 설정한다. 이러한 방법으로 도로표지판 후보 영역을 추출한 것이 그림 2의 (c)와 (d)이다. 이렇게 색상이나 모양 정보를 이용하여 도로표지판을 검출하는 단일 방법의 경우 도로표지판의 존재 유무는 판단할 수 있으나 그 종류는 구분할 수 없다[6]. 그러므로 본 알고리즘에서는 도로표지판의 종류 구분 및 검출 성능 향상을 위해 추출된 후보 영역을 다음 과정에서 특징 추출을 통해 하나의 과정을 더 거쳐 도로표지판 여부를 결정한다.

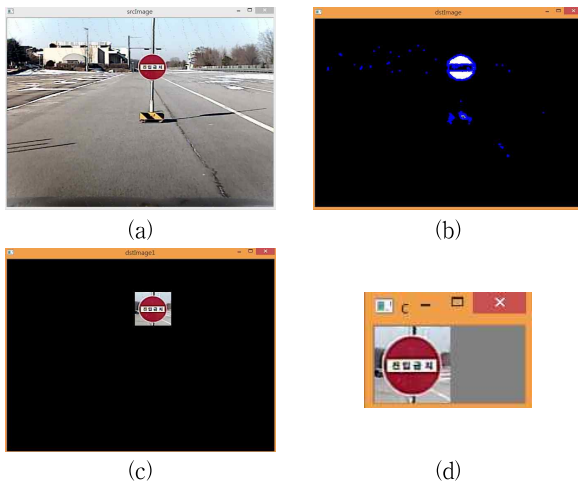


그림 2. 색상 정보를 이용한 도로표지판 후보 영역 추출.
 (a)입력영상, (b)색 필터링 및 윤곽선 검출,
 (c)후보 영역 설정, (d)후보 영역 추출.



그림 3. 도로표지판 참조 영상.

2) HOG 특징을 이용한 도로표지판 검출 및 판단

후보 영역의 도로표지판 여부를 판단하기 위해 아래 그림 3과 같은 참조 영상의 HOG 특징과 후보 영상의 HOG 특징의 유사도를 계산한다. 참조 영상은 실험 영상 이외에 따로 도로표지판 별로 기준이 되는 영상으로, 이에 대한 HOG 특징 값을 미리 계산하여 기준 데이터로써 가지고 있다. 참조 영상과 후보 영상의 유사도는 아래의 식 (2)와 같이 HOG 특징이 가지고 있는 기술 값(Descriptor Values)들의 유클리디안 거리 계산을 통해 그 유사도를 계산한다. 식 (2)에서 $ref(i)$ 와 $src(i)$ 는 각각 참조 영상과 후보 영상의 i 번째 HOG 기술 값이며, 그 개수는 HOG 특징 파라미터에 따라 총 d 개가 된다.

$$Similarity = \sum_{i=1}^d |ref(i) - src(i)|^2 \quad \text{식 (2)}$$

영상에서의 도로표지판 검출 및 판단 후 제시된 알고리즘은 알람 단계를 거치게 된다. 도로표지판의 존재는 한 개의 프레임에 한정되는 것이 아니라 연속된 프레임에 관계되기 때문에 전후 프레임을 고려하여 연속 5 프레임 이상에서 같은 도로표지판이 판단될 경우 인식 알람을 주게 된다. 단일 프레임이 아닌 여러 개의 프레임을 고려함으로써 중간 중간 발생할 수 있는 오류에도 강인할 수 있다.

4. 실험 결과

제안 알고리즘의 성능 실험을 위해 2015 자율주행자동차 콘테스트에서 과제 실험용으로 제공된 영상 두 가지를 사용하였다[7]. 두 영상은 같은 환경에서 촬영 되었으며, 주행 속도만 각각 30Km/h, 60Km/h로 다르다. 성능 평가 방법으로는 각 영상에 대해 정답지(Ground Truth)를 작성 한 후 실험 결과를 이와 비교하는 방법을 선택하였다. 정답지 작성 시 도로표지판의 픽셀 크기가 37×37 이상 되는 프레임을 인식의 시작점으로 설정하였다. 이 때의 실제 거리는 약 25m 정도 이다. 실험 결과는 아래의 그림 4와 같으며 정답지는 점선, 실험 결과는 실선으로 구분하여 표기하였다. 학습에 이용한 4가지의 도로표지판의 ID로써 1~4의 숫자를 이용하였고, 정답은 2-1-3-4 순이다. 알람을 주는 시점을 프레임 별로 기록하여 나타내었다.

실험 결과는 알람이 잠시 끊기는 부분이 있지만 대체로 양호하게 도로표지판을 검출한다고 할 수 있다. 또한 도로표지판의 종류를 구분하는 것에 대한 오류는 없었다. 아래의 그림 5는 본 논문의 실험 과정에서 도로표지판을 구분하고 알람해 주는 장면을 실제 영상에서 캡처한 내용이다. 실험 결과 그래프와 검출 영상 모두에서 차량이 주행을 하는데 도로표지판 정보를 전달하기에 문제가 없을 정도의 성능이 나타났다. 처리 속도에 대한 부분에서는 첫 번째 실험에서는 약 490

FPS, 두 번째 실험에서는 약 497 FPS로 실시간 처리를 위한 기준 처리 속도인 30 FPS(Frame per Second)와 비교하여 매우 여유 있는 결과를 나타내었다.

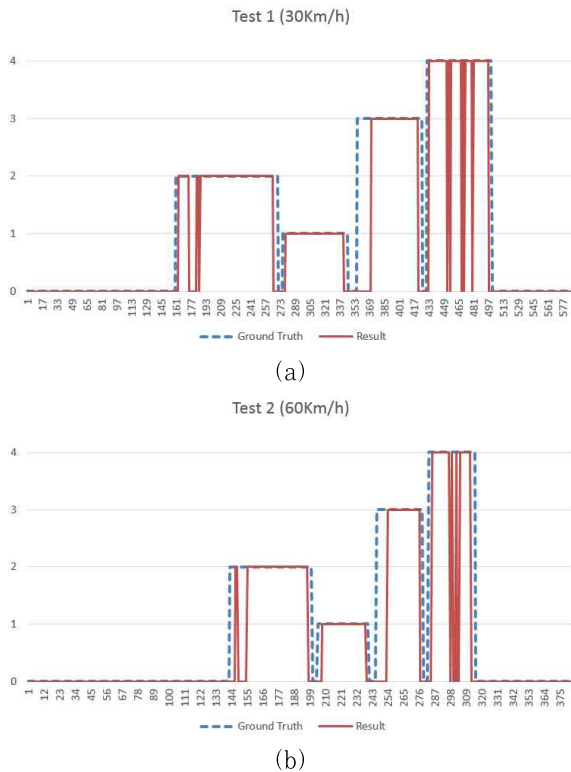


그림 4. 실험 결과 그래프.

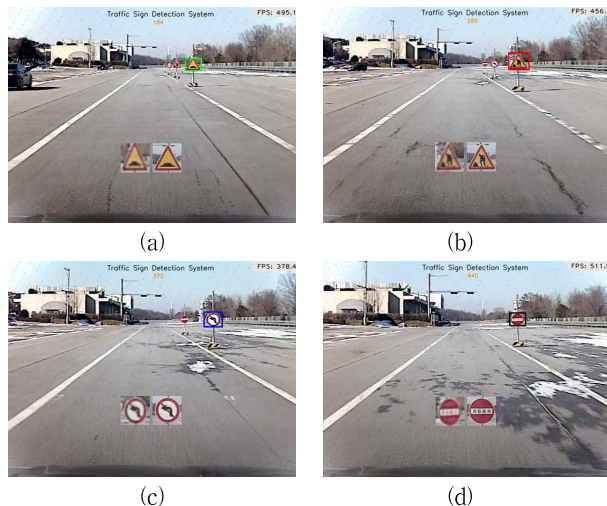


그림 5. 도로표지판 구분 검출 영상.

5. 결론

본 논문에서는 지능형 차량 시스템과 ADAS에서 도로 환경 인식에 도움이 될 수 있는 도로표지판 인식 시스템을 제안하였다. 차량 영상에서의 색상 정보 분석을 통해 도로표지판 후보 영역을 추출하였고, 후보 영역에 대한 HOG 특징과 도로표지판 참조 데이터의 HOG 특징의 유사도를 계산하여 최종 판단을 하였다. 이에 추가적으로 누적 프레임 정보를 고려하는 알람 시스템을 도입하여 성능을 더욱 강인하게 하

였다. 알고리즘의 실험 결과를 통해 차량 주행 시 도로표지판 정보를 인식하고 판단함에 적절한 성능을 확인할 수 있었다. 또한 처리 속도가 실시간 처리를 할 수 있는 기준인 30 FPS 보다 크게 여유 있는 수치를 보임으로써 실제 시스템에 적용 가능함을 보였다.

향후 연구 과제로써, 실험 영상이 아닌 일반 도로 주행 영상에서 도로표지판 후보 영역 추출에 방해가 되는 환경에 더욱 강인한 알고리즘을 개발할 것이다.

참고 자료

- [1] 유훈재, 손광훈, “영상 기반 지능형 자동차 기술,” 전자공학회지 제 39권 제2호, 2012.
- [2] Claw Bahlmann, Ying Zhu, Visvanathan Ramesh, Martin Pellkofert, Thorstea Koehled, “A System for Traffic Sign Detection, Tracking, and Recognition Using Color, Shape, and Motion Information,” Intelligent Vehicles Symposium, 2005.
- [3] J. Greenhalgh and M. Mirmehdi, “Real-Time Detection and Recognition of Road Traffic Signs,” Intelligent Transportation Systems Vol.13, 2012.
- [4] 오승훈, 정차근, “YUV색상 모델기반의 차량검출에 관한 연구,” 대한전자공학회 추계학술대회 제32권 제2호, 2009.
- [5] N. Dalal and B. Triggs, “Histograms of oriented gradients for human detection,” in Proc. Computer Vision and Pattern Recognition, San Diego, 2005, pp. 886-893.
- [6] 방걸원, 강대욱, 조완현, “컬러정보와 오류역전과 알고리즘을 이용한 교통표지판 인식,” 정보처리 학회 논문지 제14-D권 제7호 2007.
- [7] 산업통상자원부, KATECH, 한국자동차공학회, “도로표지판 주행 영상,” 2015 자율주행자동차 콘테스트.