

빛에 강인한 교통 표지판 검출 및 인식

*길태호 **조남익

서울대학교 전기·정보공학부

*xellows1305@snu.ac.kr **nicho@snu.ac.kr

Light Invariant Traffic Sign Detection and Recognition

*Kil, Tae-Ho **Cho, Nam-Ik

Department of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University

요약

지능형 차량 시스템에 있어서 교통 표지판 검출/인식은 매우 중요한 요소들 중의 하나이다. 따라서 주행 중인 차량에서 카메라로부터 취득한 영상을 이용하여 교통 표지판을 인식하는 여러 가지 영상인식 알고리즘들이 개발되고 있다. 하지만 이러한 알고리즘은 표지판의 색상 값이 날씨와 시간에 따른 조도와 컬러의 변화에 따라 성능이 크게 변한다는 점에서 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 논문은 환경 변화에 강인한 교통 표지판 검출 및 인식 알고리즘을 제안한다. 구체적으로, 표지판 검출을 위하여 제안하는 알고리즘에서는 색상과 형태 정보를 이용하여 교통 표지판 후보군을 찾는다. 여러 색상 임계값에 대하여 영상 피라미드 형태를 만들고, 모든 피라미드 영상들에 대해서 인식 알고리즘을 수행함으로써 실외 빛에 변화에 강인하게 한다. 교통 표지판 후보군을 찾은 후, 후보군들을 Linear SVM을 통해 학습함으로써 교통 표지판인지 아닌지 분류해낸다. 실험 결과는 제안하는 알고리즘이 정확하게 교통 표지판을 인식하고, 동시에 실외 빛의 변화에 상관없이 강인하게 표지판을 인식함을 보여준다.

1. 서론

지능형 차량 시스템에서 안전한 주행을 위해서 차량의 제어뿐만 아니라 전방 차량 인식, 장애물 탐지 및 차선 인식 같은 차량 주변 상황 인식이 필요하다. 또한, 교통 표지판의 경우는 교통 정보에 대한 정보를 제공하기 때문에, 이의 자동 인식은 지능형 차량 시스템에서 중요한 요소로서 활발히 연구되고 있는 분야이다. 교통 표지판들은 표준 색상과 모양으로 규격화 되어 있다는 사실을 이용하여 컴퓨터 비전 알고리즘을 통하여 이를 자동 인식하는 방법들이 보고되고 있다. 즉, 차량 내 카메라를 통해 표지판 영상들을 얻고, 영상 인식 알고리즘을 통해 표지판을 인식하는 연구가 많이 진행되고 있다. 여기서 교통 표지판 영상들은 몇몇 구별되는 특징 점들과 그에 해당하는 특징 벡터로 표현 가능하고, 이들은 인식 과정에 사용된다.

물체 인식 알고리즘들은 어떤 특징점들을 물체에서 뽑아내는가와 이러한 특징 점 벡터를 어떤 알고리즘으로 학습하는지에 따라 그 종류가 나뉜다. 일반적으로 가장 많이 쓰이는 특징 벡터는 HOG descriptor가 있다[1]. 이 방법은 물체의 색상 기울기 방향에 대한 히스토그램 값을 벡터로 물체를 표현한다. 또한 많이 쓰이는 학습 알고리즘으로는 Support Vector Machine이 있다[2]. 이는 인식하고자 하는 물체에 해당하는 영상들과 그렇지 않은 영상들을 벡터 공간에 놓고, margin을 최대화하는 방법을 통해 학습하는 알고리즘이다.

표지판 인식 역시 이러한 특징 벡터와 학습 알고리즘들을 이용하여 이루어진다. S. Maldonado-Bascon은 표지판의 색상 값을 이용하여 이진화한 후, 각 물체들을 DtB 벡터로 표현하였다[2]. 여기서 실외

영상의 경우 색상 값이 빛에 의하여 크게 변하기 때문에 표지판이 올바르게 이진화 되지 않는다는 단점이 생긴다. J. Greenhalgh은 MSER detector를 통해 검출한 후, HOG descriptor와 Linear SVM을 이용하여 표지판을 학습 및 인식하였다[3]. MSER detector의 경우 실외 빛에 민감하지 않지만, 수행 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 실외 빛에 강인하면서 동시에 실시간인 교통 표지판 인식이 가능한 알고리즘을 제안한다. 먼저 제안하는 알고리즘은 색상과 형태 정보를 이용하여 이에 해당하는 교통 표지판 후보군을 찾는다. 본 논문은 여러 색상 임계값에 대하여 색상 이진화를 함으로써 각 임계값에 해당하는 영상 피라미드를 만들고, 이러한 중간 피라미드 영상들 모두에 대하여 인식 알고리즘을 수행함으로써 빛에 강인한 알고리즘을 제안한다. 그 후, 뽑아낸 교통 표지판 후보군에 대하여 Linear SVM을 통해 학습된 결과를 이용하여 올바르게 교통 표지판을 인식한다.

2. 제안하는 알고리즘

보통 교통 표지판들은 일정한 색상과 모양으로 규격화 되어있다. 본 논문에서 인식할 교통 표지판의 경우는 그림 1과 같다. 이 표지판의 경우 파란색 또는 빨간색과 원 형태로 규격화 되어있고, 내부의 그림이 각각의 교통 정보를 나타낸다. 따라서 제안하는 알고리즘은 먼저 이러한 색상과 형태 정보를 통해서 교통 표지판 후보군을 찾는다. 그 후 각 후보군에 대해서 학습된 결과를 이용하여 표지판 인식을 수행한다.

우선, 색상 정보를 통해 후보군을 찾기 위해 3채널 컬러 영상을 다

음과 같은 1채널 영상으로 정규화 한다.

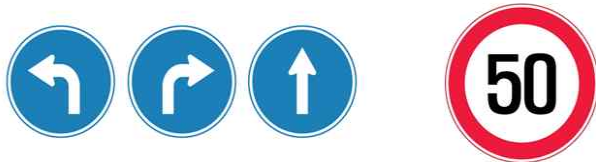


그림 1. 교통 표지판

$$I_{norm} = \max\left(\frac{R}{R+G+B}, \frac{B}{R+G+B}\right) \quad (1)$$

여기서 I_{norm} 는 1채널로 정규화가 된 영상이고, R, G, B 는 각각 3채널에 해당하는 픽셀 값을 의미한다. 그림 2는 정규화 영상 I_{norm} 을 보여준다. 빨간색과 파란색 성분이 강할수록 큰 픽셀 값을 가짐을 확인할 수 있다. 정규화 영상에 대해서 빨간색 또는 파란색 색상 성분이 강한 표지판을 찾기 위해서 이진화를 수행한다. 하지만 차량에서 취득한 영상은 실외 영상이기 때문에, 그 날의 태양 빛과 날씨에 따라 표지판의 색상이 다른 값을 띄게 된다. 따라서 한 개의 임계값이 아닌, 여러 임계값을 통해서 피라미드 형태의 여러 이진화 영상들을 구한다. 이 과정은 다음과 같다.

$$I_k = \begin{cases} 1 & \text{if } I_{norm} > th_k \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

여기서 th_k 는 k 번째 임계값을 의미하고, I_k 는 이에 대한 이진화 영상을 의미한다. 피라미드 형태와 같은 여러 개의 이진화 영상들을 구한 후, 모든 이진화 영상들에 대해서 인식 알고리즘을 진행함으로써 실외 빛에 강인한 인식 알고리즘을 수행한다.

피라미드 형태의 이진화 영상들을 구한 후, 앞에서 구한 이진화 영상들에 대해서 연결 요소(connected component) 알고리즘을 통해 각 연결 요소를 구하게 된다. 각 연결 요소들 중에서 원 형태인 요소들만 걸러내기 위해서, 필터링 작업을 수행한다. 각 연결 요소를 감싸는 외곽 직사각형(bounding rectangle)의 가로, 세로 길이, 가로 세로 비율, 내부 요소의 둘레 길이 그리고 내부 요소의 면적과 외곽 직사각형의 면적 비율과 같이 형태적 의미를 가지는 값들을 구해서 최대, 최소값 조건을 만족시키지 못하면 제거함으로써 형태 정보 필터링을 수행한다. 그림 3은 이 과정을 보여준다. 좌측 영상과 같이 형태 필터링 전에는 색상 값 정보만을 이용하기 때문에 원 형태가 아닌 outlier가 많은 것을 확인할 수 있는 것에 비해서, 필터링을 수행하게 되면 우측 영상과 같이 표지판 후보군의 outlier가 많이 줄어들게 된다. 이러한 색상, 형태 정보를 이용하여 후보군을 걸러냄으로써 인식률을 높이고, 알고리즘의 속도를 높일 수 있다.

마지막으로는 이렇게 구한 표지판 후보군들에 대해서 인식 알고리즘을 수행하게 된다. 여기서 인식에 사용하는 학습 알고리즘으로는 Linear SVM을 이용하였다. 우선 표지판 후보군을 일정한 크기로 변환한 후, HOG descriptor로 표지판 후보군을 표현한다. 그리고 각 표지판 후보군에 대한 HOG descriptor과 미리 알고 있는 레이블을 입력하여 학습 알고리즘을 통해 학습시킨다.

3. 실험 결과

각 표지판 후보군의 크기는 모두 24×24 픽셀로 일정하게 하였고, 이를 144차원의 HOG descriptor로 표현하였다. 각 표지판 마다 1500



그림 2. 영상 정규화



그림 3. 형태 필터링 수행 전과 수행 후 영상



그림 4. 결과 영상

개의 데이터를 이용하여 학습했으며, 실외 빛을 고려한 영상 피라미드를 위한 임계값 개수는 6개로 설정 하였다. 실험 영상의 크기는 1024×768 로 하였고, 시속 $40 \sim 60$ km로 달리는 차량 내 카메라를 통해 획득 하였다. 그리고 실험 영상은 서로 다른 시간, 장소에서 획득하였다. 실험한 2411개의 프레임에 대해서 그림 4와 같이 정확하게 표지판을 인식하였다. 그리고 false positive 값은 나타나지 않았다. 또한 서로 다른 장소, 시간에 획득한 실험 영상에 대해서 모두 잘되었기 때문에 실외 빛에 강인한 알고리즘임을 확인할 수 있었다. 수행 시간은 $15 \sim 20$ fps로 측정되었다.

4. 결론

본 논문에서는 교통 표지판의 색상, 형태 등을 이용하여 이를 자동

으로 검출하고 인식하는 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘에서는 색상과 형태 정보를 통해 표지판 후보군을 검출하였고, 임계값을 여러 개를 설정함으로써 피라미드 형태의 이진화 영상들을 얻었고, 이를 통하여 실외 빛의 변화에 강인한 알고리즘이 되도록 하였다. 마지막으로 각 후보군 영상을 HOG descriptor로 표현하고 위 벡터 공간에 대해 Linear svm 학습 알고리즘을 통해 표지판의 내용을 인식하였다. 실험 결과를 통해 제안하는 방법이 충분히 실외의 다양한 조건에 대해서도 표지판을 인식함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2013년도정부(미래창조과학부)의재원으로한국연구재단의 지원을받아수행된기초연구사업임 (2009-0083495)

참고문헌

- [1] N. Dalal and B. Triggs, "Histogram of oriented gradients for human detection," in *Proc, CVPR*, 2005, pp. 886-893.
- [2] S. Maldonado-Bascon, S. Lafuente-Arroyo, P. Gil-Jimenez and H. Gomez-Moreno, "Road-Sign Detection and Recognition Based on Support Vector Machines," *IEEE Trans, Intell. Transp. Syst.*, vol. 8. no. 2, pp. 264-278, Jun. 2007.
- [3] J. Greenhalgh and M. Mirmehdi, "Real-Time Detection and Recognition of Road Traffic Signs," *IEEE Trans, Intell. Transp. Syst.*, vol. 13. no. 4, pp. 1498-1506, December. 2012.