

가변 임계값 색상 필터를 사용한 교통 표지판 영역 추출

장 준, 정경훈

국민대학교 전자공학과

jun0123@kookmin.ac.kr, khjung@kookmin.ac.kr

Traffic Sign Area Detection by using Color Filtering with Variable Threshold

Jang, Jun Jung, Kyeong-Hoon

Department of Electronics Engineering, Kookmin University

요 약

교통표지판 검출 및 인식은 차량의 자율주행 및 ADAS (Advanced Driver Assistance System)의 필수적인 요소이다. 교통표지판의 각종 표식을 인식하기 위해서는 먼저 교통표지판 영역을 검출해야 하며, 이 작업은 통상적으로 교통표지판에 포함된 빨간색을 추출하는 컬러 필터링을 통해 이루어진다. 하지만 차량 영상에 나타나는 색상 성분은 태양광의 방향이나 날씨 등에 상당한 영향을 받으며 이러한 조도 환경은 차량이 주행하게 되면 시간적으로도 수시로 변화한다. 더군다나 사용하는 카메라의 내부적인 특성에 따라라도 색상 성분의 분포가 달라지기 때문에 컬러 필터링을 위한 임계값은 고정값을 사용하기 보다는 적응적으로 변화시킬 필요가 있다. 본 논문에서는 다양한 조도 환경과 다양한 카메라 종류에 따라서 영상 내 교통표지판의 빨간색 성분의 분포를 분석하고 이를 바탕으로 임계값을 가변적으로 설정하는 방법을 제안한다. 그리고 모의실험을 통해 제안 방법을 적용하면 고정된 임계값을 사용한 방법보다 조도변화에 강인하게 교통표지판 영역을 검출할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

차세대 자동차 기술 중의 하나인 지능형 자동차 개발이 큰 이슈로 떠오르면서 지능형 자동차를 위한 필수적인 기술인 첨단 운전자 보조 시스템 (ADAS: Advanced Driver Assistance System)에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 차량용 ADAS 시스템은 차량용 센서 및 카메라에서 감지한 외부 환경정보를 이용, 운전자에게 적절한 조치나 자동적으로 차량을 제어하여, 보다 안전한 운전 환경을 구축함으로써, 사고에 의한 피해를 최소화 하거나 차단하는 다양한 시스템을 말한다 [1]. ADAS 기술 가운데 하나인 교통표지판 인식 기술은 차량 주행 중에 도로 주변에 위험한 환경이 존재하거나 보행자를 주의해야 하는 상황을 나타내는 다양한 표지판을 인식함으로써 운전자와 보행자의 안전을 지켜주는 대표적인 영상 기반의 핵심 기술 중 하나이다[2].

영상 기반의 교통표지판 인식 알고리즘은 크게 2가지 단계로 구성된다. 첫 번째는 영상에서 교통표지판이 존재할 것으로 판단되는 후보 영역을 추출하는 단계이고 두 번째는 후보로 선택된 교통표지판을 검증하고 이에 포함된 실제 표식을 인식하는 단계이다. 먼저 교통 표지판의 후보 영역을 추출하기 위해서는 RGB, HSV, YCbCr, LUV 등 다양한 색상 공간에서 표지판의 색상 분포를 분석하거나 원형 또는 삼각형 등 표지판의 기하학적 형태의 특징을 이용하는 것이 일반적인 접근 방법이다[3]. 다음으로 후보 영역을 대상으로 교통 표지판의 내용을 판별하

는 과정으로, 이 단계에서는 템플릿(template) 기반 또는 특징(feature) 기반의 매칭 방법을 비롯하여 부스팅(boosting), 신경망(neural network), SVM (Support Vector Machine) 등 다양한 기계학습 방법이 사용되고 있다[4].

먼저 교통표지판의 후보 영역을 제대로 찾아내지 못한다면 이후 검증 단계에서 아무리 복잡하고 정교한 방법을 사용하더라도 교통표지판을 인식할 수 없다는 점에서 후보 영역 추출단계의 성능이 전체 시스템에 미치는 영향이 매우 크다. 하지만 후보 영역 추출을 위한 색상 필터링의 문제는 날씨, 태양광의 방향, 카메라의 종류 등 다양한 환경 변화의 요인이 존재하고 각 상황에 적합한 최적의 임계값을 결정하는 작업은 쉽지 않다. 예를 들어 다음의 그림 1에서는 태양광이 차량의 후방에서 강하게 비추는 경우를 나타내었는데, 교통표지판의 테두리에 존재하는 빨간색 성분이 상당히 왜곡되어 있는 것을 확인할 수 있다.



[그림 1] 태양광이 차량 후방에서 강하게 비추는 경우

본 논문에서는 태양광의 방향이나 날씨의 맑음 흐림 여부에 따라서 변화하는 영상의 조도 환경과 카메라 센서의 종류에 따라서 발생하는 영상의 색감 차이에 강인한 컬러 필터링 기법을 제안하고자 한다. 2절에서는 다양한 환경변수를 고려하여 교통 표지판의 빨간색을 H-S 평면에서 분석하고 3절에서는 이를 기반으로 가변 임계값의 컬러 필터링 방법에 대해 기술한다. 4절에서 실험결과를 보였으며 5절에서 결론을 맺는다.

2. 환경 변화에 따른 교통표지판의 색상 분포 분석

1) HSV 색상 공간

카메라에서 획득한 영상은 일반적으로 RGB (Red, Green, Blue) 색상 공간에서 표현된다. 하지만 RGB 색상 공간은 조도의 변화에 민감하며 서로 다른 색상을 구별하기에 적합하지 않다. 반면 HSV (Hue, Saturation, Value) 색상 공간은 컬러 영상의 색신호와 밝기 신호를 분리함으로써 RGB 색상 공간에 비해 서로 다른 색상 구별이 용이하다. 즉 비슷한 계열의 색상은 HSV 공간에서 H 및 S 성분에서의 거리가 가깝게 나타난다[5]. 따라서 많은 연구에서 컬러 필터링을 위해 RGB 공간 대신 HSV 공간을 사용하는 것이 보편적이며 본 논문에서도 교통 표지판의 색상 분석을 위해 HSV 색상 공간을 사용한다. RGB 공간에서의 컬러 영상이 주어지면, 다음 식을 통해 HSV 공간에서 각각의 성분을 얻을 수 있다[6].

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B \geq G \end{cases} \quad (1)$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{\left[(R-G)^2 + (R-B) \times (G-B) \right]^{\frac{1}{2}}} \right\} \quad (2)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (3)$$

$$V = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (4)$$

식(1)은 H (Hue) 즉 색 성분을 원주 상의 각도로 표현한 식이다. 각도 θ 는 식 (2)에서 나타난 바와 같이 R, G, B 각 성분의 값에 따라서 결정되는데, 기준이 되는 $\theta = 0$ 은 G 및 B 성분은 없고 R 성분만 존재하는 경우에 해당한다. 따라서 빨간색은 $\theta = 0$ 을 중심으로 분포하므로 이를 추출하기 위해서는 θ 가 0에 가까운 범위와 360에 가까운 범위를 동시에 고려해야 한다. 식(3)은 S (Saturation), 즉 채도 성분의 계산식이며 원색에 가까울수록 높은 값을 나타낸다. 만일 임의의 화소의 R, G, B 성분값이 모두 동일하다면 이는 색상이 포함되지 않는 그레이 스케일 (gray scale)에 해당되고 $S = 0$ 이 된다. 식(4)는 V (Value), 즉 명도 성분으로서 밝기의 정도를 나타낸다. V 값이 너무 크거나 작은 영역에서는 색상의 구별이 용이하지 않다.

2) 교통표지판 색상 분포

교통표지판 영역을 검출하기 위해서는 먼저 영상 내에서 표지판에 포함된 테두리를 구성하는 빨간색 성분을 찾아야 한다. 빨간색 추출을 위한 HSV 공간에서의 임계값을 결정하기 위해서 다양한 환경에서 실

제 도로를 촬영한 블랙박스로부터 획득한 실험영상 집합을 구성하였다. 환경 변화의 다양성을 확보하기 위해, 태양광의 방향이 서로 다른 경우와 더불어 맑음 또는 흐림 등 날씨의 변화를 고려하였으며, 교통표지판의 일부가 그림자가 드리워진 경우도 실험영상에 포함하였다. 한편 영상의 색감은 카메라의 종류에 따라 서로 적지 않은 차이를 보이기 때문에 여러 모델의 블랙박스 영상으로부터 표본을 수집하였다. 이 과정에서 사용한 블랙박스 모델은 Urive Albatross2, mando_BH200, U_Plus, 블랙셀, 블랙뷰 등이며 이와 더불어 Nikon DSLR 카메라로 정지영상을 찍어 실험영상에 포함하였다.

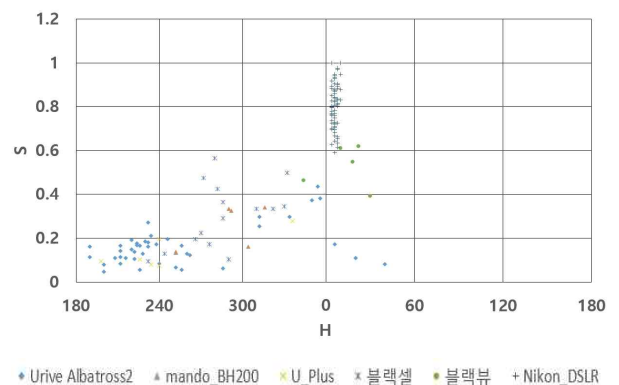
교통표지판의 R 성분의 색상, 즉 H 성분과 S 성분의 분포를 분석하기 위해서, 그림 2에서 보인 바와 같이 실험 영상 내에 포함된 교통표지판에서 상(Top), 좌(Left), 우(Right) 위치에서 H 성분과 S 성분을 각각 측정하였다.



(a) 원형 교통표지판 (b) 삼각형 교통표지판

[그림 2] 교통표지판의 R 성분 표본 수집 방법

그림 3에서는 실험 영상에 포함된 교통표지판으로부터 추출한 R 성분에 대해서 H-S 성분의 분포를 나타내었다. H 성분의 각도를 나타내는 가로축에서는 빨간색 위주로 살펴보기 위해 $\theta = 0 (2\pi)$ 를 중심에 두고 표시하였다. 즉 표본이 HSV 색상 공간에서 빨간색이라면 가로축에서 중심 부분에 나타나도록 하였다. 그리고 세로축에 보인 S 성분은 0에서1 사이의 값으로 정규화하였다. 영상 센서의 특성에 따른 색감의 차이를 고려하기 위해 그림 3에서는 실험 영상을 획득한 카메라별로 표본을 구분하여 표시하였다.



[그림 3] 교통표지판 빨간색의 H-S값 분포 그래프

그림 3을 통해서 S 성분이 일정 값 (약 0.6) 보다 큰 경우에는 교통표지판 R 성분의 분포가 0° 또는 360° 부근에 집중되어 나타남을 확인할 수 있다. 하지만 S 성분이 줄어드는 환경에서는 교통표지판 R 성분의 집중도가 떨어지고 분산이 커지는 현상이 관찰된다. 또한 이 경우에 H 성분의 중심 위치가 0° 또는 360° 을 벗어나 이동하는 현상도 관찰된다. 그리고 중심 이동의 크기 및 방향은 카메라 즉 영상 센서의 종류에

따라서 차이를 보인다. 전반적인 색감이 푸른색을 보이는 한 종류의 실험 영상에서는 H의 중심이 (+)의 방향으로 이동하여 노란색을 띠게 되고, 다른 영상 센서를 통해 얻은 실험 영상에서는 H의 중심이 (-)의 방향으로 이동하여 보라색을 띠는 경향성을 보인다.

3. 가변 임계값을 사용한 교통표지판 영역 검출

1) 교통표지판 R 성분 추출을 위한 임계값 설정

앞서 살펴본 바와 같이 교통표지판의 R 성분 추출을 위한 H 범위는 S 성분에 따라 구간을 나누어 적응적으로 설정될 필요가 있다. 또한 H 성분의 범위가 너무 넓으면 교통표지판에 속하지 않으면서도 R 성분으로 판단되는 영역이 증가할 수 있기 때문에 임계값의 범위를 불필요하게 넓게 설정하는 것은 바람직하지 않다.

본 논문에서 제안하는 방법에서는 2절에서의 분석 결과를 토대로, S 성분을 기준으로 하여 구간을 세 개로 나누고 각 구간마다 서로 다른 H 성분 범위를 설정하여 사용한다. 이를 다음의 <표 1>에서 정리하여 나타내었다.

<표 1> 교통표지판 영역 검출을 위한 H 임계값 설정

구간	S 성분 범위	H 성분 범위
구간 1	$S \geq 0.6$	$0 \leq H \leq 20$ 또는 $340 \leq H \leq 360$
구간 2	$0.2 \leq S < 0.6$	$0 \leq H \leq 60$ 또는 $280 \leq H \leq 360$
구간 3	$0.058 \leq S < 0.2$	$0 \leq H \leq 80$ 또는 $210 \leq H \leq 260$

구간 1은 S 성분이 커서 색상이 명확하게 나타나는 경우로서 H의 범위를 가능한 한 제한하는 편이 바람직하다. 구간 2에서는 S 성분이 줄어들면서 H 성분의 분산이 증가함을 고려하여 H의 범위를 확장하여 사용한다. 그리고 구간 3은 S 성분이 너무 작아서 영상의 색상이 왜곡된 경우로서 임계값의 중심 위치를 파란색 방향으로 이동한 범위를 적용한다.

2) 실험 결과

제안 알고리즘의 성능 실험을 위해 Urive Albatross2, Inabi, VGR_vg10s 등 3가지 영상을 사용하였다. 그리고 성능을 평가하기 위해서 실제 도로영상에 나타나는 모든 교통표지판을 대상으로 하되, 검출 알고리즘을 통해 R 성분이라고 추출한 영역의 면적이 실제 교통표지판의 테두리 면적의 60%를 넘는 경우를 검출된 것으로 간주하였다. 실험에서는 보다 정확한 형상을 만들기 위해서 컬러 필터링 이후에 모폴로지 연산을 적용하여 잡음을 제거하고 구멍을 채우는 과정을 거친다.

기존의 대부분 컬러 필터링에서는 고정된 임계값을 사용하는 것이 일반적이다. 각각의 방법마다 약간의 차이는 있지만 HSV 공간을 사용하는 경우를 보면, H의 범위는 빨간색의 기준이 되는 0°를 중심으로

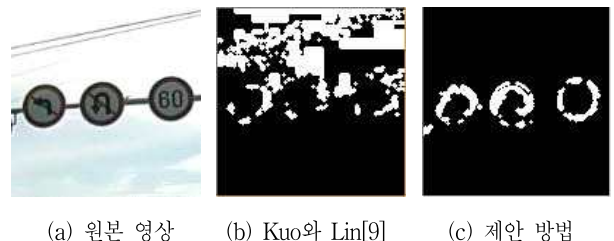
양의 방향과 음의 방향 양쪽을 고려하며 S의 범위는 일정값 이상이 되도록 선택한다[7-9]. 본 논문에서는 제안 방법과의 성능 비교를 위해서 Kuo와 Lin의 방법[9]과 비교하였다. Kuo와 Lin은 R 추출을 위한 H 성분의 범위로서 $0 \leq H \leq 20$ 또는 $324 \leq H \leq 360$ 를 그리고 S 성분의 범위로서 $0.1 \leq S \leq 1$ 를 사용하였다.

다음의 <표 2>에서는 실험결과를 카메라 종류에 따른 영상별로 정리하여 나타내었다. 본 논문에서 사용한 실험 영상에 대해 제안 방법의 교통표지판 영역 검출 성능이 고정된 임계값을 사용하는 경우보다 대폭 향상되었음을 알 수 있다. 특히 제안 방법은 태양광이 정면에서 비추는 경우와 같이 색상이 뚜렷하지 않고 채도가 낮은 조도 환경에서 강인한 결과를 보였다.

<표 2> 실험결과

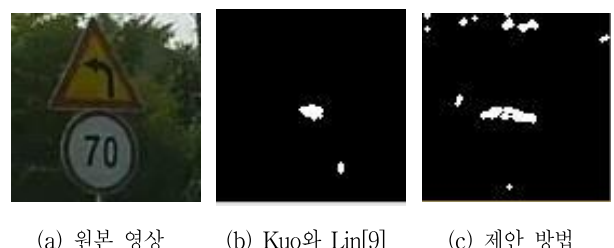
실험 영상 (카메라 종류)	표지판 개수	검출 성공 표지판 개수	
		Kuo와 Lin [9]	제안방법
Urive Albatross2	32	14 (43.8%)	29 (90.6%)
Inabi	7	3 (42.9%)	5 (71.4%)
VGR_vg10s	4	2 (50.0%)	4 (100%)
총합	43	19 (44.2%)	38 (88.4%)

[그림 4]에서는 검출 결과 영상을 예시로 나타내었다. 고정 임계값을 사용하는 경우에는 특정한 조도 환경에서 빨간색 성분을 추출하려다 보니 신뢰도가 떨어지는 낮은 S값 범위에서도 동일한 H 범위를 적용하기 때문에 하늘 영역에서 오류가 발생함을 볼 수 있다. 반면 제안 방법의 교통표지판 영역 검출 성능이 우수함을 확인할 수 있다.



[그림 4] 성능 비교 결과 영상

한편 다음의 [그림 5]에서는 검출이 실패한 사례를 예시로 제시하였다. 그림 (a)의 원본 영상을 통해 원형 및 삼각형의 교통표지판 내 빨간색 테두리의 색상이 상당히 왜곡되어 있음을 볼 수 있다.



[그림 5] 검출 실패 사례

5. 결 론

Multimedia and Expo, pp.1427-1430, July 2007.

본 논문에서는 교통표지판 영역을 효율적으로 추출하기 위해 고정 임계값 대신 가변적인 임계값을 사용하는 컬러 필터링 방법을 제안하였다. 태양광의 방향, 날씨의 변화, 카메라의 종류 등 다양한 환경적인 변수를 고려하여 실험 영상 집합을 구성하고 실험 영상에서 나타나는 교통표지판의 빨간색 영역의 H 성분과 S 성분 사이의 상관성을 분석함으로써 R 성분 추출을 위한 임계값을 설정하였다.

실제 도로 주행 영상에 대해 실험한 결과 고정된 임계값을 사용하는 경우에 비해 교통표지판 영역의 검출 성능이 대폭 향상되었음을 확인할 수 있었고, 결론적으로 제안 방법이 다양한 환경변수에 대해 강인한 알고리즘이라는 결론을 도출할 수 있었다.

향후 차량 유리의 색상에 따라 영상의 전반적인 색감이 달라지는 경우에 대응하기 위한 연구와 함께, 제안 방법을 통해 검출된 교통표지판 영역의 실제 교통표지를 인식하는 과정과 결합하는 연구를 진행하고자 한다.

참고문헌

- [1] 허필선, “차량용 첨단 주행보조 시스템(ADAS)확산요인 분석 및 시사점”, 한국통신학회 하계학술대회논문집, pp. 942-945, 2009.
- [2] 유훈재, 손광훈, “영상 기반 지능형 자동차 기술”, 대한전자공학회지, 제39권 제2호, pp.76-84, 2012년 2월.
- [3] 이태우, 임광용, 배건태, 변혜란, 최영우, “지능형 자동차를 위한 조명 변화에 강인한 도로표지판 검출 및 인식”, 한국정보과학회논문지, 제42권, 제2호, pp.203-212, 2015년 2월.
- [4] Ding Dajun, 이찬호, “고속 교통 표지판 인식 알고리즘”, 전기전자학회논문지, 제16권, 제4호, pp.356-363, 2012년 12월.
- [5] FeiXiang Ren, Jinsheng Huang, “General traffic sign recognition by feature matching”, Proc. of International Conference Image and Vision Computing, pp.409-411, New Zealand, 2009.
- [6] Siti Sarah Md Sallah, Fawnizu Azmadi Hussin, Mohd Zuki Yusoff, “Road sign detection and recognition System for real-time embedded applications”, Proc. of International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering, pp.213-218, Pahang, Malaysia, 2011.
- [7] José María Armingol, José Manuel Pastor, and Francisco José Rodríguez, “Visual sign information extraction and identification by deformable models for intelligent vehicles”, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, vol. 5, no.2, pp.57-68, June 2004.
- [8] S. Maldonado-Bascon, S. Lafuente Arroyo, P.gil-Jimenez, H. Gomez-moreno, F Lopez-Ferrerias, “Road-Sign Detection and Recognition Based on Support Vector Machines”, IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, vol. 8, no.2, pp.264-278, June 2007.
- [9] Wen-Jia Kuo, Chien-Chung Lin, “Two-stage road sign detection and recognition,” Proc. of International Conference on