
형태학적 전처리 후 색상을 이용한 교통 신호의 검출

김창대* · 최서혁 · 강지훈 · 류성필 · 김동우 · 안재형

*충북대학교 정보통신학과

Detection of Traffic Light using Color after Morphological Preprocessing

Chang-dae Kim*, Seo-hyuk Choi, Ji-hun Kang, Sung-pil Ryu, Dong-woo Kim, Jae-hyeong Ahn

*Chungbuk National University

E-mail : changdaekim@chungbuk.ac.kr

요 약

본 논문은 자동차 자율주행에 필요한 신호등 신호의 검출 성능을 개선시키는 방법을 제안한다. 일반적인 교통신호등 검출연구는 색상 임계치, 템플릿 매칭, 학습기 기반 등의 방법을 사용한다. 그러나 조도 차이로 인한 인식을 저하와 느린 처리속도 문제가 있다. 제안한 방법은 형태학적 전처리 후 검출마스크를 통해 교통신호등 영역검출 및 인식을 제안한다. 먼저 영상을 조도에 강건하게 하기 위해 입력 영상을 YCbCr로 변환하고, Y채널에서 수평에지 성분을 추출한다. 그 후 신호등의 형태학적 특징을 이용하여 영역을 검출한다. 마지막으로 색상을 이용하여 신호등을 검출한다. 제안 방법을 다양한 환경에서 적용하여 기존 알고리즘보다 검출율과 처리 속도가 향상되었음을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper proposes an improve method of the detection performance of traffic lights for autonomous driving cars. Earlier detection methods used to adopt color thresholding, template matching and based learning maching methods, but its have some problems such as recognition rate decreasing, slow processing time. The proposed method uses both detection mask and morphological preprocessing. Firstly, input color images are converted to YCbCr image in order to strengthen its illumination, and horizontal edge components are extracted in the Y Channel. Secondly, the region of interest is detected according to morphological characteristics of the traffic lights. Finally, the traffic signal is detected based on color distributions. The proposed method showed that the detection rate and processing time improved rather than the conventional algorithm about some surrounding environments.

키워드

신호등 검출, 자율 주행, 주행 보조, 형태학적 검출

1. 서 론

최근 세계에서 자동차의 자율 주행이 화제가 되고 있다. 국제전자제품박람회 CES 2015에서 발표된 아우디의 자율주행차량 등 여러 자동차회사에서 이미 높은 수준의 자율주행자동차가 나올 정도로 활발히 연구되고 있다. 완벽한 자율 주행

을 위해서 프로세서의 정확한 인식과 판단이 필요하다. 예를 들면 차량이 신호등에서 30m ~40m 전에 신호등을 인식하여 제동해 속도를 줄이거나 유지하는 방법이 있다. 이런 방법은 컴퓨터 비전으로 해결할 수 있다. 컴퓨터 비전이란 기계의 시각에 해당하는 부분을 연구하는 연구 분야이다. 교통 신호등 검출 방법은 크게 RGB와 HSI 영

상에서 임계값을 이용하여 검출하는 방법과 엣지 정보와 매칭을 이용하여 검출하는 방법이 있다.

Jia Li[1]는 밤 시간대의 HSI영상에서 임계값을 이용하여 신호등의 후보영역을 정한다. 그리고 이진 영상에서 화소수를 카운팅하여 실험을 통해 정해진 임계값을 넘으면 검출이 된다. 장점은 단순하고 효율적이고 실시간 처리가 된다. 그리고 날씨와 조명에 강건하다. 하지만 밤 시간대의 영상을 실험하였기 때문에 낮 시간대에 대한 적용이 어렵다. Omachi[2]는 조도에 강건한 정규화된 RGB영상에서 임계값을 이용하여 신호등 후보영역을 검출한다. 검출된 영상에서 엣지 정보로 매칭하여 신호등을 검출한다. 이 방법이 본 논문에서 엣지를 이용한다는 점이 비슷하다. 정확도가 높고 처리 속도가 빠르다는 장점이 있지만, 신호등 크기와 비슷한 원이 많이 있는 복잡한 배경에서는 검출률이 떨어진다. Kim[3]은 색파장을 이용하여 교통신호등의 후보영역을 검출하고 CBIR(content-based image retrieval)기반의 신호등 검색과 허도르프 거리매칭을 이용하여 인식한다. 복잡한 배경에서도 인식률은 높지만, 처리속도가 느리다.

본 논문의 순서는 서론에 이어 2장에서 신호등 검출 방법을 자세하게 설명하고, 3장에서 제안한 방법의 실험 결과를 설명하고 4장에서 향후 연구를 설명하며 결론을 맺는다.

II. 신호등 검출

신호등을 검출하기 위해서는 먼저 입력영상에서 신호등이 있는지를 판단한 후 신호등이 있다고 여겨지면, 신호등의 형태학적 모양을 근거로 신호등 영역을 추출한다. 그 후 신호등 영역에서 검출되어 있는 신호를 색상을 근거로 판단한다. 이러한 알고리즘의 처리순서를 그림 1에 나타내었다.

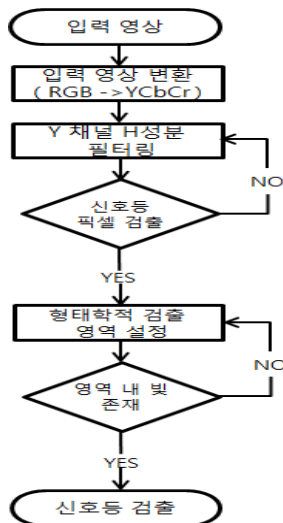


그림 1. 제안한 알고리즘의 처리순서

2.1 YCbCr 변환 후 H성분 필터링

일반적인 신호등은 가로가 세로보다 길다는 특징 때문에 수평변화량(수직에지)보다 수직변화량(수평에지)을 이용하면 신호등의 후보영역을 더욱 효과적으로 검출할 수 있다. 수직변화량 필터링을 하기 전에 먼저 원 영상을 YCbCr로 변환한다. 변환하는 이유는 RGB영상에서보다 조도에 영향을 적게 받기 때문이다. 신호등의 순수 명암성분인 Y채널에서 수직변화량 성분을 분리하기 위하여 식 (1)의 미분 필터를 3×3 크기로 적용한다.

$$D(x, y) = 3[Y(x, y-1) - Y(x, y+1)] \quad (1)$$

이 미분 필터를 그림 2의 신호등 영상에 적용한 결과를 그림 3에 명암영상으로 나타내었다.



그림 2. 신호등 검출에 사용한 샘플 영상

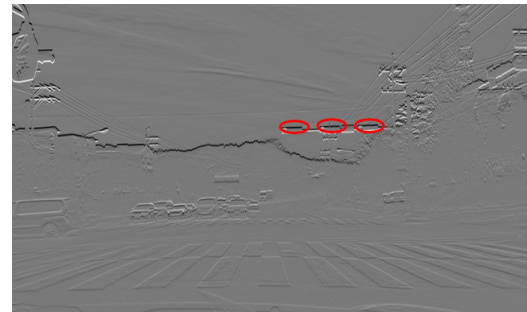


그림 3. 신호등 영역의 수직변화량

그림 3에서 빨간색으로 표시한 부분이 실제 신호등 영역이다. 여러 영상에서 신호등 영역에 해당하는 수직변화량의 범위를 측정하니 대부분 [0,0.3]이내에 속하였다. 이 임계값을 갖고 전처리를 하면 그림 4와 같이 불필요한 배경부분의 데이터들은 없어지며 네모박스로 표시한 실제 신호등 영역은 남아있게 된다.



그림 4. 임계값으로 필터링한 결과

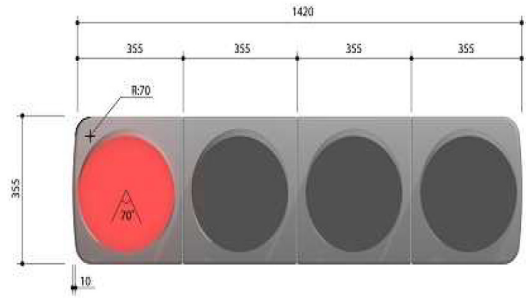


그림 6. 신호등의 제원

2.2 형태학적 신호등 검출영역 설정

신호등 후보 영역을 형태학적으로 검출하기 위해 먼저 2.1절에서 구한 임계값으로 필터링을 한 후 잡음을 줄이기 위해 열림연산을 한다. 이때 필터의 크기는 9×9 이다. 열림연산은 필터크기보다 작은 픽셀들을 삭제해주는 연산이다. 이 연산을 해도 불필요한 픽셀들이 많아진다. 그렇기 때문에 신호등 영역에 해당하는 연속된 픽셀들의 조건을 식 (2)와 같이 네모박스로 정의하였다.

$$(height = 5) \text{ and } (6 < width/height < 12) \quad (2)$$

그림 5는 식 (2)를 적용한 결과 픽셀을 나타낸 것이다.



그림 5. 임계값으로 검출된 결과

그림 5에서 나타낸 검출 픽셀들은 실제 신호등의 픽셀은 일부 포함하나 신호등의 외곽부분을 포함하지 않을 수 있다. 실제 신호등 후보영역을 설정하기 위해 신호등 제원을 경찰청 LED교통신호등 표준지침[4]에서 확인해보니 신호등의 크기는 그림 6과 같이 가로 1420mm, 세로 355mm로 가로 대 세로 비율이 4:1이었다.

그림 5에서 검출된 영역 즉, 화이트 픽셀이 있는 경우에만 검출마스크로 신호등 후보영역이 설정된다. 검출마스크로 영역을 설정하는 방법에는 신호등 제원을 적용하고, 실제 신호등 크기만큼 확대하여야 하므로 그림 5에서 검출된 네모박스의 가로를 1.3배하고 세로를 3배 확대하였다. 화이트 픽셀에서 검출마스크로 후보영역을 설정하면 그림 7과 같은 결과가 나온다. 화이트 픽셀이 있는 경우만 영역을 설정하고 그 영역에서만 검출하기 때문에 연산량이 많이 줄어들고 오검출이 적어진다.

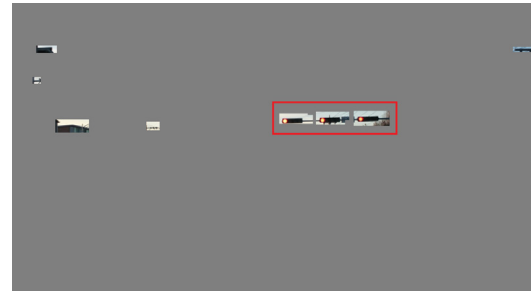


그림 7. 신호등의 후보영역

2.3 색상을 이용한 신호등 검출

신호등 검출에 앞서 영상의 모든 영역에서 색상만 이용하여 검출한다면 복잡한 배경인 경우 간판, 강한 햇빛 등의 요인으로 인해 오검출률이 높고 처리 속도도 다소 떨어진다. 그래서 제안한 방법으로 처리를 하고 검출 단계를 진행하면 검출률과 처리 속도가 높아진다. 신호등 검출에는 색상을 사용하여 검출한다.

검출하기 전 2.1절의 YCbCr로 변환된 영상을 사용한다. 신호등은 빨간색, 주황색, 초록색 총 3가지로 구성되어 있기 때문에 검출하기 위해 각각 색상에 대한 임계값을 설정해야 한다. 임계값을 설정할

때 색상을 이용하기 때문에 휘도와 청색의 색차인 Cb, 휘도와 적색의 색차인 Cr을 사용한다. 표 1은 여러 실험을 통해 얻은 임계값이다.

표 1. 신호색에 대한 임계값

	Cb	Cr
빨간색	77 ~ 100	130 ~ 190
주황색	125 ~ 135	50 ~ 100
초록색	70 ~ 85	190 ~ 200

그림 7에서 설정된 영역에서만 표 1의 임계값을 적용하여 신호색을 필터링하기 때문에 처리시간도 빠르고 주변 배경의 영향도 안 받는다. 그림 8은 표 1의 임계값을 적용한 결과영상이다.



그림 8. 빨간색 신호 검출 결과

그림 8에서 알 수 있는 바와 같이 3개의 교차로 신호등 모두에서 빨간등이 검출되었다.

III. 실험 결과

제안한 방법에 사용된 실험 영상은 낮시간대에 실제 도로 주행 시 스마트폰으로 촬영하였고, 832×468 픽셀 크기의 W6M급 칼라 영상이다. 또한 윈도우 7 64bit OS환경(CPU: Intel(R) Core(TM) i3-2100 3.10GHz, RAM: 4GB)을 사용하여 구현하였다. 제안한 방법의 신호등 검출 성능을 표 2에 나타내었다.

표 2. 검출률과 처리시간

	kim의 방법[6]	제안 방법	
		검출률	처리시간
실험 영상 수	125개	빨간색 점등	28개
		주황색 점등	7개
		초록색 점등	50개
		소 계	85개
인식 성공 영상 수	104개	72개	
검출률	83.2%	84.7%	
영상 1개당 처리시간	0.68초	0.53초	

표 2에 따르면 제안방법의 처리시간은 기존 방법보다 0.1469초 더 빨라졌고, 검출률도 1.5% 늘었다는 것을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 신호등의 형태학적 특징을 이용하여 필터링한 영상을 검출 마스크로 후보영역을 설정한 후, 색상을 이용하여 신호등을 검출하는 알고리즘을 제안했다. 제안한 방법은 나무가 있는 배경 등 복잡한 환경에서 관심영역 외에 요소를 제외하기 때문에 검출률이 높아졌다. 또한, 모든 영역에서 검출한 것이 아니라 신호등의 특징에 따라 설정된 영역에 대해서만 검출하기 때문에 빠른 처리 속도가 나왔다. 하지만 정방향 신호등에 대해서 연구하였기 때문에 신호등을 비스듬하게 촬영할 경우 검출률이 떨어지는 단점이 있다. 또한 육교에 부착된 신호등의 검출률이 떨어진다. 따라서 좀 더 정밀한 신호등 검출을 위해서 향후 신호등 뒤에 육교와 같은 객체가 있는 경우에 대한 연구와 밤시간대, 악천후 상황에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] Jai. Li, "An efficient night traffic light recognition method", Journal of information & computational science, vol.10, no.9, pp.2773-2781, 2013.
- [2] M. Omachi and S. Omachi, "Traffic light detection with color and edge information", Int. IEEE conf. on Computer Science and Information Technology, pp. 284-287, 2009.
- [3] Kim sun dong, "Development of Traffic Light Automatic Discrimination System Using Digital Image Processing Technology", Journal of the institute electronics & information engineers, vol.46, no.2, 2009.
- [4] 경찰청, "LED 교통신호등 표준지침".
- [5] R. C. Gonzales and R. E. Wood, Digital image processing, Prentice Hall, 2001.
- [6] Kim jong bae, "Traffic Lights Detection Based on Visual Attention and Spot-Lights Regions Detection", Journal of the institute electronics & information engineers, vol.51, no.6, 2014.