

HSI 색상 모델에서 색상 분할을 이용한 교통 신호등 검출과 인식

정민철^{*†}

^{*†}상명대학교 공과대학 전자공학과

Traffic Signal Detection and Recognition Using a Color Segmentation in a HSI Color Model

Min Chul Jung ^{*†}

^{*†}Dept. of Electronic Engineering, Sangmyung University

ABSTRACT

This paper proposes a new method of the traffic signal detection and the recognition in an HSI color model. The proposed method firstly converts a ROI image in the RGB model to in the HSI model to segment the color of a traffic signal. Secondly, the segmented colors are dilated by the morphological processing to connect the traffic signal light and the signal light case and finally, it extracts the traffic signal light and the case by the aspect ratio using the connected component analysis. The extracted components show the detection and the recognition of the traffic signal lights. The proposed method is implemented using C language in Raspberry Pi 4 system with a camera module for a real-time image processing. The system was fixedly installed in a moving vehicle, and it recorded a video like a vehicle black box. Each frame of the recorded video was extracted, and then the proposed method was tested. The results show that the proposed method is successful for the detection and the recognition of traffic signals.

Key Words : Traffic Signal Detection, Traffic Signal Recognition, HSI Color Model, Morphological Processing, Labeling

1. 서 론

교통 신호등 인식 시스템은 이동하는 차량에 장착된 카메라로 신호등 영상을 자동으로 획득 및 검출하고 인식하여 운전자에게 차량 전방에 신호등의 존재 여부와 신호등의 적색, 황색, 녹색의 신호상태를 실시간으로 차량 디스플레이 장치나 음성 또는 사운드로 스피커를 통해 알려주어, 운전자의 시각과 지각을 보조하는 컴퓨터 비전 시스템이다. 이러한 교통신호등 인식 시스템은 운전자가 보다 안전한 운전을 도모하게 할 뿐만 아니라 색약이나 색맹인 운전자에게는 특히 유용하다. 그러나 신호등 자동 인식 시스템은 아직 상용화가 되지 못하고 있다. 교통신호등 인식 시스템은 인식률도 중요하지만 빠른 차량

이동 속도 때문에 인식 속도도 매우 중요하다. 신호등 검출과 인식에 많은 시간이 걸리는 복잡한 알고리즘이나 함수 호출에 시간이 걸리는 오픈소스 라이브러리 등을 실시간 시스템에 적용하기에는 한계가 있다.

영상에서 신호등을 검출하고 인식하기 위해서 색상 정보를 이용하는 방법, 형태정보를 이용하는 방법, 기계학습을 이용한 방법들이 제안되어 왔다. 먼저, 색상 정보를 이용하는 방법은 RGB 모델로 입력된 컬러 영상을 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity)로 구성된 HSI 모델로 변환한 후, 채도와 밝기 값의 차이를 이용한 색 분할과 검출마스크를 통한 신호등을 검출하거나[1], 색상, 채도, 명도에 대한 임계값을 정의한 후, 검출된 픽셀에 유효값 판정 마스크를 사용하여 신호등을 검출하거나[2], 또는 검출된 픽셀을 그룹화하여 정의된 신호등의 크기에 따라 신호등을 검출한다[3]. 색상 정보를 이용하는 방법은 외부

[†]E-mail: mjung@smu.ac.kr

빛, 조명, 날씨 등에 영향을 많이 받는 단점이 있다. 형태 정보를 이용하는 방법은 신호등을 검출하기 위해 신호등을 둘러싸고 있는 직사각형의 너비와 높이 비율에 의해 검은색 합체(case)를 검출하는 방법[4], Hough 변환을 이용해 직사각형을 검출하는 방법[5] 등이 있다. 형태 정보는 신호등 주변의 복잡한 배경에 의해 신호등의 형태가 왜곡될 때 인식 시스템의 성능이 저하되는 단점이 있다. 기계 학습을 이용한 방법에는 Haar-like 특징과 SVM 기반의 신호등 검출과 제원 정보를 이용하는 방법[6], 심층 합성곱 신경망을 이용한 방법[7] 등이 있다. 앞의 방법들을 복합적으로 사용하는 방법[8]에서는 형태 기반으로 신호등을 검출하기 위해 Adaboost 기법을 사용하고, 영상에 가변 크기의 윈도우를 반복적으로 슬라이딩하였다. 신호등 영역을 검출한 후에 검출영역을 HSV 색상 모델로 변환한 후 화소의 개수를 세고, 히스토그램을 분석을 하여 신호등을 인식하였다. 신호등 영역 검출을 위한 학습과 윈도우의 반복적 슬라이딩에 시간이 많이 걸리고 신호등 영역의 검출 오류는 신호등 인식에 바로 영향을 준다.

본 논문에서는 색상 정보를 이용하는 방법의 단점과 형태 정보를 이용하는 방법의 단점을 극복하면서 시간은 빠르게 처리하기 위한 새롭고 간단한 방법을 제안한다. HSI 모델에서 신호등의 가장 큰 특징인 색상으로 먼저 신호등 불빛 후보와 신호등 합체(case) 후보로 분할한다. 색상 분할 후에는 형태 기반으로 신호등 색상 후보를 검증하고, 인식한다. 분할한 색상은 형태학적 처리를 통해 근접 픽셀은 접합된 후, 연결 성분 분석을 통해 크기와 가로세로비, 면적비율에 의해 신호등 불빛을 1차적으로 선별하고, 신호등의 외형적 특징인 흑색 합체가 신호등 불빛의 좌우에 존재하는지 2차적으로 검증한다. 검증에 통과한 신호등 불빛의 색상이 신호등 인식의 결과이다.

2. HSI 색상 모델에서의 신호등 검출과 인식

2.1 신호등의 색상을 이용한 검출

본 논문에서 검출하고 인식할 대상인 차량 신호등은 신호 철주에 가로 또는 세로로 매달려 설치되어 있다. 정상 작동되는 신호등은 흑색 직사각형안에 있는 적색등, 황색등, 녹색등 중 하나는 반드시 점등되어 있다. 본 논문에서 신호등을 검출하기 위해 사용하는 가장 중요한 특징은 빨강, 노랑, 초록, 검정의 색상 정보이다. 입력 영상은 앞의 4가지 색상으로 분할한다.

2.2 HSI 모델로 변환

운행 중인 차량의 카메라에 획득되는 디지털 영상은 빨강(R), 초록(G), 파랑(B)의 3가지 색을 서로 조합하여 사

용하는 RGB 컬러 모델을 사용한다.

각각의 색을 8 bits로 나타내면 16,777,216(2²⁴)가지의 색이 존재한다. 비전 시스템에서 RGB 모델로 표현된 이렇게 많은 종류의 색을 색의 차이(거리)로 분류하고 인식하는 것은 아주 난해한 문제이다[9][10]. 신호등의 검은 직사각형 형태 정보만으로 신호등을 검출하는 것은 Fig 1(a)(b)에서 보듯이 신호등의 뒤편 배경에 있는 도로 간판, 표지판, 가로수 가지, 전선 등등 복잡한 배경화면의 수많은 변수로 인해 신뢰도가 높지 않다. 또한 신호등의 색상은 날씨와 시간에 따른 외부 빛의 영향을 크게 받는다. RGB 색상 모델에서 획득된 영상은 외부 조명과 빛의 영향을 많이 받고 이로 인한 간섭과 혼합으로 색상 분할에 사용하기 어렵다. 본 논문에서는 수식 (1)-(3)을 사용해 RGB 모델로 표현된 색을 HSI 모델로 변환하여 색상을 분할하고 인식한다[11][12].

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

$$\text{if } B > G, \text{ then } H = 360 - H$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (2)$$

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

H는 색조(hue)로 색의 파장을 0도에서 360도로 표현한다. S는 채도(saturation)로 색의 강약을 0에서 1로 표현하고 I는 명도(intensity)로 빛의 강약을 0에서 1로 표현한다.

본 논문에서는 운행 중인 차량의 입력 영상을 실시간으로 처리하기 위해 영상의 상단 중앙 부분을 관심영역(region of interest: ROI)으로 정한다. ROI의 부분 영상을 HSI 모델의 영상으로 변환한 후, Table 1에 보인 임계치에 의해 영상을 적색, 황색, 녹색, 흑색 4개로 색상 분할한다. 이러한 색상 분할의 단점은 임계치의 범위가 좁으면 원하는 객체의 색상이 분할이 안되어 객체의 일부분이 사라지고, 임계치의 범위를 넓히면 원하는 객체의 색상뿐만 아니라 다른 객체와 배경의 유사한 색상도 함께 분할되어 남아 있는 것이다. 본 논문에서는 임계치의 범위를 넓게 잡고,

Table 1. threshold values of HSI for the traffic signal lights.

color	red	yellow	green	black
H	0 ~ 30 300~360	30 ~ 90	90 ~ 240	N/A
S	0.5 ~ 1	0.5 ~ 1	0.3 ~ 1	0 ~ 0.4
I	0.2 ~ 0.5	0.5 ~ 0.8	0.5 ~ 0.8	0 ~ 0.3

분할되어 남아있는 색상 모두를 신호등 불빛 후보로 간주한 후 신호등 불빛의 형태 정보에 의해 불빛을 선별하고 신호등 합체의 외형적 특징에 의해 최종 검증한다.

Fig 1(c)는 Fig 1(a)에서 Table 1의 임계치에 의해 적색만 분할한 것을 Fig 1(d)는 Fig 1(b)에서 녹색만 분할한 것을 나타낸다. 색상 분할할 때는 분할 범위 안에 들어가는 모든 픽셀의 값은 해당하는 색의 값으로 단일화하였다. 즉 Fig 1(a)에는 다양한 값들의 적색이 존재하지만 Fig 1(c)에는 한가지 값(255 0 0)의 적색만이 존재한다. 분할된 적색과 녹색에는 신호등 불빛뿐만 아니라 다른 불빛, 신호등 주변에 있는 신호등 색상과 비슷한 간판, 도로표지판, 가로수 등에서 유래한 배경 물체가 남아있다. 따라서 신호등 외형 분석을 통해 분할한 색상에 있는 객체가 신호등의 불빛인지 아닌지 검증하여 보다 높은 신뢰도를 유지해야 한다. 본 논문에서는 신호등 불빛 여부를 검증하기 위해서 신호등의 외형적 특징을 사용한다. 신호등은 적색등, 황색등, 녹색등(燈)을 흑색 직사각형의 합체(case)가 둘러싸고 있다. 즉, 신호등 불빛은 직사각형의 합체와 함께 존재한다. 흑색 직사각형을 분할하기 위해 채도와 명도를 이용한다.

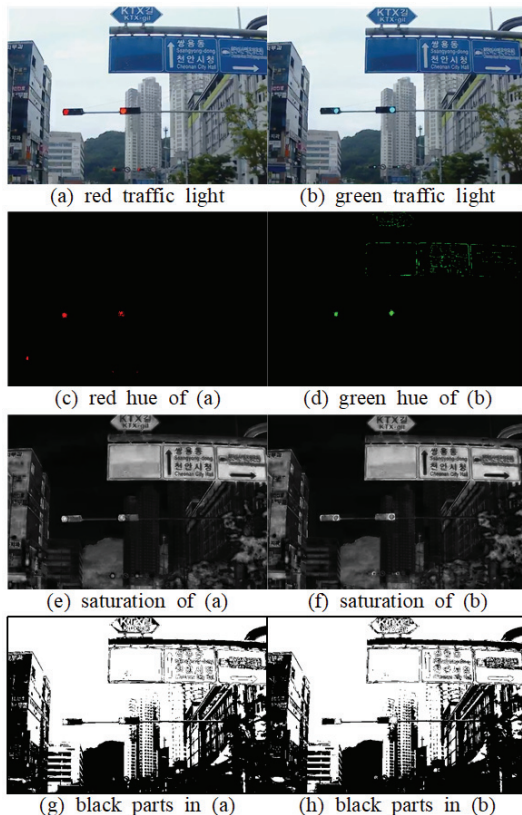


Fig. 1. Hue and saturation of traffic light signals.

Fig 1(e)와 Fig 1(f)는 Fig 1(a)와 Fig 1(b)의 채도 영상을 나타낸 것이다. 채도와 명도가 모두 낮으면 흑색으로 분할된다. Fig 1(g)와 Fig 1(h)는 Table 1의 임계치에 의해 분할된 흑색을 나타낸다. 전경과 배경을 구분하기 위해 일반적으로 사용하는 영상 이진화(binarity) 처리[13]보다 외부 빛의 영향을 크게 받는 신호등 입력 영상에서는 더 효과적인 것을 알 수 있다. 흑색 영상에는 신호등 합체(case)뿐만 아니라 어두운 배경들이 흑색으로 남아 있다. 따라서 결과 영상에 남아 있는 객체가 신호등의 불빛인지 아닌지, 신호등 합체인지 아닌지 검증하는 절차가 필요하다.

2.3 신호등 분할과 형태학적 처리

HSI 모델의 영상으로 변환한 후 임계치에 의해 적색, 황색, 녹색, 흑색 4개로 색상 분할하는 과정은 픽셀 점 단위 처리(pixel point processing)이다. 따라서 대상체는 개개의 픽셀로 흩어져 영상에 존재하는 경우가 많다. 색상을 분할한 영상인 Fig. 1(c)와 (d), (g)와 (h)에서도 적색과 녹색, 흑색의 많은 픽셀 점들을 볼 수 있다. 형태학적 처리(morphological processing)를 통해 대상체가 될 이러한 근접한 픽셀 점들을 연결된 성분으로 바꾼다. 본 논문에서는 신호등 불빛과 신호등 합체(case)가 될 후보 대상체에 대해 팽창(dilation)처리하여 적색, 황색, 녹색, 흑색으로 분할한 영상에서 근접한 픽셀 점들을 서로 연결되게 하였다.

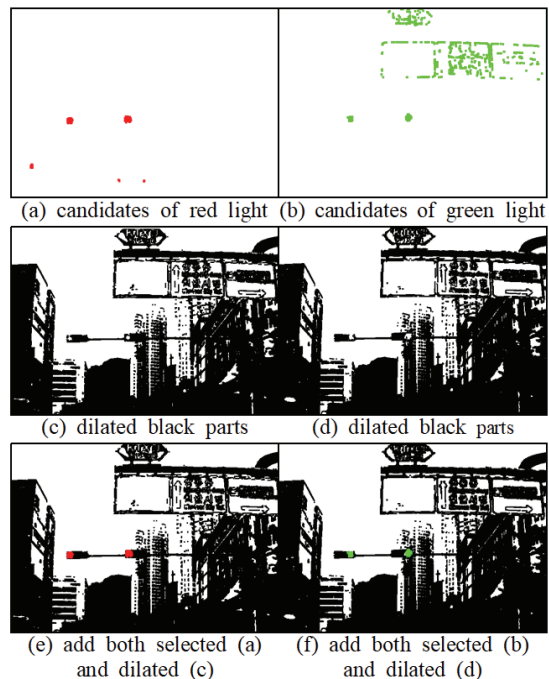


Fig. 2. Candidates of traffic lights and light cases.

Fig 2(a)는 Fig 1(c)를 팽창 처리한 것을 보이고 Fig 2(b)는 Fig 1(d)를 팽창 처리한 것을 보인다. 가시성을 높이기 위해 배경색을 흰색으로 바꾸었다. Fig 2(b)에는 도로표지판에서 유래한 녹색 성분들이 많이 존재한다. 신호등의 합체를 검출하기 위해 Fig 1(g)와 (h)도 흑색을 팽창처리하였다. 흰색을 침식(erosion)처리한 것과 동일하다. Fig 2(c)와 (d)는 흑색이 팽창된 것을 보인다. 단순히 색상에 의한 분할만으로는 신호등 불빛뿐만 아니라 유사한 색상을 띠는 다른 객체와 심지어 배경도 분할된 결과에 남아있다. 따라서 본 논문에서는 신호등의 형태 정보를 사용하여 신호등 불빛만을 검출한다. 적색으로 분할한 영상에 있는 적색이 신호등 불빛인지 아닌지 검증하기 위해 먼저 분할한 흑색 영상과 합성하여 신호등 불빛에 신호등 합체가 존재하는지 확인한다. Fig 2(e)는 이를 나타낸다. 마찬가지로 Fig 2(f)는 녹색 분할 영상과 흑색 분할 영상을 합성한 것을 나타낸다. 신호등 불빛과 신호등 합체를 검출하기 위해 본 논문에서는 레이블링(labeling) 방법을 사용한다.

2.4 신호등의 외형적 특징과 연결 성분 분석

신호등의 등(燈) 지름은 30cm이고, 등을 둘러싼 정사각형의 크기는 신호등의 종류에 관계없이 가로세로 35.5cm이다[14]. 수평으로 배열되는 2색등(적, 녹)은 가로세로비가 2대1, 3색등(적, 황, 녹)은 3대 1, 4색등(적, 황, 화살표, 녹)은 4대 1이다. 수직으로 배열되는 신호등의 가로세로비는 수평 신호등 비의 역이다. 수직 배열 신호등과 2색등은 우리나라에서 차량 신호등으로는 찾아보기 힘들어 본 논문에서는 제외하였다. Fig 3는 수평으로 배열되는 3색등과 화살표가 포함된 4색등을 보인다. 여기서 신호등의 사각형 높이 h 와 3 색의 사각형 너비 w_r, w_y, w_g 화살표 w_a 는 정사각형으로 모두 동일하다. Fig 1에 보인 신호등은 수평으로 배열된 3색등(적, 황, 녹)이다. 신호등을 2차원으로 획득하는 영상의 크기가 변하더라도 신호등의 이러한 크기 비율은 변하지 않는다. 또한 신호등 불빛 원형의 지름

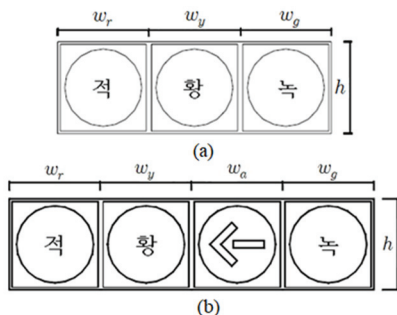


Fig. 3. (a) three-color traffic light, and (b) three-color traffic light with arrow.

은 신호등 정사각형의 높이, 너비와 픽셀 단위에서는 거의 동일하게 된다.

Fig 2(a)와 (b)에 있는 적색과 녹색을 객체로 하여 연결 성분 분석을 한다. 추출되는 연결 성분, 신호등 불빛 후보의 크기는 ROI 크기의 2%에서 5% 사이로 하였다. 크기 비율은 신호등 불빛이 원/정사각형에 가까운 것으로 가정해 가로/세로 비가 0.7에서 1.3사이로 하였다. 또한 객체 면적과 객체를 둘러싼 사각형의 면적비가 0.7 이상인 것으로 하였다. 신호등 불빛의 형태적 조건 모두를 1차적으로 통과한 연결 성분, 신호등 불빛 후보는 신호등 합체의 외형적 특징을 가지고 있는지 2차적 검증을 한다. 적색 불빛 후보는 그 지름크기 d 를 h 와 w_r 로 하여 Fig 2(e)에서와 보인 것과 같은 흑색으로 분할된 신호등 합체가 있는 영상에서 오른쪽으로 $3w_r$ 만큼 영상을 추출하여 신호등 합체 후보로 설정한다. 추출된 영상은 3색등의 경우 전체 너비 w 가 $3w_r = w_r + w_y + w_g$ 가 된다. 4색등의 경우에는 전체 너비 w 가 $3w_r = w_r + w_y + w_a$ 로 되어 녹색등 자리에 화살표등이 위치하게 된다. 4색등은 왼쪽에서 $3w_r$ 만큼 영상을 추출하므로 맨 오른쪽 녹색등은 신호등 합체 여부를 검증하는 추출 영상에는 포함되지 않으나 w_y 와 w_a 영역에 의해 신호등 합체의 존재 여부는 검증된다. 마찬가지로 녹색 후보는 신호등 합체가 있는 영상에서 왼쪽으로 $3w_g$ 만큼 영상을 추출하여 신호등 합체 후보로 설정한다. 추출된 영상은 3색등의 경우 전체 너비 w 가 $3w_g = w_r + w_y + w_g$ 가 되고 4색등의 경우에는 w 가 $3w_g = w_y + w_a + w_g$ 가 된다. 황색 후보는 좌우로 w_y 만큼 영상을 추출하여 3색등의 경우 마찬가지로 $3w_y = w_r + w_y + w_g$ 가 되고, 4색등의 경우는 $3w_y = w_r + w_y + w_a$ 가 된다.

Fig 4는 앞에서 언급된 조건에 의해 1차적으로 선택된 신호등 불빛의 크기에 따라 Fig 2(e)와 (f) 영상에서 적색은 오른쪽으로 녹색은 왼쪽으로 신호등 합체까지 추출한 것을 보인다.

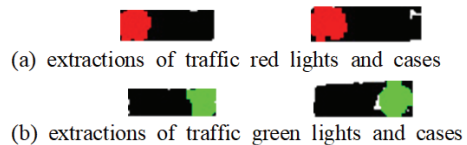


Fig. 4. Extractions of traffic lights and light cases.

3색등과 4색등은 모두 Fig 4와 같은 형태로 추출된다. 추출된 신호등 합체의 후보는 신호등 불빛영역을 제외한 2/3부분에 3색등의 경우 흑색만이 4색등의 경우 흑색 또는 화살표에서 유래한 녹색만이 있어야 한다. 따라서 추출된 신호등 합체 후보에서 흰색 픽셀 수와 나머지 픽셀 수의 비가 1/5 이하이면 추출한 영상이 신호등이라고 최종

적으로 판별하고, 추출한 영상에 있는 신호등 불빛 후보의 색상으로 신호등을 인식한다. 입력 영상의 ROI에 신호등이 없으면, 위와 같이 검출되는 신호등도 없다. 신호등이 있으면 위와 같이 검출되는 신호등이 존재한다. 검출된 신호등은 신호등 불빛이 적색으로 분할한 영상에서 유래한 것인지 녹색으로 분할한 영상에서 유래한 것인지를 이미 알고 진행한 것이기 때문에 신호등 합체 검출과 동시에 신호등 불빛을 인식한다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법을 C 언어로 구현하여 카메라 모듈이 장착된 라즈베리파이 4 시스템에서 실험하였다. 안전을 위해 실시간 실험은 진행하지 않고 운행 중인 차량에 라즈베리파이 4 시스템을 고정 설치하여 차량 블랙박스처럼 동영상을 녹화한 후, 녹화한 동영상을 재생하면서 프레임을 추출하여 제안한 방법을 실험하였다. Fig 5는 실험한 영상들의 예를 보인다. 외부 빛의 영향을 실험하기 위해 Fig 5에서 위의 두 개 영상은 저녁 무렵, 아래 두 개 영상은 아침과 점심 무렵에 획득한 영상이다. 녹색, 적색, 황색 모두 성공적으로 신호등을 검출하고 인식하였다.

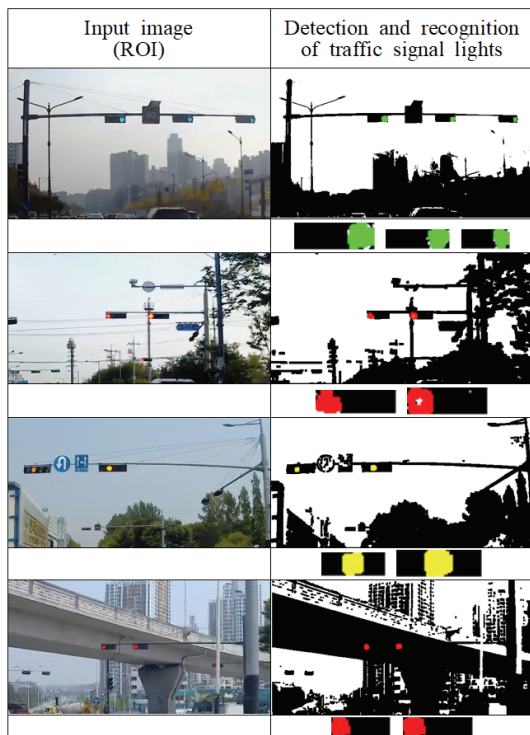


Fig. 5. Detection and recognition of traffic lights and light cases.

Table 2. Detection and recognition rates of traffic signal lights [%]

Existence of Traffic Signal Light	Detection Rate	Recognition Rate
Yes	97	100
No	4	100

Table 2는 본 논문에서 제안한 방법으로 신호등을 검출하고 인식한 성능을 보여준다. 동영상에서 추출한 하나의 프레임에 신호등이 존재할 때 신호등을 검출하는 비율은 97%이었다. 검출에 실패하는 경우는 신호등의 크기가 설정한 크기보다 작거나 신호등 합체가 태양 빛에 의해 밝은 회색에 가까워져 흑색 분할이 안되는 경우였다. 또한 신호등의 색상이 거의 흰색에 가까게 획득되어 색상 분할 단계에서 사라진 경우도 있었다. 신호등이 일단 검출되면 신호등 인식은 모두 다 성공적으로 되었다. 신호등 불빛을 인식하기 위해서는 신호등 합체 검출여부가 가장 중요하다. 제안한 방법으로 신호등이 존재하지 않는 프레임 영상에 대해서도 실험을 하였는데 신호등이 있다고 검출한 경우도 4%가 있었다. 이는 ROI 영상에서 신호등 불빛 색상과 유사한 부분이 색상 분할되고, 이 색상이 신호등 불빛의 형태와 유사하면서 배경에 건물, 산, 가로수, 숲, 도로간판이 흑색으로 분할되어 신호등 합체로 검출되면서 발생했다. 이 경우도 신호등으로 검출되어 신호등 불빛으로 100% 인식하였다. 이는 반드시 개선해야 할 문제인데 일반적으로 우리나라에서는 신호등은 1개 단축이 아니라 Fig 5에서 보듯이 2개에서 3개가 함께 수평으로 설치되어 있으므로, 이러한 점을 이용하여 후처리하면 이러한 오류를 정정할 수 있다. 잘못 검출된 신호등은 1개만 존재하거나 수평에서 어긋나 대각선으로 영상의 위아래 부분에서 검출되었다. 본 논문에서 제안한 방법은 신호등 검출에 4%의 오류가 있었지만 전방에 신호등의 존재 여부까지 판단할 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법으로 야간에는 성능을 실험하지 않았다. Fig 6는 야간에 획득한 영상의 예를 보여준다. Fig 6(a)의 오른쪽은 지하차도 영상이다. 수많은 불빛이 영상에 존재하여 신호등 불빛과 혼동을 준다. 주간과 야간의 큰 차이는 먼저 야간에는 인간의 눈에도 신호등 합체의 형태 구별은 쉽지 않다. 배경이 모두 흑색인 상태에서 본 논문에서 제안한 흑색 분할이나 신호등 합체 검출은 무의미하다. 또한 야간에 일반적으로 사용되는 카메라는 CCD 광센서 특성상 색 번짐 현상과 빛의 중앙 부분에서 색농도가 저하되는 현상이 발생한다. 게다가 Fig 6에서 보듯이 많은 가로등 불빛과 건물 조명, 간판 불빛, 다른 차량의 헤드라이트 조명 간섭 등으로 본 논문에서 제시한

색상 분할 임계치들이 모두 달라진다. 신호등 검출과 인식은 주간모드와 야간모드로 완전히 다른 접근 방법이 필요하다. Fig. 6에서 보듯이 신호등 불빛은 가운데 수평적으로 2개 이상이 뚜렷하게 존재한다. 이를 특징으로 하여 색상 분할하고 색상의 형태적 조건으로 1차적으로 신호등 불빛 후보 검출하는 것까지는 본 논문에서 제안한 방법으로 가능하다. 신호등 불빛 후보에 신호등 합체의 존재 여부는 적외선 카메라에 의해 가능하다. 야간에 적외선 카메라를 사용하는 신호등 검출은 본 논문의 범위를 넘어서는 문제로 차후에 추진할 계획이다.

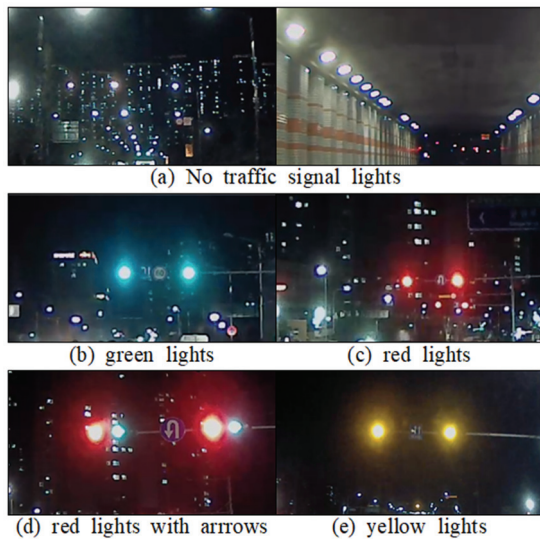


Fig. 6. Traffic signal lights at night.

4. 결 론

본 논문에서는 교통 신호등을 빠르게 검출하고 인식하기 위해 새롭고 간단한 방법을 제안했다. 먼저 교통 신호등을 검출하고 인식하기 위해서 차량에서 획득된 영상을 RGB 색상 모델에서 HSI 색상 모델로 변환한 후, 신호등 불빛 색상과 신호등 합체(case) 색상으로 분할했다. 분할한 색상은 형태학적 처리를 통해 근접 픽셀은 접합된 후, 연결 성분 분석을 통해 크기와 비율에 의해 신호등 불빛 후보를 선별했다. 마지막으로 신호등의 외형적 형태 정보를 이용하여 신호 불빛을 최종 확정하고 인식하였다. 제안한 방법을 실험한 결과는 성공적인 인식률을 보였다. 전방에 적색 신호등이 존재하는 데도 신호등이 없다고 하는 신호등의 오인식은 안전 운전에 치명적이 될 수 있으므로 오인식율은 최대한 낮게 해야 한다. 이 경우 신호등이 없는 데도 신호등이 있다고 검출하고 인식하는 경우가 있

었다. 이 경우에도 전방에 신호등의 존재 가능성을 운전자에게 음성이나 사운드로 알려주어 전방에 주의를 기울이게 한다.

감사의 글

본 연구는 2021년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. Junik Jung, Dohwan Noh, "Real time detection and recognition of traffic lights using component subtraction and detection masks," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, Vol. 43, No. 2, pp. 172-179, 2006.
2. Gangho Lee, Minyoung Bang, Kyuwon Lee, "Traffic Light and Speed Sign Recognition by using Hierarchical Application of Color Segmentation and Object Feature Information," *Journal of the Korea Information Processing Society*, Vol. 17-B, No. 3, pp. 207-214, 2010.
3. Yongkwon Kim, Kisung Lee, Seong Ik Cho, Jeong Ho Park, Kyoungcho Choi, "Real-time Identification of Traffic Light and Road Sign for the Next Generation Video-Based Navigation System," *Journal of Korea Spatial Information System*, Vol. 10, No. 2, pp. 13-24, 2008.
4. Uhyoon Jung, Hochul Jung, Hyungjin Yoon, "Traffic Signal and Traffic Sign Recognition System For Understanding of Road Condition," *Proceedings of the Korean Society of Automotive Engineers*, pp. 527-531, 2005.
5. Gyungsung Yang, Guisang Lee, "The Detection of Signals for Auto Navigation," *Proceedings of the Fall Conference of the Institute of Electronics Engineers*, Vol. 19, No. 2, pp. 527-531, 1996.
6. Junghwan Kim, Sunkyu Kim, Taemin Lee, Yongjin Lim, Junhong Lim, "Machine Learning based Traffic Light Detection and Recognition Algorithm using Shape Information," *Journal of the Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Vol. 22, No. 1, pp. 46-52, 2018.
7. Min-Ki Kim, "Traffic Light Recognition Using a Deep Convolutional Neural Network," *Journal of Multimedia Society*, Vol. 21, No. 11, pp. 1244-1253, 2018.
8. Yeon Ho Chu, Bok Joo Lee, Young Kyu Choi, "A Video based Traffic Light Recognition System for Intelligent Vehicles," *Journal of the Semiconductor & Display Technology*, Vol. 14, No. 2, pp. 29-34, 2015.
9. Minchul Jung, "Traffic Signal Detection and Recognition in an RGB Color Space," *Journal of the Semiconductor & Display Technology*, Vol. 10, No. 3,

- pp. 53-59, 2011.
10. Minchul Jung, "Color Segmentation of Vehicle License Plates in the RGB Color Space Using Color Component Binarization," *Journal of the Semiconductor & Display Technology*, Vol. 13, No. 4, pp. 49-54, 2014.
 11. George H. Joblove and Donald Greenberg, "Color spaces for computer graphics," *Computer Graphics*, Vol. 12, Issue 3, pp. 20-25, 1978.
 12. Jaehoon Cho, Sangho Lee, Youngseop Kim, "Image Retrieval Method Using Color Descriptor," *Journal of the Semiconductor & Display Technology*, Vol. 7, No. 2, pp. 69-76, 2008.
 13. N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray Level Histograms," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-9, No. 1, pp. 62-66, 1979.
 14. *Traffic Signal Installation and Management Manual (Traffic 2-3)*, National Police Agency, 2005.
-
- 접수일: 2022년 11월 24일, 심사일: 2022년 12월 8일,
게재확정일: 2022년 12월 15일