

# 교통 신호의 실시간 인식을 위한 교통신호등 추적 알고리즘

방민영, 이봉환, 이규원  
대전대학교 정보통신공학과

e-mail : mybang@pine.dju.ac.kr, {blee, kwlee}@dju.kr

## A traffic light tracking algorithm for real time recognition of traffic signal

Min-Young Bang, Bong-Hwan Lee, Kyu-Won Lee

Dept. of Information & Communications Engineering, Daejeon University

### 요 약

본 논문은 자동차 자동운행 시스템 연구 분야의 한 부분인 자동차 운행 중 도로상에 위치한 교통 신호등을 추적을 통해 검출하고, 인식하기 위한 방법과 관련된 연구이다. 교통 신호등은 색상 정보를 포함한 광원을 갖는 물체로서 표현되어지고 운전자에게 안전을 위해 준수해야 할 신호정보로써 제공되어진다. 본 논문에서는 이러한 교통신호등의 인식을 위해 명도 분포도를 이용하여 관심영역을 필터링하고, 마스크와 HSI 색 공간영역에서의 색상과 채도, 밝기 정보를 이용한 유효값을 검출, 좌표변환, 보간법, YUV 모델을 이용한 그레이 영상으로의 변환, 단합 연산, 선명화 연산, 템플릿 매칭 방법을 적용함으로써 가로등과 같은 주변 환경이 갖는 색정보로부터 교통 신호등의 신호를 검출하고 인식하도록 하였다.

### 1. 서론

자동차 보유량의 급격한 증가와 여성운전자 확대, 운전자의 노령화에 의한 운전자 계층의 다양화, 교통 혼잡등과 같은 운전 요소 및 환경의 변화로부터 운전자의 운전 편의성을 높이고, 교통 사고량과 경제적 손실을 줄이기 위하여 안전성을 개인의 능력에만 의존하던 것을 탈피해 자동차와 기계, 전자, 통신, 제어, 인공지능 등 각종 첨단 기술을 접목시켜 운전자가 주행에 신경 쓸 필요 없이 자동으로 목적지까지 사고 없이 도착하도록 하는 미래형 자동차인 지능형 자동차의 자동운행 시스템과 관련하여 연구가 활발히 진행되고 있다.

자동운행 시스템을 구성하는 한 부분인 영상인식 분야는 주행 가능여부를 결정짓는 도로의 상태 정보를 파악하는데 목적이 있다. 운전 중 도로로의 진입 가능여부 및 다른 차선에서의 차량들의 흐름, 다른 차량들로부터의 안전을 보장하기 위한 약속으로 중요정보를 포함하고 있는 교통신호등은 도로주행 시 실시간으로 변화하는 교통 흐름에 대한 환경정보를 가시적으로 제시한다. 이는 자동운행 시스템에서 주행을 위한 보조적인 환경변수로서 작용하며, 도로상황 인식을 위해 중요한 의미를 가진다. 이를 위한 교통신호등의 검출과 인식 능력은 자동운행 시스템에 꼭 필요한 부분이기도 하다.

기존의 교통신호등 검출과 인식을 위해 몇몇 연구들에서 보여준 원본 영상으로부터 이진화, 혹은 그레이 변환을 수행하고 교통신호등과 배경의 경계선을 검출하기 위해

에지를 탐색하는 방법이다. 하지만 에지를 검출하여 객체에 대한 외곽선을 추출하는 방법은 밤 시간대의 어두운 환경이나 복잡한 환경에서는 교통신호등의 외곽선을 검출하는데 어려움이 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 본 논문에서는 광원을 갖는 물체에 대한 직접 접근을 제안함으로써, 어두운 환경과 복잡한 환경에서도 교통신호등을 검출하고 인식할 수 있도록 하였다.

본 논문의 2장은 2.1절과 2.2절로 나누어 2.1절에서는 교통신호등 인식을 위한 관심영역에 대하여 정의하고, 2.2절에서는 교통신호등 인식 시스템의 인식 과정을 8단계로 설명하였다. 그리고 3장에서는 실험 및 결과에 대하여 설명하였으며, 4장에서 결론을 제시하였다.

### 2. 교통신호등 인식 시스템

#### 2.1 관심영역(A Region Of Interest)

본 논문에서 제시한 알고리즘은 도로주행시 교통신호등은 운전자의 전방 상단부분에 위치한다는 것에 착안하여 이를 입력 영상에서 신호등의 위치를 검출하기 위한 관심영역으로 제한하였다. 또한 신호등과 주행 차량과의 거리는 50m정도로 횡단보도 예고표시가 있는 위치와 유사한 거리로 제한하였다.

제한된 거리에서 교통신호등은 8X8 픽셀의 크기를 가지며, 거리가 가까워짐에 따라 일정한 비율로 커진다. 이는 관심영역에서 추출될 수 있는 교통신호등의 크기와 관

런이 있으며, 교통신호등의 크기는 신호등의 출현 유/무를 판단하고 신호를 인식하는 것과 관련이 있다.

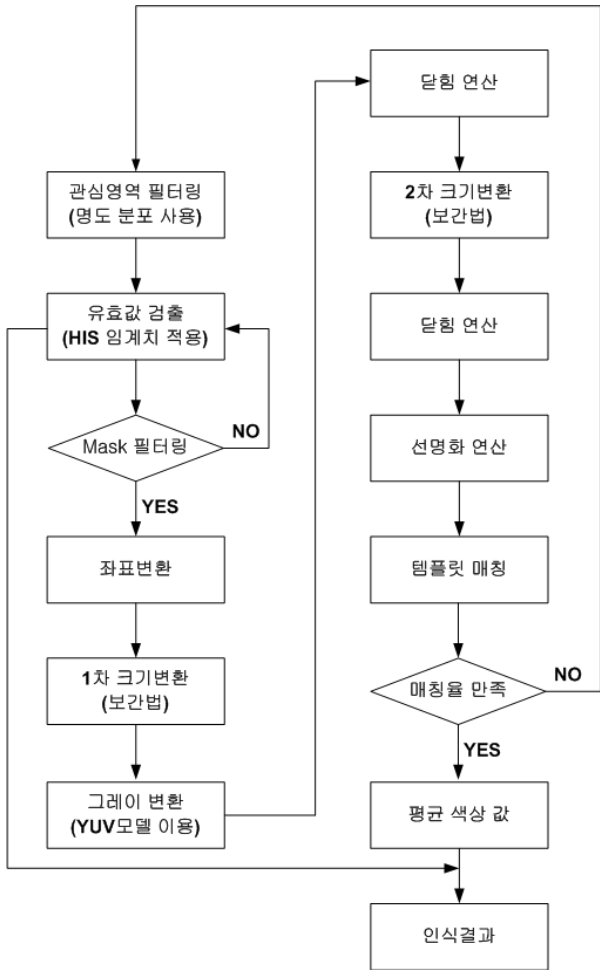
2.2 교통신호등 인식 시스템의 구현

본 논문에서 제안하는 교통신호등 인식 시스템의 구현을 위해 RGB 색상 정보보다 밝기의 변화에 덜 민감한 HSI 컬러모델을 이용하였으며, 교통신호등이 제안된 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity) 컬러정보를 이용하여 검출될 수 있도록 하였다.

(그림 1)은 본 논문에서 제안한 일련의 인식과정을 간단하게 표현한 것이다.



(그림 2) 원영상



(그림 1) 인식 과정

2.2.1 명도 분포도를 이용한 1차 필터링

입력 영상이 프레임 단위로 가지는 명도 분포를 이용하여 광원을 가지지 않는 물체에 대한 1차 필터링을 수행하였다.

(그림 2)는 원영상을 나타내고, (그림 3)은 (그림 2)의 관심영역에 해당하는 부분을 명도 분포를 이용하여 필터링을 수행한 결과를 나타낸다.



(그림 3) 관심영역의 1차 필터링

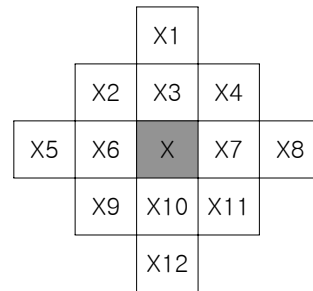
2.2.2 HSI를 이용한 교통신호등 검출

관심영역 내에서 교통신호등이 갖는 각각의 신호정보에 대하여 HSI 컬러모델을 이용한 임계치를 정의하였으며, 교통신호등의 추적을 구현하였다. <표 1>은 추적을 통해 정의된 HSI 임계치 테이블이다. 채도와 명도는 0부터 1사이의 실수값으로 정의하였다.

<표 1> HSI 임계치 테이블

	빨강	초록	노랑	min~max
H	0~10, 350~360	160~200	30~40	0~360
S	0.7~1			0~1
I	0.55~0.65			0~1

2.2.3 마스크를 이용한 유효값 판정



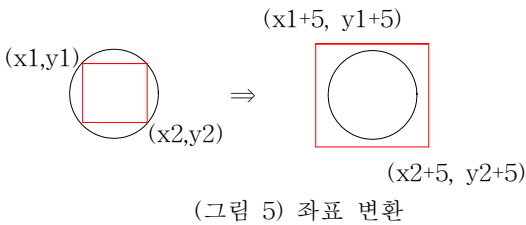
(그림 4) 유효값 판정 마스크

본 논문에서는 교통신호등의 검출을 위해 각 프레임

단위로 각 픽셀의 색 정보를 판독하는 방법을 취하였다. 이때, 임계치 테이블에 정의된 색상 정보를 만족하는 픽셀이 존재할 경우 그것을 (그림 4)와 같이 X라 하고, X를 기준으로 주변의 색상 정보를 파악하여 유효한 색 정보 인지를 판정함으로써 잡음에 대한 처리가 가능하도록 하였다.

2.2.4 교통신호등 추적

관심영역 내에서 교통신호등에 대한 추적은 앞에서 정의한 HSI 임계치 테이블과 마스크를 통해 프레임상의 신호가 시작되는 (x1, y1), 신호가 끝나는 (x2, y2) 좌표를 구함으로써 구현하였다. 하지만 마스크를 통한 전처리 과정에서 교통신호등의 불빛에 대한 검출은 원형의 신호를 사각형의 형태로 바꾸는 결과를 가져오기 때문에, 온전한 교통신호등의 불빛을 검출하기 위해 얻어온 x, y 좌표를 (그림 5)와 같이 (x1+5, y1+5), (x2+5, y2+5)로 변환하여 주었으며, 영상에서의 결과는 (그림 6)과 같이 나타난다.



(그림 6) 교통신호등 추적

2.2.5 추적 영상의 1차 크기변환

(그림 6)에서와 같이 관심영역에서 검출된 교통신호등은 50X50 픽셀 사이즈의 이진화 영상 형태로 정의한 교통신호등 템플릿과의 매칭을 위하여 50X50 픽셀 사이즈로 변환하였다. 이때의 영상은 벡터 영상이 아니므로 작은 영상에서 큰 영상으로의 확대과정은 픽셀단위의 영상 깨짐 현상을 가져오게 된다. 따라서 본 논문에서는 보간법(Interpolation)을 이용하여 영상 깨짐 현상을 최소화하였다.

2.2.6 닫힘(Closing) 연산

2.2.5절에서와 같이 크기변환을 거친 후, 모폴로지(Mophology) 연산을 위해 YUV 모델을 이용한 그레이 영상으로의 변환 과정을 취하고, 그레이 연산을 통하여 얻어진 영상으로 닫힘 연산을 수행하였다.

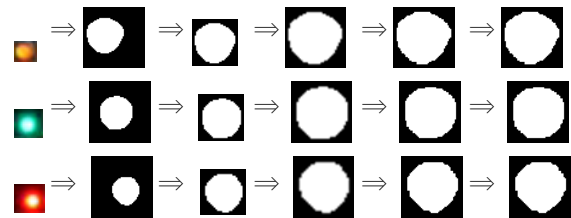
닫힘 연산은 2차 크기변환에 대하여 잡음을 축소시켜 교통신호등 신호영역의 재검출을 용이하게 하고, 신호영역의 보존하는 역할을 한다.

2.2.7 2차 크기변환과 닫힘 연산 및 선명화(Sharpening) 연산

2.2.6절에서 얻어진 영상은 신호등 외곽부분을 포함하고 있으며, 이 외곽부분은 교통신호등의 신호와는 무관한 정보이다. 따라서 크기변환 된 영상으로부터 2.2.3과 2.2.4절에서 언급한바와 같이 교통신호등의 신호에 해당하는 부분을 재검출하고, 재검출된 영역에 대하여 다시한번 2.2.5절의 크기변환 연산을 수행하였다. 또한 2.2.6절과 같이 닫힘 연산을 수행하였으며, 경계영역의 명확한 구분을 위하여 선명화 연산을 수행하였다.

2.2.6절의 닫힘 연산 후 교통신호등의 재검출은 교통신호등의 신호영역에 해당하는 부분의 템플릿 매칭을 위한 영상 가운데 정렬을 위해 적용한 것이며, 선명화 연산은 템플릿 매칭을 위한 획득된 영상의 굴곡 정리를 위해 적용한 것이다.

(그림 7)은 2.2.1절부터 2.2.7절의 연산을 수행하여 생성되는 영상들이다.



(그림 7) 신호등 검출 과정

2.2.8 템플릿 매칭

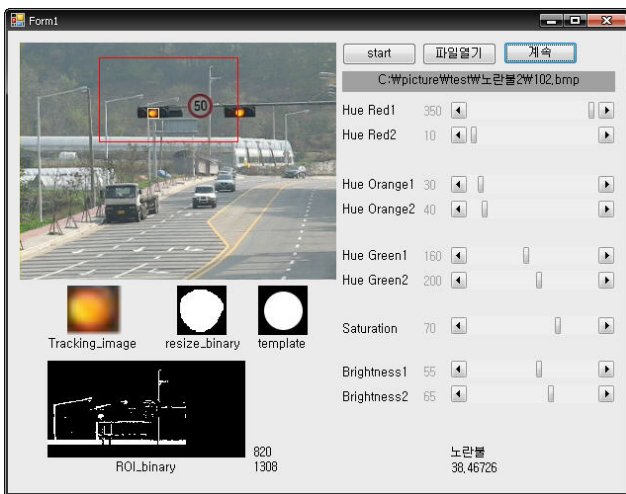
(그림 7)과 같이 최종적으로 얻어진 영상은 교통신호등 템플릿과의 매칭을 통해 매칭 정도를 얻는데 사용하였으며, 최종영상에서 신호 정보를 나타내는 흰 영역의 평균 색상 값으로 신호를 결정하였다. 템플릿 매칭은 비신호 영역과 신호영역으로 각각 나누어 매칭시켰으며, 그 비율로서 교통신호등을 판단하게 된다.

3. 실험 및 결과고찰

주야간 빨간불 1582프레임, 파란불 2000프레임, 노란불 1094프레임의 총 4676프레임 중 실제 유효 프레임은 각각 빨간불 884프레임, 파란불 515프레임, 노란불 212프레임의 영상으로 실험하였다. 유효 프레임에 대한 각각의 인식률은 빨간불 90.9%, 파란불 88%, 노란불 93%로 평균 90.6%

의 인식률을 보였다. 하지만 빛의 산란이나 야간 주행환경의 가로등 불빛으로 인한 오작동과 동시 신호출현에 대한 불안정한 인식을 보이기도 하였다.

(그림 8) 은 본 논문에서 구현한 신호등 검출 실행화면이다. 신호의 평균 색상 값은 38.46726으로 HSI 색 공간모델에서 오렌지색을 나타내는 수치이며, 추출된 신호영역과 템플릿의 매칭은 비신호 영역 매칭 820픽셀, 신호영역 매칭 1308픽셀로 이것은 각각 템플릿의 비신호 영역에 해당하는 946픽셀과 신호영역에 해당하는 1554픽셀에 대하여 86.6%와 84.1%의 매칭율을 나타내고 있다. 또한 템플릿에서 비신호 영역과 신호영역의 비율에  $\pm 2\%$ 의 범위 내에 속하는 수치이다.



(그림 8) 프로그램 수행 및 최종결과

#### 4. 결론

본 논문에서는 교통신호등의 인식을 위해 명도 분포도를 이용한 관심영역의 1차 필터링, 마스크와 HSI 임계치 적용에 의한 유효값 검출, 좌표변환, 보간법, YUV 모델을 이용한 그레이 영상으로의 변환, 닫힘 연산, 선명화 연산, 신호 영역과 비신호 영역의 템플릿 매칭 방법을 이용하여 에지(edge)의 검출이나 신호등 전체의 모습을 매칭하는 방법이 아닌 광원을 갖는 물체에 대한 직접적인 추적을 시도하고, 교통신호등의 신호 주변부에 해당하는 영역에 대하여서만 템플릿 매칭을 수행함으로써 주변부를 인식하기 힘든 밤 시간대나 신호등의 사이즈에 상관없이 교통신호를 인식하기 위한 알고리즘을 제안하였다.

현재의 알고리즘은 교통신호등의 하나의 신호 영역에 대해서만 처리를 하여 교차로의 좌회전이나 우회전과 같은 동시 신호에 대한 처리가 미흡하다. 따라서 향후 동시 신호에 대한 처리 방법과 관련한 연구가 필요하다고 생각된다.

#### Acknowledgement

본 연구는 중소기업청의 산학연 공동기술개발지원 사업의 지원으로 수행되었음

#### 참고문헌

- [1] 고현민, 정준익, 최성구, 노도환, “노면표시 및 교통 신호등 인식을 위한 영상처리 알고리즘,” 공학연구, 제28권, 단일호, pp. 67~76, 1997
- [2] U. Franke, et al., “Autonomous Driving Goes Downtown,” IEEE Intell. Syst. Appl., 1998
- [3] 정준익, 노동환, “성분차 색분할과 검출마스크를 통한 실시간 교통신호등 검출과 인식,” 전자공학회논문지-SP, 제43권, 제2호, pp. 65~72, 2006. 3
- [4] 김용권, 이기성, 조성익, 박정호, 최경호, “차세대 실감 내비게이션을 위한 실시간 신호등 및 표지판 객체 인식,” 한국공간정보시스템학회 논문지, 제10권, 제2호, pp. 13~24, 2008. 6