

논문 2006-43SP-2-8

성분차 색분할과 검출마스크를 통한 실시간 교통신호등 검출과 인식

(Real time detection and recognition of traffic lights using component subtraction and detection masks)

정 준 익*, 노 도 환**

(Junik Jeong and DoWhan Rho)

요 약

교통신호등 검출과 인식 시스템은 운전자에게 경고와 보조시스템으로 필요한 장치이다. 본 논문에서는 칼라 비전시스템을 이용한 주행중 실시간 교통신호등의 검출과 인식법에 대해 제안하고 있다. 제안하는 방법은 크게 네 가지로 구분된다. 유사색 환경에서도 신호등 빛 검출이 용이하도록 HSI 색 공간에서 채도와 밝기값의 차를 이용하여 신호등의 빛을 검출하는 신호등 검출, 신호등 외곽검출과 검출된 신호 빛을 바탕으로 교통신호등 외곽 후보영역 설정과 세 검출 결과를 토대로 교통신호등을 인식하는 부분이다. 주행중 영상을 비디오 카메라로 녹화하여 제안하는 방법에 적용하여 결과를 제시하였다. 녹화시 카메라의 줌기능을 이용하여 줌에 의한 입력 영상변화시에도 신호등을 검출 및 인식한 결과를 제시하였다.

Abstract

The traffic lights detection and recognition system is an essential module of the driver warning and assistance system. A method which is a color vision-based real time detection and recognition of traffic lights is presented in this paper. This method has four main modules : traffic signals lights detection module, traffic lights boundary candidate determination module, boundary detection module and recognition module. In traffic signals lights detection module and boundary detection module, the color thresholding and the subtraction value of saturation and intensity in HSI color space and detection probability mask for lights detection are used to segment the image. In traffic lights boundary candidate determination module, the detection mask of traffic lights boundary is proposed. For the recognition module, the AND operator is applied to the results of two detection modules. The input data for this method is the color image sequence taken from a moving vehicle by a color video camera. The recorded image data was transformed by zooming function of the camera. And traffic lights detection and recognition experimental results was presented in this zoomed image sequence.

Keywords : traffic lights, HSI, driver warning, color vision system

I. 서 론

오늘날 차량의 증가로 인한 교통의 혼잡과 사고에 대비하기 위한 안전한 도로 주행을 위하여 운전자에게 주행중 위험한 상황이 되었을 때 경고를 제공하거나 자동

으로 차량이 그 상황을 회피할 수 있는 자동화 시스템에 대해 활발히 연구되고 있다. 운전 보조 시스템의 주요 목적은 사고를 예방하고 회피하는 것이다. 교통사고 통계를 보면 시내에서 발생하는 교통사고의 2/3가 교차로에서 발생하고, 이 사고의 약 80%가 교통신호등 무시에 의해 발생한다.

교통신호는 운전자에게 주행환경의 변하는 정보를 제공한다. 이러한 교통신호의 검출과 인식 능력은 운전자 경고와 보조 시스템에 있어서 반드시 필요한 부분이다. 이러한 시스템은 정지신호와 같은 특별한 신호의 갑작스런 출현이나 제한속도보다 고속 주행과 같은 위

* 정희원, 전북대학교 전기공학과
(Chonbuk National University)

** 정희원, 전북대학교 전자정보공학부
(Chonbuk National University)

※ 이 논문은 2005년도 과학재단과 전북대학교 메카트로닉스 연구센터 연구비에 의해 연구되었음.

접수일자: 2005년10월27일, 수정완료일: 2006년2월20일

험한 상황에 대해 운전자에게 경고 및 보조 역할을 수행한다. 이와 같이 동적으로 변하는 실시간 교통상황에서 연속적인 인식은 운전 보조 시스템의 주요부분이다.

최근에 교통신호 검출과 인식에 관련하여 칼라 비전 시스템을 이용한 방법이 많이 연구되고 있다. 이러한 연구들의 대부분 빨강신호에 대해서는 검출이 용이하나 파랑신호 검출에 난해함을 지적하고 있다.

Frank^[1]는 컬러영상으로부터 변형된 가우스 분포 분류기를 제안하였으나, 신호등의 외곽을 검출하기 위해서는 카메라의 노출시간이 충분히 길어야 하는 단점이 있다. Zhuowen^[2]은 마코브 체인과 갑스 분포를 이용하여 3차원으로 신호등을 재현하였지만, 프레임 처리시간이 길어서 실 환경에 적용하기 어렵다. Michael^[3]은 신호검출을 위해 RGB 색의 비를 이용하여 도로 노면 교통신호를 인식하였으나, 신호등과 같이 색이 일정하지 않은 경우와 하늘과 파랑신호와 같은 유사색 구분에 오차가 큰 단점이 있다. Blancard^[4]은 신호의 칼라와 형태를 인식하였다. 칼라분류를 위해 컬러 ccd로부터 얻어진 선택된 칼라에 대해 통과필터를 이용하였다. 그리고, 소벨 에지 필터를 적용하고 Freeman code를 이용하여 영상에서 경계점을 찾고, 반경, 길이, 밀집성의 윤곽의 결과로부터 특징을 추출하여 인식하였다. 이러한 특징들은 분류를 위해 신경망회로가 사용되었으며, 이러한 처리를 위해 다수개의 고성능 컴퓨터가 사용되었다. Piccioli^[5]는 흑백 영상을 이용하여 경계점을 추출한 후 형태분석을 통해 원형과 삼각형 신호를 찾고, 신호등 배치 데이터베이스와 교차보정을 통해 분류를 했다.

일반적으로 영상에서 신호등 빛의 색은 카메라, 프레임 그래버의 특성과 날씨 등의 주행환경, 균일하지 않은 교통신호등의 빛 등에 따라 색 범위가 변하게 된다. 또한, 신호등의 파랑색의 경우 주파수 대역이 빨강, 노랑보다 폭넓은 관계로 하늘색과 같이 유사한 색 환경에서 검출이 용이하지 않고, 교통신호등의 외곽부 색도 신호등의 빛과 주위환경에 의해 외곽색의 범위가 영향을 받는다. 한 예로, 주위환경에 의해 영상의 밝기값이 변하였을 때, 신호등 빛 검출을 위해 고정적인 밝기값 범위를 사용하였을 때에는 검출이 안되는 경우가 발생한다.

따라서, 본 논문에서는 교통신호등의 외곽부와 신호등 빛을 보다 정확히 검출하기 위하여 신호빛에 해당하는 각 색의 범위를 넓게 설정하고, HSI(Hue, Saturation, Intensity) 색공간^[6]에서 채도(S)와 밝기(I) 값의 차이값(S-I)을 이용한다. 그리고 단일 하드웨어로

실시간 처리할 수 있도록 검출마스크를 이용하여 교통신호등을 검출하고 인식하는 방법을 제안한다.

제안하는 방법은 크게 네 가지로 구분된다. 제안하는 색분할을 이용하여 신호등의 빛을 검출하는 신호등 검출과 신호등 외곽 검출, 신호등의 빛이 검출되었을 때, 신호등의 여부를 검출하기 위한 교통신호등을 감싸는 외곽부분을 검출하여 외곽 후보영역을 설정하는 부분, 세 검출 결과를 토대로 교통신호등을 인식하는 인식부이다. 여기에서, 편의상 교통신호등 검출과 인식을 위해 주행중 영상 $H(x, y)$, 신호등 빛 검출 영상 $K(x, y)$, 교통신호등 후보영역 영상 $C(x, y)$, 교통신호등의 외곽 검출 영상 $F(x, y)$, 교통신호등의 후보와 외곽 영상의 AND 영상인 $A(x, y)$ 로 표현한다.

Ⅱ장에서는 파랑색과 외곽부분을 정확히 검출하기 위한 채도와 밝기의 차를 이용한 색 분할과 검출 마스크를 통한 신호등 빛 검출, 빛을 통한 외곽 후보영역 설정, 교통신호등 외곽 검출, 세가지 검출 결과를 토대로 교통신호등 인식 알고리즘에 대해 설명하였고, Ⅲ장에서는 실제 도로 주행 녹화 영상을 이용한 실험 결과를 제시하였다.

II. 교통신호등 검출과 인식

1. 영상 분할

교통신호등의 최대 특징인 신호 빛의 점등색인 빨강, 노랑, 파랑색의 점등색을 검출하기 위하여 순수 원색을 판별하기 쉽도록 RGB에서 HSI의 색 공간으로 변환하고, 제안된 임계값에 따라 색조, 채도, 밝기값에서 신호의 빨강, 노랑과 파랑을 분할하여 검출한다.

일반적으로 검출과 인식에 사용되는 칼라 카메라의 종류, 프레임 그래버에 따라 신호등 점등색이 조금씩 다르게 나타난다. 본 논문에서는 칼라 비디오 카메라를 사용하여 주행중 영상을 녹화하고 이를 이용하여 빨강, 파랑, 노랑, 신호등 외곽색에 대한 색 분석하였다. 다음 표 1은 반복 실험을 통하여 각 신호등의 색을 구분하기

표 1. 색 구분 임계값들

Table 1. Thresholding values of each color lights.

	H	S	I	S-I
빨강색(B_R)	0~20, 230~255	220~255	170~255	x
노랑색(B_Y)	21~40	240~255	170~200	x
파랑색(B_B)	100~120	60~255	130~220	0~70
외곽(B_T)	x	0~80	0~100	0~70

위해 0 ~ 255단계로 양자화 하였을 때의 색 공간 범위를 각각 B_R , B_Y , B_B , B_T 로 구분하여 나타낸 것이다. 여기에서 'x'는 don't care 상태를 의미하고, 그 외에는 범위값이며, "S-I"는 한 점에서 채도와 밝기값의 차이값을 나타낸다.

2. 교통 신호등의 빛 검출

그림 2는 국내의 교통신호등의 한 예를 나타낸 것으로 정지, 주의, 좌회전, 직진 신호의 순으로 구성되어 있다. 이러한 신호등은 외곽부에 동일한 크기와 모양으로 등이 구성되고 방향지시의 경우 선형의 화살표 모양인 파랑색으로 점등하고, 그 외에는 원형의 각기 다른 빨강, 황색, 파랑색으로 점등된다. 일반적으로 주행중 얻어지는 교통신호등의 크기는 설치되는 카메라의 환경(초점거리, 설치자)에 따라 달라지나, 본 논문에서는 최대 가로x세로로 80x20[pixel]로 설정하였다.

본 논문에서는 먼저 주행 차량으로부터 얻어진 칼라 영상으로부터 신호등의 빛을 기준으로 그림 2, 3과 같은 검출 마스크를 이용하여 영상에서 각 빨강, 파랑, 노랑색에 대한 확률을 산출하여 신호등일 후보를 생성한다.

주행중 얻어지는 RGB 영상으로부터 HSI 영상으로 변환한 후의 영상 $H(x, y)$ 의 한 점의 값을 M_h 이라 하고 이때의 각 성분값을 M_{h0}, M_{s0}, M_{i0} ($n = 0, \dots$)이라 한다.

우선 다음 그림 2와 같이 영상에서 임의의 한 점 M_0 을 중심으로 각 H, S, I의 값에 대해 표 1에서와 같이 각 범위에 존재하면 다음 식 (1)과 같이 빨강, 파랑, 노랑색을 판별하여 T_R , T_B , T_Y 로 변환한다.

$$\text{if } \begin{cases} (M_{h0}, M_{s0}, M_{i0}) \propto B_R & \text{then } T_{R0} = 1 \text{ else } 0 \\ (M_{h0}, M_{s0}, M_{i0}) \propto B_B & \text{then } T_{B0} = 1 \text{ else } 0 \\ (M_{h0}, M_{s0}, M_{i0}) \propto B_Y & \text{then } T_{Y0} = 1 \text{ else } 0 \end{cases} \quad (1)$$

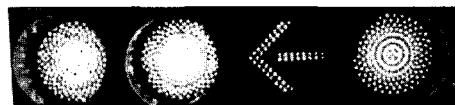


그림 1. 교통신호등의 한 예

Fig. 1. An example of traffic lights.



그림 2. 한 점에서 신호등 색 검출 마스크

Fig. 2. Detection mask of traffic lights at a pixel.

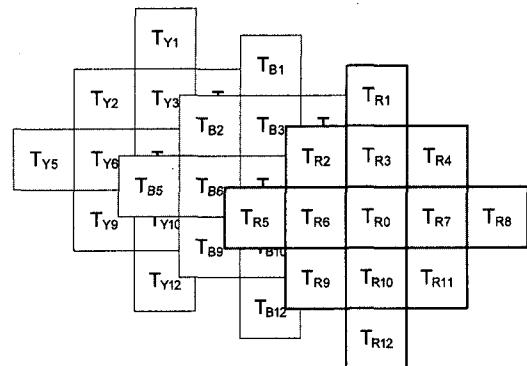


그림 3. 검출 확률 마스크

Fig. 3. Detection probability mask.

영상에서 검출 마스크는 일반적인 위에서 아래로, 좌측에서 우측으로 이동하며 적용한다. 기준 픽셀 M_0 검출 처리시 만약 실제 채도값이 표 1에 따르는 채도 범위이면 다음 밝기값을 판단하고, 마지막으로 색조값을 판단하여 검출 마스크에 0, 1의 값을 삽입한다.

일반적으로 신호등의 빛은 영상에서 원형 혹은 사각형 형태로 표현되어 진다. 본 논문에서는 이와 같은 특성을 이용하여 식(1)에 의해 1로 검출된 경우의 한 점 M_0 에 대해 그림 3과 같이 12근방에 존재하는 점들로부터 신호등의 빨강, 파랑, 노랑색의 여부를 확률을 다음 식(2)와 같이 추정한다.

실제 주행 영상에서는 색의 값이 신호등이 있는 영역 일지라도 흩어져 존재하게 된다. 따라서, 식(2)의 각 P 값이 75%를 갖는 0.75~1의 범위에 존재할 때, 식(3)과 같이 판별한다.

$$\begin{aligned} P(T_{R0}) &= \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} T_{Ri} \\ P(T_{B0}) &= \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} T_{Bi} \\ P(T_{Y0}) &= \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} T_{Yi} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{if } \begin{cases} 0.75 \leq P(T_{Y0}) \leq 1 & \text{then } k = 240 \text{ else } 0 \\ 0.75 \leq P(T_{B0}) \leq 1 & \text{then } k = 160 \text{ else } 0 \\ 0.75 \leq P(T_{R0}) \leq 1 & \text{then } k = 80 \text{ else } 0 \end{cases} \quad (3)$$

또한, 식(3)의 세 가지 확률 중 가장 큰 값을 갖는 확률에 해당하는 R(빨강), B(파랑), Y(노랑)의 값을 생성한다. 생성된 값은 이를 표현하기 위한 각각의 상수 240, 160, 80으로 나타내고, 빨강, 파랑, 노랑 신호등의 후보점들을 농담영상 $K(x, y)$ 로 표현한다.

3. 교통신호등 외곽 검출과 후보영역설정

영상의 모든 가능한 위치에서 다른 크기의 교통신호

등 템플릿을 정합하기 위해서 효과적이고 빠른 정합법이 필요하다. 이러한 템플릿 정합법으로 integral image^[15] 방법이 있지만, 본 논문에서는 실시간 처리를 위해 마스크를 이용하여 신호등 빛이 검출되고 그 빛 주변에 교통신호등 외곽색이 검출되면 교통신호등 후보로 설정한다.

입력영상으로부터 교통신호등의 외곽에 해당하는 색 분할을 표 1의 B_T 임계값을 적용하여 0과 1의 흑백 영상 $F(x, y)$ 를 구한다. 그리고 2절에서 구한 영상 $K(x, y)$ 에서 각 신호등의 색의 좌표를 (x_1, y_1) 이라 하였을 때, 표 2와 같은 마스크를 좌표 (x_1, y_1) 을 중심으로 $F(x, y)$ 에 적용하고 1의 값을 탐색한다.

교통신호등은 그림 1에서와 같이 구성되며, 카메라로 투영되었을 때, 뺄강등을 기준으로 좌측 외곽부의 끝은 우측 외곽부의 끝의 거리에 비해 짧고, 파랑등을 기준으로 하였을 때는 그 반대이다. 즉, 교통신호등에서 각 등은 일정한 비율로 배치되어 있으며, 영상에서 이러한 배치의 외곽부를 검출하기 위하여 등의 색을 기준으로 상하는 동일하게 설정하고, 좌우는 등 배치의 비율에 따라 설정한다. 본 논문에서는 영상에서의 교통신호등의 크기를 최대 80x20[pixel]로 설정하였고, 이 크기는 카메라의 초점거리와 설치각에 의해 변화되며, 본 논문에서는 표 2와 같이 u, d, l, r 로 검출을 위한 점의 개수를 설정하였다.

$F(x, y)$ 에서 각 색에 대해 검출 마스크의 각 위치 R, L, U, D 에서의 값의 합을 각 $R(n), L(n), U(n), D(n)$ 이라 하면 점 (x_1, y_1) 에서의 외곽 검출 총 개수는 다음

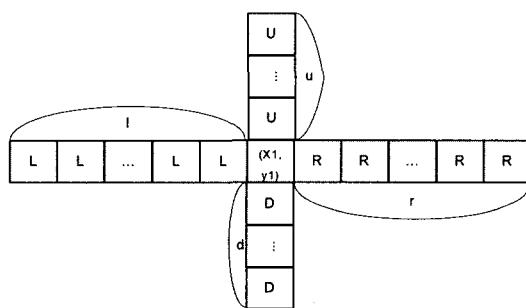


그림 4. 교통신호등 외곽 검출 마스크

Fig. 4. Detection mask of traffic lights boundary.

표 2. 상하좌우 검출 마스크 점 개수들
Table 2. pixel count of each color lights.

	u	d	l	r
$k = 240$	3	3	5	25
$k = 160$	3	3	25	5
$k = 80$	3	3	10	20

표 3. 교통신호등 후보 영역 설정 범위

Table 3. Setting range of candidate area of traffic lights.

	ΔX_L	ΔX_R	ΔY_U	ΔY_D
$k = 240$	10	50	5	5
$k = 160$	50	10	5	5
$k = 80$	40	20	5	5

식(4)와 같이 표현된다.

$$\lambda_B = R(n) + L(n) + U(n) + D(n) \quad (4)$$

식(4)에서와 같이 λ_B 의 값이 임의의 값 이상이면 $K(x_1, y_1)$ 에 의해 신호등의 색이 검출되고, 검출된 색을 바탕으로 $F(x_1, y_1)$ 에서 교통신호등의 외곽이 검출된 것이므로 교통신호등일 확률이 크다. 중심좌표 (x_1, y_1) 에 대해 표 2에서 설명한 교통신호등의 비율에 따라 표 3과 같이 네 꼭지점이 각 $(x_1 - \Delta X_L, y_1 - \Delta Y_U), (x_1 + \Delta X_R, y_1 - \Delta Y_U), (x_1 - \Delta X_L, y_1 + \Delta Y_D), (x_1 + \Delta X_R, y_1 + \Delta Y_D)$ 로 이루어진 사각형의 영역을 1로 설정하여 교통신호등 후보영역 영상 $C(x, y)$ 을 생성한다. 본 논문에서는 λ_B 값을 5로 설정하였다.

4. 교통신호등 인식 알고리즘

그림 5는 교통신호등 인식 알고리즘의 순서도를 나타낸 것으로 검출된 교통신호등의 신호등 빛 영상 $K(x, y)$ 와 교통신호등의 후보 설정 영역 영상 $C(x, y)$, 교통신호등의 외곽 검출 영상 $F(x, y)$ 를 이용하여 교통신호등과 신호등의 빛을 인식한다.

교통신호등의 인식 절차는 크게 두 과정으로 구분된다.

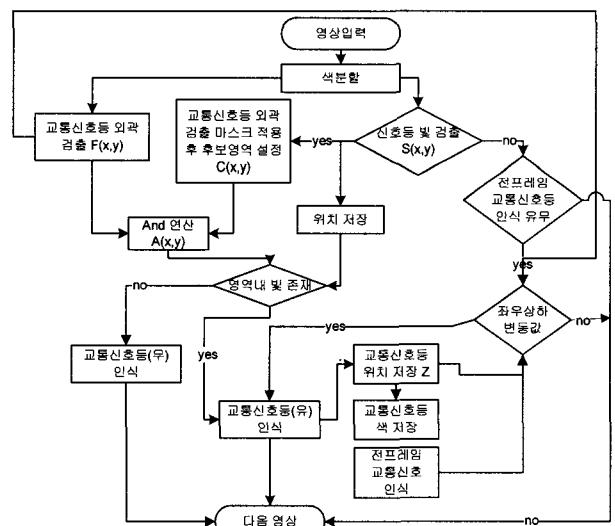


그림 5. 교통신호등 인식 알고리즘

Fig. 5. The recognition algorithm for traffic lights.

다. 첫째로, 교통신호등의 후보영역 영상 $C(x, y)$ 와 교통신호등 외곽검출 영상 $F(x, y)$ 의 각 픽셀별 AND 논리 연산을 통한 영상 $A(x, y)$ 의 생성 과정과 둘째로, $A(x, y)$ 영상 내에 빛 검출 영상인 $K(x, y)$ 의 존재를 판별하여 교통신호등의 색과 위치를 인식하는 과정이다.

영상 $A(x, y)$ 와 $K(x, y)$ 에서 색의 위치가 일정 영역 내에 존재할 경우 각 색과 위치로부터 교통신호등을 인식하고, 교통신호등의 위치 Z 를 저장하여 다음 프레임에서 이용된다.

깜박이는 노랑신호와 같이 신호등의 빛은 검출되지 않으나 교통신호등은 존재하는 경우의 인식을 위해 전 프레임에서 교통신호등의 위치 Z 가 현 프레임의 $F(x, y)$ 동일 위치 내에서 일정범위를 차지할 경우에 교통신호등의 존재영역을 $F(x, y)$ 로 인식한다.

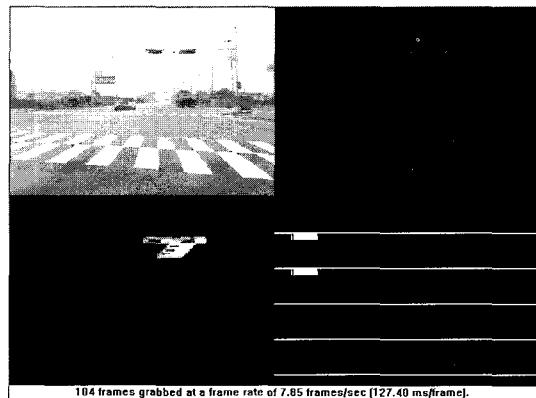
III. 실험 및 고찰

본 논문에서 Panasonic NV-GS400 컬러 비디오 카메라를 차량에 설치하여 시내와 시외를 주행하며 녹화한 640x480[pixel]의 영상을 2.8GHz Pentium 4 PC와 Matrox MeteorII 영상처리장치와 더블버퍼링 기법을 사용하여 실험하였다.

제안한 방법을 적용한 알고리즘의 프레임당 처리시간은 130[ms/frame]이였고, 검출과 인식 및 추적 결과로써 4개의 640x480[pixel]의 영상을 표시하였다.

다음 그림 6은 제안한 방법에 의해 교차로에서 신호 대기시 신호등의 점등색 검출과 인식된 결과를 나타낸 것이다. 추후 그림은 좌측상단, 우측상단, 좌측하단, 우측하단을 각각 (a), (b), (c), (d)로 표현하며, (a)는 입력 영상이고, (b)는 2장에서 설명한 바와 같이 교통신호등의 빛을 검출하여 점등색에 따라 빨강, 파랑, 노랑으로 나타낸 것이다. (c)는 교통신호등을 인식하고 그 영역을 추적하여 누적하며 나타낸 것이고, (d)는 인식결과를 나타낸 것으로, x축은 처리프레임이고, y축에서 위에서 아래로 교통신호등 인식, 빨강신호 인식, 노랑신호 인식, 파랑좌회전 인식, 직진 인식의 결과를 순서대로 나타낸다. 여기에서, 각 신호의 인식결과를 x축으로 1픽셀의 폭을 갖는 트리거 형태로 표시하였다.

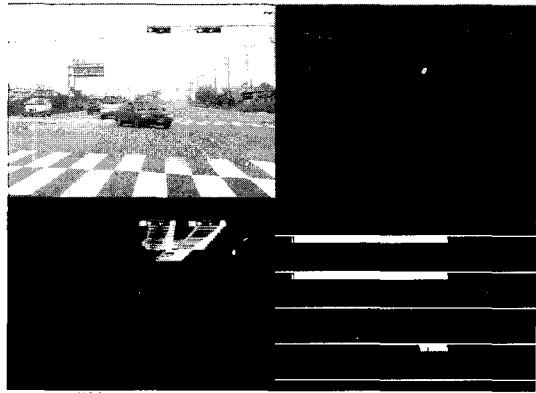
그림 6(a)와 같은 빨강신호에서 교차로에 접근하며 정지하였을 때, 6(b)와 같이 빨강신호가 색분할 되고, 6(c)와 같이 신호등을 인식하며 추적한다. (d)에서는 x 축으로 시간이 지남에 따라, 즉, 교차로로 접근하면서 교통신호등을 인식하고 그 신호가 빨강신호임을 인식한



104 frames grabbed at a frame rate of 7.85 frames/sec (127.40 ms/frame).

그림 6. 교통신호등 추적과 인식

Fig. 6. Tracking and recognition of traffic lights.



412 frames grabbed at a frame rate of 7.76 frames/sec (128.94 ms/frame).

그림 7. 줌에 의한 정지와 좌회전 인식

Fig. 7. Red and left direction sign recognition of traffic lights by zoom of camera at fig. 6.

결과를 나타낸다.

그림 7은 그림 6의 영상에서 신호대기중에 카메라의 줌기능을 이용하여 영상을 확대한 것이다. 7(c)와 같이 카메라의 줌을 이용한 확대과정에서도 신호등을 추적하고, 영상의 크기(신호등의 크기)가 변하여도 정확히 추정됨을 알 수 있다. 7(d)와 같이 교차로 대기중 교통신호등의 신호가 “빨강-> 빨강과 좌회전 파랑”의 순서로 변하며 이를 인식함을 알 수 있다.

그림 8은 신호 대기중 그림 7에 이어서 파랑 직진신호로 바뀌기 전 빨강과 노랑이 동시에 켜졌을 때의 인식결과를 보여준다. 8(d)에서와 같이 교통신호등을 인식하고 있으며, 좌회전 파랑이 끝난 후 “빨강과 노랑”的 인식결과를 보여준다.

그림 9는 그림 8의 빨강과 노랑 신호 이후 교통신호등이 파랑신호를 나타낼 때 차량이 전진할 때의 인식결과를 나타낸 그림이다. 9(c)에서와 같이 알고리즘에 의해 교통신호등을 인식하며 “빨강과 노랑 -> 직진 파랑”的 순으로 인식함을 알 수 있다.

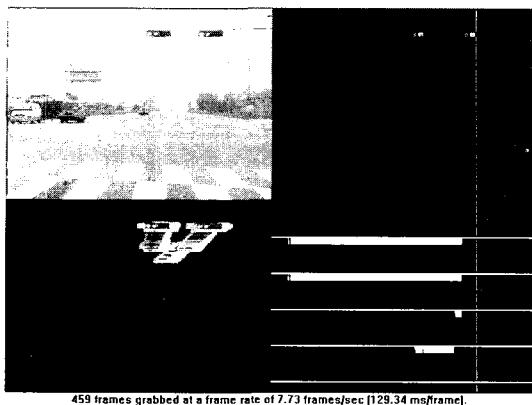


그림 8. 빨강과 노랑신호 인식
Fig. 8. Red and yellow lights recognition.

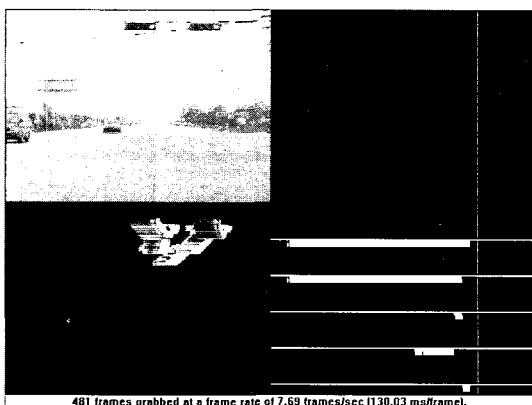


그림 9. 파랑신호 인식
Fig. 9. Blue light recognition of traffic lights.

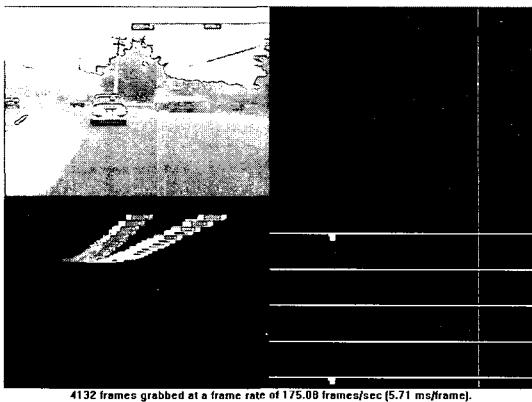


그림 10. 주행중 파랑신호등 인식
Fig. 10. Blue light recognition in driving.

교차로에서 그림 6, 7, 8, 9와 같이 대기 시간에 따라 각 신호등에 따른 신호를 인식하고, 교통신호등을 추적 함을 알 수 있다.

다음 그림 10과 11은 주행중 곡선도로에서 파랑신호 등이 나타나고 조금후 노랑색 점등신호등을 만났을 때의 결과를 나타내고 있다. 10(c)는 곡선도로에서 교통신

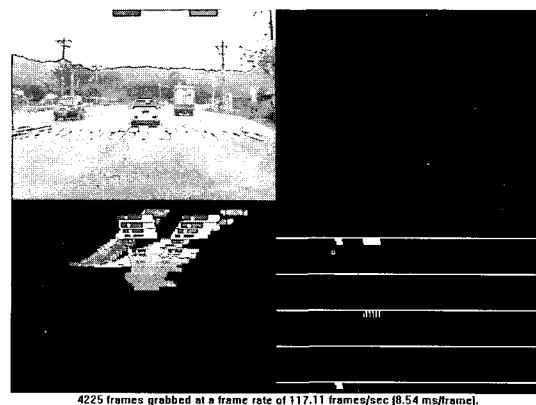


그림 11. 그림 10후 노랑색 점등신호 인식
Fig. 11. Recognition of blinking yellow light after fig. 10. driving.

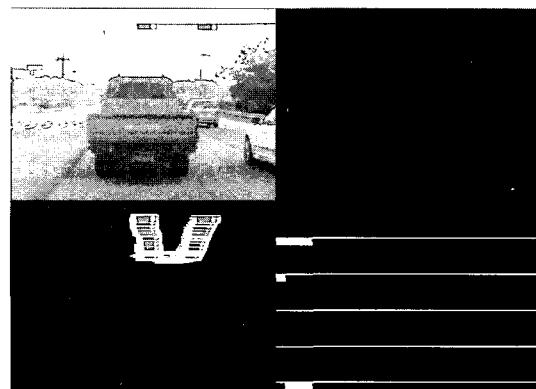


그림 12. 유사 파랑색이 존재하는 경우
Fig. 12. Recognition of blue light in a similar blue color environment.

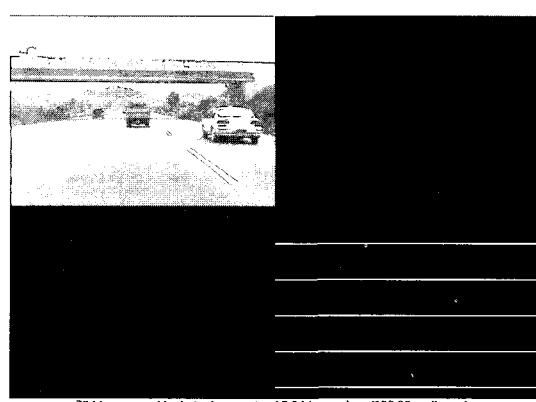


그림 13. 빨강과 파랑이 있는 육교환경
Fig. 13. An environment of red and blue colored footbridge.

호등이 좌측하단에서 우측상단으로 접근되며 이를 추적 한 결과를 보여준다. 10(d)는 교통신호등을 인식하고, 그 신호가 파랑임을 인식한 결과를 나타낸다.

그림 11은 노랑색 신호등이 점멸하는 순간 빛이 꺼졌

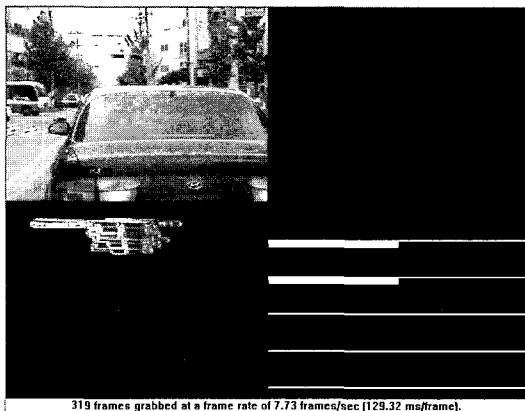


그림 14. 하나의 신호등 배경이 다르며 카메라를 좌우상하로 변동시킨 경우

Fig. 14. An environment of moving camera at left, right, up and down with different background of a traffic lights.

을 때를 나타낸 그림으로 11(d)에서와 같이 황색신호등의 인식이 점멸하는 것과 같이 인식되었다. 그러나, 이 경우에도 교통신호등을 지속적으로 인식함을 보여준다. 이는 알고리즘에서와 같이 전 프레임에서 교통신호등이 인식되고 동시에 교통신호등의 외곽이 검출되었을 때에 교통신호등의 인식이 유지됨을 보여준다.

그림 12는 주행중 파랑 신호등과 유사한 색의 차량이 존재할 때의 인식결과를 표시한 것이다. 삼색 교통신호등의 경우 12(d)에서와 같이 교통신호등을 인식하고, 그 색이 “빨강 -> 파랑”으로 빨강신호 후 바로 파랑신호로 변화됨을 알 수 있다.

그림 13은 신호등의 색처럼 육교에 빨강 파랑색이 나열된 경우에도 교통신호등의 외곽으로 검출되지 않음으로써 교통신호등으로 오인하지 않는 결과를 보여주고 있다.

그림 14는 하나의 신호등의 배경이 다르고 카메라를 좌우로 움직이고 상하로 움직였을 때 14(c)와 같이 신호등을 추적하고, 14(d)와 같이 인식함을 보여주고 있다. 또한, 앞 차량의 정지등과 같은 환경에서도 오류 없이 교통신호등을 추적하고 인식함을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 하늘과 같은 유사 색 환경에서 파랑색 신호와 신호등 외곽부분의 검출이 용이하도록 HSI 색 공간에서 채도와 밝기값의 차이를 이용한 색 분할과 검출 마스크를 통한 신호등 빛 검출, 빛을 통한 외곽 후보 영역 설정, 교통신호등 외곽 검출, 세 가지 검출 결과를

토대로 실시간 처리 가능한 교통신호등 인식 알고리즘에 대해 제안하였다.

주행중 여러 환경에 대해 검출과 인식결과를 제시하였고, 줌 환경, 색이 유사한 환경에서도 정확히 신호등을 인식하였고, 프레임당 처리시간은 130[ms]로써 실시간 처리에는 약간 부족함이 있음을 알 수 있었다. 그러나, 약 100[km/h] 이하의 주행중 신호등 인식에는 문제가 없었다.

제안한 색 분할 방법을 차량의 브레이크등, 경고등과 같은 인식분야에 적용하고 모양을 이용하여 검출하는 연구에 사용될 수 있다고 생각되며, 추후 과제로는 다양한 신호가 있는 신호등을 검출하고, 야간이나 외부환경 빛이 약할 경우 신호등의 빛은 검출하기 쉬우나, 신호등의 외곽부분을 검출하기 난해하여 이러한 경우에도 인식할 수 있는 알고리즘으로 확대하는데 있다.

참 고 문 헌

- [1] U. Franke, D. Gavrila, S. Goerzig, F. Lindner, F. Paetzold, C. Woehler, "Autonomous Driving Goes Downtown", *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 13, no. 6, pp. 40-48, 1998.
- [2] Zhuowen Tu and Ron Li, "Automatic recognition of civil infrastructure objects in mobile mapping imagery using a markov random field model", *ISPRS vol. XXXIII*, Amsterdam, 2000.
- [3] Michael Shneier, "Road Sign Detection and Recognition", *IEEE Computer Society International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, June 2005.
- [4] Blancard, M., "Road Sign Recognition: A Study of Vision-based decision making for road environment recognition", in *Vision-based Vehicle Guidance*, pp. 167-175, Springer-Verlag, 1992.
- [5] Piccioli, G., et al., "Robust Road Sign Detection and Recognition fromm Image Sequences", *Intelligent Vehicles Symposium*, pp.278-283, Paris, 1994.
- [6] Gonzalez and Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, pp. 229-237, 2002.
- [7] Bartneck, N. and Ritter, W. "Color Segmentation with Polynomial Classification", *11th International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 635-638, 1992.
- [8] Ritter, W., "Traffic Sign Recognition in Color Image Sequences", *Intelligent Vehicles*

- Symposium, pp. 12-17, Detroit, 1992.
- [9] Estable, S., et al., "A Real Time Traffic Sign Recognition System", *Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 213-218, Paris, 1994.
- [10] Escalera, A., Moreno, L., et al., "Road Traffic Sign Detection and Classification", in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol.44, pp. 848-858, 1997.
- [11] Frank L., Ulrich K. and Stephan K., "Robust Recognition of Traffic Signals", *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 49-53, Parma, Italy, June 2004.
- [12] C. Woehler, J. Anlauf, "Real-time object recognition on image sequences with the adaptable time delay neural network algorithm - applications for autonomous vehicles", *Image and Vision Computing*, Vol. 19, no. 9-10, pp. 593-618, 2001.
- [13] R. Duda, P. Hart, D. Stork, *Pattern Classification*, John Wiley & Sons, 2001.
- [14] S. Wender, O. Loehlein, "A Cascade Detector Approach Applied to Vehicle Occupant Monitoring with an Omni-directional Camera", *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Parma, 2004.
- [15] Paul Viola and Michael Jones, "Robust Real-Time Object Detection", *Second International Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision-Modeling, Learning, Computing and Sampling*, Vancouver, Canada, July 13, 2001.

저자 소개



정준익(정회원)
 1995년 전북대학교
 전기공학과 학사 졸업.
 1998년 전북대학교
 전기공학과 석사 졸업.
 2001년~현재 전북대학교 전기공
 학과 박사과정 재학중.

<주관심분야 : 로봇비전, 영상처리, 영상계측>



노도환(정회원)
 1973년 전북대학교
 전기공학과 학사 졸업.
 1983년 동경공업대학
 제어공학과 석사 졸업.
 1987년 동경공업대학
 제어공학과 박사 졸업.
 1988년~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수.
 <주관심분야 : 로봇비전, 영상처리, 광응용계측,
 센서응용>