

논문 2009-46CI-2-12

디지털영상처리 기술을 이용한 교통신호등 자동 판별 시스템 개발

(Development of Traffic Light Automatic Discrimination System Using
Digital Image Processing Technology)

김 선 동*, 백 영 현*, 문 성 룡*

(Sun Dong Kim, Young Hyun Baek, and Sung Ryong Moon)

요 약

본 논문에서는 교통 신호등 영역 검출을 포함한 교통 신호등 외곽 부분과 신호등 색을 자동으로 판별하여 사용자에게 알려주는 교통 신호등 자동 판별 시스템 구현을 제안하였다. 본 논문은 교통 신호등색을 정확하게 검출하기 위하여 교통 신호등 색에 해당하는 파장 범위를 설정하고, 색상 성분을 분할하였다. 색상 성분을 통해 교통 신호등색(빨강, 주황, 녹색)을 검출하며 배경부분은 그레이 영상으로 변환한다. 다음으로 웨이블릿 변환 알고리즘을 사용하여 다양한 환경에서 신호등 영역을 검출할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 또한, 교통 신호등 인식 부분은 CBIR(Content-Based Image Retrieval)기반에서 캐니 에지 연산자와 허도르프 매칭 알고리즘의 특성을 적용한 인식 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 교통 신호등이 첨가되어 있는 조명, 배경 등이 다양한 영상을 대상으로 실험하며, 기존 알고리즘과 비교하여 제안 알고리즘의 성능이 향상되었음을 확인하였다.

Abstract

This paper established the range of the wavelength of traffic lights to detection the color of traffic lights and the color component segmentation with the range of the wavelength. Development of traffic light automatic discrimination system is consists of the color detection and the traffic lights recognition. In this thesis, it established the range of the wavelength of traffic lights to detection the color of traffic lights and the color segmentation with the range of the wavelength. By the segmentation, the traffic light colors(red, orange and green) can be detected and the background is changed into gray image. Next, we proposed the algorithm which can detect the area of traffic lights in the various surroundings with the wavelet transformation algorithm. Also, we proposed traffic lights recognition algorithm using between the edge operator and the Hausdorff distance algorithm based on CBIR(Content-based Image retrieval). Therefore, the proposed algorithm is more superior to the conventional algorithm by experimenting with the illumination including the traffic lights and the backgrounds with various images.

Keywords : Traffic lights, Color segmentation, Edge, Hausdorff distance, CBIR

I. 서 론

최근 교차로 신호등 교통사고를 예방하기 위해 실시간으로 변하는 교통신호등 상황을 운전자에게 알려거나

자동으로 차량이 대응 할 수 있는 시스템에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 대표적으로 일본의 Tsugawa와 독일의 Dickmanns의 ALV(Autonomous Land Vehicle)인 VaMoRs 주행 실험 연구가 있으며, 본격적으로 주목을 받게 된 것은 미국의 DARPA가 ALV 프로젝트의 시작부터이다. 이와 같은 교통신호등 상황을 인식하는 기술은 교통신호등의 색 영역 검출부와 교통신호등 인식부로 구성된다¹⁻³⁾.

* 학생회원, ** 정회원, 원광대학교 전자공학과

(Dept. of electronic Eng. Wonkwang University)

※ 본 논문은 2008년 원광대학교의 교비지원에 의해서 연구됨.

접수일자: 2008년11월29일, 수정완료일: 2009년2월26일

교통 신호등 색 영역 검출부는 교통 신호등을 판별하는데 가장 핵심적인 전처리단계이며, 인식 단계는 조명 변화, 유사색 객체, 복잡한 배경 등을 고려하여 설계해야 하는 어려움이 있다. 현재 연구되고 있는 방법은 채도와 밝기의 차를 이용하는 방법, 색상정보를 이용한 방법, 신경망 학습을 이용한 방법 등이 있다. 이들 방법들은 배경이 복잡하지 않거나 교통 신호등이 정면인 경우만 적용되는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 기존 연구의 단점을 개선하여 복잡한 배경에서도 향상된 교통 신호등 자동 판별 시스템을 제안한다. 제안한 자동 판별 시스템은 교통신호등 색 영역 검출 단계와 교통신호등 인식 단계로 구성된다. 교통신호등 색 검출 단계에서 색 영역을 정확하게 검출하기 위해 웨이브렛 변환, 색 영역 파장 범위 설정, 파장 범위를 이용한 컬러 분할을 통한 검출 알고리즘과 CBIR기반에서 에지 연산자와 허도로프 거리 알고리즘 특성을 적용하여 향상된 성능을 보이는 인식 알고리즘을 제안하였다.

본 논문의 구성은 II장에서 교통신호등 자동 판별 시스템 연구를 수행하고, III장에서는 실험결과를 살펴보고, 마지막으로 IV장에서는 연구에 대한 결론과 향후과제에 대하여 논한다.

II. 교통신호등 자동 판별 시스템

1. 선행 연구

기존의 교통 신호등 관련된 연구는 다음과 같다. 먼저 히스토그램, RGB 값의 평균 위치를 이용하여 녹색, 주황, 빨간 신호를 판별 방법으로 신호등 좌우 경계를 명확히 구분 하지만 아파트, 사각형 창문 등 주변 배경이 복잡할 경우 잘 못 인식한다. Zhuowen[4]의 마르코브 체인과 깃스 분포를 이용한 3차원으로 신호등 재현 방법은 정확한 검출이 가능하지만 프레임 처리시간이 길어 실시간 적용이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 다음으로 Frank^[5]는 컬러영상으로부터 변형된 가우스 분포 분류기를 제안하였으나, 신호등 외곽 부분을 검출하기 위한 카메라 노출시간이 길다는 단점을 보였다. Blancard^[6]는 신호등의 컬러와 형태를 인식하는 방법을 제안하였는데, 이 방법은 주변 배경에 의해 출력에 영향을 많이 받는 단점을 보인다. 마지막으로 Michael^[7]은 신호검출을 위해 RGB 색을 이용하여 도로 노면 교통신호를 인식하는 방법을 제안하였으나 파랑색 신호와 배경 하늘색을 잘 구분하지 못하는 단점을 보인다.

따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하기 위해 배경과 교통 신호등 영역을 효과적으로 분할 할 수 있는 검출 알고리즘과 CBIR 기반의 신호등 검출과 허도로프 거리 매칭을 통한 인식 알고리즘을 구현하여 자동으로 교통 신호등을 판별 할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다.

2. 교통 신호등 영역 검출 알고리즘

가. 신호등 색 파장 범위를 이용한 색 분할

교통 신호등 영역 검출 알고리즘은 자연영상으로부터 신호등의 존재 유무를 판단하고, 신호등의 정확한 영역과 위치를 찾는 단계이다. 본 논문에서는 신호등 검출 과정 시 발생하는 비슷한 형상의 오류 검출을 해결하기 위해 컬러 분할 과정을 수행한다. 제안된 방법은 신호등 고유색 영역을 후보 영역으로 설정함으로써 오류 검출의 가능성을 줄여 보다 정확한 신호등 검출이 이루어지도록 제안한다. 제안된 방법은 입력영상을 RGB 영상으로 입력 받은 후 RGB 영상의 색깔 파장을 450nm부터 최대 760nm까지 범위를 설정하여 신호등색 검출을 이루어지도록 하였다^[4~9].

표 1은 신호등 색 분할의 파장 범위(nm)를 적용한

표 1. 색 분할 파장 범위

Table 1. Color segmentation wave length extent.

Color	Color 파장범위(nm)	Color	신호등 색 파장범위(nm)
Red	760 - 720	Red	760 - 720
Orange	620 - 590		
Yellow	590 - 545	Orange	620 - 545
Green	525 - 490	Green	520 - 450
Blue	490 - 450		

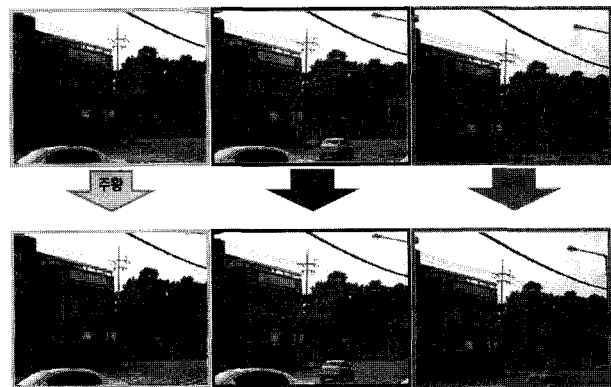


그림 1. 교통신호등 객체 분할 결과 영상

Fig. 1. The result of traffic lights segmentation.

신호 과장범위를 나타내고 있다.

색상 모델에서 사람의 눈은 색상 간의 변화보다는 밝기의 변화에 더욱 민감하므로 기존의 색 과장 범위를 적용하였다

빨간색은 신호등 색 분할의 과장 범위는 같으며, 주황색과 노란색은 신호등 색 분할의 과장 범위는 주황으로 설정하였고, 녹색과 파랑색은 신호등 색 분할의 과장 범위는 녹색으로 설정 하였다. 그림 1은 표 1의 고유 신호등 색 과장 범위를 적용하여 교통 신호등 객체 분할 수행한 결과이다.

나. 영상 단순화를 위한 웨이브렛 변환

본 논문에서는 객체 분할된 영상을 단순화하기 위해 웨이브렛 변환을 이용하였다^[10]. 먼저 웨이브렛 분해 (Analysis)의 기본적인 방정식은 식 (1)과 같다.

$$\phi(t) = \sum_n h(n) \sqrt{2} \phi(2t-n) \tag{1}$$

그리고 식 (2)와 같이 스케일 $j+1$ 에서 웨이브렛 함수 없이 스케일 함수만으로 표현할 수 있다.

$$f(t) \in V_{j+1} \Rightarrow f(t) = \sum_k c_{j+1} 2^{(j+1)/2} \phi(2^{j+1}t-k) \tag{2}$$

한 단계 낮은 해상도에서는 스케일 j 에서 얻을 수 없는 자세한 성분들을 위하여 웨이브렛 성분들이 필요하다. 여기서 $2^{j/2}$ 항목은 여러 스케일에서 기본 함수들의 단일 놈(norm)을 유지한다.

$$f(t) = \sum_k c_j(k) 2^j \phi(2^j t-k) + \sum_k d_j(k) 2^j \psi(2^j t-k) \tag{3}$$

여기서 스케일함수 계수는 식 (4)와 같다.

$$c_j(k) = \sum_m h(m-2k) c_{j+1}(m) \tag{4}$$

이를 웨이브렛 계수들에 대해 정리하면 식 (5)와 같다.

$$d_j(k) = \sum_m h_1(m-2k) c_{j+1}(m) \tag{5}$$

그리고 필터 बैं크(Filter Bank)의 입력 신호를 $x(n)$ 이라 하고 필터 계수를 $h(n)$ 이라 하면 출력 신호 $y(n)$ 는 식 (6)과 같다.

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k) x(n-k) \tag{6}$$

다변 디지털 필터에서 두 가지 기본 동작은 다운 샘플러

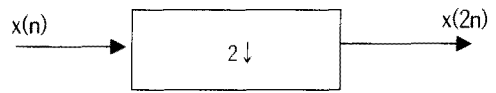


그림 2. 다운 샘플러
Fig. 2. Down Sampler.

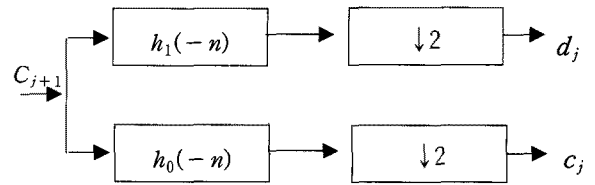


그림 3. 2밴드 분해 बैं크
Fig. 3. Two-Band Analysis Bank.

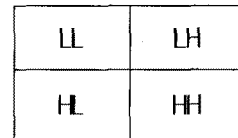


그림 4. 2차원 영상신호 분해 및 배치
Fig. 4. A 2 dimensional image signal analysis and arrange -ment.



(a) 교통 신호등 원 영상 (b) 2단계 분해 영상
(a) Traffic Light original image (b) 2-stage analysis image

그림 5. 2단계 분해 영상
Fig. 5. 2-stage analysis image.

(down-sampler)와 업 샘플러(up-sampler)이다. 다운 샘플러는 $x(n)$ 을 입력으로 하였을 경우에 출력으로 $y(n) = x(2n)$ 이 된다.

여기서 $h_0(-n)$ 에 의해 구현되는 FIR 필터는 저역 필터이고, $h_1(-n)$ 에 의해 구현되어 지는 것은 고역 필터이다. 이 시스템에서 입력되는 데이터 수와 출력되는 데이터 수는 같다. 두 개의 필터에 의해 두 배가 된 데이터 수는 decimation에 의해 반으로 줄어들기 때문에 원래의 데이터수와 똑같게 된다. 그리고 그림 4는 2차원 영상신호를 분해하는 방법과 배치를 나타낸 그림이고, 그림 5는 교통 신호등 영상을 4밴드 2단계 분해한 영상이다.

3. 교통 신호등 인식 알고리즘

교통 신호등 인식 알고리즘은 등록된 신호등 색의 빨

간, 주황, 파란색 등을 정확히 찾아내는 것으로, 입력된 영상에 대하여 영상내의 신호등 영역을 검출하고, 검출된 신호등으로 특징을 추출해 기존 데이터베이스 안에서 찾아내는 일련의 과정으로 정의할 수 있다. 각 부분은 독립적인 프로세싱에 의해 처리되며, 유기적으로 연결된 신호등 인식 알고리즘은 신호등 영역의 조명 정규화, 배경의 복잡성 등의 신호등 인식 전처리과정을 거쳐 특징벡터를 추출하여 신호등 인식을 수행한다. 본 논문에서는 CBIR기반에서 캐니 에지 연산자와 허도로 프거리 매칭을 특징을 적용한 인식 알고리즘을 제안하였다.

가. CBIR(Contents-based image retrieval)알고리즘

CBIR은 초기의 질의 자료로 제시하고 유사한 문자 색인을 가진 영상을 검색해 내는 기반 검색 시스템이 주류를 이루었으며, 최근 CBIR의 계속된 연구로 색상(color), 질감(texture), 모양(shape)과 같은 시각적인 특징을 추출함으로써 질의 영상에 대한 효율적이고 객관적인 정보를 검색할 수 있는 방법이다^[11~13].

본 논문에서는 Stricker가 제안한 양자화된 히스토그램의 각 버킷 내의 화소 값의 평균값과 영상 내 컬러의 흠어짐 정도를 표현하기 위한 표준 편차와 3차 모멘트 값에 대하여 질의 영상과 저장된 영상을 비교하는 픽셀 간의 관계를 이용하였다^[14]. 영상 내 컬러 특성을 이용하면, 3차 컬러오브젝트 관계에 의한 삼각형의 세 각에 의한 특징벡터를 사용하면서 영상 내의 공간정보를 사용하였다^[15].

그림 6은 특징벡터의 거리차를 비교하는 것으로 a, b, c는 질의영상(a)에 각각 빈도수가 가장 높은 세 개의 버킷 안에서는 평균화소 위치이고, a', b', c'는 데이터베이스 속의 영상(b)에서의 각 빈도수가 가장 높은 세 개의 버킷 안에서의 평균화소의 위치를 나타내고 있다.

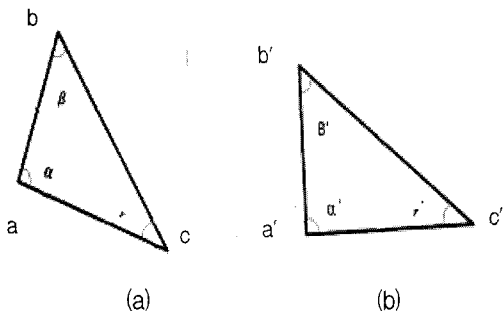


그림 6. 각도 비교에 의한 검색
Fig. 6. A retrieval by angle comparison.

식 (7)은 히스토그램의 거리 수식이며, 식(8)은 컬러 픽셀 위치에 대한 표준 편차 거리를 나타내며, 식 (9)는 삼각형을 이루고 있는 세 점의 각도거리를 표현 한다.

$$D_H = \sum_{i=0}^{23} |H_i - H_i'| \tag{7}$$

$$D_\sigma = \sum_{i=0}^{23} |\sigma_{x_i} - \sigma_{x_i}'| + |\sigma_{y_i} - \sigma_{y_i}'| \tag{8}$$

$$D_\theta = |\alpha - \alpha'| + |\beta - \beta'| + |\gamma - \gamma'| \tag{9}$$

여기서, $\sum_{i=0}^{23}$ 는 영상의 총 24개 버킷으로 히스토그램, 칼라 오브젝트 표준편차와 우세한 3개의 버킷에 대해 각각의 평균 위치를 찾아 위치간의 각도를 특징 벡터로 사용하였다.

나. 허도로프 거리 매칭 알고리즘

본 논문에서 이용한 허도로프거리 매칭 알고리즘은 표본영상이 실험영상의 어느 부분에 가장 잘 부합되는지를 검색하는데 사용되며, 매칭 거리가 작을수록 더 유사한 위치로 판단할 수 있다^[16~18].

두 점 a와 b사이의 거리를 $d(a,b) = \|a-b\|$ 라고 할 때, 점 a와 유한 점 집합 $B = b_1, \dots, b_{N_b}$ 사이의 거리는 식 (10)과 같이 정의된다.

$$d(a, B) = \min_{b \in B} \|a - b\| \tag{10}$$

주어진 두 개의 유한 점 집합 $A = a_1, \dots, a_{N_a}$ 와 $B = b_1, \dots, b_{N_b}$ 에 대한 허도로프거리는 식 (11)과 같다.

$$\begin{aligned}
 H(A, B) &= \max(h(A, B), h(B, A)) \\
 h(A, B) &= \max_{a \in A} d(a, B) \\
 &= \max_{a \in A} \min_{b \in B} d(a, b) \\
 &= \max_{a \in A} \min_{b \in B} \|a - b\| \\
 h(B, A) &= \max_{b \in B} \min_{a \in A} \|a - b\|
 \end{aligned} \tag{11}$$

여기서, $\| \cdot \|$ 는 2차원 영상의 유클리안 놈(norm)이다. 그리고 효과적인 에지를 검출을 통한 매칭을 위해 본 논문에서는 캐니 에지 연산자를 사용하였다^[19]. 캐니 에지 연산자 방법은 일반적인 에지 검출 연산자의 성능평가에 있어 기준이 되는 에지검출의 효율성, 검출 에지의 국부성, 에지에 대한 단일 대응성 등 측면에서

가장 최적화된 에지 검출 방법으로 인식되고 있으며, 검출 순서는 다음과 같다.

- 1) 가우시안 함수의 적용을 통한 영상의 평활화한다.

$$C(x,y) = G(x,y,\sigma) * f(x,y) \tag{12}$$

- 2) 1차 미분 연산자를 이용하여 에지를 검출한다.

$$P(x,y) = (C(x,y+1) - C(x,y) + C(x+1,y+1) - C(x+1,y))/2$$

$$Q(x,y) = (C(x,y) - C(x+1,y) - C(x+1,y) + C(x,y+1) - C(x+1,y+1))/2 \tag{13}$$

- 3) 각 픽셀에 대한 변이의 방향과 크기 결정한다.

$$\begin{aligned} \text{magnitude } M(x,y) &= \sqrt{P^2(x,y) + Q^2(x,y)} \\ \theta(x,y) &= \tan^{-1} \frac{Q(x,y)}{P(x,y)} \end{aligned} \tag{14}$$

- 4) 임의의 픽셀화소의 변이 크기가 변이 방향으로 있는 두 개의 이웃 값이 보다 크면, 그 픽셀을 에지로 나타내고, 두 개의 이웃 값 보다 작다면 배경으로 표현한다.

- 5) 임계값을 사용하여 불필요한 에지 제거한다.
그림 7은 캐니 에지 연산자와 다른 에지 연산자의 결과를 비교한 결과 영상이다.

그림 8은 본 논문에서 제안한 교통 신호등 자동 판별

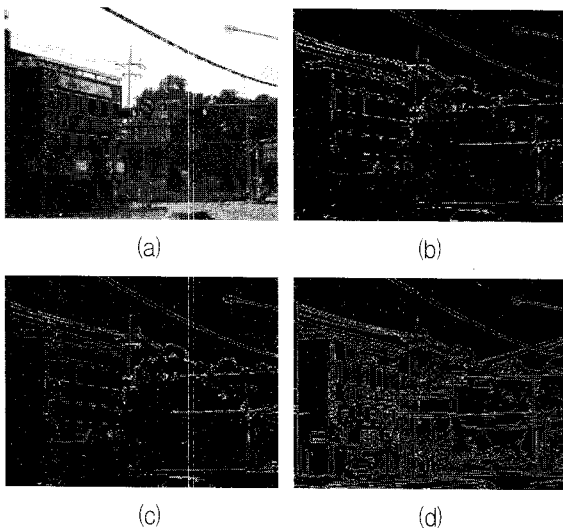


그림 7. 에지 검출 결과 영상(a:원영상, b:소벨, c:프리윗, d:캐니)
Fig. 7. A result image of edge detection. (a: original image, b:sobel, c:prewitt, d:canny)

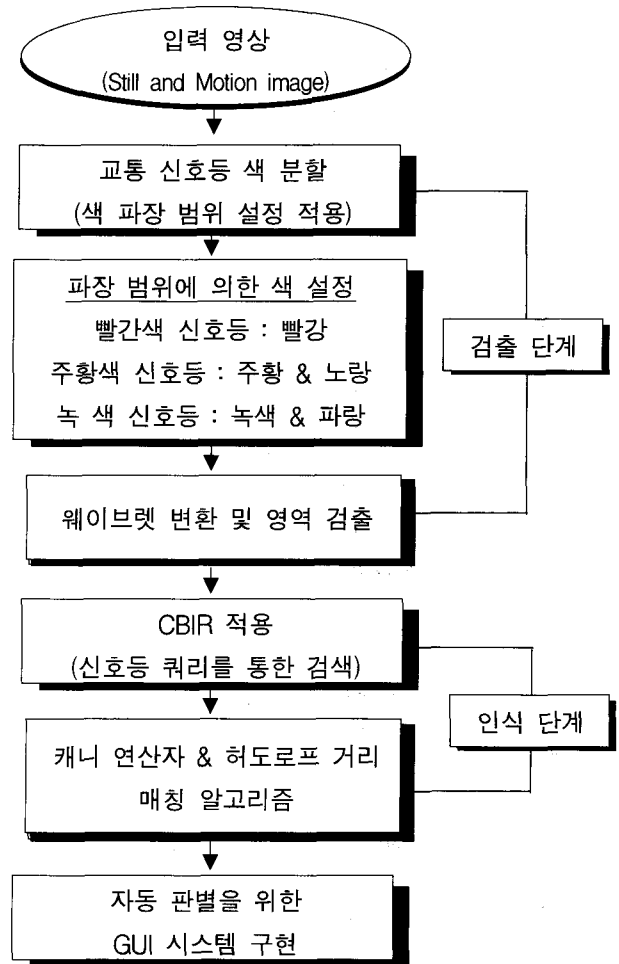


그림 8. 제안된 시스템 구성도
Fig. 8. The proposal system block diagram.

을 위한 전체 시스템 블록도이다. 교통 신호등 검출 부분과 교통 신호등 인식 부분으로 나누어져 있으며, 각각의 전처리 과정인 교통 신호등 후보 영역의 검출 및 특징 추출부가 포함되어 있다. 컬러 분할을 통해 교통 신호등 후보 영역을 결정, 계산량과 속도를 향상시키기 위해 웨이브렛 변환 수행 하였으며, 인식 단계에서는 컬러 특징 벡터를 적용하여 교통 신호등 검색으로 빨강, 주황 녹색 교통 신호등을 판별하는 CBIR과 캐니 에지 연산자와 허도로프거리 매칭을 사용하여 교통 신호등 인식을 한다.

III. 실험

본 논문에서 제안하고 있는 색 분할 파장 범위를 이용한 컬러 분할 검출 방법과 CBIR기반의 인식 알고리즘을 이용한 교통신호등 자동 판별시스템의 성능을 실험한다. 본 실험은 펜티엄 4, 2.4GHz, 512MB와 Matlab

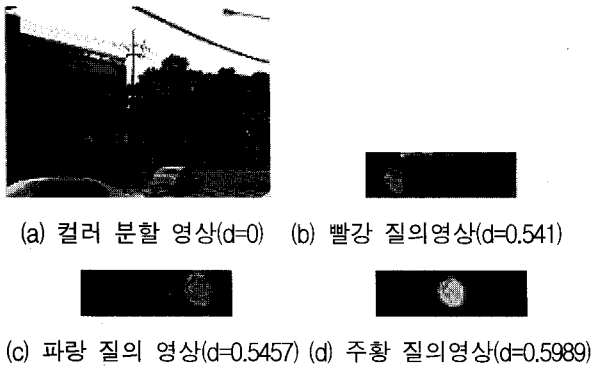


그림 9. CBIR 적용 결과 영상
Fig. 9. The result image using CBIR.

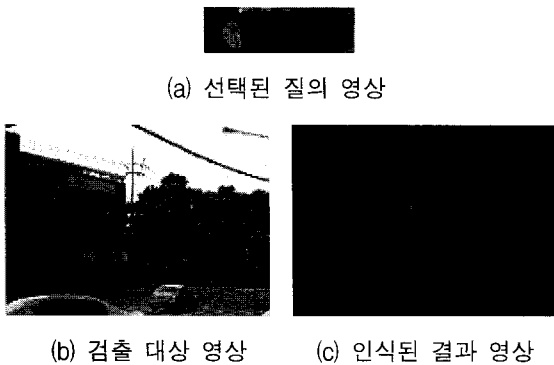


그림 10. 허도로프 거리 알고리즘 적용 결과 영상
Fig. 10. The result image applying Hausdorff distance algorithm.

7.0을 사용하였고, 교통 신호등을 포함한 서로 다른 10개 장소와 100개 다양한 배경 영상으로 낮에 맑고, 흐린 날씨 실험을 수행하였다. 그림 9는 CBIR의 컬러 특성을 이용한 방법으로 히스토그램의 빈도수가 높은 세 개 버킷의 컬러위치를 계산해서 상호 각도를 추출하여 영상의 특징 벡터 적용한 결과 영상이다. 그림 9에서 d는 입력 영상과의 유사도를 나타내며, (a) 입력영상은 고유 값을 가지며, 유사도 d=0값을 나타낸다. (b), (c), (d) 영상은 고유 신호등 질의 영상으로서, (b)는 입력영상과 유사도가 가장 가까운 0.541 값을 나타냄으로 가장 유사한 영상이라 할 수 있다.

그림 10은 그림 9의 실험 결과 영상에 허도로프거리 알고리즘을 적용하여 신호등을 인식한 결과 영상이다.

복잡한 배경 영상에 적용한 결과는 표 2와 같다. 표 2의 결과 제안한 교통신호등 검출 및 인식 알고리즘을 적용한 시스템이 기존의 인식률에서 3% 우수함과 처리 시간에서도 평균 0.19초 향상됨을 보였다.

시스템 적용 환경은 정오의 맑은 날과 흐린 날의 환경에서 수행하였고, 구현된 교통 신호등 자동 판별 시

표 2. 신호등 인식률 및 처리 시간
Table 2. The Traffic light recognition rate and process time.

알고리즘	실험 영상수	인식 성공 영상수	인식 실패 영상수	신호등 인식률	평균 처리 시간
기존 방법 ^[3]	100	95	5	95%	2.21초
제안된 시스템	100	98	2	98%	2.02초



그림 11. 구현된 교통신호등 자동 판별 시스템
Fig. 11. Development of traffic light automatic discrimination system.

스템은 그림 11과 같다.

그림 11은 구현된 교통 신호등 자동 판별 시스템 결과 영상으로 템플릿 영상 버튼을 누르면 CBIR 검색을 적용하여 가장 유사한 영상 찾고, 실행 버튼을 누르면 가장 유사한 영상과 허도로프 거리 알고리즘을 통해 교통 신호등을 판별하도록 설계한 것이다. (a)는 교통 신호등 판별 동시 사용자 인식 장치에 출력 영상을 확인할 수 있는 초기 화면이고, (b)는 빨강, (c)는 주황, (d)는 파랑 신호등을 자동으로 판별한 결과 영상이다.

IV. 결 론

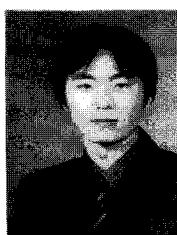
본 논문에서는 교통 신호등 영역 검출을 포함한 교통

신호등 외곽 부분과 신호등색을 자동으로 판별하여 사용자에게 알려주는 교통신호등 자동 판별 시스템 구현을 제안하였다. 제안된 시스템은 교통 신호등 색을 정확하게 검출하기 위해 신호등 고유색 파장 범위를 설정하여 색 분할을 수행하였으며, 교통 신호등(빨강, 주황, 녹색)색 분할 파장 범위에 벗어난 배경 영상을 그레이 레벨로 변환하였다. 검출 단계에서 발생 할 수 있는 데이터량과 처리 시간을 감소하기 위해 웨이블릿 변환을 적용하였다. 다음 단계로 정확한 교통 신호등 인식을 위해 CBIR 기반의 영상 검색 방법과 캐니 에지 연산자와 허도로프 거리 알고리즘의 특성을 이용하여 향상된 인식률을 보임을 확인하였다. 제안된 시스템의 우수함을 확인하기 위해 다양한 요소가 포함된 영상을 대상으로 실험하였으며, 표 2의 결과와 같이 제안된 시스템이 복잡한 배경에서도 인식률 면에서 3% 기존 방법보다 우수함을 확인 하였다. 향후 실시간 교통 신호등 인식, 지능형 교통 신호등, 음성안내 장애인 자동 보행시스템 등에 활용될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 정준익, 노도환, “성분차 색분할과 검출마스크를 통한 실시간 교통신호등 검출과 인식”, 전자공학회 논문지 제43권 SP편 제2호, pp.65~72, 2006.
- [2] 김혜정, “퍼지-신경망 모델과 예측기법을 이용한 교통신호제어”, 이화여자대학교 석사학위논문, 1996.
- [3] Gyung-Sung Yang, “Lane Detection Traffic Signal Recognition for Vision-Based Auto-Navigation”, Chonname National University. 1997.
- [4] Zhuowen Tu and Ron Li, “Automatic recognition of civil infrastructure objects in mobile mapping imagery using a markov random field model”, ISPRS vol. XXIII, Amsterdam, 2000.
- [5] U. Franke, D. Gavrila, S. Goerzig, F. Linder, F. Paetzold, C. Woehler, “Autonomous Driving Goes Downtown”, IEEE intelligent Systems, Vol. 13, no. 6, pp.40-48, 1998.
- [6] Blancard, M, “Road Sign Recognition: A Study of Vision-based decision making for road environment recognition”, in Vision-based Vehicle Guidance, pp.167-175, Spinger-verlag, 1992.
- [7] Michael Shneier, “Road Sign Detection and Recognition”, IEEE Computer Society international Conference on computer Vision and Pattern Recognition, June 2005.
- [8] R. Gonzalez and R. Woods, “Digital Image Processing,” Addison-Wesley, Publishing Company, 1992.
- [9] R. Crane, “A simplified approach to Image Processing,” Prentice-Hall, 1997.
- [10] AliN. Akansu, Richard A. Haddad, “Multi-resolution Signal Decomposition Transforms, Subband, Wavelets” Academic Press. inc :1992.
- [11] Smith, M.; Khotanzad, A, “An object-based approach for digital video retrieval”, information Technology: Coding and Computing, 2004. Proceed-ings. ITCC 2004. international Conference on Vo1.1, 5-7 April, 2004.
- [12] Ramin Zavih, Justin Miller, and Kevin Mai, “A feature-based algorithm for detecting and classifying scene breaks”, In ACM Multimedia Conference, pages 189-200, November 1995.
- [13] Park Ki Tea, Young Shik Moon, “Dominant 컬러 쌍 정보와 Color Correlogram을 이용한 객체 기반 영상 검색”, 전자공학회 논문지 제40권 CI편 제2호, pp.1~8, 2003.
- [14] Markus Stricker and Alexander Orengo, “Color Indexing with Weak Spatial Constraints”, SPIE conference, San Jose, Feb, 1996.
- [15] 권희용, 최재우, 이인행, 조동섭, 황희용, “3차 칼라 오브젝트 관계에 의한 내용기반영상검색”, 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, 25권, 2호, 1998.
- [16] William J. Rucklidge, Locating Objects Using the Hausdorff Distance, Fifth International Conference on Computer Vision, sponsored by IEEE Computer Society Technical Committee on pattern Analysis and Machine Intelligence, Los Alamitos, California, pp.457-464, Jun. 20-23, 1995.
- [17] Michael Hagedoorn, Remco C. Veltkamp, “Reliable and Efficient Pattern Matching using and Affine Invariant Metric”, International Journal of Computer Vision, Vol. 31, no.2-3, April 1999.
- [18] Hertog Nugroho, Shinji Ozawa, “Tracking Multiple Moving Objects form Monocular Image Sequences with Hausdorff Distance and Context Information,” T.IEE Japan, Vol. 118-C, No. 7/8, pp. 1138-1149, 1998.
- [19] 최용호, “A study on a face recognition and a performance comparison by Threshold change of Canny edge operator”, 광운대학교, 2006.

저 자 소 개



김 선 동(학생회원)
 2007년 원광대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2009년 원광대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 <주관심분야 : 영상신호처리, 객
 체 검출 및 인식 알고리즘, 퍼지
 및 웨이브렛 변환 >



백 영 현(학생회원)
 2002년 원광대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2004년 원광대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2007년 원광대학교 전자공학과
 박사 졸업.
 2007년~현재 원광대학교 전기전자및정보공학부
 전임강사
 <주관심분야 : 영상신호처리, 임베디드 시스템,
 해상도 복원, 객체 검출 및 인식, 보안시스템 >



문 성 룡(정회원)
 1982년 원광대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1986년 전북대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1993년 전북대학교 전자공학과
 박사 졸업

1994년~현재 원광대학교 전기전자및정보공학부
 교수
 <주관심분야 : 신경망 이론, 퍼지, 얼굴 인식,
 디지털 시스템 및 지능 시스템 >