

실영상에서 형태 정보와 에지 영상을 이용한 교통 표지판 영역 추출과 인식

곽 현 옥[†] · 오 준 택[†] · 김 옥 현^{††}

요 약

본 논문은 실영상에서 형태 정보와 에지 영상을 이용한 교통 표지판 영역 추출 및 인식 방법을 제안한다. 화소의 RGB 색상비를 이용하여 생성한 이진 영상에서 connected component 알고리즘에 의해 분할된 후보 영역들을 대상으로 형태 정보인 XY축 대칭성을 기반으로 교통 표지판 영역을 추출한다. 만약 후보 영역이 검출되지 않을 경우, 히스토그램 평활화에 의해 대비를 향상함으로써 영역 추출이 가능하다. 그리고 교통 표지판 영역의 에지 영상에서 추출한 수평-수직 투영(XY projection), 모멘트(moment), 동심 원형 패턴 및 8 방향 광선과 에지와의 거리 및 교차점의 개수 등의 형태 정보를 기반으로, 사전에 구축한 데이터베이스와의 유사도 측정에 의해 인식을 수행한다. 다양한 실영상을 대상으로 실험한 결과, 본 방법이 빛이나 날씨 조건 등의 외부 환경에 강건하게 추출 및 인식을 보인다.

Segmentation and Recognition of Traffic Signs using Shape Information and Edge Image in Real Image

Hyunwook Kwak[†] · Juntaek Oh[†] · Wookhyun Kim^{††}

ABSTRACT

This study proposes a method for segmentation and recognition of traffic signs using shape information and edge image in real image. It first segments traffic sign candidate regions by connected component algorithm from binary images, obtained by utilizing the RGB color ratio of each pixel in the image, and then extracts actual traffic signs based on their symmetries on X- and Y-axes. Histogram equalization is performed for unsegmented candidate regions caused by low contrast in the image. In the recognition stage, it utilizes shape information including projection profiles on X- and Y-axes, moment, and the number of crossings and distance which concentric circular patterns and 8-directional rays from region center intersects with edges of traffic signs. It finally performs recognition by measuring similarity with the templates in the database. It will be shown from several experimental results that the system is robust to environmental factors, such as light and weather condition.

키워드 : 교통 표지판 인식(Traffic Sign Recognition), 에지 영상(Edge Image), 색상비(Color Ratio), XY축 대칭성(Symmetry on X- and Y-axes), 수평-수직 투영(XY Projection), 원형 패턴(Circular Pattern), 모멘트(Moment)

1. 서 론

우리는 시각을 통하여 외부 정보의 약 80% 이상을 받아들이고, 의식적인 혹은 무의식적인 처리과정을 거쳐 외부 상황을 이해한다. 그리고 이에 따른 여러 가지 반응을 행한다. 이렇듯 사람의 눈 혹은 비전 시스템(vision system)에 의해서 얻는 영상 정보는 실로 방대한 양의 삼차원 세계에 대한 정보를 포함하고 있다.

컴퓨터 비전(computer vision)에서 다루는 것으로는 직선 혹은 곡선 성분 및 물체의 둘레 추출, 영역 분할(region segmentation), 물체 인식(object recognition), 분류(classifica-

tion) 및 정합(matching), 시변 영상에서 움직이는 물체의 탐지 및 추적, 텍스트 또는 화상 분석 등을 들 수 있다 [1-3]. 본 논문은 컴퓨터 비전에서 영역 분할과 물체 인식에 관한 연구로, 실영상에서 교통 표지판 영역을 추출하고 인식하는 방법을 제안하고자 한다.

1.1 연구 배경

교통 표지판(traffic sign)은 안전하고 원활한 도로 교통의 확보와 도로 구조의 보전을 도모하기 위하여 도로의 노측 또는 차도의 위쪽에 설치된 표지판으로써, 운전자는 이러한 교통 표지판에 의하여 안내, 경계, 규제 또는 지시를 받는다. 도로 표지에는 안내 표지, 경계 표지, 규제 표지, 지시 표지 및 이것들의 내용을 보충하는 보조 표지가 있다. 이러한 도로 표지는 인식하기 쉽고, 먼 거리에서도 표지의

[†] 준 회 원 : 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과
^{††} 정 회 원 : 영남대학교 전자정보공학부 교수
논문접수 : 2003년 10월 6일, 심사완료 : 2004년 2월 6일

종류를 판별하여 단시간 내에 그 내용을 파악할 수 있어야 한다. 그리고 야간에도 판독할 수 있어야 하기 때문에 그 목적에 알맞게 적절히 배치되어야 한다. 그러나 운전자의 부주의나 운전 미숙으로 인하여 해마다 많은 인적, 물적인 피해를 입고 있으며, 현재 이러한 교통 사고에 의한 피해는 중요한 사회적 문제로 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 인간의 시각 시스템을 기계에 적용하려는 노력은 오래 전부터 연구되어 왔으나, 현재 많이 미흡한 실정이다[4, 5]. 기존의 연구 중에 하나가 자동차에 장착된 CCD 카메라로부터 들어오는 도로 영상에 대해서 운전자 대신 교통 표지판을 인지해 주는 보조 시스템의 개발로, 운전자에게 보다 편안하고 안전한 운전을 가능하게 한다. 또한 자동 주행 시스템(automatic driving system)의 개발에서도 교통 표지판, 자동차, 보행자, 도로, 빌딩 등과 같은 도로 여건의 이해는 매우 어려운 작업이다. 특히, 교통 표지판 인식 시스템은 도로 구조의 보전과 안전하고 원활한 교통 소통을 위하여 운전자에게 목적지까지의 방향, 거리 등의 지점 및 경로 안내 등 다양한 정보 제공을 위해서 필수적으로 해결해야 할 연구 과제이다.

1.2 기존 연구

교통 표지판 영역 추출 및 인식에 관한 기존 연구는 색상 정보를 기반으로 하는 연구와 형태 정보를 기반으로 하는 연구로 구분할 수 있다.

색상 정보를 기반으로 하는 연구[6-11]는 후보 영역의 추출을 위해서 교통 표지판의 전형적인 색상 정보(빨간색, 파란색, 노란색, 흰색)를 기반으로 영역 분할을 수행한다. Akatsuka와 Imai[6]는 빨간색, 흰색, 파란색으로 구성된 속도 제한 교통 표지판을 추출하기 위해서 Nrgb 색상 공간과 룩업 테이블(look up table)을 이용하였으며, Ghica[7]는 Akatsuka와 Imai가 제안한 방법을 RGB(Red, Green, Blue) 색상 공간에 적용하여 교통 표지판 영역을 추출하였다. Kehtarnavaz와 Griswold[8]는 HSI(Hue, Saturation, Intensity) 색상 공간에서 멈춤 신호 교통 표지판의 색상에 대한 통계적 처리에 의해서 색상, 채도, 명도의 범위를 결정하고, 영역 분할을 수행하였다. Priese와 Rehrmann[9]은 HSI 색상 공간에서 영역 확장(region growing)을 이용한 병렬 분할(parallel segmentation)을 제안하였으며, Nicchiotti와 Ottaviani[10]도 HSI 색상 공간에서 영역 확장을 이용하여 분할된 후보 영역에 대해서 형태 분석을 수행하였다. Estable와 Schick[11]는 실시간 교통 표지판 인식과정에서 픽셀 레이블링(pixel labeling)을 위해서 사전에 교통 표지판의 색상에 대한 교차원의 신경망을 이용하였다. 이러한 색상 정보를 기반으로 하는 연구들은 특정 응용 분야에 따라 색상 공간에서의 클러스터링(clustering)에 크게 의존하므로, 사전에 통계적 분석이 요구되어 진다. 그러므로 다양한 색상들로 구성된 물체 영역을 추출해야 할 경우 색상 공간에 많은 변화가 유발된다.

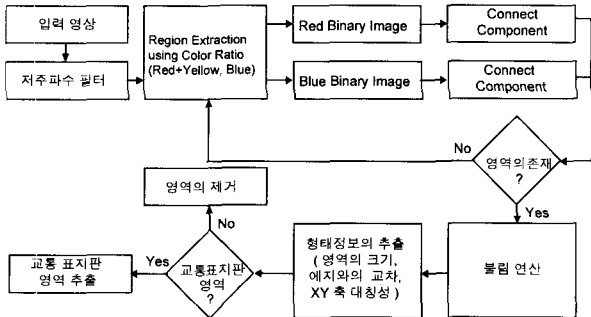
형태 정보를 기반으로 하는 연구[6, 8, 12-14]는 원래 로봇에서 장면 분석, 삼차원 물체 인식에 관한 연구에 이용되었다. 이러한 연구들은 다양한 물체를 내재하고 있는 복잡한 실영상을 대상으로 하거나 외부 환경에 의한 형태의 손실 및 관점에 따른 형태의 변화 등의 이유로 많은 어려움을 가진다. Akatsuka와 Imai[6]는 빨간색과 파란색 유형의 원형 교통 표지판에 대해서 원형 정합(template matching) 방법에 의해 영역을 추출하였으나, 크기 변화에 따른 처리가 불가능하였다. Kehtarnavaz와 Griswold[8]는 입력 영상으로부터 생성한 빨간색 색상 정보만을 가지는 영상에 대해서 에지(edge)를 추출한 후, 허프 변환(hough transform) 알고리즘을 적용하였다. Aoyagi와 Asakura[12]는 라플라시안 필터(laplacian filter)를 이용하여 추출한 에지에 대해서 원 형태의 패턴에 대한 유전자 정보와 패턴 매칭(pattern matching), 그리고 신경망을 적용하여 영역을 추출 및 인식하였다. Jung Hak AN과 Tae Young CHOI[13]는 RGB 색상 공간에서 우세한 색상 정보를 이용하여 추출한 후보 영역에 대해서 원형 패턴 벡터를 적용하였다. 이러한 형태 정보를 기반으로 하는 영역 추출 및 인식은 복잡한 처리 과정을 요구하며, 복잡한 도로 영상과 유사한 모양의 다른 표지판 등으로 인하여 교통 표지판 영역 추출 및 인식에 많은 어려움이 따른다.

본 논문은 실영상으로부터 추출하고자 하는 특정 색상에 대해서 화소의 색상비를 이용함으로써 조명 상태나 날씨에 민감하지 않은 특징을 가진다. 만약 색상비에 의해 생성된 이진 영상에서 교통 표지판 후보 영역이 추출되지 않으면, 좀 더 넓은 범위의 색상비에 의한 후보 이진 영상을 이용한다. 또한 빛이나 안개 등의 영향에 의해서 영역을 추출하지 못할 경우 히스토그램 평활화를 적용하여 재처리함으로써 영역 추출이 가능하다. 그리고 교통 표지판에 존재하는 최외각 에지간의 거리값이 XY축 방향에 대해서 대칭적이라는 점(XY축 대칭성)을 이용하여 후보 영역들로부터 정확한 교통 표지판 영역을 추출한다. 교통 표지판 인식은 추출된 영역에 대해서 수평-수직 투영, 모멘트, 중심 원형 패턴 및 8 방향 광선과 에지와의 거리 및 교차수 등 다양한 변환과 외부 잡음에 강건한 형태 정보를 이용하며, 사전에 구축한 데이터베이스와의 연동에 의해 수행된다.

2. 교통 표지판 영역 추출

본 논문에서 제안하는 교통 표지판 영역의 추출 과정은 (그림 1)과 같다. 실영상으로부터 색상비를 이용하여 빨간색과 파란색에 해당하는 이진 영상을 생성한 후, connected component 알고리즘에 의해 분할된 각 영역에 대해서 형태 정보를 이용하여 정확한 교통 표지판 영역을 추출한다. 만약 교통 표지판 영역을 추출하지 못할 경우, 좀 더 넓은 범위의 색상비를 적용한 이진 영상에서 교통 표지판 영역을 추출한다. 그리고 심한 조명 변화나 안개의 영향으로 인하여 영역을 추출하지 못할 경우, 실영상에 대해서 히스토그

램 평활화를 적용하여 대비를 향상시킨 후, 재처리 과정에 의해 교통 표지판 영역을 추출한다.



(그림 1) 교통 표지판 영역 추출 과정

2.1 색상비에 의한 이진 영상의 생성

일반적으로 영상은 빨간색, 초록색, 파란색의 세 가지 성분으로 구성된 RGB 색상 공간을 이용한다. 이러한 RGB 색상 공간은 처리가 간단하다는 장점이 있으나, 날씨나 조명 상태의 변화에 민감하게 반응하므로 화소의 밝기값을 이용한 영역 추출은 어렵다는 단점이 있다.

일반적으로 RGB 색상 공간에서 이진 영상으로 변환하기 위한 임계값의 결정은 식 (1)과 같다.

$$g(x, y) = k_1 \begin{cases} R_{low} \leq f_r(x, y) \leq R_{high} \\ G_{low} \leq f_g(x, y) \leq G_{high} \\ B_{low} \leq f_b(x, y) \leq B_{high} \end{cases} \quad (1)$$

$$g(x, y) = k_2 \quad \text{otherwise}$$

식 (1)에서 $f_r(x, y)$, $f_g(x, y)$, $f_b(x, y)$ 는 화소가 가지는 빨간색, 초록색, 파란색 성분의 밝기값이며, R_{low} , R_{high} , G_{low} , G_{high} , B_{low} , B_{high} 는 각 밝기값에 대한 최소, 최대 임계치를 나타낸다. k_1 , k_2 는 이진 영상에서의 밝기값을 나타내는 상수이다. 색상, 채도, 명도의 세 가지 성분으로 구성된 HSI 색상 공간을 이용하면 밝기의 변화에 민감하지 않다는 장점을 가지나, RGB 색상 공간에서 HSI 색상 공간으로 변환하는 식이 비선형성을 가진다는 점과 계산 시간이 많이 소비되는 단점을 가진다. 본 논문은 RGB 색상 공간에서 HSI 색상 공간이 가지는 특성을 얻기 위해서 식 (1)을 식 (2)와 같이 화소의 색상 성분들의 비를 이용하여 이진 영상으로 변환한다. 본 논문은 식 (2)를 이용하여 빨간색과 노란색, 파란색에 대해서 이진 영상을 생성하였다.

$$g(x, y) = k_1 \begin{cases} T1_{low} \leq \frac{f_g(x, y)}{f_r(x, y)} \leq T1_{high} \\ T2_{low} \leq \frac{f_b(x, y)}{f_r(x, y)} \leq T2_{high} \\ T3_{low} \leq \frac{f_b(x, y)}{f_g(x, y)} \leq T3_{high} \end{cases} \quad (2)$$

$$g(x, y) = k_2 \quad \text{otherwise}$$

식 (2)에서 $T1_{low}$, $T1_{high}$, $T2_{low}$, $T2_{high}$, $T3_{low}$, $T3_{high}$ 는 화소의 색상비에 대한 임계값을 나타낸다. 색상비를 이용함으로써 다른 색상 공간으로의 변환 없이 사용할 수 있으므로 처리 시간을 줄일 수 있다. 만약 생성된 이진 영상에서 영역이 하나도 존재하지 않으면, 좀 더 넓은 범위를 가지는 임계값을 적용한 이진 영상을 생성한다.

2.2 XY축 대칭성에 의한 영역 추출

생성된 이진 영상에 대해서 connected component 알고리즘을 적용하여 영역을 분할한 후, 각 영역에 대해서 불림(dilation) 연산을 수행한다. 불림 연산은 물체의 최외각 화소를 확장하여 짧은 거리의 끊어진 영역을 연결하는 기능을 수행한다.

본 논문은 이진 영상에 내재된 영역에 대해서 영역의 크기, 8 방향 에지와의 교차성, XY축 대칭성을 이용하여 교통 표지판 영역을 추출한다. XY축 대칭성은 현재 이용하고 있는 교통 표지판이 좌우 상하 방향으로 대칭적이라는 정보에 근거한 것으로, 이동, 크기 변화이나 빛이나 안개 등의 외부 환경에 따른 어느 정도의 영역 손실에도 영역을 강건하게 추출할 수 있다.

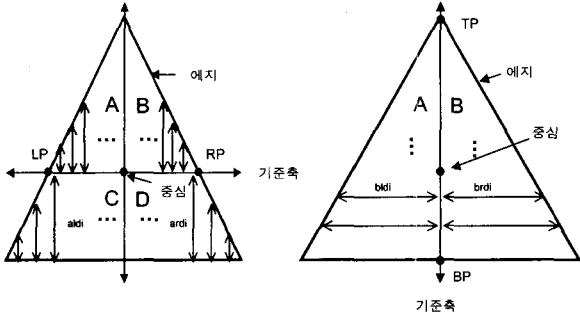
영역의 크기 정보는 각 영역에 대해서 너비와 높이가 최소 20 화소 이상이어야 하며, 너비와 높이의 거리비가 식 (3)을 만족할 때 후보 영역으로 고려하였다.

$$0.5 \leq \frac{Distance_h}{Distance_v} \leq 2.0 \quad \text{or} \quad 0.5 \leq \frac{Distance_v}{Distance_h} \leq 2.0 \quad (3)$$

8 방향 에지와의 교차성은 영역의 중심에서 45도 간격씩 여덟 개의 방향으로 주사하였을 때 영역의 최외각 에지와의 교차함을 나타낸 것으로, 영역의 손실을 어느 정도 감안하여 최소 다섯 방향이 에지와 교차할 때 후보 영역으로 고려하였다.

XY축 대칭성은 X축과 Y축으로부터 가장 멀리 있는 에지와의 거리값을 비교하는 방법이다. (그림 2)(a)는 X축 방향으로 대칭성을 비교한 것으로, 영역의 중심으로부터 좌우 X축 방향으로 가장 멀리 떨어져 있는 에지 LP와 RP를 찾아서 중심과 LP, 중심과 RP간의 거리를 n개의 구간으로 나눈다. A 영역과 B 영역에 대해서 기준축으로부터 상위 방향으로 가장 멀리 떨어져 있는 에지와의 거리값을 계산한 후, 같은 색인값을 가지는 거리값에 대해서 유클리디언 디스턴스를 이용하여 비교한다. 그리고 C 영역과 D 영역은 후보 영역의 너비를 n개의 구간으로 나눈 뒤에 기준축으로부터 하위 방향으로 가장 멀리 떨어져 있는 에지와의 거리(aldi, ardi)를 계산한 후, 거리를 비교한다. 유클리디언 디스턴스에 의해 측정된 값이 작을수록 X축 방향으로 대칭성을 가지는 것으로, 0.3 이하의 값을 가지면 교통 표지판 영역으로 추출한다. (그림 2)(b)는 Y축 방향으로 대칭성을 비교한 것으로, 영역의 중심으로부터 상하 Y축 방향으로 가장

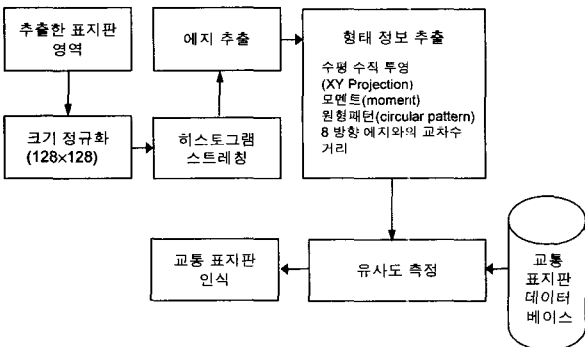
멀리 떨어져 있는 에지 TP와 BP를 찾아서 TP와 LP의 거리를 n개의 구간으로 나눈다. 그리고 A 영역과 B 영역에 대해서 X축 좌우 방향으로 가장 멀리 있는 에지와와의 거리(bldi, brdi)를 계산한 후, 같은 인덱스를 가지는 거리값에 대해서 비교한다.



(a) X축 방향 (b) Y축 방향
(그림 2) XY축 대칭성에 의한 형태 정보 추출

3. 에지 영상에서 형태 정보를 이용한 교통 표지판 인식

추출한 교통 표지판 영역에 대한 인식과정은 (그림 3)과 같다. 먼저, 빠른 인식을 위해 추출한 영역을 주요 색상(빨간색, 파란색)에 따라 분류하고, 선형 보간 방식을 이용하여 크기 정규화를 수행한다. 크기가 정규화된 영역에 대해서 히스토그램 스트레칭을 이용하여 대비를 향상한 후, Sobel 연산자를 이용하여 에지 영상을 생성한다. 본 논문에서는 에지 영상을 기반으로 형태 정보인 수평-수직 투영, 모멘트, 동심 원형 패턴 및 8 방향 광선과 에지와의 교차수 및 거리를 추출한 후, 데이터베이스와의 연동에 의해 인식을 수행한다. 이러한 형태 정보는 간단한 처리에 의해 추출되며, 다양한 변환에도 강건한 인식이 가능하다. 그리고 빛이나 안개의 영향으로 인해 에지가 생성되지 않았을 경우 X축 또는 Y축을 기준으로 대칭 변환하여 손실된 에지 부분을 어느 정도 복원할 수 있다.



(그림 3) 교통 표지판 인식 과정

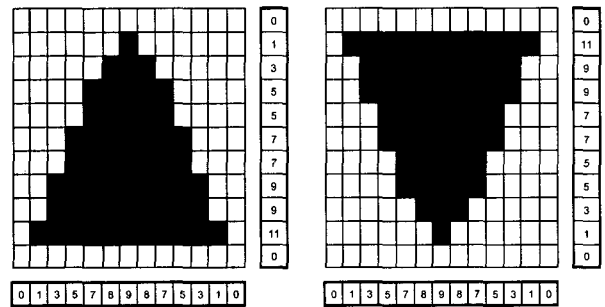
3.1 수평-수직 투영(XY Projection)

수평, 수직 방향으로 도형의 내부에 해당하는 화소들의 개수를 측정하는 것으로, 원, 사각형, 삼각형, 역삼각형의 교통 표지판을 분별할 수 특징 정보이다. 에지 영상에서 수평 및 수직 방향으로 가장 먼저 만나는 에지와 가장 나중에 만나는 에지를 연결하여 생성된 영역에 대해서 n개의 수평, 수직선을 주사하였을 때 만나는 화소들의 개수를 특징값으로 이용한다. 수평과 수직 방향에 대한 투영은 식 (4)와 같다. $P_h(i)$ 와 $P_v(j)$ 는 수평과 수직 방향에 존재하는 화소 $f(i, j)$ 의 누적 화소 수이며, i, j 는 수평과 수직 방향에 대한 주사선들의 색인값을 나타내고, n 은 주사한 방향의 개수를 나타낸다.

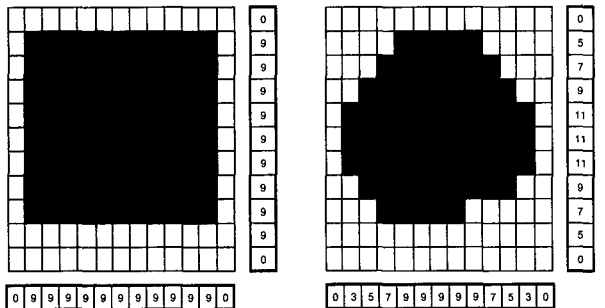
$$P_h(i) = \sum_{j=0}^n f(i, j) \tag{4}$$

$$P_v(j) = \sum_{i=0}^n f(i, j)$$

(그림 4)는 삼각형, 역삼각형, 사각형, 원 등 다양한 형태의 교통 표지판 도형에 대해서 수평-수직 투영을 적용하였을 때 추출되는 화소의 개수를 보여준다.



(a) 삼각형 (b) 역삼각형



(c) 사각형 (d) 원

(그림 4) 수평-수직 투영의 적용 예

3.2 모멘트(moment)

모멘트는 영역의 모양정보를 추출하기 위한 특징으로, 패턴인식 분야에서 물체를 기술하는데 있어 우수한 특성을 가지며[1-3], 본 논문에서는 에지 영상에 대한 반전 영상을

생성하여 적용한다.

2차원 연속함수 $f(x, y)$ 에 대해 차수 $(p+q)$ 를 가지는 모멘트와 디지털 영상에서 중앙 모멘트는 식 (5)와 식 (6)과 같이 정의된다.

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy \quad p, q = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x-x')^p (y-y')^q f(x, y) \quad x' = \frac{m_{10}}{m_{00}}, y' = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (6)$$

정규화된 모멘트 η_{pq} 는 식 (7)과 같이 정의된다.

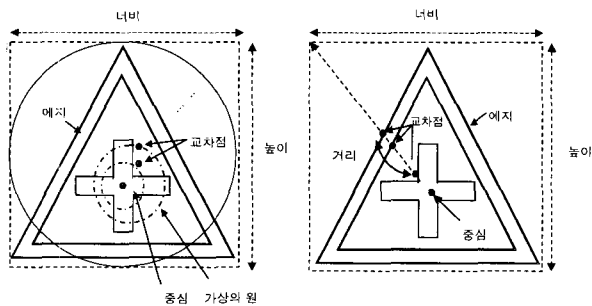
$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^{\frac{p+q}{2}}} \quad \gamma = \frac{p+q}{2} + 1, (p+q) = 2, 3, 4, \dots \quad (7)$$

불변 모멘트 집합 ϕ_i 는 정규화된 중앙 모멘트로부터 식 (8)을 이용하여 쉽게 유도할 수 있으며, 이동, 회전, 크기 변화 및 거울 영상에 대해서 불변하다는 특징을 가진다.

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ &\quad + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ &\quad + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ &\quad + (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{aligned} \quad (8)$$

3.3 원형 패턴

원형 패턴 정보는 영역의 너비와 높이에 비해서 n 개의 가상 원을 생성한 후, 각 가상 원에 대해서 에지와 교차하는 개수를 측정하는 것으로, 이동, 회전, 크기 변화에 불변하는 특성을 가지며[13], 반지름에 따른 에지의 복잡성을 나타낸다. (그림 5)(a)는 +자형 교차로 표지판에 대해서 원형 패턴을 적용하여 처리하는 과정을 보여준다. 그리고 여러 개의 원형 패턴을 적용하였을 때 중심으로부터 가장 가까운 에지와 교차점과 가장 먼 에지와 교차점간의 거리값을 특징으로 이용한다.



(a) 원형 패턴 (b) 8 방향 에지와의 교차수 및 거리

(그림 5) 형태 정보 추출

3.4 8 방향 에지와의 교차수 및 거리

8 방향 에지와의 교차수는 영역의 중심으로부터 45도씩의 간격을 가지는 방향으로 주사하였을 때 교차하는 에지의 개수를 측정하는 것이며, 8 방향 에지와의 거리는 방향별로 교차하는 가장 가까운 에지와 가장 멀리 떨어져 있는 에지와의 거리를 측정하는 것이다. 8 방향 에지와의 교차수 및 거리정보는 방향과 거리에 따른 에지의 복잡성을 나타낸다. (그림 5)(b)는 +자형 교차로 표지판에 대해서 에지와 만나는 교차수 및 거리값을 추출하는 과정을 보여준다.

3.5 유사도 측정

실영상으로부터 추출한 교통 표지판 영역의 특징들과 사전에 저장한 데이터베이스 내 영상들의 특징들을 대상으로 유클리디언 디스턴스를 이용하여 유사성을 비교하고, 가장 유사한 영상을 교통 표지판 영상으로 인식한다.

$$ED_S = \sum_{j=0}^m \left(weight_j \times \sqrt{\sum_{i=0}^n (f_{i_{mm}}^j - f_{i_{nn}}^j)^2} \right) \quad (9)$$

$$\sum_{j=0}^m weight_j = 1.0$$

m = 형태 정보의 개수
 n = 형태 정보별 특징의 개수

식 (9)에서 ED_S 는 전체 유사도를 나타내며, $weight_j$ 는 j 번째 특징에 대한 유사도 값의 가중치를 의미한다. $f_{i_{mm}}^j$ 와 $f_{i_{nn}}^j$ 는 추출한 영역과 데이터베이스에서의 특징값을 나타낸다. ED_S 가 작을수록 유사도가 크고 높을수록 유사도가 작음을 나타내며, $weight_j$ 에 의해 특징들에 대한 중요도를 부여할 수 있다.

4. 실험 및 결과

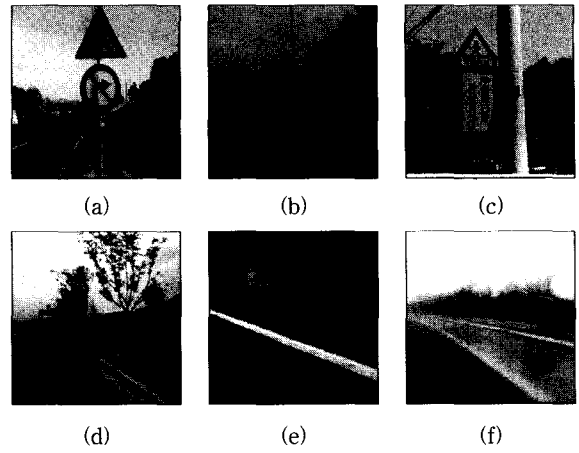
본 논문에서 제안하는 시스템은 Pentium 1.4Ghz의 Windows 2000 환경에서 자바 언어로 구현하였으며, 교통 표지판은 주의, 규제, 지시 표시를 대상으로 하였다. 실험영상은 다양한 환경하에 Sony DSC-F505V 디지털 카메라를 이용하여 획득한 100개의 실영상을 이용하였다.

이진 영상을 생성하기 위해 실험에서 사용한 색상비의 임계치는 빨간색의 경우 빨간색에 비해서 녹색과 파란색이 0.6 이하의 비율로 설정하였으며, 파란색의 경우 빨간색에 비해서 녹색과 파란색이 1.5 이상, 녹색에 비해서 파란색이 1.5 이상의 비율로 설정하였다. 만약 위의 임계값으로 영역이 추출되지 않으면, 빨간색의 경우 0.8 이하, 파란색의 경우 1.3 이상으로 설정하여 생성한 이진 영상을 적용하였다. 그리고 실영상으로부터 추출한 교통 표지판 영역은 128×128의 크기로 정규화하였으며, 영역 추출 시에 사용한 XY 축 대칭성과 인식에서 사용한 수평-수직 투영과 원형 패턴

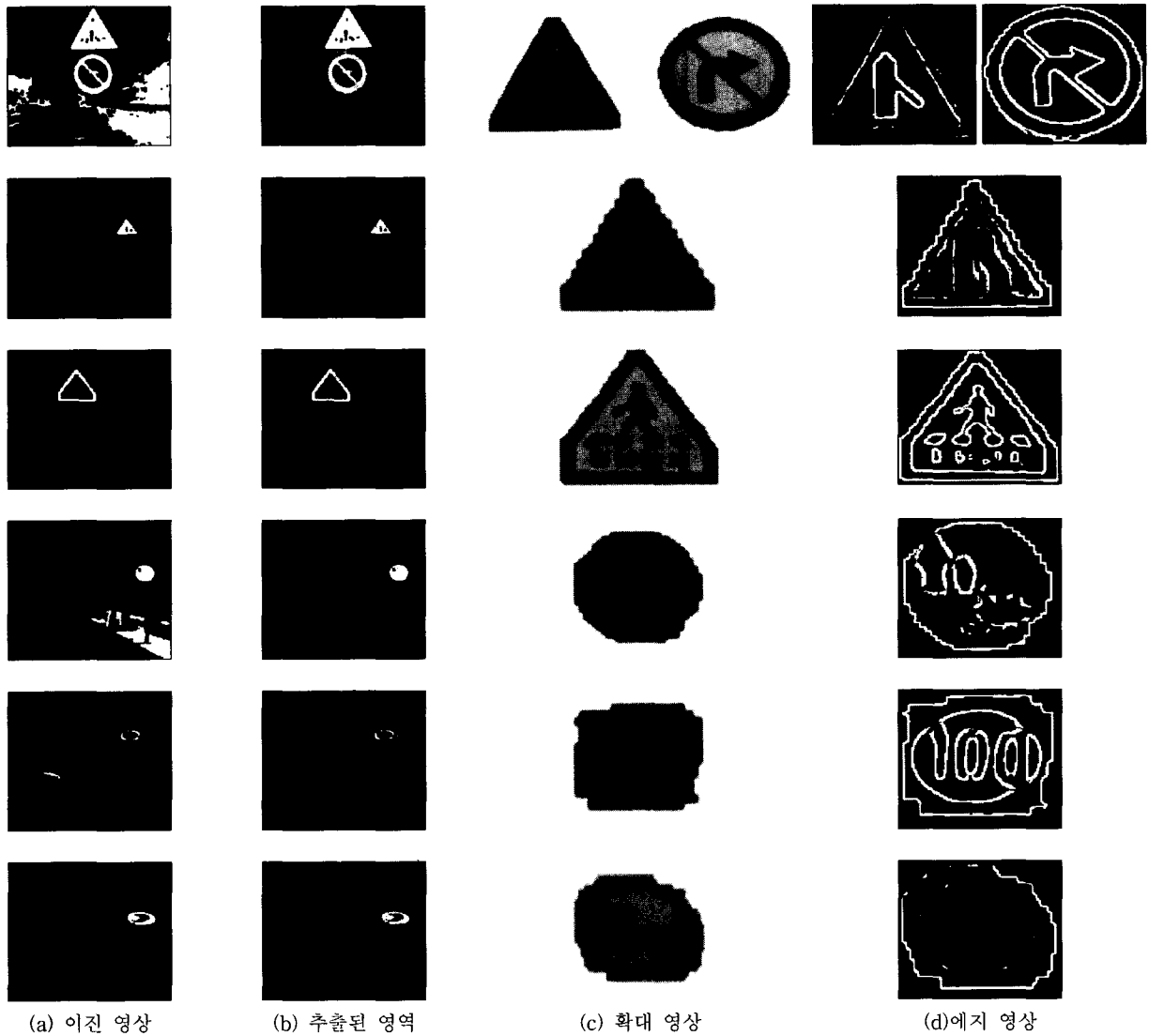
은 정규화된 너비와 높이에 따라 10개의 주사선과 원형 패턴을 이용하였다. 유사도 측정 시에 이용하는 수평-수직 투영, 모멘트, 원형 패턴, 8 방향 에지와의 교차수 및 거리 정보에 대한 가중치는 각각 0.2, 0.3, 0.3, 0.2를 부여하였다.

(그림 6)은 실험에서 이용하는 입력 영상이며, (그림 7)(a)은 (그림 6)의 입력 영상에 대해서 색상비를 이용하여 생성한 이진 영상을 보여준다. (그림 7)(b)는 영역의 크기, 8 방향 에지와의 교차수, XY축 대칭성을 이용하여 추출한 교통 표지판 영역을 보여준다. (그림 6)(e)과 (그림 6)(f)는 밤과 안개 및 비가 내리는 영상임에도 불구하고 색상비를 이용함으로써 정확한 영역 추출이 가능하였다. (그림 7)(c)는 추출한 영역에 대해서 선형 보간법을 이용하여 확대한 영상이며, (그림 7)(d)는 (그림 7)(c)에 대해서 히스토그램 스트레칭을 적용한 후, Sobel 연산자를 이용하여 추출한 에지 영상이다. (그림 8)은 이진 영상에서 교통 표지판 후보

영역이 하나도 추출되지 않을 때 본 논문에서 사용한 히스



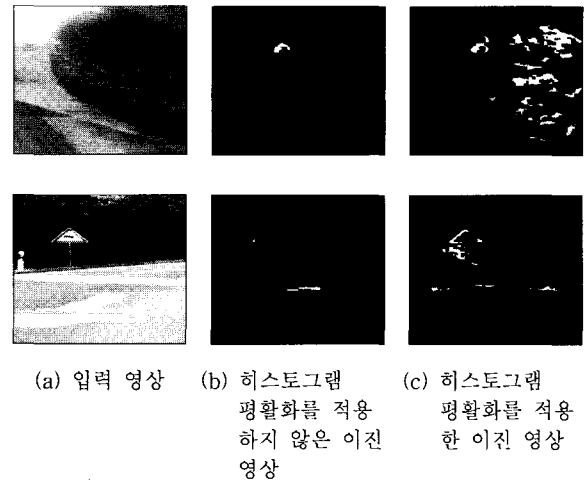
(그림 6) 다양한 형태의 입력 영상



(그림 7) 교통 표지판 영역 추출

토그램 평활화의 적용이 유효함을 보여준다. (그림 8)(a)와 같이 비가 내리고 안개가 낀 영상과 빛의 영향을 많이 받고 있는 입력 영상에 대해서 (그림 8)(b)는 히스토그램 평활화를 적용하지 않고 생성한 이진 영상이며, (그림 8)(c)는 히스토그램 평활화를 적용하여 생성한 이진 영상으로, 히스토그램 평활화를 적용함으로써 외부 환경의 영향으로부터 강건하게 이진 영상을 생성할 수 있었다. (그림 9)는 히스토그램 스트레칭의 사용 여부에 따른 에지 영상을 보여준다. (그림 9)(a)는 (그림 7)(c)의 확대 영상으로 히스토그램 스트레칭을 적용하지 않은 영상이며, (그림 9)(b)는 (그림 7)(c)의 확대 영상에 대해서 아주 넓은 범위의 최대값과 최소값을 가지는 히스토그램 스트레칭을 적용한 영상이다. (그림 9)(c)와 (그림 9)(d)는 (그림 9)(a)와 (그림 9)(b)에 대해서 Sobel 연산자를 이용하여 추출한 이진 형태의 에지 영상으로, 히스토그램 스트레칭을 적용함으로써 영역 내부의 에지를 더 자세하게 표현할 수 있음을 보여준다. (그림

10)은 잘못된 영역 추출을 보여준다. (그림 10)(a), (그림



(그림 8) 히스토그램 평활화의 유효성



(그림 9) 히스토그램 스트레칭의 유효성



(그림 10) 잘못된 영역 추출

10)(d)는 입력 영상이며, (그림 10)(b), (그림 10)(e)는 이진 영상에서 교통 표지판 영역만을 추출한 영상이다. (그림 10)(c), (그림 10)(f)는 이진 영상으로부터 추출한 영역에 대해 히스토그램 스트레칭을 적용한 영상을 보여준다. (그림 10)(a)의 경우 신호등에 해당하는 부분이 교통 표지판으로 잘못 추출되었으며, (그림 10)(d)의 경우 2개의 교통 표지판 영역이 너무 작고 근접해 있어 불림 연산에 의해 하나의 영역으로 잘못 추출되었음을 보여준다.

<표 1>은 주의, 규제, 지시 표지판에 해당하는 실영상을 대상으로 교통 표지판 영역 추출과 영역 인식에서의 처리 시간을 보여준다. 영역 추출에 해당하는 처리 시간은 영역을 추출하기 이전까지의 모든 처리과정을 포함한 시간으로 평균 3873.33msec을 보였으며, connected component 알고리즘을 이용한 분할 과정에서 가장 많은 시간을 소모하였다. 영역 인식에 해당하는 처리 시간은 추출된 영역에 대해서 형태 정보의 추출과 데이터베이스와의 유사도 측정에 소모된 시간으로, 평균 649msec를 보였다.

<표 1> 추출 및 인식에 대한 처리시간

	실험 영상 개수	처리시간(msec)	
		영역 추출	영역 인식
주 의	35	3777	703
규 제	30	4142	687
지 시	35	3701	557
평 균	33.33	3873.33	649

<표 2>는 실영상에서의 주의, 규제, 지시 표지판에 해당하는 120개의 교통 표지판 영역에 대해서 추출과 인식의 정확률을 보여준다. 평균 40개의 교통 표지판 영역에 대해서 38.66개의 영역을 추출하여 평균 96.66%의 성공적인 정확률을 보였다. 인식에서는 데이터베이스와의 유사도 측정에서 가장 유사한 값으로 평균 31.66개의 영역을 인식하여 평균 79.16%의 정확률을 보였다. 본 논문에서는 표준적인 형태의 교통 표지판 102개에 대한 정보만을 데이터베이스에 저장하여 이용하였기 때문에 실영상에서의 교통 표지판과 다소 틀린 부분이 있을 수 있다. 예를 들면, 속도 제한을 나타내는 표지판의 경우 빨간색 테두리 안의 속도를 나타내는 수치가 다른 경우이다. 그리고 실영상에 존재하는 교통 표지판 영역이 너무 작은 경우 선형 보간법만으로는 영역의 확대가 제대로 이루어지지 않고 많은 정보의 손실을 유발하였기에 다소 낮은 정확률을 보였다. 이러한 이유로 추출한 교통 표지판 영역에 대해서 측정된 유사도가 5위 이내에 포함되는지 실험한 결과 평균 38.33개의 영역을 인식하였으며, 평균 95.83%의 정확률을 보여 본 논문에서 정의한 형태 정보들이 유용함을 확인할 수 있었다.

<표 2> 추출 및 인식에 대한 정확률

	영역 개수	성공한 영상 개수			영역 추출(%)	영역 인식(%)	
		영역 추출	영역 인식			1위 이내	5위 이내
			1위 이내	5위 이내			
주의	45	44	34	44	97.77	75.55	97.77
규제	35	34	28	33	97.14	80	94.28
지시	40	38	33	38	95	82.5	95
평균	40	38.66	31.66	38.33	96.66	79.16	95.83

<표 3> 기존의 방법들과 제안한 방법간의 정확률 비교

	영역 추출(%)	영역 인식(%)
Aoyagi의 방법	88.8	95.83
Shaposhnikov의 방법	90	85
제안한 방법	96.66	95.83

<표 3>은 교통 표지판 영역 추출 및 인식에 대해서 기존의 방법들과 제안한 방법의 정확률을 보여준다. 본 논문이 제안한 방법의 영역 인식은 5위 이내의 정확률을 이용하였으며, 영역 추출 및 인식에 대해서 기존의 방법들보다 높은 정확률을 보였다. Aoyagi의 방법에 따른 영역 인식에 대한 정확률은 추출한 영역을 세 종류(속도를 나타내는 표지판, 그 외의 표지판, 표지판이 아닌 것)로 분류하는 것에 대한 수치로써, 다소 높은 정확률을 보였다.

<표 4>은 실영상으로부터 추출한 표지판과 데이터베이스에 저장된 표지판간의 유사도를 측정된 것으로, 주요색이 빨간색인 +자형 교차로, 우회전 도로, 양보, 보행자 횡단금지, 좌회전 금지, 우회전 금지, 속도 제한 표지판들간에 측정된 유사도를 보여주며, <표 5>는 주요색이 파란색인 횡단보도, 주차, 자전거 횡단도, 회전, 아동 보호 및 자전거 전용도로 표지판들간에 측정된 유사도를 보여준다. 그리고 영상간의 유사도는 0에 가까울수록 높음을 나타낸다. <표 4>와 <표 5>에서 같은 유형의 교통 표지판이 가장 높은 유사도를 가짐을 볼 수 있다.

<표 4> 유사도 - 주의, 규제 표지판

데이터베이스 \ 실영상	+자형 교차로	우회전 도로	양 보	보행자 횡단금지	좌회전 금지	우회전 금지	속 도 제한
+자형 교차로	0.3357	0.3874	0.9343	0.6668	0.7674	0.6066	0.9087
우회전 도로	0.3393	0.3262	0.9072	0.6434	0.9742	0.6533	0.8856
양 보	0.8458	0.8909	0.3998	0.8772	0.9307	0.7513	0.7936
보행자횡단금지	0.4143	0.6360	0.7758	0.3184	0.7707	0.6306	0.6460
좌회전 금지	0.8576	0.8062	0.9881	0.9122	0.4080	0.5597	0.7213
우회전 금지	0.7566	0.4243	0.9375	0.8280	0.4241	0.4243	0.6587
속도 제한	0.6979	0.4578	0.8287	0.7701	0.5733	0.4578	0.4345

〈표 5〉 유사도 - 지시 표지판

실영상 \ 데이터 베이스	횡단보도	주차	자전거 횡단도	회전	아동 보호 및 자전거 전용도로
횡단보도	0.3296	0.5961	0.4659	0.7067	0.7656
주 차	0.7329	0.4550	0.8587	0.7916	0.7442
자전거 횡단도	0.4533	0.8291	0.5316	0.8146	0.8225
회 전	0.7860	0.6252	0.8681	0.4941	0.7156
아동 보호 및 자전거 전용도로	0.6620	0.6641	0.8374	0.6258	0.4640

5. 결 론

본 논문은 운전자에게 보다 편안하고 안전한 운전을 가능하게 하는 시스템 개발의 일환으로, 형태 정보와 에지 영상을 이용한 교통 표지판 영역 추출 및 인식 방법을 제안한다.

교통 표지판 후보 영역을 추출하기 위해 화소의 색상비를 이용함으로써 다른 색상 공간으로의 변환이 불필요하고, 또한 조명 상태나 날씨에 민감하지 않은 특징을 가진다. 만약 교통 표지판 후보 영역이 추출되지 않을 경우, 좀 더 넓은 범위의 임계값에 따른 이진 영상과 히스토그램 평활화를 이용함으로써 영역 추출이 가능하다. 그리고 이진 영상에서 교통 표지판 영역을 추출하기 위해 이용한 XY축 대칭성은 크기, 이동 등의 변환과 어느 정도의 외부 환경에 의한 손실에 강건하다는 장점을 가지지만, 회전이 가미될 경우 민감하다는 단점을 가진다. 인식에서는 추출한 교통 표지판 영역의 에지 영상을 기반으로 수평-수직 투영, 모멘트, 중심 원형 패턴 및 8 방향 광선과 에지와 교차수 및 거리 등의 형태 정보를 이용함으로써 다양한 변환에 대해서 불변한 특징을 가지며, 유사도 측정 시에 형태 정보별 가중치를 부여함으로써 중요도를 결정할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 교통 표지판 영역 추출 및 인식은 향후 자동 주행 시스템의 보급에 따라 확대 보급될 것이며, 영역 추출 및 인식 기술의 축적, 지리 정보 시스템, 차량 교통 정보 단말기 개발에 적용 등 많은 응용 분야에서 활용 가능하다.

향후 과제로는 회전에 불변하는 형태 정보의 정의와 추출한 교통 표지판 영역이 너무 작은 경우 선형 보간법에 의한 크기 정규화만으로는 정확한 교통 표지판 정보를 추출할 수 없으므로 효과적인 확대 및 축소 알고리즘에 대한 연구가 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Randy Crane, *A Simplified Approach to Image Processing*, Prentice Hall PTR Prentice-Hall Inc., 1997.
 [2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1998.

[3] Kenneth R. Castleman, *Digital Image Processing*, Prentice-Hall Inc. A Simon and Schuster Company, 1996.
 [4] G. Foresti, V. Murino, C. S. Regazzoni and G. Vermazza, "A Distributed Approach to 3D Road Scene Recognition," *IEEE Trans, on Vehicular Technology*, Vol.43, No.2, pp. 389-406, May, 1994.
 [5] M. Gay, "Segmentation Using Region Merging With Edges," In Proc, Alvey Vision Conf., pp.115-119, Sept., 1989.
 [6] H. Akatsuka and S. Imai, "Road signposts recognition system," In Proc, SAE vehicle highway infrastructure : safety compatibility, pp.189-196, 1987.
 [7] R. Ghica, S. W. Lu and X. Yuan, "Recognition of traffic signs using a multilayer neural network," In Proc, Canadian Conf, on Electrical and Computer Engineering, 1994.
 [8] N. Kehtarnavaz, N. C. Griswold and D. S. Kang, "Stopsign recognition based on color-shape processing," *Machine Vision and Applications*, Vol.6, pp.206-208, 1993.
 [9] L. Priebe and V. Rehrmann, "On hierarchical color segmentation and applications," InProc, CVPR, pp.633-634, 1993.
 [10] G. Nicchiotti, E. Ottaviani, P. Castello and G. Piccioli, "Automatic road sign detection and classification from color image sequences," In S. Impedovo, editor, Proc. 7th Int. Conference on Image Analysis and Processing, World Scientific, pp.623-626, 1994.
 [11] S. Estable, J. Schick, F. Stein, R. Janssen, R. Ott, W. Ritter and Y. J. Zheng, "A real-time traffic sign recognition system," In Proc, Intelligent Vehicles, pp. 213-218, 1994.
 [12] Y. Aoyagi and T. Asakura, "A study on traffic sign recognition in scene image using genetic algorithm and neural networks," In Proc, IEEE Conf, on Industrial Electronics, Control and Instrumentation, Taipei, Taiwan, pp.1838-1843, 1996.
 [13] J. H. An and T. Y. Choi, "Dominant Color Transform and Circul Pattern vector for Traffic Sign Detection and Recognition," *IEICE Trans, on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Science*, Vol.E81, No.6, pp.1128-1135, 1998.
 [14] D. G. Shaposhnikov, L. N. Podladchikova, A. V. Golovan and N. A. Shevtsova, "Road Sign Recognition by Single Positioning of Space-Variant Sensor Window," In Proc, Vision Interface, pp.213-217, 2002.



곽 현욱

e-mail : psthink@hotmail.com
 2000년 영남대학교 컴퓨터공학과(학사)
 2002년 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
 2002년~현재 영남대학교 대학원 컴퓨터 공학과 박사과정

관심분야 : 영상처리, 시각정보처리, 패턴인식



오 준 택

e-mail : ohjuntaek@yumail.ac.kr
1999년 영남대학교 컴퓨터공학과(학사)
2001년 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과
(공학석사)
2001년~현재 영남대학교 대학원 컴퓨터
공학과 박사수료

관심분야 : 문자인식, 영상처리, 시각정보처리



김 욱 현

e-mail : whkim@yu.ac.kr
1981년 경북대학교 전자공학과(학사)
1983년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과
(공학석사)
1993년 일본 쓰꾸바대학 공학연구과
(공학박사)

1983년~1993년 한국전자통신연구원 선임연구원
1994년~현재 영남대학교 전자정보공학부 교수
관심분야 : 시각정보처리, 패턴인식, 영상처리