변형 보정과 원형 추적법에 의한 교통 표지판 인식

Traffic Sign Recognition by the Variant-Compensation and Circular Tracing

이 우 범*
Woo-Beom Lee

요 약

본 논문에서는 지능형 자동차의 주행보조 시스템 중의 하나인 교통 표지판 인식을 위한 새로운 방법을 제안한다. 제안한 방법은 잡음, 회전, 크기 등의 변형된 교통 표지판으로부터 기하학적 방법을 이용하여 변형된 정도를 추정하여 교통 표지판 원형으로 보정한다. 그리고 교통 표지판 인식을 위해서 보정된 표지판 영상으로부터 순차적 색기반 군집화(Sequential color-based clustering)에 의한 주의, 규제, 지시, 보조 등의 1차적 분류에 따라서 해당 교통 표지판의 형태 특징인 인식 심벌을 추출한다. 그리고 추출된 인식 심벌에 원형 추적법을 적용하여 교통 표지판 최종 인식 작업을 수행한다. 제안하는 방법의 성능 평가를 위해서 교통 표지판 영상에 잡음, 회전, 크기 등의 임의 변형을 적용하여 다양한 실험 영상을 만들고, 적용한 결과 단일 변형에서는 95%, 혼합 변형에서는 93% 이상의 인식률을 보인다.

Abstract

We propose the new method for the traffic signs recognition that is one of the DAS(Driving assistance system) in the intelligent vehicle. Our approach estimates a varied degree by using a geometric method from the varied traffic signs in noise, rotation and size, and extracts the recognition symbol from the compensated traffic sign for a recognition by using the sequential color-based clustering. This proposed clustering method classify the traffic sign into the attention, regulation, indication, and auxiliary class. Also, The circular tracing method is used for the final traffic sign recognition. To evaluate the effectiveness of the proposed method, varied traffic signs were built. As a result, The proposed method show that the 95 % recognition rate for a single variation, and 93 % recognition rate for a mixed variation

Keywords : Intelligent Vehicle, Vision-based driving assistance system, Traffic Sign Recognition, Sequential Color-based Clustering, Variant Compensation, Circular Tracing

I. 서 론

현재 텔레매틱스 기술을 기반으로 한 무인 주행 지능형 자동차(Intelligent vehicle)의 개발은 기계, 통신, 센서, 전자, 제어, 컴퓨터 비전, 인공지능 등의 분야에서 활발한 연구 목적 중의 하나이다. 지능형 자동차에서 자동 운행을 위한 주행 보조 시스템(Driving assistance system: DAS)의 연구 분야로는 도로 및 차선 인식, 장애물 인식, 교통 신호 인식, 교통 표지판 인식 등이 있다. 이러한 주행 환경 인지(Driving environment perception)를 위한 주행 보조 시스템의 대부분은 영상 인식 기술을 이용하는 비전 기반의 주행 보조 시스템으로서 오랫동안 많은 연구들이 진행되고 있다[1].

특히, 이 가운데에서 교통 표지판 인식은 도로 및 장애물 인식에 비해서 실제 운전자들이 주행 중에 직·간접적으로 많이 접하고 있으며, 운전자의 주행 환경을 안전성과 편의성에 있어서 보다 향상 시킬 수 있는 중요한 매체 중의 하나이다. 또한 교통 표지판은 주변 환경과 다른 색과 형태로 제작되어서 운전자에 쉽게 인식될 수 있기 때문에 보다 인간형 인지 시스템으로의 구현이 용이하다.

기존의 교통 표지판에 관한 연구는 크게 신경망을 이용하는 방법과 원형 정합 방법이 주류를 이루었다. 신경망을 이용하는 방법은 교통 표지판의 구조적인 형태 특징인 삼각형, 원형 등을 이용하거나, 교통 표지판을 부분적인 텍스쳐 영역으로 분할해서 인식하는 방법 등이 있었다[2-4]. 그러나 이러한 신경망 기반의 방법들은 높은 인식률에 비해서 신경망의 특성으로 상대적으로 많은 계산량을 요구한다.

다른 하나로 원형 정합을 이용하는 방법은 직선과 곡선의 형태로 다각형 근사를 이용하여 유사도를 측정을 하는

* 상지대학교 컴퓨터정보공학부
투고 : 2008. 3. 20 수정완료 : 2008. 7. 21
게재확정일자 : 2008. 7. 25
* 이 논문은 2007년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임

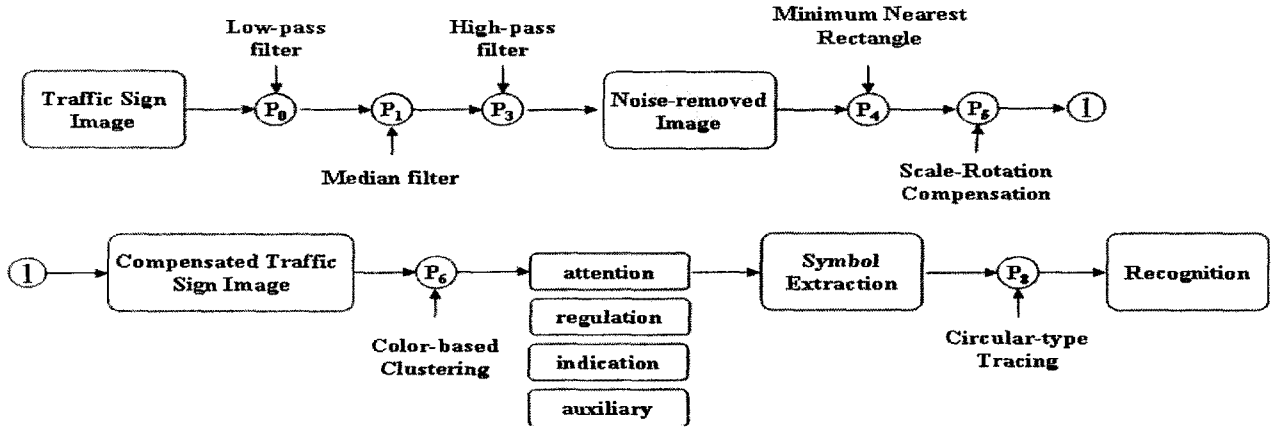

그림 46. 본 논문에서 제안하는 교통 표지판 인식 시스템
Fig. 1. Traffic Signs Recognition System in Our approach

방식, 원형 패턴 벡터의 특징 정보를 추출하여 이용하는 방식, 교통 표지판 원형의 경계에서 중요한 에지점(edge point)를 기반으로 추출한 특징을 인식하는 방법 등이 있다[5-9]. 그러나 아직까지 교통 표지판 인식에 관한 연구는 도로 및 장애물 인식에 비해서 부족한 실정이며, 다양한 변형 조건에도 불구하고 강건한(robust) 인식이 가능한 변형된 표지판에 관한 연구는 거의 수행되고 있지 않다.

특히, 참고문헌[1]과 [2]와 같은 최신 국내외 관련 연구에서는 교통 표지판 인식 실험에 사용된 실험 영상의 범주(Category)가 주의, 규제, 지시, 보조 등의 전체 교통 표지판 범주를 인식 대상으로 포함하지 않고 일부 유형만으로 제안하여 그 인식의 범위에 한계점을 지니고 있다. 그리고 실험 영상의 유형에서도 실영상으로부터 획득된 영상만을 사용하거나, 인위적(Man-made)으로 흐림과 잡음에 의해서만 변형된 영상을 사용함으로써 크기 및 회전에 의한 변형은 고려하지 않고 있다.

따라서 본 논문에서는 높은 인식 성능을 보장하면서 교통 표지판의 인식 범주를 우리나라 교통 표지판의 모든 유형을 포함하는 무제약적 환경으로 하여, 잡음뿐만 아니라 크기 및 회전 등의 변형에도 인지 가능한 새로운 교통 표지판 인식 방법을 제안한다. 특히 제안하는 방법은 기존의 변형 요소를 포함한 인식대상으로부터 변형 불변의 인식 특징을 추출하는 불변 특징 추출 기반의 방법이 아니라, 변형된 요인을 인지하고 해당 변형요인을 보정하여 원형을 추정함으로써 인식률을 높이는 원형 복원 기반의 방법을 사용한다. 또한 교통 표지판의 색상 정보를 이용한 순차적 색 인지에 의해서 1차적으로 교통 표지판의 인지 범주를 군집화(clustering)함으로써 인식 대상이 줄어들어 패턴차원의 감소에 의한 인식 성능의 향상을 보장한다.

제안한 방법은 먼저 변형된 교통 표지판 영상으로부터 기하학적 방법으로 변형된 정도를 추정하고, 잡음, 크기, 회전의 순으로 교통 표지판 원형으로 보정한다. 보정이 완료되면 보정된 표지판 영상으로부터 빨강, 노랑, 파랑, 검정 등의 색 정보를 이용한 순차적 색상 기반 군집화(Sequential color-based clustering)에 의해서 주의(Attention), 규제(Regulation)1/2, 지시(Indication), 보조(Auxiliary)1/2 등의 1차적인 부류(cluster)를 수행하고, 그 결과에 따라서 해당 표지판 인식을 위한 형태특징 정보인 인식 심벌을 추출한다. 마지막으로 추출된 인식 심벌에 원형 추적법(Circular tracing method)을 적용하여 형태특징 값을 추출하고, 사전에 추출된 교통 표지판 원형의 형태특징 값과 비교하여 최종적인 인식 작업을 완료한다.

본 논문에서 제안한 방법의 성능 평가를 위해서는 교통 표지판 원형에 잡음, 회전, 크기 등에 있어서 각 요소가 하나만 적용된 단일 변형과 세 요소 모두가 적용된 혼합변형에 대한 실험 영상을 구축한 후에 그 인식률을 보인다.

II. 교통 표지판 인식

본 논문에서 제안하는 교통 표지판 인식 시스템은 그림 1과 같이 잡음 제거, 크기 및 회전 보정, 순차적 색 기반 군집화에 의한 1차 표지판 분류와 인식 심벌 추출, 그리고 원형 추적법에 의한 교통 표지판 인식의 과정으로 구성된다.

2.1 잡음 제거

잡음 제거는 크기 및 회전 변형 보정과 색 기반 군집화, 원형 추적법 인식에 있어서 불필요한 정보를 제거하기 위해서 전처리 과정으로 수행된다. 본 논문에서는 일반적인 잡음 제거 방식으로 저주파 필터(Lowpass filter), 메디안 필터(Median filter), 고주파 필터(Highpass filter)를 순차적으로 적용한다[10].

본 논문에서 사용하는 저주파 필터는 식 (1)과 같이 모든 필터의 계수 $c(k,l)$가 필터 내의 화소 수의 역수인, n × n 크기의 평균값 블러링(Blurring) 필터를 사용한다.

$$c(k,l)=\frac{1}{(2N+1)^2} \quad -N\leq k,l\leq N \qquad (1)$$

식(1)의 블러링 필터는 일반적으로 저주파 성분으로 구성된 자연 영상으로부터 고주파의 성분의 잡음 성분을 제거하는 효과에 의해서 원영상의 주파수 에너지 성분은 거의 변화가 발생하지 않으면서 고주파 성분을 제거하게 된다.

그러나 영상 밝기와 차이가 많은 주위의 임펄스 잡음은 여전히 존재하게 된다. 일반적으로 밝기차가 아주 큰 잡음은 밝기의 크기에 따라서 국소 영역의 화소를 정렬하면 평균값에서 먼 곳에 위치하게 된다. 따라서 다음 과정은 블러링 효과에도 제거되지 않은 임펄스 잡음 제거를 목적으로 비선형 필터인 메디안(median) 필터를 적용한다.

그러나 이상의 과정 후에 원영상의 고주파 성분도 같이 제거되기 때문에 에지나 첨예한 선과 같은 고주파 신호도 같이 흐려지는 블러링 현상이 발생하게 된다. 따라서 필요한 경우에는 보다 확실한 형태 정보의 획득을 목적으로 고주파 필터를 적용한다. 본 논문에서 사용하는 고주파 필터는 필터의 계수가 식 (2)와 같이 결정되는 High-boost 필터를 사용한다.

$$\begin{cases} w=N\cdot A-1, & \text{with} \quad A\geq 1 \\ v=-1/N \end{cases} \qquad (2)$$

여기서 N은 필터 계수의 개수이고, w은 필터 마스크의 중앙값, v는 그 외의 모드 필터 계수의 값을 의미한다. 이 필터는 A 값에 의해서 고주파 요소의 강조 정도가 결정되며, 원 영상에 보다 가까운 결과 영상의 획득이 가능하다.

2.2 크기 및 회전 보정

변형된 교통 표지판 영상에 잡음이 제거되면, 크기 및 회전 보정을 수행한다. 이 과정에서 중요한 것은 크기, 회전의 두 가지 변형이 있다고 가정하기 때문에 어느 보정을 먼저 수행하는가에 의해서 원형 보정의 적용 순서가 결정된다. 따라서 본 논문에서는 일반적인 주행 환경에 있어서 도로에 설치된 교통 표지판은 회전 변형된 후에 해당 교통 표지판의 획득을 위해서 접근에 의한 원근 요소에 의해 크기 변형된 것으로 가정한다. 따라서 변형된 교통 표지판 영상은 아래 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

$$f'\begin{pmatrix}x'\\y'\end{pmatrix}=S_t\cdot R_t\cdot f\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix} \qquad (3)$$

식 (3)에서 $f'(x',y')$는 변형된 교통 표지판 영상을 의미하며, $f(x,y)$은 변형되지 않은 원형 영상을 의미한다. 따라서 크기 및 회전 변형에 대한 보정 영상을 획득하기 위해서는 식 (4)와 변형된 교통 표지판 영상, $f'(x',y')$로부터 회전 보정값, θ와 가로, 세로 크기 보정값, S_x,S_y를 구하여 원형 교통 표지판 영상인 $f(x,y)$를 추정하면 된다.

$$f=\begin{pmatrix}x\\y\end{pmatrix}=R_t^{-1}\cdot S_t^{-1}\cdot f'=\begin{pmatrix}\cos\theta & -\sin\theta\\ \sin\theta & \cos\theta\end{pmatrix}\begin{pmatrix}S_x & 0\\ 0 & S_y\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x'\\y'\end{pmatrix} \qquad (4)$$

교통 표지판 보정 영상을 획득하기 위해서는 먼저 크기 보정값을 계산한다. 크기 보정값을 구하기 위해서는 삼각형, 원형, 정사각형, 직사각형의 4가지 형태의 우리나라 교통 표지판에 대해서 그림 2와 같이 최소경계사각형(Minimum Bounding Rectangle: MBR)을 구한다.

변형된 교통 표지판 영상은 그림 2에 나타낸 봐와 같이 4가지 경우 중의 하나의 변형된 형태에 속하거나 변형되지 않은 경우에 속하게 된다. 그림 2에서 P_1, P_2, P_3, P_4는 각각 최소경계사각형에 내접한 교통 표지판 영역의 최상단좌표, 최하단좌표, 최좌단좌표, 최우단좌표를 의미하며, R_1, R_2, R_3, R_4는 각각 최소경계사각형의 꼭지점의 좌표를 의미한다.

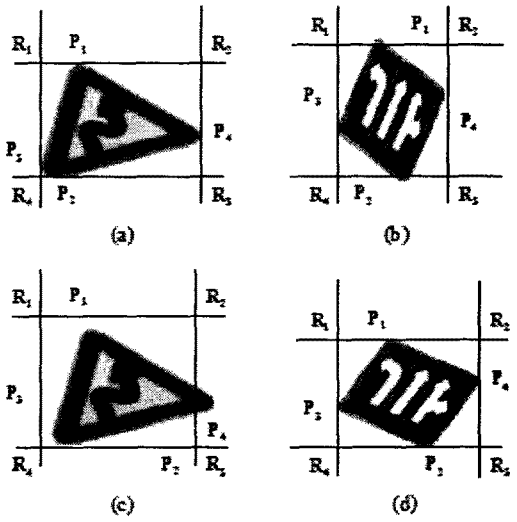

그림 2. 크기 및 회전 보정을 위한 소경계사각형
Fig. 2. The Minimum Bounding Rectangle for compensating a Scale and Rotation.

먼저 변형된 교통 표지판에 대한 크기 변형에 대한 보정은 우리의 실험에서는 자동차가 이동 중에 카메라 원근에 의한 변형으로 가정하기 때문에 아래 식 (5)와 같이 최소경계사각형의 가로:세로의 비율에 의해서 계산한다.

$$\frac{D_y}{D_x}k=\frac{\overline{R_1R_4}}{\overline{R_3R_4}}k=S_o \qquad (5)$$

여기서 k는 비율 변수이고, S_0는 교통 표지판 원형의 비율 상수이다. 식 (5)에 의해서 k가 구해지면, 아래 식 (6)의 조건에 의해서 보정 비율 S를 구할 수 있다.

$$\begin{cases} \text{if } k<0, & S_x=\dfrac{1}{k} \\ otherwise, & S_y=k \end{cases} \qquad (6)$$

이상에서 변형된 교통 표지판에 대해서 크기 보정이 수행되면, 회전 변형의 보정을 위해서 회전각 θ를 구한다. 회전 보정각 θ를 구하기 위해서는 아래 식 (7), (8)과 같이 두 단계의 과정을 수행한다.

$$Step\ 1: \begin{cases} \text{if } |P_3(y)-P_4(y)| \cong 0, & No\ rotation \\ otherwise, & Rotation \end{cases} \quad (7)$$

$$Step\ 2: \begin{cases} \text{if } P_1(x) > P_2(x), & clockwise \\ otherwise, & counteclockwise \end{cases} \quad (8)$$

단계 (1)에서는 최좌단좌표 P_3의 y성분 $P_3(y)$과 최우단좌표 P_4의 y성분 $P_4(y)$을 비교하여 그 값의 차이가 없다면, 회전 보정이 필요 없는 것으로 인식한다. 단계 (1)에서 회전 보정이 필요하다고 판정된다면, 단계 (2)에서는 최상단좌표 P_1의 x성분 $P_1(x)$과 최하단좌표 P_2의 x성분 $P_2(x)$의 크기를 비교하여 회전 보정각의 보정 방향을 결정한다.

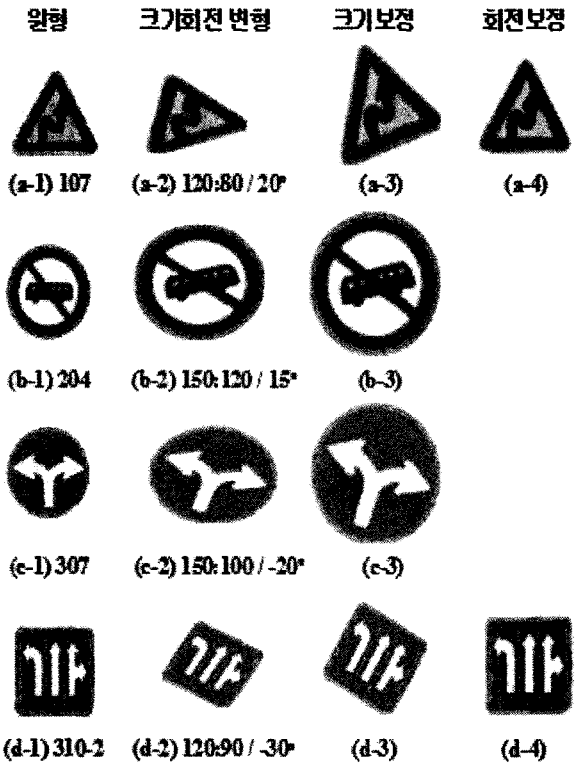

그림 3. 크기 및 회전 보정의 예
Fig. 3. Example of the Scale and Rotation Compensation

그림 2의 (a), (b)는 식 (7)에 의해서 시계 방향의 회전 보정이 필요한 경우이고, (c), (d)는 반시계 방향의 회전 보정이 필요한 경우이다.

회전 보정각의 방향이 결정되면 식 (9)와 같은 $\tan^{-1}(\cdot)$ 함수를 이용하여 회전 보정각 θ를 결정한다.

$$\theta = \tan^{-1}(a),\ where\ \theta = \begin{cases} \angle P_4P_2R_3 & : clockwise \\ \angle P_3P_2R_4 & : counterclockwise \end{cases}$$

$$a = \begin{cases} \overline{P_4R_3}/\overline{P_2R_3} & : clockwise \\ \overline{P_3R_4}/\overline{P_2R_4} & : counterclockwise \end{cases} \quad (9)$$

그림 3은 크기 및 회전 보정에 의한 변형 보정의 예이다. 그림 3에서 (b), (c)와 같은 원형 표지판의 경우는 본 논문에서 제안한 알고리즘에 의해서 회전 요소는 없는 것으로 인지되기 때문에 회전 변형에 대한 보정은 수행되지 않는다.

2.3 색상 기반 군집화에 의한 표지판 분류와 심벌 추출

변형된 교통 표지판 영상에 대한 크기 및 회전 보정이 완료되면, 그림 4와 같이 교통 표지판을 구성하고 있는 빨강(red), 노랑(yellow), 블루(blue), 검정(black) 등의 순차적 색상처리에 의한 교통 표지판의 1차적 부류를 결정하고 해당 부류 내에서 인식을 위해 필요한 인식 심벌 영역을 추출한다.

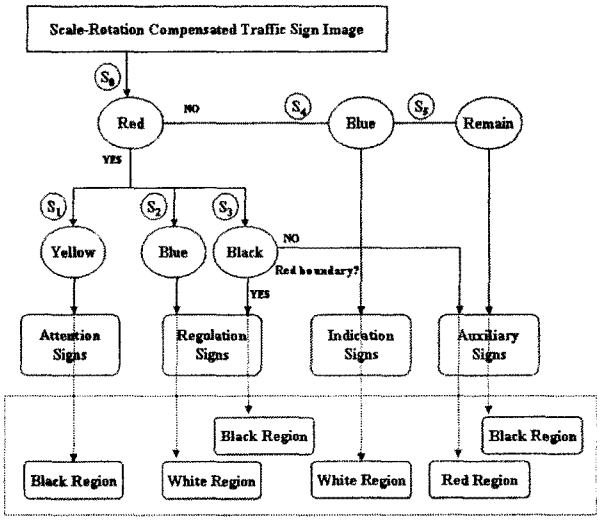

그림 4. 순차적 색상기반 군집화와 심벌 추출
Fig. 4. Sequential Color-based Clustering and Symbol Extraction for Recognition

순차적 색상 기반 군집화 처리는 $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_4 \rightarrow S_5$의 순서로 순차적으로 처리된다. 먼저 교통 표지판 영상에 빨강색 성분의 내재 여부를 파악하고, 빨강색 성분(S_0)이 있다면 다시 하위 색상 성분인 노랑(S_1), 파랑(S_2), 검정(S_3) 색상의 혼재 여부를 파악한다. 만약 교통 표지판 영상에 빨강색 성분이 존재하지 않고 파랑색(S_4)만 존재하거나, 빨강색과 파란색이 모두 존재하지 않는 경우(S_5)를 순차적으로 검색 처리한다.

색상 기반 군집화가 완료되면, 교통 표지판을 주의, 규제

1, 규제2, 지시, 보조1, 보조2 등으로 분류 인식되고, 각각 분류 결과에 따라서 주의:(black), 규제1:(white), 규제2:(black), 지시:(white), 보조1:(red), 보조2:(black)의 해당 색상 영역이 교통 표지판 인식을 위한 인식 심벌로서 이진화되어 출력된다. 그림 5는 순차적 색상 기반 군집화에 의한 교통 표지판의 분류 예이다.

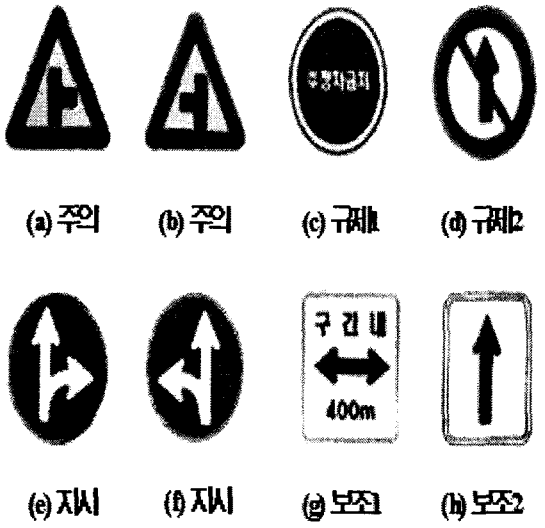

그림 5. 순차적 색상기반 군집의 예
Fig. 5. Example of the Sequential Color-based Clustering

2.4 원형 추적에 의한 표지판 인식

색상 기반 군집화에 의해서 교통 표지판이 주의, 규제1, 규제2, 지시, 보조1, 보조2 등으로 1차적 부류로 군집화되어 인식을 위한 이진화된 인식 심벌이 추출되면 인식 심벌을 대상으로 동일 부류 내에서 원형 추적법(Circular tracing method)을 적용한다.

본 논문에서 사용하는 원형 추적법은 크기 및 회전 보정된 교통 표지판 영상의 최소경계사각형을 기준으로 그 속에 내재된 인식 심벌을 인식한다. 원형 추적법을 적용하기 위해서는 최소경계사각형의 중심과 장축을 기준으로 정규화 한 0.2, 0,4, 0,6, 0.8, 1.0 비율의 5개의 가상의 원형을 생성한다. 인식을 위한 인식 심벌의 특징 형태정보는 식 (10)과 같이 각 비율의 원에서 원주를 따라서 매칭되는 심벌의 화소 수로 계산한다.

$$F(r)=\frac{C_{rM}}{C_{rT}},\quad where\, r=0.2,0.4,0.6,0.8,1.0 \tag{10}$$

식 (10)에서 $F(r)$은 반경비율 r에서의 특징 형태정보 값이고, C_{rM}과 C_{rT}는 각각 반경비율 r에서의 인식 심벌과 매칭되는 원주의 화소 수와 원주 전체의 화소 수를 의미한다.

그러나 식 (10)에 의해서 5개의 형태 특징값으로는 그림 5의 (a)와 (b) 혹은 (e)나 (f)와 같이 대칭 특성이 존재하는 교통 표지판의 인식은 어렵게 된다. 따라서 5개의 형태 특징값에 의해서 대칭 특성이 있는 교통 표지판으로 인식되면 해당 인식 심벌 영상에 대해서 식 (11)과 같이 무게 중심 모멘트(Moment) 특징값 F_M을 구하여 후처리(post-processing)에 의한 인식을 수행한다.

$$F_M=\left(\frac{m_{10}}{m_{00}},\frac{m_{01}}{m_{00}}\right),\quad where\quad m_{pq}=\sum_i\sum_j i^p j^q f(i,j) \tag{11}$$

여기서 i,j는 크기 및 회정 보정 후의 최소경계사각형의 가로, 세로 좌표이고, $f(i,j)$는 최소경계사각형 영역에서 인식 심벌 영역의 경우 1, 배경 영역은 1의 값을 가진다.

본 논문에서 최종적인 인식의 판정은 식 (10)의 5개의 원형 추적법에 의한 특징값과 사전에 계산된 교통 표지판 원형의 특징값을 유클리드 거리(Euclidean distance)로 비교하여 1차적 판단을 하고, 그 인식 결과가 대칭성이 있는 교통 표지판일 경우에는 식 (11)의 중심 모멘트 값을 구하여 2차적 최종 인식을 수행한다.

Ⅲ. 실험 결과

본 논문에서 제안한 잡음, 크기 및 회전 보정에 의한 교통 표지판 인식 방법의 성능 검증을 위해서는 교통 표지판 원형 영상을 잡음, 크기, 회전의 3가지 변형 요소를 가지고 다양한 형태로 변형 한 후에 실험하였다.

각 단계 처리 과정은 마이크로 소프트 Windows XP 환경에서 Visual C++ 언어로 구현하였으며, 실험에 사용된 변형된 교통 표지판 영상은 Jasc Software의 Paint Shop Pro 7 프로그램으로 생성하였다. 잡음 변형은 0~30%까지, 크기 변형은 가로, 세로 각각 80~150%까지, 회전 변형은 -30°~+30°까지 임의의 변형을 적용하였다.

그림 6은 우리나라 교통 표지판의 주의(101), 규제(203), 지시(305), 보조(520) 등의 4가지 부류 영상에 대한 각 단계에서의 처리 결과 영상이다. 그림에서 각 열에 따라서 원형 영상(*-1), 잡음 변형영상(*-2), 회전 변형영상(*-3), 크기 변형영상(*-4), 혼합 변형영상(*-5), 잡음 보정영상(*-6), 크기 보정영상(*-7), 회전 보정영상(*-8), 인식 심벌영상(*-9)를 나타낸다.

실험 과정 가운데 잡음 제거 단계에서는 일반적으로 윤곽 성분 강조를 위한 고주파 필터는 적용하지 않는다. 고주파 필터를 적용하면 실험 결과 영상에서 첫 번째 행의 잡음 보정 영상(a-6)과 같이 영상의 밝기가 어두워지는 현상이 발생한다. 그러나 이 문제는 다음 단계에서 배경 영역의 제거를 위해서 색 정보에 의한 후처리를 수행하면 해결 가능하다. 그리고 실험 과정 영상에서 규제나 지시 표지와 같이 원형 형태의 표지판의 경우에 본 논문의 알고리즘에 의해서 회전 보정은 수행되지 않는다. 그러나 인식 과정에서 사용하는 원형 추적법이 회전 불변의 특성을 가지고 있기 때문에 문제가 되지 않는다.

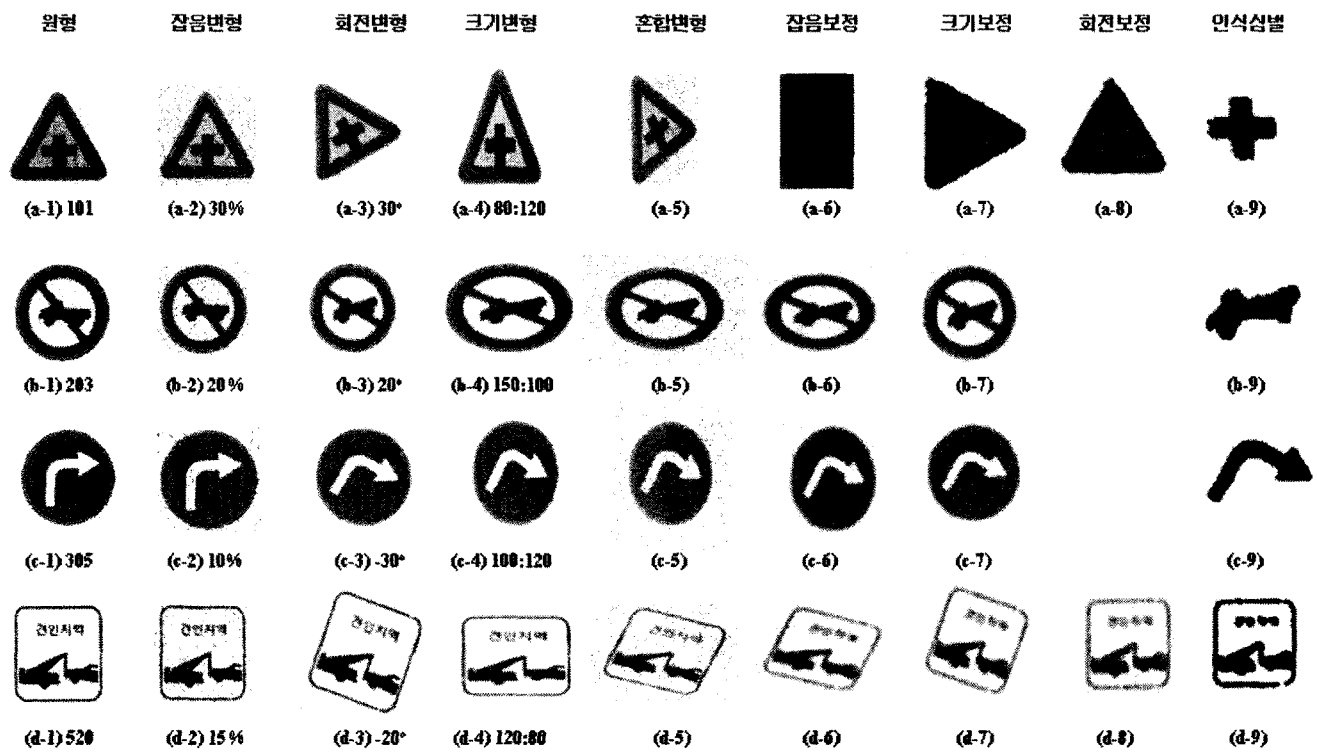

그림 6. 실험 결과 영상의 예
Fig. 6. Example of the Experimental Result Images

표 1. 실험 결과
Table 1. Experimental Results

변형	주의표시	규제표시	지시표지	보조표시	인식률
잡음	40/40	32/32	31/31	26/26	100%
크기	38/40	32/32	29/31	24/26	95%
회전	40/40	32/32	31/31	20/26	95%
혼합	38/40	32/32	30/31	20/26	93%

본 논문에서 제안한 방식은 실험 결과 표 1과 같이 단일변형에서는 95%이상 혼합 변형에서는 93%이상의 인식 결과를 얻었다. 주의, 규제, 지시 등의 비교적 특징적 성분이 잘 내재된 교통 표지판 영상에 대해서는 높은 인식률을 보이고 있다. 그러나 보조 교통 표지판의 경우에는 동일 부류에서의 크기의 정규화가 되어 있지 않고, 특징적 형태 성분이 적으며, 지배적 색(Dominant color) 성분이 없기 때문에 그 인식률이 조금 낮게 나타나고 있다. 이 문제의 해결을 위해서는 변형 보정에 앞서서 교통 표지판의 범주 분류를 수행하고 보조 표지의 범주에서 다시 숫자, 문자, 기호 등의 형태정보에 의한 하위 범주 분류 작업의 수행과 히스토그램 분포, 특징 필터의 응답 반응, 숫자 및 문자 인식 등을 이용하는 방법이 고려될 수 있다[11].

표 2. 관련연구와의 실험결과 비교
Table 2. Comparison of Our approach and the Related Works

연구	연구제약									인식률
	인식대상				실험대상					
	주의	규제	지시	보조	변형유형				실영상	
					크기	회전	잡음	혼합		
기존연구 국외[1]	20	31	약간	X	X	X	O	흐림	O	85%
기존연구 국내[2]	8	8	X	X	X	X	X	X	O	95.5%
본 연구	40	32	31	26	O	O	O	O	X	93%

기존의 국내외 대표적인 최신 관련 연구와의 비교에 있어서도 표 2와 같이 실험 영상의 인식 대상의 범주를 기존 연구와 같이 1-3개의 범주로 한정하지 않고, 거의 대부분의 우리나라 교통 표지판을 포함하는 4가지 범주의 129개의 유형에 대해서 실험을 실시하였다. 또한 실험 영상의 유형에 있어서도 인위적 변형 영상을 사용했다는 제약점이 있지만, 모든 유형의 변형 가능성을 고려하여 실영상만을

사용하는 것보다 변형 정도에 있어서 다양성을 보장하였다. 표 2에서 숫자는 사용된 표지판의 개수를 의미한다.

IV. 결 론

본 논문에서는 지능형 자동차에서 비전 기반의 주행 보조 시스템의 하나인 교통 표지판 인식에 관한 새로운 방법을 제안했다. 제안한 방법은 잡음, 회전 및 크기 변형된 교통 표지판을 대상으로 각 변형 요소에 대한 변형치를 추정하고 변형된 표지판을 원형으로 복원함으로써 인식을 수행한다.

특히, 제안된 방법에서의 색 정보에 기반 한 1차적 교통 표지판 군집화 알고리즘은 교통 표지판의 인식 범위를 하위 부류의 수준으로 낮춤으로서 교통 표지판 인식 성능을 향상시켰다. 그리고 제안한 군집화 알고리즘은 실영상으로부터 교통 표지판 영역 추출을 위한 새로운 방법으로도 확대 적용 가능하다.

그러나 실험 과정에서 몇 가지의 해결해야할 문제점을 남기고 있다. 먼저, 잡음 제거 과정의 블러링 효과에 의해서 발생한 문제를 해결하기 위한 고주파 필터의 선택적 적용에 관한 문제가 있다. 그러나 실제 교통 표지판 영상에 내재된 노이즈가 많지 않다고 가정할 때 고주파 필터의 생략은 중요하지 않다.

또한 인식의 전 단계에서 회전 변형에 관한 보정이 수행되고 있음에도 불구하고, 회전 변형에 대한 불변 특성의 추출이 가능한 원형 추적법을 사용함으로써 이중적인 처리 과정을 수행하고 있다. 그러나 본 논문에서는 변형 보정처리와 인식 처리 과정을 별개로 간주하여 처리하였기 때문에 각각의 방법이 문서인식이나 심벌 인식 등의 분야로 적용 가능하도록 하였다.

이상의 문제점에도 불구하고 본 논문에서 제안한 방법은 다양한 변형된 교통 표지판 영상을 대상으로 실험한 결과 성공적인 결과를 보였다. 향후 실제 교통 표지판 영상을 입력으로 하는 실시간 비젼 시스템으로의 개발과 신경회로망을 이용하는 인식 시스템과의 연동 기술이 수행된다면, 본 논문에서 제안한 방법은 비젼 기반 주행 보조 시스템에서 활용 가치가 클 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] C. Y. Fang, "An automatic road sign recognition system based on a computational model of human recognition processing," *Computer Vision and Image Understanding 96*. pp. 237-268, 2004.

[2] 방걸원 외 2인, "컬러정보와 오류역전파 알고리즘을 이용한 교통표지판 인식", *한국정보처리학회 논문지 D*, 제14-D권 제7호, pp. 809-818, 2007.

[3] Arturo De La Escalera, "Road traffic sign detection and classification", *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, Vol. 44, No. 6, 1997.

[4] R. Luo, "Translation and scale invariant landmark recognition using receptive field neural network", *IEEE-RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and System(IROS'92)*, pp. 527-533, 1992.

[5] M. M. Zadeh, "Localization and recognition of traffic signs for automated vehicle control systems", *SPIE's Intelligence System and Automated Manufacturing*, 1996.

[6] Jung H. A., "Dominant color transform and circular pattern vector for traffic sign detection and recognition", *IEICE Trans. on Electronics, Communications and Computer Science*, Vol. E81. No. 6, pp. 1128-1135, 1998.

[7] 이우범, "순차적 색 정보 기반 군집화와 원형 추적법에 의한 변형된 교통 표지판 인식", 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집 제15권 제1호, pp. 103-106, 2008.

[8] H. Yang, "Fast detection landmarks on color image", *Int. Conf. on Control, Automation, Robotics and Computer Vision(ICARCV'94)*, pp. 395-399, 1994.

[9] X. W. Gao, "Recognition of traffic signs based on their colour and shape features extracted using human vision models", *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 17-4, pp. 675-685, 2006.

[10] Rafael G. Gonzalez, Digital Image Processing, Addison Welsley, 1993.

[11] Alan Koncar, "Gabor wavelet similarity maps for optimising hierarchical road sign classifiers", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 28-2, pp. 260-267, 2007.

이 우 범(Woo-Beom Lee)

1995년 2월 영남대 컴퓨터공학과(공학사)
1997년 2월 영남대 컴퓨터공학과(공학석사)
2000년 8월 영남대 컴퓨터공학과(공학박사)
2000년 3월~2004년 2월 대구과학대 컴퓨터공학과 전임강사
2004년 3월~2007년 2월 영남대 전자정보공학부 객원교수
2007년 3월~현재 상지대 컴퓨터정보공학부 조교수
※ 주관심분야 : 뇌정보처리, 컴퓨터비젼, 의료영상처리