

순차적 색 정보 기반 군집화와 원형 추적법에 의한 변형된 교통 표지판 인식

이우범*

*상지대학교 컴퓨터정보공학부

e-mail:beomlee@sangji.ac.kr

Variant Traffic Signs Recognition by the Sequential Color-based Clustering and Circular Tracing

Woo-Beom Lee*

*School of Computer and Information Engineering, Sang-Ji University

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.

I. 서 론

지능형 자동차에서 자동 운행을 위한 도로 및 차선 인식, 장애물 인식, 교통 신호 인식, 교통 표지판 인식 등의 주행 보조 시스템(Driving assistance system: DAS)은 중요한 연구 분야 가운데 하나이다[1]. 특히, 이 가운데에서 교통 표지판은 실제 운전자들이 주행 중에 직·간접적으로 많이 접하고 있으며, 운전자의 주행 환경을 안전성과 편의성에 있어서 보다 향상 시킬 수 있는 중요한 매체 중의 하나이다.

기존의 교통 표지판에 관한 연구는 크게 삼각형, 원형 등의 구조적 형태 특징에 근거하여 신경망을 이용하는 방법[2,3], 선과 곡선의 형태로 다각형 근사를 이용[5]하거나 원형 패턴 벡터의 특징 정보를 추출하여 정합하는 방식[6], 그리고 칼라 색인(Color indexing)[8], 유전자 알고리즘[9], 모폴로지(morphology)[10], 퍼지 논리(Fuzzy reasoning)[11] 등을 이용하는 방법들이 연구되었다.

그러나 아직까지 교통 표지판 인식에 관한 연구는 도로 및 장애물 인식에 비해서 부족한 실정이며, 다양한 변형에도 불구하고 인식이 가능한 변형된 표지판에 관한 연구는 거의 수행되고 있지 않다. 따라서 본 논문에서는 잡음, 크기, 회전 등의 변형에도 인식이 가능한 새로운 방법을 제안한다. 제안한 방법은 변형된 교통 표지판 영상으로부터 기하학적 방법으로 변형된 정도를 추정하고, 잡음, 크기, 회전 변형에 대해서 교통 표지판 원형으로 보정한다. 보정이 완료되면 보정된 표지판 영상으로부터 빨강, 노랑, 파랑, 검정 등의 색 정보를 이용한 순차적 색상 기반 군집

화에 의해서 주의(Attention), 규제(Regulation)1/2, 지시(Indication), 보조(Auxiliary)2/2 등의 1차적인 부류(cluster)를 수행하고, 그 결과에 따라서 해당 표지판 인식을 위한 형태 특징 정보인 인식 심벌을 추출한다. 마지막으로 추출된 인식 심벌에 원형 추적법(Circular tracing method)을 적용하여 형태 특징 값을 추출하고, 사전에 추출된 교통 표지판 원형의 형태특정 값과 비교하여 최종적인 인식 작업을 완료한다.

II. 교통 표지판 인식

본 논문에서 제안하는 교통 표지판 인식 시스템은 크게 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 진처리 과정으로 수행된다. 본 논문에서는 일반적인 잡음 제거 방식으로 저주파 필터(Lowpass filter), 메디안 필터(Median filter), 고주파 필터(Highpass filter)를 순차적으로 적용한다[12].

본 논문에서 사용하는 저주파 필터는 식 (1)과 같이 모

든 필터의 계수 $c(k,l)$ 가 필터 내의 화소 수의 역수인, $n \times n$ 크기의 평균값 평활화(Smoothing) 필터를 사용한다.

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

그 다음 과정은 평활화 필터의 효과에도 제거되지 않은 임펄스 잡음 제거를 목적으로 비선형 필터인 메디안(median) 필터를 적용한다. 그러나 이상의 과정 후에 원영상의 고주파 성분도 같이 제거되기 때문에 예지나 침예한 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.

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

여기서 N 은 필터 계수의 개수이고, w 은 필터 마스크의 중앙값, v 는 그 외의 모드 필터 계수의 값을 의미한다.

2.2 크기 및 회전 보정

본 논문에서는 일반적인 주행 환경에 있어서 도로에 설치된 교통 표지판의 변형은 회전 변형된 후에 해당 교통 표지판의 획득을 위해서 자동차의 접근에 의한 원근 요소에 의해 크기 변형된 것으로 가정한다. 따라서 변형된 교통 표지판 영상은 아래 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

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

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 영상은 아래의 식 (4)에 의해서 획득할 수 있다.

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

식 (4)에서 $f'(x',y')$ 는 변형된 교통 표지판 영상, θ 는 회전 보정값, S_x, S_y 는 각각 가로:세로 크기 보정값이고, $f(x,y)$ 는 원형 교통 표지판 영상이다

교통 표지판 영상의 변형은 (그림 1)에 나타난 바와 같이 4가지 경우 중의 하나의 변형된 형태에 속하거나, 변형되지 않은 경우에 속하게 된다. (그림 1)에서 P_1, P_2, P_3, P_4 는 각각 최소경계사각형(Minimum Bounding Rectangle: MBR)에 내접한 교통 표지판 영역의 최상단좌

표, 최하단좌표, 최좌단좌표, 최우단좌표를 의미하며, R_1, R_2, R_3, R_4 는 각각 최소경계사각형의 꼭지점의 좌표를 의미한다.

먼저 변형된 크기 변형에 대한 보정은 아래 식 (5)와 같이 최소경계사각형의 가로:세로의 비율에 의해서 보정 비율 S 를 계산한다.

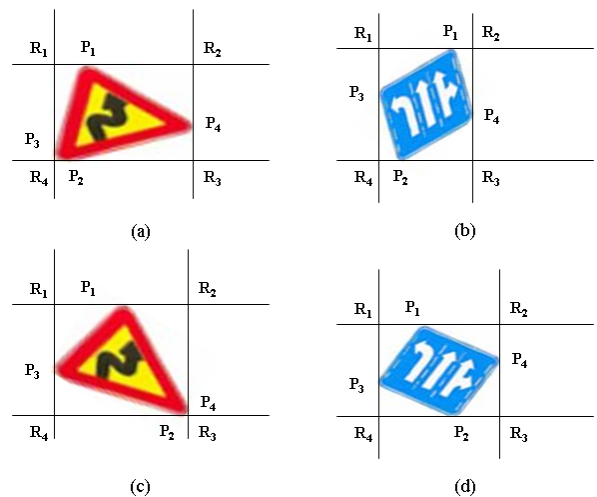
$$\frac{D_y}{D_x} k = \frac{R_1 R_4}{R_3 R_4} k = S_0, \quad \begin{cases} \text{if } k < 0, & S_x = \frac{1}{k} \\ \text{otherwise,} & S_y = k \end{cases} \quad (5)$$

여기서 k 는 비율 변수이고, S_0 는 교통 표지판 원형의 비율 상수이다. 이상에서 변형된 교통 표지판에 대해서 크기 보정이 수행되면, 회전 변형의 보정을 위해서 회전각 θ 를 구한다. 회전 보정각 θ 를 구하기 위해서는 아래 식 (6), (7)과 같이 두 단계의 과정을 수행한다.

$$\text{Step 1 : } \begin{cases} \text{if } |P_3(y) - P_4(y)| \cong 0, & \text{No rotation} \\ \text{otherwise,} & \text{Rotation} \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{Step 2 : } \begin{cases} \text{if } P_1(x) > P_2(x), & \text{clockwise} \\ \text{otherwise,} & \text{counterclockwise} \end{cases} \quad (7)$$

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



(그림 1) 크기 및 회전 보정을 위한 최소경계사각형

회전 보정각의 방향이 결정되면 식 (8)과 같은 $\tan^{-1}(\cdot)$ 함수를 이용하여 회전 보정각 θ 를 결정한다.

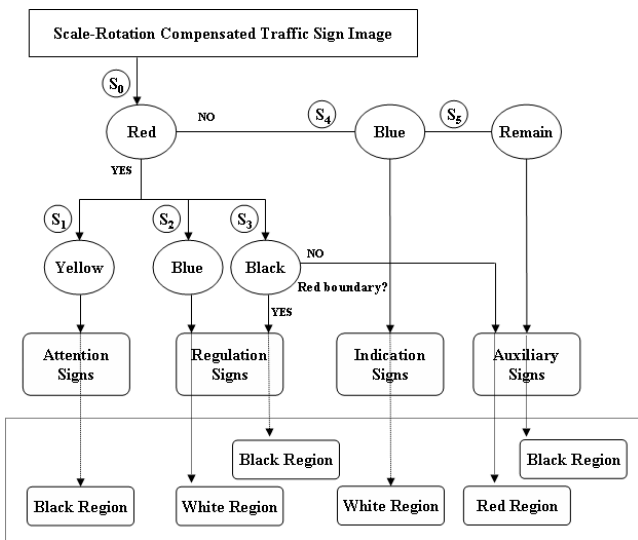
$$\theta = \tan^{-1}(a), \quad \text{where } \theta = \begin{cases} \angle P_4P_2R_3 & : \text{clockwise} \\ \angle P_3P_2R_4 & : \text{counterclockwise} \end{cases}$$

$$a = \begin{cases} \frac{P_4R_3/P_2R_3}{P_3R_4/P_2R_4} & : \text{clockwise} \\ \frac{P_3R_4/P_2R_4}{P_4R_3/P_2R_3} & : \text{counterclockwise} \end{cases} \quad (8)$$

2.3 색상 기반 군집화에 의한 교통 표지판 분류와 인식 심벌 추출

순차적 색상 기반 군집화 처리는 (그림 2)와 같이 $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_4 \rightarrow S_5$ 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, 규제1, 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 영역 (\cdot)이 교통 표지판 인식을 위한 인식 심벌로서 이진화되어 출력된다.



(그림 2) 순차적 색상기반 군집화와 심벌 추출

2.4 원형 추적에 의한 표지판 인식

색상 기반 군집화에 의해서 추출된 인식 심벌은 교통

표지판 동일 부류 내에서 원형 추적법(Circular tracing)을 이용하여 인식 작업을 수행한다. 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 (9)과 같이 각 비율의 원에서 원주를 따라서 매칭되는 심벌의 화소 수로 계산한다.

$$F(r) = \frac{C_{rM}}{C_{rT}}, \quad \text{where } r = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 \quad (9)$$

식 (9)에서 $F(r)$ 은 반경비율 r 에서의 특징 형태정보 값이고, C_{rM} 과 C_{rT} 는 각각 반경비율 r 에서의 인식 심벌과 매칭되는 원주의 화소 수와 원주 전체의 화소 수를 의미한다.

그러나 대칭 특성이 존재하는 교통 표지판은 원형 추적법에 의한 5개의 형태 특징값 만으로는 인식이 어렵다. 따라서 대칭 특성이 있는 교통 표지판으로 인식된 표지판은 해당 인식 심벌 영상에 대해서 식 (10) 과 같이 무게 중심 모멘트(Moment) 특징값 F_M 을 구하여 후처리(post-processing)에 의한 2차 인식을 수행한다.

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

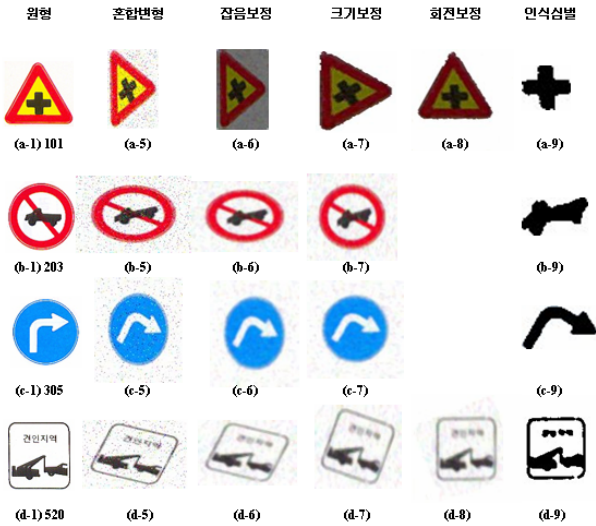
여기서 i, j 는 크기 및 회전 보정 후의 최소경계사각형의 가로, 세로 좌표이고, $f(i, j)$ 는 최소경계사각형 영역에서 인식 심벌 영역의 경우 1, 배경 영역은 1의 값을 가진다.

III. 실험 결과

본 논문에서 제안한 잡음, 크기 및 회전 보정에 의한 교통 표지판 인식 방법의 성능 검증을 위해서 교통 표지판 원형 영상을 잡음, 크기, 회전의 3가지 변형 요소에 의해서 각각의 단일 변형 영상과 3가지 모두가 적용된 혼합 변형 영상을 구축하여 실험하였다.

각 단계 처리 과정은 마이크로 소프트웨어 Windows XP 환경에서 Visual C++ 언어로 구현하였으며, 실험에 사용된 변형된 교통 표지판 영상은 Jasc Software의 Paint Shop Pro 7 프로그램을 사용하여 잡음 변형은 0~30%까지, 크기 변형은 가로, 세로 각각 80~150%까지, 회전 변형은 $-30^\circ \sim +30^\circ$ 까지 임의의 변형을 적용하였다.

본 논문에서 제안한 방식은 실험 결과 <표 1>과 같이 단일 변형에서는 95%이상 혼합 변형에서는 93%이상의 인식 결과를 얻었다. (그림 3)은 각 처리 단계 별 결과 영상을 나타내고 있으며, 단일 변형의 영상은 생략하였다.



(그림 3) 실험 결과

<표 1> 실험 결과

변형	주의표시	규제표시	지시표시	보조표시	인식율
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%

IV. 결론

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 낮춤으로써 교통 표지판 인식 성능을 향상시켰다.

실험 과정에서 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 비전 시스템으로의 개발과 신경회로망을 이용하는 인

식 시스템과의 연동 기술이 수행된다면, 본 논문에서 제안한 방법은 비전 기반 주행 보조 시스템에서 활용 가치가 클 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [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] D. Guica, "Recognition of traffic signs by neural network", *Proc. IEEE Int. Conf. on Neural Network*, Col. 3, pp. 1444-1449, 1995.
- [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 Hak An, "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] H. Yang, "Fast Detection Landmarks on Color Image", *Int. Conf. on Control, Automation, Robotics and Computer Vision(ICARCV'94)*, pp. 395-399, 1994.
- [8] M. Lalonde, "Detection of Road Signs Using Color Indexing", *Technical Report CRIM-IT-95/12-49*, Centre de Recherche Informatique de Montreal, 1995.
- [9] Y. Aoyagi, "A study on traffic sign recognition in scene image using genetic algorithms and neural networks", *Proc. IEEE IECON Int. Conf. on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation* Vo. 3, pp. 1838-1843, 1996.
- [10] G. Y. Jiang, "Morphological traffic sign recognition", *Proc. Int. Conf. on Signal Processing*, Vol. 1, pp. 531-534, 1996.
- [11] W. Li, "Road recognition for vision navigation of an autonomous vehicle of fuzzy reasoning", *Fuzzy Sets Syst.* 93, pp. 275-280, 1998.
- [12] Rafael G. Gonzalez, *Digital Image Processing*, Addison Welsley, 1993.