

도로표지판 인식을 위한 사영 변환을 이용한 왜곡된 표지판의 기하교정

Geometrical Reorientation of Distorted Road Sign using Projection Transformation for Road Sign Recognition

임 희 철, 코 식 덩, 조 강 현*
(Heechul Lim, Kaushik Deb, and Kang-Hyun Jo)

Abstract: In this paper, we describe the reorientation method of distorted road sign by using projection transformation for improving recognition rate of road sign. RSR (Road Sign Recognition) is one of the most important topics for implementing driver assistance in intelligent transportation systems using pattern recognition and vision technology. The RS (Road Sign) includes direction of road or place name, and intersection for obtaining the road information. We acquire input images from mounted camera on vehicle. However, the road signs are often appeared with rotation, skew, and distortion by perspective camera. In order to obtain the correct road sign overcoming these problems, projection transformation is used to transform from 4 points of image coordinate to 4 points of world coordinate. The 4 vertices points are obtained using the trajectory as the distance from the mass center to the boundary of the object. Then, the candidate areas of road sign are transformed from distorted image by using homography transformation matrix. Internal information of reoriented road signs is segmented with arrow and the corresponding indicated place name. Arrow area is the largest labeled one. Also, the number of group of place names equals to that of arrow heads. Characters of the road sign are segmented by using vertical and horizontal histograms, and each character is recognized by using SAD (Sum of Absolute Difference). From the experiments, the proposed method has shown the higher recognition results than the image without reorientation.

Keywords: road sign, pattern recognition, character recognition, intelligence transportation systems, vehicle, projection transformation, homography, reorientation

1. 서론

최근 지능형교통시스템에 대한 관심과 연구의 중요성이 증가하고 있다. 지능형교통시스템은 기존 교통시설에 전자, 통신 부분의 첨단기술을 접목하여 실시간 교통정보를 수집, 관리, 제공하는 체계로서 기존 교통시설의 사용에 대한 효율성 증진 및 사용자의 편의성 향상, 교통안전 증진을 목표로 한다. 교통정보로는 도로의 혼잡함과 관련된 교통상황, 도로 차선인식, 줄임운전방지, 차간거리유지, 장애물 및 보행자 감지 등의 정보를 다루고 차량간 중앙교통센터와의 네트워크를 통해 정보를 상호 공유함으로써 차량운전자에게 유용하게 사용한다. 도로표지판 인식은 지능형 교통시스템의 한 분야로서 도로 및 교통정보 수집 역할을 한다. 본 연구는 도로 표지판 검출 및 인식을 자동적으로 하는 시스템에 대해 다루고자 한다.

영상을 입력 받아 유용한 정보를 인식하는 결과를 얻는 표지판인식은 지능형교통시스템에서 정보를 획득하는 단계로서 그 결과를 표시장치나 차량제어장치에 전달하고 획득된 정보에 능동적으로 대처하여 운전자에게 도움을 준다. 현재 연구되고 있는 표지판 검출 및 인식에 관한 연구에서 대상이

되는 표지판은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 하나는 경고와 제한속도를 알리기 위한 표지판과 다른 하나는 방향에 따른 지명을 안내하는 표지판이다. 속도제한이나 경고 표지를 인식하는 것은 표지판의 형상이나 내부의 기호를 검출하여 각 표지판이 나타내는 한가지 정보를 인식하는 것이고 방향안내표지를 인식하는 것은 사각형 형상의 방향안내표지가 포함하고 있는 도로방향과 지명, 교차로까지 거리와 도로번호를 인식하여 유용한 정보로 활용하는 것이다.

도로표지를 인식하는 과정은 일반적으로 검출과 인식 과정으로 크게 나눌 수 있다. 속도제한이나 경고표지에 포함된 적색, 황색, 그리고 청색과 같은 색상으로 표지판영역을 검출하고 형상정보를 통해 표지판의 종류를 분류한다[1-5]. Hiroyuki Ishida[5] 등은 영상이 흐릿할 경우의 인식을 위해 화질이 낮은 영상에서 학습을 위한 유전자 알고리즘을 사용하는 방법으로 속도제한이나 경고표지를 인식한다. 방향안내표지의 경우에도 표지판의 검출방법은 속도제한표지 인식방법과 유사하게 표지판에 사용되는 색상을 이용한다[6-10]. 표지판 영역의 검출방법은 유사하지만 내부 정보를 분류하고 인식하는 방법은 다양하다. 표지판을 검출한 후 내부영역에 대해 레이블로 세분화한 후 각 도로방향에 대한 군집화를 통해 레이블영역을 하나의 영역으로 취한다[8,9]. J. Miura[10] 등은 광각카메라(wide-angle camera)와 줌카메라(telephoto camera)를 사용하여 도로표지판의 추적과 다음 시간에 도로표지판의 위치를 미리 예측하여 줌카메라로 고화질 표지판 영상을 획득한다. 도로표지판을 검출하고 가로, 세로 히스토그램을 사용하여 내부정보를 분할하고 지명을 인식한다. 여기서 가로, 세로 히스토그램을 사용하기 위해서는 도로표지판의 형상에

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2009. 5. 1., 수정: 2009. 6. 4., 채택확정: 2009. 10. 6.

임희철, 조강현: 울산대학교 자동차전기기술대학원

(hclim@islab.ulsan.ac.kr/jkh2009@islab.ulsan.ac.kr)

코식덩: 울산대학교 전기전자정보시스템공학부

(debkaushik99@islab.ulsan.ac.kr)

※ 본 연구는 2단계 두뇌한국(BK)21, NARC, 지식경제부, 교육과학기술부, 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성 사업 그리고 한국산업기술진흥원의 융복합형 로봇 전문인력양성 사업의 지원에 따라 연구되었음.

대해 원근효과를 고려해야 한다. 하지만 연구에서 사용한 도로표지판을 살펴보면 움직이는 카메라를 사용하였음에도 원근효과와 관계없이 비교적 정규화된 표지판이 실험에 사용되었다.

영상 획득을 위한 카메라는 움직이는 차량에 설치되어 전방의 도로에 대한 영상을 획득하기 때문에 입력영상에 존재하는 도로표지판이 기울어 지거나 원근효과가 발생한 상태로 획득된다. 이러한 경우 기존에 사용되어온 도로표지판 내부 정보의 분할에 사용한 가로, 세로 히스토그램(histogram) 방법을 적용하기가 힘들다. 내부정보를 정확하게 추출하지 못하면 지명인식이나 도로방향인식에도 영향을 미치게 된다. 따라서 이러한 사영 변환(projection transformation)된 도로표지판에 대해 재정렬 과정을 수행하여 정확한 표지판 형상으로 변환이 필요하다.

본 논문에서는 색상을 이용하여 도로표지판의 후보영역을 검출하고 그 영역의 무게중심(mass center)과 외곽선(boundary)을 이용한 극좌표(polar coordinate)에서 사각형 검출과 회전 또는 원근효과와 같은 왜곡의 발생 여부를 확인한다. 회전 또는 원근효과가 있을 경우에는 호모그래피(homography)를 이용하여 사영 변환행렬(projection-transformation matrix)을 구하고 사영 역변환행렬(inverse projection transformation matrix)을 적용하여 도로표지판 영역의 형상을 정규화하게 된다. 사영 변환행렬을 계산하기 위해 영상좌표(image coordinate)에서 도로표지판 영역의 꼭지점 4개와 세계좌표(world coordinate)에서 도로표지판 영역의 꼭지점 4개를 이용한다. 도로표지판 내부 정보의 분류와 지명영역의 음절단위 문자 분할을 통해 인식영역을 추출한다. 지명을 인식하기 위해 정규화된 문자영역의 가로, 세로 히스토그램과 지역대표 값의 특징을 사용하여 데이터베이스와 차이를 계산하여 최소값을 가지는 문자를 인식한다. 그림 1에서는 본 논문에서 도로표지판을 인식하는

과정에 대해 보여준다. 입력영상에 대해 도로표지판 검출과 재정렬을 수행하고 그 결과에서 내부정보의 분할 및 지명의 인식을 통해 표지판을 표현하는 과정을 나타낸다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. II 장에서 색상을 이용한 도로표지판 후보 검출에 대해 서술한다. III 장에서는 극좌표 계산과 표지판 영역의 사각형 특징 추출에 대해서 서술한다. IV 장에서는 회전 및 왜곡 판단과 사영 변환을 통한 왜곡 보정 방법에 대해 서술한다. V 장에서는 표지판내부 정보인 화살표와 지명분할 방법과 지명인식에 대해 서술한다. VI 장에서는 제안된 방법의 검증을 위해 실험 및 결과를 보여준다. 마지막으로 VII 장에서는 결론을 맺는다.

II. 도로표지판 검출

1. 색상을 이용한 표지판 검출

국내 방향안내표지는 설치 지역에 따라 청색, 녹색, 갈색의 바탕색과 백색의 문자와 기호를 사용하는 사각형으로 구성되어 있다. 녹색은 지방지역도로, 청색은 도시지역도로, 그리고 갈색은 관광지역도로에서 방향안내표지의 바탕색으로 사용한다. 따라서 도로표지판을 검출하기 위한 색상으로 청색과 녹색바탕의 방향안내표지 후보영역을 분류한다. 갈색바탕의 표지는 청색과 녹색에 비해 빈도수가 낮기 때문에 본 연구에서는 고려하지 않는다.

그림 2는 방향안내표지의 청색과 녹색배경 색상이 가지는 특징을 RGB (Red, Green and Blue)색상모델로 표현한 것이다. 여기서 방향안내표지의 배경은 R값이 G B값에 비해 작은 값을 나타내고 이런 특징을 나타내는 YUV (brightness and color) 색상모델 중 빨간색상 값에서 밝기 성분들을 제외한 V값을 이용하여 표지판 후보영역을 검출한다. 식 (1)은 변환행렬식을 이용하여 RGB색상모델을 YUV색상모델로 변환에 관한 식이다. 여기서 사용한 변환행렬식은 YUV색상모델의 식을 기본으로 하여 임의의 표지판에서 청색과 녹색의 표지판배경색을 추출한 샘플(sample)을 이용하여 RGB 색 평균을 계산하는 실험을 통해 구했다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.700 & -0.369 & -0.131 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

계산된 V채널을 0에서 255로 정규화하여 회색영상(gray

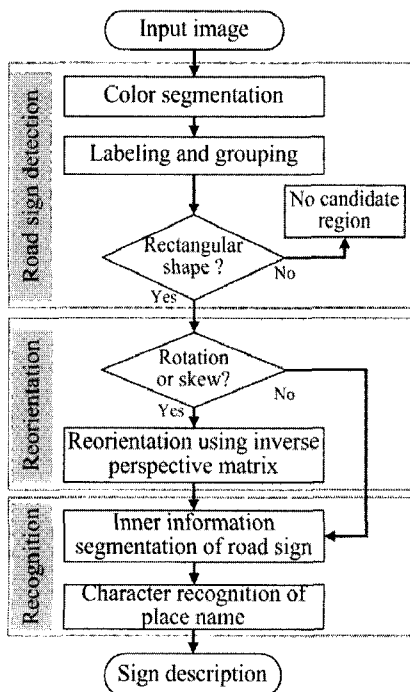


그림 1. 도로표지판 인식 과정.
Fig. 1. Process of road sign recognition.

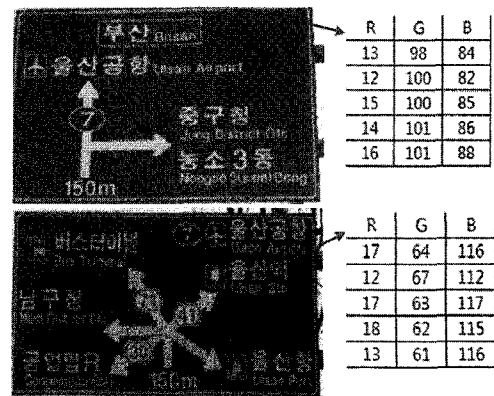


그림 2. 도로표지판의 배경색에 대한 RGB색상 값.
Fig. 2. RGB value of background color in road sign.

image)을 표현하고 이를 문턱값(threshold)을 사용하여 이진영상(binary image)으로 출력한다.

2. 영역의 레이블링과 잡음제거

색상을 이용한 검출 결과에서 표지판색상에 해당하는 영역과 관심이 없는 영역이 검출된다. 관심 없는 영역은 표지판 색상특징과 유사한 색상의 잡음과 차량이 진행하고 있는 도로에서 거리가 멀리 떨어져있는 지점에 설치된 표지판, 그리고 다른 도로에 설치된 표지판 등이 검출될 가능성이 있다. 따라서 획득된 표지판후보 중에 관심 있는 표지판은 다른 표지보다 크다고 가정한다. 색상에 의해 검출된 표지판 후보에 대해 가우시안 필터링(gaussian filtering)을 통해서 잡음을 제거하고 남은 후보영역들을 레이블링(labeling) 후에 각 레이블 중에 가장 큰 레이블영역을 표지판 후보영역으로 검출한다.

III. 극좌표 계산과 사각형 특징 추출

앞에서 색상과 영역크기를 이용한 표지판 후보를 검출하였다. 검출된 결과에서 방향안내표지가 가질 수 있는 특징인 사각형 규정은 4개의 꼭지점과 직선의 유무를 사용하여 검증한다. 표지판 후보영역에서 극좌표 그래프를 생성한다. 그림 3에서 보이는 것처럼 표지판 후보가 사각형일 경우에는 극좌표 그래프에서 4개의 꼭지점이 미분 불가능한 4개의 첨단 점들로 나타나고 회전이 없는 직사각형에서는 각도가 π 를 기준으로 서로 대칭인 관계가 나타나기 때문에 회전 또는 왜곡의 판단에도 사용한다. 극좌표 그래프를 계산하는 방법과 극좌표 그래프를 이용하여 사각형 특징인 4개의 꼭지점을 추출하는 방법을 설명한다.

1. 극좌표 계산

검출된 표지판영역의 무게중심을 기준으로 외곽선 사이의 거리와 각도의 계산으로 극좌표 그래프를 생성한다. 표지판 후보영역의 무게중심은 식 (2)의 pq차 모멘트(pq-th moments)를 사용하여 식 (3)의 무게 중심좌표를 계산한다. 그리고 8방향 이웃 연결성을 고려한 외곽선 추적으로 표지판 후보영역의 외곽선을 얻는다.

$$M_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y) \tag{2}$$

여기서 $f(x, y)$ 는 영상을 x, y 좌표로 표현한 함수다.

$$\bar{x} = \frac{M_{10}}{M_{00}}, \bar{y} = \frac{M_{01}}{M_{00}} \tag{3}$$

여기서 무게중심은 0차 모멘트를 이용하여 전체영역의 넓이와 1차 모멘트를 이용해 x, y 에 대한 각각의 기중치에 따른 비율로 x, y 좌표를 계산한다.

식 (4)와 (5)는 무게중심을 기준으로 한 외곽선의 위치좌표 x, y 에서 각도와 거리의 계산에 관한 식이다.

$$\theta = \arctan(y/x) \tag{4}$$

$$r(\theta) = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{5}$$

무게중심을 구하기 위해서는 영역의 내부인 표지판 후보 영역에서 정보에 해당하는 영역까지 후보영역으로 포함해야 한다. 그것은 검출된 영역에서 무게 중심을 구할 경우 내부

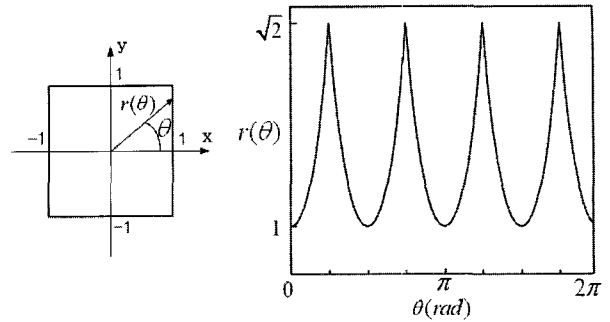


그림 3. 사각형에 대한 극좌표 그래프.

Fig. 3. Polar coordinate of rectangular shape.

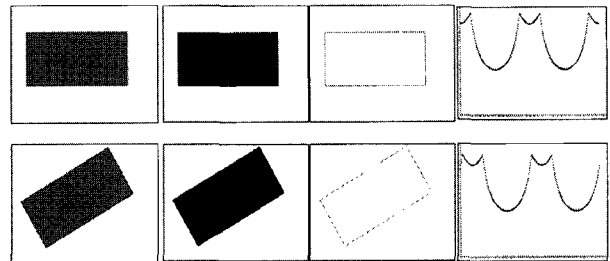


그림 4. 방향안내 표지형상에 대한 무게중심과 외곽선을 이용한 극좌표 그래프 생성.

Fig. 4. Creation of polar coordinate using mass center and boundary of guidance sign.

정보에 의해 무게가 달라지고 중심계산에 오차가 생기기 때문이다. 표지판의 외곽선에 대해 모폴로지(morphology)방법을 통해 내부 영역을 채우고 식 (3)을 이용해서 영역의 무게중심을 구한다. 그림 4는 임의의 표지판 형상에 대한 무게중심과 외곽선 결과를 이용하여 극좌표 그래프를 생성하는 과정을 보여준다.

2. 사각형 특징 추출

극좌표 그래프에서 미분 불가능한 지점은 꼭지점으로 계산한다. 그림 5에서 각각의 행들은 이상적인 표지판의 경우, 회전된 표지판, 그리고 잡음으로 인해 표지판의 모서리가 온전

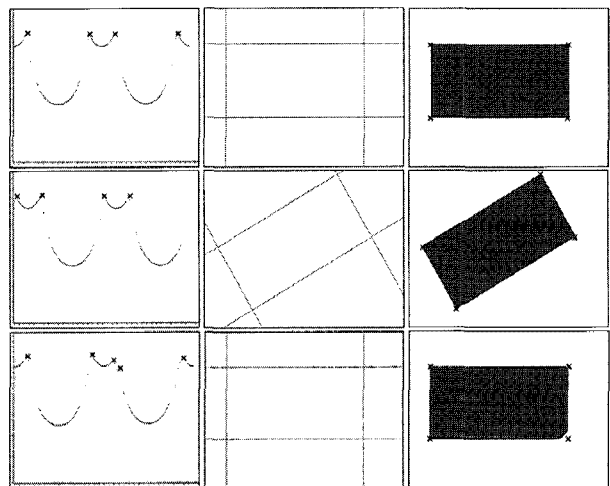


그림 5. 극좌표 그래프와 허프변환 직선을 이용한 사각형 모서리 특징 추출.

Fig. 5. Feature extraction of vertex in rectangular using graph of polar coordinate and line of Hough transform.

하지 않은 경우를 나타낸다. 여기서 첫째 열은 극좌표 그래프에서 4개의 꼭지점에 대한 점단 점들을 나타내고 둘째 열은 허프변환(hough transformation) 직선을 나타낸 것이다[11]. 셋째 열은 그 결과인 꼭지점을 원영상(original image)에 나타낸 것이다. 회전이 된 경우는 극좌표 그래프의 위치가 회전 각도만큼 이동한다. 그리고 극좌표 그래프에서 점단 점의 위치나 그래프의 형상을 이용하여 왜곡 유무를 판단한다.

만약 꼭지점의 개수가 4개보다 많거나 적을 경우에는 표지판의 4변이 직선을 이루는 것을 이용하여 직선의 교차점을 꼭지점으로 하여 4개의 점을 찾는다. 이 과정에서 표지판 영역의 외곽선에 대해 허프변환을 적용하면 외곽선에 대해 가장 비중이 큰 4개의 직선을 획득하고 그 직선의 교차점으로 표지판의 꼭지점을 구한다. 그림 5의 셋째 행의 그림에서 극좌표 그래프의 점단 점이 5개가 추출되는 것을 보완하기 위해 허프변환을 이용한 직선을 추출하고 그 교차점을 원영상에 표시하면 하단 우측 그림처럼 꼭지점을 추정한다.

IV. 사영 변환을 이용한 기하교정

영상좌표평면에서 도로표지판 후보의 4개의 꼭지점과 세계좌표평면에서 실제도로표지판의 4개의 꼭지점의 정보를 이용하여 원근 변환을 수행한다. 도로표지판 영상의 4개 꼭지점과 4개의 대응점을 사용하여 호모그래피 행렬(homography matrix) H 를 추정하고 추정된 H 를 이용하여 사영 역변환행렬을 적용하여 기하교정된 세계좌표의 도로표지판 영상으로 변환한다.

그림 6에서 왼쪽그림은 영상좌표평면의 도로표지판 형상의 4꼭지점을 나타낸 것이고 이것을 사영 역변환을 적용하여 그림 6의 오른쪽그림처럼 세계좌표평면의 4대응점으로 변환하여 도로표지판 형상을 나타낸 것이다.

호모그래피 H 를 3x3행렬로 나타낸 것은 식 (6)이고 식 (7)은 호모그래피 H 에 의한 세계좌표와 영상좌표의 관계를 나타낸 식이다. 식 (8)부터 식 (10)까지는 식 (7)을 영상좌표 x, y 에 관한 식으로 나타낸 것과 영상좌표의 4점과 세계좌표에서 대응하는 4점에 해당 x, y 좌표 8개를 이용하여 호모그래피의 성분을 계산하기 위한 연립방정식을 행렬 형태로 표현한 것이다.

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & 1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$\begin{bmatrix} x_k^i \\ y_k^i \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x_k^w a_k^w \\ y_k^w a_k^w \\ a_k^w \end{bmatrix} \tag{7}$$

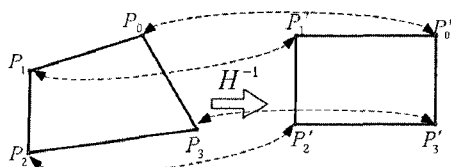


그림 6. 사영 변환에 의한 4점의 대응.

Fig. 6. Correspondence of 4 points by using projection transformation.

여기서, 행렬식을 x_k^i, y_k^i, a_k^w 관한 식으로 나타낸 것이 식 (8)이고, a_k^w 에 관한 식을 앞의 두식에 대입하면 식 (9)과 같이 표현 가능하다.

$$\begin{aligned} x_k^i &= a_k^w (h_{11}x_k^w + h_{12}y_k^w + h_{13}) \\ y_k^i &= a_k^w (h_{21}x_k^w + h_{22}y_k^w + h_{23}) \end{aligned} \tag{8}$$

$$a_k^w = \frac{1}{h_{31}x_k^w + h_{32}y_k^w + 1}$$

$$x_k^i = \frac{h_{11}x_k^w + h_{12}y_k^w + h_{13}}{h_{31}x_k^w + h_{32}y_k^w + 1}$$

$$y_k^i = \frac{h_{21}x_k^w + h_{22}y_k^w + h_{23}}{h_{31}x_k^w + h_{32}y_k^w + 1} \tag{9}$$

영상과 공간상의 4점을 이용하여 식 (9)에 각각 적용하여 식 (10)에서 4점에 대한 x, y 에 관한 행렬식을 구한다.

$$\begin{bmatrix} x_0^i \\ y_0^i \\ x_1^i \\ y_1^i \\ x_2^i \\ y_2^i \\ x_3^i \\ y_3^i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0^w & y_0^w & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_0^i x_0^w & -x_0^i y_0^w \\ 0 & 0 & 0 & x_0^w & y_0^w & 1 & -y_0^i x_0^w & -y_0^i y_0^w \\ x_1^w & y_1^w & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1^i x_1^w & -x_1^i y_1^w \\ 0 & 0 & 0 & x_1^w & y_1^w & 1 & -y_1^i x_1^w & -y_1^i y_1^w \\ x_2^w & y_2^w & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2^i x_2^w & -x_2^i y_2^w \\ 0 & 0 & 0 & x_2^w & y_2^w & 1 & -y_2^i x_2^w & -y_2^i y_2^w \\ x_3^w & y_3^w & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3^i x_3^w & -x_3^i y_3^w \\ 0 & 0 & 0 & x_3^w & y_3^w & 1 & -y_3^i x_3^w & -y_3^i y_3^w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \end{bmatrix} \tag{10}$$

호모그래피 H 가 구해지면 사영 역변환을 위해 H^{-1} 을 계산하여 입력영상 전체에 적용하면 사영 역변환된 도로표지판을 획득하게 된다. 사영 역변환된 표지판 영역은 영상좌표에서 검출된 표지판 영역의 4개의 꼭지점에 의한 대응을 통해 위치좌표와 표지판 영역의 결과를 얻는다.

V. 표지판 정보 분류

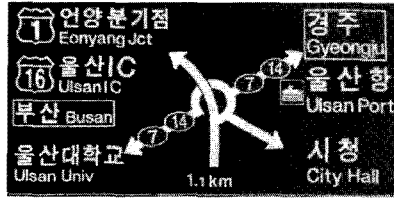
1. 도로표지판 내부 정보의 분류

사영 역변환된 도로표지는 내부에 지명을 나타내는 문자와 도로방향을 나타내는 화살표 기호를 포함하고 있다. 배경과 내부 정보를 분류할 수 있는 방법은 표지판의 배경색상인 청색과 녹색이 내부 정보에 해당하는 색상인 백색과 확연한 차이를 이용하여 분류한다.

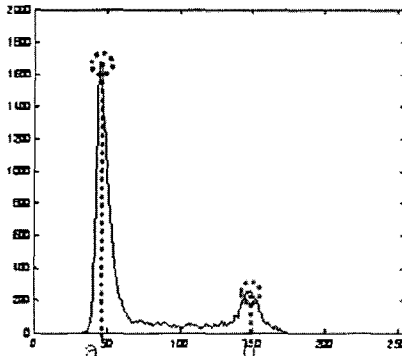
이전에 사용한 YUV의 V값은 표지판을 검출하기 위한 방법이기 때문에 표지판의 배경과 내부정보 분류에 적합하지 않다. 따라서 도로표지판의 색상은 배경색과 백색인 내부정보의 빈도수가 높다. 그림 7(a)도로표지판의 영역을 밝기값 히스토그램으로 나타내면 (b)와 같은 그래프로 표현된다. (b)에서 가장 큰 영역의 중심 'a'가 배경에 해당되고 다음으로 큰 영역의 중심 'b'가 백색의 내부정보에 해당 된다. 식 (11)을 이용하여 'a'와 'b'의 중간값을 문턱값(threshold)로 구하고 그 값을 이용해서 이진 영상을 생성한다.

$$T = \min(a, b) + \frac{|b - a|}{2} \tag{11}$$

도로방향에 따른 지명영역을 구분하기 위해 표지판내부영



(a)



(b)

그림 7. 도로표지판의 영상에서 밝기 값 히스토그램.
Fig. 7. Intensity histogram in road sign area.



(c)

그림 8. 화살표 머리와 K-means 알고리즘을 이용한 그룹영역 그룹 분류 결과.
Fig. 8. Arrowhead and segmentation result of group using K-means algorithm.

역에 대해 레이블링을 수행하고 가장 큰 레이블 영역이 기호인 화살표 레이블 영역이 된다. 도로방향에 해당하는 화살표 머리는 삼각형의 개수에 따라 동일 방향에 대한 지명후보의 그룹 수를 결정한다[12]. 그림 8(a)는 도로표지판 이진영상의 화살표영역 중에서 화살표 머리의 삼각형 4개를 검출하고, (b)는 K-means 알고리즘을 사용하여 각 화살표 머리에 대한 가장 근접한 이웃 레이블을 동일 그룹에 포함한 지명영역 그룹을 나타낸 것이다. 이 때, K-means 알고리즘의 적용은 각 레이블링 영역을 화살표 머리에 해당하는 영역에 대해 그룹핑(grouping)하여 기준을 갱신해 나간다. (c)는 지명그룹 중에서 하나의 지명영역을 보여준다.

2. 음절 단위의 문자 분할

도로표지판에서 지명은 한글과 영문으로 구성된다. 보조표시기능을 위한 영문은 한글보다 크기가 작고 둘 사이의 일정 간격을 이루기 때문에 히스토그램의 분절지점으로 한글과 영문영역을 구분한다. 한글지명을 인식하기 위해서는 최소인 식단위인 음절로 문자를 구분할 필요가 있다. 음절단위 문자의 너비구분은 수평히스토그램의 분절지점을 사용하여 각



(a)



(b)



(c)

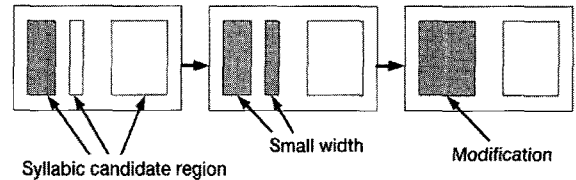
그림 9. (a) 수직히스토그램, (b) 수평히스토그램, (c) 수직, 수평 히스토그램을 이용한 음절 문자분류 결과.
Fig. 9. (a) Vertical histogram, (b) horizontal histogram, (c) segmentation of syllabic character using histogram.

영역을 구분한다[13].

그림 9는 수직과 수평히스토그램을 이용하여 음절단위의 문자영역 분할을 보여준다. 분할된 지명영역을 구분하기 위해 (a)는 수직히스토그램을 이용하여 한글과 영문영역의 높이를 분절 지점으로 구분한다. (b)와 (c)는 수평히스토그램을 이용하여 음절단위의 문자영역을 구분하여 한글을 음절단위로 분할한 것을 나타낸다. 여기서 분절 지점의 잡음으로 인한 결점 현상을 해결하기 위해 오차범위를 고려한다.

3. 문자 영역의 병합과 확장 및 축소

분류된 문자영역은 히스토그램의 분절지점에서 잡음으로 인해 여러 개의 영역으로 분류되거나 그 영역의 경계가 문자 최외곽에 위치하지 않게 된다. 이것은 문자영역의 병합방법



(a)



(b)



(c)

그림 10. (a) 문자 병합 과정, (b) 문자영역 분할, (c) 문자병합 결과.
Fig. 10. (a) Process of merging character, (b) segmentation of character area, (c) merging results.

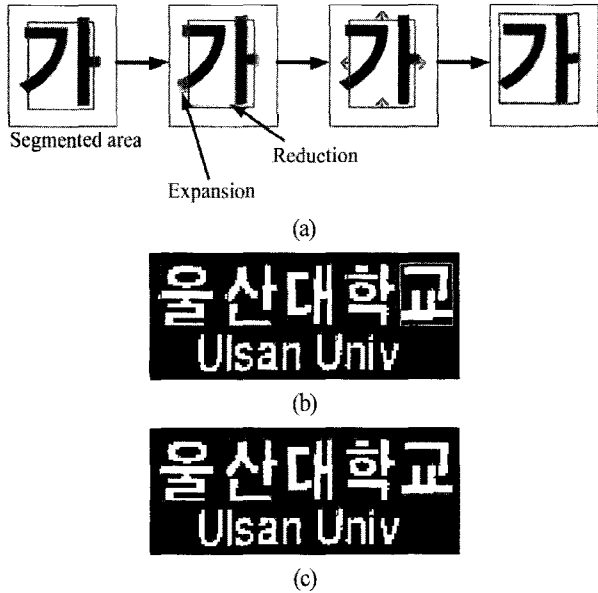


그림 11. (a) 문자영역 확장 및 축소 과정, (b) 문자영역 병합 결과, (c) 문자영역 확장 및 축소 결과.
 Fig. 11. (a) Process of expansion and reduction on character area, (b) segmentation and merge of character area, (c) results.

과 확장 및 축소 방법을 이용하여 해결한다. 문자의 병합방법은 그림 10(a)에 설명한다. 표지판의 문자는 ‘산돌형의 고딕 볼드(bold)와 미디움(medium)’을 사용한다. 원칙적으로 고딕 볼드를 사용하고, 글자수가 많은 경우 예외적으로 미디움을 사용한다[14]. 음절단위 영역은 너비에 대한 높이의 비율이 일정하다. 분류된 문자의 너비가 높이에 비해 작을 경우는 이전 문자 또는 다음 문자와 병합하여 크기 비율을 만족하는지 여부를 결정한다. 그림 10(b)는 분류된 문자를 나타내는데 ‘산’이 두 영역으로 나뉘었다. (c)는 병합방법을 이용한 결과를 나타낸다.

문자를 인식 방법으로 SAD를 이용하기 때문에 비교하고자 하는 대상은 규칙성을 가져야 한다. 문자를 비교하기 위한 규칙으로는 문자 영역의 크기를 일정하게 하는 것인데 정규화를 통해 분할된 문자 영역의 크기를 50x50픽셀로 만들어서 그 특징의 차이를 비교하여 문자를 인식하게 된다. 따라서 정확한 문자영역으로 분할 할 필요가 있다. 문자영역을 분할하고 병합과정을 거친 결과에서 정확한 문자영역을 얻기 위해 확장 및 축소 과정을 거친다. 확장 및 축소의 과정은 그림 11(a)와 같고, (b)는 문자영역의 병합과정의 결과다. (c)는 문자영역의 확장 및 축소의 예를 보여준다. 적색 사각형은 분할된 영역으로 실제 문자 데이터의 영역과 차이가 있다. 적색 사각형의 변이 문자 데이터를 통과할 때는 변과 문자 데이터 영역이 접할 때까지 변의 위치를 영역의 중심을 기준으로 증가시켜 영역을 확장한다. 변이 통과하지 않을 때는 변과 문자데이터 영역이 접할 때까지 중심을 기준으로 위치를 감소시켜 영역을 축소한다.

VI. 지명인식

1. 문자영역의 특징 추출

분할된 문자영역에 대해 50x50픽셀 크기로 정규화하고 각 문자의 특징인 가로, 세로 히스토그램 값을 생성한다[15]. 그

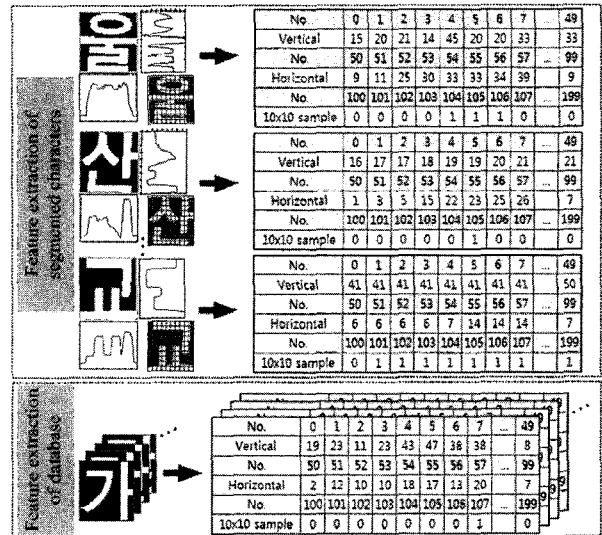


그림 12. 분할된 문자의 특징 추출.
 Fig. 12. Feature extraction of segmented characters.

리고 10 x 10의 격자로 문자영역을 구분하여 대표 값을 설정하여 문자의 패턴을 구성한다. 세 종류의 특징으로 가로 히스토그램(50개), 세로 히스토그램(50개), 그리고 문자패턴(100개)의 특징이 문자인식에 사용된다[16]. 그림 12는 분할된 글자와 데이터베이스에서 생성된 문자영역의 특징을 보여준다. 0에서 49까지는 세로 히스토그램 값, 50에서 99까지는 가로 히스토그램 값, 그리고 나머지 100에서 199까지는 문자패턴의 대표 값으로 구성된다. 여기서 ‘산돌형의 고딕 볼드와 미디움’을 이용하여 KS 완성형 표준한글에 대해 데이터베이스를 생성한다.

2. SAD를 이용한 매칭

SAD 방법을 이용하여 입력영상의 음절단위 영역분할 결과의 특징과 데이터베이스의 특징 사이의 차이에 대한 절대값의 합을 계산하여 획득된 값이 최소인 문자를 찾아낸다. 식 (12)은 SAD의 계산식을 나타낸다. 검출된 문자와 모든 데이터베이스의 문자에 대해 SAD 값을 구하여 그 값이 최소가 되는 데이터베이스의 문자가 검출된 문자의 인식결과이다.

$$M(k) = \arg \min_{k \in DB} \sum_{i=0}^n |I_i^k - I_i^{seg}| \quad (12)$$

여기서 M은 데이터베이스 k와의 유사성 결과값이고, n은 총 특징개수, I^k와 I^{seg}는 각각 분류된 문자영역과 데이터베이스의 특징이다. i값은 가로와 세로 히스토그램과 문자패턴에 대한 각 문자영역 특징의 지수를 나타낸다.

VII. 실험

제안된 도로표지판 인식 실험에 사용된 방향안내표지는 녹색표지 158개와 청색표지 129개가 포함된 287개의 영상에서 내부 정보인 지명그룹은 총 812개, 지명문자는 5300개를 사용하였다. KS 완성형 표준한글 2350자 중에서 실험데이터가 포함된 500자를 50x50픽셀 크기로 정규화하고 각 문자에 대해 특징 200개를 데이터베이스로 사용한다.

색상을 이용하여 표지판 영역을 검출하고 왜곡의 유무를 판단한다. 회전이나 왜곡이 있을 경우 기하교정의 재정렬과

표 1. 표지판에 대한 특징검출 및 기하교정의 결과.

Table 1. Results of feature detection and projection transformation in road sign.

		Detecting vertex	Reorientation		Error
			True	False	
Green sign	158	137	128	9	21
		86.7%	81.01%	5.69%	13.3%
Blue sign	129	116	110	6	13
		89.92%	85.27%	4.65%	10.08%
Total	287	253	238	15	34
		88.15%	82.92%	5.23%	11.85%

표 2. 유사한 문자의 기하교정 전후의 SAD 값 비교.

Table 2. Comparison of SAD in similar character.

Detecting character	DB character			
	두	주	구	
두	X	424	460	1142
	O	383	522	1006
주	X	430	421	980
	O	442	411	982
구	X	812	966	378
	O	870	923	354

O: with reorientation, X: without reorientation.

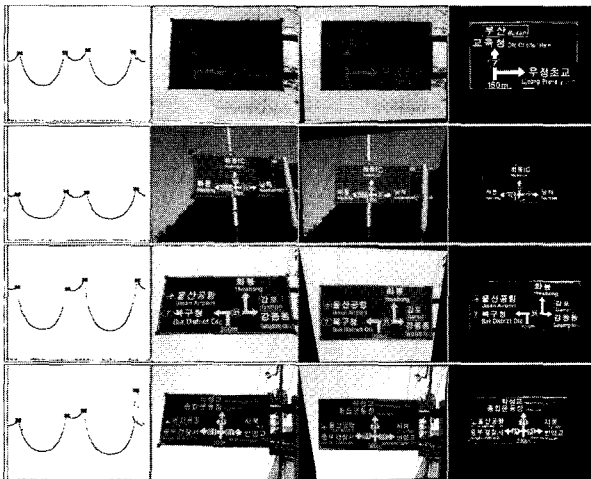


그림 13. 표지판의 꼭지점검출과 사영변환을 적용한 결과.

Fig. 13. Results of detecting vertex and projection transformation for road sign reorientation.

정을 거쳐 정규화된 영상으로 변환한다. 표 1은 녹색과 청색의 도로표지판에 대해 꼭지점을 검출한 결과와 기하교정을 수행한 결과를 보여준다. 잡음과 빛으로 인해 정확한 꼭지점 위치가 검출되지 않아 기하교정에 오류가 발생한다.

표 2는 기하교정 전과 후의 검출된 문자의 특징과 데이터베이스문자의 특징에 대해 SAD 결과를 비교한 표이다. 기하교정 전에 잘못 인식되었던 문자에 대해 기하교정 후 인식에서는 그 값이 최소가 된다. 입력 영상에서 획득한 문자와 데이터베이스의 문자의 SAD 값이 최소인 문자가 일치하는 문자임을 알 수 있다. 결과 값에서 굵게 표시된 값들은 최소 값을 나타낸다. 이것은 비교되는 문자의 SAD 값들에 비해 작은 값을 가지기 때문에 정확한 인식결과를 갖는다.

그림 13에서는 극좌표 그래프와 허프변환을 이용해서 꼭

지점을 검출하고 사영변환을 통해 입력된 영상을 재정렬하고 표지판 영역을 검출한 결과를 나타낸다.

VIII. 결론

본 연구에서는 도로표지판 인식을 위한 기하교정의 방법을 설명하고 교정된 표지판에 대해 지명의 문자를 인식방법에 대해 제안하였다. 도로표지판의 인식에서 원근효과에 의한 표지판 형상의 왜곡에 대해 사영변환을 적용하여 기하교정하고 표지판의 내부 정보의 분할 및 지명에 대한 문자를 인식하였다. 이때 호모그래피 H 와 재정렬을 위한 사영영역 변환행렬 H^{-1} 를 계산하여 입력영상에 적용했다. 그 결과, 정확한 표지판영역을 획득하고 이로 인해 지명영역의 분할과 지명에 대한 한글 분할이 정확하게 이뤄졌다.

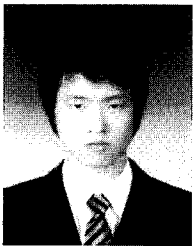
청색과 녹색의 도로표지판에 대해 기하교정을 적용한 결과는 82.92%의 결과를 얻었다. 분할된 내부정보 중에서 지명의 문자를 가로, 세로 히스토그램과 정규영역 대표값을 이용하여 인식을 수행하고 기하교정으로 인해 유사한 문자에 대한 SAD 값이 구분되었다. 기하교정을 수행한 후 내부 정보인 지명영역의 분할과 문자영역의 분할 결과를 교정이 없을 경우와 비교를 통해 기하교정의 효율성을 확인하였다.

향후 연구 과제로는 문자 인식에 있어서 경향성을 바탕으로 지명을 인식하는 것으로 순차검색과 실제 운행중인 차량의 위치에 따른 지명의 존재 가능성 등을 고려하여 검색시간과 처리과정을 단순화하는 방법에 대해 연구하고자 한다. 그리고 조도가 다양한 환경에서 도로표지판을 강인하게 인식하는 것과 실시간 인식에 대해 연구하고자 한다.

참고문헌

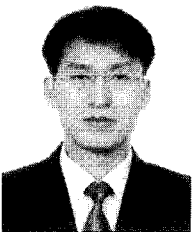
- [1] G. Y. Jiang, T. Y. Choi, and S. K. Hong, "Vision-based roadway sign recognition," *Transaction on Control, Automation, and Systems Engineering*, vol. 2, no. 1, 2000.
- [2] A. Vavilin and K. H. Jo, "Automatic detection and recognition of traffic signs using geometric structure analysis," *Proceedings of the SICE-ICCAS International Joint Conference*, vol. 3, pp. 123-123, 2006.
- [3] M.-B. Saturnino, L.-A. Sergio, G.-J. Pedro, G.-M. Hilario, and L.-F. Francisco, "Road-sign detection and recognition based on support vector machines," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 8, no. 2, pp. 264-278, 2007.
- [4] P. G. Jimenez, S. M. Basco'n, H. G. Moreno, S. L. Arroyo, and F. L. Ferreras, "Traffic sign shape classification and localization based on the normalized FFT of the signature of blobs and 2D homographies," *Signal Processing* 88, pp. 2943-2955, 2008.
- [5] H. Ishida, T. Takahashi, I. Ide, Y. Mekada, and H. Murase, "Identification of degraded traffic sign symbols by a generative learning method," *Proceedings of the 18th International Conference on Pattern Recognition(ICPR'06)*, 2006.
- [6] J. H. Lee and K. H. Jo, "Traffic sign recognition by division of characters and symbols," *Science and Technology Proceedings, The 7th Korea Russia International Symposium*, vol. 2, pp. 324-328, 2003.
- [7] W. Wu, X. Chen, and J. Yang, "Detection of text on road signs from video," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 6, no. 4, pp. 478-390, 2005.
- [8] A. Vavilin and K. H. Jo "Road guidance sign recognition in

- urban areas by structure," *Strategic Technology, The 1st International Forum*, pp. 293-296, 2007.
- [9] J. Miura, T. Kanda, and Y. Shirai, "An active vision system for real-time traffic sign recognition," *International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 52-57, 2000.
- [10] 임희철, 바빌린, 조강현, "효율적인 도로표지판 인식 방법," 제어·자동화·시스템심포지엄(CASS 2008), pp. 277-280, 2008.
- [11] R. O. Duda and P. E. Hart, "Use of the hough transformation to detect lines and curves in pictures," *Published in the Comm. ACM*, vol. 15, no. 1, pp. 11-15, 1972.
- [12] A. Vavilin, "Automatic detection and recognition of road signs in cluttered environment using geometrical analysis of structure," University of Ulsan, 2006.
- [13] S. Kopf, T. Haenselmann, and W. Effelsberg, "Robust character recognition in low-resolution images and videos," *Technical Report / Department for Mathematics and Computer Science, University of Mannheim*, 2005.
- [14] 건설교통부, "도로표지 관련 규정집," 국토해양부 행정 및 법령, <http://www.mltm.go.kr/>, 2006.
- [15] J. Kim, S. Lee, Y. Kwon, and J. H. Kim, "Stroke verification with gray-level image for hangul video text recognition," *The 18th International Conference on Pattern Recognition(ICPR'06)*, 2006.
- [16] V. Ganapathy and Charles C. H. Lean, "Optical character recognition program for images of printed text using a neural Network," *IEEE International Conference on Industrial Technology*, pp. 1171-1176, 2006.



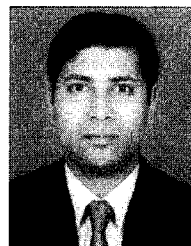
임희철

2004년 동의대학교 기계산업시스템공학부 기계공학전공(공학사). 2007년~현재 울산대학교 자동차선박기술대학원 메카트로닉스/IT전공(석사). 관심분야는 컴퓨터비전, 물체인식, 지능형차량시스템, 지능(로봇 및 교통) 시스템 제어, 머신비전.



조강현

1989년 부산대학교 정밀기계공학과 졸업. 1933년, 1997년 Osaka Univ. 대학원 전자제어기계공학전공(공학석사 및 박사) 1997년~1998년 ETRI 시스템 공학연구소 Post-Doc. 연구원. 1998년~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수. 2005년 7월~2006년 7월 Kyushu Univ. 객원교수 및 KIST 지능로봇 연구센터 객원 연구원. 관심분야는 휴먼 컴퓨터 인터렉션(HCI), 컴퓨터비전, 지능형(로봇 및 교통) 시스템 제어.



코식덱

1999년, 2000년 러시아 Tula State Univ. 컴퓨터공학전공(공학사 및 석사). 2001년~현재 방글라데시 Chittagong Univ. 컴퓨터공학전공 조교수. 2007년~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학전공 박사과정 수료. 관심분야는 컴퓨터비전, 패턴인식, 지능형차량시스템, 휴먼 컴퓨터 인터렉션(HCI).