

## 색상정보와 신경회로망을 이용한 교통 표지판 검출

신민철<sup>0</sup> 나상일 이정호 정준호 정동석  
 인하대학교 전자공학과

minchul@inhaian.net<sup>0</sup> leptons@inhaian.net julian@inhaian.net mdjunoc@inhaian.net dsjeong@inha.ac.kr  
 Traffic Sign Recognition Using Color Information and Neural Networks

Minchul Shin<sup>0</sup> Sangil Na Jungho Lee Junho Jeong Dongseok Jeong  
 Dept. of Electric Engineering, Inha Univ.

교통 표지판은 안전하고 효율적인 주행을 위해 운전자에게 여러 가지 정보를 제공한다. 따라서 교통 표지판의 자동인식은 자동운전이나 안전운전 시스템 등에 중요하게 사용될 수 있다.

본 논문은 영상에서 나타난 여러 가지 도로시설물 중 교통 표지판을 인식하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 교통 표지판이 가지고 있는 색상, 밝기, 형태 등의 정보를 이용하여 교통 표지판을 자동으로 인식한다. 일반적인 영상처리에서는 RGB 색상 공간의 처리는 간단하지만 날씨나 조명 상태의 변화에 민감하므로 본 논문에서는 색상과 채도에서 컬러 인지력이 높은 HSI 공간을 활용하여 주변 환경의 영향을 줄였다. 또한 고속 인식을 위하여 영상 모멘트 템플릿 정합을 사용하여 신경 회로망을 구성하였다.

### 1. 서 론

차량에 부착된 CCD 카메라에서 얻어지는 영상을 이용하여 각종 도로시설물에 대한 정보를 취득하고 이를 이용하여 지형공간정보체계(GSIS:Geo-Spatial Information System)의 자료를 자동으로 구축하는 연구가 최근 활발히 이루어지고 있다.[1] 영상에 나타난 여러 가지 대상물 중에서 특정 대상물의 위치를 구하는 작업은 가장 중요하면서도 어려운 과정이다. 차량을 이용한 도면화 체계(mapping system)에서 사람에 의한 작업을 줄이고 작업 효율을 높이기 위해서는 특정 도로시설물에 대한 정보취득의 자동화 과정이 필요하다.

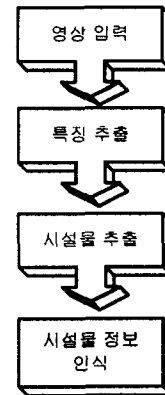
대부분의 대상물 인식 알고리즘은 흑백영상에 기초하고 있으며 주로 형태와 기하학적인 특성을 이용한다. 기술의 발달로 해상도가 흑백과 대등한 유색수치사진기(color digital camera)가 개발됨에 따라 유색사진이 주는 부가적인 정보를 이용하여 문제해결에 많은 도움을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 영상에서 나타난 여러 가지 도로시설물 중 교통 표지판을 추출하고 위치를 구하는 과정을 자동화 하였다. 획득된 도로 영상들로부터 자동으로 표지판을 검출하고, 이를 인식하는 알고리즘을 개발하였다. 입력된 영상의 클리핑과 PDE(Partial Differential Equation)를 이용한 잡음제거를 한 후 RGB 컬러 모델을 HSI 컬러 모델로 변환하여 ROI(Region Of Interest)를 설정한다. 마지막으로 Di-Zenzo Matrix를 이용하여 에지를 추출한 후 신경망을 이용하여 인식하게 된다.

### 2. 본 론

제안하는 교통 표지판 인식 시스템은 그림 1과 같이 크

게 3부분으로 나누어진다. 잡음 제거와 크기 정규화 과정을 포함한 전처리 과정, 입력 영상으로부터 특징을 추출하는 과정, 추출된 특징 정보를 이용하는 인식 과정으로 구성된다.



[그림 1]

#### 2.1 전처리 과정

교통 표지판은 지면으로부터 100cm 이상 되는 곳에 설치되기 때문에 본 논문에서는 실제 표지판이 나올 수 있는 영역 즉, 중앙 기준으로 상단만 사용하기 위해 영상을 클리핑 하는 과정을 거친다. 또한 영상의 잡음 제거를 위해 PDE 과정을 거친다. PDE는 편미분 방정식으로 등방성 및 이방성 확산에 기초하여 에지 영역은 살리고 잡음 영역은 제거하는 장점이 있다.[2] 에지 방향의 블러링(blurring) 필터를 취함으로써 에지를

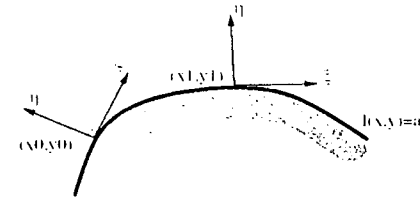
손상시키지 않고 노이즈를 제거하는데 효과적이다. 아래 식 (1)을 사용하여 확산 PDE를 계산한다.

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \phi'(\|\nabla I\|)I_{\eta\eta} + \frac{\phi''(\|\nabla I\|)}{\|\nabla I\|}I_{\zeta\zeta} \quad (1)$$

$\phi$ 는 식 (2)와 같다.

$$\phi(s) = \frac{s^2}{(1+s^2)} \quad (2)$$

식 (1)의  $\zeta$ 와  $\eta$ 는 그림 2에 나타낸 에지의 접선방향과 법선방향이다.



[그림 2]

## 2.2 HSI 컬러 변환

본 논문에서는 표지판을 인식하기 위해 HSI 공간을 활용하였다. 주로 컬러를 표현하는 모델은 RGB 공간이지만 표지판의 컬러 특성을 활용하기 위해서는 HSI 공간이 유용하다. HSI 공간의 색상과 채도는 컬러 인지력을 높여주는 효과가 있다. 또한 색상은 조명의 조건하에서 인식력이 강하다.[3]

HSI 컬러 공간은 색상(hue), 채도(saturation), 명도(intensity)로 구성된다. 색상은 0°에서는 빨강색, 120°에서는 녹색, 240°에서는 파랑색, 그리고 360°에서는 다시 빨강색으로 나타낸다. 채도는 순수 칼라가 백색에 의해 희색된 정도를 나타내며 0에서 1까지 표현된다. 명도는 무색의 밝기에 대한 개념으로 채도와 같이 0에서 1까지의 값으로 표현된다.

HSI 컬러 공간은 그림 3과 같이 표현할 수 있다.



[그림 3] HSI 컬러 공간

일반적으로 영상을 RGB 공간으로 취득하기 때문에

HSI 공간으로 변환해야 한다. 이 변환은 식 (3)에 의해서 가능하다.

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{3}(R+G+B) \\ S &= 1 - \frac{3}{(R+G+B)}[\min(R,G,B)] \\ H &= \cos^{-1} \left[ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

만약 H가 360° 보다 크다면, H = 360° - H가 된다.

## 2.3 특징 추출

컬러 영상은 데이터양이 많아 그 상태로 처리하기가 힘들다. 따라서 에지 등의 특징 정보를 사용하는 것이 일반적이다. 컬러 영상에서 에지의 추출은 영상을 그레이 영상으로 변환한 후 추출한다. 그러나 밝기 값만을 추출하면 RGB값의 혼합에 의해 영상 내부의 정보가 불완전하게 추출될 수 있다.

본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위해 벡터 기반의 에지 추출 방법인 Di-Zenzo Matrix를 이용하여 에지를 추출한다.[4]

기울기 벡터를 사용하여 영상의 고유 값을 조합하여 그림 4와 같이 에지를 추출한다. 에지를 추출하는 과정은 다음과 같다.

식 (4)는 각 채널의 스칼라 텐서의 합으로 이루어진 기울기 벡터이다.

$$\nabla I = [I_x, I_y]^T \quad (4)$$

식 (6)의 행렬의 고유값을 구하기 위해 구조 텐서(tensor)인 G 행렬을 구하여야 한다. G 행렬은 식 (5)와 같이 구성된다.

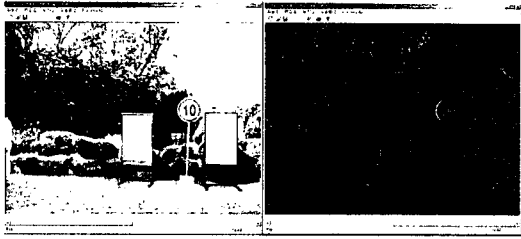
$$G = \begin{pmatrix} R_x^2 + G_x^2 + B_x^2 & R_x R_y + G_x G_y + B_x B_y \\ R_x R_y + G_x G_y + B_x B_y & R_y^2 + G_y^2 + B_y^2 \end{pmatrix} \quad (5)$$

이때 고유값  $\lambda_+, \lambda_-$ 는 식 (6)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \lambda_{+/-} &= \frac{g_{11} + g_{22} \pm \sqrt{\Delta}}{2} \\ \Delta &= (g_{11} - g_{22})^2 + 4g_{12}^2 \end{aligned} \quad (6)$$

식 (7)은 각각에 대한 에지를 타나내고 있다.

$$\begin{aligned} N &= \sqrt{\lambda_+} \\ N_- &= \sqrt{\lambda_+ - \lambda_-} \\ N_+ &= \sqrt{\lambda_+ + \lambda_-} \end{aligned} \quad (7)$$



[그림 4] 에지 추출 영상

그림 6은 특정한 크기가 아닌 여러 가지 크기의 영상을 40×40 사이즈의 영상으로 크기를 변환 시킨 후 각각의 영상에 대해 특징을 추출해낸 결과이다.



[그림 6] 학습 과정

## 2.4 시설물 추출

템플릿 매칭은 찾고자하는 물체의 형태를 템플릿으로 설정하고 입력 영상에서 템플릿과의 유사도를 측정하여 가장 유사한 물체를 찾아내는 방법이다.

도로상의 있는 표지판은 일정한 형태를 가지고 있으며 삼각형, 사각형, 원형 등의 템플릿으로 표현할 수 있다. 컬러 에지 추출을 통해 영상의 에지를 찾아내고, 이를 앞서 구성한 템플릿으로 템플릿 매칭 기법을 적용하여 교통 표지판을 찾아내었다.

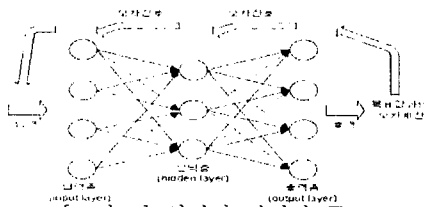
사용하는 템플릿은 주로 교통 표지판의 정면 영상을 이용해 만들었다.

## 3. 시설물 정보 인식

분류된 영상은 역전과 신경망을 통해 인식된다. 표지판 영역이라 추측되는 영상의 모멘텀을 구하여 템플릿의 모멘텀과의 정규화된 수치를 계산하여 뉴럴네트워크에 입력한다.

역전과 알고리즘은 순방향 다층 신경망의 일반적인 응용에 활용되는 오류 역전과 학습 알고리즘이다. 이는 오차를 정정하는 규칙으로서, 입력에 대해 원하는 반응과 실제로 얻어진 것들에 대한 차이를 줄여 나가는 방법이다. 오류전과에 의한 내부표현 학습에서, 입력패턴은 충분한 은닉층 유니트들만 있으면 항상 코드화될 수 있다. 이 과정은 네트워크의 연결 강도를 반복적으로 조정하여 실제 신경망의 벡터와 원하는 출력간의 차이를 줄여 나간다.

그림 5와 같이 신경망의 처리는 입력층→은닉층→출력층의 방향으로 진행되며 가중치 갱신의 학습방향은 출력층→은닉층으로 진행된다. 신경회로망은 학습 능력, 분산 지식 표현, 병렬 처리 특성 등을 가지고 있으며, 약간의 잡음이나 손실 등으로 변형된 입력이 들어와도 이를 안전하게 처리할 수 있고, 신경회로망 자체의 구조적 손실로 인한 에러에도 잘 대처하는 결합 극복 능력이 있다.



[그림 5] 역전과 신경망 구조

## 4. 실험결과 및 결론

본 논문에서 실험은 펜티엄 IV 1.6GHz, Windows XP 에서 Visual C++을 사용하여 구현하였다.

	주의표지	규제표지	지시표지
인식 개수	39 / 40	30 / 31	28 / 30
인식률(%)	97.5	96.7	93.3

[표 1] 인식 결과

본 논문에서는 교통 표지판 자동 검출을 위해 입력된 영상을 전처리 과정 후에 RGB 컬러 모델을 HSI 컬러 모델로 변환하여 ROI를 결정한다. 또한 에지를 추출한 후 신경망을 이용하여 인식하는 알고리즘을 제안하였다.

특히 컬러의 합성에 의한 문제를 해결하기 위해 벡터 기반의 에지 추출 방법인 Di-Zenzo Matrix를 이용하여 에지를 추출하였고 고속 인식을 위해 역전과 신경망을 이용하였다.

향후 과제로는 카메라의 흔들림으로 인한 왜곡된 영상에 대한 추가적인 작업이나 다양한 환경에 대한 적응적인 전처리 알고리즘 개발이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] 유복모 등(2000), 수차사진측량기법과 GPS를 이용한 실시간 사진측량시스템 개발 연구보고서, R&D/96-0096, 건설교통부/한국건설기술연구원.
- [2] R. Malladi, and J.A. Sethian, "A unified approach to noise removal, image enhancement, and shape recovery", IEEE Transactions on Image Processing, Vol 5, Issue 11, pp. 1557-1568, 1996.
- [3] T.Gevers and A.W.M Smeulders, "Color Based Object Recognition", Pattern Recognition, vol.32, no. 3, pp.453-464, 1999
- [4] S. Di Zenzo, "A note on the gradient of a multi image," Comput. Vis. Graph. Image Processing, vol. 33, pp. 116-125, 1986.
- [5]D. Tschumperle and R. Deriche, "diffusion PDEs on Vector-Valued Images," IEEE Trans. on Signal Processing Magazine, pp. 16-25, 2002.