

컬러정보와 다층퍼셉트론 신경망을 이용한 교통표지판 인식

방걸원*, 강대욱**, 김병기** 조완현***
*전남대학교 소프트웨어공학과
**전남대학교 전산학과
***전남대학교 정보통계학과
e-mail: bgw@bgcom.co.kr

Traffic Sign Recognition Using Color Information and Neural Network with Multi-layer Perceptron

Gul-Won Bang*, Dea-Yook Kang**, Byung-Ki Kim** Wan-Hyun Cho***
*Dept of Software Engineering, Chonnam National University
**Dept of Computer Science, Chonnam National University
***Dept of Informational Statistics, Chonnam National University

요 약

본 논문은 교통표지판을 자동으로 인식하는 방법에 관한 연구로 기존의 교통표지판 인식시스템에서는 인식하는데 걸리는 시간이 길고 잡음환경에서 인식률이 저하되며 변경된 교통표지판은 인식하지 못하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 컬러정보를 이용하여 교통표지판 영역을 추출하고 추출된 이미지를 인식하는데 다층퍼셉트론 신경망 알고리즘을 적용하여 교통표지판 인식시스템을 제안한다. 제안된 방법은 교통표지판의 컬러를 분석하여 영상에서 교통표지판 영역을 추출한다. 영역을 추출하는 방법은 RGB 컬러 공간으로부터 YUV, YIQ, CMYK 컬러 공간이 가지는 특성을 이용한다. 형태처리는 교통표지판의 기하학적 특성을 이용하여 군집화한다. 교통표지판 인식은 학습이 가능한 다층퍼셉트론의 오류역전파알고리즘을 적용하여 인식한다. 다층퍼셉트론 신경망 알고리즘은 패턴인식 분야에서 우수한 성능이 입증 되었다.

1. 서론

교통표지판의 자동 인식 기법은 교통표지판을 인식하여 음성 신호나 경보 신호 등으로 운전자에게 알려줌으로써 사고 위험을 줄이고 차량의 자동주행시스템(automatic Driving System)에 응용할 수 있는 바탕을 마련하고 있다.

교통표지판의 자동 인식에 관한 연구는 교통표지판 상황을 인식하여 운전자에게 인지시켜 줌으로써 교통사고를 방지할 수 있고 자동주행시스템을 실현할 수 있다.

또한 최근에 많이 사용되고 있는 길안내시스템(Navigation System)은 단지 목적지까지 안내만하고 도로의 상황을 인지할 수 없어 공사 중인 도로나 폐쇄된 도로를 안내하는 경우도 있다. 여기에 교통표지판 인식 시스템을 접목시키면 도로 상황을 판단하여 안내를 해주는 업그레이드된 길안내시스템이 될 것이다.

교통표지판은 도로안전시설 중 없어서는 안 될 중요한 부분으로 기호, 문자, 색으로 구성되어 있으며 도로구조의 보전과 안전하고 원활한 교통소통을 위하여 운전자에게 목적지까지의 방향, 거리, 등의 지점 및 경로 안내를 위한 다양한 정보를 제공한다. 그러므로 자동주행시스템에서 교통표지판의 인식은 필수적으로 해결해야 할 연구과제이다.

이에 본 논문에서는 교통표지판의 컬러정보의 특성을 기

반으로 표지판 영역을 추출하고 추출된 이미지에서 학습이 가능한 다층퍼셉트론의 역전파 학습알고리즘을 이용하여 교통표지판을 인식하는 시스템을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 교통표지판 구성

교통표지판은 각 나라별로 통일된 규격은 아니지만 형태나 색상, 크기, 기호 등이 유사하다. 우리나라의 교통표지판의 구조는 기능면에서 주의표지판, 규제표지판, 지시표지판, 보조표지판으로 크게 4가지로 분류된다. 주의표지판은 41종, 규제표지판은 32종, 지시표지판은 30종, 보조표지판은 26종으로 총 129종으로 되어 있다.

2.2 컬러 영상처리

영상처리에서 사용되고 있는 컬러공간은 컬러들과 다른 컬러들과의 관계를 표현하는 방법이고 영상처리의 다양한 분야에서 서로 다른 컬러 공간을 사용한다. 일반적으로 사진이나, 그림을 출력할 경우에는 CMY(Cyan, Magenta, Yellow)컬러 공간을 사용하고 컴퓨터의 모니터나 컴퓨터 그래픽카드들은 RGB컬러공간을, 컬러TV에서는 YUV컬러공간과 YIQ컬러공간을 사용하며 인간의 시각을 기반으로

한 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(intensity)를 사용하는 HSI 컬러공간과 Hue, Saturation, Value를 사용하는 HSV 컬러공간, JPEG 압축용으로 YCbCr 컬러공간도 사용한다.[1][2][3] 사람의 컬러영상정보를 인지하는 능력은 세 가지 요소의 반응에 의해 결정되어 진다. 그런 이유로 컬러공간의 구성은 세 개의 숫자를 기반으로 하며 이들 숫자를 삼중 자극(Tri-stimulus)값이라고 한다.

2.3 형태처리(morphology)

모폴로지(morphology)는 어떤 영상의 형태적인 면을 사용한다. 모폴로지 알고리즘으로는 침식 연산, 팽창 연산, 열림 연산, 닫힘 연산으로 분류되고, 각 연산은 독립적으로 사용되지만 일반적으로 원하는 결과 영상을 얻기 위해 몇 개의 연산을 병행하는 경우가 많다.

경계, 골격, 볼록면의 경계(convex hull)와 같은 영역의 형태를 표현하거나 서술하는데 있어서 유용한 영상 요소들을 추출하기 위한 도구로 수학적 형태론의 개념이 사용된다.

수학적 형태론의 언어는 집합론으로 여러 가지 영상처리 문제에 대해 집약적이고 유용한 방법을 제공하며, 집합들은 영상 내에 있는 물체의 형태들을 표현한다. 예를 들면, 이진 영상에 있어서 문제의 집합들은 이차원 공간의 구성요소이며, 집합의 각 요소는 영상의 검정색 픽셀의 좌표 (x,y)를 가지는 2개의 요소(2차원 벡터)로 되어 있다. 흑백 디지털 영상은 이들의 요소가 삼차원 공간에 있는 집합들로 표현될 경우, 집합에서 각 요소의 두 인자는 픽셀의 좌표를 나타내고, 세 번째 인자는 이산적 밝기값에 해당한다. 이보다 높은 차원 공간에서의 집합은 색이나 시간에 따라 변하는 부분과 같은 또 다른 영상 속성을 가질 수 있다.

2.4 다층퍼셉트론(Multi-layer Perceptron)

다층퍼셉트론은 입력층(input layer)와, 은닉층(hidden layer)을 가지고 있으며, 각층은 다수의 뉴런으로 이루어져 있다. 특정 층을 이루고 있는 각각의 뉴런은 바로 윗층의 모든 뉴런과 연결되어(fully-connected)있으면, 뉴런들 사이의 연결링크는 각각의 가중치를 갖는다. 그러나 다층퍼셉트론은 각층내의 뉴런들 사이의 연결과 출력층에서 입력층으로의 직접적인 연결은 존재하지 않는 전방향(feedforward) 신경망이다. 대부분의 다층 퍼셉트론의 학습은 역전파 알고리즘을 사용하여 수행할 수 있다. 이 알고리즘은 주어진 입력에 대해 원하는 출력결과를 학습시키고자 할 때 사용하며, 출력층의 각 뉴런에서 발생하는 출력오차를 각 층의 역으로 전파시켜 나가면서 연결링크의 가중치 수정을 통해 오차를 최소화시킨다.[4]

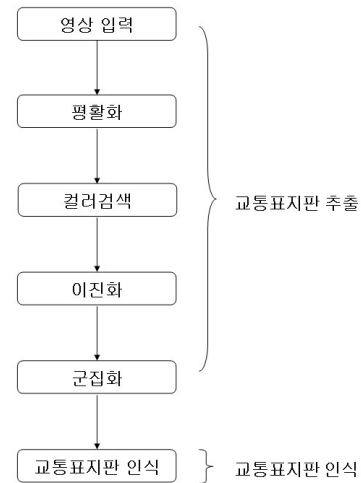
알고리즘의 반복단계 n에서(즉, n번째의 학습패턴을 입력 신호로 사용하는 단계) 뉴런 j의 출력오차 $e_{j(n)}$ 은 다음과 같이 정의된다.

$$e_{j(n)} = d_j(n) - o_j(n)$$

여기서 $d_j(n)$, $o_j(n)$ 는 각각 n번째 학습패턴이 주어졌을 때 출력뉴런 j에 대해 원하는 출력결과(target or desired value)와 실제 신경망의 계산에 의한 출력결과(output)를 의미한다.

3. 교통표지판 인식 시스템

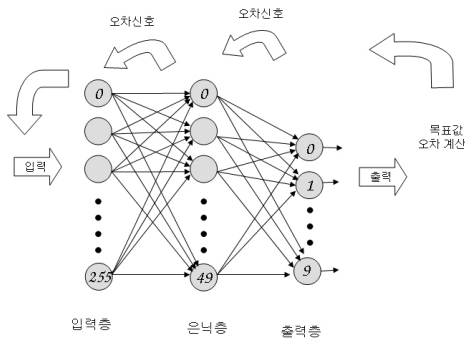
본 논문에서 제안하는 교통표지판 인식 시스템은 여러 가지 도로 시설물 중 교통표지판이 포함된 영상에서 교통표지판의 위치를 구하여 영역을 추출하고, 추출된 이미지를 인식하여 교통표지판의 종류를 판별하는 알고리즘이다. 제안된 교통표지판 인식 시스템의 처리 과정은 (그림 1)과 같이 크게 교통표지판 추출과 교통표지판 인식의 2단계로 나눌 수 있다.



(그림 1) 교통표지판 인식시스템

제 1단계 교통표지판 이미지 추출 단계로 도로상에 있는 교통표지판을 디지털카메라로 촬영하고, 촬영된 영상을 입력 한다. 입력된 영상에는 교통표지판뿐만 아니라 여러 가지 배경의 이미지인 잡영이 존재한다. 이진영상을 생성하기 위한 전단계로 입력된 영상을 히스토그램 평활화를 실행하고, 컬러를 검색한다. 교통표지판은 적색, 노란색, 흰색, 검정색의 4가지 컬러로 구성되어 있다. 이와 같이 4가지로 구성된 컬러를 검색하여, 적색과 검정색은 검정색으로 변환하고, 노란색(YELLOW)은 흰색(WHITE)으로 변환한다. 적색을 검정색으로의 변환은 YIQ컬러의 I 값을 이용하고, 노란색을 흰색으로의 변환은 YUV컬러의 V 값을 이용하여 변환한다. 교통표지판의 내부 기호가 시각적으로 검정색처럼 보이지만 실제로는 검정에 가까운 색으로 RGB 값이 0가 되는 검정색으로 변환하기 위해 CMYK 컬러의 C 값을 이용하여 변환한다. 변환된 이미지에서 RGB 값이 0 이외의 값은 모두 흰색으로 변환하고 0의 값은 검정색으로 변환하면 빠른 처리 속도로 이진영상

으로 변환 된다. 변환된 이진영상을 군집화과정을 거쳐 교통표지판 영역으로 추출한다. 군집화 과정은 영상의 연결 성분을 찾기 위한 방법으로 스택을 이용한 라벨링 알고리즘을 사용하였다.[7] 교통표지판을 추출하는 크기는 5:5의 비율을 갖는다. 위치정보를 이용해 크기를 5:5 비율로 형태정규화하여 교통표지판을 추출하였다. 교통표지판이 추출되면 2단계로 교통표지판 인식을 위해 신경망 이론인 다중 퍼셉트론의 오류역전과 학습알고리즘 신경망을 이용하여 미리 학습된 데이터를 토대로 교통표지판을 인식하게 된다. 본 논문에서 적용한 학습 알고리즘은 (그림 2)와 같이 하나의 은닉층을 가지는 3층 구조로 구성하였다. 이미지입력은 입력층으로서 학습을 위한 데이터를 대입하는 부분으로, 본 논문에서는 교통표지판의 학습과 식별을 위해 주의표지판 5종과 규제표지판 5종, 총 10종의 교통표지판을 학습알고리즘의 학습데이터로 사용하고, 입력층 노드수를 256으로 설정하였다. 출력층의 노드 수는 초기 학습에서 출력층의 결과를 미리 결정해 주고 학습을 통하여 각 층별로 가중치를 얻어낼 수 있게 학습을 수행하고, 10종의 교통표지판을 이용하기 때문에 출력 노드수를 10으로 설정하였다. 은닉층은 은닉층의 개수에 의하여 인식률과 학습하는데 걸리는 시간이 좌우된다. 본 논문에서는 은닉층의 노드수를 50으로 설정하였다. 초기 연결 가중치는 1보다 작은 소수점 셋째 자리까지의 랜덤한 수로 정해지고, 역치는 0.1, 학습률은 0.1로 설정 하였다. 같은 방법으로 교통표지판 10종 외 119종의 표지판은 약간의 학습과정을 통해 교통표지판으로 인식할 수 있다. 본 논문에서는 이와 같이 교통표지판의 영역을 추출하고 추출된 교통표지판을 인식하여 어떤 종류의 표지판인지 판별하는 시스템으로 운전자뿐만 아니라, 컴퓨터나 텔레메틱스에서 응용이 가능한 시스템을 구축하였다.

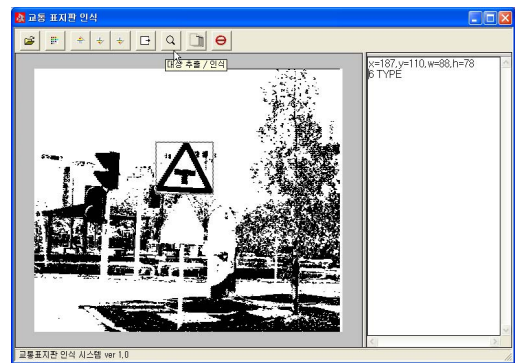


(그림 2) 오류역전과 학습알고리즘

4. 실험 및 결과

제안한 교통표지판 인식 시스템의 효율적인 구축을 위해 입력영상은 도로 상에 있는 교통표지판 중 주의표지판을 디지털카메라로 촬영하여 Adobe Photo Shop 6.0에서 비트맵(BMP) 영상으로 변환하여 입력 영상으로 사용하였다.

본 실험은 입력된 영상의 이미지 읽기를 수행한다. 이미지를 읽어 들이면 전처리 과정으로 교통표지판 이미지의 영상 밝기 구성이나, 명암대비 등의 정보를 분석하고 분석된 정보를 이용하여 영상의 화질 개선을 위한 히스토그램 평활화를 수행한다. 평활화 과정이 끝나면 컬러를 검색하여 주의표지판의 컬러 특성에 의해 노란색을 흰색으로 변환하는 과정을 진행한다. 노란색을 흰색으로의 변환은 YUV 영상으로 변환한 후에 이루어진다. 다음 단계는 빨간색을 검정색으로 변환하는 과정으로 교통표지판의 테두리를 검정색으로 변환한다. 이 단계는 YIQ 영상으로 변환 후에 이루어진다. 검정색을 검정색으로 변환은 CMYK 영상으로 변환한 후에 C(Cyan)의 값을 이용하여 변환하였다. 이진화 단계는 이미지 추출의 정밀성과 신속성을 위해서 1 bit 영상으로 변환하는 과정이다. 교통표지판 추출과 인식을 하는 단계는 이진화된 영상에서 교통표지판 영역의 위치와 크기를 추출하고, 교통표지판을 type 0부터 type 9까지 10종류의 type으로 인식하는 과정이다. 이런 과정을 일괄적으로 배치처리를 할 수 있도록 구성하였다. 그림 3은 실험에 사용한 교통표지판 인식 시스템으로 교통표지판 추출 영역과 위치, 크기, 종류의 정보를 우측 창에 표시하였다.



(그림 3) 교통표지판 인식 시스템



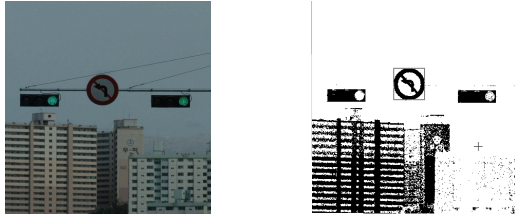
(그림 4) 실험결과1 : 표지판이 겹쳐있는 영상



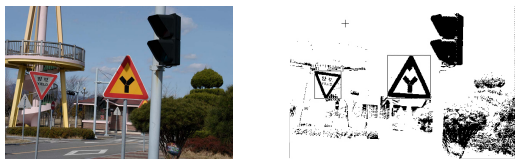
(그림 5) 실험결과2 : 잡영이 많은 영상



(그림 6) 실험결과3 : 표지판이 2개인 영상



(그림 7) 실험결과4 : 어두운 영상



(그림 8) 실험결과5 : 1181X785 픽셀인 영상

실험결과에 따르면, (그림 4) 실험결과 1은 교통표지판이 겹쳐 있으나 형태가 완전하지 않은 표지판은 추출과 인식을 하지 않고 완전한 형태를 갖는 교통표지판만 추출하여 인식한 결과가 나왔다. (그림 5) 실험결과 2는 잡영이 많은 영상에서 인식한 결과이다. (그림 6) 실험결과 3은 교통표지판이 2개인 영상에서 인식한 것이다. (그림 7) 실험결과 4는 역광 또는 어두운 영상에서 교통표지판을 인식한 것이다. (그림 8) 실험결과 5는 2개의 교통표지판이 있고 영상의 크기가 큰 입력 영상에서 인식한 영상이다. 실험결과 1부터 실험결과 4까지는 600×600 픽셀 이하의 크기로 1초 이내의 빠른 처리 속도를 보였으며, 실험결과 5는 영상의 크기가 1181×785 픽셀의 영상으로 약 2.5초가 소요되었다 이와 같이 다양한 크기의 영상을 인식하는 결과를 보였다.

5 결론

본 논문에서 교통표지판 인식을 위하여 접근하는 방법은 인간의 시각의 기본적인 요소인 컬러정보를 이용하여 교통표지판 영역을 추출하는 방법이다. 입력된 교통표지판 영상에서 교통표지판을 추출하기 위한 컬러 분석은 교통표지판이 가지고 있는 컬러의 특성을 이용하였다. 교통표지판의 컬러 구성은 빨간색, 노란색, 검정색, 흰색의 4가지 컬러로 되어 있다는 것에 착안해 컬러를 검색하여 노란색은 흰색으로, 빨간색은 검정색으로, 검정색은 RGB 값이 0 인 검정색으로 변환하였다. 이진영상을 생성하기 위해서 픽셀의 RGB 값이 0 이외의 값을 가진 픽셀은 모두 흰색으로 변환하면 잡영이 제거된 이진영상이 생성되며 소요시간도 단축되었다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 기존의 교통표지판 인식시스템의 문제점을 해결하였다. 이와 관련된 대부분의 연구에서

는 처리속도가 10초 이상 소요되고, 입력 영상으로 일정한 크기의 형태정규화를 수행해야만하고 교통표지판 영역만을 추출하는 경우가 많았다. 본 연구에서 관련된 연구에 비해 향상된 연구결과는 전처리 과정의 하나인 이진영상 생성이 간소화되어, 처리속도가 1초 이내로 향상된 것이다. 또한 입력 영상의 크기에 구애 받지 않으므로 형태정규화를 하지 않고 교통표지판을 추출하고 인식하였다. 다양한 컬러 모델을 이용하여 잡음 영상의 제거에 뛰어난 성능을 보였다. 어두운 영상에서도 교통표지판 추출과 인식이 매우 우수한 성능을 보였다.

본 논문에서는 학습데이터로 10개의 교통표지판 영상만을 사용하였으나, 인식을 향상을 위하여 보조표지판과 본 연구에서 사용한 10종을 제외한 114종의 교통표지판 영상과 학습이 필요하다.

향후 연구로 교통표지판 인식시스템의 실용화를 위하여 자동차가 도로 주행 중 비디오카메라로 촬영된 동영상에서 교통표지판이 포함된 프레임을 추적하여 프레임을 추출하는 과정이 요구된다. 또한 잡영에 보다 영향을 받지 않는 향상된 시스템을 위해서 계속 연구할 계획이다.

참고문헌

- [1] 최형일, 이근수, 이양원 편저 “영상처리 이론과 실제”, 홍릉과학출판사, pp. 15-20, 1999
- [2] T. Carron and P. Lambert, “Color edge detector using jointly hue, saturation and intensity”, IEEE International Conference on Image Processing, pp 997-1081, 1994
- [3] 하영호, 임재권, 남재열, 김용석, “디지털 영상처리”, 서울그린, 1998, pp. 7-675.
- [4] J. L. McClelland and D.E. Rumelhart, “Learning Internal Representation by Error Propagation”, Parallel Distributed Processing, Vol.1, 1986.
- [5] 김희승 “영상인식” 생능출판사, 1998, pp.15-180.
- [6] 한학용, “패턴인식 개론”, 한빛미디어, 2005.
- [7] 이지홍, 고윤호, (주)한백전자 기술연구소, “TI DSP TMS320C64xx를 이용한 디지털영상처리”, ITC. 2006.
- [8] 정성환, 이문호, “오픈소스 cximage를 이용한 Visual C++ 디지털영상처리” 홍릉과학출판사, 2006.
- [9] Randy Crane, “A Simplified Approach to Image Processing”, Prentice Hall PTR Prentice-Hall Inc. 1997.
- [10] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, “Digital Image Processing”, AddisonWesley, 1998.
- [11] Milan Sonka Vaclav Hlavac and Roger Boyle, “Image Processing Analysis and Machine Vision”, International Thomson Publishing Inc., 1999.
- [12] R. Crane, “A Simplified Approach to Image Processing”, 1997
- [13] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods “ Digital Image Processing, 2nd Edition”, Prentice-Hall, 2001.