

학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템

Learning-based approach for License Plate Recognition System

김종배, 김갑기, 김광인, 박민호, 김향준

Jong-Bae Kim, Kap-Kee Kim, Kang-In Kim, Min-Ho Park, Hang-Joon Kim

요약

자동차 번호판은 조명과 카메라에 따라 영상에서 다양한 형태로 나타나고 영상내의 잡음으로 인해 알고리즘 방식으로 자동차 번호판을 인식하기가 쉽지 않다. 이러한 문제에 적합한 해결 방법으로 본 논문에서는 학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 자동차 검출 모듈, 번호판 추출 모듈, 번호판 문자 인식 모듈로 구성된다. 본 논문에서는 자동차 번호판 추출을 위해서 입력 영상의 잡음에 상대적인 영향이 적은 시간-지연 신경망(Time-Delay Neural Networks : TDNN)과 번호판 인식을 위해서 일반적인 신경망보다 일반화 성능이 뛰어난 서포트 벡터 머신(Support Vector Machines : SVMs)을 시스템에 적용한다. 주차장과 톨게이트에서 여러 시간대의 움직이는 자동차 영상들을 실험한 결과, 번호판 추출율은 97.5%, 번호판 문자 인식률은 97.2%의 성능을 내었고, 전체 시스템 성능은 94.7%이며 처리 시간은 약 1초 미만이다. 따라서 본 논문에서 제안한 시스템은 실세계에서 유용하게 적용될 수 있다.

Abstract

This paper presents a learning-based approach for the construction of license plate recognition system. The system consist of three modules. They are respectively, car detection module, license plate recognition module and recognition module. Car detection module detects a car in the given image sequence obtained from the camera with simple color-based approach. Segmentation module extracts the license plate in detect car image using neural network as filters for analyzing the color and texture properties of license plate. Recognition module then reads characters in detected license plate with support vector machine (SVM)-based characters recognizer. The system has been tested from parking lot and tollgate, etc. and have show the following performances on average: Car detect rate 100%, segmentation rate 97.5%, and character recognition rate about 97.2%. Overall system performances is 94.7% and processing time is one sec. Then our propose system does well using real world.

Keywords : Learning-based approach, license plate recognition system

I. 서론

급속한 경제 성장과 생활 수준의 향상으로 인해 자동차의 증가를 가져 왔고, 이에 따른 사회 여러 분야에서 자동차와 관련된 문제가 많이 야기되었다. 1990년대 이후 자동차가 대중화됨으로써, 국민 생활에 편리함을 가져오는 긍정적인 면이 있는 반면, 교통 혼잡, 교통 사고, 주차 문제

등 부정적인 면을 간과할 수 없는 시점에 도달하였고, 이에 따라 자동차 및 교통 이용자의 급증에 따른 자동차와 관련된 여러 연구가 더 한층 요구되고 있다. 특히, 자동차 번호판 인식은 수십 년간 연구가 진행되어 왔으며 컴퓨터 비전 분야의 중요한 부분이 되고 있다. 자동차 번호판 인식 시스템은 자동 과금 체계, 과적 차량 단속, 지능형 교통 감시 시스템 등 많은 부분에 응용될 수 있는 기술[1-2]임에도 불구하고 시스템을 실

생활에 적용하는 데는 많은 어려움이 있다.

최근의 자동차 번호판 인식에 관련된 연구는 번호판 영역의 명암 값 변화에 따라 번호판 추출하고 베이시안 분류기(Bayesian classifier)를 사용한 인식 방법 [3], 번호판 문자 인식을 위해 에지 맵과 투영을 통한 방법 [4], 템플릿 매칭(Template matching)에 의한 인식 방법 [5], 번호판 문자 영역 추출을 위해 blob colouring 알고리즘과 문자 인식을 위해 OCR(Optical Character Recognition)을 이용한 방법 [6], 서포트 벡터 머신(support vector machine)을 이용한 자동차 검출 및 인식 방법 [7] 등이 있다. 제안된 방법들 대부분은 그레이 영상을 사용하여 번호판을 추출하였고, 정규화된 자동차 영상에 적용하였다. 또한 번호판 영역이 명암도 변화가 거의 없다는 가정 하에 실패되었다. 제안된 방법들을 시스템에 적용하기에는 많은 어려움이 있다. 자동차 번호판 인식 시스템을 위해서 저가의 장비를 이용하여 주위 환경 변화에도 불구하고 안정적으로 번호판을 추출하고 인식해야 한다. 따라서, 자동차 번호판 인식 시스템을 실생활에 적용할 수 있는 저가의 영상 획득 장비와 주위 환경에 제약을 받지 않는 인식 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 자동차 번호판 인식에 적합한 해결 방법으로 학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템을 제안한다. 제안한 시스템에서 번호판 추출과 인식을 위해 시간-지연 신경망(TDNN) 필터와 서포트 벡터 머신(SVM)을 이용한다. 이 필터는 번호판의 특징을 감지하는데 사용되고, 입력 영상의 특정 윈도우의 색깔과 질감의 분포를 가지고 번호판 영역과 배경의 두 경우로 분리한다. 그리고, 문자 인식을 위한 서포트 벡터 머신은 번호판 문자 영역의 명도 값을 입력하여 가장 큰 출력 값을 내는 패턴들을 그 클래스로 인식한다. 시스템은 여러 시간대에 연속적으로 움직이는 자동차 영상에서 자동차 검출 모듈과 번호판 추출 모듈, 그리고 번호판 문자를 인식 모듈로 구성하였다 [8]. 제안한 시스템은 저하된 영상이나 잡음에 상대적으로 영향을 받지 않는 점에서 유용하였다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 II장에서는 학습 기반의 자동차 번호판 인식의 특징과 기본 구조를 서술하고, III장에서는 시스템의 전체 구조와 구성된 각 모듈을 서술하였으며, IV장에서는 제안된 방법에 실험 환경 및 결과를 기술하였다.

마지막 V장에서 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

II. 학습 기반의 자동차 번호판 인식

본 장에서는 학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템의 특징과 시스템을 구성하는 기본 요소에 대하여 설명한다.

1. 학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템의 특징

학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템은 다음과 같은 특징을 갖는다. 첫 번째로, 학습되어진 여러 특징 패턴들을 이용해 번호판을 인식함으로써, 입력 영상의 직접적인 영향을 최소화한다. 이는 영상의 잡음이나 저해상도에 의한 인식 오류를 최소화하는데 유용하다. 두 번째로, 시스템은 사용자의 직접적인 참여를 최소화하고 학습된 방법에 의해 문제의 해를 구하는데 유용하다. 즉, 제안한 시스템은 과거에 학습 받은 사항을 근거로 하여 새로운 입력의 해를 도출한다. 이는 입력 환경에 대한 관측된 변화에 민감하게 반응하지 않는 장점으로 제안한 시스템에 적용하였다.

2. 시스템의 기본 요소

자동차 번호판 인식 시스템의 기본 요소는 자동차 검출, 번호판 추출, 번호판 문자 분리 및 인식으로 나누어 볼 수 있다.

- **자동차 검출** : 입력 영상내의 자동차 출현 여부를 판별하는 단계로써, 이를 위한 영상 분석단계가 필요하다.
- **번호판 추출** : 자동차 영상에서 번호판 추출을 위해 과거에 학습되어진 번호판의 특징 패턴에 따라 영상에서 유사한 특징을 갖는 부분을 추출한다.
- **문자 분리 및 인식** : 번호판 영상에서 번호판 문자들을 분리하고 인식을 위해 학습을 통한 인식 방법을 적용한다.

III. 시스템 구조

본 논문에서 제안한 시스템은 자동차 전면부에 위치한 번호판의 문자를 인식한다. 시스템의 입력은 디지털 카메라로부터 연속으로 입력되는

영상이며, 출력은 자동차의 번호판의 문자를 인식한 결과이다. 시스템은 자동차 인식 모듈, 번호판 추출 모듈, 번호판 문자 인식 모듈로 구성되어 있으며 구조는 그림 1에 나타낸다.

보 영역은 수직 센서가 포함된 가로와 세로가 각각 250×150 픽셀의 크기이고, 번호판이 포함된 영상이다. 수직 센서를 포함하는 번호판 후보 영역 위치는 자동차가 일정 영역을 지나도록 시스템을 설계하여 파악 할 수 있다.

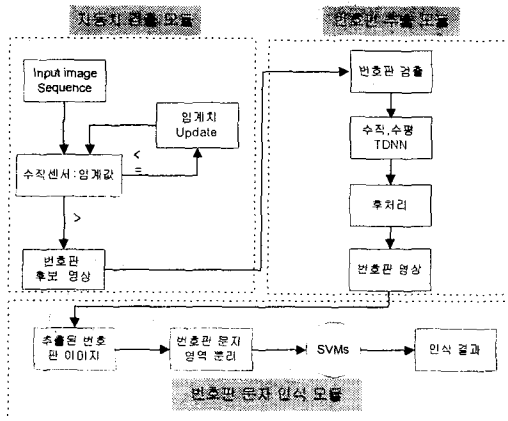
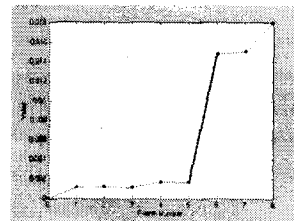


그림 1. 시스템 구성도

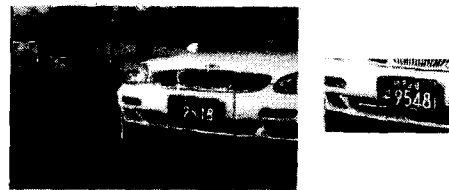
Fig. 1 Structure diagram of learning-based for license plate recognition system

1. 자동차 검출 모듈

자동차 검출 모듈은 연속적으로 입력되는 영상에서 자동차를 검출하는 모듈이다. 입력은 디지털 카메라로부터 획득한 연속적인 영상이며, 출력은 일정 크기의 자동차 번호판이 포함된 후보 영역이다. 입력 영상에서 자동차를 검출하는 방법은 특정 윈도우의 색상 변화율을 이용하여 자동차를 검출한다. 이 특정 윈도우는 자동차의 출현 여부의 센서 역할을 하고, 센서의 색상 변화율이 임계값 이상일 때 자동차의 출현을 감지하며 대략의 번호판 위치를 유추한다. 임계값은 주위 환경에 적응적 반응하도록 설계하여 임계값을 환경 변화에 따라 업데이트하도록 하였다. 그림 2는 자동차 검출과 번호판 후보 영역 추출 그림이다. (가)는 연속적으로 입력되는 영상에서 수직 센서의 색상 변화 그래프를 나타내고, 이 그래프의 x축은 프레임 번호, y축은 특정 윈도우(나)에 나타난 수직 흰색 선) 부분의 0과 1 사이의 정규화한 Hue 값의 변화를 나타낸다. (나)는 입력 영상에서 6번째 프레임이 입력되었을 때 자동차가 검출된 그림이다. (나)에 나타난 수직 흰색 선이 수직 센서이고, 이 센서와 함께 사각형으로 이루어진 부분은 번호판 후보 영역을 나타낸다. (다)는 추출된 번호판 후보 영상이다. 번호판 후



(가) 수직 센서의 색상 변화 그래프



(나) 검출된 자동차 영상 (다) 번호판 후보 영상

그림 2. 자동차 검출 예

Fig. 2 Example of car detection

2. 자동차 번호판 추출 모듈

자동차 번호판 추출 모듈은 번호판 후보 영역에서 번호판을 추출한다. 후보 영역에서 번호판을 추출하기 위해 본 시스템에서는 수직, 수평 시간-지연 신경망 필터를 번호판 후보 영역에 적용하여 특정 윈도우에서 번호판인 지를 결정한다. 배경으로부터 번호판을 구별하기 위해 수직, 수평 시간-지연 신경망 필터링과 후처리를 통해서 영상에서 번호판 영역을 사각형으로 표시한다.

2.1 시간-지연 신경망 (Time-Delay Neural Network: TDNN)

시간-지연 신경망은 다층 퍼셉트론의 일종으로 은닉 층과 출력 층의 각 뉴런들이 시간 방향을 통해 복제되어 있는 구조를 가지고 있으며, 동적인 패턴을 다루기 위한 동적인 신경망은 지연 요소, 시간적으로 처리하는 요소, 또는 회귀 구조를 이용하여 입력 패턴에 내재하는 시간적인 특징을 인식하는 분류기이다 [9]. 신경망의 기본 구조는 오류 역전파 네트워크에 지연 요소를 첨가하여 동적인 패턴의 특성을 위치에 무관하게

감지하도록 구성되어 있다. 즉, 입력 층과 은닉 층에 지연 요소를 첨가하여 출력이 여러 입력 프레임에 영향을 받아 입력에 포함되어 있는 시간적인 특징을 추출하도록 구성된 신경망이다. 이 구조를 이용해 특정 시간 사이의 사건들의 관계들을 표현할 수 있고, 이를 이용해 최적의 결정을 내릴 수 있다 [10].

시간-지연 신경망의 기본 요소는 그림 3과 같이 지연 요소 D_1 에서 D_n 으로 하나의 입력을 시간상으로 지연시키고, 지연된 입력과 가중치 (weight)가 곱해진 합을 활성화 함수(activation function) F 를 통해 다음 계층에 인가하는 구조로 되어 있다. 따라서 처리 요소들을 시간 축 상에서 N 개의 서로 다른 위치에 배열되어 있는 입력들을 검출하게 된다. 이렇게 함으로써 입력 신호의 현재의 입력에 대해 앞 뒤 사이의 관계를 감지하고, 입력 패턴의 시간적인 특징을 추출할 수 있다.

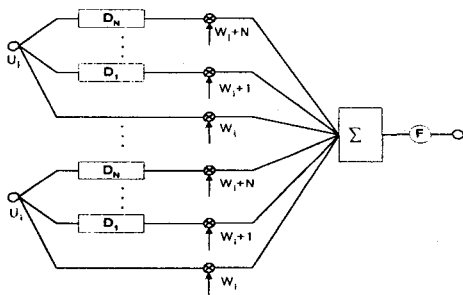


그림 3. 시간-지연 신경망 기본 구조
Fig. 3 Basic structure of TDNN

2.2 자동차 번호판 추출 방법

자동차 검출 모듈에 의해 추출된 번호판 후보 영상에서 신경망 필터링을 통해 번호판과 유사한 색상과 질감을 가지는 번호판 위치를 판별한다. 그림 4는 번호판을 포함하는 영상의 한 단면을 보여준다. (가)는 번호판이 포함된 영상의 단면이고, (나)는 (가) 영상 내의 흰색으로 표시된 한 단면에 색상, 채도, 명도로 표현한 그림이다. (나) 그래프의 y축은 흰색 선에 해당하는 픽셀 HSI(Hue, Saturation, Intensity) 값을 0과 1사이 정규화한 값을 나타내고, x축은 영상내의 흰색 선의 위치이다. 번호판 영역에 일정한 색상 값은 번호판의 색상 특성을 나타내며, 같은 영역에서 명도의 규칙적인 변화는 번호판의 질감 특성을 나타냄을 알 수 있다.

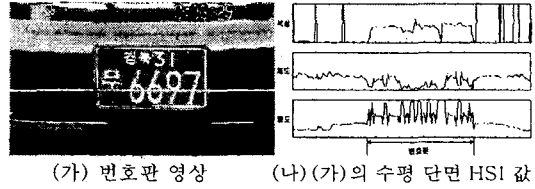


그림 4. 번호판을 포함하는 단면의 예
Fig. 4 Colour values of cross-section in license plate

본 논문에서는 수평과 수직의 필터로 두 개의 시간-지연 신경망을 사용한다. 비록 자동차 번호판이 포함된 정지된 영상이 명확한 시간 방향의 가지는 않지만 영상의 단면이 시간 방향으로 뻗은 것처럼 시간-지연 신경망을 사용하여 번호판의 위치를 판별한다. 이 방법은 신경망의 안정성 때문에 입력 영상의 잡음에 상대적으로 영향을 받지 않는다는 점에서 유용하다. 제안한 방법은 두 신경망 필터를 입력 영상에 적용하여 얻은 두 개의 필터링 된 영상을 병합하고 이를 후 처리 함으로써 얻어진다. 신경망의 입력으로는 조명의 변화에 비교적 안정적이라고 알려진 HSI 칼라 값들을 사용하여, 영상의 일부 윈도우를 분석하고 그 윈도우가 번호판 영역을 포함하는지 아닌지를 결정한다. 각 신경망은 영상의 일차원 단면만을 분석하게 되는데, 그림 5에서는 각 단면들은 배경으로부터 번호판을 구분할 충분한 양의 정보를 담고 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 시간-지연 신경망의 입력으로는 HSI 값이 사용되어 점점 고차원 특징 값을 추출한 후에, 마지막 출력 노드에서 픽셀 단위의 인식 결과가 주어진다. 신경망의 상세 설명을 표 1에 나타내었다. 각 층에서 신경망의 입력 필드(Receptive Field)의 길이와 넓이는 R_{len} 과 R_{wid} 로 표시한다.

표 1. 시간-지연 신경망 상세 설명
Table 1. Specifications of TDNN

인자	수평 TDNN	수직 TDNN
입력 윈도우 길이/넓이	50/3	30/3
서브샘플 스텝	3/3/1	4/2/1
첫 번째 층 R_{len}/R_{wid}	10/5	6/5
두 번째 층 R_{len}/R_{wid}	5/5	6/5
세 번째 층 R_{len}/R_{wid}	9/1	6/1
웨이트 수	320	270

자동차 번호판의 위치를 추출하기 위한 전체적인 시간-지연 신경망 구조는 그림 5와 같다. 이 필터는 오류 역전파 학습 알고리즘으로 학습하였다.

번호판 후보 영상에서 번호판 영역을 추출하기 위해서 3-층의 시간-지연 신경망을 구성하였으며, 최하위층인 입력 노드에서는 번호판 후보 영상의 각 픽셀에 대한 0과 1로 정규화된 HSI 값을 입력으로 받아들인다. 각 뉴런들은 시간 축 상에서 일정한 간격으로 제한되어 입력을 받아들이며 출력 층으로 계산해 가면서 점점 전역적인 특징 값을 추출해 가면서, 마지막 층인 출력 층에서 최종의 번호판 유무를 판별하는 0과 1사이의 값을 출력한다. 시스템에 적용된 시간-지연 신경망은 수직, 수평 두 개의 신경망 필터를 번호판 후보 영상에 적용하여 번호판 위치를 판별한다. 예를 들어 수평 시간-지연 신경망을 번호판 후보 영상에 적용할 때 신경망의 최하위층인 입력 노드에서는 각 픽셀에 대한 50개의 정규화된 HSI 값을 입력한 후, 마지막 출력 층에서 시간 축 상에서 N개의 서로 다른 위치에 배열되어 있는 입력들을 검출하게 된다.

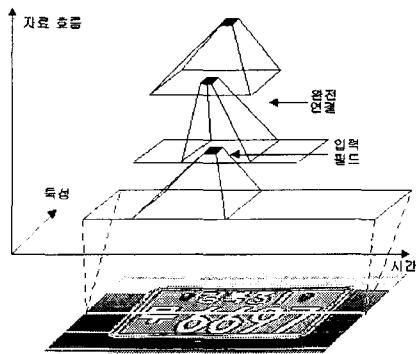


그림 5. 시간-지연 신경망 구조
Fig. 5 A Structure of TDNN

신경망 학습에는 순수 번호판 그림과 배경 그림만을 사용하였으며, 경계 부분은 제외 시켰는데, 이는 경계 부분에 대해서는 원하는 출력 값을 할당하기가 어렵기 때문이다. 후 처리기 과정은 두 개의 신경망 필터를 통해 얻은 영상들을 결합하여 영상에서 번호판 영역을 사각형으로 표시한다. 후 처리는 3가지 단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 두 필터를 통과한 영상에서 후보 점들을

얻는다. 수평의 필터를 지난 영상에서 0.5보다 큰 출력 값을 가진 점들의 수평으로 이웃하는 점들을 수평 후보 위치로 표시한다. 수직 후보 점들은 수평의 점들과 비슷한 방법으로 얻어진다. 수평과 수직 후보 점들의 교차점들은 번호판 후보가 된다. 두 번째 단계에서는 median 필터를 사용하여 잡음 요소를 제거하고, 이웃하는 후보 점들과 병합한다. 마지막 단계에서는 번호판 구조적 특성을 이용해서 후보 영역의 가장자리를 사각형으로 표시한다. 번호판의 크기와 모양, 그리고 높이와 넓이 비율을 번호판의 특성 요소로 사용한다 [11]. 그림 6은 수평, 수직 시간-지연 신경망 필터를 사용하여 번호판을 추출한 예이다.

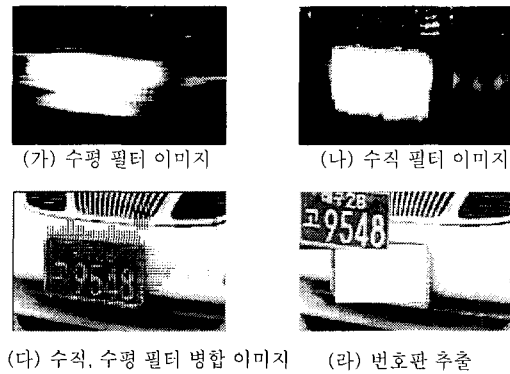


그림 6. 번호판 추출 예
Fig. 6 Example of segmented license plate

시간-지연 신경망 필터링 과정을 통한 얻어진 번호판 영역의 크기는 약 82×52 에서 134×80 픽셀 크기를 나타내었다. 카메라에서 얻은 영상이 측면에서 촬영되었기 때문에 이 필터를 통해 추출된 번호판 영역은 사각형이 아닌 찌그러진 영상이다. 번호판의 인식률을 높이기 위해 기울어진 번호판 영상을 쌍일차 보간법을 통해 번호판 영상을 그림 7과 같은 방법으로 변형하였다.

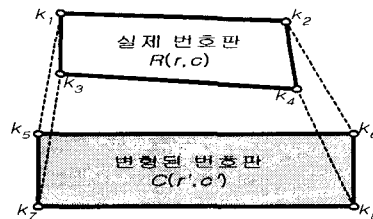


그림 7. 쌍일차 보간법
Fig. 7 Bilinear interpolation

실제 번호판 영상의 모든 픽셀인 $R(r, c)$ 을 쌍일차 보간법을 이용하여 변형된 번호판 영상인 $C(r', c')$ 로 생성한다. 쌍일차 보간법 식은 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned} r' &= a_0 + a_1r + a_2c + a_3rc \\ c' &= \beta_0 + \beta_1r + \beta_2c + \beta_3rc \end{aligned} \quad \text{식(1)}$$

실제 번호판 영상의 꼭지점에 해당하는 k_1, k_2, k_3, k_4 가 변형된 번호판 영상의 꼭지점인 k_5, k_6, k_7, k_8 에 대응하도록 하는 α_i, β_i ($0 \leq i < 4$)를 구한다. 식(1)에서 얻은 α_i, β_i 를 이용하여 실제 번호판 영상의 모든 픽셀에 대응하는 변형된 번호판 영상을 생성한다. 그림 8은 쌍일차 보간법 적용 예를 나타낸다.

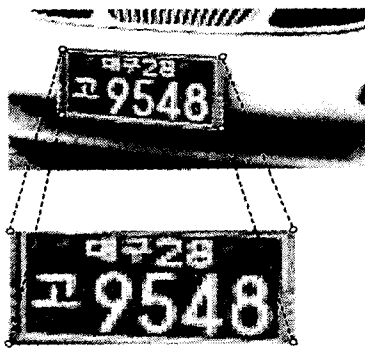


그림 8. 쌍일차 보간법 적용 예
Fig. 8 Example of bilinear interpolation

3. 번호판 문자 인식 모듈

번호판 문자 인식 모듈은 번호판 영상으로부터 서포트 벡터 머신을 이용하여 문자를 인식한다. 이 모듈은 번호판의 문자 영역을 추출하기 위해 번호판의 명도와 분산 히스토그램을 이용하고, 인식을 위해 추출된 각 문자 영역들의 명도 값을 서포트 벡터 머신의 입력으로 사용한다. 번호판의 문자를 인식하는 각각의 분류기는 다수의 서포트 벡터 머신들로 구성되어 일대 다 방식으로 인식한다 [12]. 즉, 입력 패턴에 대해서 각각의 서포트 벡터 머신중 가장 큰 출력 값을 내는 입력 패턴을 그 클래스로 인식한다.

3.1 서포트 벡터 머신 (Support Vector

Machine : SVM)

서포트 벡터 머신은 n 차원 공간 위에서 두 부류간의 거리를 최대화하면서 같은 부류에 속하는 데이터들을 같은 쪽으로 위치하게 만드는 $n-1$ 차원의 hyperplane을 찾아가는 방법이다 [13]. 학습을 통해서 생성된 hyperplane을 OSH(Optimal Separating Hyperplane)[14]이라하며 식(2)와 같이 나타낸다.

$$a(x, w) = w^T z + b = \sum_i a_i y_i K(x, x_i) + b \quad \text{식(2)}$$

w 와 z 는 각각 가중치 벡터와 커널 함수(K)에 의해 맵핑된 특징 공간상에서의 벡터를 나타내며, a 는 라그랑지 계수이고, b 는 바이어스이다. 학습된 서포트 벡터 머신은 입력 패턴 x 에 대하여 식(2)의 부호에 따라 어느 부류에 속하는지를 결정한다.

번호판 문자 영상과 같이 그 품질의 경계가 모호하여 선형적으로 분류하기가 곤란한 문제는 분류 가능한 고차원 공간으로 비선형 맵핑을 함으로써 OSH를 구할 수 있다. 그림 9는 n 차원 공간에서 $n-1$ 차원 hyperplane으로 분류할 수 있는 경우에 OSH와 SVs(Support Vectors)들을 나타낸 것이다.

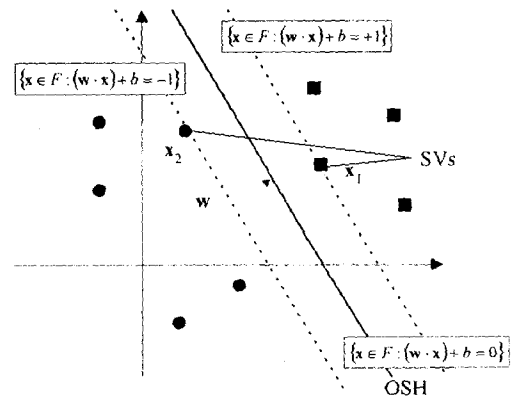


그림 9. OSH와 Support Vectors
Fig. 9 OSH and Support Vectors

서포트 벡터 머신을 이용한 자동차 번호판 문자 인식은 기본적으로 두 부류의 패턴을 분류하게 된다. 본 논문에서는 번호판 문자 영상과 같은 멀티 클래스를 분류하기 위해서는 서포트 벡

터 머신을 연속된 이진 분류 문제로 확장하였다. 서포트 벡터의 입력으로는 번호판 문자 영상의 64개의 명도 값을 입력으로 하여 가장 큰 출력 값을 내는 서포트 벡터를 그 부류로 판별하게 된다. 그림 10은 제안한 시스템에 적용한 서포트 벡터 머신 멀티 클래스 분류기이고, 서포트 벡터 머신의 학습한 클래스 수는 표 2에 나타낸다.

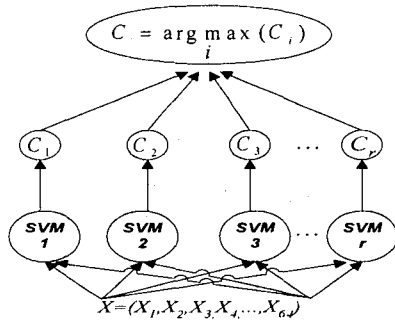


그림 10. 서포트 벡터 머신의 멀티 클래스 분류기
Fig. 10 Multiclass classifier using SVMs

표 2. 서포트 벡터 머신의 학습한 클래스 수
Table 2. Number of SVMs learning class

번호판	클래스 수	예
위쪽 열 문자	15	대구, 경북 등
위쪽 열 숫자	10	1,28,42 등
아래쪽 열 문자	10	가,고,주 등
아래쪽 열 숫자	10	0,1,...,9

3.2 번호판 문자 인식 방법

본 논문에서는 한국 자동차 번호판을 예로 번호판의 위쪽 열과 아래쪽 열로 나누고, 각 열에서 문자 부분과 숫자 부분으로 나누어 인식한다. 번호판 문자 인식 모듈의 첫 단계로 번호판 문자 영역을 추출하기 위해 영역을 수평 두 부분으로 나누고 각 수평 영역을 수직으로 다시금 분리한다. 문자 영역 분리를 위해 그레이 밝기 변화를 투영 프로파일(projection profile)에 사용하는 대신에 Hue 변화를 사용하므로 번호판 인식 모듈은 조명의 변화에 민감하게 반응하지 않는다. 그림 11은 번호판에서 문자 영역을 추출하는 과정을 나타낸다

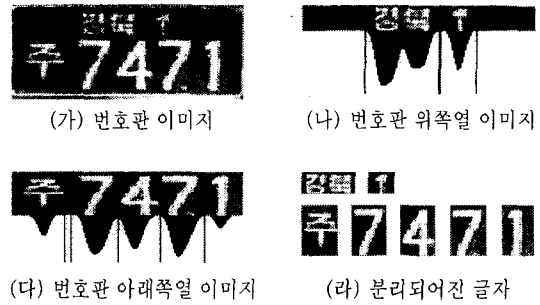


그림 11. 번호판 문자 영역 추출 예제
Fig. 11 Example of license plate

본 논문에서 번호판 영상에서 각각 분리되어진 문자 영역을 히스토그램 평활화를 거친 후 64차원 크기인 8×8 픽셀 크기로 정규화 한다. 이러한 문자 영상을 입력으로 4개의 서포트 벡터 머신 인식기를 사용하여 문자를 인식한다. 일반적인 서포트 벡터 머신은 이진 분류 문제를 위해 설계되었기 때문에 제안한 시스템에 적용하기 위해서 멀티 클래스 분류 문제로 확장하였다. 즉, 각 서포트 벡터 머신 인식기는 분리된 문자 영역에서 번호판의 위쪽 열과 아래쪽 열의 글자를 인식하기 위해 SVM_{uc}, SVM_{lc} 각 열의 숫자 인식을 위해 SVM_{un}, SVM_{ln}을 사용하여 인식한다. 그림 12는 번호판 위쪽 열의 문자를 인식하는 서포트 벡터 머신의 구조를 나타낸다

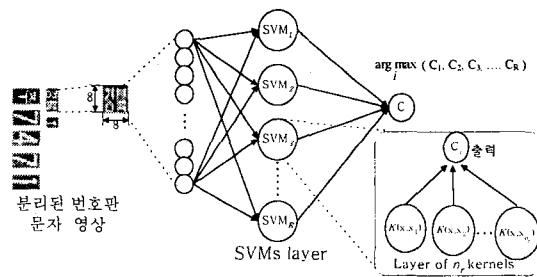


그림 12. 문자를 인식을 위한 서포트 벡터 머신 구조
Fig. 12 Structure of SVMs

IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안된 시스템의 성능을 검증하기 위해 주차장과 톨게이트에서 제한된 영역을 통해 움직임이 있는 약 1000개의 자동차 영상들

을 여러 시간대에 걸쳐 획득하여 시스템에 적용하였다. 제안한 시스템에서는 영상 입력을 위해 Sony사의 DCR-PC3 디지털 카메라를 사용하였고 펜티엄II IBM호환 PC에서 윈도우 환경의 VC++ 언어로 구현하였다. 제안한 시스템의 실험 환경은 그림 13과 같이 차량 전면 부에 위치한 번호판을 인식하기 위해 차단기와 동일한 위치에 카메라가 설치되어 있고, 진입하는 차량과의 거리는 4m, 카메라는 지상에서 0.7m 높이, 차량 진입로의 폭은 3.3m로 설정하였다.

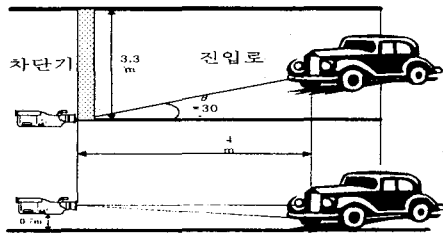
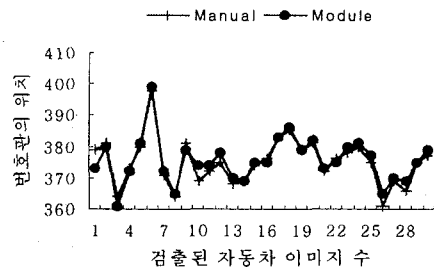


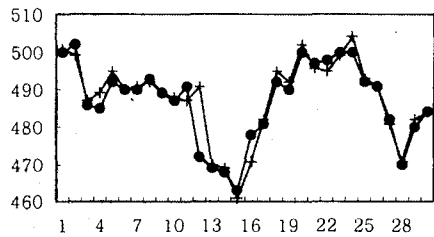
그림 13. 시스템 실험 환경
Fig. 13 Environment for system

시스템의 입력 영상은 640×480 픽셀 크기의 24비트 칼라 영상이며 초당 3프레임 이상의 입력이 필요하다. 영상내 번호판의 크기는 약 82×52 픽셀에서 134×80 픽셀이며 번호판 후보 영역의 크기는 250×150 픽셀이다. 제안한 시스템에 구성된 자동차 검출 모듈은 입력 영상 내에서 자동차의 출현 여부를 판별과 번호판 후보 영역을 추출하고, 성능은 100%의 자동차 검출율을 보였다. 번호판 영역 추출 모듈의 성능 평가는 실험 영상에서 모듈을 통해 분리되어진 번호판의 위치를 분리한 것과 사람이 직접 번호판의 위치를 비교하였고 [15], 실험 결과 자동차 번호판 추출 모듈의 성능은 97.5%를 보였다. 번호판 추출 모듈의 성능 평가를 위해 검출된 자동차 영상에서 모듈을 통한 번호판 영역의 위치 점과 번호판 영역이 추출된 프레임에서 사람에 의해 추출한 번호판 영역의 위치 점을 비교하였다. 그림 14는 번호판 추출 모듈의 성능 실험을 위해 사람이 직접 영상에서 번호판 추출 좌표와 모듈이 추출한 번호판의 좌표를 나타낸 그림이다. 입력 영상 내에서 자동차가 검출된 영상내의 제안한 모듈을 통해 추출된 번호판 영상의 꼭지점 위치와 사람이 추출한 번호판 영상의 위치를 비교하여 각 꼭지점에 대한 에러율을 구하였다. 그림 (가), (나),

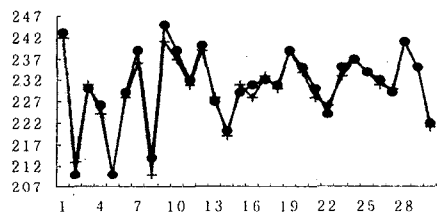
(다), (라) 에서 나타나듯이 번호판 추출 모듈의 성능이 실제로 사람이 추출한 번호판 사각형 영역의 꼭지점 좌표와 거의 비슷하였다. 따라서 제안한 모듈이 높은 성능을 나타냄을 보인다. 그림 (마)의 에러 픽셀은 번호판 추출 모듈을 통해 추출된 번호판 사각형 영역의 좌표와 사람이 추출한 번호판 영역의 좌표 사이에 오차를 구한 그래프이다.



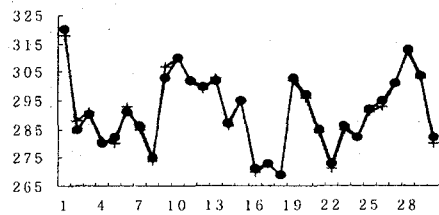
(가) 번호판 사각형 영역의 왼쪽 위치



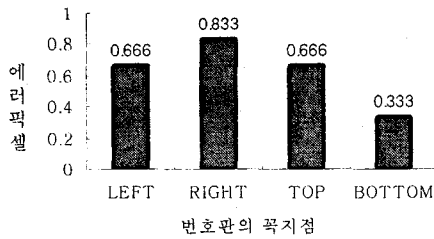
(나) 번호판 사각형 영역의 오른쪽 위치



(다) 번호판 사각형 영역의 위쪽 위치



(라) 번호판 사각형 영역의 아래쪽 위치



(마) 번호판 꼭지점의 에러 픽셀 수

그림 14. 번호판 추출 모듈의 성능
Fig. 14 Performance of extraction module

그림 14의 (마)와 같이 번호판 영역의 사각형 꼭지점의 위치가 번호판 추출 모듈과 사람이 추출한 오차 픽셀에 약 1픽셀 이하의 결과를 나타냄으로써, 제안 모듈이 자동차 영상에서 정확히 번호판 영역을 검출할 수 있다.

번호판 문자 인식 모듈의 평균 인식율은 97.2% 결과를 보였다. 표 3에서 서포트 벡터 머신을 이용한 번호판의 위쪽 열과 아래쪽 열의 글자와 숫자를 UC(Upper Character), UN(Upper Number), LC(Lower Character), LN(Lower Number)로 표시하여 문자 영역의 인식 결과를 나타낸다.

표 3. 글자 인식률
Table 3. Character recognition rate

	UC	UN	LC	LN
평균 인식률(%)	98.3	97.2	95.4	98.0

각 모듈의 성능은 표 4와 시스템의 인터페이스는 자동차 번호판 인식 시스템의 결과는 그림 15에 나타낸다. 자동차 번호판 인식 시스템의 번호판 영역 추출 모듈에서 시간-지연 신경망의 필터링을 위한 과정이 시스템 처리 시간의 거의 절반을 차지한다. 본 시스템의 번호판 추출과 인식까지는 약 1초 미만의 시간이 소요되었고 전체 시스템 처리율은 94.7%이다. 그림 16은 번호판 아래쪽 숫자에 대한 인식결과에 대한 예제 그림을 나타낸다. 그림 16은 제안한 시스템의 인식 결과이다. 인식 결과에서 대부분의 오 인식이 추출한 번호판의 문자를 자르는 부분에서 발생하였다.

표 4. 자동차 번호판 인식 시스템 전체 결과
Table 4. Result of License plate recognition system

모듈	검출	추출	인식	계
성능(%)	100	97.5	97.2	94.7

추출된 번호판	번호판 아래쪽 숫자	인식결과
Detected Number Plate: 	Divided Number: 	Recognized Number: 9548
Detected Number Plate: 	Divided Number: 	Recognized Number: 1563
Detected Number Plate: 	Divided Number: 	Recognized Number: 1875

(가) 정확한 인식 결과

Detected Number Plate:	Divided Number:	Recognized Number:
		6626

(나) 잘못된 인식 결과

그림 15. 번호판 아래쪽 숫자의 인식 결과

Fig. 15 Licence plate lower number recognition

V. 결론

본 논문은 학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템을 제안했다. 제안한 시스템의 구성은 자동차 검출 모듈, 번호판 영역 추출 모듈, 번호판 문자 인식 모듈로 구성하였다. 번호판 후보 영역에서 두 개의 시간-지연 신경망 필터를 가지고 필터링 하여 번호판 영역을 추출하고, 번호판 문자 인식을 위해 번호판의 위쪽 열과 아래쪽 열의 글자와 숫자 부분을 문자 영역으로 분리하고, 각 영역의 명도 값을 입력으로 하는 4개의 서포트 벡터 머신 인식기를 이용했다. 제안한 시스템은 주차장과 톨게이트에서 획득한 영상을 실험해 본 결과, 시스템 전체 성능이 94.7%와 처리 시간 1초 미만의 결과를 얻었다.

본 논문에서 제안된 학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템은 저하된 영상이나 잡음에 상대적으로 좋은 성능을 보이므로 실세계에서 유용하게 적용될 수 있다.

향후 연구로는 제안한 시스템의 야간과 기상 변화에 따른 여러 측면에 실험을 통한 더 향상된 시스템 연구하고자 하고, 번호판 문자 영역 추출 과정에서 발생하는 여러 가지 문제를 효율적인 개선시키는 알고리즘에 관한 연구를 할 것이다.

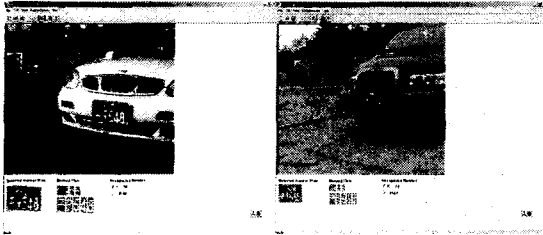


그림 16. 제안한 자동차 번호판 인식 결과
Fig. 16 Result of licence plate recognition system

접수일자 : 2000. 9. 15 수정완료 : 2000. 11. 30

참고문헌

- [1] Draghici S., "A neural network-based artificial vision system for license plate recognition", *International Journal of Neural Systems*, Vol. 8, No. 1, 1997.
- [2] D. W. Kim, S. K. Kim., Lee J. K., and H. J. Kim., "Automatic Recognition of a Vehicle License Plate using Color Image Processing", *Engineering Design and Automation Journal*, Vol. 3, No. 1, 1997.
- [3] E. R. Lee., P. K. Kim., and H. J. Kim., "Automatic recognition of a vehicle license plate using color image processing", *International Conference On Image Processing(ICIP'94)*, Vol. 2, pp. 301-305, 1994.
- [4] Nadeem A. Khan, Ron J. De la Haye, and Hans A. Hegt, "A License Plate Recognition System", SPIE, 1998
- [5] Paolo Comelli, Paolo Ferragina, Mario Notturmo Granieri, and Flavio Stabile, "Optical Recognition of Motor Vehicle License Plate", *IEEE Transaction on Vehicular Thechnology*, Vol, 44, No 4, November 1995.
- [6] Charl Coetzee, Cgarl Botha and David Weber, "PC Based Number Plate Recognition System", ISIE'9, IEEE International Symposium Vol.2 605-610, 1998.
- [7] P. Papageorgiou, Tomase Poggio, " A Trainable Object Detection System : CAr Detectoion in Static Image", Massachusetts Institution of Technology Artificial Intelligence Laboratory, 1999
- [8] K. I. Kim., K. K. Kim., S. H. Park., K. Jung., H. J. Kim., "VEGA VISION:A Vision System For Recognizing Vehicle License Plates", *ISCE*, Vol. 2, 176-181, 1999.
- [9] Kee Chul Jung., "Grapheme-based On-line Recognition of Cursive Korean Characters", Master Thesis, Kyungpook National University, 1995.
- [10] Waibel, a., Hanazawa, T., Hinton, G., Shikano K., and Lang K, J. "Phoneme Recognition Using Time-Delay Neural Networks", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 37, 1989.
- [11] S. H. Park., K. I. Kim., K. Jung., and H. J. Kim., "Locating Vehicle License Plates using Neural Networks", *IEE Electronics Letters*, 1999.
- [12] T. S. Yun, K. J. Sim, H. J. Kim, "Support vector machine based inspection of solder joints using a circular illumination", *IEE Electronics Letters*, Vol.36, No.11, pp949-951, 2000.
- [13] Kwang In Kim, "Support Vector Machines for Texture Classification", PhD Thesis, Kyungpook Nation University, 2000.
- [14] M. Pontil and A. Verri, "Support Vector Machines for 3D Object Recognition", *IEEE Trans. On PAMI*, Vol. 20, No. 6, pp. 637-646, 1998.
- [15] K. I. Kim, S. H. Park, K. Jung, M. H. Park, H. J. Kim, "The Neural Network Based Method for Locating Car License Plate", *ITC-CSCC'99*, pp 836, 1999.



김종배 (Jong-Bae Kim)
準會員
2000년 밀양대학교
컴퓨터공학과 공학사
2000년-현재 경북대학교
컴퓨터공학과 석사과정

관심분야 : 인공지능, 영상처리, 패턴 인식



김갑기 (Kap-Kee Kim)
準會員
1999년 인제대학교
전자계산학과 이학사
2001년 경북대학교
컴퓨터공학과 공학석사
관심분야 : 인공지능,
컴퓨터 비전, 영상처리



김광인 (Kang-In Kim)
準會員
1996년 동서대학교
컴퓨터공학과 공학사
1998년 경북대학교
컴퓨터공학과 공학석사
2000년 경북대학교
컴퓨터공학과 공학박사

관심분야 : 인공지능, 컴퓨터 비전, 문자인식



박민호 (Min-Ho Park)
正會員
1971년 한양대학교
원자력공학과 공학사
1984년 연세대학교 대학원
컴퓨터공학과 공학석사
1976년-현재 경북대학교
전자계산소 교수

관심분야 : 인공지능, 컴퓨터 비전, 패턴인식,
컴퓨터 구조



김항준 (Hang-Joon Kim)
正會員
1977년 서울대학교
전기공학과 공학사
1979년 KAIST 전기 및 전
자공학과 공학석사
1997년 Shizuoka 대학원
Electornics 공학박사

1980년-현재 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야 : 인공지능, 문자인식, 음성인식,
병렬처리, 컴퓨터 구조