

학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템

김종배*, 김갑기, 김항준
경북대학교 컴퓨터공학과 인공지능연구실

Learning-based approach for License Plate Recognition

Jong Bae Kim*, Kap Ki Kim, Hang Joon Kim
Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University
kjblove@ailab.knu.ac.kr

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 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, 자동차 검출율은 100%, 번호판 추출율은 97.5%, 번호판 문자 인식율은 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.

I. 서론

자동차 번호판 자동 인식 시스템은 1980년대 이후부터 연구가 진행되어 왔으며 자동차 과금 체계, 과적 차량 단속, 지능형 교통 감시 시스템 등 많은 부분에 응용 될 수 있는 기술이다 [1-4]. 자동차 번호판 인식 시스템의 필요성이 높음에도

불구하고 시스템을 실생활에 적용하기는 많은 어려움이 있다.

본 논문에서는 자동차 번호판 인식에 적합한 해결 방법으로 학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템을 제안한다. 제안한 시스템에서 번호판 추출과 인식을 위해 시간-지연 신경망과 서포트 벡터 머신을 이용한다. 시스템의 학습에 적용된 신경망 필터는 번호판의 특징을 감지하는데 사용되고, 이 필터는 입력 영상의 특정 윈도우의 색깔과 질감의 분포를 가지고 번호판 영역과 배경 영역의 두 경우로 분리한다. 그리고 문자 인식을 위한 서포트 벡터 머신은 번호판 문자 영역의 명도 값을 입력하여 가장 큰 출력값을 내는 패턴들을 그 클래스로 인식한다. 각 학습 기계들은 지도 학습 방법(Supervised Learning Method)에 의해 훈련된다. 학습 기반의 자동차 번호판 인식 시스템은 저하된 영상이나 잡음에 상대적으로 영향을 받지 않는 점에서 유용하다. 제안한 시스템은 여러 시간대에 연속적으로 움직이는 자동차 영상에서 자동차를 검출하는 모듈과 영상에서 번호판을 추출하는 모듈, 그리고 번호판의 문자를 인식하는 모듈로 구성하였다 [5].

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 제안된 시스템의 전체적인 구조와 시스템의 각 모듈을 살펴보고, 실험 결과 및 고찰은 3장에서 보이고, 마지막 4장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 구조

제안한 시스템은 자동차 전면부에 위치한 번호

판의 문자를 인식한다. 시스템의 입력은 디지털 카메라로부터 연속으로 입력되는 영상이며, 출력은 자동차의 번호판을 문자를 인식한 결과이다. 시스템은 자동차 인식 모듈, 번호판의 추출 모듈, 번호판의 문자 인식 모듈로 구성되어 있으며 구조는 그림 1과 같다.

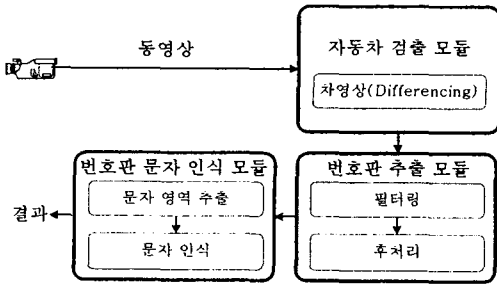
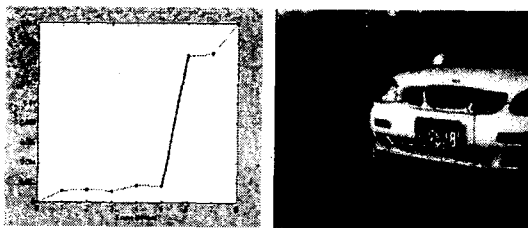


그림 1. 자동차 번호판 인식 시스템의 구조

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. 특정 윈도우는 자동차의 출현 여부의 센서 역할을 하고, 센서의 색상 변화율이 임계치 이상일 때 자동차의 출현을 감지하며 대략의 번호판 위치를 유추한다. 그림 2는 자동차를 검출하는 과정을 보여준다. (가)는 연속적으로 입력되는 영상에서 수직 센서의 색상 변화 그래프를 나타내고, (나)는 입력 영상에서 6번째 프레임이 입력되었을 때 자동차가 검출된 그림이다. (나)에 나타난 수직 흰색선이 수직 센서이고, 이 센서와 함께 사각형으로 이루어진 부분은 번호판 후보 영역을 나타낸다.



(가) 수직 센서의 색상 변화 그래프 (나) 검출된 자동차 영상

그림 2. 자동차 검출 예제

2. 자동차 번호판 추출 모듈

자동차 번호판 추출 모듈은 번호판 후보 영역에서 번호판의 위치를 추출한다. 후보 영역에서 번호판을 추출하기 위해 본 시스템에서는 수직, 수평 시간-지연 신경망 필터를 번호판 후보 영역에 적용하여 특정 윈도우에서 번호판인지를 결정한다 [4]. 배경으로부터 번호판을 구별하기 위해 수직, 수평 시간-지연 신경망 필터링과 후처리를 통해서 영상에서 번호판을 사각형으로 표시한다. 시간-지연 신경망은 다층 퍼셉트론의 일종으로 은닉 층과 출력 층의 각 뉴런들이 시간 방향을 통해 복제되어 있는 구조를 가지고 있다. 이 구조를 이용해 시간-지연 신경망은 특정 시간 사이의 사건들의 관계들을 표현할 수 있고, 이를 이용해 최적의 결정을 내릴 수 있다 [6]. 비록 정지된 영상이 명확한 시간 방향의 가지지는 않지만 영상의 단면이 시간 방향으로 뻗은 것처럼 시간-지연 신경망을 사용한다. 이 방법은 신경망의 안정성 때문에 입력 영상의 잡음에 상대적으로 영향을 받지 않는다는 점에서 유용하다. 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

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

그림 3은 시간-지연 신경망의 구조를 나타낸다. 필터는 오류 역전파 알고리즘으로 학습한다

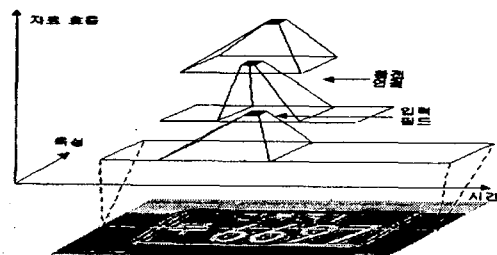


그림 3. 시간-지연 신경망(TDNN) 구조도

신경망 학습에는 순수 번호판 그림과 배경 그림만을 사용하였으며, 경계 부분은 제외 시켰는데, 이는 경계 부분에 대해서는 원하는 출력값을 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 0보다 큰 출력값을 가진 점들의 수평으로 이웃하는 점들을 수평 후보 위치로 표시한다. 수직 후보점들은 수평의 점들과 비슷한 방법으로 얻어진다. 수평과 수직 후보점들의 교차점들은 번호판 후보가 된다. 두 번째 단계에서는, 잡음 요소를 제거하고 작은 후보 점들을 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 [4]. 그림 4는 수평, 수직 시간-지연 신경망 필터를 사용하여 번호판을 추출한 예를 나타낸다.

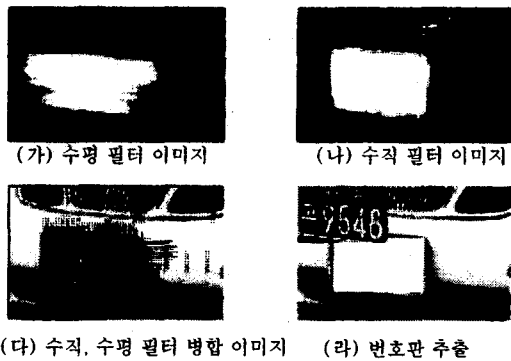


그림 4. 번호판 추출 예

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 구성하여 일대 다 방식으로 인식한다 [7]. 즉, 입력 패턴에 대해서 각각의 서포트 벡터 머신중 가장 큰 출력값을 내는 입력

패턴을 그 클래스로 인식한다.

본 논문에서는 한국 자동차 번호판을 예로 번호판을 위쪽 열과 아래쪽 열으로 나누고, 각 열에서 문자 부분과 숫자 부분으로 나누어 인식한다. 번호판 문자 인식 모듈의 첫단계로 번호판 문자 영역을 추출하기 위해 영역을 수평 두 부분으로 나누고 각 수평 영역을 수직으로 다시금 분리한다. 문자 영역 분리를 위해 projection profile을 사용하는 대신에 본 시스템에서는 그레이 레벨의 밝기 변화를 사용하므로 번호판 인식 모듈은 조명의 변화에 민감하게 반응하지 않는다. 그림 5는 번호판에서 문자 영역을 추출하는 과정을 나타낸다.

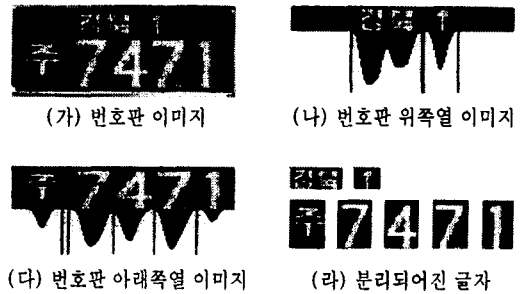


그림 5. 번호판 문자 영역 추출 예제

본 논문에서 번호판 영상에서 각각 분리되어진 문자 영역을 히스토그램 평활화를 거친 후 64차원 크기인 8×8 픽셀 크기로 조정한다. 이러한 문자 영상을 입력으로 4개의 서포트 벡터 머신 인식기 사용하여 문자를 인식한다. 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.

III. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안된 시스템의 성능을 검증하기 위해 주차장과 톨게이트에서 제한된 영역을 통해 움직임이 있는 약 1000개의 자동차 영상들을 여러 시간대에 걸쳐 획득하여 시스템에 적용하였다. 제안한 시스템에서는 영상 입력을 위해 Sony사의 DCR-PC3 디지털 카메라를 사용하였고 팬티엄II IBM호환 PC에서 윈도우 환경의 VC++ 언어로 구현하였다. 입력 영상은 640×480

픽셀 크기의 24비트 칼라 영상이며 초당 3 프레임 이상의 입력이 필요하다. 영상내 번호판의 크기는 약 82×52 픽셀에서 134×52 픽셀이며 번호판 후보 영역의 크기는 250×150 픽셀이다.

자동차 검출 모듈은 후보 영역 안에 번호판이 포함되어 있는지 아닌지를 결정하고, 성능은 100%의 자동차 검출율을 보였다. 번호판 영역 추출 모듈의 성능 평가는 실험 영상에서 사람이 직접 번호판의 위치를 분리한 것과 이 모듈을 통해 분리되어진 번호판의 위치를 비교하였고 [8], 추출 모듈의 성능은 97.5% 보였다. 번호판 문자를 인식한 평균 인식율은 97.2% 결과를 보였다. 표 2에서 번호판의 위쪽 열과 아래쪽 열의 글자와 숫자를 UC(Upper Character), LC(Low Character), UN(Upper Number), LN(Low Number)로 표시하여 문자 영역의 인식 결과를 나타낸다.

표 2. 글자 인식률

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

표 3에서 전체 시스템의 결과를 보인다. 자동차 번호판 인식 시스템의 번호판 영역 추출 모듈에서 시간-지연 신경망의 필터링을 위한 과정이 시스템 처리 시간의 거의 절반을 차지한다. 본 시스템의 번호판 추출과 인식 까지는 약 1초 미만의 시간이 소요되었고 전체 시스템 처리율은 94.7%이다.

표 3. 자동차 번호판 인식 시스템 전체 결과

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

IV. 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 좋은 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 자동차 번호판 추출을 위한 효율적인 처리 시간 향상을 연구하고자 한다.

참고 문헌

- [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] S. H. Park., K. I. Kim., K. Jung., and H. J. Kim., "Locating Vehicle License Plates using Neural Networks", *IEE Electronics Letters*, 1999.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.