

SVM을 이용한 실시간 차량 인식 기법

장재건^{1*}

Real-time Vehicle Recognition Mechanism using Support Vector Machines

Jae-Khun Chang^{1*}

요 약 혼잡한 현대의 교통 상황에서 교통질서를 유지하기 위해 차량에 대한 정보를 아는 것은 매우 중요한 일이다. 본 논문은 차량의 정보를 아는데 있어서 가장 중요한 차량 번호판을 인식하는 새로운 기법을 소개한다. 제안하는 기법은 물체를 분류하는데 있어서 다른 방법보다 우수하다고 알려진 SVM을 이용한다. 번호판 영역을 찾는 데는 이중 분류 SVM을 이용하고 번호판 문자 인식에서는 다중 분류 SVM을 이용한다. 여러 단계의 영상처리 과정과 인식 과정을 거쳐서 실시간에 처리할 수 있는 시스템으로 여러 종류의 차량 번호판에 대한 인식도 가능하게 한다. 제안한 기법을 이용한 실제적 환경에서의 영상과 인식에 대한 실험결과를 통하여 성능을 입증하였다.

Abstract The information of vehicle is very important for maintaining traffic order under the present complex traffic environments. This paper proposes a new vehicle plate recognition mechanism that is essential to know the information of vehicle. The proposed method uses SVM which is excellent object classification compare to other methods. Two-class SVM is used to find the location of vehicle plate and multi-class SVM is used to recognize the characters in the plate. As a real-time processing system using multi-step image processing and recognition process this method recognizes several different vehicle plates. Through the experimental results of real environmental image and recognition using the proposed method, the performance is proven.

Key words : SVM, 차량 번호판, 실시간 인식, ITS, 컴퓨터비전

1. 서 론

현재의 복잡한 교통상황에서 교통 흐름을 원활하게 하기 위한 방법으로 지능형교통시스템(ITS : Intelligent Transportation System)이 이용되고 있다. ITS는 각종 첨단 센서와 소프트웨어를 활용하여 교통 흐름을 관찰하고 도로상에서 발생할 수 있는 여러 가지 사고를 미연에 방지하기 위한 목적으로 개발된 시스템이다. ITS의 서비스 중에는 교통법규를 위반하는 차량을 적발하고 그 차량에 대한 정보를 인식하여 조치를 취하는 일을 하기도 한다. 차량의 정보에 대한 부분은 각 차량이 고유하게 갖고 있는 차량 번호판에 의하여 알 수 있다. 자동차 번호판 인식은 영상

을 기반으로 하는 교통시스템에 있어서는 자동차의 정보를 알 수 있는 가장 필수적인 부분이다.

자동차 번호판을 인식하는 기술은 여러 형태로 연구되어지고 있다. 촬영한 영상으로부터 번호판이 있는 영역을 추출하여 추출된 영역에서 번호판에 대한 기본 정보를 이용하여 문자를 인식한다. 번호판 위치를 찾는 방법으로는 명암도를 이용하기도 하고[1], 컬러값을 이용하기도 한다[2]. 명암도 변화를 이용한 번호판 추출 알고리즘은 차량 영상에서 이진화된 에지 영상을 구한 뒤 수평 및 수직 명암도 변화를 이용하여 번호판의 가로 영역과 세로 영역을 추출한다. 이러한 알고리즘은 차량의 헤드라이트 부분이나 번호판 주위의 장식품 등과 같이 번호판 주변에 생길 수 있는 다양한 형태의 잡음 에지에 대한 처리가 미비하고 전체 영상을 이진화하고 에지 검출을 해야 하기 때문에 수행속도가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 컬러결 분할을 이용한 방법은 컬러 영상에서 RGB 값을 HSI 컬러로 전환한

본 논문은 2006년도 한신대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

¹한신대학교 컴퓨터정보소프트웨어학부

*교신저자: 장재건(jchang@hs.ac.kr)

후 H 부분만을 사용하여 자동차 번호판의 색상과 유사한 부분을 검출하는 방법이다. 이러한 방법은 컬러를 이용하므로 연산량이 많아지며, 번호판외의 부분에서 번호판 색상과 유사한 색상을 포함하고 있을 경우에는 번호판으로 오인할 수 있다. 이러한 방법은 다양한 형태로 나타날 수 있는 잡음에 대한 처리가 미비하고 처리 속도가 떨어지는 단점이 있다.

번호판 안에 있는 문자를 인식하는 방법으로는 신경망을 이용하는 방법[3,4], 문자 템플릿을 이용하는 방법[5,6], 패턴백터를 이용하는 방법[1] 등이 있다. 실제의 영상 자료를 통하여 번호판에 대한 이진화 작업은 번호판의 색깔 정보, 잡음 정도 및 번호판의 형태에 따라 매우 다른 결과가 나타난다. 또한, 문자 템플릿을 이용하는 방법[6]에서 얻어진 이진화 영상은 다른 방법에 비해 세밀한 이진 영상을 얻을 수 있으나 잘못된 문자 정조와 문자 매칭 방법에 따라 오인식이 발생할 수 있다.

본 연구에서는 입력 영상에서 자동차 번호판을 인식하는데 있어서 SVM을 이용한 새로운 방법을 제시한다. SVM을 이용하여 문자나 얼굴을 인식하는 연구는 활발히 이루어지고 있으며[7,8], 기존의 다른 인식 방법에 비하여 좋은 결과를 보여 준다[9,10]. 본 논문에서는 영상에서 차량 번호판을 찾는 단계와 번호판 안에서 문자를 인식하는데 SVM을 이용한다. 이러한 방법은 전에 연구한 방법[5]에 비하여 더 정확한 인식률을 높일 수 있다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 SVM에 대한 소개가 있고, 3장에서는 SVM을 이용한 새로운 차량 번호판 인식 방법을 제안한다. 4장에서는 제안한 방법을 이용하여 나온 실험 결과를 보여주며, 마지막으로 5장에서는 결론과 함께 앞으로 진행될 연구 계획에 대하여 기술한다.

2. Support Vector Machines (SVM)

2.1 SVM의 기본 특성

SVM은 Vapnik이 통계적 학습이론을 바탕으로 제안하였으며[11], 두 개의 클래스를 구분하는데 있어서 초평면으로부터의 거리가 최대가 되는 것을 찾는다. 이러한 방법은 실제 발생할 수 있는 에러에 대한 비율을 제한하는 원리를 적용한다. 결정 평면은 학습 집합 원소들의 가장화된 조합이며, 이러한 학습 집합의 원소들을 support vectors라 부르고 두 분류에 있어서

경계면을 나타낸다. 구조적 위험 최소화 귀납적 원리에 따르면[11], 정확하게 학습 데이터를 분류하고 가장 낮은 VC(Vapnik Chervonenkis)차원[12]을 가지는 함수 집합을 소유하는 함수는 입력 공간의 차원에 관계없이 최상으로 일반화될 것이다. 이 원리를 기반으로 선형 SVM은 가장 낮은 VC차원을 가진 선형함수를 찾는 체계적인 접근법으로 사용한다. 선형적 분리 불가능한 데이터를 위한 SVM은 비선형적으로 선형적인 초평면을 찾을 수 있는 고차원 특징 공간으로 입력을 대신할 수 있다. 비록 선형적 결과가 항상 고차원 공간에 존재할 것이라고 보증되지 않을지라도 해결 답을 찾는 데 큰 문제는 없다.

최상의 초평면을 계산하는 것은 강제적인 최적화 문제를 제시하는 것이고, 이차적 프로그래밍 기술들로 풀어진다. 이러한 초평면은 최적 경계 초평면(OSSH: Optimal Separating Hyperplane)이라고 불리며, 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$f(x) = \sum_{i=1}^M y_i \alpha_i \cdot k(x, x_i) + b \quad (1)$$

식 (1)에서 $k(\cdot, \cdot)$ 는 커널 함수(kernel function)이고, $f(x)$ 의 부호는 x 의 요소를 결정한다. 최적의 초평면을 구성하는 것은 모든 "0"이 아닌 α_i 를 찾는 것과 동일하다. SVM이 가진 특징에 있어서 집중적인 분류자를 제공하기 위하여 SV(Support vector)가 항상 학습 값들의 계수를 매우 적게 유지한다는 것이다.

2.2 이중 분류 SVM

이중 분류를 위한 SVM은 SVM의 VC차원을 최소화하는 가장 큰 마진값을 가진 긍정적인 값 (+1)과 부정적인 값 (-1) 클래스들로 분리하는 결정평면으로서 초평면을 만드는 것이다.

이중 분류 문제에서는 일반적으로 세 가지로 분리되는 경우를 고려한다. 첫 번째는 선형적으로 분리가 가능한 경우이고, 두 번째는 선형적으로 분리가 어려운 경우이며, 마지막으로 비선형적으로 분리를 하는 경우이다. 첫 번째 경우에는 최적의 분리 가능한 초평면을 식 (2)에 의해 완벽하게 구분할 수 있다. 즉, SVM이 식 (3)에 의해 가장 큰 마진을 갖는 초평면을 찾을 수 있다.

$$w \cdot x + b = 0 \quad (2)$$

$$\min \Phi(W) = \frac{|w|^2}{2} \quad (3)$$

두 번째 경우에는 두 개의 클래스들이 완벽하게 분리되지 않는다. 그러나 분류 실패 에러의 비례량을 최소화하면서 마진을 최대화하는 초평면은 여전히 결정할 수 있다. 이것은 식 (3)에서 파생하는 긍정적 가변 변수 ξ_i 에 의해서 행해질 수 있다. 그에 대한 식은 식 (4)와 같다.

$$y_i(x_i \cdot w + b) \geq 1 - \xi_i, \forall_i \quad (4)$$

간편화된 객체 함수식은 식 (5)과 같이 바뀔 수 있다.

$$\min \{ |w|^2/2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i \} \quad (5)$$

식 (5)에서 C는 마진과 분류 실패 에러 사이의 균형을 조절하고자 하는 사용자에게 의해 선택되는 파라미터이다. 식 (4)를 기반으로 한 최소 방정식 (5)는 일반화된 분리 가능한 초평면을 제공한다.

마지막으로 비선형 결정 평면들의 확장은 선형 분류자로 문제를 풀기 어려운 경우에 결정함수가 선형함수의 데이터가 아닐 때, 그 데이터들은 비선형적 변환에 의해서 입력 공간에서 고차원적 특징 공간으로 맵핑되어진다. Cover 's 법칙은 만약 변환이 비선형이고 물체 공간의 차원이 충분히 높다면 입력 공간은 선형적 분리 가능한 패턴의 새 물체 공간으로 변환할 수 있는 확률이 높다. 이 비선형 변환은 커널 함수라고 불리우는 방법에 의하여 수행된다.

2.3 다중 분류 SVM

SVM은 기본적으로 두 분류 문제를 해결하는데 사용되어 왔다. 이러한 이중 분류를 이용하여 다중 분류를 위한 SVM 분류기로서의 연장도 쉽게 생각해 볼 수 있다. 다중 클래스를 분류하는 SVM은 크게 One-against-All(OAA) 방식과 Pairwise 방식이 있다. OAA 방식은 k개의 클래스를 분류하기 위해 k개의 이중 분류를 구성하여 SVM에서 출력되는 결과값들 중 최대의 값을 가지는 SVM 모델에 해당하는 클래스 값으로 판별하는 것이고, Pairwise 방식은 k개의 클래스를 분류하기 위해 $k(k-1)/2$ 개의 이중 분류를 구성하여 모든 SVM을 수행한 후 가장 많은 투표값을 가진 클래스로 테스트 데이터의 소속을 판별하는 방식

이다. 데이터를 훈련시키는 관점에서 볼 때 $k(k-1)/2$ 개의 이중 분류를 사용하는 Pairwise 방식에 비하여 k 개의 이중 분류를 사용하는 OAA 방식을 더 선호한다.

3. 제안하는 번호판 인식 기술

입력된 차량에 대한 영상에서 차량 번호판을 인식하는 방법은 크게 두 가지 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계는 입력 영상에서 차량 번호판의 위치를 찾는 단계이고, 그 다음 단계는 번호판 내의 문자를 인식하는 단계이다. 첫 단계에서 번호판을 위치를 찾는데 이중 분류 SVM을 이용하며, 다음 단계에서의 문자 인식에서는 다중 분류 SVM을 이용한다.

3.1 차량 번호판 위치 검출 방법

입력된 영상에서 번호판 영역을 추출하는 과정은 번호판 후보 영역 선정 과정, 후보 영역에 대한 검증 과정, 번호판 테두리 제거 작업 과정의 3단계로 이루어진다.

3.1.1 번호판 후보 영역 선정

번호판 후보 영역 선정을 위해서 입력된 영상에서 일정한 픽셀 간격으로 영상의 아래에서 위로 이동하며 검지라인의 에지를 구한다. 검출된 에지는 식 (6)을 이용하여 임계값 T를 구하고, 식 (7)을 이용하여 이진화시킨다.

$$P_m = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^W P_i, P_\sigma = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^W |P_i - P_m|, \quad T = P_m + P_\sigma \quad (6)$$

$$B_i = \begin{cases} 1, & \text{if } P_i > T \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad 1 \leq i \leq W \quad (7)$$

위 식에서 W는 영상의 가로 폭이고, P_i 는 픽셀값, P_m 과 P_σ 는 각각 평균값과 표준편차이다.

이렇게 추출된 에지 라인에서 번호판 에지와 유사한 분포를 포함한 검지라인을 찾기 위해 에지의 개수가 일정 범위에 오는지를 검사한다. 개수조건을 만족한다면 다음으로 에지들 사이의 간격이 일정범위 안에 들어오는지 확인하고 범위조건까지 만족한 경우 그 부분을 후보영역 y 축으로 결정한다.

[그림 1]의 A, B, C를 보면 A부분에서 번호판의 에지 간격과 유사한 분포를 보이는 것을 알 수 있다.

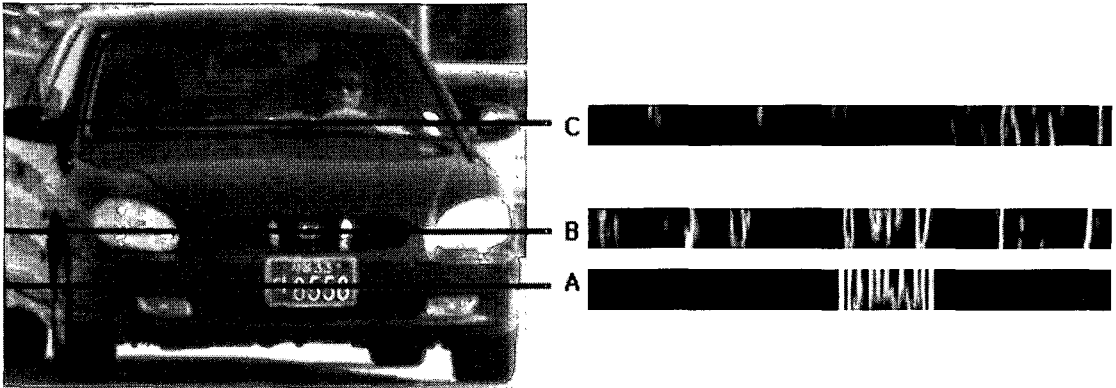


그림 1. 검지라인별 에지 분포

물론 번호판 외의 부분에서 유사한 에지 분포를 보일 수 있지만 그런 경우엔 후보 영역 검증 단계에서 걸러질 수 있으므로 우선은 모두 후보영역으로 포함시키도록 한다.

3.1.2 번호판 후보 영역 검증

여러 후보 영역 중에서 번호판 영역만을 추출하기 위하여 번호판 영역에서 보여질 수 있는 영상들에 대한 데이터와 번호판 영역이 아닌 다른 형태의 영상을 가지고 훈련시킨다. 이러한 훈련과정을 통하여 SVM이 후보 영역들 중에 올바른 번호판 영역을 찾을 수 있도록 한다. [그림 2]는 번호판 영역과 번호판 영역이 아닌 훈련 데이터들을 보여 준다.

3.1.3 번호판 테두리 제거 작업

번호판 영역이 결정되면 번호판 안에 있는 문자를 인식하는 단계로 진행되는데 그전에 지정된 영역 안에서 각 문자의 추출이 용이하도록 번호판의 테두리 부분을 정확히 판단해서 잘라내는 과정이 필요하다. 실

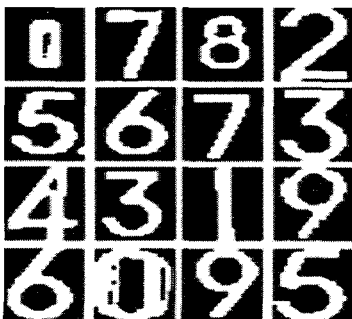
제로 번호판 영역 추출 알고리즘을 통해 추출된 번호판은 번호판 좌우로 약간씩 차량의 일부가 들어가 있는데 일정 픽셀만큼의 에지영상을 구한 후 안에서 바깥으로 진행하며 가장 긴 에지를 찾고 그 위치에서 반대 방향으로 진행하며 에지가 없는 부분을 찾는다. 이 방법을 번호판의 상·하좌우에 적용하면 테두리를 포함한 바깥부분의 정확한 제거가 가능하다.

3.2 번호판 문자 인식 방법

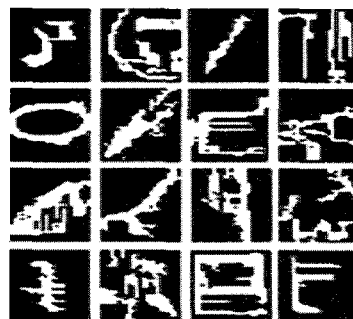
번호판 영역을 추출한 후에는 번호판 안에 있는 문자를 인식하는 과정이다. 이 과정은 먼저 번호판을 영상을 이진화시키고 번호판 안의 분류별 위치정보를 이용하여[13] 각 문자를 추출해 낸다. 추출된 각 문자는 다중 분류 SVM을 이용하여 인식한다.

3.2.1 문자 추출 과정

입력된 영상에서 차량 번호판의 위치를 파악하면 번호판 안의 문자들을 각각 찾아내야 한다. 문자 추출 과정에서는 번호판에 대하여 에지 연산을 한 후 영상을 지역 임계값을 이용하여 이진화를 해주고 그 영상



(a) 번호판 영역의 영상들



(b) 번호판 영역이 아닌 영상들

그림 2. 후보 영역 검증에 사용된 훈련 데이터 영상들

을 잡음제거 연산으로 처리한다. 영업용 차량일 경우에는 배경이 일반차량과 달리 노란색을 띄고 있기 때문에 영업용 차량 번호판에 대하여 일반차량과 같은 결과를 얻기 위하여 에지 연산 작업수행 전에 반전연산을 통하여 배경에 대한 처리를 하여 주며, 임계값 결정에 있어서도 다른 값을 부여한다. 임계값 T는 일반 차량일 경우에는 $T=\mu + \sigma$ 이고, 영업용 차량일 경우는 $T=\mu - \sigma$ 이다. μ 와 σ 값은 식 (8)과 식 (9)에 의해서 구한다.

$$\mu = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [I(i, j)], \quad (8)$$

$$\sigma = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |[I(i, j) - \mu]|. \quad (9)$$

위의 식에서 m과 n은 영역의 크기를 나타내고, μ 는 평균 픽셀값, σ 는 픽셀값의 표준 편차를 나타낸다.

이렇게 처리된 영상으로 번호판 안의 글자에 대한 후보영역을 찾기 위하여 일정 범위 안에서 연결되어 있는 에지들을 추출한다. 여기서 일정 범위는 차량 번호판 중 큰 숫자에 대한 영역을 기준으로 하여 추출하게 된다. 이를 통하여 에지 영상에서 큰 숫자 영역만큼의 연속적인 픽셀값을 가진 영역들을 모두 얻게 된다. 이렇게 얻어진 숫자 부분은 각 영역의 구성 비율에 의하여 전체 번호판 영역을 추출한다.

3.2.2 문자 인식 방법

각 영역별 위치 정보에 의해 추출된 문자들은 다음 처리를 위해 영상의 크기를 30 * 30의 크기로 일반화한다. 일반화된 영상들은 각 픽셀이 가진 값의 유무를 각 SVM 데이터의 특징점으로 하여 훈련 데이터를 2장에서 설명한 다중 분류 방식인 OAA 방식으로 구성한다. 이렇게 얻어진 훈련 데이터들은 SVM 커널 함수인 polynomial 함수를 적용하여 훈련시켜 각 구성요소에 따른 모델을 구성하게 된다.

4. 실험 결과

본 연구에서는 차량 번호판을 인식하는데 실시간 처리를 목적으로 하고 있으며, 실제로 응용할 수 있는 영상들을 가지고 실험하였다. 실험에 사용된 영상은 고정식 카메라에서 촬영된 영상을 사용하였으며, 영상은 1300*1030의 크기를 가지며, 도로에서 촬영한

438개의 영상을 가지고 실험하였다. 실험에 사용된 영상의 예가 [그림 3]에 나타나 있다. 이 중에서 SVM 학습을 위한 영상 데이터는 321개이며, 테스트 데이터는 107개 이다. 실시간으로 처리되기 위해서는 처리시간이 0.5초 내에 결과가 나오는 것을 기준으로 했으며, 테스트한 결과값이 Pentium IV 2.66GHz를 기준으로 모두 0.3초 내에 처리되었다.

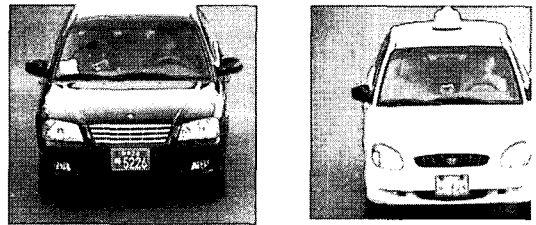
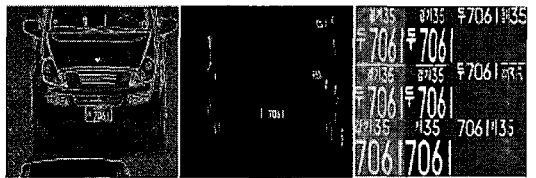


그림 3. 실험에 사용한 일반 차량과 영업용 차량의 영상

입력된 영상에서 번호판 위치를 찾는 과정은 영상의 크기를 조정하고 영상을 아래에서 위로 스캔하면서 에지 연산을 통하여 번호판 후보 영역을 찾는다. 번호판 후보 영역을 찾은 다음에는 이중 분류 SVM을 이용하여 후보 영역 중에서 번호판 영역을 선정한다. 번호판 영역이 확정되면 다른 영역은 제외하고 번호판 영역만을 취득한다. 선정된 번호판은 이진화 작업을 수행한 후 각 문자로 나누어지고 다중 분류 SVM을 이용하여 문자를 인식한다. [그림 4]는 각 과정에서 나온 결과를 보여준다.



(a) 에지 영상 (b) 번호판 후보 영역 (c) 영역별 처리
그림 4. 각 단계별 결과 영상

[그림 4]에서 (a)는 입력 영상의 에지 영상이고, (b)는 번호판 후보 영역으로 나타난 부분의 이진 영상이며, (c)는 검출된 최종후보영역에서 위에서부터 일반차량, 버스차량과 영업차량, 최신차량 번호판 구성요소들의 크기로 추출하여 30 * 30 크기로 일반화 시킨 영상이다.

전체 428개의 번호판을 이용하여 훈련시키고 테스트한 결과는 [표 1]에 나타나 있다. 테스트한 107개의 영상에서 102개의 영상은 정확히 번호판 문자를 인식하였으며, 2개는 번호판 문자들 중 한 개씩의 오류가

발생하였다. 또한 3개의 번호판은 인식 불가 판정이 내려졌다. 인식 불가 판정은 원래 영상 자체에서 인식하기 어려운 경우도 있으며, 처리 과정에서 일정 시간이 초과할 경우나 SVM을 이용한 처리 과정에서 일정한 값보다 적은 값이 나올 경우 인식 불가로 처리한다. 전체 영상에 대한 인식률은 95.3%를 나타냈으며, 오인식률은 1.9%의 결과가 나왔다.

표 1. 차량 번호판 인식 결과

전체 차량 영상 수	훈련에 사용한 영상의 수	테스트에 사용한 영상의 수	인식한 차량의 수	오인식한 차량의 수	인식률	오인식률
428	321	107	102	2	95.3%	1.9%

5. 결론 및 향후 연구계획

본 논문에서는 차량의 정보를 아는데 가장 근본이 되는 차량 번호판 인식을 위한 새로운 기법에 대하여 소개하였다. 소개한 차량 번호판 인식 시스템은 CCD 카메라에서 촬영한 차량 영상을 실시간에 인식할 수 있는 시스템으로서 입력된 영상 안에서 차량 번호판의 위치를 찾고 그 안에 있는 번호판의 글자를 인식한다. 번호판 후보 영역에서 번호판의 위치를 찾고 번호판 안의 문자를 인식하는 과정은 분류 능력이 뛰어난 SVM을 이용하였다. 실험에 사용한 차량 영상은 고정식 카메라로 촬영한 영상들을 이용하여 훈련시키고 테스트하였으며, 실험 결과를 통하여 제안한 기법에 대한 실시간 인식이 이루어지는 것을 보였다.

차량 번호판 인식 시스템을 개발하는 과정에서 어려웠던 부분은 SVM을 훈련시키는 과정에서 더 많은 종류의 차량 영상을 사용할 수 있었으면 더 좋은 결과가 나올 수 있었다는 것과 일부 훼손된 번호판을 인식하는 과정에서 처리 속도가 좀 더 걸린다는 부분이다. 이 부분은 처리시간에 대한 제한을 돕으로써 해결하였다.

본 논문에서 제안한 기법을 사용한 차량 번호판 시스템은 고정식 및 이동식 속도위반 단속 시스템, 틀게이트 무정차 차량 인식, 도난차량 추적 시스템, 주차관리 시스템, 신호위반 감지 시스템 등의 ITS 여러 분야에 적용할 수 있다. 새로이 바뀔 차량 번호판에 대한 인식과 인식률을 높일 수 있는 알고리즘 개발이 앞으로 연구되어질 것이다.

참고문헌

- [1] 이용주, 석영수, "명암도 변화값과 기하학적 패턴 벡터를 이용한 차량번호판 인식", 정보처리학회논문지 제9-B권 제3호, pp. 369-374, 2002년 6월.
- [2] S. Chang, L. Chen, Y. Chung, and S. Chen, "Automatic License Plate Recognition", IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, Vol. 5, No. 1, pp. 42-53, Mar. 2004.
- [3] 김갑기, 김광인, 김광준, "신경망을 이용한 자동차 번호판 추출", 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, Vol. 26, No. 2, pp. 476-478, 1999.
- [4] 이철희, 배익성, 차의영, "적응성 신경망을 이용한 자동차 번호판 추출", 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, Vol. 24, No. 2, pp. 451-454, 1997.
- [5] 장재건, "차량 탑재용 카메라를 이용한 실시간 차량 번호판 인식 기법", 한국인터넷 정보학회논문지 제6권 3호, pp. 147-158, 2005. 6.
- [6] M. Yu and Y. D. Kim, "An Approach to Korean License Plate Recognition Based on Vertical Edge Matching", 2000 IEEE Int. Conf. on System, Man and Cybernetics, Vol. 4, pp. 2975-2980, 2000. 10.
- [7] S. Abe, Support Vector Machines for Pattern Classification, Springer, London, 2005.
- [8] M. Pontil and A. Verri, "Support Vector Machines for 3D Object Recognition", IEEE Trans. on PAMI, Vol. 20, NO. 6, pp. 637-646, Jun. 1998.
- [9] H. Byun and S. Lee, "Application of Support Vector Machines for Pattern Recognition: A Survey", Proc. of First Int. Workshop, SVM 2002, Niagara Falls, Canada, pp. 213-236, Aug. 2002.
- [10] Z. Sun, G. Bebis, and R. Miller, "On-Road Vehicle Detection using Gabor Filters and Support Vector Machines", IEEE Int. Conf. on Digital Signal Processing, Greece, July 2002.
- [11] V. Vapnik, The Nature of Statistical Learning Theory, Springer, New York, 1995.
- [12] C. J. C. Burges, "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition", Data mining and knowledge discovery, Vol. 2 No. 2, pp.121-167, 1998.
- [13] 자동차 등록번호표 등의 제식에 관한 고시 <건설부 교통부고시 제 1995-370호>.

장 재 건(Jae-Khun Chang)

[중심회원]



- 1985년 2월 : 한양대학교 건축학과 졸업 (공학사)
- 1989년 8월 : (미) 뉴저지공대 컴퓨터정보학과 (석사)
- 1997년 2월 : (미) 사우스캐롤라이나대 컴퓨터공학과 (박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 한신대학교 컴퓨터학과 교수

<관심분야>

컴퓨터비전, 영상처리, ITS, 패턴인식