

SVM을 이용한 차량 번호판 위치 추출

홍석근* · 천주광** · 안명석*** · 심준환**** · 조석제†

*,**한국해양대학교 대학원, ***삼성테크윈 이미징사업부, ****, †한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부 교수

License Plate Location Using SVM

Seok-Keun Hong* · Joo-Kwang Chun** · Myoung-Seok An*** · Jun-Hwan Shim**** · Seok-Je Cho†

*,**Dept of Control & Instrumentation Engineering., National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

***Imaging Division, Samsung Techwin

****, †Division of Computer, Control and Electronic Communications, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

요 약 : 본 논문에서는 SVM을 이용한 번호판 위치 추출 알고리즘을 제안한다. 일반적으로 번호판 영역은 가로-세로 비율, 컬러, 공간 주파수 성분 등의 특징을 포함하고 있다. 제안하는 기법은 영상 획득, 번호판 후보 영역 추출, 번호판 위치 검증 세가지 단계로 구성되어 있다. 번호판 후보 영역 추출 단계에서는 컬러 필터링과 경계선 검출을 하여 번호판 후보 영역을 찾아내고 후보 영역의 DCT 계수를 SVM에 적용하여 검증한다. 이러한 검증과정을 거침으로써 잘못된 추출을 막아 신뢰성 있는 번호판 영역 추출이 가능하다. 실험을 통해 제안한 방법을 검증하였다.

핵심용어 : 번호판 위치 추출, 컬러 필터링, 수직 경계선, DCT, SVM

Abstract : In this paper, we propose a license plate locating algorithm by using SVM. Typically, the features regarding license plate format include height-to-width ratio, color, and spatial frequency. The method is divided into three steps which are image acquisition, detecting license plate candidate regions, verifying the license plate accurately. In the course of detecting license plate candidate regions, color filtering and edge detecting are performed to detect candidate regions, and then verify candidate region using Support Vector Machines(SVM) with DCT coefficients of candidates. It is possible to perform reliable license plate location because we can protect false detection through these verification process. We validate our approach with experimental results.

Key words : License plate location, Color filtering, Vertical edge, DCT, SVM

1. 서 론

최근 영상 기술의 발달로 차량 감시 및 차량 통행 관리의 자동화가 이뤄지게 되었고 일반 도로 뿐만 아니라 항만 게이트를 출입하는 컨테이너 차량의 출입을 관리할 수 있는 ITS (intelligent transportation system)가 각광을 받고 있다(zeng, 2008). ITS의 핵심은 차량 번호판 인식(LPR: License Plate Recognition:) 기술이다. 차량 번호판 인식 기술은 차량 번호판 위치 추출(LPL: License Plate Location), 문자 분할(character segment) 및 문자 인식(character recognition)의 세가지 기술로 세분화 할 수 있고 이 중 차량 번호판 위치 추출이 가장 중요하다(chang, 2004).

기존의 번호판 위치를 추정하는 방법으로는 허프변환(Hough transform)(Yanamura, 2003), 모퉁이 검출(corner detection)(zeng, 1999), 명암도 변화(김, 1999), 컬러 정보를 이용한 방법(Chang,

2003; 김, 1999; 구 등, 2004; Jie, 2002)등이 있다. 허프변환을 이용한 방법은 차량 영상 전영역에서 번호판 이외의 수직선이 존재할 경우 번호판 추출율이 감소한다. 모퉁이 검출 방법은 번호판의 네 모퉁이를 찾아내는 방법으로 문자영역 또는 영상에서 모퉁이 특징을 갖는 영역을 찾아내기 위해 경험적으로 기준이 되는 값을 설정해야한다. 명암도 변화를 이용한 방법은 차량의 번호판 영역에서는 번호판 문자와 배경이 명암의 밝기 변화가 심하고 변동횟수 또한 일정한 분포를 가지고 있다는 번호판의 특성을 이용하여 영상을 번호판 영역을 추출하는 방법으로 번호판 테두리의 선명도와 상관없이 번호판 추출이 가능하지만 조명의 영향을 많이 받은 영상에 대해서 정확도가 떨어진다.

최근 컬러 영상의 획득 및 처리가 용이해지면서 컬러 정보를 이용한 차량 번호판 위치 추출 방법에 대해 많이 연구하고 있다(Chang, 2003; 김, 1999; 구 등, 2004; Jie, 2002). 이 방법은 차량의 색상분포가 번호판과 비슷한 경우 많은 후보영역이 검

* bassoflord@gmail.com 051)410-4929

** jkchun@hhu.ac.kr 051)410-4811

*** gkfgo@paran.com 051)410-4811

**** jhsim@hhu.ac.kr 051)410-4929

† 교신저자 : 종신회원, sjcho@hhu.ac.kr 051)410-4344

출되는 문제점이 있다.

본 논문에서는 SVM(Support Vector Machines)을 이용하여 차량 번호판의 위치를 추출하는 방법을 제안한다. 영상에서 YIQ 컬러모델의 I, Q 성분과 Hue 성분을 계산하여 번호판 색상과 유사한 영역을 필터링하여 찾아낸다. 필터링한 결과 영상을 원영상에서 추출한 수직경계선과 AND 연산하고 블랍 라벨링(blob labeling)하여 번호판 후보 영역을 얻는다. 얻어진 번호판 후보 영역을 DCT(Discrete Cosine Transform) 처리하여 DCT 계수를 구한다. DCT 계수를 입력 특징(feature)으로 사용하여 SVM을 학습하고 번호판 영역을 추출한다. 제안한 SVM을 이용한 방법은 실험에서 우수한 성능을 보였다.

2. 컬러 정보를 이용한 번호판 후보 영역 추출

본 논문에서는 제안하는 차량 번호판 위치 추출 알고리즘은 영상 획득, 번호판 후보 영역 추출, 번호판 위치 검증 과정으로 구성된다. 영상 획득은 카메라를 이용하여 디지털 영상을 얻는 과정이다. 후보 영역 추출은 획득한 컬러 영상을 처리하여 번호판의 후보 영역을 추출하는 과정이고, 검증은 번호판 후보 영역 중에서 정확한 번호판 영역을 추출하는 과정이다. 추출된 번호판 영역은 번호판의 문자와 숫자를 인식하는 과정을 거쳐 항만의 자동화 시스템이나 도로 교통 관리 시스템과 연계된다. 제안한 차량 번호판 위치 추출 알고리즘 순서도는 Fig. 1과 같다.

2.1 영상획득

영상을 획득하기 위해 이동중 혹은 정차중인 차량의 번호판 촬영이 용이한 장소에 카메라를 설치한다. 이때 설치된 위치에서 카메라를 이용하여 넓은 구역을 촬영하기 때문에 번호판의 크기가 다양한 차량 영상을 획득할 수 있다. 이는 정해진 위치에 차량이 들어왔을 때 큰 번호판 영역을 얻는 기존의 방법과 다르다. 이렇게 얻은 차량 영상에서 번호판의 위치를 추출한다. 카메라로 얻은 영상은 Fig. 2와 같다.

2.2 컬러 영상 처리에 의한 번호판 후보 영역 추출

정확한 번호판 후보 영역을 추출하기 위해 차량 영상에서 주위 환경으로 생기는 잡음 등을 제거하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 번호판의 컬러 정보와 수직 경계선을 이용한 번호판 후보 영역을 추출하는 컬러 영상 처리 방법을 제안한다.

일반적으로 영상은 RGB로 표현된다. 번호판의 컬러는 빛의 밝기에 따라 영향을 받는데 RGB 모델을 사용할 경우 빛의 밝기에 대한 정보를 분리하기가 불가능하다. 이러한 점은 컬러와 명도를 분리하여 표현할 수 있는 YIQ나 HIS 컬러 모델을 사용하여 극복할 수 있다(구 등, 2004).

HIS 컬러 좌표계는 색상(hue), 명도(intensity) 및 채도(saturation)로 구성된다(Gonzalez et al., 2008). 색상은 그 색의 원색을 나타낸다. HIS의 Hue 값은 모든 색상의 표현이 가능하지만 강한 빛에 의해 색상의 변화가 심하다는 단점이 있다. 따라서 빛의 세기에 덜 민감한 YIQ모형을 복합적으로 사용하면

단점을 보완할 수 있다. YIQ 컬러 모델은 광도(Y), 색상(I), 색상(Q)로 구성된다.

I, Q 성분 및 hue 성분은 RGB 컬러모델에서다음과 같이 얻는다[8].

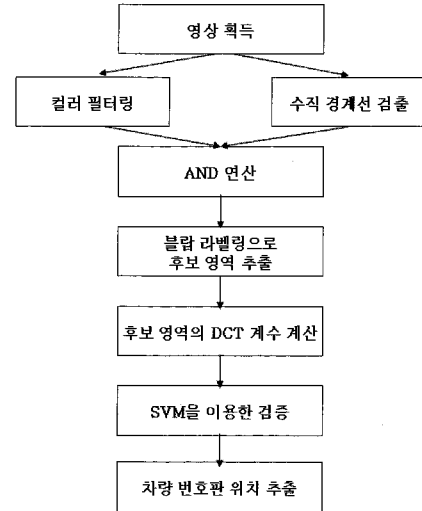


Fig. 1 Diagram of the proposed license plate location process



Fig. 2 Examples of car images

$$\begin{aligned} I &= 0.596 \times R - 0.275 \times G - 0.321 \times B \\ Q &= 0.212 \times R - 0.523 \times G + 0.311 \times B \end{aligned} \quad (1)$$

$$Hue = \cos^{-1} \frac{0.5 \times ((R - G) + (R - B))}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - G)(G - B)}} \quad (2)$$

번호판 영역을 추출하기 위해 번호판이 가지는 I, Q, hue 성분을 계산하고 전체 영상에서 번호판 후보 영역을 필터링한다. 그리고 전체 영상에서 수직 경계선을 추출한다. 수직 경계선을 추출하는 이유는 차량의 차체나 주변 환경에서 번호판 영역과 유사한 컬러를 포함하고 있을 수 있고 차량 영상에서 경계선을 추출했을 때 수직 경계선은 주로 번호판 영역에서 두드러지게 나타나기 때문이다.

컬러 필터링한 결과와 수직 경계선을 추출한 결과 영상을 AND 연산한다. 그리고 블랍 라벨링(Hontani, 2001)을 하여 번호판 후보 영역의 위치를 얻어내는데 번호판의 비율과 번호판의 크기를 제한하여 번호판 후보 영역을 얻는다.

3. SVM에 의한 번호판 위치 검증

3.1 Support Vector Machines(SVM)

SVM은 Vapnik, V.에 의해 패턴인식 분야에서 제안된 통계적 학습 이론에 기반한 보편적 접근 방법으로써 경험적 성능뿐 아니라 고차원 공간에서 일반화 성능이 뛰어나기 때문에 분류 문제 해결 방법으로 사용된다(Vapnik, 1998). SVM의 기본 아이디어는 구조적 위험을 최소화 시키면서 최적 분리 경계면(optimal hyperplane)을 찾는 것이다. 일반적으로 SVM의 분류 성능은 다층 신경망보다 우수하다고 알려져 있다. 특히 입력 데이터에 잡음 성분을 많이 포함하고 있을 경우에 더욱 우수한 분류 성능을 나타낸다(Muller, 2001).

정의된 N 차원의 실수 입력 공간에서 n 개의 학습 집합의 원소쌍 (χ_i, y_i) 를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$(\chi_1, y_1), \dots, (\chi_n, y_n) \in R^N \times Y, Y = \{-1, 1\}$$

여기서 χ_i 는 학습 집합의 원소이고 y_i 는 χ_i 와 관련된 레이블이다. 학습 원소들을 이용하여 분리 경계면을 나타내는 결정 함수(decision function)를 생성한다.

$$f(\chi) = \langle \omega, \chi \rangle + b = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \langle \chi, \chi_i \rangle + b \quad (3)$$

여기서 α_i 는 가중치 ω 를 계산하기 위한 0보다 크거나 같은 라그랑지 계수이다. 특히 가중치 ω 는 결정 경계의 법선벡터(normal vector)이며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\omega = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \chi_i \quad (4)$$

SVM의 기본 알고리즘을 Fig. 3으로 표현하였다. 군집간의 경계를 선형적으로 결정하기 어려울 때 매핑 $\phi(x)$ 를 이용하여 입력 공간(input space) χ 에서 특징 공간(feature space) F 로 매핑시킨다. 특징 공간에서 결정 경계를 결정할 때 각 군집에서 경계와 가장 가까운 SV(Support Vector)들이 결정 경계에서 최대 거리를 유지하도록 한다. 이렇게 구한 결정 경계의 함수를 입력 공간으로 다시 매핑시킴으로써 입력 공간에서의 최적의 결정 경계를 얻을 수 있다.

Mercer 조건을 만족하는 커널 함수(kernel function) $K(\chi_i, \chi)$ 는 학습 원소와 입력 원소의 매핑의 내적으로 표현할 수 있다.

$$K(\chi_i, \chi) = \langle \phi(\chi_i), \phi(\chi) \rangle \quad (5)$$

특정 공간에서의 결정 함수는 식(6)과 같다.

$$f(\chi) = \sum_{i=1}^{N_s} \alpha_i y_i K(\chi_i, \chi) + b \quad (6)$$

여기서 N_s 는 SV의 개수이다.

커널 함수는 RBF(Radial Basis Function), Polynomial, Sigmoidal, inverse multiquadric 등이 있다(Muller, 2001).

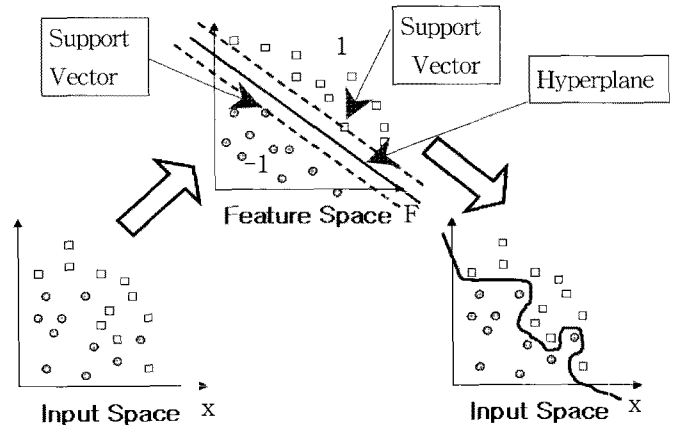


Fig. 3 The SVM algorithm

3.2 DCT를 이용한 번호판 후보 영역의 특징점 추출

본 논문에서는 여러 개의 번호판 후보 영역 중에서 정확한 번호판 위치를 추출하기 위해 DCT를 이용하여 공간 주파수 계수를 구하고 SVM을 이용하여 검증한다.

DCT는 영상 데이터들로부터 주파수 성분들을 추출해내는 작업을 말한다. DCT를 적용해서 주파수 영역으로 변환된 영상 $T(u, v)$ 에 관한 식은 다음과 같다(Gonzalez et al., 2008).

$$T(u, v) = \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} f(x, y) \alpha(u) \alpha(v) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2n}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2n}\right] \quad (7)$$

여기서

$$\alpha(u) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{n}} & \text{for } u = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{n}} & \text{for } u = 1, 2, \dots, n-1 \end{cases} \quad (8)$$

이다. 이때 $f(x, y)$ 은 크기 $n \times n$ 인 입력영상이다.

DCT 계수를 구하기 위해 번호판 후보 영역을 전처리해야 한다. 제안한 방법에서는 컬러와 경계선 정보로 얻은 번호판 후보 영역을 64×64 크기로 정규화한 후 이진화한다. 영상을 이진화하는 이유는 그레이영상을 그대로 사용하면 초점이 맞지 않아 흐리거나 태양광의 난반사로 인해 왜곡된 영상에서는 주파수 특성을 정확히 얻기 힘들기 때문이다.

컬러 영상 처리 과정을 거친 번호판 정답 영상을 전처리하여 DCT 변환한 예를 Fig. 4로 나타내었다. 비교를 위한 번호판 영역이 아닌 오답 영상의 DCT 처리 결과는 Fig. 5와 같다.

사람의 눈은 영상을 볼 때 전체적인 변화는 쉽게 보지만 미세한 변화는 쉽게 보지 못한다. 따라서 높은 주파수 성분을 제거해 데이터 양을 줄여도 사람의 눈으로는 그 변화를 쉽게 느낄 수가 없다. 주파수 영역으로 변환한 영상에서 에너지 성분은

대부분 저주파 영역에 집중이 되어 있다(Gonzalez, 2008). 그리고 차량 영상에서 번호판 영역의 주파수 특성은 다른 영역에 비해 수직방향에 대해 낮은 주파수 성분이 주를 이룬다. 따라서 본 논문에서는 DCT 영상의 저주파 성분 좌 상단 20×20 위치의 데이터를 번호판 영역을 판별하는 특징으로 사용하였다.

3.3 SVM을 이용한 번호판 위치 검증

본 논문에서는 사용한 커널은 Gaussian RBF(Radial Basis Function) 커널이고 식은 다음과 같다(Muller, 2001).

$$K(x, x_i) = e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \|x - x_i\|^2} \quad (9)$$

RBF 커널은 입력 공간의 분리 경계면이 비선형적일 때 원소들을 특징 공간으로 매핑하여 선형 분리 경계면을 찾는 데 적합한 커널이다(Burges, 1998). RBF 커널의 효과를 2차원 공간에서 표현한 예가 Fig. 6이다. SVM에 사용되는 학습 원소 및 입력 원소는 후보영역의 DCT 계수 중 저주파 영역의 20×20 데이터이다.

4. 시뮬레이션 및 결과

실험을 위해 카메라를 이용하여 도로에 정차된 차량과 컨테이너 항만 게이트를 드나드는 차량을 촬영하였고 촬영 영상의 크기는 720×486 이었다. 각각의 영상에서 녹색 번호판과 노란색 번호판 영역을 추출하도록 하였다. 실험 조건은 다음과 같다.

Table 1 Experimental condition

특징	64×64 DCT 영상의 저주파 영역 20×20
커널	Gaussian RBF
학습 데이터(녹색 번호판)	정답영상 : 4000장 오답영상 : 4000장
학습 데이터(노란색 번호판)	정답영상 : 500장 오답영상 : 500장

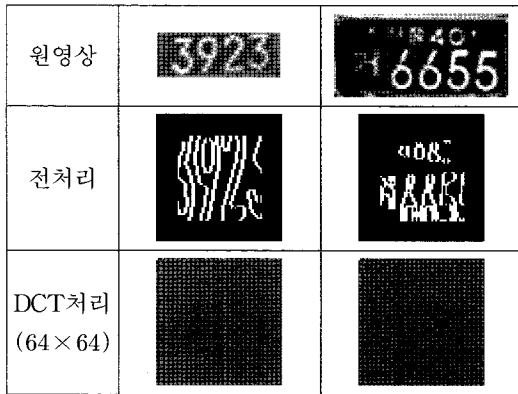


Fig. 4 License plate images

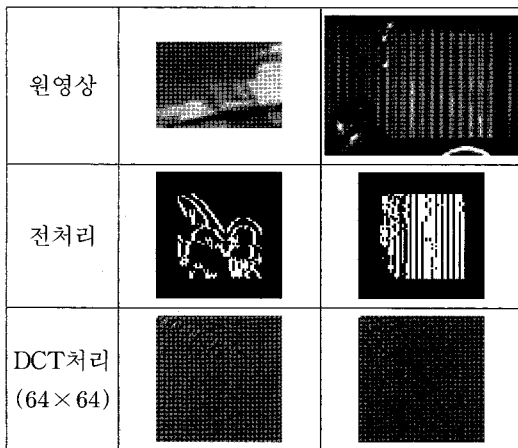


Fig. 5 Non-license plate images

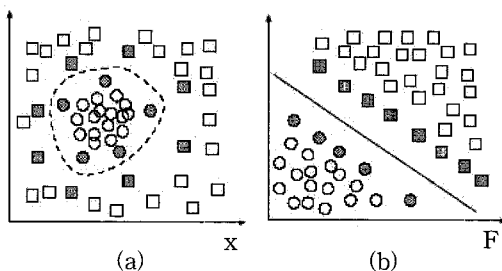


Fig. 6 RBF mapping,

(a) Classification in input space, and (b) Classification in feature space

학습을 위해 사용한 번호판 정답 영상의 예가 Fig. 7과 같다. 번호판 영역이 아닌 군집의 Support Vector 생성을 위한 오답 영상의 예는 Fig. 8과 같다. 입력 영상으로는 녹색 번호판 1013장을 사용하였고 노란색 번호판은 106장을 사용하여 실험하였다.

차량 번호판에서 나타나는 각 컬러 성분의 특성을 이용하여 컬러 필터링을 한다. 컬러 필터링을 완료한 영상은 Fig. 10의 (a)와 같다. 수직 소벨 연산자를 이용하여 수직 경계선을 얻은 영상이 Fig. 10의 (b)이다.

컬러 필터링한 영상과 수직 경계선 영상을 AND 연산한 결과 영상이 Fig. 10의 (c)이다. 이 영상에 블랍 라벨링을 하고 제한 조건을 이용해 번호판 후보 영역의 위치를 얻어낸다. 제한 조건은 번호판의 넓이와 높이의 비가 0.2보다 크거나 0.9보다 작고 720×486 크기의 촬영영상에서 높이와 넓이가 각각 150 pixel 이하가 되어야 한다. 이와 같은 처리 과정을 거쳐서 얻은 번호판 후보 영역을 Fig. 11에 표시하였다. 번호판 후보 영역을 제안한 방법으로 DCT 변환하고 SVM을 이용하여 최종적으로 얻은 번호판 위치를 Fig. 12에 표시하였다. Fig. 11에서 후보영역으로 인식되었던 번호판 상단의 네모 영역을 번호판 아닌 영역으로 구분할 수 있었다. 제안한 방법으로 번호판 위치를 추출했을 때 정확도가 92%였다. 학습을 거치지 않은 칼라정보를 이용한 방법(구 등, 2004)을 사용했을 때 정확도가 70%였다. 제안한 방

법을 Fig. 13(a)에 적용했을 때 칼라영상처리 결과와 노란색 번호판을 추출한 결과가 Fig. 13의 (b)와 (c)와 같았다. 노란색 번호판에 적용했을 때 얻은 정확도는 73%, 학습을 거치지 않은 방법(구 등, 2004)의 정확도는 35%였다.



Fig. 7 Examples of correct license plate images



Fig. 8 Examples of error images

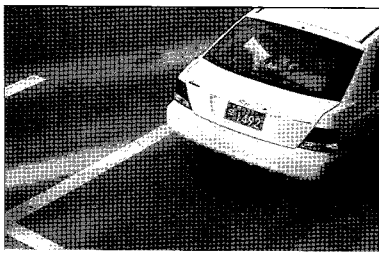
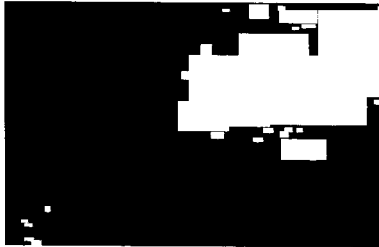
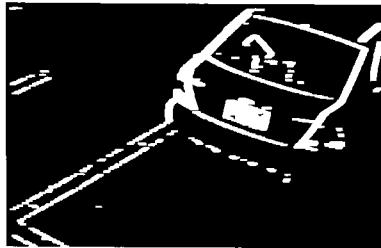


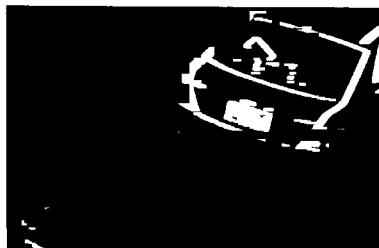
Fig. 9 Original image



(a)



(b)



(c)

Fig. 10 Result of color image processing

(a) color filtering, (b) vertical sobel edge operation, and (c) AND operation between color filtered and vertical edge image

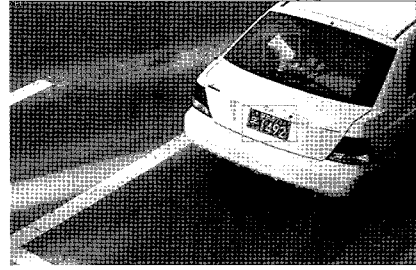


Fig. 11 Extracted Candidates of license plate

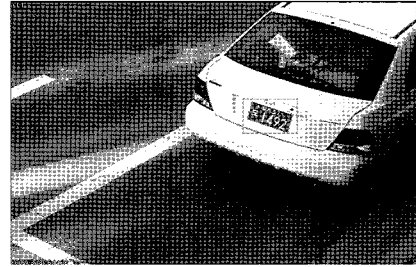


Fig. 12 Results of green plate obtained with proposed method



(a)



(b)



(c)

Fig. 13 Yellow plate

(a) original image, (b) result of color image processing, and (c) results of proposed method

5. 결 론

본 논문에서는 SVM을 이용하여 차량 번호판 위치를 추출하는 방법을 제안하였다. 카메라를 이용하여 넓은 영역을 촬영하여 다양한 크기의 차량 번호판이 포함된 영상을 획득하고 번호판 영역의 특징을 추출하였다. 번호판 특징 추출을 위해 영상에서 컬러 정보 성분인 YIQ의 I, Q성분과 HIS의 Hue 성분을 계산하여 컬러 필터링을 하였고 수직 경계선 정보와 AND 연산을 하였다. 그리고 블랍 라벨링하여 얻은 영역들 중 제한 조건에 맞는 후보 번호판 영역을 얻었다.

SVM을 이용한 번호판 위치 검증에 쓰일 특징을 얻기 위해 후보 번호판 영역을 DCT 처리하여 DCT 계수를 구했다. 충분한 양의 번호판 영상으로 학습시킨 SVM을 이용해 검증한 결과 번호판 영역이 아닌 부분의 추출을 막을 수 있었고 더 정확한 번호판 영역의 추출이 이루어졌다. 실험을 통해 학습을 거치는 방법이 번호판 위치를 보다 정확히 추출할 수 있음을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 NURI항만물류사업단의 지원으로 이루어졌음.

참고 문헌

[1] 구경모, 김하영, 안명석, 차의영(2004), "저해상도 카메라를 이용한 차량번호판의 추출," 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, vol. 31, no. 2, pp. 802-804.

[2] 김병기(1999), "명암 변화와 칼라정보를 이용한 차량 번호판 인식," 한국정보처리학회 논문지, 제6권, 제12호, pp.3683-3693.

[3] Burges, C.(1998), "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition," Data Mining and Knowledge Discovery, Vol. 2, pp. 121-167.

[4] Chang, S., Chen, L., Chung, Y., and Chen, S.(2004), "Automatic License Plate Recognition," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 5, No. 1, pp. 42-53.

[5] Gonzalez, R. and Woods, Richard.(2008), "Digital Image Processing," Pearson Prentice Hall.

[6] Hontani, H. and Koga, T.(2001), "Character Extraction Method without Prior Knowledge on Size and Position Information," In Proceedings of the IEEE International, Vehicle Electronics Conference, pp. 67-72.

[7] Jie, G. and Pengfei, S.(2002), "Color and Texture Analysis Based Vehicle License Plate Location," Journal of Image and Graphics, vol. 7, no. 5, pp. 472-476.

[8] Muller, K., Mita, S., Ratsch, G., Tsuda, K., and Scholkopf, B.(2001), "An Introduction To Kernel-Based Learning Algorithms," IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 12, No. 2, pp. 181-202.

[9] Vapnik, V.(1998), "Statistical Learning Theory," John Wiley & Sons.

[10] Yanamura, Y., Goto, M., and Nisiyama, D.(2003), "Extraction and Tracking of the License Plate Using Hough Transform and Voted Block Matching," In Proceedings IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 243-246.

[11] Zeng, R., Li, G., Xiao, Y., and Wang, M.(2008), "Algorithm of Car License Plates Location Based on Multi-feature Fusion," Intelligent Control and Automation, 2008. WCICA 2008. 7th World Congress on, pp. 8483-8486.

[12] Zheng, Z. and Wang, H.(1999), "Analysis of Gray Level Corner Detection," Pattern Recognition Letters, no. 20, pp. 149-162.

원고접수일 : 2008년 7월 25일
 심사완료일 : 2008년 12월 26일
 원고채택일 : 2008년 12월 29일