

# 도로 상 차량 번호판 검출을 위한 효율적인 윈도우 슬라이딩 기법

모홍철<sup>o</sup> 남종호

서강대학교 컴퓨터공학과

[angel88317@nate.com](mailto:angel88317@nate.com) [jhnang@sogang.ac.kr](mailto:jhnang@sogang.ac.kr)

## An Efficient Window Sliding Method for On-road Vehicle License Plate Detection

Hongchul Mo<sup>o</sup> Jongho Nang

Department of Computer Science and Engineering, The Sogang University of Korea

### 요 약

고화질의 디지털 카메라 및 스마트폰, 감시용 카메라의 보급 등으로 인해 최근 패턴 인식 및 이미지 프로세싱 분야에서 고화질의 이미지 및 비디오를 처리해야 하는 경우가 많아지고 있다. 특히 차량 번호판 감지 등과 같은 객체 인식 분야의 경우, 고화질의 이미지로 인해 그만큼 인식에 필요한 계산 비용이 증가하게 되었는데 따라서 이러한 계산 비용을 효율적으로 줄이기 위한 기법이 요구되고 있다. 또한 기존의 차량 번호판 감지의 도메인과는 다르게 도로 상에서의 실시간 번호판 감지 시스템의 필요성이 대두되고 있기에 본 논문에서는 도로 상에서의 실시간 번호판 감지 시스템을 위한 차량 번호판 주변정보 기반의 효율적인 윈도우 슬라이딩(window sliding) 방법을 제안한다. 본 논문의 시스템은 총 3단계로, (1) SVM(Supported Vector Machine) 을 통한 차량 번호판 주위 정보에 대한 학습, (2) 도로 상의 번호판 위치 확률 모델링을 통한 탐색 공간의 감소, (3)  $context_{plate}$  분류기를 통한 OCS(operator context scanning)의 수행이다. 이와 같은  $context_{plate}$  분류기와 OCS를 통해 번호판 검출을 위한 윈도우 슬라이딩의 수가 크게 줄었음을 알 수 있었으며, 또한 번호판의 정보를 건너뛰지 않고, 신뢰성 있게 접근함을 알 수 있었다.

### 1. 서 론

최근 들어 고화질의 디지털 카메라, 스마트폰, 감시용 카메라의 광범위한 보급으로 고화질의 이미지에 대한 영상 처리 수요가 늘어남에 따라 이로 인한 영상 처리 계산 비용이 증가하고 있으며, 특히 차량 번호판 감지와 같은 객체 인식 분야의 경우 영상 내의 객체를 찾기 위해 많은 양의 윈도우 슬라이딩 및 계산 비용이 소요되고 있다[1]. 또한 스마트폰 및 차량 내장 카메라의 보급이 증가함에 따라 고정된 위치의 카메라에 대한 기존의 차량 번호판 감지 도메인과는 달리 도로 상에서의 실시간 차량 번호판 감지 시스템의 필요성이 대두되고 있는데, 이러한 시스템은 ITS와 부합하여 도로 상황에서의 다양한 정보 검출 및 제공을 추가적인 고가의 장비 없이도 사용자에게 손쉽게 가능하게 할 것이다.

따라서 실제 도로 상황을 반영한 고해상도의 실시간 차량 번호판 검출 시스템이 필요하게 되는데 번호판을 검출하는 기존의 논문들의 경우, 대부분 높은 정확도와 성능을 보이지만 고해상도 이미지나 도로 상황과 같은 복잡한 이미지를 대상으로 하지 않았다[2]. 이와 같은 시스템을 위해선 주어진 도로 상의 이미지에서 번호판을 신뢰성 있게 찾아가는 것과 이에 따른 계산 비용을 줄이는 것이 무엇보다 중요한데, 이를 위해 본 논문에서는 차량 번호판의 주변 정보를 고려한 효과적인 윈도우 슬라이딩 기법을 제안한다. 먼저 차량 번호판 주위 영역에 대한 약 9,000개의 샘플들에 대한 SVM 학습을 통해 차량 번호판의 주변정보에 대한 이진 분류기를 구축한 뒤

이를 통해 기존의 효율적인 윈도우 슬라이딩 방법인 OCS[1] 를 더 보완한 새로운 슬라이딩 방법을 고안하였다. 또한 도로 상이라는 한정된 도메인의 특성을 이용하여 실제 도로 상의 약 3,000장의 데이터를 가지고 차량 번호판의 스케일 별 위치 정보를 확률적으로 모델링 하여 탐색 공간을 줄였다. 이러한 과정들을 통해 고화질의 이미지에서도 윈도우 슬라이딩 계산 비용을 크게 줄일 수 있었고, 차량 번호판 검출을 위한 신뢰성 있는 접근이 가능하였다.

### 2. 관련 연구

고화질의 이미지에 대한 윈도우 슬라이딩을 정확도의 감소 없이 효과적으로 줄이는 것이 중요한데, 이와 관련된 연구 중 하나로 OCS(Operator context scanning) [1] 기법이 있다. 실제 찾아야 할 객체 영역이 전체 이미지의 일부임을 활용한 방법으로서 슬라이딩 하고 있는 윈도우 내의 객체 특징 분포를 이용하여 슬라이딩 속도를 조절하며 객체 영역을 찾아가는 방식이다. 실제 실험 결과를 통해 슬라이딩해야 할 윈도우 수를 크게 감소시켰을 뿐만 아니라 번호판 검출에 대한 정확도에도 거의 영향을 끼치지 않음을 알 수 있다.

하지만 이러한 기존 방법의 경우 크게 두 가지 문제점이 존재하는데 첫 번째로, 이미지 내에 찾고자 하는 객체와 비슷한 특징들이 많이 존재 할 경우 객체에 대한 거짓 후보 영역들이 많아 그만큼 속도 향상의 효과가 미미할 수 있다는 것이다.

두 번째로, 특징의 특성에 따라 번호판에 신뢰성 있는 접근이 어려울 수 있다는 점이다. 기존 방법의 경우 번호판 근처에 다다를수록 번호판의 특징이 윈도우 내에 점점 나타날 확률이 높다는 것을 가정하고 있는데, 특징의 특성에 따라 번호판 근처라고 해서 찾고자 하는 객체 특징이 점차적으로 나타나게 될 것이라는 보장이 없다는 것이 문제이다.(즉, 특징이 급격하게 나타날 수 있음) 정작 중요한 번호판 영역을 찾아내지 못할 수 있는데, 번호판에 근접하게 겹쳐진 윈도우 내에 객체 특징이 나타날 확률이 일정 임계값을 넘지 못해 빠르게 슬라이딩을 했는데 이로 인해 정작 번호판 영역을 슬라이딩 할 수 없는 일이 발생할 수 있다는 것이다.

### 3. 차량 번호판 주위 정보에 기반한 OCS 알고리즘

위의 2장에서도 언급했듯이 실제 도로 상에서 기존의 OCS 알고리즘을 적용하기엔 여러 문제가 있음을 알 수 있었다. 따라서 도로 상에서의 신뢰성 있고 효율적인 차량 번호판 검출에 특화 된 ‘차량 번호판 주변 정보 기반의 OCS 알고리즘’을 제안한다.

#### 3.1 차량 번호판 주위 영역의 특징화

번호판 주위의 내용을 먼저 감지하여 번호판에 효율적으로 근접하기 위한 윈도우 슬라이딩을 위해 본 논문에서는 차량 번호판 주위 영역을  $context_{plate}$ 라 정의하고 이  $context_{plate}$ 에 대한 특징 벡터를 통해 SVM 훈련을 수행함으로써  $context_{plate}$ 에 대한 이진 분류기를 구성하였다. (SVM을 사용함으로써 다양한 환경 가운데서 신뢰성 있게 특징을 추출해내는 것이 가능하다.[3])

##### 3.1.1 번호판 주위 영역의 선정

번호판 주위 영역의 선정을 위해 우선 번호판 주위의 특성을 살펴보면 <그림 1>에 나타나듯 실제 번호판 근처의 내용은 차의 형태에 따라 조금은 다른 특성을 띠나 주위 내용이 주로 후미등 또는 평평하고 일정한 색으로 구성된 영역임을 확인 할 수 있다.



그림 1. 번호판 주위 정보

이러한 부분을 비교적 일정한 특징을 가진 영역으로 잘 추출하기 위해서 <그림 2>와 같이 번호판의 aspect ratio에 따라 번호판 주위 영역을 선정하였다.

$$\begin{cases} w = P_w/2, h = 2P_h, d = P_w/4 & \text{if}(aspectratio \geq 2) \\ w = P_w, h = 2P_h, d = P_w/2 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

$w$ 는  $context_{plate}$ 의 너비,  $h$ 는  $context_{plate}$ 의 높이를 말하며,  $P_w$ 는 번호판의 너비를,  $P_h$ 는 번호판의 높이를 말한다.  $d$ 는 번호판과  $context_{plate}$ 사이의 거리를 의미한다.



그림 2. aspect ratio에 따른  $context_{plate}$  영역 설정

##### 3.1.2 번호판 주위 영역의 특징 선택

앞서 언급한  $context_{plate}$ 의 특성들을 모두 반영할 수 있는 특징을 추출하기 위해 본 논문에서는 contour hole의 비율과 각 H, S, V 성분의 평균 및 표준편차 값으로 구성된 7차원 특징 벡터를 설정하였다.

###### ● Contour hole의 비율

실제로 차량 번호판을 검출하기 위한 한 방법으로서 contour 검출 알고리즘이 사용되기도 하는데[4], 본 논문에서는 후미등의 특성을 반영하고자 contour hole을 추출하였다. 다른 영역과 달리 후미등의 경우, contour hole의 비율이 높은 특성을 이용하였는데, 잡음을 제거하기 위해 gaussian smoothing 기법을 사용하였고 다음으로 contour 추출 알고리즘을 통해 윈도우 내에서의 contour hole의 비율을 계산하였다.

###### ● H, S, V의 평균, 표준편차

배경과 글자의 색이 한정한 번호판의 특성을 이용하여 HSV 색 모델로 번호판을 검증하는 방법들이 있는데[5], 본 논문에도 이와 유사하게 평평하고 일정한 색 영역의 특성을 반영하고자 RGB 색 모델을 HSV 색 모델로 변환한 후, 각 H(색상), S(채도), V(명도)마다 평균, 표준편차 값을 계산하여 특징 벡터를 구성하였다. 다른 영역에 비해 단일 색상으로 구성되어 있을 뿐만 아니라 색상의 분포가 일정하기 때문에 표준편차의 특징이 비교적 분별력이 있었다. 색 성분의 경우 빛에 민감하므로 이러한 민감한 부분을 최소화하기 위해 명도 성분의 히스토그램은 균등화 작업을 거친 후 평균, 표준편차 값을 구하였다.

##### 3.1.3 SVM을 통한 $context_{plate}$ 이진 분류기의 구성

실제 도로 상의 1,906장의 사진 데이터에 대해 다양한 크기에 번호판 주변 정보 영역 대한 positive 샘플 3,717 개, negative 샘플 5,232 개를 추출하였다. 이 샘플들에 대해 위에서 선택한 7차원 특징 벡터를 추출하여 SVM 학습을 수행하였다. SVM 학습을 위한 커널함수로는 RBF(Radial-basis function kernel)을 사용하였고  $context_{plate}$ 를 판단하는  $context_{plate}$  이진 분류기를 구성하였다.

#### 3.2 윈도우 슬라이딩을 위한 OCS 알고리즘

$context_{plate}$  이진 분류기를 토대로  $context_{plate}$ 에 기반한 OCS 알고리즘을 적용하였는데 필요한 파라미터로는 수평(수직)방향에 대한 윈도우 슬라이딩 속도를 조절하기 위한 변수인  $v_h(v_v)$ 가 있다.

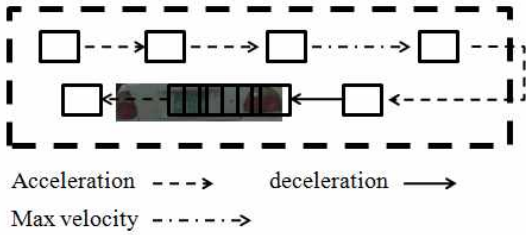


그림 3. 번호판 주변 정보 기반 OCS algorithm

<그림 3>을 통해 알 수 있듯이 주어진 윈도우를 Boustrophedon scanning 방식으로 슬라이딩 해가며 윈도우 영역이  $context_{plate}$  인지 아닌지를 판단한다.

$$v_h(p+1) = \begin{cases} a + v_h(p) & \text{if 윈도우가 } context_{plate} \text{ 라면} \\ (a > 0) \\ dv_h(p) & \text{if 윈도우가 } context_{plate} \text{ 가 아니라면} \\ (1 > d > 0) \end{cases}$$

만약 윈도우가  $context_{plate}$  가 아니라면  $v_h$ 를  $a$ 만큼 증가시켜 더 빠른 속도로 윈도우를 슬라이딩 하고  $context_{plate}$  라면  $v_h$ 를 일정 영역 동안  $d$ 의 곱으로 감소시켜 더 느린 속도로 윈도우를 촘촘히 슬라이딩 하게 한다. 이러한 접근 방식을 AIMD (Additive Increase Multiplicative Decrease) 라고 한다. 단, 슬라이딩으로 인한 번호판 정보에 대한 건너뛴을 방지하기 위해  $v_h$ ,  $v_v$ 의 최댓값은 각각 윈도우의 너비, 높이 값이어야 한다.  $v_v$ 의 경우, 현재 행에 대한 슬라이딩이 끝났을 때 그 행의  $context_{plate}$ 의 수가 일정 임계값 이상이라면  $d$ 만큼 감소, 임계값 이하라면  $a$ 만큼 증가시키게 하였다. 이러한 윈도우 슬라이딩 기법을 통해 차량 번호판  $context_{plate}$ 에 도달하기 전까진 빠르게 슬라이딩을 수행하고  $context_{plate}$ 가 검출될 경우엔 슬라이딩의 속도를 점차 줄임으로서 신뢰성 있게 번호판에 접근이 가능하다.

#### 4. 차량 번호판의 위치에 대한 확률적 모델링

슬라이딩을 수행할 탐색 공간을 줄이기 위해 약 3,700개의 도로 상의 차량 번호판 위치 확률 분포를 측정하였다. 차 내의 카메라의 위치 및 방향, 카메라와 차 사이의 거리 등 여러 변수들이 존재하지만 도로 상에서 차가 위치할 영역은 비교적 한정되어 있음에 착안하였는데 1200\*900의 고화질의 이미지에 대한 크기별 번호판 위치 좌표 분포는 <그림 4>와 같다. (그래프의 x축은 번호판 좌표의 x값, y축은 번호판 좌표의 y값을 의미함)

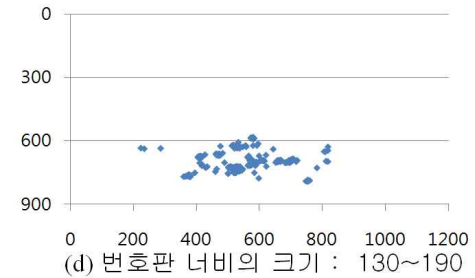
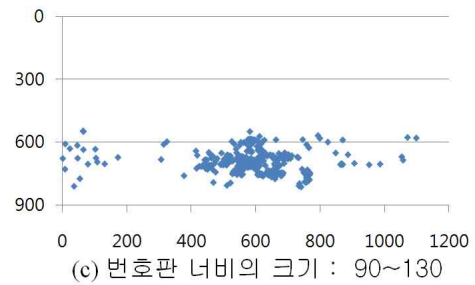
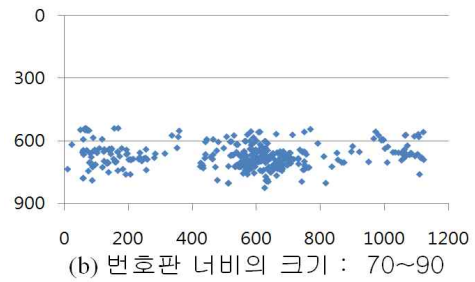
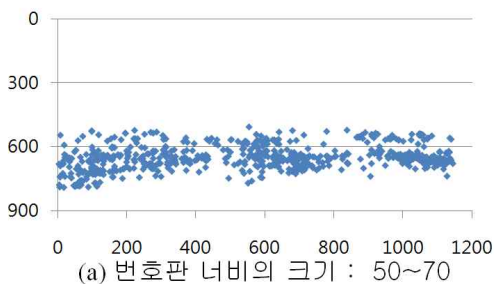


그림 4. 도로 상 차량 번호판들의 위치 분포

위치 분포를 분석해보면, 번호판의 스케일, 곧 차량의 크기가 작을 경우는 도로 상의 다양한 지점에 위치 할 수 있으나 도로라는 특정 환경 때문에 차가 이동할 수 있는 동선 및 위치는 제한적이므로 번호판의 스케일이 커짐에 따라 카메라로 비춰지는 번호판의 위치는 점점 한정적임을 확률 분포를 통해 알 수 있었다. 다만 확률적인 접근 만으로는 예외 상황에 대한 신뢰성 있는 처리가 어렵기 때문에 탐색 공간을 줄이기 위한 실제 적용은 예외적인 경우가 거의 발생하지 않는 높이에 대한 부분만 수행하였다. 주어진 이미지의 높이를  $H$ 라 했을 때, 번호판 위치를 찾기 위한 탐색 공간 높이의 범위를  $H*0.56 \sim H*0.89$  정도로 줄일 수 있었다.

#### 5. 실험 결과

본 논문의 포커스는 복잡한 도로 환경 상에서 번호판을 검출하기 위해 고화질의 이미지에서 번호판 후보 영역에 접근하기 위한 효율적이고 빠른 윈도우 슬라이딩을 목적으로 하고 있기 때문에 실험은  $context_{plate}$ 이진 분류기의 성능과 윈도우 슬라이딩의 횟수 측정으로 이루어졌다. 수평 방향에 대한  $a$ 값은 윈도우 너비의 1/10, 수직 방향에 대한  $a$ 값은 윈도우 높이의 1/10,  $d$ 값은 0.5로 설정하였으며, 실험 이미지와는 중복되지 않는 1200\*900 크기의 450장의 이미지에 대한 수행 결과는 다음과 같다.

### 5.1 $context_{plate}$ 이진 분류기의 성능

$context_{plate}$  이진 분류기의 역할은 현재 윈도우가 차의 번호판 근처 정보임을 정확히 검출해내는 것보다 윈도우가 차의 번호판 근처임을 어느 정도의 분별력을 가지고 판별해줌으로서 번호판 근처에 다다랐을 때 윈도우 슬라이딩의 속도를 줄여주는 것이다. 따라서  $context_{plate}$  이진 분류기가 어느 정도의 분별력을 가지고 실행된다면 번호판 근처가 아닌 영역에서는 큰 속도 값을, 번호판 근처에서의 영역에서는 작은 속도 값을 갖게 될 것이다. 따라서  $context_{plate}$  이진 분류기의 성능 및 신뢰성을 측정하기 위해 번호판 근처 영역에서의  $v_w$  값을 측정하였다.

표 1. 번호판 주위 영역에서의  $v_w$  값의 변화

윈도우 너비 ( $v_w$ 의 최댓값)	$v_w$ 의 범위	$v_w$ 평균	$v_w$ 분산
50	1 ~ 13	10.39	3.02
100	1 ~ 27	19.97	6.92
150	1 ~ 41	27.46	11.26

실험 결과를 보면 알 수 있듯이, 윈도우가 가장 빠르게 움직일 수 있는  $v_w$ 의 최댓값(윈도우의 너비)을 기준으로 보았을 때 번호판 근처 영역에서의  $v_w$  값이 '1~ $v_w$ 의 최댓값의 1/4' 까지 크게 줄어든것을 알 수 있다. 이는 곧 윈도우가 번호판 근처의 영역에 다다랐을 때  $context_{plate}$  이진 분류기가  $context_{plate}$  임을 판별하여 속도를 감속시킴으로서  $context_{plate}$ 로부터 신뢰성 있게 차량 번호판까지 윈도우가 촘촘히 이동할 수 있음을 의미한다.

### 5.2 윈도우 슬라이딩 수의 측정

1200\*900의 해상도를 가진 이미지에 대해 본 논문에서의 슬라이딩 기법을 번호판의 크기에 따라 적용하여 측정한 슬라이딩 수의 결과는 아래와 같다.

표 2.  $context_{plate}$  OCS 알고리즘 슬라이딩 결과

윈도우 크기	전체 픽셀 수	스캔 한 평균 픽셀 수	스캔 비율(%)	시간 (ms)
50*30	1,080,000	1088	0.10	0.171
100*40	1,080,000	694	0.06	0.088
150*60	1,080,000	501	0.04	0.083

실험 결과를 통해 알 수 있듯이 모든 픽셀들에 대해 윈도우 슬라이딩을 해야 하는 최악의 경우와는 달리, 본 논문에서 제시한  $context_{plate}$  OCS의 경우 전체 이미지의 0.1% 정도에 해당하는 수만개의 윈도우만 슬라이딩 하여도 번호판에 신뢰성 있게 접근이 가능하였다. <그림 5>의 점들은 슬라이딩 중인 윈도우의 왼쪽 상단 위치 좌표를 의미하는데 번호판 근처로 다다를수록 분류기가 주변 정보임을 판단하여 점들이 점차 촘촘히 찍히고 있음을 알 수 있다.



그림 5.  $context_{plate}$  기반의 윈도우 슬라이딩 실행화면

## 6. 결론

본 논문에서는 고화질의 이미지에 대한 번호판 검출에 대해서 번호판 정보에 대한 건너뛴 없이 신뢰성 있고 빠르게 번호판에 접근 할 수 있는 차량 주변 정보 기반의 OCS 알고리즘을 소개하였다. 번호판 주변 정보를 통해 학습된 분류기를 통해 실제 복잡한 도로 환경에 대해서도 차량 번호판에 빠른 속도로 윈도우 슬라이딩을 수행할 수 있었고, 차량 번호판을 실제로 검출하기 위해 필요한 후보 영역에 대한 접근을 신뢰성 있게 수행하고 있음을 보였다. 또한 도로 상의 번호판 데이터에 대한 확률적 모델링을 통해 탐색 공간을 줄임으로서 슬라이딩의 수를 효과적으로 줄일 수 있었다. 다만, SVM의 경우, 특징벡터의 차원이 커지면 SVM의 속도 및 성능이 저하될 수 있다는 점, 몇몇 복잡한 환경 상에서는 번호판의 주변 정보와 비슷한 다른 정보들이 많은 경우도 있어  $context_{plate}$ 가 비교적 많이 검출 될 경우도 있다는 점, 번호판 양쪽 주변이 모두 가려진 경우  $context_{plate}$ 를 찾기 어렵다는 점 등은 문제가 되었다.

## 참고논문

[1] I. Giannoukos, C.N.E. Anagnostopoulos, V. Loumos, and E. Kayafas, "Operator Context Scanning to Support High Segmentation Rates for Real Time License Plate Recognition," *Pattern Recognition*, Vol. 43, pp. 3866-3878, 2010.

[2] C.N.E. Anagnostopoulos, I.E. Anagnostopoulos, V. Loumos, and E. Kayafas, "License Plate Recognition Algorithm from Intelligent Transportation System Applications," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 7, No. 3, 2006.

[3] K. I. Kim, K. Jung, and J. H. Kim, "Color texture-based Object Detection: An Application to License Plate Localization," *Lecture Notes on Computer Science*, Vol. 2388, New York: Springer-Verlag, pp 293-309, 2002.

[4] T. D Duan, D. A Duc, and T. L. H Du, "Combining Hough Transform and Contour Algorithm for Detecting Vehicles' License-plates," *Proceedings of 2004 International Symposium on Intelligent Multimedia. Video and Speech Processing*, 2004.

[5] K. Deb, H. U. Chae, and K. H. Jo, "Vehicle License Plate Detection Method Based on Sliding Concentric Windows and Histogram," *JOURNAL OF COMPUTERS*, Vol. 4, No. 8, 2009.