

논문 2009-46SP-2-5

# 수리 형태론과 대칭성을 이용한 자동차 번호판 검출

## ( Vehicle License Plate Detection Based on Mathematical Morphology and Symmetry )

김진헌\*, 문제형\*, 최태영\*\*

(Jin Heon Kim, Je Hyung Moon, and Tae Young Choi)

### 요약

본 논문에서는 수리 형태론과 대칭성을 이용한 번호판 검출 방법을 제안한다. 일반적으로 번호판의 모양, 색상, 크기, 위치 등은 사람이 쉽게 인식할 수 있도록 규격화되어 있다. 특히, 번호판의 바탕과 문자의 명암은 큰 대조를 이루며 번호판을 기준으로 하여 좌우 영상은 대칭성을 갖고 있다. 먼저, 번호판 영역을 부각시키기 위해 번호판의 문자 간격 크기의 사각 형태소로 입력 영상의 열림과 붙임 영상을 구하고 두 영상의 차 영상을 얻는다. 둘째, 번호판 크기의 마스크를 사용하여 차 영상의 평균 필터링을 수행한다. 셋째, 평균 필터링 영상의 각 열의 최대값 그래프를 구한 후 대칭성을 계산한다. 넷째, 평균 필터링 영상의 피크들을 찾는다. 마지막으로 그래프에서 대칭성이 가장 큰 좌표의 언저리에 번호판이 있다는 가정 하에 번호판을 검출한다. 실험은 약 1,000장의 과속 단속 영상을 대상으로 수행하였으며, 약 93%의 검출률을 보였다.

### Abstract

This paper proposes a method for vehicle license plate detection using mathematical morphology and symmetry. In general, the shape, color, size, and position of license plate are regulated by authorities for a better recognition by human. Among them, the relatively big intensity difference between the letter and the background region of the license plate and the symmetry about the plate are major discriminating factors for the detection. For the first, the opened image is subtracted from the closed image to intensify the region of plate using the rectangular structuring element which has the width of the distance between two characters. Second, the subtraction image is average filtered with the mask size of the plate. Third, the column maximum graph of the average filtered image is acquired and the symmetry of the graph is measured at every position. Fourth, the peaks of the average filtered image are searched. Finally, the plate is assumed to be positioned around the one of local maxima nearest to the point of the highest symmetry. About 1,000 images taken by speed regulation camera are used for the experiment. The experimental result shows that the plate detection rate is about 93%.

**Keywords :** Vehicle Plate Detection, Mathematical Morphology, Symmetry

### I. 서론

차량 번호판 인식은 지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation System)의 한 구성 요소로 차량 번호를 효율적으로 인식하기 위해서는 번호판의 정확한 위치

검출이 요구된다.

기존의 대표적인 자동차 번호판 위치 검출 방법에는 Hough 변환을 이용한 방법<sup>[1]</sup>, 명암 벡터를 이용한 방법<sup>[2]</sup>, 컬러 정보를 이용한 방법<sup>[3]</sup>, 수리 형태론을 이용한 방법<sup>[4]</sup> 등이 있다.

Hough 변환을 이용한 방법은 이진화 영상에서 번호판의 수직과 수평 선분(line segment)을 찾는 방법으로, 선분 검출 시 번호판 영역이 손상되어 선분 검출이 어렵거나 번호판 이외의 영역에서 수직, 수평 선분이 많이 존재할 경우 이들을 분리해야하는 과제가 남아 있

\* 학생회원, \*\* 정회원, 아주대학교 정보통신대학 전자공학부

(School of Electrical and Computer Engineering, College of Information Technology, Ajou University)

접수일자: 2008년8월11일, 수정완료일: 2009년3월3일

다.

명암 백터를 이용한 방법은 이진화 영상에서 번호판 내의 문자 영역의 밝기 변동 횟수가 많다는 특징을 이용한 것으로 비교적 구현이 간단하고 노이즈에 강인하지만, 번호판 이외의 영역에서 밝기 변동이 심한 부분이 있으면 번호판을 잘못 검출할 가능성이 있다.

컬러 정보를 이용한 방법은 HSI (Hue, Saturation, Intensity) 모델을 사용하여 사전에 알고 있는 번호판의 색상 특성과 유사한 영역을 찾는 방법이다. 이 방법은 밝기와 색상 변화에 민감하기 때문에 조명의 변화에 의해 번호판 영역의 색상이 지나치게 밝거나 어두워진 영상에서는 검출률이 떨어질 수 있다.

수리 형태론을 이용한 방법<sup>[4]</sup>은 top-hat 변환 또는 bottom-hat 변환과 수리 형태론적 기울기(morphological gradient)를 이용하여 문자 영역을 부각시키고, 번호판의 크기와 형태 정보로 번호판 이외의 영역을 제거하는 후처리 과정을 거쳐 번호판을 검출한다.

본 논문에서는 번호판의 문자와 바탕의 명암차가 뚜렷하고, 번호판을 기준으로 좌우 영상이 어느 정도 대칭성을 갖는 특징을 이용하여 번호판을 검출하는 방법을 제안한다.

## II. 번호판 규격

번호판을 검출하기 위해서는 번호판의 규격을 이해하는 것이 중요하다. 현재 우리나라에서 사용되고 있는 번호판의 종류는 아래 표 1과 같이 5가지가 있으며, 용도에 따라 자가용과 사업용으로 구분된다. 사업용 번호판의 경우 번호판의 바탕이 노란색으로, 바탕이 녹색 또는 흰색인 자가용 번호판과 대별된다.

번호판을 크기에 따라 구분하면, 폭과 높이가 각각 (1) 335(폭)×170(높이)mm, (2) 335×155mm, (3) 520×110mm인 세 종류의 번호판이 있다.

번호판을 관찰하면 문자의 배치와 크기가 조금씩 다르다는 것을 알 수 있다. 문자 배치의 공통적인 특징은 일련번호 4자리가 있다는 것이며 번호판에 따라 추가적으로 지역 코드와 차량의 용도가 일련번호의 좌측 또는 상부에 위치한다.

단속의 법적 효력을 위해 차량의 주행 중 운전자와 번호판이 육안으로 인식 가능하도록 촬영되어야 한다. 실험에 사용된 영상은 시내 도로에 설치된 과속 단속 카메라에서 촬영된 것으로, 1024×1024의 8비트 그레이

스케일이다.

그림 1은 두 종류의 번호판에 대한 실험 영상의 픽셀 단위 규격 정보이다. 큰 문자의 두께, 폭, 높이는 각각 약 5, 20, 35 픽셀이고 문자 간격은 약 45~50 픽셀이다. 수리 형태론적 연산을 수행할 때 이러한 정보를 이용하여 형태소를 결정하게 된다.

## III. 기존의 수리 형태론적 방법

참고 문헌 [4]의 수리 형태론을 사용한 번호판 검출 알고리즘에서는 (1) 번호판 문자를 부각시키기 위해 그림 1의 하단 그림의 숫자 '5'에서 표시한 바와 같이 번호판 문자 두께와 비슷한 지름이 6픽셀인 원형 형태소를 사용하여 top-hat 변환 또는 bottom-hat 변환을 한

표 1. 번호판 규격

Table 1. Specification of Korean vehicle license plates.

용도	크기	모양
자가용	335×170mm	48기 4368
	335×155mm	3942764
	520×110mm	52가 3108
사업용	335×170mm	서울52 바 3108
	520×110mm	서울52바 3108

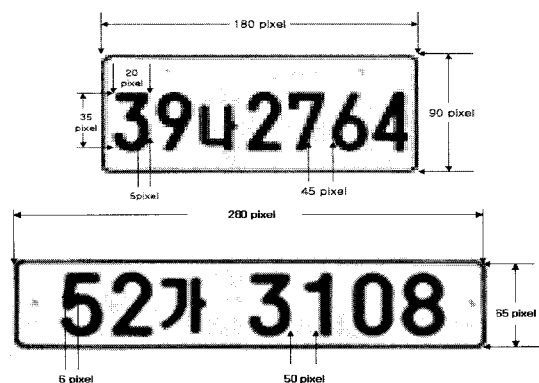


그림 1. 번호판 영상의 픽셀 단위 규격

Fig. 1. Specification of vehicle license plate of the speed control camera image in pixel units.

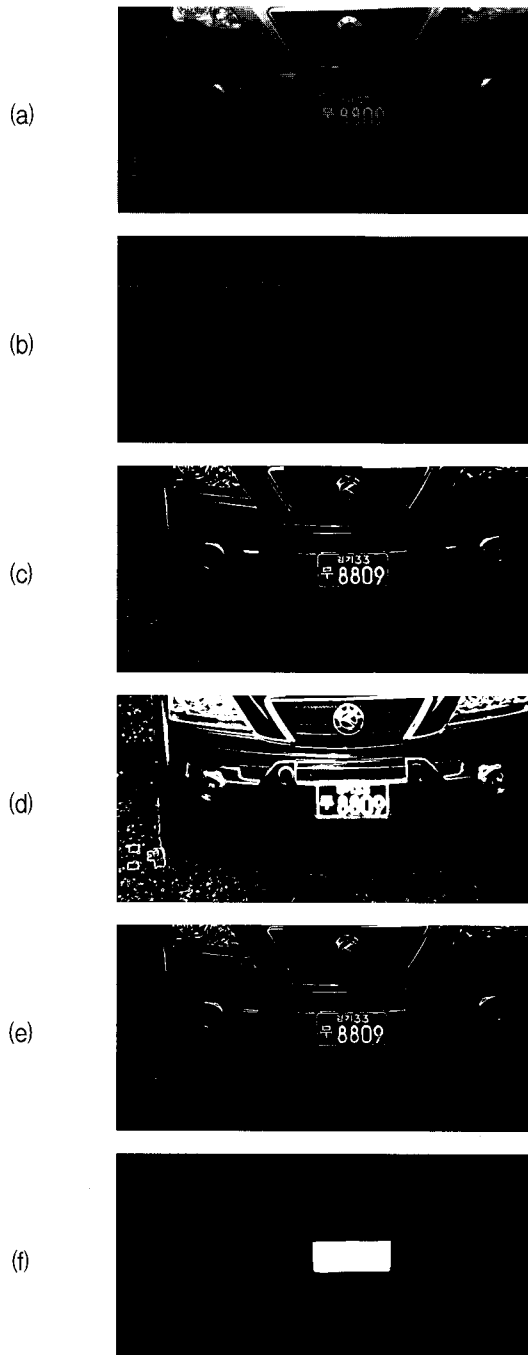


그림 2. 참고문헌 [4]의 수리 형태론을 이용한 번호판 검출: (a) 입력 영상, (b) Top-hat 변환 영상 (c) Top-hat 변환 후 이진화 된 영상, (d) 수리 형태론적 기울기의 이진화 영상, (e) (c)와(d)의 AND 연산 결과, (f) 후처리 후 결과 영상

Fig. 2. A license plate detection algorithm based on mathematical morphology in reference [4]: (a) Input image, (b) Top-hat transformed image, (c) Thresholded image (b), (d) Thresholded morphological gradient image, (e) AND operation of (c) and (d), and (f) result image after post processing.

후에 이진화하고, (2) 수리 형태론적 기울기인 불림과 녹임 영상의 차 영상을 구한 후에 이진화한다. (3) 위 (1)과 (2)에서 얻어진 두 이진 영상의 픽셀 단위 AND 연산을 수행한다. (4) AND 연산 결과 얻어진 영상을 수리 형태론적 녹임으로 일정 부분의 노이즈를 제거하고, 사전에 알고 있는 번호판의 가로 대 세로비와 크기 등을 고려한 후처리 과정을 통해 가장 근접한 후보를 번호판으로 결정한다. 이 방법은 번호판의 바탕에 비해 문자가 밝은 경우에는 top-hat, 어두운 경우에는 bottom-hat 변환을 선택해야 하는 문제점과, top-hat 또는 bottom-hat 영상과 수리 형태론적 기울기 영상의 이진화 과정에서 적절히 문턱치를 결정하지 못하면 번호판이 다른 영역과 붙거나 아예 번호판이 배경으로 처리되어 번호판 후보에서 제거되는 어려움이 있다. 그림 2는 위 (1)~(4)의 처리 과정을 보여 준다.

#### IV. 번호판 검출 알고리즘 제안

본 논문에서는 차량 영상의 기본적인 특징인 문자와 번호판 바탕의 큰 명암 차이와 번호판을 기준으로 한 좌우영상의 대칭성을 이용한 번호판 검출 알고리즘을 그림 3의 흐름도와 같이 제안한다.

##### 1. 불림(closing)과 열림(opening) 연산의 차

번호판의 바탕과 문자는 큰 밝기 차이를 가지며, 번호판 이외의 부분과 비교하여 국부적인 밝기 변화가 크다는 특징을 가지고 있다. 이러한 특징을 고려하여 번호판의 바탕이 밝고 문자가 어두운 것과 반대로 바탕이 어둡고 문자가 밝은 것의 두 번호판에 대하여 동시에 사용할 수 있는 수리 형태론적 불림과 열림 연산의 차( $f \ominus s$ )-( $f \odot s$ )를 입력 영상에 대하여 구한다. 이때 문자 간격 정도의 폭을 갖는 사각 형태소  $s(5(\text{높이}) \times 50(\text{폭}))$ 를 사용하였기 때문에 문자의 두께로 형태소의 크기를 결정한 기존의 방법<sup>[4]</sup>과 달리 검출 시 문자의 크기에 영향을 덜 받는 장점이 있다.

불림은 불림(dilation)과 녹임(erosion)을, 열림은 녹임과 불림을 순서대로 수행하는 것이므로 번호판 영상에 대해 위에서 언급한 사각 형태소  $s$ 를 사용하여 불림을 수행하면 번호판 영역의 값을 번호판의 바탕과 문자 중에서 밝은 값으로, 열림을 수행하면 어두운 값으로 바뀌게 된다. 결국 불림과 열림의 차 영상(불림-열림)은 번호판 영역이 번호판의 문자와 바탕의 밝기 차에 해

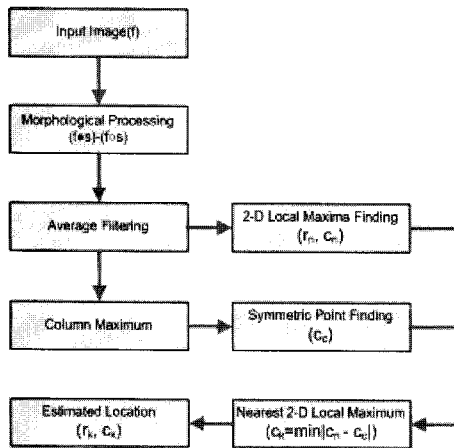


그림 3. 제안된 알고리즘의 흐름도  
Fig. 3. Flowchart of the proposed algorithm.

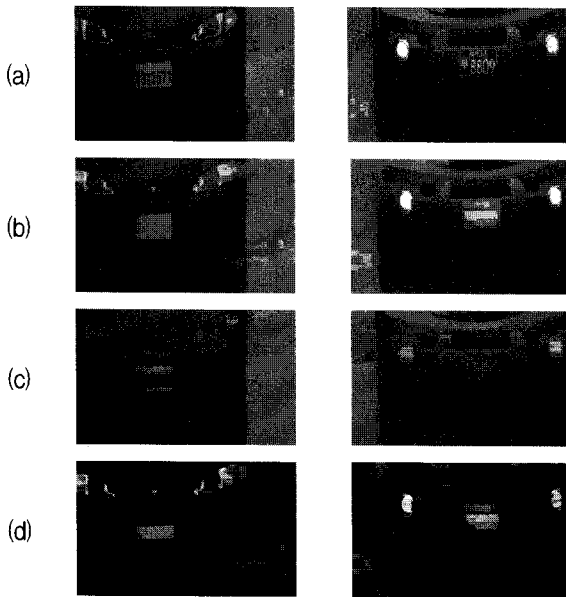


그림 4. 불임과 열림의 차: (a) 입력 영상, (b) 불임 영상, (c) 열림 영상, (d) 불임과 열림의 차 영상  
Fig. 4. Subtraction image of closing and opening: (a) Input image, (b) Closed image, (c) Opened image (d) Subtraction image ((b) - (c)).

당하는 값이 되고, 문자와 바탕의 밝기 차이가 큰 번호판 영역은 대략 번호판 크기의 밝은 사각형 모양으로 나타난다.

그림 4 (a)의 좌우 그림은 바탕과 문자의 밝기가 반대인 두 가지 번호판을 보여준다. 이들 각각에 대해서 불임, 열림, 불임-열림을 수행한 영상이 그림 4의 (b), (c), (d)이다.

## 2. 평균 필터링

그림 4 (d)에서 볼 수 있듯이 불임과 열림의 차는 번

호판 영역을 두드러지게 하는 효과가 있다. 그러나 번호판 영역 이외의 다른 밝은 영역(크기나 모양은 다소 번호판과 차이가 있음)도 나타나므로, 정합의 개념을 적용하여 번호판에서 문자가 차지하는 영역의 크기와 비슷한 사각 마스크(35×180)를 사용하여 평균 필터링을 수행하면 마스크와 비슷한 크기와 형태를 갖는 영역은 그렇지 않은 영역에 비해 필터링 후 신호 세기가 커지는 비율이 높다.

앞에서 수행한 수리 형태론적 연산으로 영상에서 번호판 영역이 부각되고(그림 4 (d)), 이 영상을 평균 필터링하게 되면(그림 5 (a)와 (c)), 필터 마스크와 정합되는 곳에서 산봉우리 형태의 등고선이 형성된다(그림 5 (b), (d)).

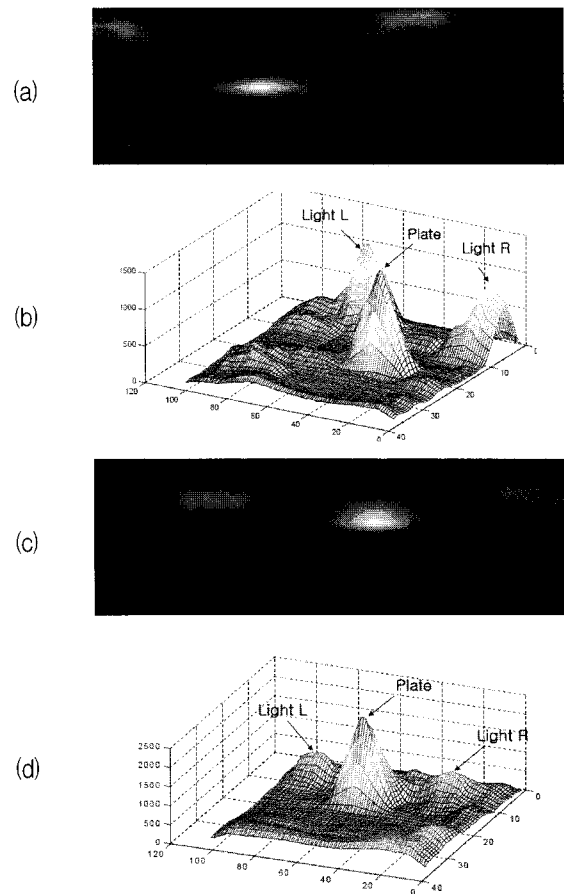


그림 5. 평균 필터링 영상과 3차원 그림 : (a) 그림 4 (d)의 좌측 평균 필터링, (b) (a)의 3차원 그림, (c) 그림 4 (d)의 우측 평균 필터링, (d) (c)의 3차원 그림

Fig. 5. Average filtered image and its 3D plot: (a) Average filtered image on the left image of Fig. 4 (d), (b) 3D plot of (a), (c) Average filtered image on the right of Fig. 4 (d), and (d) 3D plot of (c).

3. 대칭점과 피크 계산

3-1. 피크 계산

평균 필터링을 수행하면 번호판 영역이 밝게 나타나게 된다. 결국 이것은 번호판이 2차원 영상에서 국부적

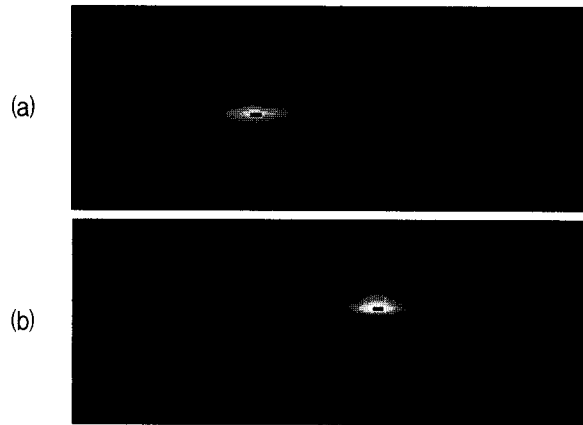


그림 6. 평균 필터링 영상에서 피크  
Fig. 6. Peaks in the average filtered image.

인 밝기 값이 최대가 되는 영역임을 의미한다. 영상에서 국부적으로 산봉우리의 밝기가 가장 큰 n개의 좌표 (m, cn)를 찾는다.

평균 필터링의 결과 영상은 공간적으로 상당히 부드러워져 있으므로 기울기 하강(gradient descent)<sup>[10]</sup> 방법을 사용하면 산봉우리 중심 부근에서 피크를 찾을 수 있다. 찾아낸 n개 피크 위치에서, 밝기값을 갖대로 피크 위치를 정렬한다.

그림 6에 찾아낸 피크 중에서 상위 3개를 표시하였다.

3-2. 열(column)별 최대값 그래프와 대칭점 계산

평균 필터링 영상  $f_{avg}(x, c)$  (그림 5 (a)와 (c))에서 각 열별로 최대값을 취하면 열 방향으로 본 산봉우리들의 능선을 어느 정도 나타낼 수 있다. 이러한 열별 최대값 그래프  $g(c)$ 를 식(1)과 같이 정의하자.

그림 5의 (b), (d)에서도 식 (1)에 의한  $g(c)$ 가 산봉우리능선을 따라 그 높이를 취한 결과가 됨을 알 수 있다.

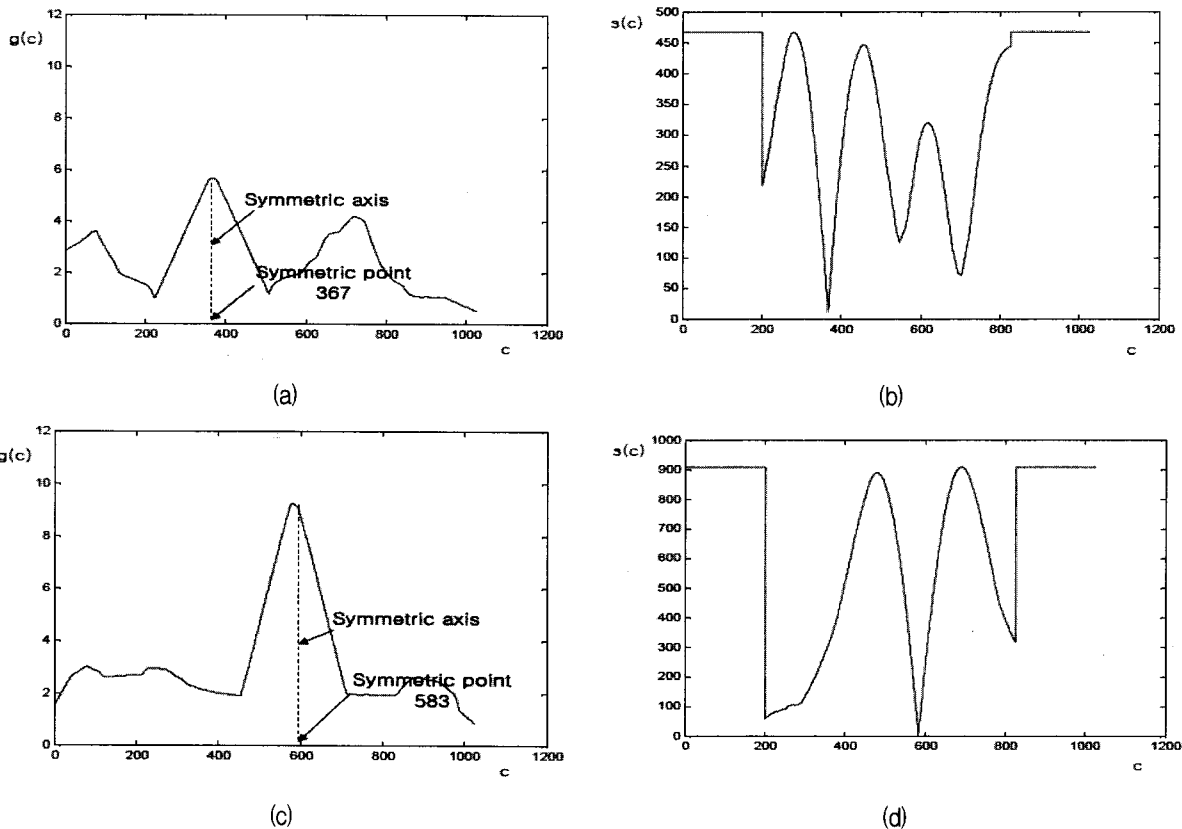


그림 7. 열별 최대값 그래프와 대칭점: (a) 그림 5 (a)의 열별 최대값  $g(c)$ , (b) (a)의  $s(c)$ , (c) 그림 5 (c)의 열별 최대값  $g(c)$ , (d) (c)의  $s(c)$   
Fig. 7. Column maximum graph and its symmetric point: (a) Column maximum  $g(c)$  of Fig. 5 (a), (b)  $s(c)$  of (a), (c) Column maximum  $g(c)$  of Fig. 5 (c), and (d)  $s(c)$  of (c).

$$g(c) = \max_{1 \leq r \leq 512} f_{avg}(r,c), 1 \leq c \leq 1024 \quad (1)$$

이  $g(c)$  그래프에서 이동 창의 구간  $2W$  범위 내에서 식 (2)를 계산하면 좌우 대칭성이 클수록 상대적으로

작은 값을 가질 것이다. 번호판 영역은 차량의 전면 중앙에 위치하도록 규제되어 있어  $g(c)$  그래프에서 번호판 가운데를 기준으로 좌우의 일정 구간에서 대칭성을 보이기 때문에,  $s(c)$ 가 최소로 되는 점을, 즉, 대칭점을 번호판의 중심부의 열좌표로 추정할 수 있을 것이다.

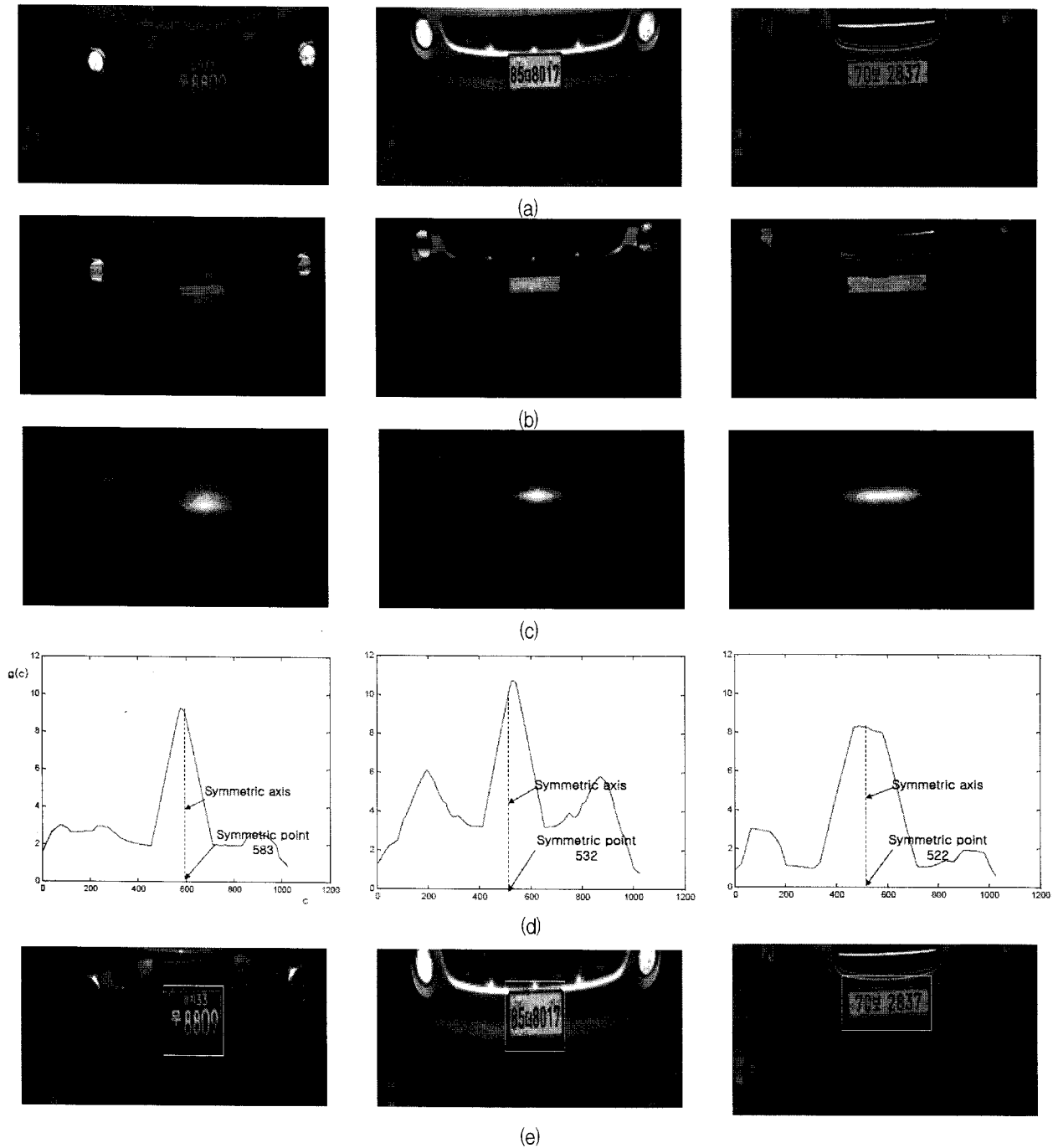


그림 8. 제안한 방법에 의한 번호판 검출 예. (a) 원 영상, (b) 수리 형태론적 연산을 수행한 영상, (c) 평균 필터링 후의 영상, (d) 평균 필터링 영상의 열별 최대값 그래프, (e) 검출된 번호판 영상

Fig. 8. Detection examples for 3 kinds of vehicle number plates using the proposed method. (a) Original images, (b) Difference images:  $(f \bullet s) - (f \circ s)$ , (c) Average filtered images (b), (d) Column maximum graph of the images (c), and (e) Detected license plates marked with rectangles.

$$s(c) = \sum_{k=1}^w |g(c+k) - g(c-k)|, W < c < 1024 - W \quad (2)$$

그림 7 (a), (c)는 그림 5 (a), (c)의 열별 최대값을 구한 그래프  $g(c)$ 이고, 그림 7 (b), (d)는 식 (2)에 의한 그래프  $s(c)$ 이다. 그림 7 (a), (c)에 나타난 점선으로 나타낸 대칭축은 그림 7 (b), (d)에서 구한 최소값에 해당하는 대칭점을 지나는 수직선을 나타낸 것이다. 여기서, 식(2)의 대칭성을 계산하는 창의 크기는 양 전조등의 간격보다 조금 작은 400 픽셀 정도로 하였다( $W=200$ ).

4. 번호판 위치 추정

마지막으로, 번호판 위치는  $n$ 개의 피크 중에서 열별 최대값 그래프에서 계산한 대칭점과 가장 근접한 피크의 열좌표  $ck$ 에 해당하는 산봉우리 좌표 ( $rk, ck$ )를 번호판의 중심좌표로 추정한다.

V. 실험 환경 및 결과

실험은 PC 환경에서 MATLAB을 사용하여 구현하였다. 실험을 위해 과속 단속 카메라에서 촬영된 픽셀 해상도 1024× 1024의 8비트 그레이 스케일 영상의 하반부 512×1024가 사용되었다. 이는 도로상에 설치된 카메라로 촬영된 영상은 차량이 도로상의 위치 감지 센서를 통과할 때 촬영되므로 항상 번호판이 영상의 하반부에 존재하기 때문이다.

현재 국내에 인가된 3가지 형태의 번호판을 대상으로 성능 평가를 수행하였다. 그림 8은 실험 결과의 일부를 보인 것으로 수리 형태론적 연산(불임 - 열림)과 평균 필터링을수행한 후에 그림 8(c)에서와 같이 번호판 영역이 부각되었음을 확인할 수 있었으며 그림 8(d)에서와 같이 추출한 열별 최대값 그래프가 대칭을 이루고 있어 대칭점 계산을 통해 대칭점과 가장 가까운 피크의 좌표를 번호판으로 가정하여 번호판을 검출할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 방법은 번호판 영역의 명암차를 이용한 것으로 모든 처리 과정이 그레이스케일 영상에서 이루어지므로 이진화로 인한 문턱치 결정 문제는 없다. 실험에는 1,000장의 영상이 사용되었으며 약 93%의 검출률을 보였다.

이 실험 영상 1,000장에 대하여, 기존의 수리 형태론적 방법<sup>[4]</sup>을 적용한 결과 그 논문에서 제시한 95%보다

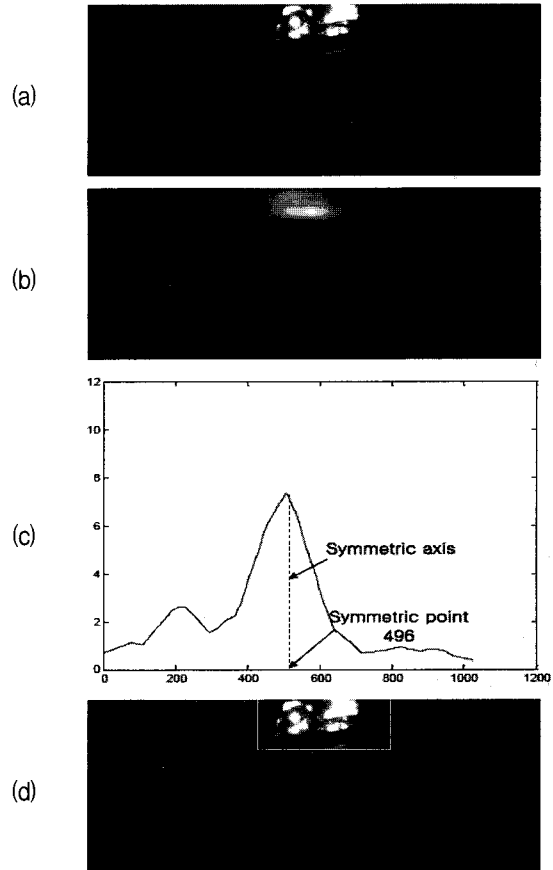


그림 9. 잘못된 번호판 검출의 예 :

- (a) 입력 영상, (b) 평균 필터링 영상,
- (c) 열별 최대값 그래프, (d) 검출 결과

Fig. 9. An example of incorrect detection: (a) Input Image, (b) Average filtered image, (c) Column maximum graph, and (d) Erroneous result.

훨씬 낮은 70%이내의 낮은 검출률을 보였다. 이는 이 참조 논문에서 사용한 영상의 전처리 부분의 설명이 명확하지 않아 동일하게 구현할 수 없었을 뿐만 아니라, 실험 영상에 상당수의 불량 영상 (기상, 조명, 이물질 등의 영향으로 인한 영상의 훼손)이 포함되어있기 때문으로 판단된다.

그림 9의 예에서 차량의 한쪽이 너무 많이 잘려 열별 최대값 그래프의 대칭점이 전조등 근처에서 얻어지는 경우에는 번호판을 제대로 검출할 수 없었다.

차량 영상이 잘려나가는 문제는 카메라의 시야각의 크게 하거나, 도로 구조물을 차선 위에 설치하여 차량이 차선을 지켜 주행하도록 강제한 곳에 카메라를 설치하는 방법 등의 시스템적 접근 방법으로 해결할 수 있을 것이다.

VI. 결 론

본 논문은 과속 단속 카메라에서 촬영된 차량 영상을 대상으로 번호판 영역을 검출하는 연구이다.

본 논문에서는 기존의 수리 형태론적 방법<sup>[4]</sup>과 달리 특별한 전처리 과정을 사용하지 않고 번호판의 문자와 바탕의 명암차가 뚜렷하다는 점을 이용하여 수리 형태론적 불임과 열림 연산의 차로 번호판을 부각시키고, 번호판을 기준으로 좌우 영상의 대칭성을 이용하여 효과적으로 번호판을 검출할 수 있었다.

본 논문의 근본 원리상 좌우 대칭성이 상실된 영상(차량의 한쪽이 많이 잘린 경우)은 번호판 검출이 어렵다. 따라서 추정된 번호판내의 문자의 존재 여부에 따라 제 2, 제 3의 번호판 후보 영역(다른 산봉우리)을 다시 정하는 등의 방법으로 검출률을 보다 높일 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Ming G. He , Alen L. Harvey, Thurai Vinay, "Hough Transform in Car Number Plate Skew Detection," *International Symposium on Signal Processing and Its Application*, vol.2, pp.593-596, August 1996.

[2] 김숙 외, "명암 벡터를 이용한 차량 번호판 추출 알고리즘," *정보과학회 논문지*, vol.4, pp.111-117, April 1998.

[3] 김병기, "명암변화와 칼라정보를 이용한 차량 번호판 인식," *한국 정보처리학회 논문지*, vol.6, No.12, December 1999.

[4] Humayun K. Sulehria, Ye Zhang, Danish Irfan, "Mathematical Morphology Methodology for Extraction of Vehicle Number Plates," *International Journal of Computers*, Issue 3, Vol. 1, 2007.

[5] 전영민, 차정희, "차량번호판 색상 모델에 의한 번호판 영역분할 알고리즘," *전자공학회 논문지*, vol.43, No.2, March 2006.

[6] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins, "Digital Image Processing using MATLAB", *Prentice-Hall*, pp.337-350, 2004.

[7] T. Natio, "License Plate Recognition Method for Inclined Plates Outdoors," *International Conference on Information Intelligence and Systems*, pp.304-312, 1999.

[8] C. A. Rahman, W. Badawy, A. Radmanesh, "A Real Time Vehicle's License Plate Recognition

System," *IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, pp.163-166, 2003.

[9] Shyang-Lih Chang, Li-Shien Chen, Yun chung Chung, and Sei-Wan Chen. "Automatic License Plate Recognition," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, vol.5, pp.42-53, March 2004.

[10] Jan A. Snyman. "Practical Mathematical Optimization: An Introduction to Basic Optimization Theory and Classical and New Gradient-Based Algorithms", *Springer Publishing*, 2005.

저 자 소 개



김진현(학생회원)  
2006년 청주대학교 전자공학과 학사 졸업.  
2008년 아주대학교 전자공학과 석사 졸업.  
<주관심분야: 영상신호처리, 패턴인식>



문제형(학생회원)  
2001년 아주대학교 전자공학과 학사 졸업.  
2003년 아주대학교 전자공학과 석사 졸업.  
2007년 9월~현재 아주대학교 전자공학과 박사 과정.

<주관심분야: 영상신호처리, 패턴인식>



최태영(정회원)  
1974년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.  
1978년 서울대학교 전자공학과 석사 졸업.  
1982년 Aix-Marseille 3 대학 박사 졸업

1983년~아주대학교 전자공학부 교수  
<주관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터비전>