

# 자동차 번호판 자동 인식 시스템의 개발

박 진우, 황 영환, 최 환수  
명지대학교 공과대학 전기전자공학부

## Development of an Automatic Vehicle License Plate Recognition System.

°Zinwoo Park, Younghwan Hwang, and Hwansoo Choi  
School of Electrical Engineering, Myongji University

### Abstract

This paper presents an enhanced preprocessing and recognition algorithm for automatic vehicle license plate recognition system. The algorithm first applies horizontal gradient filter followed by thresholding and mathematical morphology operation for preprocessing. The final stage of the preprocessing is the application of connected component analysis in order to estimate the license plate region. For the recognition of the serial numbers of the plates, we developed a very effective algorithm. We call this zerocrossing count algorithm. This paper presents a detail of this algorithm and compare the performance with a template matching algorithm which utilizes correlation coefficient.

### 1. 서론

산업발전과 경제성장에 따라 교통량이 급속도로 증가하고 있는 지금, 차량관리를 위한 많은 방법과 제도가 제시되고 있지만 인력낭비 및 관리의 어려움은 그대로 남아 있다. 그로 인하여 여러분야별 요구조건에 따라 주차장 출입관리, 수배차량 검거를 위한 차량관리시스템의 개발이 절실하고 이 분야에 대한 연구가 몇몇 대학과 민간기업을 중심으로 현재 진행되고 있다.

1980 년도 말부터 차량번호판 추출 및 인식에 대한 연구가 본격화 되면서 몇몇 연구발표[1,2]가 있었지만 당시의 시스템 처리 능력과 경제적 여건으로 인하여 실시간에 많은 양을 처리할 수 있는 차량관리시스템 개발이 다소 어렵거나, 개발했다 하더라도 고가의 하드웨어에 의존해야 했다.

본 논문은 비교적 저가의 DSP 전용칩을 사용하여 차량번호판 인식이 가능한 알고리즘을 제시한다. 또한 본 연구는 차량관리시스템의 핵심이 되는 자동차 번호판 인식에 관한 것으로서 연결요소분석법에 의한 번호판 위치추출[3]과 zerocrossing count 방법에 의한 인식을 제안하며 상관계수를 이용한 정합법[4], 그리고 두가지 방법을 병합한 인식방법의 비교실험도 함께 하였다. 본 연구의 특기할 사항은 번호판 위치의 추정을 위해 수평 gradient 여과를 사용하여 얻은 수직 테두리 영상만을 사용함으로써 영입용과 자가용에 구애받지 않고 추출, 인식해 낼 수 있다는 것이다.

### 2. 차량 번호판 특성

일반 승용차의 번호판은 영입용, 자가용으로 구분되어 있으며 색깔은 서로 다르지만 일정비율로 지역부, 작은 숫자, 용도를 표시하는 용도부, 4개의 큰 숫자로 구성된 일련번호부 구성되어 있다[5]. 번호판 제작소에 따라 글꼴과 획의 크기가 약간의 편차가 있지만 규격에서 크게 벗어나지는 않는다. 그림 1은 실제 자가용 자동차의 번호판의 한예이다. 개정된 번호판도 일정한 비율의 규격을 가지고 있다. 특히 일련번호부의 숫자부가 더 큰 길이

를 가지므로 인식이 훨씬 용이하다.

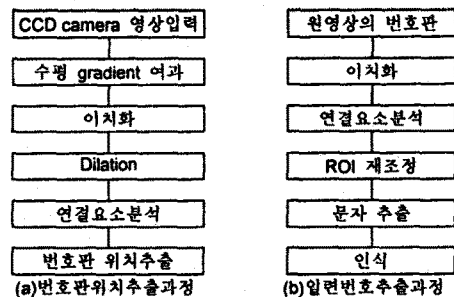


그림 1. 차량번호판

### 3. 전처리

#### 3.1 영상처리

본 논문에서 제안하는 시스템의 전처리 과정에서는 취득한 번호판 영상에 수평 gradient 여과, 이치화, dilation 에 의한 문자영역 강조[3] 등을 적용하는데 차량영상에서 번호판을 찾기 위한 전처리 첫번째 과정과 그 후부터 인식 직전까지의 전처리 두번째 과정으로 나누어서 처리하였다. 번호판 인식을 위한 두단계의 전처리 과정은 그림 2와 같다.



(a)번호판위치추출과정

(b)일련번호추출과정

그림 2. 전처리

#### 3.2 번호판 위치 추출

##### 3.2.1 수평 gradient 여과 및 이치화

자동차 번호판 문자부는 다른 부분에 비해 윤곽선의 수직성분이 매우 강하므로, 윤곽선의 수직성분을 추출하기 위하여 그림 3의 컨볼루션(convolution)마스크를 사용하였다. 이 마스크는 1x3 gradient 연산자이며 1x2 대신 1x3 연산자를 사용한 이유는 비교적 노이즈에 강하기 때문이다. 또한 3x3 수평소벨여과와 비교 실험한 결과, 수직방향의 접합 분리도 면에서 1x3 마스크가 우수했으며 윤곽선 추출 역량은 큰 차이가 없었다. 그림 4는 원영상이고 그림 5는 수평 gradient 여과 결과의 한 예를 보여준다.

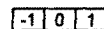


그림 3. 윤곽선 추출에 사용한 수평 마스크



그림 4. 원영상

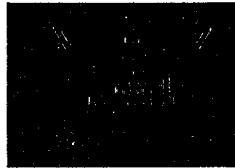


그림 5. 수평 gradient 여과 후 영상

이차원 영상에서 좌표  $(x,y)$ 에서의 화소값을  $f(x,y)$ 라고 표현하고 이치화를 위한 임계값을  $T$ 라고 하면 결과값  $g(x,y)$ 는 식(1)과 같이 나타낸다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

수평 gradient 여과 후의 영상을 효과적으로 이치화하기 위하여 non-parametric 방법인 Otsu 알고리즘[6]을 사용하였다.

### 3.2.2 Dilation

Dilation 기법은 수리형태학[7]의 기본연산중의 하나로서 구성소에 의한 물체의 팽창효과를 가져온다. 집합  $A$ 와  $B$ 가 있고  $\phi$ 를 공집합이라 하면  $B$ 에 의한  $A$ 의 dilation은  $A \oplus B$ 로 표현하고 식(2)와 같이 정의된다.

$$A \oplus B = \{x | (B')_x \cap A \neq \phi\} \quad (2)$$

여기서  $B'$ 은  $B$ 의 reflection을 의미한다. 번호판 문자영역에서 문자간 화소간격보다 수평 gradient 여과된 각 문자획의 윤곽선 사이의 간격이 좁기 때문에 dilation 과정을 거치게 되면 문자들이 강조되어 나타난다[3]. 그림 6은 이치화된 그림 5의 영상에 dilation을 적용한 결과를 보여 준다. 문자간의 상호 결합을 피하고 또한 번호판 장식물들에 의한 잡음과의 결합도 피하기 위한 구성요소로서  $1 \times 3$ 이 가장 적합하였다.



그림 6. dilation 된 영상

### 3.2.3 연결요소분석법에 의한 번호판 위치추출

Dilation 된 결과영상을 가지고 번호판 위치를 추출하기 위해서 연결요소분석법(connected component labeling algorithm[8])을 사용하였고 입력영상에서 번호판의 크기가 어느 정도 일정하다는 전제하에 처리하였다. 연결요소분석을 하는 과정에서 일련번호 숫자부의 크기에 비해 너무 작거나 큰 물체는 삭제되고 ROI(Region of Interest)는 전체영상에서 자동차 번호판 규격 조건에 의해 번호판일 확률이 높은 곳에만 결정된다. 그런데 그림 7과 같이 일련번호문자가 아닌 물체들이 일련번호문자일 수도 있는 확률을 가지고 남아 있을 가능성이 있으므로 다음의 알고리즘을 적용하여 이들을 삭제해 나간다.



그림 7. 연결요소분석 후 남은 물체들

(7) 수직축에 대해 각 물체들의 수평중심선과 다른물체의 수

평중심선이 일치하는 갯수가 하나인 물체들은 삭제한다.

(L) 남아있는 물체들을 가지고 식(3)에 의해 원점에 대한 물체들의 무게중심을 구한다.

$$M(x,y) = M\left(\left\{\sum_{i=0}^N x_i\right\} / N, \left\{\sum_{i=0}^N y_i\right\} / N\right) \quad (3)$$

여기서  $x_i, y_i$ 는  $i$  label을 가진 물체의 중심좌표,  $N$ 은 label된 물체들의 갯수,  $M(x,y)$ 는 무게중심이다.

(C) 식(4)에 의해 무게중심으로부터 각 물체들간의 inter variance 값을 구한다.

$$IV = \left( \sum_{i=0}^N \left| \frac{\sqrt{x_i^2 + y_i^2} - \|M\|}{\sqrt{x_i^2 + y_i^2}} \right| \right) / N \quad (4)$$

(E) IV의 크기가 0.1(실험적으로 일련번호들 외에 1개 이하의 물체가 전체영상에 남아 있을 최적확률을 나타내는 수치)이하가 되면 남아있는 물체들의 중심선이 가장 많이 일치하는 곳을 번호판의 수평위치로 가정하고 수직위치는 수평위치의 중심선이 일치하는 첫문자를 기준으로 비례적으로 수직위치를 추출하게 된다. IV의 크기가 0.1 이상이면 무게중심으로부터 가장 먼 물체 하나를 제거한 후 다시 (7)에서 부터 반복한다.

원영상에서 번호판이 추출이 되면 번호판 영상만을 가지고 다시 두번째 전처리 과정으로 넘어 간다. 그림 8은 성공적으로 번호판 부분만 추출해 낸 결과의 한 예를 보여 준다. 본 연구에서는 번호판 인식의 첫단계로서 일련번호(4자리 숫자)만을 우선 인식하기 위해 번호판영역을 다소 작게(번호부를 포함하는 사각형) 설정하였다.

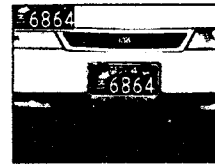


그림 8. 성공적으로 추출된 번호판

### 3.3 일련번호 추출

추출된 번호판 영상의 이치화 과정에서도 역시 Otsu 알고리즘을 사용하였다. 그림 9는 한 샘플영상의 히스토그램이고 그림 10은 설정된 ROI 내부에서의 이치화 결과이다.



그림 9. 히스토그램



그림 10. 이치화된 번호판

이치화 후 번호판의 위치로 추정되는 ROI에 다시 연결요소분석법을 적용하여 일련번호부분만 추출하는 과정[9]을 거친 후 이를 인식을 위한 알고리즘에 넘겨 준다. 그림 11은 인식단계로 넘어가기 바로 전의 영상의 한 예를 보여 준다.



그림 11. 전처리 후 영상

## 4. 인식

### 4.1 Zero crossing count 방법에 의한 인식

#### 4.1.1 인식을 위한 전처리

전처리단계에서 추출한 번호판 일련번호들의 인식을 용이하게

하기 위하여 인식 직전에 평균화 과정, median 여과 과정과 세션화 과정[10]을 적용하였으며, 문자를 bilinear interpolation 을 사용하여 40×48 로 평균화 시켰다. Median 여과는 3×3 마스크를 사용하여 일련번호들의 잡영이나 sharp edge 를 줄일 뿐만 아니라 각 숫자의 끊어진 부분을 연결하는 효과를 위해 적용하고 세션화 과정은 인식정확도를 높이기 위하여 적용하였다. 그림 12 는 전처리 과정의 한 예를 보여 준다.

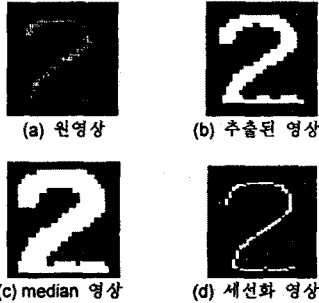


그림 12. 인식직전의 전처리 과정

#### 4.1.2 일련번호부 인식

본 연구에서는 일련번호부의 숫자만을 인식하기 위해 인식정확도와 속도면에서 우수한 zerocrossing count 방법을 소개한다.

제안하는 방법은 숫자의 다른 문자에 적용할 경우의 인식율면에서는 실험을 거친 단계는 아니지만 0-9 까지의 숫자인식에서는 타방법에 비해 우수함을 확인하였다.

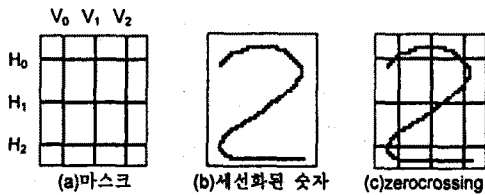


그림 13. Zerocrossing count 인식방법

그림 13 은 제안하는 zerocrossing count 방법을 보여 준다. 우선 그림 13(a)와 같이 평균화된 숫자를 둘러싸는 bounding box 내에 수평 및 수직으로 각 3 개의 투영선  $H_0, H_1, H_2$  와  $V_0, V_1, V_2$  를 적정한 위치에 산정한다. 일련의 실험결과로부터 얻은 최적의 위치는 표 1 과 같다.

	$V_0$	$V_1$	$V_2$
$H_0$			
$H_1$			
$H_2$			

	$H_0$	$H_1$	$H_2$
수평 위치	8	20	32
수직 위치	8	24	30

표 1. 40×48 로 평균화한 투영선의 수평, 수직위치

인식방법은 각 투영선이 숫자의 획을 거쳐 지나가는 횟수를 가지고 인식하며 식별 단계는 두 단계로 나눈다.

첫째,  $H_0, H_1, H_2$  가 가지고 있는 수평축 정보를 이용하고 만약 수평정보가 같을 때 두번째로,  $V_0, V_1, V_2$  가 가지고 있는 수직축 정보를 이용한다. 예를 들어 그림 13(c)에서,  $V_0$  가 숫자 '2'의 획을 세번 거치기 때문에  $V_0$  은 3 이라는 값을 가지고  $H_0$  는 두번 거치기 때문에 2 라는 값을 가진다. 이 결과로 얻은 각 숫자들이 획을 거쳐 지나가는 횟수(zerocrossing count)의 특성을 표 2 에 나타내었다. 각각 구해진  $H_0, H_1, H_2$  와  $V_0, V_1, V_2$  의 값을 가지고 숫자를 인식하는데 그 과정은 결정 트리(tree)구조로 이루어져 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 회전에 민감하다는 단점이 있으나 번호판의 회전이  $\pm 3^\circ$  정도 이내라면 큰 문제없이 적용될 수 있었다. 뿐만 아니라 다소 왜곡된 번호의 zerocrossing count 정보도 학습을 통해 데이터베이스에 입력함으로써 작은 왜곡과 획이 끊어진 숫자도 인식이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 표 2 의 크기는 학습에 따라 가변적이다.

수직축 정보			수평축 정보			인식 숫자
$H_0$	$H_1$	$H_2$	$V_0$	$V_1$	$V_2$	
0	1	0	*	*	*	1
0	2	0				
4	3	4	*	*	*	8
2	3	4	*	*	*	3
1	2	3	*	*	*	4
3	3	4	2	1	1	3
			1	1	2	
			2	2	2	8
2	2	1	2	1	2	
			1	1	1	7
			1	2	1	4
2	3	3	2	1	1	2
			2	1	2	3
			1	1	2	
			1	2	2	6
			2	2	1	9
			1	2	1	5
3	3	3	1	1	1	2
			1	1	2	
			1	1	1	5
			1	2	1	
			1	2	2	6
			2	2	1	9
2	2	2	2	2	2	0
			2	1	1	2
			1	2	1	4
			2	2	1	
			1	1	1	7
			1	1	1	7
1	2	2	1	2	1	4
			2	2	1	
			1	2	2	6
			2	2	1	9
			1	1	2	5
			1	1	1	
3	3	2	2	1	1	2
			2	1	1	2
			2	1	2	3
			1	2	2	6
			2	2	1	9
			1	1	2	5
4	3	3	1	1	1	5
			1	2	1	
			2	*	2	8
			2	2	1	9
			1	2	1	4
			1	1	1	7
1	2	1	2	2	1	4
			2	2	1	
			1	1	1	7
			2	1	1	3
			2	1	2	
			1	1	2	5
2	2	3	1	1	1	5
			1	1	2	
			1	1	1	2
			1	2	2	6
			1	2	1	4
			2	2	1	9

표 2. Zerocrossing count 수직 수평 정보

#### 4.2 정합법을 사용한 인식

정합법을 사용한 숫자인식은 널리 알려진 바와 같이 상관계수(correlation coefficient)를 사용하여 미리 저장해 놓은 숫자 모델(template)와 정합하여 인식하는 방법이다[4].

정합법은 잡영에 비교적 강한 반면, 속도가 다소 느리다는 단점이 있다. 구현 알고리즘은 다음과 같다. 먼저, 전처리결과로 추출된 일련번호들에 각각 최소 bounding box 를 씌운다. 최소 bounding box 크기를 template 크기와 같은 크기로 평균화한다. 그런 다음 각각의 번호에 대해서 0-9 까지의 template 를 모두 정합한 다음 상관계수값이 가장 큰 template 를 선택한다. 이 방법은 차량의 번호판 취득상태에 따라 일련번호들의 크기가 다르

다 하더라도 좋은 인식율을 보였으며  $\pm 3^\circ$  이내의 회전에 대해서도 상당한 인식율을 보였다. Template 획득방법은 취득한 차량영상의 일련번호를 더하여 평균하였다. 단, 번호판의 상태가 많이 변형된 것이나 번호가 훼손된 것들은 template 대상에서 제외하였다.

### 4.3 두가지 방법 병합

Zero-crossing count 방법은 잡영에 비교적 약한 반면 인식율이 높고 인식 속도가 빠른 장점이 있으며 정합법은 잡영에 강한 반면 일련번호부분의 폰트에 따라 인식의 정확도가 낮고 인식 속도가 느리다는 단점이 있음을 관찰하였다. 그러므로 본 논문에서는 두방법의 장점을 병합하여 인식실험을 하였다.

병합방법은 정합법을 적용하여 오인식 하는 경우 zero-crossing count 방법을 적용하였다. 오인식 확률을 판정하는 기준은 10 개의 상관계수값들 중 최대값과 그 다음 최대값의 차이가 적을 경우이다.

## 5. 실험 및 구현

### 5.1 실험환경

실험을 위한 영상은 삼성 캠코더 SV-H33 를 사용하여 촬영한 차량 영상을 DT-2867LC(frame grabber)를 사용하여 디지털영상으로 전환하였다. 취득한 영상은 8-bit 화소로서  $640 \times 480$  해상도를 가졌으며 pcx 그래픽 형태로 저장, 활용하였다. 모든실험은 PC486DX4-100 과 DSP 영상보드(FARA MVB-02)에서 하였으며 실험영상은 150 개를 사용하였다.

### 5.2 실험 결과

본 논문의 실험 결과를 표 3 과 표 4 에 나타내었다. 실험영상 150 개 중에서 zero-crossing count 방법으로 전체 인식율 93.3%, 정합법으로 89.3%, 그리고 두가지를 병합한 방법으로 97.3%의 인식율을 얻었다. 실험 과정에서 각 알고리즘의 성능은 전처리의 성공율, 번호판제작성의 일괄적이지 못한 폰트의 모양 그리고 번호판의 회전에 다소 영향을 받음을 관찰할 수 있었다. 표 4 는 문자추출이 성공하였을 경우 0-9 까지의 각 숫자에 대한 인식율을 보여주는데 표 3 의 대한 인식율에 비교하여 비교적 인식율이 높은 이유는 일련번호부 4 개의 숫자중 1 개라도 인식하지 못한 경우는 번호판을 인식하지 못한것으로 간주했기 때문이다.

구분	번호판 추출성공	Zero-crossing count	정합법	두가지 방법 병합
실험영상 150 개	147 개	140 개	134 개	146 개
전체 인식율	97.7%	93.3(95.2)%	89.3(91.2)%	97.3(99.3)%

표 3. 인식율 및 처리시간(괄호안은 번호판 추출이 성공하였을 경우의 인식율)

번호판 숫자	전체개 수(개)	Zero-crossing count		정합법		두가지 방법 병합	
		인식수 (개)	인식율 (%)	인식수 (개)	인식율 (%)	인식수 (개)	인식율 (%)
0	46	45	97.8	46	100	46	100
1	48	48	100	48	100	48	100
2	88	84	95.5	88	100	88	100
3	48	46	95.8	48	100	48	100
4	58	57	98.3	57	98.3	58	100
5	48	48	100	47	97.5	47	97.5
6	75	74	98.7	64	85.3	75	100
7	58	58	100	58	100	58	100
8	60	60	100	55	91.7	60	100
9	59	59	100	59	100	59	100

표 4. 각 숫자에 대한 인식율

## 6. 결론

본 논문은 실시간 환경에서 차량번호판을 추출, 인식하는 알

고리즘을 제안하였다. 제안된 번호판 추출알고리즘은 열악한 조 명환경에 의한 이치화의 문제를 해결한다면 번호판 추출성공율을 기존 방법에 비해 크게 향상시킬 수 있음을 보여주었다. 앞으로 보다 완벽한 실시간 처리를 위한 일련번호의 인식시간을 줄이기 위하여 KL-변환과 웨이블릿변환을 이용한 인식알고리즘을 연구 중에 있다. 또한 일련번호부 숫자 4 개의 정확한 위치추출이 가능하여 번호판의 용도부와 지역부분자의 위치도 정확히 추출할 수 있으므로 이들 문자의 인식도 현재 연구가 진행 중이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Automatic Numberplate Recognition System - Technical Documentation, Computer Recognition System, Inc., 1990
- [2] 전 병태, 윤 호섭, "컴퓨터 영상처리를 이용한 차량번호 추출 방법," 전자공학회지, Vol 30, No B-6, pp. 92-101, 1993.
- [3] 황 영환, 박 진우, 최 환수, "자동차 번호판 자동인식에 관한 연구," 신호처리 합동학술대회 논문집, Vol 7, No.1, pp. 433-132, 1994.
- [4] Hall, E.L. et al. "A Survey of Preprocessing and Feature Extraction Techniques for Radiographic Images," IEEE Trans. Comput., Vol. C-20, No. 9, pp. 1032-1044. 1971.
- [5] 교통부 고시 제 89-5 호. 자동차 구조 및 변경에 관한 고시, <별표>, 1989.
- [6] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray Level Histograms," IEEE Trans. Syst. Man Cybernet. SMC-9, pp. 62-66, 1979.
- [7] J. Serra, Image Analysis and Mathematical Morphology, New York: Academic press, 1982.
- [8] R. Cypher and J. L. C. Sanz, "SIMD Architectures and Algorithms for Image Processing and Computer Vision," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol ASSP-39, No. 12, pp. 2158-2174, 1989.
- [9] 김 재광, 최 환수, "자동차 번호판 자동 인식을 위한 문자 추출에 관한 연구," 대한전기학술대회 논문집, 1995 예정.
- [10] I. Pitas, Digital Image Processing Algorithms, New York: Prentice Hall, 1992.