한국ITS학회논문지
제7권, 제1호 (2008년 2월)
pp.59~67

숫자 영역 탐색에 기반한 자동차 번호판 추출

Car License Plate Extraction Based on Detection of Numeral Regions

이득용* 오일석**
(Duk-Ryong Lee) (Il-Seok Oh)

요 약

이 논문은 우리나라 차량 영상에서 번호판 영역을 추출하는 알고리즘을 제안한다. 이 논문의 아이디어는 차량 영상에서 네 개의 숫자를 찾고 그 정보를 이용하여 번호판 영역을 분할하는 것이다. 이 방법으로 번호판 영역을 찾으면 네 개 숫자 영역도 더불어 얻게 되는 장점을 가진다. 첫 단계는 입력된 영상에서 적절한 크기의 연결 요소를 검출하고 이들을 군집화 한다. 둘째 군집화 된 연결요소들을 바탕으로 숫자 네 개 (4-digits) 후보를 생성한다. 세 번째 단계는 4-digits 후보들을 인식하여 숫자일 신뢰도를 측정한다. 마지막으로 후보 영역 중 신뢰도가 가장 높은 영역을 번호판 영역으로 추출한다. 신뢰도를 얻기 위해 Perfect Metrics 분류 알고리즘을 사용하였다. 제안하는 방법을 주간 영상 4600장과 야간 영상 264장으로 테스트 한 결과 각각 97.23%와 95.45%의 검출률과 0.09%와 0.11%의 오검출률을 얻었다.

Abstract

In this paper we propose an algorithm to extract the license plate regions from Korean car images. The idea of this paper is that we first find the four digits in the input car image and then segment the plate region using the digit information. Out method has advantage of segmenting simultaneously the plate regions and four digits regions. The first step finds and groups the connected components with proper sizes as candidate digits. The second step applies an serial alignment condition to find out probable 4-digits. In the third step, we recognize the candidate digits and assign the confidence values to each of them. The final step extracts the license plate region which has the highest confidence value. We used the Perfect Metrics classification algorithm to estimate the confidence. In our experiment, we got 97.23% and 95.45% correct detection rates, 0.09% and 0.11% false detection rates for 4,600 daytime and 264 nighttime images, respectively.

Key Words : License plate, 4-digits recognition, connected components, perfect metrics, classification

이 연구에 참여한 연구자는 2단계 BK21사업의 지원비를 받았음
* 주저자 : 전북대학교 전자정보공학부 컴퓨터공학과 박사과정
** 공저자 : 전북대학교 전자정보공학부 교수
† 논문접수일 : 2008년 1월 17일

I. 서 론

1. 연구배경

건설 교통부는 교통 운영의 효율성을 증대하고 교통안전 및 환경 개선을 위하여 지능형 교통 시스템(Intelligence Transportation System: ITS)을 도입하고 있다.

ITS에 포함된 자동 교통 단속 서비스와 통행료 전자 지불 서비스를 시행하기 위해서는 차량 번호판 인식 시스템이 필요하다. 차량 번호판 인식 시스템은 국내외에서 많은 연구가 진행되었으며, 이미 상용화된 제품이 도로에 설치되어 사용되고 있다. 하지만 안정적인 성능을 위해서 보다 많은 연구가 필요하다.

차량 번호판 인식 과정은 번호판 검출, 글자 분할, 글자 인식, 세 부분으로 나눌 수 있다. 이 중 번호판 검출 과정은 차량 번호판 인식을 위한 기초 과정으로 전체 시스템의 성능에 큰 영향을 준다. 따라서 번호판 검출 부분의 성능을 개선하면 번호판 인식 시스템의 성능을 높일 수 있다.

1) 번호판 영역 검출 기법에 관한 기존 연구

차량 번호판 영역 검출에 관한 연구는 크게 색상 정보를 이용하는 방법, 에지의 밀도를 이용하는 방법, 번호판의 외곽선을 이용하는 방법으로 구분 할 수 있다.

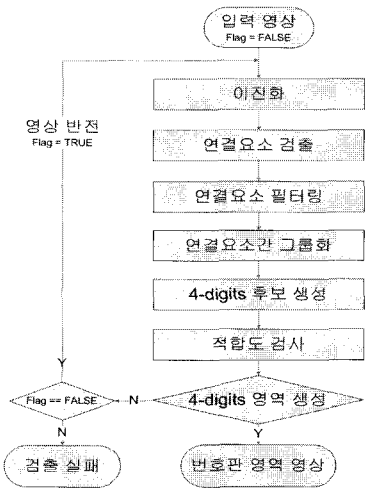
색상 정보를 이용하는 방법은 칼라 영상에서 번호판 영역을 검출 할 때 주로 이용 된다 [1-3]. 이 방법은 번호판이 가진 색상 정보를 활용하여 번호판 영역을 검출하기 때문에 검출 시간과 후보 영역의 개수를 줄일 수 있다. 하지만 차량의 색상이 번호판의 색상과 유사할 경우에는 차량과 번호판을 구분하지 못한다. 또 빛의 강도가 너무 강하거나 약하면 색상을 구별 할 수 없어 번호판을 검출하기 어렵다.

수직 에지 정보를 이용하는 방법은 번호판 내부의 수직 에지의 비율이 외부보다 높다는 특징을 이용해 번호판 영역을 검출 한다 [4-7]. Sobel 에지 연산을 사용하여 수직 에지 맵을 구성하고 일정 크기의 직사각형 창을 움직여가며 창안의 에지 분포가 가장 높은 부분을 번호판 영역으로 찾는다. 이 방법은 창의 크기가 고정되기 때문에 번호판의 크기를 미리 알아야 하는 단점을 가진다. 또 번호판의 내부 구조를 활용하기 위하여 이진 영상을 대상으로 투영과 프로파일을 사용하여 번호판 영역을 검출 하는 방법도 연구되었으나 높은 성능은 보이지 못하였다 [8-10].

번호판의 외곽선을 검출하여 번호판 영역을 검출하는 방법은 번호판의 테두리 부분을 검출하여 번호판을 검출하는 방법으로 번호판의 기울어짐과 번호판의 정확한 영역을 검출 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 번호판의 테두리가 선명하지 않을 경우와 입력영상이 흐린 경우는 번호판 영역을 검출 하지 못 한다 [11-13].

2) 연구 내용

기존 연구들이 번호판의 구조적 특징에 주목하여 영역을 검출한 것과 달리 이 논문은 번호판이 숫자로 구성되어 있다는 사실에 주목하여 번호판 영역을 검출 한다. 즉 번호판 내부에 포함된 네 개의 숫자를 찾아서 번호판을 검출한다. 본 논문에서는 네 개가 숫자가 번호판 내부에 존재한다는 사실을 '의미적 특징'으로 정의하였다.



<그림 1> 알고리즘 순서도
<Fig 1> Algorithm flow chat

제안하는 알고리즘은 <그림 1>의 순서도로 간략히 설명 할 수 있다. 먼저 입력 영상을 이진화 한 후 연결요소를 검출한다. 검출된 연결요소 중 숫자의 가능성을 가진 연결요소들을 군집화 한다. 군집화 된 연결요소를 바탕으로 연속된 네 개의 숫자(4-digits) 후보를 생성하고 각 후보들의 적합도를 계산한다. 생성된 4-digits 후보가 번호판 영역이 갖추어야 하는 적합도를 만족 할 경우 영역을 4-digits 영역으로 확정한다. 적합도는 후보숫자 영역을 숫자 인식기로 인식하여 측정한다. 확정된 4-digits 영역은 번호판 내부의 네 개의 숫자 영역과 일치한다. 4-digits 영역이 검출되지 못했을 경우에는 영업용 번호판일 가능성이 있으므로 영상을 반전시킨 후 4-digits 영역 생성 과정을 재 수행한다.

제안하는 알고리즘은 몇 가지 장점을 가진다. 첫째 숫자 인식을 사용하여 숫자 영역을 검출하고 이를 기반으로 번호판 영역을 검출하기 때문에 오검출율이 매우 낮다. 둘째, 번호판 내부에 기하학적 변형이 발생하더라도 영역을 검출 할 수 있다. 셋째, 번호판 검출 단계에서 글자 영역의 위치 정보를 포함하고 있어 글자 분할 과정에서 사용 할 수 있는 정보를 포함하고 있다.

Ⅱ장에서는 번호판 검출 알고리즘을 설명하고 Ⅲ장에서는 제안하는 알고리즘의 성능을 평가한다. Ⅳ장에서 제안하는 알고리즘의 장단점을 분석한다.

Ⅱ. 번호판 검출 알고리즘

1. 바운딩 박스 생성과 전처리

이 단계에서는 이진화 과정을 마친 영상에서 연결 요소(Connected Component)를 검출 한다. 검출된 연결 요소를 사용하여 바운딩 박스를 생성하고 바운딩 박스를 이후 연산에 사용한다. 연산에 사용되는 바운딩 박스는 <그림 2>와 같다.

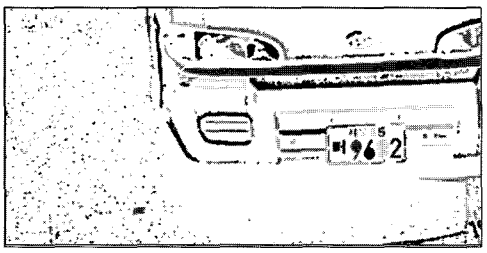
```
BB{
    int width;      // 바운딩 박스의 넓이
    int height;     // 바운딩 박스의 높이
    int x;          // 정 중앙의 x 좌표
    int y;          // 정 중앙의 y 좌표
}
```

<그림 2> 바운딩 박스의 자료 구조
<Fig. 2> Data structure of bounding box

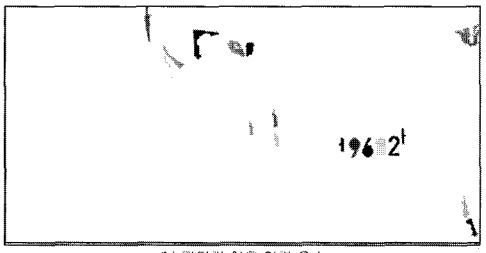
생성된 바운딩 박스 중 숫자의 가능성이 없는 바운딩 박스를 필터링을 통해 제거한다. 필터링은 번호판 내부의 숫자가 가지는 비율을 사용한다. 아래 조건 중 첫 번째 조건은 숫자의 가능성이 없는 영역을 필터링 하기 위한 조건이다. 바운딩 박스의 높이와 너비의 비율이 MIN_RATE보다 작거나 MAX_RATE보다 클 경우 숫자가 가지는 비율을 만족하지 못하므로 제거한다. 두 번째 조건은 노이즈 제거하기 위한 조건으로 박스의 높이가 MIN_HEIGHT보다 작으면 노이즈로 판단하고 제거한다.

```
MIN_RATE > height/width
  && height/width > MAX_RATE
height < MIN_HEIGHT
```

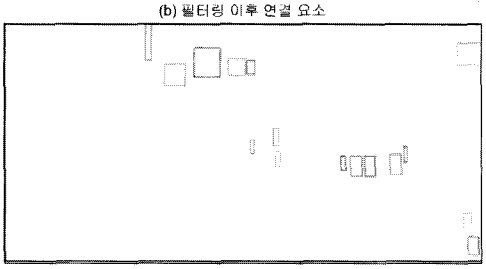
필터링 과정을 거친 바운딩 박스들은 숫자의 가능성을 가진 바운딩 박스들만 남게 되며 다음 과정으로 전달한다. <그림 3>은 바운딩 박스들의 필터링 과정을 보여준다.



(a) 필터링 이전 연결 요소



(b) 필터링 이후 연결 요소



(c) 필터링 이후 연결 요소 바운딩 박스

<그림 3> 바운딩 박스 검출 과정
<Fig. 3> Process to extract bounding boxes

2. 군집화

이 부분에서는 생성된 바운딩 박스들을 군집화 한다. 군집화 방법은 <알고리즘 1>에 제시되어 있다.

<알고리즘 2>의 4_digits_condition은 바운딩 박스 사이의 거리(조건1), 바운딩 박스 사이의 각도(조건2), 바운딩 박스의 높이 비율(조건3)을 사용한다.

입력: 바운딩 박스의 집합, $Y=\{B_1, B_2, ..., B_N\}$
출력: 4-digits 후보들 $D_1, D_2, ..., D_M$
설명: 4_digits_condition을 만족하는 바운딩 박스들을 4-digits후보로 구성해 줌
프로시져:
1. M=0;
2. while ($Y \neq \varnothing$) {
3. M++;
3. $D_M=\varnothing$;
4. Y에 있는 바운딩 박스 하나를 임의로 선택하여 D_M에 넣고 Y에서 제거;
5. for ($B_k \in Y$인 바운딩 박스 각각에 대해)
6. if (4_digits_condition(D_M, B_k) 만족) B_k를 D_M에 넣고 Y에서 제거;
7. if(D_M의 원소 개수가 1개 일 경우)
M--;
8. }
9. return(D_1, D_2,..., D_M);

<알고리즘 1> 바운딩 박스 그룹 생성
<Alg. 1> Create groups of bounding boxes

입력: 4-digits 후보 D_i, 바운딩 박스 B_k
출력: 불린 변수
설명: 기하 조건을 검사하여 B_k가 D_i와 같은 4-digits을 형성하면 참을 넘겨줌
프로시져:
1. for($d_j \in D_i$인 바운딩 박스 각각에 대해)
2. if(조건1 && 조건2 && 조건3)
return true;
3. return false;

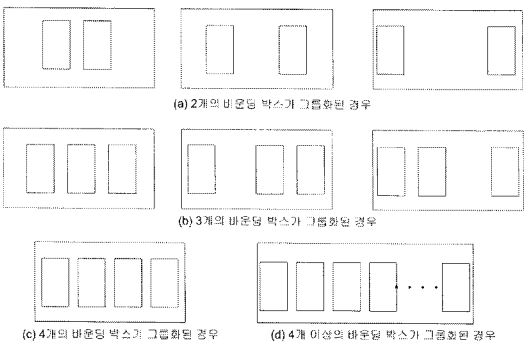
조건1: Distance(d_j,B_k) < B_i.height *2
조건2: Angle(d_j,B_k) < MAX_ANGLE
조건3: HeighRate(d_j,B_k) < B_k.height*0.1

<알고리즘 2> 4_digits_condition
<Alg. 2> 4_digits_condition

<알고리즘 1>에 따라 <그림 3>의 영상 (c)의 바운딩 박스 집합을 대상으로 군집화를 수행한 결과는 <그림 4>에서 확인 할 수 있다.

<그림 4> 군집화 결과
<Fig. 4> Result of groups

<알고리즘 1>에 따라 군집화하면 <그림 5>에 제시된 네 가지 유형을 가진 그룹을 생성한다. 각 그룹은 최소 2개의 바운딩 박스를 포함하며 이웃한 바운딩 박스간의 거리는 그룹에 포함된 바운딩 박스의 평균 너비의 2배 이상이 될 수 없다. 만일 2배 이상의 거리를 가지게 되면 두 바운딩 박스는 그룹이 분할된다.



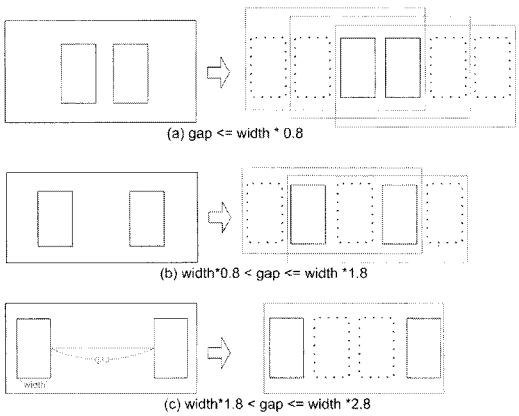
<그림 5> 가능한 군집화의 유형
<Fig. 5> Type of possible groups

3. 4-digits 후보 생성

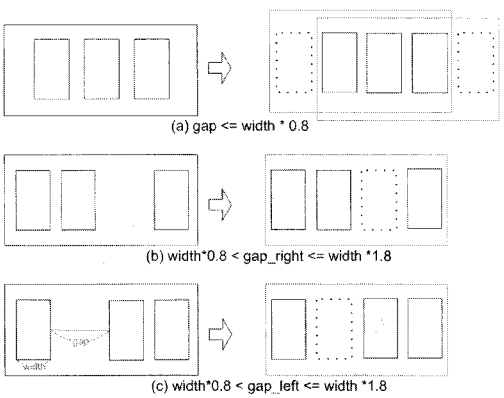
4-digits 후보를 생성하기 위해 <그림 5>의 (a),(b),(d) 와 같은 형태를 가진 그룹들을 (c) 형태를 가진 그룹으로 만들어야 한다. (a),(b)와 같이 그룹 내부의 바운딩 박스 개수가 4개 보다 적을 때에는 4개의 바운딩 박스를 포함 할 수 있도록 새로운 바운딩 박스를 추가하고, 그룹 내부의 바운딩 박스 개수가 4개 이상인 (d)의 경우에는 4개의 바운딩 박스를 가지는 하위 그룹을 생성한다. 생성된 그룹들은 4-digits 후보가 된다.

1) 바운딩 박스 추가

바운딩 박스의 개수가 4개 보다 적은 <그림 5>의 (a),(b)의 경우에는 (c)와 같은 형태를 만들기 위해서 새로운 바운딩 박스를 생성한다. 생성되는 바운딩 박스의 크기와 위치는 그룹내 바운딩 박스간의 관계에 의해서 결정된다. 새로운 바운딩 박스의 크기는 그룹내 바운딩 박스의 평균 크기로 생성되며, 바운딩 박스가 추가되는 위치는 거리(gap)와 평균 너비에 의해서 결정 된다. <그림 6>에서는 그룹 내부의 바운딩 박스의 개수가 2개일 때를 설명하고 있으며, <그림 7>에서는 그룹 내부의 바운딩 박스가 3개일 때를 설명한다.



<그림 6> 바운딩 박스가 2개인 경우
<Fig. 6> In case of two bounding boxes



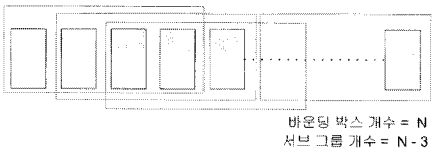
<그림 7> 바운딩 박스가 3개인 경우
<Fig. 7> In case of three bounding boxes

<그림 6>의 (a),(b)와 <그림 7>의 (a)와 같이 그룹 내부의 바운딩 박스의 개수가 4개를 초과하면 하위 그룹 생성 과정을 거쳐 바운딩 박스의 개수가 4개가 되도록 조정한다. 바운딩 박스의 개수가 4개인 경우는 4-digits 후보가 된다.

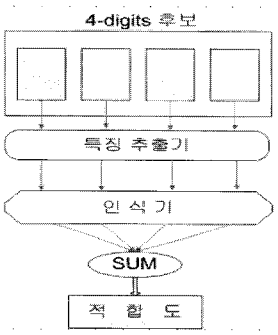
2) 하위 그룹 생성

4-digits 영역은 연속된 4개의 숫자로 구성된다. 그룹 내부의 바운딩 박스의 개수가 4개를 초과할 때에는 하위 그룹을 생성한다. 하위 그룹은 4개의 숫자 영역을 포함 하도록 생성된다.

하위 그룹 생성은 과정은 <그림 8>과 같다. 분할해야 하는 그룹에 포함된 바운딩 박스 중 앞쪽 4개의 바운딩 박스를 새로운 그룹으로 만들고 우측으로 이동하며 수행한다. 그룹에 포함된 바운딩 박스의 개수가 N 이면 N-3개의 그룹으로 분할된다.



<그림 8> 하위 그룹 생성의 예
<Fig. 8> Example to make sub groups



<그림 9> 적합도 산정 과정
<Fig. 9> Process of calculate fitness

4. 적합도 계산

4-digits 후보가 생성되면 각 후보들의 적합도를 계산하여 4-digits 영역을 선택한다. 적합도는 <그림 9>에 따라 계산된다. 4-digits 후보 영역에 속한 4개의 바운딩 박스들의 위치에 해당하는 이진영상을 특징 검출기에 삽입하여 특징을 검출한다. 검출된 특징은 인식기를 사용하여 신뢰도를 측정한다. 4개의 바운딩 박스에서 얻은 신뢰도를 전부 합한 값이 4-digits 후보의 적합도가 된다. 특징 검출 방법은 S. Mori가 제안한 Projection feature, Profile Feature, Stroke-direction Feature를 종합하여 사용 하였다[14]. 인식기는 Tin Kam Ho가 제안한 Perfect Metrics를 사용 하였다[15].

5. 번호판 영역 검출

적합도를 계산한 4-digits 후보 영역들 중 가장 높은 적합도를 가지는 후보를 4-digits 영역으로 결정한다. 이때 적합도가 임계값 보다 낮을 경우 후보 영역을 기각 시킨다.

Ⅲ. 실험 및 분석

1. 실험 환경

이 절에서는 무인 속도 감시 카메라에서 촬영된 영상을 대상으로 차량 번호판 영역 검출 알고리즘의 성능을 측정한다. 실험 영상은 1024x512의 해상도를 가지는 명암(gray-scale)이미지 이다. 실험에 사용된 영상은 용도와 촬영 시간에 따라 구분하여 아래 <표 1>에 표기 하였다.

<표 1> 실험 영상
<Table 1> Experimental data set

사용 용도	촬영 시간	이미지 수
학습	주간	500
	야간	226
실험	주간	4600
	야간	264

바운딩 박스 필터링 조건과 <알고리즘 1>에서 사용된 상수들과 적합도 임계값은 다음과 같이 설정하여 실험을 진행 하였다.

MAX_ANGLE=15
MIN_RATE=1.0
MAX_RATE=10.0
MIN_HEIGHT=5.0
적합도 임계값=2.0

<그림 10> 학습 영상
<Fig 10> Train data set

<표 1>에서와 같이 주간 영상 500장과 야간 영상 226장을 학습에 사용 하였으며 학습에 전혀 사용하지 않은 주간 영상 4600장과 야간 영상 264장을 실험에 사용하였다. <그림 10>은 학습에 사용된 주간 및 야간 영상이다. 실험은 AMD Athlon(tm) 64 Processor 3000+, 512M 사양을 가진 PC에서 진행 하였다.

2. 실험 결과 및 분석

<표 1>의 실험 데이터 주간영상 4600장과 야간 영상 264장을 대상으로 실험한 결과 아래 <표 2>와 같은 성능을 얻었다. 번호판이 포함된 영상에서는 검출된 4-digits 영역의 바운딩 박스가 4개의 숫자 영역과 일치하면 성공, 일치하지 않았을 경우에는 오검출, 4-digits 영역을 검출하지 못하면 실패로 성능을 측정하였다. 번호판이 포함되지 않은 영상에서는 4-digits영역을 검출하면 실패, 검출하지 못하면 성공으로 성능을 측정하였다.

<표 2> 차량 번호판 검출 성능
<Table 2> Performance of car license plate detection

( ) 영상 수
성공률 = 검출 성공 영상 수/총 영상 수
오검출률 = 오검출 영상 수 /총 영상 수

촬영 시간	영상 수 (장)	성공률(%)	오검출율(%)
주간	4600	97.23 (4472)	0.91 (42)
야간	264	95.45 (252)	1.19 (3)

주간 영상을 대상으로 한 인식 성능은 약 97.23%로 차량 번호판 인식시스템에 적용할 수 있을 정도의 성능을 나타냈다. 번호판 검출에 성공한 영상은 <그림11>에서 확인 할 수 있다.

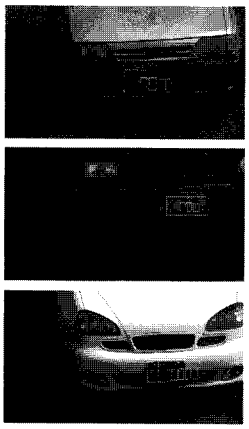
<그림 11> 검출 성공 영상
<Fig. 11> Correct detected images

오검출률은 약1%로 낮게 측정되었다. 차량의 그릴 부분이나 라이트 부분을 오검출하는 경우는 실험 영상에서는 단 한건도 관찰 할 수 없었으며, 실험 시 관찰된 오검출 영상들은 번호판 영역을 일부분을 포함하고 있었다. 오검출된 영상은 <그림 12>에서 확인 할 수 있다. 첫 번째 영상과 두 번째 영상은 번호판의 훼손이 심해 숫자 영역을 정확히 포함하지 못했으며 세 번째 영상은 번호판 외부 영역을 번호판 영역으로 추출하였다.

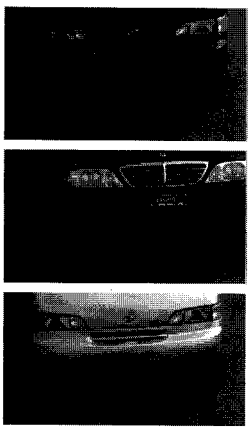
번호판 영역 검출에 실패한 경우는 <그림 13>과 같다. 세 경우 모두 번호판의 중간 부분이 휘어져 있다. 이와 같이 번호판에 기하학적 변형이 가해진

경우 번호판 내부의 숫자가 찌그러져 숫자 영역을 찾지 못하고 결과적으로 번호판 영역 추출에 실패하였다. 또 이진화 과정에서 번호판의 테두리 영역과 내부 숫자 영역이 서로 연결되는 경우가 발생한다. 이때에는 필터링 과정에서 숫자 영역이 삭제되어 후보 영역을 생성하지 못하고 실패하였다.

알고리즘 수행 시간은 평균 0.4초가 걸렸으며 가장 오래 걸린 시간은 0.5초를 넘지 않았다. 이는 실시간 처리가 필요한 차량 번호판 인식 시스템에서 활용이 가능한 속도라고 할 수 있다.



<그림 12> 오검출된 영상



<그림 13> 검출 실패 영상

<Fig. 12> Incorrect detected images
<Fig. 13> False detected images

Ⅳ. 결 론

차량 번호판 검출 알고리즘의 연구는 오래전부터 지속 되어 왔다. 하지만 대부분의 연구들이 차량 번호판의 구조적 특징에 한정된 연구를 해왔다. 본 논문에서는 차량의 번호판의 구조적 특징과 의미적 특징을 사용하여 번호판을 검출하는 방법을 제시하고 실험을 통하여 성능을 입증 하였다.

의미적 특징을 사용함으로서 번호판 검출 시 정확률을 높이고 오검출률을 줄였다. 이것은 실시간으로 작동해야 하는 번호판 인식 시스템에 효과적이다. 오검출된 번호판 영역을 영역 분할 알고리즘에 전달하여 의미 없는 프로세싱 시간이 발생하는 빈도를 줄일 수 있다는 이점을 가진다. 또한 4-digits 영역은 번호판 내부의 연속된 네 개의 숫자 영역과 일치하기 때문에 효과적인 영역 분할을 수행 할 수 있다.

향후에 진행할 수 있는 연구는 4-digits 영역을 찾은 이후에 번호판 전체 영역을 찾기 위한 알고리즘을 개발해야 한다. 또 연결 요소 검출 과정을 연구해 숫자 후보 영역을 정확하게 검색하면 제안하는 알고리즘의 정확률을 높이고 오검출률을 낮출 수 있다.

참고문헌

[1] W. Jia, H. Zhang, X. He, and M. Piceardi, "Mean shift for accurate license plate localization," *Proc. Int. IEEE Conf. Intelligent Transportation Systems*, pp. 566-571, Sept. 2005.

[2] 이화진, 박형철, 전병환, "색상 정보를 이용한 차량 번호판 영역 검출," *제14회 산학연 멀티미디어 산업기술 학술대회 논문집*, pp. 315-319, 1999. 11.

[3] 김홍수, 김은이, 김항준, "제한된 환경에서 색상 정보를 이용한 차량 번호판 검출," *한국정보과학회 춘계학술발표논문집B*, 제26권, 제1호 pp. 567-569, 1999. 10.

[4] C. T. Hsieh, Y. S. Juan, and K. M. Hung, "Multiple license plate detection of complex background," *Proc. AINA*, vol. 2, pp. 389-392, March 2005.

[5] D. Zheng, Y. Zhao, and J. Wang, "An efficient method of license plate location," *Pattern Recognition Lett.*, vol. 26, no. 15, pp. 2431-2438, Nov. 2005.

[6] B. Hongliang and L. Changping, "A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology," *Proc. ICPR*, vol. 2, pp. 831 - 834, Aug. 2004.

[7] M. Sarfraz, M. J. Ahmed, and S. A. Ghazi, "Saudi arabian license plate recognition system," *Proc. GMAG*, pp. 36-41, July 2003.

[8] J. Matas and K. Zimmermann, "Unconstrained licence

plate and text localization and recognition," *Proc. 8th Int. IEEE Conf. Intelligent Transportation Systems*, pp. 225-230, Sept. 2005.

[9] 강동구, 김도현, 최선아, 차의영, "모폴로지와 ART2를 이용한 번호판 위치 검출 및 문자 세그멘테이션에 관한 연구," *한국정보과학회 추계 발표논문집*, B권, pp. 328-330, 2001. 10.

[10] 김기영, 최영우, "이미지 개선 및 선 정보를 이용한 자동차 번호판 추출," *숙명여자대학교 자연과학논문집*, vol. 11, pp. 119-128, 2000. 12.

[11] 이병모, 차의영, "수직 강화 모폴로지와 Hough Transform을 이용한 차량 번호판 추출과 문자의 자모 분리," *한국정보처리학회 추계학술발표 논문집*, 제28권, 제2호, pp. 789-792, 2001. 10.

[12] 이윤형, *명암도 변화와 윤곽선 추출에 의한 자동차 번호판 인식*, 조선대학교 산업대학원 석사학위논문, 2001. 2.

[13] G. Heo, M. Kim, I. Jung, D. R. Lee, Y. Kim, J. Baek, and I. S. Oh, "Double chance approach to car license plate extraction," *Proc. Korea-Japan Joint Workshop on Pattern Recognition*, pp. 103-108, Nov. 2006.

[14] S. Mori, K. Yamamoto, and M. Yasuda, "Research on machine recognition of handprinted characters," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 6, no. 4, pp. 386-405, July 1984.

[15] T. K. Ho and H. S. Baird, "Perfect metrics," *Proc. ICDAR'93*, pp. 593-597, Oct. 1993.

저자소개

이 득 용 (Lee, Duk-Ryong)
2008년 : 전북대학교 박사과정
2006년 8월 : 전북대학교 석사 (패턴인식전공)
2004년 8월 : 전북대학교 전자정보공학부 학사

오 일 석 (Oh, Il-Seok)
1992.9-현재 : 전북대학교 전자정보공학부 교수
1980-1984 : 서울대학교 공과대학 컴퓨터공학과 공학사
1984-1992 : 한국과학기술원 (KAIST) 전산학과 공학 석사, 공학 박사