

색상과 에지에 대한 통계 처리를 이용한 번호판 영역 분할 알고리즘

석 정 철[†] · 김 구 진^{**} · 백 낙 훈^{***}

요 약

본 논문에서는 도로 영상으로부터 차량 번호판 영역을 분할하는 알고리즘을 제시한다. 차량의 번호판 영역이 다른 영역에 비해 차별되는 특징을 세 가지 측면으로 나누어, 1) 번호판의 내부 문자, 2) 번호판의 색상, 3) 번호판의 형태에 대해 분석한다. 전처리 과정에서는, 이와 같은 세 가지 측면을 고려하여 번호판의 내부 영역 및 크기를 판별할 수 있는 임계값들을 계산하며, 이를 위해 표본 영상에 대한 통계적 처리를 수행한다. 차량 영역 분할 알고리즘에서는 임계값들을 이용하여 입력영상 내부에서 번호판 영역이 강조되도록 영상을 이진화한다. 일정한 크기의 윈도우로 이진 영상(binary image) 전체를 탐색하여, 윈도우 내부 픽셀 값의 합이 높은 순으로 서로 중복이 없도록 후보 영역을 찾은 후, 간단한 휴리스틱을 이용하여 후보 영역들 중에서 번호판 영역을 선택한다. 이 알고리즘은 번호판의 변형 또는 색상 명암도에 차이가 있는 경우에 대해서 안정적이다. 또한 이 알고리즘은 복잡한 전처리 과정을 요구하지 않고, 적은 수의 표본 영상에 대한 통계 처리만으로도 228장의 실험 영상들에 대해 97.8% 정도의 높은 성공률을 보였다. 프로토타입 시스템을 구현한 결과는 512M 바이트 메모리를 장착한 3GHz 펜티엄4 PC에서 1280×960 해상도의 영상 1장당 평균 0.676초의 처리 속도를 보였다.

키워드 : 영상분석, 특징값, 통계처리

A license plate area segmentation algorithm using statistical processing on color and edge information

Jungchul Seok[†] · Ku-Jin Kim^{**} · Nakhoon Baek^{***}

ABSTRACT

This paper presents a robust algorithm for segmenting a vehicle license plate area from a road image. We consider the features of license plates in three aspects: 1) edges due to the characters in the plate, 2) colors in the plate, and 3) geometric properties of the plate. In the preprocessing step, we compute the thresholds based on each feature to decide whether a pixel is inside a plate or not. A statistical approach is applied to the sample images to compute the thresholds. For a given road image, our algorithm binarizes it by using the thresholds. Then, we select three candidate regions to be a plate by searching the binary image with a moving window. The plate area is selected among the candidates with simple heuristics. This algorithm robustly detects the plate against the transformation or the difference of color intensity of the plate in the input image. Moreover, the preprocessing step requires only a small number of sample images for the statistical processing. The experimental results show that the algorithm has 97.8% of successful segmentation of the plate from 228 input images. Our prototype implementation shows average processing time of 0.676 seconds per image for a set of 1280×960 images, executed on a 3GHz Pentium4 PC with 512M byte memory.

Key Words : Image Analysis, Feature Value, Statistical Approach

1. 서 론

도로 영상에서의 차량 인식은 교통 정보 수집, 불법 차량

적발, 주차장이나 고속도로 톨게이트에서의 자동 과금 등의 다양한 응용 분야들에서 반드시 필요한 작업들 중의 하나이다. 특히 현대에 들어서서 활용도가 높아진 지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation System)에서는 차량의 인식이 기본적으로 해결되어야 할 핵심적인 문제로 대두되었다. 차량의 인식과 관련한 문제들 중에서 활발히 연구되는 것 중의 하나가 차량의 번호판에서 번호를 인식하는 문제이다 [1, 2, 3]. 번호판 인식을 위한 일반적인 방법은 입력 영상에서

※ 저자 김 구진은 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 본 연구를 수행하였음(R04-2004-000-10099-0).

† 정 회 원 : 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정

** 정 회 원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 조교수

*** 정 회 원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 조교수

논문접수 : 2006년 4월 18일, 심사완료 : 2006년 7월 12일

번호판이 차지하는 영역을 발견하는 과정과 번호판 영역 내부에 포함된 문자를 인식하는 과정으로 구성된다.

번호판의 영역을 추출하기 위한 기존의 연구는 이진 영상 처리 기법[4], 신경망과 Markov Random Field를 이용한 기법[5], 수학적 형태학(mathematical morphology)을 이용하는 기법[6], 번호판 및 번호판 내부 문자의 색상 정보를 이용하거나[7, 8], 또는 색상과 에지 정보를 동시에 고려하는 기법[9], 번호판 내부의 명암 변화의 특징을 이용하는 방법[10, 11], 자동차의 구조적 특징을 이용한 방법[12] 등의 다양한 접근방법을 사용하였다.

Xu 등[9]은 자동차 영상에 대해 에지가 많이 포함되고 번호판에 해당하는 색상을 가진 일정 크기의 영역을 발견하고자 하였으며, 색상의 판단을 위해 neural network를 적용하였다. Gao and Zhou[13], Yang and Ma[14] 등은 번호판 내부가 높은 특징값(feature value)을 갖도록 영상 처리를 한 후, 전체 영상에서 특징값이 높은 영역을 선정하여 그 중에서 번호판을 선택하는 방식을 사용하였다. Gao and Zhou[13]는 번호판의 내부 문자와 번호판 바탕 간에 색상 대비(contrast)의 차이가 크다는 특징 및 번호판 내부에서는 평균적으로 그래디언트(gradient) 값이 크고, 분산(variance)은 작다는 점을 이용하여 특징값을 설정하였다. Yang and Ma[14]는 세로 방향 및 가로 방향의 그래디언트에 대한 히스토그램을 계산하고, 수학적 형태학을 적용하여 번호판의 후보 영역을 선정된 뒤 번호판 영역을 발견하였다.

본 연구에서는 도로 영상을 입력으로 받을 때, 영상 내부에서 임의의 위치에 존재하는 차량 번호판을 발견하여 분할하는 알고리즘을 제안한다. 입력에 사용하는 영상은 중국에서 촬영되었으며, 야외의 도로 위에 설치된 CCD 카메라에서 순간 촬영한 1280×960의 고해상도를 가지는 정지 영상이다. 전처리 과정에서는 입력영상에서 번호판이 차지할 수 있는 영역의 크기, 중국의 차량 번호판이 갖는 기하학적 특징과 색상의 특징들을 분석하고, 표본영상에 대한 통계 처리를 통하여 이러한 특징들을 판별할 수 있는 임계값(threshold)을 계산한다. 이 과정에서 얻은 임계값은 차후에 영역 분할 알고리즘에서 입력영상을 이진화할 때 사용된다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 입력되는 각각의 도로 영상에 대해 색상 모델의 변환, Sobel 에지 연산자 적용 등의 영상 처리 과정을 수행한 후 번호판 내부 영역이 강조되도록 이진 영상(binary image)을 생성한다. 그 다음 단계에서는 영상에 포함될 수 있는 번호판의 최대 규격에 맞추어 윈도우의 크기를 설정하여, 윈도우를 이동해가면서 이진화 영상전반을 탐색한다. 윈도우 내부 픽셀 값의 합이 최대가 되는 순서대로 번호판의 후보 영역을 선정되되, 후보 영역이 서로 중복되지 않도록 조절한 후, 일정한 규칙에 따라 후보 영역들 중에서 최종 번호판 영역을 발견한다.

이 방법은 기존의 방법들에 비해 다음과 같은 장점을 갖는다. 첫째, 촬영 각도에 의해 영상내부에서 차량 번호판이 기울어지거나, 번호판 자체가 변형된 경우에도 안정적으로 번호판을 분할할 수 있다. 둘째, 촬영 당시의 조도 변화나

카메라 노출, 또는 번호판 자체의 탈색에 의해 번호판의 색상 명암도에 차이가 있는 경우 등을 모두 처리할 수 있다. 셋째, 번호판의 형태 및 색상의 특징값에 대해 통계 기법을 사용하므로, 체계적인 절차에 따라 번호판 영역을 추출할 수 있다. 넷째 복잡한 전처리 과정을 요구하지 않고, 적은 수의 표본영상에 대한 통계처리만으로도 알고리즘 실행 결과의 성공률이 매우 높다.

본 연구는 입력 영상 및 전처리 과정에서 사용되는 표본 영상으로 중국의 번호판을 사용하였다. 그러나, 본 연구 결과가 중국 현지의 번호판에만 적용되는 것은 아니다. 국내를 비롯한 전세계의 많은 나라들에서 사용하는 번호판들은 특정 색상과 특정 크기를 가지며, 숫자와 문자를 포함하는 등 서로 거의 유사한 특징을 가지므로, 본 알고리즘에서 사용한 매개변수(parameter) 및 임계값(threshold)들을 재설정함으로써 일반적인 번호판에 대해서도 우리의 방법을 적용할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 차량 번호판의 특징을 분석하고, 분석 결과를 바탕으로 알고리즘의 전처리 과정을 구성한다. 3절에서 번호판 영역을 발견하기 위한 알고리즘을 제시하며, 4절에서 실험결과를 설명한다. 5절에서는 결론 및 향후의 연구 방향을 제시한다.

2. 차량 번호판 영역의 특징 분석 및 전처리 과정

입력된 도로 영상에서 번호판 영역을 추출하기 위해서는 번호판 영역을 다른 영역과 구분할 수 있는 특징을 분석해야 한다. 본 연구의 목표는 중국에서 촬영된 도로영상으로부터 차량 번호판을 추출하는 것이다. 따라서, 번호판 영역의 특성은 중국번호판을 대상으로 다음의 세 가지 측면에서 고려되었다.

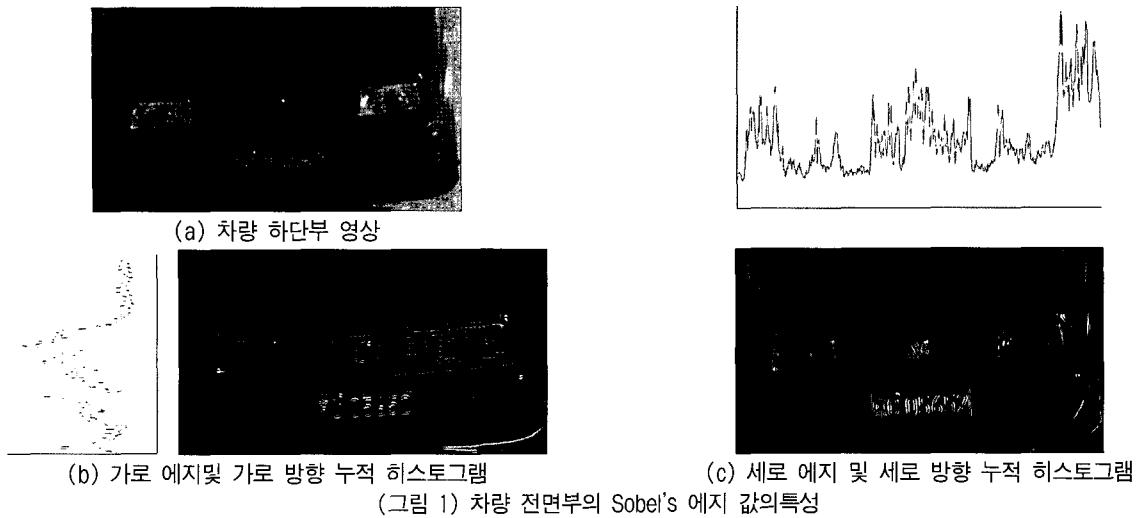
- 번호판 내부의 문자로부터 발생하는 특징
- 번호판의 바탕 및 문자 색상의 특징
- 번호판의 형태가 갖는 기하학적 특징

번호판 영역 분할 알고리즘은 위와 같은 특징들에 대한 분석을 토대로 구성되었다. 각 특징별 분석 결과 및 이를 이용한 알고리즘의 전처리 과정은 다음과 같다.

2.1 번호판 내부 문자의 특징

중국에서는 일부 특수 차량을 제외하고는 대부분 한 개의 한자, 한 개의 영문자, 그리고 영문자 및 0부터 9 사이의 숫자 다섯 개가 한 행 안에 차례대로 배치된 형태의 번호판을 사용한다. 따라서, 번호판 내부에서는 숫자 및 영문자가 차지하는 비중이 매우 크고, 이들 숫자 및 영문자는 형태의 특성상 세로 방향 에지(vertical edge) 성분을 다량 포함하고 있다. 중국의 차량 영상에서도 다른 영역에 비해 차량 번호판 내부에는 세로 방향 에지의 포함 비중이 높다.

(그림 1)에서는 차량영역 내부에서 차량 번호판이 포함된 영상 하단부의 그레이스케일(grayscale) 영상 픽셀 값에 대



하여 Sobel 에지 연산자를 사용하여 가로 방향과 세로 방향으로 에지(edge)값을 계산한 예를 보인다. (그림 1)(a)는 차량 하단부의 영상을, (그림 1)(b)는 영상에 대한 가로 에지 계산 결과 및 가로 에지의 픽셀 값을 가로 방향으로 누적하여 얻은 히스토그램(histogram)을, (그림 1)(c)는 세로 에지의 계산 결과 및 픽셀 값을 세로 방향으로 누적하여 얻은 히스토그램을 보인다.

(그림 1)(b)와 같이 차량의 하단부는 차량 번호판 부분 외에도 많은 부분에 가로 에지가 존재하기 때문에 차량 번호판의 위치를 발견하기 위해 가로 에지 정보를 이용하기에는 어려움이 있다. 반면, (그림 1)(c)의 예와 같이 차량 하단부에서 세로 에지를 계산한 경우에는, 대체로 차량 번호판 영역이 다른 영역에 비해 많은 양의 세로 에지를 포함한다. 그러나 차량의 번호판 영역 외에도 측면 부분 또는 라디에이터 그릴에서도 많은 세로 에지가 존재할 수 있으므로 세로 에지 정보만으로 번호판의 특징을 정의하기는 어렵다.

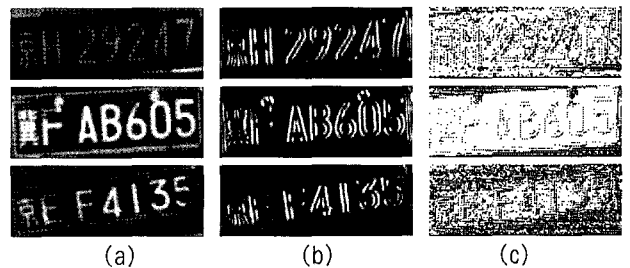
본 논문에서는 번호판 내부 영역의 세로 에지 포함 비율을 계산하기 위하여 표본 영상을 사용한다. 표본 영상으로 n 장을 사용한다고 할 때, 각 표본 영상에 대해 번호판 전체를 포함하는 최소 사각영역 $R_i, 1 \leq i \leq n$ 을 추출한다 ((그림 2)(a) 참조). 입력 영상내에서 좌표값 (x, y) 에 해당하는 픽셀을 p_{xy} 라 할 때, R_i 는 다음과 같이 픽셀들의 집합으로 정의된다.

$$R_i = \{p_{xy} \mid x_{\min}(R_i) \leq x \leq x_{\max}(R_i) \text{ and } y_{\min}(R_i) \leq y \leq y_{\max}(R_i)\}$$

여기서 $x_{\min}(R_i), x_{\max}(R_i), y_{\min}(R_i), y_{\max}(R_i)$ 는 각각 사각영역 R_i 의 x, y -좌표값들에 대한 최대, 최소값을 의미한다.

사각영역 R_i 에 포함된 픽셀 p_{xy} 들을 그레이스케일(gray scale) 값으로 변환한 후, Sobel 연산자를 사용하여 다음과 같이 각 픽셀에 대한 세로 방향 에지 성분 $Edge^{vertical}(p_{xy})$ 를 계산한다((그림 2)(b) 참조).

$$Edge^{vertical}(p_{xy}) = |p_{(x-1)(y-1)} + 2p_{(x-1)y} + p_{(x-1)(y+1)} - p_{(x+1)(y-1)} - 2p_{(x+1)y} - p_{(x+1)(y+1)}|$$



(그림2) 표본영상에 대한 영상 처리 : (a) 번호판을 포함하는 사각영역 R_i , (b) 세로 방향 에지 추출, (c) hue 값에 의해 이진화한 영상

각 사각영역 R_i 의 내부 픽셀들에 대해 세로 방향 에지 성분 $Edge^{vertical}(p_{xy})$ 를 계산한 후, 이를 세로 방향으로 누적하여 히스토그램으로 표현하여 분석하였다. 히스토그램으로 표현한 경우에는 세로 방향으로 보았을 때, 번호판 내부의 문자들이 세로 방향 에지를 형성하는 부분과 여백으로 인해 세로 방향 에지가 거의 없는 부분이 확연히 구별되어, 세로 방향 에지의 특성을 구별하기가 더 용이하다.

본 논문에서는 총 10장의 표본 영상에서 번호판을 포함하는 최소 사각영역 R_i 를 추출하였다. 각 번호판 사각영역 R_i 에 대한 히스토그램을 계산한 후, 각 세로 방향의 에지 성분에 대한 분석 결과를 원래의 $Edge^{vertical}(p_{xy})$ 값으로 다시 환산해 보면, $Edge^{vertical}(p_{xy})$ 값들이 평균 $\mu_{edge} = 51.188$, 표준 편차 $\sigma_{edge} = 25.626$ 의 분포를 보였다. 번호판 내부에서 세로 방향 에지들은 (그림 1)(b)의 히스토그램 예제에서 보는 바와 같이, 여백인 부분과 글자인 부분에서의 편차가 확연하므로, 3장에서 제안하는 알고리즘에서는 통계적인 관점에서 상위 10% 내에 속하는 부분만을 최종 판정에 사용하였다. 즉, 각 픽셀 단위로 $Edge^{vertical}(p_{xy})$ 값을 계산하여, 이 값이 $\mu_{edge} + 1.28\sigma_{edge}$ 보다 큰 경우에만 확실한 번호판 내부 영역으로 판정하도록 하였고, 이는 표본 영상의 값들을 정규 분포로 해석했을 때, 상위 약 10.03%에 속하는 세로 방향 에지 값들만을 의미한다.

2.2 번호판 내부 색상의 특징

번호판 영역은 항상 일정한 바탕색, 그리고 바탕색과 확연히 구분되는 다른 색의 문자를 포함하므로, 이러한 특징을 번호판의 영역 발견에 이용할 수 있다. 입력 영상의 각 픽셀은 RGB 색상 값으로 구성되어 있다. RGB 색상 값은 색상 정보와 명도(intensity) 정보가 구분되지 않으므로, 같은 색상의 번호판들에 대해서도 입력 영상 촬영 당시의 조도와 카메라 노출 정도에 따라서 명암이 달라지면 RGB 색상 값의 차이는 커진다. 각 입력 영상이 일정한 조도와 일정한 노출에서 촬영되는 효과를 주기 위하여, 즉 영상 전체의 명암도를 정규화(normalization)하기 위하여, 입력 영상 각 픽셀의 RGB 색상 값을 HSV(Hue-Saturation-Value) 색상 값으로 변환하여 사용한다. HSV 색상 모델[15]은 value 정보가 명도값을 가지므로, value를 제외한 hue와 saturation 정보만을 색상판별에 이용하면 각 픽셀의 명도를 정규화한 효과를 얻을 수 있다.

번호판 영역을 발견하기 위하여 사용하는 색상 정보는 중국에서 가장 일반적으로 발견할 수 있는 차량 번호판, 즉 경형, 소형, 중형승용차 및 소형적재차량의 번호판 색상을 대상으로 하여, 바탕색이 청색이고 문자의 색이 백색인 번호판을 표본으로 사용하였다(그림 2)참조. 번호판 영역에 속한 픽셀들의 hue와 saturation의 특성을 분석한 결과, saturation은 번호판 영역 내에서 뚜렷하게 특징이 드러나지 않는 반면 hue는 분포상의 특징이 뚜렷했다.

hue 값의 분포를 확인하기 위하여, 몇 장의 번호판 표본 영상을 사용하였다. 본 논문에서는 총 10장의 도로 영상에서 번호판 부분을 추출한 후, 이 부분을 x, y축에 정렬되도록 회전시킨 영상을 번호판의 표본 영상 $S_i, 1 \leq i \leq 10$ 로 사용하였다. 각 표본 영상은 다음과 같이 픽셀들의 집합으로 볼 수 있다.

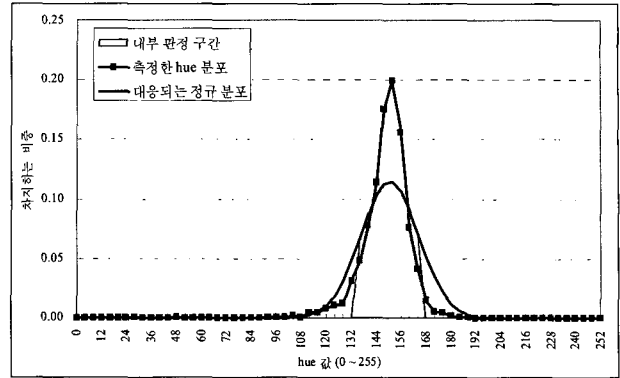
$$S_i = \{p_{xy} \mid x_{\min}(S_i) \leq x \leq x_{\max}(S_i) \text{ and } y_{\min}(S_i) \leq y \leq y_{\max}(S_i)\}$$

이 때, $x_{\min}(S_i), x_{\max}(S_i), y_{\min}(S_i), y_{\max}(S_i)$ 는 각각 S_i 가 차지하는 사각영역의 x, y 좌표에 대한 최대, 최소값들을 나타내고, 각 표본마다 S_i 의 크기는 일정하지 않다. 각각의 S_i 에 대한 면적은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Area(S_i) = (x_{\max}(S_i) - x_{\min}(S_i) + 1) \cdot (y_{\max}(S_i) - y_{\min}(S_i) + 1)$$

계산 상의 편의와 효율성을 높이기 위해, 픽셀 p_{xy} 에 대한 hue 값 $hue(p_{xy})$ 은 최종적으로 0~255 사이의 정수값을 가지도록 하였다. 각 표본 영상 S_i 에 대해서는 hue의 분포를 정규화된 형태로 추출하기 위해, 다음의 알고리즘을 적용하여, 모든 표본 영상들에 대한 평균적인 hue 분포도를 구하였다.

```
const int numImages = 10
array hueCount[i][h]: for the i-th image, contains the number
of pixels with hue value h
```



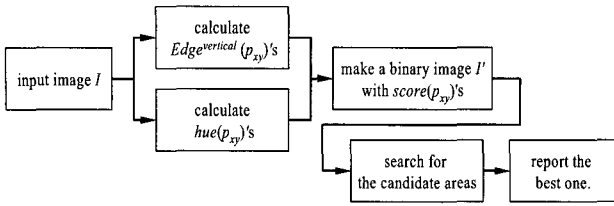
(그림 3) 표본 조사된 번호판들의 hue 분포 통계치

```
for i = 1 to numImages do
  for each pixel  $p_{xy} \in S_i$  do
     $h \leftarrow hue(p_{xy})$  // normalized hue value: 0 to 255
    hueCount[i][h] = hueCount[i][h] + 1
  end
end
for each possible hue value h do
  averageHue[h] = average of hueCount[i][h]
end
```

위의 계산 과정을 거쳐, (그림 3)과 같은 분포도를 얻었다. 이를 이산 분포(discrete distribution)로 해석하여, hue 값에 대한 평균 $\mu_{hue} = 149.957$ 와 표준편차 $\sigma_{hue} = 13.797$ 를 얻었다. 이 값들에 대응되는 정규 분포도도 (그림 3)에 함께 표시하였는데, 본 논문에서는 정규 분포에서 약 68.26%의 신뢰도를 얻을 수 있도록, $(\mu_{hue} - \sigma_{hue}, \mu_{hue} + \sigma_{hue})$ 의 구간을 번호판 내부에 속하는 픽셀들로 한정하도록 하였다. 실험에 사용한 영상들에서는 hue 값이 $H_{\min} = \mu_{hue} - \sigma_{hue} = 136.16$ 이상, $H_{\max} = \mu_{hue} + \sigma_{hue} = 163.75$ 이하인 영역이 여기에 해당된다((그림 3)의 회색 표시 구간). (그림 2)(a)와 같은 번호판 표본 영상에 대해 각 픽셀을 hue 값에 의해 이진화, 즉 $\mu_{hue} - \sigma_{hue} \leq hue(p_{xy}) \leq \mu_{hue} + \sigma_{hue}$ 인 픽셀의 값은 1로 그렇지 않은 픽셀의 값은 0으로 이진화한 결과 영상은 (그림 2)(c)와 같다.

2.3 번호판 형태의 기하학적인 특징

중국의 차량 번호판은 일정 규격을 갖도록 법으로 규정되어 있다. 번호판의 형태는 직사각형이며, 촬영된 번호판의 영상 내 크기는 도로에 설치된 카메라와 차량 간의 거리에 의해 일정 범위 내에서 변화할 수 있다. 본 논문에서는 실험에 사용한 총 238 장의 도로 영상 중에서 10장의 표본 영상을 택하여, 이들 영상 내에서 번호판을 포함하는 최소 사각 영역의 크기를 가로 w 픽셀, 세로 h 픽셀로 설정하였다. 3절에서 설명할 알고리즘에서는 계산의 효율성을 고려하여, 계산된 값에 약간의 여유분을 추가한 $w=190, h=75$ 의 값을 사용하였다. 이 값은 실험에 사용한 총 228장의 도로 영상에서 성공적인 처리의 경우에는 번호판의 실제 영역을 모두 포함하는 결과를 보였다.



(그림 4) 번호판 영역 분할 알고리즘



(그림 5) 함수 $score(p_{xy})$ 로 이진화한 영상

3. 번호판 영역 분할 알고리즘

이 절에서는 번호판의 특징 분석 결과와 전처리 과정을 바탕으로 번호판 영역 분할 알고리즘을 제안한다. 2절에서는, 각 픽셀 p_{xy} 에 대해서, 이 픽셀의 세로 방향 에지 성분이 상위 10.03%에 속할 정도로 충분히 큰 값을 가진다는 것을 판별하기 위한 임계값으로 $\mu_{edge} + 1.28\sigma_{edge}$ 을 계산해 내었다. 픽셀의 색상에 대해서도 번호판 내부에 포함된다 것을 판정하는 기준으로 hue 값의 범위를 $(\mu_{hue} - \sigma_{hue}, \mu_{hue} + \sigma_{hue})$ 로 설정하였다. 또한 번호판의 규격 및 카메라와 차량 거리에 의해 입력 영상 내에서 번호판 영역 탐색에 사용할 윈도우의 크기를 $w \times h$ 로 계산하였다. 이에 따라, 제안하는 번호판 영역 분할 알고리즘은 (그림 4)와 같이 구성된다.

입력 영상에서 번호판 영역을 발견하기 위해 영상을 이진화하는 과정은 다음과 같다. RGB 색상 모델로 표현된 입력 영상에 대해 각 픽셀 별로 일단 HSV 색상 모델 중의 hue 값을 계산한다. 또한 입력 영상에 대해 그레이스케일 영상 (grayscale image)을 계산한다. 입력 영상 I 내의 각 픽셀 p_{xy} 를 그레이스케일(gray-scale)로 변환한 후에는 Sobel 에지 검출 방법으로 세로 방향 에지 성분 $Edge^{vertical}(p_{xy})$ 를 계산한다. HSV 색상 모델로 변환한 후의 hue 값은 그대로 p_{xy} 에 대한 hue 값 $hue(p_{xy})$ 가 된다.

계산된 $Edge^{vertical}(p_{xy})$ 값은 통계적인 접근을 통해, $Edge^{vertical}(p_{xy}) > \mu_{edge} + 1.28\sigma_{edge}$ 인, 상위 10%의 경우만을 번호판 내부에 속한 것으로 판정한다 (2.1절 참조). 마찬가지로, $hue(p_{xy})$ 는 $(\mu_{hue} - \sigma_{hue}, \mu_{hue} + \sigma_{hue})$ 구간 내에 속하는 경우만을 번호판 내부에 속한 것으로 판정한다 (2.2절 참조). 이 2가지를 모두 적용하여, 입력 영상의 각 픽셀 p_{xy} 에 대한 함수 $score(p_{xy})$ 를 다음과 같이 정의하였다.

$$score(p_{xy}) = \begin{cases} 1, & \text{if } Edge^{vertical}(p_{xy}) \geq \mu_{edge} + 1.28\sigma_{edge} \\ & \text{and } hue(p_{xy}) \in (\mu_{hue} - \sigma_{hue}, \mu_{hue} + \sigma_{hue}) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

판정의 기준이 되는 μ_{edge} , σ_{edge} , μ_{hue} , σ_{hue} 등의 값은 표본 영상들을 이용하여 전처리 과정에서 계산한다. 위의 함수 $score(p_{xy})$ 를 입력 영상의 모든 픽셀들에 적용하여 (그림 5)에서와 같이, 이진화된 영상 I' 을 생성할 수 있다. 이 결과 영상에서는 함수 $score(p_{xy})$ 가 1로 판정되는 픽셀들이 번호판 부분에 확연하게 몰려 있는 것을 볼 수 있다.

입력 영상 내의 차량 번호판 영역은 항상 $w \times h$ 픽셀 내에 포함된다 (2.3절 참조). 따라서, 이진화 영상 전체에 대해

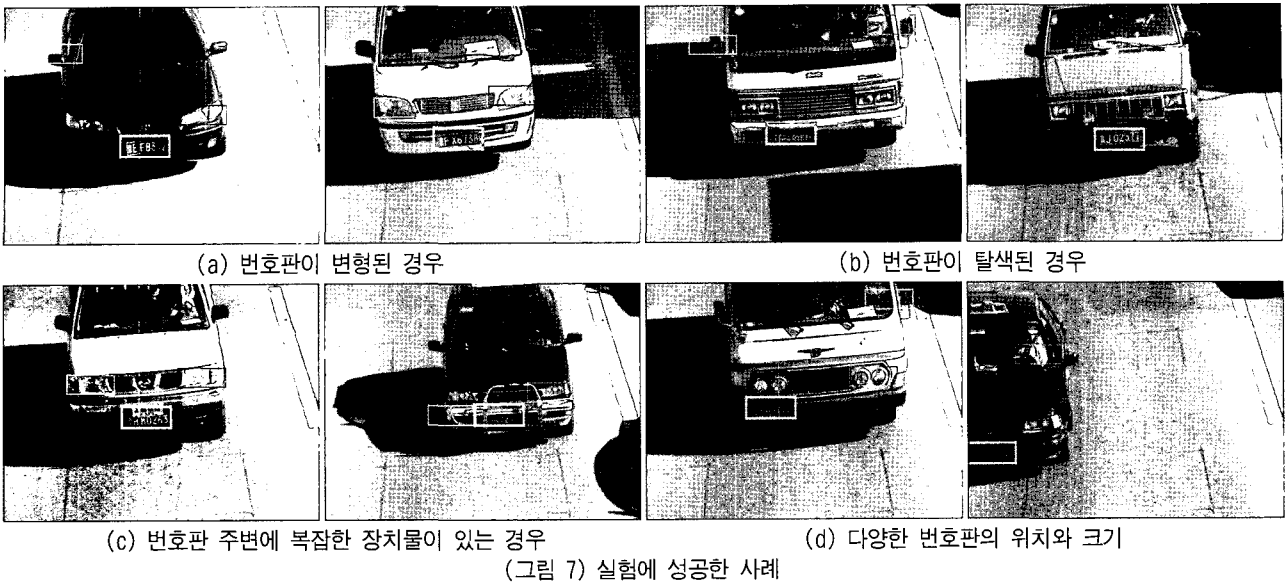
```

algorithm : License Plate Area Segmentation
input : a road image I (with a specific camera configuration)
output : the license plate area
begin
list candidate = ∅
// calculate score function for each pixel
for each pixel  $p_{xy} \in I$  do
calculate  $Edge^{vertical}(p_{xy})$ 
calculate  $hue(p_{xy})$ 
set  $score(p_{xy})$ 
end
// search for the candidate areas
for each possible location (x,y) in I do
set the rectangular region R at (x, y)
calculate  $score(R) = \sum_{p_{xy} \in R} score(p_{xy})$ 
candidate = candidate score(R)
end
remove overlapping areas in the candidate list
sort the candidate list
// pick the best three candidates and report the area
for i = 1 to 3 do
if the best candidate is located in the acceptable area or i = 3 then
report it as the number plate area
else
discard the best candidate and retry
end
end
end
    
```

(그림 6) 차량 영역 분할 알고리즘

$w \times h$ 크기의 사각 영역 R 을 이동시키면서 이 사각 영역 내부의 모든 픽셀들에 대한 $score(p_{xy})$ 함수 값의 총합인 $score(R) = \sum_{p_{xy} \in R} score(p_{xy})$ 를 구하여 판정의 기준으로 사용한다.

주어진 이진화 영상에 대해서, $w \times h$ 크기의 모든 가능한 위치의 사각 영역 R 에서 $score(R)$ 값을 계산한 뒤, $score(R)$ 값을 크기 순으로 정렬한다. 이 과정에서 처리속도의 효율성을 위해 $score(R)$ 의 계산은 인접한 영역들에 대해 점증적 (incremental)으로 계산하였다. 정렬된 리스트 중에서 서로 겹치는 영역들에 대해서는 겹치는 것들 중에서 $score(R)$ 값이 최대인 것만 남긴다. 실험적으로 분석한 결과로는 특정 차종이나, 특정 색상의 차량에 대해서는 번호판 영역뿐만 아니라, 헤드라이트 램프 영역이나 라디에이터 그릴 영역이 근소하게 더 높은 $score(R)$ 값을 가지는 경우도 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해, 본 논문에서는 $score(R)$ 값이 큰 순서대로 최대 3개까지의 영역을 후보 영역으로 간주하여, 휴리스틱적인 판정을 하였다. 즉, 번호판 영역은 차량 영상 내에서 상당히 아래 부분에 위치하게 되므로, 후보 영역들 중에서 이 성질을 만족시키는 영역을 최종적으로 번호판 영역으로 판정하도록 하였다. 만약 후보 영역들 중에서 영상의 가장 아래 부분에 있는 것이 둘 이상인 경우는 둘 중에서 $score(R)$ 값이 큰 것을 번호판 영역으로 판정하였다. 전체 알고리즘은 (그림 6)에 요약되어 있다.



〈표 1〉 차량 번호판 분할 결과

분 류	사 례 수	비 율	
성 공	223	97.81%	
실 패	번호판 일부만 분할	2	0.88%
	번호판 발견 못 함	3	1.31%
	소 계	5	2.19%
총 계	228	100.00%	

4. 실험결과

3절에서 설명한 알고리즘에 대한 프로토타입 시스템은 512M 바이트 메모리를 장착한 3GHz 펜티엄4 PC에서 Visual C++로 구현되었다. 입력 영상으로는 실제로 야외의 도로에서 지지대 위에 설치된 CCD 카메라에서 촬영한 1280×960 크기의 228 장의 RGB 컬러 영상들이 사용되었다. 전처리 과정에서는 10장의 표본 영상을 이용하여 μ_{edge} , σ_{edge} , μ_{hue} , σ_{hue} 의 값을 계산하였고, 번호판 탐색에 사용할 윈도우의 크기 w 와 h 의 값을 유도하였다.

〈표 1〉에서는 실험 결과를 보인다. 실험에 성공한 사례

는 번호판 전체를 포함하는 영역을 최종적으로 추출한 경우를 의미하며, 97.81%의 성공률을 보였다. 번호판이 휘거나 탈색이 된 경우, 번호판의 위치나 영역 크기의 변화가 심한 경우, 또는 차량의 헤드 부분에 복잡한 구조물이 있거나, 문자로 구성된 장치물이 부착된 경우에도 높은 성공률로 번호판을 분할할 수 있었다. (그림 7)에서 각 경우에 대한 실험 성공 사례를 보인다. 그림에서 분홍색의 사각형 테두리가 최종적으로 번호판으로 판단된 영역이며, 그 외의 다른 사각형 테두리는 기타 후보 영역들이다. 결과 영상들은 다양한 조도에서 촬영되었으며, 도로 색상의 명도 차이가 그것을 반영한다. 실패 사례 중의 일부는 번호판의 일부가 최종 영역에 포함되지 않은 경우이며, 번호판의 발견에는 성공했으나 문자 한 개 정도를 포함하지 못한 채 일부만 분할한 경우로서 전체의 0.88%정도를 차지한다((그림 8)(a) 참조). 번호판이 아닌 영역을 추출하여 실험에 실패한 경우는 1.31% 정도이며, 그 예는 (그림 8)(b)와 같다.

카메라에서 촬영된 영상은 이미 메모리에 로드(load)되어 있다고 가정한다. 입력 영상 1장에 대해 Sobel 에지 계산 및 Hue 값의 계산을 거쳐 이진화를 수행하는 데 걸린 평균시간은 0.477초이며, 이진화된 영상에서 후보 영역을 찾아 최종적으로 번호판 영역을 결정하는 데 걸린 평균 수행시간은

0.199초이다. 따라서, 입력 영상 1장당 평균 0.676초의 처리 속도를 보였다.

5. 결 론

본 논문에서는 도로 영상으로부터 차량의 번호판 영역을 발견하여 분할하는 알고리즘을 제시하였다. 차량의 번호판 영역을 다른 영역에 대해 차별화하기 위하여 번호판의 내부 문자가 갖는 세로 방향 에지의 분포와 비율, 번호판의 색상 중 hue의 분포, 번호판의 형태가 갖는 특징들에 대해 분석하였다. 이러한 특징들을 이용하여 임의의 영상 내에서 번호판 영역을 판별하기 위하여, 전처리 과정에서는 표본 영상에 대해 통계 처리를 하여 번호판의 특징을 판별할 수 있는 임계값을 계산하였다.

차량 영역 분할 알고리즘은 입력 영상 내부에서 번호판 영역이 강조되도록 영상을 이진화하며, 이때 전처리 과정에서 계산한 임계값을 사용한다. 차량 번호판 영역을 포함할 수 있는 일정한 규격의 윈도우로 이진화된 영상 전역을 탐색하면서, 윈도우 내부의 픽셀 값의 합이 최대가 되는 순서로 번호판의 후보 영역을 선정한다. 선정된 후보 영역들은 영역이 서로 중복되지 않도록 조절되며, 일정한 규칙에 의해 이들 중의 한 영역을 번호판으로 선택한다.

본 논문에서 제시한 알고리즘은 통계 기법을 사용하여 번호판을 발견하므로, 번호판의 변형 또는 색상 명암도에 차이가 있는 경우에 대해서 안정적이라는 장점을 갖는다. 또한 복잡한 전처리 과정을 요구하지 않고, 적은 수의 표본 영상에 대한 통계처리만으로도 알고리즘 실행 결과의 성공률이 매우 높다. 향후에는 차량 번호판의 번호 인식이나 외관 인식에서 이 방법을 기본 연산으로 사용할 예정이다. 또한, 한 장의 입력 영상 안에 차량이 여러 대 포함되어 있을 경우, 여러 개의 번호판을 동시에 발견하는 방법에 대해 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] T. Naito, T. Tsukada, K. Yamada, K. Kozuka, and S. Yamamoto, "Robust license plate re-cognition method for passing vehicles under outside environment," *IEEE Trans. Vehicular Technology*, Vol.49, No.6, pp.2309-2319, 2000.

[2] S.-L. Chang, L.-S. Chen, Y.-C. Chung, S.-W. Chen, "Automatic license plate recognition," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol.5, No.1, pp.42-53, March, 2004.

[3] C. Rahman, W. Badawy, and A. Radmanesh, "A real time vehicle's license plate recognition system," *In Proc. of IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, pp.163-166, 2003.

[4] M. Takatoo, M. Kanasaki, T. Mishima, T. Shibata, and

H. Ota, "Gray scale image processing technology applied to vehicle license number recognition system," *Proc. of IEEE Int. Workshop Industrial Applications of Machine Vision and Machine Intelligence*, pp.76-79, 1987.

[5] Y.Chui and Q. Huang, "Automatic license extraction from moving vehicles," *Proc. of Int. Conf. Image Processing*, pp.126-129, 1997.

[6] J.-W. Hsieh, S.-H. Yu, and Y.-S. Chen, "Morphology-based license plate detection from complex scenes," *Proc. of 16th International Conference on Pattern Recognition*, Vol.3, pp.176-179, 2002.

[7] 김재남, 최태일, 김병기, "YUV컬러 공간변환에 의한 잡음 환경의 차량번호판 영역추출," 한국정보처리학회 논문지 D, Vol.13-D, No.1, pp.125-132, 2006.

[8] 이화진, 박형철, 전병환, "HSI와 YIQ의 복합 색상정보를 이용한 차량번호판 영역 추출," 한국정보처리학회 논문지 A, Vol.7, No.12, pp.3995-4003, 2000.

[9] J.-F. Xu, S.-F. Li, and M.-S. Yu, "Car license plate extraction using color and edge information," *Proc. of IEEE 3rd International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, pp.3904-3907, Aug., 2004.

[10] 김병기, "명암변화와 칼라정보를 이용한 차량 번호판 인식," 한국정보처리학회 논문지 A, Vol.6, No.12, pp.3683-3693, 1999.

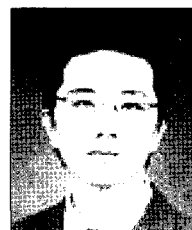
[11] 이용주, 석영수, "명암도 변화값과 기하학적 패턴벡터를 이용한 차량번호판 인식," 한국정보처리학회 논문지 B, Vol.9-B, No.3, pp.369-374, 2002.

[12] 이윤희, 김봉수, 김경환, "자동차 정면의 구조적 특징을 이용한 번호판 영역 추출 방법," 한국정보과학회 2003년 추계 학술대회, Vol.30, No.2-2, pp.601-603, 2003.

[13] D.-S. Gao and J. Zhou, "Car license plates detection from complex scene," *Proc. of 5th International Conference on Signal Processing*, pp.1409-1414, Aug. 2000.

[14] F. Yang and Z. Ma, "Vehicle license plate location based on histogramming and mathematical morphology," *Proc. of 4th IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies*, pp.89-94, Oct., 2005.

[15] J. Foley, A. vanDam, S. Feiner, and J. Hughes, *Computer Graphics: Principles and Practice*, 2nd Edition, Addison Wesley, 1992.



석 정 철

e-mail : simunian@graphics.knu.ac.kr
 2005년 한국해양대학교
 제어·컴퓨터공학과(학사)
 2005년 3월~현재 경북대학교 대학원
 컴퓨터공학과 석사과정 재학중
 관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 영상처리,

컴퓨터 비전 등



김 구 진

e-mail : kujinkim@knu.ac.kr

1990년 이화여자대학교

전자계산학과(학사)

1992년 한국과학기술원

전자계산학과(공학석사)

1998년 포항공과대학교

컴퓨터공학과(공학박사)

1998년~2000년 Dept. of Computer Sciences, Purdue University, PostDoc

2000년~2002년 아주대학교 정보통신전문대학원 BK21 조교수.

2002년~2003년 Dept. of Mathematics and Computer Science, University of Missouri-St. Louis, Visiting Assistant Professor

2004년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 조교수

관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 애니메이션, 곡면 및 기하모델링 등



백 낙 훈

e-mail : nbaek@knu.ac.kr

1990년 한국과학기술원 전산학과(학사)

1992년 한국과학기술원

전산학과(공학석사)

1997년 한국과학기술원

전산학과(공학박사)

2004년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 조교수

관심분야: 컴퓨터 그래픽스