

논문 2006-43CI-2-3

차량번호판 색상모델에 의한 번호판 영역분할 알고리즘

(An Algorithm for Segmenting the License Plate Region of a Vehicle
Using a Color Model)

전 영 민*, 차 정 희**

(Young Min Jun and Jeong Hee Cha)

요 약

번호판인식은 번호판 영역분할, 개별문자 추출, 문자 인식의 세 가지 핵심부분으로 구성된다. 이 가운데 번호판 영역분할의 정확성은 전체 인식률을 결정한다. 본 논문에서는 다양한 도로주변 환경을 고려해야하는 불법주정차 무인단속 현장으로부터 획득된 영상에서 차량의 번호판 영역을 정확하고 빠르게 분할하는 방법을 제안한다. 접근방법은 현장영상으로부터 번호판영역의 분할성능을 높이기 위하여 번호판색상의 수학적 모델을 제시하고, 이를 이용한 이진화를 수행하며, Gaussian Smoothing과 Double Threshold을 이용한 잡영제거, 1-패스 경계추적 레이블링 및 레이블링 이후 MBR을 이용한 번호판 영역후보 판정과 판정된 번호판 영역후보에서 개별문자 추출을 통한 번호판영역 검증과정을 통해 최종적으로 번호판영역을 분할하는 방법이다. 본 연구는 기존방법의 번호판 테두리 훼손에 따른 번호판 영역분할 실패의 문제점을 해결하고 시간소요의 문제를 실시간 안에 처리함으로써 실용적 응용이 가능하게 되었다.

Abstract

The license plate recognition (LPR) unit consists of the following core components: plate region segmentation, individual character extraction, and character recognition. Out of the above three components, accuracy in the performance of plate region segmentation determines the overall recognition rate of the LPR unit. This paper proposes an algorithm for segmenting the license plate region on the front or rear of a vehicle in a fast and accurate manner. In the case of the proposed algorithm, images are captured on the spot where unmanned monitoring of illegal parking and stoppage is performed with a variety of roadway environments taken into account. As a means of enhancing the segmentation performance of the on-the-spot-captured images of license plate regions, the proposed algorithm uses a mathematical model for license plate colors to convert color images into digital data. In addition, this algorithm uses Gaussian smoothing and double threshold to eliminate image noises, one-pass boundary tracing to do region labeling, and MBR to determine license plate region candidates and extract individual characters from the determined license plate region candidates, thereby segmenting the license plate region on the front or rear of a vehicle through a verification process. This study contributed to addressing the inability of conventional techniques to segment the license plate region on the front or rear of a vehicle where the frame of the license plate is damaged, through processing images in a real-time manner, thereby allowing for the practical application of the proposed algorithm.

Keywords: 색상모델(Color Model), 영역분할(Region Segmentation), 문자추출(Character Extraction), 레이블링(Labeling)

I. 서 론

* 정회원, 윈스로드주식회사 전략사업본부
(WINSROAD INC. Strategic Business Div.)

** 정회원, 숭실대학교 컴퓨터학부
(Department of Computer, Soongsil University)

※ 본 연구는交通部 철안사 프로젝트연구비 지원으로 이루어졌음.

접수일자: 2005년10월19일, 수정완료일: 2006년3월3일

제한된 도로에 비하여 차량의 수가 급격히 증가함에 따라 차량으로 인한 교통 혼잡이 심해지고 차량에 의한 사건, 사고가 사회문제로 제기되고 있다. 이에 차량범죄 및 교통 문제에 대하여 정책적으로 해결해야 하는 과제

가 늘어나고 있다. 도난 차량의 경우만 하더라도 하루 평균 200여대씩의 사건이 발생하고 있고, 도난 차량에 의한 이차적인 강력 범죄와 교통사고 등은 심각한 사회 문제로 제기되고 있다. 이에 보다 지능적인 차량인식 자동화체계가 요구된다.

번호판 정보는 모든 차량이 공통적으로 가지며 각 차량을 유일하게 식별할 수 있는 정보로 차량인식을 위한 대상이다. 차량번호판 인식기술은 사람의 시각을 보조하는 수단으로 이와 관련된 연구들이 진행되고 있다^[1-10].

그러나 대부분이 제한된 응용환경에 대한 연구로 연구 성과를 다양한 실무현장에 적용하기에는 다소 어려움이 있다.

차량의 번호판 자동인식에 관한 연구는 차량영상에서의 번호판 영역분할, 개별문자 추출, 문자 인식 부분으로 연구되고 있다^{[1][2][3]}. 특히 번호판 영역분할은 차량 번호인식시스템에서의 가장 핵심부분이면서 또한 처리 시간을 많이 요구하는 부분으로 많은 처리오류를 발생시키는 부분이다. 영역분할이 정확하게 이루어져야 다음 과제인 개별문자를 추출할 수 있고 추출된 개별문자를 가지고 신경회로망을 통해 문자 인식을 할 수 있다.

조명과 배경의 변화 및 도로주변 물체들에 대한 사전 지식이 주어지지 않는 불법주정차 무인단속 현장의 영상으로부터 차량 번호판영역을 정확하게 분할하는 것은 어려운 문제이다. 본 논문에서는 과속단속 및 주차장 환경과 비교하여 상대적으로 복잡한 불법주정차 무인단속현장의 현장영상으로부터 차량의 번호판영역을 정확하고 빠르게 분할하는 방법을 제안하고자 한다. 접근방법은 먼저 번호판색상의 수학적 모델을 제시(이하 번호판 모델)하고 이를 이용한 이진화를 수행하며, Gaussian Smoothing과 Double Threshold를 이용한 잡음제거, 1-패스 경계추적 레이블링 및 레이블링 이후 MBR(Minimum Boundary Rectangle) 정보와 네 가지의 판정기준을 이용한 번호판영역 후보 판정과 판정된 후보 번호판영역에서 개별문자 추출을 통한 번호판영역 검증의 과정을 통해 최종적으로 번호판영역을 분할하는 것이다.

실험결과는 제안방법이 정확하고 빠르게 번호판영역을 분할할 수 있음을 보여주고, 기존방법의 번호판 테두리 훼손에 따른 번호판 영역분할 실패의 문제를 보완할 수 있음을 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 차량 번호판 영역분할과 개별문자 추출과 관련된 기존 연구들을 살펴보고, III장에서는 제안하는 번호판 영역분할방법에 관하여 기술한다. IV장에서는 실험 환경 및 결과를 분석하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 기존 관련 연구

본 연구는 차량번호판 인식의 대상 영상에서 번호판 영역을 분할하는 연구와 분할된 번호판영역에서 개별문자를 추출하는 연구와 관련이 있다. 각 연구와 관련된 기존연구는 다음과 같다.

1. 번호판 영역분할

번호판 영역분할에 관한 기존연구로는 번호판의 기하학적인 특성을 이용하는 방법^[3], 번호판 영역에 공통적으로 할당된 색상정보를 이용하는 방법, 번호판영역의 문자와 배경에 의해 생성되는 명암도 변화의 특성을 이용하는 방법^{[3][4]}, 신경망 알고리즘을 이용하는 방법^{[1][6][7]} 등이 있다.

차량영상에서 번호판 영역을 분할하는 방법에 관한 기존연구들은 대부분 흑백 명암도 변화, RGB 컬러모형, HSI 컬러모형을 이용하였다. 이러한 칼라 모형을 이용한 영역분할 방법은 적용하는 칼라 모형의 특성에 따라 다음과 같은 제약점을 갖는다.

(1) 흑백 명암도 변화를 이용하는 영역분할 방법은 빛에 의한 정보 손실의 영향을 적게 받고 처리 속도가 빠르다는 장점을 가지나, 주어진 명암도 변화 임계값을 만족하는 비번호판 영역이 존재하고 번호판과 비슷한 특징을 가질 경우, 그 영역을 번호판 영역으로 오인하는 문제점이 있다^[3].

(2) 명암도 변화를 이용하는 영역분할 방법은 최적의 이진영상을 얻기 위해 임계값을 재조정하여야하며 임계값을 재조정할 경우, 전체 이미지 처리시간 × 임계값 재조정 횟수만큼의 처리 시간이 추가로 필요하므로 번호판인식 속도가 저하되는 문제점이 있다^[4].

(3) RGB 컬러 모형을 이용하는 방법은 영상을 구성하는 화소들의 RGB 컬러값이 주위의 환경변화에 기인한 밝기 변화에 민감하게 영향을 받는 문제점이 있다.

(4) HSI 컬러 모형을 이용하는 방법은 화소의 컬러를 구성하는 H, S, I 각 구성요소 중 주위의 밝기값에 영향을 받는 I 요소를 고려하지 않으므로 RGB 컬러 모형의 문제점을 극복할 수 있지만 HSI 컬러 값을 계산하기 위한 많은 처리 시간을 요구하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 (1)(2)(3)의 문제점을 해결하기 위해 번호판 모델을 사용하는 방법을 제안하고 (1)의 문제점을 해결하기 위해 번호판 모델을 이용하여 찾아진 번호

판영역 후보들을 대상으로 개별문자를 추출하여 실제 번호판 영역을 검증하는 방법을 제안한다.

2. 개별문자 추출

개별문자 추출과 관련해서 기존방법으로는 수평과 수직 방향으로 번호판영역 내부의 관심화소의 개수를 파악하여 개별문자를 추출하는 투영(Projection)을 이용하는 방법과, 번호판 문자배열의 기하학적 특성을 이용하는 방법이 있다. 투영에 의한 방법은 번호판 영역 내의 잡영에 매우 민감하고, 대상영역 주변의 영역들에 영향을 많이 받아 문자가 오분리 되는 경우가 많으며, 번호판 회전 시 개별문자를 추출할 수 없다. 번호판의 사전지식을 이용하여 분리하는 방법 또한 번호판 회전 시 개별문자 추출이 어렵다.

따라서 본 논문에서는 번호판 영역의 문자배열에 대한 사전정보와 레이블링 기법을 이용한 빠른 개별문자추출 방법을 제안한다.

III. 제안하는 번호판 영역분할 방법

1. 번호판영역의 특징

조명과 배경의 변화에 대한 사전 지식이 주어지지 않은 불법주정차 무인단속 현장영상으로부터 번호판 영역을 분할하기 위해서는 번호판영역에 관한 사전지식이 중요하다. 제안하는 방법에서는 표 1과 같은 차량 번호판영역에 대한 특징을 활용한다.

표 1. 번호판영역의 특징

Table 1. the characteristics of plate region.

- | |
|--|
| (1) 번호판영역은 일정한 문자 폭과 명암도 변화를 가지고 있다.
(2) 번호판영역에서 수평축, 수직축으로 명함도 변화 횟수가 다른 영역에서보다 많이 나타난다.
(3) 번호판영역에서 명암도 변화 횟수는 최소 6~12번 정도 나타난다.
(4) 번호판영역에서의 번호판의 배경과 문자 간의 밝기 차이는 주위의 밝기 차이와 다소 많은 차이를 갖는다.
(5) 차량 번호판의 가로와 세로 비가 2 : 1이다.
(6) 번호판영역의 각 문자는 상대적인 위치 정보를 가지고 있다.
(7) 번호판영역에 녹색이 밀집되어 있다.
(비사업용 차량)
(8) 번호판영역은 녹색 배경에 백색 문자로 되어 있다.
(비사업용 차량) |
|--|



그림 1. 번호판색상 샘플추출

Fig. 1. Sampling of the license plate color of a vehicle.

2. 번호판 모델

제안방법에서는 조명과 배경 등 환경변화에 적응적인 시스템을 구축하고 번호판 영역을 정확하게 분리하기 위하여 번호판 모델을 제안한다.

번호판 모델은 그림 1과 같이 마우스로 해당 영역을 클릭하여 일정 크기(m×n)의 샘플을 추출하는 번호판색상 샘플추출과정을 통해 얻어진 RGB색상의 R, G, B 각 요소의 평균과 표준편차를 이용하여 식 (1)과 같이 정의된다. 번호판색상 샘플추출은 시스템을 설정할 때 한번만 수행합니다.

$$C = \begin{bmatrix} \mu_R & \sigma_R & \mu_G & \sigma_G & \mu_B & \sigma_B \end{bmatrix} \quad (1)$$

번호판 모델 C를 정의하는 추출된 샘플의 R, G, B 각 요소의 평균과 표준편차는 식 (2)와 식 (3)에 의해 구한다.

$$\mu_{COM} = \frac{\sum_{x=0}^M \sum_{y=0}^N f_{COM}(x, y)}{M \times N}, COM = R, G, B \quad (2)$$

$$\sigma_{COM} = \sqrt{\frac{\sum_{x=0}^M \sum_{y=0}^N (f_{COM}(x, y) - \mu_{COM})^2}{M \times N}}, COM = R, G, B \quad (3)$$

추출된 샘플의 R, G, B 각 요소의 평균과 표준편차가 정규분포를 갖는다고 가정할 때, 화소의 각 R, G, B

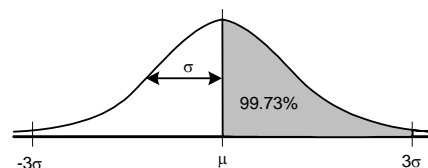


그림 2. 번호판색상의 정규분포

Fig. 2. Normal distribution of the license plate color of a vehicle.

요소 값이 -3σ 에서 $+3\sigma$ 범위의 구간에 속하는가를 판별하여 번호판 색상에 해당하는 화소를 결정한다. 그림 2는 번호판 색상의 정규분포도를 나타내며, 구간에 속할 확률은 99.73%이다.

3. 번호판색상 결정함수

번호판색상 결정함수 $D(X)$ 는 식 (4)와 같으며, 이는 번호판 모델을 이용한 칼라영상 이진화 과정에 사용된다. $D(X)$ 는 Mahalanobis 거리를 구하는 식을 이용하여 정의되며, 평균을 중심으로 3σ 만큼의 범위에 속하는가를 판별하여 번호판색상을 결정한다.

$$D(X) = \sqrt{[M - X]^T \Sigma^{-1} [M - X]} \quad (4)$$

$$M = \begin{bmatrix} \mu_R \\ \mu_G \\ \mu_B \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} f_R(x, y) \\ f_G(x, y) \\ f_B(x, y) \end{bmatrix}, \Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 1/\sigma_R^2 & & \\ & 1/\sigma_G^2 & \\ & & 1/\sigma_B^2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} D(X) \leq 3 & X \in C \\ otherwise & X \notin C \end{cases}$$

M 은 번호판 모델의 R, G, B 각 요소의 평균을 의미하며 X 는 입력 화소의 값을 나타내고 Σ^{-1} 는 번호판 모델을 구성하는 R, G, B 각 요소의 표준편차 제곱으로 구성된 공분산 행렬의 역행렬이다. $D(X)$ 의 값이 3보다 작은 경우에는 입력 화소가 번호판색상에 해당하는 것으로 판정하고 그렇지 않은 경우에는 번호판색상을 갖지 않는 것으로 판정한다. 함수 $D(X)$ 의 임계값이 3인 것은 $\mu \pm 3\sigma$ 의 거리를 Mahalanobis 거리를 이용하여 거리에 대한 정규화를 수행함으로써 얻을 수 있다.

4. 컬러영상의 이진화

컬러영상의 이진화는 불법주정차 현장영상으로부터 번호판 영역을 분할하기 위한 과정으로 번호판 영역분할 과정에서 매우 중요하다.

가장 널리 알려진 이진화 방법으로는 히스토그램 분석에 의한 임계값을 이용한 방법, 영상의 복잡도 등을 이용하는 방법이 있다. 이러한 방법은 과속단속 및 주차장 현장과 같이 제한된 환경을 대상으로 하는 경우에 실용화 될 수 있다. 그러나 불법주정차와 같이 현장에 대한 사전지식이 없는 임의의 영상에 대해서는 적합하지 않다. 이진화에 대한 대부분의 연구는 흑백영상을



그림 3. 이진화: (a)입력 영상, (b)이진화 결과
Fig. 3. Binarization: (a) Input image, (b) result of binarization.

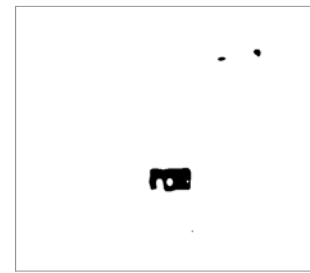


그림 4. 잡영 제거
Fig. 4. Eliminate image noises.

대상으로 하였으나 칼라영상은 흑백영상에 비하여 영상에 대한 정보를 더 많이 내포하고 있기 때문에 칼라영상을 이용하여 인식을 수행하는 시스템이 늘어나는 추세이다.

제안방법에서는 칼라영상을 이진화하여 불법주정차 현장영상으로부터 번호판색상을 갖는 화소영역을 분할한다. RGB 칼라모형을 사용하는 입력영상에 대하여 R, G, B 각 구성요소의 값을 계산하고 식 (1)과 식 (4)에서 정의한 번호판 모델 C 와 번호판색상 결정함수 $D(X)$ 를 사용하여 이진화를 수행한다. 그림 3은 입력 영상에 대하여 이진화를 수행한 결과이다.

5. 잡영 제거

이진화된 영상은 잡영을 많이 포함하고 있다. 이후 불필요한 연산에 의한 성능저하를 제거하기 위하여 Gaussian Smoothing과 Double Threshold를 이용하여 잡영을 제거한다.

Gaussian Smoothing은 마스크 크기 15를 사용하며 그림 3(b)의 관심 화소들의 영역을 펼치는 효과가 있다. Gaussian Smoothing은 그림 3(b)에서 넓은 영역에 대해서는 영역을 넓혀 번호판영역의 문자에 기인한 hole을 메워주는 효과가 있으며 반면에 좁은 영역에 대해서는 제거하는 효과가 있다.

Double Threshold은 Threshold 범위 외의 값의 영역을 자르는 효과가 있다. 그림 4는 그림 3(b) 영상의 잡영을 제거한 결과이다.

6. 1-패스 경계추적 레이블링 알고리즘

이진화된 영상은 완전한 영역분할 이전의 상태로 단지 각각의 화소들이 번호판색상 이외의 화소들과 구분되어 있는 상태이다. 이런 번호판영역 후보에 해당하는 각각의 화소들을 영역으로 묶고 각 영역에 이름을 할당하는 과정을 레이블링이라 한다. 레이블링 방법은 영상의 첫 번째 라인부터 마지막 라인까지 조사하면서 서로 이웃하는 화소들에 같은 이름을 할당하는 raster scan 방법과 이름이 할당된 초기 화소로부터 레이블을 전파하는 방법으로 나눌 수 있다. 그러나 후자의 방법은 병렬 처리가 지원되지 않는 컴퓨터에서는 수행 시간이 매우 길어지게 되므로 주로 전자의 방법을 사용한다.

레스터 스캔 방법에 의한 기존의 레이블링 알고리즘은 2-패스로 레이블링을 수행한다. 첫 번째 패스에서는 영상을 조사하면서 임시 레이블을 할당하고 동일한 영역이 서로 다른 레이블 값을 가지고 있다면 동치 테이블에 저장한다. 두 번째 패스에서는 다시 영상을 조사하면서 동치 테이블에 저장된 값들을 이용하여 전체 영상의 레이블 값을 재 할당한다. 이러한 알고리즘은 주어진 영상을 두 번 조사하여야 하므로 수행시간이 길고, 동치 테이블을 저장하기 위한 기억장소의 낭비를 초래하게 된다.

제안방법에서는 기존의 2-패스 레이블링 알고리즘보다 수행 속도가 빠르고 기억장소의 낭비가 적은 경계 추적에 의한 1-패스 레이블링 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 그림 5와 같은 조사 방향에 따라 네 가지 형태의 윈도우를 선택 사용하며 레이블을 할당한다. 레이블링 윈도우는 2x2 윈도우로써 X표시가 되어 있는 화소를 기준으로 다른 화소들의 레이블 값을 확인하여 레이블을 할당하는데 사용된다. 레이블링 윈도우의 다른 화소들은 이미 조사한 영역으로 레이블 값을 갖고 있다. 레이블링 윈도우는 영상의 좌에서 우로 위에서 아래로 조사 한다.

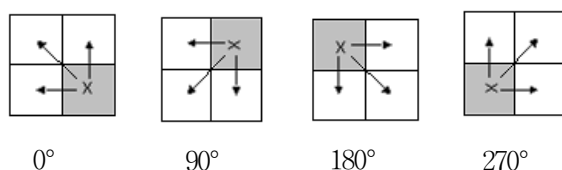


그림 5. 레이블링 윈도우
Fig. 5. Labeling windows.

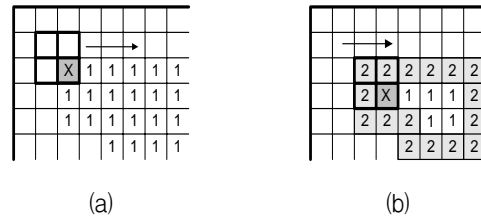


그림 6. 레이블링 윈도우의 적용 예
Fig. 6. Using of labeling windows.

레이블링 윈도우를 사용하여 레이블을 할당하기 위한 두 가지 조건이 있다. 첫 번째 조건은 그림 6(a)와 같이 레이블링 윈도우의 다른 화소들이 레이블을 갖고 있지 않는 경우이다. 이런 경우에는 새로운 레이블을 레이블링 윈도우의 기준 화소에 할당한다. 두 번째 조건은 그림 6(b)와 같이 이미 레이블이 할당되어 있는 경우이다. 이런 경우에는 이미 할당되어 있는 레이블을 기준 화소에 할당한다. 그림 6에서 1은 레이블이 아직 할당되지 않은 화소이고 2는 레이블 값이 할당된 화소이다. 그리고 X는 현재 레이블 값을 할당하려고 하는 화소를 나타낸다.

그림 7은 경계 추적 레이블링 알고리즘의 적용 예를 보인다. S_0 는 외부 경계 시작점을 S_i 는 내부 경계 시작점을 나타낸다. S_0 에서 레이블을 할당하는 첫 번째 조건을 만족하기 때문에 새로운 레이블을 할당하고 S_0 를 시작점으로 하여 외부 경계 추적을 시작한다. 외부 경계 추적은 외부 경계 시작점과 같은 레이블을 할당한다. 추적 알고리즘이 다시 시작점으로 돌아오면 추적을 정상적으로 종료하고 추적 알고리즘을 적용하기 전의 방향으로 조사를 다시 시작한다.

그러나 그림 7의 예와 같이 영역 안에 구멍이 존재하는 경우에, 외부 경계 추적은 외부 경계에 이미 시작점과 다른 레이블이 할당되어 있어서 추적 알고리즘이 시작점으로 돌아오지 못하고 다른 레이블과 충돌하게 된다. 이 화소를 내부 경계의 시작점인 S_i 로 설정하고 외부 경계 추적 방향과 반대 방향으로 내부 경계 추적을

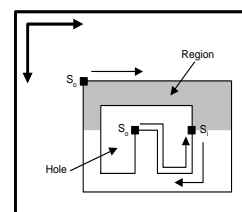


그림 7. 경계 추적 레이블링 알고리즘의 개념
Fig. 7. Conception of boundary tracing to do region labeling.

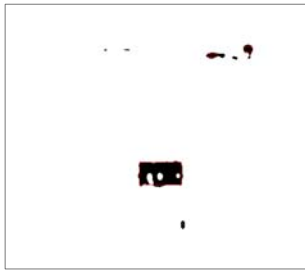


그림 8. 레이블링 결과
Fig. 8. Result of labeling.

시작한다. 내부 경계 추적은 시작점 S_i 와 같은 레이블을 할당한다. 내부 경계 추적이 다시 S_i 로 돌아오면 추적을 종료하고, 내부 경계 추적을 하기 전 단계인 외부 경계 시작점에서 원래의 진행 방향으로 조사를 다시 시작한다. 이러한 단계를 반복함으로써 레이블링 작업을 수행한다. 그림 8은 그림 4를 대상으로 레이블링을 수행한 결과이다.

7. 2차 잡영제거

레이블링 이후, 각 레이블된 영역을 대상으로 영역을 구성하는 화소의 수를 계수하여 번호판영역을 구성하기 위한 화소 수에 미달하는 레이블 영역을 잡영으로 간주하여 제거한다.

8. 번호판 영역판정

레이블링 이후, 각 레이블링된 영역을 대상으로 MBR을 구한다. MBR은 일종의 구분된 영역을 표현하는 방법으로 영상처리에서 일반적으로 사용된다. 각 MBR에 대하여 실제 번호판 후보영역인지에 관한 판정 과정이 필요하다.

번호판 판정과정은 MBR의 가로길이의 범위, MBR의 세로길이의 범위, MBR의 가로 대 세로 비율의 범위, MBR의 면적 대 MBR 내에 포함되는 관심화소의 비율에 해당하는 밀도 등의 네 가지 판정기준으로 번호판 후보영역으로 판정한다.

9. 개별문자 추출에 의한 번호판 영역검증

번호판 영역후보로부터 개별문자를 추출하기 위해서는 번호판영역의 문자배열 특성에 관한 사전지식이 필요하다. 사전지식은 개별문자 추출과정에서 뿐만 아니라 추출된 개별문자의 검증 및 교정과 같은 신뢰성 향상과정에서도 필요하다. 본 절에서는 신형 번호판에 비하여 상대적으로 복잡한 구형 번호판을 대상으로 기술

표 2. 차량 번호판 영역의 문자배열 특성

Table 2. The character is of string structure of the license plate of a vehicle.

- (1) 번호판은 관할관청 기호와 차종별 기호를 나타내는 상단부(예: 서울 2)와 용도별 기호와 등록번호를 나타내는 하단부(예: 가 3456)로 구성된다.
- (2) 번호판의 상단부는 번호판 높이의 1/3을 차지하며, 하단부는 2/3를 차지한다.
- (3) 번호판 등록번호(예: 하단부의 3456) 네 개의 숫자는 번호판 가로 넓이의 3/5 지점을 기준으로 각각 두 개로 분할된다.

관할관청 기호		차종별 기호		
서울		2		상단부
가	3	4	5 6	하단부
용도별 기호		등록 번호		

그림 9. 번호판 문자배열의 구성 I

Fig. 9. Structure I of the license plate of a vehicle.

	$w \times 3/5$		$w \times 2/5$	
h	서울		2	$h \times 1/3$
	가	3 4	5 6	$h \times 2/3$
	$w = 2 \times h$			

그림 10. 번호판 문자배열의 구성 II

Fig. 10. Structure II of the license plate of a vehicle.

한다. 구형 번호판의 문자배열 특성은 표 2와 같다.

제안방법에서 번호판 영역분할 검증을 위한 개별문자 추출의 대상은 그림 9에서 등록번호에 해당하는 일련번호이다. 개별문자 추출 알고리즘은 다음과 같으며, 적용 영역은 번호판 영역분할 과정에서 얻어진 번호판 후보영역들로 제한한다.

단계 1. 이진화

번호판의 배경과 문자부분을 분리하기 위하여 번호판 후보영역을 대상으로 부분적으로 이진화가 적용된다. 실제 세계에서 얻어지는 번호판 영상은 명암의 변화에 따라 다양한 밝기값을 가지므로 이진화 임계치가 명암의 변화에 따라 자동결정 되는 방법을 사용한다. 단, 임계치 자동결정방법의 상세내용은 논문범위 외의 내용으로 본 논문에서는 언급하지 않는다.



그림 11 번호판 영역의 전처리:

(a)이진화 영상, (b)잡영제거

Fig. 11. Preprocessing of the license plate region of a vehicle: (a)binarization image, (b)remove noise.

단계 2. 레이블링을 이용한 대상영역 잡영제거

이진화된 영상은 번호판의 훼손 정도에 따라 잡영을 가질 수 있다. 정확한 문자부분의 영역화를 위해서는 잡영제거와 같은 전처리 과정이 필요하다. 잡영제거는 두 단계로 이루어진다. 먼저 대상 화소의 이웃화소들을 비교하여 이웃화소들의 흰 화소의 수가 설정 임계치 미만일 경우 대상 화소를 잡영으로 간주하고 제거한다. 잡영제거 처음 단계를 거침으로써 크기가 작은 충격잡영이 제거된다. 둘째, 1-패스 경계추적 레이블링 이후 MBR 블록의 화소 개수와 MBR 블록의 크기를 조사한 결과 MBR블록 내의 화소 개수와 MBR블록의 가로와 세로 길이가 최소임계치와 최대임계치 범위에 포함되지 않는 비문자 영역을 제거한다. 두 번째 단계이후, 비교적 큰 잡영들과 번호판의 테두리 부분이 제거된다.

단계 3 레이블링 기법을 이용한 개별문자 추출

번호판 등록번호부에 해당하는 개별문자를 추출하기 위하여 번호판 세로높이의 2/3지점 이하의 영역에 위치한 단계 2에서 구한 1-패스 경계추적 레이블링 과정이후의 MBR 블록들에 대하여 MBR 블록의 최소 X좌표, 최대 X좌표로 가로위치와 넓이를 계산하고, 최소 Y좌표, 최대 Y좌표로 세로위치와 높이를 계산한다.

그림 12와 같은 MBR 블록의 높이와 넓이 정보, 높이 대 넓이의 비율(경험치로 1.4 : 1), 레이블링 이후의 MBR블록상의 화소의 개수(최대 화소개수 : 120, 최소 화소개수 : 20) 정보를 가지고 등록번호에 해당하는 4개의 번호를 추출한다.

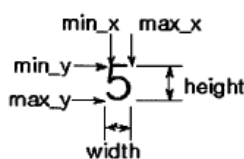


그림 12. 번호판 등록번호의 특성

Fig. 12. Feature of a registered number.

단계 4. 추출된 개별문자의 검증

원영상의 번호판 훼손 정도에 따라 개별문자의 추출 과정에서 문자의 오분리가 발생할 가능성이 있다. 추출된 개별문자는 등록번호에 해당하는 번호 간의 위치적 상관관계와 번호판 문자배열의 특성을 이용하여 검증한다. 등록번호의 상하 수평 경계선은 다음과 같이 추출한다.

첫째, 전체 영상 세로 높이의 2/3 지점에 수평 스캔 라인을 설정한다.

둘째, 스캔 라인을 시작으로 아래 방향으로 한 라인씩 이동하면서, 라인과 교차되는 블록간의 거리가 번호판영역 크기의 1/5 이하인 블록의 개수를 파악한다.

셋째, 파악한 블록의 개수가 네 개 이하가 되는 라인을 수평경계선으로 결정한다.

또한, 각 문자에 대한 수직 경계선은 상하 수평경계선 범위 내에서 구해진 네 개의 MBR블록의 상대적인 넓이로 결정한다. 이렇게 구해진 후보 블록들은 번호판의 등록번호부의 네 개의 숫자가 번호판 가로 넓이의 3/5 지점(block_center)을 기준으로 각각 2개로 분할된다는 특성을 이용하여 등록번호부의 문자와 문자의 수직 경계를 결정한다. block_center와 거리가 가장 가까운 후보 블록의 위치(min_index)를 구한 다음, 그 후보 블록이 block-center의 오른쪽에 있다면 등록번호부의 첫 번째 문자블록의 위치(start_index)는 min_index-2가 되고, 왼쪽에 있다면 min_index-1이 될 것이다. 따라서 start_index로 부터의 4개의 연속된 후보 문자영역을 결정할 수 있다. 단계 3에서 추출된 개별문자가 등록번호부의 개별문자 영역에 해당될 때 번호판의 등록번호로 검증되며 번호판 후보영역에서 개별문자가 추출되면 최종적으로 차량 번호판영역으로 분할된다.

IV. 실험 환경 및 결과

본 절에서는 먼저 실험 환경에 대하여 기술하고 기존 번호판 영역분할방법^[3]을 살펴본다. 그리고 본 논문에서 제안하는 방법을 기술하고 최종적으로 기존방법과 제안방법을 비교평가 한다.

차량번호판 인식시스템은 차량검지부, 촬영부, 인식부로 구성된다. 불법주정차 차량이 검지부에서 검지되면 검지신호를 순간적으로 촬영부에 보내어 촬영하게 된다. 차량영상을 작게 촬영하면 촬영장치가 촬영할 수

있는 촬영 폭이 넓어질 수 있다는 장점이 있다. 그러나 번호판 크기가 작기 때문에 문자 및 작은 숫자 인식에 어려움이 있다. 반면에 촬영된 차량영상이 너무 크면, 문자 및 작은 숫자를 인식하기에 좋으나 촬영장치의 촬영 폭이 좁아지는 문제가 있다. 따라서 작은 숫자 및 문자 인식에 영향을 미치지 않는 범위에서 차량영상을 최소로 촬영하여야 한다.

실험을 위해 입력으로 이용한 불법주정차 현장 영상은 비교적 차량의 교통량이 적은 도로를 대상으로 촬영되었다. 카메라의 위치는 불법주정차 금지구역의 상단부분에 설정하였다. 카메라의 촬영 범위는 불법주정차 차량의 인식에 관한 문제를 다루는 점을 고려하여 주정차 금지 구역을 대상으로 하였다. 카메라의 초점은 주정차한 차량의 구성요소, 예를 들면 촬영된 영상에서 번호판의 문자를 육안으로 봤을 때 가능한 한 잘 식별할 수 있는 지점들로 설정하였다. 촬영 대상 차량은 승용차와 중형 승합차를 대상으로 한정 시켰다. 촬영을 위해 사용되어진 장비는 PGR사의 CCD카메라(Dragon fly, 1/3" Sony CCD)를 사용하였으며 1024×768 RGB 컬러영상을 실시간으로 획득하였다. 실험에서 제안하는 방법은 Pentium-4 2.6GHz, Memory 512Mbyte, Windows XP 환경에서 Visual C++ 6.0을 사용하여 구현하였다.

입력영상은 그림 13과 같으며 안개 낀 날 획득한 영상으로 번호판 테두리가 선명하지 않고 전체적으로 약간 찌그러진 상태임을 확인할 수 있다.

먼저 기존방법^[3]에서는 전체 영상에 대하여 처리하면 시간이 많이 소요되므로 영상축소 과정을 통해 그림 14와 같이 영상 크기를 축소한다.

번호판의 테두리 성분인 수직, 수평 성분을 강조하기 위해서 그림15처럼 256 흑백 명암도 영상으로 변환하고 소벨 연산을 수행한다.



그림 13. 입력 영상
Fig. 13. Input Image.



그림 14. 축소된 영상
Fig. 14. Image on a reduced scale.

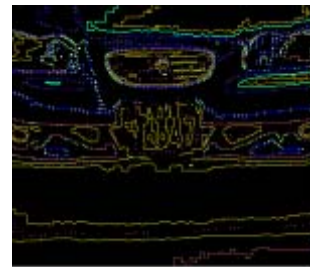


그림 15. 소벨 연산
Fig. 15. Result of Sobel operation.

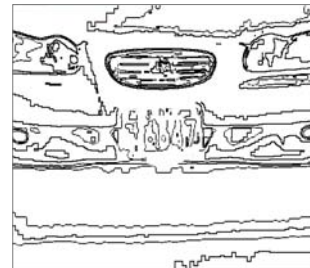


그림 16. 이진화 결과
Fig. 16. Result of Binarization.



그림 17. 번호판 영역분할 결과
Fig. 17. Result of segmenting the license plate region.

수직 및 수평성분을 추출하는 히프변환을 수행하기 위해서 그림 16처럼 이진화한다.

이진화 임계값 결정을 전체영상에서 구함으로서 번호판 테두리가 미약하게 나타날 경우 숫자부분은 선명히 표현되거나 번호판 테두리 부분이 나타나지 않음을 볼 수 있다. 이진화된 결과를 이용하여 히프변환을 통해서 수평 및 수직 성분을 찾고 수평 및 수직 비가 2 : 1이 되는 곳을 찾는다.

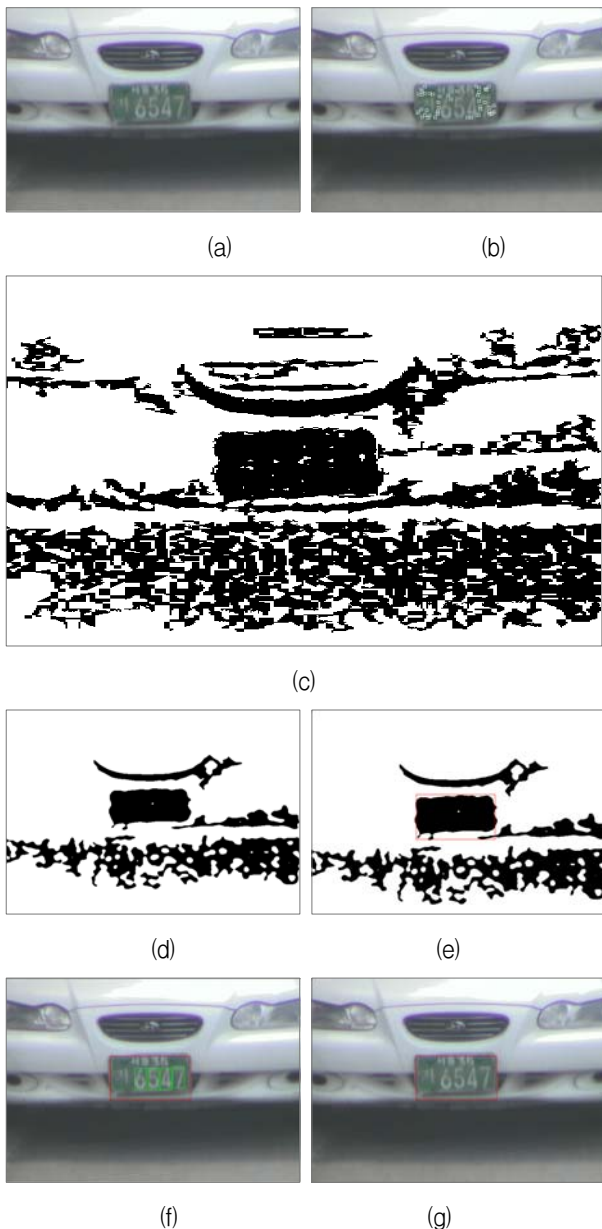


그림 18. 제안방법에 의한 번호판 영역분할: (a)입력영상, (b) 번호판 색상샘플 추출, (c) 번호판 모델과 번호판색상 결정함수에 의한 이진화, (d) Gaussian Smoothing과 Double Threshold방법에 의한 잡음제거, (e) 번호판 후보영역 판정, (f)번호판 개별문자 추출(검증), (g) 번호판 영역분할 결과

Fig. 18. Segmenting the license plate region of vehicle using a color model: (a)Input image, (b)Sampling of the license plate color of a vehicle, (c) Result of binarization, (d) Eliminate image noises using Gaussian smoothing and double threshold, (e)Determine license plate region candidates, (f)Extract individual characters from the determined license plate region candidates, (g)Result of segment the license plate region.

그림 17처럼 차량의 라디에이터 그릴 부분이 2 : 1 조건을 만족하므로 라디에이터 그릴 부분을 차량 번호판 영역으로 분할함을 볼 수 있다.

본 논문에서 제안하는 영역분할 방법은 그림 18과 같다. 그림 18(a)와 같은 1024×768 RGB 컬러영상을 입력받아 그림 18(b)와 같이 마우스 클릭에 의한 번호판색상 샘플을 추출한다. 마우스 1회 클릭시 7×7화소의 RGB값을 추출하며 최대 추출 가능한 샘플 화소의 수는 4900개로 설정했다. 번호판 색상샘플을 추출하여 수식 (1)의 번호판 모델을 생성한 후, 입력영상에 대해 번호판 모델과 번호판색상 결정함수 $D(X)$ 에 의하여 그림 8(c)와 같이 컬러영상을 이진화 한다. 그림 18(c)는 컬러영상 이진화 결과를 자세히 보기 위하여 크기를 확장하였다.

이진영상은 그림 8(c)에서와 같이 잡영을 많이 포함하고 있으며 번호판 영역의 경우 번호와 문자의 부분에 hole이 발생한다. 잡영과 hole을 제거하기 위하여 Gaussian Smoothing과 Double Threshold를 이용하여 그림 8(d)와 같이 잡영을 제거한다. 실험에서 Gaussian Smoothing의 마스크 크기는 15를 사용하였으며 Gaussian Smoothing 관심영역을 넓히는 효과와 번호판 영역의 문자와 숫자 부분에 해당하는 hole을 매워주는 효과가 있다. Double Threshold는 Threshold 범위 외의 값의 영역을 제거하는 효과가 있으며 실험에서는 임계값으로 95와 200을 사용하였다. 잡영제거 이후 1-패스 레이블링 알고리즘에 의한 레이블링 및 레이블링 이후 MBR 정보를 구하고 MBR 정보를 이용하여 그림 8(e)와 같이 번호판 후보영역을 판정한다. 번호판 후보영역 판정에 사용된 판정기준은 MBR의 폭, 높이, 가로 : 세로 비율, 밀도 등 네 가지를 사용했으며 실험에서는 20~220 화소의 폭, 10~110화소의 높이, 1.35~2.5의 가로 : 세로 비율, 0.6이상의 밀도를 사용하였다.

번호판 후보영역 판정 이후 번호판 후보영역 안에서 개별문자 추출방법에 의하여 그림 18(f)와 같이 번호판 영역임을 검증하고 그림 18(g)와 같이 최종적으로 번호판 영역의 분할을 완료한다.

실제 상황에서 촬영된 400대의 차량영상에 대해 실험하였으며 실험결과 번호판이 심하게 훼손된 경우와 번호판영역에 지나가는 차량에 의한 그림자가 드리워지는 경우를 제외한 대부분의 차량의 번호판에 대해서 99%의 높은 성공률을 보였다. 그림 19는 일부의 실험 결과를 보인 것이다.

기존의 방법은 여러 단계의 처리과정을 거침으로서 원 영상 정보를 손실하게 되고 시간이 많이 소요된다.



그림 19. 번호판 영역분할 실험결과

Fig. 19. Result of segmenting the license plate region.

또한 번호판이 위치한 곳을 알 수 없으므로 번호판 영역이 반영되지 않은 이진화 임계값이 결정될 수 있고, 이진화 후 번호판의 테두리가 나타나지 않음으로서 번호판 영역 추출이 곤란함을 볼 수 있다. 이진화가 잘 되어 번호판 테두리 부분이 나타난다 하여도, 차량에 따라서는 수평과 수직의 비가 2 : 1이 되는 부분이 많이 존재할 수 있으므로 번호판 영역 결정이 어려울 수 있다.

본 논문에서 제안하는 방법의 장점은 네 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 번호판 모델과 번호판 결정함수에 의하여 컬러영상을 이진화하므로 흑백 명암도 변화를 이용한 추출방법에 비하여 번호판영역 후보에 해당하는 비번호판 영역을 번호판 영역으로 오인하는 문제점을 해결할 수 있었으며 명암도 변화 임계값을 재조정할 필요가 없으므로 전체 영역분할 속도를 향상시켰다. 또한, RGB컬러모형이 주위의 환경변화에 기인한 밝기변화에 민감하게 영향을 받는 문제점을 완화하였다. 둘째, 본 논문에서 제안된 1-패스 경계추적 레이블링 알고리즘을 사용하여 계산량이 많은 레이블링 과정의 시간을 단축하여 전체 번호판영역 분할의 시간을 단축하였다. 셋째, 네 개의 번호판영역 판정기준을 사용한 번호판영역 판정에 의한 정확도를 향상하였다. 넷째, 번호판으로 판정된 후보영역 내에서 개별문자 추출방식의 번호판영역검증에 의한 번호판 영역분할 정확도를 향상하였다.

V. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 불법주정차무인단속 환경에서 차량 번호판 모델에 의한 번호판 영역분할 알고리즘을 제안하였다. 본 논문의 접근방법이 기존의 번호판 영역추출 방법과 근본적으로 다르고 처리시간을 단축함으로써 실용적 응용을 이룰 수 있었다. 이러한 알고리즘을 바탕으로 시스템을 구현하여 실험한 결과 일반적인 차량 번호판 영상에서 성공적인 결과를 보였으며 환경의 변화에도 비교적 잘 적응함을 알 수 있었다.

앞으로의 연구방향은 네 가지 방향으로 연구를 진행하고자 한다. 첫째, 외부의 환경변화에 적응적인 번호판영역 이진화 임계값 결정방법을 연구하여 급격한 조명의 변화에도 안정적인 번호판인식 성능을 얻을 수 있도록 연구하고자한다. 둘째, 번호판의 훼손이 심한 경우 영상복원에 대한 알고리즘의 개발과 야간과 같은 조명의 간섭에도 강인한 알고리즘을 연구하고자 한다. 셋째, 일반적으로 많이 기울어져 있는 번호판에 대해서는 고려하지 않았다. 불법주정차 단속의 경우 기울어진 번호

판 보정은 중요하다. 테두리의 검출에 의한 기울기 보정방법 또는 분할 방법으로 기울기를 보정하는 방법에 관하여 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] WuWei, Yuzhi Li, Mingjun Wang, Zhongxiang Huang, "Research on Number-plate Recognition Based on Neural Networks" IEEE 2001.
- [2] Mei Yu, Yong-Deok Kim, "Vision Based Vehicle Detection and Traffic Parameter Extraction", IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E84-A, No.6 June, 2001.
- [3] M. Yu, Y. D. Kim, "A approach to Korean license plate recognition based on vertical edge matching," IEEE Systems, Man, and Cybernetics, International Conference on, Vol. 4, pp.2975-2980, 2000.
- [4] C. V. Jawahar, P. K. Biswas, and A. K. Ray, "Analysis of fuzzy thresholding schemes," Pattern Recognition Vol. 33, pp. 1339-1349, 2000.
- [5] K. K. Kim, K. I. Kim, J. B. Kim, and H. J. Kim, "Learning-based approach for license plate recognition," IEEE Signal Processing Society Workshop, Vol. 2, pp.614-623, 2000.
- [6] Kwang-In Kim, Se-Hyun Park, Kee-chul Jung, Min Ho Park and Hang Joon Kim "The Neural Network Based Method for Locating Car License Plate" Proceedings of ITC-CSCC 1999.
- [7] R. Parisi, E. D. Di Claudio, G. Lucarelli and G.Orlandi "Car Plate Recognition by Neural Networks and Image Processing" IEEE 1998.
- [8] S. K. Kim, D. W. Kim, and H. J. Kim, "A recognition of vehicle license plate using a genetic algorithm based segmentation," IEEE Image Processing, International Conference on, Vol. 1, pp.661-664, 1996.
- [9] Ming G. He, Alan L. Harvey, Thurai Vinay, "Vehicle Number Plate Location For Character Recognition", ACCV'95 Second Asian Conference on Computer Vision, December 5-8, Singapore, pp.1425-1428
- [10] Kenji Kanayama, Yoshimasa Fujikawa, Koichi Fujimoto, "Development of Vehicle License Number Recognition System using Real-time Image Processing and Its Application to Travel-time Measurement", In IEEE Vehicle Technology, pages 798804, 1991.

— 저 자 소 개 —



전 영 민(정회원)

1997년 군산대학교 컴퓨터과학과
졸업(이학사)

1999년 숭실대학교 대학원 컴퓨
터학과 졸업(공학석사)

2004년 숭실대학교 대학원 컴퓨
터학과 졸업(공학박사)

2005년~현재 윈스로드(주) 전략사업본부,

개발팀장

<주관심분야: HCI, 컴퓨터비전, 패턴인식, 음성
인식, 디지털 워터마킹, 인터페이스에이전트>



차 정 희(정회원)

1983년 숭실대 전자계산학과 졸업
(공학사)

1998년 신용보증기금 전산실근무

2001년 동국대 대학원 컴퓨터
공학과 졸업(공학석사)

2005년 숭실대 대학원 컴퓨터학과
졸업(공학박사)

2005년~현재 숭실대 컴퓨터학과 시간강사

<주관심분야: 로봇비전, 영상처리, 지문인식, 가상
현실, 3D 모델링 등>