

논문 2008-45SC-2-2

저화질 영상에서 강건한 번호판 추출 방법

(A Robust License Plate Extraction Method for Low Quality Images)

이용우*, 김현수*, 강우윤*, 김경환**

(Yongwoo Lee, Hyunsoo Kim, Wooyun Kang, and Gyeonghwan Kim)

요약

본 논문에서는 매우 다양한 조건하에서 취득된 영상으로부터 차량 번호판 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 색상정보와 에지정보를 보완적으로 사용함으로써 다양한 조명조건은 물론 압축영상에서 흔히 나타나는 영상의 블록화 현상에 강건하게 번호판을 추출한다. 번호판 기울기 각도 보정은 탐색된 영역만을 히프 변환을 통해 각도를 추정, 보정함으로써 연산량을 줄였다. 최종 번호판 후보지 결정은 대상 영역의 가로 대 세로 비율 평가, 수평 스캔하여 영점 교차되는 양상 평가, 레이블링 방법을 이용한 연결 성분 수 측정 등의 방법을 이용하여 결정한다. 다양한 시간대에 수집된 차량 영상을 대상으로 수행된 실험을 통해 제안하는 방법이 강건하게 번호판을 추출 할 수 있음을 확인하였다. 실제 주정차 단속 영상을 대상으로 실험한 결과 94.9%의 번호판 추출 결과를 얻었다.

Abstract

This paper proposes a robust license plate extraction method from images taken under unconstrained environments. Utilization of the color and the edge information in complementary fashion makes the proposed method deal with not only various lighting conditions, but blocking artifacts frequently observed in compressed images. Computational complexity is significantly reduced by applying Hough transform to estimate the skew angle, and subsequent de-skewing procedure only to the candidate regions. The true plate region is determined from the candidates under examination using clues including the aspect ratio, the number of zero crossings from vertical scan lines, and the number of connected components. The performance of the proposed method is evaluated using compressed images collected under various realistic circumstances. The experimental results show 94.9% of correct license plate extraction rate.

Keywords: 차량번호판 추출(License Plate Extraction), 지능형교통시스템(ITS), MPEG-4, 히프 변환(Hough Transform)

I. 서론

교통량의 증가에 따라 이에 대한 효율적인 제어는 매우 중요한 과제가 되고 있다. 교통 흐름을 원활히 유지하기 위한 지능형교통시스템 (ITS : Intelligent Transportation System)의 일환으로 도입되는 첨단교통관리 시스템 (ATMS : Advanced Traffic Management Systems)의 번호판 인식시스템 (LPRS : License Plate Recognition System)은 차량 수의 증가와 주차 공간 부족으로 발생하는 불법 주정차 단속 시

스템과 자동 주차 시스템 등에 응용되고 있다.^[1~2]

번호판 인식 시스템은 카메라를 통해 취득된 차량영상으로부터 번호판을 탐색, 추출하고, 번호판 문자인식 과정을 자동으로 수행하는 시스템이다. 이 과정 중, 번호판 탐색 및 추출의 성공 여부는 그 다음 단계인 번호판에 포함된 내용의 인식에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 번호판 인식시스템에서 매우 중요한 전처리 단계이다.^[3]

교통 통제를 목적으로 설치된 카메라들은 주로 도로의 곳곳에 설치된다. 이 카메라에서 획득한 영상 데이터들은 한 달에 20GB정도 되고, 3년 동안에는 용량이 700GB가 넘는다.^[4] 획득된 영상을 사용자에게 보여주기 위한 전송과정 및 저장과정에서 제한된 대역폭으로 야

* 학생회원, ** 정회원-교신저자, 서강대학교 전자공학부 (Department of Electronic Engineering, Sogang University)

접수일자: 2007년7월23일, 수정완료일: 2008년2월1일

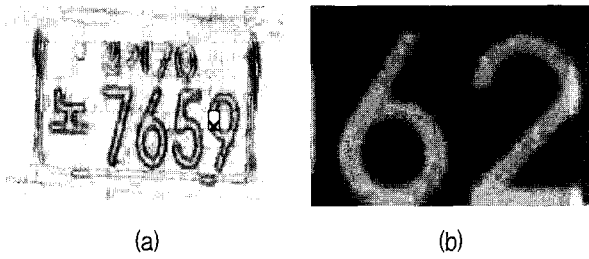


그림 1. 저화질 영상: (a) MPEG-4영상의 블록화 현상 (에지 영상), (b) 색상 정보를 신뢰할 수 없는 영상
 Fig. 1. Low quality image: (a) blocking artifact of MPEG-4(edge image), (b) image under weak color condition.

기될 수 있는 문제를 최소화하기 위해 MPEG-4와 같은 방법을 이용하여 영상데이터를 압축하는 것이 일반적이다.^[5] MPEG-4는 영상데이터들을 블록 기반의 변환 및 양자화에 기반을 두어 움직임 벡터를 추정하는 압축 기술이다.^[6] 이 방법은 효과적으로 영상데이터들의 저장 공간을 줄일 수 있지만 그림 1(a)와 같이 블록화 현상(blocking artifacts)이 필연적으로 발생한다.^[7] 또한 조명 조건의 변화에 의해서 움직임 추정 실패 시 그림 1(b)와 같이 색상 정보 손실로 화질 저하가 발생한다. 본 논문에서는 번호판 영역의 추출 및 인식에 방해요소로 작용하는 다양한 조명 조건 및 압축과정에서 도입되는 블록화 현상을 포함하는 영상을 저화질 영상으로 정의한다.

번호판 추출을 위해 에지 기반의 방법^[8-10], 색상 기반의 방법^[11-12]등의 다양한 방법들이 연구되어 왔다. 이러한 방법들은 일정한 조명 조건에서 획득된 비압축 RGB영상을 대상으로 연구하였기 때문에 블록화 현상을 포함하는 저화질 영상에 대해 강건한 특성을 보이지 못한다. 에지 기반의 방법은 에지 특징 정보에 의존하여 번호판을 추출하기 때문에 그림 1(a)와 같이 블록화 현상으로 인하여 발생한 블록 경계 간 에지성분들에 민감하게 반응하는 문제가 있다. 블록화 현상을 포함하는 저화질 영상에서 그림 1(b)와 같이 색상 정보의 손실이

발생할 경우 색상 기반 방법은 번호판을 정확하게 추출할 수 없다. 본 논문은 에지 기반의 방법과 색상 기반의 방법을 병합하여 번호판을 탐색, 추출하는 방법을 제안한다. 이러한 접근 방식은 제한조건이 없는 동작환경에서 강건한 얼굴 영역탐색을 위해 명암정보와 색상 정보를 상보적으로 적용하는 얼굴인식 시스템에서도 찾아볼 수 있다.^[13]

본 논문에서는, 위에서 언급한 문제점들을 완화시키기 위한 기능단위들로 구성된 그림 2와 같은 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템에서 색상 특징 지도(color feature map)와 지역화 영역 지도(localized region map)를 이용하여 다양한 조명 조건 및 블록화 현상에 강건하도록 설계하였다. 각 기능 단위를 크게 나누면 번호판 탐색, 번호판 기울기 각도 보정, 번호판 검증 및 추출로 나눌 수 있다.

번호판 탐색은 크게 두 가지 방법으로 구분하여 설명할 수 있다. 첫 번째 방법은 수직 에지 밀도 지도(vertical edge density map)를 이진화 하여 구한 이진화 지도(binazation map)에서 지역화 영역 지도를 구하고, 색상 특징 지도와 결합하여 번호판 후보지를 탐색하는 방법이다. 두 번째 방법은 이진화 지도에서 연결 성분 병합(merging bounding box)하여 탐색하는 방법이다. 이러한 두 방법의 수평적 결합을 통해 첫 번째 방법에서 번호판 후보지를 탐색 할 때의 한계를 두 번째 방법에서 보완할 수 있다. 첫 번째 방법에서는 블록화 현상에 강건한 특징을 가지는 지역화 영역 지도를 사용하여 대략적인 번호판 후보지를 찾고, 색상 특징 지도를 결합하여 번호판을 탐색한다. 이 경우 다양한 조명 조건에서 색상 특징 정보의 신뢰도가 떨어질 때 정확한 번호판 탐색에 실패할 가능성이 크다. 그러므로 에지 정보에 의한 번호판 탐색을 보완적으로 사용하여 저화질 영상에서 강건한 번호판 탐색을 한다. 탐색결과 총 4개의 번호판 후보지가 생성된다.

번호판 기울기 각도 보정은 번호판 탐색에서 찾아진 후보지 지도(candidate map)에 대해 허프 변환(Hough

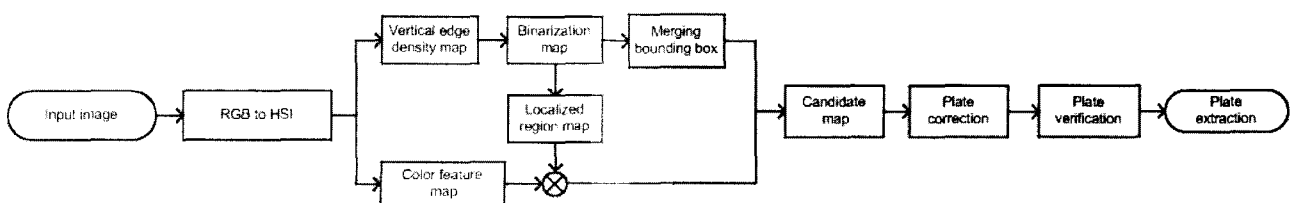


그림 2. 제안하는 시스템의 블록 다이어그램
 Fig. 2. Block diagram of the proposed system.

transform)을 이용하여 번호판의 기울어진 각도를 추정하고, 이를 보정하는 단계이다.

번호판 검증 및 추출은 번호판 후보지의 가로 대 세로 비율 평가, 수평 스캔하여 영점 교차되는 양상 평가, 레이블링(labeling) 방법을 이용한 연결 성분 수 측정 등의 방법을 이용하여 4개 후보지에서 최종 번호판 후보지를 검증, 추출하는 단계이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 에지 정보를 이용한 번호판 후보지 탐색 방법에 대해 살펴보고, III장에서는 에지 정보와 색상 정보를 이용한 번호판 후보지 탐색 방법, IV장에서는 번호판 기울기 각도 보정 및 검증, V장에서는 압축된 영상과 다양한 조명조건 하에서 촬영한 영상을 대상으로 한 실험 결과를 각각 소개한 후 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 에지 정보를 이용한 번호판 후보지 탐색

1. 세로 에지 밀도 지도

번호판에 포함된 글자들은 영상에 포함된 다른 물체들에 비해 상대적으로 강한 세로 에지 성분을 포함하고 있다. 이런 특성을 반영하여 세로 에지 밀도를 생성한다. 먼저 영상에서 소벨(Sobel) 필터의 세로축 미분 연산자와 가로축 미분 연산자를 각각 적용하여 구한 세로 에지 지도에서 가로 에지 지도의 성분을 제거한 차영상(difference image)을 구한다. 차영상에 실험적으로 구한 3×15 평균 필터를 적용하여 세로 에지 밀도 지도 $D_{edge}(x,y)$ 를 얻는다. 그림 3(b)는 그림 3(a)에 대해 구한 세로 에지 밀도 지도를 반전한 결과를 보여준다.

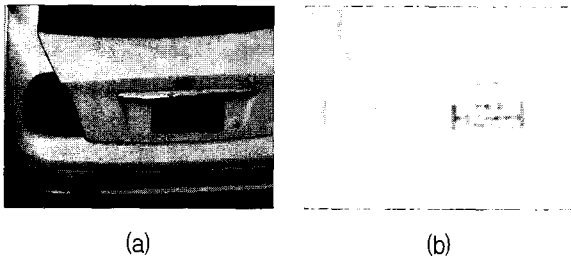


그림 3. 세로 에지 밀도 지도: (a) 원 영상, (b) 세로 에지 밀도 지도(반전)

Fig. 3. Vertical edge density map: (a) original image, (b) vertical edge density map(inversion).

2. 이진화 지도

이진화 지도를 만드는 방법은 크게 영역 분리(region split)와 이진화 과정으로 나뉜다. 영역 분리 지도는 세

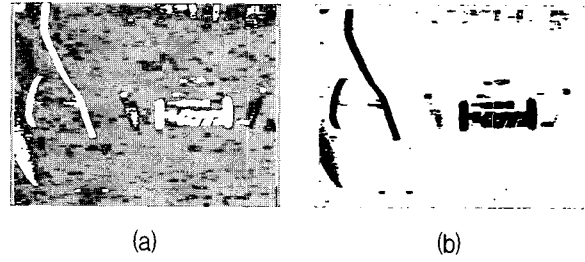


그림 4. 이진화 지도: (a) 그림 3(b)에서 영역 분리 지도의 여지도, (b) (a)의 이진화(반전)

Fig. 4. Binarization map: (a) complement of region split map in fig 3(b), (b) binarization of (a)(inversion).

로 에지 밀도 지도를 이용하여 식 (1)로 표현된다.

$$M_{region\ split}(x,y) = \begin{cases} \exp\left(\frac{-|D_{edge}(x,y) - v|}{10}\right) & \text{if } D_{edge}(x,y) < 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서

$$v = m + |D_{edge}(x,y) - m|, \\ m = \frac{1}{H \times W} \sum_{y=1}^H \sum_{x=1}^W D_{edge}(x,y) \quad H: \text{height}, W: \text{width}$$

식(1)은 세로 에지 밀도에 기반한 영역 분리 지도를 생성하기 위한 퍼지 멤버십 함수이다.^[14-15] 영역 분리 지도를 이진화 하기 위해서 그림 4(a)와 같이 영역 분리 지도의 여지도($1 - M_{region\ split}(x,y)$)를 구한 후 이를 이용하여 이진화 지도를 생성한다. 그림 4(b)는 이진화 지도를 반전한 결과이다. 이진화 지도는 연결 성분 병합 과정과 지역화 영역 지도 생성 과정에서 사용된다.

3. 연결 성분 병합

이진화 지도에서 각 연결 성분의 외곽 사각형(bounding box)을 기준으로 하여 좌우로 겹쳐 있는 외곽 사각형을 병합하거나 일정 픽셀 거리 이내(임계값)에 있는 연결 성분들을 병합한다. 임계값은 실험적으로 구한 8~10 픽셀 사이의 값을 사용한다. 병합된 연결 성분들 중에서 구조적인 특징인 가로 대 세로 비율 범위를 만족하는 연결 성분이 번호판의 후보지가 된다. 국내 번호판의 가로와 세로 비율은 짧은 규격은 2:1이고, 긴 규격은 5:1이다.^[16] 기울어진 번호판이 존재하므로, 가로 대 세로 비율은 1.5에서 2.5 또는 4.5에서 5.5로 제한한다. 이 방법은 임계값에 따라서 영향을 많이 받는다. 또한 영상 압축으로 발생한 블록화 현상으로 번호

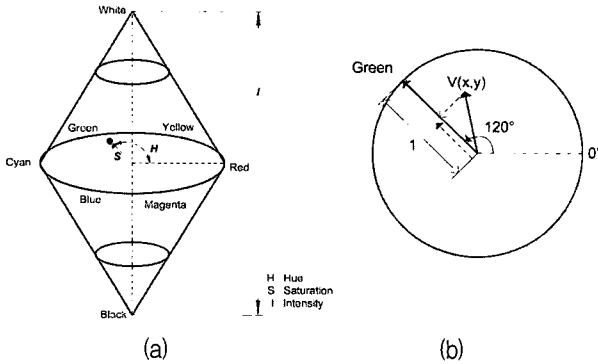


그림 5. HSI 칼라 모델:
 (a) 칼라 공간, (b) 칼라 벡터 내적
 Fig. 5. HSI color model:
 (a) color space, (b) color vector inner product.

판이 아닌 잡음과 병합하게 되어 정확한 번호판 추출이 어려워 질 수 있다.

III. 에지 정보와 색상정보를 이용한 번호판 후보지 탐색

II장 3절에서 설명한 연결 성분 병합의 한계를 극복하기 위해 에지 정보와 색상정보를 보완적으로 사용하여 번호판을 탐색한다.

1. 칼라 특징 지도

색상정보를 후보지 탐색을 위한 단서로 사용하기 위하여, 입력된 RGB 영상을 색상정보와 명암정보로 분리하여 이용할 수 있는 HSI 모델로 변환한다. 그림 5는 HSI 칼라 모델을 나타낸다. 그림 5(a)에서 색상 성분(Hue)은 벡터의 각도(H)로 표시되고, 채도 성분(saturation)은 $[0,1]$ 사이로 정규화된 벡터의 크기(S)로 나타낸다. 그림 5(b)에서 임의의 픽셀 위치 (x,y) 에서의 색상 벡터 $V(x,y)$ 와 기준 색상(녹색)을 나타내는 벡터의 내적을 통해 기준 색상(녹색)과의 일치도(similarity)를 식 (2)을 이용하여 계산한다.

$$M_{color}(x,y) = S(x,y) \cdot S_{Ref} \cdot \cos(H(x,y) - H_{Ref}) \quad (2)$$

식 (2)에서 $S(x,y)$, S_{Ref} 는 각각 HSI 평면의 벡터 (x,y) 와 기준 색상의 채도 성분이며 $H(x,y)$, H_{Ref} 는 두 색의 색상 성분이다. 코사인 함수는 우함수이므로 $M_{color}(x,y)$ 는 $H(x,y)$ 와 H_{Ref} 의 끼인각이 작을수록 1에 가까운 값을 가진다. 이 중 벡터 H_{Ref} 를 추출하고자 하는 색의 색상 성분으로 설정하고, S_{Ref} 를 1로 정



그림 6. 칼라 특징 지도: (a) 원 영상, (b) 녹색에 대한 일치도
 Fig. 6. Color feature map: (a) original image, (b) similarity measure for green.

하면 $M_{color}(x,y)$ 는 기준 색상에 대한 임의의 픽셀 위치 (x,y) 에서의 일치도를 나타낸다.

HSI 모델에서 명도 성분이 작으면 색상 성분을 신뢰할 수 없게 된다. 그러므로 명도 성분이 일정값 이상일 경우에 한하여 벡터의 일치도를 계산한다. 명도가 $[0,255]$ 사이의 범위를 가지는 영상에서 20이하의 명도를 가지는 픽셀을 제외하면 안정적인 결과를 가지는 것을 실험적으로 확인하였다. 벡터의 내적을 이용하여 칼라 특징 지도를 만드는 방법은, 색상에 대해 임계값을 취하여 칼라 특징 지도를 만드는 방법에 비해서 임계값 선정에 대한 위험도를 줄일 수 있다. 그리고 $[0,1]$ 사이의 값으로 소프트 레이블링(soft labeling)하기 때문에 0과 1로 단정적으로 하드 레이블링(hard labeling)하는 방법에 비해 잡음에 강하다. 그림 6(b)는 녹색에 대한 칼라 특징 지도 결과이다.

흰색은 색상정보가 정의 되지 않아서 흰색에 대한 칼라 특징 지도를 식 (3)을 이용하여 만든다. 식 (3)에서 $I(x,y)$ 는 명도 성분이고, T 는 Otsu방법^[17]을 이용하여 구한 임계값이다.

$$M_{white}(x,y) = \begin{cases} I(x,y)(1 - S(x,y)) & I(x,y) \geq T \\ 0 & I(x,y) < T \end{cases} \quad (3)$$

2. 지역화 영역 지도

연결 성분 병합 방법에서는 같은 물체가 아니라도 병합되는 문제가 발생할 수 있다. 이를 보완하기 위해 지역화 영역 지도를 도입한다. 이 지도는 영역에 대한 평균값을 취하여 처리하기 때문에 MPEG-4와 같은 방식으로 압축된 영상의 블록화 현상과 잡음에 강건한 특성을 갖는다.

지역화 영역 지도는 II장 2절에서 구한 이진화 지도를 이용하여 다음과 같은 방법에 의해 구한다. 첫째, 잡음을 제거하고 연산량을 줄이기 위해 레이블링 방법을

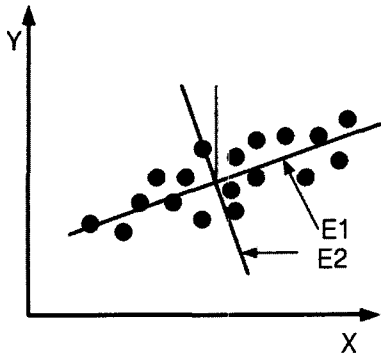


그림 7. 임의의 분포에서의 고유 벡터
Fig. 7. Eigenvectors of arbitrary distribution.

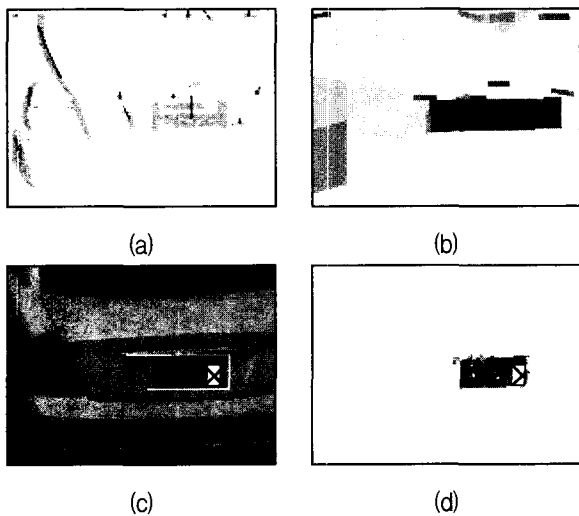


그림 8. 지역화 영역 지도와 번호판 후보지 탐색 결과:
(a) 그림 4(b)의 연결 성분에서 세로 방향을 구한 결과, (b) (a)의 지역화 영역 지도, (c) 후보지 지도(반전), (d) 번호판 후보지

Fig. 8. Localization region map and detection result of license plate candidate: (a) vertical orientation of connected component in Fig 4(b), (b) localization region map in (a), (c) candidate map(inversion), (d) license plate candidate.

이용하여 픽셀수가 20개 이하의 연결성분들은 잡음으로 간주하고 제거한다. 둘째, 각 연결 성분의 외곽 사각형의 중심축을 구한다. 기울어진 번호판 문제를 다루기 위해 연결성분들의 고유벡터(eigenvector)를 구한다. 그림 7은 임의의 분포에서 고유벡터 E1과 E2를 구한 결과이다. 그림 7에서 수직방향(회색 선)을 기준으로 끼인각이 작은 고유벡터 E2를 선택하여 중심축으로 설정한다. 그림 8(a)는 그림 4(b)에서 고유벡터를 구하고, 수직 방향을 기준으로 끼인각이 작은 고유벡터를 선택한 결과이다. 셋째, 연결 성분의 외곽 사각형의 중심축의 길이를 세로 길이로 설정하고, 번호판의 가로와 세로 비

율을 이용해 가로 길이를 구한다. 넷째, 연결성분의 중심축에 대해 좌우 방향으로 가로 길이의 절반의 영역에서 평균값을 구한다. 이는 이웃하는 글자들 간의 평균을 구하여 영역을 겹치게 하여 병합을 하는 효과를 갖는다. 지역화 영역 지도는 그림 8(a)에서 구한 고유벡터를 이용해 평균값을 취하여 그림 8(b)와 같이 얻을 수 있다. 그림 8(b)에서 세로 에지가 밀집되어 있는 영역에서 상대적으로 큰 픽셀 값을 가짐을 확인할 수 있다.

3. 후보지 지도

교집합 연산으로 칼라 특징 지도와 지역화 영역지도를 결합하여 그림 8(c)와 같이 후보지 지도를 얻는다. 국내 번호판의 색상은 3가지이므로, 총 3개의 번호판 후보지 지도를 생성한다.

4. 최종 후보지 지도

II장에서 언급한 에지 정보를 이용하여 번호판을 탐색한 번호판 후보지 지도 1개와 III장 1절에서 3절까지 언급한 에지 정보와 색상 정보를 이용하여 번호판을 탐색한 번호판 후보지 지도 3개(녹색, 노란색, 흰색), 총 4개의 번호판 후보지 지도를 생성한다. 최종 후보지 지도는 번호판 후보지 기울기 보정 및 검증과정을 통해 번호판 후보지 지도 중 하나가 선택된다.

IV. 번호판 후보지 기울기 보정 및 검증

1. 허프 변환을 이용한 번호판의 기울기 각도 보정
번호판 영역은 카메라의 높이, 자동차와 카메라의 거리, 자동차의 위치 등에 의해 일반적으로 기울어진 채 촬영된다. 번호판이 기울어진 경우에는 번호판 후보지의 검증 단계에서 성능저하를 초래하므로, 허프 변환을 이용하여 번호판의 기울어진 각을 추정 및 보정하여 성능 저하 문제를 극복한다. 허프 변환은 에지 성분들을 있는 직선 중에서 가장 우세한 직선을 찾는 방법이다.

번호판 외곽의 테두리에 주된 직선 성분이 존재하므로 허프 변환을 이용하면 번호판 외곽의 직선 성분을 있는 직선을 추출할 수 있다.^[18] 허프 변환에 사용되는 파라미터는 식 (4)의 ρ 와 θ 로 한다. 이때 ρ 는 원점과 직선의 거리이고, θ 는 원점과 직선을 잇는 수선과 x 축과의 각도이다.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad \begin{cases} \rho \geq 0 \\ -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (4)$$

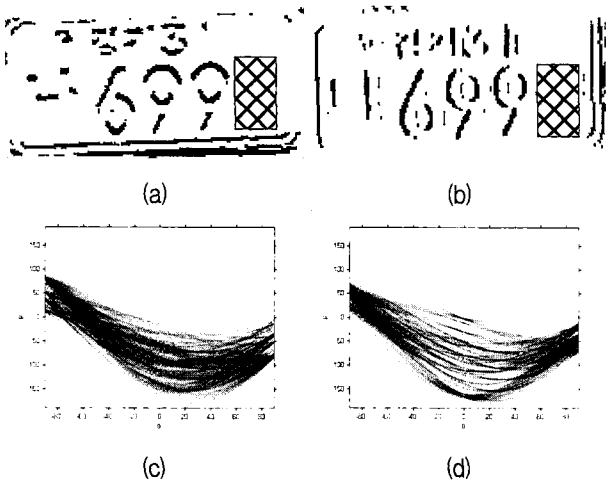


그림 9. 허프 변환을 이용한 기울기 추정: (a) 소벨 필터의 가로축 미분 연산자를 적용한 결과, (b) 소벨 필터의 세로축 미분 연산자를 적용한 결과, (c) (a)의 허프 변환 결과, (d) (b)의 허프 변환 결과
 Fig. 9. Slant estimation using Hough transformation: (a) result of sobel operator in horizontal direction, (b) result of sobel operator in vertical direction, (c) Hough transformation result of (a), (d) Hough transformation result of (b).

Otsu 방법을 이용하여 구한 이진 영상에서 허프 변환을 수행하면 그림 9(c)와 같이 사인과 형태의 그래프로 표현된다. 이 그래프에서 원하는 ρ 구간과 θ 구간 내의 최대 교점 영역으로 선택된 θ 가 이진화된 에지 성분의 유효한 각도로 결정된다. 번호판 후보지에 그림 9(a)와 (b)에서와 같이 소벨 연산자를 적용하여 구한 수평방향과 수직방향 에지의 결과에서 수평 부분의 각과 수직 부분의 각을 추정하여 각도 추출의 정확도를 높인다.

실제 입력 영상에서 번호판의 기울기는 제한적이므로 0° 근처와 90° 근처의 교점이 수평방향과 수직방향 에지의 각도를 의미한다. 그러므로 식 (5)와 같이 각도의 범위를 제한하여 계산 효율성을 높인다. 또한 그림 9에서와 같이 허프 변환을 소벨 필터 결과에 대해서 수행하여 계산 효율성을 높인다. 여기서 θ_{th} 는 실험적으로 구한 임계값이다.

$$-\theta_{th} < \theta < \theta_{th} \tag{5}$$

$$\frac{\pi}{2} - \theta_{th} < \theta < \frac{\pi}{2} + \theta_{th}$$

번호판의 후보지로 선택된 영역(그림 10(a))에 대해 허프 변환과 양선형 보간법을 이용하여 기울기 보정한 영상을 그림 10(b)에서 보여준다.

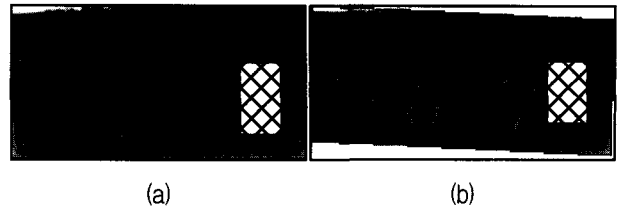


그림 10. 기울기 보정 결과: (a) 기울기를 보정하지 않은 후보지 지도, (b) 기울기를 보정한 후보지 지도
 Fig. 10. Result of slant compensation: (a) candidate map without slant compensation, (b) candidate map with slant compensation.

2. 번호판 후보지 검증

번호판 후보지 검증은 번호판 후보지의 가로 세로 비율 평가, 수평 스캔하여 영점 교차의 양상 평가, 연결 성분을 이용한 구조적인 특징 등을 조합하여 최종 번호판 후보지를 선택한다.

단계 1. 후보지의 가로와 세로 사이의 비율을 평가

그림 11에서 보듯이 국내 번호판의 가로와 세로 비율은 짧은 규격은 2:1이고, 긴 규격은 5:1이다. 기울어진 번호판을 고려해서 번호판 후보지의 가로 대 세로의 비율을 식 (6)과 같이 제한한다.

$$1.5 < \frac{W}{H} < 2.5 \tag{6}$$

$$4.5 < \frac{W}{H} < 5.5$$

구분	현행번호판	신규번호판	
		짧은 규격	긴 규격
보통	335x170mm 48가 436	335x155mm 39가276	520x110mm 52가 310
	335x170mm 사 52 바 310	335x170mm 사 52 바 310	520x110mm 52바 310

그림 11. 번호판 규격
 Fig. 11. Plate standards.

단계 2. 수평 스캔하여 영점 교차(zero-crossing) 되는 양상 평가

번호판 후보지 영역을 Otsu 방법을 이용하여 이진 영상으로 변경한다. 그리고 세로의 1/3과 2/3의 위치에서 수평으로 스캔하여 영점 교차되는 점들의 수를 센다(그림 12).^[19] 영점 교차되는 수 N을 식 (7)과 같이 제한한다.


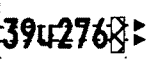
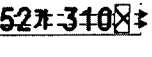
후보지 영역	영점 교차 수	결과
	6개 7개	번호판
	11개 11개	번호판
	10개 12개	번호판

그림 12. 후보지 영역에서의 영점 교차 수
Fig. 12. Zero crossing number of candidate region.

$$4 \leq N \leq 16 \quad (7)$$

그림 11에서 현행 번호판은 최소 4번 이상의 영점 교차가 발생하기 때문에 영점 교차되는 수를 4번 이상으로 하였다. 또한 신규번호판의 긴 규격일 경우 최대 영점 교차되는 수가 16번 정도 나오므로 16번 이하로 제한하였다. 세로 에지 성분이 강하게 나오는 자동차의 라디에이터부분은 영점교차가 20번 이상 발생한다. 최대 영점 교차 되는 수를 16번으로 제한함으로써, 자동차의 라디에이터 부분이 번호판의 후보지로 선택되는 것을 방지할 수 있다.

단계 3. 레이블링 방법을 이용한 연결 성분 수 측정

단계 2에서 구한 이진 영상으로 글자와 숫자부분에서 레이블링 방법을 이용해 연결 성분의 수를 측정할 수 있다. 연결 성분의 픽셀수가 실험적으로 10 픽셀 이하이면 잡음라고 간주하고 제거하였다. 일반적으로 연결성분의 수는 7개 이상이지만, 저화질 영상에서 이진 영상으로 변환시 연결 성분들이 병합되는 문제가 발생하므로 연결성분의 수는 줄어든다. 번호판을 번호판이 아니라고 판단하는 오류를 줄이기 위해 실험적으로 연결 성분의 개수를 3개 이상으로 정하였다.

V. 실험결과

실험에서 제안하는 방법은 Pentium(R) D CPU 3.40GHz, Memory 1.00 Gbyte, window XP환경 visual

표 1. 실험 영상 구분
Table 1. Image sets for evaluation.

	A set	B set
시간	오전 7시-오후 6시	오후 6시-오후 9시
영상 수	393	101

표 2. Set A에 대한 각 알고리즘별 번호판 탐색 결과
Table 2. Accuracy of plate location per algorithm on set A.

적용 알고리즘	에지병합 [a]	색상과 에지결합 [b]	제안한 알고리즘 [a+b]
성공률	73.8% (290/393)	90.8% (357/393)	94.7% (372/393)

표 3. 영상 set에 대한 번호판 후보지 최종 선택
Table 3. Accuracy of plate location per image set.

	A	B	A+B
영상수	393	101	494
성공	372	97	469
실패	21	4	25
성공률	94.7%	96.0%	94.9%
평균속도	0.6s		

c++ 6.0을 사용하여 구현하였다. 실험에 사용된 영상은 CCD카메라에서 MPEG-4로 변환한 동영상에서 취득하였다. 영상의 크기는 640×480이다. 조명 조건의 변화에 따른 성능 측정을 위해 취득 시간에 따라 영상을 구분하였다. 오전 7시부터 오후 6시까지를 A set으로 하고, 오후 6시부터 오후 9시까지를 B set로 구분한다. 표 1은 각 영상 set에 대한 시간, 영상 수에 대해서 보여준다.

영상 set A에 대해 번호판 후보지 탐색 성공률을 각 알고리즘별로 비교하였다. 표 2는 에지 병합방법[a]과 색상과 에지를 결합한 방법[b]을 개별적으로 적용한 결과와 두 방법[a+b]을 결합하여 수행한 번호판 후보지 탐색 결과를 보여준다. 번호판 탐색 시 번호판 영역이 정확히 들어오면 성공, 번호판 영역이 들어오지 않거나 부분적으로 들어오면 실패라고 판단하였다. 표 2의 결과를 살펴보면, 에지 병합 방법은 73.8%의 성공률을 보이고, 색상과 에지 결합 방법은 90.8%의 성공률을 보인다. 본 논문에서 제안한 방법은 94.7%의 높은 성공률을 보인다.

영상에서는 잡음과 블록화 현상으로 원치 않은 에지 성분이 추출되므로 에지 병합 방법은 번호판 후보지 탐색 성공률이 낮다. 색상과 에지 결합 방법은 지역화 영역지도를 얻고, 칼라 특징 지도를 이용해서 교집합을 하여 번호판 후보지 탐색을 수행하므로 잡음과 블록화 현상에 강건한 특성을 보인다. 하지만 그림 13(b)와 같이 조명 조건으로 인하여 색상 성분의 신뢰도가 낮은 경우 색상과 에지 결합 방법을 이용한 번호판 후보지

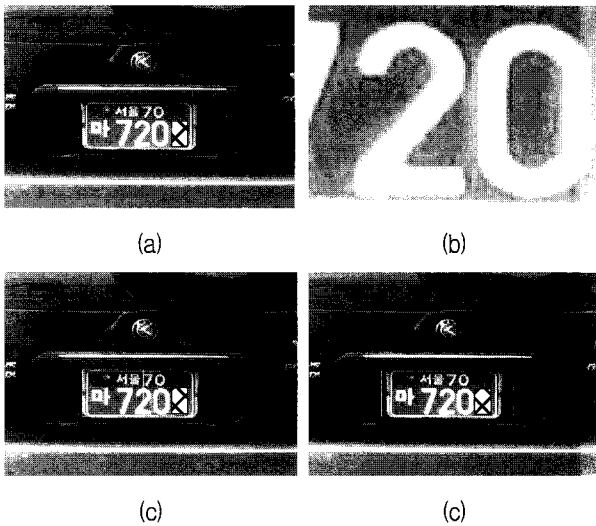


그림 13. 색상 정보를 신뢰할 수 없는 영상에서 번호판 탐색 결과: (a) 원 영상, (b) 번호판 영역을 확대한 영상, (c) 색상과 에지 결합방법을 이용한 번호판 탐색 결과 (d) 에지 병합 방법을 이용한 번호판 탐색 결과

Fig. 13. Results of plate location under weak color condition: (a) original image, (b) enlarged image of plate region, (c) result of plate location using color and edge combining information, (d) result of plate location using edge merging method.



그림 14. 다양한 영상에 대한 번호판 탐색 결과
Fig. 14. Location and extraction results of plate under various condition.

탐색은 그림 13(c)와 같이 실패 할 수 있다. 그림 13(b)에서 블록단위로 색상정보 손실이 발생하여 녹색 성분이 회색 성분으로 표현되는 것을 확인 할 수 있다. 그러므로 색상 정보를 사용하지 않고, 보완적으로 에지 병

합 방법을 이용하여 번호판 탐색을 한다.(그림 13(d)) 이와 같이 에지 성분 또는 색상 성분이 신뢰할 수 없을 때 보완하기 위해 에지 성분만 참조하는 방법과 색상과 에지를 결합하는 방법을 병렬로 처리한다.

제안한 알고리즘을 A와 B영상 set에 적용하였다. 후보지 보정과 후보지 검증을 통한 최종 선택율은 표 3과 같다. A영상 set에 대해 제안한 알고리즘을 적용한 결과 94.7%의 성공률을 보였다. B영상 set에 대해 제안한 알고리즘을 적용한 결과 96.0%의 성공률을 보인다. A와 B영상 set을 합친 결과는 94.9%가 된다. 그림 14는 다양한 조건에서 촬영된 번호판 탐색 결과이다. 오전 시간부터 저녁 9시까지 조명 조건의 변화, 번호판의 크기에 상관없이 번호판이 강건하게 탐색되는 것을 확인할 수 있다.

VI. 결 론

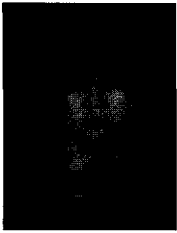
본 논문에서는 두 가지 접근 방법을 상보적으로 적용하는 번호판 영역탐색을 통해 저화질 영상에서 강건한 번호판 추출 시스템을 제안하였다. 에지 또는 색상 정보 등 하나의 특징만을 이용하여 번호판 탐색을 수행하는 기존 방법과는 달리 에지 밀도지도와 색상 특징지도를 이용하여 다양한 조명조건과 압축 영상에서도 강건하게 번호판 영역의 탐색과 추출이 가능하도록 구현하였다. 또한 허프 변환을 이용한 각도 추정 과정에서 허프 변환의 대상을 번호판 탐색 영역 내로 제한함으로써 연산량 문제를 완화시킬 수 있었다. 또한 번호판의 가로 대 세로 비율과 영점 교차, 레이블링을 이용한 연결 성분 수를 이용하여 번호판 검증하여 최종 번호판을 추출하였다. 시간에 따라서 조명조건이 변하는 영상에 대해 실험한 결과 제안하는 시스템은 정확하게 번호판을 추출함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 교통안전공단, “교통안전을 위한 교통정보 제공시스템 개선방안 연구,” 교통안전공단, 2004.
- [2] 교통안전공단, “2004년도 교통사고 증감원인 분석 및 대책연구,” 교통안전공단, 2004.
- [3] H. Mahini, S. Kasaei and F. Dorri, “An Efficient Features - Based License Plate Localization Method,” in *Proc. of the 18th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 841-844, Hong Kong, China, August 2006.

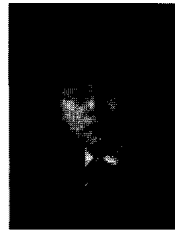
- [4] A. Rosenblatt, "Was that slip and fall for real? [video surveillance and VideoSave]," *Spectrum, IEEE*, vol. 41, pp. 18, May 2004.
- [5] 박상훈, 장혜영, 권영우, 김종원, 유웅식, 권오형, "우선순위화 기반 적응형 전송 기능을 가진 MPEG-4 스트리밍 시스템의 설계 및 구현," *한국통신학회논문지*, 제29권, 8A호, 859~867쪽, 2004년 8월
- [6] "MPEG-4 Video Verification Model Version 8.0," *ISO/IEC JTCL/SC29/WG11 N1796*, Stockholm meeting, July 1997.
- [7] S. C. Tai, Y. Y. Chen, S. F. Sheu, "Deblocking filter for low bit rate MPEG-4 video," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 15, no. 6, pp. 733-741, June 2005.
- [8] M. Yu and Y. D. Kim, "An approach to Korean license plate recognition based on vertical edge matching," in *Proc. of the 2000 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp. 2975-2980, Nashville, USA, October 2000.
- [9] D. Zheng, Y. Zhao and J. Wang, "An efficient method of license plate location," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 26, no. 15, pp. 2431-2438, June 2005.
- [10] L. Wangchao and L. Shaofa, "A Hybrid License Plate Extraction Method for Complex Scenes," in *Proc. of the 18th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 324-327, Hong Kong, China, August 2006.
- [11] E. R. Lee, P. K. Kim, H. J. Kim, "Automatic recognition of a car license plate using color image processing," in *Proc. of the 1994 IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 301-305, Austin, USA, November 1994.
- [12] J. Wenjing, Z. Huaifeng, H. Xiangjian and W. Qiang, "Gaussian Weighted Histogram Intersection for License Plate Classification," in *Proc. of the 18th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 574-577, Hong Kong, China, August 2006.
- [13] A. Hadid, M. Pietikainen, "A Hybrid Approach to Face Detection under Unconstrained Environments," in *Proc. of the 18th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 227-230, Hong Kong, China, August 2006.
- [14] S. L. Chang, L. S. Chen, Y. C. Chung, and S. W. Chen, "Automatic license plate recognition," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, Vol. 5, no. 1, pp. 42-53, March 2004.
- [15] J. S. R. Jang, C. T. Sun, and E. Mizutani, "Neuro-fuzzy and soft computing : a computational approach to learning and machine intelligence". Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1997.
- [16] 건설 교통부, "자동차 등록번호판 등의 기준에 관한 고시," 건설 교통부, 2006
- [17] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histogram," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetic*, Vol. SMC-9, no. 1, pp. 62-66, January 1979.
- [18] V. Shapiro, D. Dimov, S. Bonchev, V. Velichkov, and G. Gluhchev, "Adaptive license plate image extraction," in *Proc. of the 5th International Conference on Computer systems and technologies*, pp. IIIA.2-1 - IIIA.2-7, Rousse, Bulgaria, June 2004.
- [19] T. D. Duan, D. A. Duc, T. L. H. Du, "Combining Hough transform and contour algorithm for detecting vehicles'license-plates," in *Proc. of the International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech*, pp. 747 - 750, Hong Kong, China, October 2004.

— 저 자 소 개 —



이 용 우(학생회원)
2006년 8월 서강대학교
전자공학과 학사
2006년 9월~현재 서강대학교
전자공학과 석사과정
재학 중

<주관심분야 : 영상신호해석, 컴퓨터비전, 패턴인식>



김 현 수(학생회원)
2007년 2월 서강대학교
전자공학과 학사
2007년 3월~현재 서강대학교
전자공학과 석사과정
재학 중

<주관심분야 : 영상신호해석, 컴퓨터비전, 패턴인식>



강 우 윤(학생회원)
2007년 2월 서강대학교
전자공학과 학사
2007년 3월~현재 서강대학교
전자공학과 석사과정
재학 중

<주관심분야 : 영상신호해석, 컴퓨터비전, 패턴인식>



김 경 환(정회원)-교신저자
1984년 서강대학교
전자공학과 학사
1986년 서강대학교
전자공학과 석사
1996년 State University of New
York at Buffalo 전기 및
컴퓨터 공학과 박사

1997년 9월~현재 서강대학교 전자공학과 교수
<주관심분야 : 영상신호해석, 패턴인식, 문서영상
처리, embedded system design>