

투영면 컨벌루션과 결정트리를 이용한 상태 적응적 차량번호판 인식 시스템

이응주[†], 이수현^{**}, 김성진^{***}

요 약

본 논문에서는 투영면 컨벌루션과 결정트리 분류기법을 사용하여 주변 환경이 복잡한 차량영상으로부터 실시간으로 번호판을 추출하고 인식하는 적응적 차량번호판 인식 시스템을 제안하였다. 일반적으로 고속도로 톨게이트와 주차장 출입구에서의 차량영상은 설치 카메라와 도로 환경에 따라 차량번호판의 크기, 각도변화, 주변잡음 등으로 매우 다양하므로 번호판 추출과 분할이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 차량 영상을 획득한 후 번호판 후보영역을 검출하고 진입 위치 변화에 따라 번호판의 기울기와 크기를 자동으로 보정하여 인식하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 인식 방법은 차량의 에지누적 분포와 번호판의 일정한 명암값 변화 빈도수를 누적한 투영면 컨벌루션과 체인코드를 사용하여 크기와 기울기가 일정하지 않은 번호판으로부터 번호판영역을 정확히 추출하고, 적응적 이진화 기법을 이용하여 문자를 분할하였다. 본 논문에서 제안한 방법으로써 실험한 결과 복잡한 영상에서 전방 및 후방 차량영상으로부터 번호판 인식이 가능하였으며 각각 98.8%와 96.5%의 추출률과 분할된 문자영역에서 97.3%와 96%의 인식률 개선 결과를 나타내었다.

Adaptive Vehicle License Plate Recognition System Using Projected Plane Convolution and Decision Tree Classifier

Eung-Joo Lee[†], Su Hyun Lee^{**}, Sung-Jin Kim^{***}

ABSTRACT

In this paper, an adaptive license plate recognition system which detects and recognizes license plate at real-time by using projected plane convolution and Decision Tree Classifier is proposed. And it was tested in circumstances which presence of complex background. Generally, in expressway tollgate or gateway of parking lots, it is very difficult to detect and segment license plate because of size, entry angle and noisy problem of vehicles due to CCD camera and road environment. In the proposed algorithm, we suggested to extract license plate candidate region after going through image acquisition process with inputted real-time image, and then to compensate license size as well as gradient of vehicle with change of vehicle entry position. The proposed algorithm can exactly detect license plate using accumulated edge, projected convolution and chain code labeling method. And it also segments letter of license plate using adaptive binary method. And then, it recognizes license plate letter by applying hybrid pattern vector method. Experimental results show that the proposed algorithm can recognize the front and rear direction license plate at real-time in the presence of complex background environments. Accordingly license plate detection rate displayed 98.8% and 96.5% successive rate respectively. And also, from the segmented letters, it shows 97.3% and 96% successive recognition rate respectively.

Key words: Image Processing(영상처리), Vehicle License Plate(차량번호판), Vehicle Recognition(차량 인식), Vehicle License Plate Recognition(차량번호판 검출), Decision Tree Classifier(결정 트리분류기)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이응주, 주소 : 부산시 남구 용당동 535(608-711), 전화 : 051)610-8372, FAX : 051)610-8846, E-mail : ejlee@tit.ac.kr

접수일 : 2005년 6월 13일, 완료일 : 2005년 7월 18일

[†] 정회원, 동명대학교 정보통신대학 정보통신공학과 교수

^{**} 동명대학교 대학원 정보통신공학과 공학석사

(E-mail : lsh@3bssystem.co.kr)

^{***} 정회원, 동명정보대학교 정보통신대학 정보통신공학과 교수

(E-mail : sjkim@tit.ac.kr)

※ 본 연구과제는 정보통신부 ITRC 연구사업의 수행 결과입니다.(과제 디지털제조정보기술개발 연구사업)

1. 서 론

최근에 정보통신, 컴퓨터 및 멀티미디어 기술의 발달에 따라 영상 처리를 이용한 인식기술이 많은 분야에서 활발히 연구되고 있으며 디지털영상시스템과 처리기술의 향상으로 인하여 영상 인식은 도로 교통, 선박, 항공, 환경, 군사 기술 등의 분야에서 활용도가 급격히 증가되고 있다. 영상 산업의 급속한 발전에 따라 고해상도의 영상장치가 개발되고 실시간 영상처리가 가능하게 되었으며 그에 따라 영상장치를 ITS(intelligent transportation system)에 적용하고자 하는 시도는 유럽, 일본 및 국내에서도 많이 진행되어 오고 있다. ITS의 연구 분야는 크게 3가지로 나눌 수 있는데, 교통의 흐름 및 도로의 주변사항 파악과 통제기능을 수행하는 ATMS(advanced traffic management system)와 도로나 차량에 대한 광범위한 정보를 수집, 제공하는 ATIS(advanced traffic intelligent system), 그리고 무인으로 차량을 운행할 수 있는 AVCS(advanced vehicles control system) 등이 있다.

ITS 연구 분야에서 특히 산업화와 경제 고도화에 따른 자동차 운전자의 급증에 따라 교통 혼잡과 차량범죄, 차량 정체 등이 심각한 사회문제로 제기되고 있으며 이를 관리하기에는 인력, 비용면에서 한계가 있으므로 이러한 문제점을 해결 보완하기 위해 자동 차량인식 시스템에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며 CCD 카메라를 이용한 차량번호판 인식 시스템에 관한 연구가 그 중 하나이다. 본 논문은 CCD 카메라를 이용한 차량번호판 인식 시스템에 관한 연구로서 고속도로 톨게이트나 주차장 등에 응용될 수 있는 차량 과금시스템 개발에 대한 연구이다.

일반적으로 차량 번호판 인식 시스템은 영상획득, 번호판추출, 문자분할과 문자인식의 단계로 구성되어 있으며, 각 단계 중 번호판 영역의 정확한 추출과 인식 부분은 시스템의 가장 핵심적인 부분이면서도 처리시간, 인식성능 등의 면에서 오류가 가장 많이 발생하는 부분이며 이러한 부분들을 해결하기 위하여 현재까지 많은 연구들이 진행 중이다.

기존의 차량번호판 추출에 대한 연구들 중에서 칼라 정보를 이용한 방법이나 템플릿 정합에 의한 방법은 번호판 추출처리에 소요시간과 칼라정보 및 템플릿의 크기설정에 어려움이 있다[1,2]. 또한 명암도 정보를 이용한 방법이나 투영에 의한 방법은 구현이

간단하며 처리 시간도 빠르나 주변 잡음과 번호판의 기하학적 변화 발생시 번호판 추출률이 좋지 못한다면 이 있다[3].

한편 기존의 번호판 문자인식은 신경망을 이용한 방법, 구조적 정보를 이용하는 방법, 통계적 정보를 이용하는 방법, 원형패턴벡터를 이용하는 방법 등이 있다. 이 중에서 신경망을 이용하는 인식 방법은 많이 사용하는 방법으로 비교적 높은 인식률을 보이지만 모든 패턴에 대한 학습과정과 그 구현이 어렵다는 단점이 있으며[4], 구조적 정보를 이용하는 방법은 문자의 굴절과 기울음 정도를 패턴정보로하여 인식하는 방법으로 각각의 구획이 떨어져 있을 때 다른 문자로 오인식 할 수 있다. 통계적 방법은 영상의 특징 값을 특징벡터로 표현하는 방법으로 비교적 속도도 빠르고 이론적으로 잘 적용되어 있으나 특징벡터 추출의 어려움이 있다. 원형패턴벡터를 이용하는 방법은 추출된 문자 정보에 원형패턴벡터를 적용하여 표준패턴과 비교한 후 차이가 가장 적은 문자를 선택하여 인식하는 방법으로써 가장 간단한 방법이나 잡음과 변형의 영향을 많이 받는다[5].

기존 연구들의 공통적인 문제점은 획득된 번호판의 크기, 위치, 기울어짐의 정도와 대형 및 소형 차량의 차량번호판 영역에 따라 각각 추출률이 서로 달랐으며 번호판의 주위가 복잡하거나 명암도 대비가 낮은 영상에서는 추출률과 인식률이 낮았다.

따라서 본 논문에서는 차량의 에지누적 분포와 번호판의 일정한 명암값 변화빈도수를 누적한 투영면 컨벌루션을 통해 크기와 기울기가 일정하지 않은 상태로 진입하는 차량에 대해 번호판의 1차 후보영역을 추출하고 방향성 체인코드를 통해 기울기를 보정한 후 정량화된 번호판을 추출하도록 하였다. 또한 명암도 상태를 고려한 적응적 이진화와 번호판 특성을 이용하여 문자분할을 실행하여 번호판의 각 지역의 특징적 문자패턴을 기준으로 관할지역명 및 숫자를 무개중심별로 DTC(Decision Tree Classifier)분류한 후 원형패턴벡터를 개선한 하이브리드 패턴벡터 기법을 적용하여 문자와 숫자를 각각 인식하도록 하였다.

2. 투영면 컨벌루션을 적용한 차량번호판 영역 추출 알고리즘

실제 고속도로 톨게이트나 일반 주차장으로 진입

하는 차량들의 주변 환경 조건은 차량 진입로의 CCD 카메라 위치와 진입상태에 따라 입력 영상의 차량 번호판이 기울어져 있거나 크기 변화가 다수 존재하며 이에따라 번호판의 추출과 인식에 어려움이 있다. 최근까지 연구된 일반적인 번호판추출 방법들은 카메라 설치 단계에서 영상의 크기와 위치들을 시험 설치한 후 차량 번호판이 특정영역에 위치한다고 가정하고 후보영역을 설정하고 번호판을 추출하지만 이 방법은 시스템 설치시 매번 카메라 조정과정을 세밀히 수행하여야 한다. 본 논문에서는 영상의 전 영역에서 번호판의 일정한 명암값 변화 빈도수와 에지 분포를 누적한 투영면의 컨벌루션으로써 번호판의 후보 영역을 설정하고 설정된 후보영역 내에서 번호판의 테두리를 찾아서 기울기 정보를 추출하고 이를 보정하도록하였다.

2.1 번호판 영역 추출을 위한 입력영상의 축소

CCD 카메라에서 차량영상은 일반적으로 가로 640, 780 세로 480, 512 픽셀의 크기로 획득된다. 이러한 영상의 크기는 번호판 추출을 위한 전처리작업을 수행하기에는 많은 시간이 소요되므로 비효율적일 수 있다. 본 논문에서는 번호판 영역의 추출을 위한 전처리 단계중 하나로써 가로 및 세로픽셀에 대하여 1/2배로 줄여 사용함으로써 메모리공간과 시간을 1/4배로 단축시키도록 하였다. 제안한 번호판추출 알고리즘은 차량영상의 에지와 명암도 변화값을 기반으로 하기 때문에 영상축소에 의한 열화의 영향을 많이 받지 않으며 잡음을 없애기 위하여 평균필터를 사용함으로써 영상열화의 영향을 최소화 시킨다. 이러한 영상열화는 번호판 인식과정에서 좋지 않은 결과를 초래할 수 있으므로 축소된 영상에서 번호판의 후보영역 설정 후 번호판 추출과 인식을 위하여 전체 영상을 이용하게 된다. (1)에 번호판 추출을 위한 영상 축소를 나타내었다.

$$I_s(i, j) = \frac{1}{4} \sum_{k=0}^1 I(i/2+k, j/2+k) \tag{1}$$

여기서, i, j 는 영상의 좌표를 의미하고 $I(i, j)$ 는 전체영상 그리고 $I_s(i, j)$ 는 축소된 영상의 명암값을 나타낸다.

2.2. 수직에지 검출 (Vertical edge detection)

영상에서의 에지란 서로 다른 명암도의 레벨이 갖

는 두 영역 사이의 경계를 의미하는 것으로서 대부분의 에지검출의 방법들은 미분 연산자의 계산을 통해 이루어진다. 화소들이 서로 다른 명암값을 가지는 부분에서 미분을 취하게 되면 변화가 있는 부분에서 절대값의 크기는 최대가 되며 결과에 대한 절대값을 적절한 임계화(Thresholding)를 통하여 에지를 찾아 내려는 것이 미분을 이용한 에지검출의 중요한 개념이다. 에지란 명암값이 급격하게 변화하는 부분을 의미하므로 함수의 변화량을 조사하는 미분연산을 에지추출에 이용한다. 본 논문에서는 일차 미분 연산자인 소벨 연산자에 의한 일차미분값을 이용하여 차량 번호판의 수평 및 수직 에지를 검출하였다. 소벨연산자의 기울기 연산자는 수평과 수직에지를 컨벌루션하여 구현된다.

차량영상에서의 에지는 차량의 특성으로 인하여 수평에지가 다수 존재하고 수직 에지는 번호판부근에 밀집되어 있다. 본 논문에서는 번호판의 수직에지 성분을 먼저 검출한 후 검출된 영역 내에서 수평에지 성분을 검출하여 후보영역 선택에 이용한다.

$$E_H(i, j) = \sum_{k=i-1}^{i+1} |I_{s_{k,j-1}} - I_{s_{k,j+1}}| \tag{2}$$

$$E_{BIN}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } (E_H(i, j) \geq T) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \tag{3}$$

$$T = \frac{\alpha}{(NM)} \sum_{n=0}^{N'-1} \sum_{m=0}^{M'-1} E_H(i, j) \tag{4}$$

명암도 영상 $I_s(i, j)$ 에 대하여 수직에지를 얻기 위하여 마스크를 적용하고, (2)~(4)로 수직에지 영상 $E_H(i, j)$ 와 번호판 영역의 에지를 강조하기 위한 이진 영상 $E_{BIN}(i, j)$ 을 검출한다.

번호판 영역에는 에지의 기울기값이 크므로 이진화시 문턱치 임계값을 평균치보다 α 만큼 크게 하였으며 본 논문에서는 Gradient 레벨이 상위 40%이하로 나타나는 부분을 제거하도록 α 값을 설정하였다.

2.3 번호판 후보영역 추출

차량의 번호판을 추출하기 위해서는 번호판의 존재 가능성이 높은 영역을 미리 선정하여 처리하는 것이 효율적인 방법중 하나이다. 기존의 연구들은 차량의 번호판이 전체영상 아래에 있다는 것을 전제로 하여 번호판 영역을 추출하므로 영상에서 번호판의

위치가 일정하지 않은 경우에는 추출이 어렵다. 본 논문에서는 번호판 후보영역 설정을 위하여 명암값의 변화빈도수와 에지의 크기를 투영하여 누적한 후 누적면에 대한 컨벌루션 연산을 이용하여 번호판 후보영역을 설정한다. 이차원 공간의 영상데이터를 일차원 평면에 투영함으로써 연산에 소요되는 시간비용을 최소화 한다. 컨벌루션된 투영면의 누적값이 최대가 되는 지점을 번호판 후보 영역의 중심으로 설정한다.

2.3.1 에지 형태 필터링

일반적으로 에지영상 $E_{BIN}(i,j)$ 에서 에지들은 번호판이외의 영역에서도 많이 검출되며 특히 번호판이외에 차량의 전방등, 후방등, 미등, 그릴 그리고 제조사마크 등에서 수직에지성분을 다수 포함하고 있으므로 이러한 잡음들은 명암도 빈도수 및 에지를 누적할 때 영향을 줄 수 있으므로 제거해야 번호판 추출에 효율적이다. 영상에서 특정크기와 관련된 물체를 검출하기 위해서는 이진형태의 필터링은 매우 유용하게 사용되며[3] 요구하는 물체의 형태에 만족

하지 않으면 잡음으로 제거되고 그렇지 않은 경우 저장되도록 한다. 본 논문에서는 입력영상의 번호판 높이가 최대값을 가지는 $L_{h_{max}}$ 와 최소값을 가지는 $L_{h_{min}}$ 의 두 높이값을 이용하여 수직에지의 높이가 두 영역 내에 존재하지 않을 때 잡음으로 인정하여 제거한다. 그림 2(a)는 이진처리 에지영상이고 그림 2(b)는 차량영상 이외의 에지잡음이 제거된 영상 $E_{CTH}(i,j)$ 이다. $E_{CTH}(i,j)$ 에서 번호판부근의 에지 크기값들이 가장 많이 분포되고 변화빈도수가 일정하게 분포되어 있는 것을 보여준다.

2.3.2 투영면 컨벌루션

에지의 이진처리와 형태처리 과정을 거쳐 에지잡음을 제거하였으나 여전히 차량 주변잡음들은 존재한다. 이 잡음들은 차량의 전면부에서는 전방등과 그릴에 의한 에지잡음들이 남아있으며 후면부에서는 후방등과 광고물에 의한 에지잡음들이 번호판과 비슷한 분포로서 존재한다. 이러한 잡음들로 인하여 번호판영역을 $E_{CTH}(i,j)$ 영상에서 직접 추출하는 것은 오류를 증가시키고 처리시간 증가의 요인이 된다. 본

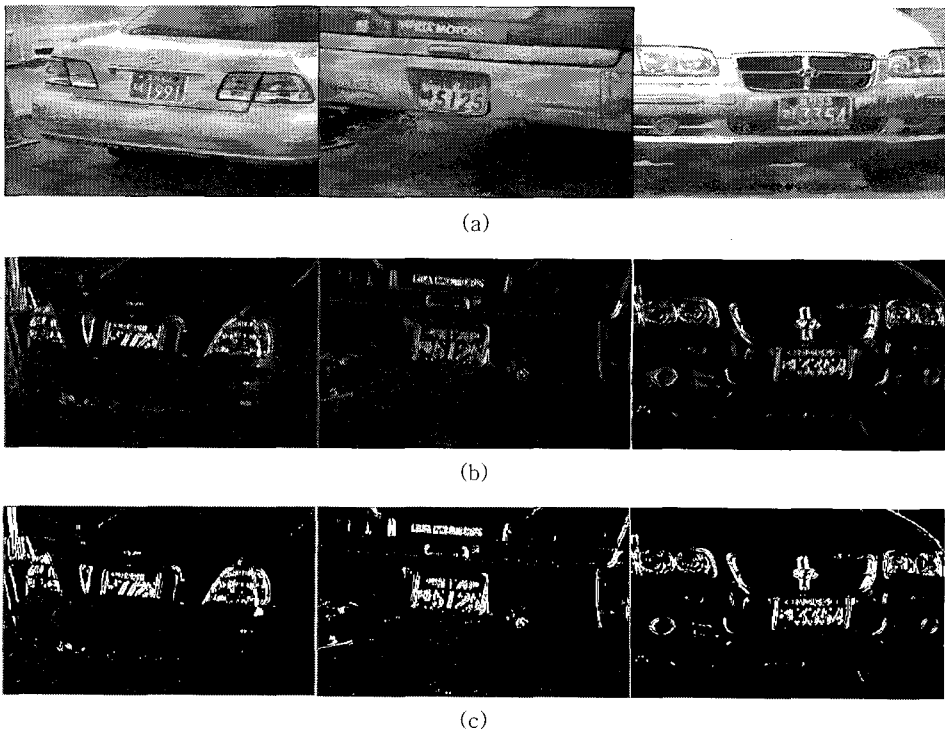


그림 1. 차량영상의 수직에지 검출과정: (a) 다양한 차량입력영상 $I_s(i,j)$, (b)수직 에지의 Gradient 영상, (c) Threshold를 적용한 에지영상.

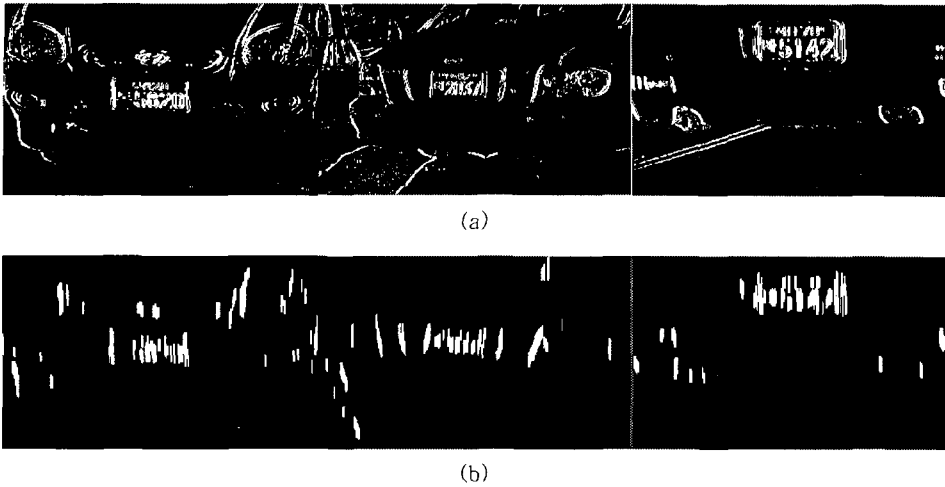


그림 2. 이진형태 필터를 이용한 잡음제거: (a) Thresholding 에지영상 $E_{BIN}(i,j)$, (b) 잡음 제거된 영상 $E_{CTH}(i,j)$.

논문에서는 잡음의 영향을 최소화시키는 방법으로 잡음제거 처리된 에지영상을 에지의 빈도수와 누적분포를 투영한 후 그 투영면에 대하여 번호판수직 크기정보를 가지는 단위 계단함수(rectangular)를 컨벌루션한다. 단위계단 함수의 크기를 $L_{h_{min}}$, L_h , $L_{h_{max}}$ 로 설정하고 에지의 빈도수와 누적분포를 투영한 투영면 $P_{ACC}(j)$ 에 대하여 컨벌루션 연산을 행한다. 그림 3에 번호판 후보영역 추출과정을 나타내었다.

$P_N(j)$, $P_M(j)$ 는 투영면 함수, $E_{CTH}(i,j)$ 는 수직 잡음 제거 영상, L_h 는 $L_{h_{max}}$ 와 $L_{h_{min}}$ 의 중간값이다. $P_{CN}(j)$ 에서 레벨의 크기가 가장 클 때 j 를 번호판 후보영역의 수직 중심좌표로 한다. 수직좌표를 중심으로 상, 하로 번호판을 포함할 수 있는 일정길이를 후보영역의 수평면으로 설정하고 영역 내에서 다시 수평에지를 추출하여 수평면의 중심을 설정한다.

$$H(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } (0 \leq x \leq L_{h_{max}}, L_h, L_{h_{min}}) \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$$P_N(j) = \sum_{i=0}^N E_{CTH}(i,j) \quad (6)$$

$$P_{CN}(j) = P_N(j) * H(x) \quad (7)$$

$$P_M(i) = \sum_{j=0}^M E_{CTH}(i,j) \quad (8)$$

$$P_{CM}(i) = P_M(i) * H(x) \quad (9)$$

2.4 번호판 추출 및 정규화

기울어진 차량 번호판 영상은 문자분할과정과 인식과정에서 올바른 처리가 어려우므로 분할 과정의 간소화를 위해 기울기 보정 및 크기의 정량화 작업이 필요하다. 번호판 후보영역내의 번호판은 크기와 기울기가 각각 일정하지 않으므로 번호판테두리를 정확하게 추출하는 과정이 필요하다. 번호판은 후보영역 내에서 차량 진입상태에 따라 회전되어 있거나 기울어져있다. 첫째로 수직 한축만 기울어져있는지 수직과 수평 모두 기울어져있는지를 검사하여 각각의 기울기를 보정해야 하고 번호판 크기를 정량화할 때 번호판의 문자영역의 화소들의 열화를 최소화 하여야 한다. 본 논문에서는 기울기보정을 위하여 세션화 알고리즘과 화소들의 레이블링 테이블을 이용하고 선형 보간법으로써 번호판을 정규화시킴으로써 영상크기 변화시 영상열화를 최소화하도록 하였다. 그림 4에 번호판 추출 및 번호판 크기 정량화 과정을 나타내었다.

영상의 에지 추출에서 윤곽선 추출은 외가의 선성분을 추출하는 반면 세션화는 영상의 본질적 구조를 보존하면서 가운데 선을 추출하는 과정이다. 세션화는 원래 도형의 연결성은 변화시키지 않고, 선으로 변화시키는 것이 필요하다. 세션화의 결과에서 도형의 결합 관계의 특징이 구해지므로 글씨나 도면 등에서 선의 구조를 해석하는데 유용하게 사용된다. 체인코드(chain code)는 미리정한 길이와 방향을 가지는 직선 선분들의 연결된 열로서 경계의 방향을 표현하

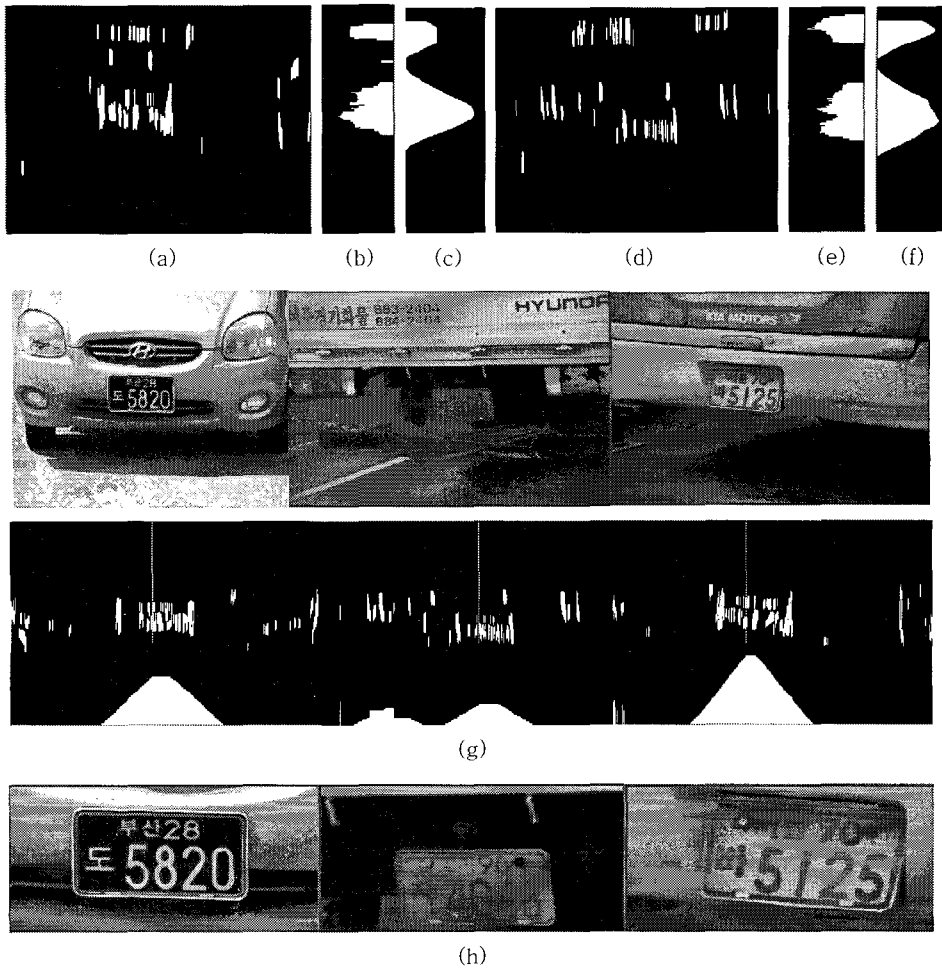


그림 3. 번호판 후보영역 추출과정: (a)(d) 잡음 제거된 수직에지영상, (b)(e) 빈도수와 누적분포 투영, (c)(f) 투영면 $P_{Acc(j)}$ 에 대한 컨벌루션 연산, (g) 번호판 후보영역의 수평면 중심좌표 검출 과정, (h) 번호판후보영역.

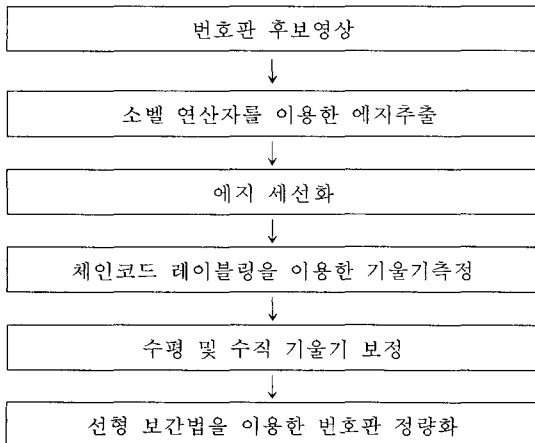


그림 4. 번호판 추출 및 번호판 크기 정량화 과정

는데 사용된다. 디지털영상은 보통 x 와 y 방향의 등간격으로 만들어진 격자 형태로 획득되고 처리되므로, 체인코드는 시계 방향으로 경계를 따라 모든 화소 쌍을 연결하는 선분에 대해 각 방향을 할당하는 알고리즘이다. 이 방법은 잡음이나 불완전한 분할로 인하여 경계를 따라 생긴 작은 교란에 의하여 코드에 불필요한 변화가 발생하는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 세선화를 이용하여 각각의 선들을 단일 화시킴으로서 이러한 단점을 보완하고자 하였다.

에지영상에서 차량번호판의 사각 테두리는 선이 굵고 잡음을 포함하고 있다. 세선화를 이용하여 테두리의 굵은 부분을 선으로 표현하고 잡음을 제거한 후 골격 선을 따라 연결이 끝날 때까지 위에서 아래

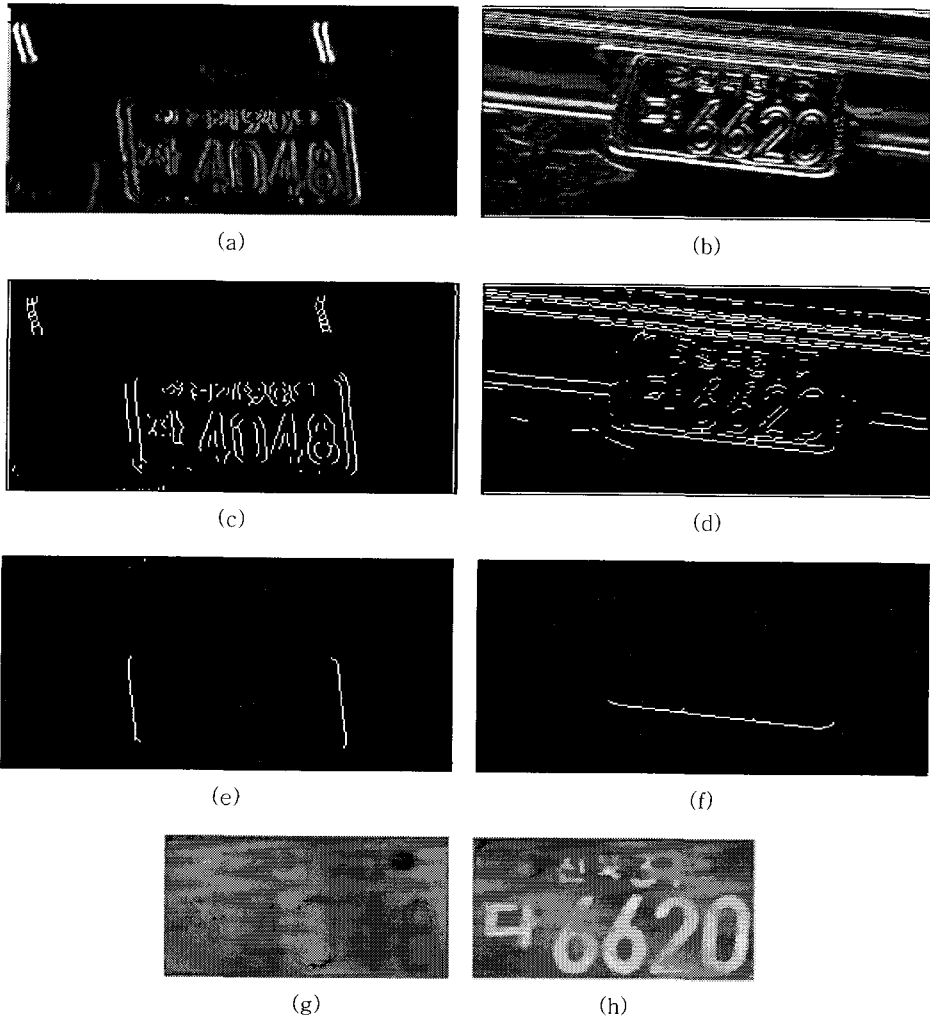


그림 5. 세션화를 이용한 번호판 추출과정: (a)(b) 번호판 후보영역의 수직 및 수평 Gradient값, (c)(d) 세션화 결과, (e)(f) 번호판 테두리의 직선성분 추출, (g)(h) 정량화된 추출 번호판.

3방향으로 체인코드를 레이블링 테이블(Label Table)에 기록한다. 레이블링 테이블의 모든 선분에 대하여 근접한 선들의 길이값이 문턱치 이상인 끝 좌표를 연결하여 L_h, L_w 에 근접하고 번호판후보 영역의 중앙과 근접한 선들을 기준으로 번호판의 테두리와 방향에 대한 평균 기울기를 얻는다.

번호판 네변 영역의 중심좌표를 기준으로 회전한 후 일반적인 번호판의 가로대 세로 비(2:1)를 이용하여 [1] 번호판을 추출한다. 또한 추출된 번호판의 높이 2/3 지점에 지역명과 일련번호간의 밸리(Valley)의 존재 유무를 검증한 후 선형 보간법을 이용하여 가로 200화소 세로 100화소로 크기를 정량화시킨다.

3. 차량번호판의 문자분할 과정

3.1 적응 이진화

차량번호판 획득 영상의 경우 조명상태가 나쁜 경우 혹은 콘트라스트가 매우 낮은 경우에 있어서 특히 이진화는 문자와 배경을 명확히 구분하는데 중요한 문제이다. 영상의 특징을 해석하기 위해서는 영상에서 물체를 분리하여 물체와 배경을 분리한 이진영상으로 취급하는 것이 많다[3]. 배경과 문자는 독특한 밝기를 가지고 있고 이들간의 밝기가 충분히 구분되는 경우에는 영상의 히스토그램이 두개의 분포형태를 이루기 때문에 히스토그램 상에서 밸리를 찾는

방법으로 임계치를 적용하면 그 결과는 효과적이지만 실제 차량 번호판의 히스토그램은 벨리를 가지지 않은 경우가 많으므로 효과적이지 못한 경우가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 번호판 추출에서의 200×100 크기로 정형화된 번호판 $P(i, j)$ 은 문자분할을 위하여 2진 영상 $P_{BIN}(i, j)$ 으로 변환된다.

$$P_{BIN}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } P(i, j) \geq T_p \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad 0 \leq i \leq Y-1, 0 \leq j \leq X \quad (10)$$

$$T_p = \begin{cases} (H_{high} - H_{CENTER})/2 + H_{CENTER} & \text{if } general \\ (H_{CENTER} - H_{Low})/2 + H_{Low} & \text{if } business \end{cases} \quad (11)$$

$$H_{ACC} = \sum_{K=0}^{255} H(K) \quad (12)$$

차량 번호판은 개인용과 영업용으로 구별되며, 각각 배경은 녹색과 노랑색이고 문자는 각각 흰색과 청색이다. 개인용 번호판과 영업용 번호판은 각각 대비되는 히스토그램분포를 가지므로 이진화의 문턱치값을 역으로 적용해야한다. 개인용 번호판과 영업

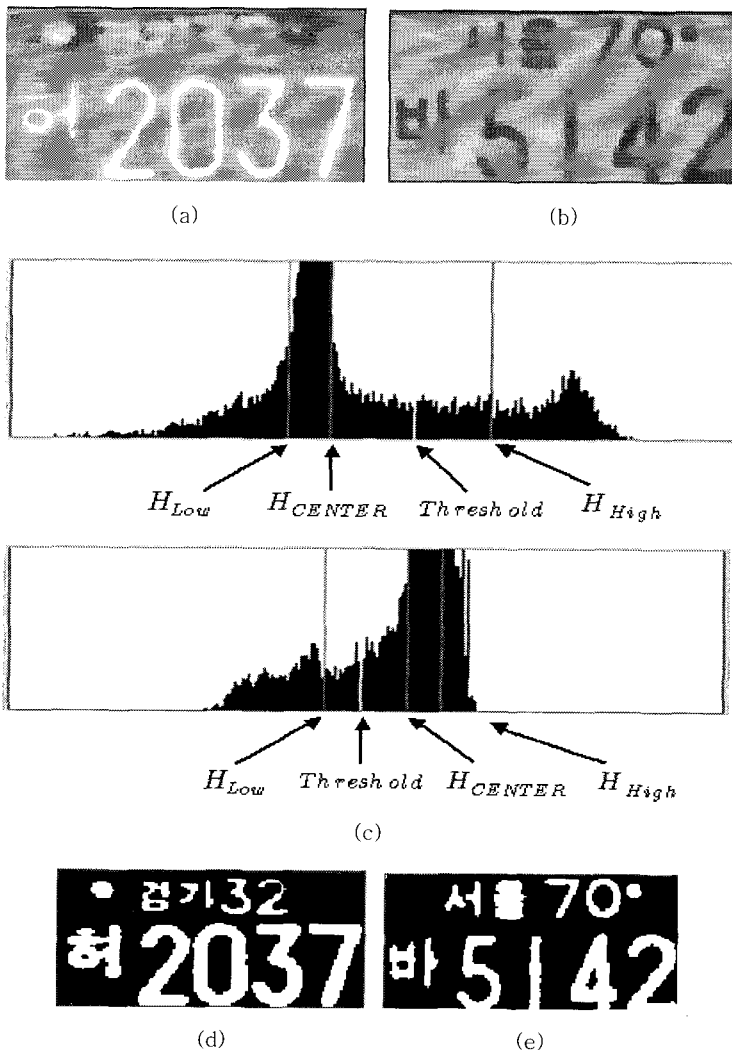


그림 6. 차량번호판 영역 적응 이진화: (a) 일반용 차량 번호판, (b) 영업용 차량 번호판, (c) 일반용 차량의 구분을 위한 포인트 설정, (d) 이진화 영상.

용번호판의 구분은 누적분포의 위치적 특성을 이용한다. 히스토그램의 누적합 H_{ACC} 의 50%의 누적 비를 가질 때 K 를 H_{CENTER} 지점으로 설정하고 30%와 70%의 누적 양을 가질 때 H_{Low} , H_{High} 로 각각 설정한다. 그림 6(c)와 같이 H_{High} 가 H_{Low} 보다 H_{CENTER} 와 근접하면 영업용 차량으로 판단하고, H_{Low} 가 H_{High} 보다 H_{CENTER} 와 근접하면 일반용 차량으로 판단한다. (11)을 이용하여 이진화 문턱치값이 H_{CENTER} 를 기준으로 낮은 값을 가지면 영업용으로써 판단하고 역 이진화 한다.

3.2 투영 히스토그램을 이용한 문자 및 숫자 영역분할

번호판의 문자 및 숫자영역의 분할은 번호판의 구조적 특성을 이용하여 문자의 기준점을 설정하고 기준점에서 상, 하, 좌, 우로 확장시켜 투영 히스토그램을 이용하여 각각의 문자를 분할한다. 먼저 번호판의 상행과 하행을 분리시키고 분리된 상행과 하행을 각각 수직 투영시켜 번호판의 각 벨리를 검사한다. 번호판의 상행은 분류숫자가 1자(구형) 또는 2자로 되어 있으므로 투영히스토그램의 피크(Peak)의 개수를 구하여 분할한다. 하행은 문자의 위치가 일정하지만 번호판 추출시 약간의 위치변화가 있을 수 있으므로 벨리 검사를 통하여 재조정한다. 그림 7은 번호판 각행에 대한 문자 히스토그램과 벨리와 피크검사에 의한 문자분할의 결과를 보여준다.

4. 하이브리드 패턴벡터를 이용한 차량번호판 문자인식

현재 차량번호판은 지역명과 분류문자가 총 16개와 30여개로 문자의 수와 종류가 한정되어 있으며 차량번호판 인식을 위해 일반적인 문자인식 기법을 그대로 적용하는 것은 번호판 문자인식에 있어서 시간적인 면에서나 효율적인 면에서나 비효율적일 수 있다.

본 논문에서는 문자 인식기를 결정 트리구조(DTC)로 결합시킴으로써 하나의 복잡한 문제를 여러 개의 단순한 문제로 나누어 해결하려는 접근 방법을 사용하였다. 즉 이진화된 문자의 특징을 이용하여 문자를 DTC 분류 후 분류영역 내에서 하이브리드 패턴벡터[2]를 이용하여 문자인식 효율을 높이는 방법을 사용하였다. 그림 8에 차량번호판 문자 및 숫자 인식 과정을 나타내었다.

4.1 무개중심의 위치를 이용한 결정트리 분류

입력패턴을 구성하는 특징벡터 전체나 그 일부를 한번만 이용하여 소속 클래스를 결정하는 것을 1단계 분류기라 한다. 1단계 분류기는 클래스간의 변별력 중에서 평균이 최대가 되는 특징조합을 이용하지만 이 특징조합이 모든 클래스에 대하여 최적의 변별력을 가지는 것은 아니다. 또한 1단계 분류기는 패턴을 분류하기위하여 모든 클래스와 비교해야하기 때

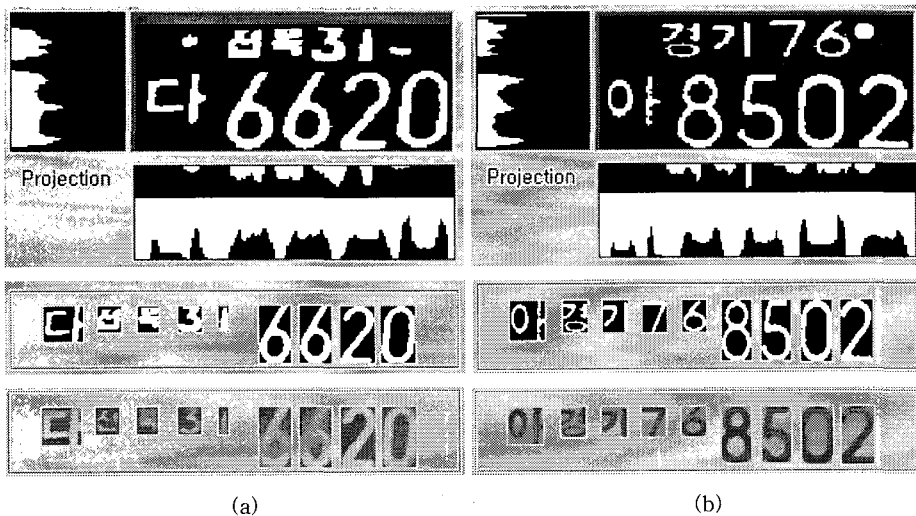


그림 7. 차량번호판 문자 및 숫자 분할: (a) 일반용 차량 번호판 분할, (b) 영업용 차량 번호판 분할.

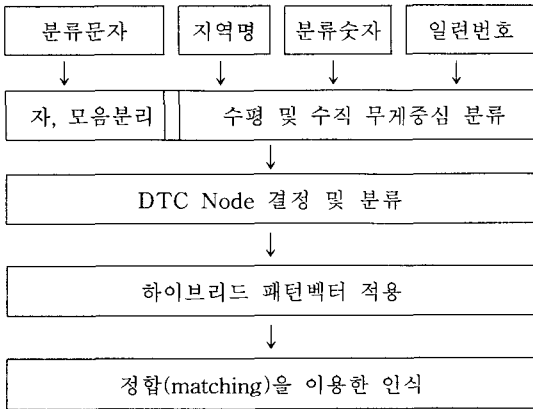


그림 8. 차량번호판 문자 및 숫자인식 과정

문에 효율성이 저하되는 단점이 있다. 이러한 1단계 분류기의 문제점을 해결하기 위하여 두종류 이상의 결정을 적당한 수순에 따라 반복하여 입력 패턴의 클래스를 결정하는 분류기를 다단계 분류기라 하며 결정트리 분류기(Decision Tree Classifier)라 한다. 그림 9에 결정트리 분류과정을 나타내었다. 그림 9에서 DTC가 주어진 패턴집합(0~9)을 분류하는 과정은 루트노드에서 특징 A를 이용하여 {0,1,2}과 {3~9}의 서브 패턴 집합으로 분류한 다음, 다시 내부노드에서 특징 B,C를 이용하여 1차 분류된 서브 패턴 집합을 각각의 숫자로 최종 분류한다.

번호판의 지역명 16개에 대하여 각 문자 화소의

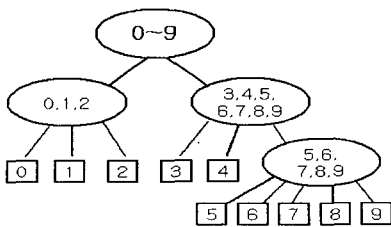


그림 9. 결정트리 분류 과정

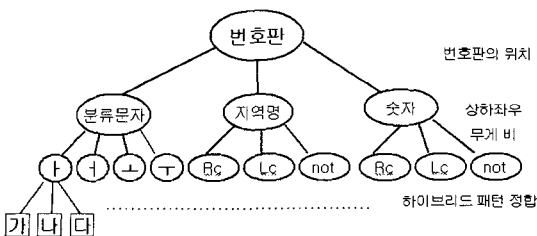


그림 10. 차량번호판의 결정트리 분류방법

무게 비와 분류문자 27개에 대하여 자음과 모음을 분리한 후 각각에 대한 무게 비를 최상위(root) 노드 결정 경계의 특징으로 서브 노드로 분류한다. DTC는 상위 클래스 결정 노드에서 오류가 생기면 하위노드는 그 결정을 반복할 수 없으며 트리가 대형이 되면 오류가 누적되는 경우가 발생하므로 상위노드 결정시 경계가 확실해야 한다.

본 논문에서는 번호판 문자와 숫자에 대한 최상위 노드의 결정을 번호판에서의 위치 값으로서 분류하고 서브 클래스 결정은 문자 영역을 이진화하여 가로대 새로 비와 무게중심의 위치 및 문자의 분포 양으로 결정한다.

번호판의 분류문자는 'ㅏ', 'ㅑ', 'ㅓ', 'ㅕ', 4개의 모음으로 나눌 수 있으며 각각의 자음들과 모음들은 수직과 수평면으로 나누었을 때 무게비가 또렷이 구별된다. 또한 번호판의 지역명은 '서울', '강원', '대전'과 같이 무게비가 두 번째 문자가 무거운 경우와 '경기', '울산', '광주'와같이 첫 번째 문자가 무거운 경우 및 그 값이 모호한 경우의 3가지 패턴으로 분류하였다. 번호판의 숫자 또한 중심에서 좌우 대칭 비를 계산하여 {3,4,9}, {6,5} 및 {0,1,2,7,8}로 분류한다.

4.2 하이브리드 패턴벡터 정합을 이용한 문자인식

본 논문에서는 차량 번호판의 문자와 숫자를 서브 노드에서 분류한 후 패턴 생성기를 생성하여 각 패턴들을 추출하였다. 각 패턴들을 추출하여 기본패턴과 다음에 입력되는 문자의 패턴과 비교하여 인식하기 위한 것이며. 번호판의 패턴 생성기는 지역문자, 지역숫자와 일련번호의 패턴 생성기가 각각 다르다. 본 논문에서는 지역문자와 분류문자는 하이브리드(Hybrid)패턴벡터[2] 생성기를 사용하였으며, 지역숫자는 원형 패턴벡터 생성기 그리고 일련번호는 원형 패턴벡터 2개를 위, 아래로 생성하는 생성기를 사용하여 각 문자와 숫자의 패턴들을 추출하였다. 하이브리드 패턴벡터 생성기는 최적 사각형 크기에 따라 원형 3개와 수직, 수평 패턴을 생성하여 패턴들을 추출하는 방법으로서 그림 11에 나타내었다. (13), (14)에 하이브리드 패턴벡터의 원형을 생성하는 방법으로서 X-Y 좌표계에서 원의 X좌표를 구하는 식과 Y좌표를 구하는 식을 나타내고 있으며 여기서 R은 원의 반지름을 나타낸다.

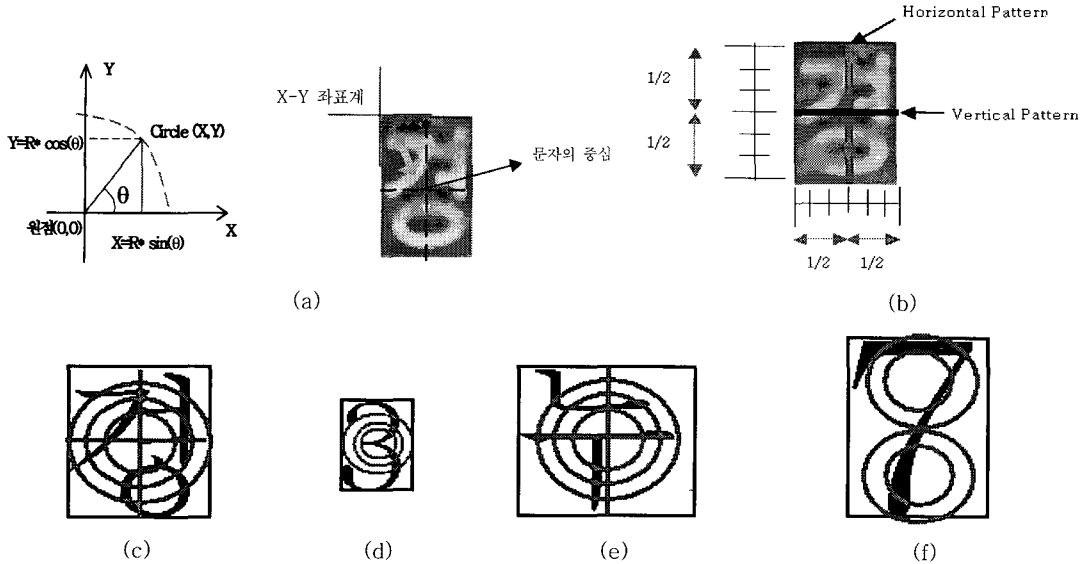


그림 11. 번호판의 문자와 숫자에 대한 하이브리드 패턴벡터 생성: (a) XY 좌표계, (b) 문자영상에서의 패턴추출 공간, (c) 지역문자의 패턴추출, (d) 지역숫자의 패턴추출, (e) 분류문자의 패턴추출, (f) 일련번호의 패턴추출.

$$X = R \times \sin(\theta) \quad (13)$$

$$Y = R \times \cos(\theta) \quad (14)$$

원형 패턴벡터법을 이용하면 0°~360° 각도와 반지름 길이에 따라 원의 좌표(Circle(x,y))를 구할 수가 있으며 위의 X-Y좌표계에서 원을 만들면 원점에서 시계방향으로 원의 패턴을 그리면서 패턴을 추출하게 된다.

그림 11(a)와 같이 문자의 최적 사각형 왼쪽 모서리가 원의 원점이 되며 원형 3개와 수직, 수평 패턴들을 사용하여 패턴을 추출하는 것이 제안한 하이브리드 패턴벡터 생성기이다. 각 문자와 숫자에 대한 패턴 생성이 각각 다르며 그림 12에 지역문자, 지역숫자, 분류문자 및 일련번호에 대한 하이브리드 패턴 생성 결과를 나타내었다.

추출된 번호판의 각 문자와 숫자들을 패턴 생성기를 생성하여 패턴을 추출하게 되면 해당되는 위치의 명암값이 추출된다. 지역문자의 배열은 안쪽에서부터 10°, 5°, 3°간격으로 회전하는 32개의 패턴과 72개, 120개 그리고 수평, 수직 패턴 20개를 기록한다. 분류숫자와 분류문자의 패턴은 원형 3개를 3°간격으로 회전하는 120개의 패턴과 수평 패턴을 기록한다. 제안한 패턴 생성기를 사용하여 번호판의 문자와 숫자 패턴들을 추출한 결과에서 각 문자와 숫자의 패턴에서는 문자 영역을 검정색으로 표시하였고, 배경 영역

번호판의 명칭	이름	패턴배열	패턴
지역문자	부	원형1	_____
		원형2	_____
		원형3	_____
	남	수평 직	_____
		원형1	_____
		원형2	_____
지역숫자	3	원형3	_____
		원형2	_____
		원형1	_____
분류문자	가	원형1	_____
		원형2	_____
		원형3	_____
		수평 직	_____
일련번호	2	원형1	_____
		원형2	_____
		원형3	_____
		원형4	_____

그림 12. 자동차번호판의 문자에 대한 하이브리드 패턴벡터 생성 결과

을 흰색으로 표시하였다. 각 문자와 숫자의 패턴들이 다르다는 것을 알 수 있으며 이는 문자와 숫자가 구별 된다.

하이브리드 패턴벡터를 적용하여 추출된 패턴 결과로부터, 문자와 숫자의 패턴들을 미리 설정된 기준 문자의 패턴과 입력된 문자 패턴과의 상관계수를 계산하여 가장 높은 값을 출력하는 문자를 인식하게 되며 이를 (15)에 나타내었다.

$$r(k) = \frac{\sum_x [f(x) - f^{\wedge}] [w(x) - w^{\wedge}]}{\sqrt{\sum_x [f(x) - f^{\wedge}]^2 \sum_x [w(x) - w^{\wedge}]^2}} \quad (15)$$

5. 실험 및 결과

본 논문에서는 CCD 카메라를 이용하여 획득된 차량 영상에서 번호판 영역의 수직 및 수평 명암값 빈도수를 누적한 투영면 컨벌루션을 이용하여 번호판의 후보 영역을 추출하고, 체인코드와 레이블링을 이용하여 기울기를 보정한 후 결정트리 분류와 하이브리드 패턴벡터 방법을 이용하여 문자 및 숫자를 인식하는 알고리즘을 제안하였다. 실험결과 번호판 주위나 번호판 자체가 양호한 차량 영상뿐만 아니라 안전 지지대를 설치하여 번호판 주위가 복잡한 차량 영상, 번호판 자체가 불량한 차량 영상, 입력 영상 자체가 번호판 영역이 크게 촬영된 차량 영상 등 번호판 상태나 크기, 입력 차량의 조건에 영향을 적게 받으며 번호판 영역 검출이 가능함을 알 수 있었다.

햇빛에 반사된 차량 전면부와 헤드라이트, 라지예타 그릴의 영향으로 번호판 후보영역이 여러개 추출되었으나 번호판 후보영역 추출 과정에서 수직 명암값 빈도수와 이진데이터 필터링에 의하여 제거되었다. 번호판 주변에 수직성분의 장식품, 직사각형의 후방등이 존재하는 경우에 번호판추출이 어려웠다. 특히 영업 대형화물차의 경우 노후화 되었거나, 번호

판 주변이 복잡하고 심한 먼지등의 잡음이 많아 에지 추출이 어려웠으며 승용차의 경우 액세서리 등으로 인한 번호판 주변 에지 검출이 어려웠다.

또한 본 논문에서는 번호판의 후보영역 추출 과정에서 국소영역을 지정하여 번호판 후보영역으로 설정하였던 기존의 방법을 개선하였고, 번호판의 기울기 보정을 이용하여 차체가 기울어져 진입하는 차량의 번호판을 정량화 시킬 수 있었다. 또한 번호판인식에서 번호판의 문자적 특성을 이용하여 DTC분류 이후에 하이브리드 패턴을 적용한 결과 기존의 인식률을 개선할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 번호판영역 추출 및 문자인식 방법의 성능 평가를 위한 실험 환경은 DT3155 보드와 적외선 CCD카메라를 이용하여 맑은 날씨와 흐린 날씨, 오전, 오후 및 야간등 다양한 시간대에서 실험하였으며, 또한 차량과의 거리는 3~6m, 카메라 높이는 1.5~3m사이, 0~15도의 다양한 거리와 각도에서 촬영한 영상을 사용하였다. 그림 13에 실험에 사용된 다양한 차량영상을 나타내었다.

알고리즘 구현을 위해서 IBM 호환기종인 펜티엄 VI급을 이용하였으며 Visual C++ 6.0 언어를 microsoft사의 windowXP O/S환경에서 사용하였다. 획득한 차량 영상의 크기는 후면부 영상 768*480과 전면부 영상 648*480크기로 전후방 각각 200장과 300장을 다른 크기로 입력 받았다. 차량 후면부 영상은 고속도로 톨게이트에서 획득하였으며, 전면부 영상



(a)



(b)

그림 13. 실험에 사용된 다양한 차량 영상: (a) 고속도로 톨게이트 차량후면 영상, (b) 주차장입구 차량정면 영상.

표 1. 차량 번호판 추출, 분할 및 인식결과

CCD 카메라		일반차량		영업용 차량		전체 500
		정면 250	후면 170	정면 50	후면 30	
번호판 후보영역 추출	기존의방법	243(97.2%)	165(97.0%)	48(96.0%)	28(96.7%)	96.8%
	제안한방법	247(98.8%)	168(98.8%)	49(98.0%)	30(100%)	98.8%
번호판 추출 및 기울기 보정	기존의방법	231(92.4%)	156(92.1%)	47(92.6%)	26(86.7%)	92.0%
	제안한방법	243(97.2%)	165(97.0%)	49(98.0%)	29(96.6%)	97.2%
문자 영역 분할	기존의방법	229(91.5%)	154(91.1%)	46(91.0%)	25(83.3%)	90.8%
	제안한방법	238(95.2%)	159(95.5%)	47(94.0%)	28(95.3%)	94.4%
번호판인식	기존의방법	228(91.2%)	149(87.6%)	44(88.0%)	24(80.0%)	88.6%
	제안한방법	234(93.6%)	152(89.4%)	47(94.0%)	26(86.7%)	91.5%

은 실의 주차장진입로에서 획득하였다. 자동차 번호판의 인식은 주행 중인 자동차 번호판의 영상을 카메라 입력받는 작업에서 결과값의 출력까지 실시간에 이루어져야하나 본 실험에서는 인식부 알고리즘의 성능평가를 주요한 목적으로 하여 CCD 카메라 입력에서 번호판 후보영역추출, 번호판추출 및 기울기보정, 번호판인식까지의 각각의 과정을 단계별로 수행하여 인식 알고리즘의 효율성을 실험하였다. 표 1에 일반차량과 영업용차량 500개의 데이터를 가지고 기존의 방법[7]과 제안한 방법의 비교를 나타내었다. 실험 비교에 있어서 차량번호판 추출, 분할 및 인식 결과를 중심으로 각각 결과를 나타내었다.

6. 결 론

지금까지 연구되어온 자동차 번호판 인식 알고리즘은 차량전면 영상에서 특정후보영역 만을 대상으로 번호판을 추출하였으나, 환경 변화 및 진입상태변화가 심할 경우 추출이 어려운 문제점이 있었다. 또한 번호판의 인식에 있어서 기존의 문자인식 기법을 그대로 적용함으로써 번호판의 특성을 살리지 못한 단점이 있었다.

본 논문에서는 보다 안정적이고 인식속도를 향상시킬 수 있도록 투영면 컨벌루션과 DTC를 이용한 문자 분류를 실행함으로써 기존의 번호판 인식률을 향상시킬 수 있는 방법을 제안하였다. 본 알고리즘에서는 차량 영상으로부터 수직에지를 기반으로 번호판의 후보영역을 추출하고 체인 코드를 추가한 레이블링을 사용함으로써 기울어진 번호판을 보정할 수 있었다. 또한 후보영역 설정으로 전체 영상을 처리해

야하는 부담을 줄일 수 있었고 여러 개의 차량 진입로에 적용적인 번호판추출이 가능하였다.

결론적으로 번호판 인식 알고리즘이 시간적인 문제는 다소 줄일 수 있었으나 번호판 추출을 수직에지 정보에 너무 많이 의존하고, 심하게 훼손된 번호판 또는 예상치 못한 입력영상의 주변 환경 차이와 차량 후면이 복잡한 경우 안정적인 번호판 추출에 다소 어려움이 있었다. 향후 연구과제로 번호판 추출을 위하여 본 논문에서 적용한 후보영역 추출이 주변 환경에 더욱 안정적이고 다양한 환경조건에 적용적인 알고리즘 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 이화진, 박형철, 전병환, "HSI와 YIQ의 복합 색상 정보를 이용한 차량 번호판 영역 추출," 한국정보처리학회논문지, 제7권, 제12호, 2000.
- [2] 석영수, 김정훈, 이용주, "명암도 변화값과 하이브리드 패턴벡터를 이용한 번호판 인식," 한국신호처리시스템학회 논문지, 제2권, 제6호, 2001.
- [3] 김병기, "명암변화와 칼라정보를 이용한 차량 번호판 인식," 한국정보처리학회 논문지, 제6권, 제12호, 1999.
- [4] 김광백, 김영주, "명암도 변화 및 HSI 정보와 개선된 ART2 알고리즘을 이용한 차량 번호판 인식," 한국퍼지 및 지능시스템학회논문지, 2001.
- [5] 한국과학기술원 부설 시스템공학연구소, "차량 자동인식시스템 개발에 관한 연구," 1991.
- [6] Harvey A. Cohen and Alan L. Harvey,

“Targeting Number Plates Effectively Using Sparse/Full Templates And Coarse/Fine Template Marching,” *IAPR Workshop On Machine Vision Applications*, Nov. 1990.

[7] Y. S. Seok and E. J. Lee, “A License Plate Extraction and Recognition Using Intensity Variation and Geometric Pattern Vector,” *KISP Summer Conference*, pp. 153-156, June 2001.

[8] E. R. Lee, P. K. Kim, and H. J. Kim, “Automatic Recognition of Car Number Plate Using Color Image Processing,” *IEEE International Conference on Image Processing*, Vol. 2, 1994.

[9] S. B. Gelfand, C. S. Ravishankar, and E. J. Delp, “An Iterative Growing and Pruning Algorithm for Classification Tree Design,” *IEEE Transaction on Pattern Analysis Machine Intelligence*, Vol. 13, No. 2, pp. 163-174. 1991.

[10] R. J. Blissett, C. Stennett, and R. M. Day, “New Techniques for Digital CCTV Processing in Automatic Traffic Monitoring,” *Ottawa-VNIS'93*, pp. 137-140, Oct. 1993.

[11] Ji-Ho Jung and Tae-Young Choi, “Print Korean Recognition Using Elliptical Pattern Vector,” *Institution of Electronics Engineers of Korea Journal*, Book 6, 1st Edition pp. 269-281, 2001.

[12] R. J. Blissett, C. Stennett, and R. M. Day, “New Techniques for Digital CCTV Processing in Automatic Traffic Monitoring,” *Ottawa-VNIS'93*, pp. 137-140, Oct. 1993.

[13] Ming G. He, Alan L. Harvey, and Thurail Vinay “Vechicle Number Plate Location For Character Recognition,” *ACCV'95 Second Asian Conference on Computer Vision*, Singapore, pp. 1425-1428, 1995.

[14] S. Rovetta and R. Zunino, “License Plate Localization by Using Vector Quantization,”

IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 2, pp. 1113-1116, 1999.

[15] H. A. Hegt, “A High Performance License Plate Recognition System,” *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 15, pp. 4357-4362, 1998.



이 응 주

1992년 2월 경북대학교 대학원
전자공학과 공학석사
1996년 8월 경북대학교 대학원
전자공학과 공학박사
1992년 3월 국방과학연구소 부
설 품관소 연구원
2000년 7월~2002년 2월 (주)다

지텔넷뱅크 대표이사

2000년 7월~2004년 12월 한국화학학회 운영이사
2005년 1월~현재 한국멀티미디어학회 홍보이사
2005년 7월~현재 대원경공업대학교 공과대학 초빙연
구교수
1997년 3월~현재 동명대학교 정보통신대학 정보통신공
학과 교수

관심 분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 생체인식



이 수 현

2002년 2월 동명대학교 정보통
신공학과 공학석사
2002년 3월~2004년 2월 동명대
학교 대학원 정보통신공
학과 공학석사

관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전



김 성 진

1974년 3월 해군사관학교(이학사)
1977년 2월 서울대학교 전자공학
과(공학사)
1980년 2월 고려대학교 전자공학
과(공학석사)
1988년 12월 미국 University of
New Mexico 전기 및 컴

퓨터공학과(공학박사)

1980년 3월~2001년 2월 해군사관학교 전자공학과 교수
2001년 3월~현재 동명정보대학교 정보통신공학과 교수
관심분야 : 디지털신호처리, 적응신호처리, 레이더/위성
신호처리, EW분야 및 시스템 모델링