

에지 기반 영역확장 기법을 이용한 다양한 크기의 번호판 검출

(Detection of Various Sized Car Number Plates using Edge-based Region Growing)

김재도[†]

한영준^{**}

한헌수^{**}

(Jaedo Kim)

(Youngjoon Han)

(Hernsoo Hahn)

요약 기존의 번호판 검출 기법들은 대부분 일정한 거리와 방향에서 촬영되어 번호판의 크기가 유사하고, 배경이 단순한 차량 전면 영상에 적용되는 한계를 가지고 있어서 번호판의 위치가 변하거나 조명 혹은 크기의 변화에 매우 취약하다. 본 논문에서는 이러한 기존 기법들의 문제점들을 극복하기 위하여 에지 기반 영역확장 기법을 사용하는 번호판 검출기법을 제안한다. 1단계에서는 입력영상에서 에지영상을 얻고 번호판의 기하학적 특성을 갖는 에지 영역들을 검출하여 이들을 번호판 검색영역으로 정한다. 검색영역의 에지들을 기반으로 주변의 화소들을 색상을 기반으로 영역확장을 통해 분할하여 번호판의 기하학적 특성을 만족하는 영역들을 번호판 후보영역으로 정한다. 후보영역들은 자동차의 조명등과 같은 구조물과의 위상특성을 고려하여 최종결정한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 번호판의 문자가 검출되지 않는 경우에도 번호판 위치의 검출이 가능하고 특히 작은 크기의 번호판 검출에 유리하며, 크기와 상관없이 번호판을 검출할 수 있음을 실험을 통해 입증하였다.

키워드 : 번호판 검출, 영역확장, 에지검출, 컴퓨터 비전, 주차관리

Abstract Conventional approaches for car number plate detection have dealt with those input images having similar sizes and simple background acquired under well organized environment. Thus their performance get reduced when input images include number plates with different sizes and when they are acquired under different lighting conditions. To solve these problem, this paper proposes a new scheme that uses the geometrical features of number plates and their topological information with reference to other features of the car. In the first step, those edges constructing a rectangle are detected and several pixels neighboring those edges are selected as the seed pixels for region growing. For region growing, color and intensity are used as the features, and the result regions are merged to construct the candidate for a number plate if their features are within a certain boundary. Once the candidates for the number plates are generated then their topological relations with other parts of the car such as lights are tested to finally determine the number plate region. The experimental results have shown that the proposed method can be used even for detecting small size number plates where characters are not visible.

Key words : number plate detection, region growing, edge detection, computer vision, parking control

· 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음

· 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2008-C1090-0803-0006)

† 학생회원 : 숭실대학교 전자공학과
duckjd@ssu.ac.kr

** 정 회 원 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수
young@ssu.ac.kr
hahn@ssu.ac.kr

논문접수 : 2008년 10월 13일

심사완료 : 2009년 1월 14일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제36권 제2호(2009.2)

1. 서론

최근 비전 센서 시스템은 하드웨어의 성능향상과 가격의 하락으로 적용범위가 점점 확대되고 있으며 자동화에 사용되는 여러 센서를 대체하고 있다. 인간이 주변 환경을 인지 할 때, 가장 큰 비중을 차지하는 정보가 시각정보임을 미루어 짐작하면 비전 센서 시스템을 응용하여 얻을 수 있는 장점을 쉽게 알 수 있다.

특히 차량의 수의 급격한 증가로 발생한 교통 혼잡, 교통사고 및 주차 관리 등에 비전 센서를 응용하는 노력은 급격히 증가하고 있다. 이 중에서 가장 많이 활용되고 있는 영역은 도로변의 불법 주차 차량을 감시하고 자동으로 단속하는 분야이다. 불법 주차 차량 검출과 관련된 교통 관리 시스템은 크게 차량 검출, 번호판 추출, 문자 분할, 문자 인식 네 부분으로 구성되며 이들은 순차적인 과정으로 진행된다. 즉, 차량의 불법주차가 확인되면 그 차량의 번호판 추출이 최우선적으로 이루어져야한다.

그러나 번호판 검출은 쉽지 않은 문제들을 포함한다. 무엇보다도 그림 1에서 볼 수 있듯이 번호판 검출을 위한 카메라의 설치 위치가 도로의 신호등이나 가로등과 같은 기존의 시설물에 설치되고 카메라 한대가 감시해야하는 도로의 길이는 수 10미터에서 100여미터에 이르며 또한 4거리의 팔면을 포함하여 번호판의 형태도 왜곡되는 등 하나의 알고리즘으로 처리하기가 용이하지 않다는 점이다. 번호판의 규격 또한 차량의 용도에 따라 색상과 구조에 차이를 보이므로, 차량 번호판 인식 시스템에 대한 구현이 용이치 않다. 이러한 환경에서 번호판을 인식하기 위해서는 번호판의 정확한 위치를 결정하는 일이 매우 중요하다.

차량 영상에서 번호판 영역을 추출하는 기존의 방법은 에지 분석을 이용하는 방법[1-4], 허프변환을 이용한 기법[5-7], 모폴로지를 이용한 기법[8-11], 히스토그램을 이용한 방법[12], 색상정보를 이용한 방법[13-15] 등으

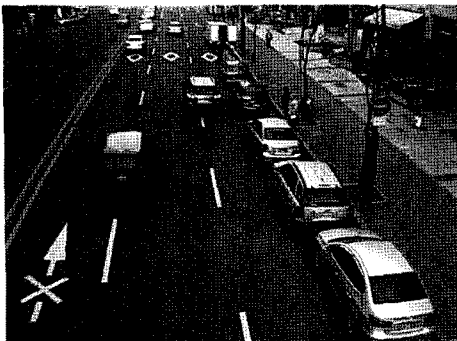


그림 1 불법 주차 감시 시스템에서 획득된 영상의 예

로 구분할 수 있다. 에지 분석을 이용한 방법은 번호판 영역이 수직에지성분을 많이 포함하고 있는 특징을 이용하는 방법으로 간단하고 수행속도가 빠르지만 조명환경이나 노이즈에 민감한 단점을 가지고 있다. 허프 변환을 사용한 방법은 전체 영상에서 에지를 추출하여 이진화한다. 이진화된 영상에서 번호판의 수평 및 수직 성분을 추출하기 위하여 허프 변환을 수행하고, 번호판의 수평, 수직 비율이 2:1인 특징을 이용하여 번호판을 추출한다. 하지만 허프변환을 이용한 방법은 전체 영상에 대한 처리가 필요하므로 처리 시간이 오래 걸리고 메모리 사용량 또한 증가한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 많은 개선된 허프 기반의 자동차 번호판 검출기법이 제안되었으나 처리속도와 추출의 실패를 획기적으로 개선하진 못했다. 모폴로지를 이용한 기법은 수직에지로부터 에지맵을 형성하고 이진화하여 번호판 영역을 생성하기 위해 팽창연산을 사용하여 번호판을 검출한다. 하지만 영상의 특징에 따라 에지맵으로부터 이진화시 임계값의 결정과 팽창연산횟수 결정이 어려운 문제점이 있다. 히스토그램을 이용한 방법은 자동차 영상에 대해 에지를 검출하여 X-Y투영 히스토그램을 구하면 번호판은 X-축, Y축 투영 히스토그램의 피크에 의해 찾아질 수 있다는 원리를 이용한 방법이고 속도는 빠르나 다양한 환경에서 적절한 이진화 값의 결정 문제와 테두리 부분으로 판정하기 위한 임계값의 결정이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 색상 정보를 이용한 방법은 번호판의 특유의 색상에 의존함으로써 후보 영역을 줄일 수 있고 차중을 쉽게 판별할 수 있는 반면, 번호판 영역과 유사한 색상이 차량 영상 내에 존재하거나 또는 빛의 강도가 지나치게 높거나 낮은 경우에는 추출이 어렵다는 단점을 가진다.

본 논문에서는 이와 같은 실제 불법주차감시 시스템의 설치환경을 고려하여 번호판의 크기와 조명환경에 덜 민감한 번호판 검출 알고리즘을 제안한다. 먼저 영상의 에지를 추출하고 추출된 에지 요소들을 평가하여 번호판 후보 에지가 아닌 에지들을 제거한다. 제거된 에지들로부터 초기점들을 구하여 영상 분할기법 중 하나인 영역확장을 수행한다. 영역이 확장된 번호판 후보 영역들 중에서 번호판의 위상 특징을 이용하여 번호판을 검출한다. 다음의 그림 2는 본 논문의 알고리즘 블록도를 보이고 있다.

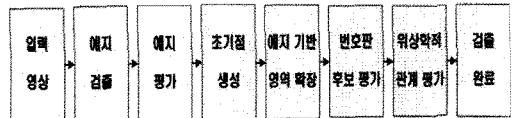


그림 2 제안하는 알고리즘의 블록도

2. 에지 분석 기법

자동차 번호판의 특징을 살펴보면 번호판의 색상과 명암도는 가변적이지만 번호판의 형태는 유사하다. 즉, 자동차 번호판은 가로가 세로보다 긴 직사각형 형태임을 알 수 있다. 이러한 자동차 번호판에 해당하는 에지를 정확하게 검출하기 위해서 논문에서는 Canny 에지 검출기[16]를 이용한다.

다음의 그림 3에서 볼 수 있듯이 번호판에 해당하는 에지정보는 창문에지 정보처럼 수평, 수직 에지가 지나치게 길지 않으며, 또한 노이즈처럼 지나치게 짧지도 않다. 그림 3은 일정 크기 범위를 갖는 자동차 영역의 에지성분들을 추출한 영상을 보여주고 있다.

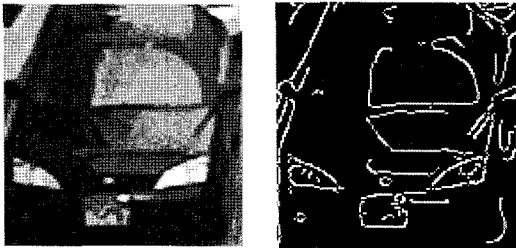


그림 3 검사영역에 대한 에지영상

번호판의 에지요소가 직사각형의 형태로 수직 및 수평에지의 형태로 나타나는 경우는 매우 드물기 때문에 에지성분의 수직이나 수평의 길이보다는 에지성분의 넓이나 높이를 고려한다. 그리고 전조등이나 후미등은 차량의 외양색과 잘 구분되도록 제작되기 때문에 영상에서 전조등이나 후미등의 에지성분들의 검출율이 매우 높다. 따라서 검출된 번호판의 후보 에지성분들은 차량의 번호판뿐만 아니라 비슷한 크기의 전조등이나 후미등을 포함한다.

본 논문에서는 이들 차량의 번호판과 전조등이나 후미등이 갖는 기하학적 정보를 이용하여 차량 번호판을 검출한다. 먼저, 다음 식 (1)은 번호판의 후보 에지성분을 검출하기 위한 조건식이다.

$$E^i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } Ew^i \geq Cw^i \times 0.3 \\ 0, & \text{if } Ew^i < Cw^i \times 0.3 \end{cases} \quad (1)$$

$$E^i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{if } Eh^i \geq Ch^i \times 0.17 \\ 0, & \text{if } Eh^i < Ch^i \times 0.17 \end{cases}$$

여기서, Ew^i , Eh^i 는 각각 에지요소의 너비와 높이를 나타내고, Cw^i 는 촬영된 영상의 수직 위치에 따른 이미 알고 있는 자동차의 수평 픽셀 정보를 이용하여 에지요소의 위치에서 추정된 자동차의 수평 픽셀 너비이다.

다음의 그림 4는 식 (1)을 적용하여 에지를 평가하고

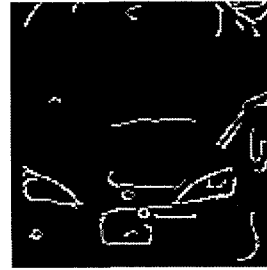


그림 4 식 (1)의 조건을 적용한 결과 영상

조건을 만족하지 못하는 에지들이 제거된 영상을 보여준다. 번호판 에지는 뚜렷하게 남은 반면 번호판과 거리가 먼 에지정보는 제거되었음을 볼 수 있다.

3. 영역확장을 위한 초기점 생성 및 영역 확장

이전 단계에서 번호판 에지요소에 해당되지 않는 에지 세그먼트들을 제거하고 번호판후보 영역에 해당하는 에지요소들만 남겨두었다. 이러한 에지요소들을 기반으로 번호판후보 영역들을 획득하기 위하여 각 에지요소들로부터 영역확장을 위한 초기점들을 획득한다. 영역확장의 초기점은 자동차 번호판의 에지요소들의 무게중심(center of gravity)으로 결정한다. 다음의 식 (2)는 각 에지요소들에 대한 초기점을 획득하는 식을 나타낸다.

$$P^i(x, y) = \frac{1}{N^i} \sum_{n=0}^{N^i} E^i(x_n, y_n) \quad (2)$$

여기서, P^i 는 계산된 초기점, $E^i(x_n, y_n)$ 는 에지요소의 좌표, i 는 각 에지요소의 인덱스이고, N^i 는 각 에지요소의 면적(화소의 수)을 나타낸다.

다음의 그림 5(a)는 이러한 정보를 기반으로 생성된 영역확장을 위한 초기점들을 보여주고 있다.

생성된 초기점들을 기반으로 색상 및 기하학적 정보

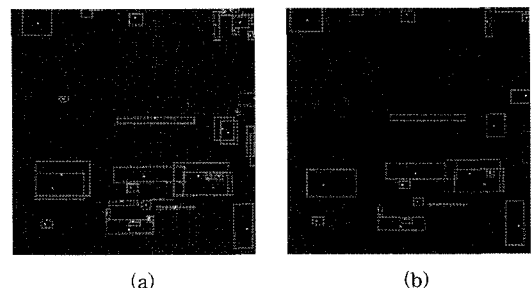


그림 5 영역확장을 위한 초기점 생성: (a) 생성된 초기점 영상, (b) 계산량을 줄이기 위해 개선된 초기점 영상

를 이용하여 영역을 확장한다. 하지만 영역확장은 연산량이 많기 때문에 그림 5(a)와 같이 많은 초기점으로부터 각각 영역확장을 수행할 경우 상당한 수행 시간이 필요하므로 불필요한 초기점들을 제거해야 한다. 번호판에 해당하는 에지요소들은 여러 개의 크고 작은 에지요소들로 이루어져 있다. 따라서 번호판의 후보가 될만큼 충분히 큰 에지요소 영역으로부터 생성된 초기점과 큰 에지요소에 포함된 초기점의 색차의 유사도를 고려하여 제외시킬 수 있다. 다음 식 (3)은 초기점들간의 관계에 따라 영역확장이 불필요한 초기점을 원점으로 정의함으로써 제거하는 식을 나타낸다.

$$P^i(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{otherwise} \\ 0, & \text{if } |C^i - C^j| < th_c \text{ and} \\ & |P^i(x,y) - P^j(x,y)| < th_d \end{cases} \quad (3)$$

여기서, C^i, C^j 는 각 에지요소로부터 생성된 초기점의 색상 벡터이고, $P^i(x,y), P^j(x,y)$ 는 각각 다른 초기점의 공간 좌표이다. th_c, th_d 는 각각 색상의 유사도 임계값, 공간 거리의 임계값을 나타낸다. 만약 $P^i(x,y)$ 가 위 조건을 만족하고, $P^j(x,y)$ 와 비교하여 상대적으로 번호판 후보에 부적합한 크기를 가질 경우 제거된다. 그림 5(b)는 영역 확장의 속도를 개선하기 위해 식 (3)을 적용해 불필요한 초기점을 제거한 영상을 보여준다. 기존의 영역확장기법[17]은 초기점의 색상과 확장하려는 점의 색상간의 유사도를 임계값으로 정하지만, 본 논문에서는 번호판의 특징을 색상간의 차이 및 번호판의 특징을 이용한 종결조건을 사용한다. 다음 식은 영역확장이 계속 수행될 조건을 나타낸다.

$$\begin{aligned} |z(i) - z(i)_{seed}| &< D_{th} \\ A(R_i) &< A_{th} \\ R(i)_w &> R(i)_h \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, $z(i), z(i)_{seed}$ 는 각 에지요소의 영역 확장될 포인트와 초기포인트를 나타내고, $R(i)_w, R(i)_h$ 는 i 번째 에지요소로부터 생성된 영역의 너비와 높이, $A(R_i)$ 는 영역의 면적을 나타내며, D_{th}, A_{th} 는 색상의 유사도 및 영역의 크기 임계값을 나타낸다. 그림 6(a)는 생성된 초기점들을 기반으로 식 (4)를 영역확장의 종결식으로 사용하여 획득한 번호판 후보영역을 보인다.

생성된 번호판 후보영역은 자동차 번호판의 형태정보를 이용하여 평가되어 최종 번호판 후보영역이 결정된다. 다음 식 (5)는 최종적인 번호판 후보영역을 결정하기 위한 식을 나타낸다.

$$R^i(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{if } Rw^i \geq Cw^i \times 0.3 \\ 0, & \text{if } Rw^i < Cw^i \times 0.3 \end{cases} \quad (5)$$

$$R^i(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{if } Rh^i \geq Cw^i \times 0.17 \\ 0, & \text{if } Rh^i < Cw^i \times 0.17 \end{cases}$$

여기서, $R^i(x,y)$ 는 각 영역의 공간상 좌표이고, Rw^i, Rh^i 는 영역위치로부터 추정된 번호판의 크기정보이다. 그림 6(b)는 식 (5)로부터 최종적으로 결정된 번호판 후보영역을 보이고 있다.



그림 6 번호판 후보 영상: (a) 초기점으로부터 생성된 번호판 후보 영상, (b) 번호판의 형태 특징을 이용하여 평가된 번호판 후보영상

4. 자동차 번호판 후보 평가 및 검출

최종적으로 남은 영역 중 번호판을 찾기 위하여 영역 확장으로 생성된 각 영역의 위상특징을 이용한다. 번호판은 자동차의 전면조명과 다음의 그림 7과 같은 위상관계를 갖는 것이 일반적이다.

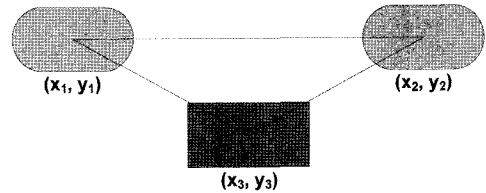


그림 7 번호판 영역과 전면조명과 위상 관계

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \tan^{-1} \left(\frac{y_3 - y_1}{x_3 - x_1} \right) + \sin(y_2 - y_1) \\ &\times \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \\ \theta_2 &= \tan^{-1} \left(\frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} \right) + \sin(y_2 - y_1) \\ &\times \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \\ \theta_3 &= 180^\circ - (\theta_1 + \theta_2) \end{aligned} \quad (6)$$

자동차의 양쪽 전면조명과 번호판과의 각도인 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 은 식 (6)으로 표현될 수 있다. 여기서, (x_1, y_1) 와 (x_2, y_2) 는 양쪽 전면 조명의 중심좌표이고, (x_3, y_3) 은

번호판의 중심 좌표이다. 다음의 식 (7)는 5,000여개의 차량영상에서 실험에 의해 얻어진 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 의 평균값을 나타낸다.

$$\theta_k = \begin{cases} 35^\circ, & \text{if } k=1 \\ 35^\circ, & \text{if } k=2 \\ 110^\circ, & \text{if } k=3 \end{cases} \quad (7)$$

실제 카메라의 위치에 따라 영역확장과 번호판 후보가 평가된 영상에서 위상의 차이가 발생하게 되는데, 획득된 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 에 가중치를 부여하여 식 (7)의 위상관계를 갖는 영역을 찾음으로써 번호판영상을 획득한다. 다음의 그림 8은 그림 6의 후보영역들에 대해 식 (7)을 적용하여 위상학적인 조건이 만족된 영역을 보여준다.



그림 8 번호판과 양쪽 전면조명과의 위상 관계 평가

다음의 그림 9는 그림 8에서 결정된 번호판 영역을 입력영상에 표시하여 보여주고 있다. 그림에서 불수 있듯이 번호판 안의 글씨가 보이지 않아도 번호판의 위치를 정확히 찾고 있음을 알 수 있다.

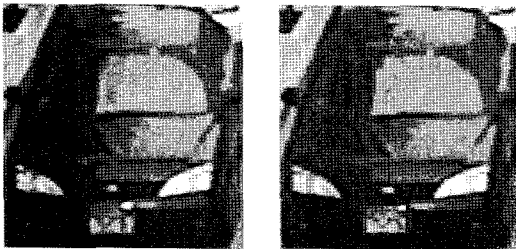


그림 9 검출된 자동차 번호판 영상

5. 실험 및 결과

제안하는 기법은 MS VC++로 구현하여 Windows XP 운영체제를 갖는 Pentium IV PC에서 수행하였다. 실험에 사용된 입력 영상은 현재 다양한 장소에 설치된 교통관제시스템에서 조명환경이 주야로 바뀌는 상태에서 획득한 평균 2.5대 자동차가 포함되어 있는 200여개의 도로 영상을 사용하였다. 영상의 크기는 640×480 이

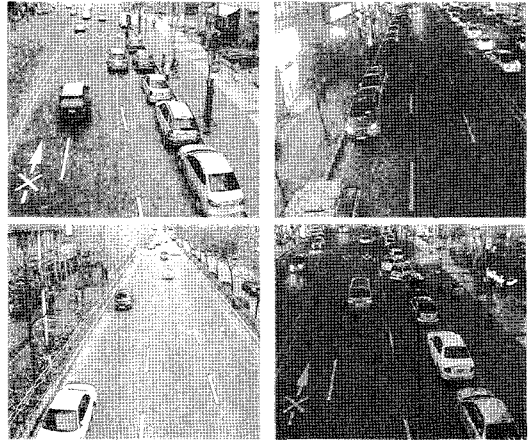


그림 10 실험에 사용된 영상

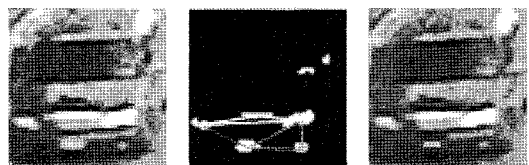
고 그림 10에서 보는 바와 같이 조명상태와 측정방향 등이 균등한 비율이 되도록 선택된 것이다. 또한 카메라가 설치된 위치에 따라 자동차의 크기도 다양하다. 수집된 영상을 주간과 야간, 자동차의 전면 및 후면에서 촬영된 영상으로 분류한 후 각각에 대해 다시 영상 내 번호판이 보이는 차량을 4개의 차량크기(너비)로 구분하여 각각 30개씩의 영상을 테스트하였다.

실험의 결과는 검출율과 함께, 검출한 번호판의 중심좌표와 실측한 번호판의 위치좌표와의 차이를 오차로 표현하여 그 성능을 평가하였다.

그림 11은 주간에 촬영된 자동차의 전면 영상으로 자동차의 너비가 40 픽셀에서 200픽셀까지 변화하는 경우에 대해 실험한 결과를 보여준다. 실험영상은 입력영상에서 자동차의 크기만을 잘라낸 것으로 영상의 크기를 동일하게 표준화하여 보여주고 있으며, 그림의 하단에 원래의 잘라낸 너비의 픽셀 크기를 표시하고 있다.

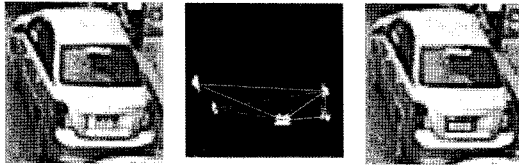


(a) 48 pixel

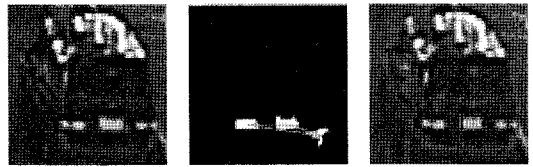


(b) 76 pixel

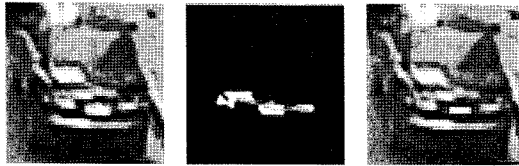
그림 11 주간에 촬영된 자동차 전면에 대한 적용결과



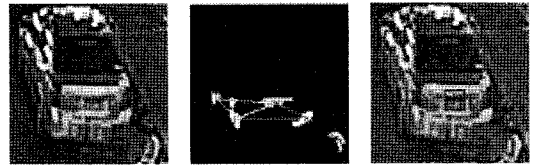
(a) 88 pixel



(a) 80 pixel



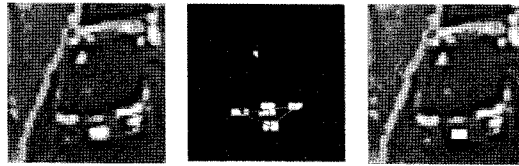
(b) 68 pixel



(b) 108 pixel

그림 12 주간에 촬영된 자동차 후면에 대한 적용결과

그림 14 야간에 촬영된 자동차 후면에 대한 적용결과

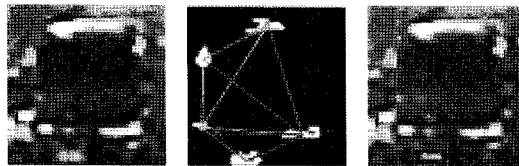


(a) 40 pixels

도 우수한 결과를 나타냄을 볼 수 있다. 본 논문에서 제안하는 방법의 우수성을 보이기 위해 번호판 검출률과 검출된 번호판과 실제 번호판의 오차를 제시한다.

먼저 표 1은 주간과 야간으로 나눠 영상 크기별로 본 논문이 제안하는 방법의 자동차 번호판 검출률을 보여 주고, 표 2는 주간과 야간에 각각 번호판이 검출된 자동차 영상의 크기 별로 실제 번호판의 중심 좌표와 검출된 번호판의 중심 좌표 사이의 유클리디안 거리(Euclidean distance) 오차를 제시한다. 야간의 경우 기본 조명환경이 어둡고 또한 인근 차량의 헤드라이트에 의한 조명에 의해 번호판의 에지와 색상 특징이 사라져 표 1에서와 같이 검출률이 주간에 비해 낮지만 표 2에서 볼 수 있듯이 실제 번호판의 위치와 제안하는 알고리즘의 번호판 오차 거리는 3이하로 정확하다.

제안하는 방법을 기존의 방법과 객관적으로 비교평가



(b) 44 pixels

그림 13 야간에 촬영된 자동차 전면에 대한 적용결과

표 1 제안한 방법의 검출률

크기(pixel)	구분	검출률(%)	
		주간	야간
160~200		95	90
120~160		95	91.6
80~120		96.6	93.3
40~80		95	91.6

그림 12는 주간에 촬영된 자동차의 후면 영상으로 자동차의 크기는 그림 11에서와 동일한 범위의 경우에 대해 적용한 실험결과를 보여준다.

그림 13은 야간에 촬영된 자동차의 전면 영상으로 자동차의 크기는 그림 11에서와 동일한 범위의 경우에 대해 적용한 실험결과를 보여준다.

그림 14는 야간에 촬영된 자동차의 후면 영상으로 자동차의 크기는 그림 11에서와 동일한 범위의 경우에 대해 적용한 실험결과를 보여준다.

위 그림들에서 볼 수 있듯이 야간에 조명에 의한 변화나 자동차의 크기가 작아 번호판의 상세한 색상이나 숫자정보들이 사라지기 때문에 기존의 기법들처럼 영상의 에지정보, 색상 정보, 명암도 정보 중 하나만 가지고는 검출할 수 없다. 하지만 본 논문의 에지정보를 기반으로 하는 색상정보를 이용한 영역확장기법은 야간 영상에서

표 2 번호판 위치 오차 결과

크기(pixel)	구분	실측 중심과 검출 중심의 평균오차	
		주간	야간
160~200		2.8	2.9
120~160		2.2	2.4
80~120		1.9	2.1
40~80		1.3	1.4

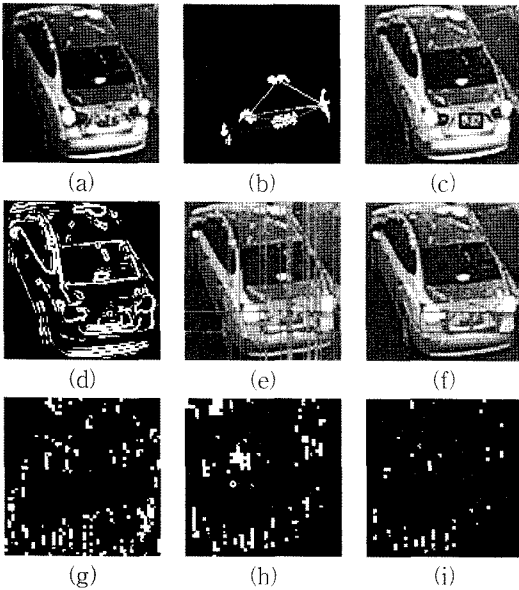


그림 15 근거리 자동차 영상에 관한 비교 실험: (a) 입력 영상, (b) 영역확장 및 평가, (c) 제안하는 기법의 결과, (d) 소벨 에지, (e) 허프 수평 및 수직선, (f) 허프 변환을 이용한 기법의 결과, (g) H 영상, (h) Q 영상, (i) H 영상과 Q 영상의 AND 영상

하기 위하여 허프 변환을 이용한 방법[18]과 HSI 및 YIQ 색상 모델을 사용한 논문[19]의 기법을 본 논문에서 제안하는 방법과 비교실험을 하였다. 기존의 번호판 검출 기법들이 제안했던 동일한 환경에서 획득된 자동차 영상들은 아니지만 본 논문에서 실험한 매우 일반적인 근거리와 원거리의 자동차 영상들을 사용하여 비교 실험을 하였다. 그림 15는 근거리 자동차 영상에 대한 비교 실험의 결과를 보여주고 있다. 그림 15(a),(b),(c)는 본 논문에서 제안하는 기법을 적용한 것으로 초기점을 기점으로 확장 영역들 간의 위상관계가 명확하게 표현되어 번호판의 위치가 잘 검출된 결과를 볼 수 있다. 그림 15(d),(e),(f)는 허프 변환을 이용하여 번호판을 검출한 결과를 보여준다. 차량 프레임의 많은 에지 성분들의 영향에 의해 번호판의 수평 에지 성분은 이웃하는 에지들과 병합되거나 차량 프레임의 많은 수직 에지 성분들에 의해 여러 영역에서 차량의 번호판이 검출되었다. 그리고 그림 15(g),(h),(i)에서 색상 정보를 이용한 번호판 검출 기법에서는 조명이 어둡고, 외부 조명에 의한 반사로 인해 색상 정보가 크게 손상되어 번호판 고유의 색상 정보를 잃었다. 또한 빛의 반사에 의해 번호판 외의 영역에서 번호판과 비슷한 색상 정보를 갖는 영역이 다수 발생하였다.

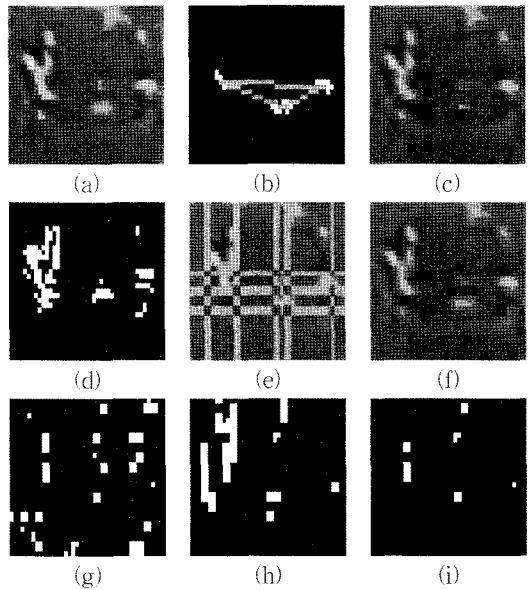


그림 16 원거리 자동차 영상에 관한 비교 실험: (a) 입력 영상, (b) 영역확장 및 평가, (c) 제안하는 기법의 결과, (d) 소벨 에지, (e) 허프 수평 및 수직선, (f) 허프 변환을 이용한 기법의 결과, (g) H 영상, (h) Q 영상, (i) H 영상과 Q 영상의 AND 영상

그림 16에서는 원거리 자동차 영상에 대한 비교 실험의 결과를 보여준다. 원거리의 경우 근거리보다 더욱 자동차의 크기가 작아지기 때문에 허프 변환을 사용한 기법의 경우 근거리 보다 수직 및 수평 에지 성분들이 미흡하여 번호판을 찾기 매우 어렵다. 색상 정보를 이용한 기법의 경우, 색상 정보는 크게 훼손되어 검출된 영역이 매우 작다. 그러나 본 논문이 제안하는 방법에서는 번호판과 전조등 및 후미 등의 에지가 존재하기 때문에 영역의 확장에 의해 차량의 번호판을 검출할 수 있다.

위 비교실험에서 기존의 연구들은 번호판의 에지 성분 및 색상정보가 뚜렷한 영상에서 단일 자동차만이 존재하는 경우에 차량의 번호판 검출한다. 하지만 작은 영상의 경우 번호판의 색상 정보 및 세세한 번호판의 외부 에지 정보가 존재하지 않거나 훼손되어 번호판 검출을 검출하기 어렵다. 본 논문의 제안하는 방법에 사용된 영상 DB를 이용하여 기존의 방법들을 비교 실험한 결과 차량의 번호판 검출율이 30% 내외를 보였다.

6. 결론

기존의 번호판 검출방법들은 일정한 조명과 측정환경에서 촬영한 영상에서 번호판의 숫자나 색상을 이용하여 번호판을 검출하고 있다. 이로 인해 번호판의 크기가

측정범위를 벗어나거나 조명 환경이 변화면 대부분의 경우 적용이 어렵다는 문제를 안고 있다. 본 논문에서는 에지 정보를 기반으로 번호판이 존재한 영역을 추정하고 그 근방에서 번호판의 특징 및 색상을 활용하여 영역확장을 수행함으로써 차량의 크기와 외부 조명에 상관없이 차량 번호판을 검출할 수 있는 방법을 제안했다.

제안된 방법은 에지 영상에서 번호판 자체의 기하학적인 특성과 차량의 다른 요소들과의 위상학적인 관계를 동시에 활용함으로써 조명의 변화에 따라 취득하기 어려운 작은 크기의 번호판을 정확하게 검출할 수 있다. 제안된 알고리즘의 성능의 우수성은 다양한 조명환경에서 획득한, 차량의 전/후면을 포함하고 번호판의 크기도 다양한 영상에 대해 실험함으로써 차량의 번호판을 성공적으로 검출함을 입증하였다.

참 고 문 헌

[1] B. Hongliang, L. Changping, "A hybrid license plate extraction method based on edge statistics and morphology," 17th International Conference On Pattern Recognition(ICPR'04), 2:831-834, 2004.

[2] M. Sarfraz, M. J. Ahmed, S. A. Ghazi, "Saudi arabian license plate recognition system," Proceedings of the 2003 International Conference on Geometric Modeling and Graphics(GMAG'03), pp. 36-41, 2003.

[3] D. K. H. Lee, D. Kim and S. Bamg, "Real-time automatic vehicle management system using vehicle tracking and car plate number identification," in Proc. Int'l Conf. on Multimedia and Expo, Vol.2, pp. 353-356, July 2003.

[4] K. L. T.H. Wang, F.C. Ni and Y. Chen, "Robust license plate recognition based on dynamic projection warping," in IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, Vol.2, pp. 784-788, Mar. 2004.

[5] Tran Duc Duan, Duong Anh Duc and Tran LeHong Du, "Combining Hough transform and contour algorithm for detecting vehicles' licenseplate," International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, pp. 747-750, 2004.

[6] V. Shapiro, D. Dimov, S. Bonchev, V. Velichkov, and G. Gluhchev, Adaptive license plate image extraction. International Conference on Computer Systems and Technologies, 2003.

[7] S. Kim, D. Kim, Y. Ryu and G. Kim, "A Robust License-plate Exeaction Method under Complex Image Conditions," the 16th Intemational Conference on Pattem Recognition (16th ICPR), Quebec, Canada, pp. 216-219, 2002.

[8] Wei-gang Zhu, Guo-jiang Hou and Xing Jia, "A study of locating vehicle license plate based on color feature and mathematical morphology," Signal

Processing, pp. 748-751, 2002.

[9] Hongliang Bai, Junmin Zhu, Changping Liu, "A Fast License Plate Extraction Method on Complex Background," the 2003 IEEE International Conference on Intelligent Transportation System," pp. 985-987, 2003.

[10] Jun-Wei Hsieh, Shih-Hao Yu, Yung-Sheng Chen, "Morphology-based License Plate Detection from Complex Scenes," 16th International Conference On Pattern Recognition, pp. 176-179, 2002.

[11] Fernando Martin, Maite Garcia, Jose Luis Alba, "New Methods For Automatic Reading of VLP's (Vehicle License Plates)," Signal Processing Patten Recognition and application, 2002.

[12] Feng Yang and Zheng Ma, "Vehicle License Plate location Based on Histogramming and Mathematical Morphology," 4th IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies, pp. 89-94, 2005.

[13] Shyang-Lih Chang, Li-Shien Chen, Yun-Chung Chung, and Sei-Wan Chen, "Automatic License Plate Recognition," in Proc. IEEE Int. Conf Intelligent Transportation Systems, March 2004.

[14] X. Shi,W. Zhao, and Y. Shen, "Automatic license plate recognition system based on color image processing," in Lecture Notes on Computer Science, vol. 3483, O. Gervasi et al., Eds. New York: Springer-Verlag, pp. 1159-1168, 2005.

[15] Hamid Mahini, Shohreh Kasaei, Faezeh Dorri, Fatemeh Dorri, "An Efficient Features.Based License Plate Localization Method," in Proc. IEEE Int.Conf Pattern Recognition ICPR 2006.

[16] Canny, J., "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8. pp. 679-698, 1986.

[17] A. K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall, 1989.

[18] Yanamura, Y., Goto, M., Nishiyama, D., "Extraction and tracking of the license plate using Hough transform and voted block matching," Intelligent Vehicles Symposium 2003, Proceedings. IEEE, pp. 243-246.

[19] Lee Hyun-Chan, "Design and Implementation of Efficient Plate Number Region Detecting System in Vehicle Number Plate Image," Journal of the Korea society of computer and information, Vol.10 No.5 = No.37, 2005, pp. 87-94.



김 제 도

2007년 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사 졸업. 2007년~현재 숭실대학교 전자공학과 석사과정. 관심분야는 컴퓨터 비전, 영상처리



한 영 준

1996년 숭실대학교 전자공학과 학사 졸업. 1998년 숭실대학교 전자공학과 석사 졸업. 2003년 숭실대학교 전자공학과 박사 졸업. 2003년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 조교수. 관심분야는 로봇 비전, 영상처리, 비주얼서보잉



한 헌 수

1991년 University of Southern California (공학박사). 1992년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수. 1994년 일본기계기술 연구소 객원연구원. 1998년 숭실대학교 어학원장. 1999년 숭실대학교 정보통신전자공학부 학부장. 관심분야는 자동화 시스템, 자료융합, 물체인식