퍼지원리에 기반한 차량 번호판 추출 방법

권성진°, 김경환
서강대학교 전자공학과
{ fordream96°, gkim }@sogang.ac.kr

A Fuzzy-based License Plate Extraction Method under Real Conditions

Sungjin Kwon° , Gyeonghwan Kim
Dept. of Electronic Engineering, Sogang University

요 약

차량을 포함하는 임의의 영상에서 번호판 추출은 다양한 조명조건 및 배경, 촬영 각도, 번호판 종류 등의 요인으로 인해 고도의 영상처리 과정을 필요로 한다. 본 논문에서는 실제 환경에서 발생할 수 있는 이러한 요인들에 대해 강건한 번호판 추출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 입력영상의 RGB 성분들을 색상성분과 명암성분으로 분리할 수 있는 칼라모델 HSI로 변환하고, H(hue)와 S(saturation)성분을 이용하여 번호판의 배경색상을 고려한 칼라 퍼지지도를 구성한다. 또한, I(intensity)성분을 이용하여 에지밀도를 추출하고, 에지밀도지도에 기반한 영역분리 퍼지지도를 생성한다. 마지막으로, 후보영역 탐색을 위해 칼라 퍼지지도와 영역분리 퍼지지도를 결합하고, 연결성분 해석(Connected Component Analysis)을 통해 ROI(Region Of Interest)를 추출한다. 제안하는 방법의 유효성 검증을 위해 조명 및 촬영 각도에 제한을 거의 두지 않고 촬영된 차량 영상 410장을 실험 영상으로 사용하였다. 실험 결과에서는 97.1%의 효과적인 추출 성공률을 볼 수 있었다.

1. 서 론

ITS(Intelligent Transportation System)의 핵심기술 중 하나인 차량 번호판 인식은 불법 주정차 단속, 주차장 관리 및 도난차량 탐색 시스템을 자동화하기 위한 필수 단계이며, 번호판 탐색 및 추출은 번호판에 포함된 문자 인식을 위한 중요한 선행과정에 속한다[1][2]. 이미 제안된 방법들에서는 에지정보[2], 칼라정보[3], 허프변환[4]등의 특징을 활용하여 번호판 추출을 해왔다. 칼라정보를 이용하는 방법[3]에서는 번호판 배경색상을 추출하기 위해 설정된 임계값에 따라 노이즈가 증가 또는 감소할 수 있고, 조명변화 및 배경변화가 있는 차량영상에 대해 적절한 임계값을 설정하기 어렵다. 또한, 영상내의 번호판 색상과 유사한 차량 및 배경 때문에 번호판 추출에 실패할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 문제점들을 해결하기 위해 번호판 배경색상 추출을 위한 임계값 설정문제를 최소화하고, 조명변화가 있고 번호판과 유사한 색상이 존재하는 차량영상에서도 효율적으로 번호판을 탐색할 수 있는 퍼지이론에 기반한 번호판 추출 방법을 제안한다. 그림1은 제안하는 알고리즘의 흐름도이다.

본 논문의 구성은 2장에서 칼라 퍼지지도 및 영역분리 퍼지지도 생성과정을 설명하고, 3장에서는 두 지도의 결합 및 번호판 추출과정을 설명한다. 4장에서 실험결과를 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. 퍼지지도 생성

입력칼라영상의 RGB성분들은 상관관계가 높고, 색상정보와 명암정보를 구분하기 어렵다. 따라서 색상정보와 영암정보를 효율적으로 분리하고, 색상정보에 기반한

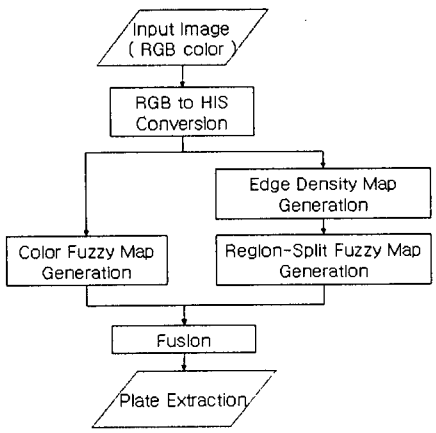
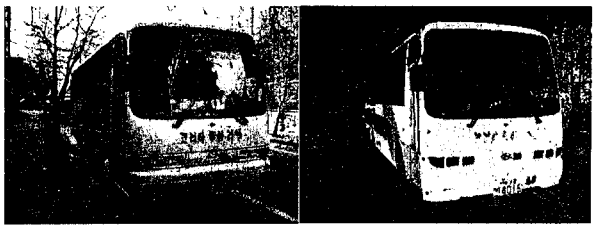


그림 1. 제안하는 알고리즘 흐름도

칼라 퍼지지도와 명암정보에 기반한 영역분리 퍼지지도를 생성하기 위해 입력영상의 RGB성분들을 식(1)을 이용하여 HSI성분들로 변환한다.

$$I = \frac{r+g+b}{3}$$
$$S = 1 - \frac{3}{(r+g+b)}\{min(r,g,b)\} \quad (1)$$
$$H = cos^{-1}\left[\frac{\frac{1}{2}[(r-g)+(r-b)]}{[(r-g)^2+(r-b)(g-b)]^{\frac{1}{2}}}\right]$$



(a) (b)

그림 2. (a) 입력 차량 영상, (b) 칼라 퍼지지도

식(1)에서 H는 색상(hue), S는 색채(saturation), I는 명암(intensity)을 의미한다. r,g,b는 각각 $\frac{R}{255},\frac{G}{255},\frac{B}{255}$ 이다.

2.1 칼라 퍼지지도 생성

퍼지집합은 불확실한 물체 또는 영역을 모델화하기 위한 효율적인 방법들 중의 하나이고, 퍼지원리를 이용하여 관심영역에 대해 높은 확률을 할당함으로써 관심영역을 추출할 수 있다[1][5]. 색상을 이용하여 번호판 영역을 추출하기 위해 식(2)를 이용한다.

$$\mu_c(x,y) = \exp(-a|h(x,y)-h_c|),\ S(x,y)\geq T_S \quad (2)$$
$$for\ 1\leq x\leq H,\ 1\leq y\leq W$$

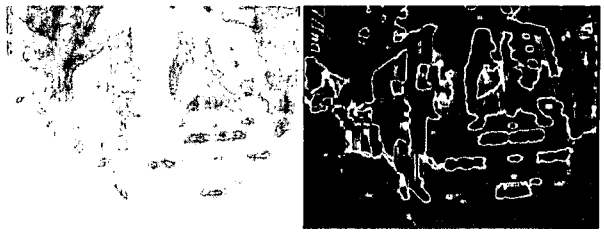
식(2)에서 a는 양의 상수이고, h_c는 관심 색상, 그리고 h는 입력 색상을 의미한다. μ_c는 퍼지집합(fuzzy set)을 의미하고, H와 W는 각각 영상의 높이와 너비이다. 그리고 S와 T_S는 각각 채도와 임계값을 의미하고, 식(1)에서 볼 수 있듯이 S성분이 감소 할수록 I성분이 증가한다. 따라서 정확한 색상정보만을 추출하기 위해 S성분이 T_S 이상일 때, μ_c를 생성한다.

국내의 차량 번호판의 배경색상은 크게 녹색과 황색으로 나뉜다. 따라서 두 가지의 색상에 대해 식(2)를 이용하여 녹색에 대한 퍼지집합 μ_G와 황색에 대한 퍼지집합 μ_Y를 생성하고, 식(3)을 이용하여 칼라 퍼지지도(fuzzy map)를 생성한다.

$$\mu_H(x,y) = max(\mu_G(x,y),\ \mu_Y(x,y)) \quad (3)$$

그림 2(a)는 차량 색상과 번호판 색상이 같은 경우를 보여주고, 그림 2(b)는 식(3)을 이용하여 칼라 퍼지지도를 생성한 결과이다. 그림 2의 경우에서와 같이 번호판 색상과 유사한 색상은 번호판 탐색 실패율을 높이는 요인이 된다. 따라서 노이즈들을 번호판 영역과 효율적으로 분리하기 위해 2.2절의 영역분리 퍼지지도를 이용한다.

2.2 영역분리 퍼지지도 생성



(a) (b)

그림 3. (a) 에지밀도 지도, (b) 영역분리 퍼지지도

영상에서 에지성분들은 환경변화에 강건한 특성을 가지고 있고, 칼라정보에서 얻을 수 없는 중요한 단서를 얻을 수 있다.

차량영상에서 문자들이 포함된 번호판 영역은 다른 영역들 보다 높은 에지밀도를 가지고 있고, 가로에지 성분보다 세로에지 성분이 많은 특징을 가지고 있다. 따라서 식(1)의 I성분으로 구성된 명암지도에 평균필터를 적용하고, Sobel mask의 세로축 미분연산자를 이용하여 수직에지지도를 생성한다. 그리고 에지밀도지도를 구하기 위해 식(4)를 이용한다.

$$D(x,y) = \frac{1}{W_i \times W_j} \sum_{i=-\frac{W_i}{2}}^{\frac{W_i}{2}-1} \sum_{j=-\frac{W_j}{2}}^{\frac{W_j}{2}-1} E(x+i,y+j) \quad (4)$$

식(4)에서 D와 E는 각각 에지밀도지도와 수직에지지도이고, W_i와 W_j는 밀도를 구하기 위한 윈도우의 크기이다.

식(4)의 D를 이용하여 영역분리 퍼지지도를 생성하기 위해 식(5)를 이용한다.

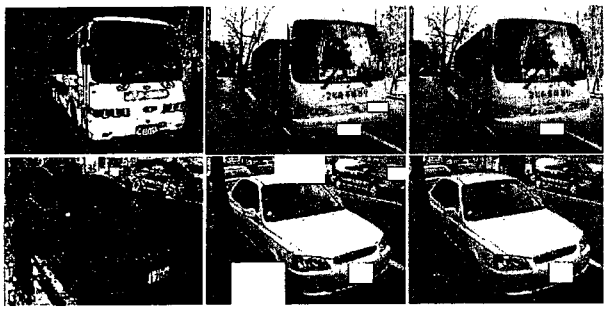
$$\mu_D(x,y) = exp(-c|D(x,y)-M|), \quad (5)$$
$$where\ M = \frac{1}{H\times W}\sum_{x=1}^{H}\sum_{y=1}^{W} D(x,y)$$

식(5)에서 c는 양의 상수이고, μ_D는 영역분리 퍼지지도를 의미한다.

그림 3(a)와 (b)는 각각 식(4)를 이용하여 에지밀도지도를 생성한 결과와 식(5)를 이용한 영역분리 퍼지지도를 나타낸다. 그림 3(b)에서는 번호판 영역이 차량과 효과적으로 분리된 것을 볼 수 있지만 칼라 퍼지지도에서 나타나지 않았던 노이즈도 포함된 것을 볼 수 있다.

3. 번호판 탐색 및 추출

2.1절과 2.2절에서 설명된 각 퍼지지도에서는 번호판 영역을 효과적으로 부각시킬 수 있지만, 사용된 특징에 따라 발생되는 노이즈도 다른 것을 볼 수 있다. 따라서 각 퍼지지도의 장점을 보완하고 노이즈를 최소화하기 위해 식(6)을 이용하여 결합한다.



(a) (b) (c)

그림 4. (a) 칼라 퍼지지도와 영역분리 퍼지지도를 결합한 결과, (b) 후보지 탐색 결과, (c) 번호판 추출 결과

$$\mu_T(x,y) = T(\mu_H(x,y), \mu'_D(x,y)) \quad (6)$$

식(6)에서 μ'_D는 μ_D의 여집합(complement)을 의미하고 T는 T-norm 연산자를 의미한다[5]. 에지밀도 기반인 μ'_D의 번호판 영역은 μ_H의 번호판 영역보다 일반적으로 큰 수치를 나타내고, μ'_D의 영역분할 선이 존재하는 위치에 수치는 μ_H에서의 수치보다 낮다. 따라서 μ'_D와 μ_H를 결합하기 위해 T-norm연산자들 중, T_{min}을 이용함으로써 번호판 탐색을 위한 최종 퍼지지도를 생성할 수 있다. 여기서 T_{min}은 최소값(minimum)을 의미한다. 그림 4(a)는 식(6)에 의한 생성된 결과들을 보여준다. 특히 그림 4(a)(위)의 경우에는 그림 2(b)와 비교해서 차량과 번호판이 효과적으로 분리된 것을 보여준다.

후보지 탐색을 위해 식(6)의 결과를 이진화[6] 한다. 그리고 연결성분 레이블링 방법을 이용하여 후보영역의 좌표와 크기정보를 추출하고, 바운딩 박스(bounding box)를 한다. 크기가 너무 작거나 큰 부분들은 노이즈로 간주하여 제거하고, 바운딩 박스들이 겹쳐지는 영역들은 합병한다. 또한, 번호판의 구조적 특징인 가로와 세로의 비율이 2:1을 만족하고 가로의 크기가 임계값 이상이면 후보영역으로 선택한다. 실험에서는 카메라 각도를 고려하여 가로와 세로의 비율은 1.2:1에서부터 3.0:1로 범위를 설정하였다.

후보지 탐색과정에서 ROI가 한개 이상이라면, 후보영역들 내의 문자비율과 밀도를 이용하여 최종 ROI를 결정한다. 번호판 색상과 유사한 영역들은 높은 밀도를 가진다. 또한, 번호판 영역에는 문자가 존재하고 전체영역의 $20 \sim 30\%$를 차지한다. 따라서 밀도와 문자비율은 ROI의 결정과정에 중요한 특징으로 사용될 수 있다. 실험에서는 문자의 부분적 손실과 기울어진 번호판을 고려하여 문자의 비율을 $10 \sim 40\%$로 정하였다. 마지막으로, 문자비율을 만족하는 후보영역들 중에 밀도가 가장 높은 곳을 최종 후보지로 선택하였다.

그림 4(b)와 (c)는 각각 후보지 탐색된 결과와 번호판 영역이 추출된 결과이다.

4. 실험결과

본 실험에서 사용된 영상들은 실외 주차장 및 도로에서 CCD 카메라를 이용하여 취득하였고, 영상의 크기는 640×480(pixel)이다. 제안하는 방법의 성능을 보기위해 배경 및 조명 변화가 있고, 카메라 방향에 따라 각도 변화가 있는 410장의 영상들을 사용하였다. 실험결과에서는 97.1%의 효과적인 번호판 추출 성공률을 보였다.

실패요인을 살펴보면, 크게 두 가지로 구분된다. 후보지 선정과정에서 배경 색상과 문자비율이 번호판 특징과 비슷한 영역을 최종 후보지로 잘못 결정한 경우와 노이즈에 의해 번호판 영역이 부분적으로 손실되어 번호판 내의 문자비율이 $10 \sim 40\%$가 되지 않는 경우에 번호판 추출에 실패하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 칼라 퍼지지도와 영역분리 퍼지지도의 결합에 의한 효율적인 번호판 추출 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 조명 및 배경변화가 있고, 촬영 각도가 다른 영상들에 대해 실험 되었다. 칼라정보를 사용했을 때 일어날 수 있는 문제점들을 효율적으로 줄일 수 있었고 복잡한 배경을 가진 입력영상에 대해서도 강건한 성능을 실험결과에서 볼 수 있었다.

추후 연구 과제는 번호판 추출과정에서 발생했던 번호판 특징과 유사한 영역의 후보지 결정오류의 해결과 기울어진 번호판을 보정하는 것이다. 후보지 결정의 해결방법으로 번호판 영역에서 크기가 다른 문자들의 특징과 위치정보를 이용함으로써 실험결과에서 있었던 오류들을 줄일 수 있을 것으로 본다.

5. 참고문헌

[1] S. L. Chang, L. S. Chen, Y. C. Chung, and S. W. Chen, "Automatic license plate recognition", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pp. 42 - 53, 2004.

[2] S. H. Kim, D. C. Kim, Y. B. Ryu, and G. H. Kim, " A Robust license-plate extraction method under complex image conditions", *In the 16th International Conference on Pattern Recognition*, pp.176-179, 2002.

[3] 이병모, 박은경, 차의영, "HSV와 가변 모폴로지를 이용한 빠르고 강인한 차량 번호판 검출에 관한 연구", *한국 멀티미디어학회 춘계학술발표논문집*, pp 365-368, 2002.

[4] G. M. Kim, "The automatic reconition of the plate of vehicle using the correlation coefficient and Hough transform", *Journal of Control, Automatic and System Engineering*, vol. 3, no. 5, pp.511-519, 1997.

[5] J. -S. R. Jang, C. -T. Sun, and E. Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice Hall, 1997.

[6] N. Otsu, "A Threshold Selection Method From Gray Level Histograms", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, pp.62-66, 1979.