

다양한 에지 검출기에 의한 차량 번호판의 에지 검출 성능 평가

이석희*, 송영준**, 안재형**
*동아방송대학 인터넷방송계열
**충북대학교 정보통신공학과
e-mail : seoklee@dabc.ac.kr

The performance evaluation of car license plate edge detection by various edge detectors

Seok-Hee Lee*, Young-Jun Song**, Jae-Hyeong Ahn**

*Division of Internet Broadcasting, Dong-Ah Broadcasting Colledge

**Dept. of Computer and Communication Engineering, Chungbuk National University

요 약

본 논문에서는 에지 검출기에 의해 다양한 명암이 존재하는 차량 번호판 영역의 사각형 에지를 검출시 사용되는 소벨 및 Prewitt, Roberts, 가우시안의 라플라시안, 그리고 Canny 검출기를 사용하여 처리 속도와 에지 검출의 정확성을 실험하여 각 연산자의 성능을 평가하였다. 기존의 Sobel 에지 검출기는 적응적 임계값을 구하지 않으면 다양한 조명의 영향에 강인하지 못하다. 또한 Canny 에지 검출기는 조명의 영향에 강인하기는 하나, 계산량이 Sobel 보다는 많아 처리 속도가 느리다. 색상에 의해 번호판 후보 영역을 추출한 후 에지 검출기 번호판 내의 명암이 둘 이상으로 차량 번호판 영역에 대해서, 다양한 에지 검출기를 적용하여 속도와 에지 검출 성능을 비교 평가하고자 한다.

1. 서론

최근 카메라의 발달과 통신의 비약적인 발전은 무인 경비 시스템과 더불어 온라인 차적 조회와 같은 응용 서비스를 가능하게 하고 있다. 주차 단속과 속도 위반 단속 등의 기반 기술은 차량 번호판의 정확한 인식이라고 할 수 있고, 그 중에서도 차량에서 번호판 영역의 추출은 핵심적인 연구 분야로서 많은 연구가 이루어져 왔다.

초기의 에지를 이용하는 차량 번호판의 검출은 수평 에지와 수직 에지의 비율이 2:1 인 사전 지식에 의해 번호판을 검출하였고[1][2], 번호판 영역 안의 글자가 번호판 영역안에 밀집되어 있다는 것을 이용하는 방식[3] 등이 제안되어져 왔다. 최근에는 번호판 영역의 글자 색과 번호판 영역의 색 정보를 이용하는 컬러 기반의 번호판 영역 추출 기법들[4][5] 및 차량 특징 정보를 복합적으로 이용하는 방법도 연구되고 있다[6].

보통, 경계선 검출은 빠른 연산을 위해서 소벨 에

지 검출기를 사용하지만 차량 번호판내의 명암이 둘 이상으로 구분되는 경우, 정확한 번호판 영역의 검출이 힘들다. 또한 Prewitt 이나 라플라시안, 그리고 zero-crossing 과 같은 다른 에지 검출 방법도 차량 번호판의 에지 부분이 명확하게 검출되지 않는다. 이중 명암의 번호판 영역의 히스토그램을 살펴 보면, 분포 곡선의 중간 중간 임펄스가 발생함을 알 수 있다. 따라서, 이 성분을 가우시안 필터를 이용하여 보완하게 되면, Sobel 만을 사용하였을 경우에 비해서 좋은 에지 검출을 보여준다. Canny 에지 검출기 또한 강건하게 검출하지만, Sobel 에 비해 처리 속도가 오래 걸리는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 색상으로 번호판 후보 영역을 찾아 Canny 를 사용하는 방식이 제안되기도 하였다[7]. 그러나 Canny 에지 검출기 또한 가우시안 필터를 사용한 후 에지 임계값을 추정하기 위한 연산이 추가되어 소벨에 비해서는 속도가 빠르지 않다. 이에 색상을 이용하여 번호판 후보 영역을 찾은 후 가우시안 필터와 소벨 에지 검출기를

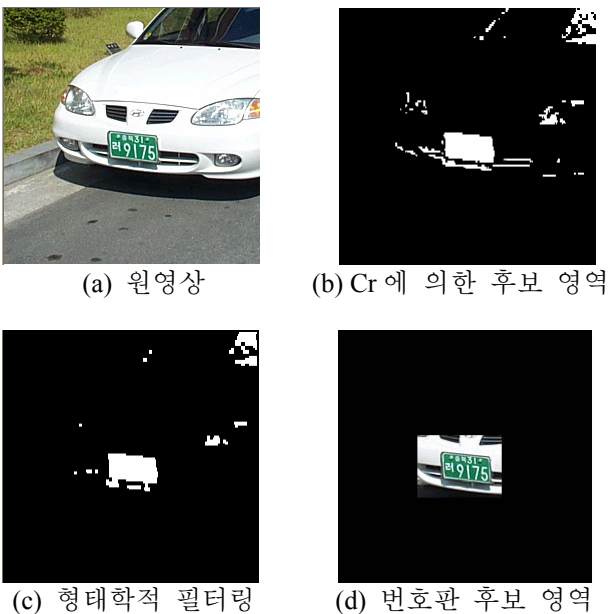
복합적으로 적용하여, 다른 에지 검출기와 속도와 에지 검출 성능을 비교 평가하고자 한다.

본 논문의 구성은 2 장에서는 기존의 색상으로 번호판 후보영역을 검출하는 방법을 설명하고 3 장에서는 Sobel, Prewitt, Roberts, 가우시안의 라플라시안, 그리고 Canny 와 같은 에지 검출기에 의한 번호판 검출 방법과 제안 방법에 의한 검출 결과를 기술한다. 마지막으로 4 장에서 결론을 맺는다.

2. 색상에 의한 번호판 후보 영역 검출

보통 국내 자동차는 영업용과 비영업용으로 나누어져 번호판 색상이 다르게 구성되어 있다. 본 논문에서는 비영업용인 자가용 차량의 번호판 영역에 국한하여 실험하였다. 자가용 차량의 경우 녹색 바탕의 배경에 흰색 글씨로 번호판이 구성되어 있다. 따라서, 색상에 의해 번호판 후보 영역을 검출하기 위해서는 녹색의 번호판 후보 영역을 검출해야 한다. 보편적으로, 카메라로부터 처리되는 영상은 RGB 색상 좌표계로 구성되어 있다. RGB 색상은 명암 성분이 혼합되어 있어서 정확한 녹색 영역의 추출이 어렵다. 따라서 RGB 색상 좌표계를 HSI, YCbCr 색상 좌표계로 변환하여 영상 처리를 하여 준다.

본 논문에서는 YCbCr 색상 좌표계를 이용하여 번호판 후보 영역을 추출한 기존의 방식을 사용하였다 [7]. 그림 1 은 차량 번호판 배경 색깔인 녹색의 보색 관계에 있는 Cr 성분을 이용하여 입력 영상으로부터 추출한 번호판 후보 영역을 보여준다. Cr 성분에 의해서 추출된 후보 영역에 대해 Opening 과 Closing 의 형태학적 필터링을 전처리하고, 입력 영상에서 번호판이 영상의 중심 근처에 있다는 가정으로 최종 색상에 의한 번호판 후보 영역을 결정한다.



(a) 원영상 (b) Cr 에 의한 후보 영역 (c) 형태학적 필터링 (d) 번호판 후보 영역

그림 1. 색상에 의한 번호판 후보 영역 추출

3. 다양한 에지 검출기에 의한 번호판 에지 검출

보편적으로 에지 검출기는 3x3 마스크를 이용하여

주변 화소들과의 값을 비교하고 차이를 두게 하여 에지를 검출한다. 소벨 에지 검출기는 수평 에지와 수직 에지의 검출에 효과적이지만, 잡음 부분도 윤곽선으로 인식할 경우도 발생할 정도로 밝기 정도에 민감하다. Prewitt 마스크의 경우는 밝기의 경계에 대해 비중을 약간 다르게 줌으로써, 윤곽선 검출시 윤곽선이 덜 부각되어 나타나는 특성을 지니고 있다. 로버트 마스크의 경우는 45 도의 기울기를 가진 마스크를 사용하며, 매우 분명한 에지만을 검출해 내지만, 잡음에 매우 민감한 단점이 있다. 라플라시안 마스크는 국지적으로 최대인 점만을 윤곽선으로 결정함으로써, 매우 날카로운 윤곽선을 검출해 내는데에 탁월한 성능을 보이고 있다. 그림 2 는 에지 검출기의 각각의 3x3 마스크를 보여주고 있다.

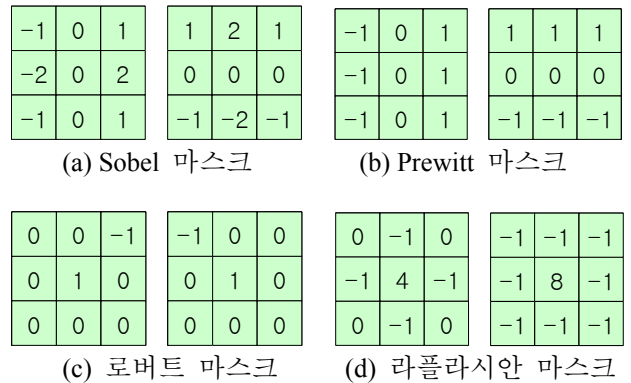


그림 2. 에지 검출기 3x3 마스크

또한 잡음에 강한 에지 검출기로서, 가우시안 필터를 사용하여 윤곽선을 블러링시킴으로써 굵은 윤곽선만을 검출해 낼 수 있는 LoG(Laplacian of Gaussian) 방식이 있다. 식 (1)은 2 차원 가우시안을 식 (2)는 가우시안의 라플라시안을 정의하고 있다.

$$G(x, y) = \sigma^2 e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

$$\nabla^2 G_\sigma = \left(\frac{r^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4} \right) e^{-\left(\frac{r}{2\sigma^2}\right)}, \quad r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2)$$

가우시안 필터를 사용하면, 높은 임계값과 낮은 임계값을 정의하여 사용하는 hysteresis thresholding 기법의 Canny 마스크는 강한 윤곽선들만 검출되는 반면, 미분 추정 필터를 선택하여 모든 모서리들을 찾아서 너무 많은 에지를 검출하는 경향이 있다[8]. 그림 3 은 차량 전체에 대해 Sobel 마스크와 Canny 연산자에 의한 에지 추출을 보여주고 있다. 또한 표 1 은 전체 영상에 대한 에지 검출 속도를 보여준다. 전체 영상에 대해서는 소벨이 처리 속도가 빠르고 LoG 또는 Canny 가 더 많은 에지를 추출함을 알 수 있다. 전체 영상의 크기는 385x256 이다.

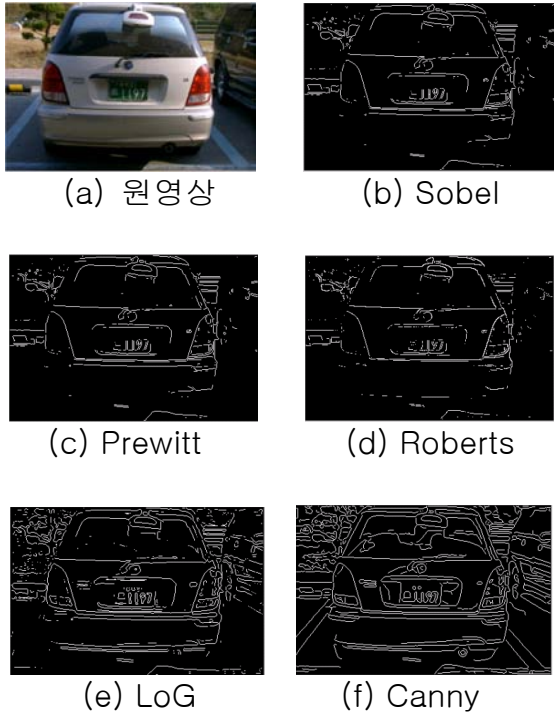


그림 3. 차량 전체 영상에 대한 에지 검출

표 1. 차량 전체 영상의 에지 검출 속도

마스크 종류	Sobel	Prewitt	Roberts	LoG	Canny
속도 (Sec.)	0.27	0.3	0.29	0.43	1.16

위의 결과는 전체 영상에 대해서 적용을 한 결과로서, 처리속도의 차이가 많이 나오고 있다. 그러나, 색상에 의해 번호판 영역을 추출한 후 번호판 영역에 대해서만 적용을 하면, 속도의 차이가 줄어들게 된다. 그림 4는 색상에 의해 추출된 번호판 후보 영역에 대해 에지 검출을 한 결과를 보여주고 있고, 표 2는 검출 속도를 보여준다. 그림 4의 (a)는 색상에 의한 번호판 후보 영역으로서 영상의 크기는 95x57 이다. 또한 (b)는 Sobel, (c)는 Prewitt, (d)는 Roberts, (e)는 Log, (f)는 Canny 에 의한 에지 검출을 보여준다.

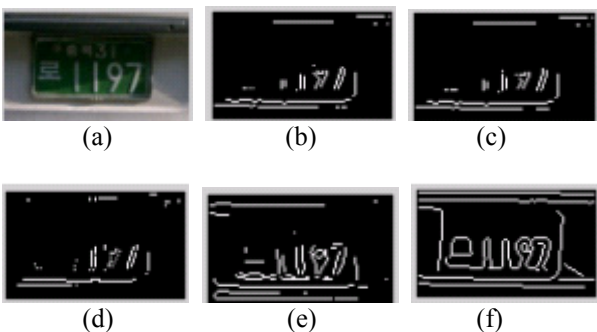


그림 4. 색상에 의한 번호판 후보 영역의 에지 검출

표 2. 색상에 의한 번호판 후보 영역의 에지 검출속도

마스크 종류	Sobel	Prewitt	Roberts	LoG	Canny
속도 (Sec.)	0.05	0.04	0.05	0.06	0.151

전체 영상에 대해서 에지 검출을 한 결과에 비해서, 색상에 의해 번호판 후보 영역을 추출한 후, 에지 검출을 수행하여 검출 속도가 상당히 줄어들음을 알 수 있다. 더불어 번호판의 외곽 에지를 추출하는 정확도는 Sobel 에 비해 Canny 가 더 좋음을 입증할 수 있었다. 그러나, 그림 5 와 같이 번호판 영역에 치중하여 385x256 크기의 큰 영상을 입력 영상으로 받게 되는 경우에는 다른 결과를 보여주고 있다.



그림 5. 번호판 영역의 크기가 큰 영상에 대한 에지 검출

표 3. 번호판 후보 영역이 큰 경우의 에지 검출 속도

마스크 종류	Sobel	Prewitt	Roberts	LoG	Canny
속도 (Sec.)	0.27	0.271	0.27	0.451	1.302

위의 결과는 LoG 와 Canny 가 정확한 에지 검출을 하지만, 처리 속도에 있어서는 LoG 가 더 좋음을 알 수 있다. 위의 실험은 Pentium-4 1.7GHz PC 에서 Matlab 6.5 version 으로 시뮬레이션 하였다.

4. 결론

자동차 번호판 인식은 보통 번호판 추출과 번호 인식으로 나누어져 연구되어 오고 있다. 그중에서 번호판의 정확한 추출은 자동차 번호 인식률에 많은 영향을 준다. 따라서 정확한 번호판 영역의 추출이 중요한 연구분야가 되어 왔다.

본 논문은 번호판 영역의 정확한 추출을 위해 다양한 에지 검출기를 사용하여 번호판 영역의 외곽 에지를 검출하였다. 에지의 추출 유무와 검출 속도를 비교하여 검출기의 성능을 비교 평가하였다. 특히, 번호판 영역 내의 명암이 이중으로 존재할 때, 에지 검출기의 성능을 평가함으로써, 번호판 영역의 추출시 최적의 에지 검출기를 선택할 수 있을 것으로 기대된다.

색상을 이용하여 추출된 번호판 후보 영역에 대하여 에지 검출을 한 경우, Canny 만이 사각형 영역을 검출할 수 있었지만, 속도가 다른 검출기에 비해 2 배 이상이 소요되었다. 그러나, 번호판 영역을 크게 촬영한 경우에는 이중 명암을 잡음으로 인식하고, 가우시안 필터가 효과를 보는 LoG 와 Canny 의 검출 성능이 좋음을 보여 주었다. 더구나, LoG 는 Canny 에 비해 처리 속도도 약 35%에 지나지 않는다. 따라서, 이중 명암이 있는 차량 번호판의 경우, 번호판 영역의 크기가 일정 크기 이상일 경우에는(약 200×200 이상) LoG 에지 검출기를 사용하는 것이 좋고, 그 이하일 경우에는 Canny 를 사용하는 것이 효과적이다.

본 논문의 결과는 번호판 인식 시스템에서, 명암에 의한 다중 에지 검출기에 적용되어 인식률을 높일 수 있는 가능성을 보여주었으며, 주차 단속이나, 음영이 있는 지역의 자동차 번호판 인식에 효과적일 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 건설교통부 고시, “자동차 등록 번호판 등의 제식에 관한 고시”, 건설교통부, 제 02-317 호, 2002.
- [2] 이응주, 권장우, “컴퓨터 비전을 이용한 한일 통합 차량 번호판 인식 시스템”, 한국멀티미디어학회, 제 7 권, 제 2 호, pp. 74-81, 2003.
- [3] D.U.Cho, Y.H.Cho, "Implementation of preprocessing independent of environment and recognition of car number plate using histogram and template matching", The Journal of the Korean institute of communication sciences, vol.23, no.1, 1998.
- [4] 남미영, 이종희, 김광백, “개선된 HSI 컬러 정보를 이용한 자동차 번호판 검출 시스템”, 한국멀티미디어학회 춘계 학술 발표 논문집, pp. 345-349, 1999.
- [5] 장언동, 송영준, 김영길, “칼라 정보와 선형 회귀 방정식을 이용한 차량 번호판 추출”, 한국 콘텐츠학회 추계종합학술대회논문집, vol. 1, no.2, pp. 218-222, 2003.
- [6] 이응주, “차량후면부 차량 특징정보 검출을 통한 차량 정보인식 및 자동 과금시스템” 멀티미디어학회, 제 7 권, 제 1 호, pp. 35-43, 2004.
- [7] 송영준, 장언동, 권혁봉, 안재형, "색상과 Canny 에지 검출기를 사용한 차량 번호판 검출", IPIU2004, pp. 387-390, 2004.
- [8] Gerhard X.Ritter, Joseph N. Wilson, *Handbook of Computer Vision Algorithms in Image Algebra second edition* pp. 85-114, 2000