

개선된 허프 변환을 이용한 기울어진 자동차 번호판의 정형화 기법

정호영*, 김하영*, 윤희주**, 차의영*
*부산대학교 컴퓨터공학과
**부산대학교 멀티미디어 협동과정
e-mail : acarantia@korea.com

Normalization Algorithm of Rotated Car Plate using Advanced Hough Transform

Ho-Young Jung*, Ha-Young Kim*, Hee-Joo Yoon*, Eui-Young Cha*

*Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

**Inter Disciplinary Research Program of Multimedia, Pusan National University

요 약

본 논문에서는 자동차 번호판 인식의 성공률을 높이기 위해 자동차 번호판을 정형화하는 방법을 제시한다. 번호판의 테두리 직선을 찾기 위해서 Hough 변환과 Mask 를 사용한 방법을 제시하고, 그 방법을 사용하여 다수의 기울어진 번호판 영상을 정확하게 정형화할 수 있었다. Hough 변환과 Mask 를 이용한 직선 검출 방법은 두꺼운 에지 성분이나 저해상도 영상의 경우에도 효과적으로 직선을 검출해낼 수 있었다.

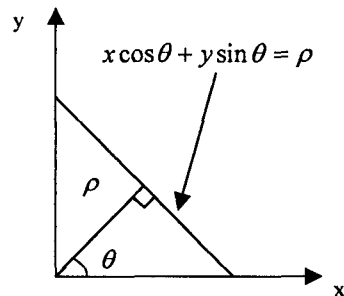
1. 서론

현대 사회는 급격한 차량의 증가로 인한 많은 문제를 겪고 있다. 이 같이 늘어난 차량들을 효과적으로 통제, 관리하기 위해서는 차량의 고유 번호인 번호판을 자동으로 인식할 필요성이 있다. 자동차 번호판의 자동화된 인식에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으며, 자동화된 인식을 이용해 주차장 입출차 단속, 불법 주정차 단속 등에 활용하는 연구도 진행되고 있다. 이러한 자동차 번호판 인식은 일반적으로 영상 입력 및 전처리 과정, 번호판 영역 추출 및 번호판 종류 인식, 문자 영역화, 문자 인식의 과정을 따르게 되는데 번호판 추출 이후의 과정들은 번호판 영상이 제대로 정형화 되어있다는 것을 가정으로 하는 작업들이다. 따라서 카메라의 위치나 차량의 위치에 따라 번호판이 기울어진 형태로 입력될 경우 인식이 저하되는 문제점이 있을 수 있다. 이런 번호판의 정형화 문제에 대한 연구는 이미 있어왔지만[1] 번호판 영상의 경계선이 두껍거나 해상도가 낮은 경우에는 그 정확도가 떨어졌다. 그러므로 본 논문에서는 번호판 추출 이후의 과정들에 대한 성공률을 높이기 위해, 기울어진 번호판 영상을 기하학적인 변환을 통해 정형화된 영상으로 보정하는 더 강력한 방법을 제시하고자 한다.

2. Hough 변환과 Mask 를 이용한 직선 검출

2.1 Hough 변환

Hough 변환은 영상의 윤곽이나 곡선 또는 선이 매개변수로 표현될 수 있는 경우 그것을 검출해 내는데 좋은 효과를 보이는 방법이다[2].



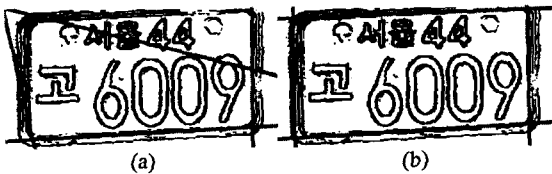
[그림 1] 직선의 극좌표식 표현

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \tag{1}$$

먼저 식(1)을 이용하여 직선을 각도 θ 와 거리 ρ 의 매개변수로 표현한다. xy 평면 상에서 동일 선상의 점들은 $\theta\rho$ 파라미터 평면상에서 같은 점에 위치하게 된다. xy 평면 상의 점들을 $\theta\rho$ 파라미터 평면으로 q 변환한 결과를 누적함으로써 직선을 검출해 낼 수 있다.

2.2 Hough 변환의 문제점

Hough 변환은 xy 평면상의 모든 점을 $\theta\rho$ 파라미터 평면으로 변환한 결과를 누적하여 그 결과를 바탕으로 직선을 검출하는 방법이다. 이것은 곧 직선의 성분과는 직접적으로 관련 없는 점이 직선을 결정하는데 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 경계선이 두껍게 나타난 영상이나 해상도가 낮은 번호판 영상 등을 단순히 위의 방법만으로 직선을 검출하고자 하면 정확도가 떨어지게 된다. 그림 2의 (a)는 원 영상을 상/하, 좌/우로 각각 나누어 각각의 영역에 대해 Hough 변환을 이용하여 직선을 검출한 결과를 보여준다. 번호판 테두리를 나타내는 4 개의 직선을 검출하고자 했으나 결과는 기대했던 것과 다소 차이가 남을 알 수 있다.

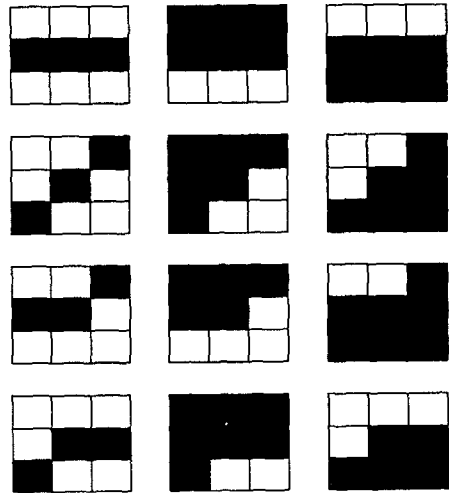


[그림 2] Hough 변환에 의한 직선 검출 결과

2.3 Hough 변환과 Mask 를 이용한 직선 검출

여기서는 직선 검출의 정확도를 향상시키기 위해 Hough 변환과 Mask 를 동시에 사용하는 방법을 제안하고자 한다. 기존의 방법이 xy 평면상의 모든 점을 $\theta\rho$ 파라미터 평면으로 변환한 결과를 누적했던 것과는 달리, xy 평면의 점들이 미리 정의된 Mask 의 형태와 일치하는 경우에만 결과를 누적하는 방법을 사용할 것이다. 그림 3 은 $0^\circ \sim 45^\circ$ (또는 $180^\circ \sim 225^\circ$) 범위의 직선을 검출하는 3x3 마스크의 예를 보여준다. Hough 변환 후 xy 평면상의 점들이 해당 마스크와 일치하는 경우에만 누적 카운트를 증가시키고 결과적으로 가장 큰 값을 가지는 $\theta\rho$ 파라미터 평면의 위치로서 직선을 검출할 수 있는 것이다. 그림에서는 $0^\circ \sim 45^\circ$ 범위의 직선을 검출하는 Mask 만을 예로 들었지만 그 외의 각도에 대해서도 유사한 형태의 마스크를 사용할 수 있다. 즉, 360° 를 8 등분 하여 각각의 각도 범위에 알맞은 Mask 를 미리 정의해 놓음으로써 직선 검출의 정확도를 향상시킬 수 있다. 이 방법은 결과적

으로 원하는 각도 범위의 직선 성분을 띄는 점들만을 누적 카운트 시킴으로써 두꺼운 경계선을 가지는 영상이나 저해상도 이미지에 강건할 수 있다. 그림 2의 (b)는 그림 2의 (a)에서 사용한 동일한 영상에 대해 제안한 방법을 적용한 결과를 보여준다. 두꺼운 경계선에 대해서도 훨씬 정확하게 직선을 검출해 낼 수 있다.



[그림 3] $0^\circ \sim 45^\circ$ (또는 $180^\circ \sim 225^\circ$) 범위의 직선을 검출하는 3x3 마스크

3. Hough 변환과 Mask 를 이용한 번호판 경계선 검출

제안한 방법으로 번호판의 테두리 직선을 검출할 때 정확도를 최대한 높이기 위해서 다음과 같은 과정을 따른다.

- 1) 번호판의 세로 가장자리 직선을 검출하기 위해 원 영상의 수직 에지를 구한다.
- 2) 원본 영상의 폭을 Width, 높이를 Height 라 했을 때 Width/2 의 폭과 Height/2 의 높이를 가지는 빈 공백을 수직 에지 영상 중앙에 채운다.
- 3) 영상을 좌/우 2 등분하여 각각의 영역에 대해 제안한 방법을 적용하여 $60^\circ \sim 120^\circ$ 범위 안에서 가장 강한 성분의 직선을 찾아 각각 직선 1, 2 라고 정한다.
- 4) 번호판의 가로 가장자리 직선을 검출하기 위해 원 영상의 수평 에지를 구한다.
- 5) 2)번의 과정을 반복한다.
- 6) 영상을 상/하 2 등분하여 각각의 영역에 대해

제안한 방법을 적용하여 $-40^\circ \sim 40^\circ$ 범위 안에서 가장 강한 성분의 직선을 찾아 각각 직선 3, 4 라고 정한다.

- 7) 각 직선 간의 교점을 구하여 직선 1, 3의 교점을 P1, 직선 2, 3의 교점을 P2, 직선 1, 4의 교점을 P3, 직선 2, 4의 교점을 P4로 각각 정의한다.

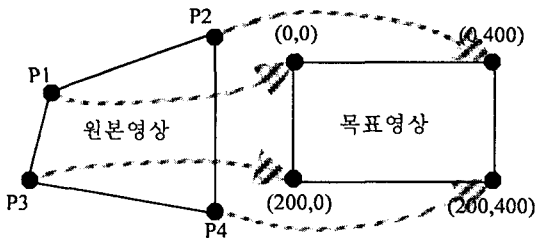
위의 과정에서 2)번의 단계는 번호판 내부의 숫자와 문자에 의해 생기는 원치 않는 에지 성분으로 인해서 직선 추출의 정확도가 떨어지는 것을 방지하기 위한 것이다. 위의 과정을 통하면 번호판 가장자리 모서리의 점 P1, P2, P3, P4의 좌표를 구할 수 있다..

4. 번호판 영역의 기하학적 변형

주어진 사각형에서 4개의 꼭지점의 좌표를 알면 양선형 변환 등의 방법으로 다른 형태의 사각형으로 기하학적 변환을 할 수 있다[3]. 여기서는 이를 이용하여 P1, P2, P3, P4의 꼭지점을 가지는 사각형 형태의 번호판 영상을 400x200 크기의 영상으로 기하학적 변환을 한다. 그림 4는 번호판 영역의 기하학적 변환을 개념적으로 보여주고 있다.

$$\begin{cases} X(x, y) = k_1x + k_2y + k_3xy + k_4 = \bar{x} \\ Y(x, y) = k_5x + k_6y + k_7xy + k_8 = \bar{y} \end{cases} \quad (2)$$

위의 식 (2)는 기하학적 변형에 대한 수학적인 수식이다. 식의 (\bar{x}, \bar{y}) 의 조합에 (0,0), (400,0), (0,200), (400,200)를 각각 대입하고, X,Y 함수의 입력에 각각 P1, P2, P3, P4의 x,y 좌표를 대입하여 방정식을 풀면 $k_1 \sim k_8$ 의 값을 구해낼 수 있다. 이렇게 구해진 $k_1 \sim k_8$ 의 값을 이용해 목표영상의 (x,y)에 대입되어야 할 값이 원본영상의 어디에 위치하는 픽셀인지 계산할 수가 있고, 그 픽셀의 값을 참조함으로써 왜곡된 번호판 영상을 정형화된 영상으로 변형시킬 수 있다.

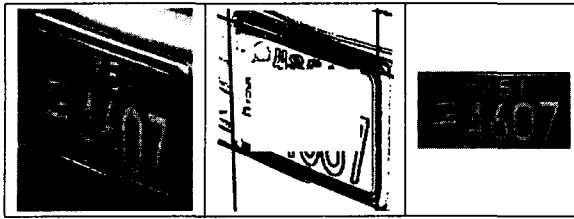


[그림 4] 왜곡된 형태를 가진 사각형의 기하학적 변환

5. 실험 결과

본 실험에서는 디지털 카메라로 직접 촬영한 1600x1200x24 비트 영상, 1024x768x24 비트 영상, 그리고 720x486x24 비트 출력을 지원하는 웹 카메라로 촬영한 번호판 영상을 끌고루 섞어서 사용하였다. 원본 영상에서 실제 번호판이 차지하는 크기는 180x120~700x400의 범위로 매우 다양한 크기를 가지며 이 영역만을 잘라서 입력 자료로 사용하였다. 실험은 Pentium 4 2.6Ghz, Memory 512MByte의 하드웨어 환경에서 개발 도구는 Microsoft Visual C++.NET 2003을, 그리고 운영체제로는 Microsoft Windows Server 2003을 사용하여 진행하였다. 기하학적 변환 과정에서 결과영상의 질을 높이기 위해 보간법을 사용했고, 표 1은 실험의 결과를 보여준다. 입력 영상은 디지털 카메라에서 찍은 원본 영상에서 번호판 영역만을 잘라낸 것이며 중간 영상은 입력 영상에서 번호판을 둘러싸는 네 개의 직선을 본 논문에서 제안한 방법으로 검출한 결과를 보여주는 것이다. 결과 영상은 중간영상에서 얻어낸 네 개의 교점을 사용하여 기하학적 변환을 거친 최종적인 결과를 보여준다. 실험결과 극단적으로 기울어진 번호판에 대해서도 매우 정확한 정형화가 이루어짐을 알 수 있다.

입력 영상	중간 영상	결과 영상



[표 1] 실험 결과

6. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 번호판의 테두리 직선을 찾기 위해서 Hough 변환과 Mask 를 사용한 방법을 제시하고, 그 방법을 사용하여 다수의 기울어진 번호판 영상을 정확하게 정형화할 수 있었다. Hough 변환과 Mask 를 이용한 직선 검출 방법은 두꺼운 에지 성분이나 저해상도 영상의 경우에도 효과적으로 직선을 검출해낼 수 있었다.

하지만 차량의 번호판 자체가 물리적으로 뒤틀리거나 훼손된 경우에는 올바르게 테두리 직선을 찾지 못하는 경우가 있었다. 그리고 테두리 직선을 올바르게 찾았다 하더라도 물리적으로 뒤틀리거나 훼손된 번호판의 특성으로 인해 올바른 정형화를 할 수 없는 경우도 있었다. 향후 물리적으로 뒤틀리거나 훼손된 번호판의 정형화에 대한 연구도 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 이운석, 김희승, “HSI 컬러모델에 기반한 자동차 번호판 영역 추출,” 서울시립대학교 산업기술연구소 논문집, 제 6 집, 2 호, pp. 57-63, 1998
- [2] 김희승, “영상인식,” pp. 86-91, 생능출판사, 1994.
- [3] Scott E Umbaugh, “Computer Vision and Image Processing,” pp. 188-195, Prentice Hall PTR, 1999