

호텔링 변환을 이용한 자동차 번호판 인식시스템에 관한 연구

김태우*, 강용석**

License Plate Recognition System Using Hotelling Transform

Tae-Woo Kim*, Yong-Seok Kang**

요 약

본 논문에서는 차량의 후면에서 촬영한 영상을 이용하여 효과적으로 번호판을 추출하고, 그 안에 표기된 문자를 인식하는 방법을 제안한다. 기존의 연구방법은 전체영상에 대하여 전처리를 수행하여 에지(edge)영상을 구하여 이진화 한다. 이진화된 영상에서 허프(Hough)변환을 수행하여 수평, 수직선을 구하고, 번호판의 특징을 이용하여 번호판 영역을 추출한다. 이 방법의 문제점은 처리시간이 많이 소요되므로 실시간처리가 곤란하다는 점과 야간관 같이 명암상태가 불규칙하고 영상에서 번호판 테두리가 나타나지 않으면 번호판 영역추출을 할 수 없다는 점이다. 또한 차량의 후면에서 촬영한 영상에서 번호판 영역의 명암값 변화의 특성을 이용하여 번호판 영역에서 숫자폭, 배경영역과 숫자영역의 명암차를 조사하여 숫자영역임을 확인하고, 확인된 숫자와 숫자사이의 거리를 조사하여 번호판 영역을 추출한다. 본 연구는 기존방법의 번호판 테두리 훼손에 따른 번호판 영역추출 실패의 문제점을 해결하고 시간 소요의 문제를 실시간안에 처리 함으로써 실용적 응용이 가능하다. 실험 결과 100장의 샘플영상으로 실험한 결과 멀리 있는 자동차 영상에서도 자동으로 번호판을 판독할 수 있었으며, 번호판 추출에 실패한 영상은 13%를 나타내었고, 문자인식에 실패한 영상은 0.4%의 결과를 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper by using the image taken from the rear of the vehicle to effectively extract the license plate and how to recognize the characters appearing in the offer. How to existing research on the entire video by following the pre-edge (edge) images to obtain yijinhwa. Qualified heopeu in a binary image (Hough) to convert the horizontal and vertical lines to obtain, using the characteristics of the plates to extract the license plate area. The problem with this method, the processing time is so difficult to handle real-time status of irregular points, and visual contrast with yagangwan border does not appear in the plates to extract the license plate area is that it is not. In addition, the rear of the vehicle license plate area from images taken using the characteristics of the plates myeongamgap changes sutjapok in the area, background area and the number number area of the region confirmed the contrast of the car and identified the number and the number of 42 of distance to extract the license plate area. How to research, the existing damage to the border of the plate to fail to extract the license plate area, a matter of hours to resolve problems in real-time, practical application is processed. Chapter 100 as the results of the experiment the sample video image in a car that far experiment results automatically read license plates have been able to extract the license plate and failing to represent 13% of images, character recognition result of failing to represent the image was 0.4%

Key Word : Plate, License Plate Recognition, Edge Image, Hough Transform, Hotelling Transform

* 한국폴리텍III대학 자동차학과(kimtw@kopo.ac.kr)

** 한국폴리텍III대학 자동차학과(kang-car@hanmail.net)

접수일자 : 2008년 12월 18일

완료일자 : 2009년 01월 08일

접수번호 : KIIECT2009-01-05

1. 서론

차량을 이용한 범죄예방, 고속도로나 주차 요금의 자동징수, 과속 차량의 단속, 각종 교통량의 조사 등의 이유로 차량을 식별하는 작업은 매우 중요하다. 그러나 최근 차량의 수가 급증함에 따라 실시간으로 차량을 인식할 수 있는 보다 효율적이고, 지능적인 자동화체계가 요구되고 있는 실정이다. 이에 각기 다른 번호판을 효율적으로 포착하고 판별할 수 있는 많은 번호판 자동 인식 시스템에 관한 연구가 발표되고 있다[1-8]. 본 논문은 차량의 후면에서 번호판 영역을 추출하여, 고속으로 번호판의 문자를 인식하는 방법을 제안한다. 일반적으로 차량의 번호판을 인식하는 과정은 차량영상에서 번호판 영역을 추출하는 과정, 다음으로 번호판 영역의 문자를 분리하는 과정, 그리고 추출된 문자를 인식하는 과정으로 이루어진다.

본 논문에서 제안된 시스템의 전체처리 과정은 그림 1과 같다[9]. 이 시스템은 먼저 카메라와 프레임 그레버로 차량이 지나가는 영상을 전송하고, 전송된 영상은 번호판 세그멘터(segmenter)에 의해서 처리된다. 이때 번호판은 시각적인 왜곡으로 인해서 정확한 사각형이 되지 않기 때문에 180×40의 고정 픽셀을 갖는 사각형의 번호판을 재샘플링에 의해 다시 구성되어진다. 다음으로 번호판의 문자는 대비, 휘도, 크기에 따라서 대략적으로 분할한 다음, 호텔링 변환(Hotelling transform)을 이용하여 분리된 문자를 인식하였다.

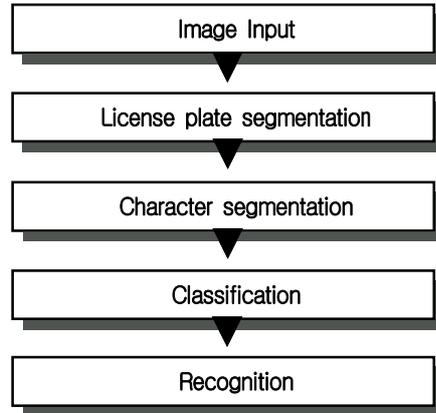


그림 1. 시스템의 전체처리 과정
Fig. 1. System Overview

II. 번호판영역의 추출

프레임 그레버와 결합된 카메라는 차량이 지나가는 후면 영상을 439×510 픽셀 영상으로 전송한다. 후면 영상의 촬영 이점은 많은 차량이 전면부에 번호판을 알아보기 못하게 하는 장식물을 갖고 있다는 점과 차량 뒷부분의 밝기는 전면부 라이트만큼 영상에 영향을 주지 않는다는 점을 들 수 있다. 따라서 본 논문에서는 차량의 후면 번호판영상을 취득하여 그 안에 있는 문자의 특징을 찾아냄으로써 번호판을 인식하는 것을 제안한다[10]. 여러 논문들에서 템플릿 매칭은 번호판의 중심점을 찾는 데 사용되고 있는데, 사각 모서리 부분을 검출하게 되면, 사각형 면적은 공간 주파수로 계산할 수 있다. 특정 공간 주파수는 번호판에서 문자를 인식하는 데 사용된다. 그리고 네 개의 모서리점은 번호판의 사각 꼭지점으로 볼 수 있다. 따라서 번호판 세그멘터가 획득되고 단지 몇몇 픽셀에만 최대 에러를 갖는 꼭지점의 정확한 위치를 찾을 수 있다. 이런 일반적인 상태에서, 번호판의 평균 크기는 대략 100×20 픽셀이 된다. 일반적으로 네 개의 꼭지점은 직사각형이 아닐 수 있으므로 네 개의 꼭지점으로 표현되는 번호판 영역은 쌍일차 변환으로 직사각형으로 변환되고, 쌍일차 보간법을 이용하여

180×40픽셀의 고정 차수로 변환한다. 그림 2는 2진화와 재샘플링을 거친 번호판 영상을 나타내며, 이 영상은 쌍일차 변환이 대부분의 시각적 왜곡현상을 수정할 수 있다는 것을 보여주고 있다. 그러나 심하게 구부러진 번호판에서 발생하는 왜곡 현상은 수정할 수가 없었다. 차량 번호판 영역을 추출하기 위한 한국 자동차 번호판의 특징을 요약하면 첫째 번호판의 중형 비율은 2:1이라는 점, 둘째 번호판 영역은 다른 영역에 비해 공간 주파수가 높다는 것이다.



그림 2. 차량 후면 영상
Fig. 2. Backside of Car

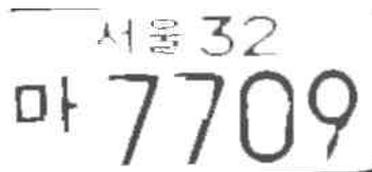


그림 3. 이진화 영상
Fig. 3. Binary Image

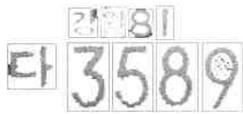
III. 문자의 분리

번호판 문자의 수평 분할은 문자들 사이의 공간을 찾는 것을 의미한다. 이 공간들은 번호판에서 그레이 레벨 값의 세로 열 합을 구한 다음, 최대값을 구함으로써 측정하였다. 이 세로 열을 계산하기 전에, 더 정확한 세로 열 합의 그래프를 얻기 위해서 히스토그램 스트레칭의

공간 식을 적용하게 된다. 최상의 영상은 번호판의 배경에 밝은 그레이 픽셀이 어느 정도의 비율을 가지고 있어야만 한다. 이것은 정면 영상에서 어느 정도 어두운 픽셀이 있어야 하는 것과 같은 의미이다. 여러 영상을 비교 분석해 보았을 때, 영상은 적어도 10%의 어두운 픽셀과 60%의 밝은 픽셀을 가지고 있어야 한다. 실험 결과에서 영상은 백색의 가장 밝은 픽셀의 60%로 투영함으로써 문자 분리 처리과정을 향상시키게 된다. 검정색의 가장 어두운 픽셀을 10%로 투영하는 것은 문자 분리를 왜곡시키는 것을 증명하기 위해서이다. 만약 이렇게 해서 문자간의 어두운 부분이 검정색으로 투영되어 지게 되면, 세로 열 합 그래프의 품질이 떨어지게 된다. 검정색에서 가장 어두운 픽셀의 3%만 투영시키면 세로 열 합 그래프를 향상시키는 것을 볼 수 있다. 그리고 선형 히스토그램 스트레칭은 픽셀의 나머지 37%에 적용시킨다. 수직 세로 열 합 결과의 결과는 그림 4의 하단 그림과 같이 수평 분할 과정을 간략화함으로써 더 명확하게 구분된다. 이 경우 두 문자간의 공간은 명확하게 찾을 수는 없지만, 왼쪽, 오른쪽의 옆 공간은 문자의 위치로 판단하는데 이용된다. 문자 쌍 간의 분할 위치 확률의 평가 모델은 문자 분리의 향상을 보여준다. 다음으로 문자의 수직 위치는 에지 맵과 그레이 값 행의 합 대응으로 찾을 수 있다. 이 행 합은 높은 증가는 문자의 위와 아래를 나타낸다. 번호판의 구조에 대한 선지식을 토대로, 행의 제한된 영역에서만 문자의 위와 아래부분을 찾을 수 있다. 이러한 분할 과정은 대부분의 경우에서 수직적으로 한 픽셀, 그리고 수평적으로 두 픽셀의 정확성을 갖는 문자를 분할할 수 있다. 많은 분할 에러가 발생하는 경우에, 호텔링 변환 방법으로 검출할 수 있다.



(a)처리 전
(a)Before



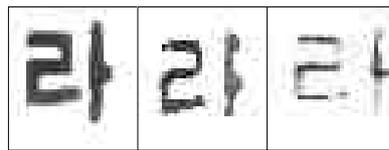
(b) 처리 후
(b) After

그림 4. 히스토그램 스트레칭의 처리
Fig. 4. Histogram stretching

IV. 문자의 인식

추출된 문자들을 분류하는데 있어서 많이 사용되고 있는 방법이 템플릿 매칭방법이다. 템플릿 매칭은 기본적으로 표준이 되는 문자와 비교하는 것으로 만약 표준이 되는 문자와 비교했을 때, 매칭 값이 똑 같고, 픽셀의 의미와 위치에 영향을 받지 않는다면 픽셀 값을 바꾼다. 템플릿 매칭은 한 문자와 다른 문자를 구별하는 특별한 특징을 알고 있는 것이 아니라 단지 문자와 표준과의 차이를 비교하는 것이다. 본 논문에서 제안하는 방법은 호텔링 변환[11]을 이용하였다. 호텔링 변환은 상관 매트릭스의 고유벡터를 투영함으로써 수직분해처럼 생각할 수 있다. 그래서 고유벡터는 표준의 최대 에너지/변화의 방향을 나타내는 점이다. 이것은 단지 하나의 표준을 다른 것과 구별하는 정보만을 가지고 있다. 인식 과정에서 상관없는 데이터는 제거하게 된다. 분류 과정에서 가장 중요한 정보에 초점을 둘 때, 이런 데이터를 감소시키는 것이 이 시스템에서 가장 중요한 부분이

다. 변환 벡터에서 상관 인자의 수는 250이다. 문자 분리는 분류 단계에서 분리된 번호판을 이용한다. 이 번호판 영역은 먼저 히스토그램 스트레칭으로 향상시키게 되고, 다시 3%의 가장 어두운 픽셀은 검정으로 투영되고, 이때 30%의 밝은 픽셀은 백색으로 투영된다. 이 값들은 문자들로 둘러싸여진 그레이 영역에 남는다. 또한 이 영역은 문자에 대한 정보를 가지고 있다. 따라서 문자의 크기, 밝기, 대비가 정규화되어진다. 문자의 크기는 문자의 높이로 정규화 되는데 이것은 문자 분리 단계에서 구할 수 있다. 문자는 일정한 높이로 다시 샘플링 되어지고, 그 폭은 비율적으로 똑같이 유지하기 위해서 같은 형태로 정하게 된다. 출력 문자의 밝기와 대비도 정규화된다. 그리고 표준도 분류되어야 하기 때문에 같은 방법으로 정규화된다. 표준도 클래스당 정규화된 많은 샘플 문자들의 평균치를 기준으로 계산된다. 호텔링 변환은 문자 분리에 매우 민감하다. 이 방법은 재구성된 위치 차이에서 샘플 문자를 비교하도록 한다. 그리고 호텔링 변환을 사용하여 구해지고, 역호텔링 변환을 이용하여 문자를 재구성하게 된다.



(a) 원래문자 (b) 분리과정에서의 예러
(c) 재구성된 경우의 예러

그림 5. 호텔링 변환
Fig. 5. Hotelling Transformation

그림 5는 호텔링 변환의 예로써 이미 발생한 작은 분리 예러와 원래 샘플들과 비교해서 재구성된 문자의 예러를 보여주고 있다. 이것은 호텔링 변환의 가장 중요한 단점이라 할 수 있다. 그러나 다른 측면에서 이런 현상은 분리 예러들을 찾아내는데 이용할 수 있다. 또한 다른

종류의 왜곡은 원 영상과 재구성된 샘플들간의 차이 때문에 발생할 수도 있다. 그래서 본 논문에서는 샘플과 재구성된 샘플간의 유클리드 거리(Euclidean distance)를 이용하였다.

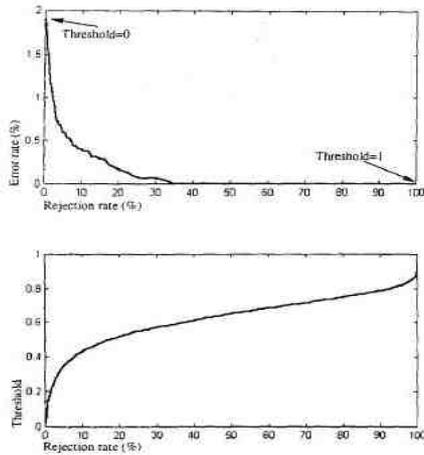


그림 6. 문자인식에 실패했을 경우의 에러율과 임계값

Fig. 6. Error Rate and Threshold as a Function of Rejection Rate

V. 실험결과

100장의 샘플영상을 이용하여, 디지털화한 후 PAL 포맷으로 VHS 테이프에 기록하였다. 이런 추가적인 기록 단계는 영상의 시각 해상도를 줄이고 약간의 잡음을 발생시킨다. 실험결과 테스트 단계에서 13%의 번호판이 거부되어졌고, 나머지 0.4%의 번호판은 분류되는데 실패하였다. 실패한 경우는 그림 7과 같이 번호판이 더럽혀진 경우나 또는 번호판이 심하게 찌그러진 경우에 추출이 곤란하였다. 전체실험 결과를 표1에 나타내었고, 표2는 기존의 허프변환을 사용한 방법과 본 논문에서 사용한 방법을 비교한 결과이다.

표 1. 실험결과

Table 1. Experiment Result

처 리	성공영상수/ 사용영상수	총 성공률(%)
번호판 추출성공률	87/100	87
문자의 분리성공률	84/87	96.5
문자의 인식률	84/84	100

표 2. 허프변환을 사용한 방법과의 비교

Table 2. Compare of Hough Transform

비교\방법	허프변환을 사용한 방법	본 논문의 방법
번호판영역 추출성공률	69.8%	87%
번호판영역 추출시간	8~10초	0.3~0.5초



그림 7. 실패한 영상의 예

Fig. 7. Failed image

VI. 결 론

본 논문은 차량의 후면에서 촬영한 영상을 이용하여 공간주파수를 이용하여 효과적으로 번호판 영역을 추출하고, 히스토그램을 이용하여 문자를 분리한 다음, 문자인식 방법으로 데이터의 양을 줄이기 위해서 호텔링 변환을 이용하였다. 실험결과로써 총 100장의 샘플영상을 이용하여 번호판 추출성공률 87%, 문자 분리 성공률 96.5%의 결과를 나타냈으며, 변환된 사본 샘플을 갖는 변환되지 않은 문자와 비교

함으로써 발생 가능한 분리 에러라든가 다른 왜곡에 대한 유용한 정보를 얻을 수 있었다. 향후 연구과제로써 문자 인식의 경우 호텔링 변환 공간에서 원래의 문자와 재구성된 문자간의 왜곡을 수정하는 방법과 번호판 영역 추출 시 번호판 주위가 더럽혀지거나 복잡한 경우에 보다 안정되게 번호판 영역을 추출하는 방법 등을 들 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] D.W. Tindall, Deployment of automatic licenseplate recognition systems in multinational environments, European Conference on Security and Detection 1997, p. 28-30.
- [2] S. Draghici, A neural network based artificial vision system for license plate recognition, Int. J. on Neural Systems. Feb. 1997, Vol.8, Iss , I, p.113-126.
- [3] T. Sato, H. Sato, S. Ozawa, M. Komatsu, A. Kobayashi and M. Sato, Motion blur correction of license plate images on running vehicle, Trans. IEE Japan, June 1997 Vol.117-C, Iss.6,p.777-784.
- [4] Y.T. Cui and Q. Huang, Character extraction of license plates from video , proc. IEEE Computer Society Conf. On Computer Vision and pattern Recognition 17-19 June 1997, p.502-507.
- [5] H. Fujiyoshi, T. Umezaki, T. Imamura and T. Kanade, Area extraction of the license plate using artificial neural network, Trans. Of the Instirue of Electronics, Information and Communication Engineers D-II, June 1997, Vol. J80D-II, Iss.6. p.1627-1634.
- [6] T. Hori, Traffic camera system development , proc. SPIE Feb.1997, Vol.3028, p81-90.
- [7] T. Agui, H.J. Choi and M. Nakajima, Method of extracting car number plates by image processing , Systems and Computers in Japan, 1998, Vol.19, no.3, p.46-52.
- [8] M.H ter Brugge, J.H. Stevens, J.A.G. Nijhuis, L. Spaanenburg, License plate recognition using DTCNNs , proc CNNA 1998, p.212-217.
- [9] R.J De la Haye, A license plate recognition system , Eindhoven Univ, of Technology, 2002, Master Thesis.
- [10] Philips Centre for Manufacturing Technology, Kenteken verwerking (KENER) (processing of license plates, in Dutch), design documentation, 2004.
- [11] R.C Gonzalez, and R.E. woods, Digital image processing , first edition, Addisson-Wesley publishing Company, 1993, ISBN 0-201-50803-6.
- [12] B. Fukunaga, Introduction to statistical pattern recognition , Academic London, 2003.

저자약력

김 태 우(Tae-Woo Kim)



1997년 한국해양대학교 선박운항
시스템공학 학사
2006년 관동대학교 공업교육석사
2008년 관동대학교 대학원 전자
통신과 박사과정

강 용 석(Yong-Seok Kang)



2004년 학점은행제 공학사
2008년 강원대학교 대학원 석사
2009년 관동대학교 대학원 박사
과정
1997년~2001년 대우자동차 군
산공장 품질보증부 및 품질관리부
2001년~2007년 한국산업인력공단
2007년~현재 한국폴리텍III대학
조교수