

불규칙 조명 환경에 강인한 번호판 문자 분리 기법

김병현*, 한영준**, 한현수**

Robust Scheme of Segmenting Characters of License Plate on Irregular Illumination Condition

Byoungyun Kim *, Youngjoon Han **, HERNSEO HAHN **

요약

자동차의 번호판은 차량의 등록 정보를 확인할 수 있는 유일한 방법이다. 불법 주차 단속 및 주차 관리 시스템에 차량의 등록 정보를 확인하기 위해 카메라를 이용한 무인 인식시스템의 개발이 활발히 연구되고 있다. 하지만, 일반 도로상에서 날씨나 주변 장애물들은 자동차 번호판 상에 조명 변화를 일으켜 번호판 문자의 추출을 어렵게 한다. 본 논문은 번호판 영상을 개선하여 조명변화에 강인한 문자 추출 알고리즘을 제안한다. 제안하는 기법은 번호판 영상의 명암 대비도를 높이기 위해 Chi-Square 확률 밀도 함수를 이용한다. 또한, 정확한 문자영역을 추출하기 위해, 적응적인 문턱값을 적용함으로써 고품질의 이진화 영상을 얻는다. 번호판의 문자들을 추출하는 일련의 과정에서 방해가 되는 잡음들을 전처리와 레이블링을 통해 제거한다. 마지막으로 번호판의 문자들은 번호판의 기하학적 특징을 이용한 이진화 영상의 프로파일링으로부터 추출된다.

Abstract

Vehicle license plate is the only way to check the registered information of a vehicle. Many works have been devoted to the vision system of recognizing the license plate, which has been widely used to control an illegal parking. However, it is difficult to correctly segment characters on the license plate since an illumination is affected by a weather change and a neighboring obstacles. This paper proposes a robust method of segmenting the character of the license plate on irregular illumination condition. The proposed method enhance the contrast of license plate images using the Chi-Square probability density function. For segmenting characters on the license plate, binary images with the high quality are gained by applying the adaptive threshold. Preprocessing and

• 제1저자 : 김병현 교신저자 : 한현수

• 투고일 : 2009. 09. 09, 심사일 : 2009. 10. 26, 게재확정일 : 2009. 11. 26.

* 숭실대학교 전자공학부 석사과정 ** 숭실대학교 전자공학부 교수

※ 본 논문은 2009년 정부 교육과학기술부(한국학술진흥재단)의 2단계 BK21사업의 재원으로 지원을 받아 수행된 연구임 (핵심기술개발사업, 멀티모달정보변환기술산학연공동사업팀).

※ 본 논문은 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2009-(C1090-0902-0007)).

labeling algorithm are used to eliminate noises existing during the whole segmentation process. Finally, profiling method is applied to segment characters on license plate from binary images.

- ▶ Keyword : Chi-Square 확률 밀도 함수(Chi-Square PDF), 문자 추출(Character Segmentation), 문자 인식(Character Recognition), 영상 개선(Image Enhancement), 신경망(Neural Network)

1. 서론

현대 사회에 급속도로 증가한 자동차로 인하여 자동차와 관련된 많은 문제점이 발생하고 있다. 그중에서도 자동차 불법 주차 단속이 그 예이다. 그리고 주차장의 주차 관리 시스템의 불필요한 인력 낭비를 줄이고자 자동차의 등록 정보를 확인할 수 있는 번호판의 문자를 무인으로 인식할 수 있는 시스템 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 번호판 문자를 인식하기 위해서는 크게 세 단계의 과정이 필요하다. 첫 번째, 차량으로부터 번호판의 위치를 정확하게 얻어냄으로써 차량으로부터 번호판을 추출하는 것이고, 두 번째 단계는 추출된 번호판으로부터 문자를 추출하는 것이다. 마지막으로 추출된 문자를 문자 인식기와 데이터베이스(Database)를 통하여 인식한다. 각 단계에서 번호판 문자를 검출하지 못하는 여러 가지 요인들이 있지만, 일반적으로 조명의 영향으로 자동차 번호판의 영상이 훼손되는 경우이다. 차량의 그림자 및 부분 조명으로 인해 번호판 영상의 문자들이 완전하게 형성되지 못하는 경우이다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하여 문자 추출률을 높이는 방법을 제안한다.

현재 우리나라에 존재하는 번호판은 그림 1과 같이 크게 3 종류이다. 차량의 쓰임에 따라 구분되어 있는 색상까지 포함하면 더 많은 종류가 있겠지만 번호판의 형상에 따라 나누면 다음과 같이 나눌 수 있다.



Fig. 1. The three types of License Plate

그림 1(a)는 1996.01 ~ 2003.12월까지 사용된 번호판

으로 상단부에 지역 표시가 있는 번호판이다. 그림 1(b)는 2004.01 ~ 2006.10월 까지 사용된 번호판으로 이전의 번호판과 다른 점은 상단부에 표시되 있던 지역 표시가 사라지고 하단부에 있던 용도 기호가 상단부로 옮겨졌다. 2006.11월 이후 최근에 사용되고 있는 그림 1(c)는 색상과 크기가 이전의 번호판들과 다르게 제작되었으며, 상단부와 하단부로 나뉘지 않는 일자형의 유럽형 번호판 형상을 하고 있다.

이러한 번호판의 기하학적 특징들을 정의하여 이용하는 번호판 영상의 문자를 추출하는 방법들이 제안되고 있다[1, 2]. M. Yu[2]가 제안한 방법은 번호판의 형상에 따라 세 영역으로 나눈 후, 세 영역의 수직과 수평의 히스토그램 분포도를 얻어 문자들을 추출하였다. 영역별로 외부 조명의 빛을 고르게 받는 번호판의 경우에 문자 추출이 용이하지만, 일부 영역에 조명의 빛이 집중되는 경우에 히스토그램 분포의 동질성이 없어 문자를 추출하기 어렵다. K. Debs[3]는 화소 값을 수평으로 프로파일링(profileing)함으로써 번호판의 상단부와 하단부로 영역을 나누어 처리하였다. 또한 각 독립된 영역에서 화소들의 값을 수직으로 프로파일링하여 사전에 정의된 문자의 위치 및 높이 정보를 이용하여 문자를 추출하였다. 그러나 다른 연구와 마찬가지로 상황에 따라 한글 문자 '마'와 같이 'ㄱ'과 'ㄷ' 문자 사이의 여백으로 인하여 서로 다른 문자로 검출되는 경향이 있다. 그리고 불규칙한 외부 조명의 빛의 영향으로 배경과 문자와의 경계가 모호하여, 수직 프로파일링 결과를 정확하게 얻지 못하는 단점도 있다.

이러한 방법들은 번호판 영상에 대한 조명의 영향을 고려하지 않고 기하학적 특징과 영상의 프로파일링 방법에만 의존한 결과이다. 문자 추출과 관련하여 진행되어온 연구들을 살펴보면 영상의 배경과 문자의 영역을 분리하기 위해 가장 보편적으로 이진화 영상을 사용한다. 따라서, 영상의 이진화는 프로파일링을 통해 번호판 문자의 검출률을 결정짓는 중요한 인자이다. Lee[4]는 자동차 번호판에 관하여 적응적이고 국부적인 이진화 기법을 제안하였다. 번호판 형상 정보를 이용하여 사전에 정의된 블록 영역 단위로 이진화 문턱값을 결정하였다. 그러나 위 방법은 자동차 번호판 영상의 블록화 현상을 피할 수 없으며, 번호판이 회전된 경우에는 형상정보만을 이용하여 국부 이진화를 수행하기 어렵다.

또한, Lee[5]는 번호판 영역에서 HV 컬러 히스토그램을

이용하여 자동차 번호판 영상에서 문자를 검출하였다. 풍부한 정보를 담고 있는 컬러 성분은 조명의 변화에 영향을 받기 쉽다. 컬러 성분을 이용하는 문제점을 보완하기 위해, Fan[6]은 낮은 칼라성분과 높은 칼라성분 값을 갖는 화소들을 구분하여 각각 가우시안 확률분포함수로 모델링하였다. 가우시안 확률분포 기반 수직 에지 추출을 통해 에지성분들의 중심점을 얻어 번호판 문자를 추출하였다. 이처럼 기존의 방법들이 조명의 변화에 의한 자동차 번호판의 영향을 고려하지 않고 문자를 추출하는 것에 큰 관심을 기울였다. 본 논문에서는 영상의 명암 대비도를 높여 고품질의 이진화 영상을 얻음으로써 번호판 문자를 검출하는데 주안점을 둔다.

최근에 도입된 그림 1(c)와 같은 번호판은 문자를 추출하여 인식하기까지의 과정이 그림 1(a)와 (b)에 비교해 보면 상대적으로 쉽기 때문에 본 논문에서는 제외한다. 카메라 영상을 처리를 함에 있어 우선적으로 중요하게 다루어져야 할 부분이 화질 개선이다. 화질을 개선함으로써 영상 내에서 보다 강인한 특징들을 추출할 수 있다. 본 논문의 3장에서 자세히 언급하겠지만, 영상 개선을 위하여 명암 대비도가 크게 나타나는 영역에 대해 적응적인 가중치를 곱해줌으로써 영상의 명암 대비도를 더욱 높여준다. 문자 추출 단계에서도 번호판의 경계선과 회전으로 인하여 생기는 잡음 성분들을 효율적으로 제거한다. 수직과 수평 프로파일링에 번호판의 형상정보를 적절하게 융합한다. 또한, 추출된 문자간의 관계를 고려함으로써 자음과 모음사이에 문자가 분리되는 문제를 해결할 수 있다.

기존의 연구 방법들은 번호판 상단부에 있는 지역표시와 숫자의 크기가 상대적으로 작기 때문에 하단부 문자만 추출하지만[1], 본 논문은 상단부까지도 문자를 추출함으로써 번호판의 모든 문자를 추출한다. 본 논문의 2장에서는 번호판의 형상 정보를 활용하여 번호판의 크기와 번호판 영역 내에서의 문자간의 위상관계 및 위치를 규명한다. 3장에서는 영상의 이진화를 위한 단계로 전역적 또는 국부적으로 이진화하는데 있어서 다양한 문턱값 결정 방법[7]이 있지만, 조명의 영향으로부터 자유롭지 못하다. 본 논문에서는 Otsu[8]의 문턱값 결정방법으로 자동차 번호판 영상을 이진화한다. Chi-Square 확률분포를 이용하여 영상의 명암 대비도를 개선함으로써 위에서 언급한 문제점들을 해결할 수 있다.

4장에서는 번호판의 문자를 추출하는 단계로 회전된 번호판으로부터 발생하는 잡음의 문제를 해결한다. 영상으로부터 회전된 번호판을 $\pm 1^{\circ}$ 오차 범위 내에서 회전을 보정하며, 다른 잡음들을 레이블링을 통하여 제거한다. 5장에서는 추출된 문자의 상태 비교를 위한 문자 인식기에 대한 설명과 6장, 7장에서는 실험을 통하여 기존의 방법[4]과 본 논문에서 제

안하는 방법과의 문자 추출률과 추출된 문자로 부터 정확한 인식을 위한 인식률을 비교하고, 결론을 맺는다.

II. 번호판 후보 영역 검출

차량 영상으로부터 번호판 영역을 추출하는 기존의 방법은 에지 분석을 이용하는 방법, 허프 변환을 이용한 기법, 모폴로지를 이용한 기법, 히스토그램을 이용한 방법, 그리고 색상 정보를 이용한 방법 등 다양한 기법들이 제안되었다. 본 논문에서는 Kim[9]이 제안한 에지 기반 영역확장 기법을 이용하여 다양한 크기의 번호판을 검출하였다. Kim[9]이 제안한 기법은 캐니 에지 기반의 에지 영상을 획득하고, 에지요소들로부터 영역확장을 위한 초기점들을 획득하였다. 영역 확장의 초기점은 자동차 번호판의 에지요소들의 무게중심으로부터 결정된다. 다음 단계로 이를 이용하여 얻은 번호판 후보 영역에 대해서 평가를 하게 되며, 이를 위하여 위상학적 관계를 이용하여 평가하고 최종적으로 번호판을 검출하였다.

번호판 영역에서 배경으로부터 문자를 정확하게 분리하기 위해서는 번호판 형상에 관한 사전 지식이 필요하다. 이러한 형상 특징은 문자를 추출하는 단계뿐만 아니라 검증하고 인식하는 단계에서도 매우 중요하다.

본 논문에서는 그림 1(a)와 (b)의 규격 및 문자 배열의 특성을 설명한다. 일반적으로 그림 1(a)의 번호판은 다음과 같은 특성을 갖는다. 번호판의 크기는 가로 대 세로비가 약 2:1이며, 번호판 내부는 지역부와 자동차 차종을 나타내는 상단부와 자동차의 용도 및 번호를 나타내는 하단부로 나뉜다. 번호판의 상단부는 번호판 세로 높이의 1/3을 차지하며, 하단부는 세로 높이의 2/3를 차지한다. 문자 배열의 위치, 문자간의 간격 및 크기는 그림 2(a)에 표현 되어 있다. 그림 1(b)의 번호판은 번호판의 상, 하단부의 규격 및 가로, 세로 비는 그림 1(a)의 번호판과 크게 다른 점이 없다. 상단부와 하단부로 나뉘며, 지역 표시가 없기 때문에 상단부의 문자 크기가 더 크다는 특징을 갖는다.



(a) 지역 표시가 있는 구 번호판



Fig. 2. The array characteristic of the license plate character

이러한 번호판 영역 내 문자간의 간격 및 위치는 문자 후보 영역으로 사전에 정의되어 수직 프로파일링의 단계에서 활용하게 되며, 상단부와 하단부의 비는 수평 프로파일링을 통한 상, 하를 구분할 때 사용된다.

III. 번호판 영상 개선

한정되어 있는 공간상이 아닌 자연 상의 영상들은 불규칙한 조명에 노출되면 영상이 왜곡되어 많은 정보를 잃는다. 중요한 특징 점들을 놓친 영상에서는 상대적으로 영상처리를 하는데 있어서 많은 어려움을 겪게 된다. 이러한 문제점을 개선하고자 기존의 연구되어온 방법으로는 히스토그램 평활화, 히스토그램 명세화, 그리고 히스토그램 스트레칭등 가장 보편화된 방법들[10]이 있다. 전역적으로 처리하거나 국부적으로 처리하는 방법에 따라 결과가 달라지겠지만, 실질적으로 그림 3(a)와 같은 조명에 부분적으로 영향을 받은 이미지들에 적용하였을 때 영상의 결과는 그림 3(b)와 같이 된다. 그림 3(b)에서 좌상은 히스토그램 평활화 기법을 적용한 결과, 우상은 히스토그램 명세화 기법을 적용한 결과, 그리고 히스토그램 스트레칭 기법을 적용한 결과 영상이다.

결과 영상을 보게 되면, 조명의 영향에 따라 일부 영역에서 대비도가 클에 따라 영상이 둘로 나누어진다. 기존의 방법인 Otsu[8] 알고리즘으로 문턱값을 결정하여 이진화 시키면 그림 3(c)와 같이 영상이 부분적으로 제거되는 경향이 발생한다.



(a) 조명에 노출된 번호판



(b) 기존의 방법을 이용한 영상 개선



(c) Otsu의 문턱값 결정론을 이용한 이진화 영상

그림 3. 기존의 방법을 이용한 영상 개선

Fig. 3. Enhancement of image using the existing method

이러한 문제점을 해결하기 위해서 D. Zheng[11]은 원도를 생성하여 이동시키면서 평균과 표준편차를 구하여, 자신이 정의한 가중치 값을 곱하여 영상을 개선하였다. 이 방법의 경우 가중치 함수가 자의적으로 정의되기 때문에 영상에 따라 개선정도가 달라진다.

이러한 문제점을 개선하고, 여러 조명 환경에도 적응적인 영상 대비도의 개선 알고리즘을 제안하기 위해서 본 논문은 영상의 Chi-Square 확률 밀도 함수를 사용한다. 평균과 표준 편차의 정규화 된 값들로 부터 가중치 값을 구하고, 새로운 화소 값들을 결정한다. 다음 식 (1)은 영상의 개선된 화소 값을 결정하는 식이다.

$$P_n(i, j) = \omega(P(i, j) - m) + m \dots\dots\dots (1)$$

여기서, $P_n(i, j)$ 는 현재 화소 $P(i, j)$ 에 대한 새로운 화소 값을 의미하며, ω 는 식 (2)를 이용하여 계산된 적응적인 가중치 값이다. 그리고 m 은 현재 화소에 대한 주변 값과의 평균값이다. 식 (2)는 식 (3)의 감마 랜덤 변수를 이용한 Chi-Square 확률 밀도 함수로써, 주로 통계학에서 많이 쓰고 있다.

$$f_X(x) = \frac{x^{(n/2)-1} e^{-x/2} u(x)}{2^{n/2} \Gamma(n/2)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\Gamma(b) = \int_0^{\infty} y^{b-1} e^{-y} dy \dots\dots\dots (3)$$

본 논문에서는 계수 n의 값을 3으로 설정하고, x값은 표준 편차 σ 를 평균 m으로 나눈 값을 이용하여 최종적으로 가중치 함수 식 (4)를 이용한다. 식 (4)를 이용하여 얻은 가중치 값의 그래프는 그림 4와 같은 형태를 가지게 된다.

$$f_X(\sigma/m) = \frac{(\sigma/m)^{1/2} e^{-(\sigma/m)/2} u(\sigma/m)}{2^{3/2} \Gamma(3/2)} \dots\dots\dots (4)$$

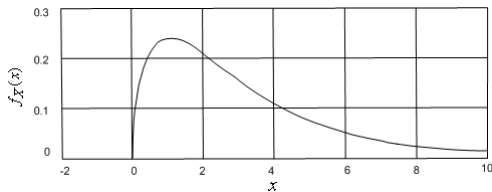


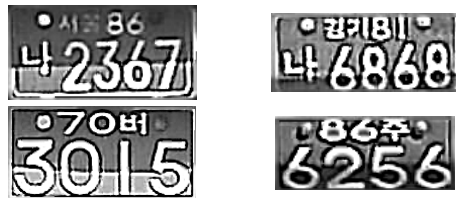
그림 4. Chi-Square 확률 밀도 함수
Fig. 4. Probability density function of Chi-Square

가중치 값을 구하기 위해서 Chi-Square 확률 밀도 함수를 사용하였는데, 그림 4를 보게 되면 확률 밀도 함수의 경우 한쪽으로 값이 치우쳐 증가하는 형태의 값을 갖는다. 따라서, 배경과 문자간의 대비도가 크게 나타나는 영역에 대해서 Chi-Square 확률 밀도 함수의 집중된 영역에서 얻어진 큰 가중치 값을 곱해줌으로써 명암 대비도를 더욱 높인다. 영상의 명암 대비도를 더욱 키움으로써 영상의 품질을 높임과 동시에 배경과 문자의 경계를 더욱 부각시키는 효과를 얻게 된다.

그림 3(a)의 영상을 명도 영상으로 변환한 결과는 그림 5(a)와 같으며, 본 논문에서 제안한 방법으로 영상 개선을 한 결과는 그림 5(b)와 같다. 그림 5(c)는 개선된 영상을 이진화 시킨 결과 영상이다.



(a) 명도 영상



(b) 제한한 방법을 이용한 영상 개선



(c) Otsu의 문턱값 결정론을 이용한 이진화 영상

그림 5. 제안한 방법을 이용한 영상 개선
Fig. 5. Enhancement of image using the proposed method

개선된 영상을 이진화한 결과를 보면, 기존의 방법을 사용하여 영상을 개선한 후 이진화를 수행했던 결과에 비해 밝은 영역 또는 어두운 영역을 구분하지 않고 번호판 문자를 얻을 수 있다. 상대적으로 기존의 방법보다 잡음이 많이 형성된다. 이러한 잡음을 제거하기 위해 번호판 문자 추출 단계에서 레이블링 알고리즘을 적용하여 제거한다.

IV. 번호판 문자 추출

문자를 추출하기 위한 전처리 단계를 수행한 결과 영상으로부터 그림 6과 같은 순서로 번호판 문자를 추출한다. 조명 환경에 강인하도록 영상 품질을 개선시킨 번호판 영상의 정규화를 위해 회전 변환을 수행한다. 사전 카메라 정보를 활용하지 않고 번호판 영상의 수평 프로파일링을 이용하여 회전각을 결정한다. 즉, 번호판 영상의 상단부와 하단부를 구분하는 영역에서 회전 변환에 따라 누적값이 가장 작게 나타나는 회전각을 찾는다.

회전 유무에 따라 회전 변환을 수행한 후, 수평 프로파일링을 이용하여 번호판 영역을 상단부와 하단부로 나눈다. 상단부와 하단부로 나누어진 영역에 대해서 독립적으로 잡음 제거 및 수직 프로파일링을 수행하여 문자의 영역을 분리하고 문자를 추출한다.

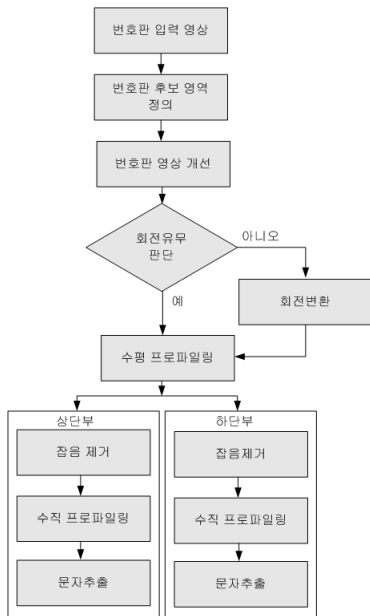


그림 6. 번호판 문자 추출 순서도

Fig. 6. Flowchart of the license plate character segmentation

번호판의 회전은 번호판의 검출 단계에서 카메라 보정을 통하여 회전변환을 수행할 수 있지만, 본 논문에서는 임의로 얻은 번호판 영상만을 사용하기 때문에 카메라의 정보 없이 회전 정도를 판단한다. 투영 변환, Affine 변환, Radon 변환[12, 13] 등이 있는데, 본 논문에서는 단순 회전 변환을 사용하여 회전변환을 수행하였다. 회전의 경우 $-3^0 \sim 3^0$ 범위의 영상의 경우 회전의 영향이 크지 않기 때문에 단순히 수평 프로파일링만 수행한다. 식 (5)의 범위(S_p)에서 수평 프로파일링을 실시하여 가장 작은 값이 일정 이상을 만족할 때 까지 번호판 영상을 회전 변환시킨다.

$$h/3 - \theta_1 < S_p < h/3 + \theta_1 \dots\dots\dots (5)$$

여기서 h 는 번호판의 높이이며, θ_1 은 번호판의 회전각을 찾기 위한 번호판 상단부와 하단부를 나누는 경계에서 프로파일링을 수행하는 범위(S_p)를 결정하는 상수값이다.

그림 7(a)와 같이 회전된 번호판에 대하여 수평 프로파일링을 하게 되면 잡음이 그림 7(b)에 비해 상대적으로 많이 존재하게 되어 영상이 부분 제거 될 수 있는 문제가 발생하지만, 회전 보정된 그림 7(b)의 경우는 번호판의 수평에 대한 경계면에 잡음이 매우 적은 것을 확인할 수 있다.

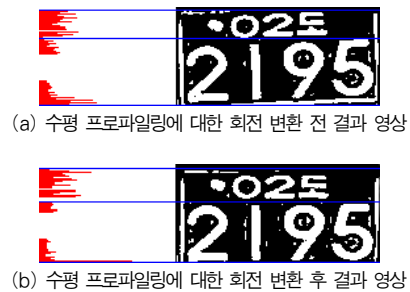


그림 7. 회전 변환을 수행한 결과 영상
Fig. 7. Result image after rotation transform

또한, 회전 변환의 수평 프로파일링으로부터 번호판의 상, 하를 구분한다. 일차적으로 번호판의 경계선을 제거하기 위해서 그림 8과 같이 수평 프로파일링을 수행하여 가장 작은 누적 값을 참고하여 상단부와 하단부를 구분한다. 누적 값의 작은 값을 찾는 알고리즘은 다음과 같다. 그림 2와 같이 번호판의 형상정보의 높이 h 를 참고하여 번호판 상단부의 경우는 $h/4$ 에서 시작하여 가장 처음부분까지 찾고 번호판 하단부는 $3h/4 \sim h$ 까지 범위에서 찾는다. 그림 8는 회전보정이 된 번호판 영상의 상단부와 하단부를 분할한 결과를 보여준다.

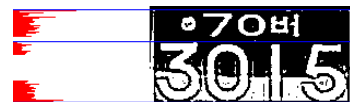


그림 8. 수평 프로파일링을 통한 번호판의 상, 하 분리
Fig. 8. Separation of top and bottom part using the horizontal profiling

상, 하로 나뉜 영역에 대해서 각각 독립적으로 수직 프로파일링을 수행하게 되는데 조명의 빛을 많이 받은 영역일수록 그림 5(c)의 좌상과 좌하 영상처럼 잡음이 많이 발생한다. 번호판 영상의 잡음을 제거하기 위해서 레이블링 알고리즘을 이용하여 그룹화 한다. 그룹의 화소 개수가 $P_{min} < P_{cnt} < P_{max}$ 조건을 만족하면 번호판 문자의 후보로 간주하며, 그렇지 못할 경우에 잡음으로 간주하고 제거한다. 상단부의 P_{min} 와 P_{max} 는 그룹의 화소 개수의 최소값과 최대값이다. 단, $(P_{max} - P_{s-max}) > 130$ 인 경우는 두 번째 최대 크기 P_{s-max} 를 P_{max} 로 결정한다. P_{min} 은 지역 문자의 모음 및 지음의 분리된 경우에 대한 최소값 결정이 모호함으로 번호판 형상의 특징을 고려하여 $P_{max} > 150$ 이면, $P_{max}/3.4$ 로 하였으며, 그 외의 경우는 $P_{max}/7$ 로 설정하였다. 하단부의 P_{max} 는 상단부와

마찬가지로 일차적으로 그룹의 최대값으로 하며, 상단 부와 마찬가지로 $(P_{max} - P_{s-max}) > 130$ 인 경우는 두 번째 최대 크기 P_{s-max} 를 P_{max} 로 결정 짓는다. P_{min} 은 그림 1(a)와 같이 하단부에 존재 하는 지역 문자의 모음 및 자음의 분리된 경우에 대한 최소값 결정이 모호하기 때문에 번호판 형상의 특징을 고려하여 $P_{max} > 500$ 이면 $P_{max}/3.3$ 으로 정한다. 그 외의 경우는 $P_{max}/7$ 로 설정한다. 여기서, 주어지는 상수 값들은 다양한 실험을 통해 선형적으로 결정된 임계값이다. 그림 9는 번호판 영상에 대해 레이블링을 수행한 후 상단부와 하단부의 그룹의 화소수를 고려하여 잡음을 제거한 결과 영상이다.



그림 9. 잡음 제거 결과 영상
Fig. 9. Result image after noise removing

번호판의 상단부와 하단부의 잡음 제거 단계가 끝나면, 수직 프로파일링을 이용하여 문자를 분리한다. 2장에서 설명한 번호판 내의 위치 후보 영역 내에서의 수직 프로파일링 결과를 얻는다. 그림 9의 잡음 제거 영상을 보게 되면, 동그라미 형태의 잡음이 제거 되지 않은 상태로 존재한다. 하지만 상단부의 문자 시작 위치가 $w/4$ 에서 시작하여 $3w/4$ 사이에서 나열되기 때문에 수직 프로파일링의 결과에서 제외한다. 그림 9의 첫 번째 번호판 영상의 수직 프로파일링의 결과를 그림 10에서 보여준다. 그림 10을 살펴보면, 시작 부분과 끝부분 사이에 중간 폭을 구하여 여유 공간을 두었다. 그림 10처럼 수행된 수직 프로파일링의 결과로 부터 그룹화 하여 하나의 문자를 추출하게 된다. 하지만, 문자를 최종적으로 추출하기 이전의 단계에서 숫자가 아닌 문자의 경우 하나의 문자임에도 불구하고 분리되는 경우가 발생한다.



그림 10. 수직 프로파일링 수행 결과 영상
Fig. 10. Result image of vertical profiling

그림 10과 같은 번호판 영상의 상단 부분의 문자의 경우 자음과 모음간의 공간이 다른 문자간의 공간보다 작기 때문에 하나의 문자로 합할 수 있지만, 그림 11과 같은 번호판에서 하단부의 한글 문자 '마'는 자음과 모음간의 영역이 각각 독립된 문자의 영역으로 분리 되는 경우가 발생한다. 지역 표시가 있는 번호판의 상단부에서도 동일한 문제점이 발생한다. 이러한 경우 하나의 문자로 합하기 위해 식 (6)의 조건식을 사용한다. 즉, 두 영역으로 분리된 하나의 문자가 식 (6)의 조건식을 만족하게 되면 두 영역을 합한다.

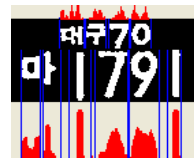


그림 11. 잘못 분리된 수직 프로파일링 수행 결과 영상
Fig. 10. Error result image of vertical profiling

$$P_{n,R} = \begin{cases} P_{(n+1),L} & \text{if } (P_{(n+1),L} - P_{n,R}) < \theta_2 \\ & \text{and } W_{n+1} < W_n/2 \\ P_{n,R} & \text{Otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (6)$$

여기서, $P_{(n+1),L}$ 은 $(n+1)$ 번째 문자 그룹의 왼쪽 위치 값이며, $P_{n,R}$ 은 n 번째 문자 그룹의 오른쪽 위치 값이다. $W_{(n+1)}$ 은 $(n+1)$ 번째 그룹의 넓이고, W_n 은 n 번째 그룹의 넓이다. 그리고 θ_2 는 이웃하는 두 그룹의 경계를 구분하기 위한 상수값이다. 식 (6)에서 제시되는 상수 값들은 실험을 통해 선형적으로 결정하였다. 조건식 (6)을 이용하여 잘못 분리된 문자를 합하면 그림 12와 같이 수직 프로파일링들의 위치를 재조정하여 합한다.

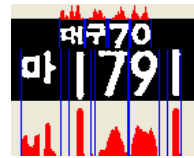


그림 12. 융합된 수직 프로파일링 수행 결과 영상
Fig. 12. Correct result image of vertical profiling

최종적으로 얻어진 샘플 영상에 대한 문자 추출 결과 영상은 그림 13과 같다. 조명의 영향을 받았음에도 불구하고 추출된 문자의 상태가 선명하게 추출된 것을 볼 수 있다.



그림 13. 번호판 영상 내의 추출된 문자 영상
Fig. 13. The result image of license plate characters after segmentation

V. 번호판 문자 인식을 위한 신경망 구성

그림 13을 보게 되면, 조명의 영향을 받았음에도 불구하고 추출된 문자의 상태가 선명하게 추출된 것을 볼 수 있다. 이를 정량적으로 비교하기 위해, 본 논문에서는 신경망 인식기(14)를 구현하여 문자 상태를 객관적으로 비교하였다. 신경망 인식기 구조는 그림 14와 같은 구조를 갖는다. 추출된 문자를 정량적으로 비교하기 위한 인식기는 문자 특징을 이용한 문자인식을 위해 1개의 은닉층으로 구성된 다층 신경망을 사용하였다.

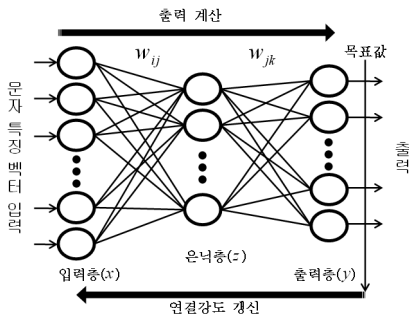


그림 14. 번호판 문자 인식을 위한 신경망 구조
Fig. 14. Structure of neural network for the license plate character recognition

입력 노드의 수는 문자 특징의 차원수와 같이 4100개로 구성되었으며, 은닉층은 2050개의 노드로 구성, 그리고 출력 노드는 구분된 82가지 문자를 표현하기 위해 82개의 노드로 구성되었다. 그리고 w 는 노드사이에 연결 강도를 의미하며, 최종 출력은 연결 강도(w)와 입력값(x) 그리고 활성화함수(f)에 의해 결정된다.

$$y_k = f\left(\sum_{j=1}^{2050} f\left(\sum_{i=1}^{4100} x_i w_{ij}\right) w_{jk}\right) \dots\dots\dots (7)$$

$$f(N) = \frac{1}{1 + e^{-N}} \dots\dots\dots (8)$$

위 결과값 식 (7)을 보면 x_i 는 i 번째 입력벡터 값을, w_{ij} 는 i 번째 입력노드와 j 번째 은닉노드사이의 연결 강도를, 그리고 w_{jk} 는 j 번째 은닉노드와 k 번째 출력노드사이의 연결 강도를 의미한다. 활성화함수로 적용된 식 (8)의 활성화함수 $f(N)$ 은 비선형 단극성 단조증가 함수이고 0에서 1사이 출력을 갖는 시그모이드 함수를 사용하였다. 그리고 연결강도 w 는 순방향 구조의 다층 신경망에서 학습에 사용할 수 있는 역전파 알고리즘(Backpropagation)을 이용해 계산하였다.

VI. 실험 및 고찰

본 논문의 비교 실험에 사용된 번호판 영상은 불법 주, 정차 단속을 위하여 설치된 카메라로부터 획득된 차량 영상에서 Kim(9)이 제안한 방법으로 얻었다. 획득된 정상적인 번호판 영상을 제외한 상단부 및 하단부의 명암 차이가 큰 번호판, 회전된 번호판, 그리고 원거리 촬영에 의해 해상도가 떨어지는 번호판들만을 성능 검증 실험에 사용하였다. 문자 추출과 인식 알고리즘의 프로그램은 Visual C++ + 6.0 환경에서 구현하였으며, Intel Core2 Duo CPU 3.00GHz, 2GB RAM 성능의 컴퓨터를 사용하였다.

그림 15는 실험에서 사용한 회전 및 조명의 영향에 의해 왜곡된 번호판 영상을 상황별로 정리한 대표적인 예이다. 그림 15(a)는 상황 1 : 회전의 영향을 받은 영상, 그림 15(b)는 상황 2 : 수평 조명에 의한 영향, 그림 15(c)는 상황 3: 대각선 조명에 의한 영향, 그림 15(d)는 상황 4: 부분 조명에 의한 영향으로 나뉜다.



(a) 상황 1 : 회전에 의한 영향



(b) 상황 2 : 수평 조명에 의한 영향



그림 15. 상황에 따른 참고 번호판 영상
Fig. 15. The license plate of situation

품질이 좋지 않은 왜곡된 번호판 영상들에 대해 제안된 문자 추출 기법의 우수성을 입증하기 위해 기존의 기법들(히스토그램 평균값 기반 이진화 기법과 Lee[4]가 제안한 국부적 이진화 기법)과 2가지 실험을 수행하였다. 첫 번째 실험은 4가지 상황의 왜곡 영상들에 대해 제안한 기법의 문자 추출률을 기존의 방법들과 비교 평가하였다. 두 번째 실험은 첫 번째 실험에서 추출된 문자의 품질을 정량적으로 검증하기 위해 신경망 기반 문자 인식기[14]를 사용하여 문자 인식률을 비교 평가하였다.

그림 16은 첫 번째 실험으로부터 얻어진 대표적인 결과 문자 추출 영상이다. 그림 16(a)는 히스토그램 평균값 기반 이진화 기법에 의한, (b)는 Lee[4]가 제안한 국부적 이진화 기법에 의한, 그리고 (c)는 제안한 기법에 의한 문자 추출한 결과 영상들이다.



그림 16. 회전 및 다양한 조명 영향을 받은 번호판의 분리 비교
Fig. 16. Comparison of proposed and existing method

회전의 영향을 받은 번호판의 경우 전체적으로 문자를 분리하는 데는 큰 무리가 없었다. 하지만, 기존의 방법을 적용한 결과 문자영상은 수평 프로파일링을 통하여 상, 하를 구분짓는 과정에서 문자의 일부가 소실되었다. 수평 조명 영향을 받은 번호판의 경우, 기존의 방법은 조명의 영향을 심하게 받

은 영역에서 선명한 문자를 얻지 못하였다. 수직 프로파일링 과정에는 제안하는 기법처럼 수평으로 조사된 조명의 영향을 줄이기 위해 명암 대비도를 높이는 과정이 필요하다. 마지막으로 대각선 및 부분 조명의 영향을 받은 번호판에 대해 기존의 방법들은 번호판 배경과 문자를 구분하기 어렵다. 하지만, 제안한 기법은 번호판 영상의 명암 대비도를 높임으로써 상대적으로 선명한 번호판 문자를 얻을 수 있었다.

4가지 상황 별로 제시된 번호판 영상들에 대한 추출률의 비교 실험 결과는 표 1과 같다. 문자 추출은 문자를 번호판 영상상의 정확한 위치에서 문자가 위치하며 같은 문자 개수만큼 추출한 경우에 한해서 성공으로 판단하였다.

표 1. 번호판 영상 상태에 따른 문자 추출률 비교

Table 1. Comparison of segmentation rate as a state of license plate

실험 환경	영상개수 (frame)	추출률(%)		
		전역 이진화 기반 기법	국부 이진화 기반 기법	제안하는 기법
상황 1	100	68.0	88.0	93.0
상황 2	80	61.0	84.0	92.0
상황 3	80	55.0	76.0	87.0
상황 4	80	48.0	71.0	85.0
평균		59.6	81.2	89.6

기존의 전역 이진화 기반 기법은 상황별로 추출률이 많이 떨어지며, 상황 3, 상황 4의 경우에는 60%보다 낮은 문자 추출률을 보였다. Lee[4]가 제안한 국부 이진화 기반 기법은 상황 1, 상황 2에서 대략 85%이상의 문자 추출률을 얻었다. 하지만, 상황 3에서 대각선 방향에서 조명이 번호판 문자 간의 이중으로 영향을 주어, 국부 이진화 기반 문자추출 기법은 76%의 낮은 성공률을 보였다. 본 논문의 제안한 방법은 여러 상황에서도 평균 89.6%의 높은 문자 추출률을 보였다.

두 번째 실험은 제안하는 기법을 포함한 3종류의 기법들을 상황별 번호판 영상에 적용해서 분리된 문자들에 대한 품질을 신경망 기반 번호판 문자 인식기를 이용하여 검증하였다. 표 2는 각 상황별 번호판 문자들에 대한 신경망 기반 문자 인식기의 인식률을 보여준다. 인식률의 경우 추출된 문자들을 신경망 기반 번호판 문자 인식기에 대입하여 나온 결과에 대하여 모든 문자를 정확하게 인식한 경우만 성공으로 판정하였다.

표 2. 문자 인식을 비교
Table 2. Comparison of recognition rate

실험 환경	영상 개수 (frame)	인식률(%)		
		전역 이진화 기반 기법	국부 이진화 기반 기법	제안하는 기법
상황 1	100	48.0	71.0	83.0
상황 2	80	49.0	76.0	80.0
상황 3	80	44.0	72.0	78.0
상황 4	80	32.0	60.0	71.0
평균		45.4	70.9	79.1

표 2를 보게 되면, 전체적으로 인식률이 높지 못한 것은 현재 실험에 사용된 실험 영상이 상황별로 기존의 연구 방법으로는 무차 추출 및 인식이 어려운 제약 조건을 갖는 영상만으로 구성되어 있기 때문이다. 전역적인 이진화 기법을 이용한 기존의 방법은 인식률에서 50% 미만의 성능이 상당히 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 국부 이진화 기법을 이용한 경우를 보면, 상황 2에서 상황 1보다 상대적으로 높은 인식률의 결과를 보였다. 이것은 국부적인 기법을 이용함으로써 회전된 상황 보다는 수평 조명의 영향을 받았을 때의 문자 상태가 인식하기 훨씬 좋은 상태로 추출되는 것을 의미한다. 하지만 제안한 방법을 이용하였을 경우와 비교하여 대략 5%~10% 이상 인식률이 떨어지는 것을 알 수 있다.

조명의 영향으로 많이 왜곡된 번호판은 국부 이진화 기반 기법과 제안한 방법의 추출률과 인식률에서 많은 차이를 보인다. 상황 2와 상황 3에서 조명의 영향으로 번호판 하단 부분 영역에 영상 왜곡이 발생했을 때 제안한 방법이 상대적으로 좋은 결과를 보였다. 상황 4의 경우 부분 조명의 영향으로 한 문자에서도 조명 영향을 받는 부분과 그렇지 않은 부분이 서로 존재하기 때문에, 국부적인 이진화 방법으로는 품질 좋은 문자를 추출하지 못하는 것을 알 수 있다. 제안한 방법을 기반으로 한 인식률이 상대적으로 높다는 것은, 번호판 영상을 개선하고 회전을 보정함으로써 문자 추출률뿐만 아니라 인식 단계에서 중요하게 작용할 추출된 문자의 품질이 좋아 졌다는 것을 의미한다.

VII. 결 론

본 논문에서는 수평 프로파일링을 통한 회전 보정 및 영상의 배경과 문자간의 대비도를 개선함에 따라 회전의 영향 및 조명의 영향으로부터 생기는 잡음 및 문자 분리의 어려움과 추출된 문자의 상태가 선명하지 못하는 문제점들을 해결할 수 있었다. 하지만 번호판 자체의 훼손에 의한 영향 및 지역 표

시가 있는 번호판의 상단부에서 조명의 영향을 받은 번호판의 경우 문자를 잘못 분리하거나, 추출된 문자 상태가 좋지 못한 결과를 낳았다. 상대적으로 진행되어온 기존 연구들의 방법과의 비교한 결과 면에서는 상대적으로 우수한 결과를 낳았고, 이를 문자 추출률과 인식률의 결과를 통하여 입증하였다.

앞으로의 연구에서는 본 논문에서 제안한 영상 개선 기법의 개선을 통해 위와 같은 문제점을 해결하기 위한 연구를 계속할 것이다. 또한 인식률을 향상시킬 수 있는 문자 인식기를 지속적으로 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] 김도형, 이선화, 김미숙, 차의영, "자동차 번호판 영역의 문자추출과 인식에 관한 연구," 한국정보과학회 학술 발표 논문집, 제 27권, 제 2호, 338-340쪽, 2000년 10월.
- [2] Mei Yu and Yong Deak Kim, "An approach to Korean License Plate Recognition Based on Vertical Edge Matching," IEEE Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 4, pp. 2975-2980, October 2000, USA.
- [3] Kaushik Deb, Hyun-Uk Chae, and Kang-Hyun Jo, "Vehicle License Plate Detection Method Based in Sliding Concentric Windows and Histogram," JOURNAL OF COMPUTERS, Vol. 4, No. 8, pp.771-777, August 2009.
- [4] ByeongRae Lee, Kyungsoo Park, Hyunchul Kang, Haksoo Kim, and Chungkyue Kim, "Adaptive Local Binarization Method for Recognition of Vehicle License Plates," LNCS, Vol. 3322, pp. 646-655, November 2004.
- [5] Eun Ryung Lee, Pyeoung Kee Kim, and Hang Joon Kim, "AUTOMATIC RECOGNITION OF A CAR LICENSE PLATE USING COLOR IMAGE PROCESSING," IEEE International Conference on Image Processing, Vol. 2, pp.301-305, November 1994.
- [6] Xin Fan and Guoliang Fan, "Graphical Models for Joint Segmentation and Recognition of License Plate Characters," IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS, Vol. 16, No. 1, pp. 10-13, January 2009.
- [7] Ergina Kavallieratou, "An objective way to evaluate and compare binarization algorithms," Proc. of International Conference on Document Analysis and Recognition, pp. 538-542, August 2005, USA.

[8] Nobuyuki Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on, Vol. SMC-9, No. 1, pp.62-66, January 1979.

[9] 김재도, 한영준, 한현수, "에지 기반 영역확장 기법을 이용한 다양한 크기의 번호판 검출," 한국정보과학회지, 제 36권, 제 2호, 122-130쪽, 2월 2009년.

[10] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, "Digital Image Processing. 2nd Ed" Prentice-Hall, N. J, pp. 595-611, 2002.

[11] Danian Zheng, Yannan Zhao, and Jiaxin Wang, "An efficient method of license plate location," Pattern Recognition Letters, Vol. 26, pp. 2431-2438, November 2005.

[12] Jun Kong, Xinyue Liu, YingHua Lu, Xiaofeng Zhou, and Qiushi Zhao, "Robust License Plate Segmentation Method Based on Texture Features and Radon Transform," LNCS, Vol. 3809, pp. 510-519, November 2005.

[13] R. A. Lotufo, A. D. Morgan, and A. S. Johson, "Automatic Number-Plate Recognition," Inst. Elect. Eng. Colloquium on Image Analysis for. Transfort Applications, pp. 611-616, February 1990.

[14] T. Kohonen, J. Hunninen, J. Kangas, J. Kaaksonen, and K. Torkkola, "LVQ_PAK : The Learning Vector Quantization Program Package" Technical Report A30, Helsinki Univ., January 1996.

저 자 소개



김 병 현
 2008 :
 숭실대 정보통신전자공학부 학사.
 2008-현재 :
 숭실대 대학원 전자공학과 석사과정
 관심분야 : 영상처리, 이족로봇



한 영 준
 1996 : 숭실대 전자공학과 학사.
 1998 : 숭실대 전자공학과 석사.
 2003 : 숭실대 전자공학과 박사.
 2009-현재 :
 숭실대 정보통신전자공학부 부교수.
 관심분야 : 로봇 비전, 영상처리, 비
 주얼서보잉



한 현 수
 1991 : University of Southern
 California (공학박사).
 1992-현재 :
 숭실대 정보통신전자공학부 교수.
 1994:
 일본기계기술 연구소 객원연구원.
 1998 : 숭실대학교 어학원장.
 1999 : 숭실대학교 정보통신전자공학
 부 학부장.
 관심분야 : 자동화 시스템, 자료융합,
 물체인식