

블랙박스 영상용 자동차 번호판 인식을 위한 최소 자승법 기반의 번호판 영상 이진화 알고리즘

김진영¹ · 임종태¹ · 허서원^{1*}

A License-Plate Image Binarization Algorithm Based on Least Squares Method for License-Plate Recognition of Automobile Black-Box Image

Jin-young Kim¹ · Jongtae Lim¹ · Seo Weon Heo^{1*}

¹School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University, Seoul, 04066 Korea

요 약

자동차 블랙박스 영상용 자동차 번호판 인식 시스템에서는 수시로 변하는 도로 주변의 외부 환경에 의해 자동차 번호판에 그림자가 존재하는 경우가 많이 발생한다. 이러한 그림자는 번호판의 문자와 숫자의 개별 문자 분할 과정에서 예상하지 않은 오류를 발생시키게 되고, 그 결과 전체적인 자동차 번호판 인식률을 저하시킨다. 본 논문에서는 이러한 환경에서 번호판 인식률을 높이고자, 번호판의 그림자를 효과적으로 제거하는 번호판 영상 이진화 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법에서는 그림자의 경계를 기준으로 그림자가 드리운 영역과 드리우지 않은 영역으로 분할하는데, 그림자의 경계를 찾기 위해 최소 자승법을 사용하여 그림자 경계선에 대한 곡선을 추정한다. 그림자가 존재하는 자동차 번호판의 영상에 대해 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과 기존 알고리즘 보다 훨씬 높은 인식률을 보임을 확인하였다.

ABSTRACT

In the license-plate recognition systems for automobile black Image, the license-plate image frequently has a shadow due to outdoor environments which are frequently changing. Such a shadow makes unpredictable errors in the segmentation process of individual characters and numbers of the license plate image, and reduces the overall recognition rate. In this paper, to improve the recognition rate in these circumstance, a license-plate image binarization algorithm is proposed removing the shadow effectively. The propose algorithm splits the license-plate image into the regions with the shadow and without. To find out the boundary of two regions, the algorithm estimates the curve for shadow boundary using the least-squares method. The simulation is performed for the license-plate image having its shadow, and the results show much higher recognition rate than the previous algorithm.

키워드 : 차량 번호판 인식 알고리즘, 블랙박스 영상, 이진화, 최소 자승법

Key word : License-Plate Recognition, Black-Box Image, Binarization, Least Square Method

Received 25 January 2018, Revised 13 February 2018, Accepted 17 April 2018

* Corresponding Author Seo Weon Heo(seoweon.heo@hongik.ac.kr, Tel:+82-2-320-3081)

Department of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University, Seoul 04066, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.5.747>

pISSN:2234-4772

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

차량 번호판 인식 기술은 차세대 지능형 교통 시스템(C-ITS: Cooperative Intelligent Transport Systems) 기술 중에서 큰 비중을 차지하며 지금도 연구 중인 기술이다. 최근에는 차량용 블랙박스가 많이 보급되어 실시간으로 이동 카메라로부터 얻은 영상에서의 차량 번호판을 인식하는 연구가 진행되고 있다[1,2,3]. 그런데 블랙박스 영상과 같이 카메라가 이동하면서 촬영할 경우 고정 카메라로 촬영할 경우와 달리 외부 환경이 자주 바뀐다. 그 중 빛에 의한 환경 변화가 크게 작용하는데, 빛에 의해서 번호판에 왜곡이 들어가면 인식이 힘들다. 이러한 경우에 대해 환경 변화에도 인식이 높도록 분류기가 강화된 다단계 신경회로망을 사용하여 번호판의 한글 자모를 분리 인식하여 전체적인 인식률을 향상시킨 연구가 진행되었다[4]. 다단계 신경 회로망은 노드나 층을 늘려 분류기를 강화시킨 구조가 아닌 독립적인 2개의 신경 회로망을 직렬로 연결하여 노드나 층을 늘리지 않아 과적합 문제를 발생시키지 않으면서 인식률을 높이는 방안이다. 그렇기에 한글 글자에 잡음이 많더라도 인식이 가능하다. 그러나 번호판에서 글자를 분할해 내지 못하면 적용할 수 없는 문제점이 있다.

많은 차량들의 후면을 살펴보면 번호판은 차량의 가장 앞에 나와 있지 않고 안쪽에 조금 들어가 있다. 이러한 차량이 위에서 빛을 받게 되면 번호판의 일부분에 그림자가 드리우면서 번호판의 문자와 숫자의 개별 문자 분할을 위한 번호판 영상 이진화의 과정에 영향을 준다. 특히, 빛이 강해지는 낮의 경우 그림자가 강력히 드리우고 그림자의 경계가 뚜렷하게 존재하게 되고 글자 영역의 영상에 왜곡을 준다. 그 결과 기존의 차량 번호판 인식 알고리즘을 적용할 경우 인식률이 저하된다.

본 연구에서는 차량 번호판 인식 시스템의 성능을 높이기 위해서 자동차 번호판의 그림자를 효과적으로 제거하여 자동차 번호판 글자를 쉽게 분할할 수 있는 자동차 번호판 영역의 이진화 알고리즘을 제안하고자 한다.

기존의 차량 번호판 인식 시스템은 그림 1의 좌측과 같이 차량 번호판 영역 검출, 개별 문자 분할, 개별 문자 인식의 세 가지 단계로 구성된다[5].

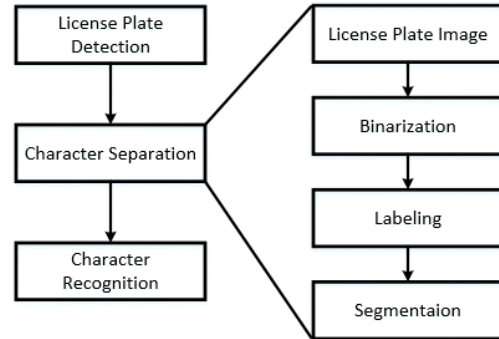


Fig. 1 Existing License Plate Recognition Algorithm

그 중에서 개별 문자 분할 과정을 확인해보면 그림 1의 우측 그림처럼 나타난다. 이 때, 그림자가 드리운 번호판 영상을 차량 번호판 인식 시스템의 입력으로 넣으면 이진화 과정에서 문제가 발생한다. 기존의 개별 문자 분할 기술에는 이진화 영상에서 레이블(Label)을 매겨 분할하는 방법[6], 주변 전경 픽셀 전과 알고리즘을 이용한 분할 방법[7], 이진화 영상을 투영(Projection)하여 히스토그램을 보고 구분하는 방법 등이 있는데, 이 기술들 모두 이진화를 기반으로 진행되기에 이진화 결과가 좋지 못하면 개별 문자를 분할하는 과정이 어려울 뿐만 아니라 글자를 분할하였더라도 차량 번호판 인식 시스템의 마지막 단계인 개별 문자 인식 과정의 성능이 떨어진다.

본 논문에서는 이진화 성능을 높이기 위해 그림자 경계를 찾아 경계를 기준으로 각각 다른 이진화를 적용하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘에서는 차량 번호판 영상이 입력으로 들어오면 먼저 영상의 수직 방향으로 미분한다. 그림자가 드리운 경우 수직 방향으로 픽셀 값이 급격히 변하는 영역이 많은 것을 알 수 있다. 그러나 이 때, 그림자 영역만이 미분 수치가 높은 것이 아니라 번호판 내부의 글자 또한 미분 수치가 높다. 번호판 내부의 글자는 검정색이고 배경은 흰색으로 글자 부분에서 픽셀 값의 변화가 심하다. 그렇기에 글자 부분을 제거하고 남은 부분에 대하여 최소 자승법을 이용해 그림자 경계의 곡선을 근사화한다.

그림자가 존재하는 자동차 번호판의 영상에 대해 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션 한 결과 번호판 인식률이 훨씬 높아진 것을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 그림자가

드리워진 차량 번호판의 기존 이진화 방법에 대해 살펴보고, 3장에서 제안한 알고리즘을 상세히 설명한다. 4장에서는 제안한 시스템의 성능 분석 결과를 제시하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 기존 차량 번호판 이진화 알고리즘 및 그림자 제거 알고리즘

기존의 차량 번호판 인식 과정은 카메라로부터 얻은 영상에서 번호판이 존재하는 영역을 검출하고, 차량 번호판 영역에서 개별 문자 영역을 분할한 후 개별 문자를 인식하는 세 가지 단계로 구성된다[4]. 이 세 가지 단계 중 개별 문자 영역을 분할하는 단계는 이진화 과정과 분할 과정으로 두 가지 단계로 구성된다. 먼저, 번호판 영상을 이진화하여 글자에 해당하는 픽셀만 값을 갖도록 한 다음 분할 과정을 진행한다. 분할 과정은 여러 가지가 있는데, 예를 들면 이진 영상에서 같은 값을 갖는 픽셀들이 인접해 있다면 인접한 픽셀들끼리 그룹화하는 레이블링 방법[4], 이진 영상을 x축, y축으로 투영하여 수치가 큰 부분을 글자로 판별하는 방법 등이 있다. 이처럼 분할과정은 이진화 과정의 영향을 많이 받게 되는 구조이다. 본 장에서는 기존의 이진화 알고리즘과 그림자를 제거하는 방안에 대해 설명한다.

2.1. Otsu의 방법을 이용한 이진화

Otsu 방법은 이진화 방법 중 가장 널리 사용되고 있는 방법으로서 영상 전체에서 하나의 문턱치를 설정하는 대표적인 방법이다[7]. 배경과 글자의 경우 픽셀 값이 극단적으로 구분되어 있기 때문에 이진화가 잘 이루어진다고 볼 수 있다. 문턱치는 분산 값에 대한 가중합이 최소가 되는 값으로 결정한다. 이 방법으로 이진화를 할 수 있다는 가정은 배경과 글자처럼 두 클래스로 확연히 구분 가능한 경우를 말하기 때문에 그림자가 드리워진 영상은 그림 2와 같이 이진화가 불가능 하다.

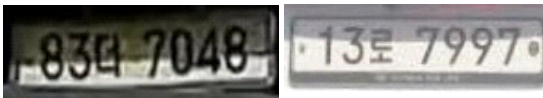


Fig. 2 License Plate Image with Shadow

2.2. 적응적 이진화 알고리즘

입력된 영상의 전체에 대하여 문턱치를 계산하는 것이 아니라 일정 크기의 직사각형 영역 내에서만 문턱치를 결정한다. 직사각형의 위치는 입력 영상의 좌측 상단부터 우측 하단까지 적어도 1번은 포함되도록 움직이게 되고 직사각형의 위치가 바뀔 때 마다 문턱치를 새로 계산하여 직사각형 영역 내의 픽셀들을 이진화한다. 이 이진화 방법은 영상의 밝기가 점차적으로 변해나가더라도 원하는 글자 정보만을 이진화할 수 있다. 그러나 그림자가 드리워진 영상과 같이 급작스럽게 영상의 밝기가 바뀌는 경우 밝기가 바뀌는 부분이 이진 값을 갖게 된다. 그림자가 드리워진 영상의 경우 그림자의 경계를 기준으로 곡선의 모습이 이진 영상에 나타난다.

2.3. 기존 그림자 제거 알고리즘

외부 환경에서 햇빛에 의해 그림자가 드리워질 경우 일반적으로 위에서 아래로 드리워지는 것을 쉽게 알 수 있다. 그렇기에 좌우로 길고 위아래로 짧은 직사각형 모양의 박스 형태로 영상을 아래에서 위로 올라가며 직사각형 박스 내의 히스토그램을 조사할 경우 그림자의 경계부근에서 변화가 크게 나타난다[8]. 이유는 픽셀 값이 밝은 영역에서 255에 가깝겠지만 그림자가 드리운 영역은 현저히 떨어지기 때문이다.

또 다른 기존 알고리즘에서는 영상을 수직 방향으로 미분하여 그림자의 경계를 찾는다[9]. 그림자의 경계를 기준으로 변화가 많기 때문에 그림자의 경계 근처에서 미분 값이 크게 나타날 것이고 미분 값이 큰 점들을 직선으로 이어 경계선을 만든다. 이렇게 직선으로 근사할 수 있는 것은 그림자가 드리워진 영상에서 미분 값이 큰 점들을 많이 발견할 수 있고 그림자의 경계선이 곡선이더라도 변화가 적을 것이기 때문이다.

III. 제안하는 차량 번호판 이진화를 위한 그림자 제거 알고리즘

3.1. 기존 차량 번호판 이진화를 위한 그림자 제거 알고리즘의 문제점

기존 그림자 제거 알고리즘들은 각각의 문제점을 갖고 있다. 먼저, 가로로 길고 세로로 짧은 직사각형 박스를 아래에서 위로 움직이며 박스 내의 히스토그램을 조

사하여 그림자의 경계선을 찾는 알고리즘의 경우 그림자의 경계선이 사선으로 그림자가 들어오게 되면 그림자 영역을 찾을 수 없다. 그림자의 경계를 기준으로 밝기가 극명히 달라지는 것은 사실이지만 노을과 같은 햇빛이 드리운 경우 그림자의 경계선이 사선으로 만들어진다. 이런 경우 좌우로 길고 위아래로 짧은 직사각형 박스 내의 히스토그램을 조사하여 변화를 관찰해보면 그 변화가 적다. 그렇기에 이런 경우에는 그림자 영역을 알 수 없다.

영상을 수직방향으로 미분하여 경계선을 찾아 이진화하는 알고리즘 또한 문제점이 존재한다. 미분 값이 큰 점들을 많이 발견해내지 못하는 경우 발생할 수 있다. 이런 경우 미분 값이 크게 나타난 점들끼리 직선으로 이어 그림자의 경계선으로 근사할 수 없다. 반대로 그림 3과 같이 그림자 경계선 이외에 미분 값이 큰 점들이 많이 발견되게 되어도 그림자의 경계선을 근사할 수 없다. 신형 번호판의 경우 번호판 내부의 글자들이 검정색이고 배경이 흰색이기에 글자에 해당하는 위치에서 미분 수치가 높아 그림자의 경계로 생각하기 쉽다.

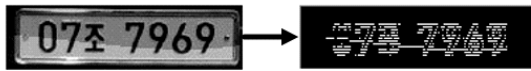


Fig. 3 Examples of Vertical Differentiation in a License Plate Image with Shadows

3.2. 제안하는 차량 번호판 이진화를 위한 그림자 제거 알고리즘

본 논문에서 기존 차량 번호판 이진화 성공률을 높이기 위한 새로운 그림자 제거 알고리즘을 제안한다. 그림자의 경계선을 곡선으로 근사하여 경계선과 매우 흡사한 곡선을 얻은 후 그 곡선을 기준으로 영역을 달리 이진화하거나 혹은 밝은 영역의 픽셀 값을 낮추어 전체적으로 비슷한 밝기를 갖도록 한 후 이진화를 진행한다.

제안하는 알고리즘은 기존 알고리즘인 영상을 수직으로 미분하여 그림자의 경계선을 찾는 알고리즘을 사용하나, 글자 영역을 제외하는 알고리즘과 최소 자승법을 이용해 곡선을 근사하는 알고리즘을 추가하여 성능을 높인 것이 특징이다.

그림 4는 제안하는 알고리즘에 관한 블록 다이어그램이다.

3.2.1. 영상 수직 미분 알고리즘

앞 서 보인 예시들과 같이 그림자가 드리운 영상의 경우 그림자의 영향으로 영상의 상단 부분과 하단 부분이 밝기에서 차이가 나는 것을 알 수 있다. 그렇기에 다음과 같은 식 (1)을 이용하면 위아래로 인접한 픽셀의 밝기 차이가 큰 부분에서 수식 값이 크게 나온다.

$$\frac{I(x,y+\Delta y) - I(x,y)}{(x,y+\Delta y) - (x,y)} \cong I(x,y+1) - I(x,y) \quad (1)$$

$I(x,y)$ 는 전체 영상에서 (x,y) 좌표에 해당하는 픽셀의 수치이다. 식 (1)을 영상의 모든 픽셀에 대해 연산하면 픽셀의 밝기 차이가 큰 값을 골라낼 수 있다.

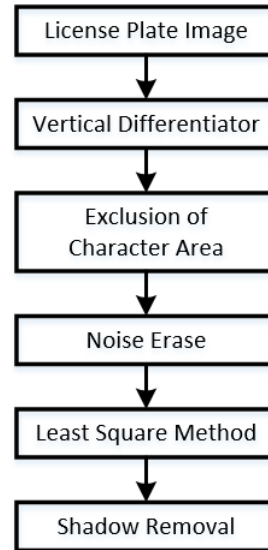


Fig. 4 Proposed Shadow Removal Algorithm Block Diagram

3.2.2. 글자 영역 제거 및 잡은 제거 알고리즘

영상 수직 미분 알고리즘에서 위아래로 인접한 픽셀 간에 밝기 차이가 큰 영역을 찾아내고 나면 찾아낸 영역은 그림자의 경계선을 따라 나타난 영역 이외에 다른 영역들도 나타나는 것을 알 수 있는데, 주로 글자 영역이 이에 해당한다. 신형 번호판의 경우 배경은 흰색, 글자는 검정색으로 숫자 6자, 한글 1자로 구성되어있다. 즉, 글자가 검정색에 해당하기 때문에 글자의 경계에서도 인접한 픽셀의 밝기 차이를 구하면 값이 크게 나타난다.

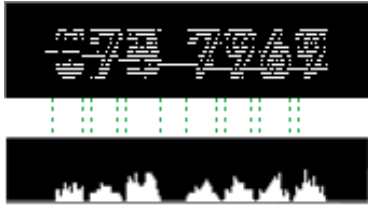


Fig. 5 Histogram of Projection Value for Vertical Differentiation in a License Plate Image with Shadow

그림 5는 위아래로 인접한 픽셀의 밝기 차이가 큰 경우 해당 픽셀은 흰색으로 그렇지 않은 경우 검정색으로 그린 영상 수직 미분 알고리즘의 결과 그림이다. 그림 5를 확인해보면 글자 영역에서 많은 픽셀들이 밝기 차이가 큰 것을 알 수 있다. 그러나 글자 영역의 경우 수직으로 1줄씩 확인해보면 밝기 차이가 큰 영역이 자주 나타나는 것을 알 수 있기 때문에 그림 5의 하단 영상과 같이 수직 방향으로 투영 시 글자 영역에 해당하는 부분은 투영 수치가 높은 것을 알 수 있다. 즉, 투영 수치가 높은 부분을 제거하면 글자 영역만을 제거할 수 있다.

글자 영역을 제거하더라도 그림자 경계선 이외의 잡음이 추가되어 경계선을 근사하는 것에 오류가 발생할 수 있다. 이러한 잡음은 1~2 픽셀이 그림자의 경계선에 가까운 곡선에서부터 멀리 떨어져 있는 것을 확인할 수 있는데, 이러한 점들은 그림자의 경계선에 가까운 픽셀과 확연히 다른 것을 알 수 있다. 그림자의 경계선에 가까운 픽셀과 잡음의 픽셀을 직선으로 이어보면 그 기울기는 매우 큰 것을 알 수 있는데, 실제로 그림자의 경우 위에서 아래로 지기 때문에 기울기가 급격히 클 수 없다. 이 점을 이용하여 잡음을 제거할 수 있다.

3.2.3. 최소 자승법을 이용한 곡선 근사 알고리즘

그림 6은 그림 5의 영상을 글자 영역만을 제거한 결과 그림이다. 글자 영역을 제거한 후 남은 흰색 점들의 좌표를 가지고 최소 자승법을 이용해 곡선으로 근사한다. m 개의 점들이 존재하고 그 점들을 n 차의 다항식으로 근사하고자 한다면 식 (2)와 같이 설명할 수 있다.

$$\begin{aligned} y_1 &= a_n x_1^n + a_{n-1} x_1^{n-1} + \dots + a_1 x_1 + a_0 \\ y_2 &= a_n x_2^n + a_{n-1} x_2^{n-1} + \dots + a_1 x_2 + a_0 \\ &\vdots \\ y_m &= a_n x_m^n + a_{n-1} x_m^{n-1} + \dots + a_1 x_m + a_0 \end{aligned} \quad (2)$$

식 (2)를 행렬 표현식으로 바꾸어 간단히 표현하면 식 (3)과 같이 표현된다.

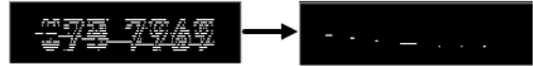


Fig. 6 Image of the Character Area and Noise Rejection Algorithm Result

$$Y = XA, \quad (3)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} x_1^n & x_1^{n-1} & \dots & 1 \\ x_2^n & x_2^{n-1} & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m^n & x_m^{n-1} & \dots & 1 \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} a_n \\ \vdots \\ a_0 \end{bmatrix}$$

일반적으로 좌표의 개수인 m 이 다항식의 차수 n 보다 크기 때문에 식 (2)를 만족하는 해는 유일하지 않으며 이 중 Y 와 XA 두 벡터 간의 거리가 가장 작게 되는 해를 구해야 하는데, 이를 최소 자승법이라고 부른다. 따라서 최소 자승법을 만족시키는 다항식의 계수에 해당하는 행렬 A 를 구하면 식 (4)와 같이 정리할 수 있다.

$$A = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (4)$$

실험에서는 2차식으로 근사하였다. 그림 7은 그림 6에 해당하는 예시를 위 식들에 대입하여 2차식으로 근사하는 행렬 A 를 구하고 구한 근사 곡선을 보인 그림이다.



Fig. 7 Example of Curved Lines and Shadow Removal Images using the Least Squares Method

최소 자승법을 활용하여 그림자의 곡선을 추정된 후 곡선을 기준으로 밝은 부분의 픽셀 값을 임의적으로 감소시켜 상단부분과 밝기가 비슷하도록 보정한다. 이후 이진화를 수행하여 글자만을 분할한다.

IV. 실험 및 결과

제안하는 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 시뮬레이션을 진행하였다. 150장의 영상 데이터틀 사용하여 이진화 실험을 수행하였다. 그림 8은 실험에 사용한 영상의 예시를 나타내었다.

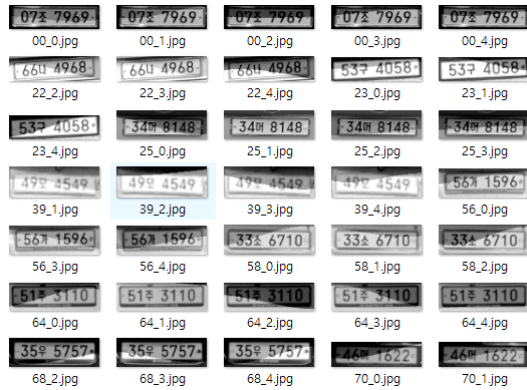


Fig. 8 Simulation Data to Validate Shadow Removal Systems

본 실험에서는 번호판 내부 글자가 정확히 분할이 되는 것이 목표이기 때문에 그림자가 드리워질 때 이진화한 후 레이블링을 진행하여 분할까지 되는 것을 기준으로 성능을 측정하여 분석하였다. 명확히 글자 모양을 유지하면서 분할이 되었는가를 보고 판단하였다. 물론, 그 과정에서 실제 글자와 픽셀 단위로 비교할 시 차이가 있을 수 있으나 그 정도는 무시하였는데, 그 이유는 글자 분류기가 미세한 차이정도는 영향을 미치지 않고 인식이 가능할 것으로 판단하였기 때문이다.

본 실험에서는 인텔 i7 CPU 2600k 3.4Ghz와 8GB RAM로 구성된 PC를 사용하였다. Visual Studio Pro 2010 환경에서 C/C++로 구현하여 시뮬레이션을 수행하였다. 실험 결과를 다음과 같은 표 1과 표 2에 나타내었다.

Table. 1 Success Rate in Existing License Plate's Korean Character Separation Algorithm

Data	Success	Rate
150	72	48%

Table. 2 Success Rate in Proposed License Plate's Korean Character Separation Algorithm

Data	Success	Rate
150	127	84.7%

모의실험 결과, 기존 알고리즘은 48%의 인식률로 저조한 성공률을 보이거나 제안한 알고리즘은 84.6%의 성공률을 보였다. 기존 알고리즘으로는 단순 Otsu 이진화 알고리즘에 적용적 이진화 알고리즘을 적용한 방법을 택하여 실험하였다.

그림 9는 기존 알고리즘에서 이진화하지 못한 영상을 제안한 알고리즘에서 이진화에 성공한 결과를 보인 예시이다. 제안한 알고리즘을 통해 찾아낸 그림자의 경계선은 실제 그림자 경계선과 매우 비슷한 것을 알 수 있다. 그러나 그림자가 번호판의 일부분만 드리워져 그림자의 정보가 적어지는 경우에는 제안한 알고리즘에서도 그림자를 찾아내지 못하였다.

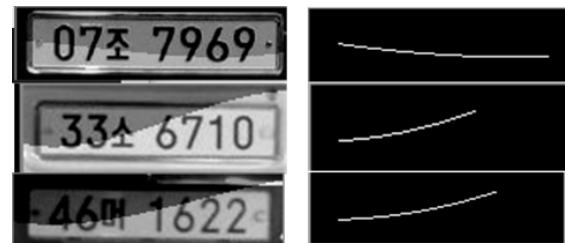


Fig. 9 Example of a Successful Shadow Removal using Proposed Algorithm

V. 결론

본 논문에서는 차량 번호판 인식 알고리즘에서 차량 번호판에 그림자가 드리울 시 인식에 실패하는 경우가 생기기 때문에 그 점을 해결하고자 그림자를 제거하는 알고리즘을 제안하였다. 차량 도로와 같은 환경은 빛에 의해 영상이 다양하게 변화하는데, 그 중 그림자가 드리워지면 필요 정보를 이진화하여 얻을 수 없는 문제가 발생한다. 제안하는 시스템에서는 영상을 수직방향으로 미분하여 그림자의 경계를 찾아내고 그림자의 경계선에 해당하지 않은 글자 영역이나 다른 잡음들을 제거한 후 최소 자승법을 활용하여 곡선으로 근사한다. 근사한 곡선을 기준으로 이진화를 달리하여 성공률을 높였다.

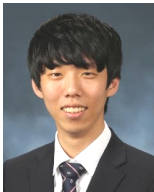
제안한 시스템의 검증을 위해 150장의 영상을 바탕으로 모의실험을 한 결과 기존의 알고리즘을 사용하였을 때 보다 높은 84.6%의 성공률을 보였다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported partly by the National Research Foundation of Korea (NRF) under the Grants NRF-2016R1D1A1B03930910, the KIAT grant funded by the Korean government (MOTIE No. N0001883, HRD Program for Intelligent Semiconductor Industry), and 2017 Hongik University Research Fund.

References

- [1] S. M. Park and J. Kwak, "The current state of domestic and foreign countries and major security standardization trend of Cooperative Intelligent Transport Systems(C-ITS)," *Journal of the Korea Institute of Information Security and Cryptology*, vol. 25, no. 5, pp. 53-59, October 2015.
- [2] S. G. Jin, "The Next Generation ITS based on IOT," *Proceeding of the 2016 Korea Institute of Intelligent Transport Systems Conference*, pp.334-335, April 2016.
- [3] H. N. Oh and E. G. Rhee, "Enhancement of Car License Plate Recognition Rate and Security with Rotation Algorithm," *Journal of Security Engineering*, vol.13, no.2, pp. 83-90, April 2016.
- [4] J. Y. Kim, S. W. Heo and J. Lim, "A License Plate Recognition Algorithm using Multi-Stage Neural Network for Automobile Black-Box Image," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 22, no. 1, January 2018.
- [5] K. I. Kim, "Binary Connected-component Labelling with Block-based Labels and a Pixel-based Scan Mask," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, vol. 50, no. 5, pp. 287-294, May 2013.
- [6] S. H. Park and S. W. Cho, "A Vehicle License Plate Recognition Using the Haar-like Feature and CLNF Algorithm," *Smart Media Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 15-23, March 2016.
- [7] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *IEEE Journals & Magazines*, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, January 1979.
- [8] J. H. Kim and G. B. Kim, "A Binarization Technique using Histogram Matching for License Plate with a Shadow," *Journal of Broadcast Engineering*, vol. 19, no. 1, pp. 56-63, January 2014.
- [9] B. H. Seo, B. M. Kim, C. B. Moon and Y. S. Shin, "Binarization of Number Plate Image with a Shadow," *Journal of the Korea Industrial Information Systems Society*, vol. 13, no. 4, pp. 1-13, December 2008.



김진영(Jin-young Kim)

2016년 2월 : 홍익대학교 전자전기공학 공학사
 2016년 3월 ~ 현재 홍익대학교 전자전기공학과 석사과정
 ※관심분야: 인공 지능, 머신 러닝, 신경 회로망 구조, 디지털 신호 처리



임종태(Jongtae Lim)

1989년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학사
 1991년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학석사
 2001년 8월 : The University of Michigan at Ann Arbor 공학박사
 2004년 9월 ~ 2008년 2월 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 조교수
 2008년 3월 ~ 현재 홍익대학교 전자전기공학부 교수
 ※관심분야: 디지털 통신 및 방송 시스템, 디지털 신호 처리



허서원(Seo Weon Heo)

1990년 2월 : 서울대학교 전자공학 공학사
 1992년 2월 : 서울대학교 전자공학 공학석사
 2001년 12월 : Purdue University 공학박사
 2006년 8월 ~ 현재 홍익대학교 전자전기공학부 교수
 ※관심분야: 통신 및 임베디드 시스템 설계