

Day and night license plate detection using tail-light color and image features of license plate in driving road images

Lok-Young Kim*, Yeong-Woo Choi**

Abstract

In this paper, we propose a license plate detection method of running cars in various road images. The proposed method first classifies the road image into day and night images to improve detection accuracy, and then the tail-light regions are detected by finding red color areas in RGB color space. The candidate regions of the license plate areas are detected by using symmetrical property, size, width and variance of the tail-light regions, and to find the license plate areas of the various sizes the morphological operations with adaptive size structuring elements are applied. Finally, the plate area is verified and confirmed with the geometrical and image features of the license plate areas. The proposed method was tested with the various road images and the detection rates (precisions) of 84.2% of day images and 87.4% of night images were achieved.

▶ Keyword : Road images, Day and night image classification, License plate detection, Adaptive morphology

1. Introduction

컴퓨터 비전 기반의 자동차 번호판 인식 시스템은 주차장과 차량 출입 관리를 위해 널리 보급되어 있다. 이들 기술은 고정된 카메라와 바닥면에 설치된 센서를 통해서 번호판 영역을 정확하고 손쉽게 검출할 수 있도록 환경을 사전에 조성해서 안정적인 성능으로 작동하고 있다. 최근에는 블랙박스나 스마트 기기의 보급으로 인해서 차량 운행과 관련된 다양한 영상들이 취득되고 있으며 이를 분석하여 응용하는 영상기반의 지능형 자동차 기술들이 활용되고 있다. 이들 기술은 자동차가 운행하는 중에 전후방 영상을 취득하고, 이를 분석하여 운전자에게 유용한 정보를 제공한다. 예를 들어 스트리트 뷰 영상인 경우, 도로주행 중에 주변 차량의 번호판이 그대로 노출되기 때문에 번호판 영역을 검출해서 그 영역을 영상에서 지우는 기술이 필요하다. 혹은 경찰차인 경우에는 주행 중의 주변 차량의 번호판을 자동으로 인식하여 수배차량을 실시간으로 조회할 수 있어야 한다. 번호판 영역을 검출하는 기존 연구는 번호판의 색상 정보를

이용하는 방법[1-4]과 번호판의 형태 특징을 이용하는 방법인 번호판 글자의 구성 정보[5-6], 에지분석[7-8], 히스토그램을[9] 이용하는 방법으로 구분할 수 있다. 번호판의 색상 정보를 이용하는 방법은 검색 영역을 줄일 수 있지만, 차체 색상이 번호판과 비슷하거나 날씨 또는 조명이 변화무쌍한 도로주행에서 취득한 영상에서는 검출에 상당한 어려움이 있다. 또한 번호판의 형태 특징을 이용하는 방법들은 비교적 단순한 도로영상에서는 검출 성능이 높지만, 노이즈에 민감하고 조명에 영향을 받으며 번호판 영역의 크기 및 각도가 다양하게 나타나는 복잡한 도로주행 영상에서는 성능이 낮아지는 단점이 있다.

앞서 소개한 기존의 자동차 번호판 검출 방법은 주변 환경이 단순하고 카메라가 고정되어 있다는 제약이 있어, 자동차가 주행 중에 취득하는 영상에 적용하기 어렵다. 다시 말해 영상 분석에서 가장 큰 영향을 미치는 조명이 고정되어 있는 환경에서 추출된 결과로서, 매우 다양한 조명 상태에 노출되는 도로주행 영상을 분석하는 데 적용하기에는 제약이 있다. 또한 주차장 번호판 인식시스템과 같이 번호판 영역이 영상의 중심부에서 확대되어 촬영되는 것과는 달리,

• First Author: Lok-Young Kim, Corresponding Author: Yeong-Woo Choi
*Lok-Young Kim(kly821@naver.com), Dept. of Computer Science, Sookmyung Women's University
**Yeong-Woo Choi(ywchoi@sookmyung.ac.kr), Dept. of Computer Science, Sookmyung Women's University
• Received: 2015. 06. 29, Revised: 2015. 07. 14, Accepted: 2015. 07. 27.
• This work was supported by 2013 Sookmyung Women's University Research Grant.

주행 영상에서는 넓은 화각의 영상에 다수의 차량이 촬영되고 번호판 영역의 크기가 매우 다양하여 이들 방법을 적용하기에는 한계점이 있다.

본 논문의 2장에서는 번호판 후보 영역을 검출하는 방법과 검출된 후보 영역으로부터 번호판 영역을 확정하는 방법을 제안하고 설명한다. 3장에서는 제안한 방법을 다양한 도로영상에 적용한 결과를 설명하며, 4장에서 결론을 맺는다.

II. The Proposed Scheme

1. 번호판 후보 영역 추출

본 논문에서는 주행 중의 영상에 대한 번호판 영역 검출에서 기존의 방법들이 갖고 있는 문제점을 해결하기 위해서 차량 후미등의 색상을 특징으로 먼저 이용한다. 번호판의 배경색상은 크게 흰색, 녹색 및 황색으로 구성되어 있으며 주변의 조명 변화에 따라 민감하게 반응하여 왜곡된 색상으로 이미지가 취득되는 경우가 빈번하게 발생한다. 또한 이들 색상은 도로 및 주변 구조물 등에서도 빈번하게 등장하는 색상이기도 하다. 차량 후미등 색상은 사고 방지를 위해서 차량의 다른 부분과 명확하게 구분되고 뒤를 따르는 차에서도 쉽게 알아볼 수 있도록 빨간색으로 제작되어 있어서 다른 색상에 비해서 비교적 조명 변화에 큰 영향을 받지 않고 특정 범위 내에서 색을 유지하는 장점이 있다[10]. 또한 본 논문에서는 영상 탐색시간을 줄이고 탐색 정확성을 높이기 위해서 후미등 영역을 먼저 찾아서 영상의 검색 영역을 축소하여 번호판 영역을 찾고자 한다.

본 논문에서는 또한 자동차 번호판 검출의 정확성을 높이기 위해서 먼저 주행 영상을 주간과 야간으로 구분하고 이에 따라 RGB 색 공간에서 빨간 계열의 색상 분할한 결과를 기반으로 후미등 영역을 검출한다. 검출된 후미등의 대칭성과 크기, 너비, 분산을 특징으로 사용하여 번호판 후보 영역을 검출한다. 검출된 후보 영역에 대해서 구조연산자의 크기가 적응적으로 변하는 모폴로지 연산을 적용한 후 번호판의 종횡비 등 번호판만의 특징을 검사하여 영역을 확정한다. 그림 1은 본 논문이 제안하는 시스템의 전체 흐름도이다.

1.1 입력 영상

본 논문은 눈으로 식별할 수 있는 번호판 영역을 정확하게 검출하는 것이 목표이다. 이를 위해서 개발 및 실험에 사용한 데이터는 현대모비스에서 제공한 국내 주야간 도로 주행 영상이며, 찾고자 하는 번호판의 크기는 주간 영상인 경우에는 전체 영상 가로 대비 최소 1% 이상, 야간 영상인 경우에는 전체 영상 가로 대비 최소 2% 이상의 크기로서 눈으로 번호판 글자를 식별할 수 있는 크기로 제한한다.

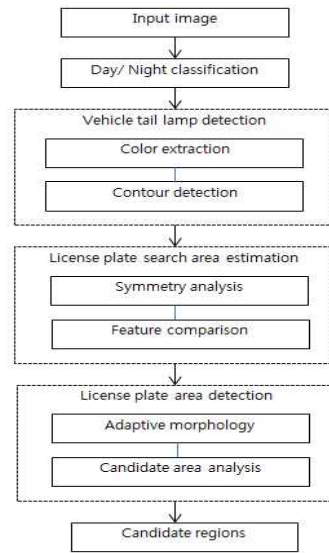


Fig. 1 The overview of the proposed system

1.2 주야간 영상 판별

주간 영상과 야간 영상은 차량 후미등의 색상 분포, 번호판의 선명도 등에 차이가 있기 때문에 주간 또는 야간 영상으로 먼저 구분한 후 번호판 영역을 찾는다.



Fig. 2 Daytime(left) and night(right) images

주간 및 야간 영상을 구분하는 방법은 그림 2에 표시한 것과 같이 영상의 상단 중간 부분의 명암도의 평균값을 이용하여 판별한다. 도로영상에서 이 부분은 주야간에 따라 주변조도의 밝기 변화가 뚜렷하여[11], 표 1과 같이 주간과 야간 영상의 평균 명도값이 선명하게 구분되어 매우 정확하게 주간 및 야간 영상을 판별할 수 있다.

Table 1. Average intensity values of day and night images and classification results

Test set	Daytime	Night
Number of images	300	300
Average intensity value	97.94	26.75
Standard deviation	12.17	7.69
True	297	300
False	3	0
Accuracy	0.99	1.00

그림 3과 같이 주변의 조도가 낮은 흐리고 어두운 날의 주간 도로 영상인 경우 야간 영상으로 오분류되는 경우가 발생하기도 한다. 이 경우에도 제한한 방법으로 후미등 영역을 찾을 수 는 있다.



Fig. 3 Example of misclassification in day and night image classification

1.3 차량 후미등 영역 추출

1.3.1 빨간 계열의 색상 분할

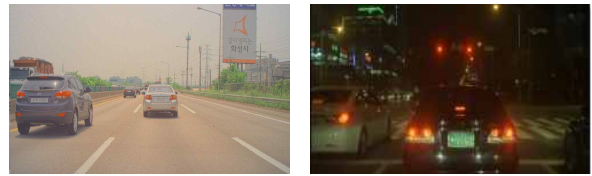
입력 영상에서 차량 후미등 영역을 정확히 추출하기 위해서 RGB 색 공간에서 후미등의 빨간 계열의 색상 분할이 필요하다 [12]. 이때 빨간색의 범위는 RGB 색 공간에서 각 픽셀의 R, G, B값을 식 (1)로 설정하였으며 여기서 임계값은 다양한 도로주행의 충분한 수의 영상으로부터 실험으로 결정하였다. 또한 RGB 색 공간을 사용한 이유는 색상대비를 통해서 색 검출의 정확성을 향상시키기 위함이다.

$$(R - B) > 30 \text{ AND } (R - G) > 50 \text{ AND } B < 80 \text{ AND } G < 120 \quad (1)$$

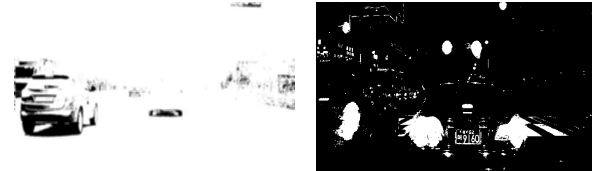
식 (1)과 같이 설정한 이유는 다음과 같다. 첫째, RGB 색 공간의 G, B값을 고려하지 않고 R값만을 이용할 경우 후미등만의 특징을 찾기가 어렵다. RGB 색 공간에서 R값만 이용할 경우 영상의 조명변화에 따라 후미등 영역의 색 분포가 다르게 나타나기 때문에 임계값을 설정하기 어렵다. 이는 그림 4(b), 4(c)와 같이 특히 주간 도로주행 영상에서는 전체적으로 R값이 높게 나타나기 때문에 R값만으로는 후미등 영역을 찾기가 어렵다.

둘째, 색상 대비를 통해 색상을 인식할 수 있으며 아래 그림에서 보는 바와 같이 차량 후미등의 색상 특징이 쉽게 찾아짐을 알 수 있다. 이는 또한 인간의 색상 인식을 위한 여러 세포의 성질 중 색상 대비에 강하게 반응한다고 하는 동질 형태의 수용장(Receptive Field)을 가진 세포를 모델링하여 색상 대비에 관련된 정보를 추출하여 이를 색상지도로 만드는 과정과 유사하다[13].

끝으로 RGB 색공간은 각 원색이 독립적으로 구성되어 있어서 RGB 색 공간을 이용하면 색상간의 차이를 쉽게 구할 수 있으며, 식 (1)을 이용한 결과는 그림 4(d)와 같다.



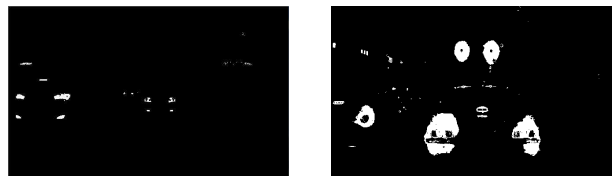
(a) Road images



(b) R > 100

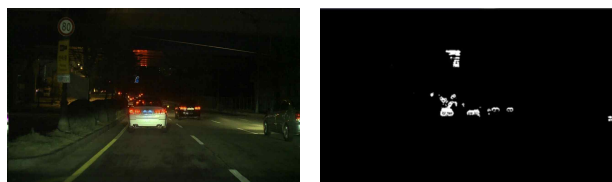


(c) R > 200



(d) Color extraction with color contrast
Fig. 4 Color extraction

식 (1)을 이용해서 야간영상의 후미등 영역을 찾을 경우 그림 4와 같이 색 번짐으로 인해서 후미등 영역을 정확히 찾기가 어렵다. 이를 해결하기 위해서 후미등과 차체를 구분함으로써 색 번짐을 줄이고자 했으며, 영상의 에지를 추출한 후 모폴로지 연산으로 추출된 에지를 연결시킴으로써 하나의 차체에서 추출된 에지를 연결시켜 그림 5(c)와 같이 차체를 구분한다. 이를 색 추출 영상인 그림 5(b)와 AND 연산으로 색 번짐을 줄인 영상에서 후미등 영역을 찾는다.



(a) Night road image

(b) Color extraction



(c) Preprocessed image

(d) Result image

Fig. 5. Reducing color spread from night images

1.3.2 윤곽선 기반의 후미등 영역 검출

색 추출 영상에서 후미등 영역은 빨간 계열의 색이 고르게 분포된다는 특징을 이용하여 색 추출 영상에서 윤곽선을 검출한다.

추출된 윤곽선 영역에 대해서 후미등의 특징인 색 분산의 분포, 후미등의 위치 및 너비 조건으로 검증한다. 이때 색 분산은 후미등과 후미등이 아닌 빨간색 영역인 글자, 간판 등을 구분하기 위한 것으로서 50 이상의 값을 가져야 한다는 조건을 만들었다. 위치와 너비는 식별가능한 번호판 영역을 찾기 위해 특정 크기 범위 이내여야 하고 전체 영상의 하단 60% 위치 내여야 하며[10], 그림 6은 이를 이용해서 주간 및 야간영상에서 윤곽선으로 찾은 영역을 보여준다.

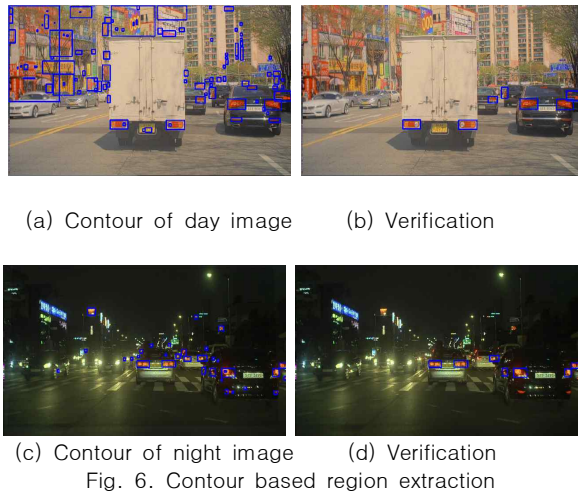


Fig. 6. Contour based region extraction

1.4 번호판 탐색 영역 추출

번호판은 두 후미등 사이에 위치하는 특징이 있으며 이를 이용해서 번호판 검색 영역을 설정한다. 위에서 찾은 윤곽선 영역들 가운데 두 개의 영역이 하나의 쌍이 되는 대칭 관계에 있다면 이를 후미등 한 쌍으로 판단하여 두 영역 사이에 번호판 검색 영역을 설정한다.

두 후미등 영역을 하나의 쌍으로 판단하는 기준은 두 후미등 영역의 상하 위치, 너비 값 차이와 대칭성 등이 있다. 상하 위치, 너비 값의 범위는 특정 범위 이내여야 하므로 아래 그림과 같이 상하 위치 값 차이는 30 이내, 너비 값 차이는 40 이내로 설정한다. 좌우 대칭관계는 두 개의 후미등 영역의 좌우 픽셀 값을 비교하여 판단하는데 두 후미등 중 너비가 작은 후미등 영역을 기준으로 하여 겹쳤을 경우 일치하는 픽셀 수로 판단한다.

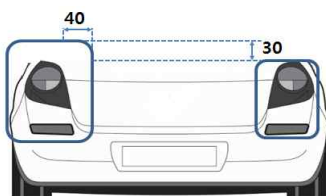


Fig. 7. Taillight pairing with symmetry analysis

만약 한 개의 후미등 영역만이 나타나는 자동차 번호판 영역을 찾기 위해서 후미등 영역의 위치에 따라 검색 영역을 설정한다. 이는 X축 방향으로 3개의 영역으로 나눈 뒤, 영상의 후미등 영역의 좌우 위치 여부에 따라 해당 방향으로 검색 영역을 설정한다. 예를 들어 후미등 영역이 좌측에 있는 경우 후미등 영역을 포함한 좌측방향으로 검색 영역을 설정한다. 그림 8은 윤곽선 기반의 영역들에 대해서 후미등을 판단한 후에 번호판 검색 영역이 설정된 결과를 보여준다.

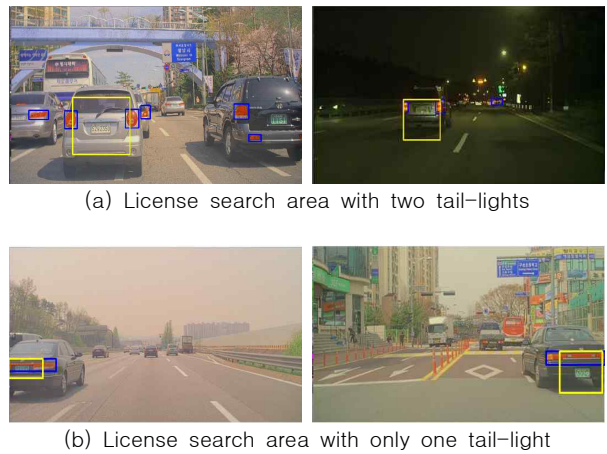


Fig. 8. Examples of placing the license plate search area

2. 번호판 영역 추출

2.1 적응적 모폴로지 적용

번호판 검색 영역 내에서 번호판 영역을 정확히 찾기 위해서 후보 영역을 단순화시키기 위한 에지추출과 모폴로지 연산을 수행한다. 먼저 소벨 연산자를 적용한 에지추출 결과는 그림 9와 같으며, 이는 문자열로 구성된 번호판의 특징을 이용하기 위한 것이다.

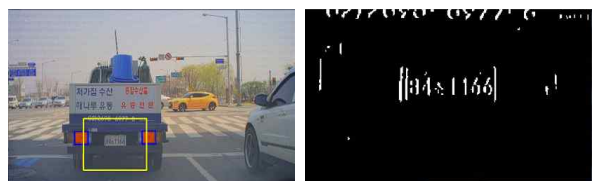
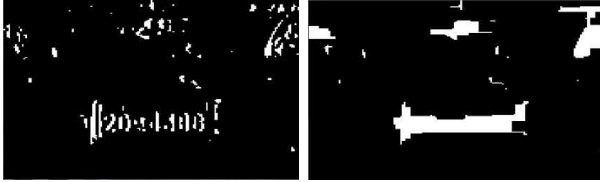


Fig. 9. Edges in license plate search area

다음으로 번호판 영역의 문자의 조밀함을 특징으로 사용하기 위해서 모폴로지 연산을 수행한다. 번호판 영역은 문자열로 인해서 비교적 조밀한 에지가 분포되기 때문에 직사각형의 구조연산자를 이용한 닫기(Closing) 연산을 수행하면 문자 획 사이의 공간을 쉽게 메꿀 수 있다. 구조연산자는 다양한 크기의 번호판 영역에 적응적으로 적용하기 위해 검색 영역의 너비로부터 번호판 크기를 예측하여 그에 따라 구조연산자의 크기를 결정해서 적용한다. 즉 자동차의 두 후미등 사이에서 결정되는 검색 영역의 폭이 크면 번호판의 크기도 비례해서 크기 때문에 구조연산자의 크기가 큰 것을 사용한다. 그림 10은 번호판 검

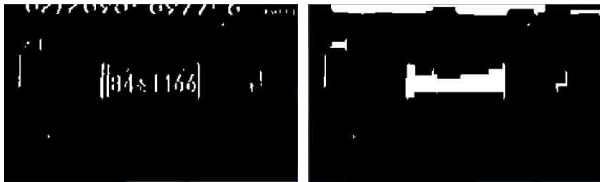
색 영역의 크기별로 각기 다른 크기의 구조연산자를 이용한 모폴로지 적용 결과이다. 모폴로지가 적용된 결과의 윤곽선을 추출하여 번호판 후보영역을 결정한다.



(a) Structure element size: 10x5 rectangle



(b) Structure element size: 16x7 rectangle



(c) Structure element size: 20x10 rectangle

Fig. 10. Applying adaptive size structure elements

3.2 번호판 영역 검증

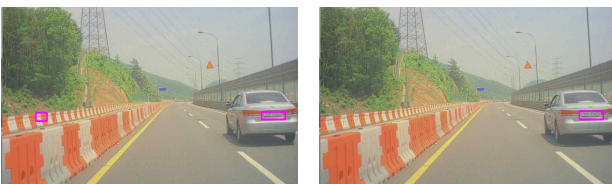
번호판 검색 영역에서 찾아진 번호판 후보영역의 검증은 영역의 위치, 높이 대 너비 비율을 이용한다. 그림 11(a)는 번호판 검색영역의 후보 영역에서 검증된 결과를 그림 11(b)에 보여준다.

또한 후미등 이외의 빨간 색상의 영역들에 대한 오류를 제거하기 위해서 영역 내의 빨간 계열의 색상의 픽셀 비율을 특징으로 검증해서 이러한 오류를 제거한다. 그림 11(c)에서 검출된 빨간 색상의 물체에 대한 색상검증으로 그림 11(d)의 결과를 얻었다.



(a) Before verification

(b) After verification



(c) Before error removal (d) After error removal

Fig. 11. Verification of the license plate candidate regions

III. Test and Evaluation

1. 실험 환경 및 데이터

제안하는 방법의 성능평가 환경은 표 2와 같다.

Table 2. Experimental environments

Processor	Intel(R) Core i5 @3.4Ghz
Memory	4.0 GB
Operating system	Microsoft Windows 7
Language tool	Microsoft Visual Studio 2010
Library	OpenCV 2.4

실험에 사용한 영상데이터는 현대 모비스에서 제공한 국내의 다양한 도로주행 영상으로서 주간 및 야간에 1,280x672의 고해상도로 촬영했으며, 표 3과 같이 전체 550개의 주야간 영상으로부터 768개의 번호판 영역을 대상으로 실험을 수행하였다. 그림 12는 영상데이터의 예를 보여준다.

Table 3. Test set specification

Test set	Resolution	Number of license plates (Number of Images)	Description
K-DAY	1,280x672	565 (400)	Domestic daytime
K-NIGHT	1,280x672	203 (150)	Domestic night

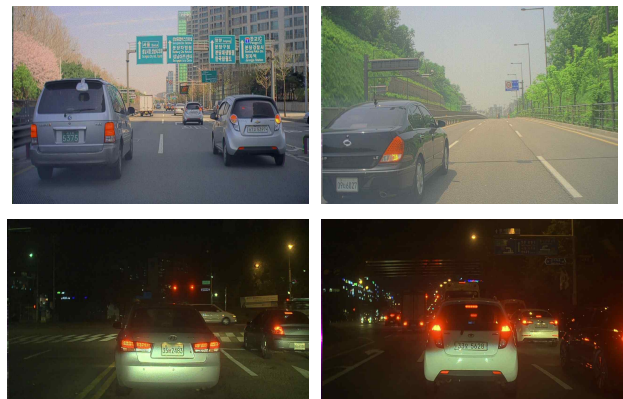


Fig. 12. Examples of road images

2. 실험 결과

검출 성능을 평가하기 위해서 정확률(Precision)과 재현율(Recall)을 측정했으며, 이는 식 (2)와 (3)으로 정의된다.

$$Precision = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Positive} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{True\ Positive}{True\ Positive + False\ Negative} \quad (3)$$

표 4는 주야간 영상데이터에서 후미등 영역의 검출 성능을 평가한 결과로서, 400개 주간 영상의 1,374개의 후미등 영역에 대해서 정확률 80.4%, 재현율 98.9%를 얻었으며, 150개 야간 영상의 524개의 후미등 영역에 대해서 정확률 84.7%, 재현율 93.8%를 얻었다. 후미등 영역의 색상 특징만을 이용해서 찾기 때문에 주간 영상에서는 후미등이 아니면서 배경에 빨간색으로 구성된 많은 영역들이 찾아져서(False Positive 오류) 정확률이 낮아진 반면, 거의 모든 후미등 영역이 찾아져서 재현율이 높은 것을 알 수 있다. 반면 야간 영상에서는 어두움으로 인해서 배경이 가려지기 때문에 False Positive 오류가 줄어들어 정확률은 올라가지만, 전체적으로 영상이 어두워서 후미등의 빨간색도 찾아지지 못해서 재현율이 상대적으로 낮아진 것을 알 수 있다. 찾아진 후미등 영역들에 대해서는 1.4절에서 설명한 것과 같이 후미등 영역에 대한 검색 범위를 제한한다. 이 과정에서 하나의 쌍으로 판단되거나 수평 방향으로 3분할 한 후 영상의 후미등 영역의 위치가 좌우에 해당된다면 번호판 검색 영역이 설정되지만, 그 외의 후미등 영역에 대해서는 검색 영역을 설정하지 않는다. 따라서 검출된 후미등 영역의 개수가 번호판 영역 개수의 2배 보다 클 수가 있다.

Table 4. Tail-light detection results

Test set	Daytime	Night
Number of images	400	150
Number of tail-lights	1,374	524
True positive	1,359	488
False positive	332	88
False negative	15	32
Precision	80.4%	84.7%
Recall	98.9%	93.8%

표 5는 주야간 영상데이터에서 번호판 영역을 검출한 결과로서 400개 주간 영상의 565개의 번호판 영역으로부터 정확률 84.2%, 재현율 91.7%, 150개 야간 영상의 203개의 번호판 영역으로부터 정확률 87.4%, 재현율 78.8%의 검출 성능을 각각 얻었다. 야간에는 어두움으로 인해서 주변의 복잡한 배경들이 자연스럽게 가려지기 때문에 검출 정확률이 높아진 반면, 야간의 전반적인 어두움으로 인해서 후미등과 번호판 영역을 찾지 못하는 False Negative 오류의 비율도 높아져서 재현율이 크

게 떨어진 것을 확인할 수 있다. 그러나 주행 중인 다양한 도로 영상의 크기 변화가 다양한 번호판 영역에 대해서도 전반적으로 잘 찾아지는 것을 확인할 수 있다. 그림 13은 번호판 영역이 찾아진 예를 보여준다.

Table 5. Detection results of Test set

Test set	K-DAY	K-NIGHT
License plates	565	203
True Positive	511	160
False Positive	96	23
False Negative	46	43
Precision	84.2%	87.4%
Recall	91.7%	78.8%



Fig. 13. Example images of detection results

표 6은 전조등 정보를 이용한 예지기반 영역확장 방법과 [14] 비교한 결과이며, 이는 주간 영상에서 각각 검출된 번호판의 중심좌표와 실제 번호판의 중심좌표 사이의 거리 오차를 계산하여 번호판 영역 검출의 정확성을 비교한 것이다. 이를 통해서 제안하는 방법이 예지기반의 영역확장 방법보다 번호판 중심위치의 오차가 50% 이하로 감소하여 성능이 우수함을 확인하였다.

Table 6. Comparison of plate position errors

Average error between real center and detected center	
Edge based region growing[14]	Proposed method
2.8	1.22

IV. Conclusions

본 논문은 다양한 도로의 주야간 주행영상에서 주행 중에 번호판 영역을 검출하는 방법을 제안하였다. 조명 변화에 비교적 둔감한 후미등 색상과 번호판의 영상 특징을 이용하여 번호판

검색 영역을 설정하고, 검색영역의 크기에 따라 번호판 영역을 검출한다. 이 과정에서 다양한 크기의 번호판 영역을 찾기 위해서 구조연산자의 크기가 적응적으로 변하는 모폴로지 방법을 적용하였다. 또한 본 연구에서 제안한 번호판 영역 검출방법은 전반적으로 신뢰할 만한 정확성을 보였지만, 두 후미등 영역이 모두 가려진 경우에는 번호판 영역 검출에 실패하는 한계점이 있다.

향후 연구로는 다양한 날씨 변화를 포함하는 주야간 영상에서의 번호판 검출의 정확성을 더욱 향상시키는 것이다.

REFERENCES

- [1] S. Park, and H. Kim, "The Extraction of license plates using HSI Color Model and morphology, The recognition of letters in license plate using neuron Algorithm", [online], Available: http://ice.inha.ac.kr/xe/?document_srl=66112, 2009
- [2] J. Cho, and H. Yang, "A Car License Plate Recognition Using Colors Information, Morphological Characteristic and Neural Network", Journal of the Korea Institute of Electronic Communication sciences, Vol. 5, No. 3, pp. 304-308, June, 2010
- [3] J. Lee, and J. Kim, "Recognition of a New Car Plate using Color Information and Error Back-propagation Neural Network Algorithms", Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 5, No. 5, pp. 471-476, October, 2010
- [4] H. Lee, "Design and Implementation of Efficient Plate Number Region Detecting System in Vehicle Number Plate Image", Journal of the Korean society of computer and information, Vol. 10, No. 5, pp. 87-94, November, 2005
- [5] J. Kim, Y. Han, and H. Hahn, "Number Plate Detection Using Topology of Characters and Outer Contour", Proc of the Institute of Electronic and Information Engineer 2008 Conference, Vol. 31, No. 1, pp. 1037-1038, June, 2008
- [6] J. Kim, "Distortion Invariant Vehicle License Plate Extraction and Recognition Algorithm", Journal of the Korea Contents Association, Vol. 11, No. 3, pp. 1-8, March, 2012
- [7] S. Park, and S. Cho, "A Vehicle License Plate Recognition Using the Feature Vectors based on Mesh and Thinning", Journal of the Korea Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 21, No. 6, pp. 705-711, December, 2011
- [8] D. Kim, and J. Kang, "Extraction of Car Number Plate Based on Edge Projection", Journal of the Korean society of computer and information, Vol. 12, No. 6, pp. 261-268, December, 2007
- [9] W. Kim, and K. Lim, "Extraction of Car License Plate Region Using Histogram Features of Edge Direction", Journal of the Korea Industrial Information System Society, Vol. 14, Issue 3, pp. 1-14, September, 2009
- [10] H. Mo, and J. Nang, "An Efficient Window Sliding Method for On-road Vehicle License Plate Detection", Journal of the Korea Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 38, No. 1(A) pp. 450-453, June, 2011
- [11] S. Lim, C. Kim, C. Shin, O. Kwon, H. Park, J. Kim, and K. Park, "High-beam assistance system through ambient illumination judgment and front vehicle recognition", Proc. of the Korean Society of Automotive Engineers 2011 Annual Conference, pp. 1675-1679, November, 2011
- [12] B. Woo, Y. Uh, K. Lim, Y. Choi, and H. Byun, "Illumination Invariant Color Segmentation Method based on Cluster Center Tree for Traffic Sign Detection", Proc. of the ACM International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, January, February, 2015
- [13] K. Choi, and Y. Lee, "Detecting Salient Regions based on Bottom-up Human Visual Attention Characteristic", Journal of the Korea Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 31, No. 2 pp. 189-202, February, 2005
- [14] J. Kim, Y. Han, and H. Hahn, "Detection of Various Sized Car Number Plates using Edge-based Region Growing", Journal of the Korea Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 42, No. 2 pp. 122-130, February, 2009

Authors



Lok-Young Kim is a senior student in the Computer Science Department at Sookmyung Women's University and will receive the B.S. degree in August 2015.

She is currently a Student in that Department. She has interests in image processing studies and pattern recognition.



Yeong-Woo Choi received the B.S. degree in Electronics Engineering from Yonsei University in 1985, and the M.S. and Ph.D. degrees in Computer Engineering from University of Southern California, in 1986 and 1994.

Dr. Choi joined the faculty of the Department of Computer Science at Sookmyung Women's University, Korea, in 1997. He is currently a Professor in that Department. His research interests are image processing and pattern recognition.