

## 특징 검출이 어려운 환경에서 CLAHE 기반 도로 문자 정보 검출

강석준, \*한동석

경북대학교

wilcokang@knu.ac.kr, \*dshan@knu.ac.kr

A Robust Road Sign Information Detection Method  
In Dark and Noisy Scene Using CLAHE

Seog June Kang, \*Dong Seog Han

Kyungpook National University

## 요약

현재 차량 내 운전자에게 편의성과 안전성을 제공하는 시스템이 활발히 개발 중이고 향후 ADAS(Advanced Driver Assistance System)와 스마트 자동차에서 영상 정보를 이용한 물체 추적과 분석은 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 영상에서 얻을 수 있는 정보 중 현재 도로의 이정표 정보는 중요한 분석 정보로 사용된다. 하지만 국내 도로표지판 검출 연구의 경우 유럽과 북미와 비교하여 연구 개발이 활발히 진행되고 있지 않다. 국내의 경우 도로 이정표에서 영문자뿐만 아니라 한글 문자 정보까지 포함하고 있어 검출이 쉽지 않다. 또한 비교적 밝고 잡음이 적은 검출하기 좋은 환경에서는 검출이 잘 되지만 명암이 뚜렷하지 않고 잡음이 많은 환경에서는 도로 이정표 문자 검출이 어렵다. 이에 본 논문에서는 CLAHE(Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization) 방법을 적용하여 영상이 어둡고 잡음이 많은 환경에서 국내 도로 이정표의 문자 정보를 얻는다. 실험 결과, 기존 방법에 비해 문자 영역 검출 성능이 향상되었다.

## 1. 서론

현재 신산업동력으로 각광받고 있는 자동차산업에서 스마트카는 화두가 되고 있다. 스마트카란 운전자의 이동서비스를 제공하는 서비스 중심형의 커넥티드카와 운전자의 안전성과 주행편의성을 제공하는 제품 중심형의 자율주행자동차가 합쳐진 개념이다. 이 중 사용자에게 안전과 편의를 제공하는 자율주행차량의 경우, 자동차 스스로 주변 환경을 인지, 위험을 판단, 주행경로를 제어하여 운전자 주행조작을 최소화하며 스스로 안전주행이 가능한 인간 친화적 자동차를 지향하고 있다. 따라서 국내외 자동차업계와 연구소에서는 자동차가 완전 자율주행을 할 수 있도록 연구가 활발히 진행 중이다. 그 중에서 자동차의 눈이라 할 수 있는 카메라 영상 처리 분야는 많은 연구가 필요한 분야로 알려지고 있다 [1].

차량에 부착된 카메라를 통해 얻을 수 있는 영상 정보에서 얻을 수 있는 정보는 매우 많다. 얻을 수 있는 정보로는 크게 도로 위의 차량 상태 정보, 보행자 정보, 표지판 정보 등이 있다. 이 중 차선이탈방지시스템과 같은 차량 상태 정보와 보행자 감시 시스템과 같은 보행자 정보 등은 일찍이 필요성에 의해 개발이 많이 되었고 현재 상용화된 기술도 여럿 존재하고 있다. 하지만 도로 위의 표지판 정보를 읽는 기술은 다른 기술들에 비해 기술 향상이 되지 못하고 있는데 대표적인 이유로 표지판의 다양성과 환경에 영향을 많이 받는 특징이 있다. 따라

서 도로 위 표지판의 경우 연구가 활발히 진행 되고 있으나 도로이정표 검출의 경우 문자 영역을 검출하는데 어려움이 많이 연구가 거의 되고 있지 않다.

따라서 본 논문은 영상의 밝기 분포에 변화를 주어 영상의 화질을 향상시킨 기존의 히스토그램 평활화를 개선한 방법인 CLAHE(Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization)와 객체 추출에 주로 사용되는 MSER(Maximally Stable Extremal Region)을 적용하여 밝기에 강인한 도로이정표 문자 영역 검출 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 관련이론

## 1) CLAHE 알고리즘

Zuiveld [2]가 제안한 대비 제한 적응 히스토그램 평활화 방법은 고정 크기를 갖는 블록 단위로 발생 빈도에 대해 상한을 설정함으로써 히스토그램의 과도한 평활화를 피할 수 있고 화질도 개선된다는 장점을 갖고 있다. CLAHE의 성능을 결정하는 매개변수로는 크게 두 가지가 존재한다. 블록 단위의 처리를 위한 블록 크기와 블록으로 분할한 후 클리핑(Clipping)이란 매개변수가 있다. 이들 매개변수들을 통해 히스토그램 평활화 성능을 결정한다. 허나 이 두 개의 매개변수를 결정하는 구체적인 알고리즘은 Zuiveld의 방법에서는 제안되지 않았으며, 대부분 실험적으로 구한 값들을 사용하고 있다. [3]

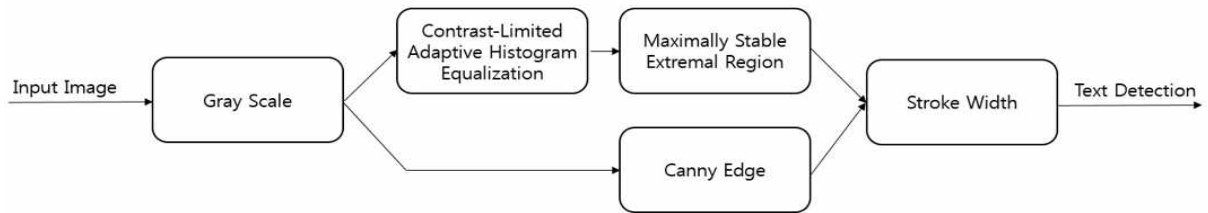


그림 1. 제안 알고리즘 블록 다이어그램

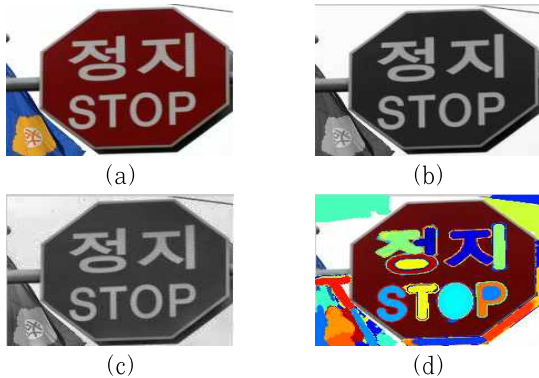


그림 2. CLAHE 적용한 MSER 문자 영역 검출  
(a)입력영상 (b)회색 영상(gray Image)  
(c)CLAHE 영상 (d)MSER 검출 영상

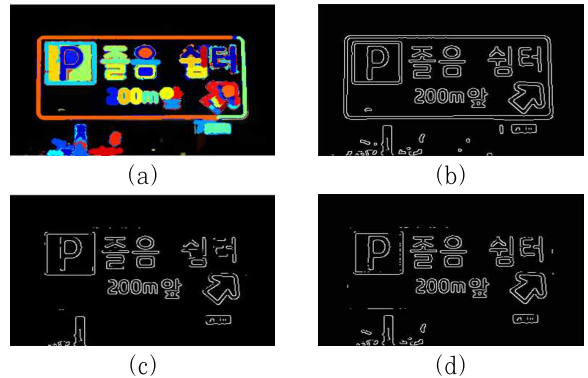


그림 3. MSER 병합 영상  
(a)MSER 추출 영상 (b)캐니 에지 영상  
(c)에지 영상과 grayscale 기반 MSER 영상 병합 결과  
(d)에지 영상과 CLAHE 기반 MSER 영상 병합 결과

2) MSER 알고리즘

MSER 알고리즘은 Matas [4]가 이미지로부터 관심 영역을 추출하기 위해 제안한 방법이다. MSER 방법은 주변에 비해 밝거나 어두운 영역 중 문턱치 변화에 안정적인 것들을 찾는다. 텍스트는 일반적으로 밝기가 일정하고 배경과의 차이가 분명하다. 이러한 특성을 이용해 배경에서 문자를 검출하는데 사용되는 대표적인 알고리즘이다 [5].

3. 제안 알고리즘

본 논문에서 제안한 도로이정표 검출 알고리즘은 그림 1과 같은 과정을 보여준다. 기존의 회색 영상(Gray Image)을 이용하여 MSER 방법을 진행한 것과 달리 Pre-processing으로 CLAHE를 적용한 후 MSER를 진행했다. 도로이정표의 문자를 검출하는 본 알고리즘은 먼저 입력 영상을 받아 CLAHE를 적용한 영상은 MSER 알고리즘을 적용했고 회색 영상은 이진화(Binarization) 적용 후 캐니 에지(Canny Edge)를 적용하였다.

1) CLAHE 적용 후 MSER 추출

기존 방법은 문자 검출의 전처리 단계로 히스토그램 평활화를 진행한다. 히스토그램 평활화의 목적은 입력 영상의 Gray level이 한쪽으로 치우치는 경우, 모여 있는 부분을 넓은 영역에 걸쳐 밝기 분포로 넓혀준다. 이러한 과정을 거쳐 영상의 밝기에 대한 대비 효과를 준다. 하지만 이 과정에서 지나친 대비는 도로이정표의 문자 검출 성능을 저하시킬 수 있어 본 연구에서는 대비 제한을 적용한 히스토그램 평활화를 진행하여 문자 추출을 실시하였다.

그림 2의 (a)와 같이 비교적 밝기 대비가 적고 영상 품질이 좋은 입력 영상의 결과는 기존의 회색 영상을 이용하여 MSER 문자 추출을 한 것과 대비 제한 적용 히스토그램 평활화를 적용한 후 문자 추출을 한 것의 차이는 거의 없었다. 하지만 그림 3과 같이 영상의 대비가 심하고 전체적으로 어둡고 비교적 영상 품질이 좋지 않은 영상에서는 CLAHE를 적용한 방법으로 한 결과가 문자 추출이 더 잘 되는 것을 확인할 수 있다.

2) 병합 영상의 Stroke Width Transform 및 판단

MSER 문자 추출한 영상과 에지 검출한 영상을 병합하여 문자라고 생각되는 부분만 남기고 나머지는 제거한다. 그 후 선폭 변환(SWT - Stroke Width Transform)을 실시하여 문자라고 판단되는 부분을 변환하여 최종 문자 검출을 실시한다 [6]. SWT의 경우 문자라고 할 수 있는 부분은 그 폭이 일정할 것이라는 가정 하에 그 폭만큼 픽셀 값으로 채우는 변환 과정을 실시한다. SWT를 하기 위해서는 먼저 검출하고자 하는 문자의 경계, 즉 에지가 필요하므로 에지 영상과 MSER 영상의 병합 결과를 사용한다. 그 후 문자에 해당되는 에지의 각 픽셀마다 식 (1)을 통해 일차 편미분 값을 구성하는 벡터를 구한다. 이를 통해 문자라고 생각되는 부분에서 식 (1)의 값이 크게 나온다.

$$\nabla f = \left( \frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n} \right) \quad (1)$$

이와 같이 구한 값을 적용하여 그래디언트 방향을 구하고 먼저 문자의 내부 에지에서 선을 긋는다. 그 후 그래디언트 방향에서 만나게 되는

문자의 외부 에지의 그레디언트 방향으로 선을 긋고 각 픽셀의 벡터 값이 서로 반대로 가리키고 그 차이의 결과 값이 식 (2)의 계산 값보다 작으면 해당 픽셀은 문자라고 인식하였다. 식 (2)의  $d_a$ 는 (a) 픽셀의 그레디언트 방향이고  $d_b$ 는 (b) 픽셀의 그레디언트 방향을 의미한다.

$$d_b \leq -d_a \pm \pi/6 \quad (2)$$

그림 4와 같이 검출된 문자 영역의 내부 에지에서 그레디언트 방향으로 선을 그어 문자 영역의 외부 에지의 그레디언트 방향과 서로 반대를 이루고 그 차이가 식 (2)의 차이 값보다 작은 영역을 찾아 선포 사이를 픽셀로 채웠다. 이러한 방법을 적용하여 앞에서 추출한 특징들을 적용하여 문자 영역을 찾을 수 있었다.

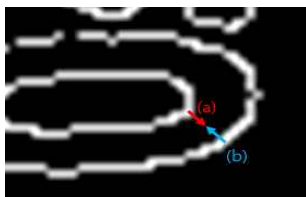


그림 4. Stroke Width 변환 과정  
(a) 문자 내부 에지 그레디언트 방향  
(b) 문자 외부 에지 그레디언트 영상

#### 4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 시험하기 위해 국내 도로 이정표 샘플 데이터셋을 직접 수집하여 성능 실험에 사용하였다. 해당 데이터셋은 일몰 후 영상을 중점적으로 수집하였다. 그 이유는 기존 알고리즘에서 검출이 잘 되지 않는 영상의 밝기 대비가 강하고 흐릿한 경우 성능이 좋지 않는 것을 보완하기 위해 제안된 알고리즘이어서 특정 상황에 얼마큼 강인한 효과를 주는지 확인하기 위해 직접 수집하였다. 본 영상의 성능 평가는 기존 방법과 제안한 방법에 동일한 영상을 입력 영상으로 제공하고 최종적으로 문자로 검출된 영역을 PASCAL 측정법이라 하는 식 (3)에 대입하여 검출 유무를 판단하였다. 해당 식에서  $BB_{dt}$ 는 검출되는 부분의 영역이고  $BB_{gt}$ 는 실제 검출해야 되는 대상의 영역이다.

$$a_o \equiv \frac{area(BB_{dt} \cap BB_{gt})}{area(BB_{dt} \cup BB_{gt})} > 0.5 \quad (3)$$

총 100 개의 입력 영상을 사용하여 전체 검출율을 측정했고 해당 결과는 위의 표 1과 같다.

표 1. CLAHE 적용 • 미적용 알고리즘 검출율 비교

	검출	미검출	오검출	검출율
CLAHE 미적용	57	43	5	52%
CLAHE 적용	91	9	13	78%

CLAHE를 미적용한 알고리즘의 경우 검출 자체가 적게 되었다. 하지만 CLAHE를 적용한 제안 알고리즘의 결과는 육안으로 보이지 않을 정도가 아닌 경우를 제외하고는 도로이정표의 문자를 거의 검출하였다. 하지만 상대적으로 오검출의 경우가 CLAHE를 적용한 경우가 많았는데 이는 CLAHE의 특성상 영상 화질을 결정하는 두 개의 매개변수가 있는데, 영상의 clip limit과 블록 크기가 있다. 해당 매개변수들은 사용자가 시행착오학습법으로 결정하게 되는데 영상에 최적화된 변수 값을 제공하지 못해 오검출이 상대적으로 더 많이 나왔다.

#### 5. 결론

도로이정표에서 과도한 대비 현상이 생겨 검출 자체가 어려워진 경우 기존의 방법으로는 제약사항이 많이 발생한다. 하지만 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 경우, 영상 화질이 깨끗한 경우뿐만 아니라 대비 효과로 인해 영상 전체 화질이 좋지 못한 경우에서도 검출이 되는 것을 확인 할 수 있었다. 이를 통해 향후 도로이정표를 검출하는 알고리즘에서 본 논문에 제안된 알고리즘을 적용하여 야간 영상에서도 강한 알고리즘을 개발 할 수 있을 것이다.

#### 6. 감사의 글

“본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2016-H8601-16-1002)

#### 참고 문헌

- [1] 한태만, 조성익, 전황수, 허재두, “스마트차량과 자동차 사물 인터넷(IoV)기술동향 분석” 전자통신동향분석 제30권 제5호, 2015년 10월
- [2] K. Zuiderveld, "Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization," Academic Press Inc., 1994.
- [3] 민병석, 조태경, “대비제한 적용 히스토그램 평활화에서 매개변수 결정방법” Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 14, No. 3, pp. 1378-1387, 2013
- [4] J. Matas, O. Chum, M.Urban, and T. Pajdla, “Robust Wide Baseline Stereo from Maximally Stable Extremal Regions,” In Proceeding of the British Machine Vision Conference, pp. 384-393, 2002.
- [5] 유영중, “MSER을 이용한 문서 이미지 이진화 기법”, 한국정보통신학회논문지 Vol 18, No. 8, pp. 1941-1947, 2014년 8월
- [6] Boris Epshtein, Eyal Ofek, Yonatan Wexler, “Detecting text in natural scenes with stroke width transform” Computer Vision and Pattern Recognition, 2010 IEEE Conference, pp. 2963-2970, 2010