

Spotlights와 Maximally Stable Extremal Regions)영역 검출 기반의 조도변화에 강인한 교통신호등 검출 방안

김종배*, 장지웅**

*서울디지털대학교 컴퓨터정보통신학과

**경북대학교 생명공학과

e-mail:jbkim@sdu.ac.kr

A study on detection method of traffic lights using Spotlights and MSER regions detection

Jong-Bae Kim*, Ji-Woog Jiang**

*Dept of Computer Engineering, Seoul Digital University

**Dept of Bio-Engineering, Kyungpook National University

요 약

교통 신호등은 운전자 혹은 보행자들의 뚜렷한 시인성 확보를 위해 가능한 주위 배경과 구분되는 색상, 모양, 질감 등으로 구성되어 설치되어 있는 특징을 가지고 있다. 결국 기존 교통 신호등 검출 연구들에서는 대부분 교통 신호등의 색상과 모양을 기반으로 한 검출 연구가 주류를 이루고 있는 것이 사실이다. 하지만, 외부 날씨, 복잡한 시내, 다른 물체와의 겹침 등의 문제로 인해 색상 및 모양 기반의 교통 신호등, motion blur, 검출 오류가 증가 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 입력 영상에서 색상정보를 배제하고 motion blur나 밝기 변화에 덜 민감하고 먼 거리에서도 뛰어난 시인성을 가진 spot light 검출을 통해 입력 영상에서 가장 밝은 교통표지판 후보 영역들을 검출한다. 그리고 교통 신호등의 특징인 가능한 원형을 유지하고 있으며 원형 외부 색상과 내부 색상이 현저하게 두드러지는 영역을 maximally stable extremal regions (MSER) 알고리즘을 사용하여 입력 영상에서 후보 영역을 선택한다. 마지막으로, 검출된 영역들에서 교통 신호등 영역을 검출하기 위해 템플릿 매칭 방법을 적용한다. 제안한 방법을 도로 상에서 실험한 결과, 평균 94% 이상의 검출율을 제시하였고, 특히 야간 시간대에 검출율이 비교적 높게 제시되었다.

1. 서론

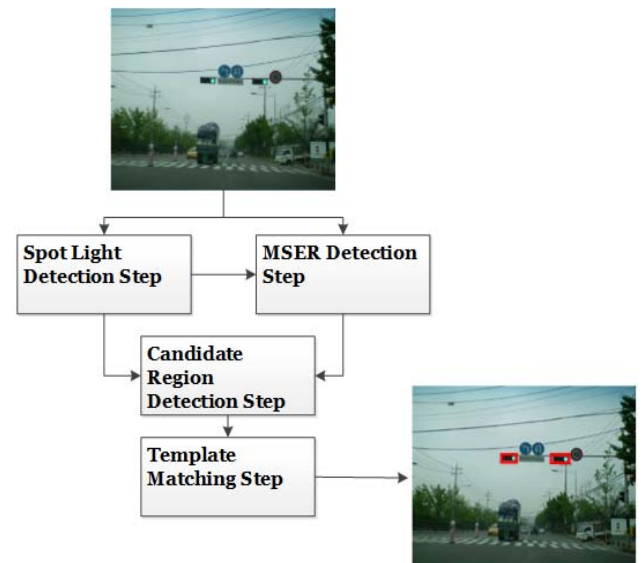
최근 의학기술의 발달로 인해 고령인구가 급속도로 증가하고 있다. 고령인구의 증가로 인해 자연스럽게 고령운전자 역시 증가하고 있다. 도로교통단의 예측에 따르면 2020년경에는 65세 이상의 고령운전자의 비율이 전체 운전전자 대비 약 33.8% 이상으로 예측하고 있으며 이는 전체 운전전자 약 3분의 1은 고령운전자 임을 의미하고 있다 [1]. 이러한 현상에 있어 문제는 고령운전자가 노화에 따른 신체적, 생리적 변화로 인해 시각 및 인지능력 등이 현저하게 저하됨으로서 교통사고가 증가 할 수 있다는 것이다. 실제로 기존 연구 논문[2,4]에서 고령화 사회에 접어들 때 따라 고령운전자 역시 1999년 26만 명(65세 이상 중 운전면허소지자 비율 8.2%)에서 2010년에는 106만 명(21.1%)으로 증가하고 2020년 233만 명(33.8%)으로 예측하고 있다[2]. 이러한 고령운전자의 증가로 국내 교통사고 사망자가 2003년 7,212명에서 2006년 6,327명으로 감소하

였는데 65세 이상 고령운전자는 1,707명에서 1,731명으로 증가하고 있으며 전체 교통사고 사망자 중에서 27.2% 정도 차지하고 있음을 피력하였다. 이러한 노령운전자의 고령운전자 교통사고의 유형을 분석한 국토해양부의 자료[4]에 따르면 고령자 교통사고 특성을 분석한 결과를 시간·공간적인 요인으로 낮 시간대와 일몰시간이 빨라지는 가을에 사망사고가 집중 되어 있으며, 인적 요인으로는 직진 주행 중, 안전운전 불이행 및 신호위반으로 인한 사망사고가 집중되고 있다. 도로 환경적 요인으로는 단일로, 교차내 사망사고 집중으로 분석하고 있다. 이를 종합하자면, 고령운전자의 경우 일몰 시간이 짧은 가을에 낮 시간대에 교차로에서 직진 방향 주행 중 신호위반 등으로 사망사고가 집중됨을 알 소 있다. 결국, 자동차 운전은 시각적인 요인이 가장 중요한 수단으로써 약 90% 이상이 인간의 시각 기능에 의해 조작하는 것이다. 고령운전자의 경우 시각전달과 원근조절능력 퇴화현상으로 원거리시력, 섬광에 대한 감각, 깊이 지각, 색채감각에 성년의 일반 운전자 대

비 시각적 인지 능력이 평균 20% 이상 감소하는 것이 사실이다. 결국 고령운전자의 안전 운전을 위해 안전대책 수립이 필요한데 그 중에는 도로표지판의 선명화, 대형화, 도로 조명 증설, 안전시설물 설치 등 언급하고 있다. 하지만, 현실적으로 도로인프라의 안전시설 확충은 필요한 상황이나 즉시 해결할 수는 없는 문제로 생각할 수 있다. 결국 이를 해결하기 위한 방안 중에 하나로는 고령운전자의 안전운전을 위한 시각적 인지 능력 향상을 꼽을 수 있다. 결국, 운전자 본인 스스로 안전운전을 이행하기 위한 방안 마련이 필수적일 것이다. 결국 다양한 고령운전자의 교통사고분석 자료를 통해 도출할 수 있는 과제는 고령운전자의 시인성 개선을 위한 도로인프라 확대와 정보처리와 선택적 주의 능력 향상이 요구된다. 표지판 증설, 확대, 반사판 설치와 같은 도로 인프라 확대는 단시간 내에 해결할 수 없이 중장기적인 관점에서 정부와 지자체의 지원으로 해결할 수 있을 것이다. 고령운전자에게 개발이 필요한 기술에는 운전 중 입력되는 복잡하고 수많은 정보들을 효과적으로 탐색하고 필요한 정보만을 선택하여 처리하는 시각적 주의와 선택 메커니즘이 요구된다. 특히, 고령운전자의 교통사고 유형 분석을 통해 확인한 결과, 조도의 대비차가 현저히 낮아지는 일몰 시간대의 교차로의 신호위반으로 인한 사망사고 증가와 같이 교차로에 위치한 교통신호등을 효과적으로 인식하는 기술 개발이 요구됨을 알 수 있다. 제안한 연구에서는 도로영상에서 교통신호등을 인식하는 방안을 제안한다. 제안한 방안은 고령운전자가 가지는 약점이 색채 구별이 어려운 점을 고려하여 색상 배제한 교통신호등 검출 방법을 적용한다. 기존의 칼라 임계치 방법을 통해 교통신호등 검출은 단순하지만 도로환경 변화에 같이 조도변화에 색채가 변화하는 특성으로 인해 고령운전자 경우 그 인지력이 저하될 수 있는 문제점이 존재한다. 따라서 제안한 방안에서는 입력영상에서 교통신호등의 고유한 특성인 운전자 시인성 향상을 위한 배경과 구별 밝기, 타원 모양, 구조적인 설치 위치 와 모양, 패턴 등을 조합하여 교통 신호등 후보 영역들을 검출한다. 그리고 영상처리 과정을 통해 후보 영역들에서 Spot light 지점들을 검출하고 최종적으로 해당 영역을 분할한다. 마지막으로 교통신호등 템플릿 매칭 과정을 통해 최종 교통신호등을 검출하고 색상 분석을 통해 인식한다. 제안한 방안에서 입력된 영상에서 밝기 정보를 사용하여 spot light들을 검출한다. 그리고 입력 영상에서 교통 신호등의 특징인 가능한 원형을 유지하고 있으며 원형 외부 색상과 내부 색상이 현저하게 두드러지는 영역을 MSER 알고리즘을 사용하여 검출한다. 마지막으로, 검출된 두 영역들의 교집합 영역을 교통 신호등 후보영역으로 검출하고 최종적으로 템플릿 매칭방법을 통해 교통 신호등 영역을 검출한다.

2. 제안한 방법

본 논문에서 제안한 방안을 그림 1과 같이 자동차 내부에서 설치된 블랙박스로부터 320×240 24bit칼라 영상을 입력으로 하고 출력으로는 교통 신호등의 위치가 검출된 칼라 영상을 출력한다. 제안한 방법에서 검출하고자하는 교통 신호등은 일반적으로 주위 배경과 구분되는 위치에 설치되어 있으며 또한, 운전자의 시인성을 높이기 위해서 밝기는 LED 조명으로 구성되어 있다. 따라서 이러한 특징을 사용한 밝기차이 정보를 사용하여 교통 신호등의 후보 위치를 검출한다. 먼저, 입력된 영상으로부터 영상의 픽셀의 밝기 차이를 이용하여 spot light 위치를 검출한다. 그리고 입력 영상과 spot light 검출 영역에서 MSER 영역을 검출한다. MSER은 가능한 해당 영역의 색상, 모양 정보가 주위와 구분되면 가능한 해당 영역 내에서는 유사한 색상, 모양 정보 등을 포함한 영역들을 검출한다. 마지막으로 spotlight 검출 영역과 MSER 검출 영역의 교집합 영역을 교통 신호등 후보 영역으로 판별하고 교통신호등 템플릿 매칭 방법을 통해 교통 신호등을 검출한다.



(그림 1) 제안한 방안의 처리 흐름도

3. Spotlight 검출

입력된 칼라 영상에서 spotlight 검출을 위해 그림 2와 같이 명도차이를 계산한다. 먼저 입력된 영상에서 픽셀이 가지는 밝기 값을 강조하기 위해 색상값을 조정한다. RGB 색상에서 각 색상 채널 값의 범위를 [0, 1]로 정규화하고 red와 green 값의 범위를 하한 0.2, 상한 0.8으로 색상값을 조정하고, blue의 경우는 교통 신호등 색상과 차이가 있으므로 색상값의 범위를 하한 0.8, 상한 1로 설정하

였다. 그리고 입력된 영상의 픽셀이 가지는 RGB 값 중에서 최대값(rgbmax)을 선택하고 그리고 RGB값을 평균으로 계산한 Gray 영상과의 차이를 계산함으로써 명도차이 영상(brightness diffidence:BD))을 생성한다. 명도차이 영상에서 3차원 임계치 값(0.95)보다 큰 영역을 선택하고, 후처리 과정을 통해 픽셀연결성분검사와 노이즈 제거 과정을 수행한다.

$$\begin{aligned} adjust \begin{bmatrix} rgb_{low} \\ rgb_{high} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0.2 & 0.2 & 0.8 \\ 0.8 & 0.8 & 1 \end{bmatrix} & \text{식(1)} \\ rgb_{max} &= \max(\max(red, green), blue) \\ gray &= \frac{(red + green + blue)}{3} \\ BD &= rgb_{max} - gray \end{aligned}$$



(그림 2) Spotlights 검출 결과 (위측,왼쪽: 원본, 색상조정, RGB 최대, Gray, 명도차이, 임계치)

4. MSER 영역 검출

입력된 칼라 영상과 spot light 검출 단계에서 계산된 명도차이(BD) 영상을 입력으로 받아 명도차이 영상에서 MSER 영역을 검출한다. MSER은 영상분할을 이용한 접근으로서 watershed 알고리즘과 비슷하며 scale space를 만들지 않으므로 속도 면에서 빠른 장점을 가지고 있다. 교통 신호등의 경우 위주 배경에 구분되는 색상과 모양을 가지고 있어 주위 배경과 현저하게 두드러지는 영역들을 검출하는데 탁월한 성능을 가지고 있는 알고리즘이다

[3]. MSER 영역 검출과정에서는 빠른 결과를 도출하기 위해 입력 영상을 명암차이 영상(BD)을 사용함으로써 동일한 level set 검출을 위한 seed point 범위를 현저하게 줄여 영상의 과분할과 처리 시간의 감소를 꾀할 수 있음을 알 수 있다. MSER 영역 검출과정은 명암차이 영상에서 픽셀의 밝기 순서대로 정렬한 후, 같은 밝기 level를 가지는 영역들끼리 집합체를 만들고, 각 집합된 영역들이 조건을 만족하는 영역을 검출한다. 이때 검출 조건은 집합된 영역의 최소, 최대 픽셀 크기, 픽셀이 가지는 밝기 값의 변화 정도에 따라 결정한다. 제안한 연구에서는 집합된 영역의 크기는 최소 20, 최대 500 픽셀로 결정하고, 밝기 변화 정도를 0.2로 설정하였다. 그림 3에서는 MSER 검출 영역을 원형과 해당 영역을 표시한 영역 분할 결과 그림이다.



(그림 3) MSER 검출 결과 타원 위치 및 영역 분할 결과

5. Template 매칭

Spotlight 단계와 MSER 검출 단계를 통해 추출된 각 영역들 중에서 서로 인접한 위치에 존재하는 영역들을 교통 표지판 후보 영역으로 선택한다. 이때 인접한 픽셀 위치의 오차 범위를 약 10% 미만으로 설정하였다. 그리고 검출된 후보 영역들 중에서 실제 교통 신호등 여부를 빠르게 판별하기 위해 템플릿 매칭 방법을 적용한다. 교통 신호등 템플릿은 3색 신호등의 흑백 영상을 사용하였으며 실제 매칭의 만족시키는 조건 값을 약 67%이상 일치할 경우 교통 신호등으로 판별하였다.

6. 실험 결과

제안한 연구에서는 입력 영상은 차량 내부에 설치된 블랙박스 초당 15프레임을 촬영한 320×240 칼라 영상을 입력받아 교통 신호등의 위치를 마크한 칼라 영상을 출력한다. 그림 4는 제안한 방안을 통해 교통 신호등을 검출한 결과고 영상들이다. 실험을 위해 사용한 환경은 Window 7OS(dual core 2.1Ghz, 32GB)에 Matlab을 사용하였다. 실험에서 사용하는 영상 입력은 초당 4프레임을 입력받아 교통 신호등을 검출하였다. 입력 영상에 포함된 교통신호

등의 검출 속도는 프레임당 0.24초가 소요되었다. 대부분의 처리 시간이 전체 영상 처리에 할애함으로써 소요 시간이 길어 졌으나 향후 연구에서는 일반적으로 교통신호등이 입력 영상의 상단부분에 위치하고 있어 입력 영상 처리의 크기를 절반으로 줄여 처리함으로써 처리 시간 감소를 꾀할 수 있을 것이다. 실제 교통 표지판이 포함된 실험 영상에서 평균 검출 성공률은 94%이고, 오검출율은 약 12%로 제시되었다. 오검출율 중에는 교통 신호등이 아님에도 교통신호등으로 잘못 검출하는 경우가 대부분이었다. 향후 연구에서 오검출율을 감소시키기 위해 타원 매칭과 SVM 학습기를 실험에 적용하고자 한다.

공단 통계로 본 세상, Webzine, Vol. 53, 2009.

[2] 김종배, “안전 운전 지원을 위한 도로 영상에서 시각 주의 영역 검출”, 한국전자공학회 논문지, vol. 49SC, no. 1, pp 94.102, 2012.

[3] J. B. Kim, “MSER and SVM-based Vehicle License Plate Detection and Recognition System”, Communications in Computer and Information Science(CCIS 310), Springer, pp. 529-535, 2012.

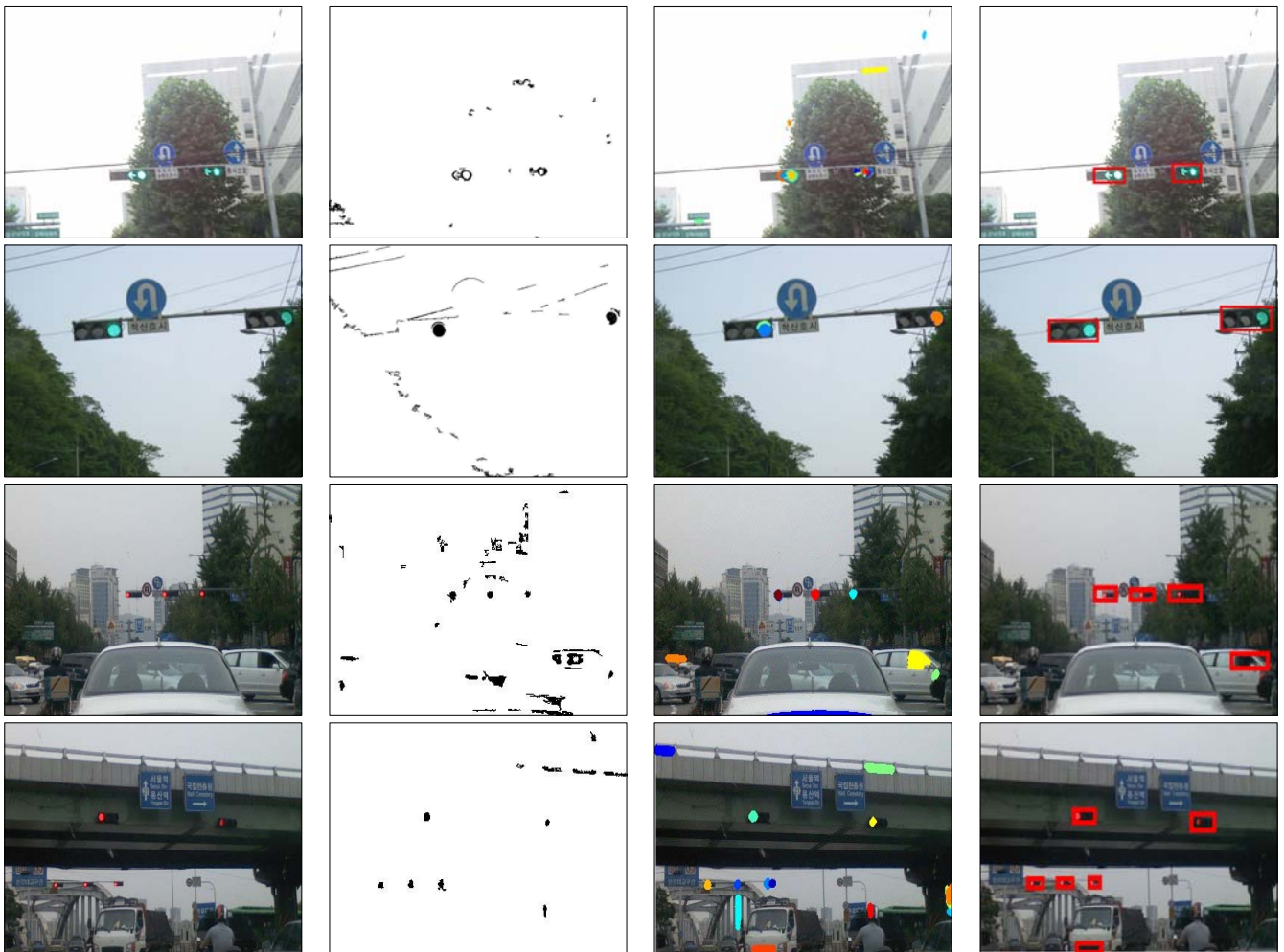
[4] 강수철 “고령운전자 특성분석을 통한 교통사고 예방 대책”, 도로교통공단, 손보논단, General Insurance, pp.38-53, 2013.01.

Acknowledgment

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (2010-0021071).

참고문헌

[1] 조형은, “노인운전자에 의한 교통사고 분석”, 도로교통



(그림 4) 교통신호등 검출 결과, 원본, spotlights 검출, MSER 영역 검출, 최종 검출 결과 영상(조도조건: 흐름, 맑음, 일몰, 안개)