

후방 램프 밝기 정보를 이용한 야간 차량 검출

정경민, *송병철
 인하대학교
 *bcsong@inha.ac.kr

Night Time Vehicle Detection using Rear-Lamp Intensity

Kyeong Min Jeong and Byung Cheol Song
 Inha University

요 약

후방 램프를 이용하는 기존의 차량 검출 기법들은 주로 색상 정보를 활용한다. 그러나 조도가 낮은 야간 환경의 특성상 색상 정보를 온전히 활용할 수 없는 경우가 빈번하게 발생한다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 야간 환경에서 후방 램프의 밝기 값만을 이용해 차량을 검출한다. 일반적으로 후방 램프를 검출하기 위해 색상 정보와 밝기 값을 이용해 이진화를 하게 되는데, 본 논문에서는 밝기 값을 이용해 톤 매핑 과정을 수행하여 후방 램프의 모양을 보존한다. 밝기 값 만을 이용하기 때문에 오검출이 증가하게 되는데 이는 후방 램프에 대한 조건을 알고리즘에 적용함으로써 해결한다. 이에 더해 추적 알고리즘을 적용하여 남아있는 오검출을 제거한다. 이러한 과정은 모두 실시간으로 이루어지기 때문에 최근 활발히 연구되고 있는 자동 주행 시스템이나 주행 보조 시스템 등에 활용 될 수 있다.

1. 서론

최근 들어 자동 주행 자동차에 대한 관심이 매우 높아졌다. 이에 따라 자동 주행 자동차의 전 단계라 할 수 있는 주행 보조 시스템 산업이 매우 발전 하고 있다. 주행 보조 시스템은 주행중인 차량 전방의 다른 차량이나 보행자, 차선, 표지판, 신호등 등을 인식하고 이들의 정보를 운전자에게 전달하여 주행을 편히 할 수 있도록 돕는 시스템이다.

일반적으로 주행 보조 시스템은 주간 상황에 국한되어 작동한다. 야간 상황에서 획득 된 영상은 조도가 낮은 환경이기 때문에 사물이 온전히 보이지 않거나 노이즈가 많아 사물 인식에 필요한 정보를 얻기가 어렵다. 그리고 야간 상황에 대한 공인 DB 도 적당히 존재하지 않아 학습 기반의 사물 검출에도 어려움이 있다. 차량 인식의 경우 야간에는 어두운 주변에 비해 아주 밝고 붉은색을 띠는 후방 램프를 활용하기도 한다. 후방 램프의 색이 붉고 밝기 정도가 높은 점을 이용해 후방 램프를 검출하여 차량임을 인지하는 기법이 다수 존재하며 [1], [2], [3], [4], 그에 맞는 영상에서 효과적으로 동작한다.

그러나 야간 상황이라는 특성 상, 후방 램프의 밝기는 매우 밝지만 번짐 현상이 많이 나타나 색상이 포화되는 경우가 빈번하다. 포화된 색상은 대부분 하얀색을 띠며 특정한 색상 정보를 얻을 수 없다. 이 경우 기존의 기법으로는 후방 램프를 검출하지 못하므로 차량 인식 또한 할 수 없다.

본 논문에서는 이처럼 색상 정보를 이용 할 수 없는 환경에서, 기존 기법과는 다르게 밝기 값만을 이용해 램프를 찾아내 차량을 인식한다. 밝기 값을 이용함에 있어 램프의 모양을 온전히 보존하기 위해 톤 매핑 과정을 적용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서 제안하는 알고리즘에 대해 설명하고, 3 절에서 실험 결과를 확인 한 후,

끝으로 4 절에서 본 논문의 결론으로 맺음 한다.

2. 제안 알고리즘

본 논문이 제안하는 알고리즘은 크게 톤 매핑, 후방 램프 후보군 선정, 램프 pairing 그리고 추적의 네 과정으로 이뤄져 있다. 첫 번째로, 입력 영상이 RGB 채널로 구성 된 경우 흑백영상으로 변환 해준 후, 전처리 과정의 하나로 톤 매핑을 해준다. 기존 기법들에서는 기본적인 이진화를 수행했지만, 밝기 값 만으로 이진화를 진행하게 되면 종종 램프 내부에 threshold 값 보다 낮은 값의 픽셀이 0 이되어 구멍이 된다. 이처럼 매끄럽지 않고 부자연스러운 모양을 피하기 위해 일정 threshold 값 보다 높은 픽셀들을 0 에서 255 사이로 다시 매핑 해주는 톤 매핑 과정으로 적용했다. 이 때, 하늘과 같은 불필요한 영역을 제외한 ROI 를 설정 한다. ROI 영역 내에서 작업을 수행하며 그 외 영역의 픽셀 값은 모두 0 이 된다. 그렇게 되면 불필요한 영역의 밝은 픽셀들이 제거되고 램프의 모양도 훨씬 자연스럽게 나타난다. 다수의 야간 영상을 확인 해 본 결과, 조도가 아주 낮은 영상이라도 후방 램프의 밝기는 8bit 기준으로 적어도 220 이상의 값을 가진다. 이러한 톤 매핑 과정은 식 (1)과 같이 나타난다.

$$I' = \begin{cases} 0 & , I < 220 \\ \frac{I - T}{255 - T} & , I \geq 220 \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서 I 는 입력 영상의 픽셀 값이고, I' 은 톤 매핑 후의 픽셀 값을 나타낸다. T 는 일정 threshold 값을 나타내며 본 실험의 경우 220 의 값을 가진다. 그림 1 은 톤 매핑 과정을 거친 후의 영상을 보여준다.

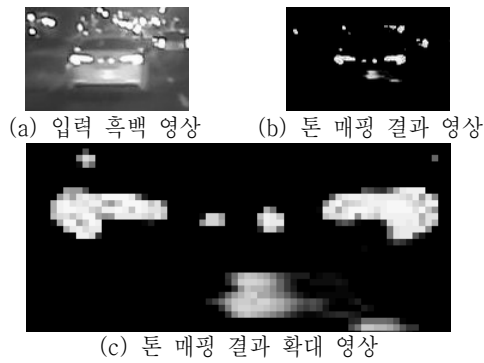


그림 1. 톤 매핑 과정의 결과

톤 매핑 과정을 거친 후 결과 영상에서 후방 램프가 될 수 있는 후보군을 선정한다. 우선 3x3 사이즈의 커널을 이용해 형태학적 필터를 적용하여 후방 램프 이외의 작은 잡음들을 제거한다. 일반적으로 형태학적 필터링을 진행할 때 수축과 팽창을 순서대로 수행하지만, 기본적인 이진화 대신 톤 매핑을 진행하여 후방 램프의 모양이 안정적이므로 수축과정만 진행하였다. 이는 수축과정에서 미처 제거되지 않은 잡음의 모양이 팽창과정으로 안정되는 것을 방지한다. 그림 2 에서와 같이 기존의 기본적인 이진화 결과보다 톤 매핑후의 결과가 더욱 자연스러운 램프 모양을 보여준다.

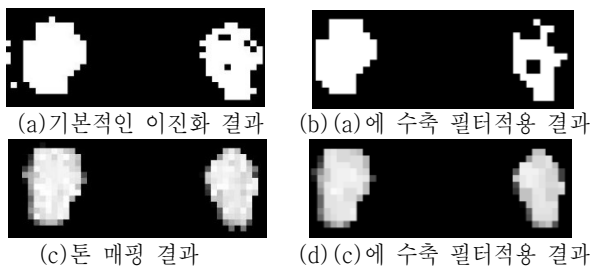


그림 2. 기본적인 이진화 결과와 톤 매핑 결과의 비교

형태학적 필터를 적용한 후, 남아있는 픽셀 값들의 contour 정보를 획득하여 각각을 후방 램프 후보로 한다. 기존 기법은 이 과정에서 색상 정보를 활용하여 불필요한 광원을 제거한다. 즉, HSV 공간에서 Hue 채널 값의 범위를 설정하고 이를 만족하지 못하면 탈락시킨다. 그러나 서론에서 언급했듯이 야간 상황에서 색상 정보를 온전히 이용하는 것은 어렵다. 그러므로 후방 램프 후보들에 대한 다른 검증은 하게 된다. 후방 램프 크기의 최대·최소를 설정하여 이 조건을 만족하지 못하면 탈락시킨다. 최대·최소를 설정하는 기준은 검출하고자 하는 차량의 최대·최소 거리에 따라 변경할 수 있다.

그 다음으로 후방 램프 후보들을 pairing 하는 과정을 거친다. 앞서 획득한 contour 정보에는 램프 후보 각각의 x, y 좌표값과 너비, 높이가 있다. 램프 후보를 두 개씩 쌍을 지어 그 높이 차, 사이 거리, 크기 차를 비교하고 설정 된 조건을 만족하면 램프 쌍으로 인식한다. 일반적으로 후방 램프 쌍은 같은 수평선 상에 같은 크기로 존재하므로, 램프간의 크기 차와 높이 차는 작은 값으로 설정 된다. 램프 사이의 거리는 가까이 있는 차 일수록 더 커진다. 그러므로 인식하고자 하는 거리를 고려하여 조건을 설정한다.

Pairing 된 램프 후보에 대해 한쪽 램프를 반전시키고 Normalized Cross-Correlation(이하 NCC)을 계산한다 [1]. 실제로 하나의 램프 쌍은 각각의 램프가 똑같이 생겼으므로

후방 램프가 아닌 후보에 비해 NCC 값이 높게 계산된다. NCC 를 구하는 방법은 다음 식 (2)와 같다.

$$NCC = \frac{(R(x,y) - \bar{R})(L(x,y) - \bar{L})}{\sigma_R \sigma_L} \quad (2)$$

$R(x,y)$ 는 램프 쌍에서 오른쪽 램프를 나타내고, $L(x,y)$ 은 왼쪽 램프를 나타낸다. \bar{R} 과 \bar{L} 은 각 램프의 평균값을 나타낸다. 계산 된 NCC 값이 일정 값보다 작으면 램프 후보에서 탈락하게 된다. 남은 램프 쌍 후보에 대해 바운딩 박스를 씌운 후, 이를 차량 크기로 확장한다. 일반적인 승용차의 후방 램프는 차량 후면 중앙부에 위치 하고, 높이와 너비의 비가 거의 같다는 것을 활용한다. 이 확장 된 차량 박스의 y 좌표를 고려해 거리에 따른 크기를 만족하지 못할 경우 탈락시킨다.

마지막 과정으로 Kalman Filter 를 차량 박스에 적용해 세 프레임 이상 검출되면 영상에 차량 박스를 출력한다. 많은 조건에도 불구하고 남은 오검출을 제거하고, 미처 검출되지 못한 차량을 검출하는데 효과적이다 [1].

3. 실험 결과

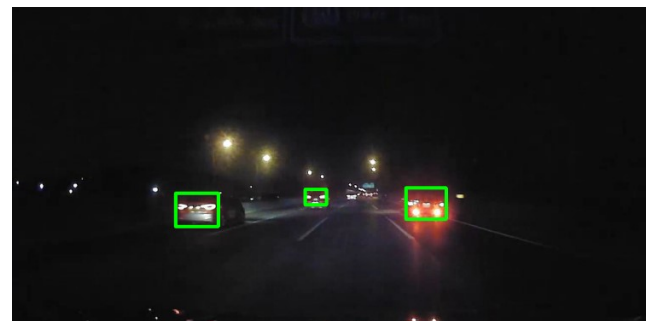


그림 3. 제안하는 알고리즘을 적용한 야간 차량 인식 결과 영상

실험 영상은 현재 시판중인 블랙박스를 이용해 직접 인천-부천 구간을 촬영 하였으며 1280x720 해상도, 30 fps, RGB 채널의 영상이다. i7-3770 3.4GHz CPU 와 12.0GB RAM 의 컴퓨터 환경에서 실험을 진행했다. 표 1 은 차량 인식 결과를 수치로 나타낸 표이다.

표 1. 제안하는 알고리즘을 적용한 야간 차량 인식 수치 결과

검출률	FPPI	처리속도	FPS	검출거리
80.22 %	0.086	11.63ms	58.3	약 40m

4. 결론

결과에서 확인 되듯이 컬러 정보를 이용하지 않고 밝기 값 만으로도 만족할만한 결과를 얻을 수 있다. 처리 속도 또한 실시간으로 적용할 수 있어 최근 큰 이슈인 차량 자율 주행, 주행 보조 등의 시스템에 충분히 이용될 수 있다. 그러나 카메라에 따라 얻어지는 영상의 조도나 영상에서 광원의 상태 등이 큰 영향을 주므로, 이를 보완 할 방법에 대한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] R. O'Malley, E. Jones, and M. Glavin, "Rear-Lamp Vehicle Detection and Tracking in Low-Exposure Color Video for Night Conditions," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 11, no. 2, June 2010.
- [2] E. Skodras, G. Siogkas, E. Dermatas, and N. Fakotakis, "Rear Lights Vehicle Detection for Collision Avoidance," IWSSIP 2012, 11-13 April 2012, Vienna, Austria.
- [3] M. Rezaei, M. Terauchi, and R. Klette, "Robust Vehicle Detection and Distance Estimation Under Challenging Lighting Conditions," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 16, no. 5, October 2015.
- [4] H. T. Chen, Y. C. Wu, and C. C. Hsu, "Daytime Preceding Vehicle Brake Light Detection Using Monocular Vision," IEEE Sensors Journal, vol. 16, no. 1, January, 2016.
- [5] R. Zhang, "Robust Pedestrian and Vehicle Detection in Night Time using Headlight Beam Pattern and Color Model," M. S. Dissertation, Inha University, February, 2013.