

논문 2012-07-21

통계적 특징 기반 SVM을 이용한 야간 전방 차량 검출 기법

(Night Time Leading Vehicle Detection
Using Statistical Feature Based SVM)

정정은, 김현구, 박주현, 정호열*

(Jung-Eun Joung, Hyun-Koo Kim, Ju-Hyun Park, Ho-Youl Jung*)

Abstract : A driver assistance system is critical to improve a convenience and stability of vehicle driving. Several systems have been already commercialized such as adaptive cruise control system and forward collision warning system. Efficient vehicle detection is very important to improve such driver assistance systems. Most existing vehicle detection systems are based on a radar system, which measures distance between a host and leading (or oncoming) vehicles under various weather conditions. However, it requires high deployment cost and complexity overload when there are many vehicles. A camera based vehicle detection technique is also good alternative method because of low cost and simple implementation. In general, night time vehicle detection is more complicated than day time vehicle detection, because it is much more difficult to distinguish the vehicle's features such as outline and color under the dim environment.

This paper proposes a method to detect vehicles at night time using analysis of a captured color space with reduction of reflection and other light sources in images. Four colors spaces, namely RGB, YCbCr, normalized RGB and Ruta-RGB, are compared each other and evaluated. A suboptimal threshold value is determined by Otsu algorithm and applied to extract candidates of taillights of leading vehicles. Statistical features such as mean, variance, skewness, kurtosis, and entropy are extracted from the candidate regions and used as feature vector for SVM(Support Vector Machine) classifier. According to our simulation results, the proposed statistical feature based SVM provides relatively high performances of leading vehicle detection with various distances in variable nighttime environments.

Keywords : Night time vehicle detection, SVM feature extraction, Color space, Image processing

I. 서론

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2011. 12. 27., 수정일 : 2012. 01. 20.,

채택확정 : 2012. 06. 08.

정정은 : 대구경북과학기술원

김현구, 정호열 : 영남대학교 정보통신공학과

박주현 : 영남대학교 전기공학과

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의
재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기
초연구사업임(2012-0002759)

현재 완성차 업체를 중심으로 국내외 자동차 부
품업체, 연구기관은 운전자의 안전과 편의성을 위해
지능형 자동차(Intelligent vehicle)에 대한 연구 비
중을 높이고 있다. 지능형 자동차는 지능형 교통 시
스템(Intelligent transportation system)의 첨단 안
전 차량(Advanced safety vehicle) 분야에 해당하
며, 기존 차량을 정보통신, 전자, 제어 등의 첨단 기
술과 접목하여 사고 예방 및 운전자 편의성 향상을
위한 연구가 진행 중이다. 첨단 안전 차량은 센서를

이용하여 차선, 보행자, 차량 등 주변 환경을 판단하여 사고를 예방하거나 경감하는데 목적이 있다. 대표적인 활용 사례로 레이더 센서를 이용한 적응형 순항 제어(Adaptive cruise control), 카메라를 이용한 차선 이탈 경고 시스템(Lane departure warning system)을 들 수 있으며, 이러한 진화된 운전자 보조 시스템(ADAS: Advanced Driver Assistance System)은 미래 자동차 산업의 핵심 기술로 평가되어 자동차 부품업계에서도 지속적인 연구개발이 진행되고 있다. 또한, 야간 교통사고의 원인이 되는 운전자 시야를 보조하기 위한 방법으로 적외선 카메라를 이용한 야간 영상 시스템(Night vision system)과 전방 차량 충돌 방지 시스템(Forward collision warning system)이 개발되고 있다. 전방 차량 검출은 보행자 검출과 함께 첨단 운전자 보조 시스템에서 필수적으로 요구되는 매우 중요한 기능이다. 주간 환경에서는 차량의 형태 특징(외곽선, 컬러 등)을 이용한 검출 방법 [1, 2]이 자주 이용되고 있으나, 야간 환경에서는 낮은 조도 특성으로 인해 차량의 이러한 형태 특징을 추출하기 어렵다 [3]. 야간 환경에서 차량 검출의 어려움을 극복하기 위해 전조등과 후미등을 차량의 특징으로 차량을 검출하는 방법들 [4, 5]이 연구되어 왔으며, 위 방법들은 도로 위의 반사체, 가로등, 신호등, 도로표지판 등과 같은 다양한 잡음을 효과적으로 제거하기 위한 기법을 제안하였다. 차량의 특징을 추출하는 방법으로 후미등의 분포 특성을 이용하여 색상 추출에 적합한 색 좌표계를 이용한 특징을 추출하는 방법 [6]이 제안되었다. 차량의 고유한 특징을 이용한 야간에 전방차량을 검출하는 방법에는 아다부스트(Adaboost) [7]나 서포트벡터머신(Support vector machine) [8, 9]를 사용하여 차량 특징을 학습하여 차량을 검출하는 연구가 수행되고 있다. 광류(optical flow)를 이용한 차량 검출 방법 [10]은 차량의 정확한 위치 측정이 어려우며, 적외선 카메라의 영상은 잡음으로 인한 훼손과 낮은 명암비로 인하여 차량 검출에 어려운 단점이 있다.

차량의 특징 추출 과정은 야간 환경의 도로에서 차량으로 판단되는 특징을 추출하는 과정이다. 이를 위해서 영상 이진화, 라벨링 과정을 통해 차량의 전조등 및 후미등 정보를 추출하고, 형태적 특징을 이용하여 차량과 도로 상의 반사체를 구분하거나 [9], 하알-유사-특징(Haar-like feature)과 같은 통계학 방법을 사용하여 차량의 특징을 추출한다 [11]. 추출된 특징의 형태와 크기를 이용하여 인접한 후

보의 위치 정보 이용하여 그룹화 된 후보를 차량으로 인식하는 비학습적 방법 [6]과 추출된 성분의 특징을 학습 알고리즘으로 분류하여 차량 여부를 판단하는 학습적 방법 [8]이 사용될 수 있다.

본 논문에서는 먼저 야간 환경에서 차량의 검출하기 위해 차량 후미등의 색상 정보를 획득한다. 획득된 영상을 루타(Ruta) 변환 [12]하고, 루타-붉은색(Red) 색상 성분을 기준으로 오츠(Otsu) 알고리즘 [13]을 이용하여 구한 임계값을 이용하여 배경 부분이 제외된 차량의 후미등 후보 영역을 추출한다. 차량 후미등 후보 영역에 대해 루타-붉은색 성분의 히스토그램과 각종 통계적 특징을 추출하여 SVM의 특징 벡터로 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 제안된 야간 전방 차량 검출 기법에 대해 단계별로 설명한다. 특히 특징 추출은 크게 두 가지 방법, 즉 통계적 특징과 형태적 특징에 대해 고려한다. 3장에서는 제안된 방법의 야간 전방 차량 검출에 대한 검출 성능에 대해 나타내었으며, 본 논문에서 통계적 특징을 이용하는 방법이 형태적 특징을 이용하는 방법에 비해 검출 성능 측면에서 우수함을 보인다. 4장에서는 도출된 결론으로 본 논문을 마무리한다.

II. 본론

본 논문에서는 조도가 일정하지 않은 환경에서 후미등 색상 성분을 추출하기 위한 방법으로 기존에 자주 사용되는 Normalized RGB 기반 색상 추출 기법을 사용하는 대신 다른 색상 대비 주된 색상(dominant color) 정보를 잘 나타내는 루타 RGB 기반 색상 추출 기법을 사용한다. 루타 붉은색(Red) 성분을 기준으로 오츠(Otsu) 알고리즘 [13]으로 구한 임계값을 이용하여 영상을 이진화 함으로써 배경 부분이 제외된 차량의 후미등 후보 영역을 검출한다. 차량 후미등 후보 영역을 라벨링(labeling)하고 각 후보 영역에 대해 통계적 특징과 형태적 특징을 차량 검출특징으로 추출하여 SVM의 학습 데이터로 사용한다. 검출된 후보 영역들 중 실제 차량의 후미등 영역은 positive 학습 데이터로, 후미등이 아닌 잡음에 해당되는 후보 영역은 negative 학습 데이터로 구성하여 SVM 분류 모델을 생성한다. 사용된 positive 와 negative 학습 데이터는 동일 비율로 구성하였다. 생성된 분류 모델을 이용한 SVM 분류기를 구성하여 입력 영상에 대한 전방 차량 검

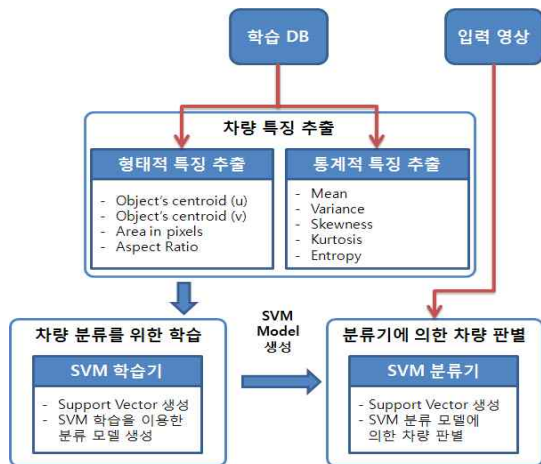


그림 1. 야간 전방 차량 검출 시스템 구성
Fig. 1. Overview of leading vehicle detection system at night time.

출을 수행한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 야간 전방 차량 검출시스템의 구성을 나타낸 것이다.

1. 색상 추출 방법

조도가 낮은 야간 환경은 차량의 형태 추출이 어렵기 때문에 전방 차량을 구분하기 위해 전조등 및 후미등을 검출특징으로 사용한다. 차량의 후미등은 색상 정보를 포함하고 있어 전조등에 비해 검출이 상대적으로 용이하다. 영상에서 색상 정보를 추출하기 위한 방법으로 RGB 좌표계가 사용될 수 있으며, 그림 2는 후미등 색상 분포를 RGB 좌표계에 투영한 결과이다.

YCbCr 컬러공간은 밝기 성분에 따라 색차 성분이 선형적인 특징을 가지므로 밝기에 비선형적으로 변동하는 RGB 좌표계에 비해 후미등 추출이 용이하다. 그림 3은 후미등의 색상 분포를 YCbCr좌표계에 투영한 결과로서 RGB 좌표계에 비해 조밀한 분포를 가져 검출 대상을 구분하기 용이한 것을 알 수 있다. 그러나 휘도 성분에 따라 후미등의 색차 성분 범위가 변화하는 단점이 있다.

야간 환경에서 차량의 후미등 후보 영역과 배경을 구분하기위해 임계값을 이용한 이진화 방법이 사용되고 있으나, 조도가 일정하지 않은 경우 우수한 성능을 기대 하기 어렵다. 이를 극복하기 위한 방법으로 밝기 성분에 관계없이 특정한 색상 성분을 추출하는 정규화된(normalized) RGB 컬러 추출 방법이 주로 사용된다. 그러나 이 방법은 밝기 값이 밝은 부분이나 어두운 부분이나 동일한 색상으로 나타나기 때문에 어두운 배경 부분에 약간의 붉은색상이 있어도 후미등의 후보 영역으로 검출되는 단점이 있다.

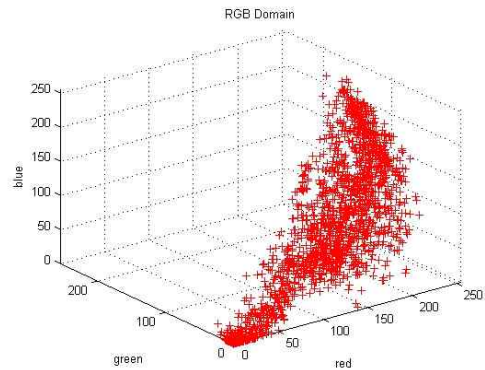


그림 2. RGB 컬러공간의 후미등 분포
Fig. 2. Distribution of taillight in RGB color space.

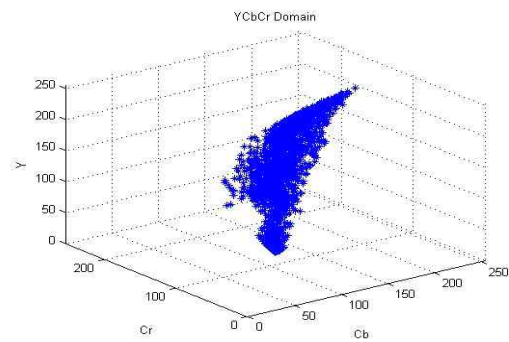


그림 3 YCbCr 좌표계 상 후미등 분포
Fig. 3. Distribution of taillight in YCbCr color space.

Ruta RGB 색상은 도로 표지판 인식에 효과적으로 사용된 방법 [12]으로 다른 색상 대비 주된 색상(dominant color) 정보를 잘 나타내는 방법이다. 본 논문에서는 각 컬러 공간의 후미등 색상 분포를 비교하고, 최적의 임계값을 설정하기 위해 조명에 민감한 반복 이진화 기법이 아닌 Otsu 기법으로 임계값을 결정하고, 영상 이진화와 라벨링을 통하여 차량 후미등 후보 영역의 특징을 추출한다.

2. 임계치 설정을 위한 색상분포 분석

후미등과 배경 잡음을 분리하는 최적의 임계값을 구하기 위해서 100개의 입력영상에서 후미등과 배경을 분리하고 각각의 분포를 투영하여 각 컬러 공간에서 색상의 분포를 분석한다. 특히, 후미등의 주요 색상인 붉은색의 분포를 중심으로 색상을 분석한다.

그림 4는 RGB 컬러 공간에서 정규화 된 각 색상 분포를 나타내는 것으로, RGB 좌표계 중 Red 채널

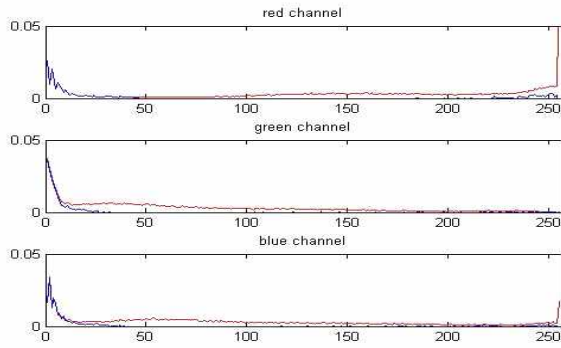


그림 4 RGB 색상 기준 후미등과 배경잡음 영역의 색상 분포

Fig. 4. Each color component distribution of taillight and background noise represented in RGB color space.

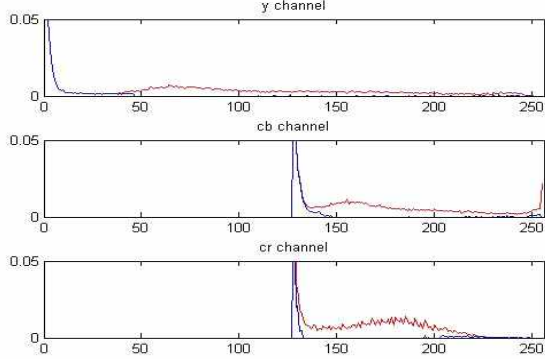


그림 5. YCbCr 좌표계 상 후미등의 채널 분포

Fig. 5. Each color component distribution of taillight and background noise represented in YCbCr color space.

의 분포 특징이 후미등과 배경잡음의 분류에 적합함을 보인다. 그림4 에서 후미등의 색상 분포는 붉은색 실선으로, 배경잡음의 색상 분포는 푸른색 실선으로 나타내었다. 또한, 배경잡음의 색상 분포는 영상에서 후미등을 제외한 영역에서 무작위로 선택된 영역으로부터 구한 것이다.

YCbCr 컬러 공간에서 각 채널의 분포는 밝기 성분을 나타내는 Y 채널과 색차 성분을 가지는 Cb, Cr 성분이 모두 구분되어 분류에 적합하나, Y 채널은 잡음이 배경이 아닌 높은 밝기 성분을 가진 반사체의 경우 분류가 어렵고, Cb 채널은 후미등 추출에 크게 영향을 미치지 못한다. 따라서 후미등 추출을 위해 Cr 채널의 분포를 후미등 추출에 사용 가능하다. 그림 5은 YCbCr 컬러 공간에서 각 채널의 분포를 나타내는 것이다.

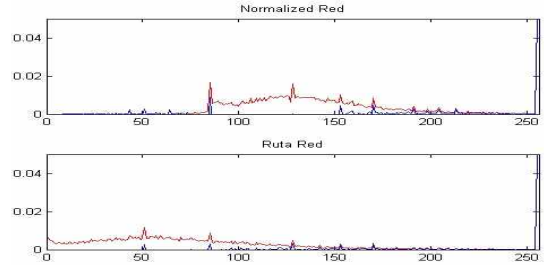


그림 6. 정규화된 색상 추출 기법(상)와 Ruta 기법(하)의 후미등 분포

Fig. 6. Distribution of taillight and background noise in terms of normalized red(top) and ruta red(bottom)

다양한 조도 환경에서 특정 색상 정보를 획득하기 위해 제안된 Normalized 컬러 추출 방법과 Ruta 컬러 추출 방법은 각 채널과 상관관계를 가지므로 색상 정보 획득에 유리하다. 그림 6은 정규화 된 후미등과 배경의 분포를 비교한 것으로 정규화된(normalized) Red 획득 방법이 Ruta Red 획득 방법에 비해 좁은 분포를 가지고 있으나, 추가적으로 임계값의 설정이 필요하다.

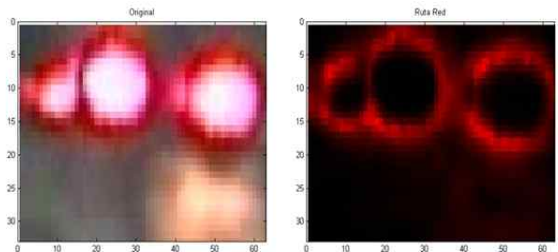


그림 7. 원본 영상(좌)와 Ruta 변환에 의해 추출된 영상(우)

Fig. 7. Original image (left) and extracted image by Ruta transform(right)

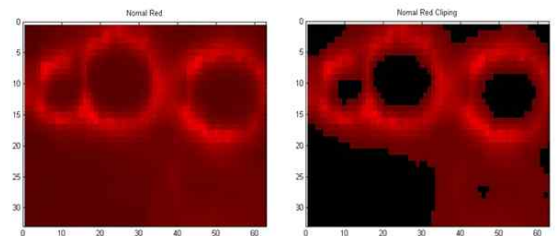


그림 8. 평활화 색상 추출 영상(좌)와 임계치를 적용한 평활화 색상 추출 영상(우)

Fig. 8. Normalized red color image(left), with additional threshold(right).

그림 7은 추출된 원본 영상에서 Ruta 변환에 의해 추출된 영상으로 그림 8의 Normalized 방법을 적용하여 추출된 영상과 임계값을 적용한 영상에 비해서 후미등 영역만을 검출하는데 적합하다.

3. 특징 추출 방법

검출된 후보 영역으로부터 인식하고자 하는 객체를 정확하게 검출하기 위해서는 다양한 특징 추출 기법을 사용할 수 있다. 일반적으로 자주 사용되는 특징으로는 Haar-like 특징, HOG(Histogram Oriented Gradient) 특징이 있으나 그림 9와 같이 거리에 따라 형태가 급격하게 변하는 차량 검출에는 사용하기가 어렵다. Haar-like 특징의 경우 거리에 따라 마스크의 크기가 변경되어야 하며 검출 거리가 먼 경우 대부분의 특징이 포화되는 특징을 가지고 있어 거리에 따라 다양한 형태가 나타나므로 적용하기 어렵다. 현재 양산되는 차량의 후미등의 형태가 일정하지 않고 검출 거리가 먼 경우 최소 빈도수보다 적은 검출 크기를 가지므로 야간 환경에서 HOG를 차량 검출 특징으로 사용하기 어렵다.

그림 10은 가장 많이 검출되는 크기로 저장된 영상 10개의 평균 영상을 생성한 결과이다. 영상에서 후미등은 대부분의 영역에서 검출되므로 생성된 평균 영상은 후미등의 실제 형태와 유사하지 않다.

따라서 본 연구에서는 후미등의 검출 크기에 무관하게 사용이 가능한 통계적 특징과 형태적 특징을 사용하는 방법을 제안하였다.

3.1 통계적 특징 추출

통계적 특징의 대표적인 방법으로 히스토그램(색상 분포)을 사용하는 방법이 가능하다. 검출하고자 하는 객체까지의 거리에 따라 영상내 객체의 크기가 가변적인 경우라도 히스토그램은 사용 가능하다. 그러나 SVM 학습기의 경우 입력 특징의 차원이 늘어날수록 모델이 복잡해지고, 특징 개수에 따라 처리 속도가 영향을 받게된다. 따라서 특징의 차원을 줄이는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 특징의 차원을 줄이기 위한 방법으로 1차 모멘트(mean), 2차 모멘트(variance), 3차 모멘트(skewness), 4차 모멘트(kurtosis), 그리고 엔트로피와 같은 특징의 사용한다.

모멘트(moment)란 어떤 종류의 물리적 효과가 하나의 물리량뿐만 아니라 그 물리량의 분포상태에 따라서 정해질 때에 정의되는 양이다.

1차 모멘트 특징은 주어진 영역 내에서의 색상



그림 9. 거리에 따른 후미등의 다양한 형태
Fig. 9. Various shapes of taillight according to different distances.

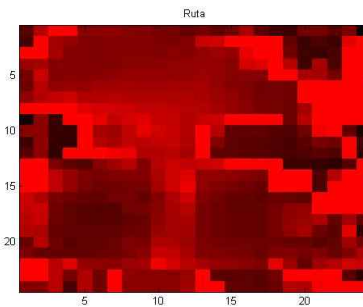


그림 10. 후미등의 평균영상
Fig. 10. Average image of tail light.

값의 평균을 의미한다. 예를 들어, Ruta-붉은색을 사용하는 경우, 라벨링된 후보영역 내 Ruta-붉은색 성분이 강하면 강할수록 1차 모멘트는 증가할 것이고, 반대의 경우 값이 감소한다. 따라서 Ruta-붉은 색의 평균은 차량의 후미등 영역에서는 다소 일정한 반면 도로 반사체, 도로 표지판 등을 포함한 배경영역에서는 특정한 패턴이 없으므로 평균이 불규칙하다는 것을 알 수 있다. 1차 모멘트 특징 값의 계산은 식 (1)과 같고, 첫 번째 통계적 특징으로 사용한다.

$$feature^{1st} = E[X] = \mu_X \quad (1)$$

여기서 X는 해당 색상 값을 뜻하고, E[]는 기대값을 뜻한다.

2차 중심 모멘트는 주어진 영역 내에서 색상 값의 평균 변화량(분산)을 의미한다. 예를 들어, Ruta-붉은색을 사용하는 경우, 라벨링된 후보영역 내 Ruta-붉은색의 값의 변화량이 많을수록 값이 증가하고, 변화량이 적을수록 값이 감소한다. 따라서 2차 중심 모멘트 특징을 사용하면 인식하고자 하는 차량의 후미등은 유사한 패턴으로 인해 특징 값의 분포가 비교적 일정한데 반해 도로 반사체, 도로 표지판 등과 같은 비차량 데이터는 유사한 패턴이 없으므로 특징값이 산란하다는 것을 예상할 수 있다. 2차 중심 모멘트인 분산값을 두 번째 통계적 특징으로 사용한다

다. 2차 중심 모멘트는 식 (2)과 같이 정의한다.

$$feature^{2nd} = E[(X - \mu_x)^2] \quad (2)$$

3차 중심 모멘트는 주어진 영역 내에서 색상 값의 분포 대칭도인 왜도(skewness)를 의미한다. 왜도란 분포의 기울어짐을 의미하는데 대칭 분포 일 때 왜도가 0이 되고, 분포가 오른쪽으로 기울어지면 값이 0보다 크고 분포가 왼쪽으로 기울어지면 값이 0보다 작다. 3차 중심 모멘트 특징 값을 구하기 위해 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

$$feature^{3rd} = E[(X - \mu_x)^3] \quad (3)$$

4차 중심 모멘트는 주어진 영역 내에서 색상 값의 분포의 뾰족한 정도인 첨도(kurtosis)를 의미한다. 첨도가 0일 때 데이터의 분포(종 모양)는 정규 분포를 가지고 첨도가 0보다 클 때 상대적으로 더 뾰족한 분포를 가진다. 그리고 첨도가 0보다 작을 때 상대적으로 덜 뾰족한 분포를 가진다. 4차 중심 모멘트는 식 (4)과 같이 정의 된다.

$$feature^{4th} = E[(X - \mu_x)^4] \quad (4)$$

엔트로피 특징은 주어진 영역 내에서 색상 값의 분포로부터 구할 수 있는 평균 정보량을 의미한다. 학습된 후미등의 분포에 비해 다른 형태의 분포를 가지는 도로 반사체, 도로 표지판 등과 같은 비차량 데이터는 정보량이 상대적으로 많으므로 차량 분류에 유리한 특성이 나타난다. 각 색상 값의 확률분포가 $P(x)$ 라고 할 때, 엔트로피 특징값은 식 (5)과 같이 정의된다.

$$feature^{5th} = - \sum_{x=0}^{255} P(x) \cdot \log_2 P(x) \quad (5)$$

3.2 형태적 특징 추출

라벨링 과정을 거쳐 추출된 후보 영역은 후미등 뿐만이 아니라 다양한 잡음의 성분을 모두 포함하고 있다. 통계적 특징은 분포를 판별하는데 기여하나, 분포 특성으로 구분하기 힘든 도로 반사체는 오검출의 원인이 된다. 도로 반사체는 차선, 도로상 교통 표지판 등에 의해 발생하며 대부분 대각선 혹은 사각형으로 형태적 특징이 나타나므로 원형 또는 타원형으로 형태적 특징이 나타나는 후미등과 구분이 가능하다. 거리에 따라 다양한 크기의 블로브 형태에서 형태적 특징을 추출하기 위해 블로브의 가로-세로 비율, 블로브의 바깥 사각형(bounding box)면적 대비 블로브 면적비를 특징으로 사용한다.

라벨링된 블로브는 그림 11과 같이 블로브 영역의 넓이(area), 블로브의 영상 중심좌표(x_center, y_center), 블로브 사각박스의 x, y축 최대 좌표(x_

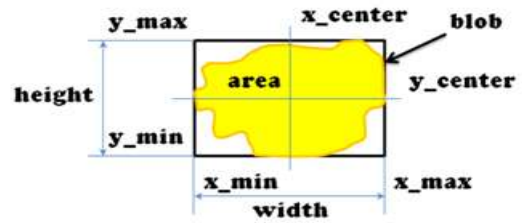


그림 11. 블로브 기본 정보
Fig. 11. Basic informations of blob.

표 2. 형태적 특징으로 제거 가능한 배경 잡음
Table. 2. Examples of noise removable by shape features

| 검출 특징 | 차선 | 교통 표지판 | 교통 표지판 |
|---------|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| 적용 특징 | $feature^{6th}$ | $feature^{7th}$ | $feature^{6th}$ $feature^{7th}$ |
| Blob 형태 | | | |

max, y_max), 블로브 사각박스의 최소 좌표(x_min, y_min), 블로브 사각박스 가로 길이(width), 블로브 사각박스 세로 길이(height) 등 총 8가지 정보로 구성된다. 블로브 가로-세로비는 식 (6)의 방법을 사용하여, 블로브-검출 박스 면적비는 식 (7)을 사용하여 구한다.

$$feature^{6th} = \frac{height}{width} \quad (6)$$

$$feature^{7th} = \frac{area}{width \times height} \quad (7)$$

표 2는 위의 형태적 특징으로 제거 가능한 배경 잡음을 나타낸 것으로 블로브 가로-세로비는 차선과 같은 대각형태의 특징 구분, 블로브 면적비는 교통 표지판과 같은 특징 구분에 사용될 수 있다.

III. 실험 및 결과

학습과 실험에 사용된 비디오 데이터는 동일한 차량과 카메라 장착 위치로부터 취득한 야간 영상이며, 전방 차량의 검출이 용이하고 외곽 도로에 비해 다양한 반사체를 포함하고 있는 고속도로 영상을 사용하였다. 사용된 비디오 데이터는 640×480

해상도와 30 frames/sec로 저장된다. 이진영상으로부터 얻어진 차량의 후미등 후보 영역을 추출하여 긍정 영상(positive image)과 부정 영상(negative image) 학습 데이터로 사용하였다. 긍정 영상과 부정 영상은 각각 500개 로 구성하여 SVM 학습에 사용하였다. 학습기로부터 생성된 SVM 분류기를 사용하여 실험 영상 내 차량의 검출 성능을 평가하였다. 차량 검출성능은 비차량을 차량으로 오인식하는 False positive와 차량을 비차량으로 미인식하는 False negative가 낮을수록 우수하다고 평가할 수 있으므로, 성능 평가에서는 프리시전(Precision rate)과 리콜률(Recall rate)을 사용하였다 [14, 15]. 식 (8)과 식 (9)는 각각 프리시전률과 리콜률의 정의 식을 나타낸다.

$$precision = \frac{truePositive}{truePositive + falsePositive} \quad (8)$$

$$recall = \frac{truePositive}{truePositive + falseNegative} \quad (9)$$

우선, 색상 추출 기법에 따른 차량 검출 성능을 비교하는 영상 내에 차량과 배경을 구분하는 최적의 임계치를 설정하기 위해 색상좌표계 별 전방 차량 이미지를 후미등과 배경 성분을 100개의 평균 히스토그램을 추출하여 오츠(Otsu) 알고리즘으로 임계값을 설정하였다 [13].

제안한 알고리즘의 정량적 평가를 위해서 각 색상좌표계의 히스토그램으로부터 통계적 특징인 평균, 분산, 왜도, 그리고 첨도를 추출하여 SVM 학습특징으로 사용하고, 생성된 분류모델을 SVM 분류기에 사용하여 각 색상좌표계의 검출성능을 평가하였다. Ruta 색상 획득 방법이 기존 사용된 방법에 비해 프리시전률, 리콜률 측면에서 향상됨을 그림 12에서 알 수 있다. RGB 색상 좌표계와 YCbCr 색상 좌표계 상의 분포는 휘도 분포가 다양한 야간 환경에 일부 적합하지 않은 것으로 나타났고, 휘도 성분의 영향을 상대적으로 적게 받는 정규화된 RGB 색상 추출방법은 주변 밝기에 따라 배경 성분을 차량으로 검출하는 단점이 나타났다. 반면, 다른 색상 대비 주된 색상정보를 잘 나타내는 Ruta 색상 추출 기법이 후미등 색상정보 획득에 상대적으로 유리함을 보였다.

본 논문에서 제안한 통계적 특징들은 사용된 색상좌표계로부터 추출된 히스토그램(즉, 색상분포)으로부터 구할 수 있으며 모든 통계적 특성은 히스토그램 자체가 가지고 있다고 할 수 있다. 즉 정규화된 히스토그램(색상 확률 분포) 그 자체로도 통계적

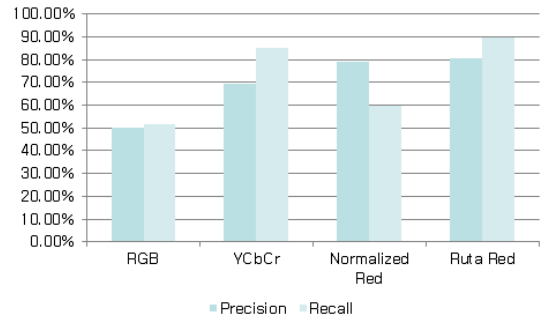


그림 12. 색상추출 방법에 따른 전방 차량 검출 성능

Fig. 12. Leading vehicle detection rates when using different color representations

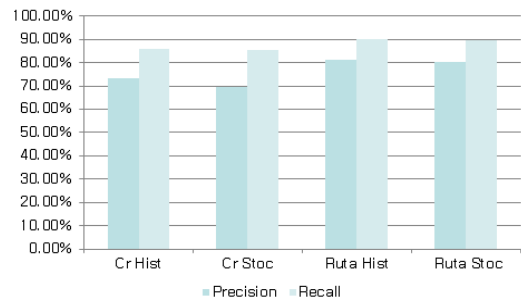


그림 13. 정규화된 히스토그램과 통계적 특징에 따른 전방 차량 검출 성능

Fig. 13. Leading vehicle detection rates when using histogram and stochastic features, respectively

특징으로 사용할 수 있다. 이 때 특징 벡터가 최대 256차원이 될 수 있어 SVM 분류기의 실시간성에 적합하지 않을 수 있다. 따라서 히스토그램의 특징을 몇 가지 통계적 특징으로 대체하여 특징 벡터의 차원을 줄이는 방법을 제안한 것이다. 그림 13은 정규화된 히스토그램을 특징 벡터로 사용하는 경우와 평균, 분산, 왜도, 그리고 첨도를 통계적 특징 벡터로 사용하는 경우에 대해 차량 검출 성능을 비교한 실험 결과이다. 저차원의 통계적 특징만을 사용하는 제안 방법이 고차원의 정규화된 히스토그램을 사용하는 경우와 유사한 성능을 보여 제안된 통계적 특징 방식이 특징 벡터 차원을 효율적으로 사용할 수 있다. 또한, 제안된 통계적 특징과 형태적 특징의 검출 성능 비교를 통하여 각 성능을 평가하였다. 학습 데이터로부터 형태적 특징을 추출하기 위해서는 전방 차량의 후미등 후보 영역 영상을 특정 크기로 크기를 조정(resizing)하여 사용하였다. 이는 통계적 특징은 영상의 크기에 이론적으로 무

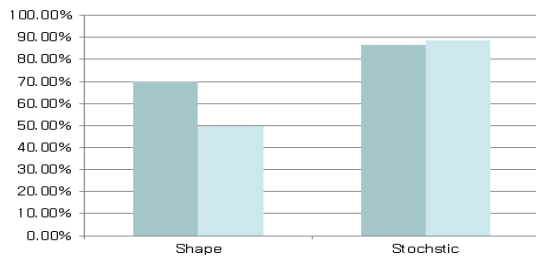


그림 14. 형태적 특징 및 통계적 특징에 따른 전방 차량 검출 성능

Fig. 14. Leading vehicle detection rates when using shape features and stochastic features, respectively

관하지만 형태적 특징은 학습 영상의 크기에 따라 영향을 받을 수 있기 때문이다. 학습을 위하여 추출된 후미등의 특징을 실험을 통하여 가장 많이 검출되는 24x24 크기의 긍정영상과 부정영상을 구성하여 학습에 사용하였다. 통계적 특징과 형태 특징(블로브 가로-세로비, 블로브-검출 박스 면적비)의 검출 결과를 그림 14에 나타냈으며, 형태적 특징을 사용한 결과에 비해 통계적 특징을 사용한 방법이 프리시전률과 리콜률에서 모두 우수한 결과를 나타내었다. 이는 형태적 특징이 거리에 따라 후미등의 형태가 일정하지 않은 반면, 통계적 특징은 거리 변화에도 유사한 분포를 나타내는 통계적 특징이 전방 차량의 후미등 검출에 유리함을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 야간 환경에서 전방차량을 효율적으로 검출 할 수 있는 방법을 제안하였다. 우선, 후미등 색상 검출에 우수한 성능을 가진 Ruta red 채널에서 차량의 후미등 후보 영역을 추출하였으며, 다양한 형태와 거리 변화에 따른 영향이 작은 통계적 특징 기반 SVM 분류기를 적용하였다. 또한, 기존의 형태적 학습특징 중 검출거리와 검출크기에 영향을 받지 않는 블로브 가로-세로비, 블로브 면적비를 학습 특징으로 추가로 사용하여 성능을 개선하였다. 그러나 거리에 따른 형태적 특징으로 인해 차량의 후미등이 다수 검출되는 경우 차량의 위치 추출이 다소 부정확하였다. 이를 해결하기 위해 후미등의 대칭성을 이용한 페어링(fairing) 기법을 적용하면 차량의 중심점 및 차량의 거리를 검출할 수 있을 것으로 기대가 된다. 또한, 트래킹(tracking) 기법을 사용하면 거리에 따른 형태 변화에도 차량을 추종할 수 있을 것이다. 따라서 향후 성능의 개

선을 위해 페어링 기법과 트래킹 기법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] A. Haselhoff, A. Kummert, G. Schneider, "Radar-Vision Fusion with an Application to Car-Following using an Improved AdaBoost Detection Algorithm," Proceedings on International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.854-858, 2007.
- [2] S. Sivaraman, M.M. Trivedi, "Active Learning based Robust Monocular Vehicle detection for On-road Safety Systems," Proceedings on Intelligent Vehicles Symposium, pp.399-404, 2009.
- [3] D. Acunzo, Y. Zhu, B. Xie, G. Barattoff, "Context-Adaptive Approach for Vehicle Detection Under Varying Lighting Conditions," Proceedings on International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.654-660, 2007.
- [4] L. Andreonet, P.C. Antonellot, M. BertozziS, A. Broggi, A. Fascioli5, D. Ranzato, "Vehicle detection and localization in infra-red images," Proceedings on Intelligent Transportation Systems Conference, pp.141-146, 2002.
- [5] P.F. Alcantarilla, L.M. Bergasa, P. Jimenez, M.A. Sotelo, I. Parra, D. Fernandez, "Night Time Vehicle Detection for Driving Assistance LightBeam Controller," Proceedings on Intelligent Vehicles Symposium, pp.291-296, 2008.
- [6] R. O'Malley, E. Jones, "Rear-Lamp Vehicle Detection and Tracking in Low-Exposure Color Video for Night Conditions," IEEE Transaction on Intelligent Transportation System, Vol. 11, No. 2, pp.453-462, 2010.
- [7] T. Zhang, "Statistical behavior and consistency of classification methods based on convex risk minimization," Annals of Statistics Vol. 32, No. 1, pp.56-85, 2004.
- [8] H. Drucker, C.J.C. Burges, L. Kaufman, A. Smola, V. Vapnik, "Support Vector Regression Machines," Advances in Neural Information

- Processing Systems Vol. 9, pp.155-161, 1996.
- [9] D. Meyer, F. Leisch, K. Hornik, "The support vector machine under test," Neurocomputing Vol. 55, No. 1-2, pp.169-186, 2003.
- [10] C.P. Papageorgiou, M. Oren, T. Poggio, "A general framework for object detection," Proceedings on International Conference on Computer Vision, pp.555-562, 1998.
- [11] 김현구, 정호열, 박주현, "적응형 헤드램프 컨트롤을 위한 야간차량 인식," 대한임베디드공학회 논문지, Vol. 6, No. 1, pp.8-15, 2011.
- [12] A. Ruta, Y. Li, M. Uxbridge, F. Porikli, S. Watanabe, H. Kage, K. Sumi, J. Amagasaki. "A New Approach for In-Vehicle Camera Traffic Sign Detection and Recognition," Proceedings on IAPR Conference on Machine Vision Applications, 2009.
- [13] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, pp.61-66, 1979.
- [14] R. Charette, F. Nashashibi, "Real Time Visual Traffic Lights Recognition Based on Spot Light Detection and Adaptive Traffic Lights Templates," Proceedings on Intelligent Vehicles Symposium, pp.358-363, 2009.
- [15] R. Charette, F. Nashashibi, "Traffic Light Recognition using Image Processing Compared to Learning Processes," Proceedings on IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.333-338, 2009.

저 자 소 개

정 정 은



2009년 영남대학교
전자공학과 학사.
현재, 영남대학교 정보통신학과 석사과정.
관심분야: 지능형 자동차, 영상 신호 처리

Email: jin0110@gmail.com

김 현 구



2009년 영남대학교 정보통신학과 학사.
2011년 영남대학교 정보통신학과 석사.
현재, 영남대학교 정보통신학과 박사과정.

관심분야 : 지능형 자동차, 센서융합 신호 처리

Email: kim-hk@yu.ac.kr

정 호 열



1988년 아주대학교 전자공학과 학사.
1990년 아주대학교 전자공학과 석사.
1998년 프랑스 INSA de Lyon 전자공학 박사.

현재, 영남대학교 정보통신학과 교수.
관심분야: 지능형 자동차, 영상 신호 처리, 영상 신호 압축, 3D watermarking

Email: hoyoul@yu.ac.kr

박주현

1990년 경북대학교 전자
공학과 학사.

1992년 경북대학교 전자
공학과 석사.

1997년 포항공과대학교
전기전자공학과 박사.

현재, 영남대학교 전기공학과 교수.

관심분야: Complex network, Embedded
control system.

Email: jessie@ynu.ac.kr