

졸음운전 방지를 위한 하품 인식 알고리즘

윤원종 · 이재성

한국교통대학교 전자공학과

Yawn Recognition Algorithm for Prevention of Drowsy Driving

Won-Jong Yoon · Jaesung Lee

Department of Electronic Engineering, Korea National University of Transportation

E-mail : jaesung.lee@ut.ac.kr

요 약

본 논문에서는 카메라로부터 운전자의 눈동자, 하품을 인식하여 운전자의 졸음운전을 방지하는 방법을 제안한다. Viola-Jones 알고리즘을 사용하여 얼굴의 영역을 확보하고 이로부터 눈 영역과 입 영역을 추출해낸다. 눈 영역에서는 Hough 변환을 적용하여 눈동자를 인식하여 졸음을 인식한다. 입 영역에는 전처리 필터를 적용하여 하품할 때 혀의 피부색을 검출한 뒤에 Sub-Window를 사용하여 하품 여부를 판단한다. 실험 결과 하품 인식률은 87%에 달했다. 본 논문에서 제안된 방법을 사용함으로써 졸음운전에 대한 사고를 줄이는 데 기여할 수 있을 것으로 보인다.

ABSTRACT

This paper proposes the way to prevent drowsy driving by recognizing drivers eyes and yawn using a front camera. The method uses the Viola-Jones algorithm to detect eyes area and mouth area from detection face region. In the eyes area, it uses the Hough transform to recognize eye circle in order to distinguish drowsy driving. In the mouth area, it determines whether for the driver to yawn through a sub-window testing by applying a HSV-filter and detecting skin color of the tongue. The test result shows that the recognition rate of yawn reaches up to 90%. It is expected that the method introduced in this paper might contribute to reduce the number of drowsy driving accidents.

키워드

하품 인식, 눈동자 검출, 얼굴 인식, 전처리 필터

1. 서 론

졸음운전은 운전자의 과실 중에 사고건수가 1위를 차지할 정도로 매우 높고, 사망사고건수도 1위를 차지할 정도로 위험하다[1]. 시내 도로나 일반 국도의 경우 교통신호 제어에 의해 인해서 정지와 주행을 자주 반복하기 때문에 졸음운전으로 인한 사고가 적지만, 고속도로에서는 그러한 제어 신호가 없기 때문에 졸음운전 사고 발생률이 높고, 고속주행을 하기 때문에 치사율이 높다. 특히 고속도로에서 100km이상으로 주행시 운전자가 2~3초 동안만 졸음 운전을 하더라도 차량은 100m이상을 질주하게 되어 매우 위험하다. 그럼에도 불구하고 운전자 본인은 졸음 상태를

인지하지 못하는 경우가 많기 때문에 차량 내 졸음 방지 시스템은 반드시 필요하다.

초기 개발된 졸음운전방지 시스템은 벤츠사에서 E220 CDI 차종에 적용된 시스템으로 주행 중 차선을 인식하고 있다가 방향지시등의 점등 없이 차선 변경시 졸음운전으로 판단하는 방식이 대부분이었다[2]. 하지만 이러한 시스템은 졸음운전 중에 커브길에서는 경보가 발생하지만 이미 사고가 발생한 상태일 확률이 높아 안전하지 못하다. 이를 개선하기 위해 운전자의 눈동자를 모니터링하여 눈동자의 깜빡이는 속도와 눈을 뜬 정도, 시선 등으로 졸음을 인식하는 연구가 있다.[3-5]. 하지만 이 방식도 초기 졸음 단계를 파악하기에는 다소 어려움이 있다. 눈동자 외에도 운전자의

다른 제스처 인지를 통해 복합적으로 판단할 필요가 있다. 본 논문에서는 얼굴 인식 후에 눈동자 검출 및 모니터링을 실시하면서 동시에 하품 검출을 통해 운전자의 초기 졸음 단계를 파악하는 방법을 제시한다.

II. 얼굴 영역 추출

차량 내부에 설치된 카메라를 통하여 운전자 영상으로부터 하품 인식과 눈동자 인식을 위해서는 우선 Viola-Jones 알고리즘을 이용하여 사람의 얼굴 영역만을 검출한다. Viola-Jones 알고리즘은 높은 검출률과 적은 영상 처리 소요 시간 때문에 운전 중에 운전자의 얼굴을 빠르게 인식할 수 있다[6, 7]. 추출된 얼굴 영역은 이미지가 정사각형으로 추출된다. Viola-Jones 알고리즘은 학습단계를 거쳐 가장 중요한 특징들만을 선택해 강 분류기를 구성한 Adaboost 알고리즘이다. 본 분류기는 보통 OpenCV 나 MATLAB 패키지에서 xml 파일 형태로 제공되며 이를 이용해 Cascade 분류 과정을 거쳐 최종적으로 얼굴 영역을 인식을 하게 된다.

분류 단계를 거치면서 필터링 연산에 사용되는 마스크인 Haar-like feature는 두 개 이상의 직사각형을 조합이 이루어져있다. 검은색 영역의 화소 값들의 합에서 흰색 영역의 내의 화소값의 합을 빼 haar-like feature value를 계산한다.



그림 1. haar feature

$$\begin{aligned}
 \text{haar-feature-value} &= \sum_{h \in A} I(h) - \sum_{h \in B} I(h) \\
 &= \text{ii}(h_6) + \text{ii}(h_2) - \text{ii}(h_3) - \text{ii}(h_5) \\
 &\quad - \text{ii}(h_1) + \text{ii}(h_4) - \text{ii}(h_2) - \text{ii}(h_4) \\
 &= \text{ii}(h_6) + 2\text{ii}(h_2) - \text{ii}(h_3) - 2\text{ii}(h_5) + \text{ii}(h_2) + \text{ii}(h_4)
 \end{aligned} \tag{1}$$

식(1)은 그림1의 왼쪽 feature의 haar feature value를 계산하는 식이다. 이 값은 밝은 영역의 합과 어두운 영역의 합은 integral image를 이용하여 각각의 합을 구한다. 두 영역 합의 차를 이용하여 haar feature value를 구한다. 이 feature value는 입력 이미지에서 haar feature를 사용하고 feature 값은 Ada-boosting 과정에 사용된다.

Cascade는 약 분류기들을 조합하여 강 분류기를 만든 것으로 Ada-boost 과정을 통해 가중치가 적용된 약 분류기들로 두 개의 직사각형으로 조합된 약 분류기에 가중치를 적용함으로써 하나의 효율적인 얼굴 검출기를 만들 수 있다. 만일 Ada-boost를 이용해 성능이 우수한 약 분류기들을 선별하지 않으면, 얼굴을 제대로 인식할 수 없기 때문에 약 분류기를 조합하여 강 분류기를 만드는 Cascade구조를 사용해야 한다. 이 구조는

그림 2처럼 degenerate decision tree[8]의 형태와 같다.

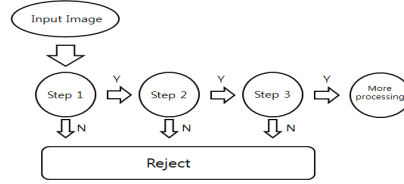


그림 2. Cascade 분류기 구조

그림 2처럼 각 단계를 거치면서 하나라도 틀리게 되면 다음 단계로 넘어가지 못하고 바로 다음 영역을 검사하기 때문에 검출 속도가 비교적 빠르다고 성능이 우수하다.

III. 하품 인식

하품 인식은 검출된 얼굴 영역에 대해 전처리 필터링을 수행하여 혀의 피부색상으로부터 하품 여부를 판단한다. 전처리 필터는 RGB 이미지를 HSV 이미지로 변환하여 색상, 채도, 명도로 나타내고, 이렇게 변환된 이미지는 필터 값을 이용하여 입안의 피부색만 뽑아낸다[9].

하품은 운전의 집중도를 판별하는데 사용이 된다. 하품은 혈액에 산소가 부족하면 숨겨에서 일어나는 반사로 턱뼈 사이에 있는 교근이 늘어나게 되고, 혀는 뒤로 후퇴하게 된다. 혀가 뒤로 후퇴하는 것은 설인신경통증으로 설명이 된다. 이 통증은 하품을 하면 오는 통증으로 하품을 하게 되면 근육을 수축하는 자극이 이 신경을 통해 혀와 인두에 전달될 때 동반하는 통증이다. 이 신경은 혀와 인두에서부터 숨겨로 연결되어있다.[10, 11] 하품을 하면 숨겨에서 혀와 인두로 근육을 수축하는 자극을 보내서 혀가 후퇴하는 것을 설명할 수 있다. 이와 같이 하품을 하면 혀가 후퇴하게 되면서, 카메라에는 혀의 피부색이 모두 검출되기 때문에 하품할 때와 대화할 때 혀의 피부색의 유무로 구분이 되기 때문에 전처리 필터로 충분히 구분이 가능하다.

예를 들어 그림3 과 같이 전처리 필터링을 수행한 후 입 영역의 sub-window를 이용하여 혀의 피부색을 찾아낸다. sub-window 안에 픽셀이 45%이상 존재할 경우 그 위치를 매번 저장하고 저장된 좌표값의 평균을 구해서 혀의 피부색을 검출한다. 하지만 사람마다 피부색이 다를 수 있어 필터값을 사람에 맞춰서 지정을 해주어야 한다.

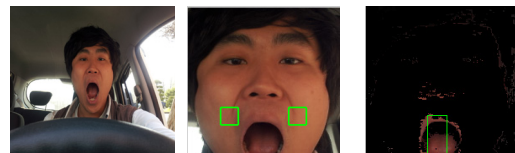


그림 3. HSV Filter를 이용한 하품 검출

그림 3의 중앙 이미지와 같이 얼굴에 양쪽 각각의 사각영역을 지정하는데 이 영역에서는 가운데 사진에서 Y축 전체 길이의 6/9 ~ 7/9, X축은 2/9 ~ 3/9 과 6/9 ~ 7/9까지 두 영역을 설정한다. 이 두 영역은 전처리 필터에 입력되는 필터값을 지정하기 위한 참조색으로 사용하기 위해 두 영역을 정한다. 이 영역에서 색상, 명도의 평균값을 계산하고 좌우를 비교하여 가장 낮은 값으로 필터 값을 한다.

$$area = X_{area} \times Y_{area}$$

$$h = \frac{1}{area} \sum_{i=1}^{X_{area}} \sum_{j=1}^{Y_{area}} P(j,i,1) \quad hue = \frac{h}{1.5}$$

$$v = \frac{1}{area} \sum_{i=1}^{X_{area}} \sum_{j=1}^{Y_{area}} P(j,i,3) \quad value = v \times 0.9$$

위 식은 피부색을 추출하는 식으로 P는 각 좌표값에서 화소값이고, area는 좌우 각 영역의 넓이이고, Xarea, Yarea는 피부색 영역의 x,y길이 값이다. h는 피부색의 색상 평균값, v는 피부색의 명암값이다. 최종적인 필터값인 hue(색상)와 value(명암)는 하품 검출필터에 입력되는 색상, 명암의 필터 값이다.

$$\begin{cases} \text{if } hue > P(j,i,1) \text{ and } value > P(j,i,3) \\ \text{else default} \end{cases} \quad (2)$$

식(2)의 P(j,i,1)은 얼굴영역의 색상 채널이고, P(j,i,3)은 얼굴영역의 명암 채널이다. 식(2)의 조건인 hue 값보다 작고, value값 보다 작으면 입영역에서 혀의 피부색만 필터링 할 수 있다. 하품을 검출하는 sub-window의 크기는 그림3의 가운데 사진의 길이를 기준으로 x축으로는 얼굴영역의 1/8, y축으로는 1/4이다. 직사각형 모양으로 해야 하는데, 그 이유는 하품을 하면 입모양은 세로로 길어지기 때문에 운전자가 주행 중에 말을 할 때 오 검출이 되는 것을 막기 위한 방법이다. 이렇게 하면 그림 3처럼 운전자의 하품을 감지할 수 있다.

IV. 눈동자 검출

눈동자 검출은 허프 변환을 이용하여 눈동자를 검출한다. 눈동자를 검출하기 위해 얼굴영역에서 Y축은 전체길이를 기준으로 1/3지점으로부터 높이 1/6으로 지정하였다. X축으로는 5등분으로 나누어 2/5~4/5으로 폭을 지정하면 알맞은 눈 영역이 추출이 된다. 이 영역내에서 많은 원(false positive)이 검출이 되면 각각의 원의 중심을 기준으로 원의 반지름을 한 번의 길이로 하는 직사각형을 그린 후 그 영역내의 픽셀 값들을 임계값과 비교하여 눈동자 여부를 식별한다.

V. 실험 및 결과

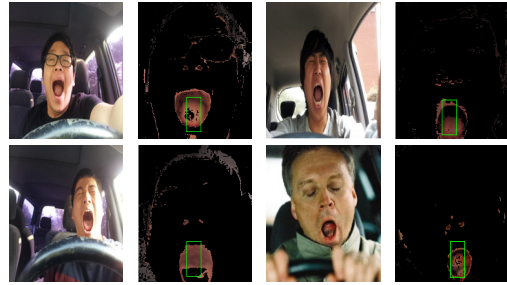


그림 4. 하품 검출

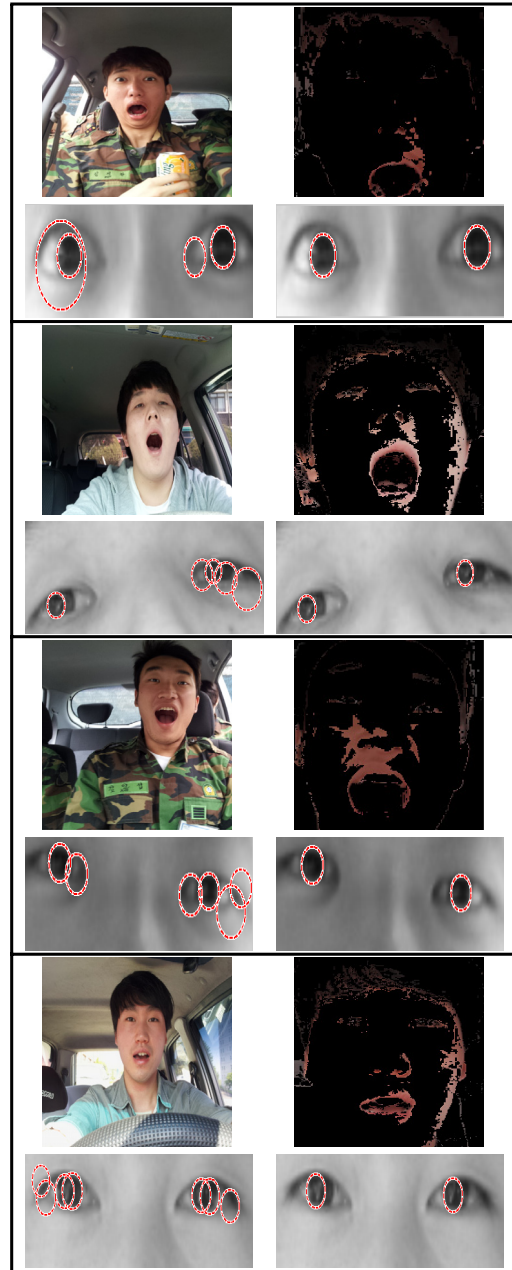


그림 5. '아' 라고 말할 때의 사진과 눈동자 검출 사진

(좌상 : 운전자 촬영 , 우상 : 얼굴인식 후 혀 피부색
검출, 좌하 : hough 변환을 하여 눈동자 검출, 우하 :
눈동자 검출성능 향상)

그림 4 는 운전자를 촬영하여 Viola-Jones알고리즘으로 얼굴을 검출하고, 그 영역을 전처리 필터를 통해 혀의 피부색만 걸러낸 뒤에 얼굴영역을 y축으로는 3등분하면 코 밑에서 턱까지가 밑 부분이 되고 x 축도 3등분하여 가운데 부분을 범위로 지정하여 입의 영역을 추출한 결과이다. sub-window를 이용하여 걸러진 이미지에 픽셀 값을 계산하여 sub-window안에 픽셀이 45%이상일 때 마다 그 좌표 값을 모두 저장하여 평균치를 계산하면 그림 4처럼 하품을 검출할 수 있다. 반면, 그림 5는 말할 때 사진인데 입이 최대로 열렸을 때 발음인 ‘아’ 를 말하고 있는 사진이다. 이 사진들에서 모두 하품이 검출 되지 않았다.

눈동자 검출을 그림 5에 있는 사진들로 눈동자를 검출하였다. 먼저 눈 영역은 추출하여 허프변환을 통해 눈동자를 검출한다. 그림 5에서 각각의 사진들 중에 좌하에 위치한 사진은 허프변환으로 단순히 눈동자를 검출하였을 때 사진이고, 우하에 위치한 사진들은 앞서 설명한 방식으로 정확도를 향상시킨 눈동자들의 사진이다. 하품인식의 인식률 테스트에는 해상도는 크게 영향을 끼치지 않았으며 총 8명의 실험대상자로 촬영된 132장의 사진을 사용하여 하품을 할 때와 ‘아’ 라고 말을 할 때의 사진들을 같이 사용하여 실험을 하였다. 얼굴인식에 성공한 사진들을 대상으로 한 실험 결과 87% 이상의 하품 인식률을 보였다.

눈동자 인식의 결과를 보면 운전자의 눈동자는 모두 정확하게 검출이 되었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 눈동자 검출과 하품 인식을 이용하여 운전자의 졸음 인식 알고리즘을 제안하였다. 얼굴 영역 인식을 위해 Viola-Jones 알고리즘, 혀 부분 색상정보 판단을 위해 전처리 필터를 사용하였다. 운전자가 크게 입을 벌리고 말하는 경우는 하품에 해당하는 피부색 검출이 되지 않고 하품을 하면 혀가 뒤로 물리면서 입이 최대 상태로 벌어지게 되고 그에 따라 입 안의 피부색이 많이 추출되는 원리를 사용하였다. 눈동자 감지를 위해 hough 변환 알고리즘을 이용하였으며 눈동자의 정확한 검출을 위해 검출된 영역 안에 사각형을 만들어 그 안에 어두운 픽셀을 카운트하여 정확한 눈동자를 검출할 수 있었다.

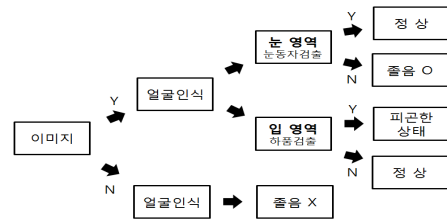


그림 6. 알고리즘 트리

제안된 알고리즘은 그림 6 과 같이 decision tree 방식으로 처리된다. 본 논문에서 제안된 방법을 사용함으로써 졸음운전에 대한 사고를 줄이는 데 기여할 수 있을 것으로 보인다.

* 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012R1A1A1038515)

참고문헌

- [1] 한국도로공사 도로교통연구원 [편] 『 고속도로 교통사고 사상자 반감을 위한 교통안전 추진전략 개발 』, 화성 : 한국도로공사 도로교통연구원, 2009
- [2] 주신희 외 3명 『차선이탈경고장치(LDWS) 이용자 만족도 평가 연구』, 대한교통학회지 제30권 제2호, 2012년 4월
- [3] 최나리, 최기호 『SURF를 이용한 졸음운전 검출에 관한 연구』, 한국ITS학회논문지 제11권, 제4호, 2012년 8월
- [4] 송혁 『자동차 안전운전을 위한 운전자 상태인식 기법 및 시스템 구현』, 광운대학교 전자공학과, 2012년
- [5] 김종일, 안현식, 정구민, 문찬우 『실시간 비전 시스템을 이용한 운전자 신체적 상태 추정』, 한국인터넷방송통신학회, 2009년
- [6] P. Viola and Jones, Michael J. "Robust real-time face detection" International Journal of Computer Vision, 2004
- [7] P. Viola and Jones, Michael J. "Robust real-time object detection" In CVPR, 2001
- [8] Davies, E.R., Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities. 4rd Edition. San Francisco, CA: Morgan Kauffman Publishers, 2012 , Chapter 12.
- [9] 박성욱, 박종관, 박중욱, 『 컬러 정보와 피부색 모델을 이용한 피부 영역 검출』, 대한전자공학회논문지 2008년 12월
- [10] 박형우 『 인체해부학 』. 신광출판사 2002년 7월
- [11] 이한기 외 6명 『인체해부학』. 고문사 2005년 2월