



눈 개폐의 빈도수를 통한 운전자의 졸음판단 분석

Sleepiness Determination of Driver through the Frequency Analysis of the Eye Opening and Shutting

공도현 · 광근창[†]
Do-Hyun Gong and Keun-Chang Kwak[†]

조선대학교 제어계측공학과
Dept of Control and Instrumentation Engineering, Chosun University

요 약

본 논문은 개선된 얼굴검출 알고리즘과 눈의 개폐 빈도수로부터 운전자의 졸음을 판단하는 방법을 제안한다. 이를 위해 기존의 Viola-Jones 알고리즘과 얼굴의 공간적 상관관계를 이용하여 얼굴, 눈, 코, 입을 검출한다. 여기서, 얼굴의 공간적 상관관계는 7가지 특징에 기반한 DFP(Detect Face Part)에 의해 수행된다. Callect 얼굴 데이터베이스에 실험을 한 결과, 특히 코 영역에 대한 검출률은 기존 Viola-Jones 알고리즘과 비교하여 13.78% 증가된 검출률을 보여주고 있다. 그리고, SVM(Support Vector Machine)과 PERCLOS(Percentage Closure of Eyes)을 사용해 시간에 따른 눈 개폐상태의 누적 값으로 운전자의 졸음 판단을 분석한다. 실험결과 93.28%의 운전자 졸음판단을 얻어 제안된 방법의 유용성을 확인하였다.

키워드 : 눈 검출, 얼굴 검출, Detect face parts, 공간적 상관관계, 운전자 졸음판별

Abstract

In this paper, we propose an improved face detection algorithm and determination method for drowsiness status of driver from the opening and closing frequency of the detected eye. For this purpose, face, eyes, nose, and mouth are detected based on conventional Viola-Jones face detection algorithm and spatial correlation of face. Here the spatial correlation of face is performed by DFP(Detect Face Part) based on seven characteristics. The experimental results on Callect face image database revealed that the detection rates of nose particularly showed the improved performance of 13.78% in comparison to that of the previous Viola-Jones algorithm. Furthermore, we analyze the driver's drowsiness determination cumulative value of the eye closed state as a function of time based on SVM (Support Vector Machine) and PERCLOS(Percentage Closure of Eyes). The experimental results confirmed the usefulness of the proposed method by obtaining a driver's drowsiness determination rate of 93.28%.

Key Words : Eye Detection, Face Detection, Detect Face Parts, Spatial Correlation, Driver Sleepiness Determination

Received: Nov. 25, 2016

Revised : Dec. 13, 2016

Accepted: Dec. 21, 2016

[†]Corresponding authors
kwak@chosun.ac.kr

1. 서 론

졸음은 각성과 수면의 중간상태에서 의식이 사라지면서 수면으로 진행되는 것을 정의한다. 특히 운전과 같이 항상 정확한 판단과 빠른 반응속도를 요구하는 상황에서는 상당한 위험 요인들 중에 하나로 판단된다. 실제로 졸음운전으로 인한 교통사고는 한국에서는 1년 동안 총 3219건이 발생하였으며, 이는 하루 평균 약 7건의 졸음운전으로 인한 교통사고가 발생하는 것을 나타내고, 미국 고속도로 안전관리국인 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)에 따르면 졸음운전은 미국에서도 교통안전과 관련해 가장 골치 아픈 문제 중 하나로, 연간 10만 여건의 충돌사고를 일으키는 요인이 되어 1천 550명이 사망하고 4천여 명이 부상당한다[1]. 또한 사고 피해의 심각성을 나타내는 치사율(교통사고 100건당 사망자의 수)을 보더라도 졸음운전 사고는 5건으로 전체 교통사고 치사율인 2.4건 보다 두 배 이상 높은 것으로 나타났으며, 고속도로에서의 경우는 17.9건으로 7.5배나 높은 것을 나타냈다[2]. 이러한 졸음운전의 위험성을 방지하기 위해 운전자의 졸음판단을 실시간으로 판단 할 수 있는 시스템이 필요하고, 이 시스템들은 운전자의 상태를 측정하기 위하여 운전자에게 직접 부착하거나 주변에 설치하는 것이 일반적인 방법들이며, 이때 장치들로 인해 운전자가 불편함을 느끼지 않아야 한다는 점이 가장 크게 고려되어야 할 부분이다[3]. 최근 졸음판단 방법에 대해서는 뇌파를 이용하는 방법이나,

본 논문은 한국연구재단 연구자지원사업(NRF-2015R1D1A1A01060701)에서 지원하여 연구하였음.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

심전도를 이용하는 방법, 그리고 차량의 주행패턴을 분석하는 방법, 사람의 눈 개폐여부나, 시선방향을 보고 판단하는 다양한 방법들이 있다[10-14]. 또한, 사람의 눈을 통한 졸음을 판단하는 기존의 방법들은 눈 영역 전체 또는 눈 영역 안에서의 동공 영역 검출을 통한 졸음의 판단을 한다.[4][5]

본 논문에서는 눈 영역 안에서의 동공 영역뿐만 아니라 눈꺼풀의 영역을 이용해 좀 더 넓은 검출 범위와 임계 값을 가지게 하여 검출의 정확도를 향상시킨다. 실험을 위해 1300만 화소의 G2카메라 영상을 이용하여 운전자의 운행 및 졸음상태를 파악하며, 얼굴검출과 눈의 검출을 위해서일반적으로 많이 사용되는 알고리즘인 Viola-Jones 알고리즘과 얼굴의 공간적 상관관계를 근거로 하여 기존보다 더 좋은 검출영상을 얻고, Adaboost 알고리즘의 연산속도와 정확도의 향상을 위해 종속형태의 구조로 생성한다. 이후 검출된 얼굴 영역에서 눈의 영역을 따로 검출한 이후 검출된 눈 영역의 최대-최소 명도 값을 이용하여 이진화의 임계 값을 설정하고, 이진화 된 눈의 영상에서 Y축의 좌표 두께분포를 통해 운전자의 눈 개폐여부를 판단한다. 최종적으로 운전자의 졸음판단은 기계학습 분야 중 하나인 SVM(Support Vector Machine)과 운전자의 피로도를 측정할 수 있는 가장 효율적인 기준인 PERCLOS(Percentage Closure of Eyes)를 사용해 시간에 따른 운전자 눈 개폐 상태의 빈도수를 이용한 운전자의 졸음판단을 분석한다[6].

본 논문의 각 장의 내용은 다음과 같다. 제 2 장에서는 눈 검출 방법에 대한 Viola-Jones 알고리즘의 기본 원리 및 색상 정보를 이용한 RGB컬러 이미지의 이진화에 대해서 설명하고, 제 3 장에서는 공간적 상관관계에 대한 설명과 이를 통한 눈 검출 및 눈 개폐 상태를 판단하는 방법에 대해서 설명한다. 제 4 장에서는 운전자의 졸음판단 분석을 위한 SVM과 PERCLOS을 이용한 실험 및 결과를 기술하고, 마지막 제 5 장에서는 결론 및 향후 연구에 관하여 맺는다.

2. Haar-like 특징을 이용한 Viola-Jones 알고리즘 방법

Viola-Jones 알고리즘은 크게 적분 영상, Haar-like 특징, Adaboost 알고리즘, Cascade 구조의 4가지 요소로 나누어 설명한다. 이들 요소들 중에서 적분 영상과 Haar-like 특징 그리고 Cascade 구조는 연산량을 감소시켜 실시간으로 물체를 검출 할 수 있게 하고 Adaboost 알고리즘은 간단한 하나의 특징만을 이용하는 여러 개의 단일 약 분류기들을 우선순위에 대한 가중치를 두어 조합한 강 분류기를 만들어내어 Viola-Jones 알고리즘이 물체를 더욱 정확하게

검출 할 수 있도록 한다,

2.1 적분영상

얼굴검출 알고리즘에서 첫 번째 과정은 입력영상으로 변환하는 것이다. 적분 영상의 임의의 화소 값은 다음 픽셀에 이전 픽셀까지의 합이 더해진 영상이다. 그림 1에서 D 영역의 픽셀 값을 얻기 위해서는 점 d까지의 넓이에서 점 b까지의 넓이와 점 c까지의 넓이를 뺀 후 두 번 빼진 점 a까지의 넓이를 한 번 더해줌으로써 D 영역의 넓이를 구한다.

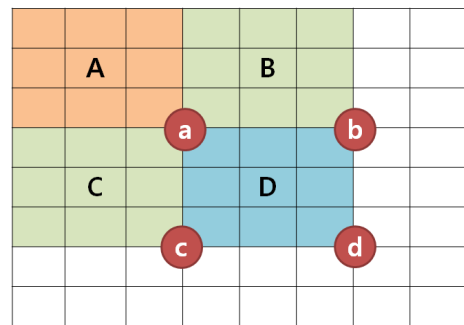


그림 1. 적분 영상 계산 방법
Fig. 1. Method of calculating integral image

2.2 Haar-like 특징

Viola-Jones 알고리즘에서 두 번째 과정인 Haar-like 특징은 그림 2와 같이 두 개 이상의 동일한 크기와 모양을 가진 사각형의 조합으로 이루어진다.

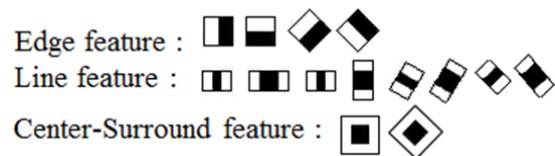


그림 2. Haar-like 특징의 예
Fig. 2. Examples of Haar-like features

이사가 특징들은 검은색 영역의 픽셀 합과 흰색 영역의 픽셀 합의 차이를 계산하여 특징 값들을 구하며, 이 때 적분 영상을 이용하면 계산 속도를 빠르게 개선할 수 있다.

2.3 Adaboost

Adaboost 알고리즘은 다양한 종류와 크기, 위치에 따라 만들어지는 수십만 개의 Haar-like 특징 모양들 중에서 분류 성능이 뛰어난 특징들만을 약분류기로 선별하고 이들을 조합함으로써 보다 성능이 향상된 강 분류기를 만들기 위해 사용된다. 임의의 샘플 x 를 두 개의 클래스 0 과 1로 분류하는 문제에서 j 번째 약 분류기 $h_j(x)$ 는 샘플 x 에 대한 특징 값 f_j , 임계 값 θ_j , 부등호의 방향을 표시하는

p_j 를 통해 식 (1)과 같은 수식으로 표현되며 분류 결과를 1 또는 0으로 나타낸다. 또한 1에 해당하는 특징 값들이 0에 해당하는 특징 값보다 평균적으로 작은 값을 가진다면 부등호의 방향을 표시하는 p_j 는 1로 반대의 경우라면 -1로 결정된다.

$$h_j(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } p_j f_j < p_j \theta_j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

Adaboost 알고리즘의 과정은 다음과 같은 단계에 의해 수행되어진다.

단계 1: 주어진 학습데이터는 다음과 같다.

$$(x_1, y_1), \dots, (x_M, y_n), x_i \in R^d, y_i \in Y \in \{0, 1\}$$

단계 2: 가중치를 초기화: i 번째 샘플에 대한 초기 가중치는 아래의 식 2와 같다. m 과 n 은 0의 총 개수와 1의 총 개수이다.

$$w_{1,i} = \begin{cases} \frac{1}{2m} & \text{if } y_i = 0 \\ \frac{1}{2n} & \text{if } y_i = 1 \end{cases} \quad (2)$$

단계 3: 약 분류기의 개수가 T 개라면, $t=1, \dots, T$ 까지 반복하여 다음 연산을 수행한다.

각각의 약한 분류기 $g_{j_j=1 \dots k}$ 에 대하여 오차

$$e = \sum_{i=1}^N w_{t,j} |h_j(x_i) - y_i| \text{를 구한다.}$$

이 때 가장 작은 오차가 e_t 를 가지는 약 분류기 g_t 가 단계의 약 분류기 h_t 가 된다.

계수 $\alpha_t = \log\left(\frac{1 - e_t}{e_t}\right)$ 를 계산하고,

가중치 $w_{t+1,i} = w_{t,i} \times e^{\alpha_t |h_t - y_i|}$ 와 같이 변경하고,

$$w_{t+1,i} = \frac{w_{t+1,i}}{\sum_{j=1}^u w_{t+1,i}}$$
와 같이 정규화한다.

단계 4: 강한 분류기는 아래 식과 같다.

$$H(x) = \begin{cases} 1 & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) > 0.5 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

본 논문에서는 Lienhart[15]의 CART(Classification and Regression Tree Analysis)기반의 학습모델을 사용하며, positive 5,000개와 negative 1,000개의 영상이 분류기 설계에 사용된다.

2.4 Cascade 분류기

강 분류기를 이용하여 검출할 때 매우 많은 수의 약 분류기를 이용하게 된다. 이렇게 많은 수의 약 분류기를 매번 사용한다면 물체 검출 결과를 실시간으로 출력할 수 없으므로 Viola-Jones은 Cascade 구조를 제안하였다. Cascade 구조는 그림 3과 같이 비교적 적은 수의 약 분류기들로 조합되는 강 분류기 여러 개를 직렬로 연결하는 방법으로, 각 단계 별로 원하는 샘플이 아닐 경우 제외하고 맞는 샘플일 경우 다음 단계로 전달되어 모든 단계를 통과한 샘플들만이 검출된다.

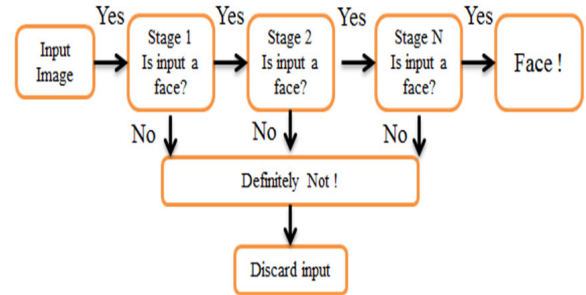


그림 3. Cascade 분류기
Fig. 3. Cascade Classifier

3. 얼굴의 공간적 상관관계 및 눈 개폐판단

3.1 얼굴의 공간적 상관관계

얼굴의 각 부위는 그림 4와 같이 공간적인 상관관계를 가지고 있다. 얼굴에서 양 눈과 코 그리고 입의 위치는 크게 벗어나지 않기 때문에 낮은 임계값을 가지는 얼굴 검출기로 얼굴과 비슷한 모양의 임계값을 가지는 후보를 찾는다. 그 후 탐지된 얼굴 후보들 중에서 임계값을 높은 Haar-like 특징의 예를 이용한 정밀한 검출기를 통하여 얼굴을 검출한다. 그림 4에서와 같이 검출된 얼굴의 x 값에는 검출된 얼굴의 좌표값 및 얼굴 크기의 값에 대한 정보를 얻을 수 있다. 눈, 입과 코의 추출은 x 값에서 구해진 정보들을 통하여 두 눈과 턱 사이에 위치하는 공간적 상관관계를 이용해서 찾을 수 있으며 이에 대한 특징은 다음 7가지 특징을 가진다. 첫 번째로 머리의 평균 길이는 평균적으로 눈 길이의 5배에 해당된다. 두 번째는 양쪽 눈의 위치는 평균적으로 머리의 끝 부분과 턱 사이의 중간에 위치하고, 두 눈 사이의 거리는 일반적으로 한쪽 눈의 길이와 같다. 세 번째는 코의 시작은 전체 얼굴의 가운데 부분에서 출발하며 코의 끝단은

얼굴의 중심과 턱 밑 부분 사이 중심에 위치한다. 네 번째는 코의 길이는 한쪽 눈의 길이와 유사하다. 다섯 번째는 입의 시작 위치는 얼굴 Y축의 코밑에서 시작하며 끝나는 위치는 코와 턱 밑의 2/3 지점이다. 여섯 번째는 입의 중심점에서 얼굴의 중심과의 거리는 머리 길이의 1/4이다. 마지막으로 입의 양 코너의 길이는 두 눈의 중심을 연결하는 길이와 유사하다. 이러한 7가지 얼굴의 공간적 상관관계 특징을 통해 양 눈과 코 그리고 입에 대한 크기 및 좌표값을 알고 위치를 구할 수 있다. 이러한 방법을 DFP(Detect Face Parts) 라고 한다.

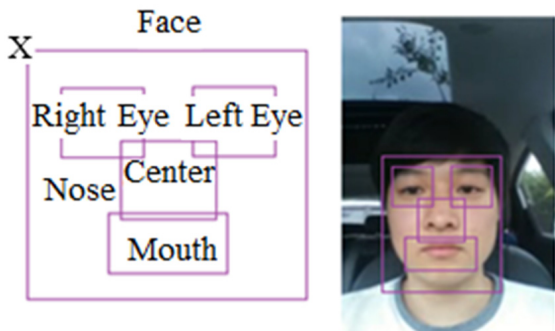


그림 4. 공간적 상관관계를 통한 얼굴영역
Fig. 4. Face area through the spatial correlation

그림 5는 위에서 설명한 DFP 방법과 Haar-like 특징을 통해 얼굴 전체 이미지에서 눈과 코, 그리고 입을 검출하고 추출한 이미지를 보여준다. 본 논문에서는 운전자의 눈 개폐를 통한 졸음판단 분석을 위해 눈 영역에 대한 부분을 따로 검출하고, 검출된 눈 영역에서 왼쪽과 오른쪽 눈 영역을 각각 검출하여 분석한다.

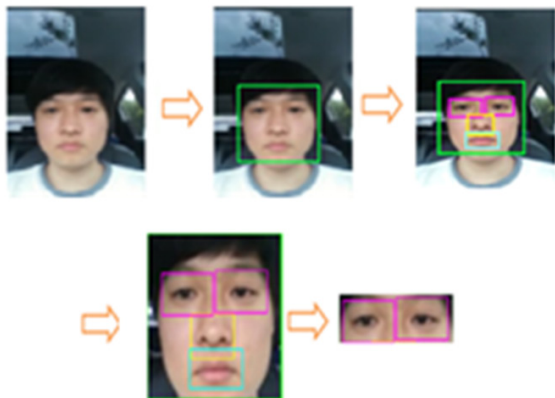


그림 5. DFP 방법을 이용한 얼굴 검출 및 눈 검출
Fig. 5. Face detection and eye detection using DFP

3.2 이진화 및 라벨링을 통한 눈 개폐상태 판단

본 논문에서는 눈의 영역을 생성하기 위해 전처리 과정으로 이진화를 수행한다. 그림 6과 같이 공간적 상관관계를 이용한 Haar-like 방법으로 추출된 눈의 RGB 이미지를 이용하여 그레이스케일

이미지로 변환한다. 그레이스케일 이미지로 변환하면 밝기 값이 제외되고 회색 범위의 값들로 변한다. 이후 최대-최소 명도 값을 이용하여 최종적으로 이진화 이미지를 얻게 된다.



그림 6. 검출된 눈 이미지의 이진화
Fig. 6. Binarization of the detected eye image

이진화한 결과 검은색 픽셀들이 잡음과 같이 분포되는 모습은 보이지 않는다. 그리고 눈 영역의 성분들이 본래 형태를 유지하고 있는 것을 알 수 있다. 추출된 눈 영역들에서 오인식된 후보 영역을 최소화하기 위해서 이진화를 통한 라벨링 과정을 사용한다. 그림 7 과 같이 라벨링과정을 거친 추출된 눈 영역에서 Y축에 따른 픽셀의 수로 눈 개폐상태를 분류한다. 본 논문에서는 3픽셀 이하일 경우 눈이 닫혀있다고 판단한다.

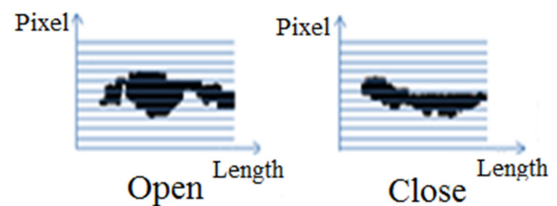


그림 7. 두께 분포를 이용한 눈 개폐 상태 판단
Fig. 7. Determined using the thickness distribution eyes open and closed states

이진화 및 라벨링된 눈 영역 이미지에서 추출된 특징벡터로부터 운전자의 졸음상태 판단을 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 모델링하고 분류를 수행한다. SVM은 마진을 이용하여 각 클래스를 분류한다. 여기서 마진은 분류할 데이터와 커널 함수가 만날 때까지 확장한 폭을 말하며, 이 마진을 최대화 하는 방법을 최적 분류 초평면이라고 한다[8]. 일반적인 SVM은 두 개 클래스에 대해서만 사용이 가능하기 때문에 본 논문에서는 눈이 열려있을 때와 닫혀있을 때 이진 분류를 수행한다. 운전자의 총 792프레임 중 개폐된 눈 프레임을 각각 75개씩 총 150프레임을 추출하여 학습 후 실험을 진행한다.

4. 실험 및 결과

4.1 DFP의 유효성 판단

제안된 DFP방법의 유효성을 확인하기 위해 자연스러운 배경을

포함하고 있는 Caltech 얼굴 데이터베이스를 이용한다[9]. Caltech 얼굴 데이터베이스는 447장의 배경에 존재하는 얼굴 영상과 3장의 얼굴그림으로 구성되어 있고 얼굴 영상에는 조명 변형 및 표정 변형이 존재한다. 본 논문에서는 총 450장의 원본 이미지 모두 기존의 Viola-Jones 알고리즘과 제안한 DFP방법으로 얼굴과 각 부위에 대한 인식을 실험을 하였다. 그림 8은 Caltech 얼굴 데이터베이스를 통한 기존 Viola-Jones 알고리즘과 제안한 DFP 방법을 통해 검출된 얼굴 및 눈, 코, 입에 대한 결과 영상을 보여주며 표 1은 실험결과에 대한 인식률의 차이를 보여준다.

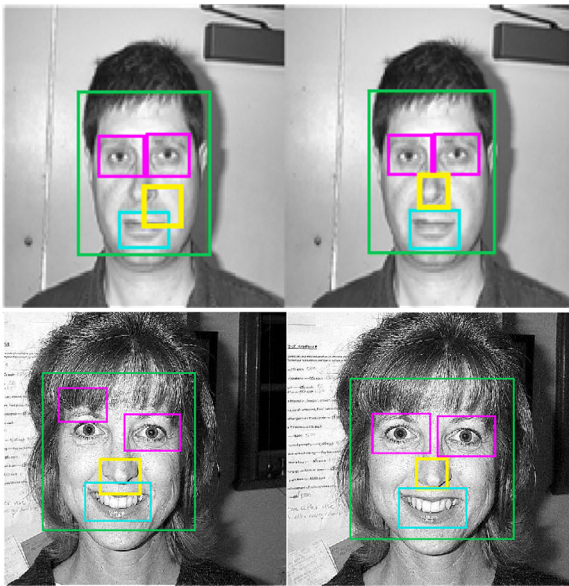


그림 8. 기존 Haar-like 방법과 DFP 방법 비교 영상
Fig. 8. Comparison of existing Haar-like features and DFP method image

표 1. 기존 Haar-like 방법과 DFP 방법의 인식률
Table 1. Comparison of existing Haar-like features and DFP method Recognition rate

Type	Haar-like Feature	Detect Face Parts
Face	95.33 %	95.55 %
Right eye	94.00 %	94.88 %
Left eye	91.11 %	95.33 %
Mouth	93.77 %	95.77 %
Nose	84.22 %	96.00 %

4.2 실험데이터 베이스

실험의 간소성을 위해 그림 9과 같이 현대자동차 i30차량에서 눈 영상 데이터베이스를 구축하였다. 1300만 화소의 G2 스마트폰 카메라 영상을 기반으로 저속도에서 운행초반부와 운행중반부 그리고 운행후반부에 졸음운전과 유사한 형태의 480x272의 해상도, 1초당 24프레임의 3가지 졸음주행 영상을 취득하였다.



그림 9. 촬영장치 및 촬영이미지
Fig. 9. Camera device and the captured image

4.3 실험 및 결과

DFP 방법을 추가 한 Viola-Jones 알고리즘의 유효성을 판단하기 위해 Caltech 얼굴 데이터베이스를 이용한 기존 Viola-Jones의 알고리즘과 성능을 비교했다. 실험결과 전체적인 검출률이 증가되었고 특히 코 영역에 대한 검출률은 13.78% 증가하여 실험에 대한 유효성을 확인했다. 검출된 영상으로부터 운전자의 졸음을 판단하기 위해 색상정보를 통해 얻어진 이진화 영상은 SVM을 통한 학습과정을 거쳐 시간에 따른 눈 개폐 상태의 누적 값으로 운전자의 졸음상태를 분류하였다. PERCLOS의 기준에 따라 누적 값이 31%부터인 37프레임 이상 닫힘 상태가 지속되면, 운전자가 졸음상태라고 판단한다. 그림 10은 37프레임의 연속적인 닫힘으로 판단된 눈 패턴을 보여준다. 표 2은 DFP방법을 통해 추출된 RGB 컬러이미지를 최대-최소 명도값을 이용해 이진화 과정을 거친 후, 라벨링을 통해 후보 영역의 오차를 최소화 시켜 최종적으로 추출된 영역의 Y축 픽셀의 수로 눈 개폐상태를 구한다. SVM의 최적 분류 초평면을 이용해 눈 개폐의 빈도수를 통한 운전자의 졸음판별에 대한 인식률은 93.28%를 나타낸다.

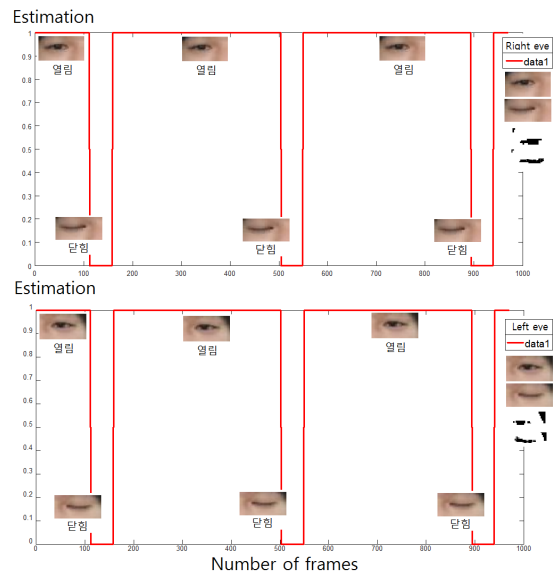


그림 10. 이진화 영상을 이용한 눈 개폐 여부 판단
Fig. 10. Determination of whether the eyes open and close using the binary image

표 2. 눈 개폐 판단 및 졸음여부 판단기준
Table 2. Eye of the opening and closing judgment and sleepy determine whether

Detection Part	classification	Detectable
Face recognition rate of driver	Face	100.00 %
eye recognition rate of driver	Right eye	100.00 %
	Left eye	100.00 %
Early phase opening and closing recognition rate	Right eye	93.47 %
Early phase opening and closing recognition rate	Left eye	95.74 %
Middle phase opening and closing recognition rate	Right eye	93.61 %
	Left eye	89.79 %
latter phase opening and closing recognition rate	Right eye	93.33 %
	Left eye	93.75 %
Driver sleepiness determination	Sleepiness Determination	93.28 %

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 얼굴의 공간적 상관관계방법에 기반한 Viola-Jones 알고리즘을 통해 효과적인 얼굴검출과 지역적인 눈, 코, 입을 검출하고, 운전자의 졸음판단요인 중 하나인 눈의 개폐에 대한 졸음판단 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 기존의 얼굴 검출방법에 얼굴모양에 대한 공간적 상관관계를 추가하여 눈, 코, 입, 얼굴에 인식률을 향상 시켰다. 또한, RGB컬러 영상의 전처리 후 라벨링 과정을 거쳐 최종적으로 SVM을 이용하여 운전자의 졸음을 판단하였다. 향후 연구에서는 조명의 변화에 대한 방법 등을 해결하기 위해 다른 전처리 과정 및 운전자의 시선의 방향이나 입의 개폐에 따른 졸음판단 요인을 늘려 더욱 정확하고 세밀한 졸음판단 분석을 연구할 예정이다.

References

[1] Article of the korean times 2009-04-03
 [2] S. M. Kang, K. M. Huh, Y. B. Joo, "Development of a drowsiness detection system using edge of eyes image," *IEIE (The Institute of Electronics and Information Engineers) 2016 Information and Control Symposium*, pp. 222-224, 2016.
 [3] J.M. Choi, H. Song, S. H. Park and C. D. Lee, "Implementation of driver fatigue monitoring system," *The Journal of the*

Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication, vol. 37, pp. 711-720, 2012.
 [4] J. Lee, H. Yoo, "A method to identify the identification eye status for drowsiness monitoring system," *Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 63, no. 12, pp. 1667-1670, 2014.
 [5] Jae-Kyung Sung, In-Ho Choi, Sang-Min Park, Yong-Guk Kim, "Measure and analysis of open-close frequency of mouth and eyes for sleepiness decision," *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC)*, vol. 14, no. 3, pp. 89-97, 2014.
 [6] S. Darshana, D. Fernando, "Efficient PERCLOS and gaze measurement methodologies to estimate driver attention in real time," *International Conference on Intelligent Systems*, pp. 27-29, 2014.
 [7] S. L. Ham, N. Kwak, "Binary classification by the combination of Adaboost and feature extraction methods," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea-CI*, vol. 49, no.4, pp. 42-53, 2012.
 [8] S. C. Lim, S. J. Jang, S. P. Lee, M. Y. Kim "Feature-Vector normalization for SVM-Based Music Genre Classification," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea-SC*, vol. 48, no.5, pp. 31-36, 2011.
 [9] M. Weber 1999, Faces 1999 Front database", Available: <http://www.vision.caltech.edu/archive.html>, 1999
 [10] H. Han, U. Chong, "Electroencephalogram- based Driver Drowsiness Detection System Using AR Coefficients and SVM," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 22, no. 6, pp. 768-773, 2012.
 [11] J. Yang, S. Cho, S. T. Chung, "Fake Face Detection System Using Pupil Reflection," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 20, no. 5, pp. 645-651, 2010.
 [12] C. H. Han, K. B. Sim, "Development of Driver's Emotion and Attention Recognition System using Multi-modal Sensor Fusion Algorithm," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 18, no. 6, pp. 754-761, 2010.
 [13] Y. H. Joo, J. K. Kim, I. H. Ra, "Intelligent Drowsiness Drive Warning System," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 18, no. 2, pp. 223-229, 2008.
 [14] C. Lee, C. H. Rhee, "Region Based Fuzzy Neural Networks for Face Detection," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 11, no. 1, pp. 39-44, 2001.

[15] R. Lienhart, A. Kuranov, and V. Pisarevsky "Empirical Analysis of Detection Cascades of Boosted Classifiers for Rapid Object Detection," *Proceedings of the 25th DAGM Symposium on Pattern Recognition*, Magdeburg, Germany, 2003.

저자 소개



공도현 (Do-Hyun Gong)

2016년 : 조선대학교 제어계측로봇공학과
공학사
2016년~현재 : 조선대학교 대학원
제어계측공학과 석사과정

관심분야 : 영상처리, 계산지능

Phone : +82-62-230-6598

E-mail : rhdehgus2003@naver.com



곽근창 (Keun-Chang Kwak)

2002년 : 충북대학교 전기공학과 공학박사
2003년~2005년 : 캐나다 Alberta대학교 전기
및 컴퓨터 공학과, 박사후
과정

2005~2007년 : 한국전자통신연구원

지능형로봇연구단 선임연구원

2014~2015년 : 미국 캘리포니아 주립대학교(플러튼) 전산학과
방문교수

2007년~현재 : 조선대학교 전자정보공과대학 전자공학 과 부교수

관심분야 : 계산지능, 생체인식, 인간-로봇상호작용, 인 체모션분석

Phone : +82-62-230-6086

E-mail : kwak@chosun.ac.kr