

http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.3.89

IIBC 2014-3-13

졸음 판단을 위한 눈과 입의 개폐 빈도수 측정 및 분석

Measure and Analysis of Open-Close Frequency of Mouth and Eyes for Sleepiness Decision

성재경*, 최인호**, 박상민***, 김용국****

Jae-Kyung Sung*, In-Ho Choi**, Sang-Min Park***, Yong-Guk Kim****

요약 본 논문에서는 운전자의 졸음 판단에 필요한 눈 깜빡임과 하품에 대해 실시간 빈도수 측정 프로그램을 제안한다. 사용자의 눈과 입의 개폐 빈도수 측정을 위해서 CCD 카메라 영상을 기반으로 OpenCV를 이용하여 얼굴을 검출한 후, 검출된 얼굴을 기반으로 눈동자 영역 추출 기술인 CDF(Cumulative Distribution Function)를 사용하여 눈의 위치를 찾아서 활성 윤곽(Active Contour) 기술을 이용하여 눈과 입의 영역을 추출한다. 추출된 눈과 입의 영역을 본 프로그램을 이용하여 각 각의 개폐 빈도수를 측정하며 결과 값을 분석하여 사용자의 졸음 판단을 위한 기반 기술로 활용한다.

Abstract In this paper, we propose real-time program that measure open-close frequency of mouth and eyes to detect drowsiness of a driver. This program detects a face to the CCD camera image using OpenCV library. Then that extracts each area using CDF for eye detection and Active Contour for mouth detection based on detected face. This system measures each frequency of Open-Close using extracted area data of eyes and mouth. We propose foundation technique how to perform sleepiness decision of users based on measurement data.

Key Words : Driver Drowsiness Detection, Eye Blinking, Yawn Detection

1. 서론

미국 고속도로 안전관리국(National Highway Traffic Safety Administration)에 따르면 졸음운전은 미국에서 교통안전과 관련해 가장 골치 아픈 문제 중 하나로, 연간 10만 여 건의 충돌사고를 일으키는 요인이 되어 1천550 명이 사망하고, 4천 여 명이 부상하고 있다^[1]. 현재 졸음 운전 방지를 위해서, 세계 각 나라의 대형 자동차 생산 업체들은 일반 CCD 카메라를 통해서 운전자의 졸음과

피로 징후를 감시 경고하는 시스템에 대해서 다양하게 제안하고 있다. 텐소가 개발한 프로토타입 제품은 핸들 근처에 설치한 카메라로 운전자의 눈 깜빡임 간격과 빈도수를 감지하여, 졸린 상태를 6단계로 판단한다. 그리고 도요타 자동차 계열의 부품회사인 아이신 정기는 카메라를 통해 눈 깜빡임을 분석하여, 눈을 감은 상태가 일정시간 계속되며 경보음이 울리며 앞차와 충돌 가능성이 커지며 브레이크가 작동하는 장치를 개발하였다^[2]. 이와 같이 졸음운전 방지 기술을 자동차에 직접 상용화하는 과

*준회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과

**준회원, 세종대학교 컴퓨터공학과

***준회원, 세종대학교 컴퓨터공학과

****준회원, 세종대학교 컴퓨터공학과 (교신저자)

접수일자 2014년 4월 18일, 수정완료 2014년 5월 15일

게재확정일자 2014년 6월 13일

Received: 18 April, 2014 / Revised: 15 May, 2014

Accepted: 13 June, 2014

*Corresponding Author: ykim@sejong.ac.kr

Dept. of Computer Eng., Sejong University, Seoul, Korea

정은 사람의 생명과 직결되므로 높은 신뢰와 정확성을 필요로 하고 있다. 신체에서 운전자의 심리상태를 가장 잘 표현해 주는 부분은 눈이다. 졸음운전의 경우는 눈 깜빡임 빈도수가 증가하고 눈을 감고 있는 시간도 증가하게 된다^[3]. 그래서 카메라를 통한 눈 깜빡임의 빈도수는 졸음여부에 대해서 중요한 판단 요소로 피로도를 측정하는 PERCLOS(PERcentage of eyelid CLOSure)로 측정하고 있다. 그리고 하품은 운전 중에 졸음이 오는 첫 신호이다. 하품 이후는 눈이 피로해지고 운전을 제대로 집중할 수 없게 된다. 이 상태가 계속되면 도로 표지판과 같은 주변 상황을 놓치게 되며 몇 초씩 조는 듯한 가수면 상태에 빠지게 된다. 이와 같이 피로도를 측정하는 눈깜빡임과 하품은 졸음운전을 판단하는 중요한 단서가 된다. 그리하여 본 연구에서는 졸음판단에 필요한 눈과 입의 개폐 빈도수 측정을 위한 구체적 실험방법과 결과 값을 통한 분석 내용을 제시하고자 한다.

II. 눈과 입의 개폐 빈도수 측정에 대한 관련연구

본 연구를 위해서는 일반적으로 사용하는 CCD 카메라로부터 획득한 얼굴영상을 기본으로 하여 프로그램을 구성한다. 본 프로그램의 가장 기본인 얼굴검출 기술에 대해서 알아보고 얼굴 검출과 관련된 눈 깜빡임과 하품의 검출 기술에 대해서 알아본다. 그런 후 피로도 측정에 관련된 연구와 눈 검출 기술을 응용하는 과정에서 문제점에 대해서도 알아본다.

1. 얼굴 검출

일반적으로 실시간 얼굴 검출의 구성단계는 일반 CCD 카메라의 영상에서 OpenCV 라이브러리를 이용한다. 입력된 영상에서 잡음을 제거 후에 얼굴영역을 검출한다. 얼굴 검출 방법은 Haar 검출방법을 사용한 후, Adaboost를 사용한다. 얼굴인식 기술의 핵심은 얼굴검출 기술과 얼굴인식 기술로 나뉜다. 그 중 얼굴검출 기술은 영상에서 얼굴이 있는 위치를 파악해 내는 기술로 지식 기반 방법, 특징 기반 방법, 템플릿 매칭 방법과 외형 기반 방법 등의 4가지 기술이 가장 대표적이다. 지식기반(Knowledge based)기술의 특징은 얼굴의 눈, 코, 입 등의 일정한 거리와 위치 관계를 전제로 얼굴을 검출하는

방법이다. 그리고 특징 기반(Feature-based)은 얼굴 요소들의 크기, 모양, 상호 연관성, 얼굴의 색상과 질감 정보, 또는 이러한 요소들의 혼합된 형태의 정보를 이용해 얼굴을 검출하는 방법이다. 템플릿 매칭(Template-matching)은 모든 얼굴에 대한 표준 템플릿을 만든 후, 입력 영상과 비교해 얼굴을 검출하는 방법이다. 마지막으로 외형 기반(Appearance-based)의 기술은 학습 영상 집합에 의해 학습된 모델을 이용해서 얼굴을 검출하는 방법을 말한다.

2. 눈 깜빡임(Blink) 검출 및 PERCLOS와 문제점

눈 깜빡임 검출을 위해서는 일단 눈 검출을 먼저해야 한다. 눈 추출 과정은 몇 가지로 한정되어 있다. 먼저 Haar 검출기와 같이 수많은 이미지를 가지고 교육시킨 검출기를 이용해 눈 위치를 검출하는 방법이 있다. 두 번째는 템플릿 매칭 기법에 의해 추출하는 방법이 있다. 마지막으로 얼굴에서 눈이 가진 픽셀 값이 특이하다는 점을 이용해 검출하는 방법이 있다 이 세 가지 중 본 연구에서도 세 번째 방법을 사용하였다. 얼굴 중에서 사람의 눈은 주변 공막 영역에 비해 상대적으로 어두운 편이다. 픽셀 중 피부색인 부분을 걸러내고, 상대적으로 어두운 부분을 추출해 낼 수만 있다면 눈의 위치를 찾기 매우 간단할 것이다. 세 번째 방법을 사용하는 경우 일단 눈을 제외한 부분을 필터링하는 것이 첫 번째 문제이다. 대부분의 연구에서는 얼굴에서 눈 위치는 대부분 동일하다는 점에 착안하여 그 위치를 일정 수치 값을 이용하여 계산해서 한다. 본 연구와 다른 연구들도 얼굴 중에 눈은 얼굴의 좌상과 우상에 위치하기 때문에 이를 필터링한다.

눈 깜빡임 수행하기 위해서 프로그램 초기 실행 시에 저장한 눈 템플릿 영상과 비교한다. 두 영상의 유사도가 높으면 눈을 뜬 상태로 검출하고, 유사도가 낮으면 감은 상태로 검출한다. 눈이 뜬 상태에서 감은 상태로 변하게 되면 한 번의 눈 깜빡임으로 카운트 한다. 졸음운전 방지 기술은 높은 신뢰성을 필요로 함으로 운전자의 피로와 가장 상관관계가 큰 특징들을 이용하여야 한다. 신체에서 운전자의 심리상태 변화를 잘 표현해 주는 부분은 눈이다. 보통 성인 남자의 경우 1분당 20번 정도로 눈을 깜박거리지만, 피로도가 높아져서 의식 수준이 떨어질 때에는 눈의 깜빡임 빈도수가 낮아지고 눈을 감고 있는 시간도 증가하게 된다^[4]. 일반적으로 눈 닫힘의 지속 시간

측정은 수식1과 같이 일정 시간 동안 눈감은 시간의 누적된 비율을 이용하여 판단하는 PERCLOS를 사용하여 측정한다^[5].

$$PERCLOS(\%) = \frac{\text{눈감은 횟수}(N_c)}{\text{측정 단위(프레임 : 300)}} \times 100 \quad (1)$$

그러나 눈 검출 기술 응용 과정에서 문제점이 있다. 보통 시선 방향검출은 적외선 카메라를 많이 이용한다^[6]. 적외선 카메라를 이용해 반사도가 가장 높은 부분을 이용해 눈동자의 중심점을 추출한다. 또는 CCD 카메라로 눈 영역을 PCA로 분석하여 검출하는 방법이 있다^[7]. 눈의 각 방향을 기저공간으로 사용해 시선방향을 검출한다. 하지만 위의 방법들은 적외선 카메라의 안전성과 높은 비용 외에 많은 연산의 처리과정에서 부가적으로 문제가 따르고 있다. 그리고 기존에 나와 있는 대부분의 비전 처리 방식의 줄음방지프로그램에서는 눈의 개폐를 확인하고, PERCLOS를 구하여 운전자의 졸음운전여부를 판단하고 경고한다. 그러나 운전자가 졸린 상태에서는 눈을 뜨고 있더라도 부주의로 인한 사고가 발생할 수 있다. 뿐만 아니라 연산량이 지나치게 많아 실시간으로 줄음을 인식하지 못하는 문제가 있다.

3. 입의 검출

입 검출은 활성 윤곽(Active Contour) 기술을 이용한다. 활성 윤곽은 추적대상의 외곽선을 정확하게 따내면서 외곽선 내부의 질감(texture), 색상(color), 형태(shape) 정보만을 가지고 자동 추적한다. 그러므로 배경의 변화에 영향을 거의 받지 않고 배경분리와 활성 윤곽을 기반으로 자동추적을 매우 안정적인으로 알고리즘의 개발이 가능하다. 그 외에도 입의 색상 정보를 기반으로 하여 입술 영역을 검출하는 방법도 있다^[8]. 이 방법은 동적 문턱 값을 사용하고 강인하게 입술을 검출하기 위한 프로그램을 사용한다. 입이 열렸거나 검출되지 않은 경우를 결정하여 3차원 구조의 입 높이를 계산한다. 실험은 스테레오 비전을 사용하고, 실험에 알맞은 환경을 구축하여 영상을 촬영하였다^[9].

III. 눈과 입의 검출과 개폐 빈도수 측정 기술

본 연구는 실시간으로 카메라 영상을 통해 입력 받은 영상에서 눈 깜빡임과 하품에 대해 개폐 빈도수 측정을 위해서 빠르고 정확한 결과 값을 도출하게 하기 위한 방안을 제안하고자 한다. 검출은 OpenCV 라이브러리를 이용한다. 그리고 다양한 분야에 응용 가능한 시선 방향 검출 방법과 적외선 카메라의 사용에 따른 문제점을 해결하기 위해 CDF 분석을 이용한 눈동자 중심점 검출과 시선 방향 검출 프로그램을 제안하고자 한다. 입의 영역은 활성 윤곽 기술을 이용하여 검출한다. 그런 후 Template Matching을 이용하여 눈과 입의 개폐 빈도수를 판단하는 프로그램을 구현한다.

1. CDF를 이용한 눈동자 중심점 검출

본 프로그램은 먼저 입력된 얼굴에서 눈동자 중심을 검출해야 한다. 눈동자의 중심점은 CDF (Cumulative Distribution Function) 분석을 통해 검출한다^[10]. 다음의 그림1은 눈동자 중심 검출의 흐름도이다.

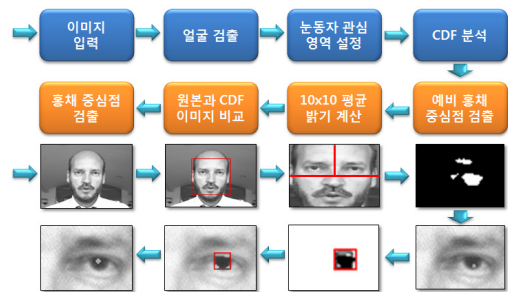


그림 1. CDF를 이용한 눈동자 중심 검출 흐름도
 Fig. 1. Flowchart of pupil center detection using CDF

입력된 얼굴영상에서 얼굴을 검출 후 눈동자가 있는 좌·우 상단을 관심영역(ROI : Region of Interest)으로 지정한다. 이것은 머리카락(Hair)과 귀 등이 포함되어 눈동자 중심 검출작업의 오류를 줄일 수 있기 때문이다. 지정한 관심영역을 CDF 분석을 통해 분포도를 생성한다. 다음의 수식2가 이를 보여준다.

$$CDF(r) = \sum_{w=0}^r P(w) \quad (2)$$

where $0 \leq w \leq 255$

여기서 $P(w)$ 는 w 의 Gray 레벨의 히스토그램이고 r 은 Gray 레벨의 총 크기를 말하는 것으로 이미지의 너비와 높이의 곱과 같다. 생성된 CDF 분포도는 관심영역의 밝기가 누적되어 나타난다. 사람의 눈동자 대부분은 피부색 보다 어두운 색으로 되어 있으며, 공막은 흰색으로 동일하다. 이를 이용해 분포도의 0.05까지의 분포 구간을 예비 눈동자 영역으로 추출한다.

$$I'(x,y) = \begin{cases} 255 & CDF(I(x,y)) \leq 0.05 \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

위의 수식3은 예비 눈동자 영역은 흰색으로 추출되고, 눈동자와 눈썹, 쌍꺼풀영역 등이 포함되어 나타난다. 예비영역으로는 정확한 눈동자의 중심을 검출할 수 없다. 이는 눈동자에 반사되는 빛에 따라 변하며 눈동자의 색상에 따라 다른 결과가 된다.



그림 2. CDF를 이용한 눈동자 중심 검출 결과
Fig. 2. Result of pupil center detection using CDF

정확한 눈동자 중심 검출을 위해 관심영역에서 PMI (Pixel with the Minimum Intensity)를 추출하여 비교 한다. 추출된 PMI를 중심으로 10×10 영역을 지정하여 포함된 CDF분석 결과를 누적하여 정확한 눈의 중심점 검출을 계산한다. 그림 2는 CDF를 이용한 눈동자 중심 검출의 결과를 보여준다.

위의 알고리즘의 정확도 판단을 위해 BioID DB를 이용해 실험한다. 눈동자 중심 검출 정확도 판별은 다음 수식4를 이용한다.

$$D_{eye} = \frac{\max(\|Cl - \tilde{Cl}\|, (\|Cr - \tilde{Cr}\|))}{\|Cl - Cr\|} \quad (4)$$

여기서 D_{eye} 는 결과의 오차 값으로 실험에서는 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25까지의 오차 범위를 인정하는 각각의 실험을 진행하였다. 다음으로 Cl, \tilde{Cl} 과 Cr, \tilde{Cr} 는 BioID DB의 정확한 각 눈동자 중심점(왼쪽 눈, 오른쪽 눈)의 중심점과 실험을 통해 검출된 눈동자의 중심점을 의미한다.

2. 눈깜빡임 검출

눈깜빡임은 눈물샘에 눈물 생산량이 감소하기 시작하기 때문에 눈을 자주 깜빡이게 된다. 이와 비슷하게 줄음 이 올 때 뇌에도 혈액공급이 줄어들기 때문에 뇌 활동이 줄면서 점점 가수면 상태에 들어가게 된다. 이와 같은 신체 현상 중에 눈의 깜빡임을 이용한 운전자 졸음 검출 시스템을 개발하였다.

사람의 눈 영역은 피부색에 비하여 어두운 부분으로 이루어져 있다. 이것을 이용하여 눈을 뜨고 있는지 감고 있는지를 판단한다. 첫 번째로 위의 눈동자 중심점을 기준으로 눈동자 부분 영역을 지정한다. 눈동자 영역 지정 시에 눈썹이 포함되지 않게 하는 것이 중요하다. 이것은 이후 이진화(binairization)할 때 영향을 줄 수 있기 때문에 포함시키지 않는다. 두 번째로 눈동자 영역 영상을 히스토그램 평활화(Histogram Equalization)를 진행한다. 세 번째로 이 영상을 어두운 색상의 기준점(threshold)으로 이진화 후 형상화(Morphology) 처리한다. 이것을 통해 눈 영역에서 어두운 부분을 얻을 수 있다. 마지막으로 이 영상을IPF(Integral Projection Function)을 통해 눈 영역의 특징을 검출한다.

위의 방법으로 얻은 IPF 영상을 이용하여 깜빡임 검출을 진행한다. IPF영상에서 최대값(Max value)에서 비율적으로 입의 영역을 지정한다. 이후 지정된 영역 안의 어두운 영역 비율과 크기를 비교하여 에러를 구하고 이것으로 깜빡임을 검출한다. 우리는 입의 영역의 비율을 0.5로 사용하였다.

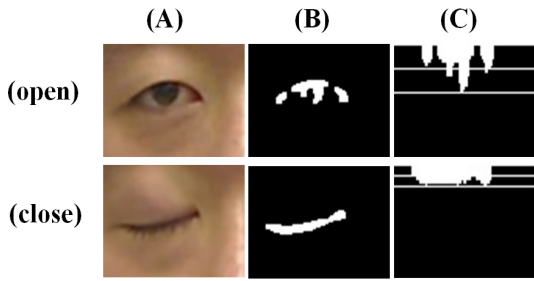


그림 3. 눈 깜빡임에 따른 IPF의 영상.(A) 입력영상, (B) 이진화 영상, (C)IPF 영상

Fig. 3. IPF varies depending on opening and closing of the eyes, (A) Input images, (B) The binarized images, (C) The IPF images

3. 활성 윤곽을 이용한 입 검출

얼굴 영역 내에서 입 영역을 검출하기 위해서 활성 윤곽을 이용하여 입 검출 방법을 사용하였다. 입 개폐는 영역 기반 특징으로 추출하였으며 개폐 정도 측정은 추출된 특징의 크기를 계산하여 구현하였다. 입의 개폐를 이용한 운전자 상태 검출에서는 하품을 하는 횟수가 반복적으로 증가하는 상태와 입의 개폐가 일정한 시간 동안 없는 상태로 판단이 가능할 것으로 보인다. 입 내부의 영역이 어둡게 보이며 각각의 입이 그림4와 같이 벌린 부분이 실제 영상에서는 검은색으로 보인다.



그림 4. 활성윤곽을 이용한 입 검출 흐름도
 Fig. 4. Flowchart of mouth detection using active contour

그림5는 실제 실험자의 영역 기반 하품 특징 추출 화면이다.

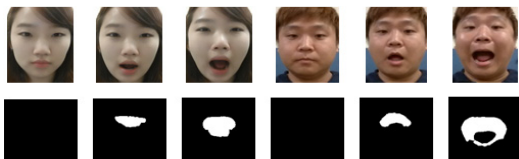


그림 5. 영역 기반 하품 특징 추출
 Fig. 5. Region-based extraction of yawn features

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 눈깜빡임과 하품의 개폐 빈도수 측정을 위해 Windows 7, Visual Studio 2010, OpenCV2.0을 이용하여 구현하였고 성능 테스트를 하였다. 실험에서 사용된 모든 영상은 640x480의 픽셀 크기이며, CCD 카메라를 이용하여 동영상 촬영을 하였다. 눈 깜빡임과 하품의 개폐 빈도수 측정은 각 각의 방법으로 실험하여 결과 값을 도출한 후, 결과 값에 대하여 분석을 하였다.

1. 실험방법

본 연구는 그림5와 같은 환경에서 CCD카메라를 이용하여 실험을 위하여 초당 30 프레임 수로 동영상 촬영을 하였다. 실험환경은 Intel Core i7 CPU 2.80GHz CPU, 6.0GB RAM과 NVIDIA GeForce GTS 250 비디오 카드를 사용하였으며, 물체 인식을 위한 물체와 전방 카메라 사이의 거리는 약 30~50cm로 하였다. 본 연구에서는 총 3명의 실험자를 대상으로 실험을 하였다. 눈 깜빡임의 개폐 빈도수 측정은 정확도를 높이기 위해 쾌적한 환경을 연출하기 보다는 실제 운전자의 환경과 비슷한 조명의 자연스런 실내 환경에서 테스트를 하였다. 이를 위해서 그림6과 같이 본 연구실에서 실내등과 창밖으로 들어오는 자연광이 비치는 오후 1~5시 시점에 테스트를 하였다. 실험에 참가한 3명의 실험자에게 각 각 실험1과 실험2의 두 가지 유형으로 설정하여 실험을 수행 하였다. 실험1은 인위적으로 눈 깜빡임을 약 10초 간격으로 20번 씩 연속적으로 두 번씩 시행하도록 하였다. 실험2도 실험1과 같은 환경과 조건에서 하품을 약 10초 간격으로 20번 씩 연속적으로 두 번씩 시행하도록 하였다.

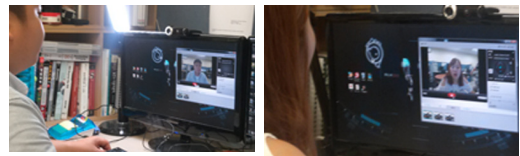


그림 6. 실험환경과 장면
 Fig. 6. Experimental environment and scene

2. 실험 결과

실험1과 실험2의 두 가지 유형의 실험테스트 영상은 본 연구에서 구현한 프로그램에 의해서 실시간으로 결과

값을 도출하였다. 실험자 3사람 각 각에 대해서 눈 깜빡임과 하품에 대한 개폐 빈도수 값을 측정하였으며, 각각의 결과 값에 대해서 분석 하였다.

2.1 눈 깜빡임의 정확도에 대한 결과 및 분석

눈 깜빡거림의 열림과 닫힘은 2단계로 하여 빈도수 측정을 하였다. 그림7은 실험1의 방법으로 촬영한 눈 깜빡임 영상에 대해서 본 연구에서 구현한 프로그램에 의한 실험 화면과 결과 값을 보여주는 진행 화면이다.

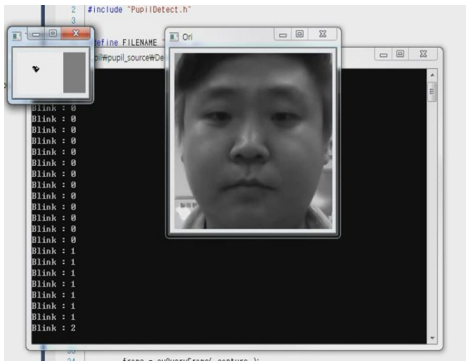


그림 7. 눈 깜빡임의 실험결과
Fig. 7. Experimental result for eye blink

실험1은 아래의 표1과 같이 실험자 3사람에 대하여 20번의 눈 깜빡임을 2번 씩 수행한 후, 프로그램에 의해 측정된 수와 에러 횟수 및 정확률에 대한 결과 값을 보여주고 있다.

표 1. 20번의 눈 깜빡임 대한 프로그램 측정결과
Table 1. Progame Measurement Results Image For Eye Blink 20

	실험자1			실험자2			실험자3			전체 평균
	첫번째	두번째	평균	첫번째	두번째	평균	첫번째	두번째	평균	
프로그램 측정수	15.0	13.0	14.0	19.0	22.0	20.5	15.0	17.0	16.0	16.9
에러횟수	5.0	7.0	6.0	1.0	2.0	1.5	5.0	3.0	4.0	3.8
정확률 %	75.0%	65.0%	70.0%	95.0%	90.0%	92.5%	75.0%	85.0%	80.0%	80.9%

표1의 항목 중, 프로그램 측정 수는 3명의 실험자가 20번의 눈 깜빡임을 2번씩 수행한 테스트 영상에서 프로그램이 도출한 결과 값으로 전체 평균은 약 16.9번으로 나타났다. 에러 횟수와 정확률의 전체 평균은 3.8번과 80.9%의 결과 값이 나왔다. 에러 횟수와 정확도에 대해서는 식5와 6과 같이 구하였다.

$$\text{에러 횟수} = |20 - \text{프로그램 측정수}| \quad (5)$$

$$\text{정확률}(\%) = 100 - \frac{\text{에러 횟수}}{20} \times 100 \quad (6)$$

아래의 그림8, 9는 도표1에 대하여 프로그램 측정수와 정확률에 대해서 그래프로 표현한 그림이다.

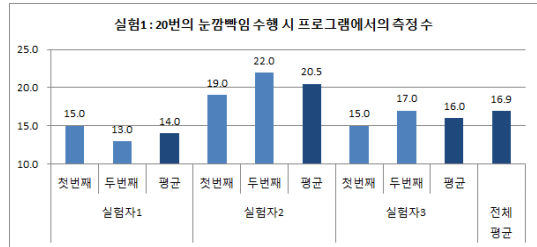


그림 8. 20번의 눈 깜빡임 측정 결과
Fig. 8. Result of measurement for eye blink 20

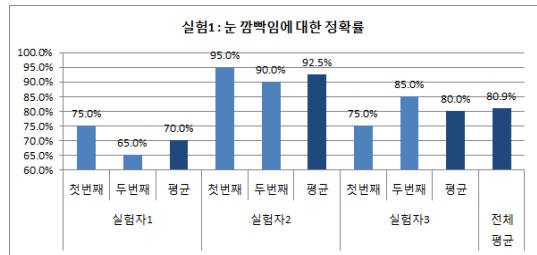


그림 9. 20번의 눈 깜빡임 정확도
Fig. 9. Accuracy for eye blink 20

그림9의 눈 깜빡임에 대한 정확률은 실험자2가 실험자1과 3에 비해 정확도가 높게 나왔다. 원인은 실험자2는 다른 실험자와 달리 여성으로서 그림10과 같이 실험할 당시 눈 화장을 한 상태여서 눈의 윤곽이 좀 더 뚜렷한 상태에서 실험을 한 결과로 보인다. 전체적으로 프로그램의 측정수가 실제 깜빡임의 횟수인 20번 보다 적게 측정되었다. 이유로는 눈을 감았다고 판단되는 이미지 영상은 반달(Arc)형으로 판단되는데 Arc형 자체가 만들어 지지 않아서 실제 영상보다 적게 나오는 것으로 분석된다. 그리고 본 실험에서는 빛의 세기와 실험 대상의 기본 색상 값이 각각 다름에도 실제 코드에서는 평균적인 데이터를 사용하였기 때문에 정확률에서는 조금씩 떨어지는 결과가 나왔다.

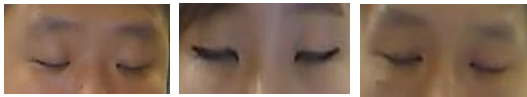


그림 10. 실험자의 눈 모양(좌측으로부터 실험자1, 2, 3)
 Fig. 10. Eye shape of experimenter (1, 2, 3 from left experimenter)

2.2 하품의 정확도에 대한 결과 및 분석

하품의 열림과 닫힘은 2단계로 하여 빈도수 측정을 하였다. 그림11은 실험2의 유형으로 하품에 대해서 프로그램의 결과를 보여 주는 화면이다

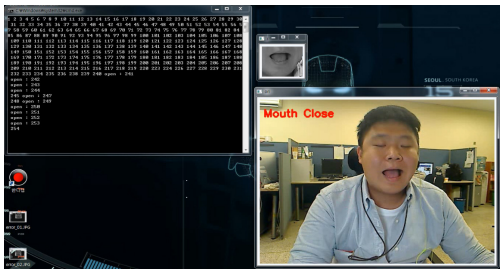


그림 11. 하품의 실험 결과
 Fig. 11. Experimental result for yawn

실험2는 실험1과 같은 환경과 방법으로 표2와 그림12는 같은 정확률에 대한 결과 값을 보여주고 있다. 실험자 3명에 대해서 두 차례의 실험결과의 전체 평균은 94%의 정확률을 보여주고 있다. 표2에서 정확률의 측정은 입을 연 것으로 간주한 시점부터 최대로 벌린 시점 사이에 프레임에서 오류 횟수의 프레임을 측정하여 계산하였다. 입을 벌린 것으로 판단되는 시점은 실험자들이 최대로 입을 벌린 높이의 평균값이 이분의 일인 시점부터 최대 벌린 시점까지를 말한다.

표 2. 하품의 실험결과
 Table 2. Experimental result for yawn

	실험자1			실험자2			실험자3			전체 평균
	첫 번째	두 번째	평균	첫 번째	두 번째	평균	첫 번째	두 번째	평균	
정확률	75.0 %	85.1 %	90.8 %	95.3 %	93.8 %	94.6 %	95.2 %	96.7 %	96.0 %	93.8 %

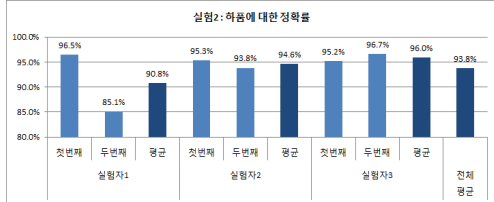


그림 12. 20번의 하품 정확도
 Fig. 12. Accuracy for yawn 20

본 프로그램의 하품에 대한 오류 프레임의 원인은 지정된 입의 영역에서 하품 시에 입을 크게 벌릴 때에 입의 영역이 지정된 범위를 벗어나는 부분에 오류가 발생하였다. 이 경우에 실제 하품을 했을 때에 하품을 하지 않은 것으로 판단하는 경우가 있었다.

$$\text{정확도}(\%) = 100 - \frac{\text{오류 프레임 횟수}}{\text{전체 프레임 수}} \times 100 \quad (7)$$

수식7에서 오류는 하품 중인데 입을 닫고 있다고 판단하는 경우를 말한다. 실험에서 대상에 따라 하품 시에 입의 아크형의 모양이 다르기 때문에 본 프로그램에 적용할 때 값은 입을 벌린 것으로 하는 시점의 평균값을 수정해야 하는 경우가 생겼으며 실제로는 사람의 입의 모양과 크기에 대해 약간씩 다르게 지정함에도 불구하고 실험자3의 실험 결과와 같이 정확성이 높았다. 이유는 그림13과 같이 실험자3의 입술이 다른 실험자들에 비해 상대적으로 뚜렷한 모양이었다. 실험 결과에서도 실험자3이 약간의 차이지만 다른 실험자에 비해 약간 높은 96%의 정확도가 나왔다.



그림 13. 실험자의 입모양(좌측으로부터 실험자 1, 2, 3)
 Fig. 13. Mouth shape of experimenter (1, 2, 3 from left experimenter)

V. 결론

우리는 활성 윤곽(Active Contour) 기술을 이용하여 사용자의 눈과 입의 개폐 빈도수를 측정하는 실시간 프로그램을 제안하였다. CCD 카메라의 실험 영상에서 눈 깜빡임의 개폐수 측정 결과는 실험자의 눈의 기미나 주름과 같은 눈의 상태나 아크형의 눈 모양에 따라 결과 값의 차이가 있었다. 그리고 하품도 얼굴에 비추는 빛의 세기와 각각의 대상에 대한 기본 색상 값이 달라서 실험 결과 값이 다르게 도출됐다. 그러면서도 하품은 각 대상의 입모양이 다르기 때문에 일반적인 모양과 크기에 대한 평균값을 수정해야 하는 경우가 생기면서 평균값을 지정하는데 어려움이 있었다. 어쨌든 실험 분석에서 개폐과

정의 눈과 입의 모양이 뚜렷한 대상이 더 정확한 결과가 나왔다. 본 연구의 정확도 측정 향상을 위해서는 영상처리 기술 등을 통해서 눈과 입의 형상을 좀 더 뚜렷한 이미지화가 필요할 것으로 보인다. 물론 이와 같은 기술을 위해서는 다양한 방법이 있겠지만 CCD 영상 얼굴을 3D 모델링을 하면 좀 더 눈과 입의 검출이 정확해 지면서 눈과 입의 윤곽을 뚜렷하게 할 수 있을 것으로 보인다. 향후, 이와 같은 연구를 통해서 시각 피로도 상태의 결과 값이 신뢰 수준으로 연구가 된다면, 자동차 운전자의 졸음 감지 등에 적극 활용이 가능할 것으로 보인다.

References

[1] Article of the korea times 2009-04-03
<http://www.koreatimes.com/article/514732>

[2] <http://www.robonable.jp/news/2011/12/denso-1202.html>

[3] Shmueli Galit, Patal Nitin R. and Bruce Peter C, "Data Mining for Business Intelligence", John Wiley & Sonc Inc., 2006

[4] Tomofurni Miyakawa, Hironobu Takano, and Kiyomi Nakamura, "Development of Non-contact Real-time Blink Detection System for DozeAlarm", SICE Annual Conference inSapporo, pp. 1626-1631, August 4-6,2004

[5] Ho-Seop Yeo, Joon-Hong Lim, "Driver Drowsiness Monitoring System Based on Eye Closure State Identification and Gaze Detection" Journal of Engineering & Technology. Vol.21 ,October 2011

[6] Keil A, Albuquerque G, Berger K, Magnor MA. Real-time gaze tracking with a consumer-grade video camera. Union Agency-Science Press 2010

[7] Bebis, G., and Fujimura, K. An Eigenspace Approach to Eye-Gaze Estimation, Intl. Conf Parallel and Distributed Comput. Systems, Las Vegas, 2000.

[8] R. Gocke, J. Millar, A. Zelinsky, and J. Robert-Bibes, "Automatic extraction of lip feature points," presented at the Proc. Australian Conf. Robotics and Automation, Aug.

2000.

[9] Jong-Il Kim, Hyun-Sik Ahn, Gu-Min Jeong, Chan-Woo Moon, "Estimation of a Driver's Physical Condition Using Real-time Vision System" Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, VOL. 9 No. 5, October 2009

[10] M. Asadifard, J. Shanbezadeh, "Automatic Adaptive Center of Pupil Detection Using Face Detection and CDF Analysis", Proceedings of The International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists, 2010

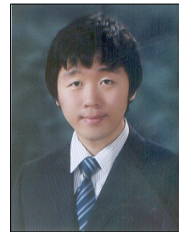
저자 소개

성 재 경(준회원)



- 2003 : 세종대학교 멀티미디어소프트웨어(석사)
- 2003~2007 : 세종대학교 소프트웨어(박사)
- 을지대학교 강사, 강동대학교 겸임
- 주관심분야 : UI/UX, HCI, 모바일게임, 사물인터넷

최 인 호(준회원)



- 2011 : 세종대학교 컴퓨터공학과(석사)
- 2011~현재 세종대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 주관심분야 : 운전자 안전 시스템, 표정인식

박 상 민(준회원)



- 2007~현재 : 세종대학교 컴퓨터공학과
- 주관심분야 : 운전자 시선 추적, 영상처리

김 용 국(준회원)



- 1997 : Cambridge Univ. Computer Vision(박사)
- 1986~1989 : KT, 전임연구원
- 1998~2001 : Smith-Kettlewell Vision institute USA, Research Associate
- 2001~현재 : 세종대학교 컴퓨터공학과 정교수

•주관심분야 : 컴퓨터 비전, HCI