Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 31, No. 4 pp.601-607, August 2012 http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2012.31.4.601

Classification between Intentional and Natural Blinks in Infrared Vision Based Eye Tracking System

Song Yi Kim[1], Sue Jin Noh[1], Jinman Kim[2], Mincheol Whang[1], Eui Chul Lee[3]

[1]Department of Emotion Engineering, Sangmyung University, Seoul, 110-743
[2]Department of Computer Science, Sangmyung University, Seoul, 110-743
[3]Division of Computer Science, Sangmyung University, Seoul, 100-743

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to classify between intentional and natural blinks in vision based eye tracking system. Through implementing the classification method, we expect that the great eye tracking method will be designed which will perform well both navigation and selection interactions. **Background:** Currently, eye tracking is widely used in order to increase immersion and interest of user by supporting natural user interface. Even though conventional eye tracking system is well focused on navigation interaction by tracking pupil movement, there is no breakthrough selection interaction method. **Method:** To determine classification threshold between intentional and natural blinks, we performed experiment by capturing eye images including intentional and natural blinks from 12 subjects. By analyzing successive eye images, two features such as eye closed duration and pupil size variation after eye open were collected. Then, the classification threshold was determined by performing SVM(Support Vector Machine) training. **Results:** Experimental results showed that the average detection accuracy of intentional blinks was 97.4% in wearable eye tracking system environments. Also, the detecting accuracy in non-wearable camera environment was 92.9% on the basis of the above used SVM classifier. **Conclusion:** By combining two features using SVM, we could implement the accurate selection interaction method in vision based eye tracking system. **Application:** The results of this research might help to improve efficiency and usability of vision based eye tracking method by supporting reliable selection interaction scheme.

Keywords: Intentional blink detection, Eye tracking, Pattern classification

1. Introduction

최근 인간-컴퓨터 인터페이스(HCI)의 한 분야로써, 인간의 감성적 상태 또는 의도를 판단하기 위해 뇌파(EEG)의 ERD / ERS(Event-Related(De) Synchronization), ERP (Event-Related Potential), SSVEP(Steady State Visual Evoked Potential), EOG(Electro-OculoGram) 및 EMG (ElectroMyoGraphy)와 같은 생체신호가 사용되고 있다. 하지만 이를 활용한 인터페이스는 센서 부착의 번거로움이 존재할 수 밖에 없으며, 조작에 있어서 불편함을 감수해야 한다는 한계점이 있다. 이러한 센서 부착에 대한 부담을 덜 수 있는 인터페이스 방법으로 카메라 비젼 기반 시선 추적 방법이 각광 받고 있다. 초창기에는 안경이나 헬멧 형태의 머리 고정 장치에 카메라를 부착하여 사용하는 착용형 시선 추적 시스템이 주로 사용되었지만, 최근에는 카메라의 성능 개선과 실시간 영상처리 기법이 발전되면서, 사용자의 얼굴에는 아무런 장치도 착용하지 않고도 사용이 가능한 비착

Corresponding Author: Eui Chul Lee. Division of Computer Science, Sangmyung University, Seoul, 100-743.
Phone: +82-2-781-7553, E-mail: eclee@smu.ac.kr
Copyright@2012 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.
ⓒ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. http://www.esk.or.kr

용형 시선 추적 시스템이 많이 사용되고 있다. 시선 추적 방법은 사용자의 시선 위치에 따라 네비게이션 인터렉션을 수행하기에는 매우 훌륭한 인터페이스 방법이지만, 선택 selection) 인터렉션을 수행하기 위한 마땅한 방법이 없는 실정이다. 한 곳을 일정시간 동안 응시했을 때 선택 인터렉션에 대한 이벤트를 발생시키는 dwell-time 방법의 경우 사용자에게 고도의 집중을 요하고, dwell-time 응시 도중 조금이라도 시선 위치가 다른 곳을 응시하는 경우 오거부(false rejection: 일정시간 이상 응시했음에도 불구하고 그렇지 않다고 판단)의 경우가 발생한다. 눈 깜박임을 이용한 선택 인터렉션 방법은 자연스러운 눈 깜박임과의 구분이 모호하여, 제대로 적용되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구는 눈 깜박임을 이용한 선택 인터렉션에 초점을 맞추어 진행된 연구이며, 기존의 눈 깜박임에 대한 연구는 다음과 같다.

눈 깜박임은 크게 세 가지로 분류된다. 기저 핵, 뇌간, 소뇌와 관련이 있는 의도적 깜박임과 외부 자극과는 무관하며 피로, 긴장, 각성, 집중도 등의 생리적 지표로 사용되는 자연스러운 깜박임, 마지막으로 대뇌의 영향을 받지 않으며 가장 단순한 반응을 보이는 반사적 깜박임이 있다(Kaneko and Sakamoto, 1999; Skotte *et al.*, 2007). 이 중 HCI에서 가장 많이 사용되는 것은 의도적 깜박임이며, 주로 선택(on/off)의 명령어에 사용되고 있다(Septanto *et al.*, 2009).

이렇게 의도적 깜박임만을 선택 인터렉션 방법으로 사용하기 위해서는 먼저 자연스러운 깜박임과 의도적 깜박임 추출 알고리즘과 이를 구분할 수 있는 특징들을 선정해야 한다. 기존 연구들에서는 EOG 신호의 진폭(Amplitude), 지속기간(Duration), 빈도수(Blink Frequency), 기울기(Slope) 등을 사용하여 의도적 깜빡임을 추출하였으며(Denney, D. and Denney, C., 1984; Chen and Newman, 2004), EMG 신호의 눈을 감고 떴을 때의 눈썹 움직임 속도(Velocity) 및 지속기간(Duration)을 사용하였다(Agostino *et al.*, 2008; Kaneko and Sakamoto, 1999). 의도적 눈 깜박임을 추출하기 위한 카메라 비젼 기반 시스템을 활용하면서, 의도적 눈 깜박임을 추출하기 위한 요소로서 지속시간(duration)을 사용하였다(Królak and Strumiłło, 2010). 그러나 이 연구에서는 의도적 깜박임을 지속시간이 200ms 이상으로 정의 하였으며, 200ms 이하의 눈 깜박임을 비의도적 깜박임이라고 가정하고 이를 포함하지 않았다. 또한 이 연구는 주변 조명 상태가 균일할 때 평균 95.35%의 검출 정확도를 보였으나, 조명이 고르지 못할 때에는 평균 77.38%의 정확도를 보였다. 이는 빛의 상태에 따라 영향을 받는 비젼 기반 시스템의 한계와 더불어, 200ms라는 기준치의 근거가 부족한 것의 한계로 분석될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 의도적 깜빡임과 자연스러운 깜빡임을 보다 정확하고 빠르게 구분하기 위하여 눈을 감고 있는 시간 및 눈을 감았다 뜬 직후의 동공 크기 변화율을 특징으로 사용하고자 한다.

2. Method

의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임을 구분하기 위해 Fiugre 1에서 보는 것과 같은 적외선 눈 영상 촬영 장비를 통해 눈 영상을 수집하였다. 12명의 피실험자에게 5분 동안 영상을 취득하면서, 실험 진행자는 5~10초 간격으로 의도적인 깜박임을 지시하였다. 자연스러운 깜박임에 대해서는 별도의 제약을 두지 않았으므로, 취득된 눈 영상에는 의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임이 모두 포함되도록 하였다.

저장된 눈 영상은 별도의 영상처리를 통해 눈을 뜬 상태와 감은 상태를 판단하였다. 판단하기 위한 영상처리 과정은 Fiugre 2에서 보는 것과 같다.

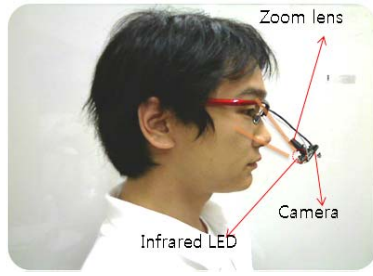


Figure 1. A wearable eye image capturing device (Lee and Park, 2009)

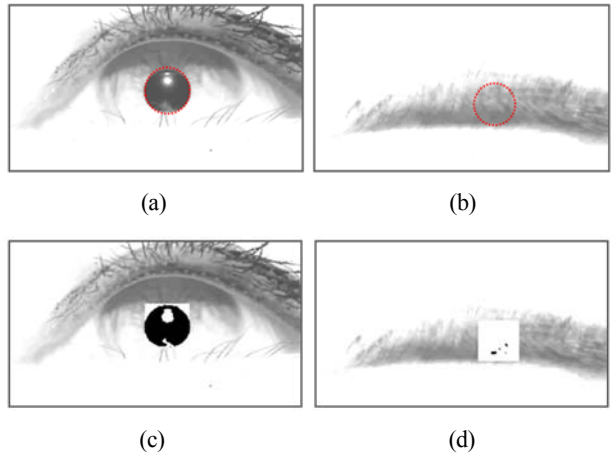


Figure 2. Eye state decision procedure. (a) and (b) are circular edge detection results in cases of open and close eyes. (c) and (d) are local thresholding results in cases of open and close eyes.

눈을 감았을 때는 동공 영역이 눈꺼풀에 가려져서 상대적으로 어두운 동공 영역이 영상에 포함되지 않기 때문에, 동공 영역의 포함 유무를 판단하는 것이 분석 방법의 핵심이다.

동공 영역은 거의 원에 가까운 형태이므로, 이를 검출하기 위해 원형검출 템플릿 정합 기법을 사용하였다. 원형검출 템플릿 정합 기법은 중심이 같고 지름이 다른 두 개의 원형 템플릿이 정합되는 위치의 화소 밝기값 평균들의 차이가 최대가 되는 지점을 원으로 결정하는 방법으로 수식 (1)과 같이 표현할 수 있다(Lee *et al.*, 2010).

$$\max \left| G_{\sigma}(r) * \frac{\delta}{\delta r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds \right| \quad (1)$$

$I(x, y)$는 (x, y) 위치에서의 밝기값을, (x_0, y_0)는 원의 중심을 의미하고, r은 반지름을 나타낸다. 식 (1)은 원의 중심인 (x_0, y_0)로부터 반지름 r을 가지는 원의 둘레에 있는 모든 밝기값을 더한다. 그리고 안쪽과 바깥쪽의 원 둘레의 밝기값의 차이가 가장 크게 나는 지점을 동공 영역으로 결정한다.

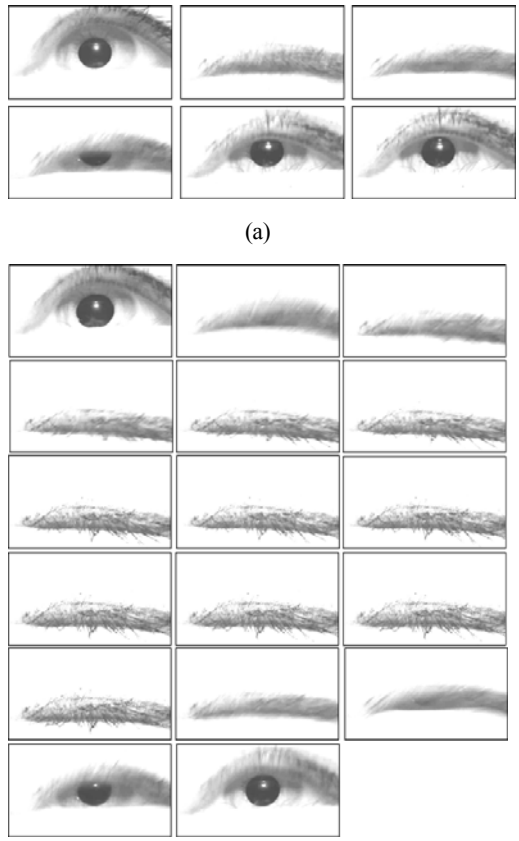
눈을 뜨고 있는 경우는 Figure 2의 (a)와 같이 동공의 위치가 잘 검출되고, 눈을 감고 있는 경우는 (b)와 같이 가장 원에 가깝다고 판단되는 위치를 결정하게 된다.

동공 영역 포함 여부를 판단하기 위해 원형 검출법을 통해 결정된 원의 중심 위치의 화소값을 임계치로 하여, 결정된 동공의 지름의 길이를 한 변으로 하는 정사각 영역에 대해 이진화를 수행한다. 이 때, 임계치보다 적은 밝기값을 가지는 화소라도 그 값이 80보다 큰 경우는 상대적으로 매우 어두운 동공 영역이 아닌 것으로 판단하여, 흑화소로 이진화되지 않는다. 이진화 결과 흑화소의 개수가 미리 정의된 결정 임계치(c: 본 연구에서는 경험적으로 결정된 1,000픽셀)보다 큰 경우는 눈을 뜬 것으로 판단하며, 그렇지 않은 경우는 눈을 감은 것으로 판단한다.

본 연구에서는 의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임을 구분하기 위해 눈을 감고 있는 시간(F1)과 눈을 뜬 직후 2초 동안 프레임당 동공 지름의 평균 변화율(F2)를 특징으로 사용한다.

F1은 위에서 언급한 결정 임계치(c)를 기반으로 결정된 눈의 감은 상태가 지속되는 영상의 프레임 수이다. 일반적으로 자연스러운 깜박임에서는 적게 나타나고 의도적인 깜박임에서는 크게 나타나지만 이를 구분할 수 있는 기준은 모호하다. Figure 3은 의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임시의 연속 영상의 예이다.

F2는 원형 검출법을 통해 결정된 동공 지름이 눈을 뜨고 난 후 2초 동안 프레임 변화 시 평균적으로 얼만큼 변하는지를 계산하여 얻게 된다. 일반적으로 장시간 동안 눈을 감았다가 떴을 때는 빛이 차단되었다가 동공이 빛을 받아들이는 명순응 과정이므로, 동공의 변화율이 더 크다는 가정에서 선택된 특징이다. Figure 4는 의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임 후의 연속 영상에서 동공 변화의 예이다.



(a) (b)

Figure 3. Examples of successive eye images in states of blinks. (a) A case of intensive blink. (b) A case of natural blink

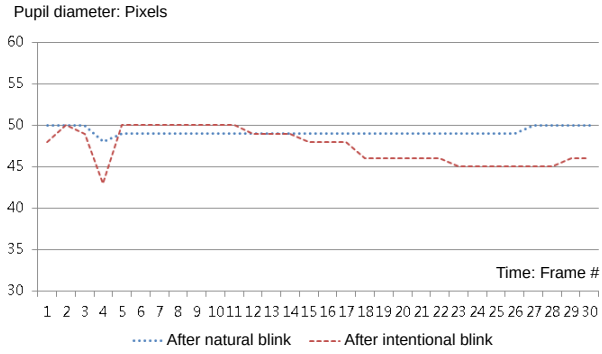


Figure 4. Examples of pupil size temporal variations

3. Results

12명의 피실험자로부터 취득된 영상으로부터 2장에서 설명한 방법을 통해 의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임의 경우에 대한 특징을 각각 360개씩 추출하였다.

의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임 시에 추출된 두 개의 특징들을 2차원 평면상에 표현하면 Figure 5와 같이 비교적 분류가 잘 되는 분포를 얻을 수 있다. 하지만 두 클래스의 인접부분에서 분포의 중첩이 발생하는 점을 고려하여, 클래스 간 인접 패턴을 통해 분류를 수행하는 SVM을 통해 분류기를 결정하였다(Suykens and Vandewalle, 1999). 본 연구에서는 분석을 위해 LIBSVM 툴을 사용하였다(Chang and Lin, 2011).

SVM을 통한 두 특징의 융합을 진행하기 전에 각각의 특징들에 대한 베이시안 결정 이론을 기반으로 한 최소오류는 F1에 대해서 10.85%, F2에 대해서는 22.37%로 비교적 높게 나타났다. 이것은 각 특징을 단독으로 사용했을 때, 의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임을 구분하는 것에 적지 않은 문제가 있음을 의미한다.

본 연구에서는 두 클래스 각각이 360개의 데이터를 가지고 있으므로, 각 클래스에서 180개씩의 데이터를 트레이닝을 위해 사용하여 나머지 180개씩의 데이터를 정확도 측정을 위한 목적으로 사용한다. 하지만 180개씩의 데이터 수가 훈련을 위해 부족하다는 점을 고려하여, 트레이닝과 테스트 군의 조합을 다르게 하는 과정을 통해 총 세 번의 트레이닝 및 테스트를 수행하여, SVM 트레이닝의 신뢰성을 높이는 방법을 사용하였다.

세 번의 트레이닝을 통해 나타난 테스트 정확도는 Table 1에서 보는 것과 같다.

Table 1. Classification results at results of three tests

Input blinks \ Classified into ~		Intentional	Natural
T1	Intentional	98.33%	1.67%
	Natural	2.22%	97.78%
T2	Intentional	98.89%	1.11%
	Natural	1.67%	98.33%
T3	Intentional	95.00%	5.00%
	Natural	0.56%	99.44%

Table 1에서 보는 것과 같이 세 번의 실험에서 의도적인 깜박임을 제대로 분류하는 정확도는 평균 97.41%로 나타났으며, 자연스러운 깜박임을 제대로 분류하는 정확도 또한 평균 98.52%로 매우 높게 나타났다.

의도적인 깜박임을 자연스러운 깜박임으로 잘못 분류하는 경우는 2.59%, 자연스러운 깜박임을 의도적인 깜박임으로 잘못 분류하는 경우는 1.48%로 나타났다. 오분류 경우 중 자연스러운 깜박임을 의도적인 것으로 잘못 분류하는 경우가 더 치명적일 수 있으므로, Figure 5에서와 같이 분류기가 이러한 오분류 경우를 발생하지 않도록 조절하는 것도 깜박임을 통한 인터렉션의 응용 분야에 따라 필요하다.

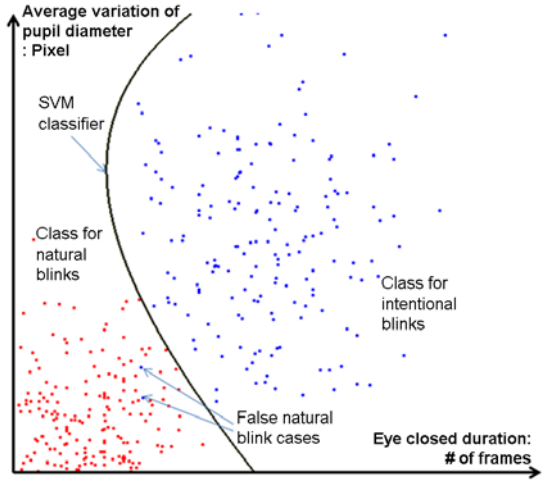


Figure 5. Example of SVM classifier modification for removing false acceptance error of natural blinks

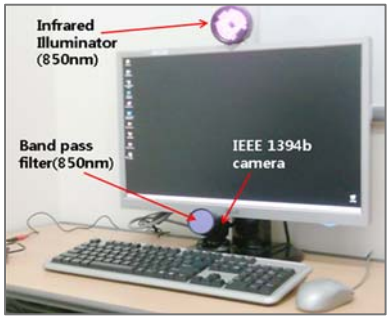
다음은 착용형 눈 영상 촬영 장치를 통해 추출된 특징들로부터 트레이닝된 분류기를 기반으로, 비착용형 눈 영상 촬영 시스템이서 추출된 특징이 얼마나 잘 분류되는지를 테스트해 보았다.

이를 위해 Figure 6에서 보는 것과 같은 500만화소의 적외선 카메라 시스템을 이용하여, 5명의 피실험자에게 3분 길이의 얼굴이 포함된 영상을 취득하였다. 위의 실험 과정과 마찬가지로, 3분간의 영상 촬영 중 5~10초 간격으로 실험 진행자가 의도적인 깜박임을 발생하도록 명령하였다.

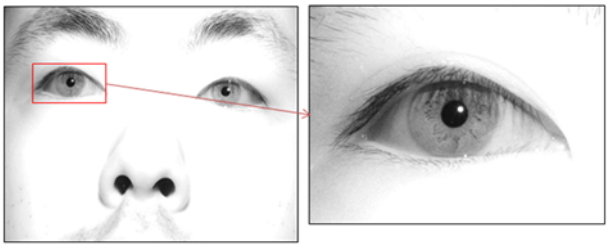
얼굴 영상에서 눈 영역을 검출하는 방법은 Adaboost (Adaptive Boosting) 기반의 본 연구팀의 사전 연구 방법을 사용하였으며(Kim *et al.*, 2011), 눈 영역에서 특징을 추출하는 방법은 2장에서 설명한 방법을 그대로 사용하였다. Table 1의 분석에서 사용된 트레이닝 데이터로부터 결정된 SVM 분류기를 이용하여 테스트를 수행하였으며, 의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임에 대한 특징은 각각 120개가 사용되었다. 분류 정확도를 측정한 결과는 Table 2와 같다.

실험 결과 비착용형 카메라 시스템을 통해 취득된 눈 영상

에서 추출된 깜박임 시의 특징 또한 착용형 시스템으로부터 얻어진 영상으로부터 추출된 특징들의 훈련에 의해 얻어진 분류기를 통해 비교적 잘 분류되는 것을 확인할 수 있었다.



(a)



(b)

Figure 6. Non wearable face capture camera and an example of captured image(Kim *et al*., 2011). (a) Remote camera device (5 mega pixel, IEEE 1394b interface). (b) Captured facial image its cropped eye region

Table 2. Classification accuracy at results of three tests using features obtained from non-wearable eye camera images

Input blinks \ Classified into ~		Intentional	Natural
T1	Intentional	94.24%	5.76%
	Natural	3.87%	96.13%
T2	Intentional	92.78%	7.22%
	Natural	4.69%	95.31%
T3	Intentional	91.67%	8.33%
	Natural	3.73%	96.27%

4. Discussion

안구의 움직임을 추적하여 수행하는 시선 추적 인터페이스 방법은 초기에는 사용자의 얼굴에 안경이나 헬멧과 같은 장치에 카메라를 부착하여 얼굴 움직임에 영향을 받지 않으면서 안정적인 눈 영상을 취득할 수 있는 방법이 사용되었으나, 최근 원거리에서도 고해상도 눈 영상을 획득할 수 있는 카메라 센서 기술의 발달에 따라 비착용형 시선 추적 방법이 각광을 받고 있다. 흔히, 제스처 인식이라고 하면 손동작에 초점을 맞춰 생각하지만, 눈 또한 사람 몸의 일부이므로 안구 운동 및 깜박임을 통한 사용자 의도 표현 방법에 대해 "눈 제스처(eye gesture)"라는 용어를 쓰기도 한다(Morency, 2007). 본 논문에서 제안한 의도적 깜박임의 분류 방법은 눈 제스처 인식 분야에서 선택(selection) 인터렉션을 정확하게 구분하여 수행하기 위한 방법으로 자연스러운 눈 깜박임과의 구분에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다.

이러한 의도적 깜박임 분류 방법은 네비게이션(navigation) 인터렉션이 주 목적인 시선 추적을 이용하는 모든 응용 분야에서 높은 정확도를 가지는 선택 인터렉션 방법으로 적용될 수 있다. 예를 들어 3차원 1인칭 슈팅게임에서 시선 추적을 적용한다면, 게임 케릭터의 이동이나 시점 변환은 안구의 움직임으로 조작하고, 목표물에 대한 사격을 위해서는 의도적인 눈 깜박임이 사용될 수 있다. 자연스러운 눈 깜박임과 구분하기 때문에, 자연스러운 눈 깜박임은 게임 사용자의 시각 피로도나 감성 상태를 측정하기 위한 목적으로도 별도로 활용이 가능하다.

본 논문은 눈 깜박임에 대한 의도성을 판단하였지만, 다른 제스처 인터렉션에서도 유사한 방식으로 적용이 가능하다. 예를 들어 손동작을 이용한 제스처 인터렉션에서는 선택 인터렉션을 위해 손을 움켜쥐는 grabbing 동작을 사용할 수 있다. 하지만 grabbing 동작과 유사하게 특징이 나타나는 일부 자연스러운 손동작과의 구분이 정확해야만 잘못된 선택 인터렉션이 발생하지 않게 된다. 구분을 위해서는 본 논문에서 사용한 눈 깜박임 분류와 마찬가지로 grabbing 동작 유지시간이나 grabbing 중의 손의 모양 또는 크기 등이 특징으로 사용될 수 있으며, 이들 특징의 데이터 융합 기법을 통해 분류 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

5. Conclusion

본 논문에서는 적외선 카메라 비전 기반의 시선 추적 시스템에서 의도적인 깜박임을 통해 선택(selection) 인터렉션을 정확하게 수행하기 위한 새로운 방법을 제안하였다. 의도적인 깜박임과 자연스러운 깜박임의 판단을 위해 눈을 감고 있는 시간과 눈을 떴을 때의 동공 변화율을 특징으로 사용하였다. 착용형 눈 촬영 카메라 시스템을 통해 취득된 눈 영상으

로부터 추출된 특징을 SVM 방법을 통해 분류한 결과 평균 97.4%의 분류 정확도를 얻을 수 있었고, 해당 분류기를 이용하여 비착용형 눈 촬영 카메라 시스템을 통해 취득된 눈 영상으로부터 추출된 특징의 분류율은 92.9%로 나타났다. 이를 통해 제안하는 방법은 착용형 시선 추적 시스템뿐만 아니라 비착용형 시스템에서도 선택(selection) 인터렉션의 목적으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

추후 연구에서는 EOG 센서를 통해 취득된 신호에서 새로운 특징을 추출하여, 영상 기반 특징과의 융합을 통해 의도적인 깜박임에 대한 분류 정확도를 향상시키기 위한 시도를 할 것이며, 시선 추적을 이용한 슈팅 게임에 본 시스템을 직접 적용해 본 후 사용성 평가를 수행할 계획이다. 또한 본 연구에서 사용된 특징 융합 기법을 기반으로 다른 제스처 인터렉션 분야에서의 사용자 의도성 유무 여부를 판단하기 위한 연구를 진행할 계획이다.

Acknowledgements

This research was supported by the Public welfare & Safety research program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(2012-0006554). Also, this work was supported by the Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity (KOFAC) grant funded by the Korean Government(MEST).

References

Agostino, R., Bologna, M., Dinapoli, L., Gregori, B., Fabbrini, G., Accornero, N. and Berardelli, A., "Voluntary, spontaneous, and reflex blinking in parkinson's disease", *Movement Disorders*, 23(5), 669-675, 2008.

Al-Haddad, A., Sudirman, R. and Omar, C., "Gaze at desired destination, and wheelchair will navigate towards it. new technique to guide wheelchair motion based on EOG signals", *Informatics and Computational Intelligence(ICI) First International Conference on*, 126-131, 2011.

Berman, B. D., Horovitz, S. G., Morel, B. and Hallett, M., "Neural correlates of blink suppression and the buildup of a natural bodily urge", *NeuroImage*, 59(2), 1441-1450, 2011.

Chen, Y. and Newman, W. S., "A human-robot interface based on electrooculography", *Robotics and Automation(ICRA'04) IEEE International Conference on*, 243-248, 2004.

Chang, Chih-Chung and Lin, Chih-Jen., LIBSVM: a library for support vector machines. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, 2(3), 27: 1-27: 27, 2011.

Deng, L. Y., Hsu, C. L., Lin, T. C., Tuan, J. S. and Chang, S. M., "EOG-based Human-Computer interface system development", *Expert Systems with Applications*, 37(4), 3337-3343, 2010.

Denney, D. and Denney, C., "The eye blink electro-oculogram", *British Journal of Ophthalmology*, 68(4), 225-228, 1984.

Kaneko, K. and Sakamoto, K., "Evaluation of three types of blinks with the use of electro-oculogram and electromyogram", *Perceptual and Motor Skills*, 88(3), 1037-1052, 1999.

Kim, J., Lee, E. C. and Lim, J. S., A new objective visual fatigue measurement system by using a remote infrared camera, *Computer Science and Software Engineering(JCSSE 2011) International Joint Conference on*, 182-186, 2011.

Królak, A. and Strumiłło, P., "Eye-blink detection system for human-computer interaction", *Universal Access in the Information Society*, 1-11, 2010.

Lee, E. C. and Park, K. R., Measuring Eyestrain from LCD TV According to Adjustment Factors of Image, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 55(3), 1447-1452, 2009.

Lee, E. C., Heo, H. and Park, K. R., The Comparative Measurements of Eyestrain Caused by 2D and 3D Displays, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 53(6), 1677-1683, 2010.

Morency, L. P., Latent-Dynamic Discriminative Models for Continuous Gesture Recognition, *Computer Vision and Pattern Recognition International Conference on*, 1-8, 2007.

Pander, T., Przybyla, T. and Czabanski, R., "An application of detection function for the eye blinking detection", *Human System Interactions Conference on*, 287-291, 2008.

Pearce, J., "Observations on the blink reflex", *European Neurology*, 59 (3-4), 221-223, 2008.

Septanto, H., Prihatmanto, A. S. and Indrayanto, A., "A computer cursor controlled by eye movements and voluntary eye winks using a single channel EOG", *Electrical Engineering and Informatics(ICEEI'09) International Conference on*, 117-120, 2009.

Skotte, J., Nøjgaard, J. K., Jørgensen, L., Christensen, K. and Sjøgaard, G., "Eye blink frequency during different computer tasks quantified by electrooculography", *European Journal of Applied Physiology*, 99(2), 113-119, 2007.

Suykens, J. A. K. and Vandewalle, J., Least Squares Support Vector Machine Classifiers, *Neural Processing Letters*, 9(3), 293-300, 1999.

Usakli, A., Gurkan, S., Aloise, F., Vecchiato, G. and Babiloni, F., "A hybrid platform based on EOG and EEG signals to restore communication for patients afflicted with progressive motor neuron diseases", *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2009) Annual International Conference of the IEEE*, 543-546, 2009.

Yoon, H. W., Chung, J. Y., Song, M. S. and Park, H. W., "Neural correlates of eye blinking; improved by simultaneous fMRI and EOG measurement", *Neuroscience Letters*, 381(1), 26-30, 2005.

Author listings

Song Yi Kim: songyi828@naver.com

Highest degree: BS, Digital Media Technology, Sangmyung University
Position title: MS candidate, Department of Emotion Engineering, Sangmyung University
Areas of interest: Human Computer Interaction, Emotion Engineering

Sue Jin Noh: noissa@naver.com

Highest degree: BS, Digital Media Technology, Sangmyung University
Position title: MS candidate, Department of Emotion Engineering, Sangmyung University
Areas of interest: Human Computer Interaction, Emotion Engineering

Jinman Kim: hansumo81@gmail.com

Highest degree: MS, Computer Science, Sangmyung University
Position title: Ph.D candidate, Department of Computer Science, Sangmyung University
Areas of interest: Social Signals, Data Mining, Data Visualization

Min Cheol Whang: whang@smu.ac.kr

Highest degree: Ph.D, Biomedical Engineering, Georgia Institute of Technology
Position title: Professor, Division of Digital Media Technology, Sangmyung University
Areas of interest: Human Computer Interaction, Human Factors, Bioengineering, Emotion Engineering

Eui Chul Lee: eclee@smu.ac.kr

Highest degree: Ph.D, Computer Science, Sangmyung University
Position title: Assistant Professor, Division of Computer Science, Sangmyung University
Areas of interest: Digital Image Processing, Computer Vision, Pattern Recognition, Data Mining

Date Received : 2012-07-23

Date Revised : 2012-07-29

Date Accepted : 2012-07-29