Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 30, No. 1 pp.229-235, February 2011 DOI:10.5143/JESK.2011.30.1.229

장애인을 위한 새로운 감성 인터페이스 연구

허 환[1] · 이지우[1] · 이원오[1] · 이의철[2] · 박강령[3]

[1]동국대학교 전자전기공학과 / [2]국가수리과학연구소 융복합수리과학연구부 /
[3]동국대학교 전자전기공학부

A New Ergonomic Interface System for the Disabled Person

Hwan Heo[1], Ji Woo Lee[1], Won Oh Lee[1], Eui Chul Lee[2], Kang Ryoung Park[3]

[1]Department of Electronics and Electrical Engineering, Dongguk University, Seoul, 100-715
[2]Division of Fusion and Convergence of Mathematical Sciences, National Institute for Mathematical Sciences, Daejeon, 305-390
[3]Division of Electronics and Electrical Engineering, Dongguk University, Seoul, 100-715

ABSTRACT

Objective: Making a new ergonomic interface system based on camera vision system, which helps the handicapped in home environment. **Background:** Enabling the handicapped to manipulate the consumer electronics by the proposed interface system. **Method:** A wearable device for capturing the eye image using a near-infrared(NIR) camera and illuminators is proposed for tracking eye gaze position(Heo et al., 2011). A frontal viewing camera is attached to the wearable device, which can recognize the consumer electronics to be controlled(Heo et al., 2011). And the amount of user's eye fatigue can be measured based on eye blink rate, and in case that the user's fatigue exceeds in the predetermined level, the proposed system can automatically change the mode of gaze based interface into that of manual selection. **Results:** The experimental results showed that the gaze estimation error of the proposed method was 1.98 degrees with the successful recognition of the object by the frontal viewing camera(Heo et al., 2011). **Conclusion:** We made a new ergonomic interface system based on gaze tracking and object recognition **Application:** The proposed system can be used for helping the handicapped in home environment

Keywords: Ergonomic Interface, The Handicapped, Eye Fatigue

1. Introduction

컴퓨터 비전 분야에 있어서 물체를 인식하는 방법들은 많은 연구를 거듭하며 발전해 오고 있으며(Belongie et al., 2002; Duygulu et al., 2006; Mutch and Lowe, 2006), 이러한 결과들은 감성 인터페이스 분야에 많이 활용되고 있다. 본 연구에서는 손과 발이 움직이기 불편한 중증 장애인들의 편의를 위해, 전방 카메라와 눈 카메라를 이용하여 사용자 시선을 통해 선택된 물체를 인식하고, 눈 깜박임 기반 피로도를 파악하는 감성 인터페이스 시스템을 제안한다. 일반적으로 레이저 조명 기반의 리모컨은 장애인들도 손쉽게 사용할 수 있는 인터페이스이다. 그러나 손을 움직이지 못하는 장애인들의 경우 이런 리모컨 기반의 장치를 사용하기란 어

교신저자: 박강령
주 소: 100-715 서울시 중구 필동 3가 26, 전화: 02-2260-3329, E-mail: parkgr@dgu.edu
Copyright@2011 by Ergonomics Society of Korea(pISSN:1229-1684 eISSN:2093-8462). All right reserved.

려운 일이며, 다양한 가전제품을 제어하려다 보면 리모컨의 메뉴와 레이아웃이 복잡해 짐으로써 혼란을 야기시킬 수 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해, 본 연구에서는 중증 장애인들을 위해 새로운 감성 인터페이스 장치와 방법을 제안한다.

기존의 시선 추적 방법들은 구현 방법에 따라 4가지로 분류될 수 있다. 피부전극(skin electrode)을 이용한 방법(Ando et al., 1983), 콘택트 렌즈를 이용한 방법(Cheng and Vertegaal, 2004), 원격 카메라 기반 방법(Shih and Liu, 2004), 머리 착용형(head mounted) 구현 방법(Yoo and Chung, 2004)이 그것들이다(Heo et al., 2011).

본 연구에서는 인식하려는 물체가 모니터 화면의 오브젝트가 아닌 실제 환경 속에 물체이고 그 물체를 바라볼 때 머리 움직임이 빈번하게 일어나기 때문에 사용자의 얼굴 움직임이 비교적 자유로운 머리 착용형 구현 방법을 사용하였다. 사용자가 쳐다보는 전방의 물체를 제어하기 위해서는 전술한 바와 같은 시선 추적 뿐 아니라, 사용자가 현재 쳐다보고 있는 물체가 무엇인지 인식할 수 있는 기술 역시 필요하다.

Scale invariant feature transform(SIFT) 방법이나 speeded up robust feature(SURF) 방법을 사용한 특정 물체 인식에 대한 기존 연구들이 보고되었다(Bay et al., 2006; Heo et al., 2011; Lowe, 1999, 2004). SIFT 알고리즘은 템플릿 매칭 수행 시 특징점의 회전, 확대, 축소 및 약간의 변형에도 강건하게 일치시켜주는 장점이 있는 반면, 그 처리속도가 매우 오래 걸려 실시간으로는 구현하기가 쉽지 않다는 단점을 가지고 있다(Heo et al., 2011; Lowe, 1999, 2004;). 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안된 SURF 알고리즘은 입력 영상에 대해 적분 영상(integral image)을 사용하여 처리속도가 느린 문제를 극복하였다. 또한, 근사화된 박스 필터를 사용하여 시간 복잡도를 감소시켰다. 게다가, SURF 알고리즘도 마찬가지로 조명 변화와 시점 변화에 강인한 결과를 보여준다(Bay et al., 2006). 이러한 장점들 때문에, 본 연구에서는 개인용 컴퓨터에서 시선 추적과 함께 물체 인식이 실시간으로 동작하기 위해 SURF 알고리즘을 사용하였다(Heo et al., 2011). 기존 연구에서도 사용자의 시선 위치를 기반으로 물체를 인식하는 방법이 연구되었다(Shi et al., 2007). 물체 인식을 위해 SIFT 알고리즘을 사용했으며 30초 이상의 사용자 캘리브레이션이 선행되었다. 이 연구에서 사용자 캘리브레이션시 시간이 오래 걸리는 문제점을 해결하기 위하여, 기존 연구(Heo et al., 2011)에서는 SIFT의 성능을 향상시킨 SURF 알고리즘을 사용하였으며 사용자가 전방 영상 영역의 4개의 꼭지점을 차례로 바라보는 간단한 사용자 캘리브레이션 과정을 거친다. 하지만, 이 연구에서는 시선 추적을 오래 사용 시 발생하는 사용자의 눈 피로도와 같은 감성적 요소를 고려하지 않았다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 사용자의 시선 위치 및 눈 피로도를 같이 고려한 감성 인터페이스 시스템을 제안한다.

2. Proposed Ergonomic Interface System

본 연구에서 제안한 시스템의 흐름도는 Figure 1과 같다. 특정 물체 인식 시스템을 실행 후(Figure 1(a) 단계), 전방 카메라에서 정의된 사용자 시야의 4개의 꼭지점을 차례로 바라보는 사용자 캘리브레이션을 실행한다(Figure 1(b) 단계)(Heo et al., 2011). 이 단계에서는 전방 영상 영역과 동공 움직임 영역 사이의 기하학적 변형 관계(geometric transform relationship)를 추정한다. 이 부분의 자세한 설명은 2.1.2절에 명시돼있다. 그 다음은 전방 영상의 특징을 추출하고 미리 저장돼있는 데이터베이스와 매칭하는 단계이다(Figure 1(c) 단계)(Heo et al., 2011). 이 부분은 2.2절에 자세히 명시돼있다. 이 단계 이후, 사용자 시선 기반의 특정 물체 인식이 실행된다(Heo et al., 2011). 시선 추적-물체 인식이 반복되는 과정 중에도, 사용자의 눈 깜박임 정보를 기반으로 사용자의 피로도를 지속적으로 파악하여, 피로도가 일정 레벨 이상 증가되는 경우, 손으로 메뉴를 선택할 수 있는 모드로 전환시킨다.

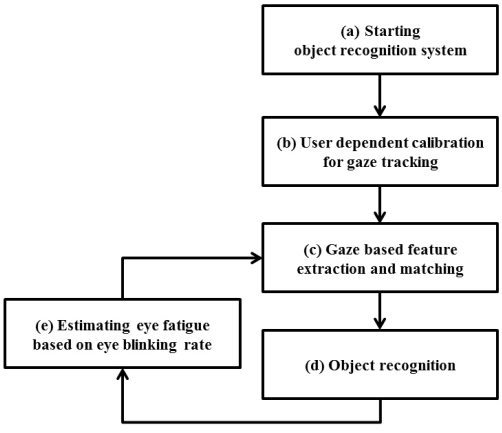


Figure 1. A flow chart of the proposed ergonomic interface system

2.1 Gaze estimation

본 연구에서 제안하는 시선 추적 모듈은 크게 세 가지의 장치로 구성된다. 작은 크기의 USB 카메라(640×480 픽

셀, 30프레임/초), 적외선 조명(조사각: 23도, 파장대: 850 nm), 그리고 줌 렌즈(배율: 2.34배)가 그것이다. 제안하는 시선 추적 모듈은 Figure 2와 같은 구조를 가진다(Heo et al., 2011). 안경 타입의 착용형 장치에서 왼쪽 눈 상단에 전방 카메라를 부착하였다. 이는 시선 위치를 나타내기 위한 전방 영상을 캡쳐하기 위해 사용된다. 그리고 눈 영역의 근적외선 영상을 캡쳐하기 위해 눈 카메라를 부착하였으며, 기존의 카메라 렌즈 대신에 줌 렌즈를 장착하였다.

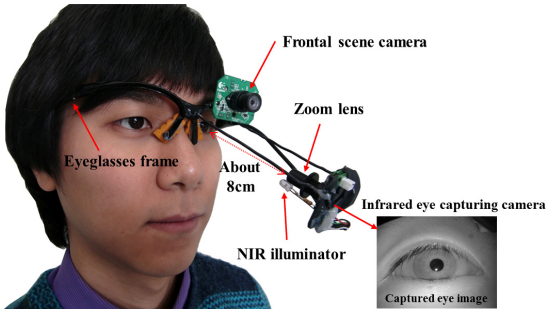


Figure 2. The proposed ergonomic interface device (Heo et al., 2011)

사용자의 눈과 눈 카메라 사이의 거리가 가깝다면 사용자의 시야를 방해할 수 있으므로 거리를 늘리고 줌 렌즈를 장착함으로써 사용자의 시야를 최대한 방해하지 않으면서 눈의 근적외선 영상을 취득할 수 있었다. 또한, 눈 영상을 취득할 때 뚜렷한 동공의 경계를 가지고, 외부광의 영향을 받지 않는 일정한 밝기의 영상을 얻기 위해, 일반적으로 카메라 내부에 존재하는 적외선 차단필터를 제거하고, 이 자리에 적외선 투과필터를 삽입하였다. 일정한 밝기의 영상은 제안하는 알고리즘에서 지역적 이진화를 수행 시, 안정적인 이진화 임계치를 정해줄 수 있다는 측면에서 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 Figure 2와 같이 근적외선 LED를 카메라의 측면에 눈을 향하도록 부착하였다. 사용자의 눈이 부시지 않도록 하기 위해 850nm 파장대의 근적외선 LED를 사용하였다(Heo et al., 2011; Lee et al., 2003). 시선 추적 알고리즘의 흐름도는 Figure 3과 같다(Heo et al., 2011). 취득한 눈 영상에서 동공의 중심을 찾기 위해 원형 검출 알고리즘(circular edge detection), 지역 이진화(local binarization), 컴포넌트 라벨링(component labeling), 영역 채움(region filling)과 볼록 집합(convex hull) 방법을 수행하였다(Daugman, 1993; Gonzalez, 2003; Heo et al., 2011).

전방 영상 영역과 동공 이동 영역과의 관계 설정을 위해 전방 영상에서 정의된 4개의 꼭지점을 차례로 바라보는 사용자 캘리브레이션 과정을 거친다. 마지막으로, 기하학적 변형 방법을 기반으로 시선 위치가 계산된다(Heo et al., 2011).

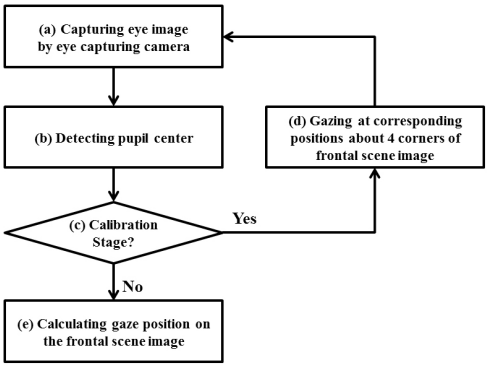


Figure 3. An overall flow chart of the gaze tracking algorithms (Heo et al., 2011)

본 연구에서는 캡쳐된 눈 영상에서 정확한 동공 중심을 찾기 위해 원형 검출 알고리즘과 지역 이진화 방법을 사용하였다(Heo et al., 2011). 1차적으로 원형 검출 알고리즘을 통해 초기 동공 영역을 검출한다. 원형 검출 알고리즘은 반지름의 차이가 작은 두 개의 원이 반지름의 크기를 변화시켜 가면서 영상 전체를 탐색하여, 두 개의 원에 해당하는 픽셀 값들의 차이가 가장 큰 부분을 원으로 판단하고 추출하는 방법이다. 그러나, 원형 검출 알고리즘은 정확한 동공의 중심을 찾지 못한다.

사용자의 동공은 지속적으로 움직이고, 동공이 영상의 외각에 위치할수록, 동공은 타원 모양으로 완벽한 원이 아니기 때문이다(Daugman, 2004; Heo et al., 2011). 이 문제를 해결하기 위해, 원형 검출 알고리즘을 통해 대략적인 동공 영역을 검출한 뒤, 이 위치를 중심으로 일정 크기의 지역 이진화 영역을 정의하였다. 본 연구에서는 지역 이진화 영역의 크기를 카메라 렌즈의 확대 배율과 최대 동공 지름이 8mm인 점을 고려하여 140×140 pixel로 설정하였다. 이 영역에 대해 지역적 이진화를 수행한 뒤 동공에 반사된 반사광이나 눈썹 등의 노이즈를 제거하기 위해 컴포넌트 라벨링, 영역 채움과 볼록 집합 방법을 수행한 후 흑화소의 무게 중심을 구하여 동공의 정확한 중심을 구할 수 있었다(Heo et al., 2011; Lee et al., 2010). 시선 위치를 계산하기 위해서 전방 영상에서 정의된 4개의 꼭지점(왼쪽 위, 오른쪽 위, 오른쪽 아래, 왼쪽 아래)을 차례로 바라보는 사용자 캘리브레이션 단계를 수행하게 된다(Heo et al., 2011). 사용자는 모니터가 아닌 실제 세계를 응시하기 때문에, 모니터 화면의 전방 영상 영역과 실제 세계 영역의 차이가 최소화돼야 된다. 그러므로, 실제 세계의 영역과 일치하는 모니터의 전방 영상 영역을 수동적으로 설정하였다.

사용자 캘리브레이션을 수행 후 얻어진 4개의 동공 중심

좌표는 모니터 속 전방 영상 영역의 4개의 꼭지점으로 사상(mapping)되게 되며 기하학적 변형 방법을 사용하여 사용자의 시선 위치를 계산하였다(Heo et al., 2011; Lee et al., 2003). 기하학적 변형 방법은 Equation 1과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{xc} \\ P_{yc} \\ P_{xc}P_{yc} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{xc} \\ M_{yc} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

사용자 캘리브레이션을 수행 후 8개의 미지의 변수(a ~ h) 취득하였으며, 동공 움직임 영역 중 하나의 중심인(P_{xc}, P_{yc})는 Equation 1을 기반으로 모니터 속 전방 영상의 시선 위치인(M_{xc}, M_{yc})를 계산하였다(Heo et al., 2011).

2.2 Recognition of home appliance by frontal viewing camera

본 연구에서는 물체의 빠른 특징 추출을 위해 영상의 회전, 크기 변화, 물체의 일부를 가리는 등의 변형에 강인한 SURF 알고리즘을 사용했다(Bay et al., 2006; Heo et al., 2011; OpenCV). SURF 알고리즘은 이전 연구보다 반복 정밀도, 특수성과 강건함에 대해 더 나은 결과와 빠른 동작 속도를 보여주며 탐색, 표현과 매칭 단계로 이루어져 있다 (Bay et al., 2006; Heo et al., 2011).

2.3 Eye fatigue measurement

카메라를 통해 눈 영상을 취득할 때, 사용자의 단위 시간당 눈 깜박임 횟수는 감지될 수 있다. 눈 깜빡임을 감지하는 방법은 눈을 감았을 때에 동공이 가려지게 되므로, 동공 추출 알고리즘을 수행해도 동공의 위치를 추출할 수 없게 된다는 원리를 이용하였다(Lee et al., 2010). 이를 근거로 Figure 4와 같이 추출된 동공의 흑화소의 개수가 동공의 최소 크기보다 작을 때에는, 눈을 감은 상태라고 판단하였으며, 눈 깜빡임이 빨라질수록 눈 피로도가 증가한다는 사실을 기반으로 사용자의 눈 피로도를 측정할 수 있다 (Lee et al., 2010).

이를 입증하기 위하여 기존 연구에서는, 2D 및 3D 디스플레이를 시청할 때 눈 피로도를 측정하였다(Lee et al., 2010). 그 결과 짧은 시청 거리에서 3D 디스플레이를 볼 때의 눈 피로도가 2D 디스플레이의 경우보다 크게 나타났다. 눈 피로도에 대해 눈 깜빡임을 이용한 정량적인 결과와 설문조사를 이용한 주관적인 평가 사이의 높은 연관성은 눈

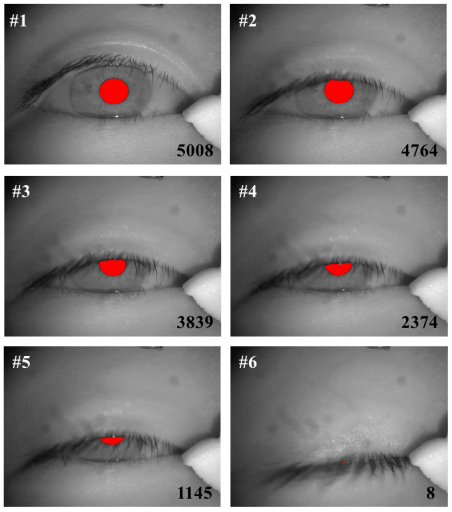


Figure 4. Measuring eye blink in six successive images. The red pixel means the detected pupil area. The black colored number in each image represents the number of black pixels calculated

깜빡임을 이용한 눈 피로도 측정이 신뢰할 수 있는 측정임을 보여주었다(Lee et al., 2010). 본 연구에서는 이러한 결과를 활용하여, 사용자의 시선 위치 추적을 이용하여 특정 물체를 선택하는 중간에 눈 깜박임 기반 사용자의 눈 피로도를 지속적으로 측정함으로써, 사용자의 피로도가 일정 레벨 이상 증가하는 경우, 물체 선택을 터치 방식으로 전환하는 등의 사용자 모드 변경 기능을 제공할 수 있는 감성 인터페이스 시스템을 개발할 수 있다.

3. Experimental Results

본 연구는 아래와 같은 환경에서 실험을 진행하였다(Heo et al., 2011). 알고리즘을 구동할 컴퓨터에서는 Intel Core2 Quad 2.83-GHz CPU, 4GB RAM과 Geforce 9800 GT 512MB RAM 비디오 카드를 사용하였다. 물체 인식 프로그램은 Microsoft Visual Studio 2008, DirectX 9.0c SDK의 DirectShow를 사용하여 구현하였다. 모니터는 1680×1050 해상도의 21인치 LCD 모니터를 사용하였다. 특징 추출을 위한 전방 영상 카메라의 해상도는 640×480 픽셀이며, 물체 인식을 위한 물체와 전방 카메라 사이의 Z 거리는 약 30~70cm이다. 본 연구에서는 총 10명의 실험자들을 대상으로 실험하였다(Heo et al., 2011). 제안한 시스템을 사용하여 특정 물체를 인식하는 예를 Figure 5에서 보여주고 있다. 본 시선 추적 시스템의 정확도를 측정하기 위해 모니터 속 전방 영상 영역의 9개 기준점을 10명의 실험자가

10번씩 응시하도록 하고, 이때 계산된 시선 위치와 실제 응시해야 할 위치 사이의 최소 자승 에러(RMS error)를 측정하였다. 실험 결과 약 1.98°의 시선 위치 추출 에러 성능을 나타냈다(Heo et al., 2011).

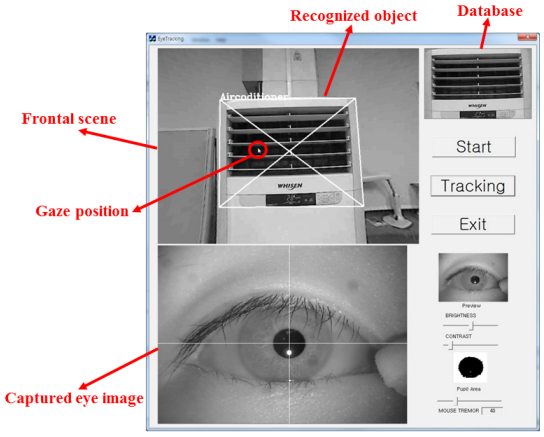
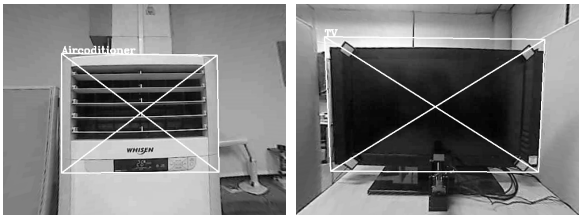


Figure 5. User interface software of the proposed system (Heo et al., 2011)

그 다음으로 SURF 알고리즘을 사용하여 물체 인식 시스템의 성능을 테스트하였다. 첫 번째 실험으로, 에어컨과 텔레비전의 특징 추출에 대해 테스트 하였다(Heo et al., 2011). Figure 6(a)은 SURF 알고리즘의 매칭 결과로, 에어컨과 텔레비전의 모양을 정확하게 검출하는 것을 보여준다. 그러나 Figure 6(b)의 경우, SURF 알고리즘은 에어컨과 텔레비전을 인식하지 못하는 것을 보여준다.



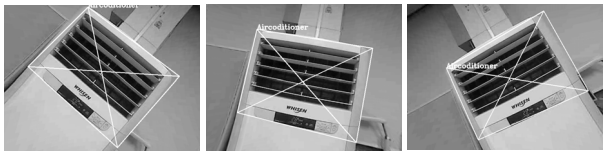
(a)

(b)

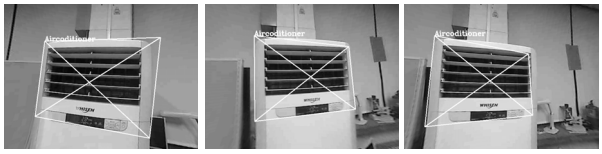
Figure 6. Results of object recognition (a) successfully recognized air conditioner (turned on) and television (turned off), (b) failed case of recognition of air conditioner (turned off) and television (turned on) (Heo et al., 2011)

그 이유는 데이터베이스에 에어컨이 켜진 상태와 텔레비전이 꺼진 상태의 2개 템플릿만이 저장돼있기 때문이다. 에어컨이 꺼져 환풍구가 닫힘으로써 저장 템플릿 대비, 포함하고 있는 특징들이 많이 변하게 되며 텔레비전을 켬으로써 화면 영역의 새로운 특징들이 많이 생성되어 데이터베이스와 매칭이 실패하는 모습을 보여준다(Heo et al., 2011).

두 번째 실험으로, 전방 영상에 회전과 시점 변화를 주었다(Heo et al., 2011). Figure 7는 회전과 시점 변화 같은 이미지 변형의 경우에도 성공적인 매칭 결과를 보여준다.



(a)



(b)

Figure 7. Results of object recogntion in case of image rotation and view change(Heo et al., 2011)

마지막 실험으로, 제안하는 장치를 착용한 사용자의 시간에 따른 눈 피로도 변화를, 눈 깜박임 빈도로 측정하였다.

하기 Figure 8에 나와 있는 것처럼, 시간에 따라 사용자의 눈 깜박임 빈도가 증가함을 알 수 있으며, 이를 기반으로 본 시스템의 사용 피로도가 시간에 따라 증가하는 것으로 판단

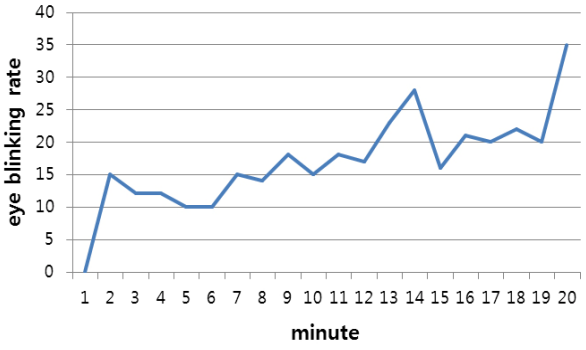


Figure 8. The change of eye blink rate according to the increase of time

되었다. 본 시스템에서는 Figure 8에서와 같이 초기 사용 후 6분 정도 시간이 흐른 후, 물체 선택을 시선 추적 방식이 아니라, 터치 방식으로 자동 전환하는 모드 변경 기능을 제공함으로써, 사용자의 피로도를 줄일 수 있는 보다 편리한 감성 인터페이스 시스템을 개발하고자 한다.

4. Conclusion

본 논문에서는 시선 위치 추적에 의해 선택된 물체(가전제품)를 SURF 알고리즘을 사용하여 물체 인식하는 방법을 제안한다. 또한, 사용자의 시선 위치 추적을 이용하여 특정 물체를 선택하는 중간에 눈 깜박임 기반 사용자의 눈 피로도를 지속적으로 측정함으로써, 사용자의 피로도가 일정 레벨 이상 증가하는 경우, 물체 선택을 터치 방식으로 전환하는 등의 사용자 모드 변경 기능을 제공할 수 있는 감성 인터페이스 시스템을 개발하고자 한다. 제안하는 시스템은 주로 손과 발을 움직이기 어려워 가전제품을 제어하기 힘든 장애인들을 돕기 위해 사용된다. 향후 동공의 확대 축소 속도 등을 함께 측정하여, 사용자의 보다 다양한 감성(지루함, 화남, 놀람 등)을 반영한 장애인용 인터페이스 시스템을 개발하고자 한다.

Acknowledgment

This research was supported by the Happy tech. program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(No. 2010-0020807).

References

Ando, K., Johanson, C. E., Levy, D. L., Yasillo, N. J., Holzman, P. S. and Schuster, C. R., Effects of phencyclidine, secobarbital and diazepam on eye tracking in rhesus monkeys, *Psychopharmacology*, 8(4), 295-300, 1983.

Bay, H., Tuytelaars, T. and Gool, L. V., SURF: speeded up robust features, *Lecture Notes in Computer Science*, 3951, 404-417, 2006.

Belongie, S., Malik, J. and Puzicha, J., Shape matching and object recognition using shape contexts, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(4), 509-522, 2002.

Cheng, D. and Vertegaal, R., "An Eye for an Eye: A Performance Evaluation Comparison of the LC Technologies and Tobii Eye Trackers", *Proceedings of Symp. Eye Tracking Research & Application*, (pp. 61-61), San Antonio. TX. 2004.

Daugman, J. G., High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 15(11), 1148-1161, 1993.

Daugman, J. G., How iris recognition works, *IEEE Trans. Circuits and Systems Society*, 14(1), 21-30, 2004.

Duygulu, P., Barnard, K., de Freitas, J. F. G. and Forsyth, D. A., Object recognition as machine translation: learning a lexicon for a fixed image translation, *Lecture Notes in Computer Sciences*, 2353, 349-354, 2006.

Gonzalez, R. C. and Wood R. E., *Digital Image Processing*, 2rd ed., Prentice Hall, 2003.

Heo, H., Lee, W. O., Lee, J. W., Park, K. R., Lee, E. C. and Whang, M. C., "Object recognition and selection method by gaze tracking and SURF algorithm", *Proceedings of International Conference on Multimedia and Signal Processing(CMSP'11)*, Guilin. China. 2011.

Lee, J. J., Park, K. R. and Kim, J., "Gaze Detection System under HMD Environments for User Interface", *Proceedings of the Joint Conference of ICANN/ICONIP*, Istanbul. Turkey. 2003.

Lee, E. C., Heo, H. and Park, K. R., The comparative measurements of eyestrain caused by 2D and 3D displays, *IEEE Trans. Consumer Electronics*, 56(3), 1677-1683, 2010.

Lowe, D. G., "Object recognition from local scale-invariant features," *Proceedings of IEEE Conf. Computer Vision (ICCV 99)*, 2(pp. 1150-1157), Corfu. Greece. 1999.

Lowe, D. G., Distinctive image features from scale-invariant keypoints, *International Journal of Computer Vision*, 60(2), 91-110, 2004.

Mutch, J. and Lowe, D. G., "Multiclass Object Recognition with Sparse, Localized Features", *Proceedings of the IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, 2(pp. 11-18), New York. NY. 2006.

OpenCV, http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/.

Shi, F., Gale, A. and Purdy, K., A new gaze-based interface for environmental control, *Lecture Notes in Computer Science*, 4555, 996-1005, 2007.

Shih, S. W. and Liu, J., A novel approach to 3-D gaze tracking using stereo cameras, *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 34(1), 234-245, 2004.

Yoo, D. H. and Chung, M. J., "Non-intrusive Eye Gaze Estimation without Knowledge of Eye Pose", *Proceedings of IEEE Conf. Automatic Face and Gesture Recognition (FGR 04)*, (pp. 785-790), Seoul. Korea. 2004.

저자 소개

허 환: gjghks@dongguk.edu
동양공업전문대학 소프트웨어정보과 전문학사
현 재: 동국대학교 전자전기공학과 석박사통합과정
관심분야: 컴퓨터 비전, 영상처리

이 지 우: ljsgs@dongguk.edu
동국대학교 전자공학과 학사
현 재: 동국대학교 전자전기공학과 석박사통합과정
관심분야: 컴퓨터 비전, 영상처리

이 원 오: 215p8@hanmail.net
동국대학교 전자공학과 학사
현 재: 동국대학교 전자전기공학과 석박사통합과정
관심분야: 컴퓨터 비전, 영상처리

이 의 철: eclee@nims.re.kr
상명대학교 컴퓨터과학과 박사
현 재: 국가수리과학연구소 융복합수리과학연구부 전임연구원
관심분야: 디지털영상처리, 신호처리, 컴퓨터비전, 패턴인식, HCI, 감성공학

박 강 령: parkgr@dongguk.edu
연세대학교 전기·컴퓨터공학과 박사
현 재: 동국대학교 전자전기공학부 부교수
관심분야: 컴퓨터비전, 영상처리, 패턴인식

Date Received : 2011-01-27
Date Revised : 2011-02-08
Date Accepted : 2012-02-08