
각속도 및 광센서를 이용한 헤드 마우스의 평가

Evaluation of the Head Mouse System using Gyro- and Opto-Sensors

박민제, Minje Park*, 김수찬, Soochan Kim**

요약 본 연구에서는 장애인이나 게이머를 위해 눈의 움직임과 머리의 움직임으로 제어가 가능한 헤드 마우스를 제안하였고, 제안한 마우스를 기존의 마우스와 비교하였다. 마우스 포인터의 이동은 머리 움직임의 회전각도 정보를 활용하였고, 클릭이나 더블 클릭의 이벤트는 눈의 깜빡임을 이용하였다. 기존의 각속도계를 이용한 마우스에서 적분으로 인한 누적오차는 적분을 하지 않고 데드 존을 갖는 비선형 상대 좌표계 방식을 통하여 해결하였고, 추가적으로 이동 거리와 가속도를 함께 고려하여 직관적인 마우스 포인터 제어가 가능하도록 하였다. 주변광의 영향을 최소화하도록 광원 제어 회로를 설계하여 외부 광원의 변화에도 마우스 이벤트 검출에 영향을 받지 않도록 하였다. 제안한 마우스를 응시점을 이용한 마우스(퀵글런스)와 비교한 결과, 20회 클릭하는 실험에서는 약 21%, Dasher를 이용한 문자입력실험에서도 약 25%, 화상키보드를 이용한 문자입력 실험에서도 약 37% 짧은 입력 시간을 보였다. 그리고 카메라 마우스와의 비교에서도 제안한 헤드 마우스가 우수한 성능을 보였다.

Abstract In this research, we designed the head mouse system for disabled and gamers, a mouse controller which can be controlled by head movements and eye blinks only, and compared its performance with other regular mouse controller systems. The head mouse was moved by a gyro-sensor, which can measure an angular rotation of a head movement, and the eye blink was used as a clicking event of the mouse system. Accumulated errors caused by integral, which was a problem that previous head mouse system had, were removed periodically, and treated as dead zones in the non-linear relative point graph, and direct mouse point control was possible using its moving distance and acceleration calculation. We used the active light sources to minimize the influence of the ambient light changes, so that the head mouse was not affected by the change in external light source. In a comparison between the head mouse and the gazing tracking mouse (Quick Glance), the above method resulted about 21% higher score on the clicking event experiment called "20 clicks", about 25% higher on the dasher experiment, and about 37% higher on on-screen keyboard test respectively, which concludes that the proposed head mouse has better performance than the standard mouse system.

핵심어: *Human computer interface, eye mouse, gyro sensor, Quick Glance, camera mouse.*

본 연구는 2008년도 한경대학교 교비 해외파견 연구비의 지원에 의한 것임.

*주저자 : 한경대학교 생물·정보통신전문대학원 석사과정 e-mail: leeminje@gmail.com

**교신저자 : 한경대학교 생물·정보통신전문대학원 교수, IT융합기술연구소 e-mail: sckim@hknu.ac.kr

■ 접수일 : 2010년 1월 6일 / 심사일 : 2010년 1월 25일 / 게재확정일 : 2010년 6월 14일

1. 서론

컴퓨터의 발전은 인간의 삶을 이전보다 편안하게 만들어 주었고 정보화 사회로 변화하면서 컴퓨터와 인터넷의 사용은 생활이 되었다. 과거 키보드 중심의 컴퓨터 입력 방식에서 지금은 GUI(Graphic User Interface)의 발전으로 키보드 사용없이 마우스나 터치 방식을 통하여 컴퓨터를 사용하는 경우도 흔히 있다. 더욱이 간단한 커서의 클릭과 이동만으로도 인터넷 서핑이나 간단한 문서작성, 인터넷 전화 등을 사용할 수 있게 되었기 때문에 손이나 발이 자유롭지 못한 장애인들도 보다 손쉽게 최소한의 커서 이동만으로 컴퓨터를 활용할 수 있게 되어가고 있다. 이들에게 인터넷의 활용은 새로운 지식의 습득과 사회와의 대화 창구를 제공해 줌으로써 조금이나마 사회와의 단절을 막을 수 있는 훌륭한 역할을 수행하고 있다[1-3].

경추이하 마비 장애인들이 컴퓨터를 조작하기 위해서는 손이나 발이 아닌 움직임이 가능한 얼굴 또는 동공을 활용한 인터페이스가 제공되어야 한다. 이와 관련된 인터페이스 방식으로는 기울기 센서(tilt sensor), 각속도 센서(gyro sensor, inclinometer), 가속도 센서(accelerometer), 팽, 영상, 자기장 센서, 그리고 초음파 등을 이용하여 머리 움직임을 감지하거나 혀의 움직임을 감지하는 직접적인 방법과 생체 전기 신호라 불리는 뇌파(Electroencephalograph, EEG), 안전도(Electrooculargraph, EOG), 근전도(Electromyography, EMG) 등을 이용하는 간접적인 방법이 있다[4-7]. 이러한 방법들에 장단점들은 기존의 논문들에 자세히 언급되어 있으며, 지금까지의 장점과 단점을 분석한 결과 생체 신호보다는 움직임을 감지하는 기울기나 각속도 센서를 이용하는 것이 효과적이며, 이벤트를 위한 센서는 sip & puff와 같이 입에 직접 무는 형태는 위생상 문제가 있어 비접촉식이 용이하다는 것을 알 수 있다.

이러한 이유로 기존의 헤드 마우스 연구에서도 대부분 머리의 움직임은 가속도계나 자이로 센서를 이용하여 추정하였다. 센서로부터 획득된 가속도나 각속도 정보로부터 적분을 통하여 이동 거리나 회전 각도를 각각 환산하여 마우스 포인터의 위치를 제어하였다. 그러나, 적분 과정에서 누적되는 오차로 인하여 주기적으로 사용자가 오차를 초기화하지 않으면 직관적인 사용을 할 수 없을 정도로 큰 오차를 유발한다. 동작 감지 센서(가속도나 각속도)만을 이용하여 커서 및 마우스 이벤트 제어 방식은 클릭 신호를 만들 때 머리를 움직이게 되어 정확한 마우스 위치 제어가 쉽지 않다. 동공을 활용한 응시점 추정(Gaze estimation) 방식은 사용자의 집중도가 떨어질 경우 정확도가 떨어지고 눈이 쉽게 피로해지는 단점이 있다.

위의 문제를 해결하고자 적분을 통하여 머리 회전의 각도를 추정하지 않고 각속도 값 자체를 활용한 상대적 각도 변화를 이용

하여 마우스 커서를 이동시킴으로써 적분에 의해 야기되는 누적 오차 문제를 해결하고자 하였다. 그리고 마우스 이벤트 검출의 경우, 자체 광원을 이용하여 주변광을 제거하는 효과를 통해 마우스의 주변광에 의한 광잡음을 제거하여 이벤트 검출의 정확성을 높였다. 제안한 방법으로 머리와 눈의 움직임을 이용하여 사용자가 반복사용에도 쉽게 피로하지 않고 반응속도와 오입력/오동작이 적고, sip&puff 방식의 위생 문제를 해결하였다.

2. 실험방법

2.1 각속도 센서를 이용한 마우스 포인터 이동

센서의 선택

머리 움직임을 측정하기 위해 사용되는 대표적인 센서로는 가속도 센서, 각속도 센서, 기울기 센서, 디지털 각도계가 있다[2, 3, 8, 10, 11]. 이 중에서 가속도 센서와 각속도 센서에 대하여 머리 움직임에 대한 방향을 잘 반영하는지 살펴본 후 Murata사의 ENV05G으로 선정하였다. 그리고 센서의 부착 위치는 정수리 보다 이마가 적합하여 이마에 위치시켰다[12]. 고글을 착용했을 때 광센서의 위치를 그림 1에서 보여주고 있다.



그림 1. 고글에 부착한 적외선센서와 착용모습

마우스 포인터 이동

일반 마우스의 경우와 같이 움직임에 따른 정보로부터 픽셀 정보로 변환하는 맵핑 과정이 필요하다. 픽셀 정보를 알리는 방법으로 테이블릿과 같은 절대 좌표(absolute coordinate) 방법과 일반적인 마우스와 같이 현재 위치에서 움직임 정도에 따라 픽셀 값이 이동하는 상대 좌표(relative coordinate) 방법이 있다.

절대 좌표법에서 좌상을 (0, 0), 우하를 (1023, 767)로 가정하면, 프로그램이 구동 되는 동안 그 좌표축의 변화는 없다. 이에 반하여 상대 좌표법에서는 현재 커서가 있는 곳이 언제나 (0, 0)이 된다. 현 커서가 절대 좌표법을 기준으로 (200, 200)에 있더라도 상대 좌표계에서는 이 좌표 값이 (0, 0)이 되는 것이다. 그러므로 절대 좌표법에서 가질 수 있는 좌표 범위는 현 해상도에서는 (0~1023, 0~767)로 고정되지만, 상대 좌표계의 경우, 현 커서의 위치에 따라서 좌표 범위는 (-1023~1023, -767~767)내에서 가변된다[12].

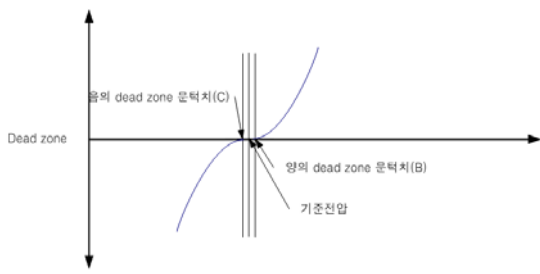


그림 2. 자이로센서를 이용한 마우스 포인터 제어방법

각속도 센서의 출력은 초당 움직이는 각도이므로 적분 과정을 통해 각도 정보를 얻을 수 있다. 그러나 이 과정에서 미세한 직류 오프셋(offset)이나 노이즈 마진에 따른 오차 등도 함께 적분되므로 몇 차례 사용하다 보면 누적된 오차로 인하여 마우스 포인터 조작이 어려워진다[3]. 언급한 문제점을 해결하는 방법으로 인위적으로 적분 에러를 초기화(reset)하여 없앨 수 있으나 추가적인 이벤트가 요구되므로 불편하다[9]. 이를 해결하기 위해 절대 좌표 방법 대신 상대 좌표 방법을 이용하였고, 선형적인 적분대신 그림 2와 같이 데드 존을 갖는 지수 함수를 통하여 직관적 마우스 포인터이동이 가능하도록 하였다. 그림 3에서 각속도 센서의 노이즈 마진 내의 움직임에 대해서는 데드 존(dead zone)을 설정하여 이 범위의 입력은 무시하였다. 데드 존 보다 더 큰 신호에 대해서는 10x의 지수 함수를 이용하여 작은 움직임에 대해서는 더 미세하게, 큰 움직임에 대해서는 더 크게 마우스 포인터를 이동시켜 직관적 움직임에 대한 편리성을 높였다.

2.2. 광센서를 이용한 마우스 이벤트 검출

마우스 이벤트로는 클릭, 더블 클릭 그리고 드래그로 나누어 볼 수 있으나, 여기서는 클릭과 더블 클릭만을 구현하였다.

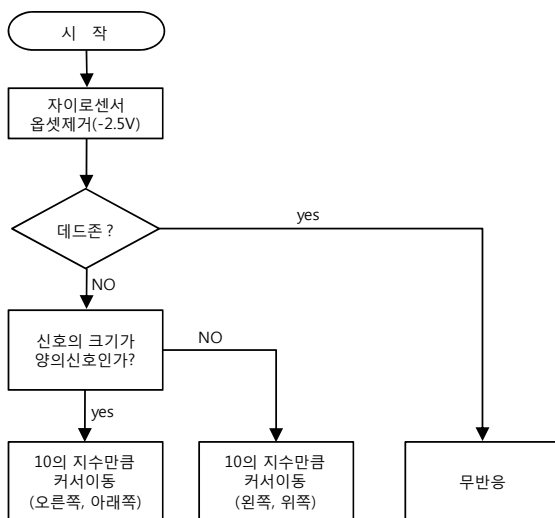


그림 3. 자이로센서를 이용한 마우스 포인터 제어 흐름도

각 이벤트를 검출하는 방법으로 적외선 센서를 이용하였다. 파장대역이 880nm인 적외선 광원(SFH485P)과 광센서(ST3311)를 사용하여 눈 깜박임으로 인한 반사광의 변화를 활용하였다[9]. 눈을 감았을 때 광센서의 입력신호는 양(high)이 되고 눈을 떴을 때의 입력신호는 음(low)이 된다. 입력신호의 크기와 눈을 감고 있는 시간, 분산을 이용하여 클릭과 더블클릭, 눈 깜박임(blink)을 판단하였다.

광센서를 이용할 경우 형광등이나 주변 스탠드, 심지어는 화면 모니터 밝기 변화에 의해서 영향을 많이 받으므로 이것에 대한 해결책이 필요하다. 이를 위해 발광부의 광원을 주기적으로 켜고 끄으로써 광원이 꺼졌을 때 수신부의 출력(주변광에 의한 출력)과 켜졌을 때의 출력(주변광 + 광원)의 차이를 이용하여 주변광에 대한 영향을 최소화시켰다[12].

컴퓨터에서의 마우스 포인터 제어

데이터 획득 보드(USB-6009, National Instruments, USA)를 사용하여 각속도 센서로부터 2채널(상하, 좌우)의 정보와 광센서로부터 1채널의 신호를 얻었다. 얻어진 신호는 PC 기반에서 LabVIEW (Ver 8.2, National Instruments, USA)을 사용하여 마우스 이동 및 이벤트를 검출하였다.

2.3. 시스템 평가

제한한 마우스의 평가를 위해 기존의 광마우스 (MOARUO, China), 카메라 마우스 (Camera mouse 2009, USA), 그리고 응시점을 이용한 마우스(Quick glance, Eyetech)의 이동 능력, 이벤트의 처리 능력, 그리고 문자 입력 속도를 비교하였다.

카메라 마우스 2009 프로그램은 인터넷에서 무료로 구할 수 있는 얼굴 영상을 이용한 대표적인 헤드 마우스이다[15]. 그림 4와 같이 얼굴에 하나의 포인트를 지정하여 그 포인트가 상하좌우로 움직이는 것을 이용하여 커서를 이동시키고, 클릭한 한 지점을 일정시간동안 응시하고 있으면 된다. 카메라 마우스의 경우 더블클릭은 기능은 구현되어 있지 않았다.

퀵글랜스는 영상을 통하여 안구의 응시 방향과 눈의 깜빡임을 이용하여 마우스 포인터 이동 및 이벤트를 각각 처리한다. 보정 방법은 간단하지만, 카메라의 위치나 사용자의 위치가 변경되어도 보정 작업을 다시 하여야 한다[13]. 영상을 이용한 마우스의 경우, 영상 획득 속도가 높지 않을 경우 일반 마우스와 같은 자연스러운 마우스 사용이 쉽지 않다. 응시점을 이용하는 퀵글랜스의 경우 공간 해상도가 높지 않아 불편하며 가격 또한 매우 높은 편이다. 물론 안구 응시점을 이용하는 경우에는 머리의 이동마저 원활하지 못한 증중 장애인에게는 거의 유일한 방법이다.

문자 입력 속도는 가상 키보드와 Dasher에 대하여 비교하였다. Dasher는 연속적으로 자연스러운 포인터를 가르키는 방



그림 4. 카메라 마우스 2009(좌)와 킥글렌스(우)의 사용예

식으로 효율적으로 텍스트를 제공하는 프로그램이다. 그림 4(우)와 같이 커서를 클릭하면 커서를 클릭한 쪽으로 화면이 확대(zoom in)되면서 앞의 문자 이후에 확률적으로 가장 높은 문자가 연이어 배치되는 방식으로 최소한의 마우스 이동으로 입력 효율을 극대화한 것이다[14].

3. 실험결과 및 고찰

3.1 마우스 포인터의 이동

마우스 이동 평가에는 이동 속도, 정확도, 그리고 이동의 정밀성 등을 모두 고려해야 한다. 평가에 참여한 사람은 총 10명으로 매 실험에 대하여 3회 반복하였다. 이동 속도 평가를 위해서 그림 5와 같이 화면에 5개의 포인터를 설정하여 A 지점을 시작으로 B→C→D→E 각 포인터를 거쳐 이동하여 다시 A 지점으로 올 때까지의 시간을 측정하였다. 모니터의 좌측 상을 0,0으로, 우측 하를 1023x767로 설정하였다. A에서 시작하여 다시 A로 오는데 걸리는 시간은 일반 마우스와 제안한 방법은 각각 $4.3 \pm 0.5 \text{sec}$ 와 $6.9 \pm 0.5 \text{sec}$ 로 큰 차이는 없었다. 카메라 마우스의 경우는 $9 \pm 0.7 \text{sec}$, 킥글렌스의 경우 $8 \pm 2.4 \text{sec}$ 정도의 시간이 걸렸다.

3.2 마우스의 이벤트 평가

광센서의 주변광에 의한 영향

일반적인 DC 광원을 이용하였을 경우에는 그림 6(A)와 같이 외부 광원이 켜지고, 꺼짐에 따라 광센서의 출력에 영향을 미친다. 그러나 DC광원 대신 차등 신호를 이용하면 그림

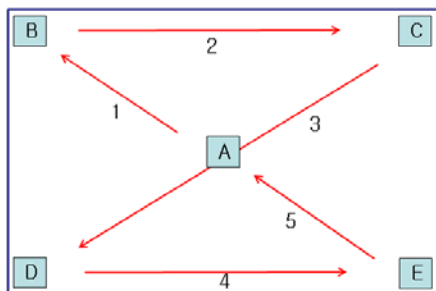
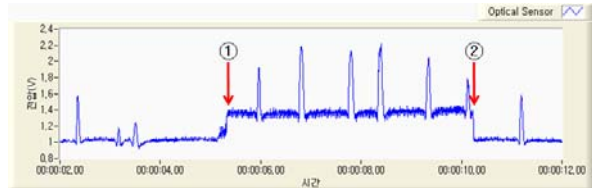
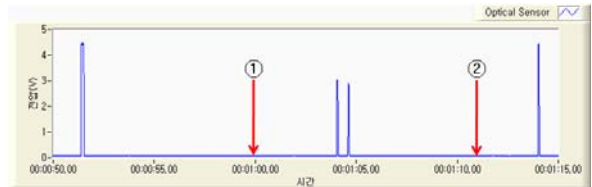


그림 5. 응시점 이동 테스트에 사용된 경로



(A)



(B)

그림 6. (A) DC 광원을 이용한 광센서 출력, (B) 제안한 방법을 사용하였을 때의 광센서 출력

6(B)에서와 같이 외부 광원의 영향을 완벽하게 제거할 수 있음을 보여준다. 각 그림에서 ①지점이 스탠드를 켜는 때이고, ②지점이 스탠드를 끄는 때이다. 눈을 뜨고 있을 경우에 출력 전압은 낮고, 눈을 감게 되어 광센서와의 거리가 줄어들수록 출력 신호는 높아진다.

이벤트 검출

자연스러운 눈 깜박임은 0.08~0.12sec였고, 이것을 기반으로 센서의 출력이 2.5V이상으로 유지 되는 시간이 0.15sec 이상이면 의도한 눈 깜박임으로 판단하고 더블클릭을 위해서는 연속하여 눈을 두 번 깜박일 때는 0.1~0.2sec였다. 첫번째 깜박임과 두번째 깜박임 사이의 시간이 0.2sec이하가 되면 더블클릭으로 판단하도록 설정하였다. 기준시간은 사용자에게 맞게 변경할 수도 있다.

3.3 마우스 사용평가

고정된 블록의 이동 및 클릭

50픽셀의 정사각형을 화면의 임의의 위치에 나타나도록 구성하고 클릭을 하면 다시 임의의 위치에 나타나도록 하여 사각형을 20회 클릭을 시도하는 동안 4가지 마우스에 대한 인식률을 확인해 보았다. 광 마우스는 $17.3 \pm 3.0 \text{sec}$, 제안한 마우스는 47.4 ± 5.0 , 킥글렌스는 $60 \pm 7.25 \text{sec}$, 카메라 마우스는 $58 \pm 3.0 \text{sec}$ 였다. 제안한 마우스는 광 마우스보다는 늦었지만 실험에 사용한 다른 마우스보다는 우수한 성능을 보였다. 대부분 광 마우스에는 익숙해 있다는 사실을 감안한다면 제안한 마우스의 반응 속도는 비교한 다른 마우스에 비하여 만족할 만한 수준으로 사료된다.

화상 키보드

윈도우에서 제공하는 화상 키보드를 이용하여 영문으로 "This is a new head mouse."을 입력하는데 소요된 시간을 측정해 보았다. 기존 마우스의 경우 $17.2 \pm 1.6 \text{sec}$ 였고, 제안한 헤드 마우스는 $71.1 \pm 27.7 \text{sec}$ 로 4.1배 정도였다. 앞의 클

릭 실험보다 시간이 좀 더 소요된 이유는 화상 키보드의 각 키의 크기가 20회 반복 실험에 사용한 사각형의 크기보다 더 작았기 때문에 사용자가 정밀한 제어에는 아직 익숙하지 않아 어려움이 있었다.

퀵글래스와 카메라 마우스 2009의 경우 $230 \pm 32.7 \text{sec}$, $90 \pm 5.1 \text{sec}$ 으로 제안한 마우스보다 퀵글래스의 경우는 약 3배 카메라 마우스의 경우는 약 1.3배정도 시간이 더 필요했다.

Dasher

기존의 키보드 입력 방식이 아닌 Dasher를 이용한 입력에서는 제안한 마우스가 퀵글래스와 카메라 마우스를 사용한 것보다 정확도가 우수하였고 빠르게 입력 할 수 있었다.

그림 7은 이상의 실험 결과를 보여주고 있다. 제안한 헤드 마우스의 성능이 기존의 일반 마우스와 비교하여 우수하다고는 할 수 없으나 손이나 발이 불편하여 일반 마우스 대신 안구를 이용한 마우스(퀵글래스)나 영상을 이용한 마우스(카메라 마우스)와 비교해 보았을 경우, 여러 가지 입력 방법들에 대해서도 제안한 방법이 우수한 성능을 보였다.

사용자가 새로운 입력 방식에 익숙해진다면 제안한 방법이 좀더 빠르고, 편리하게 사용할 수 있음을 그림 8을 통하여 확인 할 수 있었다. 그림 8은 제안한 방법을 여러 번 사용함에 따라 평가에 걸리는 시간이 단축됨을 보여준다.

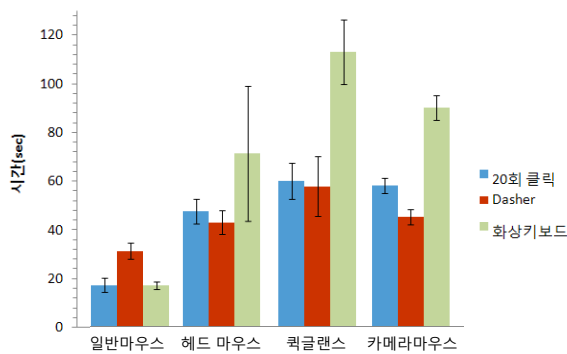


그림 7. 세가지 마우스를 이용한 실험 결과

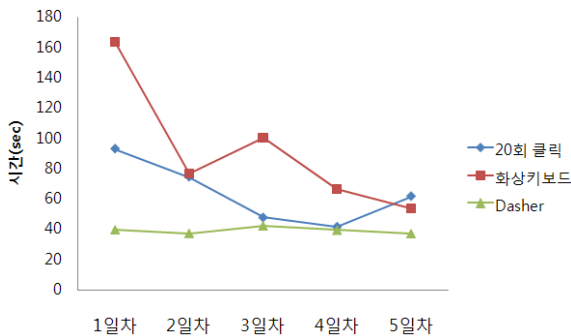


그림 8. 제안한 마우스에 대한 사용자의 익숙해짐에 따른 변화

4. 결론

가속도 센서와 각속도 센서를 비교해 본 결과 가속도 센서보다 각속도 센서가 머리의 pitch, yaw, roll 동작에 대해 뛰어난 반응을 보임을 확인할 수 있었다. 그러므로 각속도 센서와 광센서를 사용하여 머리 움직임과 눈 깜박임으로부터 마우스를 제어하는 장치를 제안하였다.

제안한 마우스의 공간 이동 능력과 이벤트 검출을 비교한 실험에서는 좌우, 상하 이동은 기존 마우스와 비교하여 속도 면에서는 큰 차이는 없었으나, 정확도가 조금 떨어지는 이유로 인하여 정확한 위치로 이동시키는데 소요시간이 3~4배 정도 더 필요하였다.

기존의 일반적인 마우스 보다는 불편하지만 일반 마우스를 대신하고자 개발된 퀵글래스나 카메라 마우스와 비교해서는 마우스 포인터 이동의 편리성과 이벤트 입력에 있어 우수한 성능을 보였다.

비선형 상대 좌표계 방식을 이용하여 주기적으로 적분 에러를 제거해야 하는 문제를 해결하였고, 이동 거리와 속도를 함께 고려하여 직관적인 마우스 포인터 제어가 가능하도록 하였다. 이벤트 검출에서 사용하는 광센서회로에는 주변광의 영향을 제거하도록 설계하여 외부 광원의 변화가 심한 곳에서도 이벤트 검출의 오동작을 줄일 수 있었다. 그러나 제안한 시스템 또한 탈장착을 해야 하는 시스템으로 초기 탈, 장착을 위해서는 다른 사람의 도움을 받아야 한다는 문제점은 여전히 갖고 있다.

현재 소형화 작업을 통하여 안경 테 위에 부착할 수 있도록 작게 만들고, 무선을 지원하도록 하여, 컴퓨터 마우스 드라이브를 직접적으로 지원하도록 하여 추가적인 프로그램 설치없이 일반 마우스와 같이 사용할 수 있도록 진행하고 있다.

참고문헌

- [1] 안용식. 자이로 센서와 인공지능망을 이용한 장애인용 컴퓨터 인터페이스. 의공학협동과정. 건국대학교. 2006.
- [2] Yu-Luen, C. Application of tilt sensors in human-computer mouse interface for people with disabilities. Neural Systems and Rehabilitation Engineering. IEEE Transactions on, 9(3): pp. 289-294. 2001.
- [3] Eom, G., Kim, K-S., Kim, C-S., Lee, J., Chung, S-C, Lee, B., Furuse, N, Futami, R and Watanabe, T. Gyro-Mouse for the Disabled: 'Click' and 'Position' Control of the Mouse Cursor, International Journal of Control, Automation and Systems, 5(2): pp. 147-154. 2007.
- [4] 김종성 등, 생체신호 기반 사용자 인터페이스 기술. 전

자통신동향분석, 20(4). 2005.

- [5] Kumar, D. and Poole, E. Classification of EOG for human computer interface, in [Engineering in Medicine and Biology, 2002. 24th Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society] EMBS/BMES Conference, Proceedings of the Second Joint, 2002.
- [6] Kwon, S. H. and Kim, H. C. EOG-based glasses-type wireless mouse for the disabled, in [Engineering in Medicine and Biology, 1999. 21st Annual Conf. and the 1999 Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Soc.] BMES/EMBS Conference, Proceedings of the First Joint, 1999.
- [7] Barea, R. et al., System for assisted mobility using eye movements based on electrooculography, Neural Systems and Rehabilitation Engineering. IEEE Transactions on, 10(4): pp. 209-218, 2002.
- [8] Virtual Realities, I. GyroTrack, <http://www.vrealities-s.com/gyrotrack.html>.
- [9] Evans, D. G., Drew, R. and Blenkhorn, P. Controlling mouse pointer position using an infrared head-operated joystick, Rehabilitation Engineering. IEEE Transactions on, 8(1): pp. 107-117, 2000.
- [10] Kim, Y. W. Development of headset-type computer mouse using gyro sensors for the handicapped. Electronics Letters 38(22): pp. 1313-1314, 2002.
- [11] Rongching, D. et al. Application of tilt sensors in functional electrical stimulation, Rehabilitation Engineering. IEEE Transactions on, 4(2): pp.

63-72, 1996.

- [12] 박민제, 유재하, 김수찬. 각속도 및 광센서를 이용한 헤드 마우스. 전자공학회논문지 제 46권 SC편 4호. 대한 전자공학회. pp. 70~76, 2009.
- [13] Eyetechn, <http://www.eyetechns.com/>
- [14] Dasher, <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/dasher/>
- [15] Camera Mouse, <http://www.cameramouse.org/>



박민제

2008년 2월 한경대학교 전자공학과 졸업(공학사). 2010년 2월 한경대학교 생물환경·정보통신전문대학원 정보통신전공 졸업(공학석사). 관심분야는 생체신호 계측 및 분석, 의료기기, HCI 등.



김수찬

1994년 인제대학교 의용공학과 졸업(공학사). 1998년 연세대학교 대학원 생체공학협동과정 졸업 (공학석사). 2003년 연세대학교 대학원 생체공학협동과정 졸업 (공학박사). 2003년 ~ 2004년 Rensselaer Polytechnic Institute(Post Doc). 2004년 ~ 현재 한경대학교 생물환경·정보통신전문대학원 전임강사, 조교수, 부교수. 2008년 KETI 위촉연구원. 관심분야는 생체신호 계측 및 분석, HCI 등.