

---

## 자이로 센서와 LED를 이용한 마우스 개발

↓

### Development of a computer mouse using gyro-sensors and LEDs

↓

↓

박민제, Minje Park\*, 강신욱, Shinwook Kang\*\*, 김수찬, Soochan Kim\*\*\*

---

↓

**요약** ~ 본 연구에서는 자동차 사고나 뇌졸중 등에 의해 경추 이하의 마비나 손, 발 등의 움직임은 자유롭지 않은 사람들의 컴퓨터 사용을 돕고자 손이나 발을 이용하지 않고 머리의 움직임과 눈의 깜박임만으로 컴퓨터 마우스 제어가 가능한 장치를 제안하였다. 마우스의 좌우, 상하 이동은 자이로 센서를 이용하여 머리의 움직임으로 유발하고, 클릭과 더블 클릭은 광 센서를 시야를 방해하지 않는 위치에 장착하여 감지할 수 있도록 하였다. 머리의 움직임에 의한 마우스 이동은 절대 좌표계와 상대 좌표계를 이용하는 두 가지 방법으로 실험하였다. 제안한 장치의 클릭과 더블 클릭의 인식율은 평균 86%에 편차는 5%정도다, 반응속도는 기존 마우스의 이동 속도와 비교해 볼 때 큰 차이는 없었다. 마지막으로 종합적인 평가를 위해 마우스 이동과 클릭을 동시에 수행하였을 경우에는 정확도가 80%에 편차는 4%정도로 기존 마우스보다는 낮았다. 특히 상대 좌표계를 이용하는 경우 절대 좌표를 이용하는 경우보다 좌표의 누적 에러로 인한 reset 빈도를 줄일 수 있었고, 정밀한 마우스 포인터 조작에 편리하였다.

**Abstract** ~ We proposed the device to control a computer with only a head and eye blinks so that disabilities by car accidents can use a computer. Because they have paralysis of their upper extremities such as C4~C5 paraplegics and cerebral palsy, they cannot efficiently access a general keyboard/mouse not using hands and feet. The cursor position was estimated from a gyro-sensor which can measure head movements, and the mouse event such as click/double click from opto-sensors which can detect eye blinks. The sensor was put on the proper goggle in order not to disturb the visual field.

The performance of the proposed device was compared to a general optical mouse, and was used both relative and absolute coordinate in cursor positioning control. The recognition rate of click and double-click was 86% of the optical mouse, the speed of cursor movement by the proposed device was not much different from the mouse. The overall accuracy was 80%. Especially, the relative coordinate is more convenience and accuracy than the absolute coordinate, and can reduce the frequency of reset to prevent the accumulative error.

↓

**핵심어:** *Human Computer Interface, eye mouse, gyro sensor, face pose.*

↓

↓

---

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2007-331- D00596)

\*주저자 : 한경대학교 생물환경정보통신전문대학원 정보통신전공 대학원생 e-mail: minje0714@paran.com

\*\*공동저자 : 한경대학교 전자공학과 학부생 e-mail: anarchy666@hanmail.net

\*\*\*교신저자 : 한경대학교 생물환경정보통신전문대학원 교수; e-mail: firmware90@gmail.com

## 1. 서론

컴퓨터 대중화와 인터넷의 확대는 많은 사회적 변화를 가져왔다. 그 중에서도 거동이 불편한 사람이나 장애인들에게는 사회와 손쉽게 접속할 수 있는 통로의 역할을 한다. 컴퓨터의 활용을 위해서는 마우스나 키보드와 같이 인터페이스 장치에게 명령을 전달하여야 한다. 상지나 하지의 원활한 활동이 가능한 경우에는 큰 어려움이 없으나 종종 장애자의 경우는 혼자 힘으로 컴퓨터를 통한 사회와의 접속이 여전히 쉽지 않다. 뿐만 아니라, 교통사고나 뇌졸중으로 인하여 전신 마비가 되었을 경우 특별한 인터페이스 장치가 요구된다. 이러한 인터페이스들로는 음성, 안정도(Electrooculargram), 영상을 이용한 응시점, 머리의 응시점 방향을 활용한 것들이 있다[1][2].

음성의 경우, 주변 잡음이나 음악 등에 영향을 받을 수 있으며 문자 입력 방법으로는 적합할 수 있으나 반응속도가 상대적으로 늦어 마우스의 움직임에는 다른 방법들보다 비효율적이다[3]. 생체 전위를 이용한 안전도의 경우 안구 이동에 따른 마우스 이동은 손쉽게 구현이 되지만 전극을 부착해야 하는 것과 직류 drift로 인한 오차가 문제가 된다[4]. 영상을 이용한 응시점의 경우 가장 이상적인 방법이지만 고가이며 이동 및 설치가 불편하다. 마지막으로 머리 응시점을 이용하는 경우에는 영상을 이용할 수도 있고, 가속도계 혹은 자이로 센서를 이용할 수도 있다. 영상을 이용할 경우 영상을 이용한 응시점 방법과 마찬가지로 단점이 있다

본 논문에서는 궁극적으로 반복사용에도 쉽게 피로하지 않고 착용 및 사용이 편리하고, 반응속도와 오입력 오동작이 적고, 시스템 가격이 저렴한 조건을 만족하는 인터페이스를 개발하고자 한다.

머리 움직임을 감지하기 위하여 2개의 자이로 센서를 사용하여 회전각속도 정보를 얻어 이를 회전각으로 환산하고 클릭(click)과 더블클릭(double click)과 같은 마우스 이벤트를 감지하기 위해 머리 움직임을 광 센서를 이용하여 검출하였다. 제안한 장치의 성능을 기존의 마우스와 비교하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 하드웨어 구성

마우스 인터페이스는 신호를 받는 하드웨어와 신호를 분석하는 소프트웨어부분으로 나눌 수 있다. 머리 움직임을 측정하기 위해 가속도계와 자이로 센서 중에서 어떤 것이 더 좋은지 확인하기 위해 가속도 센서(MMA6260Q)와 자이로 센서(ENV05G, MURATA, Japan)를 비교해보았다. 머리 움직임을 측정하기 위해 자이로센서는 그림 2(좌)와 같이 고글의 정면에 부착하였다[5]. 두 센서의 스펙은 표 1과 같다. 가속도는 머리의 움직임을 감지하지만, 자이로 센서는 머리의 기울어짐을 감지한다. 클릭과 더블 클릭은 적외선 광원

(SFH485P, SIEMENS, Germany)과 광센서(ST3311, AUK, Japan)를 사용하였고, 부착 위치는 그림 2(우)과 같다. 자이로 센서는 머리의 상하좌우 움직임을 인식하여 마우스커서의 위치를 이동시키고 광센서는 안구신호를 인식하여 마우스 이벤트를 생성한다.

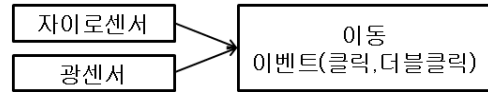


그림 1. 센서와 마우스 이벤트의 관계

표 1. 안구의 깜박이는 시간 및 크기 분석

	MMA6260Q	ENV05G
크기	6*6*1.98mm	12.4*7.7*18mm
주파수응답	50Hz	10Hz
Noise level	1.8mVrms	10mVp-p
최대출력	±2000g	±70(deg/s)



그림 2. 자이로 센서(좌)와 광센서(우)를 부착한 보안경

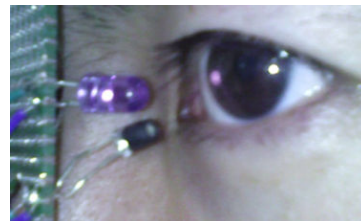


그림 3. 고글에 부착한 적외선센서와 착용모습

### 2.2 가속도 센서와 자이로 센서 비교

그림4는 정수리에 부착한 가속도계로부터 머리의 pitch, yaw, roll 운동을 보여준다. roll과 pitch의 동작은 잘 감지하나, yaw 동작은 정수리에 부착하였기 때문에 가속도 변화가 크지 않아 감지가 쉽지 않았다.

그림 5, 6은 yaw 동작과 pitch 동작에 대해 자이로 센서와 가속도 센서의 출력을 동시에 비교한 결과이다. 신호의 구별을 위해 그림 상에서만 인위적으로 옅게 주여 그렸다. 그림에서 확연히 알 수 있듯이 자이로 센서의 경우 roll과 pitch 동작을 잘 감지하는 것에 반하여 가속도 센서의 경우 정수리와는 달리 이마에서는 pitch와 yaw 동작을 거의 감지하지 못하였다. 이러한 이유는 이마의 경우 가속도보다 각속도의 변화가 훨씬 크기 때문이다.

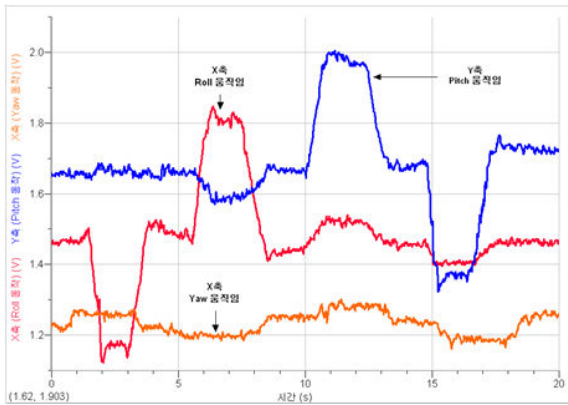


그림 4. 정수리에 부착한 가속도계로부터 머리를 좌우로 기울임(roll)하고, 좌우로 회전(yaw) 그리고 상하로 끄덕임(pitch)운동을 했을 때의 출력

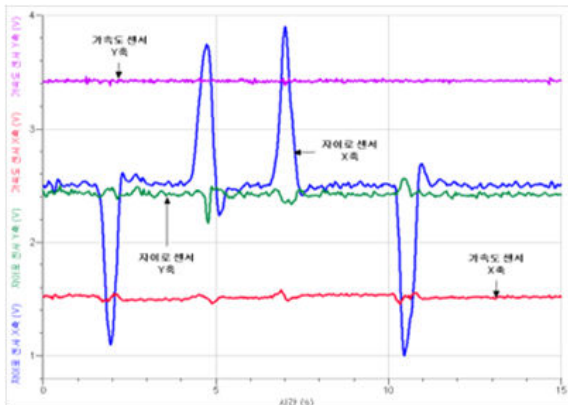


그림 5. 머리를 좌우로 회전(yaw)할 때 가속도계와 자이로 센서의 출력 비교

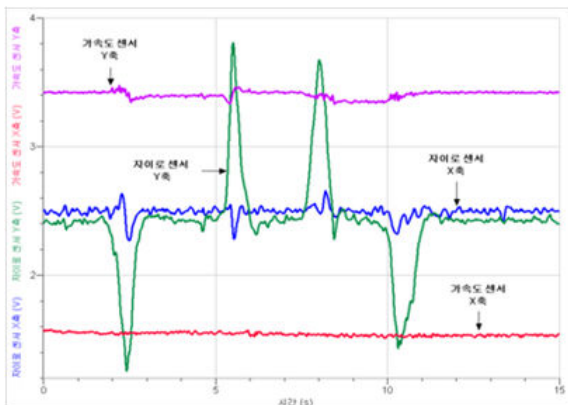


그림 6. 머리를 상하로 끄덕(pitch)일 때 자이로 센서와 가속도 센서의 출력 비교

자이로 센서는 초당 움직인 각도를 전압으로 출력하기 때문에 적분 과정을 통해 각도를 추출하여 사용해야 한다. pitch 동작, yaw 동작, roll 동작 모두 검출 가능하지만 마우스 움직임을 추출하기 위해 pitch 동작, yaw 동작만을 검출하였다. 자이로 센서의 출력은 각속도이므로 마우스를 왼쪽으로 움직이기 위해 머리를 왼쪽으로 회전하면 회전하는 동

안에만 전위가 떨어지고, 회전을 멈추면 각속도가 0이 되므로 출력은 다시 기준 전압으로 돌아온다. 이때의 각속도를 적분하고 회전으로 환산하여 머리가 돌아간 각도를 알 수 있고, 이 정보를 마우스 이동 정보로 활용할 수 있다.

### 2.3 자이로 센서를 이용한 각도 검출

LabVIEW(Ver 8.2, National Instruments, USA)를 사용하여 실시간으로 자이로 센서의 신호를 받아 적분하여 커서를 이동한다. 입력 데이터는 약 2.3V의 오프셋을 가지고 들어오므로 이 오프셋을 제거한 후 적분을 수행하였다. 그림 7은 pitch 동작과 yaw 동작에 대해 분석한 예를 보여준다. 입력되는 각속도의 기본 노이즈와 작은 drift로 인하여 적분할 때 오차가 생기는데 이것이 쌓여 큰 오차를 만들어 내는 것을 방지하기 위해 광센서를 이용하여 리셋을 하였을 때 화면의 중심으로 커서가 이동하게 구성하였다.

자이로 센서의 경우 정지상태에서도 약간의 drift가 일어나 적분된 결과가 조금씩 누적된다. 이것을 해결하기 위해 커서가 움직이지 않도록 데드존을 구성하여 자이로 센서의 각속도가 기준점 이하일 경우에는 적분이 되지 않도록 구성하였다. 그리고 자이로센서의 오프셋을 제거하지 않고 적분을 하면 아래 그림 8과 같이 발산하는 것을 알 수 있다.

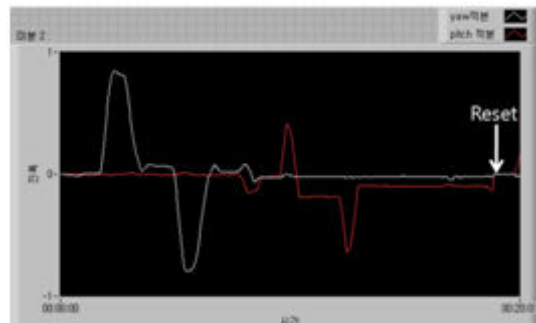


그림 7. 자이로 센서로부터 얻은 각속도를 적분하여 얻은 회전각도

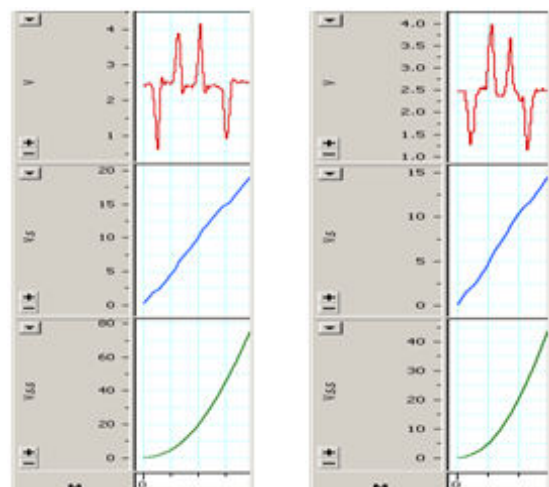


그림 8. 오프셋을 제거하지 않은 자이로센서의 적분결과

## 2.4 거리와 각도에 따른 광센서의 반응

광센서의 발광부와 수광부를 가까이 접촉시켰을 때 출력 전압은 약 3V이고 거리를 1cm떨어뜨리면 출력은 약 1.64V로 떨어지고 더 멀어지면 전압이 더 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 수광부와 발광부의 각도에 따라 신호의 크기가 달라지는 것을 확인 할 수 있었다. 수광부와 발광부가 일직선으로 마주보고 있을 때는 전압이 크지만 발광부의 각도를 10도씩 바꾸어주면 수광부에서 나오는 전압은 점점 작아지는 것을 확인 할 수 있었다.

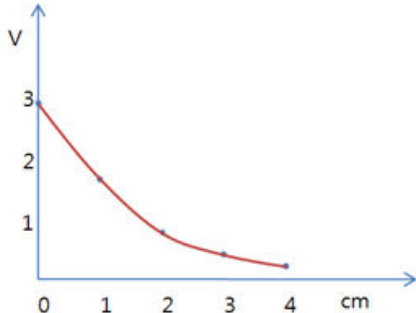


그림 9. 광센서의 거리에 따른 전압변화

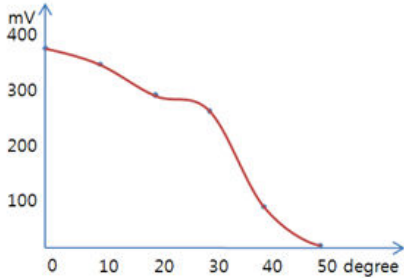


그림10. 광센서의 각도에 따른 전압변화

고글을 착용하고 안구의 깜박임에 의한 광센서 신호의 크기는 눈을 떴을 때는 광센서와 안구 까지의 거리이고 눈을 감았을 때는 광센서와 눈꺼플사이의 거리로서 거리가 차이가 남으로 광센서 신호의 크기가 달라 눈을 감았는지 떴는지 구별할 수 있다.

## 2.4 광센서를 이용한 클릭과 더블클릭 검출

클릭을 검출하는 방법으로 본 연구에서는 적외선센서를 이용하였다. 파장대역이 880nm인 적외선 광원(SFH485P)과 광 센서(ST3311)를 사용하여 눈 깜박임으로 인한 반사광의 변화를 활용하였다. 센서로부터 나오는 신호를 분석하기 위해 LabVIEW를 이용하여 머리의 움직임과 눈이 깜박이는 신호를 컴퓨터로 얻어 실시간으로 분석해보았다.

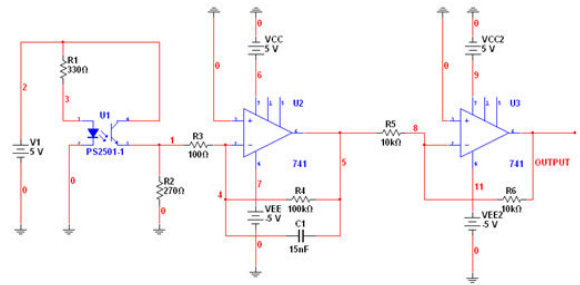


그림 11. 광센서 회로도

## 2.5 전체 프로그램 흐름

자이로센서에서 검출된 머리 움직임에 의한 각속도와 광센서에서 검출된 눈 깜박임에 의한 신호는 데이터 획득 보드(USB-6009, National Instruments, USA)를 통해 PC로 전송되며 PC에서 LabVIEW(Ver 8.2, National Instruments, USA)를 사용하여 마우스 구동 프로그램을 작성하였다. 그림 12는 전체 프로그램의 흐름도로서 마우스 이벤트와 마우스 이동을 제어하는 부분으로 나뉜다. 자이로 센서와 광센서에서 받은 신호를 판단하여 커서를 이동하고 클릭과 더블클릭을 인식하면 API함수를 호출하여 클릭과 더블클릭에 반응하도록 하였다.

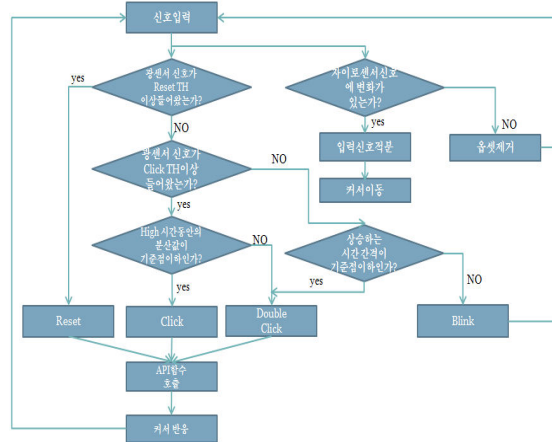


그림 12. 프로그램 흐름도

### 3. 실험 결과

#### 3.1 마우스 이동 평가

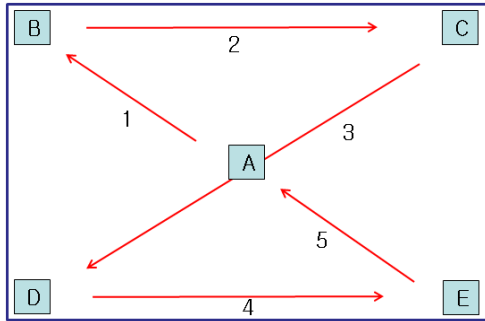


그림 13. 모니터의 응시점

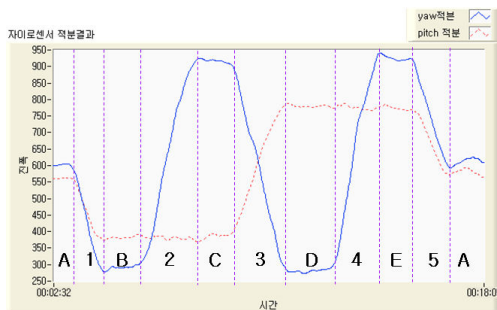


그림 14. 자이로센서의 이동에 따른 적분 결과

자이로 센서는 회전 각속도를 전압으로 출력하기 때문에 각도 정보를 얻기 위해서는 적분 과정을 거쳐야 한다. 적분 값은 다시 보정 작업을 통하여 실제 컴퓨터 모니터의 좌표값으로 환산해 주었다.

그림 13은 마우스 이동 평가를 보여주기 위해 모니터의 중앙과 각 모서리를 보여주고 있고, 그림 14는 그림 13과 같이 중앙과 각 모서리를 응시할 때 발생하는 자이로 센서의 변화 값을 적분을 통하여 픽셀로 보정한 값을 보여준다. 머리를 움직여 마우스 포인터를 모니터의 중앙(그림 13의 A)에서 시작하여 좌측 상(그림 13의 B), 우측 상(그림 13의 C), 좌측 하(그림 13의 D), 우측 하(그림 13의 E)로 이동한 후 다시 모니터 중앙(그림 13의 A)으로 움직여 본 결과이다. 모니터의 좌측 상을 0,0으로, 우측 하를 1280x1024로 설정하였다. 실선은 yaw 동작에 의한 가로축의 이동을 의미하며, 점선은 pitch 운동에 의한 세로축의 이동을 의미한다. 중앙에서 시작하여 B 지점으로 갈 때는 양신호 모두가 감소하며 y축은 고정하고 x축으로 이동한 B지점에서 C 지점으로 이동에서는 yaw 데이터만 증가하고, pitch 데이터는 고정되어 있는 것을 확인할 수 있다. C지점에서 D 지점으로 이동에서는 pitch는 증가하고, yaw는 감소함을 볼 수 있다.

각각의 방향으로 커서의 움직이는 것에는 문제가 없었지만, 원점으로 돌아왔을 때, 약간의 옴센이 발생하는 것을 볼

수 있다. 그 이유는 적분 과정에서 발생하는 오차가 누적된 것으로 이는 가끔씩 적분값을 리셋 함으로써 해결하거나 상대좌표계 방식을 이용하여 자이로센서의 각속도가 기준이상 이 되면 커서는 가만히 있고 고개만 돌아와 커서를 이동할 수 있도록 구성하여 해결하였다. 상대좌표계 방식은 절대좌표계와는 달리 커서의 위치를 초기 기준점에 맞춰서 픽셀로 환산 하는 것이 아니고 직전커서의 위치를 기준으로 마우스를 움직일 수 있도록 구성하는 것이다. 마우스의 이동 속도는 기존의 마우스와 큰 차이를 느끼지 못할 정도로 빠른 이동이 가능하였다.

#### 3.2 마우스 클릭과 더블 클릭

클릭과 더블 클릭의 구별을 위해서 본 연구에서는 자연스러운 눈깜박임(blink), 사용자가 의도한 클릭과 더블 클릭, 자이로센서의 적분으로 인한 적분 오차의 누적을 없애기 위한 리셋으로 총 4가지로 눈깜박임을 구분하도록 하였다. 표 2는 눈깜박임의 특성을 파악하기 위해 일반인 20대 5명을 대상으로 실험한 눈깜박임의 특성을 보여준다. 클릭 신호는 자연스러운 눈깜박임이나 더블 클릭 신호와 비교해서 눈을 감고 있는 시간과 신호의 크기가 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 자연스러운 눈깜박임과 더블 클릭신호의 경우는 시간과 신호의 크기가 오차범위 안에서 겹치는 부분이 있다. 그러나 실제 신호를 살펴보면 그림 15의 더블 클릭부분에서 보이듯 같이 신호가 하이레벨로 계속 유지되는 것이 아니라 중간에 신호가 낮아지는 특성이 있으므로 이를 이용해서 충분히 더블클릭으로 인식할 수 있다. 실험 결과 사용자가 클릭이나 더블 클릭 신호를 만드는 것이 익숙하지 않아 클릭과 더블 클릭이 인식되지 않는 점은 있었지만 정확한 신호가 들어왔을 때는 자연스런 눈깜박임과, 클릭, 더블 클릭, 리셋 모든 신호를 구분함에 있어서는 문제가 없었다.

표 2. 연구의 깜박이는 시간 및 크기 분석

	Blick	Click	Double Click
시간 [msec]	0.25±0.04	1.59±0.25	0.40±0.06
신호의 크기[V]	2.67±0.10	2.96±0.02	2.46±0.17

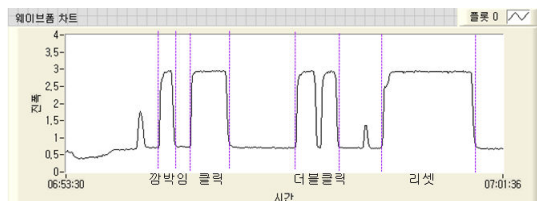


그림 15 더블클릭을 위한 의식적인 깜박임 신호

#### 3.3 시스템 성능 평가

구성된 시스템을 종합적으로 평가해 보기 위해 그림 16과 같이 50픽셀의 정사각형을 화면에 랜덤한 위치에 나타나도록 구성하고 클릭을 하면 다시 랜덤한 위치로 이동하도록 하였고 사각형을 20회 클릭을 시도하는 동안 인식율을 확인해 보았다. 이 실험에서는 목표박스로의 커서 이동과 클릭을

하는 두 가지 기능평가를 포함하고 있다. 그리고 광마우스로도 실험하여 비교해보았다. 실험결과 커서의 이동속도는 광마우스와 비교하여 큰 차이는 없으나 클릭의 인식율은 평균 80%에 편차는 4%정도로써 광마우스보다는 정확성이 떨어지고 클릭을 위해서는 1초 동안 눈을 감는 시간이 있어 시간 측면에서 기존의 마우스 보다 반응 시간이 좀 더 요구되었다.

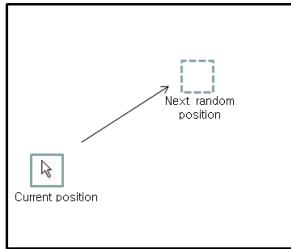


그림 16. 마우스 클릭과 이동 성능 평가 실험

#### 4. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서 제안한 자이로 센서와 광센서를 사용하여 머리 움직임과 눈깜박임으로부터 마우스를 제어하는 장치를 개발하였다. 제안한 마우스의 좌우, 상하 이동은 기존 마우스와 비교하여 속도면에서는 큰 차이가 없었으며, 클릭과 더블 클릭의 인식율 또한 80~90%로 마우스로 사용하기에는 큰 문제가 되지 않았다. 종합적인 평가에서도 기존의 마우스와 비교해 보았을 때 큰 차이를 보이지 않았다. 제안한 마우스는 절대 좌표계 방식을 기본으로하여 상대좌표계방식도

지원되도록 구성하였다. 이렇게 함으로써 리셋의 횟수를 줄이고 보다 정밀하게 커서를 조절 할 수 있도록 구성하였다.

광센서는 주변 빛의 영향을 받으므로 눈에 반사되는 빛이 광센서 신호에 영향을 주어 원하지 않는 반응이 일어날 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 광센서와 안구의 각도를 일정하게 유지해야 하며, 외부 광원의 변화가 심한 곳에서는 오동작의 가능성이 있으므로 주의해야 한다.

#### 참고문헌

- [1] 안용식, 엄광문, 김철승, 허지운, 나유진, “자이로 센서와 인공지능경망을 이용한 장애인용 컴퓨터 인터페이스”, 의공학회지, Vol 24, 411-419, 2003
- [2] 한하나, “상지장애인의 컴퓨터 사용을 위한 무선 자이로 마우스의 개발 및 임상평가”, 감성과학, Vol 9, pp93-100, 2006
- [3] 홍경순, “음성합성 기능을 이용한 시각장애인 윈도우 인터페이스에 관한 연구”, 대한인간공학회 학술대회논문집, Vol. 2, pp. 1-5, 2000
- [4] Kwon, S.H. and Kim, H.C, "EOG-based glasses-type wireless mouse for the disabled", Proceeding of The First Joint BMES/EMBS Conference Serving Humanity, pp.592, 1999
- [5] 박민제, 강신욱, 김수찬 “머리 움직임과 눈 깜박임을 이용한 컴퓨터 마우스 개발을 위한 기초 연구”, 정보 및 제어 심포지엄, pp. 157-158, 2008.