

## 상지장애인의 컴퓨터 사용을 위한 무선 자이로마우스의 개발 및 임상평가\*

### Development and Clinical Evaluation of Wireless Gyro-mouse for the Upper Extremity Disabled to Use Computer

한하나\*\* · 엄광문\*\*\* · 송은범\*\*\* · 김철승\*\* · 허지운\*\*

Ha-Na Han\*\* · Gwang-Moon Eom\*\*\* · Eun-Beom Song\*\*\* · Chul-Seung Kim\*\* · Ji-Un Heo\*\*

건국대학교 의학공학부\*\*

Department of Biomedical Engineering, Konkuk University

삼육재활원\*\*\*

Samyook Rehabilitation Center

**Abstract** : This paper aims at the development and clinical evaluation of the wireless gyro-mouse system. The wireless gyro-mouse system is a computer interface with gyro-sensor and wireless communication, for the patients with upper-extremity disabled from the traffic accident or stroke to use the computer software i.e. internet browser. In the development, we focused on, firstly, to make the system wireless for the patients to manipulate the mouse easily even on the bed or wheelchair, secondly, to insert the gyro-sensor into a headband for easy don-and-doff and aesthetic appearance, thirdly, to devise a click switch in case of C5~C6 patients and a head nodding detection in case of C4 patients for sending click message to computer operating system. We performed evaluation experiment for patients with upper-extremities disabled from spinal cord injury. The results show that the displacement error of the cursor position against the target position during linear (vertical/horizontal) movement manipulation decreased with trial number. The click rate per minute also increased with trial number. This indicates the developed wireless gyro-mouse system would be more useful to the patients with repetitive use.

**Key words** : Mouse Interface, gyro-sensor, wireless transmission, click switch

**요약** : 본 연구에서는 교통사고나 뇌졸중 등에 의해 상지의 장애를 가지는 장애인을 대상으로 하여, 인터넷의 브라우저와 같은 소프트웨어를 사용 할 수 있는 컴퓨터 인터페이스로서 자이로센서를 이용한 무선 자이로마우스 시스템을 개발하고, 임상평가를 통해 그 유용성을 확인하고자 한다. 시스템 개발에 있어서 주안점은, 첫째, 장애

---

\* 본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원(02-PJ3-PG6-EV03-0004)으로 수행되었습니다.

† 교신저자 : 엄광문(건국대학교 의과대학 의학공학부)

E-mail : gmeom@kku.ac.kr

TEL : 043-840-3764, 3766, 852-9890

FAX : 043-852-8056, 043-851-0620

인의 경우 휠체어나 침대에 누워서 마우스 조작을 할 수 있도록 시스템의 무선화하는 것, 둘째, 착탈의 용이성과 미관을 위하여 센서를 헤드 밴드에 삽입하는 것, 셋째, 컴퓨터 운영체제에게 클릭신호를 전달하기 위하여, C5~C6 환자의 경우에는 클릭 스위치를 사용하고, C4환자의 경우에는 고개의 끄덕임을 검출하도록 하는 것이다. 개발된 시스템을 척수손상으로 인한 상지 장애인을 대상으로 평가실험을 실시하였다. 그 결과 시행횟수가 증가할수록 상하/좌우 이동시의 목표위치에 대한 실제위치의 오차가 감소하고, 1분당 클릭률이 증가하는 경향을 확인하였다. 이로부터, 개발된 무선 자이로마우스 시스템은 환자의 반복사용을 통해 그 유용성이 증가할 것을 알 수 있다.

주제어 : 마우스 인터페이스, 자이로센서, 무선전송, 클릭 스위치

## 1. 서론

정보화 시대의 도래로 개인생활에 있어서 컴퓨터와 인터넷의 필요성이 증대하면서 일상생활에서의 컴퓨터의 사용이 크게 늘고 있고, 인터넷의 급격한 보급으로 많은 유용한 정보를 인터넷상에서 얻을 수 있게 되었다. 따라서, 컴퓨터와 인터넷의 필요성은 그 어느 때보다도 고조되고 있다.

교통사고나 뇌졸중(cerebral apoplexy) 등에 의해 사지가 마비되거나 상지의 정상적인 운동능력을 상실한 환자의 경우에도, 생활의 질(QOL: Quality of Life)을 높이기 위해 컴퓨터의 조작이 매우 요망된다. 특히 국내의 경우, 장애인의 도로보행, 건물출입 등이 제한되고 사회참여도 어려운 상황이므로, 컴퓨터를 통한 간접적인 사회참여는 더욱 중요하다. 그러나, 장애의 정도가 심한 환자의 경우, 키보드, 마우스와 같은 일반적인 컴퓨터 인터페이스(HCI: Human-Computer Interface)를 사용할 수 없으므로, 이들을 위한 실용적인 인터페이스가 필요하다.

기존의 장애인을 위한 인터페이스로서, 안구전도 [7], 뇌파[5]와 같은 생체전위를 이용한 인터페이스가 있으나, 이는 안정적인 제어신호를 얻는데 한계가 있으며 사용자의 피로를 유발하는 문제가 있었다.

한편, 센서를 이용한 인터페이스로서는 다음과 같은 것이 있었다. 우선, 고감도 자기송수신시스템을 이용하여, 송신기는 외부에 배치하고 수신센서는 사용자의 머리에 장착하여 수신센서의 3차원좌표를 측정하여 이로부터 마우스커서를 제어하고자 한 연구

[4]가 있으나 시스템의 부피가 크고, 미관상의 문제가 있었다.

이와는 달리, 사용자의 머리에 부착한 센서만으로 마우스 커서를 제어하는 연구로서, 경사(tilt)센서로 마우스 커서의 움직임을 구현하고, 볼(cheek)의 부풀림을 터치센서로 검출하여 클릭을 구현한 연구와 [3], 자이로센서로 마우스 커서의 움직임을 구현하고, 눈의 의도적인 깜빡임을 적외선 센서로 검출하여 클릭으로 사용한 예도 있다[6]. 이렇게 클릭을 별도의 센서로 구현할 경우, 클릭을 검출하기 위한 센서를 사용자가 착용하기 불편하며 실제로 착용했을 때의 전체적인 크기가 커져 미관상 좋지 않으며, 클릭을 검출하기 위한 터치센서나 적외선센서의 부착 위치에 따라 클릭의 성능이 크게 좌우된다는 문제가 있다.

저자들은 이러한 문제점을 해결하기 위해, 자이로센서(Tokin CG16-D, sensitivity: 1.1mV/deg/s, range: +90deg/s, weight: 1g)를 사용하여 커서의 움직임 명령을 취득하고, 별도의 센서를 사용하여 클릭명령을 검출하는 대신 의도적인 고개의 끄덕임을 동일한 자이로센서로 검출하여 클릭신호로 사용하는 컴퓨터 마우스 인터페이스[1]를 구현한 바 있다.

그러나 이 시스템은 다음과 같은 문제를 개선할 필요가 있었다. 우선, 컴퓨터와 자이로마우스 시스템 사이가 유선으로 되어 있어 침대에 누워서 사용하거나 휠체어에 앉아 있어 컴퓨터 가까이 가지 못하는 환자들이 사용하기에는 불편했다. 그리고 자이로센서가 안경에 부착되어있어 이미 안경을 착용한 환자

들은 원래 착용한 안경 위에 또 하나의 안경을 써야 하고, 안경을 착용하지 않은 환자라 하더라도 거부감을 줄 수 있었다. 또 머리의 움직임으로 클릭을 구현했는데 상지 마비 환자라도 레벨에 따라 자유롭게는 못하지만 팔을 움직일 수 있으므로 머리의 움직임을 이용한 클릭보다는 자신의 상지의 잔존기능을 사용할 수 있는 클릭방법을 원하였으므로, 클릭방식을 사용자가 선택할 수 있도록 하는 것이 요구되었다. 그리고 기존의 연구에서는 시스템 성능평가를 정상인을 대상으로 했기 때문에 실제 장애인들이 사용했을 경우 개선되어야 할 점이 무엇인지를 알지 못했으므로 정확한 시스템 성능 평가가 필요했다.

이 연구에서는 이런 기존 연구 결과의 단점들을 개선하고, 실제 장애인들을 대상으로 성능평가를 하여 자이로마우스의 임상 적용 가능성을 알아보고자 한다.

## 2. 방법

### 2.1 시스템 개발

기존의 자이로마우스[1]는 마우스 회로와 컴퓨터 사이가 유선으로 처리되어 있어서 휠체어를 사용하는 환자가 마우스를 사용할 경우 선을 길게 늘리지 않는 이상 컴퓨터 앞에서 사용해야 한다는 단점이 있었다. 따라서 무선통신모듈을 이용하여 무선으로 처리하였다. 무선 통신 모듈로는 그림 1(a)와 같은 Korwin사의 블루투스(Bluetooth) 모듈[2], [8]을 사용하였다. 이 모듈은 일반 무선 통신 모듈과는 달리 별도의 회로나 소프트웨어가 필요 없이 연결만 하면 된다는 장점이 있다. 이 블루투스 모듈 한 쌍을 컴퓨터와 마우스 회로의 시리얼 통신 출력 부에 각각 연결하였다.

기존연구에서 개발된 자이로마우스는 안경에 자이로센서를 부착하여, 환자가 안경을 착용하고 마우스를 사용하도록 개발되었다. 그러나 환자중 안경을 이미 착용하고 있는 환자나 외관상의 거부감을 가지

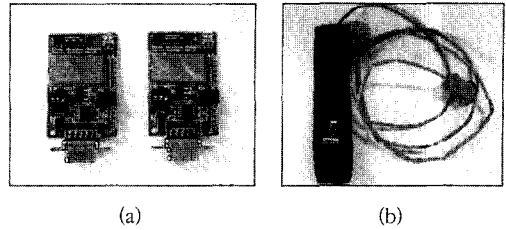


그림 1. Korwin사의 블루투스 모듈(a) 헤드 밴드 마우스(b)

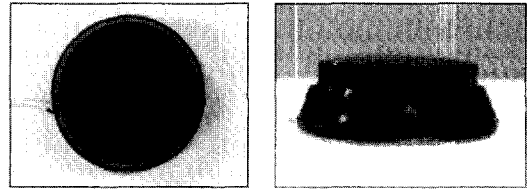


그림 2. C5-6환자를 위한 클릭용 버튼

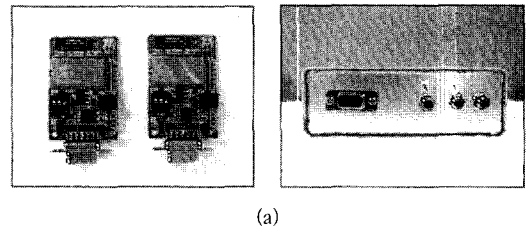


그림 3. 자이로마우스 신호처리회로(a) 및 전체시스템 구성도(b)

는 환자가 있었다. 따라서, 안경대신 운동할 때 착용하는 헤드밴드에 그림 1(b)와 같이 센서를 삽입하고, 이 센서가 헤드밴드에서 탈부착이 가능하도록 하여 위의 단점들을 개선하였다.

상지의 잔존기능을 사용하여 클릭을 수행하고자 하는 C5~C6환자들을 위한 클릭버튼을 제작하였다.

클릭버튼은 누르는 면적은 넓게 하고 가벼운 터치만으로도 클릭이 될 수 있도록 제작하였다(그림 2). 환자들이 손의 움직임이 그다지 자유롭지 않으므로, 손의 일부로 가볍게 터치하더라도 (Min. click force: 0.05KgG) 눌러질 수 있고 면적이 넓게(D: 50mm) 스위치를 선택하여 제작하였다.

무선통신모듈과 클릭버튼용 회로를 내장한 전체 시스템은 그림 3(a)와 같이 구현하였다. 이 시스템은 사용자가 휴대하게 된다. 개선된 시스템의 전체구성도를 그림 3(b)에 나타내었다. 자이로센서의 아날로그 신호는 A/D변환하였고, 클릭버튼의 신호는 마이크로프로세서가 직접 처리하였다. 기존의 유선 시리얼 케이블 대신 무선 블루투스 통신모듈을 사용하여 신호처리부와 컴퓨터본체를 무선화하였다. 이상을 종합하여 기존의 시스템과 개선된 시스템의 사양을 비교하여 Table 1에 나타내었다.

Table 1. System specification

	Previous system[1]	Improved system
PC connection	Serial cable (max 19.2kbps)	Wireless bluetooth (max 115kbps)
Click method	Nodding click only	Nodding click or Click button
Gyrosensor	1.1mV/deg/s, $\pm 90$ deg/s, 1g	1.1mV/deg/s, $\pm 90$ deg/s, 1g
Click button	none	D:50mm Min click force: 0.05KgG
Gyrosensor attachment site	Glasses	Hair band

## 2.2. 임상 평가

기존의 연구에서는 시스템 성능 평가를 정상인을 대상으로 하였기 때문에 실제 장애인이 사용했을 때의 평가가 필요했다. 그래서 이번 연구에서는 교통사고 등으로 상해를 입어 상, 하지가 마비된 C4, C5, C6 환자들을 대상으로 성능평가를 하였다(Table 2). 실험 참가자가 실험 내용을 이해하고 참가 동의서를 작성한 후 실험이 수행되었다. 대상 환자 중 C4 환

자는 팔을 전혀 들지 못하고, C5 환자는 팔을 움직이지만 손동작은 하지 못하는 경우이다. 마지막으로 C6환자는 C5 환자보다 손의 움직임이 더 자유로운 경우의 환자이다.

실험은 1일 1회씩 총 6일 동안 실시하였고, 상하/좌우 움직임 평가 실험과 마우스 종합제어 실험을 통해 성능 평가를 이어서 수행하였다. 그리고 기존의 연구에서 구현하였던 머리의 움직임을 이용한 클릭은 C4환자를 대상으로, 나머지 C5, C6 환자들은 팔을 움직일 수가 있었으므로 본 연구에서 제작한 클릭 스위치를 사용하였다.

Table 2. Subject information

	Number of subject	Residual Function
C4	1	Deltoids, Biceps
C5	1	Wrist extensors
C6	6	Triceps

### (I) 상하/좌우 이동 평가

마우스를 착용한 피험자가 컴퓨터 화면을 보면서 목표박스가 상하로 움직이는 것을 따라가도록 했다. 목표박스는 50픽셀인 정사각형으로 하였고 4초 동안 동일한 속도로 상하 이동평가의 경우 이동범위의 정 중앙에서 아래로 끝까지 이동한 후 다시 맨 위쪽까지 이동했다가 정 중앙으로 돌아오는 것을 1회로, 좌우 이동평가의 경우 이동범위의 정 중앙에서 오른쪽 끝으로 이동한 후, 왼쪽 끝으로 이동했다가 다시 정 중앙으로 돌아오는 것을 1회로 하여 피험자 1인당 6일 동안 총 6회 실험하였다.

자이로센서는 자체의 회전축을 중심으로 한 회전 각속도를 검출하여, 사용자 머리의 상하/좌우 각운동과는 중심축이 다르다. 그러나 회전축이 다르다고 해도 머리의 각운동에 의해 생성되는 자이로센서의 자체축을 중심으로 한 회전각 및 회전각속도는 동일하므로 이를 이용하여 자이로센서를 이용하여 사용자의 머리의 움직임을 검출할 수 있다. 따라서 머리의 회전운동에 따른 각속도를 실시간으로 수치적분

하여 각도변화를 산출하고, 이에 비례하여 커서가 좌우/상하로 움직이도록 하였다.

(2) 이동-클릭 평가

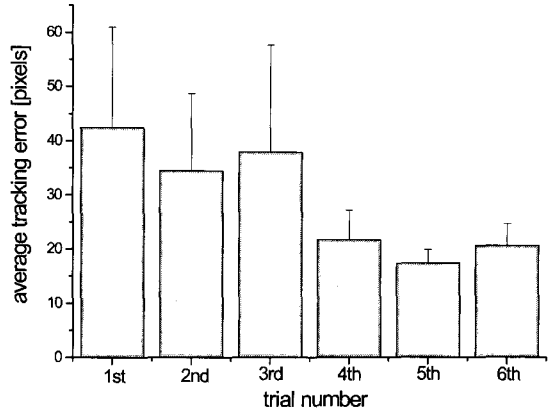
1분 동안 이동범위 안에서 랜덤 하게 움직이는 50픽셀의 목표박스를 따라 마우스 커서를 움직인 후 클릭한 횟수를 기록하였다. 이 실험은 위의 상하/좌우 움직임을 포함, 클릭 능력까지 알아보는 포괄적인 실험으로 피험자 1인당 1회씩 총 6회 실험하였다. C4환자에 한해 머리의 움직임을 이용한 클릭을 실행하였고 나머지 팔을 움직일 수 있는 환자들은 따로 제작한 클릭 스위치를 이용하여 실험을 하였다.

3. 결과

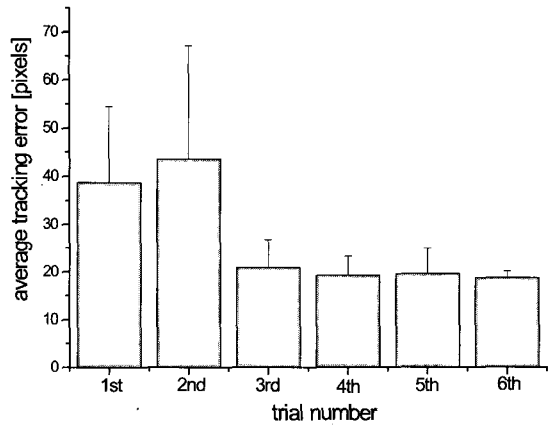
첫 번째 실험인 상하/좌우 이동 평가의 결과를 그림 4에 나타낸다. 상하 이동평가의 경우 그림 4(a)의 가로축은 실험 횟수를 나타내고 세로 축은 목표박스의 위치와 마우스 커서의 위치간의 오차를 나타낸다. 1~3회 실험에서는 오차가 상당히 컸으나(34~43pixels) 시행횟수가 증가함에 따라 오차가 감소하여 4회~5회에서는 22pixels 이하가 되고 최저오차는 5회의 시행에서 172pixels가 되는 것을 확인할 수 있다. 1~3회와 4~5회의 추종오차 간에는 대응표본 T-검정 (paired t-test)결과 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

좌우 이동 평가의 결과를 그림 4(b)에 나타낸다. 이 경우에도 1회~2회 실험에서는 컸던 추종오차가 (38~43pixels), 3회~5회에서는 20pixels 이하가 되고 최저오차는 6회의 시행에서 191pixels가 되는 것을 확인할 수 있다. 1~2회와 3~5회의 추종오차 간에는 대응표본 T-검정결과 유의한 차이가 있었다(p < 0.05).

두 번째 실험인 이동-클릭 평가의 결과를 그림 5에 나타낸다. (a)는 팔을 움직일 수 있는 C5, C6 환자들이 클릭스위치를 이용하여 실험한 결과이고, (b)는 팔을 전혀 들 수 없는 C4 환자를 대상으로 머리의



(a) 상하 이동 평가 결과



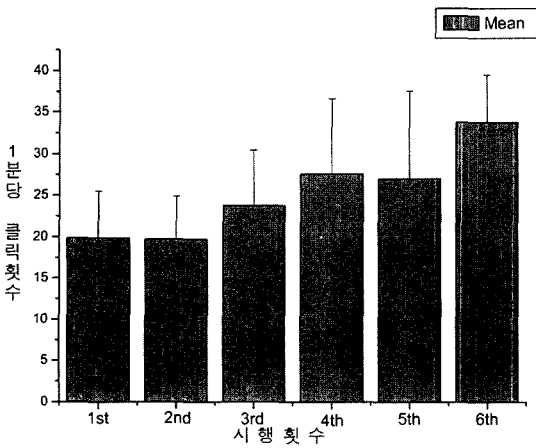
(b) 좌우 이동 평가 결과

그림 4. 상하/좌우 이동시의 오차평균

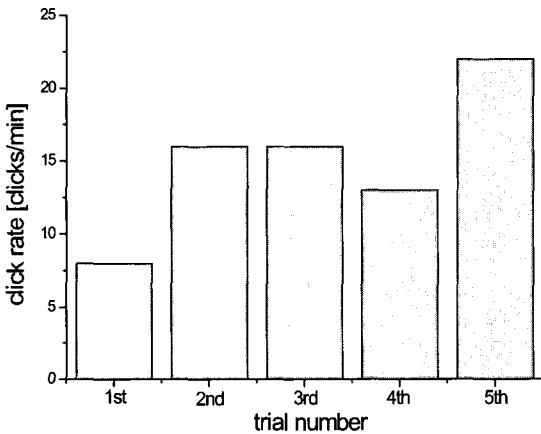
움직임을 이용한 클릭을 실행한 결과이다.

가로축은 시행횟수를, 세로축은 1분간 클릭횟수를 나타낸다. 클릭 스위치를 사용한 (a)의 경우, 시행횟수가 증가할수록 클릭횟수가 증가하는 경향을 보여서, 6회차에는 346[clicks/min]을 나타냈다. 특히 1~2회와 4~6회의 클릭률간에는 대응표본 T-검정결과 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

C4 환자를 대상으로 머리의 움직임을 이용한 클릭을 실행한 (b)의 경우에도, 시행횟수가 증가할수록 클릭횟수가 증가하는 경향을 보여서, 5회차에는 22 [clicks/min]을 나타냈다.



(a) 클릭 스위치 사용



(b) 머리의 움직임을 이용한 클릭 사용

그림 5. 이동-클릭시의 분당 클릭률

#### 4. 고찰

본 논문에서는 자이로마우스의 개선 및 임상평가를 목적으로 시스템을 무선화하고, 자이로센서회로를 안경에 부착하는 대신 헤어밴드에 내장하는 방식으로 개선하였으며, 클릭 스위치를 추가하여 머리의 움직임과 클릭스위치 중에서 사용자가 클릭방식을 선택할 수 있도록 제작하였다. 또한, 임상평가는 정상인이 아닌 실제 장애인들을 대상으로 상하/좌우 이동 평가, 이동-클릭 평가를 통해 실시하였다.

상하이동 및 좌우이동 실험결과, 시행회수가 증가함에 따라 추종오차가 유의하게 감소하여, 상하이동의 경우 172 pixels, 좌우이동의 경우 191 pixels까지

감소하였다. 클릭률의 경우에도 유사한 성능향상을 보여 클릭버튼을 사용한 경우 최대 346[clicks/min], 머리의 움직임을 이용한 클릭을 사용한 경우 최대 22[clicks/min]를 보였다.

이러한 결과가 정상인에 비해 어느 정도의 성능을 나타내는지 알아보기 위해, 정상인을 대상으로 광마우스를 사용하여 동일한 실험을 수행한 결과와 비교해 본 결과, 자이로마우스(장애인)의 최소추종오차는 광마우스(정상인)의 1.4배~1.7배였고, 클릭버튼과 머리의 움직임을 이용한 클릭을 사용할 경우의 최대 클릭률은 각각 광마우스(정상인)의 50% 및 32%였다. 이러한 결과로부터, 자이로마우스(장애인)의 경우 정상인의 마우스 조작속도 및 정확도보에는 못미치지만 실용상의 문제는 없을 것으로 판단되며, 시행회차의 증가에 따라 성능이 더욱 향상될 것으로 기대된다.

실험결과에서, 실험 초기에 이동 오차가 증가하거나 분당 클릭횟수가 줄어든 경우도 있는데 이것은 피험자들의 그날 컨디션과 의욕, 실험에 참가하고자 하는 열의의 정도에 따라 약간의 영향을 받은 것으로 생각된다. 그러나 전체적인 경향은 모두 성능이 증가하는 것을 알 수 있었다. 이 결과로부터 시간이 지남에 따라 많은 연습과 노력이 따른다면 사용하는 데 큰 불편이 없을 것으로 예상된다. 그러나 실험초기의 높은 평균 추종오차와 낮은 클릭률에 대해서 실제 사용자의 의견을 반영하여 시스템을 개선하는 것도 필요하다.

실험수행시의 난점 중 하나는 피험자들이 실험에 집중하도록 하는 것이다. 실험초기에 피험자들은 처음 접해보는 인터페이스에 거부감을 보였으나, 시행회차가 증가하여 사용에 익숙해지면서 자이로마우스의 사용에 긍정적인 반응을 보이게 되었다.

그리고 피험자들이 기존의 컴퓨터 인터페이스에 대한 다음과 같은 희망사항을 언급하였다. 첫 번째로 현재 노트북에 설치되어 있는 터치패드[9]를 현재 시판되는 것 보다 더 넓게 별도로 제작하여 어느 컴퓨터에 연결하더라도 사용할 수 있도록 했으면 좋겠

다라는 것이었다. 상지마비 환자들 중 C5, C6 환자는 팔을 움직일 수 있으므로 이런 터치패드가 있다면 환자의 무릎이나 쓰기 편한 곳에 놓고 인터넷 검색을 할 수 있을 것이다. 두 번째는 현재 터치패드는 손가락으로만 조작할 수 있고 펜이나 스틱 같은 다른 물체로는 조작이 불가능한데, 팔을 움직일 수 없는 C4환자들이 입에 스틱을 물고 사용할 수 있도록 손뿐만 아니라 다른 것이 접촉해도 작동이 되었으면 하는 것이었다.

본 연구를 바탕으로 하여 앞으로 개선 또는 수정되어야 할 내용은 다음과 같다. 첫 번째로 마우스와 회로간의 무선화이다. 이번 연구에서는 시스템과 컴퓨터 사이만을 무선으로 처리하였으나, 더 나아가 시스템과 핸드마우스 사이를 무선으로 처리한다면 환자가 사용할 경우 지금의 시스템보다 장소나 위치에 구애 받지 않고 더욱 편리하게 사용할 수 있을 것이다.

두 번째로 시스템의 소형화를 들 수 있다. 지금의 시스템보다 더욱 작게 만든다면 환자가 쉽게 가지고 다니면서 편리하게 사용할 수 있을 것이다.

세 번째로 장애인을 위한 여러 인터페이스들의 비교실험이 필요하다. 현재 나와있는 터치패드와 펜마우스[10] 등과 자이로마우스의 성능을 장애인들을 대상으로 비교해서 각 인터페이스의 장점을 조합한다면 더욱 사용하기 쉬운 인터페이스 개발이 가능할 것으로 생각된다.

## 5. 결론

기존 연구에 이어 이번 연구에서는 장애인들의 편의를 고려하여 시스템의 무선화를 이루었고, 사용자가 클릭방식을 선택하여 사용할 수 있도록 하였으며, 개선된 시스템을 사용하여 장애인들을 대상으로 임상실험을 하였다. 상하/좌우 움직임 평가는 시행횟수가 증가할수록 오차가 감소하였고 마우스 종합제어에서는 클릭스위치 사용시와 머리의 움직임을 이용한 클릭 모두 1분간 클릭 횟수가 단조 증가하는

경향을 보였다. 기존 연구의 결과와 비교했을 때 수치는 정상인에 비해 못 미치지만 시간을 두고 꾸준히 사용할 경우 점점 나은 결과를 보이리라고 생각된다.

## 후기

이 논문을 쓰기까지 많은 도움을 주신 삼육재활병원의 재활의학과 선생님들, 실험에 참여해주신 환자분들께 감사 드립니다.

## 참고문헌

- [1] 안용식, 엄광문, 김철승, 허지운, 나유진 (2003). 자이로센서와 인공지능망을 이용한 장애인용 컴퓨터 인터페이스, 대한의용생체공학회논문집, 24(3), 411-419.
- [2] 모바일 컴퓨팅추진 컨소시엄 (2001). 해설 Bluetooth, 신구문화사, 서울.
- [3] Chen, Y-L. (2001). Application of Tilt Sensors in Human-Computer Mouse Interface for People With Disabilities, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 9(3), 289-294.
- [4] Furuse, N., Watanabe, T., Futami, R., Hoshimiya, N., & Handa, Y. (1999). Control command input system using residual motor function for motor disabled patients, Japanese Journal of Medical Electronics and Biological Engineering, 37(2), 30-38.
- [5] Guger, C., Schlogl, A., Walterspacher, D., & Pfurtscheller, G. (1999). Design of an EEG-based brain-computer interface (BCI) from standard components running in real-time under windows, Biomedizinische Technik, 44, 12-16.
- [6] Kim, Y. W. (2002). Development of headset-type computer mouse using gyro sensors for the handicapped, Electronics Letters, 38(22), 1313-

1314.

- [7] Kwon, S. H., & Kim, H. C. (1999). Development of EOG-based glasses-shape wireless mouse for computer interface for the disabled, Proceedings of the 4th APCMBE, 205.
- [8] <http://www.korwin.co.kr>
- [9] <http://211.234.105.89>
- [10] <http://www.wacom.co.kr/>

원고접수 : 2005. 11. 22

수정접수 : 2006. 4. 1

게재확정 : 2006. 4. 2