

Development of the Pointing Device using EOG

朴炯俊* · 朴鍾煥** · 千宇榮***

(Hyoung-Joon Park · Jong-Hwan Park · Woo-Young Chun)

Abstract - In this paper, a new method for controlling the pointing device using EOG(electrooculogram) signal generated from eye movement was suggested. The basic idea of the method is to control the direction of pointer, as using the results of measuring each component of the horizontal EOG and the vertical EOG by angle of eye-gaze. As a practical example, pointing device controlling the personal computer's pointer is manufactured. The designed pointing device consists of pre-amplifier, A/D converter, serial transmission device and PC program. That is, first, the EOG is amplified by pre-amplifier. Secondly, the amplified EOG is digitized and transmitted to personal computer by PIC16C74A. Finally, the software for controlling the pointer on personal computer is programmed. As the result, the measured horizontal EOG and vertical EOG by eye-gaze angle had a high linearity; the correlation coefficients of the regression line were 0.998 and 0.996 respectively. And the developed pointing device is able to control the personal computer's pointer, and the average of the errors between the objective value and the observed value had 3.77% for horizontal axis and 5.85% for vertical axis. The pointing device developed in this study is able to control personal computer's pointer by subject's eye movement, that is, the user's intention. Furthermore, the algorithm of this study is applicable for many field, such as a new method remote control, a new wheelchair control and so forth.

Key Words : EOG, Pointing Device, Pre-amplifier

1. 서 론

응시 위치 추출을 통한 사용자의 관심 방향을 알고자 하는 연구는 최근에 와서 활발히 연구되어지고 있는 분야 중의 하나이다. 이러한 연구는 여러 분야에 걸쳐 응용될 수 있는데, 대표적인 것으로서 장애인의 컴퓨터 이용이나, 컴퓨터에서 마우스의 기능 대응 및 VR(virtual reality)에서의 위치 추적 장비의 대응 그리고 원격 회의 시스템에서의 조망제어 등이다.

응시 위치를 추출하기 위한 기존의 방법들로서 (1)camera-image feedback을 이용하는 방법, (2)머리의 위치를 계측하기 위한 magnetic sensor를 이용하는 방법 그리고, (3)두 카메라와 삼각 거리 측정법을 이용하는 방법 등이 연구되어왔다[1, 2]. 그러나 이러한 방법들은 여러 문제점들을 포함하고 있다. 예를 들어 (2)에 의한 방법은 부가적인 헬멧에 부착된 magnetic sensor와 head-sensing 디바이스가 필요하고, (3)에 의한 방법은 두 개의 카메라, image

processor 그리고, rotation system이 필요 하는 등의 부가적인 기기 추가로 인한 비용의 증가 및 시스템이 거대해지는 등의 문제점을 가지고 있다.

그런데, 인체내에서는 응시 위치를 변화시키기 위해서 안구의 운동을 제어한다. 이러한 안구의 운동에 의하여 발생 하는 전기신호를 EOG(electrooculogram)라 한다. 이러한 EOG는 표면전극과 pre-amplifier에 의해서 비교적 간단히 계측되고, 안구의 응시 위치 변화에 따라 높은 선형성을 가지는 것으로 알려져 있다[3, 4, 5]. 그러므로, EOG를 이용하여 응시 위치를 추출한다면 기존의 응시 위치 추출방법에 비하여 보다 저렴하고 간단한 응시 위치 추출을 위한 시스템을 구성할 수 있고, 또한 이를 이용한 응용 또한 더욱 용이해진다.

EOG를 이용한 시선입력 interface에 관한 연구는 Kuno 등에 의하여 연구되어 왔으나, 이들의 방법에는 안구의 깜박임에 의한 EOG의 overshoot의 위치를 정확히 판별할 수 있는 방법이 제시되지 않았다[6].

본 연구에서는 사용자의 응시 위치 변화에 따른 EOG의 변화량을 계측하고, 이를 이용하여 포인팅 디바이스 제작을 위한 기본 알고리즘을 구축하는 것을 목적으로 하였다. 그리고, 그 응용의 한 예로써 컴퓨터 포인터의 방향을 제어하는 장치를 제작하였다. 이를 위하여, 먼저 EOG 계측을 위한 pre-amplifier를 제작하여 안구의 주시각도에 따른 EOG의

* 正 會 員 : 圓 光 大 電 氣 工 學 科 助 教 授 · 工 博

** 準 會 員 : 圓 光 大 電 氣 工 學 科 工 碩

*** 準 會 員 : 圓 光 大 電 氣 工 學 科 碩 士 課 程

接 受 日 字 : 1999年 2月 3日

最 終 完 了 : 1999年 6月 16日

변화를 계속하고, 포인팅 디바이스를 구축하기 위한 시스템을 제작한다. 표면 전극을 통하여 계속된 EOG는 pre-amplifier 서 전처리 작업을 거쳐, PIC16C74A를 이용하여 A/D 변환되고, PC의 RS232C로 전송한다. 그리고 PC 프로그램에 의하여 RS232C에서 수신된 EOG를 처리하여, 컴퓨터의 포인터를 제어한다.

2. EOG의 계속

2.1 EOG의 발생기전

EOG(electrooculogram)의 기본은 각막(cornea)과 망막(retina) 사이의 전위차이다. 전기적으로 양성인 각막과 음성인 망막에 의하여 하나의 전압원을 이루며, 안구운동에 의한 전기적인 극성 이동에 의하여 전위차가 발생하게 된다. 이러한 전위차는 수십 μV 에서 수 mV 의 크기를 갖는데, 이를 안구 주위에 전극을 부착하여 계속한 것을 EOG라 한다[4]. EOG는 어떤 일정한 곳을 주시할 때는 정적인 기준 전위를 기록하고, 안구의 운동이 나타날 때는 그에 대응하는 파형으로 바뀐다. 즉, 안구를 움직일 때는 운동의 방향이나 주시각도에 따라서 파형의 극성과 진폭이 변화한다[4]. EOG는 일반적으로 horizontal EOG와 vertical EOG로 나누어지는데, 전극을 안구의 바깥 눈초리 부근에 수평으로 부착하여 계속한 것을 horizontal EOG라 하고, 안구의 위, 아래에 부착하여 계속한 것을 vertical EOG라 한다[4, 7].

2.2 EOG의 계속

2.2.1 계속 장치

EOG는 표면전극에 의하여 센싱된 신호를 pre-amplifier로 전처리하여 간단히 계속된다. EOG 계속시에 pre-amplifier는 센싱된 EOG를 외부의 노이즈나 인체내의 다른 전기신호에 의한 영향을 받지 않도록 하기 위해서 반드시 필요하다. 저자들은 이미 인체의 전기신호 계속을 위한 pre-amplifier에 관하여 보고한바가 있으며, 구체적인 것은 참고문헌[8]을 참조하기 바란다. 여기에서는 간단히 설명한다.

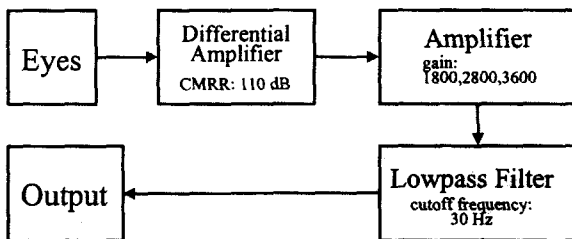


그림 1 pre-amplifier의 블록도
Fig. 1 Block diagram of the pre-amplifier

그림 1에 pre-amplifier의 블록도를 나타내었다. pre-amplifier는 차동증폭기, 증폭기, 저역통과필터로 구성된다. 먼저, 차동증폭기에서는 센싱된 EOG를 차동증폭하여 동상

성분을 제거한다. 여기에서 CMRR(common mode rejection ratio)은 110dB으로 하였다. 그리고, 증폭기에서는 차동증폭기를 거친 신호를 모니터링하기 알맞은 크기로 증폭한다. 이때의 증폭률은 1800~3600배 사이에서 선택할 수 있도록 하였다. 마지막으로, 저역통과필터를 이용하여 외부 노이즈나 인체내의 다른 신호원에 의한 노이즈를 제거하였다.

2.2.2 계속 방법

본 연구에서는 horizontal EOG와 vertical EOG를 계속하였으며, 그림 2에 EOG 계속을 위한 전극부착위치를 나타내었다. 일반적으로 EOG를 계속하기 위해서는 두 활성전극(active electrode)과 하나의 기준전극(reference electrode)을 이용한 쌍극 유도를 사용한다[4]. 본 연구에서는 기준전극을 미간의 중심에서 상단 약 2cm 위치(G)에 부착하였고, 활성전극의 위치는 horizontal EOG를 계속하기 위해서는 쌍안배치(binocular placement)방법[4]에 의하여 두 눈의 바깥쪽 눈초리에서 약 2cm 떨어진 곳(HA-1, HA-2)에 부착하고, vertical EOG를 계속하기 위해서는 오른쪽 안구의 동공에서 상단과 하단 약 2.5cm 떨어진 위치(VA-1, VA-2)에 부착하였다.

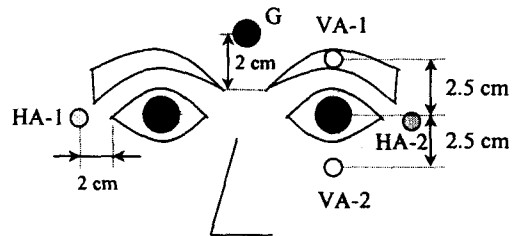


그림 2 전극부착 위치
Fig. 2 Attaching position of the electrode

그림 3은 EOG 계속을 위한 실험 방법을 설명하기 위한 그림이다. 피험자가 정면을 바라볼 때의 시선의 위치를 기준점으로 하여 제시한 목표지에 대한 horizontal EOG와 vertical EOG의 변화를 계속하였다.

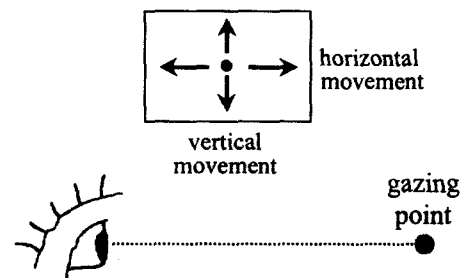


그림 3 실험방법
Fig. 3 Experimental method

2.2.3 계속 예

그림 4는 안구를 운동시켰을 때 계속된 EOG를 나타낸 것이다. 그림 4.(a)는 원점에 대하여 좌우 20°의 위치를 주

시하게 하였을 때의 horizontal EOG(그림의 하단)와 vertical EOG(그림의 상단)를 측정하였고, 그림 4.(b)는 원점에 대하여 상하 20°를 주시하게 하였을 때의 horizontal EOG와 vertical EOG를 측정한 것이다. 여기에서 그림의 세로축은 측정된 EOG의 크기를 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 그림 4.(a)에서 0~1초, 2~3초 그리고, 4~5초 구간은 원점을 주시할 때이고, 1~2초 구간은 우측 20°를 주시할 때이며, 3~4초 구간은 좌측 20°를 주시할 때이다. 그림 4.(b)의 0~1초, 2~3초, 4~5초구간은 원점을 주시할 때이고, 1~2초 구간은 상측 20°를 주시할 때이며, 3~4초 구간은 하측 20°를 주시할 때이다.

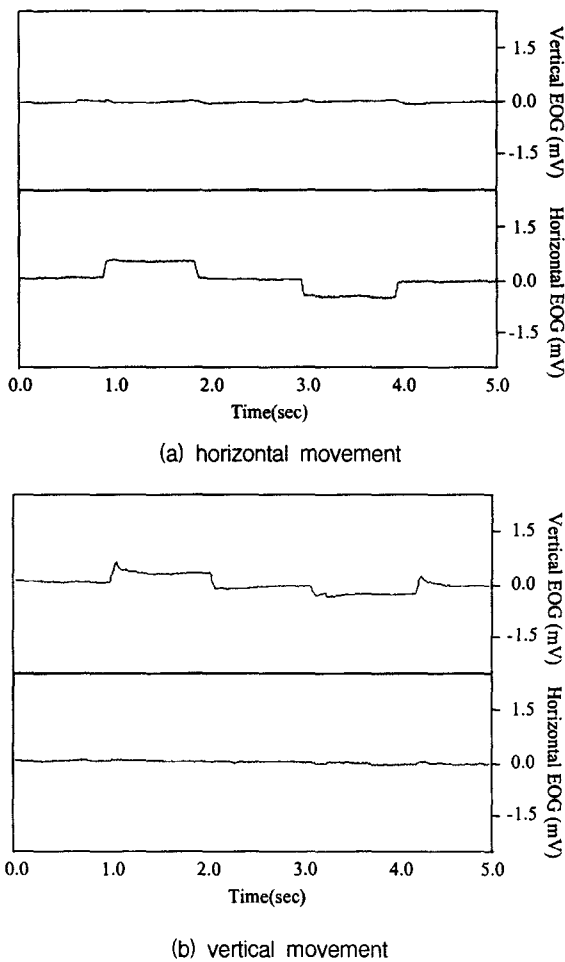


그림 4 안구 운동에 대한 EOG 측정 예
 Fig. 4 Example of the measuring EOG for the eye movements

그림 4에 나타내듯이 안구의 좌우운동시에는 주로 horizontal EOG가 변화하고, vertical EOG는 거의 변화하지 않는다. 반면에 안구의 상하운동시에는 주로 vertical EOG가 변화하고, horizontal EOG는 거의 변화하지 않음을 알 수 있다. 그림 4에서는 상하좌우 20°의 안구운동시의 측정에만을 나타내었지만, 대각선 방향이나 기타 다른 방향을 주시할 때에는 방향과 각도에 따라 조정된 horizontal EOG와

vertical EOG가 측정된다.

그리고, vertical EOG 성분에는 그림 4.(b)에도 나타내듯이 오버슈트(overshoot)현상이 계속되는데, 이는 눈섭의 운동에 의한 영향이며[3, 4], 정도가 높은 포인터의 제어를 위해서는 이 오버슈트 현상을 제거할 필요가 있다. 이에 관해서는 3.2절에서 설명한다.

2.3 안구의 주시각도에 따른 EOG의 변화

안구의 주시각도에 따른 EOG의 변화량을 측정하여 그림 5에 나타내었다. 그림 5는 피험자에게 안구와 120cm 떨어진 곳에 위치한 좌표를 주시하게 하고 실험을 한 결과이고, 각각의 주시각도에 대하여 5회의 실험을 하여 측정된 EOG의 평균값과 표준편차를 나타내었다.

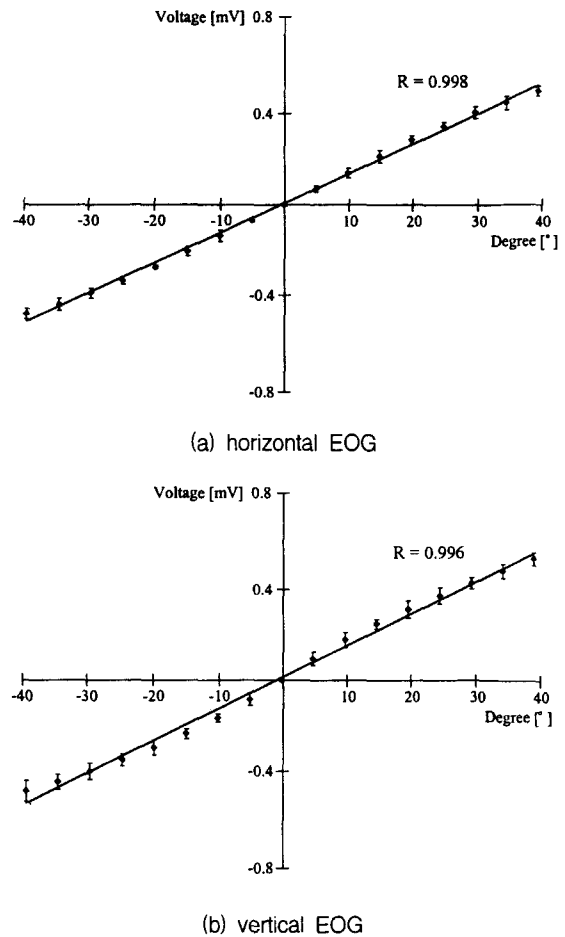


그림 5 안구의 주시각도에 따른 EOG의 변화
 Fig. 5 Change of the EOG by the angle of eye-gaze

그림 5.(a)는 안구의 좌우운동에 의하여 측정된 horizontal EOG를 나타낸 것이고, 5.(b)는 안구의 상하운동에 의한 vertical EOG를 나타낸 것이다. 여기에서, 세로축은 EOG의 크기를 나타내고, 가로축은 주시각도를 나타낸다. 그림 5.(a)에서의 음(-)의 각도는 기준점을 중심으로 좌측을 주시할 때를, 양(+)의 각도는 우측을 주시할 때를 의미하고, 그림

5.(b)에서의 음의 각도는 기준점을 중심으로 하측을 주시할 때, 양의 각도는 상측을 주시할 때를 의미한다. 그림에서의 실선은 선형회귀선을 그린 것이다.

그림 5.(a)와 5.(b)에서 나타내듯이 horizontal EOG와 vertical EOG의 선형회귀에 있어서 상관계수 r은 각각 0.998과 0.996이었다. 이 상관계수를 볼 때 안구의 주시각도에 따른 EOG의 변화는 거의 선형에 가까움을 알 수 있다.

3. PC상의 포인팅 디바이스의 구현

3.1 시스템의 구조

그림 6은 본 연구에서 개발한 EOG를 이용한 PC상의 포인팅 디바이스 구현을 위한 처리과정을 개략적으로 나타낸 것이다. 먼저 표면전극을 이용하여 감지된 EOG는 pre-amplifier와 전압레벨변환장치에 의하여 전처리되고, PIC16C74A에 의하여 A/D 변환되어 PC의 RS232C로 전송된다. 그리고, 프로그램에 의하여 PC의 RS232C에서 수신된 EOG를 처리하여 컴퓨터의 포인터를 제어할 수 있게 한다.

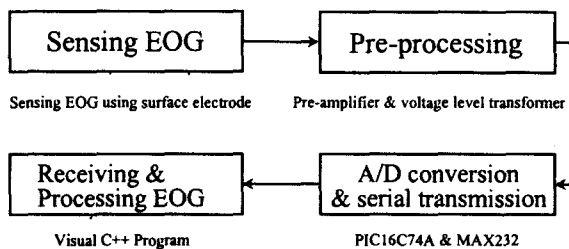


그림 6 EOG를 이용한 포인팅 디바이스의 블록도
Fig. 6 Block diagram of the pointing device using EOG

3.1.1 A/D 변환 및 시리얼 전송 장치

EOG를 PC에서 사용하기 위해서는 아날로그 값인 EOG를 디지털로 변환하여 이를 PC에 전송해야 한다. 이를 위하여 그림 7에 나타내듯이 PIC16C74A와 MAX232를 이용하였다.

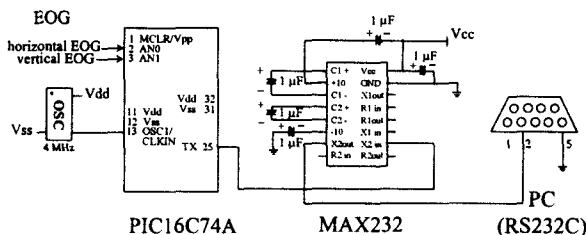


그림 7 A/D 변환 및 시리얼 전송장치
Fig. 7 A/D conversion and serial transmission device

PIC16C74A는 EPROM에 기록된 프로그램에 의하여 작동한다. 계측된 horizontal EOG와 vertical EOG를 각각 100 samples/sec의 sampling rate로 A/D 변환하고, A/D변환된 데이터를 PC의 RS232C로 9600의 baud rate로 전송하도록 프로그램하였다. 그리고, MAX232를 이용하여 TTL레벨인

PIC의 출력값을 RS232C 통신레벨로 변환하여 PC로 시리얼 전송하였다.

이러한 동작을 하기 위한 PIC프로그램은 그림 8과 같이 프로그램 되었다.

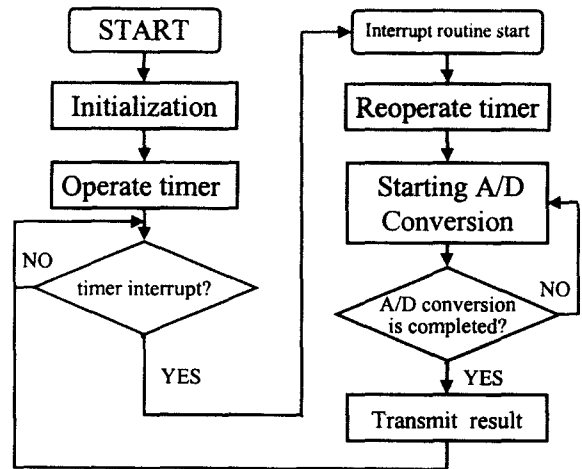


그림 8 PIC 프로그램 순서도
Fig. 8 Flow chart of the PIC program

프로그램이 시작된 후 먼저 초기화를 한다. 초기화 부분에서는 A/D변환 설정, 시리얼전송 설정, 타이머 설정 등을 한다. A/D변환은 두 채널을 변환시키도록 설정하였고, 시리얼 전송은 비동기모드, 9600 baud rate로 설정하였다. 타이머는 100 samples/sec의 sampling rate에 맞추어 설정하였다. 이는 본 연구에서 A/D변환의 sampling rate를 설정하기 위하여 PIC에 내장된 타이머가 overflow할 때에 인터럽트가 발생하는 것을 이용하였기 때문이다. 다음으로 타이머를 구동시키고, 타이머가 overflow하여 인터럽트가 발생할 때까지 대기한다. 그리고, 타이머가 overflow하여 인터럽트가 발생하면 인터럽트 루틴으로 분기한다.

인터럽트 루틴에서는 먼저 overflow한 타이머를 다음의 A/D변환을 위하여 재구동 한다. 그리고, 각 채널에 대한 A/D변환을 한다. A/D변환이 완료되면, 변환된 값을 PC의 RS232C로 전송한다. 그리고 다시 타이머 인터럽트가 발생할 때까지 대기한 후 위의 과정을 반복한다.

이와 같이 프로그램한 PIC프로그램과 그림 7의 장치에 의하여, 계측된 두 채널의 EOG 데이터를 PC에 전송하였다.

3.1.2 EOG의 수신 및 처리

PC에 수신된 EOG를 PC상의 프로그램으로 처리하여 포인팅 디바이스를 구현하였다. PC상의 프로그램은 microsoft사의 visual C++를 이용하였고, 그림 9와 같이 프로그램 되었다.

프로그램이 시작된 후 먼저 초기화를 한다. 초기화 과정에서는 통신포트 및 수신속도 등을 설정한다. 통신포트는 임의대로 수정할 수 있게 하였으며, 수신속도는 PIC 프로그램에서와 마찬가지로 9600의 baud rate로 설정하였다. 다음으로 통신포트를 검사하여 설정한 통신포트에서 데이터가 수신되는지 검사한다. 데이터가 수신된다면, blinking에 의한

영향을 제거하고(3.2절 참조), 포인팅 디바이스의 역할을 하도록 처리한다.

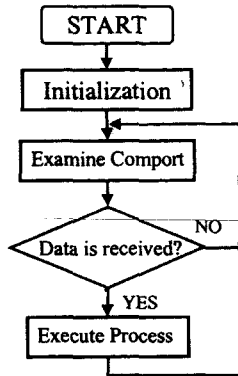


그림 9 PC 프로그램의 순서도
Fig. 9 Flow chart of the PC program

그리고, 안구의 주시점과 포인터가 가리키는 위치를 일치시키기 위하여 식(1)과 (2)을 이용하여 scaling 하였다. 즉, 포인터의 위치를 P라하고, P의 수평성분을 P_h , P의 수직성분을 P_v 라 하면,

$$P_h = (L_h/S.F_h) \times mEOG_h \quad (1)$$

$$P_v = (L_v/S.F_v) \times mEOG_v \quad (2)$$

가된다. 여기에서 아래 첨자 h와 v는 각각 수평성분과 수직성분을 의미한다. 그리고 L은 표현하고자하는 포인터 위치의 최대 범위 즉, 포인터가 표시하는 화면에 있어서 기준점에 대한 최대각도이다. S.F는 scaling factor로서 그림 5에 있어서의 최대각도(L)에 대한 EOG값을 나타내며, mEOG는 포인터 제어를 위해 수신된(계측된) EOG값을 나타낸다. 예를 들면, 그림14에 나타난 것과 같이 안구와 60cm 떨어진 17inch 모니터에서 포인터제어를 할 경우에는 L_h 는 164mm(최대각도는 15.29°), L_v 는 123mm(최대각도는 11.59°)이며, 이 경우의 scaling factor는 그림5로부터 $S.F_h$ 는 0.23mV, $S.F_v$ 는 0.17mV이다.

3.2 vertical EOG의 오버슈트 처리

vertical EOG에는 그림 10과 같이 눈꺼풀의 움직임에 의한 오버슈트 현상이 일어난다. 이러한 오버슈트의 형태는 보통 두 가지로 나누어진다. 첫째는 그림 10의 처음 3초 동안의 두 오버슈트 파형과 같이 보통의 안구운동시 안구에 충분한 수분을 공급하기 위한 무의식적이거나 의식적인 깜박임에 의한 오버슈트 현상으로서 약 0.7초의 주기를 가진다. 둘째는 그림 10의 3~8초 구간에 표시한 것과 같이 saccade 운동시의 눈꺼풀의 움직임으로 인한 오버슈트 현상으로서 약 0.5초의 주기를 가진다[4]. 즉, 정확한 포인팅 디바이스 구현을 위해서는 이러한 vertical EOG에 계측되는 오버슈트 현상을 제거할 필요가 있다. 제작한 PC프로그램에

는 이를 제거하기 위한 과정이 포함되어있으며, 이러한 과정을 오버슈트 감지방법과 오버슈트 제거방법으로 나누어 설명한다.

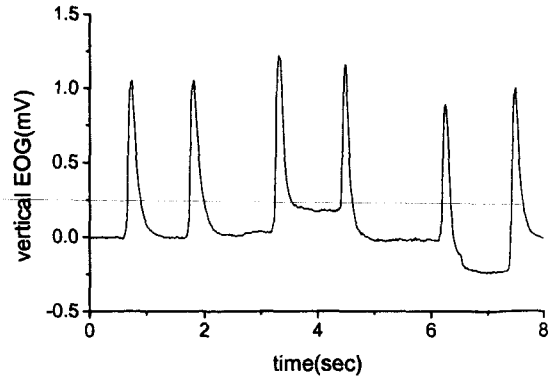


그림 10 안구의 깜박임 및 상하운동시에 계측된 vertical EOG

Fig. 10 The measured vertical EOG with eye's blinking and vertical movement

3.2.1 오버슈트 감지방법

그림 11의 점선은 그림 10의 안구의 깜박임 및 상하운동시에 계측된 vertical EOG이다. 그리고, 실선은 vertical EOG 각각의 샘플에 대하여 앞 샘플과 현재 샘플의 차를 구한 값 $(f(n-1) - f(n))$ 이다. 즉, 샘플간의 차를 구한 값이란 EOG를 미분한 것과 유사한 의미를 갖는다. 계측된 EOG의 플랫폼 부분에서는 0의 값을 갖고, 증가 부분에서는 양의 극성을 갖으며, 감소 부분에서는 음의 극성을 갖는다.

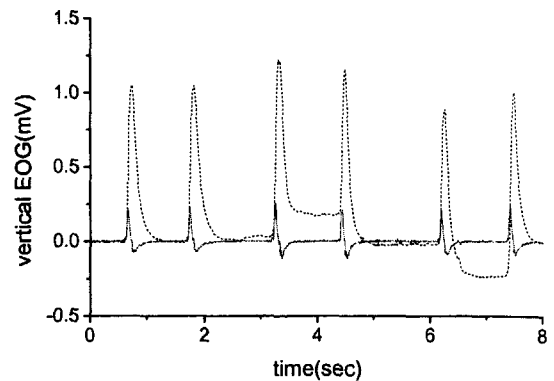


그림 11 오버슈트의 감지
Fig. 11 Detection of the overshoot

본 연구에서는 샘플간의 차를 이용하여 오버슈트의 유무(有無)를 판정하였다. 즉, 샘플간의 차가 0.2mV 이상(즉, 그림 11의 실선의 값이 0.2mV 이상인 곳)이 되면 오버슈트 현상이 있는 곳으로 판정하고, 이 때의 극성이 양에서 음으로 변하는 곳을 vertical EOG의 오버슈트 피크로 판정하였다. 여기

를 이용하여 설정한 임계치이다. 각 피험자에 있어서의 샘플간의 차를 산출함으로써 생기는 파형(그림 11의 실선)의 피크값을 조사한 결과 최소값이 0.23mV이었으나, 검출율을 높이기 위하여 최소값보다 낮은 0.2mV로 임계치를 설정하였다.

3.2.2 오버슈트 제거방법

그림 12는 오버슈트의 제거 개념을 설명하기 위한 그림이다.

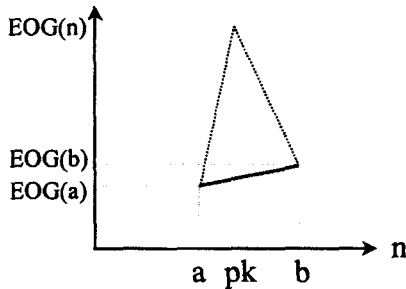


그림 12 오버슈트의 제거 개념
Fig. 12 Concept of the elimination of overshoot

점선은 vertical EOG의 오버슈트를 모의한 것이고, pk는 감지된 피크점을 나타내고, a는 pk로부터 14샘플 전인 오버슈트의 시작점, b는 pk로부터 56샘플 후인 오버슈트의 끝점을 나타낸다. 여기에서 a, b의 값은 본 연구에서 측정한 피험자 5명의 데이터틀 기준으로 하여 설정한 값이다.

$$EOG(m) = \frac{EOG(b) - EOG(a)}{b - a} \times (m - a) + EOG(a) \quad (3)$$

여기에서, m은 a와 b사이의 샘플점을 의미하며, m = 1, 2, 3, ..., 70이다. 즉, 본 연구에서는 감지한 오버슈트 파형의 pk 위치를 기준으로 하여 시점 a, b 사이를 식 1을 이용하여 그림 12의 실선과 같이 선형 직선으로 대체하였다.

그림 13에 실제 측득된 EOG를 이용하여 오버슈트를 제거한 예를 나타내었다.

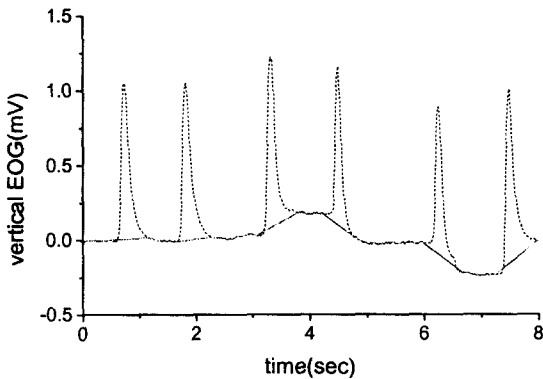


그림 13 오버슈트의 제거결과
Fig. 13 Result of the elimination of overshoot

본 연구에서와 같은 방법을 이용할 때에는 실제 EOG의 발생시간보다 포인팅 디바이스의 작동시간은 70샘플 즉, 0.7초의 지연이 일어난다.

3.3 작동결과

그림14에 제작한 EOG를 이용한 포인팅 디바이스 시스템의 작동 결과의 예를 나타내었다.

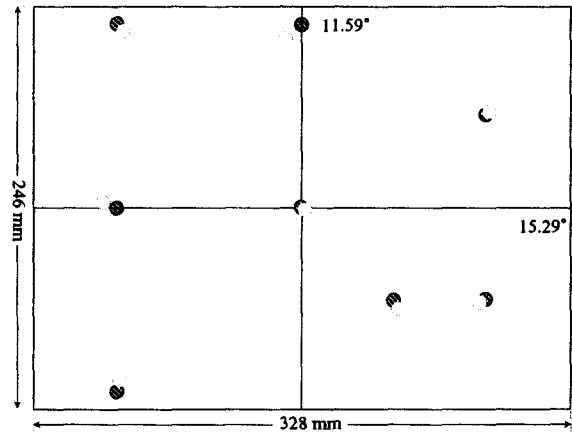


그림 14 EOG를 이용한 포인팅 디바이스의 작동결과
Fig. 14 Operating result of the pointing device using EOG

안구와 60cm 떨어진 곳에 위치한 17inch 모니터의 화면에 임의의 목표점을 제시하고 피험자가 이를 주시할 때의 포인터의 위치를 측정한 것이다. 그림에서 짙은 원은 목표점의 좌표, 옅은 원은 포인터의 좌표를 나타낸다. 결과로서, 제작한 EOG를 이용한 포인팅 디바이스는 가로축에서 평균 3.77%의 오차와, 세로축에서 평균 5.85%의 오차를 가지고 작동하였다. 가로축, 세로축에 대한 이들 오차는 식 4를 이용하여 산출하였다.

$$\text{오차}(\%) = \left| \frac{(\text{목표점의 좌표} - \text{포인터좌표})}{\text{목표점의 좌표}} \right| \times 100 \quad (4)$$

4. 고찰

본 연구에서의 EOG를 이용한 포인팅 디바이스를 제작하기 위한 과정은 pre-amplifier의 제작, 안구의 주시각도에 따른 EOG의 변화 측정, 그리고 포인팅 디바이스의 제작의 세 부분으로 나누어진다. 먼저 EOG 측정을 위한 pre-amplifier를 제작하여 안구의 주시각도에 따른 EOG의 변화를 측정하고, 이를 토대로 EOG를 이용한 포인팅 디바이스를 제작하였다.

표면 전극을 이용하여 측정되는 EOG에는 안구 운동에 의해 발생하는 전위뿐만 아니라 다른 생리적 요소의 artifact인 뇌파와 근전도가 포함되어 측정된다[7, 9]. Alpo[7] 등은 전극을 안구에 가깝게 부착할수록 뇌파와 근전도가 적게 포함되어 측정된다고 보고하고 있으며, 포인팅 디바이스의 제어를 위해서는 이러한 전극위치를 참고로 하여 선정할 필요

가 있다. 그리고, ENG(electronystagmogram) 혹은 ERG(electroretinogram)와 같은 회전, 빛 등의 외부자극에 의한 신호가 EOG에 포함될 수 있으나, 본 연구에서는 이러한 외부자극이 없는 환경에서 실험하였다. 그러나, 본 시스템의 일반화라는 관점에서 고려하면, 앞으로 환경변화 등의 외부자극에서도 안구운동(EOG)을 추출할 수 있는 신호처리방법 등의 개발이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

제작한 포인팅 디바이스는 그림 14에 나타나듯이 다소의 오차를 갖는다. 이는 실험시 피험자의 목운동의 영향이 큰 것으로 생각되며, 이를 해결하기 위해서 머리의 이동 상태와 목표물과의 거리를 감지하여 이를 보정해주는 장치를 추가할 필요가 있다.

더 나아가 본 연구에서 EOG를 이용한 방법과 달리 다음과 같은 방법으로서 방향 제어가 필요한 곳으로의 응용을 고려해 보았다. 즉, 안구운동에 의한 horizontal EOG와 vertical EOG에 대하여 상, 하, 좌, 우에 대한 일정한 한계치(threshold)의 값을 넘을 때에만 시스템이 작동하도록 한다면, 그림 15와 같이 상, 하, 좌, 우, 및 4곳의 대각선 방향에 대한 방향을 제어할 수 있다. 이러한 방식으로 방향제어가 중요시되는 휠체어의 방향제어나 TV 리모콘 등의 제어에 응용이 가능할 것으로 사료된다.

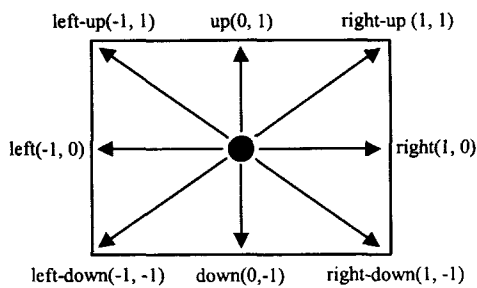


그림 15 EOG를 이용한 방향 제어
Fig. 15 Control of the direction using EOG

5. 결론

본 연구에서는 안구의 주시각도에 따른 EOG의 변화를 계측하고, 이를 이용하여 포인팅 디바이스 제작을 위한 기본 알고리즘을 구축하였다. 그리고 그 응용의 한 예로서 컴퓨터 포인터의 방향을 제어하는 장치를 제작하였다. 이하에 본 연구의 성과를 요약한다.

- 안구의 주시각도에 따라 EOG의 변화를 계측한 결과, horizontal EOG와 vertical EOG는 각각 상관계수 0.998과 0.996을 갖는 높은 선형성을 나타내었다.
- 개발된 포인팅 디바이스로서 컴퓨터 화면상의 포인터를 제어하는 장치는 가로축에서 평균 3.77%, 세로축에서 평균 5.85%의 오차로 동작하였다.
- 제안된 방법은 예시한 컴퓨터 화면상의 포인터를 제어하는 장치 외에도 방향 지시 제어를 목적으로 하는 여러 공학 분야에 응용이 될 것으로 사료된다.

본 연구는 1998년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 연구됨

참고 문헌

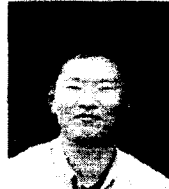
- [1] Thomas E. Hutchinson, K. Preston White, Jr. Worthy N. Martin, Kelly C. Reichert and Lisa A. Frey, "Human-Computer Interaction Using Eye-Gaze Input" IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 19, No. 6, pp. 1527-1533, 1989. 6.
- [2] Yoshinobu Ebisawa, Masao Ohtani and Akira Sugioka, "Proposal of a zoom and focus control method using an ultrasonic distance-meter for video-based eye-gaze detection under free-head conditions", Proceedings of the 18th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1996. 10.
- [3] 박종환, 천우영, 박형준, "Man-Machine Interfacing을 위한 EOG의 벡터화", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 604-606, 1998. 7.
- [4] John L. Andreassi, "Psychophysiology: Human Behavior & Physiological Response", Lawrence Erlbaum Associates, pp. 190-217, 1995.
- [5] Cai RH, Pouget A, Schlagrey M and Schlag J, "Perceived Geometrical Relationships Affected by Eye-movement Signals", Nature, Vol. 386, No. 6625, pp. 601-604, 1997. 4.
- [6] Yoshiaki Kuno, Tohru Yagi, Ikkou Fujii, Kazuo Koga and Yoshiki Uchikawa, "Development of Eye-gaze Input Interface using EOG", 情報處理學會論文誌, Vol. 39, No. 5, pp. 1455-1462, 1998. 5.
- [7] Alpo Varri, Kari Hirvonen, Veikko Hakkinen, Joel Hassan and Pekka Loula, "Nonlinear eye movement detection method for drowsiness studies", International Journal of Medical Computing, Vol. 43 No. 3, pp. 227-242, 1996. 12.
- [8] 박종환, 천우영, 박형준, 박병림, "인체전기신호계측을 위한 pre-amplifier의 제작", 한국감성과학회 연차학술대회논문집, pp. 179-182, 1997. 11.
- [9] Boukadoum AM and Ktonas PY, "EOG-based recording and automatic detection of sleep rapid eye movements", Psychophysiology, Vol. 23, No. 5, pp. 598-611, 1986.

저 자 소 개



박 형 준 (朴 炯 俊)

1961년 5월 13일 생. 1984년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1989년 일본 오오사카 대학 대학원 졸업(석사), 1993년 일본 오오사카대학 대학원 졸업(박사). 1993년 ~ 현재 원광대 공대 전기공학과 조교수



천 우 영 (千 宇 榮)

1970년 11월 10일 생. 1998년 원광대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정



박 중 환 (朴 鍾 煥)

1975년 8월 13일 생. 1997년 원광대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공석).