

## EOG를 이용한 디지털 화면상의 방향지시기 개발

박종환\* · 천우영\* · 박현준\*  
· 원광대학교 전기공학과

### Development of Pointing Device on Digital Display

Jonghwan Park · Wooyoung Cheon · Hyungjun Park  
Dept. of Electrical Engineering, Wonkwang University

**Abstract** - In this paper, a new method for controlling the pointing device on digital display using EOG(electrooculogram) which is generated from eye movement, was suggested. The manufactured system is consisting of pre-amplifier, A/D converter, serial transmission device and PC program. The EOG is amplified by pre-amplifier. And the amplified EOG is digitized and transmitted to personal computer via rs-232c by PIC16C74A. Finally, the software for controlling the pointer on digital display is developed on computer.

As the result, the error between the real subject's viewing point and the point indicated by the developed pointing device on digital display was investigated into the average value, 0.72 degree for horizontal axis, 0.96 degree for vertical axis.

The pointing device developed in this study is controlled 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.

#### 1. 머리말

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 대용 및 VR(Virtual Reality)에서의 위치 추적 장비의 대용 그리고 원격 회의 시스템에서의 viewing controlling 등이다.

응시 위치를 추출하기 위한 방법으로서 (1) camera-image feedback을 이용한 automatic focusing system, (2) 머리의 위치를 계측하기 위한 자기센서를 이용한 open-loop system 그리고, (3) 두 카메라와 삼각 거리 측정법을 이용한 open-loop system 등이 있다[1,2]. 그러나 이러한 방법들은 여러 문제점을 포함하고 있다. 예를 들어 (2)에 의한 방법은 부가적인 helmet mounted 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 대체해지는 등의 문제점을 갖고 있다.

최근에는 이러한 방법 외에 안구운동시 발생하는 인체 내의 전기신호인 EOG(electrooculogram)를 이용한 응시 위치 추출 방법이 연구되어지고 있다[3,4,7]. EOG는 표면 전극과 pre-amplifier에 의해서 비교적 간단히 계측되고, 응시 위치의 변화에 따라 높은 선형성을 가진다[3,4]. 그러므로, 기존의 방법에 비하여 보다 저렴하고 간단한 응시 위치 추출을 위한 시스템을 구성할 수 있고, 또한 이를 이용한 응용 또한 더욱 용이해진다.

본 연구에서는 EOG를 이용하여 사용자의 응시 위치

를 추출하고, 이에 의한 디지털 화면상의 방향지시기를 개발하는 것을 목적으로 한다. 그림 1에 본 연구에서 개발하고자 하는 시스템의 전체 구조를 표시하였다.

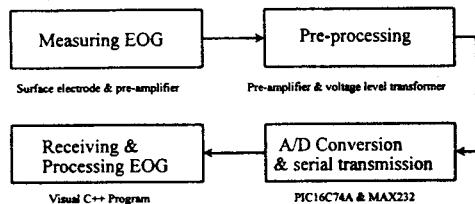


그림 1. 제작한 시스템의 구조

제작한 시스템은 EOG 계측을 위한 pre-amplifier와 A/D변환 및 직렬전송장치, 그리고 PC내의 프로그램으로 구성된다. 표면 전극을 통하여 계측된 EOG는 pre-amplifier에서 전처리 작업을 거치며, PIC16C74A에 의하여 A/D 변환되어 PC의 rs-232c로 전송된다. 그리고 PC내의 프로그램에 의하여 rs-232c에서 수신된 EOG를 처리하며, 디지털 화면상의 포인터를 제어할 수 있게 된다.

#### 2. EOG 계측 장치

안구는 전기적으로 양성인 각막과 음성인 망막에 의하여 하나의 전압원을 이루며, 안구운동에 의한 극성이동에 의하여 전위차를 발생하게 된다. 이러한 전위차를 안구주위에 전극을 부착하여 계측한 것을 EOG라 한다[3,4,6,7].

EOG는 표면전극과 pre-amplifier에 의하여 간단히 계측된다. 그림 2의 전극부착 위치에 표면전극을 부착하여 안구의 전위차를 계측하고, 이를 pre-amplifier를 이용하여 차동증폭 및 증폭, 필터링 처리하여 EOG를 계측하게 된다[6].

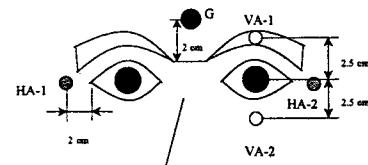


그림 2. EOG 계측을 위한 전극부착 위치

본 연구에서 제작한 방향지시기를 위해서는 horizontal-EOG와 vertical-EOG를 각각 1 채널씩 계측하였다[3,4,7].

#### 3. 전압레벨 변환장치

일반적으로 안구 운동시에 계측되는 EOG는 시선의 상하(vertical-EOG) 혹은 좌우(horizontal-EOG)의 방향을 구분하기 위하여, 전압레벨로 표현할 때 기준 전위를 중심으로 양(+V)과 음(-V)의 두 극성을 이용한

다. A/D변환 및 직렬전송을 위하여 PIC16C74A가 사용되는데, PIC16C74A의 아날로그 입력 범위가 0~5V 이므로 EOG를 올바르게 처리하기 위해서는 EOG의 전압레벨을 PIC의 전압레벨에 맞도록 조정해야 할 필요가 있다.

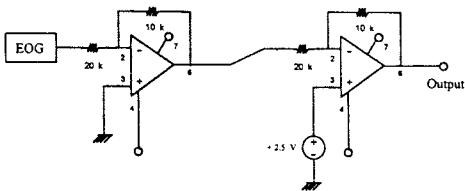


그림 3. EOG의 전압레벨 변환장치

그림 3의 회로를 이용하여 EOG의 전압레벨을 PIC 전압레벨에 맞게 조정하였다. 즉, 본 연구에서 사용한 pre-amplifier의 출력 범위는 -10에서 +10V 사이이므로 EOG를 1/4의 증폭률로 증폭하면 -2.5~2.5V의 레벨을 가지게 되고, 두 번째 반전 증폭기의 비반전 입력단자에 2.5V의 전압을 인가함으로써 0~5V의 전압레벨을 갖게 된다.

#### 4. A/D변환 및 직렬전송 장치

##### 4.1 구조 및 기능

EOG를 PC에서 이용하기 위해서는 아날로그 데이터인 EOG를 A/D변환하여 이를 PC에 전송해야 한다. 본 연구에서는 이를 위하여 PIC16C74A와 MAX232를 이용하였다(그림 4 참고).

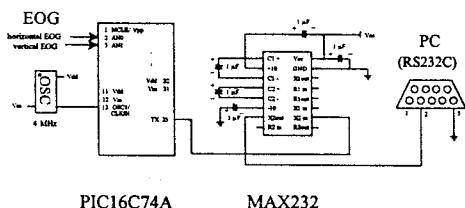


그림 4. A/D변환 및 직렬전송 장치의 구조

PIC16C74A는 EPROM에 기록된 프로그램에 의하여 작동하는데, horizontal EOG와 vertical EOG를 각각 100 samples/sec의 sampling rate로 A/D 변환하고, A/D변환된 데이터를 PC의 RS232C로 9600bps의 Baud rate로 전송하도록 프로그램하였다. 그리고, MAX232를 이용하여 TTL레벨인 PIC의 출력값을 RS232C 통신레벨로 변환하여 PC로 직렬전송 하였다.

##### 4.2 PIC 제어 프로그램

PIC를 제어하기 위한 PIC 프로그램은 그림 5와 같이 프로그램 되었다

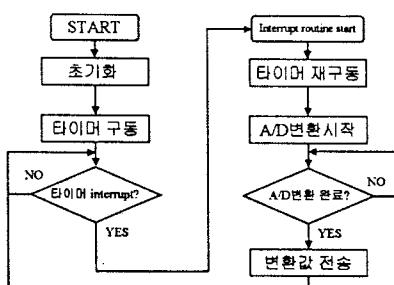


그림 5. PIC 제어 프로그램의 순서도

##### ①. 시작

##### ②. 초기화

- 채널 수 및 A/D 모듈 설정
- 직렬 전송 설정: baud rate를 9600으로, 비동기모드로 전송.

· 타이머 설정: 타이머가 overflow될 때마다 타이머 인터럽트가 발생하는 것을 이용하여 sampling rate를 설정함. 즉, 100samples/sec로 sampling rate를 갖도록 타이머 설정.

##### ③. 타이머 구동

· 타이머 인터럽트가 발생할 때까지 타이머 구동. 타이머 인터럽트가 발생하면 인터럽트 루틴으로 분기.

##### \*인터럽트 루틴

- ①. 타이머 재구동
- ②. A/D변환 시작
- ③. 두 채널의 아날로그 입력에 대하여 A/D변환
- ④. 변환값 전송
- ⑤. 설정한 포트로 변환한 값 전송
- ⑥. 인터럽트 루틴 탈출

인터럽트 루틴을 탈출하면 설정한 타이머 값이 overflow할 때까지 타이머를 증가시키고, overflow하면 다시 인터럽트 루틴으로 분기한다. 즉, 원하는 sampling rate에 따라 A/D변환하여 PC에 전송할 수 있게 된다.

#### 5. 방향 지시기의 구현

##### 5.1 PC상의 처리 방법

PC에 수신된 EOG를 처리하여 방향 지시기를 구현하였다. 이를 위하여 MS의 Visual C++를 이용하였다. PC 프로그램은 그림 6과 같이 프로그램 되었다.

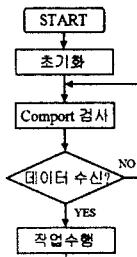


그림 6. PC 프로그램 순서도

초기화 과정에서 컴포트 및 전송속도 등을 설정하고, 컴포트를 검사하여 설정한 컴포트에서 데이터가 수신되는지 검사한다. 데이터가 수신된다면, blinking에 의한 영향을 제거하고, 방향 지시기의 역할을 하도록 처리한다. blinking 처리에 대해서는 5.2절에 설명하였다.

##### 5.2 blinking 처리

안구의 상하운동시의 vertical EOG는 blinking에 의한 overshoot를 가진다[3,4]. 올바른 방향지시기를 위하여 반드시 이를 제거해야만 한다.

vertical EOG의 blinking 파형을 계측한 결과, blinking은 피크 값을 갖는 곳으로부터 후반부로 0.14초, 전반부로 0.56초 즉, 0.7초 동안 영향을 미치었다. blinking에 의한 영향을 제거하기 위하여 본 연구에서는 다음과 같이 하였다.

- ①. 수신한 EOG를 지연시켜 blinking 파형을 감지한다.

수신한 EOG를 0.56초 동안을 지연시키고, 차분을 이용하여 blinking 파형의 피크 값을 나타내는 곳을 감지한다.

- ②. 감지한 곳의 blinking 파형을 제거한다.

$f(n) = (f_{0.56} - f_{-0.14}) \times n/70 + f_{-0.14}$  (식-1)

식-1을 이용하여 blinking 파형을 제거하였다. blinking 파형의 주기가 0.7초 즉, 70sample이기 때문에 n은 1에서 70까지이고,  $f_{-0.14}$ 은 감지한 곳의 0.14초 전의 값,  $f_{0.56}$ 은 0.56초 후의 값이다.

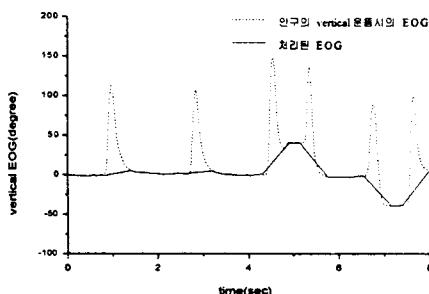


그림 7. blinking 처리 예(점선: 처리되기 전의 vertical EOG, 실선: 처리된 후의 vertical EOG)

그림 7은 blinking 처리 결과를 나타낸 예이다. 그림과 같이 blinking에 의한 영향이 거의 제거됨을 알 수 있다.

## 6. 결과

그림 8은 제작한 EOG를 이용한 디지털화면상의 방향지시기에 의하여 컴퓨터의 포인터를 이동하도록 한 결과이다.

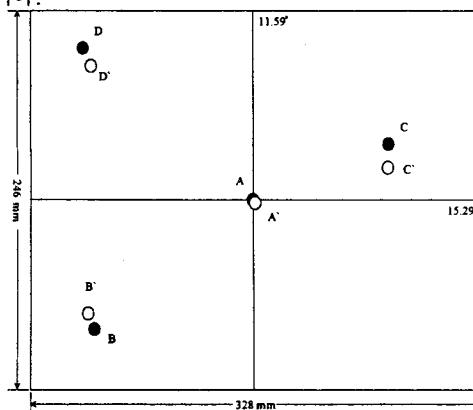


그림 8. EOG를 이용한 방향지시기의 작동 결과 (60cm 거리에서 17인치 모니터 안의 임의의 좌표를 주시하게 함; 실제로 주시한 좌표[A, B, C, D]와 프로그램의 포인터가 나타내는 좌표[A', B', C', D']를 표시)

제작한 시스템에 의한 작동결과로서, 피험자의 주시좌표와 제작한 포인팅 디바이스가 가리키는 좌표사이의 오차는 horizontal-축에서  $0.72^{\circ} \pm 0.3$ , vertical-축에서  $0.96^{\circ} \pm 0.32$ 를 나타내었다.

## 7. 결 토

본 연구에서는 EOG를 이용한 디지털 화면상의 방향지시기를 개발하였다. 제작한 시스템은 EOG 계측을 위

한 pre-amplifier와 A/D변환 및 직렬전송장치, 그리고 PC내의 프로그램으로 구성되었다.

표면전극과 pre-amplifier를 이용하여 계측된 EOG는 PIC16C74A에 의하여 A/D 변환되고, PC의 rs-232c로 전송된다. 그리고 PC내의 프로그램에 의하여 rs-232c에서 수신된 EOG를 처리하며, 디지털화면상의 포인터를 제어할 수 있었다.

본 연구에서는 전처리를 위한 pre-amplifier를 직접 제작하였고, A/D변환 및 시리얼 전송 장치 또한 PIC16C74A를 이용함으로써 필요한 장치를 소형화하였다. 또한 blinking에 의한 vertical EOG의 overshoot를 소프트웨어적으로 처리하여 포인터 제어에 영향을 미치는 영향을 줄였다.

결과로서, 제작한 방향지시기는 horizontal-축에서  $0.72^{\circ} \pm 0.3$ , vertical-축에서  $0.96^{\circ} \pm 0.32$ 의 오차를 가지고 작동하였다. 이러한 오차는 EOG 계측시의 머리 이동에 의한 영향이 큰 것으로 생각된다.

본 연구의 결과에서 알 수 있듯이 EOG를 이용한 디지털화면상의 방향지시기는 안구의 움직임만으로 컴퓨터의 포인터 위치를 제어할 수 있다. 이 외에도 새로운 방식의 리모콘이나, 휠체어 제어 등의 여러 분야에 대한 응용이 가능할 것으로 사료된다.

## (참 고 문 헌)

- [1] Human-Computer Interaction Using Eye-Gaze Input (THOMAS E. HUTCHINSON, K. PRESTON WHITE, JR. WORTHY N. MARTIN, KELLY C. REICHERT, AND LISA A. FREY) IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, VOL.19, NO.6, NOVEMBER/DECEMBER 1989 1527-1533
- [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
- [3] 박종환, 천우영, 박형준, "Man-Machine Interfacing을 위한 EOG의 벡터화", 대한전기학회 학계학술대회 논문집, 1998
- [4] John L. Andreassi, "Psychophysiology: Human Behavior & Physiological Response", Lawrence Erlbaum Associates, pp. 190-217, 1995
- [5] Varri A. Hirvonen K 등, "NONLINEAR EYE MOVEMENT DETECTION METHOD FOR DROWSINESS STUDIES", International Journal of Medical Informatics, V.43 N.3, 1996/12
- [6] 박종환, 천우영, 박형준, 박병립, "인체전기신호계측을 위한 pre-amplifier의 제작", 한국감성과학회 연차학술대회논문집, 1997
- [7] Cai RH, Pouget A, Schlagrey M, Schlag J, "PERCEIVED GEOMETRICAL RELATIONSHIPS AFFECTED BY EYE-MOVEMENT SIGNALS", Nature, V.386 N.6625, 1997/10
- [8] "PIC16/17 MICROCONTROLLER DATA BOOK", Microchip Technology, 1996