

# Man-Machine Interfacing을 위한 EOG의 벡터화

박종환\* · 천우영\* · 박형준\*  
\* 원광대학교 전기공학과

## The Vectorization of EOG for Man-Machine Interfacing

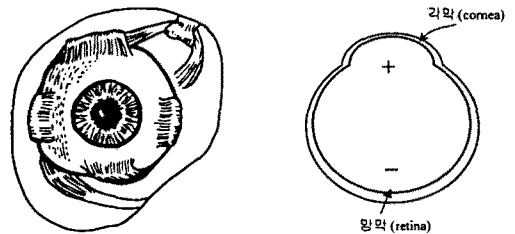
Jonghwan Park · Wooung Cheon · Hyungjun Park  
Dept. of Electrical Engineering, Wonkwang University

**Abstract** - As a basic study for Man-Machine interfacing technics, this paper purposed the vertorization of EOG(electrooculogram) that is generated by eye movement.

EOG is electric potential difference between the positive potential of cornea and the negative potential of retina. The magnitude and the polarity are depend on the direction of eye movement and degree of gaze angle.

In order to vectorize EOG, EOG signal is measured about vertical and horizontal movement of eyes. This vectorization of EOG is expected to help Man-Machine Interfacing technics and development of other useful equipment.

안구의 바깥쪽에 달린 안근(eye muscle)의 조절에 의하여 제어된다.



(그림 1) 안구의 근육 및 내부 구조

그림 1에 안구의 외부 근육들과 내부 구조에 대하여 간단히 나타내었다. 안구는 전기적으로 양성인 각막 (cornea)과 음성인 망막(retina)에 의하여 하나의 전압원을 이루며, 안구운동에 의한 전기적인 극성 이동에 의하여 전위차가 발생하게 된다. 이러한 전위차를 안구주위에 전극을 부착하여 측정한 것을 EOG(Electrooculogram)라 한다[1].

EOG는 horizontal-EOG와 vertical-EOG로 분류된다. 눈의 좌우에 전극을 부착하여 측정한 EOG신호를 horizontal-EOG라하고, 눈의 상하에 부착하여 측정한 신호를 vertical-EOG라 한다[1.4].

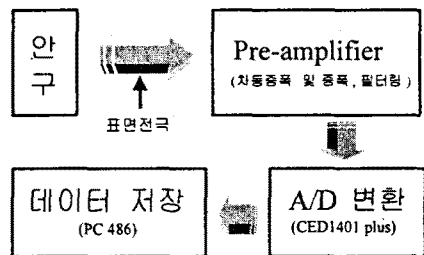
### 1. 서 론

인간이 기계를 발명한 이후로 인간과 기계간의 인터페이스 기술은 끊임없이 연구되고 발전되어 왔다. 초기에는 주로 손동작에 의하여 기계를 작동시켰으나, 근래에는 인체의 다른 기능의 신호를 이용한 연구가 시도되고 있다. 예를 들어, 이동통신기기(셀룰러폰, PCS 등)에 있어서 초기의 제품들은 손에 의한 다이얼링을 하였으나, 현재에는 음성인식에 의한 다이얼링이 지원되는 등 보다 편리한 인터페이스를 갖도록 발전되었다. 그리고, 컴퓨터의 인터페이스에 있어서도 키보드와 마우스를 이용한 방법을 탈피하여, 음성 혹은 뇌파를 이용한 방법이 시도되고 있다.

이상과 같이, 인간이 기계를 조작하는데 있어서 보다 편리하고 보다 유용성을 갖는 Man-Machine Interfacing 기술을 개발하기 위하여 인체의 다양한 기능이 이용되고 있으며, 또한 이에 대한 기술이 타기술에 미치는 영향 또한 클 것으로 기대되고 있다.

본 연구에서는 Man-Machine Interfacing 기술개발을 위하여 인체신호 중의 하나인 EOG를 벡터화하는 것을 목적으로 한다. EOG는 안구운동에 의하여 안구에서 발생하는 전위차를 안구주위에 전극을 부착하여 측정한 것을 말하며, 안구의 이동방향이나 주시각도에 따라 신호의 극성과 크기가 변화한다[1]. EOG의 벡터화란, 안구의 상하운동과 좌우운동에 대한 EOG의 변화를 측정하여 안구의 이동방향과 주시각도에 따른 EOG를 나타낸 것을 의미한다.

### 2.2 EOG신호의 계측



(그림 2) EOG계측 시스템

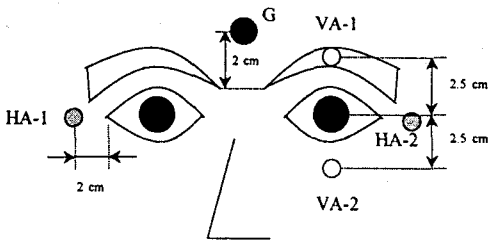
그림 2에 EOG계측 시스템의 블록도를 나타내었다. 안구 주위에 표면전극을 부착하여 측정한 EOG신호는 pre-amplifier에서 차동증폭 및 증폭, 필터링의 작업을 거친 다음, A/D변환기에 의하여 디지털로 변환되어 PC에 저장된다[2].

### 2. 본 론

#### 2.1 EOG신호의 발생기전

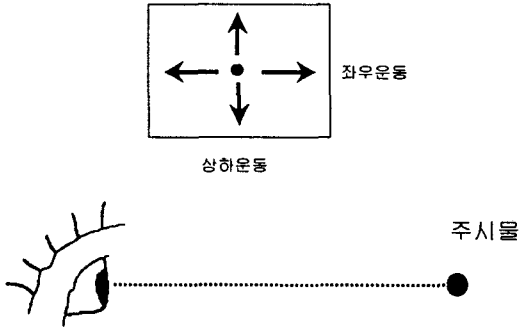
안구운동은 두개골(cranial)신경의 연동에 의한 피질(cortical)과 피질하(subcortical) 시스템, 그리고 양

그림 3에 EOG신호 계측을 위한 전극부착위치를 나타내었다. EOG는 쌍극 유도에 의하여 계측되므로, 두 활성전극(active electrode)과 하나의 기준전극(reference electrode)이 필요하다[1].



(그림 3) EOG신호 계측을 위한 전극부착 위치  
[horizontal-EOG의 활성전극(HA-1, HA-2), vertical-EOG의 활성전극(VA-1, VA-2), 기준전극(G)]

기준전극은 미간의 중심에서 상단 약 2cm 위치(G)에 부착하였다. 활성전극의 위치는 horizontal-EOG를 계측하기 위해서는 쌍안배치(binocular placement)방법에 의하여 두 눈의 바깥쪽 눈초리에서 약 2cm 떨어진 곳(HA-1, HA-2)에 부착한다[1]. 그리고, vertical-EOG를 계측하기 위해서는 오른쪽 안구의 동공에서 상단과 하단 약 2.5cm 떨어진 위치(VA-1, VA-2)에 부착하였다.



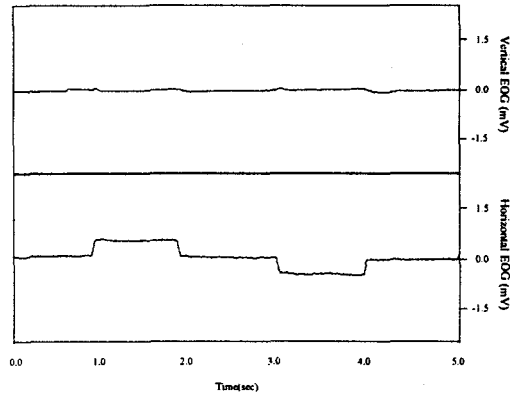
(그림 4) 실험 방법  
(안구의 좌우운동에 대하여는 원점에 대하여 안구의 좌우방향으로 해당 각도만큼 주시하고, 상하운동에 대하여는 안구의 상하방향으로 해당각도만큼 주시함.)

그림 4는 실험 방법을 설명하기 위한 그림이다. 피험자가 주시물을 정면으로 바라보고, 안구와 주시물의 높이가 서로 일치할 때를 원점으로 하였다. 안구의 좌우운동에 대하여는 원점의 좌측과 우측방향으로 해당각도만큼 주시점을 이동시켜, 그곳을 주시할 때의 vertical-EOG와 horizontal-EOG를 계측하였다. 그리고, 상하운동에 대하여는 원점의 상단과 하단으로 해당각도 만큼 주시점을 이동시켜, 그때의 vertical-EOG와 horizontal-EOG를 계측하였다.

### 2.2.1 안구의 좌우운동에 따른 EOG의 변화

안구의 좌우운동에 대한 EOG변화의 한 예를 그림 5에 나타내었다. 그림 5는 안구를 원점에 대하여 좌우 20°를 주시할 때 계측된 horizontal-EOG와 vertical-EOG이다.

0~1초, 2~3초 그리고, 4~5초구간은 원점을 주시할 때이고, 1~2초구간은 우측 20°를 주시할 때이며, 3~4초구간은 좌측 20°를 주시할 때이다.

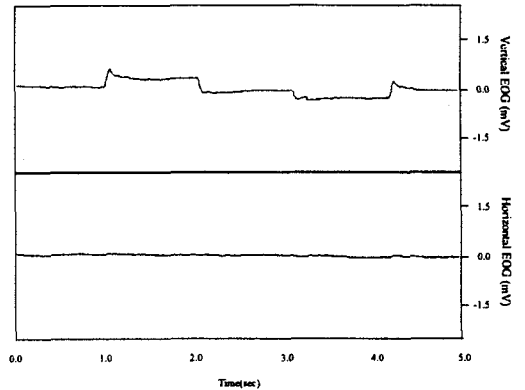


(그림 5) 안구의 좌우운동에 따른 EOG변화  
(그림의 상단은 vertical-EOG를 나타내고, 하단은 horizontal-EOG를 나타낸다.)

계측된 EOG는 우측을 주시할 때는 양(positive)의 값을 가지고, 좌측을 주시할 때는 음(negative)의 값을 갖는다.

그림에서 안구의 좌우운동시에는 주로 horizontal-EOG가 변화하고, vertical-EOG는 거의 변화가 없음을 알 수 있다. 즉, 좌우운동에 대해서는 horizontal-EOG만을 고려하면 된다.

### 2.2.2 안구의 상하운동에 따른 EOG의 변화



(그림 6) 안구의 상하운동에 따른 EOG변화

그림 6은 안구를 원점에 대하여 상하 20°를 주시하게 하였을 때 계측한 horizontal-EOG와 vertical-EOG이다. 0~1초, 2~3초, 4~5초구간은 원점을 주시할 때이고, 1~2초구간은 상측 20°를 주시할 때이며, 3~4초구간은 하측 20°를 주시할 때이다. 상측을 주시할 때는 양의 값을 가지고, 하측을 주시할 때는 음의 값을 갖는다.

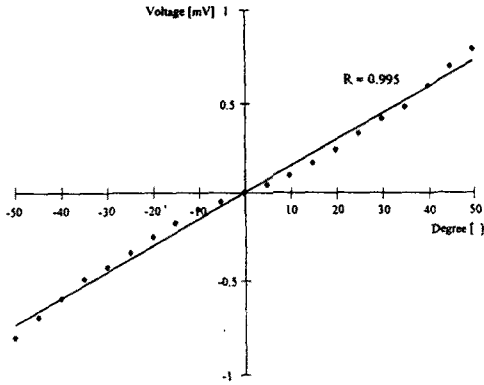
좌우운동시와는 반대로 안구의 상하운동시에는 주로 vertical-EOG가 변화하고, horizontal-EOG는 거의 변화하지 않는다. 즉, 상하운동에 대해서는 vertical-EOG만을 고려하면 된다.

그러나 상하운동시의 vertical-EOG는 약간의 오버슈트(overshoot)를 갖는다. 이는 눈깜박임(blinking)에 의한 영향으로 생각된다.

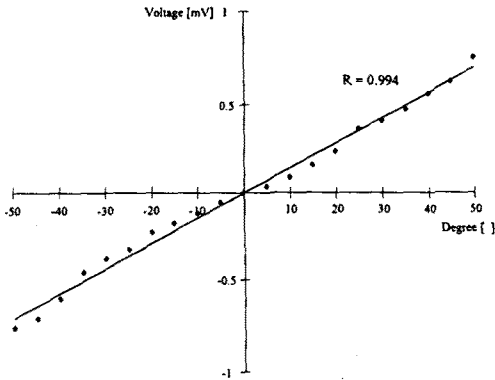
### 2.3 EOG신호의 벡터화

그림 7은 안구의 주시각도에 따른 EOG의 변화를 벡터화한 그림이다. 상하좌우 각각의 주시방향에 대하여 0°에서 50°까지의 EOG를 5° 단위로 나타내었다.

X축은 주시각도를 나타내고, Y축은 EOG 크기를 나타낸다. 그림 안의 점은 점이 해당 각도에 대한 EOG값이고, 실선은 계속된 EOG값의 선형회귀선을 그린 것이다.



(A) horizontal-EOG(좌우운동)



(B) vertical-EOG(상하운동)

[그림 7] 안구의 주시 각도에 따른 EOG 의 벡터화

그림 7.(A)는 안구의 좌우운동에 의하여 계속된 horizontal-EOG를 벡터화한 것이다. X축에서 음(-)의 각도는 좌측을 주시할 때이고, 양(+)의 각도는 우측을 주시할 때이다.

그림 7.(B)는 안구의 상하운동에 의한 vertical-EOG를 벡터화한 것이다. 음의 각도가 하측을 주시할 때이고, 양의 각도는 상측을 주시할 때이다.

그림에서 나타내듯이 horizontal-EOG와 vertical-EOG의 선형회귀에 있어서 상관계수 r은 각각 0.995와 0.994이었다. 이 상관계수를 볼 때 벡터화된 EOG는 거의 선형에 가까움을 알 수 있다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 Man-Machine Interfacing 기술 개발을 위하여 인체의 전기신호인 EOG를 계속하여 이를 벡터화하였다. 계산된 상관계수에 의하여 벡터화된 horizontal-EOG와 vertical-EOG는 선형성을 갖는다는 것을 알 수 있다. 그러므로, 벡터화된 EOG는 Man-Machine Interfacing에 유용하게 적용될 수 있으리라 생각된다.

문제점으로서, vertical-EOG는 눈깜박임(blinking)

에 의한 오버슈트를 가진다. 따라서, 벡터화된 EOG를 실제 인터페이스에 적용하기 이전에 이를 제거해야 할 필요가 있다.

### [참 고 문 헌]

(1) John L. Andreassi, "Human Behavior & Physiological Response"

(2) 박종환, 천우영, 박형준, 박병림, "인체전기신호계측을 위한 pre-amplifier의 제작", 한국감성과학회 연차학술대회는문집, 1997

(3) Elaine N. Marieb, Jon Mallatt, "Human Anatomy"

(4) Varri A, Hirvonen K 등, "NONLINEAR EYE MOVEMENT DETECTION METHOD FOR DROWSINESS STUDIES", International Journal of Medical Informatics .V.43 N.3 , 1996/12

(5) Richard Aston, "Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement", Maxwell Macmillan, 1991

(6) Cai RH, Pouget A, Schlagrey M, Schlag J, "PERCEIVED GEOMETRICAL RELATIONSHIPS AFFECTED BY EYE-MOVEMENT SIGNALS", Nature .V.386 N.6625 , 1997/10

(7) Juhola M, Hirvonen T, Aalto H, Pyykko I, "COMPUTATIONAL PROBLEMS IN THE ANALYSIS OF EYE MOVEMENT SIGNALS IN THE DETERMINATION OF VESTIBULO-OCULAR REFLEX", Computers & Biomedical Research .V.30 N.1 , 1997/2