

## CCD를 이용한 EOG측정 시스템의 개발에 관한 연구

박상수, 김종윤, 이미희, 김동욱\*, 김남균\*\*

전북대학교 대학원 의용생체공학과

\*서남대학교 보건대학 의용공학과

\*\*전북대학교 의과대학 의공학교실

### A Study for development about the EOG measurement system using the CCD

S. S. Park, J. Y. Kim, M. H. Lee, D. W. Kim\*, N. G. Kim\*\*

Dept. of Biomedical Engineering, Graduate School, Chonbuk National University

\*Dept. of Biomedical Engineering, College of Health, Seo Nam University

\*\*Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Chonbuk National University

#### ABSTRACT

In this study, We developed the CCD-EOG system using a CCD which could measure the eye movement.

This system could minimize the effects by the noise, measure the exact position of the pupil, and record the eye movement.

#### 서 론

안진의 계측을 위하여 사용되는 기존의 EOG방법에서는 안구-망막 전위를 이용하여 간접적으로 안구운동을 측정하였으나, 이 방법은 잡음에 의한 영향이 많고, 안구의 위치정보의 정밀도가 떨어진다[1]. 따라서, 본 연구에서는 잡음에 의한 영향을 최소화하고, 안구의 정확한 위치가 측정 가능하도록 CCD 이미지 센서를 이용하여, 동공의 중심을 구하고, 안구의 움직임을 기록하여, 직접적으로 안구의 움직임을 계측할 수 있는 시스템(CCD-EOG)을 개발하였다[2].

#### 실험 방법

##### (1) CCD-EOG를 개발하기 위한 원리

CCD-EOG를 만들기 위해, 적외광원으로 피험자의 얼굴을 조명하고 1대의 고정 CCD카메라로 화상을 잡아 눈의 특징점을 추출하여 동공과 눈물샘의 차이 즉, 정지한 타원을 보거나 움직이고 있는 타원을 볼 때의 거리 및 시간을 계측한다.

##### (2) 조명장치의 설계

본 시스템의 이미지센서로서는 소형 흑백 CCD를 이용한다. 적외선 발광다이오드(IR-LED)에서 적외선을 안구에 조사하고, 안구에서의 반사광을 하프미러(투과율 50%)에서 상향으로 반사시키고, 렌즈에 의하여 동공을 CCD이미지센서상에 결상시킨다. 발광다이오드, 하프미러, 렌즈는 안경의 프레임에 고정하

고, 피험자는 이 Head Mount를 장착하고 검사를 받도록 설계하였다. Head Mount를 개발시 주의해야 할 점은 동공의 위치를 최적의 상태로 잡을 수 있도록 CCD를 부착해야하며 될 수 있는 대로 피험자의 행동을 구속하지 않아야 한다. 또한, 부착물들이 피험자의 시야를 가리지 않도록 유의해야 한다.

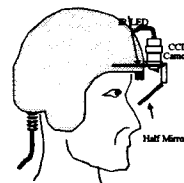


그림 1. CCD-EOG의 개략도

##### (3) 동공 검출을 위한 조건

적외선 광원을 이용하여 촬영된 안구 영상에서 동공은 홍채에 비해 어둡게 나타난다. 이때, 조명이 각막에 반사되어 광점이 동공과 겹치게 되는 경우 동공의 중심을 검출할 때 노이즈가 발생하는 경우가 있으며 더욱이, CCD-EOG를 사용하는데 있어 스크린에서 나오는 반사광이나 적외선광이 비춰진 동공의 반사광 또는 Half Mirror를 통하여 광량의 감소 등으로 이러한 노이즈는 완전히 제거하기가 어렵고, 경우에 따라서 약간의 농담 얼룩이 남는 경우가 있다. 안정된 동공을 추출하기 위해서는 이러한 조건을 잘 인지하고 있어야 한다.

#### 실험결과 및 분석

##### (1) 화상의 전처리 과정

###### ① 눈의 특징점 추출

우선, 눈물샘의 추출에 관해서 설명한다. 눈영역에서 Sobel 연산자를 사용하여 edge를 추출하고, 이 진화시켜 눈의 윤곽을 작성한다. 이 윤곽에는 edge 추출에 따른 noise가 많이 포함되어 있어 이대로는 눈물샘을 지정할 수 없는 것이 많다. 그때, 원래 눈영상을 직접 2진화시킨 화상과의 공통 부분을 추출하여 노이즈가 적은 눈의 윤곽을 얻는다. 이 화상에

대해 라벨링처리를 하고 각 레이블의 크기와 중심위 치로부터 눈의 윤곽에서 가장 근접한 레이블을 선택 한다. 구체적으로, 가장 큰 영역의 레이블 위치가 사전에 결정해 놓은 허용범위에 들어가는지 아닌지, 눈의 윤곽으로서 타당한지 어떤지를 판정한다. 눈의 윤곽으로 판정되는 것이 없을 경우에는, 이진화의 threshold값을 변경해서 다시 같은 처리를 반복한다. 선택한 레이블이 눈의 윤곽으로 판정될 경우 화 상의 끝점을 검출하여 눈물샘의 위치를 결정한다.

② 눈동자 중심 추출

다음으로 눈동자 중심 추출에 관해 설명한다. edge를 추출한 화상을 이진화한 다음 흑백을 반전시 킨다. 이 화상을 라벨링처리하고, 각 레이블의 크기와 중심위치, 그리고 그 레이블에 대응하는 농담화 상의 평균농도치를 계산한다. 이들 값으로부터, 눈 윤곽의 내부에 위치하고, 타당한 크기와 농도치(가 장 어두운 값)가 연속하는 레이블을 눈동자로서 선택하고, 눈동자의 중심을 구한다.

다음 그림 2는 전처리를 통해 동공의 후보가 될 수 있는 영역을 잡은 다음 조건식을 통하여 최종적 으로 안구를 잡은 모습을 보여주고 있다.

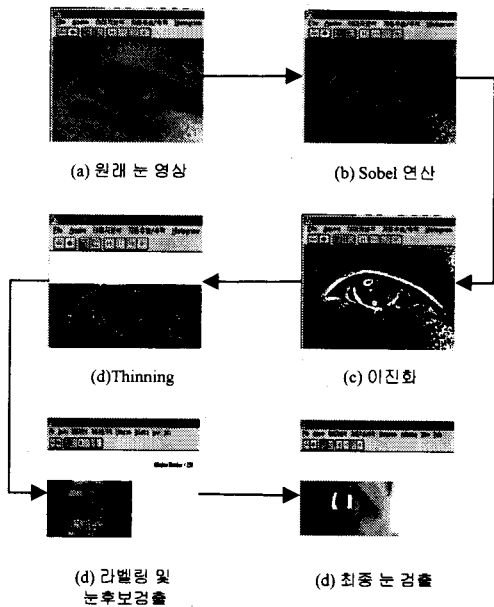


그림 2. 눈동자 후보 검출

1-4. 안구운동 계측의 과정

그림 3은 안구운동 계측의 일례를 보인다. 추출한 눈의 특징점으로부터 안구의 상하, 좌우 방향의 이동거리를 픽셀단위로 계산한다. 눈의 좌우 방향은 눈물샘과 눈동자 중심과의 수평방향의 거리, 눈의 상하 방향은 눈물샘과 동자 중심과의 수직방향의 거리이다(그림 3(a)). 모든 frame에 대해 눈의 좌우방 향과 상하방향을 계산하여 연속으로 안구운동을 측 정한다. 그림 3(b)는 피검자의 주시방향이 전방->좌 하->전방의 순서로 바뀔 때, 좌우, 상하방향의 안구 운동을 각각 그래프로 나타낸 것이다.

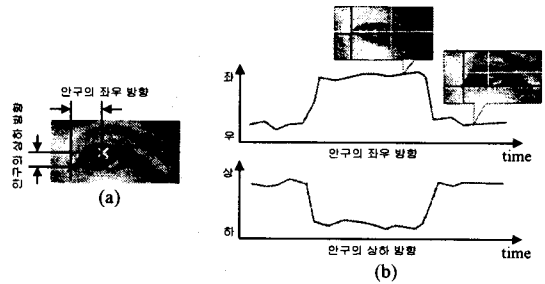


그림 3. 안구운동의 계측

결론

다음 그림 4는 개발된 CCD-EOG시스템을 피험자가 착용하고 있는 그림이다.



그림 4. 개발된 CCD-EOG의 착용 모습

안경을 미착용한 상태에서 정상적인 안구 움직임을 가진 정상인 10명을 대상으로 실시한 결과, 눈동자의 검출 성공률은 약 80% 수준이었다. 특히, 광원의 조건에 따라 검출성공률은 달라져서 광원이 중요요인으로 작용한다는 것을 알 수 있었다.

고찰

본 연구에서는 기존의 EOG측정 방법을 대체할 수 있는 새로운 EOG측정 방법을 제시하고 있다. 이는 CCD를 이용하여 비침습적이고 안구의 움직임을 시각적으로 기록할 수 있다는 점에서 주목할 만하다. 그러나, 안진의 경우 그 움직임이 크고 날카로운 톱니파의 형태로 나타나서 CCD와 Frame Grabber가 그 움직임을 따라가지 못하는 경우가 많았다. 이 부분에 대한 수정이 필요하다고 사료된다. 또한, 눈동자의 검출 실패시 자동으로 재검출하여 줄 수 없기 때문에 이 부분에 대한 알고리즘의 개선이 필요하다고 생각된다. 차후 이 CCD-EOG시스템은 유도운동측정 및 안구추적 등에 이용될 예정이다.

참고문헌

[1] 日本平衡神境科學會: 「イラスト」めまいの検査, 診断と治療社, 1996.  
 [2] 松島純一, 熊谷雅彦, 伊福部達, 原田千洋: 固体撮像素子(CCD)イメージセンサを用いた眼球運動記録について, Equilibrium Research Vol.47(2), pp.169-173, 1988.  
 [3] 이문호, 염재훈: C언어를 이용한 영상신호처리, 대영사, 1994  
 [4] 이상엽: Visual C++ Programming Bible, 영진출판사, 1997