

# 스마트폰 카메라를 이용한 동공반응 검사에 대한 기초연구

김남익\*, 이현수\*, 임수빈\*\*, 문찬기\* 남윤영\*

\*순천향대학교 컴퓨터공학과

\*\*순천향대학교 의과대학 부천병원 신경외과학교실

e-mail : skadlr321@naver.com, nohf2002@gmail.com, isbrzw@schmc.ac.kr, moonchanki@naver.com, ynam@sch.ac.kr

## A Preliminary Study on Pupillary Light Reflex Measurement using a Smartphone Camera

Namik Kim\*, Hyeonsu Lee\*, Soobin Im\*\*, Chanki Moon\*, Yunyoung Nam\*

\*Dept. of Computer Science and Engineering, Soonchunhyang University

\*\*Dept. of Neurosurgery and Pathology, College of Medicine, Soonchunhyang University

### 요약

본 논문은 스마트폰 카메라를 이용하여 동공 반응 검사를 할 수 있는 스마트폰용 애플리케이션을 제안한다. 스마트폰의 카메라에 접사 렌즈를 부착한 후, 카메라 렌즈를 실험자의 눈 앞에 위치시켰으며, 빛 자극에 따른 전안부 영상을 촬영하였다. 스마트폰으로 얻은 전안부 영상을 HSV 컬러 모델로 변환 후 전처리와 필터를 걸쳐 동공을 검출하였다. 실험은 5명의 젊은 남성을 대상으로 수행되었으며 실험결과 71.2%의 동공 검출률을 얻었다.

### 1. 서론

무조건반사는 척추동물이 처음부터 가지고 태어나는 반응이다. 무조건반사는 그 기능에 따라서 체성반사와 내장반사로 나눌 수 있다. 외부 자극과 운동에 관련되어 체성신경계가 반응하는 반사는 체성반사이며, 자율신경계에 의해 작동하는 반사는 내장반사이다. 대표적인 체성반사는 무릎반사이며, 내장반사로는 동공반사가 있다[1].

무조건반사는 무의식 중에도 반응하는 반사이므로 응급상황시 의식이 없는 환자에게 동공에 빛을 비추어 동공 반응을 확인함으로써 교감신경, 부교감신경, 뇌와 뇌간의 이상 유무를 간접적으로 확인할 수 있는 유용한 반응이다.

일반적인 동공의 크기는 빛을 받았을 때 지름이 약 2mm, 어두운 곳에서는 지름이 약 6mm이다. 동공의 모양은 정원이고 대광반사는 즉각적으로 반응되어야 한다[2]. 비정상적인 동공반응으로는 동공이 빛에 반응을 보이지 않으며 산동되어 있는 동안신경 압박, 동공 위치가 중앙에 있으며 반응을 보이지 않는 중뇌 손상, 동공 크기가 작으며 크기가 같고 빛에 반응이 있는 것은 간뇌 손상 등 여러 증상이 있다. 동공의 모양과 반응으로 뇌의 어느 부위가 이상이 있는지 파악할 수 있다[3].

의식 불명 환자의 동공의 크기와 빛에 대한 반응도를 측정하기 위한 일반적인 방법은 진찰자가 광원을 사용하여 동공 반응의 정도를 검사자 기준에 따라 대략적으로 파악한다. 이것은 진찰자의 주관적 판단이므로 개인차에 의한 오류 발생과 경험의 차이에 의한 해석의 오류가 발생할 수 있다. 오류가 발생한 경우 의료인력간의 표준화가 되지 않아 적절한 대처가 이뤄지지 않을 수 있거나 과잉된 의료행위가 제공될 수 있다[4].

이러한 문제점때문에 스마트폰의 카메라를 이용하여 동공의 변화를 촬영한 후 영상처리를 사용해 동공 크기의 변

화를 측정하였고 객관적인 판단이 가능하도록 애플리케이션을 개발에 필요한 기초연구를 하였다.

### 2. 관련 연구

최근 들어, 스마트폰 사용 인구의 증가와 함께 스마트폰을 사용하여 의료 분야에 접목해 사용하려는 U-healthcare 연구가 많이 진행되고 있다. 특히 동공반응 검사는 의료인의 개인적인 판단에 전적으로 의존하기 때문에 별도의 도구를 사용하지 않고 스마트폰을 사용하여 측정한다면 쉽고 편리하게 정확한 데이터를 얻을 수 있다[5].

스마트폰을 이용한 동공 빛 반사 측정을 위한 애플리케이션[4]은 스마트폰 플래쉬를 사용하여 빛 자극을 주고 이에 대한 동공 반응을 스마트폰에서 이미지를 비교하여 확인할 수 있으나 실험 조건보다 어두우면 동공 사진의 화질이 감소하여 판단에 어려움이 있고, 동공 크기를 정확히 알 수 없다.

눈동자를 추출하기 위해서 광학기반의 방법을 사용하여 동공의 위치를 추출하기 위한 시선 검출 시스템[6]은 시선을 검출하기 위해 적외선 필터가 장착된 카메라와 광투과형 HMD 적외선 광원이 사용되었다. 카메라와 적외선 광원이 광투과형 HMD에 장착되어 있어 머리를 고정시키지 않고 자유롭게 움직일 수 있지만 적외선 카메라, 광투과형 HMD과 같은 장비가 필요하고 환경적인 제약이 있다는 단점이 있다.

홍채와 동공 영역 분할을 위한 원 검출 기법[7]은 일반 카메라로 촬영하여 HSV 컬러 모델 변환을 사용하고 이진화 및 잡음 제거 후 경계 추적을 통하여 홍채와 동공을 검출하였다. 영상이 아닌 사진으로 홍채의 패턴을 분석할 수 있으나 실시간으로 변하는 동공의 반응을 볼 수 없다.

원의 기하학적 특성과 동공이 가지고 있는 색의 특성을

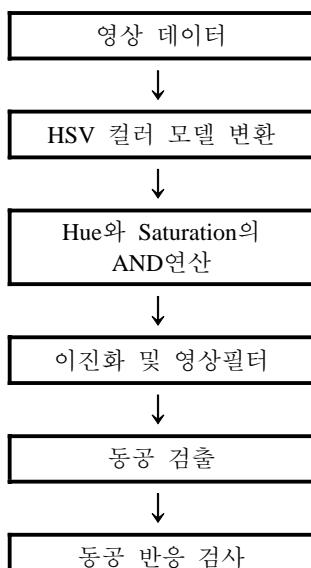
효율적으로 이용함으로써 고속으로 동공의 중심과 반경을 구할 수 있는 원 검출 기법[8]은 고속으로 동공과 홍채의 윤곽을 찾을 수 있으나 적외선 카메라와 같은 장비를 사용해서 촬영해야 한다는 단점이 있다.

지금까지 제안된 동공 검출 관련 연구들에서는 측정을 위해 적외선 차단필터를 제거한 카메라와 적외선 LED를 사용하거나 어두운 장소에서 촬영해야하는 환경의 제약이 있었다. 본 논문에서는 영상 촬영 환경의 제한없이 동공의 크기를 추출할 수 있는 스마트폰용 애플리케이션을 개발하였다.

### 3. 동공 검출 기법

#### 3.1 동공 검출 방법

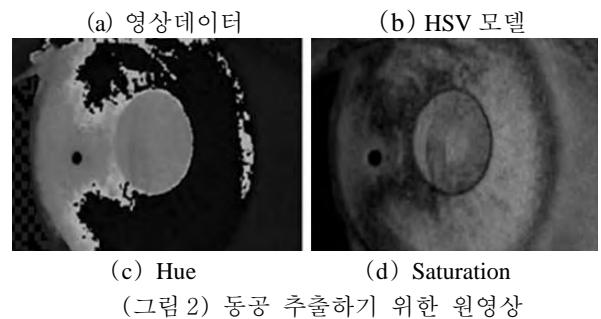
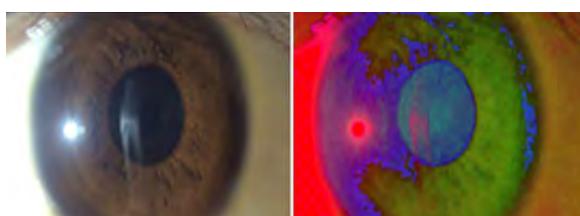
동공 검출을 위해 눈동자 영상을 추출하여 외곽선 정보를 파악하여 OpenCV[10]에서 제공하는 원 검출 라이브러리를 사용하였다. 검출 과정은 그림 1과 같다.



(그림 1) 영상처리 흐름도

#### 3.2 HSV(Hue Saturation Value) 컬러 모델 변환

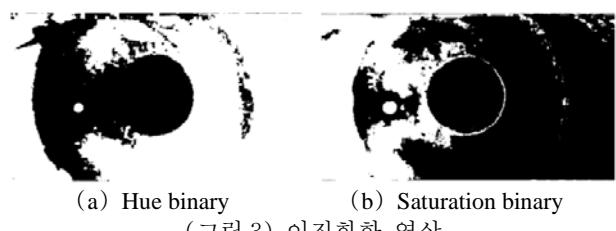
그림 2-(a)는 실험을 통해 얻은 동영상(동공, 홍채, 공막)의 스탑샷이다. 영역별 특성을 고려하고 정확한 분할을 수행하기 위해서 원본 영상의 RGB 컬러 모델을 사용하지 않고 그림 2-(b)와 같이 HSV 모델을 사용하였다. HSV 컬러 모델은 인간의 시각시스템과 유사한 컬러 모델로써 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value)를 나타낸다. Hue 영상으로 동공 영역을 검출할 수 있고, Value 영상으로 홍채영역과 반사광 영역을 검출할 수 있다[7,9]. 본 연구에서는 Hue 영상과 Saturation 영상에 대한 그레이 영상을 얻었고, 두 영상을 사용하여 동공을 검출하였다.



(그림 2) 동공 추출하기 위한 원영상

#### 3.3 Hue 영상 Saturation 영상의 영상처리

그림 3에서 보는 바와 같이 스마트폰의 플래쉬를 홍채 영역에 비추면 플래쉬가 비친 동공의 좌, 우 영역에 차이를 보인다. 이진화한 Hue 영상(그림 3-(a))에서 플래쉬가 비춰진 영역과 동공의 영역을 검출할 수 있고, 이진화한 Saturation 영상(그림 3-(b))에서는 플래쉬가 비춰지지 않은 영역과 동공의 영역을 검출할 수 있다. 두 영상을 AND 연산하여 동공 영역을 검출하였다.



(그림 3) 이진화한 영상

이진화된 영상에 모폴로지 연산(침식, 팽창)과 가우시안 필터(Gaussian Filter)를 사용하여 잡음을 제거하였다.



(그림 4) Hue 와 Saturation 의 영상처리 결과

잡음이 제거된 영상에는 테두리(edge)를 검출하여 테두리 안의 내용을 채우는 연산을 수행하므로써 원 검출이 용이하도록 하였다. 그림 4는 Hue 와 Saturation 을 AND 연산한 결과이다.

### 4. 실험결과

#### 4.1. 실험 환경

실험은 아이폰 6 플러스를 사용하여 사람이 의자에 앉은 상태에서 수행되었다. 사람의 턱에 받침대를 사용하여 얼굴을 고정시켰고 스마트폰 거치대를 사용하여 스마트폰을 고정시켰다.

스마트폰의 경우 접사의 초점거리의 한계가 있기 때문에 접사렌즈를 스마트폰 카메라에 부착하였다. 접사렌즈는 CD-ROM에 장착되어 있던 렌즈를 분리하여 사용하였다. 스마트폰 동영상 촬영에서 최대 접사 초점을 맞춘 후 초점을 고정하고 촬영하였다. 동공 반응 검사를 하기 위한 실험에

서 스마트폰에 장착되어 있는 플래쉬를 사용하였다. 동공 검출에 사용된 영상은  $854 \times 484$  크기의 영상으로 녹화되었고 개발 언어로 C++과 영상처리 라이브러리인 OpenCV[10]를 사용하였다.



(그림 5) 실험 환경 및 측정 방법

#### 4.2 실험 결과

실험 환경에 따른 결과를 비교하기 위해 실험 환경을 다르게 하여 동공 반응 검사를 측정하였다.

(표 1) 스마트폰 기종별 접사/일반 촬영에 대한 실험 결과

기종 (프레임속도)	일반 촬영 검출률 (검출 프레임/총 프레임)	접사 렌즈 부착
아이폰6 플러스 (30fps)	25% (204 / 789)	31% (343 / 1085)
LG G2 (24fps)	1% (22 / 1565)	14% (143 / 984)
갤럭시 노트3 (24fps)	0% (0 / 932)	4% (59 / 1226)

세 가지 스마트폰 기종을 이용하여 접사 촬영과 일반 촬영을 하였다. 표 1은 갤럭시 노트 3, LG G2 보다는 아이폰 6 플러스의 검출률이 높았으며, 일반 촬영보다 접사 촬영의 검출률이 높았다. 이후 실험에서는 접사렌즈를 부착하여 아이폰 6 플러스 기종을 이용하여 촬영을 하였다.

표 2와 같이 플래쉬에 셀로판지를 부착하여 광색의 변화에 따라 동공 검출에 영향이 있는지 실험하였다.

(표 2) 광색의 변화에 따른 검출률

색상	일반	적색	황색	녹색	청색
검출률	31%	0%	0%	0%	0%

HSV 컬러 모델을 사용하여 광색의 변화를 주는 것은 검출률에 영향을 줄 수 없는 것을 확인하였다. 광색의 변화를 준 촬영은 영상 전체에 잡음이 발생하는 것을 확인하였다.

(표 3) 조명에 따른 검출률

조명	형광등	암실
검출률	31% (343 / 1085)	43% (624 / 1436)

표 3에서 형광등을 비추는 환경보다 암실에서의 검출률이

높았다.

(표 4) 플래쉬 방향에 따른 검출률

플래쉬 방향	아래	옆
검출률	21% (137 / 648)	43% (624 / 1436)

표 4는 홍채에 비추는 플래쉬의 위치에 따른 검출률을 보이고 있다. 플래쉬의 방향이 아래에서 비추는 것보다 옆에서 비추는 것이 검출률이 높았다.

기저질환이 없는 20 ~ 24 세 남자 5 명을 대상으로 동공 반응 검사를 측정하였다. 2초 간격으로 스마트폰 플래쉬를 비추어 동공의 크기 변화를 측정하였다. 표 1에서 검출률이 가장 크게 나타난 아이폰 6 플러스를 이용하여 촬영하였다. 표 5는 암실에서 촬영한 영상에서 플래쉬를 비추었을 때 영상만을 편집하여 검출률을 계산하였다.

(표 5) 플래쉬 켰을 때 편집 영상에서의 검출률

실험 대상	검출률 (검출 프레임/총 프레임)
A	71% (140/197)
B	90% (221/244)
C	76% (137/180)
D	72% (93/128)
E	47% (93/194)

그림 6-(a)는 빛을 비추지 않다가 비쳤을 때의 동공의 크기이고 그림 6-(b)는 빛을 비춘 후 고정된 동공의 크기이다. 빛을 비추었을 때 동공의 크기가 작아지는 것을 확인하였고 결과적으로 동공 반응한 것을 확인할 수 있었다. 실험 결과 71.2%의 동공 검출률을 얻었다.



(그림 6) 형광등이 있는 실험 환경에서 얻은 영상

#### 5. 결론

본 논문에서는 스마트폰의 카메라를 이용하여 동공반응을 측정할 수 있는 애플리케이션을 개발하기 위해 다양한 환경에서 동공 검출률을 비교 분석하였다. 비교 실험한 결과를 바탕으로 동공 반응 검사의 객관적인 데이터를 이용하여 동공 반응 검사에 대한 신뢰도를 높일 수 있을 것이다. 환경 노이즈를 줄일 수 있는 액세서리를 개발하여 보완하면 고가의 별도 장비없이 저렴하고 빠르게 동공 반응 검사를 실시할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT

융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음

(IITP-2015-H8601-15-1009)

### 참고문헌

- [1] 무조건 반사, <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1095085>
- [2] R. M. da Costa, and A. Gonzaga, "Dynamic Features for Iris Recognition," IEEE Transactions on, Vol 42, No. 4, pp. 1072-1082, 2012.
- [3] 뇌, <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%87%8C>
- [4] 이태수, 신지윤, 이세희, 조동현, 배진호 (2013), 스마트폰용 동공반응 검사 장치 및 방법, 충북대학교 산학협력단, 출원번호 1020130024905
- [5] Escayola, J., Martinez-Espronceda, M., Serrano, L., Trigo, J., Led, S., García, J. (2008, August). Standard-based middleware platform for medical sensor networks and u-health. In Computer Communications and Networks, 2008. ICCCN'08. Proceedings of 17th International Conference on (pp. 1-6). IEEE.
- [6] 송승섭, 이재영, 이석한, 최종수, HMD 를 위한 동공 추출 및 시선 검출 시스템. HCI 2011, pp. 505-507 2011.
- [7] 윤옹배, 김태윤, 오지은, & 김광기, 홍채 영역 분할을 위한 새로운 원 검출 알고리즘. 멀티미디어학회논문지, 16(12), pp. 1385-1392. 2013
- [8] 오웅천, 강태호, 이호현, 곽노윤, 원주각을 이용한 기하학적 고속 동공 및 홍채 검출 방법. 한국통신학회 종합 학술 발표회 논문집 (하계) 2014, pp. 427-428 2014.
- [9] Otsu, N. (1975). A threshold selection method from gray-level histograms. Automatica, 11(285-296), pp. 62-66.
- [10] OpenCV, <http://www.opencv.org>, 2013