

Pupil-lab 모바일 동공 추적 장치의 이해와 양안 응시점 거리 추적

문지훈, 신동원, 강민구*, 호요성
 광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부
 e-mail : {jhm, dongwonshin, hoyo}@gist.ac.kr
 kangmkgb@gmail.com*

Understanding of Pupil-labs Mobile Pupil Tracking Device and Binocular Gaze Point Tracking

Ji-Hun Mun, Dong-Won Shin, Min-Gu Kang*, Yo-Sung Ho
 Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)
 Korea Institute of Science and Technology (KIST)*

요 약

최근 다양한 스마트 디바이스와 함께 생체 정보를 함께 사용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 동공의 위치를 추적하는 Pupil-labs 헤드셋의 동작 원리를 설명하고, 장치의 성능 검증을 위해 구성된 실험 환경을 자세히 기술한다. 일반적으로 Pupil-labs의 헤드셋 장치는 사용자의 양안이 바라보는 응시점 위치 정보를 획득하는데 사용하지만, 본 논문에서는 응시점이 맺히는 위치와 피험자 간의 거리를 측정하는 실험을 추가적으로 진행했다. 응시점 거리가 정밀하게 측정되는지 확인하기 위해 목표물의 거리를 다르게 설정하여 실험했다. 정확한 응시점 위치와 거리 추적 결과를 얻기 위해 실험 전 장치에 대해 정밀한 카메라 캘리브레이션 과정이 필요함을 확인했다.

1. 서 론

동공 추적기술은 사람 양안의 눈동자 움직임을 감지하여 바라보고 있는 시선의 위치를 추적하는 방법을 의미한다. Pupil-labs의 헤드셋 동공 추적 장치는 기기에 함께 부착되어 있는 양안 카메라와 월드카메라로부터 받아들이는 비디오 데이터를 기반으로 양안의 움직임과 응시점 거리를 파악한다.

2. Pupil 동공 추적 장치

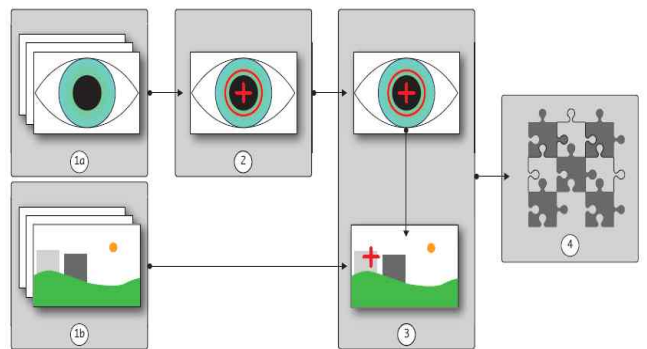
2.1 Pupil 장치의 스펙

양안의 움직임과 초점 거리에 대한 실험을 수행하기 위해 본 논문에서 사용한 Pupil-labs의 동공 추적 장치는 양안의 동공 초점을 트래킹 할 수 있는 소형 카메라와 인텔 리얼센스(Intel Realsens: R200) RGB-D카메라가 부착되어 있다. 동공을 추적하는 소형 카메라의 해상도는 800x600이며 30Hz로 촬영이 가능하다. 사용자의 전면을 촬영하는 RGB-D 카메라의 색상 영상 해상도는 1920x1080이며 30Hz로 촬영 가능하며 깊이 영상의 해상도는 640x480이며 30 혹은 60Hz로 촬영이 가능하다 [1].

2.2 Pupil 장치의 동공 추적 원리

Pupil 동공 추적 장치를 이용한 동공 추적 알고리즘은 그림 1에 나타나 있다. 그림 1의 1a와 1b는 각각 동공을 비추는 카메라와 RGB-D카메라로부터 받아들이는 영상을 나타낸다. 그림 1의 2는 동공 카메라에서 동공 추적 알고

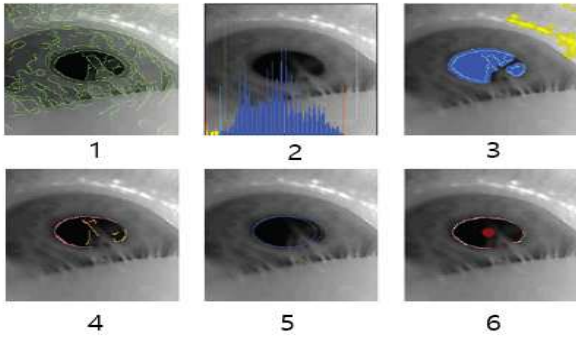
리즘을 통해 동공의 위치를 찾아내는 과정을 보인 것이다. 그림 1의 3에서는 동공의 위치로부터 동공이 바라보는 초점을 RGB-D상의 위치에 매핑하는 과정을 나타내며, 그림 1의 4는 이러한 일련의 과정을 실시간으로 저장하고 스트리밍 하는 과정을 나타내고 있다 [2].



(그림 1) 동공 추적 순서도

동공 추적 카메라로부터 동공의 응시점을 찾는 알고리즘은 우선 동공 추적 카메라로부터 사용자의 눈에서 검은 부분만을 탐색하여 동공의 위치를 찾는다. 이때, 동공 추적 카메라는 안구의 각막에 반사되는 조명이나 자연광에 영향을 받지 않는다. 동공 카메라로부터 받아들여진 영상은 회색 영상으로 변환되고 안구를 중심으로 동공의 검은 색 영역이 많이 검출되는 부분으로 서서히 특징 영역을

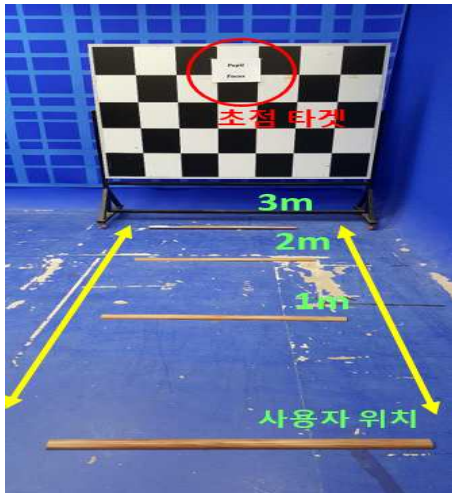
좁혀가며 그림 2에 나타난 순서와 같이 동공의 위치를 찾아낸다.



(그림 2) 동공 추적 알고리즘

3. 동공 추적 실험 환경

양안의 동공 추적 실험을 위해 동일한 조도 환경에서 그림 3과 같이 글자가 붙어있는 평면을 1~3m로 거리를 변경하며 실험을 진행했다. 초점 목표물에 부착된 글자를 약 15초 동안 바라보며 동시에 이 장면을 녹화하여 응시점의 위치와 거리를 확인하도록 한다. 1m 간격으로 거리를 늘려가며 동일한 실험 과정을 반복한다.



(그림 3) 동공 추적 실험을 위한 환경 설정

4. 실험 결과 및 분석

목표물의 거리에 따라 녹화된 영상으로부터 양안의 초점이 맺히는 곳을 그림 4와 같이 확인할 수 있었다. 맨 위 열부터 마지막 열은 각 1m부터 3m까지 목표물 거리에 따른 초점 추적 결과를 나타낸다. 목표물의 근처에서 응시점의 위치가 관찰되었지만 정확하게 목표물의 위치를 바라보는 것으로 검출이 되지 않는 않았다.

응시점의 위치 추적 결과뿐만 아니라 피험자의 위치로부터 각 목표물까지의 실제 거리와 응시점 추적결과 위치 검출 결과도 비교했다. 표 1은 거리와 피험자의 위치에 따른 응시점 거리 값을 나타낸다. x와 y좌표는 RGB-D카메

라의 좌표계에서의 값을 의미하며, z좌표는 피험자와 목표물간의 실제 거리를 가리킨다.



(그림 4) 목표물 거리에 따른 초점 위치 측정 결과

하지만 응시점 거리 추적 결과로 미루어보아 측정된 거리 값이 예측된 목표물 위치 값과 차이를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 이로 미루어보아 실험을 수행하기 전 정밀하게 pupil장치의 캘리브레이션 과정이 필요함을 알 수 있다.

(표 1) 양안 응시점 추적 결과

(단위: cm)

	x좌표 평균값	y좌표 평균값	z좌표 평균값
1m, -30°	12.811	-64.152	285.053
1m, 0°	-8.171	-94.398	343.677
1m, +30°	-21.727	-64.709	221.705
2m, -30°	29.978	-96.625	253.163
2m, 0°	0.187	-111.215	260.249
2m, +30°	137.792	-281.397	728.202
3m, -30°	4.088	-80.215	229.800
3m, 0°	14.007	-150.025	364.693
3m, +30°	5.440	-54.171	183.582

5. 결론

Pupil-labs의 동공 추적 장치의 동작 순서와 동공 추적 알고리즘에 대해 알아보았다. 장치를 이용한 응시점 거리와 위치 추적을 위해 실험 환경을 구성하고 실험을 진행했다. 실험 결과 정확한 응시점 추적 결과를 얻기 위해 pupil 장치의 정밀한 캘리브레이션 과정이 필요함을 확인할 수 있었다.

참고문헌

[1] <https://docs.pupil-labs.com/#pupil-hardware>
 [2] <https://docs.pupil-labs.com/#user-docs>