

웹캠 기반 시선 추적 알고리즘 테스트 방안에 대한 연구

김희민¹, 전성국¹, 김운용¹, 윤정록¹
¹한국광기술원

mildhoe@gmail.com, k612051@kopti.re.kr, kuy7023@kopti.re.kr, justin182@kopti.re.kr

A Study on Test method for Web-Cam based Eye Tracking Algorithm

Hoe-Min Kim¹, Sungkuk Chun¹, Un-Yong Kim¹, Jeongrok Yun¹
¹Spatial Optical Information Research Center,
 Korea Photonics Technology Institute

요 약

본 연구는 웹캠을 기반으로한 시선 추적 알고리즘에 대한 성능을 실시간으로 분석함과 동시에 그 결과를 직관적으로 비교해볼 수 있는 프로그램 개발에 대한 것이다. 시선 추적을 위한 훌륭한 알고리즘들과 학습 모델이 개발되고 있으나 개발 대상 어플리케이션에 적합한 알고리즘을 선별하거나 파라미터를 최적화하기 위해서는 알고리즘의 성능을 빠르고 효과적으로 가늠해볼 수 있는 테스트베드 개발이 동반되어야한다. 따라서 본 연구는 웹캠을 기반으로 시선 추적 알고리즘을 구현한 사례와 함께 개발된 알고리즘의 성능을 테스트해볼 수 있는 프로그램 개발에 대한 내용을 기술하였다.

1. 서론

시선 추적 기술은 교육, 의료, 마케팅 등 다양한 응용처가 존재하므로 여전히 많은 관심을 받는 기술 영역이다. 특히 웹캠의 성능이 좋아지고 사용처가 확대되면서 웹캠을 사용하여 시선을 추적하는 많은 알고리즘과 어플리케이션이 등장하고 있다[1,2]. 하지만 여러 알고리즘 중 개발 대상 어플리케이션의 목적에 부합하는 알고리즘을 선별하거나, 성능을 최적화하기 위해 파라미터를 최적화하는 등 알고리즘을 튜닝하기 위해서는 사용하고자 하는 알고리즘의 성능을 빠르고 효과적으로 가늠해볼 수 있는 테스트베드 개발이 동반되어야한다. 따라서 본 연구는 웹캠을 기반으로 시선 추적 알고리즘을 구현한 사례와 함께, 개발된 알고리즘의 성능을 테스트해볼 수 있는 프로그램 개발에 대한 내용을 서술하고자 한다.

2. 시선 추적 알고리즘 구현

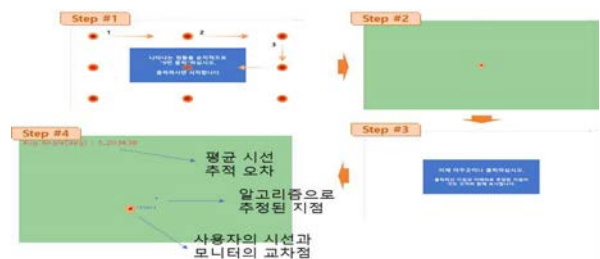
시선 추적을 하기 위해서는 통상적으로 아래와 같은 과정을 거쳐야만한다.

- (1) 웹캠 영상내 사용자 안면 추적
- (2) 안면내 눈 주변 특징점 및 홍채 추적
- (3) 눈과 홍채 중심의 2차원적 위치 파악
- (4) 홍채 중심과 시선 좌표 간의 매핑

본 연구에서는 HOG(Histogram of Gradient) 알고리즘을 기반으로 안면과 눈 주변의 특징점을 추적하였다[3,4]. 홍채 중심은 OpenCV의 원형 탐색 알고리즘(SimpleBlobDetector)을 사용하였으며, 홍채 중심과 시선 좌표 간의 매핑은 SVD(Singular Value Decomposition)를 사용하여 역행렬을 계산하였다[5].

3. 시선 추적 알고리즘 테스트 방안 및 결과

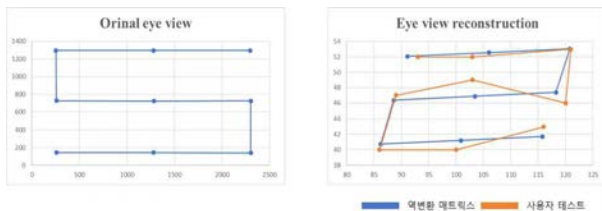
그림1은 본 연구에서 개발한 시선 추적 알고리즘을 테스트하기 위해 병행하여 개발한 테스트 프로그램의 일부를 보여주고 있다. 표준화된 알고리즘 튜닝 절차가 정해져 있다면 좀 더 객관적이고 수월하게 알고리즘을 검증할 수 있겠으나 현재는 정해지거나 추천되는 튜닝 절차가 보고된바 없기에 별도의 테스트 프로그램을 구현해야하는 실정이다.



(그림 1) 시선 추적 알고리즘 성능 테스트 프로그램

이미 위치를 알고 있는 모니터상에 나타난 몇 개의 지점을 피실험자가 클릭하게함으로써 홍채 영상과 시선 좌표를 매핑한다. 이후에 피실험자는 임의의 위치를 클릭함으로써 시스템에 내포된 시선 추적 알고리즘과 클릭한 위치의 오차를 실시간으로 보여준다. 이를 통해 실험자는 시선 추적 알고리즘의 전반적인 성능을 가늠해볼 수 있다.

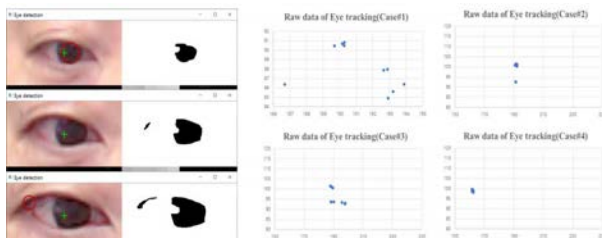
그림2는 테스트 시스템을 통해 추정된 홍채 및 시선 좌표간의 변환 매트릭스를 보여주고 있다. 미리 지정된 9개의 지점과 시선 추정 위치가 얼마나 잘 부합되는지 확인해 볼 수 있다. 이로써 개발자는 변환 매트릭스의 정확도를 파악해볼 수 있다.



(그림 2) 홍채/시선 지점간 매트릭스 추출 결과 비교

그림3(좌)는 영상 해상도에 따른 실시간 홍채 추적 결과를 영상으로써 보여주고 있다. 동공의 중심이 영상의 중심을 기준으로 얼마나 벗어나 있는지 보여주고 있으며, 때때로 동공을 인지하지 못하거나 잘못된 지점을 가르키고 있음을 영상으로써 확인할 수 있다.

그림3(우)는 피실험자가 동일한 지점을 응시하고 있을 때, 알고리즘이 추정하는 시선의 위치 변화를 기록한 것이다. 단일 및 다수 영상을 통해 홍채 중심을 추정하는 것의 결과 차이를 비교해보고자 한 것이다. 당연하겠지만 단일 영상을 통해 홍채 위치를 파악하는 것보다 일련의 다수 영상을 통해 홍채 위치를 파악하는 것이 실제로도 훨씬 더 강건하다는 것을 수치적으로 파악해볼 수 있다.



(그림 3) 실시간 홍채 추적 결과 및 안정화 결과

4. 결론

여러 연구자들을 통해 시선 추적을 위한 훌륭한 알고리즘들과 딥러닝을 포함한 많은 학습 모델이 개발되고 있다. 하지만 시선 추적을 위해서는 여러 알고리즘들이 복합으로 융합되어야하며, 각 단계별로 성능을 테스트하고 튜닝할 수 있는 별도의 기술또한 존재해야만 한다.

본 연구는 이러한 일련의 과정을 요약 기술하였다. 시선을 추적하기 위한 보정을 위해 몇 개의 보정 지점이 어떠한 분포로 구성되어야하는지, 시선 추적 알고리즘을 바꾸었을 때 시선 추적 오차는 어떻게 변화하는지, 시선을 추적하는 과정에서 홍채를 탐색해서 문제가 발생하는지 혹은 홍채/시선간 변환 매트릭스의 문제인지 파악하는데 제안한 테스트 절차를 안내하였다.

향후에는 시선 추적을 위한 보다 진보된 핵심 알고리즘을 테스트하고 그 성능을 개선할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 2022년도 서비스산업융합고도화 기술개발사업(1415179533)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

[1] O. Ferhat and F. Vilariño, "Low Cost Eye Tracking," 2016 Intell. Neuroscience, 17.
 [2] A. Kar and P. Corcoran, "A Review and Analysis of Eye-Gaze Estimation Systems, Algorithms and Performance Evaluation Methods in Consumer Platforms," in IEEE Access, vol. 5, pp. 16495-16519, 2017
 [3] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of oriented gradients for human detection," 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), 2005, pp. 886-893 vol. 1
 [4] <http://dlib.net/>
 [5] <https://docs.opencv.org>