

시선 깊이 추정 기법을 이용한 OST-HMD 자동 스위칭 방법

Method for Automatic Switching Screen of OST-HMD using Gaze Depth Estimation

이영호*, 신춘성**

(Youngho Lee, Choonsung Shin)

요약

본 논문에서는 시선 깊이 추정 기술을 이용한 OST-HMD의 자동화면 on/off 기능을 제안한다. 제안하는 방법은 MLP (Multi-layer Perceptron)을 이용하여 사용자의 시선 정보와 보는 물체의 거리를 학습 한 후, 시선 정보만 입력하여 거리를 추정한다. 학습 단계에서는 착용 할 수 있는 양안 추적기를 사용하여 시선 관련 특징을 얻는다. 그런 다음 이 특징을 다층 퍼셉트론 (MLP: Multi-layer Perceptron)에 입력하여 학습하고 모델을 생성한다. 추론 단계에서는 안구 추적기로부터 실시간으로 시선 관련 특징을 얻고 이를 MLP에 입력하여 추정 깊이 값을 얻는다. 마지막으로 HMD의 화면을 켜거나 끌 것인지 여부를 결정하기 위해 이 계산결과를 활용한다. 제안된 방법의 가능성을 평가하기 위해 프로토타입을 구현하고 실험을 수행하였다.

■ 중심어 : OST-HMD; 증강현실; 안구 추적기; 다층 퍼셉트론

Abstract

In this paper, we propose automatic screen on / off method of OST-HMD screen using gaze depth estimation technique. The proposed method uses MLP (Multi-layer Perceptron) to learn the user's gaze information and the corresponding distance of the object, and inputs the gaze information to estimate the distance. In the learning phase, eye-related features obtained using a wearable eye-tracker. These features are then entered into the Multi-layer Perceptron (MLP) for learning and model generation. In the inference step, eye - related features obtained from the eye tracker in real time input to the MLP to obtain the estimated depth value. Finally, we use the results of this calculation to determine whether to turn the display of the HMD on or off. A prototype was implemented and experiments were conducted to evaluate the feasibility of the proposed method.

■ keywords : OST-HMD; Augmented Reality; gaze-eye tracking; multi-layer perceptron

I. 서론

최근 안구추적 (eye-tracking) 기술의 발전으로 안구추적을 위한 eye-tracker의 성능은 향상되고 가격이 낮아지고 있다. 또한 헤드마운티드 디스플레이 (HMD: Head Mounted Display)와 결합되어 착용형 환경에서의 안구 추적이 가능해지고 있다. SMI, Pupil-labs 및 Tobii 사의 안구추적기는 HMD에 장착 할 수 있는 형태이며, 이들은 HMD와 결합되어 사용자의 행동을 관찰할 뿐만 아니라 콘텐츠와의 상호 작용을 가능하게 하는 데에도 활용이 되고 있다 [1 - 3]. 최근 FOVE 등 몇몇

회사는 사용자의 시선을 기반으로 한 렌더링 세부 사항의 수준 (Level of Detail)을 최적화하는 데 사용할 수 있는 통합 된 안구추적기가 장착된 HMD를 발표했으며, 엔비디아 (Nvidia)는 시선기반 선택적 렌더링 기술인 Foveated Rendering을 선보였다[4].

안구추적기술은 가상현실 및 증강현실 HMD 사용자의 시선을 입력으로 사용할 수 있게 지원되고 있어 더욱 주목을 받고 있다. 증강 현실의 중요한 문제 중 하나는 현실 및 가상공간의 정합에 따라 관련된 정보 중에서 적절한 정보를 필터링하는 것이다[5]. HMD에 너무 많은 정보가 표시되어 사용자가 실제 환경을 보지 못하게 되면 시스템은 이에 따라 적절한 정보만을 선

* 정회원, 국립목포대학교 컴퓨터공학과

** 정회원, 전자부품연구원

이 논문은 2016년 목포대학교 장기해외연구 지원사업에 지원받음

접수일자 : 2018년 03월 10일

수정일자 : 2018년 03월 28일

재제확정일 : 2018년 03월 30일

교신저자 : 이영호 e-mail : youngho@ce.mokpo.ac.kr

택해야 한다. 사용자가 가상 회의 중일 때 HMD에서 비디오를 보고 있다고 가정하자. 때로는 비디오를 일시 중지하고 실제 세계에서 사물을 볼 필요가 있을 때도 있다. 안구추적기술은 증강 현실에서 이러한 정보를 효과적으로 필터링하는데 활용이 가능하다. 시선 깊이 정보를 사용하는 응용 중 하나로 다중초점 디스플레이를 갖춘 OST-HMD(Optical See-through HMD)에 안구추적기를 장착하여 실험한 연구가 있었다[6]. 이 연구에서 사용자가 OST-HMD의 화면 또는 실제 세계의 물체를 보고 있는지 여부를 확인하여 시선 깊이를 유용하게 사용할 수 있는 가능성을 보였다.

현재의 안구 추적 시스템은 사용자 앞에 있는 XY 평면에서 매우 정확한 시선 추정을 제공 할 수 있다. 하지만, 깊이 방향의 시선 깊이 추정은 여전히 어려운 문제로 알려져 있다. 시선의 깊이를 측정하는 방법으로 동공 중심 거리 (PCD) 방법과 각막 반사 방식 등이 있다[7, 8]. 기하학적 측량 방법으로 측정이 어렵기 때문에, 시선 데이터를 혼란시키고 시선 깊이를 추정하기 위해 신경망을 사용하기도 했다[9].

본 논문에서는 시선 깊이 추정 기술을 이용한 OST-HMD의 자동화면 on/off 기능을 제안한다. 제안하는 방법은 다층 퍼셉트론을 이용하여 시선 정보와 거리를 학습 한 후, 추론 단계를 거친다. 그리고, 이 추론 결과를 이용하여 HMD의 화면을 켜거나 끌 것인지 여부를 결정한다. 제안된 방법의 가능성을 평가하기 위해 프로토타입을 구현하고 실험을 수행했다. 본 논문에서는 완벽한 구현을 하지 않았지만, 실험을 통해 밝혀진 여러 문제를 해결한 후, 응용분야에 적용하여 사용성 평가를 수행할 계획이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 HMD와 안구 추적기 기술의 추세를 살펴본다. 3장에서는 제안 된 방법을 설명하고 4장에서는 실험 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 향후 연구와 함께 결론을 맺는다.

II. 관련연구

최근에 구글 글래스, EPSON BT-200 및 마이크로소프트 홀로렌즈와 같은 다양한 OST-HMD가 출시되었다 [10 - 12]. 구글글래스는 한 눈에 부착 된 디스플레이, 카메라 및 음성 인식 장치를 사용하여 하루 종일 사용하도록 기대되는 제품이다. EPSON BT200은 안드로이드 OS를 기반으로 하며, 두개의 디스플레이 장치가 장착되어 양눈으로 볼 수 있는 증강현실 HMD이다. 마이크로소프트의 홀로렌즈 (HoloLens)는 독립형 HMD로 외부 장치의 연결없이 독립적으로 사용 가능한 증강현실 HMD이다. 마이크로소프트의 홀로렌즈는 여러 개의 센서가 장착되어 실내공간을 모델링할 수 있는 룸스캐닝 기술을 이용하여 정확히 3D 콘텐츠를 증강할 수 있다. 삼성의 기어VR과

마찬가지로 스마트폰을 사용하는 가상현실 장치도 등장하고 있으며 구글 카드보드와 같은 몇 달리의 저가 장치가 등장했다.

최근 상업적으로 이용 가능한 안구 추적기는 일반적인 카메라를 사용하는 대신 적외선 카메라가 부착된다. 적외선 카메라를 사용하면 눈의 움직임을 보다 빠르고 정확하게 획득할 수 있다. 안구 추적기는 형태에 따라 막대(바) 형태의 안구 추적기와 모바일 안경 형태로 분류 할 수 있다. 막대 형태의 안구 추적기는 두 개 이상의 적외선 카메라가 있는 막대 형태로 만들어져 모니터와 같은 디스플레이에 장착된다. 이 장치는 모니터 앞에 앉아 있는 사용자의 시선을 추적하는 데 적합하다. 모바일 안구 추적기에는 두 개 이상의 작은 카메라가 안경 프레임에 부착되어 있으며 하나 이상의 전면 카메라가 전면을 촬영한다. 눈을 촬영하는 카메라는 사람의 눈을 포착하고 이미지를 획득하여 동공 방향 및 동공 지름과 같은 값을 계산한다. 전면 카메라는 사용자가 보고 있는 방향의 이미지를 사용하여 시선의 방향을 보정하는 데 사용된다.

가상현실과 증강 현실의 응용분야가 확대되면서, 3D 시선 추적 기술은 3D 콘텐츠를 위한 인간과 컴퓨터 상호 작용에 적용되고 있다[13-15]. 3D 시선 추적을 위한 두 가지 주요 접근법은 원경 카메라 기반 방법과 착용형 장치 기반 방법이다. 원경 카메라 기반 방법은 단안 카메라 하나와 근적외선 조명기 두 개가 필요하다. 카메라가 모니터 화면 아래에 배치되고 두 눈 영역을 포함한 얼굴 이미지가 획득한다. 두 근적외선 조명기는 두 눈에 두 개의 거울 반사를 만들어내고, 사용자가 모니터 스크린 상의 위치를 바라보는 동안, 동공 중심과 이미지 내의 정반사의 2 개의 중심 사이의 거리가 시선 위치를 추정하는데 사용된다 [8]. 두 번째 접근법은 사용자가 착용해야 하는 착용형 장치 기반 방법이다. 두 개의 카메라를 안경에 부착하여 사용자의 두 눈을 촬영하고, 전면을 촬영할 수 있는 전면카메라를 부착하여 사용자가 어느 곳을 보고 있는지 파악해 낸다.

안구추적기를 만드는 회사인 Pupil-labs와 Tobii에서는 HTC VIVE 또는 마이크로소프트 홀로렌즈 등의 HMD에 부착 할 수 있는 안구추적기를 출시했다. FOVE와 같은 일부 회사는 안구 추적기가 장착 된 HMD를 출시했다. FOVE가 제안한 HMD 및 안구 추적기 응용 프로그램에는 시선 기반 상호 작용과 시선을 사용한 그래픽 렌더링이 포함되어 있다[4].

하지만, 시선 깊이를 측정하는 데는 그다지 많은 연구가 수행되지 않았다. 에시그(Essig)는 신경망 접근법을 사용하여 사용자의 3D 시점을 추정하는 방법을 제안했다[16]. 이 방법은 왼쪽과 오른쪽 눈 이미지를 동시에 획득할 수 있도록 2 대의 카메라가 들어있는 착용형 장치가 필요했다. KIST에서는 입체 영상 디스플레이에 대한 시선 기반 3D 상호 작용에 관한 실험적 연구를 발표했다. 이 논문에서는 시선 깊이를 측정하기 위해 동공 중심 거리 (PCD)를 사용했다[7]. 미국의 Clemson 대학에서는

입체 디스플레이와 안구 추적기를 사용하여 시선 깊이를 연구했다[17]. 일본 오사카대학 연구팀은 사용자가 다 초점 길이의 OST-HMD를 착용하는 초점 평면을 결정하기 위해 아이 추적 장치를 사용했다[6]. 이 논문에서는 서포팅 벡터 머신 (support vector machine) 을 사용하여 거리별로 초점면을 구별하였다.

또 다른 시선 깊이를 추정하는 방법으로, 시선의 법선 벡터와 거리를 포함한 두 가지 훈련 데이터로 사용자가 특정 거리에서 물체를 보면서 시선 깊이 추정 방법이 연구되었다[9]. 이 실험에서 사용자의 주의를 OST-HMD 화면에 있는지 아니면 더 가까운 거리에 있는 실제 세계의 물체에 있는지를 식별하는 데 이상적 일 수 있음을 발견했다. 그러나 MLP 회귀 모델의 최적화는 보다 세분화 된 거리 간격을 지원하기 위해 필요했다. 특히 정밀한 연속 공간에서 지속적으로 시선 깊이를 추정해야 하는 어플리케이션의 경우 더욱 그렇다. 이 논문의 결과는 또한 짧은 기간 동안 학습 및 추정이 매우 정확하다는 것을 보여 주었지만, 눈 추적기가 초기 훈련 위치에서 벗어나면서 정확도는 시간이 지남에 따라 저하되었다.

III. 제안 방법

증강 현실은 현실 세계에서 가상 물체를 중첩시키는 기술이다. OST-HMD는 현실 세계를 동시에 볼 수 있는 동시에 가상 스크린에 투영되는 가상 물체를 볼 때 사용할 수 있다. EPSON BT-200나 마이크로소프트 홀로렌즈와 같은 OST-HMD를 사용하는 경우 시각화 할 정보량이 너무 커서 필터링 할 수 없을 수도 있다. 또한, HMD를 통해 비디오와 같은 콘텐츠를 볼 때, 현실 세계의 물체를 보는 것을 방해 할 수 있다. 따라서 HMD의 화면을 자동으로 켜거나 끄는 방법이 필요하다.

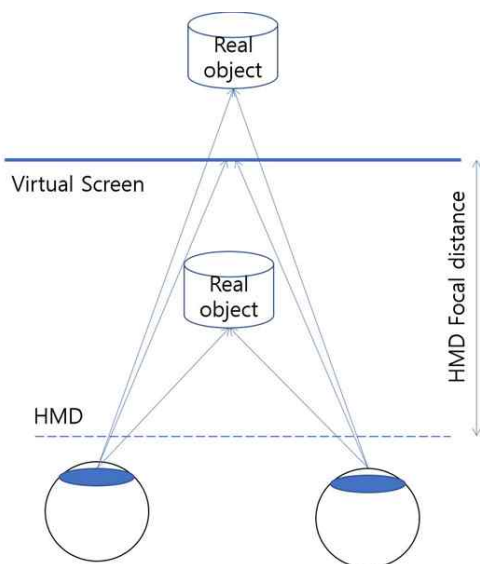


그림 1. 사용자 시선의 세 가지 범주

이 시나리오에서는 두 명의 사용자 원격 공동 작업을 수행한다. 한명은 일반적인 데스크탑 환경을 갖춘 원격 전문가이고 다른 한명은 OST-HMD 및 다양한 장비를 착용 한 현장 작업자다 [18]. 이때 현장의 작업자는 원격 전문가가 보낸 비디오를 참조하여 작업을 수행 할 수 있다. 다시 말해, 원격 전문가의 시각 및 청각 적 지시는 현장의 문제를 해결하기 위해 HMD를 통해 전달된다.

본 논문에서는 시선 깊이를 계산하기 위해 두 눈의 시선 벡터와 대상과 눈 사이의 거리와 함께 사용한다. 사용자가 가상 스크린 앞의 작업 공간의 물체를 보고 있는지, 가상 스크린에 디스플레이된 물체를 보는지, 혹은 가상 스크린보다 멀리 있는 물체를 보는지 구별할 수 있다면, 그에 따라 스크린을 제어할 수 있다. 그림. 1은 이 세 가지 경우를 보여준다.



그림 2. 사용자가 Epson BT-200에 장착 된 Pupil-lab의 안구 추적기를 착용한 모습

제안된 방법은 시선 깊이를 계산하여 화면을 조정하기 위한 OST-HMD, 모바일 안구 추적기 및 기계 학습 장치를 이용한다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 Pupil-lab의 안구 추적기가 부착된 Epson BT-200을 사용했다. BT-200은 안드로이드 OS를 구동하는 자체 모바일 유닛을 가지고 있으며 초점 거리는 약 2.5 미터이다. 안구 추적기는 USB 케이블을 통해 PC에 연결되었다. PC에서는 시선 법선 벡터를 기반으로 시선 거리를 훈련하고 추정하기 위해, 잘 알려진 기계 학습 라이브러리 인 Sci-kit learn 라이브러리의 Multi-layer Perceptron을 사용했다[19].

제안된 방법은 학습과 추정의 두 단계로 운영된다(그림3,4).

먼저, 시선 데이터 및 해당 거리를 안구 추적기를 이용하여 얻고, MLP에 입력하여 학습 모델을 생성한다. 추정 단계에서 안구 추적기를 사용하여 실시간으로 시선 벡터를 획득되고, 이를 MLP 모델에 입력하여 실시간으로 추정된 거리를 계산해 낸다. 추정된 거리에 따라 OST-HMD의 제어프로그램에서 스크린을 조작할 수 있다.

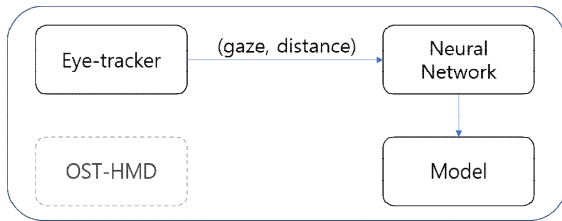


그림 3. 학습 과정

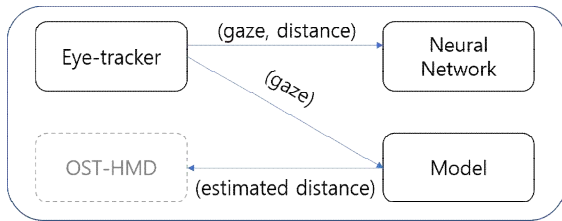


그림 4. 추정 과정

IV. 실험

제안한 방법의 성능을 파악하기 위해 두 가지 예비 실험을 수행했다. 첫 번째 예비 실험은 한 사람이 서로 다른 거리에서 두 개체를 교대로 볼 때의 정확도를 측정하는 실험이었고, 두 번째 예비 실험에서는 3명의 참가자를 대상으로 학습 후에 시간의 경과에 따른 추정오차를 측정하였다.

4.1 첫 번째 예비 연구

이 실험에서는 참가자에게 두 가지 다른 거리 (1미터와 3미터)의 목표물을 볼 것을 요구했다. 그 이유는 작업 공간의 물체가 1미터 이내에 있을 수 있고 HMD 스크린의 가상 이미지 평면이 약 3미터 떨어져 있다고 가정했기 때문이다. MLP 학습 순서는 1미터, 3미터였으며, 각 거리마다 약 2,000개의 샘플을 수집하였다. MLP 학습이 끝난 후, 정확한 추정이 가능한지 알아보기 위해 참가자에게 실시간으로 1미터 떨어진 곳과 3미터 떨어진 곳에서 두 가지 물체를 다시 보도록 요청했다.

추정을 위한 데이터의 순서는 그림 5와 같이 3-1-3미터였다. 안구 추적기가 시선 벡터 데이터를 계산하여 입력할 때마다 MLP는 추정된 거리를 실시간으로 출력했다. 추정에 대한 데이터 수집 시간은 학습 직후 약 60초로 설정하였다. 총 6000개의 추정 데이터 중 오류의 개수가 491개 (약 8%)로 나타났다.

그림 5처럼 오류는 시선의 변화가 있을 때 주로 발생했다. 참가자가 3미터의 물체와 1미터의 물체로 시선을 변경할 때, 412개의 오류가 발생하였다. 참가자가 1미터 떨어진 곳에서 물체를 보고 나서 3미터에서 다른 물체로 눈을 변경할 때 56개의 오류가 발생했다.

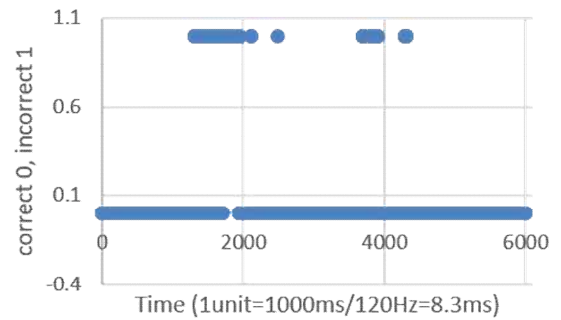
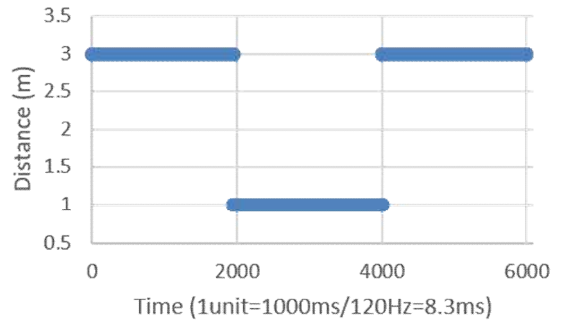


그림 5: 시간에 따른 물체의 거리(위), 오류 (아래)

4.2 두 번째 예비 연구

실험을 위해 3명의 참가자를 모집하고 약 5초 동안 표적을 바라 볼 때의 시선 데이터를 기록했다. 표적은 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 및 1미터의 거리에 사용자로부터 배치하였다. 데이터의 절반은 MLP 학습에 사용되었고 나머지 절반은 추정에서 오류를 측정하는 데 사용되었다. 훈련 및 추정을 위한 데이터는 (A) 학습 및 추정을 위한 데이터에 대한 연속 측정 및 (B) 훈련 데이터를 먼저 획득 한 후 추정 데이터를 획득하는 두 가지 방식으로 획득되었다. 그림 6은 추정 오류율을 센티미터 단위로 나타낸 것이다. 방법 A로 수집된 데이터의 오류는 모든 참가자에 대해 방법 B의 오류보다 낮다. 이는 시선 벡터에 영향을 미치는 참가자의 머리 동작으로 인해 시간이 지남에 따라 표식 추적기의 위치가 바뀌어 발생했을 것으로 예상된다.

두 실험결과 제안된 방법을 사용하면, 사용자가 근접 거리의 물체를 보는지 또는 2.5미터 떨어진 HMD 스크린을 볼 수 있는지를 구별 할 수 있음을 나타낸다. 하지만, 시선의 변화가 있을 때 오류가 발생할 확률이 높았다. 또한, 학습 직후에 높은 정확도를 나타냈지만 오랜 시간이 지나면 매우 낮은 정확도를 보

였다. 이것은 참가자의 머리 움직임으로 인해 시간이 지남에 따라 HMD와 안구 추적기의 위치가 변화되었기 때문이다. 이는 향후 사용자의 머리 움직임을 보정하는 방법을 연구가 수행되어야 함을 의미한다.

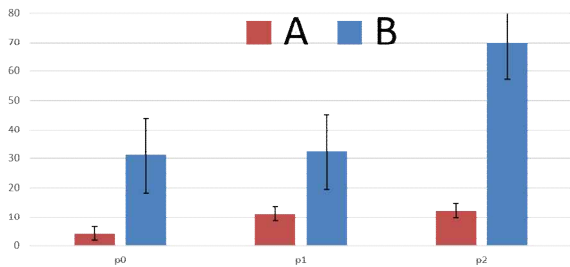


그림 6: 거리에 따른 추정 오류 (cm). (A)는 학습과 추정을 연속으로 진행할 때, (B)는 학습 후 약간의 시간이 지난 후 추정을 수행할 때 오류

V. 결론

본 논문은 시선 깊이를 사용하여 OST-HMD의 디스플레이를 켜고 끌 수 있는 방법을 제안했다. 제안된 방법은 시선 깊이를 계산하고 그 결과값을 제공하여 HMD의 스크린을 제어할 수 있도록 한다. 실험결과를 볼 때, 움직임이 적은 상황에서 높은 정확도로 거리를 추정할 수 있었지만, 시간에 지남에 따라 정확도가 낮아짐을 알 수 있었다. 향후 연구로는 시간이 지남에 따라 사용자 머리 착용한 HMD가 움직이는 문제를 극복하기 위한 방법에 대한 연구를 수행할 계획이다. 실험을 통해 밝혀진 여러 문제를 해결한 후, 응용분야에 적용하여 사용성 평가를 수행할 계획이다.

REFERENCES

[1] M. Kassner, W. Patera, and A. Bulling, "Pupil: An Open Source Platform for Pervasive Eye Tracking and Mobile Gaze-based Interaction," *Proc. 2014 ACM Int. Jt. Conf. Pervasive Ubiquitous Comput. Adjunct. Publ.*, pp. 1151-1160, 2014.

[2] M. L. Mele and S. Federici, "Gaze and eye-tracking solutions for psychological research," *Cogn. Process.*, vol. 13, no. 1 SUPPL, 2012.

[3] K. Wang, S. Wang, and Q. Ji, "Deep eye fixation map learning for calibration-free eye gaze tracking," *Proc. Ninth Bienn. ACM Symp. Eye Track. Res. Appl. - ETRA '16*, pp. 47-55, 2016.

[4] A. Wawro, "Gamasutra - Windows to the soul: Fove makes a case for eye-tracking

VR games," *Gamasutra*, 2015. [Online]. Available: <https://goo.gl/8Yn3VS>.

[5] S. Julier *et al.*, "Information filtering for mobile augmented reality," *Proc. - IEEE ACM Int. Symp. Augment. Reality, ISAR 2000*, pp. 3 - 11, 2000.

[6] T. Toyama, J. Orlosky, D. Sonntag, and K. Kiyokawa, "A natural interface for multi-focal plane head mounted displays using 3D gaze," *Proc. 12th Int. Work. Conf. Adv. Vis. Interfaces (AVI 2014)*, vol. 2, pp. 25 - 32, 2014.

[7] Y. M. Kwon and J. K. Shul, "Experimental researches on gaze-based 3D interaction to stereo image display," *Technol. E-Learning Digit. Entertain. Proc.*, vol. 3942, pp. 1112 - 1120, 2006.

[8] J. W. Lee, C. W. Cho, K. Y. Shin, E. C. Lee, and K. R. Park, "3D gaze tracking method using Purkinje images on eye optical model and pupil," *Opt. Lasers Eng.*, vol. 50, no. 5, pp. 736 - 751, 2012.

[9] Y. Lee *et al.*, "Estimating Gaze Depth Using Multi-Layer Perceptron," in *International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality (ISUVR)*, 2017, pp. 26 - 29.

[10] B. Benninger, "Google Glass, ultrasound and palpation: The anatomy teacher of the future?," *Clin. Anat.*, vol. 28, no. 2, pp. 152 - 155, 2015.

[11] R. Furlan, "The future of augmented reality: HoloLens - Microsoft's AR headset shines despite rough edges [Resources-Tools and Toys]," *IEEE Spectr.*, vol. 53, no. 6, p. 21, 2016.

[12] P. Olson, "Epson Smart Glasses Browse YouTube With A Nod And Tilt Of The Head.," *Forbes.com*, p. 9, 2013.

[13] 박재승, 석윤찬, "시선추적형 가상현실기기를 통한 광고분석 시스템," *스마트미디어저널*, 55권, 3호, pp. 62 - 66, 2016.

[14] 김영상, 김영익, "증강현실을 적용한 관광지 사물인식 실감체험 앱 콘텐츠 구현," *스마트미디어저널*, 55권, 1호, pp. 122 - 129, 2016.

[15] 이영천, "마커리스 트래킹 기반 증강현실을 이용한 문화콘텐츠 개발," *스마트미디어저널*, 55권, 4호, pp. 90 - 95, 2016.

[16] K. Essig, M. Pomplun, and H. Ritter, "A neural network for 3D gaze recording with binocular eye trackers," *Int. J. Parallel,*

Emergent Distrib. Syst., vol. 21, no. February 2015, pp. 79 - 95, 2006.

- [17] A. T. Duchowski, B. Pelfrey, D. H. House, and R. Wang, "Measuring gaze depth with an eye tracker during stereoscopic display," in *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization - APGV '11*, 2011, vol. 1, no. 212, p. 15.
- [18] Y. Lee, K. Masai, K. Kunze, M. Sugimoto, and M. Billinghurst, "A Remote Collaboration System with Empathy Glasses," in *Adjunct Proceedings of the 2016 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR-Adjunct 2016*, 2016, pp. 342 - 343.
- [19] F. Pedregosa *et al.*, "Scikit-learn: Machine Learning in Python," *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 12, pp. 2825 - 2830, 2012.

저 자 소 개



이영호(정회원)

2002년 광주과학기술원
정보통신공학과 공학석사
2008년 광주과학기술원
정보통신공학과 공학박사.
2009년~현재 목포대학교
컴퓨터공학과 부교수
<주관심분야 : 증강현실, 가상현실,
원격협업, HCI, 감성 컴퓨팅>



신춘성(정회원)

2006년 광주과학기술원
정보통신공학과 공학석사.
2010년 광주과학기술원
정보통신공학과 공학박사.
2013년~현재 전자부품연구원
VR/AR연구센터 책임연구원.
<주관심분야 : 증강현실, 가상현실,
HCI, 상황인지 컴퓨팅>