

시선추적 기반 서비스 프로토타이핑 가상현실 시스템

Eye Tracking based VR System for Service Prototyping

남상훈¹, 고기남²

SangHun Nam^{1*}, Ginam Ko²

요약

프로토타이핑은 제품 출시 전에 사용자가 직접 시제품을 사용하고 사용자 평가에 따라 피드백을 반영하여 제품을 개선하는 제품개발 방식으로, 최근에는 시간과 비용을 절감하기 위하여 제품의 디지털 설계 데이터를 활용한 가상 프로토타이핑 기법 활용이 사용되고 있다. 본 논문은 가상현실 기술을 활용하여 실험 관찰자는 제품이 사용되는 서비스 환경을 설계하고, 실험자는 가상환경 내에서 제품을 경험할 수 있는 서비스 프로토타이핑 시스템을 연구하였다. 사용자의 설문 조사뿐만 아니라 사용자가 물체를 응시한 시간을 측정하여 사용자의 의도를 분석할 수 있도록 시선추적 기술을 적용하였다. 실험 관찰자가 시선추적 장치를 쉽게 사용할 수 있도록 유니티 게임엔진 기반의 시선추적 컴포넌트를 개발하였으며, 프로토타이핑 실험에서 실험 대상이 되는 게임 오브젝트에 시선추적 컴포넌트를 적용하면, 실험 단계에서 자동으로 시선추적 모듈과 연동하여 사용자의 시선추적정보를 관리하고 그래프로 시각화할 수 있도록 설계하였다.

핵심어 : 가상현실, 시선추적, 서비스 프로토타이핑, 게임엔진, 사용자 평가

Abstract

Prototyping is a product development method in which a user directly uses a prototype before product launch and improves the products by reflecting feedback according to user evaluation. Recently, in order to save and cost, the virtual prototyping technique using digital design data has been used. In this paper, a service prototyping system is studied that the experimental observer designed a service environment using virtual reality technology, the experimenter experience virtual products in a virtual environment. In addition to the user's questionnaire survey, eye-tracking technology was applied so that the user's intention can be analyzed by measuring the time the user gazes at the object. The Unity game engine-based gaze tracking component was developed so that the experimental observer can easily use the gaze tracking device. In the prototyping experiment, it is designed to manage the user's eye-tracking information by automatically linking with the eye-tracking module in the experiment stage and visualize it in a graph.

Keyword : Virtual Reality, Eye Tracking, Service Prototyping, Game Engine, User Evaluation

1 Department of Culture Technology, Changwon National University, Changwon, Korea [Assistant Professor]
e-mail: sanghunnam@changwon.ac.kr

2 Research Department, placeB Inc., Seoul, Korea [Graduate Student]
e-mail: gnko@placeb.com

* This research was supported by the Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes(COMPA) funded by the Ministry of Science and ICT(MSIT) (A Development of Virtual Reality Prototyping System for Public Technology Transmutation and Commercialization).

Received(January 8, 2021), Review Result(1st: February 18, 2021), Accepted(March 5, 2021), Published(March 31, 2021)



© 2021 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

1. 서론

프로토타이핑은 효과적인 제품 개발 접근법의 하나로 개발 초기에 제품의 모형을 만들어 제품의 사용자 계층이 미리 제품을 사용해 본 후 제품의 외관, 기능, 사용성 평가에 따른 피드백을 반영하여 제품을 개선해 나가는 과정이다. 프로토타이핑은 제품 출시 전에 사용자의 요구사항을 충분히 반영할 수 있는 장점이 있으나, 반복적으로 물리적 제품 설계 및 제작하는 데 걸리는 시간과 비용이 발생하며 전체 개발 프로세스를 복잡하게 만든다. 최근에는 제품 설계를 3D 디지털로 작업하기 때문에, 가상환경에서 렌더링하고 시뮬레이션을 하여 설계 초기의 문제점을 찾아내고, 다수의 설계자가 공동으로 설계를 진행할 수 있는 연구에 활용되고 있다. 디지털 프로토타이핑은 실물모형을 만들지 않고 모델 데이터를 가상환경에서 렌더링 함으로써 가상의 제품모형을 만들어 낼 수 있으며 사용자의 요구사항을 즉각적으로 수정할 수 있다. 사용할 수 있는 공간적인 특성이 있는 제품은 가상현실 기술이 유용하게 활용될 수 있다. 예를 들면, 거실 또는 사무실 환경에서 사용되는 공기청정기를 프로토타이핑할 때는 거실 또는 사무실 환경을 가상으로 구축함으로써 제공되는 환경에 어울리는 제품 디자인 피드백을 얻을 수 있다. 사용자 행동 관찰평가를 위해서는 동영상이나 사진으로 기록하는 간접적인 방식을 사용하였으나, 가상현실 기술 기반의 프로토타이핑은 모션 캡처 장치를 사용한 사용자의 행동을 데이터로 즉각 기록 가능하고 체계화할 수 있으므로 전통적인 서비스 디자인 프로토타이핑 과정의 한계점을 해결할 수 있다. 가상 프로토타이핑의 단점은 피실험자가 손으로 제품을 만지면서 사용해 볼 수 없는 것에 있다. 하지만, 최근에는 가상현실 컨트롤러의 기술이 발전되면서 가상의 물체를 잡거나 조작하는 사용자 인터페이스의 연구 및 햅틱 기술을 활용하여 물체의 질감을 느낄 수 있는 연구도 활발하게 진행되고 있다.

전통적인 방식의 조사는 설문 조사 및 그룹 인터뷰와 같은 방식을 사용하였으나, 실험자는 설문 및 인터뷰에서 상황에 맞게 변형하여 응답하는 때도 있어, 정확한 사용자의 의도를 파악하기 위해서 피실험자에게 무의식적으로 발생하는 생체 신호를 활용하는 시도가 있다. 특히, 사용자의 눈동자가 어떤 물체를 얼마나 오랫동안 응시하는지를 측정할 수 있어서 사용자 평가에 많이 사용되는 시선 추적기술은, 가상현실 기반의 프로토타이핑에서도 사용자가 바라보는 공간의 관심 영역 및 움직이는 물체들에 관한 관심 영역을 측정할 수 있어서 활용성이 높다.

본 연구에서는 가상현실과 시선추적 기술을 활용하여 사용자가 가상공간에서 관심을 두고 있는 제품을 측정하여 분석할 수 있는 가상현실 프로토타이핑 시스템을 제안하였다. 시선추적 장치가 내장된 HMD를 활용하여 유니티 게임엔진 기반으로 개발하였으며, 프로토타이핑 제품이 사용될 가상의 환경을 구축하고 사용자의 시선을 받는 물체를 추적할 수 있는 시스템 개발을 진행하였다.

2. 관련 연구

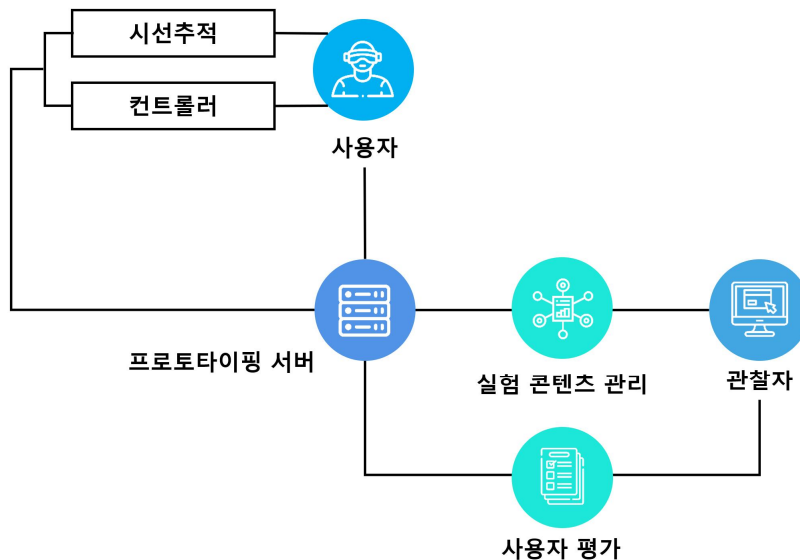
제품 개발하는 과정에서 회사는 제품을 디자인하고 사용자에게 디자인 개념을 전달하고, 피드백을 얻어서 제품 디자인을 보완하는 프로토타이핑 과정이 필요하다. 실제 제품을 만들어서 제품을 테스트하고 검증하는 과정을 거치는 피지컬 프로토타이핑(Physical Prototyping)은 정확한 피드백을 받을 수 있으나 개발 비용과 시간이 증가하기 때문에, 사용자의 소비 경향을 빠르게 반영하기 어렵다. 빠르게 사용자의 피드백을 얻기 위해서 제품의 디지털 데이터를 활용하여 제품을 검증하는 가상 프로토타이핑 (Virtual Prototyping)이 사용되고 있으나, 시각적인 관점에서만 피드백을 받을 수 있는 제한이 있다 [1]. 최근에는 피지컬 프로토타이핑과 가상 프로토타이핑의 장점을 동시에 사용할 수 있는 새로운 프로토타이핑 설계에 관한 연구가 진행되고 있다 [2][3]. 서비스가 실제로 일어나는 공간을 구성해 놓고 사용자의 행동을 관찰하는 서비스 프로토타이핑(Service prototyping)은 사용자가 제품을 실제로 사용하는데 발생하는 외적 요인까지 확인할 수 있다는 장점이 있다. 가상현실 기술은 사용자를 중심으로 모든 방향에 3차원 그래픽과 공간 사운드를 활용하여 가상의 환경 속에 존재하는 것처럼 느끼고 가상의 물체를 시각화할 수 있다. 서비스 프로토타이핑에 가상현실 기술을 활용하면 제품이 사용될 공간을 가상으로 디자인하고 실험자는 가상의 공간에서 가상의 제품과 상호작용을 할 수 있어서 과거의 가상 프로토타이핑의 한계를 극복할 수 있으며, 피실험자는 실험을 위한 요소들을 실시간으로 조절하며 프로토타이핑 실험을 진행할 수 있다 [4][5]. 또한, 완성되지 않은 제품의 동작을 가상으로 재현하여 사용자가 물체를 조작하는 과정에서 사용자의 행동 의도를 파악할 수 있게 도와준다 [6]. 최근에는 가상현실 컨트롤러의 기술이 발전되면서 가상의 물체를 잡거나 조작하는 사용자 인터페이스의 연구 및 햅틱 기술을 활용하여 물체의 무게, 질감을 느낄 수 있는 연구도 활발하게 진행되고 있다 [7-9].

가상현실 기술과 시선추적을 동시에 활용하여 가상공간에서 어떤 물체를 어느 정도의 시간 동안 바라보고 있는지를 추적함으로써 사용자의 검색 동기 및 행동을 분석 가능하다 [10]. 시선추적 기술은 눈의 움직임을 해석함으로써 인간의 관심 의도를 추출할 수 있는 중요한 생체 신호로써 웹 사용성, 마케팅 연구, 의학 연구, 비디오 게임, 심리학, 신경학 및 사용자 경험 분야에서 인간-컴퓨터 상호작용의 진보된 방법으로 사용되고 있다 [11-13]. 일반적으로는 모니터 아래에 카메라를 설치하고 사용자의 시선을 추적하는 방식을 사용하였다 [14]. 이미지 센서 기술이 발전함에 따라서 눈과 가까운 곳에 IR 광원과 초소형 이미지 센서를 설치하여 동공을 검출하여 시선을 추적하는 각막 반사법이 연구되어 안경형 시선 추적 장치가 개발되었으며, HMD 장치 내부에 시선 추적 장치를 설치하여 가상환경에서 사용자의 시선을 추적할 수 있게 되었다. 시선추적 기술은 생체 신호와 복합적으로 사용하여 사용자의 감정과 의도를 파악하려는 연구가 시도되고 있다. 시선 추적 장치

와 EEG 센서를 복합적으로 활용하여 인간의 감정을 인식하는 연구와 사용자의 선호도와 뇌파의 연관성에 관한 연구가 진행되었다 [15][16].

3. 가상현실 서비스 프로토타이핑 시스템

본 논문에서는 [그림 1]과 같이 가상현실 기술과 시선추적 기술을 활용한 가상현실 서비스 프로토타이핑 시스템을 제안하였다. 가상현실 서비스 프로토타이핑 시스템은 실험자는 제품이 사용되는 환경을 가상으로 구축하고 피실험자가 가상의 환경에서 제품의 디자인 및 기능에 대하여 어떻게 반응하는지를 분석할 수 있도록 지원하는 시스템이다. 관찰자는 실험환경을 구축하기 위하여 실험 콘텐츠를 제작해야 하는데, 프로토타이핑 서버를 사용하여 유니티 게임엔진 기반의 실험환경 및 실험 모델을 설정한다. 실험자는 HMD를 착용하고 프로토타이핑을 수행하게 되며, 관찰자는 관찰자 컴퓨터를 사용하여 실험자의 가상환경에서의 움직임과 일인칭 시점에서 실험자가 보고 있는 관심 영역 영상을 실시간으로 확인할 수 있다. 관찰자는 실험을 위하여 실시간으로 사용자의 배경(환경)과 시제품의 재질(Material)을 변경함으로써 상황에 따른 필요한 분석이 가능하다. 실험이 완료된 후 설문을 통하여 피실험자로부터의 피드백을 받을 수 있으며, 시선추적 기술을 통하여 사용자가 실제로 관심을 둔 물체에 대한 인체 정보를 활용하여 관찰자는 더 정확한 사용자 평가 분석을 수행할 수 있다.



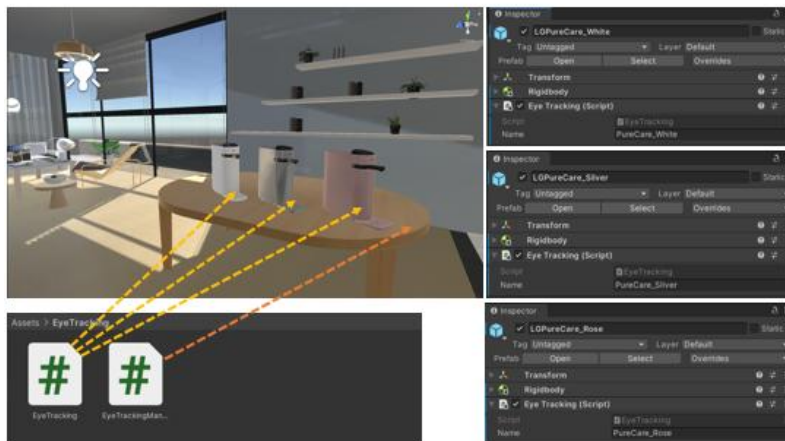
[그림 1] 가상현실 서비스 프로토타이핑 구조

[Fig. 1] Structure of Virtual Reality Service Prototyping System

가상현실 프로토타이핑 시스템은 시제품의 사용 환경을 표현하기 위한 기본 배경(환경) 라이브러리를 포함하고 있으며, 실험 설계자는 [그림 2-(a)]와 같이 피실험자가 체험하게 될 실험 공간을 구성한다. 실험 설계자는 [그림 2-(b)]와 같이 가상공간에 사용자의 관심을 실험하기 위한 여러 종류의 디자인을 가진 제품을 모델링하고, 분석이 필요한 모델마다 강체(Rigidbody) 컴포넌트와 시선추적(EyeTracking) 컴포넌트를 추가한다. 프로젝트에 시선추적 매니저(EyeTracking Manager) 컴포넌트를 추가함으로써 시선추적을 위한 서비스 프로토타이핑 실험환경을 간단하게 구축할 수 있도록 설계하였다.



(a) Environment / Interior Setting



(b) Eye Tracking Component Setting

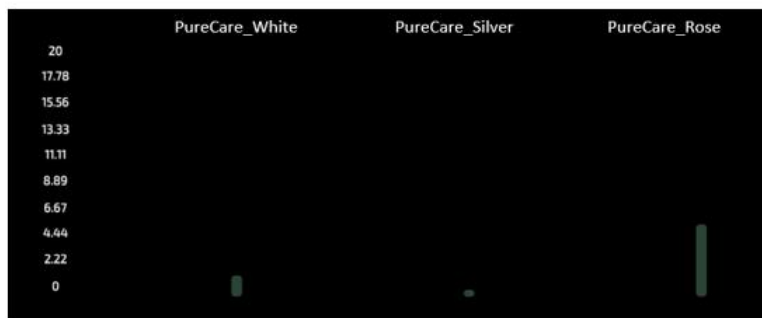
[그림 2] 가상현실 서비스 프로토타이핑 실험 설정

[Fig. 2] VR Service Prototyping System Experiment Setup

프로토타이핑 실험 단계에서는 피실험자는 HMD를 착용하고 가상의 실험 공간에서 가상 제품의 디자인 및 구동 여부를 확인할 수 있다. 피실험자는 가상으로 구축된 프로토타이핑 실험 공간을 걸어 다니며 실험에 참여할 수 있으며, [그림 3-(a)]와 같이 가상현실 트레드밀(Treadmill)을 사용하여 HMD 사용에 의한 실험 공간 제약을 극복하여, 넓은 서비스 실험 공간을 구축하여 실험할 수 있게 되었다. 관찰자는 피실험자가 HMD를 쓰고 행동하는 움직임과 HMD를 통해서 사용자가 가상 공간에서 바라보고 있는 화면을 컴퓨터를 통해서 확인할 수 있다. 가상현실 프로토타이핑 실험이 완료되면 [그림 3-(b)]와 같이 사용자의 시선이 관심 제품을 응시한 시간을 그래프로 표시한다. 실험자가 사용자의 시선 추적 및 실험자의 동작 데이터 분석을 통하여 사용자 평가 분석이 가능하도록 하였다.



(a) Prototyping Experiment



(b) Eye Tracking Time Graph

[그림 3] 가상현실 서비스 프로토타이핑 실험

[Fig. 3] VR Service Prototyping Experiment

4. 시선 추적 컴포넌트 개발

가상현실 기술을 사용하기 위하여 [그림 3]과 같이 HTC VIVE Pro Eye 가상현실 장비를 사용하여 연구를 진행하였다. HTC VIVE Pro Eye는 HMD(Head Mounted Display) 내부에 시선추적 장치가 내장되어 있고 유니티 SDK(Software Development Kit)를 제공함으로써 개발자는 유니티 게임엔진을 활용하여 사용자의 시선이 어느 방향을 가리키고 있는지를 실시간으로 획득할 수 있다.

제한한 서비스 프로토타이핑에서 사용자는 디자인된 가상의 환경에서 움직이며 다양한 위치와 시점으로 환경을 관찰하고 관심을 두는 물체를 바라보게 된다. 가상의 물체는 가상의 환경 속에서 작동함으로써 움직임을 가질 수도 있다. 사용자가 응시하는 물체의 종류와 시간을 측정하기 위하여 유니티의 물리엔진을 활용하였다. 사용자의 움직임과 물체의 움직임이 동시에 일어나는 실험 환경에서 HMD 사용자의 시선 방향 벡터를 활용하여 시선 방향을 나타내는 직선을 생성하고, 실험 대상 물체에 유니티의 강체 컴포넌트를 적용하면 사용자의 시선 방향으로 생성되는 직선과 물체가 충돌(Collision)하게 되면 이벤트를 발생시킨다.

본 연구에서는 2개의 컴포넌트를 개발하였다. 시선추적 컴포넌트가 실험이 필요한 모델에 추가 되면, 시선추적 대상으로 설정된다. 시선추적 매니저 컴포넌트는 프로토타이핑 시스템이 시작되면 관찰자가 실험 관측을 위해서 시선추적 컴포넌트를 포함한 게임 오브젝트를 추출하여 관리한다. 충돌 시작 이벤트가 발생하게 되면 충돌이 발생한 모델의 시선추적 컴포넌트에 응시시작 시간을 기록하고, 물체와의 충돌 마감 이벤트가 발생하게 되면 시선추적 컴포넌트의 응시종료 시간을 기록한다. 모델별로 충돌이 시작되는 시점과 충돌이 마감되는 시점을 저장함으로써 사용자가 어느 시간에 관심 물체를 응시했는지를 확인할 수 있다. 전체 실험 시간 동안 사용자가 응시한 컴포넌트의 전체 시간 및 비율을 데이터베이스화하여 그래프로 시각화하는 기능을 갖는다.

5. 결론

본 연구는 가상현실 기술과 시선추적 기술을 활용한 가상현실 서비스디자인 프로토타이핑을 설계하고, 유니티 게임엔진 기반으로 시선추적 모듈을 개발하고, 이를 활용하여 가상현실 서비스 프로토타이핑 시스템을 개발하였다. 본 연구에서 사용한 시스템은 3D 모델링 된 제품의 배치 및 조작, 색상 변경 및 재질 변경이 가능한 사용자 인터랙션 중심으로 개발되었으나, 본 연구에서는 시선 추적을 통한 서비스 경험 평가 기술의 적용으로 연구 범위를 제한하였다. 추후 연구에서는 물체를 조작하는 경험을 제공할 수 있는 다섯 손가락 가상현실 컨트롤러와 시선 추적기술을 융합한 가상현실 프로토타이핑 기술에 관한 연구를 진행할 계획이다.

References

- [1] G. G. Wang, "Definition and review of virtual prototyping", *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, September 2002, vol. 2, no. 3, pp. 232-236, doi: 10.1115/1.1526508
- [2] I. Gibson, Z. Gao, I. Campbell, "A comparative study of virtual prototyping and physical prototyping", *International journal of manufacturing technology and management*, December 2004, vol. 6, no. 6, pp. 503-522, doi: 10.1504/IJMTM.2004.005931.
- [3] B. Liu, R. I. Campbell, E. Pei, "Real time integration of prototypes in the product development process", *Assembly Automation*, February 2013, vol. 33, no. 1, pp. 22-28, doi: 10.1108/01445151311294621.
- [4] A. R. A. Razek, C. van Husen, M. Pallot, S. Richir, "A Comparative Study on Conventional versus Immersive Service Prototyping (VR, AR, MR)", *Virtual Reality International Conference 2018*, April 4-6, 2018, Laval, France, pp. 1-10, doi: 10.1145/3234253.3234296.
- [5] C. Boletsis, A. Karahasanovic, A. Fjuk, "Virtual bodystorming: Utilizing virtual reality for prototyping in service design", *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics 2017*, June 12-15, 2017, Ugento, Italy, pp. 279-288, doi: 10.1007/978-3-319-60922-5_22.
- [6] M. Müller, T. Günther, D. Kammer, J. Wojdziak, S. Lorenz, R. Groh, "Smart prototyping-improving the evaluation of design concepts using virtual reality", *Virtual, Augmented and Mixed Reality 2016*, July 17-22, 2016, Toronto, Canada, pp. 47-58, doi: 10.1007/978-3-319-39907-2_5.
- [7] M. Sinclair, E. Ofek, M. Gonzalez-Franco, C. Holz, "Capstancrunch: A haptic vr controller with user-supplied force feedback", *The 32nd Annual ACM symposium on user interface software and technology 2019*, October 20-23, 2019, New Orleans, LA, USA, pp. 815-829, doi: 10.1145/3332165.3347891.
- [8] A. Zenner, A. Krüger, "Drag: on: A virtual reality controller providing haptic feedback based on drag and weight shift", *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems 2019*, May 4-9, 2019, Glasgow, UK, pp. 1-12, doi: 10.1145/3290605.3300441.
- [9] S. B. Schorr, A. M. Okamura, "Fingertip tactile devices for virtual object manipulation and exploration", *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems 2017*, May 6-11, 2017, Denver, CO, USA, pp. 3115-3119, doi: 10.1145/3025453.3025744.
- [10] J. Pfeiffer, T. Pfeiffer, M. Meißner, E. Weiß, "Eye-tracking-based classification of information search behavior using machine learning: evidence from experiments in physical shops and virtual reality shopping environments", *Information Systems Research*, vol. 31, no. 3, May 2020, pp. 675-691, doi: 10.1287/isre.2019.0907.
- [11] P. Majaranta, A. Bulling, "Eye tracking and eye-based human-computer interaction", *Advances in physiological computing*, March 2014, pp. 39-65, doi: 10.1007/978-1-4471-6392-3_3.
- [12] A. T. Duchowski, *Eye tracking methodology: Theory and practice*, Springer, 2017.
- [13] A. Poole, L. J. Ball, "Eye tracking in HCI and usability research", in *Encyclopedia of human computer interaction*, Claude Ghaoui, Eds. Hershey, PA, USA: IGI Global, 2006, pp. 211-219.
- [14] A. Haro, M. Flickner, I. Essa, "Detecting and tracking eyes by using their physiological properties,

- dynamics, and appearance”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2000, June 13-15, 2000, Hilton Head, USA, pp. 163-168, doi: 10.1109/CVPR.2000.855815.
- [15] W. L. Zheng, B. N. Dong, B. L. Lu, “Multimodal emotion recognition using EEG and eye tracking data”, The 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society 2014, August 26-30, 2014, Chicago, IL, USA, pp. 5040-5043, doi: 10.1109/EMBC.2014.6944757.
- [16] R. N. Khushaba, C. Wise, S. Kodagoda, J. Louviere, B. E. Kahn, C. Townsend, “Consumer neuroscience: Assessing the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking”, *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 9, July 2013, pp. 3803-3812, doi: 10.1016/j.eswa.2012.12.095.