

VR 기반 시기능 강화 콘텐츠 설계 및 제작

김용주, 정상중*

동서대학교 일반대학원 컴퓨터공학과

Desing of VR Contents for Visual Function Enhancement

Yong-Ju Kim, Sang-Joong Jung*

Department of Computer Engineering, Graduate School, Dongseo University

요 약 각종 디지털 기기의 보급으로 현대사회는 기기들이 일상화되었다. 더욱이 COVID-19라는 팬데믹 동안 실내에 머무르면서 기기 사용량의 증가와 온라인 학습의 증가로 눈 피로도에 따른 어린이들의 근시 증가, 젊은 노인 증가, 안구 건조증과 같은 증상이 증가하고 있고, 이제는 눈 건강에 대한 관심이 예전과 다르다. 눈 건강에 대한 처방은 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 VR 콘텐츠를 활용한 시기능 강화 훈련 방법을 제안하고자 한다. 시기능 강화 훈련에 관한 기존의 교구에 의한 아날로그 방법들을 디지털 콘텐츠로 기획 및 제작하였으며, 일반 시기능 훈련센터에서 교구를 가지고 진행되는 다양한 방법 중 콘텐츠화가 가능한 7가지의 방법을 선택하여 VR 기반의 훈련콘텐츠로 개발하였다. 각 콘텐츠의 훈련 과정에서 사용자에게 훈련의 참여에 대한 피드백을 주기 위해 VR 기기에 아이트래킹을 적용하여 훈련 과정에 대한 관리와 집중도를 분석할 수 있도록 제안하였다.

• **주제어** : 시기능 강화, VR 콘텐츠, 안구추적, VR 기기, 사용자 피드백

Abstract With the spread of various digital devices, devices have become commonplace in modern society. Moreover, due to the increase in device usage and online learning while staying indoors during the COVID-19 pandemic, symptoms such as an increase in myopia in children due to eye fatigue, an increase in young presbyopia, and dry eye syndrome are increasing, and now people are paying attention to eye health. This is different from before. There are various prescriptions for eye health, but in this paper, we would like to propose a training method for enhancing visual function using VR contents. The analog methods of the existing teaching aids for visual function reinforcement training were planned and produced as digital contents, and VR-based training contents were selected from among the various methods carried out with teaching aids at the visual function training center, which can be made into contents. In the training process for each content, it was proposed to apply eye tracking to the VR device in order to give the user feedback on their participation in the training so that the management and concentration of the training process could be analyzed.

• **Key Words** : Visual function enhancement, VR contents, Convergence, Eye tracking, Head mounted display, User feedback

Received 19 June 2022, Revised 28 June 2022, Accepted 30 June 2022

* **Corresponding Author** Sang-Joong Jung, Department of Applied Artificial Intelligence, Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, Korea. E-mail: sjjung@dongseo.ac.kr

I. 서론

21세기 스마트기기의 사용량 증가로 인한 눈 건강은 위협받고 있고 그로 인해 안구질환에 대한 사회적 관심은 점점 높아졌다[1]. 더욱이 COVID-19로 인한 장기화한 팬데믹은 실내 학습을 해야 하는 학생들의 눈 피로도를 증가시켰으며, 젊은 노인 증가, 눈 피로도 증가, 안구건조증 등과 같은 안질환의 증가를 가져왔다. 증상에 따라 수술적 방법과 비수술적 방법인 보조기구, 약물 등의 처방이 있지만 본 논문에서는 시기능 훈련에 대하여 알아보고 훈련 방법을 살펴보았다. 시기능 강화와 안구 테라피를 위한 시기능 훈련은 안구운동 제어의 오류를 시각 피드백 학습 운동에 의해서 적응적 보정 및 자동적 협동, 근육의 긴장도를 증가시켜 양안시 이상을 치료 및 보정함을 목적으로 진행한다 [2-3].

시기능 훈련의 장점은 프리즘 처방 시 정도에 따른 렌즈의 두께, 눈의 방향 이동으로 외적 위화감을 발생시키지 않고 비수술적 방법으로 부작용이 없어 폭넓게 환자들에게 적용할 수 있고, 효과 면에서도 긍정적이어서 세계적으로 양안시 이상 교정의 치료 방법 중 하나로 인정받고 있다[4-9]. 대부분 시신경 센터나 안경원에서의 시기능 강화 훈련은 수작업 기반의 교구를 통한 훈련이 대다수이므로 전문교육을 받은 전문가와 보조기구의 도움 없이는 힘들다. 다양한 기기와 호환할 수 있는 실효성이 검증된 콘텐츠를 제공할 수 있는 아이템 개발이 필요하다고 생각한 이유이다. 기존 눈안마기의 온열 및 마사지 기능이 아닌 실제 오래전부터 세계적으로 사용 중인 교구를 이용한 눈 훈련 방법을 콘텐츠화하고 그 결과를 데이터화할 수 있는 기구 개발이 필요하다.

본 논문에서는 시기능 강화 훈련에 관한 교구에 의한 아날로그 방법들을 디지털 콘텐츠로 제작, 개발하고 원 근거리 훈련과 아이트래킹 피드백을 위해 VR 기기를 모델링하여 훈련 과정에 대한 관리와 집중도를 분석이 가능할 수 있도록 개발하고자 하였다[10]. 이를 위해 시기능 훈련을 위한 콘텐츠 및 VR 기기에 트래킹을 부착하고 훈련 및 학습에 대한 피드백 제공을 위해 안구 트래킹을 검증하는 방법을 제안한다.

II. 관련 연구

시기능 훈련은 교구를 이용한 방법으로 전문가들에 의해 오래전부터 세계적으로 활용되고 있으며, 이와 관련된 많은 연구 결과가 발표됐다. 안질환, 안구질환 측정, 안구훈련과 안구 테라피에 대해 시도하고자 한 연구는 계속되고 있으며 방법과 목표는 모두 상이하다. 우리가 흔히 말하는 1.0의 시력 외에 우리의 눈은 Table 1에서 보듯이 17가지의 시기능 기술이 있다. 시력은 이 중 하나일 뿐이며 이 기술들이 원활할수록 시기능에 불편함이 없다. 이를 고려하여 시기능 강화를 위해서 여러 시기능 훈련 중 증상별로 중요 요소를 파악하여 이러한 방법들을 콘텐츠화하였다. 근시의 경우 원근 운동을 포함한 상하좌우 직근/사근(외안근) 운동, 폭주와 개산의 양안 융합 운동, 약시의 경우 보색을 이용한 시신경 자극운동, 노안의 경우 원근 운동, 융합 운동, 조절력 운동을 고려하여 필요한 운동이 콘텐츠화될 수 있도록 시나리오를 구성하였으며, 실내 조명, 눈에 부담 가지 않을 배경, 원색의 초점으로 하여 실제 교구로 훈련하는 방법을 벗어나지 않도록 하였다.

Table 1. Content development considerations by symptom

Symptom	Content development considerations
False myopia	extraocular muscle movement, fusion movement
Amblyopia	optic nerve stimulation
Presbyopia	perspective exercise, fusion exercise, accommodation exercise

시기능 교구 중 콘텐츠로 개발하여 효과를 기대할 수 있는 양안 융합운동 1가지 : 브록스트링(Brock String), 외안근 운동 3가지 : H 브로드 운동(H Broad), 추적 안구 원운동 (Tracking Eyeball Exercise), 화살표 방향 운동 (Arrow direction exercise), 시신경 자극운동 1가지 : 적녹광선 따라잡기 (Catch up with the red-green light), 조절력 운동 2가지 : 푸쉬업 운동 (Push Up), 초점 운동 (Moving Focus Exercise) 7가지로 설계하였으며, 이를 제작하기 위한 환경을 Unity에서 설정하여 제작하였다.

Table 2. scenario configuration of 17 visual function skills

17 visual function skills
1. eye movement control skill
2. long-distance focus skill
3. long-distance focus maintenance skill
4. near-focus skill
5. near-distance focus maintenance skill
6. long-distance eye alignment skill
7. long-distance eye alignment maintain skill
8. near-distance eye alignment skill
9. near-distance eye alignment maintain skill
10. central vision (vision)
11. peripheral vision
12. stereoscopic vision (depth perception)
13. color vision
14. general visual-movement skill
15. fine visual-movement skill
16. visual perception skill
17. visual integration skill

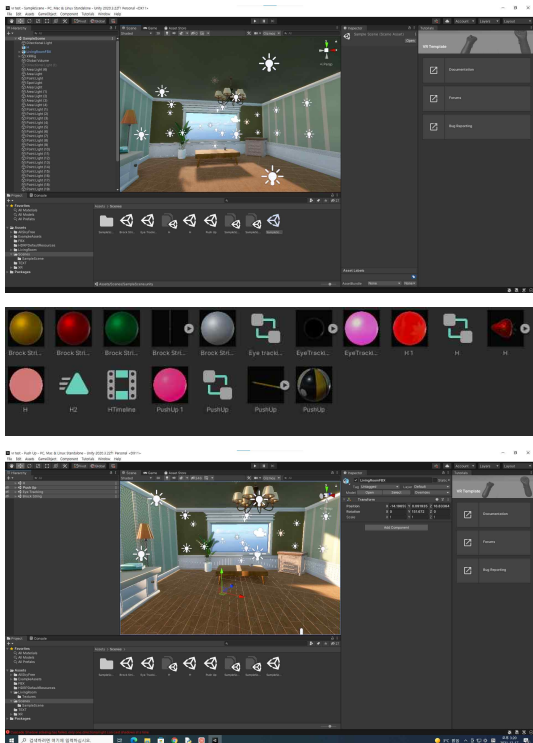


Fig. 1. Unity program environment for content development

III. 실험 및 결과

3.1 VR 기반 시기능 강화 콘텐츠

브록스트링(Brock String) : 녹색, 노란색, 빨간색 구슬을 간격을 두고 배열하여 빨간색-노란색-녹색-노란색-녹색-빨간색 순서대로 볼 수 있도록 유도하여 폭주와 개산 훈련으로 양안 융합 훈련을 할 수 있도록 하였다.

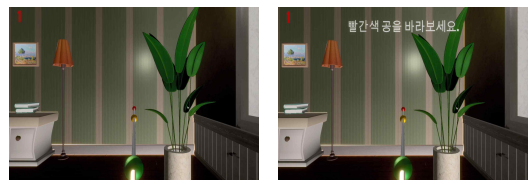


Fig. 2. Brock string content

H 브로드 운동(H Broad) : 지름 2cm 봉을 중심-우-우상향-우하향-중심하향-중심상향-좌상향-좌중심-좌하향, H 순서대로 빨간 공을 이동시켜 훈련을 유도하여 외안근 운동을 할 수 있도록 하였다.

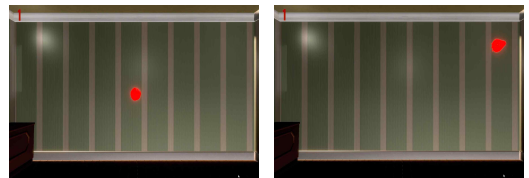


Fig. 3. H-broad content

추적 안구 원운동 (Tracking Eyeball Exercise) : 안구 움직임의 정확성과 속도를 트레이킹하기 위하여 20cm 원을 화면 센터에 회전 중심점을 두어 30/sec 속도로 시계방향 2회전 후 반시계 방향 2회전하여 상하 직근/사근 동향 스트레칭 및 훈련을 유도하였다.

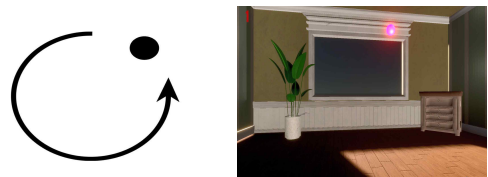


Fig. 4. Tracking eyeball exercise content

적녹광선 따라잡기 (Catch up with the red-green light) : 검정 바탕에 적색, 녹색 공이 상하좌우 무작위로 다양한 방향으로 이동하여 사시, 약시를 위한 운동을 유도하였다.

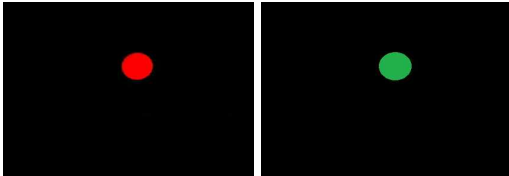


Fig. 5. catch up with the red-green light content

푸쉬업 운동 (Push Up) : 연필 모양의 객체를 눈앞 40cm에 위치하고 눈앞 10~5cm까지 서서히 당겨 8초 머무르게 한다. 10회 왕복하여 안구 이향근 단련과 양안 융합, 조절력 훈련을 하여 복시 사시, 노안을 위한 운동을 유도하였다.

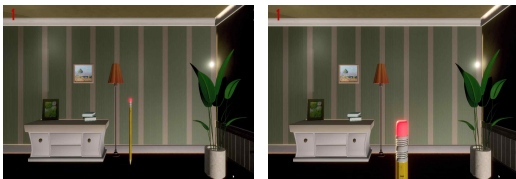


Fig. 6. push up content

화살표 방향 운동 (Arrow direction exercise) : 아래 그림과 같이 화면에 9개의 지점을 정하고 화면 중앙의 화살표를 해당하는 지점을 향하도록 표시한다. 점은 1초간 보이며 이후에는 숨겨지고, 이는 사용자가 보아야 할 지점을 찾기 쉽도록 도와주는 역할을 하도록 하였다. 시점이 중간에서 화살표가 가리키는 방향으로 옮겨진 후 3초 뒤에는 중간에 점이 표시되며 사용자가 중앙을 볼 수 있도록 하였다. 패턴은 무작위 랜덤으로 표시하고 방향지시 표시를 통한 안구의 상하좌우 이동으로 안구 외안근 운동을 유도하였다.

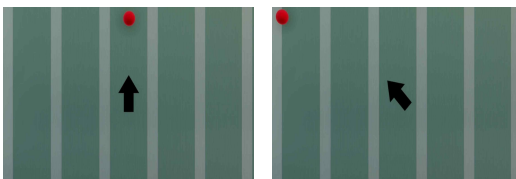


Fig. 7. arrow direction exercise content

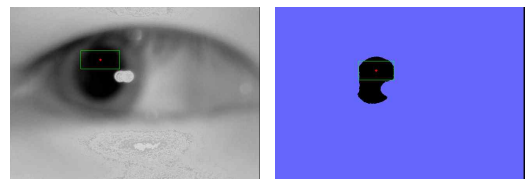
초점 운동 (Moving Focus Exercise) : 대상 초점 원 모양이 커졌다 작아지기를 반복 실행해 초점 물체의 변화를 통한 눈 근육 운동을 유도하였다.



Fig. 8. moving focus exercise content

3.2 아이트래킹 기술

아이트래킹 구현과정에서는 HMD(Head Mounted Display)의 부피를 줄이기 위하여, 고성능 SBC(Single Board Computer)인 라떼판다 보드를 사용하였지만, 셀러론 프로세서(CPU)의 낮은 성능, 4GB의 제한적인 메모리, 32GB의 적은 저장공간, 고성능의 그래픽 프로세서(GPU)가 없는 제약 사항에서, Unity 콘텐츠를 실행하여 안구 운동을 진행하기 때문에, 게임 엔진의 리소스 사용량을 고려한다면 OpenCV, 딥러닝 학습을 통한 아이트래킹 기술의 적용보다 이미지 처리가 가능한, GNU Public License인 Pygame 라이브러리를 이용한 Webcam 기반 아이트래킹 기술을 구현하였다.



(a) Before (b) After

Fig. 9. Eye segmentation

촬영된 이미지를 지정된 임계값 (Threshold)을 초과 일 경우 1 (파란색 영역), 미만일 경우 0 (검은색 영역)으로 필터링하는 이진화(Image Binarization) 기법을 사용하여 세그멘테이션(Segmentation)을 진행하였다. 이후 이진화를 통해 검출된 동공(Pupil)의 초기 위치의 좌표값을 지정하고, 동공 경계값 (Pupil Bounding Rect) 등을 지정하여 동공의 움직임을 트래킹할 수 있도록 설계하였다. 저사양 프로세서에 맞게 VR 콘텐츠 개발 엔진 사용 관련하여 고사양을 요구하는 Unreal 엔진의

사용이 아닌 Unity 엔진을 사용하여 더욱 적은 리소스 사용을 유도하였고, 아이트래킹을 구현한 Python 환경에서 C#으로 데이터값을 보낼 수 있도록 작업을 진행하였다. Python에서 얻은 트래킹 데이터를 Unity 프로젝트에서 표기하기 위해 소켓 통신을 할 수 있도록 설계하였다.

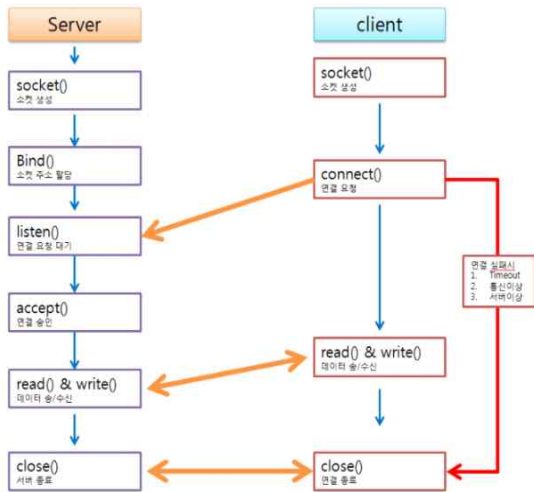


Fig. 10. Tracking blueprint

Python이 서버의 역할을 하며 카메라를 통해 추적된 동공 움직임 데이터를 전송, Unity가 클라이언트 역할을 수행하여 동공 트래킹에 대한 데이터를 로드하고 운동 진행 시 사용자가 바라보는 시선값(Gaze)을 도출할 수 있다. 해당 Gaze 값을 통해 운동의 정확도 등을 연산 값을 통해 목표 오브젝트를 정확히 바라보는지, 정상적인 운동을 진행하는지 판단할 수 있었다.

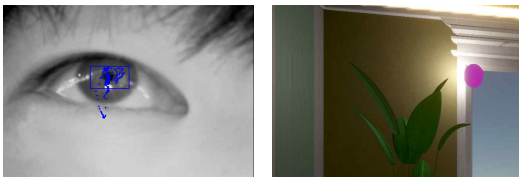


Fig. 11. Tracking history via pygame and unity contents tracking mark

화면상의 동공 움직임을 기록하고, 유니티 콘텐츠에서도 바라보는 시점에 대한 표기 및 결과 창에서의 동공 움직임을 표시할 수 있도록 하였다. 이외 지정된 포트에 지정된 카메라만을 사용하기 때문에, 동적으로

카메라를 불러오는 코드 및 예외 처리 항목을 대폭 감소시켜 리소스 사용량을 감소시켰으며, 카메라 로드 시 거울을 통해 반사된 동공의 상 이미지를 고려하여 이미지와 값이 반전될 수 있도록 하였다. 이로 인해 실제 바라보는 방향과 Gaze 값이 반대로 표기되는 것을 해결하였으며, 카메라 실행 부를 변경하면서 아이트래킹의 로직을 일부 변경하여 트래킹 정확도를 증가시켰다.

IV. 결론

스마트 시대로 인해 눈의 노화 현상과 20대의 이른 노안 현상, 눈건조증 같은 안질환의 사회문제들로 눈 운동의 필요성이 주목받고 있는 요즘 전문 시기능 훈련에 근거한 눈의 테라피 기술을 Unity 프로그램을 활용하여 콘텐츠화하고자 하였으며, 이를 구현시키기 위해 HMD 기기를 모델링 하여 디지털 VR 기기로 개발하고자 하였다.

훈련 및 학습에 관한 피드백 연구를 위하여 아이트래킹 부착하여 안구 시선을 트래킹하는 연구를 진행하였다. 여러 훈련 중 연구 효과를 기대할 수 있는 비교적 방법이 용이하고 많은 경우에 사용하는 7가지 훈련으로 구성하였다. 안구 트래킹을 위해 수직/상하 운동, 원형 운동, 원근 운동으로 동공 확장/양눈의 동향 운동을 트래킹하고자 하였으며, 더 나아가 추적한 결과에 정확도를 높일 수 있는 연구와 이 훈련 방법들이 교구로 훈련한 방법들과 비교했을 때의 효과 등을 실험을 통해 연구하고자 한다.

본 연구로 안구추적 기술 및 소형화 기술을 개발하고 이를 소형 및 경량의 기기에 접목함으로써 차후 기기 개발에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대하고, 접근성 기술(Accessibility Technology) 등 다른 관련 분야에 이 기술을 적용하여 더욱 가치를 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 2020년 동서대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 이루어진 것임. (DSU-20200032)

REFERENCES

- [1] H. M. Kim, "Parent Counseling - Smart devices that threaten our children's eye health," Health News, Vol. 36, No. 9, pp. 30-31, September 2012.
- [2] Mi. Scheiman, and B. Wick, "Clinical management of binocular vision," 2th Ed. Lippincott-Raven, USA, 2002, pp. 573-584, 221-338.
- [3] J. D. Kim, "Clinical Optometry and Vision Function Prescription for Optometrists," 2nd ed., Shinkwang Publishing House, Seoul Metropolitan City, Korea, 2006, pp. 235-236.
- [4] H. S. Shin. "Presentation of a case of visual function training for low-vision students," Conference of the Korean Society for Special Education, 2021, pp. 131-141.
- [5] S. D. Lee and H. M. Lee, "The effect of improving visual information processing technology through visual function training," J. Korean Ophthalmic Opt. Soc., Vol. 25, No. 4, pp.427-435, December 2020. Dept. Optometry & Vision Science, Daegu Catholic University, Gyeongsan, Korea, 2020.
- [6] K. J. Ciuffreda, "The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders," Ph.D. Dissertation, Dept. Opt., State Univ. of NY, NY, 2002.
- [7] H. S. Shin, "The effectiveness of vision therapy for general binocular dysfunctions in primary school children," Ph.D. Thesis, Keimyung University, Deagu, Korea, 2009.
- [8] J. R. Hussaindeen, P. Shah, K. K. Ramani, et al. "Efficacy of vision therapy in children with learning disability and associated binocular vision anomalies," J. Optom., Vol. 11, No. 1, pp. 40-48, 2018.
- [9] I. S. Kim, D. K. Hong, J. H. Kim. "Effect of visual training over binocular function," Journal of the Korean Ophthalmic Society, Vol. 10, No. 1, pp. 53-61, January 2005.
- [10] J. G. Lee and J. H. Shin, "Analysis of Causes of Dizziness to Minimize Cybersickness in VR Environment," Journal of Convergence Signal Processing Society, Vol. 19, No. 3 pp. 133-138, 2018.

저자소개

김 용 주 (Yong-Ju Kim)



2002년 2월 : 국립경상대학교
통계정보학과(학사)
2021년 2월 : 가야대학교
안경광학과(학사)
2021년 3월~현재 : 동서대학교
컴퓨터공학과 석사과정
관심분야 : 시기능 훈련 시스템,
VR/AR/MR, 모바일 응용, 웹 프로그래밍

정 상 중 (Sang-Joong Jung)



2007년 2월 : 동서대학교
전자공학과(공학사)
2009년 2월 : 동서대학교
유비쿼터스IT학과(공학석사)
2013년 2월 : 부경대학교
전자공학과(공학박사)
2013년 12월 : University of Oulu
정보통신공학과(공학박사)
2020년 6월~현재 : 동서대학교 인공지능응용학과 조교수
관심 분야 : 시기능 훈련 시스템, 스마트 레이더 시스템,
모바일 응용, 헬스케어, 스마트 양식, 사물인터넷