

교사의 시선 시각화 인터페이스를 활용한 가상현실 생물학 교육 콘텐츠 개발

Development of Virtual Reality Biology Education Content Using Instructor's Gaze Visualization Interface

최하람¹, 남상훈^{2*}

Ha-Ram Choi¹, Sang-Hun Nam^{2*}

요 약

가상현실 교육은 3D 환경을 기반으로 하기 때문에 기존의 멀티미디어 교육 콘텐츠보다 많은 정보를 전달할 수 있다는 특징이 있지만 학습자에게 동시에 많은 정보가 전달되면 인지부하가 발생해 학습 성과가 저하될 수도 있다. 이때 교사의 시선 시각화 인터페이스를 활용하면 학습자의 산만함을 감소시키고 중요한 학습 내용에 집중하도록 할 수 있다. 또한 시선 추적 기술은 학습 성과 평가에 활용될 수 있는데 시선 추적 메트릭 중 시선 체류 시간을 통해 집중도를 측정할 수 있다. 본 논문에서는 기존의 가상현실 교육 콘텐츠에서 발생할 수 있는 인지부하를 방지하고 학습자의 집중도를 향상시키기 위해 시선 시각화 인터페이스가 적용된 가상현실 생물학 교육 콘텐츠가 개발되었다. 교육 내용 중 중요한 부분을 따라 교사의 시선 시각화 인터페이스가 이동하고 학습자의 시선 체류 시간을 측정하여 집중도를 분석할 수 있는 집중도 컴포넌트가 개발되었다. 제안된 교사의 시선 시각화 인터페이스는 생물학 교육 분야뿐만 아니라 다양한 가상현실 교육 콘텐츠에 적용할 수 있다.

핵심어 : 가상현실, 교육 콘텐츠, 시선 시각화, 시선추적, 생물학

Abstract

Since virtual reality(VR) education is based on a 3D environment, it is characterized by being able to deliver more information than traditional multimedia educational content. However, if a lot of information is delivered to learners simultaneously, a cognitive load occurs, and learning performance decreases. In this case, using the instructor's gaze visualization interface can reduce learners' distractions and learners can focus on important learning content. In addition, eye-tracking technology can be used to evaluate learning performance, and concentration can be measured through dwell time. In this paper, virtual reality biology

1 Department of Culture and Technology Convergence, Changwon National University, Korea [Graduate Student]
e-mail: 20227578@gs.cwnu.ac.kr

2 Department of Culture Technology, Changwon National University, Korea [Professor]
e-mail: sanghunnam@changwon.ac.kr (Corresponding author)

* 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No.2021-0-00986, 멀티모달 감각 인터페이스를 활용한 가상현실 콘텐츠의 실감 극대화 인터랙션 기술 개발)과 2022년도 창원대학교 학생주도 창의연구프로젝트 지원사업으로 수행된 연구결과임

Received(January 16, 2023), Review Result(1st: January 31, 2023), Accepted(February 10, 2023), Published(February 28, 2023)



© 2023 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/>.

education content with the gaze visualization interface was developed to prevent cognitive load that can occur in traditional virtual reality education content and to improve learners' concentration. The instructor's gaze visualization interface moves along the important parts of the education content. By measuring the dwell time of the learners, it is possible to analyze whether the learner has focused on the educational content. The proposed instructor's gaze visualization interface can be applied to various virtual reality educational contents as well as biology education.

Keyword : Biology, Education Content, Eye-tracking, Gaze Visualization, Virtual Reality

1. 서론

가상현실 교육은 학습자들이 안전한 환경에서 복잡한 작업을 반복 수행할 수 있어 실제로 경험하기 어려운 작업을 수행할 수 있다는 이점이 있으며 일상생활에서 체험이 어려운 고위험 및 고비용의 교육 분야에서도 활용 가치가 있다 [1-4]. 가상현실 교육 분야에 대한 연구는 가상현실 기술이 확산되기 시작한 2000년대부터 활발히 진행되었다 [5-7]. Larsen의 연구에서는 가상현실 기술을 의료 교육에 적용하여 학생들의 학습 동기와 성과에 대해서 분석하고자 하였고 가상현실 기반 의료 교육이 학생들의 학습 성과에 긍정적인 영향을 미친다고 주장했다 [8]. Geban의 연구에서는 화학 교육 분야에서 가상현실 활용이 학습자의 지식 습득 및 탐구 능력, 문제 해결 능력에 효과적으로 작용한다는 것을 주장하였다 [9]. 박종태의 연구에서는 치의학 임상 실습 환경에서 활용할 수 있는 가상현실 교육 콘텐츠를 개발하였다. 전문가 평가를 진행하여 개발된 콘텐츠가 학습자의 임상 수행 능력을 향상시킬 수 있다고 주장했다 [10]. 김유정은 간호학 실습 교육을 위한 가상현실 교육 콘텐츠를 개발하고 그 유효성을 분석하는 연구를 진행하였다. 연구 결과 콘텐츠를 체험한 학생들의 학습 몰입감, 자신감, 만족도가 유의미하게 상승한 것을 알 수 있었고 개발한 가상현실 간호 교육 콘텐츠가 학습 몰입감, 자신감, 만족도에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 주장했다 [11]. 이러한 가상현실 교육의 이점 때문에 가상현실을 활용한 몰입형 실감 콘텐츠 개발에서 교육 분야가 많이 활용되고 있으며 그 중 과학 교육 분야에서 가장 많이 적용되고 있다 [12]. 과학 교육 분야에서는 교육 환경이 중요한 요인으로 작용하는데 가상현실 기술을 과학 교육에 활용하면 학습자에게 학습 동기와 흥미를 유발할 수 있다. 우리나라 교육부에서도 가상현실 기술을 적용한 지능형 과학실을 2024년까지 모든 학교에 구축한다고 발표하였다 [13].

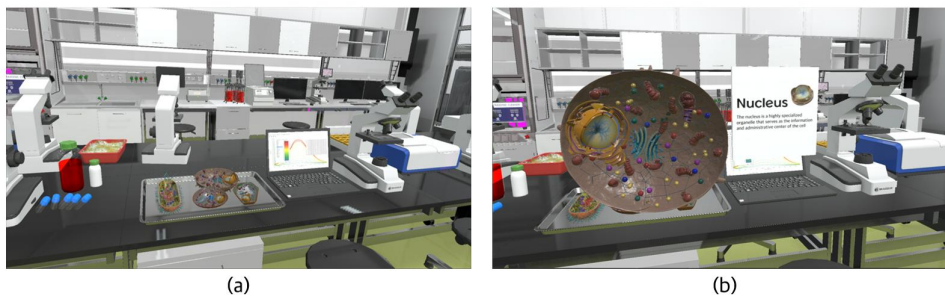
3D 공간 기반의 가상현실 교육은 감각적 상호작용이 가능하고 학습자의 몰입감을 높일 수 있기 때문에 학습 탐구 능력 및 문제 해결 능력을 향상시킬 수 있으며 학습 동기 유발에 효과적이다 [14-16]. 이러한 가상현실 교육은 기존의 멀티미디어 교육에 비해 많은 정보를 전달할 수 있는데 학습자에게 많은 정보를 동시에 제시하면 인지 능력에 과부하가 발생하여 학습 내용에 올바르게 집중하지 못할 수도 있다 [17]. 이때 시선 추적 기술 기반의 시각적 신호를 사용하면 학습자의 산만함을 감소시키고 시각적 정보가 많은 3D 환경에서 특정 정보에 집중하도록 도울 수 있다 [18]. 시선 추적 기술은 학습자의 안구 움직임을 객관적인 정보로 제공할 수 있어 컴퓨터 기반 학습 환

경에서 학습자의 인지과정을 측정하는 것에 용이하다 [19]. 시선 추적 데이터 중 시선 체류 시간은 사용자가 관심영역(Area of Interest, AOI)을 보는 데 소요된 총 누적 시간을 의미하며 특정 영역에 대한 사용자의 관심 수준을 나타낸다. 시선 체류 시간이 길다는 것은 관심 수준이 높다는 것과 관심영역에 집중하고 있다는 것을 의미하기 때문에 시선 체류 시간을 통해 집중도를 측정할 수 있다 [20][21].

본 논문에서는 가상현실 교육에서 발생할 수 있는 인지부하를 방지하고 학습 집중도를 향상시키는 방안으로 시선 시각화 인터페이스가 적용된 가상현실 생물학 교육 콘텐츠가 개발되었으며 학습자가 교육 내용 중 중요하게 응시해야 하는 개체를 따라 교사의 시선 시각화 인터페이스가 움직이도록 설계되었다. 또한 학습자의 시선 체류 시간을 측정하여 집중도를 분석할 수 있는 집중도 컴포넌트가 개발되었다.

2. 시선 시각화 인터페이스를 적용한 가상현실 생물학 교육 콘텐츠

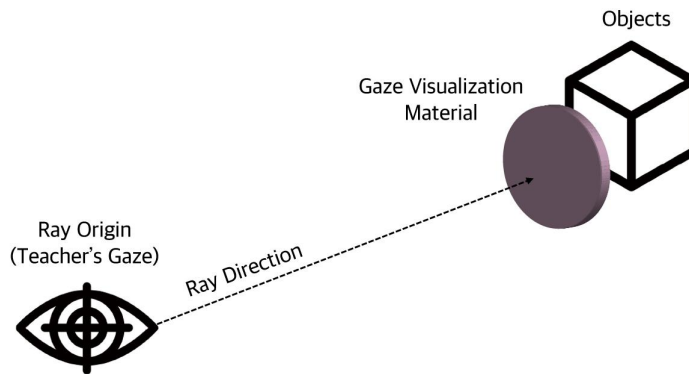
가상현실 교육은 기존 멀티미디어 교육보다 더 많은 시각적 정보를 제공할 수 있는데 학습자에게 많은 시각 정보가 제공되면 인지부하가 발생해 집중도가 감소할 수 있다. 이때 교사의 시선 시각화 인터페이스를 사용하면 학습자는 교수자의 시선을 시각적으로 확인할 수 있어 교육의 내용을 쉽게 인지할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 가상현실 교육 콘텐츠에서 발생할 수 있는 문제를 방지하기 위해 교사의 시선 시각화 인터페이스가 적용된 가상현실 생물학 교육 콘텐츠를 제안한다. 개발된 가상현실 생물학 교육 콘텐츠에는 시선 추적 기술 기반의 시선 시각화 인터페이스와 학습자의 집중도를 평가할 수 있는 시선 체류 시간 측정 컴포넌트가 적용되었다. 가상현실 생물학 교육 콘텐츠는 Unity 엔진으로 개발되었으며 [그림 1]-(a)에서 보는 바와 같이 개발된 콘텐츠는 과학실에서 생물학 세포를 관찰하는 콘텐츠이다. 콘텐츠가 실행되면 [그림 1]-(b)와 같이 생물학 세포가 확대되고 각 조직에 대해 설명하는 내레이션이 재생된다.



[그림 1] 가상현실 생물학 교육 콘텐츠

[Fig. 1] VR Biology Education Content

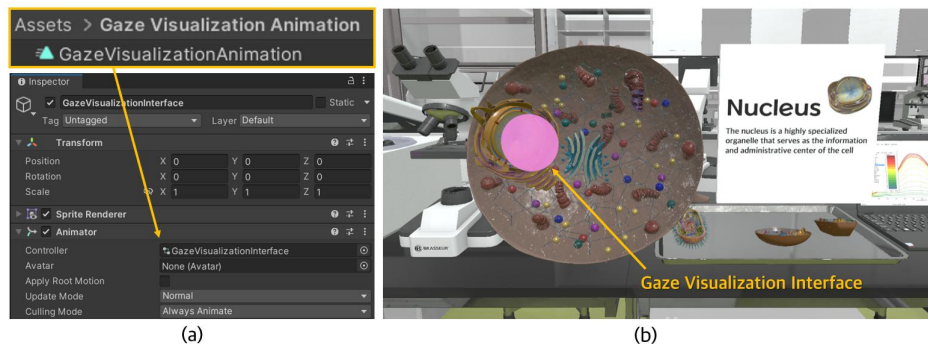
교사의 시선을 추적하기 위해 Tobii의 XR SDK가 활용되었다. 교사의 시선 시각화 과정은 [그림 2]에서 보는 바와 같이 교사가 시선 추적 기능이 있는 HMD를 착용하고 가상현실 교육 콘텐츠를 실행하면 시선 방향으로 Ray가 생성되며 시각화 된 Material이 오브젝트 앞에 렌더링 되면서 시선 시각화 개체를 생성한다. 시선 시각화는 Sprite Texture를 가진 Material로 그려지며 Unity 씬 내에서 Sprite Shader Render Queue를 가장 앞으로 그려지게 해서 뒤에 다른 오브젝트가 있더라도 시선 시각화 개체가 가장 앞에 그려지도록 개발되었다.



[그림 2] 교사의 시선 시각화 과정

[Fig. 2] Teacher's Gaze Visualization Process

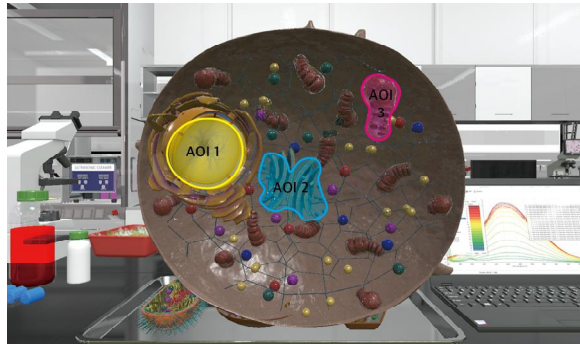
교사의 시선 시각화를 애니메이션으로 녹화하였으며 [그림 3]-(a)에서 보는 바와 같이 시선 시각화 오브젝트에 애니메이션을 추가하여 시선 시각화 인터페이스가 제작되었다. [그림 3]-(b)에서 보는 바와 같이 시선 시각화 인터페이스를 가상현실 생물학 교육 콘텐츠에 적용하였고 생물학 세포 조직 중 내레이션이 설명하고 있는 오브젝트를 따라 교사의 시선 시각화 인터페이스가 이동하게 하여 학습자가 학습 내용의 중요한 부분을 집중해서 응시할 수 있도록 하였다.



[그림 3] 교육 콘텐츠에 적용된 시선 시각화 인터페이스

[Fig. 3] Gaze Visualization Interface Applied to Education Content

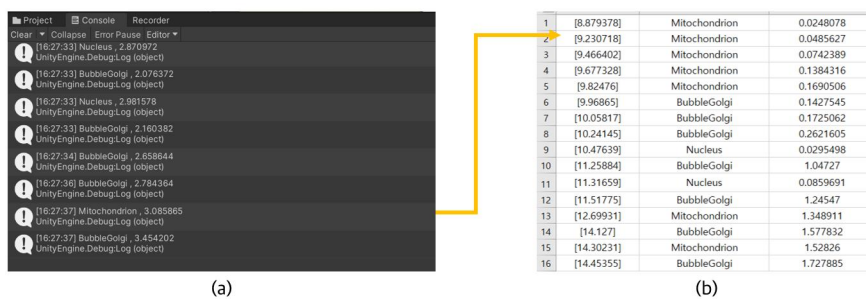
학습자가 시선 시각화 인터페이스를 따라 교육 내용을 학습하였는지, 학습 오브젝트를 집중해서 응시했는지 분석하기 위해 학습자의 집중도를 측정할 수 있는 집중도 컴포넌트를 개발하였다. 시선 추적 데이터 중 학습자의 시선 체류 시간을 측정하여 집중도를 평가할 수 있도록 하였으며 집중도 컴포넌트를 개발하기 위해 Tobii XR SDK의 G2OM 알고리즘을 활용하였다. [그림 4]에서 보는 바와 같이 학습자가 주의 깊게 응시해야 하는 오브젝트를 AOI로 설정하였으며(AOI 1-Nucleus, AOI 2-Bubble Golgi, AOI 3-Mitochondrion) 집중도 측정 컴포넌트를 통해 어떤 오브젝트를 얼마나 응시하였는지 측정할 수 있다.



[그림 4] 교육 콘텐츠의 AOI 분류

[Fig. 4] AOI Categorization of Education Content

교육 콘텐츠가 실행되면 [그림 5]-(a)와 같이 학습자가 응시한 관심 오브젝트와 얼마 동안 해당 오브젝트를 응시했는지 나타내는 시선 체류 시간이 실시간으로 측정된다. 학습자의 시선 체류 시간은 Collider가 적용된 관심 오브젝트에 학습자의 시선이 충돌할 때부터 측정이 시작되고 충돌이 해제되면 측정이 종료된다. [그림 5]-(b)와 같이 콘텐츠가 종료되면 각 관심 오브젝트 별 학습자의 시선 체류 시간이 누적되어 CSV 파일로 저장되며 CSV 데이터를 통해 학습 집중도를 분석할 수 있다.



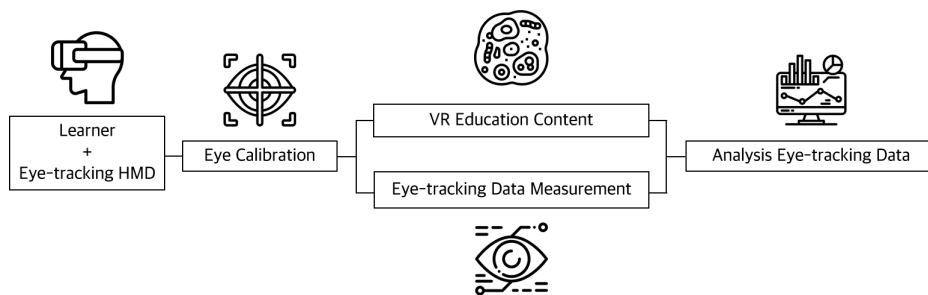
(a)

(b)

[그림 5] 집중도 컴포넌트에서 시선 체류 시간 측정

[Fig. 5] Measurement of Dwell Time in the Concentration Component

개발된 가상현실 생물학 교육 콘텐츠를 교육에 적용하는 절차는 [그림 6]에서 보는 바와 같다. 먼저 학습자가 시선 추적 기능이 있는 HMD를 착용하고 눈 보정(Eye Calibration)을 진행한다. 눈 보정이 완료되면 교사는 학습자에게 교육 콘텐츠에 대한 간략한 설명과 주의사항을 안내한 뒤 교육 콘텐츠를 실행한다. 콘텐츠가 실행되는 동안 학습자의 시선 체류 시간이 실시간으로 측정되며 콘텐츠가 종료되면 시선 체류 시간 데이터가 CSV 파일로 저장된다. 교육 콘텐츠 종료 후 교사는 저장된 CSV 파일을 통해 학습자의 학습 집중도를 분석할 수 있다.



[그림 6] 가상현실 생물학 교육 콘텐츠를 교육에 적용하는 과정

[Fig. 6] The Process of Applying VR Biology Education Content to the Education

3. 결론

기존의 가상현실 교육에서는 멀티미디어 기반의 교육보다 더 많은 시각적 정보를 제공할 수 있는데 학습자에게 동시에 많은 시각적 정보가 제공되면 인지 과부하가 발생해 산만해지거나 학습 내용에 집중하지 못할 수도 있다. 이때 시각적 신호를 사용하여 교사의 시선을 시각화하면 학습자는 교수자의 시선을 시각적으로 확인할 수 있어 교육의 내용을 쉽게 인지할 수 있고 학습을 원활하게 수행할 수 있다. 본 논문에서는 기존 가상현실 교육 콘텐츠에서 발생할 수 있는 학습자의 인지부하를 방지하고 집중도를 향상할 수 있는 방안으로 시선 시각화 인터페이스가 적용된 가상현실 생물학 교육 콘텐츠를 제안하였다. 시선 추적 기술을 활용하여 교사의 시선을 시각화 하였으며 시각화된 시선을 애니메이션으로 녹화하였다. 최종적으로 시선 시각화 오브젝트에 애니메이션을 추가하여 시선 시각화 인터페이스를 제작하였고 제작된 가상현실 생물학 교육 콘텐츠에 적용하였다. 또한 학습자가 시선 시각화 인터페이스를 따라 집중하여 학습을 잘 수행했는지 분석하기 위해 학습자의 집중도를 평가할 수 있는 시선 체류 시간 측정 컴포넌트가 개발되었다.

제안된 교사의 시선 시각화 인터페이스는 생물학뿐만 아니라 가상현실 기반의 여러 교육 분야에 적용할 수 있으며 추후의 연구에서는 다양한 교육 콘텐츠 분야에 적용하여 시선 시각화 인터페

이스의 연구 범위를 넓힐 것이다. 또한 추가 연구를 진행하여 실제로 교사의 시선 시각화 인터페이스가 학습자의 학습 집중도에 어떤 영향을 미쳤는지 분석할 수 있는 실험을 진행하고자 한다.

References

- [1] S. H. Shin, W. J. Jeong, S. J. Cho and S. H. Oh, "Design and Implementation of VR Webtoon-Based Contents for Panic Disorder", *Journal of Digital Art Engineering & Multimedia*, vol. 7, no. 1, March 2020, pp. 83-93, doi: 10.29056/jdaem.2020.03.08.
- [2] J. K. Jung, H. W. Lee, D. J. Park and Y. J. Ahn, "Validity Evaluation of Virtual Training in Maritime Safety", 2018 The Korean Institute of Navigation and Port Reserch Fall Conference, November 8-9, 2018, Gyeongju-si, Korea, pp. 25-26.
- [3] B. S. Roh, W. J. Lee, J. W. Lee, J. H. Kim, D. H. Kim and J. H. Choi, "A Study on the Development of Training Systems for Marine Engines Using Virtual Reality", *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety*, vol. 25, no. 6, October 2019, pp. 735-742, doi: 10.7837/kosomes.2019.25.6.735.
- [4] J. H. Park J. H. Boo and K. S. Park, "Design and Development of an Immersive Virtual Reality Simulation for Environmental Education", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 26, no. 4, April 2022, pp. 541-547, doi: 10.6109/jkiice.2022.26.4.541.
- [5] L. Freina and M. Ott, "A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives", *The international scientific conference elearning and software for education*, vol. 1, no. 133, April 2015, pp. 10-1007.
- [6] J. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm and I. Wohlgenannt, "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda", *Computers & Education*, vol. 147, April 2020, pp. 1-29, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103778.
- [7] Z. Merchant, E. T. Goetz, L. Cifuentes, W. Keeney-Kennicutt and T. J. Davis, "Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A metaanalysis", *Computers & Education*, vol. 70, no. 2014, January 2014, pp. 29-40, doi: 10.1016/j.compedu.2013.07.033.
- [8] C. R. Larsen, J. L. Soerensen, T. P. Grantcharov, T. Dalsgaard, L. Schouenborg, C. Ottosen and B. S. Ottesen, "Effect of virtual reality training on laparoscopic surgery: randomised controlled trial", *BMJ*, vol. 338, May 2009, pp. 1-6, doi: 10.1136/bmj.b1802.
- [9] Ö. Geban, P. Askar and İ. Özkan, "Effects of computer simulations and problem-solving approaches on high school students", *The Journal of Educational Research*, vol. 86, no. 1, July 2010, pp. 5-10, doi: 10.1080/00220671.1992.9941821.
- [10] J. T. Park, J. H. Kim and J. H. Lee, "Development of Educational Content for Dental Extraction Skill Training Using Virtual Reality Technology", *The Journal of the Korea Contents Association*, vol. 18, no. 12, November 2018, pp. 218-228, doi: 10.5392/JKCA.2018.18.12.218.
- [11] Y. J. Kim, "Development and application of Scenario-based Admission Management VR contents for nursing students", *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, vol. 26, no. 1, December 2020, pp. 209-216, doi: 10.9708/jksci.2021.26.01.209.

- [12] D. Hamilton, J. McKechnie, E. Edgerton and C. Wilson, "Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design", *Journal of Computers in Education*, vol. 8, no. 1, July 2020, pp. 1-32, doi: 10.1007/s40692-020-00169-2.
- [13] D. Y. Kim, "'Intelligent science lab' to practice inquiry-centered science education", Ministry of Education Happy Education, happyedu.moe.go.kr, https://happyedu.moe.go.kr/happy/bbs/selectHappyArticleImg.do?bbsId=BBSMSTR_000000000191&nttId=9999, (accessed December 15, 2022).
- [14] D. H. Kang and S. H. Nam, "A Study on VR Emotional Healing Contents Using Eye-tracking Technology", *Journal of Digital Art Engineering & Multimedia*, vol. 9, no. 3, September 2022, pp. 237-245, doi: 10.29056/jdaem.2022.09.01.
- [15] Y. L. Chen, "The effects of virtual reality learning environment on student cognitive and linguistic development", *The Asia-Pacific Education Researcher*, vol. 25, no. 4, April 2016, pp. 637-646, doi: 10.1007/s40299-016-0293-2.
- [16] C. Christou, "Virtual reality in education", in *Affective, interactive and cognitive methods for e-learning design: creating an optimal education experience*, A. Tzanavari and N. Tsapatsoulis, Hershey, PA, USA: IGI Global, 2010, pp. 228-243.
- [17] G. Makransky, S. Borre-Gude and R. E. Mayer, "Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments", *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 35, no. 6, July 2019, pp. 691-707 doi: 10.1111/jcal.12375.
- [18] P. Albus, A. Vogt and T. Seufert, "Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load", *Computers & Education*, vol. 166, June 2021, pp. 1-16, doi: 10.1016/j.compedu.2021.104154.
- [19] T. V. Gog and H. Jarodzka, *Eye tracking as a tool to study and enhance cognitive and metacognitive processes in computer-based learning environments*, Springer, 2013.
- [20] P. L. Liu, "Using eye tracking to understand learners' reading process through the concept-mapping learning strategy", *Computers & Education*, vol. 78, September 2014, pp. 237-249, doi: 10.1016/j.compedu.2014.05.011.
- [21] S. H. Nam and G. N. Ko, "Eye Tracking based VR System for Service Prototyping", *Journal of Digital Art Engineering & Multimedia*, vol. 8, no. 1, March 2021, pp. 99-107, doi: 10.29056/jdaem.2021.03.09.