

HMD기반 몰입형 VR 학습에서 방해요인, 프레즌스, 몰입, 학습효과 사이의 관계에 관한 연구

권 종 산[†]

A Study on the Relationship of Distraction Factors, Presence, Flow, and Learning Effects in HMD - based Immersed VR Learning

Chongsan Kwon[†]

ABSTRACT

Virtual reality (VR) technologies, which have been improved of late, offer experiences closer to reality than before. While VR technologies are expected to be an effective medium if used in learning content that cannot be offered in real life, distraction factors in VR technologies may prevent the users' presence and flow, making these technologies ineffective. Therefore, this study, through experiment and observation, analyzed the effect of distraction factors on the user's experience perception and learning effect when using HMD-based immersive VR. Experimental results revealed that the distraction factors were shown to have a negative, albeit not generally significant (except for tactile interactivity), effect on vividness, tactile interactivity, locomotive interactivity, presence, and flow. Ultimately, they were shown to have a negative effect on learning.

Key words: Virtual reality, Head-mounted display, Distraction Factors, Presence, Flow, Learning Effect

1. 서 론

가상현실(Virtual Reality, VR) 기술이 세상에 선보인 지는 오래되었지만 그 동안 기술적 한계로 인해 널리 대중화 되지는 못하였다. 그러나 최근의 VR 기술은 가상의 환경 및 오브젝트와의 직접적인 상호작용을 가능하게 하는 하드웨어 기술과, 현실에 가까운 이미지를 만들어 내는 컴퓨터 그래픽기술 및 디스플레이 기술의 발전으로 인해 빠른 속도로 대중화 되고 있다. 생생함과 상호작용이 향상된 이러한 VR 기술을 학습에 활용할 경우 과거에 비해 훨씬 현실에 가까운 경험이 가능하여 현실적으로는 경험이 불가능한 콘텐츠의 학습에도 활용 될 수 있을 것으로 예상

된다.

VR의 가장 기본이 되는 특성은 프레즌스(presence)인데[1, 2, 3], 프레즌스는 몰입(flow)을 유발하며[4, 5, 6], 많은 선행연구에서 몰입이 학습효과의 향상과 직접적인 관련이 있다고 보고 있다[7, 8, 9]. 즉, VR에서 생생함과 상호작용의 향상이 사용자의 프레즌스를 강화하고 이를 통해 몰입이 향상되면 학습 효과가 향상됨을 기대할 수 있다. 하지만 VR기술 대중화의 초창기인 현재 예상치 못한 방해 요인이 발생하여 프레즌스와 몰입을 약화시킨다면 학습 효과 역시 기대한 만큼 향상되기 어려울 것이다. 이 연구에서는 실험 및 관찰을 통해 최근 VR기술이 많이 향상되었음에도 불구하고 어떠한 방해 요인이 발생

※ Corresponding Author: Chongsan Kwon, Address: (16229) Gwanggyo-ro 145, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea, TEL: +82-31-888-9128, FAX: +82-31-888-9148, E-mail: jazzhana@snu.ac.kr

Receipt date : Jul. 13, 2018, Approval date : Jul. 25, 2018
[†]Department of Transdisciplinary Studies, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University

할 수 있는지 탐색적으로 연구를 진행하였으며, 그 결과 발견된 방해요인이 프레즌스, 몰입, 학습효과에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다.

2. VR의 특성

2.1 프레즌스(Presence)

프레즌스(presence)는 VR의 가장 기본이 되는 특성이다[1, 2]. Bricken & Byrne(1993)은 학습 환경으로서 VR의 잠재성을 평가하기 위해 5-18세 대상 여름방학 캠프에서 VR의 교육적 적용에 대한 실험적 연구를 진행하는데, 연구결과 VR이 교수 학습에 있어서 창의적인 환경을 만들어 준다는 결과를 도출하였으며, 학생들은 복잡한 개념과 기술을 금방 배우고, VR의 개념인 presence을 이해하게 되었다고 하였다[10]. Presence는 VR 기술을 대표하는 핵심적인 심리적 기제로 사용자가 가상의 환경 안에 있는 듯한 느낌을 의미하며, VR의 사용성을 평가하기 위해 사용된다[11].

어떠한 요소가 프레즌스에 영향을 미치는 지에 대해서는 연구자마다 다양한 의견이 존재하는데, Steuer(1993)에 의하면 프레즌스에 영향을 미치는 선행요소는 생생함과 상호작용이라는 두 가지 요소로 분류가 가능하다. Steuer는 생생함은 감각에 정보를 제공하는 매개된 환경의 재현의 풍부함을 의미하고, 상호작용은 사용자가 실시간으로 매개환경의 형태와 내용을 수정하는데 참여할 수 있는 정도를 의미한다고 하였다[12]. 즉 사용자가 가상의 환경을 감각적으로 얼마나 생생하게 느끼는지, 그리고 그 안의 가상의 사물들과 얼마나 자연스럽게 접촉하고 조작할 수 있는지에 따라 프레즌스가 좌우된다. Sheridan(1992)은 프레즌스의 결정요소로 감각적 정보의 확장(Extent of Sensory Information), 감각의 통제(Control of Sensors), 환경의 수정능력(Ability to Modify Environment)을 제시하였는데[13], Steuer(1993)의 분류기준으로 보면 감각적 정보 확장이 결국 생생함을 의미하며, 감각의 통제와 환경의 수정 능력이 상호작용 측면의 요소이다. Bailenson et. al., (2008)은 학습현장에서 VR의 적용에 대한 실증적 연구에서 가상 세계 모델 및 디자인의 풍부함과 사용자의 위치, 머리 방향, 움직임에 대한 추적을 중요한 요소로 보았는데[11], 여기에서서 가상 세계모델 및 디자인

의 풍부함이 생생함을 의미하며 사용자의 위치, 머리 방향, 움직임에 대한 추적이 상호작용을 의미한다.

학자들에 따라 presence에 영향을 미치는 요소의 분류가 다르고 경우에 따라서 세분화되기도 하지만 기본적으로는 Steuer(1993)의 기준처럼 매개환경의 재현적 풍부함을 의미하는 생생함과 실시간으로 매개환경의 내용을 수정하는 것을 의미하는 상호작용의 두 가지로 수렴이 가능하다. 따라서 이 연구에서는 생생함과 상호작용이라는 두 가지 요소를 presence에 contribute하는 요소로 판단하였다.

2.1.1 생생함

Steuer(1993)는 넓이(Breadth)와 깊이(Depth)라는 두 가지 측면에서 생생함을 설명하였는데, 넓이는 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각 중 얼마나 많은 감각적 재현 정보를 포함하느냐와 관련이 있다. 반면 깊이는 재현되는 감각적 정보의 질을 의미하는데, 예를 들면 청각적 정보를 제공하는 장치들 중 단순한 정보제공을 위한 전화기와 음악 플레이를 위한 CD(Compact Disk)는 그 깊이에서 차이가 있다는 것이다[12]. 즉, VR의 생생함은 제공되는 감각적 정보의 종류와 질에 의해 결정된다[10]. 하지만 실제로는 많은 연구들이 시각과 청각을 중심으로 진행되어 왔는데, 그 이유는 그 동안 기술적인 한계로 인해 촉각의 활용이 용이하지 않았기 때문이다. 그러나 최근 가상 환경 안에서 가상의 물체를 직접 접촉할 수 있는 입체 컨트롤러나 데이터글로브에 대한 연구가 활발히 진행 중이고 일부는 이미 상용화가 되어 널리 사용되고 있으며, 이러한 기술을 통한 가상의 물체와의 직접적인 접촉이 촉각적 생생함을 향상시킬 수 있을 것이다.

2.1.2 상호작용

Bricken & Byrne(1993)은 사용자가 컴퓨터에 의해 만들어진 가상의 환경에 적극적으로 들어 갈 수 있도록 하기 위한 인터페이스로 시각 및 청각적 인터페이스와 더불어 촉각적, 그리고 위치와 방향에 대한 이동성 인터페이스를 강조하고 있다. 이 중에서 촉각적 인터페이스는 가상의 오브젝트에 접촉하여 조작 및 수정하는 것을 가능하게 하며, 위치와 방향에 대한 이동성 인터페이스는 단순한 공간의 인식 차원을 넘어 가상의 공간을 이동하면서 주변 환경을 변화시키는 것을 가능하게 한다[10]. 예를 들어, 고개를 돌

리면 라디오가 보이고 그곳으로 직접 걸어가서 버튼을 누르면 음악이 나오는 상황을 가상환경으로 구현한다고 가정하면, 사용자는 고개를 돌려서 주변 환경을 자유롭게 보며 시각적 생생함을 느끼게 되고, 라디오를 만지면서 촉각적 생생함을 느끼게 된다. 그리고 라디오에서 흘러나오는 음악을 들으며 청각적 생생함을 느끼게 된다. 이때 상호작용은 위치와 방향감각 인터페이스를 통해 라디오까지 이동하는 과정과 촉각적 인터페이스를 통해 라디오를 조작하는 과정에서 발생하게 된다. 상호작용은 가상의 환경이나 오브젝트를 실시간으로 변화시키는 것을 전제로 하는데, 이동이라는 방법을 통해 라디오까지 다가가는 과정에서 주변 환경이 달라졌으므로 상호작용 발생했다고 볼 수 있고, 버튼을 누르는 접촉과정에서 라디오라는 가상의 오브젝트에 변형이 생겼으므로 상호작용이 발생했다고 볼 수 있다. 따라서 상호작용은 촉각적 감각이 활용되는 'Tactile interactivity'와 위치 및 방향 감각이 활용되는 'Locomotive Interactivity'이라는 두 가지 방식으로 발생한다고 볼 수 있다.

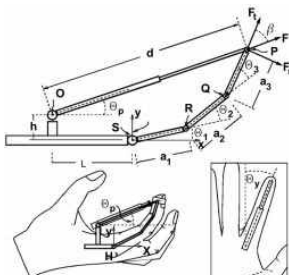
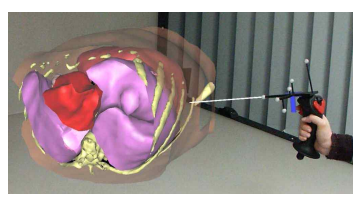
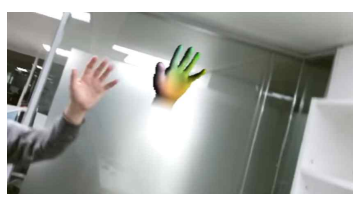
기존의 VR에서 가상의 환경 및 오브젝트와의 상호작용은 마우스, 키보드, 조이스틱, 게임패드 등을 활용한 간접적 접촉과 이동 방법이 일반적으로 활용되어 왔다. 그러나 최근 VR 구현기술 발전에 따라 가상의 환경 및 오브젝트와의 직접적인 접촉과 실제 걸음걸이를 통한 상호작용이 가능해지고 있으며, 이러한 기술을 활용하여 Tactile Interactivity와 Loco-

motive Interactivity가 크게 향상될 것으로 예상된다.

(1) Tactile Interactivity

가상의 오브젝트와의 접촉을 통해 가상의 환경을 변형하는 Tactile Interactivity 기술은 Table 1과 같이 크게 글로브(data gloves, haptic gloves) 형태와 3D 입체 컨트롤러, 제스처 인식의 세 가지 방향으로 연구, 개발이 진행 되고 있다. 글로브 유형은 손가락 관절위치에 기계식 장치를 사용한 브레이크를 설치하여 사물을 조작할 때 적절한 압력을 제공하는 방식과[14] 손등 방향에 공기압을 주입하여 손가락을 굽힐 때 압력을 조작하는 방식이 있는데[15, 16], 사용자가 가상의 물체를 자연스러운 방법으로 잡고, 느낄 수 있는 피드백을 제공한다[14]. 3D 입체 컨트롤러 유형은 모든 손가락을 다 사용하지 않고 컨트롤러를 사용하여 가상의 오브젝트에 접촉한 후 버튼을 누르거나 일부 손가락으로 조작하여 상호작용을 하게 되는데, 글로브 유형에 비해 손으로 잡는 듯한 느낌은 약하지만, 기존의 마우스나 키보드, 게임패드 방식보다는 강한 직접적인 접촉감을 제공해줄 것으로 예상된다. 또한 기술적으로도 접근이 용이하고 제조 단가도 저렴해 최근 상용화가 활발히 이루어지고 있다. 제스처 인식은 depth camera로 맨손을 인식하여 가상의 오브젝트를 컨트롤하거나 eyesight view에서 제스처를 인식하여 가상의 오브젝트를 컨트롤하는 유형을 의미한다. 그러나 이와 같은 제스처 인식 방식은 가상의 오브젝트를 직접 조작하는 측면에서는

Table 1. Technologies for tactile interactivity

Glove type	3D controller type	bare hands control type
A glove-type interface that allows for grabbing and touching virtual objects in natural ways	An interface that allows for making contact with virtual objects and interacting with them by pushing buttons	A form that controls a virtual object by recognizing a bare hand without wearing any device on the hand.
e.g., Blake and Gurocak 2009 [14]	e.g., Villard et al. 2005 [20]	e.g., Microsoft Inc. 2017 [18]
		

무한한 가능성을 보이고 있지만 실제 사물을 만지는 듯한 촉각적 상호작용의 향상 측면에서는 해결해야 할 문제들이 훨씬 많이 남아있다[17, 18, 19].

(2) Locomotive Interactivity

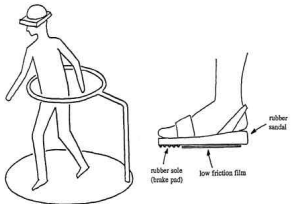
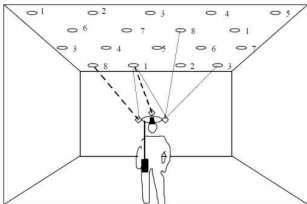

실제 몸의 움직임, 위치, 자세, 방향의 변형을 통해 가상의 환경이 시각적으로 변형되는 상호작용인 Locomotive Interactivity는 Table 2와 같이 사람들의 자발적이며 자연스러운 걸음걸이와 움직임을 통해 발생하는 Active Interactivity와 사용자가 스스로 몸을 움직이는 것이 아니라 기계장치에 탑승하여 수동적으로 몸이 움직이는 Motorized Interactivity의 두 가지 형태가 있다. 가상환경에서의 실제 걸음걸이를 통해 사실적인 이동을 가능하게 하는 Active Interactivity기술은 크게 트레드밀(Treadmill) 유형과 무선 위치 추적 시스템 유형의 두 가지 방향에서 연구 개발이 진행되고 있다. 트레드밀에는 복잡하고 무거운 기계식 트레드밀과[21, 22] 미끄러운 바닥을 이용하여 걷는 슬라이딩(sliding)방식의 트레드밀이 있다[23]. 무선 위치 추적 시스템 유형은 천장이나 벽에 비콘(wireless transponder beacons)을 설치하고 초음파를 활용하여 사용자의 위치를 추적하는 방식을 의미하는데[24, 25], 한정된 공간에서의 보행을 제공한다는 한계는 있지만, 정해진 공간의 체험에는 아주 유용한 방법이라고 볼 수 있다. 트레드밀의 경우 가상의 공간 안에서 먼 거리까지 자유롭게 걸거나 뛰어 다닐 수 있다는 장점을 가지고 있지만 안전상의

문제로 허리나 어깨에 착용하게 되는 벨트(harness)가 사용자의 움직임을 제한하게 되는데, 이 벨트로 인해 사용자가 제 자리에 앉거나 몸을 숙이는 동작을 하는 것이 용이하지 않으며 점프, 멀리 뛰기 등의 동작도 사실적으로 구현하는 것이 쉽지 않다. 이에 반해 무선 위치 추적 시스템 유형은 모든 동작을 자유롭게 취할 수는 있지만 실제 이동거리는 위치가 추적되는 공간 안으로 제한된다는 한계가 있다. 이와 같이 트레드밀과 무선 위치 추적 시스템은 서로 배치되는 정 반대의 장단점을 가지고 있다. 기계장치에 의해 수동적으로 몸이 움직이는 Motorized Interactivity기술역시 피트니스, 게임, 테마파크 등 여러 분야에서 활발하게 개발이 진행되고 있다. 그러나 이 기술은 다양한 콘텐츠에 활용될 수 있는 Active Interactivity기술과 달리 로봇 팔을 활용한 놀이기구와 같이 특수한 목적을 가지고 특정 콘텐츠와 연동되는 경우가 많다[26].

2.2 몰입(Flow)

많은 선행연구에서 프레즌스가 몰입(flow)에 영향을 준다고 보고 있다[4, 5, 6]. 따라서 몰입 역시 VR에서 유발하기 용이한 경험적 특성으로 판단할 수 있다. 몰입은 사람들이 다른 어떤 일에도 관심이 없을 정도로 지금 하는 일에 푹 빠져있는 상태를 의미하는데[27], 사람들이 몰입의 상태에 빠지게 되면 의식이나 지각을 한곳에 집중하게 되고, 자의식을 잊게 되며, 명확한 목표와 피드백에만 반응하게 된다.

Table 2. Technologies for locomotive interactivity

Active interactivity		Motorized interactivity
Treadmill type	Wireless location tracking system type	
A system in which the user can walk, run, and jump on a slippery floor or a mechanical or slippery floor that is moving based on the user's steps	A system in which sensors that can track the location of the user are installed on the ceiling and walls, and the user moves within the space	A system in which the user's body can move passively by a mechanical device
e.g., Iwata and Fujii 1996 [23]	e.g., Foxlin et al. 1998 [24]	e.g., Brennan 2017 [26]
		

또한 주위 환경에 대한 통제감(sense of control)을 경험하게 되는데, 그 결과 자신이 집중하고 있는 일이나 활동과 무관한 사고나 지각을 하지 않게 된다 [27, 28]. 그리고 학습의 측면에서는 이러한 몰입 상태가 학습 효과에 긍정적인 영향을 미친다고 보고 있다 [7, 8, 9].

3. 연구문제

VR은 프레즌스와 몰입이라는 큰 특성을 내포하고 있으며, 프레즌스에 영향을 미치는 하위요소로 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity, 라는 특성이 있다. 그러나 방해요인이 발생하게 되면 이러한 특성들이 부정적인 영향을 받게 되고, 프레즌스와 몰입의 저하에 따라 학습 효과 역시 저하될 것이라는 가정이 가능하다. 따라서 다음과 같은 연구문제 및 연구 가설을 설정하였다.

[연구 문제 1] : 사용자가 가상의 공간 안에서 느끼는 프레즌스와 몰입을 방해하는 요인에는 무엇이 있는가?

[연구 문제 2] : 방해요인은 사용자가 느끼는 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity, 프레즌스, 몰입, 학습 효과에 어떠한 영향을 미치는가?

[연구가설 1] : 방해요인이 제거된 VR은 방해요인의 영향을 받는 VR에 비해 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity의 향상을 통해 프레즌스와 몰입이 강화 될 것이다.

[연구가설 2] : 방해요인이 제거된 VR은 방해요인의 영향을 받는 VR에 비해 학습 효과가 향상될 것이다.

4. 실 험

VR 학습 콘텐츠를 활용하여 실험 및 관찰을 실시하여 어떠한 방해요인이 발생하는지 살펴보았다. 그리고 실험참가자들에게 설문조사와 학업 성취도 검사를 실시하여 방해요인이 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity, 프레즌스, 몰입, 학습 효과에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다.

4.1 VR 시스템

실험에 사용된 VR 장비는 Locomotive Interac-

tivity의 관점에서 보았을 때 사람들이 자연스럽게 걷고 움직일 수 있는 Active Interactivity를 제공하는 HTC사의 VIVE를 사용하였다. Active Interactivity를 제공하는 많은 장비 중에 VIVE를 사용한 이유는 다음과 같다. 첫째, VIVE의 경우 사용 연령에 제한이 없어서 선택했다. 일부 연령제한이 있는 VR 장비의 경우 검증된 연구 결과를 근거로 사용연령에 제한을 둔 것은 아니었으나, 제품 제작사의 가이드라인을 지키기 위해 연령제한이 있는 VR장비는 배제하였다. 그러나 만약의 사태를 대비하여 생명연구윤리위원회의 심의를 통과한 후 부상, simulation sickness 등이 발생할 경우에 대한 대책을 준비한 상태에서 실험 진행하였다. 둘째, 트레드밀 유형의 Locomotive Interactivity 경우 가상의 공간 안을 자유롭게 걸거나 뛰어 다닐 수 있다는 장점을 가지고 있지만 안전상의 문제로 허리나 어깨에 착용하게 되는 벨트(harness)가 사용자의 움직임을 제한하게 되는데, 이로 인해 사용자가 제 자리에 앉거나 몸을 숙이는 동작을 하는 것이 용이하지 않으며 점프, 멀리 뛰기 등의 동작도 사실적으로 구현하는 것이 쉽지 않다. 이에 반해 VIVE에서 사용되는 방식인 무선 위치 추적 시스템 유형의 Locomotive Interactivity 경우 실제 이동거리는 위치가 추적되는 공간 안으로 제한된다는 한계가 있기는 하지만 모든 동작을 자유롭게 취할 수는 있다는 장점이 있어 가상의 공간 안에서 몸을 숙여 물체를 집고 주변을 살피는 등의 실제와 같은 동작에 적합하다는 장점이 있다. 따라서 다양한 동작을 필요로 하는 학습에는 VIVE가 적합하다고 판단하였다.

4.2 VR 콘텐츠

가상 환경에서의 경험 학습(experiential learning)을 목적으로 개발한 ‘달 탐사 학습 게임(Moon Exploration Learning game, <https://youtu.be/HSTowxlluAI>)’이 실험에 사용되었다. ‘달 탐사 학습 게임’은 초등학교 과학 영역 중 4학년 2학기의 지구와 달 단원의 학습내용으로 구성되어 있다. 콘텐츠의 개발 회의를 할 때 전통적인 수업 방식에서 달 탐사를 계획까지만 하고 실행에 옮기지 못하여 선생님들과 학생들이 모두 아쉬웠다는 의견이 많았는데, 이러한 의견을 적극 반영하여 지구와 달 단원을 선택하였다. 다른 과목 및 단원에서도 VR을 활용한 경험 학습이 가능

하지만, 특히 4학년 과학 영역에 있는 지구와 달 단원의 경우는 실제로 가 볼 수 없는 달과 우주를 VR 기술을 통해 직접 가 볼 수 있고 체험 할 수 있다는 점에서 의미가 있다. 따라서 현실에서는 체험이 불가능한 달의 중력을 가상공간 안에서 직접 체험할 수 있는 형태로 콘텐츠를 구성하였다. VR은 다른 매체와 달리 상호작용성이 두드러진 매체로 게임에 특화되어있으므로[29], 스토리, 역할, 퀘스트라는 게임 구성요소를 적용하여 어드벤처 게임의 유형으로 구현하였다. 게임엔진은 ‘Unity 5.4’를 사용하였으며 프로그래밍 언어는 ‘C#’과 ‘JavaScript’를 사용하였다. 3D 모델링과 애니메이션을 위해 ‘Autodesk Maya 2013’과 ‘3Ds Max 2016’을 사용하였으며 텍스처와 사운드는 각각 ‘Adobe Photoshop CS2’와 ‘Adobe Premiere Pro CS3’를 사용하여 편집하였다. 여러 차례의 파일럿 테스트와 게임 회사 전문가를 통한 안전성 검증을 통해 버그로 인한 문제를 방지하였다(Fig. 1).

4.3 실험 참가자

연구를 위해 개발된 VR 학습게임이 초등학교 과학 영역 4학년 2학기의 내용이므로 실험 대상은 초등학교 4학년 학생으로(11살) 하였으며, 경제적 수준과 학업 성취도 수준이 유사한 대한민국 경기도 소재 2개 중소도시에서 선발하였다. 실험에 참가한 학생

들은 총 43명으로 1차 실험에 23명(남자12, 여자11), 방해요인이 제거된 2차 실험에 20명(남자13, 여자7)이 참가하였으며, 모두 이전에 VR을 사용한 경험이 없다. 첫 번째 학교에서 선발된 1차 실험 집단과 두 번째 학교에서 선발된 2차 실험 집단은 다음과 같은 세 가지 근거로 비교가 가능한 동질 집단을 확인하였다. 첫째, 두 지역의 경제적 수준이 비슷하다. 둘째, 현재는 실행되고 있지 않지만 2011년 까지 집계되었던 전국 초등학교 학업 성취도 결과 순위에서 두 학교가 비슷한 순위(6266개 학교 중1차 실험학교는 4685등, 2차 실험학교는 4238등)에 위치해있다. 셋째 해당 학교 선생님들의 분석 결과 두 학교 학생들의 현재 학업 성취도 수준이 비슷하다고 판단하였다.

4.4 실험 절차

총 2회에 걸쳐 실험을 진행하였다. 먼저 첫 번째 학교에서 1차 실험을 진행 한 후 설문지 및 성취도 평가를 진행하였다. 모든 실험과정은 녹화되었으며 녹화내용을 분석하여 프레즌스 및 몰입을 방해하는 방해요인을 도출하고 발생 횟수를 조사하였다. 두 번째 학교에서는 방해요인을 제거하고 2차 실험을 진행한 후 역시 설문지 및 성취도 평가를 진행하였다. 1차 실험과 마찬가지로 모든 실험과정은 녹화되었으며 녹화내용을 바탕으로 프레즌스 및 몰입을 방해하



Fig. 1. Images from playing the Moon-Exploration-Learning-Game (<https://youtu.be/HSTowxlluAI>).

는 방해요인의 발생 횟수를 조사하였다. 각각의 학생들이 게임을 플레이 한 시간은 10분에서 15분 정도 소요되었으며, 설문지와 성취도 검사지를 작성하는데에는 20분에서 30분 정도의 시간이 소요되었다.

실험은 한 반에 4명씩 선발하여 실험장소로 이동하여 실시하였는데, 실험을 먼저 마친 학생들이 실험을 하기 위해 대기하고 있는 학생들에게 정보를 제공하는 것을 막기 위해 모든 실험 참가자들이 미리 대기실에서 대기하다가, 실험과 설문 및 성취도 검사를 마치면 각각 교실로 복귀하도록 하여 실험 전후의 학생들이 서로 게임 학습 경험을 얘기하는 상황을 방지하였다. 실험 장소는 가상현실 장비를 설치하고 게임을 플레이하기 위해서 최소 가로세로 5m×5m의 공간이 두 곳 확보되어야 한다. 1차 실험에서는 체육관을 실험 장소로 선택하였다. 2차 실험은 모든 실험 조건과 통제가 1차 실험과 동일하나 실험 장소에 차이가 있었다. 2차 실험에서는 1차 실험의 결과를 반영하여 별도로 분리된 교실크기의 조용한 공간인 다목적실 두 곳에서 실험을 진행하였다.

4.5 측정 도구

방해요인은 실험과정을 녹화하여 분석하였는데, 게임의 진행에 방해가 되는 상황의 발생빈도를 측정하였다. 경험 인식과 관련된 프레즌스 및 몰입 그리고 프레즌스에 영향을 미치는 하위요소인 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity로 설문지를 구성하여 측정하였다. 프레즌스, 몰입은 선행 연구에서 이론적으로 검증된 척도를 사용하였으며, 프레즌스에 영향을 미치는 하위요인인 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity는 Witmer & Singer(1998)의 프레즌스에 영향을 미치는 요소를 활용하여 측정하였다[30]. Witmer & Singer(1998)는 32개의 항목으로 구성된 척도를 개발하였는데, 프레즌스가 발생하도록 기여하는 네 가지 요소 즉, 통제 요소(Control Factors), 감각적 요소(Sensory Factors), 방해 요소(Distraction Factors), 사실성 요소(Realism Factors)로 구분하여 항목을 구성하였다. 이 중에서 감각적 요인과 사실성 요인이 Steuer(1993)의 기준으로 보면 생생함과 관련된 척도이며, 통제 요인은 상호작용과 관련이 있는 요소이다. 따라서 생생함과 상호작용의 측정을 위해 감각적 요인과 사실성 요인, 통제 요인에서 측정 문항을 선정하였다. 먼저

생생함의 경우 감각적 요인과 사실성 요인에서 문항을 도출 하였는데, 시각, 청각, 실제 경험과의 일치와 관련된 문항으로 구성하여 시각과 청각적 생생함이 동일한 상태에서 촉각적 생생함에 차이가 발생할 때 실제 경험과의 일치와 관련된 문항에서 차이가 나타나도록 하였다. Tactile Interactivity와 Locomotive Interactivity의 측정은 상호작용과 관련이 있는 통제 요소의 항목으로 각각 구성하였다. 학업 성취도의 평가는 교육전문가 3인에 의해 작성된 객관적인 평가 기준을 중심으로 평가하였으며, 3명의 평가자 간의 상호 검토와 의견 조정을 거침으로써 평가의 신뢰도를 높였다. 배점 기준은 문제의 난이도에 따라 다르게 책정되었다.

실험 참가자들이 학업 성취도 문항과 함께 총 5개의 변인을 측정해야 하는 부담이 있어 설문 문항 구성에 제약이 많았다. 문항을 너무 많이 구성할 경우 집중력이 높지 않은 아이들이 자칫 성실하게 설문에 응하지 못할 우려가 있고, 또한 학업 성취도의 검사 결과에도 영향을 미칠 우려가 있다. 따라서 최소한의 개수로(각 변인 별 3 문항) 문항으로 구성하였다. 설문 문항은 총 15개의 문항으로 리커트(Likert) 5점 척도를 사용하였으며, 학업 성취도 측정 문항은 총 10개 항목의 서술형 평가 문항으로 구성하였다. 검사 도구의 결과 분석은 SPSS 24를 이용하여 실시하였다. 전체 측정 도구의 구성은 Table 3과 같으며 설문 문항 내용은 Table 4와 같다.

5. 결과 분석

5.1 관찰 결과 도출된 방해요인

5.1.1 1차 실험결과

[연구 문제 1]은 사용자가 가상의 공간 안에서 느끼는 프레즌스와 몰입을 방해하는 방해요인에는 무엇이 있는지 알아보는 것으로, 2명의 연구 보조원과 함께 기록된 비디오 분석을 통해 게임의 진행에 방해가 되는 상황의 발생빈도를 측정하였다. 분석결과 다음과 같은 네 가지 상황이 발생하여 게임의 원활한 진행을 방해하였다. 첫째, 가상의 손이 원래 위치를 이탈하거나 게임이 멈추는 등의 불안정한 상태의 발생으로 인해 게임의 원활한 진행이 방해되었다. 둘째, 참가자들의 몸에 줄을 감겨 원활한 게임의 진행이 방해 되었다. 셋째, 참가자들이 시스템 버튼을 잘

못 놀러 게임이 멈추는 상황이 발생하여 원활한 게임의 진행이 방해되었다. 넷째, 일부 참가자들이 소극적 행동으로 게임 속 안내자의 지시를 따르지 않고, 물체를 한 번에 잡지 못하는 등 주변 환경을 의식함으로써 인해 게임이 원활히 진행되지 못하였다. 즉, Fig. 2와 같이 시스템 불안정성, HMD와 본체를 연결하는 케이블, 시스템 버튼 오작동, 개방된 주변 환경 의식이라는 네 가지 방해요인이 지속적으로 발생하는 모습을 볼 수 있었다. Table 5에 보이는 바와 같이 각각의 방해요인이 발생하는 횟수를 살펴보면 시스템 불안정성과 관련된 문제가 11회, 시스템 버튼 오작동 문제 6회, 주변환경에 대한 의식이 15 정도 발생했으며, HMD와 본체를 연결하는 케이블로 인한 문제가 무려 60회나 발생한 것으로 나타났다.

(1) 시스템 불안정성

사방이 막힌 밀폐된 연구실에서 콘텐츠를 제작하는 과정에서 여러 차례 파일럿 테스트를 할 때는 전혀 문제가 없던 VR 시스템이 장소를 옮겨 실험 장소에서 실행했을 때 Fig. 2(a)에 보이는 바와 같이 갑자기 멈추거나 컨트롤러 대신에 보이는 가상의 손이 원래의 위치를 벗어나는 등 불안정한 모습을 보였다. 이는 실제 물리적 공간에서 HMD와 컨트롤러의 위치를 추적하는 무선 위치 추적 시스템 유형의 특성으로 인해 발생하는 문제인데, 위치 추적을 위해 베이스 스테이션에서 신호를 보내고, HMD와 컨트롤러가 이 신호를 받아서 다시 베이스 스테이션으로 보내는 과정에서 정확한 원인을 알 수 없는 전파장애의 문제가 발생하여 신호의 추적에 실패해서 나타나는 현상으로 추측 된다. 실험에 사용된 VIVE는 이미 기

Table 3. Experiential cognition and academic achievement evaluation tools

Item	Variable	No. of questions	Source
Characteristics of VR	Presence	3	Schubert et al. (1999, 2001, 2003) [31]
	Flow	3	Jackson & Marsh (1996) [32]
Presence-contributing components	Vividness	3	Witmer & Singer (1998) [30]
	Tactile interactivity	3	Witmer & Singer (1998) [30]
	Locomotive interactivity	3	Witmer & Singer (1998) [30]
Learning effect	Academic achievement	10	Development of items

Table 4. Questions for the experiential cognition survey

Variable	Item	Question
Vividness	1	The events that happened in the game created with the computer felt like real-life events.
	2	The world in the game felt real to me.
	3	I felt like I was on a spaceship.
Tactile interactivity	1	It was easy to grab and throw a rock in the game.
	2	I did not feel uncomfortable when I grabbed and released a rock on the surface of the moon.
	3	I was able to naturally grab and release a rock on the surface of the moon.
Locomotive interactivity	1	I was able to naturally walk and jump over a long distance on the surface of the moon.
	2	I did not feel uncomfortable at all when walking inside a spaceship.
	3	It was easy to wander around easily while moving in the game space.
Presence	1	In the computer generated world I had a sense of "being there"
	2	I was not aware of my real environment.
	3	I felt like I was just perceiving pictures. (Reverse item)
Flow	1	I felt in total control of what I was doing.
	2	I was not concerned with what others may have been thinking of me.
	3	Time seemed to alter (either slowed down or speeded up).



Fig. 2. Presence and flow distraction factors (first experiment). (a) instability of the system, (b) the cables connecting the HMD and the system, (c) misuse of the system button, and (d) awareness of the open surroundings.

존에 안정성이 검증된 제품으로 이와 같은 문제는 제품자체의 문제라기보다는 주변 환경의 영향으로 판단된다. 즉, 학교 주변에 전파와 관련된 시설이 존재하는데, 이러한 시설이 영향을 주었을 것으로 판단되며, 특히 실험공간이 개방된 체육관이었기 때문에 더 쉽게 영향을 받았을 것으로 판단된다.

문제가 발생할 경우 실험 참가자들은 연구원에게 도움을 청하는 행위를 하며 VR 밖의 현실 공간을 인식하게 되고, 연구 보조원이 다시 시작한다는 말과 함께 멈춘 부분에서 다시 이어서 게임을 실행 시키는 상황이 여러 차례 발생했는데, 이런 상황들이 실험 참가자가 느끼는 프레즌스와 몰입을 방해한다고 볼 수 있다.

(2) HMD와 본체를 연결하는 케이블

현재까지는 기술상의 문제로 HMD와 컴퓨터 본체가 케이블로 연결되어 있는데, 이렇게 HMD와 본체를 연결하는 케이블이 실험 참가자들의 프레즌스와 몰입을 방해하는 것으로 관찰됐다. Fig. 2(b)와 같이 실험참가자들이 몸을 돌러가면서 이동하다가 자신의 몸에 케이블이 감기는 것을 인식하는 순간 원래 하려던 행동을 멈추고 다시 반대로 돌아 몰에 감긴 케이블을 풀거나, 케이블을 손으로 직접 들어 푸는

모습이 종종 관찰되었으며, 연구 보조원이 실험 참가자의 몸에 감긴 케이블을 풀어주는 상황이 지속적으로 발생하였다. 이러한 상황이 실험 참가자들에게 자유롭게 이동하지 못한다는 인식을 심어줘 Locomotive Interactivity를 감소시키고, 또한 게임 밖의 실제 공간을 인지하도록 하여 프레즌스와 몰입을 약화시켰다고 볼 수 있다

(3) 시스템 버튼 조작 실수

실험참가자들이 컨트롤러에 있는 시스템 버튼을 잘못 눌러 게임이 중단되는 상황이 여러 차례 발생하였는데, 시스템 버튼 오작동으로 인한 게임의 중단 현상이 실험참가자들의 프레즌스와 몰입을 방해하는 것으로 관찰됐다. VIVE의 3D 입체 컨트롤러는 여러 가지 콘텐츠들을 관리하기 위한 시스템 버튼이 컨트롤러 하단에 존재하는데, 일부 참가자들이 이 버튼을 실수로 눌러 게임이 중단되는 상황이 발생하였다. 이럴 때마다 게임이 멈추고 실험참가자들이 당황하는 모습을 볼 수 있었는데, 이런 상황들이 실험 참가자들의 프레즌스와 몰입에 부정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단된다(Fig. 2(c)). 그러나 성인들을 대상으로 한 일부 파일럿 테스트에서는 이러한 문제가 전혀 관찰되지 않은 것으로 보아 이 문제 역시 VIVE

자체의 문제는 아닌 것으로 판단된다. 성인의 경우 게임과 컨트롤러에 대한 이해가 높고 안정적인 통제 능력이 있어 이러한 문제를 발생하지 않은 것으로 판단되며, 파일럿 테스트에 참가한 아이들의 경우에는 충분한 시간을 통해 컨트롤러 조작을 학습하고, 차분한 분위기에서 테스트를 진행했기 때문으로 문제가 발생하지 않은 것으로 판단된다. 본 실험에서는 수업시간에 게임을 한다는 생각에 일부 학생들이 들떠있는 모습이 관찰 되었는데, 이러한 참가자들이 사전에 컨트롤러 조작법을 충분히 교육하고 실험을 실시했음에도 불구하고, 흥분을 한 나머지 컨트롤러를 조작하는 과정에서 손에 힘이 많이 주게 되고, 그 결

과 버튼을 오작동하는 모습이 관찰 되었다.

(4) 개방된 주변 환경 의식

개방된 주변 환경이 실험 참가자들의 프레즌스와 몰입을 방해하는 것으로 관찰됐다. 실험 공간으로 사용된 체육관은 Fig. 2(d)와 같이 넓고 개방된 공간이었는데, 일부 참가자들의 경우 소극적 행동으로 게임 속 안내자의 지시를 잘 따르지 않거나, 물체를 한 번에 잡지 못하는 등 자연스럽게 행동하지 못하고 위축된 모습을 보였다. 실험을 위해 정숙을 유지하고 차분한 분위기에서 실험이 진행되는 했지만, 본인 은 밖을 볼 수 없는데 사람들이 자신을 보고 있다는

Table 5. Observation results of the distraction factors of presence and flow (first experiment, N=23)

Participant	Distraction factors (frequency)							
	System instability		Cables connecting the HMD and the system			Misuse of the system button	Awareness of the open surroundings	
	Detachment of the virtual hand location	Freezing of the game	Unwrapping the cable that wrapped the body by turning in the opposite direction	The research assistants helped unwrap the cable that wrapped the body.	Unwrapping the cable with the hands	The game stopped as the user pushed the system button.	The user did not follow the order of the guide in the game due to passivity.	The user was unable to grab any object.
1			1	1				2
2		1					1	
3		1	3	4		2		1
4		1		2			1	1
5			2	5				
6			2					
7			3	2		1		
8			2					
9			2			1	2	2
10		1	3	1				
11			3					
12	1		1				1	
13			2		1	1		
14			2	1				
15			2					
16	1	1	1		1			
17			2					
18			2	1				
19			3			1		
20							2	2
21	1	2	1		2			
22	1							
23			2					
Total of 23 people	4	7	39	17	4	6	7	8
	11		60			6	15	

인식이 일부 학생들의 행동을 위축 시킨 것으로 판단해 볼 수 있다. 이런 외부 환경과 다른 사람들의 시선에 대한 의식이 프레즌스와 몰입에 부정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

5.1.2 2차 실험결과

2차 실험은 1차 실험에서 발견된 방해요인 네 가지 중에서 시스템의 불안정성, 시스템 버튼 오작동, 개방된 주변 환경 의식 이라는 세 가지를 제거한 후 진행하였다. 먼저 1차 실험의 결과를 고려하여 실험 장소를 별도로 분리된 교실크기의 조용한 공간으로 선정하였다. 1차 실험에서 실험 공간으로 사용되었던 체육관의 경우 많은 사람들이 보고 있다는 점이 VR 학습게임을 체험하는 일부 학생들의 행동을 위축 시키고 프레즌스와 몰입을 저해 한다고 판단하여 시스템 한 대가 설치되는 교실 규모의 작고 조용한 공간 두 곳을 활용하였다. 또한 실험장 안에는 게임의 방법과 규칙을 설명해 주고 장비의 착용을 도와주는 연구 보조원 1인 만이 상주하도록 하여 타인의 시선에 대한 실험 참가자들의 부담을 덜어 주도록 하였다. 두 번째로, 시스템의 불안정성 문제를 해결하기 위해 실험 장소에서 사전에 시연을 해보고 전과 장애 등의 문제가 없음을 확인하였다. 또한 주변 환경

의 변화로 갑작스럽게 끊김 현상이 발생할 가능성이 있는데, 이에 대한 대비책으로 게임이 멈출 경우 실험을 통제하는 연구 보조원이 실험 참가자에게 어떤 공지나 지시사항 없이 자연스럽게 멈춘 부분부터 게임을 다시 시작하도록 하여, 실험 참가자가 끊김 현상을 알아차리지 못하도록 하였다. 세 번째로 입체 컨트롤러에 있는 시스템 버튼을 눌러 게임이 중단되는 상황이 발생하지 않도록 하기 위해 테이프를 시스템 버튼을 막아 문제 발생을 원천적으로 차단하였다. 마지막으로 HMD와 연결되어 있는 케이블은 연구 보조원이 높이 들도록 하여 케이블이 몸에 감기는 문제를 제거하고자 하였다. 그러나 케이블을 머리 위로 계속 유지할 만큼 케이블의 길이가 충분하지 못해 이 문제는 완벽하게 제거되지 못하였는데 그 결과 1차 실험에서 발생했던 것과 유사하게 케이블이 몸에 감기는 문제가 지속적으로 발생하였다(Fig. 3).

Table 6에 보이는 바와 같이 시스템 불안정성, 시스템 버튼의 오작동, 주변 환경에 대한 의식 등의 문제는 앞서 서술한 바와 같이 해결방안을 마련하여 적용함으로써 이와 관련된 문제들이 거의 발생하지 않았다. 시스템 불안정성에서는 게임의 멈춤 현상이 3회 발생하였는데, 사전에 교육한대로 연구 보조원이 게임이 멈춘 부분부터 게임을 다시 플레이하여,



Fig. 3. Presence and flow distraction factors (second experiment). [(a), (b), (c), (d)] the cables connecting the HMD and the system,

Table 6. Observation results of the distraction factors of presence and flow (second experiment, N=20)

Participant	Distraction factors (frequency)							
	System instability		Cables connecting the HMD and the system			Misuse of the system button	Awareness of the open surroundings	
	Detachment of the virtual hand location	Freezing of the game	Unwrapping the cable that got wrapped around the body by turning in the opposite direction	The research assistant helped unwrap the cable that got wrapped around the body.	Unwrapping the cable with the hands	The game stopped as the user pushed the system button.	The user did not follow the order of the guide in the game due to passivity.	The user was unable to grab any object.
1			2					
2			3		1			
3			1		1			
4								
5				1				
6			1					1
7			2					
8		1	3	2				
9			1					
10			1	1				
11			2					
12			2					
13		1	3					
14			1	1			1	
15								
16			2		1			
17			1					
18		1	2	1				
19								
20			2					
Total of 20 people		3	29	6	3	0	1	1
	3		38			0	2	

실험 참가자가 게임이 멈추었다가 다시 시작되는 것을 인지하지 못하고 계속해서 게임에 몰입하는 모습을 볼 수 있었다. 개방된 주변 환경 의식 문제도 총 2회 발생하여 방해 효과가 거의 제거된 것으로 판단되며, 시스템 버튼의 오작동은 한 번도 발생하지 않았다. 그러나 HMD와 연결된 케이블과 관련된 문제는 38회나 발생하여 1차 실험과 마찬가지로 심각하게 많이 발생한 것으로 나타났는데, 이러한 결과를 통해 2차 실험에서도 HMD와 연결된 케이블이 참가자들의 Locomotive Interactivity와 프레즌스, 몰입을 방해할 가능성이 있다고 판단하였다.

5.2 경험인식 설문 결과 및 학업 성취도 결과 분석

[연구 문제 2]는 방해요인이 실제로 프레즌스와 몰입을 방해하고 그 결과 학습 효과에도 부정적인 영향을 미쳤는지 알아보는 것을 목적으로 한다. 따라서

이를 위해 방해요인이 발생한 집단과 부분적으로 이를 제거한 집단의 설문 결과와 학업 성취도 결과에 대해 비교 분석하였다.

5.2.1 경험인식 설문결과 분석

(1) 신뢰도 분석

측정 변수의 정확성과 정밀성을 평가하기 위해 신뢰도 분석을 실시한 결과 Table 7과 같이 대부분의

Table 7. Reliability of Factors

Factor	M	Cronbach's α
Vividness	4.66	.61
Tactile interactivity	4.67	.65
Locomotive interactivity	4.47	.69
Presence	3.47	.65
Flow	4.12	.32

요인의 Cronbach's α 값이 .6이상으로 나타나 통계적으로 신뢰할만한 수치를 나타내었다. 그러나 몰입의 경우 많은 선행연구에서 검증된 척도임에도 불구하고 신뢰도가 0.324로 나타나 신뢰도를 확보하지 못하고 있는데, 이러한 결과에 대해서는 방해요인의 부분적인 제거를 원인으로 생각해 볼 수 있다. 이에 대해서는 변인별 T-검정 분석 결과에서 자세히 설명하였다.

(2) 변인별 T-검정 분석 결과

[연구가설 1]은 방해요인이 제거된 VR이 방해요인의 영향을 받는 VR에 비해 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity가 향상되고 그 결과 프레즌스와 몰입이 강화되는지 알아보는 것을 목적으로 한다. 각각의 변인을 중심으로 t-검정을 실시한 결과 Table 8에 보이는 바와 같이 Tactile Interactivity만이 유의수준 .05내에서 유의미한 결과를 보여($t=-1.799, p<0.05$) 전체적으로 유의미한 결과로 보기 어렵다. 그러나 모든 변인에 대해 't'값이 음(-)의 방향으로 나타나 방해요인이 제거된 VR이 방해요인의 영향을 받는 VR에 비해 평균값이 높은 것을 알 수 있는데, 이처럼 전체적으로 연구가설에 부합하는 방향성을 보이고 있다.

연구가설에 부합하는 방향성을 나타내면서도 Tactile Interactivity만이 유의미한 결과를 보인 원인을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 Tactile Interactivity가 유의미하게 향상된 원인은 방해요인 중 시스템의 불안정성이 제거됨으로써 2차 실험 집단의 참가자들이 1차 실험 참가자들에 비해 훨씬 쉽고 자연스럽게 가상의

물체를 잡고 조작할 수 있었기 때문이라고 판단된다. 즉, 1차 실험에서는 가상의 손이 원래 위치를 이탈하거나 게임이 멈추는 형태의 시스템 불안정성이라는 방해요인이 발생하여 가상의 물체를 잡고 놓는 등의 조작행위가 용이하지 않았는데, 이러한 방해요인이 제거된 2차 실험에서는 실험참가자들이 아무런 제약 없이 가상의 물체를 쉽게 잡고 조작할 수 있었기 때문에 Tactile Interactivity가 향상되었다고 해석할 수 있다.

그러나 방해요인 중에서 기술적 한계로 인해 HMD와 본체를 연결하는 케이블 문제는 해결하지 못한 채 2차 실험을 진행하였는데, 그 결과 2차 실험에서도 이러한 문제가 38회나 발생하였다. 따라서 1차 실험과 2차 실험의 실험 참가자 모두 이동에 큰 불편함을 느꼈으며, Locomotive Interactivity에 유의미한 차이가 나타나지 않은 것으로 판단된다($t=-.868, p>0.05$). 그리고 역시 이러한 문제로 인해 계속해서 외부의 실제 환경을 의식하다 보니 눈앞에 보이는 게임 속의 세계가 진짜처럼 생생하게 느껴지는지를 물어보는 생생함 변인에서도 1차 실험과 2차 실험의 결과가 차이를 보이지 않은 것으로 판단할 수 있다($t=-.937, p>0.05$). 결과적으로 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity으로부터 영향을 받는 프레즌스와($t=-1.270, p>0.05$). 프레즌스로부터 영향을 받는 몰입($t=-.140, p>0.05$) 역시 유의미한 결과를 얻지 못한 것으로 판단된다.

앞서 신뢰도 분석결과, 많은 선행연구에서 검증된 척도임에도 불구하고 몰입 변인의 Cronbach's α 값이 0.324로 나타나 신뢰도를 확보하지 못하고 있는데

Table 8. T-test analysis results by variable on the VR with distraction factors and the VR without distraction factors (experiential cognition, one-way verification)

Variable	Distraction factors	N	M	SD	T	P
Vividness	Included	23	4.59	.54	-.94	.18
	Removed	20	4.73	.41		
Tactile interactivity	Included	23	4.54	.69	-1.80	.04*
	Removed	20	4.82	.28		
Locomotive interactivity	Included	23	4.38	.83	-.87	.20
	Removed	20	4.57	.57		
Presence	Included	23	3.28	1.21	-1.27	.11
	Removed	20	3.70	.94		
Flow	Included	23	4.10	.81	-.14	.45
	Removed	20	4.13	.66		

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

(Table 7), Table 8의 변인별 t-검정 분석결과 Tactile Interactivity에서만 유의미한 결과를 얻은 것으로 보아 방해요인의 부분적인 제거가 원인인 것으로 판단된다. Table 9에 보이는 바와 같이 몰입 문항은 통제감, 자의식의 상실, 시간 감각의 왜곡이라는 세 문항으로 구성되어있다. 이 중 시간 감각의 왜곡 문항에서는 2차 실험 집단의 설문 결과가 예상대로 높게 나타나 유의미한 결과를 보이고 있으나($t=-.1896, p<.05$), 통제감, 문항($t=.196, p>.05$)과 자의식의 상실 문항($t=.303, p>.05$)에서는 유의미한 차이를 보이지 않았으며 't값들이 시간 감각의 왜곡 문항과 반대 방향을 나타내 전체 설문 문항의 내적 일관성을 확보하지 못하고 있다(Table 9). 이와 같은 결과는 2차 실험에서 시스템 불안정성, 시스템 버튼 오작동, 개방된 주변 환경이라는 방해요인을 제거함으로써 실험참가자들이 시간이 어떻게 흘러가는 줄도 모를 정도로 게임에 집중할 수 있어 시간 감각의 왜곡 문항에서 유의미한 결과를 보였으나, HMD와 본체를 연결하는 케이블 문제를 해결하지 못해 Locomotive Interactivity는 향상되지 못하였고, 1차 실험참가자들과 마찬가지로 이동에 제약을 느끼게 됨으로써 통제감이 향상되지 못한 것으로 볼 수 있다. 또한 신체에 접촉하는 케이블을 통해 외부 환경을 계속 인식하게 됨으로써 자의식의 상실 문항에서도 차이가 나지 않았다고 판단된다. 따라서 신뢰도가 낮게 나타난 원인은 설문 문항 자체의 문제가 아니라 HMD와 케이블을 연결하는 케이블이라는 방해요인이 해결되지 못했기 때문으로 볼 수 있으며, 이 부분에 대해서는 추가적으로 검증할 필요가 있다.

5.2.2 학업 성취도 결과 분석

[연구가설 2]는 방해요인이 제거된 VR이 방해요

인의 영향을 받는 VR에 비해 학습 효과가 향상되는지 알아보는 것을 목적으로 한다. 학업 성취도 결과에 대해 t-검정을 실시한 결과 Table 10에 보이는 바와 같이 총점에서는 유의미한 차이를 보이지 않았지만($t=-.946, p>.05$), [문항 2] ($t=-2.152, p<.05$)와 [문항 8] ($t=-2.247, p<.05$)에서 유의미한 차이를 보였다.

학업 성취도는 학습 방법의 관점에서 보았을 때 학습자가 가상의 환경에서 벌어지는 일들을 시청각적으로 체험하면서 학습하도록 구성된 방식(시청각적 생생함을 통해 학습)과 가상의 공간을 이동하고 사물을 조작하면서 도전과제를 해결하는 과정에서 학습하는 방식(가상의 환경 및 사물과의 Tactile Interactivity 및 Locomotive Interactivity을 통해 학습)의 두 가지 형태로 학습한 내용을 평가하도록 구성되어 있다. 이 중에서 1-1번, 1-2번, 3번, 5-1번, 5-2번, 7번 문제가 시청각적 생생함을 통해 학습한 내용을 평가하는 문제이고, 2번, 4번, 8번 문제가 Tactile Interactivity를 통해 학습한 내용들을 평가하는 문제이며, 6번 문제가 Locomotive Interactivity를 통해 학습한 내용들을 평가 하는 문제인데, 가상의 환경 및 사물과의 Tactile Interactivity를 통해 학습한 내용들을 평가 하는 문항인 2번과 8번 문항의 성취도에서 유의미한 차이를 보인 것이다

1차 실험에서 발견된 방해요인 중 시스템 불안정성, 시스템 버튼 오작동, 개방된 주변 환경 등의 문제를 해결한 후 2차 실험을 진행하였지만, 이러한 방해요인의 제거가 생생함의 차이와는 크게 관계가 없기 때문에 1차 실험과 2차 실험에서 시청각적인 생생함에 차이를 보이지 않아 시청각적인 생생함으로 학습한 문항에 대한 평가에서는 유의미한 차이가 나타나지 않은 것으로 판단된다. 그러나 2차 실험에서 제거

Table 9. Comparison of the T-test analysis results by flow questions on the VR with distraction factors and without distraction factors (one-way verification)

Variable		Distraction factors	N	M	T
Sense of control	I felt in total control of what I was doing.	Included	23	3.78	.20
		Removed	20	3.70	
Loss of self-consciousness	I was not concerned with what others may have been thinking of me.	Included	23	3.87	.30
		Removed	20	3.75	
Transformation of time	Time seemed to alter (either slowed down or speeded up).	Included	23	4.65	1.90*
		Removed	20	4.95	

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

Table 10. T-test analysis results by variable on the VR with distraction factors and the VR without distraction factors (academic achievement, one-way verification)

Question	Distraction factors	N	M	SD	T	P
1-(1)	Included	23	3.00	.00 ^a	-	-
	Removed	20	3.00	.00 ^a		
1-(2)	Included	23	2.17	2.53	-.42	.34
	Removed	20	2.50	2.57		
2	Included	23	4.13	1.94	-2.15	.02*
	Removed	20	5.00	.00		
3	Included	23	4.57	1.04	-.12	.45
	Removed	20	4.60	.82		
4	Included	23	4.57	1.45	-1.45	.08
	Removed	20	5.00	.00		
5-(1)	Included	23	3.48	1.38	1.44	.08
	Removed	20	2.70	2.06		
5-(2)	Included	23	4.35	1.72	.18	.43
	Removed	20	4.25	1.83		
6	Included	23	2.48	1.16	-1.30	.10
	Removed	20	2.85	.67		
7	Included	23	8.04	2.33	.22	.42
	Removed	20	7.90	1.97		
8	Included	23	3.87	1.87	-2.25	.02*
	Removed	20	5.20	2.02		
Total score	Included	23	40.65	9.18	-.95	.18
	Removed	20	43.00	6.68		

*p<0.05, **p<0.01

된 시스템 불안정성이라는 방해요인은 Tactile Interactivity에 직접적인 영향을 미치지 때문에 Tactile Interactivity를 통해 학습한 내용들을 평가 하는 문항인 2번과 8번 문항의 성취도에서 유의미한 차이가 나타난 것으로 보인다. 1차 실험에서는 시스템 불안정성으로 인해 가상의 손이 원래 위치를 이탈하거나 게임이 멈추는 등의 문제가 발생하여 가상의 오브젝트와의 tactile interaction이 용이하지 않았으나, 2차 실험에서 이러한 문제가 제거됨으로 인해 실험 참가자들이 안정적으로 가상을 물체를 조작할 수 있었다. 따라서 이러한 이유로 인해 Tactile Interactivity를 통해 학습한 내용들을 평가 하는 문항인 2번과 8번 문항의 성취도에서 유의미한 차이가 나타난 것으로 보인다. 그러나 HMD와 본체를 연결하는 케이블 문제는 해결하지 못하여 Locomotive Interactivity는 1차 실험과 2차 실험에서 전혀 변화가 없다고 볼 수 있는데, 따라서 학업 성취도에서도 Locomotive Interactivity 방법인 제자리 멀리뛰기로 학습

한 6번 문항에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다고 판단된다($t=-1.304, p>.05$). 또한 6번 문항에서 유의미한 차이가 나지 않은 또 다른 원인으로 중력에 대한 학습이라는 특성을 생각해 볼 수 있다. 6번 문항은 사용자가 지구와 달에서 각각 제자리 멀리뛰기를 하면서 중력을 비교 체험해보는 내용에 대한 평가 문항이다. 그러나 참가자들이 게임을 플레이 할 때 시각적으로는 제공시간에 차이를 느낄 수 있지만, 실제 몸의 제공시간에는 차이가 없었다. 즉, Locomotive Interactivity이 학습을 위해 활용되기는 했지만, motorized interactivity를 제공하는 특수한 장비를 사용하지 않는 이상 실제 제공시간과 가상의 공간 안에서의 제공시간을 정확히 일치시킬 수 없다는 문제가 있는데, 이러한 문제 역시 6번문항의 유의미하지 않은 결과에 부분적으로 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 이와 같은 전체적인 결과 해석을 바탕으로 방해요인이 궁극적으로 학업 성취도 에도 영향을 미친다고 판단할 수 있다.

6. 분석 결과 고찰 및 향후 연구

이 연구에서는 실험 및 관찰을 통해 HMD기반 몰입형 VR를 활용한 학습에서 방해요인이 발생할 경우 사용자의 경험에 대한 인식과 학습 효과에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 분석 결과 시스템 불안정성, HMD와 본체를 연결하는 케이블, 시스템 버튼 조작 실수, 개방된 주변 환경 의식이라는 네 가지 방해요인이 도출 되었으며 방해요인이 제거 될 경우 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity, 프레즌스, 몰입의 평균값이 전반적으로 향상되며, 특히 Tactile Interactivity에서 통계적으로 유의미한 결과를 보이는 것을 알 수 있었다. 학업 성취도 결과에 대한 비교 분석 결과를 보면 부분적으로 방해요인이 제거되면 학업 성취도 역시 부분적으로 향상되는 모습을 보였다. 이와 같은 실험 결과를 바탕으로 VR대중화의 초장기인 현재 아직까지는 기술적 한계로 인해 여러 방해요인이 발생하고 있으며, 이러한 방해요인이 사용자가 느끼는 경험의 직접성에 대한 인식과 학습 효과에 부정적인 영향을 미친다는 사실을 알 수 있었다.

그러나 이 연구는 몇 가지 한계를 가지고 있다.

첫째, 이 연구에서는 HMD와 본체를 연결하는 케이블이라는 방해요인을 완전히 제거하지 못해 방해요인제거 효과에 대한 완전한 검증을 하지 못하였으며, Tactile Interactivity를 제외하고는 유의미한 결과를 얻지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 HMD와 본체를 연결하는 케이블이라는 방해요인을 제거한 후 실험을 실시하여 생생함, Locomotive Interactivity, 프레즌스, 몰입이 통계적으로 유의미하게 향상되는지, 그리고 학습 효과의 측면에서는 Locomotive Interactivity를 활용한 학습과 관련된 학업 성취도가 통계적으로 유의미하게 향상되는지 살펴 볼 필요가 있다.

둘째, 이 연구에서는 연령제한 조건 및 콘텐츠와 동작의 자유도를 고려하여 3D 입체컨트롤러 유형의 Tactile Interactivity와 무선 위치 추적 시스템 유형의 Locomotive Interactivity를 제공하는 VIVE를 사용하였다. 따라서 글로브 유형의 Tactile Interactivity와 트레드밀 유형의 Locomotive Interactivity, 그리고 Motorized Interactivity 유형의 Locomotive Interactivity 에서 발생할 수 있는 방해요인에 대해서는 검증하지 못하였다. 향후 연구에서는 이에 대한

실험을 추가적으로 실시하여 다른 형태의 상호작용을 제공하는 VR에서 발생할 수 있는 방해요인에 대해 알아보고 이 방해요인 들이 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity, 프레즌스, 몰입, 학습 효과에 미치는 영향을 살펴보고자 한다.

셋째, 선행연구 분석 결과 도출된 변인들 사이의 관계를 살펴보면 생생함, Tactile Interactivity, Locomotive Interactivity가 프레즌스에 영향을 미치고 프레즌스가 몰입을 유발하며 몰입이 학습 효과에 영향을 미치므로 이 영향관계를 검증할 필요가 있는데, 표본수의 부족으로 인해 이에 대해서는 검증하지 못하였다. 이와 같이 복잡한 관계의 연구모형을 검증하기 위해서는 일반적으로 Structural Equation Modeling(SEM)분석을 실시하여 이론적 구조모형에 기반을 둔 잠정 모형에 대한 적합도를 검증하는 방식이 활용되고 있는데, 이때 표본 수는 추정되는 모수 개수의 5~10배 이상이어야 하고 최소한 150명 이상이어야 한다[33]. 하지만 이 연구에서 활용되고 있는 VR은 혼자 HMD를 머리에 착용하고 게임을 플레이 하게 되는 장비의 특성상 여러 명의 학생이 동시에 실험에 참여하는 것이 불가능하였으며, 또한 수업 일정에 맞추어서 실험을 진행해야하고 실험 전후의 학생들을 통제해야 하는 등 여러 가지 제약 조건으로 인해 구조 방정식 모형 분석이 가능한 충분한 표본수를 확보하지 못하였다. 따라서 연구모형의 설정과 검증은 진행하지 못하였는데, 향후 연구에서는 충분한 표본수를 확보한 후 연구 모형을 검증을 통해 영향관계를 확인할 필요가 있다

7. 결 론

VR은 최근 급속도로 발전하는 기술을 바탕으로 대중화 되고 있으며, 여러 분야에서 널리 사용될 것으로 예상되고 있다. 그러나 아직은 대중화의 초기단계로 사용상에 여러 문제가 발생할 수 있으며, 이러한 문제들이 사용효과에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 이 연구에서는 관찰 연구를 통해 HMD기반 몰입형 VR의 방해요인을 도출하였으며 학습을 중심으로 실험연구를 진행하여 방해요인, 프레즌스, 몰입, 학습 효과 사이의 관계를 분석하였다. 관찰 결과 시스템 불안정성, HMD와 본체를 연결하는 케이블, 시스템 버튼 오작동, 개방된 주변 환경 의식과 같은 여러 방해요인들이 발견되었고, 이러한 방해요인들이

발생할 경우 프레즌스와 몰입을 저해하여 학습 효과에도 부정적인 영향을 미친다는 사실을 발견하였다. VR기술은 학습 이외에도 게임, 영상, 의료 등 다양한 분야에서 활용될 수 있는데, 이처럼 방해요인이 발생하여 프레즌스와 몰입을 저해한다면 게임이나 영화에서 느끼는 재미를 반감시킬 수도 있고, 의료 목적으로 사용할 경우 역시 치료 효과가 감소될 수도 있을 것이다. 따라서 VR기술의 발전은 방해요인을 제거하는 방향으로 발전할 필요가 있는데, 실증적인 방법을 통해 방해요인을 발견하고, 이렇게 발견된 방해요인과 프레즌스, 몰입에 대한 영향관계를 분석한 연구는 VR기술의 발전 방향에 중요한 지표가 될 수 있을 것으로 판단된다. 향후 연구는 다양한 VR 기술과 VR적용 분야에서 발생하는 방해요인에 대한 연구로 확대 진행하여 보다 포괄적으로 방해요인을 분류하고 대처 방안을 제시하고자 한다.

REFERENCE

- [1] W. Barfield and C. Hendrix, "The Effect of Update Rate on the Sense of Presence within Virtual Environments," *Virtual Reality*, Vol. 1, No. 1, pp. 3-15, 1995.
- [2] C. Heeter, "Being there: The Subjective Experience of Presence," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 1, No. 2, pp. 262-271, 1992.
- [3] C.M. Kim, J.H. Youn, I.C. Kang, and B.K. Kim, "Development and Assessment of Multi-sensory Effector System to Improve the Realistic of Virtual Underwater Simulation," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 17, No. 1, pp. 104-112, 2014.
- [4] D.L. Hoffman and T.P. Novak, "Marketing in Hypermedia Computer-Mediated Environments: Conceptual Foundations," *The Journal of Marketing*, Vol. 60, No. 3, pp. 50-68, 1996.
- [5] T.P. Novak, D.L. Hoffman, and Y.F. Yung, "Measuring the Customer Experience in Online Environments: A Structural Modeling Approach," *Marketing science*, Vol. 19, No. 1, pp. 22-42, 2000.
- [6] M. Zaman, M. Anandarajan, and Q. Dai, "Experiencing Flow with Instant Messaging and Its Facilitating Role on Creative Behaviors," *Computers in Human Behavior*, Vol. 26, No. 5, pp. 1009-1018, 2010.
- [7] M. Csikszentmihalyi and R. Larson, *Being Adolescent: Conflict and Growth in the Teenage Years*, Basic Books, New York, 1986.
- [8] M. Csikszentmihalyi, K. Rathunde, and S. Whalen, *Talented Teenagers: The Roots of Success and Failure*, Cambridge University Press, 1997.
- [9] F. Massimini and M. Carli, "The Systematic Assessment of Flow in Daily Experience," *Optimal Experience: Psychological Studies of Flow in Consciousness*, pp. 266-287, 1988.
- [10] M. Bricken and C.M. Byrne, "Summer Students in Virtual Reality," *Virtual Reality: Applications and Exploration*, pp. 199-218, 1993.
- [11] J.N. Bailenson, N. Yee, J. Blascovich, A.C. Beall, N. Lundblad, and M. Jin, "The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital Transformations of Teachers, Students, and Social Context," *The Journal of the Learning Sciences*, Vol. 17, No. 1, pp. 102-141, 2008.
- [12] J. Steuer, "Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence," *Journal of communication*, Vol. 42, No. 4, pp. 73-93, 1993.
- [13] T.B. Sheridan, "Musings on Telepresence and Virtual Presence," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 1, No. 1, pp. 120-126, 1992.
- [14] J. Blake and H.B. Gurocak "Haptic Glove with MR Brakes for Virtual Reality," *IEEE/ASME Transactions On Mechatronics*, Vol. 14, Issue 5, pp. 606-615, 2009.
- [15] G. Burdea, V. Popescu, V. Hentz, and K. Colbert, "Virtual Reality-Based Orthopedic Telerehabilitation," *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, Vol. 8, No. 3, pp. 430-432, 2000.

- [16] L. Connelly, Y. Jia, M.L. Toro, M.E. Stoykov, R.V. Kenyon, and D.G. Kamper, "A Pneumatic Glove and Immersive Virtual Reality Environment for Hand Rehabilitative Training after Stroke," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 18, Issue 5, pp. 551-559, 2010.
- [17] EyeSight Gesture Control for Smartphone-Powered VR, https://www.youtube.com/channel/UCLUI8k-KJT_s_B6CJa3ICTFQ (accessed Jan., 15, 2018).
- [18] Handpose: Fully Articulated Hand Tracking, <https://www.microsoft.com/en-us/research/search/?q=Handpose%3A+Fully+Articulated+Hand+Tracking> (accessed Jan., 15, 2018).
- [19] Full Hand Skeleton Tracking, <http://www.pilotbit.com/> (accessed Jan., 15, 2018).
- [20] C. Villard, L. Soler, and A. Gangi, "Radiofrequency Ablation of Hepatic Tumors: Simulation, Planning, and Contribution of Virtual Reality and Haptics," *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, Vol. 8, No. 4, pp. 215-227, 2005.
- [21] R.P. Darken, W.R. Cockayne, and D. Carmein, "The Omni-Directional Treadmill: A Locomotion Device for Virtual Worlds," *Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 213-221, 1997.
- [22] H. Iwata and Y. Yoshida, "Path Reproduction Tests Using a Torus Treadmill," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 8, Issue 6, pp. 587-597, 1999.
- [23] H. Iwata and T. Fujii, "Virtual Perambulator: A Novel Interface Device for Locomotion in Virtual Environment," *Proceedings of the 1996 Virtual Reality Annual International Symposium*, pp. 60-65, 1996.
- [24] E. Foxlin, M. Harrington, and G. Pfeifer, "Constellation: A Wide-Range Wireless Motion-tracking System for Augmented Reality and Virtual Set Applications," *Proceedings of the 25th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, pp. 371-378, 1998.
- [25] J. Shin, G. An, J. Park, J. Baek, and K. Lee, "Application of Precise Indoor Position Tracking to Immersive Virtual Reality with Translational Movement Support," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 75, Issue 20, pp. 12331-12350, 2016.
- [26] Holovis Uses Giant Robot Arms for Intense VR Motion Simulated Experiences, <https://www.roadtovr.com/holovis-uses-giant-robot-arms-intense-vr-motion-simulated-experiences/> (accessed Jan., 15, 2018).
- [27] M. Csikszentmihalyi, *Flow: The Psychology of Optimal Experience*, HarperPerennial, New York, 1990.
- [28] M. Csikszentmihalyi, K. Rathunde, and S. Whalen, *Talented Teenagers: The Roots of Success and Failure*, Cambridge University Press, 1997.
- [29] M. Zyda, "From Visual Simulation to Virtual Reality to Games," *Computer*, Vol. 38, Issue 9, pp. 25-32, 2005.
- [30] B.G. Witmer and M.J. Singer, "Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 7, Issue 3, pp. 225-240, 1998.
- [31] T.W. Schubert, F. Friedmann, and H.T. Regenbrecht, "The Experience of Presence: Factor Analytic Insights," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 10, No. 3, pp. 266-281, 2001.
- [32] S.A. Jackson and H.W. Marsh, "Development and Validation of a Scale to Measure Optimal Experience: The Flow State Scale," *Journal of Sport and Exercise Psychology*, Vol. 18, No. 1, pp. 17-35, 1996.
- [33] J. Kim, M. Kim, and S. Hong, *Writing a Paper as a Structural Equation Model*, Communication Books, Seoul, 2009.



권 종 산

2002년 경기대학교 건축공학과
졸업(공학사)

2009년 동서대학교 영상콘텐츠학
과 졸업(공학석사)

2017년 서울대학교 융합과학기술
대학원 졸업(공학박사)

2002년~2004년 (주)디지스팟 애니메이션 & 캐릭터셋업 팀

2004년~2005년 (주)픽셀플레넷 애니메이션 & 캐릭터셋
업 팀장

2007년~2012년 (주)매크로그래프 애니메이션 & 캐릭터
셋업 슈퍼바이저

2018년~현재 동서대학교 컴퓨터공학부 조교수

관심분야: VR/AR, 게임, 게이미피케이션, 게임기반학
습, 영상콘텐츠