The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)
Vol. 7, No. 2 , pp.333-338, May 31, 2021. pISSN 2384-0358, eISSN 2384-0366

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.2.333
JCCT 2021-5-39

ICT기반 가상현실(VR) 미디어에 대한 담론 :몰입 공간과 소통이론을 중심으로

Discourse on ICT Virtual Reality Media : Focusing on Immersible Space and Communication Theories

김정규*, 김종국**

Kim, Jung Kyu*, Kim, Jong Kouk**

요 약 5세대 이동통신 기술의 발전은 이상(理想)적 초연결 사회 정보통신기술(ICT)을 가시화하고 있다. 특히 가상현실(VR)기술은 새로운 확장과 도약의 출발점에 놓여있다. 본 연구는 이러한 맥락에서 가상현실을 미디어로 규정하고, 공간과 소통이론을 중심으로 그 확장성에 대한 담론들을 수집·분석(thematic literature review)하였다. 먼저 1990년 가상현실 개념의 초기 논의들을 시작으로 개념을 정교화하였으며, 물리적 세계와 디지털 정보의 관계, 매체로서 표현과 상호작용 몰입감, 시뮬레이션, 예술창작론, 그리고 마지막으로 진화적 발전방향에 대해 논의하였다. 결론적으로 가상현실의 기술에 대한 담론들을 넘어 학술적 대상으로 가상현실의 발전과 진화를 위해 인지과학, 신경과학, 사회과학, 그리고 인문학적 쟁점(윤리, 인격 등)에 대한 이론적 프레임워크가 요구됨을 필역하였다. 즉, 가(假)를 넘어 가(加)로 넘어갈 수 있는 가상현실 진화가 논의될 시점이다.

주요어 : 가상현실, 정보통신기술, 가상현실 진화, 몰입적 공간, 소통이론

Abstract Development of 5th generation mobile telecommunication technology is visualizing ideal hyper-connected social information and communication technology (ICT). In particular, virtual reality (VR) technology is at the starting point for new expansion and leaps. This work defines virtual reality as media in this context and collects and analyzes discourse on its scalability around space and communication theory. We first elaborated the concept, starting with the early discussions of the virtual reality concept in 1990, and discussed the relationship between the physical world and digital information, expression and interaction immersion as a medium, simulation, art creation theory, and finally evolutionary development. In conclusion, beyond the discourse on the technology of virtual reality, academic subjects were required to have theoretical frameworks on cognitive science, neuroscience, social science, and humanities issues (ethics, personality, etc.) for the development and evolution of virtual reality. In other words, it is time for the evolution of virtual reality to be discussed, which can be moved beyond.

Key words : Virtual Reality, ICT, VR Evolution, Immersible Space, Communication Theory

*정회원, 부경대학교 신문방송학과 (제1저자)
**정회원, 경성대학교 건축학과 (교신저자)
접수일: 2021년 2월 18일, 수정완료일: 2021년 3월 31일
게재확정일: 2021년 4월 17일

Received: February 18, 2021 / Revised: March 31, 2021
Accepted: April 17, 2021
*Corresponding Author: jongkouk@ks.ac.kr
Dept. of Architecture, Kyungsung Univ, Korea

Ⅰ. 서 론

5세대 이동통신(5G)기술의 등장은 우리가 일상적으로 기술과 상호작용 방식의 큰 변화를 야기하고 있으며, 초연결 사회 정보통신기술 (Information & Communication Technology; 이하 ICT)의 가시화를 앞당기고 있다. 특히 5G 통신기술 환경에서 자율주행, 원격진로, Big Data와 함께 가장 주목받고 있는 분야는 가상현실(Virtaul Reality; 이하 VR)기반 미디어 구축이다. VR과 같은 몰입적(immersible)이고 상호작용적인 기술은 우리가 우리의 환경과 상호작용을 하는 방식에서 새로운 이정표가 되고, 심지어 우리가 현실과의 관계에서 새로운 접근법을 어떻게 구상하는가에 있어서도 새로운 이정표가 된다. 가상현실과 다른 몰입형 정보통신기술(ICT)은 현실세계와 우리가 상호작용하는 방식을 변화시킬 수 있는 높은 잠재력을 가지고 있다. 따라서 Mc Luhan의 "The Medium is the Message"라는 기술결정론 사유의 맥락처럼 새로운 미디어와 통신기술이 어떻게 새로운 메시지와 문화적 접근을 창조할 수 있는지에 대한 잠재적 함의와 영향력을 논의할 필요가 있다.

본 논문은 VR에 대한 학술적 논의들이 기술적인 요소(예: 3D modeling, HMD 기술, Unreal 엔진 등)에 대부분 치중되어 왔으며, 이제는 기초 ICT 인프라가 빠르게 보급되는 상황에서 다음 단계에 대한 논의들을 제시하는데 목적을 두고 있다. 상술하면, Shannon의 커뮤니케이션 이론을 바탕으로 VR 기술이 사용자와 상호작용/커뮤니케이션하는 방식 (그림1 참고), 그리고 이용자들이 정보/컨텐츠와 상호작용하는 방식을 논의해야한다.

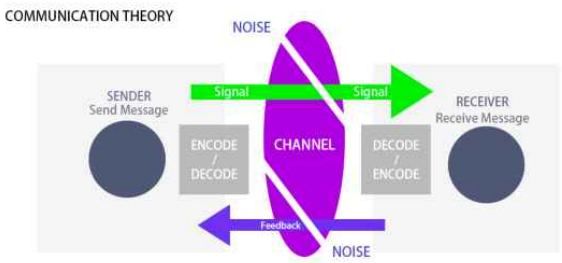

그림 1. 쉐넌의 커뮤니케이션의 수학적 모델
Figure 1. Mathematic Communication Thoery Model

나아가 VR 태생적 논의에서 다루었던 개념인 공간적 존재론[1]의 맥락에서, 인식(cognition)과 인체공학(ergonomic)적 요인에 초점을 맞추면서 기술과 인간의 경험/감각이 통합되는 결정적인 장소에 있는 것(그림2 참조)이라는 의미를 보다 명확히 논의하려 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 방법론적으로 가상현실을 미디어로 규정하고 공간과 소통이론을 중심으로 그 확장성에 대한 담론들을 수집·분석(thematic literature review)하였다.

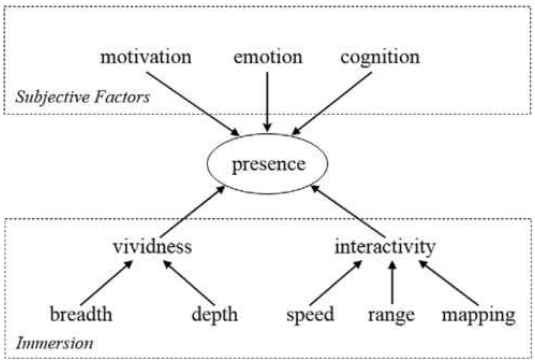

그림 2. 몰입형 공간의 개념요인들
Figure 2. Factors of Immersible Space

Ⅱ. 가상현실의 발전

Weinbaum[2]은 피그말리온의 안경이라는 이야기를 통해 VR에 대해 설명하고 있는데, 그는 "당신이 이야기 속에 있다"와 "그 이야기는 당신 주위에 있다"이다. 이 두 문장은 VR의 개념을 정의하는 접근법의 두 가지 기본축이 될 수 있다. 즉, VR에 대한 정의는 "참가자의 위치와 행동을 감지하고 하나 이상의 감각으로 피드백을 대체, 또는 증강하여 정신적으로 몰입하거나 시뮬레이션(가상 세계)에 존재하는 느낌을 주는 대화형 컴퓨터 시뮬레이션으로 구성된 매체"로 설명된다[3] . 특히 Burdea와 동료들은 VR의 실시간 시뮬레이션과 다원적 차원에 초점을 맞춰, VR을 실시간 시뮬레이션(사전 계산되지 않고, 시간이 경과함에 따라 계산됨)과 다중 센서 채널을 통한 상호작용(시각, 청각, 촉각, 후각 및 미각)을 포함하는 고급 사용자-컴퓨터 인터페이스라고 정의한다[4].

최근 애플리케이션 개발기술 발전을 통해 VR 개념에 대한 정의는 몰입 환경(immersible environment)과의 연계성으로 발전하고 있다. Cummings와 Bailenson [5]은 사용자 추적 수준 증가, 입체 비주얼의 사용 및 비주얼 디스플레이의 넓은 시야가 대부분의 다른 몰입형 시스템 기능에 대한 개선보다 훨씬 더 효과적이라고

결론짓고 존재 요소에 대한 기술적 몰입의 영향을 검토한다. 그러나, 의사소통 이론은 가상현실과의 상호작용과 인위적인 환경에서의 몰입과 관련된 요소들에 심도 있게 파고들 수 있는 흥미로운 근거를 제시한다. 이러한 맥락에서 Milgram과 Kishino[6]는 가상현실에서 물리적 세계에 이르기까지의 연속선 상에 다양한 중간 단계를 제시하는 분류학적 제안인 "가상 연속체 virtual continuum" 개념을 주장하며, 이 연속체(물리적 세계와 디지털 정보 간의 스펙트럼)는 인간의 감각과 인식의 본질에 기초한 상호작용에 관한 이론적 접근법의 추가적 발전을 위한 출발점이라고 말한다. 결론적으로 가상현실에 대한 개념적 정의의 근간은 하나의 결정체적 완성형으로 보기보다는 하나의 스펙트럼에 근거한 확장형 개념의 끈모양 형태로 파악해야 할 것이다. 이러한 러프한 조작적 정의를 바탕으로 매체로서 표현과 상상력의 가상현실, 예술적 창작도구로서의 가상현실, 그리고 끈모양의 변화를 이끌고 있는 가장 앞선분야의 가상현실 연구들을 분석한다.

III. 매체로서의 가상현실

이 뉴미디어(VR)와 연계된 문제는 새로운 접근방식을 통해 아이디어를 대표하고 사용자가 정보와 상호작용하게 하는 힘이다. 따라서 VR 기술은 기술적 측면과 의사소통적 측면 모두에서 대표적이고 표현적인 이론적 모델을 개발할 수 있게 될 것이다. 즉 매체로서의 VR에 대한 논의는 매체 표현력과 상호작용 방식을 중심으로 살펴볼 수 있다(표 1 참고).

표 1. 매체적 VR적용 분야
Table 1. VR Fields as medium

	VR적용
과학분야 연구	외상 후 스트레스 장애[7], 뇌졸중을 위한 신경재활[8], 신경조직 3D VR 세포모델[9], 생물다양성 보존과학 연구[10], 천문학 학습과학에 3D 가상현실을 적용[11] 등
사회/인문분야 연구	지리와 도시개발[12], 도시설계에 기초한 접근법에 따라 사용자와 환경의 관계에 초점을 맞춘 도시설계영역의 개념과 아이디어를 VR 시각화[13], "VR urbanism" 용어를 사용하며 도시공간 설계의 도구로서 VR 아이디어를 제안[14], 고고학적 유적지 재구성 VR[15], 고대 마야문명의 재현[16] 등
교육분야 연구	VR 시뮬레이션 기반 수술훈련[17], 온라인 쌍방향교육용 VR[18] 등
재활/운동분야 연구	장애아동 치료 작업 VR[19], 신체 모델링 재활 VR[20], 운동 기술훈련 VR[21] 등

이러한 사례들을 통해 매체로서의 VR은 데이터와 정보와 같은 추상적이거나 비구상적인 아이디어와 개념을 표현할 수 있으며, 나아가 VR은 어떤 면에서는 현실 세계의 구성요소를 시뮬레이션하는 기술이지만, 데이터나 은유와 같은 추상적이거나 비구상적인 사상을 나타낼 수도 있다. 아이디어와 개념의 표현은 VR이 자체 언어를 발전시킬 수 있는 잠재력을 가지고 있으며 비유적 요소뿐만 아니라 추상적인 아이디어와 은유까지 대표한다는 점을 고려할 때, 가상현실을 일부 영역에 적용하는 것과 관련된 또 하나의 새로운 연구분야가 될 수 있을 것이다. 예를 들어, Hwang과 Hu[22]는 공간문제와 사물의 표현에 초점을 맞춘 기하학 문제해결 VR을 연구하고 있으며, 도날렉 외 학자들은[23] 협업 데이터 시각화를 위해 VR의 사용을 제안한다. 즉, 데이터 과학과 데이터 시각화 접근법을 VR의 도구와 연계한 연구들로 확대되고 있으며, 이는 또한 데이터를 표현하고 시각화하는 매개체로서 매체화 될 수 있다.

IV. 예술창작 도구로서의 가상현실

VR의 몰입적인 환경은 새로운 상징적 구조와 문화적 앙상블을 구상하고 설계하기 위해 현실 세계에 대한 우리의 인식을 달리 표현하는데 도움을 줄 수 있는 가상의 서사를 암시한다. Pierre Bourdieu가 주장하는 the Field of Cultural Production, 즉 가상 환경은 새로운 문화적 요소가 등장할 수 있도록 시뮬레이션하기 위해 시나리오를 구상하고 설계할 수 있게 해준다. 기술적 진화에 따른 인간 인식의 변화는 예술이라 지칭되는 인간표현의 가능성 또한 무한한 잠재력을 가질 수 있다.

새로운 예술적 접근을 위한 실험적인 VR 기술들이 등장하고 있다. '틸트 브러시'[24]는 예술적 목적을 위한 새로운 기술 도구 개발에 적용된 기술의 관련 사례이며, VR을 예술적 목적으로 사용하는 또 다른 도구로는 Graffiti[25]가 있다. 또한 단순한 종이와 캠버스의 역할을 넘어 VR의 맥락에서 3D 몰입형 상호작용적 환경은 예술이라는 관점을 통해 혁신적이고 창의적인 아이디어와 개념을 개발하고 표현하기 위한 분야가 될 수도 있다. VR과 관련된 몇몇의 실험에서는 딥드림(deep dream)과 같은 신경망을 이용한 몰입감 있는 경험을 만들어 프랙탈과 사이키델릭 예술의 개념을 탐구하고 있다. 또한 영화 제작의 도구로서 VR(예: Dear

Angelica), 3D 애니메이션 영화를 제작할 수 있는 VR의 가능성에 대해 논의되고 있다. 매체로서의 VR의 출현은 창조적 탐구 및 연구의 가능성을 높이고, 상호작용과 표현 잠재력을 증가시킴으로써 새로운 미디어 아트의 새로운 프레임워크와 방법론으로 이어지고 있다.

Ⅴ. 가상현실과 진화

VR과 몰입도 높은 3D 환경의 미래는 무엇인가?

이 질문에 대한 답변은 인간이 물리적 세계에서 상호작용하는 방식이 어떻게 VR로 전이되는가와 나아가 VR이라는 새로운 기술이 현실세계와 인간이 상호작용하는 방식을 어떻게 변화시킬 수 있는가에 대한 부분에서 찾을 수 있을 것이다.

앞서 살펴본 바와 같이 VR 연구의 관심은 광범위한 연구 영역과 분야에서 사용/적용, 그리고 실제 구현 가능성을 통해 살펴볼 수 있다. VR은 상호작용 설계, 인간과 컴퓨터의 상호작용, 사용자 경험 등 앞서 언급한 학제 간 연구 분야와 연계돼 필연적인 기술이자 커뮤니케이션이다. 인지과학과 인간의 감각에 대한 접근은 이 기술과 매체와 밀접하게 연결된 연구 분야의 일부로서, 인지과학과 심지어 신경과학에 대한 연구가 향후 몇 년 안에 VR 응용과 이용의 개발에 통합될 가능성이 높다. 개발자들이 이 매체로 말할 수 있는 새로운 이야기를 찾고, 새로운 세계를 창조하거나 새로운 생각을 표현할 수 있는 가능성을 탐구해야 할 정도로 서술과 스토리텔링은 중요한 역할을 한다.

몇 가지 실용적 응용을 위한 이론적 모델을 설계하기 위해서는 VR이 기술과 매개체로서 일부 요소들의 개발과 창출을 위한 연구를 정의할 필요가 있다. 매체로서의 영화, 그리고 기술로서의 영화에 대본, 배우, 특수효과, 촬영 등의 요소가 포함되어 있듯이, VR은 기술적 잠재력이 진전됨에 따라 이와 같은 요소로 규정할 필요가 있다. 매체의 성격과 관련된 이러한 특징과 요인은 다음과 같다.

1) VR담론에서 Storytelling: 해설적 차원에서 가상환경의 계정과 그것을 명확하게 표현할 수 있는 힘과, 사용자가 가상 세계와 상호 작용하여 스스로 창조하는 이야기와 연관된다. 따라서 Narrative는 우리가 재검표하고 싶은 사건들과 개발자로서 이러한 사건들과 관련시키기 위해 사용할 요소들과 연관되어 있다. 이 경우 VR 세계에서 일어나고 싶은 것이 현실이다. 그리고 하위개념으로 Storytelling은 사실들을 묘사하기 위해 우리가 사용할 극적인 접근법과 연관되어 있다.

2) VR담론에서 Interactivity: Steuer[26]와 같은 저자는 이를 "사용자가 조정된 환경의 형태와 내용을 실시간으로 수정하는 데 참여할 수 있는 범위"라고 정의한다. 설명하면 인간 감각의 앙상블으로부터 정보를 수신하고 대체 현실을 구성, 구성하거나 현실을 시뮬레이션할 수 있는 잠재력이라 할 수 있다. 또한 디지털 환경에서 (실시간 내에) 영향을 미칠 수 있는 잠재력, 그 안에 있는 사물 및 서술이 그것이다. 전통적인 미디어에서의 의사소통과는 반대로 상호작용성은 다방향성이며 광범위한 인지 범위를 포괄한다. 다음의 학제간 접근방식은 가상현실과 몰입형 환경에서 경험을 쌓는 과정을 개선하기 위해 표준을 개발해야 하는 연구분야다.

3) VR담론에서 Human Computer-Interaction (HCI): 사용자, 디지털 정보 및 환경 간의 상호 작용 프로세스를 개선하기 위해 분석하는 학제간 분야. 제안 변수는 가상 환경에서의 경험을 설계하기 위해 사용자의 행동을 특정 맥락에서 분석하는 HWI(Human World Interaction)이다. 따라서 Interaction design이라는 용어는 상호작용 프로세스를 개선하고 디지털 환경 및 디지털 정보와 통신하고 영향을 미치는 인지 접근법의 범위를 넓히기 위한 인터페이스와 디지털 사물의 설계이다. 또한 User experience는 사용자 인터페이스에 기반을 둔 상호작용 경험을 개발하고, 그것의 상호작용 과정을 개선하는 데 초점을 맞췄다. 마지막으로 Representation 개념은 VR은 기술이지만 자체적인 표현력을 가진 매개체다. 예를 들어 단어들이 문학에서 사상을 나타내는 것과 같이, 생각과 개념을 특정 매체에 배치하는 수단을 나타내는 것이다. VR의 표현력과 표현력에 대한 연구는 이 매체가 어떻게 소통하고 자체적인 역동성을 발전시킬 수 있는지에 대한 문제에 초점을 맞출 필요가 있다.

이러한 VR 논의들에서 자주 등장하는 용어들의 정리를 바탕으로 VR의 3D 몰입형 환경은 아이디어를 표현하고 이전에는 이용할 수 없었던 방식으로 상호작용할 수 있는 무한한 가능성을 지닌 미디어다. 따라서 새로운 상징적, 서술적, 대표적 접근법을 개발하고 구축할 필요가 있다. 색 이론, 알고리즘, 양자 역학의 추상 개

념, 화학 공식 및 상상할 수 있는 모든 과학 분야와 같은 과학적 지식 및 보급과 관련된 요인의 표현에 관한 문제는 상징적 구성에서 혁신적인 접근 방식뿐만 아니라, 빠르게 진화하는 기술에 의해 제공되는 상호작용적이고 몰입적인 잠재력을 통합하는 모델의 설계가 필요하다.

몰입도를 높이는 이러한 인식 관련 기술은 최근 진화하여, VR과 후각 자극을 연계한 기술(예: 가상 향기 프로토타입을 접목한 VR 헤드마운트 디스플레이(HMD) FeelReal), VR과 촉각, 청각을 연계한 기술(예: VR 바디슈트, 브리스톨대학의 햅틱 초음파 촉각 인터페이스) 등이 아직 초보적인 수준이지만 빠르게 성장하고 있다. 마지막으로, 뇌-컴퓨터 인터페이스와 같은 VR의 다음 연구분야로 가상세계와 두뇌와 상호작용한다는 발상은 여러 가지로 접근할 수 있을 것이다. 최근 개발된 Neible과 같은 VR용 브레인-컴퓨터 인터페이스에서 보듯이, VR과 뇌-컴퓨터 인터페이스를 연결하는 아이디어는 프로토타입들을 만들어 내고 있다.

즉, VR의 발전은 인간 진화와 연결되는 미래라고 말할 수 있을 것이다.

Ⅵ. 결 론

오늘날, VR의 몰입적인 환경과 상호작용 기술은 공학 기술적 접근뿐만 아니라 사회적 변화를 위한 도구로서도 다양한 연구분야에서 응용이 가능하다. 이러한 새로운 미디어를 이용한 소통과 스토리텔링에 관한 이론적 접근법을 계속 구축하는 것은 물론, 다른 분야들 중에서도 상호작용 설계, 인간-컴퓨터 상호작용, 사용자 경험, 사용자 인터페이스, 감성 컴퓨팅 등의 분야에 대한 연구에 더 나아가야 할 필요가 있다. 따라서 가상현실은 현재 기술이 제공하는 커뮤니케이션과 상호작용의 가능성, 그리고 그 안에 인간의 감각을 통합하는 가능성에 관한 매체이다. 단기적 접근방식에서 VR의 진화는 명백하게 기술적인 것일 뿐만 아니라, 사용자와 VR 시스템 사이의 새로운 이야기를 구상하고 사용자들이 그것과 커뮤니케이션하는 우리의 능력과 연결될 것이며, 우리가 이전에 보지 못했던 아이디어와 개념을 대표할 수 있는 잠재력을 가진 기술의 혁신적인 접근법과 응용을 상상하게 될 것이다. 그러므로 가상현실은 물론 기술이지만 매개체, 커뮤니케이션 및 서술적 연구 분야로서, 개념적 발상이며, 심지어 미래에는 시각적, 청각적, 촉각적, 혹은 현실의 변혁에서 한 걸음 더 나아가서 감각을 전달하는 몰입적인 대체적 현실일 수 있을 것이다.

하지만 현재의 시점에서는 VR과 관련된 많은 의문점(윤리, 인격 등)이 존재한다. 이러한 문제들은 VR 연구의 다음 단계로서, 신경과학(및 인지과학), 인간공학, 생명과학 또는 심지어 시스템이나 의사결정 이론과 같은 형식과학과 같은 이론적인 측면에 의해 접근되어야 한다. 매체와 기술의 이러한 자연적 진화의 선에서 우리는 VR의 자연스러운 다음 이정표로서, 대체적 감각을 시뮬레이션하는 다음 단계를 생각할 필요가 있다. 우리가 어떻게 다른 사람(혹은 동물까지도)의 감각(또는 주관적인 인식)을 경험할 수 있는지, 또는 어떻게 시뮬레이션된 감각을 창조하고 느낄 수 있는지와 같은 질문은 조만간 가상현실 접근법의 이론적 프레임워크의 일부가 될 것이다.

결론적으로 가(假)를 넘어 가(加)로 넘어갈 수 있는 가상현실 진화가 논의될 시점이다.

References

[1] Hartmann, T.; Wirth, W.; Vorderer, P.; Klimmt, C.; Schramm, H.; Böcking, S. Spatial Presence Theory: Stateof the Art and Challenges Ahead; Springer: Cham, Switzerland, 2015.
[2] Weinbaum, S.G. Pygmalion's Spectacles; Booklassic: Plano, TX, USA, 2015.
[3] Rubio-Tamayo, J.L.; Gertrudix Barrio, M.G. Realidad virtual (HMD) e Interacción desde la perspectiva de la construcción narrativa y la comunicación: Propuesta taxonómica. Rev. ICONO14 2016, 14, 1 - 24.
[4] Burdea, G.; Richard, P.; Coiffet, P. Multimodal virtual reality: Input-output devices, system integration, and human factors. Int. J. Hum.-Comput. Interact. 1996, 8, 5 - 24.
[5] Cummings, J.J.; Bailenson, J.N. How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. Media Psychol. 2016, 19, 272 - 309.
[6] Milgram, P.; Kishino, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Trans. Inf. Syts. 1994, 77, 1321 - 1329.
[7] Rothbaum, B.O.; Price, M.; Jovanovic, T.; Norrholm, S.D.; Gerardi, M.; Dunlop, B.; Davis, M.; Bradley, B.; Duncan, E.J.; Rizzo, A.; et al. A randomized, double-blind evaluation of

D-cycloserine or alprazolam combined with virtual reality. J. Psychiatry 2014, 171, 640 - 648.
[8] Chevalley, O.H.; Schmidlin, T.; Perez Marcos, D.; Garipelli, G.; Leeb, R.; Duc, C.; Vollen, R.; Intensive Upper Limb Neurorehabilitation with Virtual Reality in Chronic Stroke: A Case Report. 2015
[9] Calì, C.; Baghabra, J.; Boges, D.J.; Holst, G.R.; Kreshuk, A.; Hamprecht, F.A.; Lehväslaiho, H.. Three-dimensional immersive virtual reality for studying cellular compartments. J. Comp. Neurol. 2016, 524, 23 - 38.
[10] Kim,J.; Bednarz,T. Virtual reality to save endangered animals: Many eyes on the wild. In Proceedings of the IEEE Virtual Reality (VR), Los Angeles, CA, USA, 18 - 22 March 2017.
[11] Yair, Y.; Mintz, R.; Litvak, S. 3D-virtual reality in science education: An implication for astronomy teaching. J. Comput. Math. Sci. Teach. 2001, 20, 293 - 306.
[12] Calado, A.V.S.; Soares, M.M.; Campos, F.; Correia, W. Virtual Reality Applied to the Study of the Interaction between the User and the Built Space: A Literature Review. In Proceedings of the International Conference of Design, User Experience, and Usability, Las Vegas, NV, USA, 21 - 26 July 2013 pp. 345 - 351.
[13] Rossmann, J.; Buecken, A.; Hoppen, M.; Priggemeyer, M. Integrating Virtual Reality, Motion Simulation and a 4D GIS. Res. Urban. Ser. 2016, 4, 25 - 42.
[14] Hanssen,R. VRbanism: Assessing Virtual Reality as an Urban Design Tool; Delft University of Technology: Delft, The Netherlands, 2017.
[15] Gaucci, A.; Garagnani, S.; Manferdini, A.M. Reconstructing the lost reality archaeological analysis and Transmedial Technologies for a perspective of Virtual Reality in the Etruscan city of Kainua. Digit. Herit. 2015, 2, 227 - 234.
[16] Richards-Rissetto, H.; Robertsson, J.; von Schwerin, J. Geospatial Virtual Heritage: A gesture-based 3D GIS to engage the public with Ancient Maya Archaeology. In Proceedings of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology(CAA),Southampton,UK,26 - 29 March 2012
[17] Zahiri, M.; Booton, R.; Nelson, C.A.; Siu, K.C. Tool Tracking in a Laparoscopic Virtual Reality Training System. J. Med. Devices 2014, 8.
[18] Vaughan, N.; Gabrys, B.; Dubey, V.N. An overview of self-adaptive technologies within virtual reality training. Comput. Sci. Rev. 2016, 22, 65 - 87.
[19] Choi, K.S.; Lo, K.H. A virtual reality training system for helping disabled children to acquire skills in activities of daily living. In Proceedings of Computers for Handicapped Persons, Paris, France, 9 - 11 July 2014
[20] Cho, S.; Ku, J.; Cho, Y.K.; Kim, I.Y.; Kang, Y.J.; Jang, D.P. Development of virtual reality proprioceptive rehabilitation system for stroke patients. Comput. Methods Biomed. 2014, 113, 258 - 265.
[21] Levin, M.F.; Weiss, P.L.; Keshner, E.A. Emergence of virtual reality as a tool for upper limb rehabilitation: Incorporation of moto rcontrol and motor learning principles. Phys. Ther. 2015, 95, 415 - 425.
[22] Hwang, W.Y.; Hu, S.S. Analysis of peer learning behaviors using multiple representations in virtual reality and their impacts on geometry problem solving. Comput. Educ. 2013, 62, 308 - 319.
[23] Donalek, C.; Djorgovski, S.G.; Cioc, A.; Wang, A. Immersive and collaborative data visualization using virtual reality platforms. In Proceedings of the IEEE International Conference on Big Data, Washington, DC, USA, 27 - 30 October 2014
[24] Tilt Brush. Available online: https://www.tiltbrush.com/
[25] Infectious Ape. Available online: http://infectiousape.com/
[26] Steuer, J. Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. J. Commun. 1992, 42, 73 - 93.

이 논문 또는 저서는 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2019S1A5A2A03053391)