

A Developmental Study on Design Principles for Virtual Reality Based Educational Simulation*

Hyeongjong Han[†] (Seoul National University Lecturer)

Cheolil Lim (Seoul National University Professor)

The purpose of this study was to develop the design principles for optimized design of virtual reality based educational simulation. The educational approaches considering authentic context need to more effectively improve the competency for the future. Virtual reality can be considered as a way to extend the users' learning experience in various contexts where education or training is required but no risks or little constraints. Although educational simulation can be implemented more effectively in consideration of the characteristics of virtual reality, there is a lack of research on comprehensive prescriptions. Using design and development research method including literature review, analysis of experts' opinions, and experts' review, this study derived design principles. After that, a prototype was developed and the responses of five users were analyzed. As a result, the components of contextual scenario, affordance in the simulation, and user activity and response were derived. Based on these components, twelve design principles were as follows: matching authentic problems in reality; judgement suitable for VR technology; similarity to real environment; structural planning; implementing the professional approach; conceptualizing deployment of simulation activity; simple to complex process; virtual recognition; the same operation and selection as reality; providing information; promoting thinking of simulation activity; reflection on the whole simulation. The main strengths were 'promoting the embodiment', 'recognizing the reality-like experience by reflecting the situation or reaction', 'increasing the perception of dynamics'. For major improvement, diversification of gestures, reflection of facial expressions and applying ambient sound in the field were suggested.

Keywords : virtual reality, educational simulation, technology, instructional design

* This study is originally from the first author's doctoral thesis(2019).

† Correspondence : Hyeongjong Han, Seoul National University, hjonghan@snu.ac.kr

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발*

한 형 종[†] (서울대학교 강사)

임 철 일 (서울대학교 교수)

〈요 약〉

본 연구는 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 최적의 상태로 구현하기 위한 설계원리를 도출하고 이를 검증하는 목적을 지닌다. 미래 사회에서 요구하는 역량을 보다 효과적으로 향상시키기 위해 현장성을 반영한 교육 필요성이 강조되고 있다. 교육이나 훈련이 필요하지만 위험이나 제약 없이 다양한 맥락에서 사용자의 학습 경험을 확장할 수 있는 방안으로 가상현실을 고려해 볼 수 있다. 하지만 가상현실이 지닌 특성과 요소를 고려하여 보다 효과적인 교육용 시뮬레이션이 구현될 수 있음에도 불구하고 이에 대한 종합적인 안내와 처방을 제시한 연구는 미흡하다. 본 연구 목적을 달성하기 위하여 선행연구 검토, 전문가 면담, 전문가 타당화, 프로토타입의 개발과 이에 대한 사용자 반응을 분석하는 설계·개발 연구 방법을 활용하였다. 연구 결과, '맥락적 시나리오', '시뮬레이션 행위 유발성', '실제적 활동 및 반응' 총 세 가지의 구성요소를 기반으로 현실 문제 부합성의 원리, 가상현실 기술 적합성의 원리, 현실 환경 유사성의 원리, 구조 계획의 원리, 전문가 접근 구현의 원리, 활동 전개의 구성 원리, 단순-복잡의 진행 원리, 가상 인식의 원리, 조작 및 선택의 현실성 원리, 정보 제공의 원리, 사고 촉진의 원리, 반성적 성찰의 원리 총 열두 개의 설계원리를 도출하였다. 이를 적용한 프로토타입을 개발하고 사용자 반응을 분석한 결과, 주요 강점으로는 '사전 훈련 혹은 연습 기회 제공을 통한 내용 체화 촉진', '현실에서 발생하는 상황이나 반응 등의 반영으로 현실과 유사한 경험으로 인식', '시뮬레이션 활동과 제스처로 인한 실제적 역동성' 등이 제시되었다. 약점을 고려한 개선점 측면에서는 '제스처의 다양화와 표정 변화 반영', '현장에서 발생하는 환경적 소리 반영' 등이 제안되었다.

주요어 : 가상현실, 교육용 시뮬레이션, 테크놀로지, 교수설계

* 본 논문은 한형종(2019)의 박사학위논문 일부 내용을 수정·보완하여 수행된 연구임.

† 교신저자 : 한형종, 서울대학교, hjonghan@snu.ac.kr

I. 문제의 제기

교육 전반에 있어 다양한 혁신적 노력과 시도가 이루어지고 있지만 분명한 것은 현재 교육 변화의 방향이 맥락과 실제를 반영한 현실성의 강조라 볼 수 있다(임철일 외, 2016; Spector, Ifenthaler, Sampson, & Isaias, 2016). 학습을 통해 습득한 지식 혹은 기술을 어떻게 현장에 적용할 수 있을지에 대한 학습 내용의 현장 연계, 현실에서 발생하는 문제가 무엇인지에 대한 탐색과 이의 해결책을 도출하는 실제적 문제해결 중심의 교육 등이 강조되고 있다(Cho, Caleon, & Kapur, 2015). 교육 실제성을 보다 효과적으로 반영하기 위한 한 가지 접근으로서 교육용 시뮬레이션은 현실의 모방 혹은 재생을 통해 설계된 교육 내용과 환경에서 학습자의 실제적 수행을 강조하는 접근으로 컴퓨터 혹은 웹 기반 학습 환경에서 구현된다(임철일, 연은경, 2009; Reigeluth & Schwartz, 1989). 교육용 시뮬레이션은 학습 동기 유발뿐만 아니라 실제 상황이나 문제에 직면했을 때, 어떻게 해결해야 하는지에 대한 문제해결력의 증진과 학습 전이에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(이인숙, 권혁준, 2004; Barton, McKellar, & Maharg, 2007).

하지만 기존 교육용 시뮬레이션은 웹 기반 환경 등에서 그림을 포함한 화면을 2차원적으로 표상하기 때문에 물체, 사건을 현실과 유사하게 구현하지 못하여 사실성이 다소 낮을 수 있다. 다양한 시점에서 사건과 상황에 대한 탐색과 분석적 활동을 수행하는 데 어려움을 지닐 수 있는 가능성을 지닌다. 특히, 이러닝을 포함한 웹 기반 학습 환경에서의 교육용 시뮬레이션은 현실에서의 특정 맥락과 상황 속에서 사용자의 역동적인 활동을 효과적으로 구현하는 데 한계를 지닌다. 이는 학습자의 능동적이고 적극적인 참여에 제약이 되며 시뮬레이션에서의 행동, 태도, 감정 등이 자신의 체험과 동일하게 인식하기 어렵다(김혜영, 이희수, 2009).

이상의 한계점을 극복할 수 있는 테크놀로지로서 가상현실을 고려해 볼 수 있다. 가상현실을 기반으로 한 교육용 시뮬레이션은 사용자들에게 현실에서 여러 제약으로 인하여 경험하기 어려운 특정 맥락 혹은 현상 등을 3차원으로 구현하고 탐구 및 실천의 기회를 제공한다(류지현, 유승범, 2016; Hsu, Tseng, & Kang, 2018). 상황의 현실적 구현으로 인하여 실제적 학습이 가능하며 학습자의 탐색 활동을 기반으로 한 유의미한 학습을 이루어질 수 있는 효과적인 방안이다(Dede, 2009). 위험 혹은 응급 상황에 대한 대응 훈련이 보다 실제적으로 이루어질 수 있다(McGrath et al., 2018). 배재한과 노기영(2015)은 가상현실과 기존 일반 형태의 비디오 시뮬레이션 게임을 비교한 결과, 실재감과 학습 효과, 학습 지속성, 학습 전이 측면에서 유의미한 차이가 나타났음을 밝혔다.

가상현실 기반의 시뮬레이션 콘텐츠는 보다 사실적인 환경의 구현, 다양한 멀티미디어 요소를 포함하고 있기 때문에 사용자에게 실재감을 향상시켜 지식 및 기술의 습득이 더 효과적으로 이루어질 수 있는 것이다. 이 외, 학습자의 학습 흥미 유발 및 참여 유도(박소연 외, 2013; 손정숙, 2014), 반복적인 훈련을 통한 수행 오류 감소(Seymour, 2008), 학습 만족도 향상(황주희, 김현정, 2014)뿐만 아니라 기존 전통적인 교육 환경이나 실제 현장에서 훈련이나 교육을 실시하기에 쉽지 않아 이전에 가능하지 않았던 분야나 영역에 대한 학습 경험을 양과 질적인 측면에서 확장시켜 줄 수 있다(Elliman, Loizou, & Loizides, 2016).

한편, 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에 대한 긍정적 검토와 함께 일부 연구에서 문제 또한 제기되고 있다. 예컨대, 현실에서 이루어지는 상황과 사건을 제대로 고려하지 못하여 학습자에게 혼란을 줄 수 있다(Andersen et al., 2016). 이에 대한 원인은 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 설계함에 있어 고려해야 하는 요소들을 적절하게 반영하지 않았기 때문이다. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션은 실제 상황과 현실을 기반으로 접근이 이루어짐에 따라 현실의 복잡성을 반영해야 한다(Hale & Stanney, 2014). 뿐만 아니라 교육용 시뮬레이션 설계를 위한 시나리오, 학습에 도움을 줄 수 있는 지원 요소 등을 종합적으로 접근할 필요가 있다.

그래픽 등 가상현실 콘텐츠의 효과적인 개발을 가능하게 하는 기술 발전이 이루어지고 있음에도 불구하고 여전히 이를 어떻게 설계해야 하는지를 종합적이고 총체적으로 나타내는 연구가 부족한 상황이다(Lindgren, Moshell, & Hughes, 2014; Liu, Dede, Huang, & Richards, 2017). 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에 대한 긍정적 가능성이 제기되고 있지만 어떻게 이를 설계할 것인지에 관한 접근은 초기 수준이라 볼 수 있다(Dawley & Dede, 2014; Hale & Stanney, 2014). 가상현실 등 새로운 테크놀로지의 특성을 고려하여 효과적인 학습을 가능하게 하는 연구가 필요하다(나일주, 조은순, 2016).

따라서 본 연구는 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션을 설계함에 있어 구체적인 척방을 가능하게 하는 설계원리를 도출하고 이를 검증하고자 하였다. 본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다. 첫째, 가상현실을 기반 교육용 시뮬레이션의 설계원리는 무엇인가? 둘째, 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리는 타당한가?

II. 선행연구 고찰

1. 교육용 시뮬레이션의 개념과 특성

시뮬레이션은 어원인 'simulate'를 통해서 알 수 있듯이 현실 세계나 상황을 모방하여 표상하는 것으로 볼 수 있다. 이는 실제 세계에서의 복잡한 과정 혹은 특정한 현상을 나타내거나 실제가 되는 대상을 형상화하는 특성을 지닌다(Gredler, 1994). 일반적으로 시뮬레이션은 지식의 습득과 적용 등에 효과적으로 활용할 수 있는 하나의 프로그램화된 콘텐츠나 교수학습 방법의 한 가지 형태로 고려된다(Campbell & Daley, 2009; Reigeluth & Schwartz, 1989).

교육용 시뮬레이션(educational simulation)은 현실을 모방하여 실제와 유사한 상황을 컴퓨터 혹은 웹으로 프로그램화한 것을 의미하며 학습자가 이를 조작하여 특정 상황이나 맥락에서 요구되는 구체적인 목표를 달성하는 것을 목적으로 한다(임철일, 연은경, 2009; De Jong, 1991). 이는 크게 두 가지 특성을 지닌다. 첫째, 학습자는 보다 능동적이고 적극적으로 참여하는 주체자로서 역할을 수행한다(Reigulth & Schwartz, 1989). 학습자는 제시된 문제나 상황을 해결하기 위해 교육용 시뮬레이션의 조작을 통해 활동이 이루어진다. 주어진 상황에 대한 학습자의 의견 반영 및 선택 등으로 인해 다양한 결과가 상이하게 나타날 수 있으며 이 과정에서 학습자는 보다 적극적인 참여가 이루어지게 된다. 둘째, 실제적인 경험이 이루어진다(임철일, 2012; Gredler, 1994). 시뮬레이션은 실제와 상당히 유사한 상황이 구현된 상태에서 학습이 이루어진다. 실제성을 지닌 맥락적 학습이 가능한 특성은 시뮬레이션이 지닌 가장 주요한 특징으로 학습자를 포함한 사용자들은 교육용 시뮬레이션을 통해 실제 세계와 유사한 역할을 수행하게 된다. 요컨대, 사용자는 상황과 맥락을 포함한 시나리오 등이 반영된 교육용 시뮬레이션에서 자신이 생각한 가설을 직접 적용해 보거나 문제해결 활동 등을 수행하면서 학습 목표를 달성할 수 있다.

2. 가상현실의 개념과 특성

1970년대 중반 마이런 크루거(Myron Krueher)가 인공현실(Artificial Reality)라는 용어를 처음 사용한 이후 현재에 이르기까지 가상현실에 대한 개념적 정의는 학자들마다 다소 상이한 접근을 제시하고 있지만 크게 기술적 접근과 심리적 관점으로 구분하여 볼 수 있다. 기술적 측면에서 가상현실은 상호작용 방식을 갖춘 다양한 기술의 집합체로

현실과 유사하게 구현된 환경을 강조한다(Chittaro & Ranon, 2007). 가상현실은 가상의 환경에서 이미지, 오디오, 비디오, 텍스트 등의 다양한 측면을 통합하여 구성한 것 (Boud, Haniff, Baber, & Steiner, 1999)으로 컴퓨터 기반의 입출력 장치를 포함한 여러 기술적 요소를 통합한 3차원 환경이라고 볼 수 있다. 심리적 관점에서 가상현실은 사용자의 경험적 접근을 중요하게 고려한다. 가상현실에서 사용자는 주관적인 심리적 상태와 반응을 표출할 수 있으며 특정 환경에서 자신이 존재한다는 실재감을 느낄 수 있다(Nagy & Koles, 2014). 실재감은 사용자가 가상 세계에 존재하지만 실제 세계에서 있는 것처럼 행동하게 만드는 기제 역할을 수행하는 것으로 볼 수 있다. 이상의 접근을 종합하여 볼 때, 가상현실은 컴퓨터 등의 테크놀로지를 기반으로 구축된 3차원 가상공간으로 실제 환경을 완전히 대체하여 사용자를 몰입하게 하는 기술 혹은 환경으로 볼 수 있다.

다음으로 가상현실의 주요 특성을 살펴보면 크게 세 가지로 구분 지어 볼 수 있다. 첫째, 가상현실은 학습자의 직접적인 조작 활동 등이 가능하여 몰입성을 지닌다. 다양한 인터페이스 도구를 3차원의 그래픽 시스템과 통합하여 활용하고 이를 제공함으로써 학습자들은 가상현실 혹은 가상현실 학습환경에서 활동, 명령, 조작 등을 수행할 수 있다(Sherman & Craig, 2018). 예컨대, 학습자가 가상현실에서 일정한 장소에서 움직이거나 특정 기능을 수행할 경우 시각, 청각 등의 감각적 정보 등이 제공된다. 이 경우 학습자들은 활동을 위해 신체뿐만 아니라 인지적으로 반응해야 하며 이 과정에서 몰입이 발생한다. 둘째, 가상현실은 실시간 상호작용이 가능한 특성을 지닌다. 가상현실 시스템은 사용자의 입력을 통해 나타나는 제스처 혹은 움직임 등을 발견하고 이에 대해 즉각적으로 반응할 수 있다(Burdea & Coiffet, 2003). 행동 변화의 결과가 가상현실에 나타남으로써 학습자와 시스템 간 상호작용이 구현되는 것이다. 셋째, 실제성을 지닌다. 가상현실은 현실을 모방할 뿐만 아니라 실제 공학, 의학 교육 등의 맥락에서 발생 가능한 문제를 발견하고 해결하는 목적(Huang, Rauch, & Liaw, 2010)을 지닌다. 이상을 종합하여 볼 때, 가상현실은 기존 전통적인 형태의 이러닝과 상이하면서도 보다 복잡한 성격을 지닌다. 최적화된 설계가 이루어지기 위해서는 가상현실이 지닌 다양한 특성을 고려한 종합적인 접근이 이루어져야 한다.

3. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션의 중요성과 효과

컴퓨터 기반 시뮬레이션으로 출발한 교육용 시뮬레이션은 대상을 주로 2차원적으로 표현하여 사실성과 실제성이 다소 낮을 수 있는 가능성을 지닌다. 또한, 사용자의 역

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발

동적인 참여 및 활동이 효과적으로 구현되기 어려운 한계점을 지닌다. 이상의 한계점을 극복할 수 있는 한 가지 방안으로 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션은 실제에서 발생 가능한 현상에 대해 반복적인 연습이 가능할 뿐만 아니라 즉각적인 피드백이 제공됨으로써 개념뿐만 아니라 실천적인 지식을 학습하는 데 효과적이다(소요환, 2016; Aggarwal et al., 2006). 교육적 맥락에서 가상현실 기반 시뮬레이션은 실제 세계에서 중요성을 지니는 문제나 현상에 대해 위험 및 비용 등의 한계로 적용하기 어려운 상황이나 장면을 구현할 수 있을 뿐만 아니라 추상적인 개념을 보다 현실적으로 학습하는 데 도움이 된다. 김희수(2014)는 과학교육에서 현실적으로 접근하기 어려운 지구과학에서의 지질 답사 학습 자료를 개발하기 위해 3차원 파노라마를 활용한 가상현실 자료를 개발하고 이에 대한 학습자 반응을 분석한 결과, 가상현실 콘텐츠의 활용은 학습자가 현상을 이해하는 데 도움을 주었으며 지질학적 내용을 학습하는 데 유용성을 지닌다는 점을 확인하였다. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션은 상황을 보다 현실적으로 구현하고 맥락을 실제적으로 반영할 수 있는 가능성을 지녀 지식이나 기술의 현장 전이를 촉진할 수 있다(배재한, 노기영, 2015; Duburguet & King, 2015). 이 외, 대학의 의학, 공학계열, 직업 훈련을 포함한 고등교육 맥락에서 특정 절차나 기술의 효과적인 습득과 실제 현장에서의 오류 감소(Rowe & Cohen, 2002), 실재감 향상(손정욱, 2014; Villani, Repetto, Cipresso, & Riva, 2012), 학습 참여 유도(이성태, 이향아, 양호일, 2007) 등을 가져온다는 결과들이 제시되고 있다. 황주희와 김현정(2014)은 간호교육 맥락에서 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 활용한 집단과 기존 전통적인 마네킹을 활용한 집단에서의 정맥 주사 실습 교육을 실시하여 비교 분석하였다. 결과적으로 가상현실 교육 시뮬레이션 콘텐츠를 활용하는 경우 혈관, 피부에 대한 현실감으로 인하여 가상현실을 활용한 집단이 더 높은 만족도를 나타냈다.

이상의 중요성을 고려하여 가상현실을 활용한 시뮬레이션 콘텐츠나 시스템 개발이 이루어지고 있다. 예컨대, 박소연 외(2013)는 자동차 정비 절차를 효과적으로 훈련하기 위한 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 개발하였다. 실제 자동차의 엔진을 분해하고 이를 조립하는 과정을 기반으로 설계된 시뮬레이션 훈련 시스템은 사용자가 활용하는 부품과 도구에 대한 정보가 화면에 나타남과 동시에 각 단계별 분해 및 조립 활동을 실제로 해보게 함으로써 학습자의 참여를 유도할 수 있다. Labster의 'CSI Forensics Lab'는 법 과학에서 중요한 내용 중 하나인 생체 분석 실험을 구현한 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 콘텐츠로써 학습자가 실제 생체 분석 연구원으로 역할 수행하여 사건을 해결하도록 훈련하는 목적을 지닌다(www.labster.com/). 이탈리아 우디네 대학(University of Udine) Human Computer Interaction Lab의 'Emergency Water Landing VR'은

비행 상황에서 엔진사고 등의 위험 상황이 발생하여 바다에 추락하였을 때, 어떠한 절차를 통해 위기상황을 극복해야 하는지를 훈련할 수 있다(<http://hcilab.uniud.it/>). 특히, 의학교육이나 안전 교육 맥락에서 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 콘텐츠 개발은 점차 확산되고 있다. Xu 외(2014)는 화재 등 위험 상황을 효과적으로 대처하기 위한 시나리오를 기반으로 한 가상현실 진압 시뮬레이션 콘텐츠를 개발하였으며, 환자의 돌발 행동에 대한 대처 및 안전 교육(Arora et al., 2014), 수술 절차에 대한 교육(Cates, Lönn, & Gallagher, 2016) 등 다양한 임상 훈련에 적용 가능한 콘텐츠 개발이 이루어지고 있는 상황이다.

4. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계

가상현실은 기존 교육용 시뮬레이션의 한계를 극복할 수 있는 한 가지 방안으로 보다 현실과 유사한 경험을 제공하여 실제적인 학습을 가능하게 한다. 또한, 기존 전통적인 교육 환경에서 학습자가 경험하기 어려운 다양한 현상을 가상의 안전한 상황에 현실적으로 구현하여 반복적인 훈련이나 연습을 통해 실제적인 지식 및 기술을 도모할 수 있다. 실제와 유사한 공간감과 시야의 고려, 현실적인 환경의 구현, 그 속에서 직접적인 조작과 활동이 가능하므로 사용자에게 현실과 유사한 실재감을 제공하며 지식 및 기술 습득이 더 효과적으로 이루어질 수 있다.

하지만 이상의 가상현실 활용에 대한 이점에도 불구하고 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션이 학습 효과에 있어서 기존 전통적인 접근과 동일하거나 큰 차이가 나타나지 않는다는 결과가 일부 제기되고 있다. 예컨대, Holmes(2007)은 생태 개념 학습과 관련하여 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 적용한 그룹과 그렇지 않은 그룹 간의 차이를 비교 분석한 결과 학업 성취도 측면에서 유의미한 차이가 나타나지 않은 것을 확인하였다. 이러한 점은 현실에서 직면할 수 있는 상황과 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션의 난이도 상이성, 현실과 상이한 화면 구현 등으로 인해 효과성 차이가 발생할 수 있으며 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 설계함에 있어 고려해야 하는 다양한 요소들을 종합적으로 반영해야 할 필요성을 나타낸다. 가상현실이 지녀야 할 현실성, 실제성 등의 요소, 교육용 시뮬레이션을 설계함에 있어 고려해야 주요 특성을 충체적으로 고려하지 않은 콘텐츠가 설계된다면 현실과 상당한 괴리나 간극이 발생할 수 있기 때문이다(Liu et al., 2017; Wu, Lee, Chang, & Liang, 2013). 가상현실 기반의 시뮬레이션은 감각적 요소를 활용하여 구체적인 활동이 이루어질 수 있으므로 효과적인 설계가 이루어진다면 긍정적인 학습 효과를 제공할 수 있다(임창주, 김주현, 정윤근, 2011).

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발

한편, 효과적인 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션이 개발되기 위해 고려해야 하는 요소들이 일부 탐색되고 있다. Schreuder 외(2014)는 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션의 핵심 요소로 현실성을 제시하면서 현실성이 낮은 경우 전통적인 교실환경에서의 학습이 가상현실 시뮬레이션을 활용하는 경우보다 더 높은 학습 효과가 나타날 수 있다는 점을 언급하였다. 학습자의 특성과 더불어 현실에서 발생하는 사건의 주요 내용과 특성을 제대로 반영하지 못한 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션은 오히려 학습자에게 인지 부담을 야기할 수 있다(Andersen et al., 2016). 따라서 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션이 효과적으로 활용되기 위해서는 물리적 측면에서의 현장과 물체의 사실적인 구현이 반영되어야 한다(Sacks, Perlman, & Barak, 2013). 사실적 구현에 앞서 사용자가 실제 상황에서 발생할 수 있는 위험에 효과적으로 대비하기 위해서는 현실에서 발생하는 맥락을 고려해야 한다(McGrath et al., 2018). 효과적인 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션이 개발되기 위해서는 사용자의 직접적 조작 및 작동이 콘텐츠에 반영되고 이에 대한 반응이 즉각적으로 나타나야 하며(Hsu, Tseng, & Kang, 2018), 잘못된 선택이나 활동을 수행한 경우 적합한 피드백이 제공되어야 한다(Johnson, Bailey, & Van Buskirk, 2017). 또한, 사용자가 가상의 환경에 존재하고 있음을 지속적으로 인식할 수 있도록 가상의 손 등을 활용하여 이를 인식하게 해야 한다(전찬규 외, 2017).

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션은 상당한 복잡성을 지니고 있으므로 이에 대한 최적화된 설계가 이루어지기 위해서는 종합적인 접근이 이루어져야 한다. 하지만 현재 까지의 주요 연구들은 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에서 고려해야 할 세부 요소를 개별적으로 강조하거나 특정 기술을 중점적으로 고려하고 있는 한계를 지닌다. 효과적인 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션을 구현 혹은 개발하기 위해 어떠한 요소들과 원리를 바탕으로 설계해야 하는지에 대한 총체적이고 체계적인 연구는 미흡하다. 따라서 본 연구는 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션의 효과적인 설계를 가능하게 하는 측방으로서 설계원리를 종합적으로 수립하고 이를 검증하고자 하였다.

III. 연구 방법

1. 설계·개발 연구

연구 목적을 달성하고자 본 연구는 설계·개발 연구 방법(design and development research method)(Richey & Klein, 2014)을 적용하여 교수설계에서의 새로운 지식을 생성하

고 이를 타당화하였다. 설계 · 개발 연구 방법은 체계적 접근 방법으로 교수적 혹은 비 교수적인 산출물이나 도구의 개발, 개발을 가능하게 하는 새로운 혹은 개선된 모형을 생성하여 실증적인 기반을 확립하는 목표를 지닌다(임철일, 2012). 이는 크게 산출물 및 도구 연구와 모형 연구가 포함된다. 산출물 및 도구 연구는 특정 산출물, 도구의 개발 혹은 프로젝트 운영 등을 통해 이루어진 설계 및 개발 과정의 설명과 분석이 이루어지므로 맥락 의존적인 성격을 지닌다. 모형 연구는 새로운 모형 개발 및 설계, 개발의 일반적인 분석을 지향하여 산출물 및 도구 연구보다 일반화된 결론을 도출하는 특성을 지닌다. 특히, 모형 연구의 경우 모형뿐만 아니라 설계원리, 전략 등을 도출하여 종합적으로 수립하는데 활용될 수 있다(임철일, 2012).

모형 연구는 1) 모형의 구성요소, 포괄적 성격의 모형을 개발하는 모형 개발, 2) 모형의 구성요소 등의 내적 타당화와 이의 영향에 대한 외적 타당화가 포함된 모형 타당화, 3) 모형의 사용에 있어 영향을 주는 조건 등을 확인하는 모형 사용의 세부 유형이 포함된다. 본 연구는 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리를 도출하고 이를 검증하는 목적을 지니므로 모형 연구 중 모형 개발과 모형 타당화에 해당하며 본 연구의 구체적인 연구 절차를 정리하여 제시하면 다음과 같다.



(그림 1) 연구 진행 절차

2. 연구 절차

1) 초기 설계원리 도출

초기 설계원리를 도출하기 위해 선행연구 검토가 이루어졌다. 이를 위해 한국 교육학술정보원의 학술연구정보서비스(<http://riss.kr>), 구글 학술 검색 서비스(<http://scholar.google.co.kr>)를 활용하였으며 주요 키워드는 '가상현실 교육용 시뮬레이션 설계', '교육용 시뮬레이션 설계', '시뮬레이션 콘텐츠 설계', '가상현실 구성 요소', '현실성', '실재감', '가상 실재감', '디지털 매체', '3차원적 디지털 경험' 등을 활용하였다.

선행 문헌 고찰과 함께 경험적 측면에서 현장의 맥락과 구체성을 반영하고자 전문가 면담을 실시하였다. 전문가 면담 대상자는 실제 기업에서 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션을 설계하거나 개발한 경험을 지닌 5년 이상 경력의 콘텐츠 설계자 2인, 가상현실 및 실감형 콘텐츠 관련 연구를 수행한 경험을 지닌 연구자 2인, 가상현실을 기반으로 한 콘텐츠 개발 교과목을 담당하는 교수자 1인 총 5인을 대상으로 면담을 실시하였다. 참여한 전문가의 주요 특성을 정리하면 <표 1>과 같다.

〈표 1〉 초기 설계원리 도출을 위한 전문가 면담 대상자 특성

구분	최종학위	경력	소속 기관 및 직위	비고
면담자 A	석사 (M.A)	6년	▪ 국내 A 기업 가상현실 콘텐츠 설계·개발자	▪ 문화예술과 융합된 가상현실 콘텐츠 개발
면담자 B	석사 (M.A)	16년	▪ 국내 F 기업 가상현실 기반 시뮬레이션 설계자	▪ 의학, 훈련 분야 가상현실 교육용 시뮬레이션 개발
면담자 C	박사 (Ph.D.)	15년	▪ 'D' 대학교 교수	▪ 실감형 미디어 및 콘텐츠 연구 수행 ▪ 가상현실 관련 연구 수행
면담자 D	박사 (Ph.D.)	13년	▪ 'K' 대학교 교수	▪ 대학 내 가상현실 체험관 운영 및 설계 ▪ 가상현실 기반 시뮬레이션 개발 관련 교과목 운영
면담자 E	박사 (Eng.D.)	17년	▪ 'S' 대학교 D연구소 선임연구원	▪ 가상현실 관련 연구 수행 ▪ 가상현실 기반 시뮬레이션 설계 및 연구 참여

면담에 주로 사용한 질문은 '가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션이 효과적으로 설계 및 개발되기 위해 어떠한 측면을 고려해야 하는가?', '실재감 향상 등 가상현실을 통한 교육용 시뮬레이션이 학습에 긍정적인 영향을 미치기 위해 고려해야 하는 부분은 무엇인가?'이다. 이상의 선행연구 고찰과 전문가 면담을 통해 확인된 내용은 관련성을 지닌 상세설계 지침이 무엇인지를 유목화한 후 이를 종합적으로 포괄하는 일반 설계 원리를 도출하였다.

2) 전문가 검토

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리에 대한 내적 타당화를 위해 전문가 검토를 실시하였다. 내적 타당화를 위한 전문가 선정은 연구결과의 질적 향상에 영향을 미칠 수 있는 중요한 측면으로(Streiner & Norman, 2008) 해당 영역에서의 전문성은 연구 실적, 현장에서의 경험 등을 통해 판단 가능하다(Davis, 1992; Ericsson & Charness, 1994). 본 연구는 실제 현장에서 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 콘텐츠의 개발이 이루어지고 있는 상황을 고려하여 해당 분야의 연구 경험을 지닌 연구자뿐만 아니라 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계 및 개발자를 전문가에 포함하였다. 전문가 검토는 총 세 차례 실시하였으며 전문가 검토 대상자의 주요 특성과 참여 시기를 정리하여 제시하면 <표 2>와 같다.

전문가 타당화 검사 문항은 나일주와 정현미(2001)의 평가 문항을 본 연구에 맞게 수정하여 활용하였으며 각 문항은 4점 척도로 구성하였다. 이를 활용하여 내용 타당도 (Content Validity Index, CVI)와 평가자 간 일치도(Inter-Rater Agreement, IRA)를 확인하였다. 이와 함께 반 구조화된 질문을 활용하여 구체적인 수정 및 보완 의견 등의 확인이 이루어졌다.

3) 프로토타입 개발 및 사용성 평가

외적 타당화의 주요 목적은 개발된 산출물이 현장이나 학습에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하는 것이다(Richey & Klein, 2014). 이를 위해 본 연구에서는 도출된 설계원리를 적용한 프로토타입을 개발한 후 사용자를 대상으로 사용성 평가가 이루어졌다. 프로토타입은 실제 개발이 이루어질 콘텐츠의 특징을 반영한 시제품을 개발하는 것으로 이는 충실도(fidelity)에 따라 크게 세 가지로 구분 가능하다(Sauer & Sonderegger, 2009). 낮은 충실도(low-fidelity)를 지닌 프로토타입은 2차원적 접근으로 종이 혹은 인쇄 형태이다. 이는 접근성이 용이한 특성을 지니지만 다소 추상된 형태로 비현실적인 모습을 나타내는 한계가 있다. 높은 충실도(high-fidelity)를 지닌 프로토타입의 경우 실제

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발

〈표 2〉 전문가 검토 대상자 주요 특징

구분	소속	최종 학위	경력 (년)	주요 특성	타당화 참여		
					1차	2차	3차
전문가 A	F 기업	석사 (게임공학)	19	• 가상현실 기반 시뮬레이션 콘텐츠 개발	●		
전문가 B	A 기업	학사 (교육학)	12	• 시뮬레이션 콘텐츠 개발	●	●	●
전문가 C	L 기업	학사 (콘텐츠)	8	• 시뮬레이션 관련 어려움 콘텐츠 개발	●	●	●
전문가 D	H 기업	학사 (디자인)	8	• 콘텐츠 디자인 설계 참여	●		●
전문가 E	S 기업	박사 (교육공학)	15	• 시뮬레이션 관련 연구 수행 • 콘텐츠 관련 연구 수행	●		
전문가 F	K 연구 재단	박사 (교육공학)	9	• 가상현실 관련 연구 수행 • 시뮬레이션 관련 연구 수행 • 콘텐츠 개발 관련 연구 수행 • 주요 연구 분야 : 협동학습, 시뮬레이션, 교수설계	●	●	●
전문가 G	H 기업	학사 (소프트 웨어학)	3	• 가상현실 콘텐츠 개발 참여	●		●
전문가 H	I 대학교	박사 (교육공학)	9	• 콘텐츠 관련 연구 수행 • 주요 연구 분야 : 교수설계, 학습분석		●	
전문가 I	K 평가원	박사 (교육공학)	19	• 가상현실 관련 연구 수행 • 시뮬레이션 연구 수행 • 주요 연구 분야 : 교수설계, 3D 시뮬레이션, 교육용 게임		●	

콘텐츠 개발 프로그래밍 기법을 활용하여 실제와 동일한 형태로 대다수의 모든 사항을 3차원적으로 구현한 것으로 다소 많은 비용이 발생하며 실제 프로그램을 능숙하게 활용 가능한 기술자가 필요하다. 낮은 충실도와 높은 충실도 가운데에 위치하는 중간 수준의 충실도(medium-fidelity)는 프로그램을 활용하여 3차원적 마크 업(mock-up)이 이루어진 형태로 기술적 한계로 최종 형태로 개발할 수 없지만 실제의 주요 특성을 3차원

적으로 구현한 것이다. 본 연구에서는 중간 수준의 충실도를 지닌 프로토타입을 개발하였다. 중간 수준의 충실도 수준을 지닌 프로토타입을 개발하여 이에 대한 사용성 평가를 실시하는 경우 개선점이나 문제점 발견 등의 측면에서 실제적으로 이루어질 수 있기 때문이다(Sauer, Seibel, & Rüttinger, 2010). 프로토타입을 개발하기 위해 본 연구에서는 3차원 그래픽 소프트웨어인 Reallusion사의 iClone 7을 활용하였다.

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리에 대한 외적 타당화를 확인하기 위해 개발된 프로토타입의 적용 맥락을 고려한 사용자를 대상으로 면담이 이루어졌다. 사용자는 가상현실을 경험한 대상자로 한정하였다. 중간 수준의 충실도를 지닌 가상의 프로토타입에 대한 효과적인 사용성 평가가 이루어지기 위해서는 개발된 프로토타입의 한계를 고려할 수 있는 대상자가 적합하기 때문이다(Derboven et al., 2010). 또한, 개발된 프로토타입이 초등학교 수업 현장에서 발생하는 상황 혹은 사건을 고려한 주제를 다루고 있는 점을 고려하여 가상현실 콘텐츠를 경험한 경력 3년 이하의 초등 초임교사 및 예비교사 총 5명을 대상으로 사용성 평가를 위한 면담이 이루어졌다. 사용성 평가 대상자의 특성은 <표 3>과 같다.

〈표 3〉 사용성 평가 대상자 주요 특징

구분	소속	경력
사용자 A	발령대기중	예비교사 (기간제 교사 1개월)
사용자 B	발령대기중	예비교사 (기간제 교사 2개월)
사용자 C	G 초등학교	2년 7개월
사용자 D	G 초등학교	2년 5개월
사용자 E	N 초등학교	3년

면담에 사용한 질문은 '설계원리의 적용을 통해 구현된 프로토타입에 대한 강점, 약점, 개선점은 무엇입니까?'이다.

IV. 연구 결과

1. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 초기 설계원리

가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션 개발을 위한 초기 설계원리는 관련 선행연구

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발

고찰과 전문가 면담을 통해 도출되었으며 이는 일반적 구성요소와 설계원리, 이에 포함되는 지침으로 구성된다. 개념적 성격의 일반적 구성요소는 크게 맥락적 시나리오, 시뮬레이션 행위 유발성, 실제적 활동 및 반응 유도 총 세 가지가 포함된다.

〈표 4〉 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계를 위한 일반적 구성요소

일반적 구성요소	내용
맥락적 시나리오	교육 목표 및 내용 측면에서 현장성을 반영한 시뮬레이션 활동 시나리오 구성
시뮬레이션 행위 유발성	실제 사건이나 상황을 반영한 가상의 환경에서 사용자의 시뮬레이션 활동을 유발하는 측면
실제적 활동 및 반응	가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에서 사용자의 활동과 반응이 현실과 유사하게 입체적 및 실제적으로 이루어지는 측면

첫째, 맥락적 시나리오 요소이다. 이는 사용자가 현실에서 실제적으로 경험하거나 필요로 하는 교육 목표가 교육용 시뮬레이션에서의 활동과 연관성을 지녀야 한다는 점(류지현, 유승범, 2016)과 사용자 혹은 학습자가 수행해야 하는 학습 과제의 실제성을 강조하는 것이다(최동연, 김민정, 2018; Kearney & Schuck, 2006). 효과적인 설계가 이루어지기 위해서는 사용자가 현실에서 직면하는 실제적인 사건을 반영한 접근이 이루어져야 한다. 또한, 사용자의 특성을 고려한 목표 및 목적 설정과 이에 포함되는 내용 구성은 시뮬레이션을 통해 획득한 지식 혹은 기술이 보다 장기적으로 유지될 수 있다. 특히, 현실에서 직면하는 다양한 사건이나 문제들은 특수한 상황이나 배경 안에서 발생하게 되는데 여기서 맥락은 실제 현장과 가상적 환경을 연결시켜 주는 매개로서 교육이 이루어지는 다양한 환경에서 특정 사건의 전체 상황, 배경적 특성을 지닌다(박경선, 나일주, 2011; Jonassen, 1991). 문제 상황은 시나리오를 통해 구현되며 실제성을 향상시키기 위해서 현실의 맥락을 고려한 사건의 시나리오 구성이 필요하다.

둘째, 시뮬레이션의 활동을 유도 및 안내하는 행위 유발성 요소이다. 이는 실제 사건이나 상황 및 활동이 이루어지는 환경적 측면에서 수행의 유도를 강조한 요소이다. 사용자가 특정 목표를 달성하기 위해서는 교육적 기능을 수행하는 환경의 효과적인 설계를 통해 행위를 유발할 수 있기 때문이다(황윤자, 안미리, 2014; Kirschner, Strijbos, Kreijns, & Beers, 2004). 효과적인 시뮬레이션 활동이 이루어지기 위해서는 현실에서의 특수한 환경이나 공간을 가상 환경에 모방 및 재현하여 사용자에게 학습 경험을 제공해야 한다. 현실적인 상황 및 대상의 표상뿐만 아니라 유의미한 학습이 이루어질 수

있도록 환경에서 활동을 안내하는 지원적 접근이 필요하다(Dalgarno & Lee, 2010). 따라서 실제적인 활동이 효과적으로 이루어지기 위해서는 이에 대한 정보를 제공하거나 안내가 이루어져야 한다.

셋째, 실제적 활동 및 반응 요소이다. 이 요소는 교육용 시뮬레이션에서 사용자 활동과 반응이 가상현실의 기술 속성을 활용하여 보다 입체적이며 실제적으로 접근이 이루어질 수 있다는 점을 반영한 것이다(최동연, 김민정, 2018; Hsu, Tseng, & Kang, 2018). 주어진 사건이나 상황에서 문제를 효과적으로 해결하기 위해 다양한 측면이나 방향에서 사용자가 접근이 가능해야 하며 실제와 유사한 물체의 직접적인 조작 등이 이루어져야 한다. 이를 통해 사용자는 실제 세계에서의 사건 혹은 상황에 대해 유사하게 경험할 수 있다(Durlach et al., 2000). 또한, 사용자의 실제적인 활동과 함께 이에 대한 반응을 고려해야 한다. 사용자의 행동에 대한 상호작용으로서 나타나는 반응은 인지적인 측면에서 지식 혹은 기술의 정확한 습득에 도움을 줄 수 있다. 활동과 반응의 효과적인 설계는 사용자에게 보다 능동적이고 주도적인 활동을 가능하게 하여 궁극적으로 실제적 학습이 이루어질 수 있다. 다음으로 도출된 초기 설계원리는 <표 5>와 같다.

2. 전문가 타당화를 통한 검토

설계원리에 대한 전문가 타당화는 총 세 차례 이루어졌으며 나일주와 정현미(2001)의 평가 문항을 활용하여 타당성, 설명력, 유용성, 보편성, 이해도 측면에서 이루어졌다. 1차 전문가 검토 결과, 타당성($M=3.57$, $SD=.79$), 설명력($M=3.00$, $SD=.82$), 유용성($M=3.14$, $SD=.69$), 보편성($M=3.57$, $SD=.53$), 이해도($M=3.43$, $SD=.53$)으로 설명력을 제외한 네 가지 항목의 평균을 고려하여 볼 때, 타당하다고 판단 가능하다. 내용 타당도 측면의 경우 보편성($CVI=1.00$)과 이해도($CVI=1.00$)는 높은 타당성을 나타났지만 타당성($CVI=.86$), 유용성($CVI=.86$)은 다른 영역과 비교하여 볼 때, 상대적으로 낮아 이에 대한 수정이 필요함을 확인해 볼 수 있었다. 특히, 설명력($CVI=.71$)은 내용 타당도가 .80 이하로 사용자의 접근을 고려한 구체적 수정 및 보완이 필요하다는 점을 확인하였으며 평가자가 간 일치도($IRA=0.40$)가 적합하지 않아 전반적인 수정이 이루어져야 할 필요성을 확인하였다. 구체적인 측면에서 검토 의견을 확인한 결과, 크게 다음과 같은 측면에서 세부 내용이 도출되었으며 이를 반영한 수정 사항을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 원리 간 위계를 고려한 수정이 이루어졌다. 예컨대, 설계원리 1의 맥락 분석 원리와 설계원리 3의 실제적 정수화 원리가 서로 밀접한 관련성을 지닌다는 의견이 제시

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발

〈표 5〉 초기 설계원리 및 지침

설계원리	지침	출처
1. 맥락 분석 원리 : 실제 현장에서 발생하는 사건의 맥락과 특징을 분석하여 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션에 적용될 속성을 파악한다.	1.1. 실제 상황 혹은 현장에서 경험할 수 있는 맥락이 무엇인지를 탐색하게 하라 1.2. 실제 상황 혹은 현장 맥락에서 대상자가 어떠한 어려움을 겪는지에 대한 구체적 사건을 탐색하라 1.3. 여러 문제 중 가장 중요하다고 고려되는 사항이 무엇인지를 해당 맥락의 전문가와 논의 후 선정하라 1.4. 현상에 대한 분석을 통해 지식의 속성(목표, 유형, 복잡성 수준 등)이 무엇인지를 도출하라 1.5. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 사용 대상에 대한 특성을 분석하라 1.6. 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션이 실험적(experiment)인지 경험적(experience) 유형인지 결정하라	박경선, 나일주(2011); McGrath et al.(2018) 임철일(2012) 면담자 A, 면담자 C 임철일, 연은경(2009) 면담자 C 면담자 A, 면담자 E 면담자 B Becker & Parker(2012)
2. 현실 반영 원리 : 실제적인 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 구현하기 위해 현실감을 고려하여 공간 및 객체를 구성한다.	2.1. 현실에서의 공간 및 객체가 지니는 주요 특성을 확인하기 위해 현장을 방문해서 확인하라 2.2. 가상현실 환경을 구성하기 위해 시뮬레이션이 반영될 실제 환경을 활영하라 2.3. 실제 공간 및 객체를 가상현실에 구성하기 위해 사진을 촬영한 후 크기를 측정하고 특성을 작성하라 2.4. 현실에서의 사람, 장소, 사물 등을 2차원적으로 표상한 후 렌더링을 통해 3차원적 형태, 표면, 색체, 깊이, 공간감을 표상하라	면담자 A, 면담자 E Dangelmaier et al., (2005) 면담자 A, 면담자 B Cohen et al.,(2013); Dede (2009)
3. 실제적 정수화 원리 : 현실 맥락을 반영한 사건의 다양한 특성과 내용 중 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 통해 구현할 핵심적 요소를 중심으로 모델링하고 이를 단계적 및 개념적으로 설계한다.	3.1. 현실 사건에서 발생하는 맥락과 문제에서의 핵심적 요소가 무엇인지 확인하게 하라 3.2. 현실에서의 복잡성을 핵심적 요소에 따른 시간적 및 공간적 변화에 따라 단순화 하라 3.3. 시간 및 공간적 변화가 반영된 이야기 형태의 시나리오를 구성하기 위해 일련의 절차가 포함된 흐름도 (flow chart)로 나타나게 하라 3.4. 일련의 핵심 내용이 포함된 스토리보드를 구현하여 개념적으로 설계하라	임철일, 연은경(2009); Hjelseth, Morrison, & Nordby(2015) Lindgren et al., (2014) van der Voort & Tideman(2008) Kirkley, Tomblin, & Kirkley (2005); Lemheney et al.,(2016)
4. 복잡성 수준 원리 : 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션을 사용할 사용자의 수준을 고려하고 이를 반영한다.	4.1. 전체 단계가 복잡한 경우 이를 단계별로 구분하라 4.2. 사용자의 수준을 고려하여 구체적 안내 등이 이루어질 수 있는 단계별 훈련 및 연습, 별도의 안내가 이루어지지 않는 최종 시뮬레이션 형태 모두를 고려하라 4.3. 단계의 수준이 적절하지 않는 경우 다른 수준으로 변경할 수 있도록 하라	임철일(2012); Reigeluth & Schwartz (1989) 면담자 A, 면담자 B, 면담자 E 면담자 D
5. 초기 정보 제공 원리 : 가상현실이 사용자에게 야기할 수 있는 주의 분산을 없애고 교육적 이해를 높이기 위해 시뮬레이션 활동 이전 단계에서 주요 정보를 제공한다.	5.1. 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션을 사용자가 활용하기에 앞서 학습 내용과 관련있는 용어, 사용법, 주의 사항 등을 안내하라 5.2. 사건이 일어난 주요 맥락을 포함한 설명이 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 초반 도입 부분에 제시하여 교육용 시뮬레이션에 대한 이해를 향상시켜라	면담자 B, 면담자 D 면담자 A, 면담자 C, 면담자 D

〈표 5〉 초기 설계원리 및 지침

(계속)

설계원리	지침	출처
	6.1. 문제 상황을 발생하게 하는 유발 사건을 설정하라	Brown(2017)
	6.2. 가상현실 기반 시뮬레이션에서 사용자는 1인칭 시점에서 사건에서 주인공 역할로 탐구 및 실천적 활동을 수행하게 하라	백영균(2010)
6. 입체적 탐색 및 조작 원리 : 사용자의 주도적인 학습 활동이 이루어질 수 있도록 다양한 측면에서 입체적 접근을 가능하게 하여 탐색 및 조작하게 한다.	6.3. 의견(대안) 선택 전 사용자가 해당 사건이나 물체에 대해 다양한 측면에서 접근하여 탐색 혹은 조작하도록 하라	면담자 A, 면담자 B, 면담자 D, 면담자 E
	6.4. 각 사건에서 의견 선택이 필요한 경우 가장 빈번하게 나타나는 현실적 선택을 고려하여 최소 2가지 이상의 의견 선택 옵션을 제시하고 이를 선택하게 하라	Freina & Ott(2015) 면담자 D
	6.5. 주어진 상황에 대한 사용자의 의견 반영 및 선택으로 인해 상이한 결과가 나타나게 하라	임철일, 연은경(2009)
	6.6. 대안 선택으로 인하여 결과가 제시될 경우 시각뿐만 아니라 청각적 요소를 통해 추가적인 설명과 정보를 제공하라	Wissmath, Weibel, & Mast(2010)
7. 감각적 방향 안내 : 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션에서 사용자의 실제감 향상과 어떠한 활동을 해야하는지에 대해 안내한다.	7.1. 가상현실에서 사용자가 존재하고 있다는 것을 인식하기 위해 화면 하단에 신체 부위 중 일부(예, 가상의 손)를 나타나게 하라	전찬규 외(2017) 면담자 D
	7.2. 구체적인 방향성을 안내하는 가이드(방향 안내 화살표, 아바타와의 대화, 손짓 등)를 제시하여 사용자의 주의분산을 저하시키라	면담자 D
8. 자율성 원리 : 사용자가 실체적 조작 및 활동을 수행할 때, 어려움을 직면할 수 있는 가능성을 고려하여 도움을 제공한다.	8.1. 사용자에게 특정 물체나 사건에 대한 주요 정보를 제공하고자 하는 경우 이를 나타내는 표시를 제시하고 이를 직관적으로 바라보았을 때 특정 부가 정보가 제시되게 하라	한종성, 이근호(2015)
	8.2. 사용자가 시뮬레이션 진행 혹은 방향 등에 복잡하거나 어렵다고 인식하는 경우 도움을 제공할 수 있는 단서를 제공하라	Grundgeiger et al., (2013)
	8.3. 학습 지원 도구 등을 활용하여 사용자의 현재 상황을 안내하라	Ranalli(2008)
9. 결과 제시 및 피드백 원리 : 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에서 사용자가 수행한 활동에 대한 종합적 결과를 제시하고 선택에 대한 피드백을 제시한다.	9.1. 주요 단계에서 핵심적인 내용에 대한 이해 수준을 확인할 수 있는 퀴즈나 질문을 제시하고 선택하게 하라	Huang(2003)
	9.2. 잘못된 선택을 하게 되는 경우 무엇이 잘못되었는지에 대한 즉각적이고 구체적 피드백을 제공하라	Johnson, Bailey, & Van Buskirk (2017) 면담자 B
	9.3. 잘못된 선택을 한 경우 재 선택이 이루어질 수 있도록 기회를 제공하라	임철일, 연은경(2009)
	9.4. 구체적 피드백 후 관련 내용이나 이론을 학습하도록 가상현실에서 멀티미디어 자료를 추가로 제시하도록 하라	Huang(2003)
	9.5. 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션이 모두 종료된 후 최종 목표에 대한 달성 정도, 치명적 오류 등을 포함한 디브리핑(debriefing) 종합 결과와 피드백을 제시하여 경험한 사건과 활동에 대해 반성적 사고를 유발하게 하라	Crookall(2010) 면담자 B

되어 순서를 변경하였다. 둘째, 지침 간의 유사성을 고려한 통합이 이루어졌다. 설계원리 내 세부 지침 간의 구분이 불필요하다는 의견이 제기됨에 따라 유사한 지침은 서로 통합하였다. 셋째, 표현 및 용어가 다소 부정확하여 이를 수정하였다. 실제적인 설계 및 개발의 특성을 고려한 용어나 표현이 사용되지 않는 점, 불필요한 수식어로 인해 제한을 두는 점 등의 의견이 제기되었다. 넷째, 지침에 대한 추가 및 보완이 이루어졌다. 예컨대, 설계원리 1의 맥락 분석 원리의 경우 현실에서 발생하는 문제에 대한 적합성을 확인하는 측면이 중요하다는 의견이 제시되어 이에 대한 지침이 추가되었다. 이 외, 적합하지 않은 지침의 삭제, 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계를 위한 자료 수집 및 분석 측면에서 실제적으로 어떠한 활동을 수행해야 하는지를 보다 명시할 필요가 있다는 의견이 제시되어 이를 반영하였다.

설계원리 전반에 대한 2차 전문가 타당화 결과, 타당성($M=3.80$, $SD=.45$), 설명력($M=3.20$, $SD=.84$), 유용성($M=3.20$, $SD=.84$), 보편성($M=3.40$, $SD=.55$), 이해도($M=3.40$, $SD=.55$) 다섯 가지 항목 모두 높은 수준의 타당성을 지닌 것으로 나타났다. 내용 타당도의 경우 타당성, 보편성, 이해도 각각 1.00, 설명력, 유용성은 0.80으로 타당한 것으로 나타났다. 평가자간 일치도는 0.60으로 나타나 설계원리 전반에 대한 평가자 간 일치도가 보통 수준임을 확인해 볼 수 있었다. 이를 통해 설명력과 유용성 측면에서 각 설계원리 및 지침에 대한 세부 수정이 이루어질 필요가 있음을 확인해 볼 수 있었다. 설명력 측면에서는 의미에 대한 이해가 보다 명확하게 이루어질 수 있도록 표현이나 용어를 수정할 필요가 있었으며 유용성 측면에서는 수행해야 하는 활동 중 적합하지 않은 부분이 있다는 의견을 확인해 볼 수 있었다. 이 외, 설계원리 하나에 두 가지 모순적인 의미를 지닌 내용이 포함되어 이를 반영한 수정하였다.

다음으로 설계원리 전반에 대한 3차 전문가 타당화 결과, 각 항목별 평균과 표준편차를 살펴 보면 타당성($M=3.80$, $SD=.45$), 설명력($M=3.80$, $SD=.45$), 유용성($M=4.00$, $SD=.00$), 보편성($M=4.00$, $SD=.00$), 이해도($M=3.60$, $SD=.55$)으로 총 다섯 가지 항목 모두 타당한 것으로 나타났다. 또한, 내용 타당도와 평가자 간 일치도 모두 각각 1.00으로 나타나 타당성을 지닌 것으로 나타났다. 세부적인 측면에서 수정이 필요한 부분을 확인한 결과, 전문가의 사고와 행동을 모델링하여 반영하는 특성이 보다 강조될 필요가 있음을 확인하여 이를 강조하였으며 지침의 적용 순서를 고려한 순서 변경, 설계원리와 지침의 관계를 고려한 일부 지침의 이동 등이 이루어졌다. 이상의 검토를 거쳐 수정된 설계원리와 지침을 제시하면 <표 6>과 같다.

〈표 6〉 수정된 설계원리 및 지침

설계원리 및 지침		
1.1. 실제 현장을 방문하여 어떠한 상황에서 사건이 발생하는지를 탐색하라		
주요 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 방문을 통한 관찰 혹은 현장 전문가 면담 • 현장의 특성을 확인할 수 있는 자료 	
1.2. 가장 빈번하거나 중요하게 고려되는 사건을 선정한 후 시뮬레이션을 통해 도달하고자 하는 목적 및 목표가 무엇인지를 확인하라		
주요 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 빈도 확인 • 전문가 면담을 통한 중요도 확인 	
1.3. 사건이 발생하는 원인이 무엇인지를 구체적으로 분석하여 이를 시각적으로 나타내라		
주요 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 원인 분석 후 다이어그램으로 제시(Cause Root Diagram 혹은 Fishbone Diagram) 	
1.4. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 사용 대상자에 대한 특성(대상 범위, 대상자가 인식하는 어려움, 도달하고자 하는 목표에 대한 필요 수준)을 확인하라		
주요 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 예상 대상자 면담 • 설문을 통한 목표에 대한 필요수준과 수행수준 분석 	
1.5. 사용자가 학습해야 할 지식의 속성(목표, 유형 등)이 포함된 설계 및 개발의 근거, 구현 방향을 종합하여 제시하라		
주요 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 설계 개요도 작성 	
1.6. 도출된 속성이 가상현실 환경에서 사용자의 탐색 혹은 활동을 기반으로 한 교육용 시뮬레이션에 적합한지 확인하라		
주요 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 전문가 면담 혹은 설문 	
2.1. 해당 분야의 전문가가 해당 사건이 발생하였을 경우 어떠한 활동을 하는지를 확인하라		
주요 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 현장 방문을 통한 관찰 혹은 현장 전문가 면담 	
2.2. 사건에 대해 전문가가 수행하는 적절한 행동과 초보자가 오류를 범할 수 있는 적절하지 않는 행동이 무엇인지를 분석하여 예상되는 행동과 반응을 도출하라		
주요 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 사건에 대한 적절한 행동 및 적절하지 않은 행동 도출 • 내용 전문가 검토 	
2.3. 행동에 대한 반응과 설명적(explanatory) 피드백 내용을 설계하라(설명적 피드백 : 사용자의 의견이나 판단에 대해 단순히 옳고 그름만을 제시하기보다는 이에 대한 이유나 근거 등을 함께 제시함)		
주요 활동	<ul style="list-style-type: none"> • 예상 행동에 대한 반응 및 내용 구성 • 내용 전문가 검토 	

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발

〈표 6〉 수정된 설계원리 및 지침

(계속 1)

설계원리 및 지침	
3.1. 현실 사건(사례)에서 발생하는 맥락과 문제 중 핵심적 요소가 무엇인지 확인하라	
주요 활동 • 현장 전문가 면담	
3.2. 핵심 문제 상황을 발생하게 하는 유발 사건(trigger event)이 무엇인지를 확인하라	
주요 활동 • 현장 전문가 면담	
3.3. 전개될 시나리오의 요소와 내용을 개발하라	
주요 활동 • 시나리오 주요 요소 및 내용 개발	
3.4. 사용자의 활동이 어떠한 순서로 이루어지는지를 나타내는 활동 진행 구조도를 설계하라	
주요 활동 • 활동 진행 구조도 작성	
3.5. 활동 진행(시작 단계→활동 단계→끝 단계)에 따른 스토리보드를 순차적으로 설계하라	
주요 활동 • 상황적 설명, 화면 명, 화면 설명이 포함된 스토리보드 개발	
3.6. 설계된 시뮬레이션 활동 스토리보드 위에 활동 측면에서 도움이 될 수 있는 지원 요소 및 전략을 제시하라	
주요 활동 • 지원 요소 제시 및 내용 작성	
4.1. 현장에 방문하여 실제 환경을 촬영하거나 주요 대상의 크기를 측정하라	
주요 활동 • 현장 방문	
주요 활동 • 사진/동영상 촬영 혹은 실제 측정	
4.2. 현실에서의 환경 혹은 공간 및 객체가 지니는 주요 특성(공간 구조 등의 환경적인 측면에서 영향을 야기할 수 있는 주요 요소 혹은 공간적 분위기를 야기하는 요소)을 파악하라	
주요 활동 • 실제 환경의 특성 작성	
4.3. 현실에서의 사람, 장소, 사물 등을 2차원(개념적)으로 표상(sketch)하라	
주요 활동 • 대상, 장소, 환경에 대한 스케치	
5.1. (활동 전) 단계별 접근이 가능하도록 접근 형태를 구분하라	
5.2. (활동 중) 단계별 훈련 및 연습 활동 형태에서는 지원 요소나 전략 등을 활용하여 구체적 안내를 제공하라	
5.3. (활동 중) 단계별 활동을 수행한 후에는 별도 도움이나 힌트 등의 안내가 제공되지 않는 실전 형태를 안내하여 사용자가 총체적인 접근이 이루어질 수 있도록 안내하라	

〈표 6〉 수정된 설계원리 및 지침

(계속 2)

설계원리 및 지침	
6. 사고 유발성 원리 : 사용자가 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 활동을 통해 달성하고자 하는 목표를 보다 분명하게 이해하고 활동에 참여할 수 있도록 사고를 촉진하게 한다. (실제적 활동 및 반응)	6.1. (활동 전) 효과적인 목표 달성을 위해 사용자가 수행해야 하는 주요 활동을 제시하여 사전 브리핑(prebriefing)이 이루어질 수 있도록 하라
7. 정보성 원리 : 사용자가 가상현실 기반 시뮬레이션 활동을 수행함에 있어 도움을 줄 수 있는 정보(단서 혹은 힌트로서 역할)를 제공하여 효과적인 시뮬레이션 활동을 촉진한다. (시뮬레이션 행위 유발성)	6.2. (활동 전) 실제적인 활동이 이루어지기 전에 주어진 상황에서 사용자가 어떠한 행동을 수행해야 하는지에 대해 사고할 수 있도록 질문을 제시하라
8. 입체적 조작성 원리 : 다양한 측면에서 접근을 가능하게 하여 입체적인 탐색과 적절한 대안 선택이 이루어 지도록 한다. (실제적 활동 및 반응)	7.1. (활동 전) 사건의 주요 맥락을 포함한 설명을 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 초반 도입 부분에 제시하여 상황 및 사건에 대한 이해를 향상시켜라
9. 가상 인식성 원리 : 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션에서 사용자가 존재하고 있음을 인식하게 하고 활동 방향에 대해 안내한다. (시뮬레이션 행위 유발성)	7.2. (활동 전) 활동 전에 사용자에게 학습 내용과 관련있는 용어, 사용법, 주의 사항 등을 안내하라
10. 오 개념 발견성 원리 : 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에서 사용자가 수행한 활동에 대한 종합적 결과와 피드백을 제시하여 반성적 사고를 유도한다. (실제적 활동 및 반응)	7.3. (활동 중) 활동 수행에 도움을 줄 수 있는 부가 정보 제공 대상 혹은 물체를 제시하고, 사용자가 이를 접촉 혹은 접근하였을 때 관련 정보를 제공하라
	7.4. (활동 중) 사용자가 수행해야 하는 시뮬레이션 활동이 고려해야 할 요소나 절차의 복잡성을 지니는 경우 주요 내용을 확인할 수 있도록 하라
	7.5. (활동 중) 인지적 측면에서 도움을 줄 수 있는 지원 도구(예: 시뮬레이션 진행 단계 확인할 수 있는 학습 맵 혹은 도움말 등)를 활용하여 사용자의 현재 상황을 안내하라
	8.1. (활동 중) 화면 시점을 포함하여 사용자가 1인칭 시점에서 탐구 및 실천적 활동을 수행하게 하도록 하라
	8.2. (활동 중) 사용자가 해당 사건이나 물체에 대해 다양한 측면에서 접근하여 탐색 할 수 있도록 안내하거나 변수를 조작하게 하라
	8.3. (활동 중) 각 사건에서 의견 선택이 필요한 경우 가장 빈번하게 나타나는 현실적 선택을 고려하여 최소 2가지 이상의 의견 선택 옵션을 제시하고 이를 선택하게 하라
	8.4. (활동 중) 사용자 의견 선택에 따른 행동이 제시되거나 사용자가 직접 시뮬레이션 활동을 수행하도록 하라
	9.1. (활동 중) 가상현실에서 사용자가 존재하고 있다는 것을 인식하기 위해 화면 하단에 신체 부위 중 일부(예, 가상의 손)를 나타나게 하라
	9.2. (활동 중) 구체적인 방향성을 안내하는 가이드(방향 안내 화살표, 아바타와의 대화, 손짓 등)를 제시하여 사용자의 주의분산을 저하시켜라
	10.1. (활동 중) 선택을 하게 되는 경우 피드백을 제시하여 왜 이러한 상황이 발생하였는지를 인식하게 하라
	10.2. (활동 중) 시뮬레이션 활동을 적절하게 수행하지 않았을 경우 재 선택이 이루어 질 수 있도록 기회를 제공하라
	10.3. (활동 후) 가상현실 기반의 교육용 시뮬레이션이 모두 종료된 후 최종 목표에 대한 달성 정도, 치명적 오류 등을 포함한 디브리핑(debriefing) 종합 결과와 피드백을 제시하여 경험한 사건과 활동에 대해 반성적 사고를 유발하게 하라

3. 프로토타입에 대한 사용자 반응

이상의 수정된 설계원리를 기반으로 프로토타입의 개발이 이루어졌다. 프로토타입의 주제는 수업이 이루어지는 초등학교 현장에서 실제 교사가 직면하는 대표적인 어려움 중 가장 중요하게 고려되는 것으로 판단된 학습자와의 효과적인 의사소통이다. 특히, 학습자가 수업 내용과 관련 없는 질문이나 의견을 제시하는 경우 어떻게 대처해야 하는지에 대한 세부 내용의 프로토타입 개발이 이루어졌다. 개발된 프로토타입의 주요 화면을 제시하면 다음과 같다.



(그림 2) 프로토타입 주요 화면(1) : 주요 활동 안내 화면

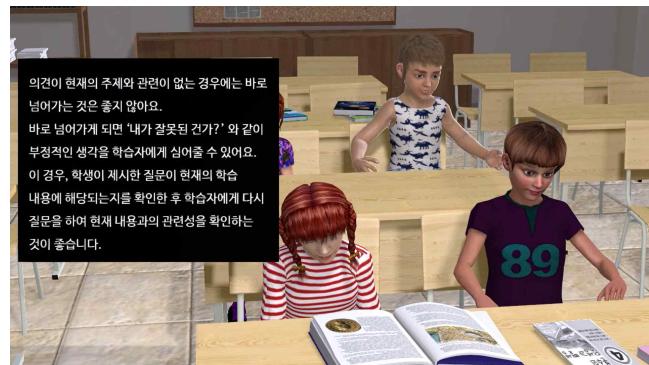
사용자의 능동적인 참여와 조작이 이루어지는 시뮬레이션 활동이 수행되기 전에 시뮬레이션 활동이 이루어지는 가상현실 콘텐츠가 어떠한 목적을 지니며 사용자가 수행해야 하는 역할이 무엇인지를 생각해 볼 수 있도록 질문과 주요 활동을 안내한다. 또



(그림 3) 프로토타입 주요 화면(2) : 방향성 제시 화면

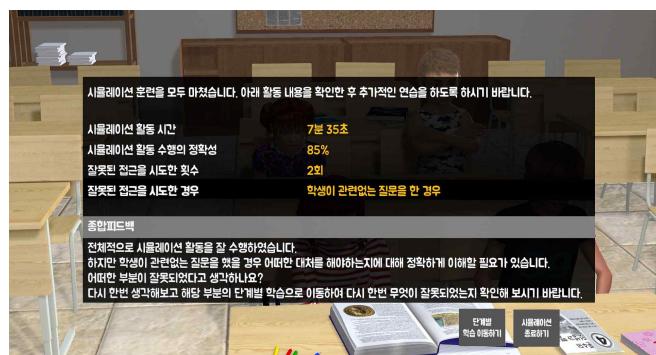
한, 신체의 일부 중 가상의 손을 화면 하단에 제시하여 가상현실에서 사용자가 존재하고 있음을 인식할 수 있도록 하였다.

학생이 질문을 하기 위해 손을 드는 경우 사용자는 이를 인식해야 한다. 하지만 가상현실에서 주의집중을 하지 못하여 이를 인식하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이 경우 시뮬레이션 활동의 주의집중을 유도하고 방향성을 잃어버리지 않기 위해 화살표 기능 등을 활용하여 안내가 이루어진다.



(그림 4) 프로토타입 주요 화면(3) : 대안 선택에 따른 반응 및 피드백 제공 화면

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에서 사용자는 가상의 학생이 질문한 것에 대해 교사로서 어떻게 적절하게 반응해야 하는지에 대해 선택한다. 선택한 대안에 따른 시뮬레이션 활동 수행이 이루어진다. 만약 사용자가 적절한 대안을 선택하지 않은 경우에는 이에 따른 가상의 학생들 반응이 나타난다. 예컨대, 다소 언짢은 표정이나 제스처를 제시하면서 '왜요? 그럼 언제 질문하나요?' 와 같은 언어적 표현(말)이 음성으로



(그림 5) 프로토타입 주요 화면(4) : 디브리핑 및 종합 피드백 제공 화면

나타난다. 이상의 반응과 함께 설명적 피드백이 제공된다.

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에서의 활동이 모두 종료된 후에는 시뮬레이션 활동에 대한 종합적 피드백과 디브리핑 내용이 제시된다. 특히, 잘못된 접근이 이루어진 경우에 대한 안내와 생각을 촉진할 수 있는 질문의 제공 등을 통해 전반적으로 잘못된 부분이 무엇인지에 대한 오개념을 발견할 수 있도록 한다.

이상의 설계원리가 구현된 프로토타입에 대해 사용자 반응을 강점, 약점, 개선점 측면에서 정리하면 다음과 같다.

〈표 7〉 설계원리가 구현된 프로토타입에 대한 사용자 반응

구분	주요 내용	빈도
	사전 훈련 혹은 연습 기회 제공을 통한 내용 이해 및 체화 촉진	5
	현실에서 나타나는 상황 내용, 반응 등의 적용을 통해 현실과 유사한 경험으로 인식	4
강점	시뮬레이션 활동과 제스쳐로 인해 실제적 역동성 인식	3
	단계별 접근으로 인한 지식 습득의 체계성	3
	화살표 제시의 지원 요소 활용으로 현실 상황의 행동 전이 유발	3
	활동에서의 질문이나 학생의 반응 제공으로 성찰적 사고 촉진	2
	실제 환경의 핵심적 요소 반영을 통한 물리적 현실성 인식	1
	실제 교실에서의 학생 수, 반응 등의 다양성이 낮음	3
	수업에서의 배경 소리나 표정 변화의 반영 미흡	3
약점	실전 형태에 아무런 정보가 제공되지 않으면 사용자로서 혼란을 야기할 수 있음	2
	텍스트 중심의 안내 정보 제시를 통한 주의집중 저하	2
	제스쳐의 다양화와 표정 변화 반영 필요	4
	실전 형태의 훈련 유형에서 자기 점검을 확인할 수 있는 지원 요소 최소화	3
개선점	단계별 활동 내용에서의 복잡성 고려를 통해 심화 활동 유도	2
	실제 교실의 다양성 반영 필요	2
	수업에서 발생하는 환경적 소리 추가	2
	시나리오 제시 방법(영상 형태 혹은 핵심적인 텍스트와 나레이션의 함께 제공)의 변경	2
	내용에 적합한 활동 안내 메시지 추가	1
	제시되는 선택 대안의 다양화 및 수준 변경	1

개발된 프로토타입에 대한 사용자 반응을 통해 확인된 주요 강점으로는 프로토타입이 사전 훈련과 연습의 기회를 제공한다는 점이다. 학습 목표와 내용에 대한 이해에서 더 나아가 사용자들은 가상현실에서의 실제적인 시뮬레이션 활동이 가능한 조작을 통해 지식의 체화가 보다 촉진될 수 있는 것이다.

“일단 교사가 되기 전에는 학생들을 직접 만날 수 있는 기회가 적잖아요. (프로토타입이) 교사가 되기 전에 학생을 먼저 만나게 되는 기회를 제공하는 거죠. 교사가 지녀야 하는 바른 화법이나 실습 나가기 전에도 연습을 할 수 있구요. 좋은 수업을 하는 교사들의 영상을 보면서 어떤 말을 하고 했는지 받아 적고 어떤 행동을 했는지 계속 봤거든요. 말을 어느정도 했는지 초를 재보고...근데 이렇게 하면 내 것이 되기보다는 그냥 단순히 기계적으로 습득하게 되더라고요. 익히는 게 되지 않더라구요. 이런 콘텐츠는 내가 해보니까 익히게 되는거죠...” (사용자 A)

내용과 반응 등에 있어서 현실을 반영하여 가상과 현실의 동질성을 인식한다는 점과 함께 시뮬레이션 활동 측면에서 역동성을 인식하고 있다는 점을 확인하였다. 활동과 반응으로 나타난 제스처가 역동성을 인식하게 하는 중요한 요소로서 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

“실제 활동이 이루어지고 있다고 하게 되는 부분이 있었는데...시뮬레이션 활동을 통해 이야기를 했을 때, 학생들이 반응을 나타내니까...컴퓨터랑 딱딱하게 대화를 하고 있다는 느낌이 들기 보다는 현실적인 역동성을 느꼈어요. 대답을 했는데 그게 맞았을 때, 고개를 끄덕인다든지, 아니면 이해가 안 되면 나타나는 모습...” (사용자 D)

이와 함께 사용자들은 세부 상황과 활동으로 구성된 단계별 연습 및 훈련, 그리고 이 후에 이루어지는 실전 형태의 훈련 운영을 통해 보다 체계적인 지식 및 기술의 습득이 가능하다는 점, 가상현실에서 사용자의 시뮬레이션 활동에 도움이 되는 지원 요소의 활용이 현실 상황에서 동일한 상황을 직면하는 경우 행동 전이를 유발할 수 있다는 점을 강점으로 제시하였다. 예컨대, 프로토타입에서 질문을 하는 학생을 예비교사나 초임교사가 인식하지 못한 경우에 나타나는 화살표 기능은 사용자에게 일종의 방향성을 안내하는 역할을 제공한다. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 통한 훈련은 사용자들이 실제 교실 수업에서 유사한 상황을 직면한 경우 관련 내용을 상기하여 적절한 행동이 나타날 수 있다는 것이다.

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발

“학생이 손을 들고 있을 때, 화살표로 표시되는 거...그게 강점이라고 생각해요. 물론 손을 들면 가야 되는 것을 알고는 있지만 그게 미숙할 수 있는데 그렇게 몇 번 연습을 하다 보면 실제 상황에서 떠오를 것 같아요.” (사용자 B)

이 외, 사용자에게 사고를 유발하는 질문의 제공과 학생의 반응이 구현된다는 점은 교사로서 어떠한 역할을 수행해야 하는지에 대한 자기 성찰을 촉진하며 이를 통해 행동에 대한 수정이 이루어질 수 있다는 점 등이 강점으로 제시되었다.

반면, 약점으로는 다양성 측면에서 의견이 제기되었다. 실제 교실에서 학생의 수와 비교하여 볼 때, 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에 구현된 학생의 캐릭터 수가 적었다는 점과 학생의 반응 등이 다소 일반적인 수준이라는 점이 약점으로 제시되었다. 이 와 함께 갑작적 요소의 반영 측면에서 실제 교실에서 발생하는 환경적 소리가 반영되지 않은 점과 시각적 측면에서 학생들의 표정 변화가 구현되지 못한 점을 약점으로 제시하였다.

“일부분 소리가 프로토타입에서도 제시되긴 하는데...아이들이 떠드는 소리가 엄청 나요. 소음이 있어야 실제적이라고 더 느껴질 것 같아요...그리고 학생들의 제스처는 일부 구현이 되었지만 그 학생이 어떠한 기분을 지니는지는 제스처뿐만 아니라 표정을 통해서도 느껴지거든요. 표정은 교사에게 주는 한 가지 정보거든요. 그런 표정이 더 구체적으로 나타나야 되는데 그게 부족했다고 봐요.” (사용자 E)

또한, 단계별 훈련 이후에 진행되는 실전 형태의 훈련 형태에서 아무런 정보를 제공하지 않는 경우 혼란을 야기할 수 있다는 점을 확인해 볼 수 있었다.

“실전형 훈련에서는 지원 정보가 아예 없는 거죠? 음...실전 형태에서는 정보나 단서, 힌트가 제공되지 않아야 그런 경험을 미리 해 볼 수 있고 생각을 하게끔 하는건 좋은데...한편으로 오히려 아무것도 시뮬레이션 활동에 대한 도움을 줄 수 있는 정보가 제공되지 않아 활동에서는 당황하지 않을까...” (사용자 E)

이 외, 맥락이 포함된 시나리오를 제시하는 화면이 다소 많은 텍스트로 구성되어 있어 주의 집중이 어렵다는 점을 언급하였다. 가상현실이 다양한 갑작적 요소를 활용하며 HMD 도구 활용을 통해 나타나는 화면의 특성을 고려하여 볼 때, 많은 텍스트로 구성된 화면 설계는 적절하지 않다는 것을 확인하였다.

개선점 측면에서는 이상의 약점을 보완하는 측면에서 중점적으로 의견이 제시되었

다. 역동성을 인식하는 주요 요소로서 제스처를 보다 다양하게 반영할 필요가 있으며 캐릭터의 표정 변화를 구현해야 한다는 점, 실전 형태의 훈련 유형에서 지원 요소가 최소한으로 제공되어야 한다는 점, 단계별 활동에서는 내용적인 측면에서 보다 복잡성을 고려한 추가적인 활동을 구성하는 전략을 통해 심화 활동이 가능하도록 설계할 필요가 있다는 점 등을 개선점으로 제시하였다. 특히, 교실에서 발생하는 환경적 소리를 구현해야 한다는 점을 확인하였다. 환경적 소리를 추가한다면 보다 실제 교실 상황이라는 점을 인식할 수 있는 것이다.

4. 최종 설계원리 및 지침

이상의 프로토타입의 개발 및 이에 대한 사용자 반응에서의 개선점 등을 고려한 최종 설계원리 및 지침을 정리하면 <표 8>과 같다.

〈표 8〉 최종 설계원리 및 지침

설계원리	지침
<p>1. 현실 문제 부합성 원리 : 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션은 인위적인 문제가 아닌 현실에서 발생하는 문제의 성격과 중요성을 반영해야 한다. (맥락적 시나리오)</p>	<p>1.1. 현실에서 어떠한 문제가 발생하는지를 탐색하라</p> <p>1.2. 문제가 중요성을 지니고 다양한 접근이나 선택 활동이 가능한지를 파악한 후 사용자가 달성해야 할 목표가 무엇인지를 확인하라</p>
<p>2. 가상현실 기술 적합성 원리 : 다양한 테크놀로지 중 가상현실을 활용하여 교육용 시뮬레이션을 설계 및 개발해야 하는 필요성과 목적이 적합한지를 판단해야 한다. (맥락적 시나리오)</p>	<p>2.1. 문제가 발생하는 원인이 무엇인지를 구체적으로 분석하여 이를 시각적으로 나타내라</p> <p>2.2. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 사용할 대상자에 대한 특성(대상 범위, 대상자가 인식하는 어려움, 도달하고자 하는 목표에 대한 필요 수준)을 확인하라</p> <p>2.3. 달성 목표와 대상자에 적합한 교육용 시뮬레이션 유형을 선정하라</p> <p>2.4. 분석 내용을 종합하여 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션의 설계 개요도를 작성하라</p> <p>2.5. 도출된 속성이 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 활용 목적과 설계 및 개발에 적합한지 판단하라</p> <p>2.6. 최적화된 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 구현을 위해 목적, 시뮬레이션 유형에 어떠한 개발 도구나 프로그램이 적합한지 확인하라</p>

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발

〈표 8〉 최종 설계원리 및 지침

(계속 1)

설계원리	지침
3. 현실 환경 유사성 원리 : 현실감 및 사실성 향상이 이루어지도록 현실의 환경 및 객체와 유사하게 구현되어야 한다. (시뮬레이션 행위 유발성)	3.1. 환경적 배경이 되는 현실 환경이 어떠한 특성을 지니는지를 파악하기 위해 실제 환경을 촬영하거나 주요 대상의 크기를 측정하고 묘사하라 3.2. 현실 환경 및 객체가 지니는 주요 특성이 무엇인지 파악하고 이를 2차원적으로 표상(sketch)하라 3.3. 현실에서 실제 발생하는 소리가 무엇인지를 확인하라
4. 구조 계획의 원리 : 활동 내용과 이야기 특성을 고려하여 구조를 계획해야 한다. (맥락적 시나리오)	4.1. 가상현실에서 전개될 시나리오의 요소와 내용을 설계하라 4.2. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 콘텐츠가 사용자의 활동에 따라 어떠한 순서로 전개되는지를 나타내는 운영 구조도(전개도)를 설계하라
5. 전문가가 접근 구현의 원리 : 사용자가 궁극적으로 전문가의 지식이나 기술 등을 체화할 수 있도록 전문가의 접근 방법을 반영하여 설계되어야 한다. (맥락적 시나리오)	5.1. 문제에 대해 전문가가 나타내는 적절한 접근 방식과 초보자가 오류를 범할 수 있는 적절하지 않는 방식이 무엇인지를 확인하여 예상되는 행동을 도출하라 5.2. 적절하거나 적절하지 않은 행동에 따른 자연적 결과와 설명적 피드백(explanatory feedback) 내용을 설계하라
6. 활동 전개의 구성 원리 : 개념적 설계를 위해 사용자의 활동 전개에 따른 내용 및 화면을 구성해야 한다. (실제적 활동 및 반응)	6.1. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션의 진행 순서에 어떠한 주요 내용과 화면이 포함될지를 구상하라 6.2. 시뮬레이션 활동 진행에 따라 주요 내용을 포함한 스토리보드를 설계하라
7. 단순-복잡의 진행 원리 : 활동이 순차적이고 체계적으로 이루어지도록 단순(단계별 훈련)에서 복잡(실전형 훈련)의 순서로 진행되게 설계되어야 한다. (실제적 활동 및 반응)	7.1. (도입 단계) 단순한 형태에서 복잡한 형태로 접근이 가능하도록 크게 단계별 훈련과 실전 훈련 형태로 구분하라 7.2. (활동 단계) 단계별 훈련 형태에서는 시뮬레이션 활동에 직·간접적으로 도움을 줄 수 있는 지원 요소를 모두 제공하라 7.3. (활동 단계) 실전형 훈련에서는 사용자가 시뮬레이션 활동 진행 상황만을 확인할 수 있도록 지원 요소를 최소한으로 제공하라
8. 가상 인식의 원리 : 가상현실에서 사용자가 존재하고 있음을 인식하고 활동 방향을 확인하도록 설계되어야 한다. (시뮬레이션 행위 유발성)	8.1. (활동 단계) 가상현실에서 사용자가 존재하고 있다는 것을 인식하기 위해 화면 하단에 신체 부위 중 일부를 나타나게 하라 8.2. (활동 단계) 구체적인 방향성을 안내하는 표시를 다양하게 제시하여 사용자의 주의분산을 저하시켜라

〈표 8〉 최종 설계원리 및 지침

(계속 2)

설계원리	지침
9. 조작 및 선택의 현실성 원리 : 사용자가 실제와 동일한 탐색, 조작 및 선택 등의 활동이 가능하도록 설계되어야 한다. (실제적 활동 및 반응)	<p>9.1. (활동 단계) 가상현실에서 사용자가 다양한 측면에서 접근하여 탐색하거나 조작하게 하라</p> <p>9.2. (활동 단계) 사용자의 시뮬레이션 활동에 영향을 줄 수 있는 음성 소리(배경 소리, 효과음 등)를 제시하라</p> <p>9.3. (활동 단계) 가장 빈번하게 나타나는 현실적 선택을 고려하여 최소 4가지 이상의 선택 옵션을 제시하고 이를 선택하게 하라</p> <p>9.4. (활동 단계) 가상현실에서 시뮬레이션 활동에 따라 상이한 결과가 나타나게 하라</p>
10. 정보 제공의 원리 : 사용자의 시뮬레이션 활동 수행에 대한 정보 제공을 통해 활동 축진이 이루어지도록 설계되어야 한다. (시뮬레이션 행위 유발성)	<p>10.1. (도입 단계) 학습 내용 및 시뮬레이션 활동 수행에 요구되는 정보를 제공하라</p> <p>10.2. (도입 단계) 문제 상황에 대한 이해를 높이기 위한 배경 정보를 짧은 영상 혹은 이미지와 나레이션으로 구성된 형태로 개발하여 제시하고 사용자의 역할을 안내하라</p> <p>10.3. (활동 단계) 시뮬레이션 활동에 도움이 될 수 있는 단서나 힌트를 확인할 수 있도록 하라</p> <p>10.4. (활동 단계) 사용자가 수행해야 하는 시뮬레이션 활동이 고려해야 할 요소나 절차의 복잡성을 지니는 경우 내용을 확인할 수 있도록 하라</p> <p>10.5. (활동 단계) 시뮬레이션 활동 과정이 어떻게 이루어지고 있는지를 확인하기 위해 과정 정보를 이미지와 음성 형태로 제공하여 확인할 수 있도록 하라</p>
11. 사고 축진의 원리 : 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계는 사용자가 시뮬레이션 활동 목표가 무엇이며 왜 중요한지에 대한 사고 과정이 이루어지도록 고려해야 한다. (실제적 활동 및 반응)	<p>11.1. (도입 단계) 사용자가 수행해야 하는 주요 활동과 목표를 제시하여 사전 브리핑(prebriefing)이 이루어질 수 있도록 하라</p> <p>11.2. (도입 단계) 시뮬레이션 활동이 이루어지기 전에 주어진 상황에서 사용자가 어떠한 행동을 수행해야 하는지에 대해 사고할 수 있도록 질문을 제시하라</p>
12. 반성적 성찰의 원리 : 가상현실에서의 시뮬레이션 활동에 대해 사용자가 반성 혹은 속고하도록 설계되어야 한다. (실제적 활동 및 반응)	<p>12.1. (활동 단계) 활동에 대한 설명적 피드백과 결과 발생의 원인을 제공하여 잘못된 점을 인식하게 하라</p> <p>12.2. (활동 단계) 시뮬레이션 활동을 적절하게 수행하지 않았을 경우 화면 색을 변경하여 다시 활동이 이루어질 수 있도록 기회를 제공하라</p> <p>12.3. (종료 단계) 가상현실에서 시뮬레이션이 종료된 후에는 디브리핑(debriefing) 종합 결과와 시뮬레이션 활동에 대한 피드백을 제공하라</p>

V. 논의 및 결론

본 연구는 첨단 테크놀로지로서 가상현실의 교육적 활용 가능성이 모색되고 있는 상황(나일주, 조은순, 2016, Parong & Mayer, 2018)에서 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 효과적으로 설계하기 위한 원리를 도출하는 목적을 지닌다. 또한, 전문가 검토와 프로토타입의 개발을 통한 사용자의 실제적인 반응을 확인하여 설계원리를 검증하고자 하였다. 기존 이러닝 등 온라인 학습 환경에서의 전통적인 콘텐츠가 지닌 내용 전달 중심 접근에서 벗어나 활동을 어떻게 촉진할 수 있을 것인가에 대한 학습 설계(임 철일 외, 2017)가 강조되고 있다. 이를 확장하여 가상현실이 지닌 기술적 특성과 함께 사용자의 시뮬레이션 활동을 촉진 및 지원하기 위해 이를 어떻게 설계해야 하는지를 고려할 필요가 있다.

연구 결과, 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션의 최적화된 설계를 위해 총 열두 개의 설계원리를 도출하였다. 실제 현실에서의 문제와 맥락적 요소의 반영, 현실과 유사한 환경 구현, 단서나 힌트 등의 제공, 현실과 동일한 시뮬레이션 활동이 이루어져야 한다는 점을 반영한 본 설계원리는 사용자에게 가상현실에서의 시뮬레이션 활동을 장기 기억에 저장할 수 있도록 촉진할 수 있다. 이 점은 부호화 특수성 이론(encoding specificity theory)(Tulving & Thomson, 1971) 측면에서 확인해 볼 수 있다. 부호화 특수성 이론은 정보를 입력하는 시점에서 해당 정보를 포함한 환경 및 맥락적 정보, 활동에 도움이 되는 단서나 힌트가 함께 저장되어 장기기억에 부호화가 이루어지며 유사한 상황을 직면하였을 경우 이에 대한 정보들이 함께 인출된다는 점을 강조한다(Eysenck & Keane, 2015). 시간이 지난 후 이전에 경험했던 유사한 문제나 상황을 직면하게 되는 경우 저장한 시점의 정보를 보다 효과적으로 인출 할 수 있다. 사용자는 현실을 기반으로 한 접근과 구현, 문제 해결에 도움을 줄 수 있는 힌트나 단서의 제공 등이 가능한 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 통해 장기기억에의 정보 저장을 촉진하여 실제 현실에서 이를 인출 하는데 도움을 줄 수 있다.

다음으로 본 설계원리를 적용한 프로토타입에 대해 사용자 반응을 분석한 결과, 주요 강점 중 하나로 사전 훈련이나 연습의 기회를 제공하여 학습 내용의 체화가 가능하다는 점을 확인해 볼 수 있었다. 이는 가상현실이 실제 상황이나 현장에서 접근하기 어려운 문제에 대해 보다 효과적인 접근을 가능하게 한다는 점(Driver, Zimmer, & Murphy, 2018; Freina & Ott, 2015)을 지지하는 결과이며 궁극적으로 사용자의 학습 경험 확장을 가능하게 하는 어포던스를 지닌다고 볼 수 있다. 특히, 현실에서 훈련하거나 연습하기에 위험성을 지닌 경우, 현실과 유사하지만 보다 안전한 환경에서 반복적

인 연습이 필요한 경우, 추상적인 개념을 보다 구체적으로 습득하는 측면에서 가상현실은 활용 의미를 지닌다.

또한, 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션은 사용자에게 현실과 매우 유사한 경험을 제공한다는 점에서 의미를 지닌다. 설계원리를 적용한 프로토타입이 현실에서 나타나는 상황을 포함한 맥락적 특성과 내용, 조작 활동에 대한 반응이 제시됨에 따라 사용자들은 현실적인 경험으로 인식하였다. 기존 컴퓨터 기반의 교육용 시뮬레이션에서는 내용적 현실성을 향상시키기 위한 영역 특수적인 기저 모델의 중요성을 제시하고 있다(임철일, 연은경, 2009; Reigeluth & Schwartz, 1989). 이는 사용자에게 인지적 참여를 촉진(Herrington, Reeves, & Oliver, 2007)하고 동기를 유발한다는 점(Alessi & Trollip, 1991; Barton & Maharg, 2007)에서 학습에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 더 나아가 가상현실에서는 내용적 리얼리티뿐만 아니라 물리적 측면에서의 현실성을 지녀야 한다. 이를 위해 현실 환경의 특성이 무엇인지를 세밀하게 분석하여 정교한 설계가 이루어져야 할 필요가 있다. 이 점은 이러닝을 설계함에 있어 모든 요소를 고려하는 경우 외재적 인지 부하가 발생하여 교육적 내용으로부터 학습자의 주의 집중이 벗어날 수 있다는 점(Moreno & Mayer, 2002; Richards & Taylor, 2015)과 다소 상반된 관점이다. 기존 이러닝은 2차원적 특성을 지니므로 화면 설계를 함에 있어 단편적인 화면 구성이 이루어지며 사용자의 활동이 주가 되기보다는 이러닝 화면을 통한 내용 전달이 이루어지는 특징을 지닌다. 이 경우, 모든 환경 및 객체적 요소를 고려하여 설계하는 경우 학습자에게 불필요한 정보를 제공할 수 있으므로 주의 분산이 나타날 수 있다. 반면, 가상현실에서는 현실과 동일한 인간의 시야각을 반영할 수 있는 화면이 구성되며 현실과 매우 유사한 환경에서 시뮬레이션 활동이 중점적으로 이루어져야 보다 효과적인 교육 및 훈련이 이루어질 수 있다. 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션에서 현실적 유사성을 최대한 반영하는 것은 사실적인 접근을 가능하게 하여 현실에서 접근하기 어려운 교육 및 훈련을 대체 혹은 보완할 수 있게 한다.

반면, 약점을 고려한 개선점 측면에서는 사용자들은 실제 교실에서의 학생 수, 반응, 표현이나 제스처 등의 다양성이 고려되어야 하며 현장에서 발생하는 소리가 구현되어야 할 필요성을 제시하였다. 특히, 음성 정보는 물입감 측면에서 보다 강조될 필요가 있다. 정보를 인식하는 대표적 감각 기관으로서 시각은 교육적 측면에서 학업 성취도, 문제해결력, 물입, 실재감 향상에 상당한 영향력을 미친다(나일주, 성은모, 박소영, 2010). 이 점을 고려하여 콘텐츠 설계 영역에서 시각 자료 및 정보의 활용이 핵심 요소로서 고려되고 있으며 가상현실 콘텐츠 개발에 있어서도 색이나 명암, 밝기, 공간의 깊이감 등 공간 인지를 포함한 시각적 측면을 강조하고 있다(박정호, 최은영, 2018; 한

형종, 2018; Sherman & Craig, 2018). 하지만 가상현실은 현실을 기반으로 구현되므로 현실에서의 발생하는 청각 정보 또한 중요한 요소로 고려되어야 한다. 예컨대, 교실에서 학생들이 웅성거리는 소리, 떠드는 소리 등이 제시되지 않는 부분은 현실적인 감각을 저하시키는 요소이다. 청각적 요소로서 소리(sound)는 상황에 대한 분위기를 형성하거나 감성을 유발(Um, Plass, Hayward, & Homer, 2012)할뿐만 아니라 가상현실에서 효과적인 정보를 제공하는 역할을 수행하며 현실적인 인식을 향상시켜 줄 수 있는 감각적 요소이다. 특히, 환경적 소리(ambient sound)는 특정 맥락이나 장소를 기억하고 회상하는데 도움을 줄 수 있으므로 몰입을 향상시키는 요소로서 작용 가능하다.

본 연구의 한계점을 고려한 향후 제언은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서 개발한 설계원리는 절차적, 상황적, 물리적, 과정적 네 가지 유형의 교육용 시뮬레이션에 적용할 수 있는 일반적 수준이며 설계원리를 적용하여 개발한 프로토타입은 상황적 교육용 시뮬레이션의 특성을 지닌다. 이 점은 도출한 설계원리의 적용이 각 유형별로 다소 상이한 결과가 나타날 수 있는 가능성을 지닌다. 따라서 향후 연구에서는 도출한 설계원리를 기반으로 네 가지 유형의 교육용 시뮬레이션에 해당하는 프로토타입의 개발을 통한 형성적 연구를 실시하여 각 유형에 최적화된 설계원리를 도출할 필요가 있다. 또한, 본 연구에서 적용된 초등 예비교사 및 초임교사를 대상으로 한 프로토타입 이외 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션이 효과적으로 활용 가능한 기술 교육 등의 다양한 맥락과 내용을 고려한 프로토타입 개발을 통해 본 연구에서 도출된 설계원리의 적용 가능성을 확인할 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서는 특정 주제에 대한 일부 소수의 사용자를 대상으로 반응에 대한 자료 수집 및 분석이 이루어졌다. 가상현실 콘텐츠를 경험해 본 대상자로 한정함으로써 정확한 의견을 확인해 볼 수 있었지만 사용자 수를 고려하여 볼 때, 일반화의 한계를 지닌다. 실제적인 의견을 줄 수 있는 사용자 수의 확대 적용을 통한 추가 연구가 이루어져야 한다. 셋째, 개발한 프로토타입에 대한 사용자 반응을 수집함에 있어 가상현실 콘텐츠를 개발하는 소프트웨어를 활용하였지만 이에 대한 사용자의 체험이 온전히 이루어지지 못한 한계를 지닌다. 향후 연구에서는 개발한 콘텐츠를 HMD, 움직임 센서, 모션 컨트롤러 등의 가상현실 기술과 통합 연결하여 실제적인 활동에 대한 분석이 이루어질 필요가 있다. 또한, 가상현실의 감각적 특성을 고려하여 생체 심리적 반응이 어떻게 나타나는지를 뇌 기능 자기공명 영상(functional Magnetic Resonance Imaginig), 뇌파도(Electro Encephalo Gram), 심장박동(Heart Rate) 등을 활용하여 사용자의 인지, 정의, 신체적 반응을 확인할 필요가 있다.

본 연구는 가상현실을 기반으로 한 교육용 시뮬레이션의 최적화된 설계를 위한 원리를 종합적으로 개발하였다는 점에서 의의를 지닌다. 특히, 교육공학적 처방을 통해

한형종 · 임철일 (2020)

효과적인 가상현실 기반 교육용 시뮬레이션을 설계하기 위해 기술적 특성을 중점적으로 염두 하기보다는 기술적 특성 위에 교육이나 학습의 효과성을 향상시키기 위한 접근이 반영되어 학습의 촉진과 수행의 향상을 고려하였다는 점에서 의미를 지닌다.

참고문헌

- 김혜영, 이희수 (2009). e-Learning 콘텐츠유형에 따른 학습자 만족도: K 사이버대 콘텐츠 유형 사례를 중심으로. *e-비즈니스연구*, 10(4), 299-316.
(Translated in English) Kim, H. & Lee, H. (2009). Analysis of e-learning content types and learner satisfaction: Focused on development cases and content types of K cyber university. *The e-Business Studies*, 10(4), 299-316.
- 김희수 (2014). 3D 파노라마 가상 현실 기술을 이용한 지질 답사 학습 자료의 개발과 적용. *한국지구과학회지*, 35(3), 180-191.
(Translated in English) Kim, H. (2014). Development and application of virtual geological field trip program using 3D panorama virtual reality technique. *The Journal of The Korean Earth Science Society*, 35(3), 180-191.
- 나일주, 성은모, 박소영 (2010). 초등학생의 시각화 경향성이 문제해결력 및 문제해결과정에 미치는 효과. *초등교육연구*, 23(4), 509-534.
(Translated in English) Rha, I., Sung, E., & Park, S. (2010). Relationships between elementary students' visualization tendency and problem-solving ability. *The Journal of Elementary Education*, 23(4), 509-534.
- 나일주, 정현미 (2001). 웹 기반 가상교육 프로그램 설계를 위한 활동모형 개발. *교육공학연구*, 17(2), 27-52.
(Translated in English) Rha, I. & Chung, H. (2001). Developing an action model for WBI design. *Journal of Educational Technology*, 17(2), 27-52.
- 나일주, 조은순 (2016). *교육 공학 탐구*. 서울: 박영사.
(Translated in English) Rha, I. & Cho, E. (2016). *Exploring educational technology*. Seoul: Pybook.
- 류지현, 유승범 (2016). 가상현실 기반 수업 시뮬레이션의 시나리오 내용이 예비 교사의 교사효능감과 가상실재감에 미치는 효과. *교육정보미디어연구*, 22(3), 633-652.
(Translated in English) Ryu, J. & Yu, S. (2016). The effects of scenario types on teacher efficacy of pre-service teachers and virtual presence in the virtual reality based teaching simulation. *The Journal of Educational Information and Media*, 22(3), 661-680.
- 박경선, 나일주 (2011). 교수-학습 환경에서의 맵설계원리 및 모형 개발 연구. *교육정보미디어연구*, 17(1), 1-37.
(Translated in English) Park, K. & Rha, I. (2011). Developing context design principles and model for teaching and learning. *The Journal of Educational Information and Media*, 17(1),

1-37.

- 박소연, Hoang, Hoang, 배교화, 이재운, 김동호 (2013). 가상현실 기반 단계별 학습을 통한 자동차정비훈련시스템. *정보과학회논문지*, 19(12), 663-667.
(Translated in English) Park, S., Hoang, V. T., Hoang, A. N., Bae, G., Lee, J., & Kim, D. (2013). Automobile maintenance training system using phased learning based on virtual reality. *Journal of The Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 19(12), 663-667.
- 박정호, 최은영 (2018). VR 콘텐츠의 인지에 미치는 시지각 요인의 실제감에 미치는 영향에 관한 연구. *한국정보통신학회논문지*, 22(7), 985-992.
(Translated in English) Park, J. & Choi, E. (2018). Study on influence of VR visual cognitive factors on VR contents cognition and presence. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering* 22(7), 985-992.
- 배재한, 노기영 (2015). 가상현실 시뮬레이션 게임의 학습효과에 대한 실험연구. *한국컴퓨터게임학회논문지*, 28(2), 103-111.
(Translated in English) Bae, J. & Noh, G. (2015). An experimental study of the effects of learning on driving simulation game in virtual environment. *Journal of The Korean Society for Computer Game*, 28(2), 103-111.
- 백영균 (2010). 가상현실공간에서의 교수-학습. *파주: 학지사*.
(Translated in English) Baek, Y. (2010). *Teaching and learning in a virtual world*. Paju: Hakjisa.
- 소요환 (2016). 가상현실 시뮬레이션 학습의 현존감과 매개변인 몰입이 학습성과에 미치는 영향. *커뮤니케이션 디자인학연구*, 57, 57-69.
(Translated in English) So, Y. (2016). The impact of academic achievement by presence and flow-mediated variables in a simulation program based on immersive virtual reality. *Journal of Communication Design*, 57, 57-69.
- 손정우 (2014). 가상현실기술을 이용한 학습자 중심의 건설안전 교육방법 개발. *한국건축시공학회지*, 14(1), 29-36.
(Translated in English) Son, J. (2014). Development of a student-centered leaning tool for construction safety education in a virtual reality environment. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 14(1), 29-36.
- 이성태, 이향아, 양호일 (2007). 3차원 가상 시뮬레이션 기법을 적용한 사이버대학 교육 콘텐츠 설계. *한국디자인포럼*, 16, 281-290.
(Translated in English) Lee, S. Lee, H., & Yang, H. (2007). Educational contents design applied three-dimensional technique of virtual simulation. *Journal of Korea Design Forum*, 16,

281-290.

- 이인숙, 권혁준 (2004). 시뮬레이션 게임에서 몰입, 정보처리 전략, 성취수준간의 관련성 규명. *교육공학연구*, 20(4), 241-267.
- (Translated in English) Lee, I. & Kwon, H. (2004). The relation among flow, information processing strategies, and performance in a computer-based simulation game. *Journal of Educational Technology*, 20(4), 241-267.
- 임창주, 김주현, 정윤근 (2011). 체감형 3D 입체영상 콘텐츠 개발. *한국컴퓨터게임학회논문지*, 24(2), 5-13.
- (Translated in English) Lim, C., Kim, J., & Jeong, Y. (2011). Development of stereoscopic 3D interactive contents. *Journal of The Korean Society for Computer Game*, 24(2), 5-13.
- 임철일 (2012). 교수설계 이론과 모형 제 2판. 파주: 교육과학사.
- (Translated in English) Lim, C. (2012). *Instructional design theories and models* (2nd ed.). Paju: Kyoyookbook.
- 임철일, 연은경 (2013). 절차적 시뮬레이션 설계원리에 관한 형성적 연구. *교육정보미디어연구*, 19(4), 127-154.
- (Translated in English) Lim, C. & Yeon, E. (2009). Formative research on design principles for procedural simulation. *The Journal of Educational Information and Media*, 19(4), 127-154.
- 임철일, 연은경 (2009). 사례기반 시뮬레이션 설계원리에 관한 형성적 연구. *교육공학연구*, 25(2), 117-149.
- (Translated in English) Lim, C. & Yeon, E. (2009). A formative study on the design principles for simulation in case-based learning. *Journal of Educational Technology*, 25(2), 117-149.
- 임철일, 한형종, 정다은, Yunus Emre Ozturk, 홍정현 (2017). 학습 설계를 지원하는 이러닝 플랫폼 프로토타입 탐색 연구. *교육공학연구*, 33(4), 799-837.
- (Translated in English) Lim, C., Han, H., Jung, D., Yunus, E. O., & Hong, J. (2017). Exploring an e-learning Platform Prototype for Supporting Learning Design. *Journal of Educational Technology*, 33(4), 799-837.
- 임철일, 한형종, 홍지성, 강연석 (2016). 2016 한의사 역량모델 정립 및 활용 방안. *대한한의학회지*, 37(1), 101-113.
- (Translated in English) Lim, C., Han, H., Hong, J., & Kang, Y. (2016). 2016 Competency modeling for doctor of korean medicine & application plans. *Journal of Korean Medicine*, 37(1), 101-113.
- 전찬규, 김민규, 이지원, 김진모 (2017). 손 인터페이스 기반 3D 인칭 가상현실 콘텐츠

- 제작 공정에 관한 연구. 컴퓨터그래픽스학회논문지, 23(3), 9-17.
- (Translated in English) Jeon, C., Kim, M., Lee, J., & Kim, J. (2017). A study on production pipeline for third person virtual reality contents based on hand interface. *Journal of the Korea Computer Graphics Society* 23(3), 9-17.
- 최동연, 김민정 (2018). 예비교사 훈련을 위한 아바타 활용 대화 시뮬레이션에서 뇌파 측정을 통한 정서반응 측정에 관한 연구. *교육공학연구*, 34(2), 257-285.
- (Translated in English) Choi, D. & Kim, M. (2018). A study on emotional response through EEG measurement in dialog simulation using avatar for pre-service teacher education. *Journal of Educational Technology*, 34(2), 257-285.
- 한종성, 이근호 (2015). HMD를 이용한 VR 관광 콘텐츠. *한국콘텐츠학회논문지*, 15(3), 40-47.
- (Translated in English) Han, J. & Lee, G. (2015). VR tourism content using the HMD device. *Journal of Korea Contents Association*, 15(3), 40-47.
- 한형종 (2018). 3차원 가상현실 환경에서의 감성 유발 화면 구성 요소에 대한 사용자 인식 분석 연구. *한국콘텐츠학회논문지*, 18(7), 165-176.
- (Translated in English) Han, H. (2018). The study of the analysis of a user's perception of screen component for inducing emotion in the 3D virtual reality environment. *Journal of Korea Contents Association*, 18(7), 165-176.
- 황윤자, 안미리 (2014). 박물관 교육 모바일 애플리케이션 개선을 위한 어포던스 이론 적용 인터페이스 연구. *컴퓨터교육학회논문지*, 17(5), 25-34.
- (Translated in English) Hwang, Y. & Ahn, M. (2014). A study of interface with affordance theory for museum education mobile application improvement. *The Journal of Korean Association of Computer Education* 17(5), 25-34.
- 황주희, 김현정 (2014). 마네킹 모델과 컴퓨터 시뮬레이터를 이용한 정맥주사 실습교육의 효과 비교. *기본간호학회지*, 21(3), 302-310.
- (Translated in English) Hwang, J. & Kim, H. (2014). Comparison of training effectiveness for IV injections : Intravenous arm model versus computer simulator. *Journal of the Korean Academy of Fundamentals of Nursing*, 21(3), 302-310
- Aggarwal, R., Black, S. A., Hance, J. R., Darzi, A., & Cheshire, N. J. W. (2006). Virtual reality simulation training can improve inexperienced surgeons' endovascular skills. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 31(6), 588-593.
- Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (1991). *Computer-based instruction: Methods and development* (2nd ed.).

- Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Andersen, S. A. W., Mikkelsen, P. T., Konge, L., Cayé-Thomasen, P., & Sørensen, M. S. (2016). Cognitive load in distributed and massed practice in virtual reality mastoidectomy simulation. *The Laryngoscope*, 126(2), 74-79.
- Arora, A., Lau, L. Y. M., Awad, Z., Darzi, A., Singh, A., & Tolley, N. (2014). Virtual reality simulation training in otolaryngology. *International Journal of Surgery*, 12(2), 87-94.
- Barton, K., McKellar, P., & Maharg, P. (2007). Authentic fictions: Simulation, professionalism and legal learning. *Clinical Law Review*, 14(1), 143-194.
- Barton, K., & Maharg, P. (2007). E-Simulations in the wild: Interdisciplinary research, design, and implementation. In D. Gibson, C. Aldrich, & M. Prensky (Eds.), *Games and simulations in online learning* (pp.115-148). Hershey, PA: Idea Group.
- Becker, K., & Parker, J. (2012). Serious instructional design: ID for digital simulations and games. In *proceedings of society for information technology & teacher education international conference* (pp. 2480-2485). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Boud, A. C., Haniff, D. J., Baber, C., & Steiner, S. J. (1999). Virtual reality and augmented reality as a training tool for assembly tasks. In *proceedings of IEEE international conference* (pp. 32-36). IEEE.
- Brown, T. J. (2017). Virtual reality clinical simulations: A wilsonian concept analysis of an emerging phenomenon. *Journal of Healthcare Communications*, 2(2), 1-8.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P. (2003). *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons.
- Campbell, S. H., & Daley, K. (Eds.). (2009). *Simulation scenarios for nurse educators: Making it real*. New York: Springer Publishing.
- Cates, C. U., Lönn, L., & Gallagher, A. G. (2016). Prospective, randomised and blinded comparison of proficiency-based progression full-physics virtual reality simulator training versus invasive vascular experience for learning carotid artery angiography by very experienced operators. *BMJ Simulation and Technology Enhanced Learning*, 2(1), 1-5.
- Chittaro, L., & Ranon, R. (2007). Web3D technologies in learning, education and training: Motivations, issues, opportunities. *Computers & Education*, 49(1), 3-18.
- Cho, Y. H., Caleon, I. S., & Kapur, M. (Eds.). (2015). *Authentic problem solving and learning in the 21st century: Perspectives from Singapore and beyond*. Singapore: Springer.
- Cohen, A. R., Lohani, S., Manjila, S., Natsupakpong, S., Brown, N., & Cavusoglu, M. C. (2013). Virtual reality simulation: Basic concepts and use in endoscopic neurosurgery

- training. *Child's Nervous System*, 29(8), 1235-1244.
- Crookall, D. (2010). Serious games, debriefing, and simulation/gaming as a discipline. *Simulation & gaming*, 41(6), 898-920.
- Dalgarno, B., & Lee, M. J. (2010). What are the learning affordances of 3D virtual environments?. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32.
- Dangelmaier, W., Fischer, M., Gausemeier, J., Grafe, M., Matysczok, C., & Mueck, B. (2005). Virtual and augmented reality support for discrete manufacturing system simulation. *Computers in Industry*, 56(4), 371-383.
- Davis, L. L. (1992). Instrument review: Getting the most from a panel of experts. *Applied Nursing Research*, 5(4), 194-197.
- Dawley, L., & Dede, C. (2014). Situated learning in virtual worlds and immersive simulations. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 723-734). New York, NY: Springer.
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66-69.
- De Jong, T. (1991). Learning and instruction with computer simulations. *Education & Computing*, 6, 217-229.
- Derboven, J., De Roeck, D., Verstraete, M., Geerts, D., Schneider-Barnes, J., & Luyten, K. (2010). Comparing user interaction with low and high fidelity prototypes of tabletop surfaces. In *proceedings of the 6th nordic conference on human-computer interaction* (pp. 148-157). ACM.
- Driver, M., Zimmer, K., & Murphy, K. (2018). Using mixed reality simulations to prepare preservice special educators for collaboration in inclusive settings. *Journal of Technology and Teacher Education*, 26(1), 57-77.
- Duburguet, D., & King, G. G. (2015). Leveraging virtual training environments to develop professional flight officers in a rapidly changing aviation industry. *International Journal of Professional Aviation Training & Testing Research*, 7(2), 1-6.
- Durlach, N., Allen, G., Darken, R., Garnett, R. L., Loomis, J., Templeman, J., & Wiegand, T. E. V. (2000). Virtual environments and the enhancement of spatial behavior: Towards a comprehensive research agenda. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 9(6), 593-615.
- Elliman, J., Loizou, M., & Loizides, F. (2016). Virtual reality simulation training for student nurse education. In *proceedings of 2016 8th international conference on games and virtual worlds for serious applications*. IEEE.

가상현실 기반 교육용 시뮬레이션 설계원리 개발

- Ericsson, K. A., & Charness, N. (1994). Expert performance: Its structure and acquisition. *American Psychologist*, 49(8), 725-747.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2015). *Cognitive psychology: A student's handbook*. Psychology press.
- Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. *eLearning & Software for Education*, 1, 133-141.
- Gredler, M. E. (1994). *Designing and evaluating games and simulations: A process approach*. London: Kogan Page.
- Grundgeiger, T., Sanderson, P. M., Beltran Orihuela, C., Thompson, A., MacDougall, H. G., Nunnink, L., & Venkatesh, B. (2013). Prospective memory in the ICU: The effect of visual cues on task execution in a representative simulation. *Ergonomics*, 56(4), 579-589.
- Hale, K. S., & Stanney, K. M. (2014). *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications*. CRC Press.
- Herrington, J., Reeves, T. C., & Oliver, R. (2007). Immersive learning technologies: Realism and online authentic learning. *Journal of Computing in Higher Education*, 19(1), 80-99.
- Hjelseth, S., Morrison, A., & Nordby, K. (2015). Design and computer simulated user scenarios: Exploring real-time 3D game engines and simulation in the maritime sector. *International Journal of Design*, 9(3), 63-75.
- Holmes, J. (2007). Designing agents to support learning by explaining. *Computers & Education*, 48(4), 523-547.
- Hsu, W. C., Tseng, C. M., & Kang, S. C. (2018). Using exaggerated feedback in a virtual reality environment to enhance behavior intention of water-conservation. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(4), 187-203.
- Huang, C. (2003). Changing learning with new interactive and media-rich instruction environments: Virtual labs case study report. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 27(2-3), 157-164.
- Huang, H. M., Rauch, U., & Liaw, S. S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, 55(3), 1171-1182.
- Johnson, C. I., Bailey, S. K., & Van Buskirk, W. L. (2017). Designing effective feedback messages in serious games and simulations: A research review. In *proceedings of instructional techniques to facilitate learning and motivation of serious games* (pp. 119-140). Springer, Cham.

- Jonassen, D. H. (1991). Thinking technology: Context is everything. *Educational Technology*, 31(6), 35-37.
- Kearney, M. & Schuck, S. (2006). Spotlight on authentic learning: Student developed digital video projects. *Australian Journal of Educational Technology*, 22(2), 189-208.
- Kirkley, S. E., Tomblin, S., & Kirkley, J. (2005). Instructional design authoring support for the development of serious games and mixed reality training. In *proceedings of interservice/industry training, simulation and education conference (I/ITSEC)*.
- Kirschner, P., Strijbos, J. W., Kreijns, K., & Beers, P. J. (2004). Designing electronic collaborative learning environments. *Educational technology research and development*, 52(3), 47-66.
- Lemheney, A. J., Bond, W. F., Paden, J. C., LeClair, M. W., Miller, J. N., & Susko, M. T. (2016). Developing virtual reality simulations for office-based medical emergencies. *Journal For Virtual Worlds Research*, 9(1), 1-18.
- Lindgren, R., Moshell, J. M., & Hughes, C. E. (2014). Virtual environments as a tool for conceptual learning. In K. Hale, K. M. Stanney (Eds.). *Handbook of virtual environments: Design, implementation, and applications* (pp. 1043-1055). CRC Press.
- Liu, D., Dede, C., Huang, R., & Richards, J. (Eds.). (2017). *Virtual, augmented, and mixed realities in education*. Singapore: Springer.
- McGrath, J. L., Taekman, J. M., Dev, P., Danforth, D. R., Mohan, D., Kman, N., Crichtlow, A., & Bond, W. F. (2018). Using virtual reality simulation environments to assess competence for emergency medicine learners. *Academic Emergency Medicine*, 25(2), 186-195.
- Nagy, P., & Koles, B. (2014). The digital transformation of human identity: Towards a conceptual model of virtual identity in virtual worlds. *Convergence*, 20(3), 276-292.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2002). Learning science in virtual reality multimedia environments: Role of methods and media. *Journal of educational psychology*, 94(3), 598-610.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785-797.
- Ranalli, J. (2008). Learning english with the sims: Exploiting authentic computer simulation games for L2 learning. *Computer Assisted Language Learning*, 21(5), 441-455.
- Reigeluth, C. M., & Schwartz, E. (1989). An instructional theory for the design of computer-based simulations. *Journal of Computer Based Instruction*, 16(1), 1-10.
- Richards, D., & Taylor, M. (2015). A comparison of learning gains when using a 2D simulation

- tool versus a 3D virtual world: An experiment to find the right representation involving the marginal value theorem. *Computers & Education*, 86, 157-171.
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2014). *Design and development research: Methods, strategies, and issues*. Routledge.
- Rowe, R., & Cohen, R. A. (2002). An evaluation of a virtual reality airway simulator. *Anesthesia & Analgesia*, 95(1), 62-66.
- Sacks, R., Perlman, A., & Barak, R. (2013). Construction safety training using immersive virtual reality. *Construction Management and Economics*, 31(9), 1005-1017.
- Sauer, J., Seibel, K., & Rüttinger, B. (2010). The influence of user expertise and prototype fidelity in usability tests. *Applied ergonomics*, 41(1), 130-140.
- Sauer, J., & Sonderegger, A. (2009). The influence of prototype fidelity and aesthetics of design in usability tests: Effects on user behaviour, subjective evaluation and emotion. *Applied ergonomics*, 40(4), 670-677.
- Schreuder, H. W., Persson, J. E., Wolswijk, R. G., Ihse, I., Schijven, M. P., & Verheijen, R. H. (2014). Validation of a novel virtual reality simulator for robotic surgery. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-10.
- Seymour, N. E. (2008). VR to OR: A review of the evidence that virtual reality simulation improves operating room performance. *World journal of surgery*, 32(2), 182-188.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2018). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. New York: Morgan Kaufmann Publishers.
- Spector, J. M., Ifenthaler, D., Sampson, D. G., & Isaias, P. (2016). *Competencies in teaching, learning and educational leadership in the digital age*. Switzerland: Springer International Publishing.
- Streiner, D. L., & Norman, G. R. (2008). *Health measurement scales: A practical guide to their development and use*. New York, NY: Oxford University Press.
- Tulving, E., & Thomson, D. M. (1971). Retrieval processes in recognition memory: Effects of associative context. *Journal of Experimental Psychology*, 87(1), 116.
- Um, E. R., Plass, J., Hayward, E. O., & Homer, B. D. (2012). Emotional design in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 104(2), 485-498.
- Van Der Voort, M. C., & Tideman, M. (2008). Combining scenarios and virtual reality into a new approach to including users in product design processes. *Journal of design research*, 7(4), 393-410.

- Villani, D., Repetto, C., Cipresso, P., & Riva, G. (2012). May I experience more presence in doing the same thing in virtual reality than in reality? An answer from a simulated job interview. *Interacting with Computers*, 24(4), 265-272.
- Wissmath, B., Weibel, D., & Mast, F. W. (2010). Measuring presence with verbal versus pictorial scales: A comparison between online-and ex post-ratings. *Virtual Reality*, 14(1), 43-53.
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.
- Xu, Z., Lu, X. Z., Guan, H., Chen, C., & Ren, A. Z. (2014). A virtual reality based fire training simulator with smoke hazard assessment capacity. *Advances in engineering software*, 68, 1-8.

◎ 논문접수: 2020. 04. 30 / 1차 수정본 접수: 2020. 06. 11 / 게재승인: 2020. 06. 19