

텐저블 인터페이스 기반의 증강현실 과학실험실 설계

심재권† · 권대용††

† 고려대학교 영재교육원

†† 고려대학교 교과교육연구소

Propose of the Laboratory Concept based on Augmented Reality with Tangible User Interface

Jaekwoun Shim† · Daiyoung Kwon††

† Korea University Gifted Education Center

† Korea University Curriculum and Instruction Studies Center

요 약

증강현실은 기존과는 다른 컴퓨팅 환경에 대한 경험을 제공하여 학생의 흥미와 관심을 유발할 뿐만 아니라 증강된 현실에서 추가적인 학습자원을 제공할 수 있다는 장점이 있다. 이로 인해 최근들어 증강현실을 활용한 다양한 교육환경과 차별화된 교육콘텐츠가 제시되고 있고, 교육적인 효과를 확인하고자 하는 연구들이 수행되고 있다. 본 연구는 기존 증강현실에 기반한 학습콘텐츠에 상호작용성을 향상시킬 수 있는 텐저블 인터페이스를 추가하여 학습자가 자유롭게 탐구할 수 있는 교육환경을 설계하는 것을 목적으로 한다. 설계를 구체적으로 진행하기 위해 2015 교육과정의 과학교과와 내용을 토대로 증강현실에 기반한 텐저블 과학실험실을 제안하였다.

1. 서 론

교육을 통해 학습자에게 다양한 학습경험을 제공하는 것은 매우 중요한 일이다[1]. 다양한 학습경험 중에서 과학교육은 실험을 통해 자연현상을 이해하는 것에 목표를 두고 있다. 과학실험은 학습자의 수준과 경험을 기반으로 과학개념의 이해와 실험과정에서 협력, 의사소통 등을 향상시킬 수 있도록 설계될 필요가 있다[2][3]. 학교에서 기존의 과학실험실은 이론적으로 과학개념을 학습한 이후 실험을 통해 구체적인 결과로 확인해볼 수 있는 환경을 제공하고 있다. 하지만, 실험을 위해 기자재를 보관하고 실험을 수행을 위한 공간이 필요하고, 실험장비와 재료의 비용과 안전사고 등의 과학실험실 운영과 실험진행에 대한 어려움이 있다[4]. 이러한 어려움을 해결하기 위한 목적으로 최근 증강현실(AR) 기반 과학실험실 환경이 다양하게 제안되고 있다[5][6]. 증강현실 기반 과학실험실 환경은 증강된 현실을 통해 제공되는 다양한 경험을 통해 자연현상을 자연스럽게 체험할 수 있어 학생의 관심과 동기를 불러일으킬 뿐 아니라 학교 과학실험실 환경에 비해 결과의 관찰이 용이하고 관리가 편리하다는 장점이 있다. 또한 실제의 실험환경 보다 증강현실을 통한 실험환경의 조작과 관찰의 편리성을 통해 광범위한 상호작용을 제공할 수 있어 자유로운 탐구와 다양한 관찰

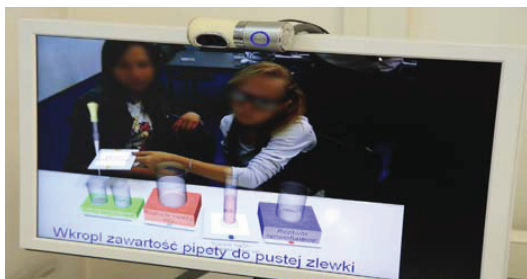
에서의 관찰이 가능해진다[4][7]. 결론적으로, 증강현실 기반의 실험실환경은 개념적 이해, 경험 기반 활동 등을 제공받을 수 있으며 교수학습의 과정에서 기존에 비해 비용을 절감하고 보다 안전한 과학실험환경을 구축할 수 있다. 증강현실 기반 텐저블 인터페이스는 구체적인 조작물을 사용자가 자유롭게 조작하여 컴퓨팅 환경과 상호작용하는 인터페이스로 기존 환경보다 자유로운 조작과 효과적인 입력을 위해 활용되고 있다[8]. 본 연구에서는 증강현실 기반의 과학실험실의 장점과 텐저블 인터페이스의 장점을 결합하여 텐저블 인터페이스 기반 증강현실 과학실험실 환경을 설계하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 증강현실의 교육적 활용

교육에서 증강현실을 활용한 사례는 다음과 같다. Dunleavy 외(2009)는 중학생과 고등학생을 대상으로 증강환경 시뮬레이션을 통한 협동학습 과정을 관찰하는 연구를 진행하였다[9]. 연구결과, 제공되는 문제가 비구조화 될 수록 행동이 적극적인 학생에게 교육적인 효과가 두드러지는 것으로 분석되었다. Chen C. M 외(2012)의 연구에서는 도서관을 사용하는 방법을 교육

하는 증강현실 튜토리얼을 개발하고 초등학생을 대상으로 도서관 이용에 대한 기억, 이해, 활용의 측면에서 평가하였다[5]. 평가결과 학생이 직접 도서관을 방문하여 체험하여 학습하는 방법과 증강현실로 학습하는 방법 간에 차이가 없는 것으로 나타나 증강현실을 통해서도 충분히 현실에서 체험을 통해 학습하는 것과 동일한 것으로 나타났다. Rafal Wojciechowski 외(2013)는 고등학생을 대상으로 화학 실험에 대한 시나리오를 제작하고 증강현실에서 학습자의 태도를 평가하는 연구를 진행하였다[4]. 연구결과, 학생에게 학습에 대한 관심과 흥미를 증진시켜 학습동기를 유발하는 등의 학습에 긍정적인 효과가 있는 것으로 분석되었다.



[그림 1] 증강현실 기반의 과학실험 모습[4]

Hsu, T. C(2017)는 초등학생을 대상으로 영어 어휘 학습을 증강현실에서 자기주도적 학습방식과 과제를 수행하는 과제기반 학습방식으로 진행하고, 몰입 경험, 인지 부하, 학습 유형에 따른 학습 효율성 등을 평가하였다[10]. 연구결과, 두 방식 모두 영어 어휘를 학습에 도움이 되는 것으로 나타났고, 자기주도적 학습 방식이 더 높은 몰입감이 나타나는 것으로 분석되었다.

증강현실에서 과학실험실 환경을 연구한 선행연구를 정리해보면, 다음과 같다.

< 표 1 > 증강현실 기반 과학교육 사례

연구자	대상	과목	내용
Rafal Wojciechowski 외(2013)	중등	화학	염산(HCl)과 수산화나트륨(NaOH) 화학 반응 실험
Tzung-Jin Lin. 외 (2013)	고등	물리	탄성 충돌과 운동량
Frank, J. A 외 (2017)	고등	물리	동역학계 및 조절 개념

선행연구를 통해 증강현실을 활용한 교육은 학습자에게 학습동기를 부여하고, 다양하고 유익한 경험을 제공할 수 있으며, 높은 수준의 학습자의 내용 지식 학습을 기대할 수 있음을 알 수 있다[2][4][5][6][9][10]. 본 연구에서는 기존의 연구를 참고하여, 2015교육과정

의 과학교과에서 다루는 내용에 대한 증강현실 기반의 과학실험실을 설계하였다.

2.2 텐저블 인터페이스의 교육적 활용

텐저블 유저 인터페이스(Tangible User Interface)는 사용자의 신체를 사용하여 컴퓨팅 환경과 상호작용 할 수 있는 인터페이스로 1997년에 Hiroshi Ishii가 처음으로 제안하였다[11]. 텐저블 인터페이스는 키보드 마우스와 같이 보편적인 입력 도구가 아닌 특정한 컴퓨팅 환경과 사용자의 목적에 최적화된 조작물을 통해 직관적인 형태로 상호작용할 수 있어, 증강현실과 연계된 다양한 서비스를 개발할 수 있다[12].

텐저블 인터페이스의 활용은 인터페이스의 사용성과 편리성에 초점을 둔 환경과 추상적인 개념을 구체적인 조작을 통해 표현하는 환경 두 가지로 나눌 수 있다. 사용성과 편리성에 초점을 둔 환경은 컴퓨팅 환경과 상호작용성을 증대하기 위한 목적으로 별도의 조작물(object)을 사용자의 신체를 통해 조작하는 환경이다. 예는 Google Earth 프로그램과 Smart Puck(tangible object)을 연동하여 Puck을 움직이거나 다이얼을 돌리는 등의 조작(Moving, Zooming, Tilting, Rotation operation)을 통해 길을 찾는 환경이 있다[13]. 추상적인 개념을 구체적인 조작이 가능한 도구로 변환한 환경의 예로는 테이블 위에서 정육면체의 tangible object를 조작하여 비트를 조절하거나 소리를 조합하여 음악을 만들고 빛으로 표현할 수 있는 환경이 있다[14]. 특히, 신체를 사용하는 상호작용은 물리적인 차원에서 문제를 해결하는 과정을 경험할 수 있고, 결과를 확인하여 교육적으로 활용할 수 있다[15].

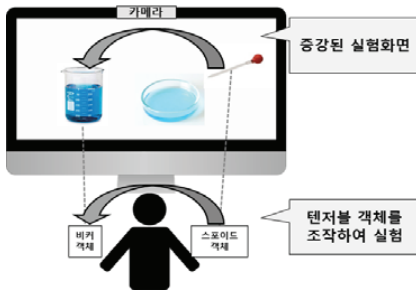
추상적인 개념을 학습하는 것에 초점을 둔 환경의 예를 살펴보면, 어린학생을 대상으로 몬테소리 교육에 기반한 논리회로를 시뮬레이션 할 수 있는 텐저블 환경과[16], 프로그래밍의 반복, 분기, 변수의 개념을 학습하기 위해 화살표 모양의 블록을 연결하여 구조를 만들어 빛(화살표)의 흐름을 제어하는 텐저블 환경이 있다[17]. 즉, 텐저블 인터페이스 기반의 학습환경은 학생이 추상적인 개념을 신체를 활용하여 쉽게 조작할 수 있는 수준으로 낮추어, 어려운 개념을 물리적인 환경에서 조작을 통해 구체적인 경험을 통해 학습을 도와주는 환경이라 할 수 있다.

3. 텐저블 과학실험실 설계

텐저블 과학실험실은 과학실험의 과정과 모습을 증강시켜 기존 객체에 가상의 객체를 추가하여 표현하고, 객체의 조작은 텐저블 인터페이스를 활용하고자 한다. 증강현실에 기반한 텐저블 과학실험실의 설계안은 다음과 같다.

본 연구에서 제안하는 과학실험실을 구체적으로 설명하기 위해서 2015교육과정 과학교과의 내용체계에서

제시된 물질의 성질 영역에서 다루는 내용을 파악하였고, 중학교 1~3학년의 밀도, 용해도, 녹는점, 어는점, 끓는점에서 수행하는 실험을 선정하였다. 화학으로 과학실험 모델을 설계한 이유는 다음과 같다. 첫째, 근본적으로 화학은 실험과 경험에 의한 과학이며 다양한 화학 개념을 이해하는데 화학 실험과 관찰은 필수적이다. 둘째, 화학 반응의 동작과 시각적으로 높은 역동성이 고려되기 때문에 화학 실험의 상호작용적 시각화는 중요하다[3].



[그림 2] 증강현실 기반 테저블 과학실험실 설계안

교육과정을 기반으로 발행된 해설서와 교과서를 통해 밀도, 용해도, 녹는점, 어는점, 끓는점에 대한 실험 도구와 내용을 분석하였다. 실험에 사용되는 도구 증강현실 환경에서 불필요한 안전장비들은 제외한 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 중학교 물질의 성질 내용체계 별 실험장비

내용체계	실험장비
밀도	구리조각, 알루미늄조각, 물(상온/뜨거운 물/ 찬물), 핀셋, 전자저울, 100mL 눈금실린더, 10원 동전, 잉크(빨간색/파란색), 집기병, 투명필름
끓는점	물, 에탄올, 온도계, 시험관(보통 시험관 / 가지달린 시험관), 끓임죽, 비커, 고무마개, 유리관, 고무관, 스탠드, 집게, 알코올램프, 점화기, 삼발이, 쇠그물, 압력계 달린 감압 용기
용해도	주스가루, 물, 플라스틱 컵, 손가락, 전자저울, 빨대, 스포이트, 유리관, 헤어드라이어, 붓산, 황산구리(II), 100mL 비커, 약손가락, 시약포지, 유리막대, 질산칼륨, 알코올램프, 점화기, 삼발이, 쇠그물, 온도계, 스타이로폼 판지, 50mL 비커, 시험관, 시험관대, 탄산음료, 렉계 달린 감압용기

정리한 도구를 바탕으로 실험 도구 중 집기병, 시험관, 비커, 눈금실린더 등과 같은 도구를 테저블 도구와 일대일 매핑하여 사용자가 조작할 수 있는 실험 도구로 분류하였다. 그 외 구리조각, 알루미늄조각, 물, 전자저울 등과 같은 실험장비는 증강환경 내 가상으로 시각화하여 제공하는 실험장비로 분류하였다. 이후 테저블 도구와 일대일 대응 방식으로 사용자가 조작하는 실험장비와 조작 기능을 정의하였고, 각 실험장비에 대해 테저블 인터페이스에서 제공하는 조작의 기능은 잡기, 기울이기, 움직이기, 놓기 등의 기능을 설정하였다. 테저블과 일대일 대응 방식으로 조작하는 실험장비와 정의한 조작 기능은 <표 3>과 같다.

<표 3> 테저블 객체의 기능 정의(예)

기능	실험장비
잡기, 기울이기, 움직이기, 놓기	눈금실린더, 집기병, 시험관, 비커, 가지달린 시험관, 유리관, 스포이드
뚜껑 닫기, 공기 빼기, 압력 측정	압력계 달린 감압 용기

테저블 객체의 기능을 토대로 설계한 과학실험실 모델에 따른 사용자가 조작하는 방식은 [그림 2]과 같다. 학습자는 테저블과 일대일 대응 방식으로 조작하는 실험장비와 증강현실 환경에서 가상으로 만들어진 실험장비를 통해 화학실험을 경험할 수 있다.

4. 결론 및 논의

과학교육에서 추상적인 과학 개념을 이해하고, 다양한 경험을 통한 학습을 제공하기 위해 과학실험은 필수적이다. 하지만 학교 현장에서 과학실험을 위해서는 별도의 공간과 실험장비가 필요하고, 학생이 과학실험을 진행함에 있어 안전사고에 주의를 기울여야 한다. 따라서 교사는 학생에게 과학 개념에 대한 내용 전달에 완전히 몰입하기 어려울 뿐 아니라 학생은 제한된 형태의 실험을 진행할 수밖에 없다. 이러한 문제를 해결하기 테저블 인터페이스와 증강환경을 결합한 시스템을 활용한 과학실험실 모델을 설계하였다. 증강현실 환경에서 실험이 진행되어 학생은 사고로부터 안전하고, 공간과 재료의 제약 없이 자유롭게 실험을 진행할 수가 있다. 또한 교사는 실험에 필요한 과학 개념을 충실하게 전달할 수 있고, 실험이 진행되는 동안 학생이 실험에 몰입할 수 있는 시나리오 제공과 안내 등의 조연자로서의 역할을 충실하게 수행할 수 있다.

향후 연구로는 본 연구에서 제안하는 증강현실 환경을 구축하고, 적합한 과학실험 콘텐츠를 제작하여 사용성과 학습의 가능성을 실제적으로 확인할 필요가 있다.

감 사 말

본 연구는 2017년 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었습니다(NRF-2017R1D1A1B03033976).

참 고 문 헌

- [1] Dewey, J. (2007). **Experience and education**. Simon and Schuster.
- [2] Frank, J. A., Kapila, V. (2017). Mixed-reality learning environments: Integrating mobile interfaces with laboratory test-beds. *Computers & Education*, 110, 88-104.
- [3] Feisel, L. D., Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 121-130.
- [4] Wojciechowski, R., Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68, 570-585.
- [5] Chen, C. M., Tsai, Y. N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652.
- [6] Lin, T. J., Duh, H. B. L., Li, N., Wang, H. Y., Tsai, C. C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321.
- [7] Sumadio, D. D., Rambli, D. R. A. (2010). Preliminary evaluation on user acceptance of the augmented reality use for education. In *Computer Engineering and Applications 2010 Second International Conference*, 2, 461-465.
- [8] Skulmowski, A., Pradel, S., Kühnert, T., Brunnett, G., Rey, G. D. (2016). Embodied learning using a tangible user interface: The effects of haptic perception and selective pointing on a spatial learning task. *Computers & Education*, 92, 64-75.
- [9] Dunleavy, M., Dede, C., Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- [10] Hsu, T. C. (2017). Learning English with augmented reality: Do learning styles matter?. *Computers & Education*, 106, 137-149.
- [11] Ishii, H., Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference*, 234-241.
- [12] Kim, M. J., Maher, M. L. (2008). The impact of tangible user interfaces on spatial cognition during collaborative design. *Design Studies*, 29(3), 222-253.
- [13] Kim, L., Cho, H., Park, S., Han, M. (2007). A tangible user interface with multimodal feedback. In *International conference*, 94-103.
- [14] Schiettecatte, B., Vanderdonck, J. (2008). AudioCubes: a distributed cube tangible interface based on interaction range for sound design. In *Proceedings of the 2nd international conference*, 3-10.
- [15] Marshall, P. (2007). Do tangible interfaces enhance learning?. In *Proceedings of the 1st international conference*, 163-170.
- [16] Zuckerman, O., Arida, S., Resnick, M. (2005). Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI conference*, 859-868.
- [17] Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005, April). Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI conference*, 859-868.