
멀티 터치스크린과 실감형 인터페이스를 적용한 과학 실험 학습 시스템

Learning System for Scientific Experiments with Multi-touch Screen and Tangible User Interface

김준우*, 맹준희**, 주지영**, 임광혁***
한국기술교육대학교 산업경영학부*, 한국과학기술원 과학영재교육연구원**,
배재대학교 전자상거래학과***

Jun Woo Kim(kimjunwoo@kaist.ac.kr)*, Jun Hee Maeng(cod43@paran.com)**,
Jee Young Joo(lilys0321@nate.com)**, Kwang Hyuk Im(khim@pcu.ac.kr)**

요약

최근, 현실세계와 가상세계를 결합하여 디지털 콘텐츠 형태로 보여주는 증강 현실 기술이 등장하고 있다. 증강현실 기술의 효과를 극대화하기 위해서, 사용자가 현실세계의 사물을 조작하는 것과 유사한 방법으로 디지털 콘텐츠와 상호작용하는 것을 가능하게 해 주는 실감형 인터페이스가 적용된다. 특히, 교육 분야에서는 이러한 기술들이 학습자의 흥미와 몰입도를 높이고, 학습 효과를 극대화할 수 있는 새로운 학습 콘텐츠의 제작을 가능하게 할 것으로 기대되고 있다. 본 논문에서는 멀티 터치스크린과 실감형 인터페이스를 적용한 과학 실험 학습 시스템을 제안한다. 이 시스템은 종래의 실험대 위에서 이루어지는 실험도구의 조작을 대체하기 위하여 대형 멀티 터치스크린을 장착한 실험 테이블과 간단한 사용자의 제스처를 인식할 수 있는 실감형 학습 디바이스를 사용한다. 실제 과학 실험에서는 높은 비용이나 긴 시간, 또는 위험 물질들이 요구되기도 하는데, 본 시스템은 이러한 요인들을 극복하면서 학습자들에게 다양한 실험을 현실감 있게 제공할 수 있다.

■ 중심어 : | 실감형 사용자 인터페이스 | 디지털 학습 콘텐츠 | E-러닝 | 증강 현실 |

Abstract

Recently, Augmented Reality(AR) technologies have been emerged, which shows the types of digital contents integrating real and virtual worlds. To maximize the effect of AR technology, tangible user interface, which enables users to interact with the contents in the same way in which they manipulate objects in real world, is applied. In particular, we expect that the technologies are able to enhance learners' interests and degree of immersion, and produce new learning contents in order to maximize the effect of learning. In this paper, we propose a learning system for scientific experiments with multi-touch screen and tangible user interface. The system consists of an experiment table equipped with a large multi-touch screen and a realistic learning device that can detect the user's simple gestures. In real world, some scientific experiments involve high cost, long time or dangerous objects, but this system will overcome such hindrance and provide learners with a variety of experiment experience in realistic ways.

■ keyword : | Tangible User Interface | Digital Learning Contents | E-Learning | Augmented Reality |

I. 서론

정보 통신 기술의 발달 및 컴퓨터의 대중화는 교육 분야에도 많은 변화를 가져다주어, 종래의 대면 교육이 여러 가지 형태의 이러닝(e-learning) 으로 대체되어 왔다[1]. 초창기의 이러닝에서는 종종 교과서와 같은 텍스트 기반 매체에 담긴 내용들을 단순히 디지털 콘텐츠로 옮기는 것과 같은 접근 방법이 많이 사용되었지만, 단순한 텍스트, 동영상 또는 플래시 기반의 일방형 교육 콘텐츠로 얻을 수 있는 교육 효과에는 여러 가지 한계점이 존재한다[2].

이러한 점을 극복하기 위한 대안의 하나로, 최근 증강 현실(Augmented Reality) 또는 혼합 현실(Mixed Reality)이라 불리는 기술에 대한 관심이 높아지고 있다[3]. 증강 현실이란 콘텐츠 사용자가 실제 관찰하고 있는 사물이나 장소에 대한 부가적인 정보나 의미를 함께 제공하는 기술을 의미하는데, 학습 콘텐츠에 적용할 경우, 학습 장면에 대한 맥락인식(context-awareness)을 높이고, 학습자의 실재감과 몰입감을 촉진함으로써 학습효과를 향상시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다[2][3]. 증강 현실 콘텐츠의 사용자는 종래의 학습 콘텐츠에서처럼 마우스나 키보드 등과 같은 범용 입력 장치로 콘텐츠를 조작하는 것이 아니라, 실감형 인터페이스, 즉, 현실 세계의 객체에 대한 조작을 통해 디지털 콘텐츠와 상호작용한다[4]. 학습 콘텐츠의 경우, 실감형 인터페이스를 통한 조작 활동이 학습자의 학습 경험을 증진시킬 수 있다[5]. 특히, 실제 교육에서는 여러 가지 감각을 통하여 학습이 이루어지기 때문에, 이러닝에서도 이와 같은 체험 또는 학습을 할 수 있는 환경을 만들어 주는 것이 중요하다. 이러한 맥락에서 실감형 인터페이스는 이러닝에서 그 활용도가 매우 높고, 최근에는 이를 다양한 교육 콘텐츠에 적용하는 방안이 연구되고 있다[6].

하지만 이러한 기술들을 실제 교육에 적용하는 과정에 있어 장비의 안정성과 실시간성, 고가 장비로 인한 제한 등의 문제가 존재하고, 아직까지는 교육내용을 단순 시뮬레이션 해보거나, 유아용 장난감에의 이용과 같은 에듀테인먼트 분야의 사례가 많은 상황이다[1][3].

기술적으로는 이러한 증강 현실 및 실감형 인터페이스를 이용한 학습 콘텐츠들은 주로 학습 객체에 마커라는 특징점 인식 장치를 부착하고, 이 객체를 카메라로 영상 인식하는 방법으로 실감형 인터페이스를 구현하는 경우가 많았다.

반면, 본 논문에서는 초등학교 이상의 학생들의 과학 실험을 지원할 수 있는 실감형 학습 시스템을 영상 인식 없이 구현한 사례를 소개하고 있다. 과학 실험은 주로 오프라인 활동이나 체험으로 구성되어 있어, 증강 현실 및 실감형 인터페이스의 적용이 큰 효과를 얻을 수 있다. 더구나 이러한 디지털 콘텐츠 내에서 과학 실험을 체험하게 할 경우, 실제 실험에서 발생할 수 있는 비용, 시간 또는 공간 상의 제약이나 위험성 등의 문제를 없앨 수 있다는 장점이 있다.

본 논문에서 소개하는 학습 시스템은 크게 대형 멀티 터치 스크린이 장착된 실험 테이블과 실감형 실험 디바이스들로 구성된다. 실험 디바이스들은 실제 실험 기구들에 해당하는데, 다중 접촉을 인식하는 멀티 터치 스크린이 실험 디바이스들의 접촉부를 인식하여 그 디바이스의 종류와 위치 등의 정보를 알아낼 수 있고, 그 주위에 적절한 결과를 보여준다. 이러한 멀티 터치 스크린 기반의 인터페이스는 카메라를 통한 영상 인식에 비해 정확하고 견고하며, 빛의 조도나 간섭 등 주위 환경으로 인한 제약이 적고, 최근에는 멀티 터치 스크린이 전자 칠판 등의 형태로 교육 현장에 많이 도입되고 있어, 이들과 연계할 수도 있을 것으로 생각된다. 또한, 실험 테이블 위에서 실험 기구들을 가지고 이루어지던 종래의 과학 실험과 유사한 방법이기 때문에 학습자들이 직관적으로 이해할 수 있는 인터페이스이기도 하다. 스크린의 터치로 표현할 수 없는 조작의 경우에는 실험 디바이스들에 내장된 조작부나 제스처 기반 인터페이스를 통하여 사용자의 입력을 받아들이고, 이를 ZigBee 통신을 이용하여 콘텐츠에 전달하게 된다. 이러한 방법으로 본 시스템은 종래의 과학 실험과 유사한 방법으로 실감형 체험 학습을 가능하게 한다. 본 논문에서는 물리, 화학 각 1주제씩 2개 실험주제에 대해 개발한 콘텐츠를 소개하는데, 앞으로 다양한 학년, 다양한 실험 주제로의 확장도 향후 고려하고 있다.

II. 연구 배경

2.1 증강 현실 및 실감형 인터페이스 기술의 교육적 효과

1991년 Weiser는 유비쿼터스 컴퓨팅의 실현을 위해 컴퓨터 그 자체는 인간의 인식에서 사라지고, 일상적인 객체와의 상호작용만으로 컴퓨팅 기능을 사용할 수 있다는 비전을 발표하였다[7]. 이어 실감형 사용자 인터페이스 연구의 효시가 된 Ishii and Ullmer의 연구에서는 이러한 개념을 실현하기 위하여 가상공간과 물리적인 실세계 사이의 괴리를 줄이기 위해 실제 객체를 조작하는 것과 같은 인터페이스의 필요성을 강조하였다[8]. 이러한 방법을 통해 실세계와 가상세계가 이음새없이 (seamless) 혼합하여 사용자에게 보여지고, 실세계에서 처럼 행동하면서 가상세계와 상호작용할 수 있게 하는 기술을 증강 현실 또는 혼합 현실이라고 한다[9].

이러한 증강 현실 기술과 실감형 인터페이스는 교육의 효과를 높일 수 있는 혁신적인 교육 수단이 될 수 있을 것으로 국내외에서 기대를 모으고 있다[1][3][5][10][11]. O'Malley 와 Fraser는 이러한 콘텐츠가 갖는 심리적, 교육적 효과를 다양하게 고찰하였고, Price는 특히 상호작용, 참여, 사고력, 상상력 및 창의성, 협업 증진 등의 효과를 제시하였으며, 국내에서도 증강현실 매체가 갖는 감각적 몰입의 유발, 경험 중심 학습, 맥락 인식에 의한 학습 현존감, 협력 학습 환경의 강화 등이 제시된 바 있다[1][5][11].

2.2 실감형 교육 콘텐츠 사례

근래 소개된 실감형 학습 콘텐츠들은 주로 두 종류의 체험방법을 제공한다. 첫 번째로는 반대편을 볼 수 있는 디스플레이 장치를 머리에 끼거나(head mounted display, HMD) 손에 들고(handheld display) 실제 객체를 볼 때, 그와 관련된 가상 콘텐츠를 혼합하여 보여주는 방법이다. 'Construct3D'는 HMD를 통해 기하학적인 모양들을 입체적으로 만들고 변형할 수 있는 시스템의 사례이고, 'MagicBook' 은 handheld display를 통해, 'Magic story cube' 는 HMD를 통해 특정 이야기와 관련된 책이나 사물을 보았을 때, 그와 관련된 3D 애니메

이션을 같이 보여주는 시스템이다[12-14]. Billinghamurst는 handheld display를 통해 화산 및 지질 관련 영상을 관찰할 수 있는 'MagiVolcano' 및 태양계 여러 행성들의 정보를 관찰할 수 있는 'MagiPlanet' 등을 소개하고 있다[15].

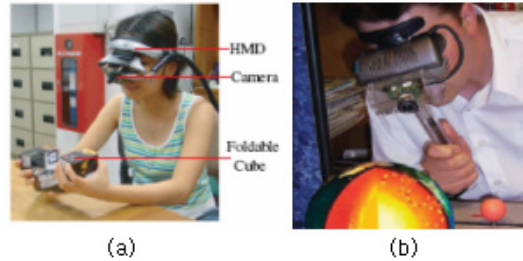


그림 1. (a) HMD [14] 와 (b) handheld display [15] 를 사용한 실감형 교육 콘텐츠

두 번째로는 별도의 디스플레이 장치를 사용하지 않고, 카메라 등을 사용해 인식한 영상과 필요한 가상 콘텐츠를 혼합하여 일반 모니터나 스크린 위에 보여주는 방법으로, 일반 콘텐츠의 조작에서부터 유기화합물의 가상적인 생성을 위한 시스템인 'Augmented Chemistry', 한국전자통신연구원의 '실감형 이러닝 시스템', 광주 과기원 VR Lab 의 '가든 얼라이브' 등이 있다[3][10][16].



그림 2. 모니터 기반 실감형 교육 콘텐츠 [16]

국내에서는 최근 실감형 교육 콘텐츠를 학교 교육과 연계할 필요성이 지적되고 있는데, 주로 일반 모니터를 통해 제공되는 교육 콘텐츠 쪽으로 초점이 맞추어지고

있다[3]. 하지만 이러한 기존의 실감형 콘텐츠들은 양쪽 모두 주로 카메라를 통한 영상 인식을 통해 실감형 인터페이스를 구현하고 있어, 조도와 같은 주변 환경에 민감하고, 영상 인식의 불안정성이 있다는 점이 아직 미결 과제로 남아 있고, 일선 학교 교실에서 도입이 용이한지에 대한 의문점도 남아 있다. 따라서, 보급 및 기능 면에서 좀 더 신뢰성 있는 시스템 및 학교교육과 연계할 수 있는 콘텐츠에 대한 연구도 계속되고 있다 [3][17].

2.3 멀티 터치 스크린과 센싱 기술

여러 점에서의 접촉을 인식할 수 있는 멀티 터치 스크린은 최근 여러 가지 용도로 그 보급이 확산되고 있으며, 학교교육과 관련해서는 전자 칠판 등의 형태로 도입되고 있다. 그리고 최근 관련 기술의 발달로 인하여 스크린 상 접촉의 위치나 이동에 관련된 정보를 강건하게 인식할 수 있다. 따라서, 아직까지는 그러한 연구 사례를 찾기 어렵지만, 향후 멀티 터치 스크린의 접촉을 통해 객체를 인식하고, 그 주위에 가상 콘텐츠를 더해주는 방법의 증강 현실 학습 콘텐츠도 가능하다. 더구나 전자 칠판 등과 연계할 경우, 이러한 시스템을 학교 교육과 연계하여 보급하는 것도 용이할 것으로 생각된다.

실감형 인터페이스의 구현을 위해서는 사용자의 여러 가지 움직임을 인식하는 것이 필요하다. 기존에는 이러한 사용자의 제스처를 인식하기 위해 앞에서 소개한대로 영상 인식을 이용하는 경우가 많았지만, 최근에는 센서 기술의 발전으로 인하여 다양한 센서들이 포함된 장치들이 소개되고 있다[17]. Microsoft에서 개발한 XWAND는 가속도 센서, 자이로 센서, 블루투스 무선 통신 모듈 등을 갖춘 통합 센싱 디바이스를 개발했다 [18]. 삼성에서는 SCURRY라는 가속도 센서와 자이로 센서가 부착된 장갑 형태의 웨어러블(wearable) 입력장치를 개발했다[19]. 또한, 모바일 장치 간의 상호작용을 위하여 'toss'와 'swing' 동작을 인식하여 파일 교환을 직관적인 인터페이스를 통해 수행할 수 있게 하는 시스템이나, 던지는 동작으로 정보를 원하는 곳에 전송하는 iThrow 등이 개발되었다[20][21]. 센서 및 통신모듈의

소형화와 저전력화로 인해 제스처 인식 장치의 크기도 소형화되고 있으며, 반지나 목걸이와 같이 웨어러블한 액세서리 형태로도 발전하고 있는 추세이다. 이러한 센싱 기술을 교육에 접목하면 학습자의 제스처를 이용한 콘텐츠와의 상호작용을 구현하는 실감형 학습 시스템을 개발할 수 있을 것으로 생각된다[21].

실감형 인터페이스의 구현을 위한 또 하나의 핵심 기술 요소는 저전력 근거리 무선통신이다. 현재 가장 널리 사용되는 근거리 무선통신 표준은 블루투스(bluetooth)로 10미터의 통신거리(class 1) 내에서 최대 2 Mbps의 전송속도를 지원한다[22]. 하지만 블루투스가 휴대폰 등의 소형 모바일 장치를 위해 저전력으로 설계되었다고는 하나, 극소형 장치에서 사용하기에는 전력소모가 상당하다. 한편, ZigBee는 센서 네트워크에서 주로 사용되는 초저전력 무선 통신 표준으로, 대기 상태 전력소모가 블루투스의 약 64% 정도에 해당한다 [23][24].

ZigBee 통신의 기능적인 구조는 [그림 3]과 같다[25]. IEEE 802.15.4 표준[23]에서는 ZigBee 통신의 Physical, MAC 계층에 대한 명세를 제공하는데, Physical 계층은 간단한 spreading 과 modulation을 통한 전송 구조로 이루어져 있어 근거리 저속 무선 통신을 낮은 가격으로 실현할 수 있고, MAC 계층에서는 단순한 작동 구조를 통해 저전력 소모를 위한 방법을 제공한다[26]. 이 두 계층에 대한 표준이 제정된 이후에도 ZigBee Alliance에서는 네트워크 및 애플리케이션 계층의 표준화 작업을 계속하고 있으며, Samsung, Motorola, Mitsubishi, Invensys, Phillips, Honeywell 등의 업체들의 참여를 통해 실제 활용도를 높이고, 관련 기술을 발전시키기 위한 노력이 지속되고 있다[26][27].

본 논문에서 제안하는 과학 실험 시스템의 경우, 실험 디바이스들과 시스템 간의 통신이 비교적 근거리에서 저속으로 이루어지고, 향후 실험 디바이스들의 종류가 늘어날 수도 있다. 또한, 이러한 상황에서 장시간 실험할 수 있는 환경 구축이 가능하여야 한다. 저전력으로 많은 개수의 장치들을 제어할 수 있는 ZigBee 통신은 이러한 시스템의 요구사항을 지원할 수 있는 통신 기술이다.

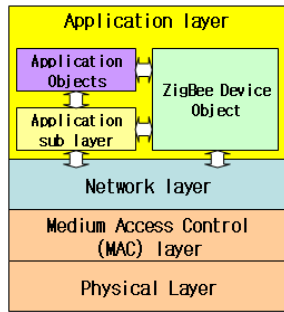


그림 3. ZigBee 통신 계층 구조

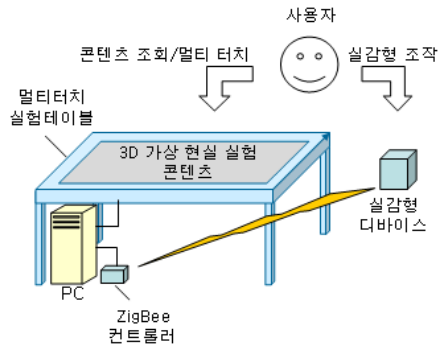


그림 4. 실감형 과학 실험 시스템 구성도

III. 실감형 과학 실험 학습 시스템

본 논문에서 제안하는 실감형 과학 실험 학습 시스템의 전체 구성도는 [그림 4]와 같다. 본 시스템은 과학 실험 학습을 수행할 때, 종래 실험실 환경과 유사한 학습 환경을 제공하여 학습자들이 느끼는 실재감을 높이는 것과 동시에, 적절한 디지털 실험 콘텐츠를 통하여 다양한 정보를 전달함으로써 학습 효과를 극대화하는 것을 우선시하여 구성하였다.

종래의 실험실 환경에서는 일반적으로 넓은 실험 테이블에 필요한 실험 기구들을 비치해두고, 2인 이상의 학습자 그룹 단위로 실험 및 관찰을 실시하는 경우가 많다. 따라서 단순히 컴퓨터 모니터 안에서 보여주는 실험 콘텐츠는 충분한 실재감 및 협동 학습을 제공하는 데 한계가 따른다. 이러한 맥락에서 본 논문은 과학 실험 학습 시스템을 종래와 같이 충분한 크기의 실험 테이블 형태로 구성하는 것을 제안한다. 이 경우, 여러 실험 기구들을 비치하고, 그 위에서 조작할 수 있는데다 2인 이상의 학습자가 참여하기에도 용이하다. 실험 테이블에는 대형 멀티 터치 스크린을 탑재하여 학습자와 상호작용이 가능한 실험 콘텐츠를 보여주어, 학습자들은 실험 디바이스들을 조작하거나, 특정 위치에 놓거나 하는 등 종래 실험실 환경과 유사한 인터페이스를 통해 스크린 내의 실험 콘텐츠를 사용한다. 실험 테이블 공간 활용도를 높이고, 실험 디바이스의 종류 및 학습 인원이 많은 경우에도 원활한 실험이 가능도록 본 논문에서는 50인치 급의 대형 멀티 터치 스크린을 적용하였다.

실험 콘텐츠는 실험 테이블 안의 PC에 저장되고, 이 PC에는 ZigBee 컨트롤러가 연결되어 있다. 학습자는 본 시스템을 이용해서 실험 학습을 할 때, 멀티 터치 스크린에 구현된 3D 콘텐츠를 보면서 멀티 터치 인터페이스를 통해 콘텐츠와 상호작용하거나, 실감형 실험 디바이스를 이용하여 증강 현실 공간 속의 객체를 조작할 수 있다. 실제 제작한 실험 테이블의 모습은 [그림 5]에 나타나 있다.



그림 5. 멀티 터치 실험 테이블

멀티 터치 및 실감형 실험 디바이스를 사용한 조작은 실시간으로 3D 증강 현실 콘텐츠에 반영되며, 증강 현실 내의 객체나 교구 조작에 따른 실험 결과가 학습자에게 보여지게 된다. 실감형 실험 디바이스들은 가상 공간 속의 객체나 실험 기구들을 의미하고, 이들을 통해 학습자들은 기존의 실험대 위에서 여러 가지 실험 기구를 가지고 하는 것과 유사한 조작을 통해 콘텐츠와 상호작용할 수 있다.

실감형 실험 디바이스의 구조는 [그림 6]에서 볼 수 있듯이, 크게 접촉부, 본체, 조작부의 세 부분으로 이루어

어져 있다. 접촉부는 멀티 터치 스크린과의 터치가 필요한 실험 디바이스의 경우, 스크린과 접촉하게 되는 부분으로, 멀티 터치 스크린은 적외선 센서를 통해 디바이스와의 접촉을 인식한다. 이 때, 멀티 터치 스크린은 디바이스 접촉부의 접촉 패턴이나 넓이 등의 정보를 계산하여 현재 접촉된 실험 디바이스의 종류 및 위치 정보, 이동 정보를 추적할 수 있다. 예를 들어서, 비커를 의미하는 실험 디바이스가 있을 경우, 이것을 멀티 터치 스크린 위 특정 위치에 올려놓거나, 이를 이동시킴으로써 가상 콘텐츠 내에 비커가 나타나거나, 움직이게 할 수 있다. 본 논문에서는 접촉부의 넓이를 통해 실험 디바이스를 인식하도록 구현하였다. 기존의 영상 인식을 통한 증강 현실 콘텐츠와 비교하였을 때, 실감형 디바이스의 접촉부는 마커(marker)의 기능을 담당한다고 할 수 있다.

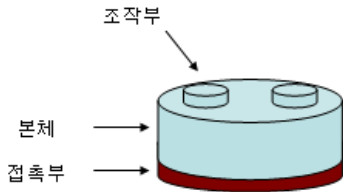


그림 6. 실감형 실험 디바이스 구조

실감형 실험 디바이스의 본체 부분은 각 디바이스의 외관을 형성하는 부분으로, 디바이스가 의미하는 실제 실험 도구나 기자재와 유사한 모습 및 조작을 가능하게 하여, 학습자가 실제 그 실험 도구를 만지는 것과 같은 느낌을 준다. 본체 안에는 멀티 터치 실험 테이블의 PC와 통신할 수 있는 ZigBee 통신 유닛과 이를 위한 USB 충전부가 포함되어 있어, 충전 후 사용 시, 멀티 터치 스크린과의 접촉 이외의 방법으로 이루어지는 조작을 콘텐츠에 전달한다. 더불어, 필요한 경우에는 본체 부분에 기울기를 인식할 수 있는 가속도 센서 등을 포함하여 비커 디바이스를 기울일 경우, 비커에 담겨 있는 내용물을 따르거나 하는 동작을 콘텐츠 속에서 보여줄 수 있다. 끝으로 조작부에서는 버튼이나 다이얼 등의 조작 장치를 필요한 경우 포함시켜, 가상 객체들의 버튼이나 다이얼 등과 같은 세부적인 조작을 받아들일 수 있도록

하였고, 조작부의 입력 역시 ZigBee 통신을 통해 콘텐츠에 전달된다. 예를 들어, 점화기를 의미하는 디바이스의 경우, 버튼을 조작하여 콘텐츠 내에서 불을 붙이거나 하는 동작을 할 수 있다.

IV. 콘텐츠 구성 예

여기서는 앞의 3장에서 소개한 실감형 과학 실험 시스템의 콘텐츠 구현 사례를 소개한다. 실험 콘텐츠는 물리 1주제, 화학 1주제를 시험적으로 제작하였으며, 실감형 학습 콘텐츠의 장점을 잘 살릴 수 있도록, 위험성을 수반하거나, 평소에 접하기 어려운 활동을 선택하였다.

4.1 콘텐츠 구성

효과적인 학습을 위하여, 각 콘텐츠들은 크게 주제 안내, 학습 목표, 알고 있나요, 실험하기, 왜 그럴까요, 평가 문제 및 생활 과학의 7개 과정으로 구성하였고, 각 과정에서 이루어지는 학습 내용은 [표 1]에서 보는 바와 같다.

표 1. 콘텐츠 구성

과정	내용
주제 안내	실험 주제에 대한 개괄 및 흥미 유발 과정
학습 목표	본 실험에서 학습할 목표 제시 과정
알고 있나요	본 실험의 이해나 활동을 위해 필요한 사전 지식 점검 과정
실험하기	멀티 터치 및 실감형 인터페이스를 통해 콘텐츠와 상호작용하면서 실험, 관찰하는 과정
왜 그럴까요	실험, 관찰한 내용에 대한 이론적 배경이나 원리 설명
평가 문제	이번 실험에서 배운 내용을 문제로 점검
생활 과학	이번 실험 내용과 관련 있는 실생활 속의 예나 과학사 등에 대한 소개

[표 1]에서 소개한 7개의 과정들 중, 나머지는 멀티 터치 스크린에 접촉하여 학습자가 진행시킬 수 있고, 네 번째의 실험하기 과정에서 실감형 실험 디바이스를 사용하며 실험 및 관찰을 통한 학습을 하게 된다. 이 다음 절에서는 시험 제작한 2개의 실험 콘텐츠 각각의 실

협하기 과정에서 어떤 활동이 이루어지고, 이를 위해 실감형 실험 디바이스를 어떻게 사용하는지 설명한다.



그림 7. 콘텐츠 구성 예

4.2 물리 실험 콘텐츠: 비행기의 원리

물리 실험 주제로는 비행기가 공중에서 어떻게 선회, 상승과 하강 등의 동작을 할 수 있는지에 대한 관찰을 선택하였다. 실제 비행기의 작동 원리는 대단히 복잡하지만, 이번 개발에서는 비행기의 조작을 승강타(동체 뒤쪽의 수평날개로 위, 아래로 움직여 비행기의 진행 방향을 위, 아래로 조작하는 부분), 방향타(동체 뒤쪽의 수직날개로 좌, 우로 움직여 비행기의 진행 방향을 좌, 우로 조작하는 부분) 및 에일러론(앞날개 뒤쪽의 움직이는 부분으로, 주로 비행기의 좌우 기울어짐을 조작하는 부분)의 세 가지만을 고려하였다.

이 실험에서는 수직날개, 수평날개를 위한 실험 디바이스에 가속도 센서를 내장시켜 기울이는 조작을 인식하게 하였다. 수직날개와 수평날개의 기능에 대한 관찰 후, 이 콘텐츠의 실험하기 과정에서는 실제 비행기를 조작해보는데, 이를 위해 [그림 8] (b)에 나오는 것과 같이 실제 비행기 모형의 승강타나 방향타 같은 부분들을 움직이게 된다. 실제 비행기 모형의 조작부에는 센서가 내장된 수직날개, 수평날개 디바이스들을 붙여 모형의 조작이 [그림 8] (a)에 보는 것과 같이 콘텐츠에 반영된다. 결과적으로 콘텐츠 안 비행기의 승강타, 방향타 등은 모형의 조작과 똑같이 움직이고, 이로 인한 여러 가지 움직임이 보여지게 된다. 이 주제의 콘텐츠에서는 멀티 터치 스크린과의 접촉은 일어나지 않는다.



그림 8. 비행기의 원리 '실험하기' 과정

'비행기의 원리' 콘텐츠에서 사용되는 실감형 실험 디바이스의 종류는 [표 2]에 나와 있고, 이들을 통해 이루어지는 실험 활동은 [표 3]에서 보는 것과 같다.

표 2. 비행기의 원리 콘텐츠 실험 디바이스

디바이스	기능
수평날개	수평 날개 및 수직 날개 역할을 하며, 사용자가 기울임에 따라 가속도 센서가 기울기를 인식하여 콘텐츠에 전달한다.
수직날개	

표 3. 비행기의 원리 콘텐츠 실험 활동

활동	구성
바람과 물체의 상호작용	강한 바람이 불 때, 수평으로 놓인 물체의 기울기에 따라 상승, 하강하는 힘이 작용하는 것을 수평날개 디바이스를 이용하여 관찰한다.
	강한 바람이 불 때, 수직으로 놓인 물체의 방향에 따라 옆으로 이동하는 힘이 작용하는 것을 수직날개 디바이스를 이용하여 관찰한다.
	강한 바람이 불 때, 수평으로 놓인 물체가 서로 반대 방향으로 기울어지면 옆으로 회전하는 힘이 작용하는 것을 수평날개 디바이스 두 개를 이용하여 관찰한다.
비행기의 동작	비행기의 승강타를 수평날개 디바이스로 조종하면서 비행기의 상승, 하강을 관찰한다.
	비행기의 방향타를 수직날개 디바이스로 조종하면서 비행기의 선회를 관찰한다.
	비행기의 에일러론을 수평날개 디바이스로 조종하면서 비행기의 기울어짐을 관찰한다.
비행 임무	수직날개, 수평날개 디바이스를 이용하여 비행기를 조종, 주어진 목표 지점들을 순서대로 방문하는 임무를 수행한다.

4.3 화학 실험 콘텐츠: 물과 나트륨의 반응

화학 실험 주제로는 물과 나트륨의 반응을 관찰하는 것을 선정하였다. 이 실험은 어느 정도 폭발이나 화재와 같은 위험성을 수반하는 실험이나, 혼합 현실 콘텐츠 속에서는 이러한 점들에 구애받지 않고 관찰이 가능

하다.

물과 나트륨의 반응 실험에서는 알칼리 금속인 나트륨 조각을 물에 넣었을 때, 격렬히 반응하는 모습을 관찰하게 된다. 이를 위해서는 물이 담긴 용기에서 물을 비커에 따르고, 핀셋으로 나트륨 조각을 집어 이 비커에 넣는다거나, 지시약인 페놀프탈레인 용액을 스포이트를 이용하여 비커에 떨어뜨리는 활동(물과 나트륨이 반응했을 때, 중성이던 물이 염기성인 수산화나트륨 수용액으로 변한다는 것을 알려주기 위해서) 등이 필요하다. 이러한 활동들은 여러 가지 주제의 과학 실험에서 많이 쓰이는 것들이다. 이러한 활동들은 본 논문에서 소개하는 시스템에서 멀티 터치 스크린 및 실감형 실험 디바이스들의 센서나 조작부를 통하여 실행된다.



그림 9. 물과 나트륨의 반응 '실험하기' 과정

예를 들어, 물이 담긴 용기를 조작하여 다른 곳에 따르고 싶을 경우에는 [그림 9] (a)에서 보이듯이, 물이 담긴 용기에 해당하는 실험 디바이스를 잡고, 멀티 터치 스크린 상의 따르고 싶은 위치에 놓은 다음, 디바이스를 들고 기울이면 콘텐츠 속의 용기 역시 기울어지면서 물이 따라지게 된다. 이러한 용기에 해당하는 실험 디바이스들은 실제 컵이나 병 등과 유사한 외관을 가지고 있다. 그 외, 스포이트나 핀셋, 점화기의 조작도 이와 유사하게, 멀티 터치 스크린 위에 해당 실험 디바이스를 놓고, 쥐거나 버튼을 클릭했다는 것을 인식하여 콘텐츠 내에서 그에 해당하는 조작이 이루어지도록 구현하였다.

물을 담고 페놀프탈레인 용액을 몇 방울 떨어뜨린 비커에 작은 나트륨 조각을 핀셋으로 집어넣었을 때 일어나는 일은 [그림 9] (b)에서 보이는 것처럼, 콘텐츠 안에서 관찰할 수 있어, 불꽃이나 폭발을 수반할 수 있는 실

험이지만, 안전하면서도 현실감 있게 관찰할 수 있다.

[표 4][표 5]는 각각 '물과 나트륨의 반응' 콘텐츠에서 사용되는 실험 디바이스 종류와 이 콘텐츠에서 체험하게 되는 활동들을 보여주고 있다.

표 4. 물과 나트륨의 반응 콘텐츠 실험 디바이스

디바이스	기능
스포이트	스크린에 터치하면, 콘텐츠의 해당 위치에 스포이트가 나타나고, 콘텐츠 안의 용기에 터치하면 그 안에 스포이트 끝부분을 담그게 된다. 이 때, 이 디바이스의 손잡이 부분을 쥐면, 내부의 버튼이 눌러지면서 이 조작이 콘텐츠에 전달되고, 현재 용기에 담긴 액체를 스포이트에 담거나, 스포이트에 있는 액체를 떨어뜨린다.
핀셋	스크린에 터치하면, 콘텐츠의 해당 위치에 핀셋이 나타나고, 작은 고체 주위에서 이 디바이스의 손잡이 부분을 쥐면, 내부의 버튼이 눌러지면서 이 조작이 콘텐츠에 전달된다. 이 때, 콘텐츠 안의 핀셋이 그 고체를 쥐게 된다.
비커	스크린에 터치하면, 콘텐츠의 해당 위치에 비커가 나타난다. 들고 기울일 경우, 안에 있는 액체를 부을 수 있다.
물병	스크린에 터치하면, 콘텐츠의 해당 위치에 물이 담긴 병이 나타난다. 들고 기울일 경우, 안에 있는 물을 부을 수 있다.
점화기	스크린에 터치하면, 콘텐츠의 해당 위치에 점화기 끝부분이 나타난다. 이 디바이스의 버튼을 누르면, 콘텐츠 안의 점화기에 불꽃이 생겨나, 주위 물체에 불을 붙일 수 있다.

표 5. 물과 나트륨의 반응 콘텐츠 실험 활동

활동	구성
벤젠의 성질 관찰	<p>나트륨 조각이 담긴 병 안에는 나트륨 외에도 벤젠이 들어 있어, 나트륨의 분해를 막는다. 이 벤젠을 스포이트 디바이스로 비커에 따르고, 물병 디바이스를 이용하여 물을 비커에 부었을 때, 두 액체가 섞이지 않는 것을 관찰한다.</p> <p>벤젠을 몇 방울 떨어뜨리고, 점화기 디바이스를 이용하여 불을 붙이면, 불에 잘 타는 것을 관찰한다.</p>
나트륨 조각 물에 넣어보기	<p>물병 디바이스를 기울여 비커에 물을 붓고, 스포이트 디바이스로 지시약인 페놀프탈레인 용액을 비커에 몇 방울 떨어뜨린다.</p> <p>핀셋으로 나트륨 조각을 집어 비커 안에 넣고, 이 때 발생하는 현상을 관찰한다.</p>

V. 논의

최근 유비쿼터스 컴퓨팅의 비전을 실현하고, 사용자의 편의성 및 실감을 제고하기 위한 증강 현실 및 실감

형 인터페이스 기술에 대한 관심이 높다. 특히 교육 분야에서는 이러한 기술들을 통해 학습자의 흥미와 실감, 몰입을 높이는 혁신적인 교육 콘텐츠가 가능할 것이라는 기대가 크다.

현재까지 이러한 기술들을 적용한 교육 콘텐츠의 사례들이 종종 소개되었지만, 대부분 에듀테인먼트로서의 기능을 가지고 있거나, 박물관 등의 특수한 장소에서의 사용을 위해 개발된 경우가 많아, 앞으로 학교 교과 교육과의 연계성을 높여나가야 하는 과제가 남아 있다. 또한, 기술적으로는 사용자의 입력을 보다 강건하게 인식하고, 부자연스러운 장비나 환경이 아닌, 일반적인 교실 환경에서 손쉽게 적용가능한 형태의 교육 콘텐츠 개발이 필요하다.

본 논문에서는 대형 멀티 터치 스크린과 실감형 인터페이스를 적용하여, 보다 효과적인 학습이 가능하도록 하는 과학 실험 학습 시스템을 소개하였다. 과학 실험 분야의 경우, 오프라인에서 수행할 때도 여러 가지 체험 활동들을 수반하기 때문에 이러한 기술들의 적용 효과가 크다고 할 수 있다. 또한, 본 시스템은 기존의 증강 현실 교육 콘텐츠들의 사례와는 달리, 사용자의 입력을 영상으로 인식하기보다 대형 멀티 터치 스크린을 이용하고, 터치 만으로는 인식 불가능한 동작에 대해서는 실감형 디바이스를 통해 입력을 받는다는 특징이 있다. 이러한 시스템 구성은 다음과 같은 장점들을 갖는다.

첫째, 대형 멀티 터치 스크린이 전자칠판 등의 형태로 교실에 보급 중에 있고, 이들과 연계하여 보급이 가능한 시스템이다.

둘째, 멀티 터치 스크린 및 실감형 디바이스를 통한 인터페이스는 영상 인식에 비해 강건하고, 간단한 방법으로 사용자의 입력을 받아들일 수 있다.

셋째, 기존의 학교교실에서는 책상이나 실험대 위에 교구나 실험 기구들을 놓고 움직이거나 조작을 하면서 수업 및 실험이 이루어졌는데, 대형 멀티 터치 스크린 위에 디바이스들을 놓는 방법으로 터치하는 것은 이러한 기존 수업 활동과도 유사하다.

넷째, 위 둘째, 셋째 장점으로 인하여 모니터 기반 증강현실보다 실감을 높일 수 있고, 대형의 스크린을 사용하기 때문에, 학습자들의 협동 학습도 수월해진다.

이러한 장점들로 인하여, 앞으로는 접촉을 통해 증강 현실 및 실감형 인터페이스를 구현한 교육 콘텐츠들도 많이 소개될 것으로 기대한다.

본 연구의 추후 과제로는 다음과 같은 것들이 있다. 우선, 현재 실감형 과학 실험 시스템의 경우, 물리, 화학 각 1종씩의 콘텐츠가 시험 제작되었는데, 향후에는 보다 다양한 주제의 콘텐츠를 개발할 필요가 있으며, 이를 위해서는 보다 다양한 제스처 및 동작을 인식하기 위해 추가적인 실험 디바이스들이 제작되어야 한다. 또한, 실험 주제가 많아질 경우, 실감형 실험 디바이스들의 개수가 너무 많아지지 않도록, 실험 디바이스들의 접촉부 식별 방법 및 기능을 표준화하는 부분에 대한 연구 역시 진행 중에 있다. 또한, 이렇게 콘텐츠와 디바이스들을 확장한 후에는 궁극적으로 실제 학교 교육에 접목하여 그 교육효과를 검증하고, 시스템을 지속적으로 개선해 나가기 위한 연구를 진행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] C. O'Malley and C. Fraser, Literature Review in Learning with Tangible Technologies, Technical report, NESTA Futurelab, 2004.
- [2] 교육인적자원부, 한국교육학술정보원, 증강현실 기반 차세대 체험형 학습모형 연구, 연구보고 CR2006-18, 2006.
- [3] 김용훈, 이수웅, 이준석, 노경희, “혼합현실기반 이터닝 기술동향”, 전자통신동향분석, 제24권, 제1호, pp.90-100, 2009.
- [4] B. Ullmer and H. Ishii, “Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces,” IBM Systems Journal, Vol.39, No.3-4, pp.915-931, 2000.
- [5] 장상현, 계보현, “증강현실 콘텐츠의 교육적 적용”, 한국콘텐츠학회지, 제5권, 제2호, pp.79-85, 2007.
- [6] O. Shaer and E. Hornecker, “Tangible User Interfaces: Past, Present and Future Directions,” Foundations and Trends® in Human-Computer

- Interaction, Vol.3, No.1-2, pp.1-137, 2009.
- [7] M. Weiser, "The Computer for The 21st Century," Scientific American, Vol.265, No.3, pp.94-104, 1995.
- [8] H. Ishii and B. Ullmer, "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits, and Atoms," Proceedings of the ACM SIGCHI conference on Human factors in computing, pp.234-241, 1997.
- [9] P. Milgram and F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Display," IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E77-D, No.12, pp.1321-1329, 1994.
- [10] 한은정, 김기락, 정기철, "e-learning 환경을 위한 실감형 교육 콘텐츠 시스템", 한국정보과학회 가을 학술발표논문집, 제31권, 제2호, pp.268-270, 2004.
- [11] S. Price, Y. Rogers, M. Scaife, D. Stanton, and H. Neale, "Using 'Tangibles' to Promote Novel Forms of Playful Learning," Interacting with Computers, Vol.15, No.2, pp.169-185, 2003.
- [12] H. Kaufmann and D. Schmalstieg, "Mathematics and Geometry Education with Collaborative Augmented Reality," Computers & Graphics, Vol.27, No.3, pp.339-345, 2003.
- [13] M. Billinghurst, H. Kato, and I. Poupyrev, "The MagicBook: A Transitional AR Interface," Computers & Graphics, Vol.25, No.5, pp.745-753, 2001.
- [14] Z. Zhou, A. Cheok, J. Pan, and Y. Li, "Magic Story Cube: An Interactive Tangible Interface for Storytelling," Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International conference on Advances in computer entertainment technology, pp.364-365, 2004.
- [15] M. Billinghurst, R. Grasset, R. Green, and M. Haller, "Inventing the Future Down Under: The Human Interface Technology Laboratory New Zealand (HIT Lab NZ)," ACM SIGGRAPH Computer Graphics, Vol.39, No.2, pp.18-23, 2005.
- [16] M. Fjeld, J. Fredriksson, M. Ejdestig, F. Duca, K. Botschi, B. Voegtli, and P. Juchli, "Tangible User Interface for Chemistry Education: Comparative Evaluation and Re-design," Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing, pp.805-808, 2007.
- [17] 홍동표, 우운택, "체스처 기반 사용자 인터페이스에 대한 연구 동향", Telecommunications Review, 제18권, 제3호, pp.403-413, 2008.
- [18] A. Wilson, and S. Shafer, "XWand: UI for Intelligence Spaces," Proceedings of the ACM conference on Human Factors in Computing Systems, pp.545-552, 2003.
- [19] 김윤상, 소병석, 이상국, "A New Wearable Input Device: SCURRY," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.52, No.6, pp.1490-1499, 2005.
- [20] K. Yatani, K. Tamura, K. Hiroki, M. Sugimoto, and H. Hashizume, "Toss-It: Intuitive Information Transfer Techniques for Mobile Devices," Proceedings of the ACM conference on Human Factors in Computing Systems, pp.1881-1884, 2005.
- [21] 유종운, 정요원, 송용, 이주평, 임승호, 박기웅, 박규호, "iThrow: A New Gesture-Based Wearable Input Device with Target Selection Algorithm," Proceedings of the International conference on Machine Learning and Cybernetics, pp.2083-2088, 2007.
- [22] IEEE 802.15.1 Specification, Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications for Wireless Personal Area Networks, 2002.
- [23] IEEE 802.15.4 Specification, Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specification for Low Rate Wireless Personal Area Networks,

2003.

- [24] 김수민, 정조운, 정병훈, 강민숙, 성단근, "Energy-Aware Communication Module Selection through ZigBee Paging for Ubiquitous Wearable Computers with Multiple Radio Interfaces," International Symposium on Wireless Pervasive Computing, pp.37-41, 2007.
- [25] P. Baronti, P. Pillai, V. Chook, S. Chessa, A. Gotta, and Y. Hu, "Wireless Sensor Networks: a Survey on the State of the Art and the 802.15.4 and ZigBee Standards," Computer Communications, Vol.30, No.7, pp.1655-1695, 2007.
- [26] 김진태, 권영미, "RFID와 ZigBee를 이용한 유비쿼터스 u-Health 시스템 구현", 전자공학회 논문지, 제43권, 제1호, pp.79-88, 2006.
- [27] 최성철, 정우정, 김태호, 정규석, 김종현, 이인성, "ZigBee 기반 네트워크의 확장을 위한 어드레스 방식과 라우팅 방법", 한국콘텐츠학회논문지, 제9권, 제7호, pp.57-66, 2009.

저 자 소 개

김 준 우(Jun Woo Kim)

정회원



- 2001년 2월 : 한국과학기술원 산업공학과(공학사)
 - 2003년 8월 : 한국과학기술원 산업공학과(공학석사)
 - 2009년 8월 : 한국과학기술원 산업및시스템공학(공학박사)
 - 2008년 10월 ~ 현재 : (주) 브레인벨리 대표 이사
 - 2009년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 산업경영학부 대우교수
- <관심분야> : 경영정보시스템, 데이터마이닝, Operations Research, 고객관계관리, 교육콘텐츠, e-러닝, 지능형튜터링

맹 준 희(Jun Hee Maeng)

정회원



- 1998년 8월 : 선문대학교 수학과(이학사)
 - 2006년 8월 : 충남대학교 교육학과(교육학석사)
 - 1998년 11월 ~ 현재 : 한국과학기술원 과학영재교육연구원 선임연구원
- <관심분야> : 과학영재교육, 교육콘텐츠, 콘텐츠서비스

주 지 영(Jee Young Joo)

정회원



- 2001년 2월 : 충남대학교 물리학과(이학사)
 - 2004년 2월 : 한국교원대학교 대학원 공통과학교육과(교육학석사)
 - 2004년 5월 ~ 2010년 2월 : (주) 브레인벨리 선임연구원
 - 2010년 3월 ~ 현재 : 한국과학기술원 과학영재교육연구원 연구원
- <관심분야> : 과학영재교육, e-러닝, 과학사

임 광 혁(Kwang Hyuk Im)

정회원



- 1995년 2월 : 한국과학기술원 전산학과(공학사)
 - 2000년 8월 : 한국과학기술원 산업공학(공학석사)
 - 2006년 2월 : 한국과학기술원 산업공학(공학박사)
 - 2006년 3월 ~ 2008년 2월 : 삼성전자(주) 반도체연구소 책임연구원
 - 2008년 3월 ~ 2010년 2월 : 배재대학교 전자상거래학과 전임강사
 - 2010년 3월 ~ 현재 : 배재대학교 전자상거래학과 조교수
- <관심분야> : 경영정보시스템, 데이터마이닝, 지능정보시스템, 전자상거래, 고객관계관리, e-러닝