

증강현실(Augmented Reality) 콘텐츠의 교육적 적용

장상현, 계보경 (한국교육학술정보원)

차 례

1. 서론
2. 증강현실 학습 콘텐츠의 유형
3. 증강현실 콘텐츠의 학습에 적용 사례
4. 결 론

1. 서론

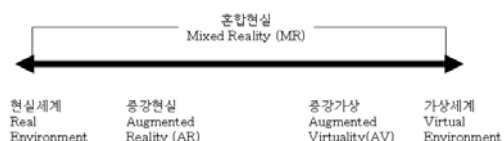
새로운 디지털콘텐츠에 대한 관심은 정보통신기술이 발전함에 따라서 항상 존재하였고, 특히, 이를 교육(education) 혹은 학습(learning)과 연결시키려는 노력이 끊임없이 지속되어 왔다. ‘디지털콘텐츠를 활용하면 교육력을 향상시켜줄 것인가?’ 라는 근원적인 질문이 최근에 들어와서 컴퓨터 공학이 발달하면서 ‘공학이 교육의 모습을 어떻게 바꾸어 놓을 것인가?’하는 것으로 보다 확장되게 되었다[1][2]. 그러나 아직도 교육용 디지털 콘텐츠 연구자들의 주요 관심은 디지털콘텐츠의 효과성 측면에 있다 할 수 있다. 이러한 관심에도 불구하고 디지털콘텐츠가 단순히 다양한 정보양식의 제공을 통해 흥미나 관심을 높여줄 것이라는 기대 외에 어떤 이유에서 구체적으로 학습효과를 향상시켜주는지, 또는 이 디지털콘텐츠의 어떤 특성이 학습 활동과 어떻게 관련되어 있는지에 대한 연구를 찾기 또한 쉽지 않다[3].

학생들은 새로운 정보통신기술이 적용된 교육용 콘텐츠에 몰입(follow) 정도가 높은 신기효과(novelty effect)를 가지고 있다. 유비쿼터스 학습 환경에서 적용될 모바일 러닝(m-learning), 가상현실 러닝(v-learning), 로봇 러닝(r-learning) 등 신기술에 대한 기대가 크다[4]. 그 중에 최근 많은 연구자들이 주목하고 있는 미래기술의 집약체라 볼 수 있는 증강현실(Augmented Reality: AR) 콘텐츠가 어떠한 특성 요인으로 인해 교육과 학습효과를 갖을 수 있는지 사례를 기반으로 소개하고자 한다. 증강현실은 실제 현실세계에서의 맥락성을 유지하며 3차원의 가상 객체를 통한 증강된 정보를 학습자에게 제공한다. 또한, 기존 데스크탑 PC를 통해 지배적으로 활용되어오던 그래픽 인터페이스

(Graphic User Interface: GUI) 방식이 아닌, 구체적인 실제 세계의 사물을 가지고 가상객체를 조작하는 실물형 인터페이스(Tangible User Interface: TUI)를 제공한다. 이러한 매체적 특성으로 말미암아 증강현실은 체험에 의한 학습(learning by doing)과 실제적인 학습(authentic learning)을 가능하게 함으로써, 학습에서의 현존감(presence)과 몰입(flow)을 높여 학습효과를 극대화하는 결과를 얻을 수 있다[5].

1.1 증강현실의 이론적 배경

증강현실이란 실세계와 가상세계를 이음새없이(seamless) 실시간으로 혼합하여 사용자에게 제공함으로써, 사용자에게 보다 향상된 몰입감과 현실감을 제공하는 기술이다[6]. 가상현실과 증강현실은 모두 가상성에 바탕을 두고 있으나, 증강현실 기술은 컴퓨터가 구축한 가상공간 속에 사용자를 몰입하게 하는 기술인 가상현실(Virtual Reality: VR)과 TV 영상과 같은 현실의 중간에 위치하는 기술로 사용자의 실제 환경에 가상의 정보를 더해줌으로써 실제감을 향상시키는 기술이다. 사용자가 가지고 있는 기존의 실제 환경 정보를 유지한다 점에서 증강현실 기술은 실제 환경을 컴퓨터가 생성한 환경과 완전히 대체하는 가상현실 기술과 차이점을 지닌다. [그림 1]은 실세계 환경과 가상세계의 연속성 상에서의 증강현실의 위치를 보여준다[7].



▶▶ 그림 1. 실세계 환경과 가상세계 환경의 연속성

1991년 Mark Weiser가 “Ubiquitous Computing”에 대한 비전을 담은 논문을 발표하면서 세계는 컴퓨팅 기능을 감춰 보이지 않게 만드는 새로운 패러다임으로 급격히 방향을 전환하고 있다. 컴퓨터가 유비쿼터스화되고 보이지 않게 되기 위해서는 물리적 환경과 디지털 정보 간의 결합이 필수적이며 인터페이스 방식에 있어서도 기존의 그래픽 인터페이스(graphic user interface: GUI) 모델을 넘어선 손에 잡히는(grasp) 구체적인 조작방식의 지원이 필수적이다[8]. 증강현실은 이러한 실물형 인터페이스(tangible interface)를 지원하는 3차원 매체로 사람과 정보간의 이음새없는 상호작용을 가능하게 한다.

1.2 증강현실의 매체적 특성

가. 3차원 방식의 다감각적(multi sensory) 정보 제공

증강현실은 가상현실과 같이 다양한 감각을 지원하는 3차원의 입체적 객체를 통해 현실감있는 정보를 제공한다. 이렇게 현실감있는 경험은 시각, 청각, 촉각, 후각 등을 통해 이루어진 지각화(perceptualization)의 결과이다. Gibson은 인간의 능동적 탐구를 통해 보고, 듣고, 느끼는 다양한 감각이 서로 보완적으로 상호작용함으로써 인지 활동이 가능해진다고 설명하였는데, 증강현실은 바로 이러한 다감각에 의존한 표현 방식을 통해 인간의 지각력을 높임으로써 정보에 대한 몰두(immersion)를 가져온다[9]. 아울러 증강현실의 3차원 표현방식은 물리적 공간에서 발생하는 현상들에 대한 이해를 높여준다. 특히 직접적인 체험을 강화해주는 1인칭 관점과, 전지적 시점에서 현상을 이해하도록 돕는 3인칭 관점 등 다양한 관점의 제공은 현상에 대한 이해의 폭과 깊이를 넓혀준다. 또한 증강현실은 가상적 객체를 활용하는 특성으로 인해, 현실 세계에 대한 시뮬레이션뿐만 아니라 현실세계에서 불가능한 체험을 가능하게 해주는 장점을 지니고 있다.

나. 이음새없는(seamless) 인터페이스를 통해 연결된 현실세계와 가상세계의 자유로운 탐색



▶▶ 그림 2. 가상성의 정도에 따른 구분

증강현실 기술은 현실과 가상세계 간의 자연스러운 전환을 가져올 수 있다. 일반적으로 인터페이스는 사용자가 어느 정도로 컴퓨터로 세계를 조절할 수 있는가에 따라 분절된 포인트로 구성되어 있다. [그림 2]의 왼쪽에서 오른쪽으로 가상 이미지의 양은 증가하고 현실세계와의 연계성은 약화된다.[10]

전통적 인터페이스 환경에서는 사용자가 실제 세계와 가상 세계의 연속선상을 마음대로 쉽게 이동할 수 없다. 그러나 인간의 행동은 분절된 요소로 나뉘어질 수 없는 경우가 더 많으며, 사용자들은 특정 과제를 수행하는데 있어 실제세계와 가상세계가 이음새없이(seamless) 자연스럽게 전환될 수 있기를 기대한다. 이러한 기대는 가상의 모형을 새롭게 만들거나 보려고 할 때, 3차원의 그래픽 콘텐츠와 상호작용하고자 할 때 더욱 그러한데, 예를 들어 3차원 모델링을 통해 빌딩을 설계하는 소프트웨어를 활용할 때 사람들은 종종 작업을 멈추고 컴퓨터 스크린으로부터 벗어나 실제 종이에 아이디어를 스케치하려고 한다. 이때 발생하게 되는 가상환경과 실제환경과의 의도하지 않은 분절은 작업의 흐름을 방해한다. 그러나 증강현실 인터페이스는 설계자의 의도에 따라 순수한 현실세계에서 순수한 가상세계로 사용자가 자연스럽게 이동할 수 있도록 하는 전환적 인터페이스(transitional interface)를 제공할 수 있다[11]. 이러한 실제세계와 가상세계를 이음새없이 연계해주는 증강현실의 매체특성은 실제현실과 가상의 학습정보를 자연스럽게 결합해 주는 점에서 보다 자연스러운 행위유발성(affordance)의 장점과 학습효과를 증진시키는데 기여할 것으로 기대된다. 특히, 실세계의 환경을 유지해 학습에 대한 맥락성을 강화함으로써 단순한 개념의 습득이나 이해 차원을 넘어서 적용 부분에 있어 효과를 가질 것으로 예측된다.

다. 실물형(tangible) 인터페이스를 통한 조작성의 강화

실물형 인터페이스(Tangible User Interface: TUI)란 실세계의 물체, 도구, 2차원적인 표면, 3차원 공간 등 실세계의 것, 예를 들어, 책이나 연필, 미니자동차 등을 이용하여 컴퓨터의 입력장치, 즉 디지털 정보를 다루기 위한 인터페이스로 사용하는 것을 말한다[8]. 실물형 인터페이스는 기존의 어떤 인터페이스와도 상당히 차별화된 특성을 지니고 있다. 예를 들어, 레고는 여러 단위의 블록들을 쌓아 3차원 모델을 만드는 장난감으로, 레고로

3차원 모델을 만드는 것은 생각에 따라 바로 할 수 있는 단순한 작업이다. 그러나 이러한 레고를 컴퓨터 작업환경으로 옮겨 컴퓨터의 3차원 모델링 도구를 이용해 가상 모델을 만드는 것은 결코 쉬운 작업이 아니며 사용법에 대한 습득과 훈련을 받아야만 한다. 그러나 이런 컴퓨터 작업에 마우스나 키보드가 아닌 레고 블록을 인터페이스로 활용하면 누구나 쉽게 가상 모델을 만들 수 있다[12]. 이와 같이 실제 세계의 물체를 가지고 컴퓨터의 가상 모델을 컨트롤하는 인터페이스 방식이 바로 실물형 인터페이스이다. 이때 실제세계의 물체는 하나의 입력장치가 되며, 가상세계에 있는 모델과 직결된 관계를 갖게 된다[8]. 이와 같이 실물형 인터페이스는 이제까지 사람의 손으로 만지지 못했던 디지털 객체를 손쉽게 사람이 만지고 선택하고 이동할 수 있게 해 줌으로써 인터페이스 자체를 더욱 직관적이고 쉽게 조작할 수 있도록 해준다.

1.3 증강현실의 교육적 장점과 학습 촉진 요소

증강현실은 앞서 논의한 실물을 조작하며 상호작용할 수 있는 실물형 인터페이스와 현실과 가상공간을 넘나드는 자연스러운 인터페이스 제공을 통해 매력성있는 실제적인 환경에서 체험에 의한 학습 즉, learning by doing 을 지원한다. 공유공간에서의 협력적 증강현실의 탐색에 대한 연구를 통해 증강현실의 기술적 장점을 다음과 같이 지적하였다. 증강현실은 첫째, 실제세계와 가상세계를 연결한 순조롭고 매끄러운 상호작용을 제공하고, 둘째, 현존감을 향상시키며, 셋째, 협업에서 참여자에게 공간적인 정보를 제공하고, 넷째, 메타포를 활용한 실물형 인터페이스를 지원하며, 마지막으로 가상 세계와 현실세계의 부드러운 전환을 가능하게 해준다는 것이다[12].

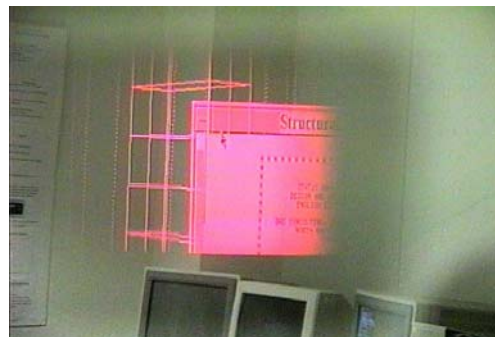
Shelton은 이러한 증강현실의 기술적 장점을 바탕으로 증강현실의 교육적 활용이, 능동적 학습(active learning), 구성주의적 학습, 의도적 학습(intentional learning), 실제적 학습(authentic learning) 및 협동학습(cooperative learning)을 촉진할 수 있음을 주장하기도 하였다[13]. 증강현실이 학습과정을 촉진시킬 수 있는 이유는 주로 맥락화된 환경에서 학습객체에 대한 실제적인 조작활동이 수반되기 때문이다. 조작활동은 학습자의 학습경험을 증진시키며 학습장면에 몰입을 유발하게 된다. 또한, 학습장면을 그대로 활용하여 그 위에 학습객체를 부가적으로 보여주는 증강현실의 기술적 특성은 학습

맥락에 대한 이해를 촉진시킬 수 있다는 장점을 갖고 있다. 증강현실 매체가 갖는 감각적 몰입의 유발, 직접 조작에 의한 경험중심 학습, 맥락인식에 의한 학습 현존감 발생, 협력학습 환경의 강화를 학습촉진요인으로 제안한 바 있다[14].

2. 증강현실 학습 콘텐츠의 유형

2.1 관찰조작형

관찰조작형은 실감형 증강현실에서 가장 폭 넓게 적용할 수 있는 학습유형이다. 증강현실 기법을 활용하여 구체적인 물체나 물리적 대상을 화면에 제공하여 각 부분의 명칭이나 기능이나 작동법 등을 제시하는 형태이다. 예를 들어서 교재에 나오는 내용을 증강현실로 구현하여 학습자에게 생생한 학습내용을 전달하고자 할 때 적용해 볼 수 있다. [그림 3]은 증강현실 기법을 활용하여 실내 공간의 건축구조가 어떠한 방식으로 이루어졌는가를 보여주기 위한 적용사례이다.

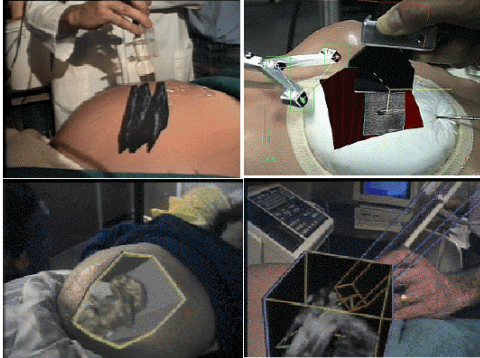


▶▶ 그림 3. 건축 구조물의 내부 모습을 제공하는 사례

관찰조작형은 책 형태로 제작되어 학습자에게 이야기를 들려주는 스토리텔링을 포함하고 있는 학습 콘텐츠이다. 학습자는 학습 에이전트가 안내하는 내용을 통하여 이야기를 이해하거나 이야기 속의 장면이 증강현실로 구현된 장면 등을 관찰함으로써 학습활동을 수행할 수 있다.

또한 관찰조작형에서는 학습자의 간단한 조작활동이 포함되기 때문에 절차적인 학습에도 적합한 유형이라고 할 수 있다. 즉, 특정한 과제를 수행하기 위한 절차 등을 쉽게 이해할 수 있도록 증강현실을 적용한 것이다. 과업 수행 상황을 제시하고 학습자의 다양한 반응과 그에 의한 피드백을 구현하는 것이다. 이 과정에서 학습자는 문

제 해결을 위한 다양한 접근 방식을 탐구해 볼 기회를 갖게 된다. 예를 들어서, 정밀수술이 필요한 수술상황에서 의사의 수술과정을 증강현실을 적용하여 시각적으로 표현하고 적절한 수술절차를 연습할 수 있도록 만들어 주는 시스템을 생각해 볼 수 있다. [그림 4]는 수술과정을 연습해 볼 수 있도록 구현해 놓은 시스템이다.



▶▶ 그림 4. 정밀수술을 위한 증강현실의 구현 사례

2.2 실험활동형

실험활동형의 학습 콘텐츠 유형은 일반적인 시뮬레이션형 구현방식과 거의 같다. 즉, 증강현실 기법을 활용하여 가상의 공간을 생성한 이후에 학습자가 다양한 조작활동을 해볼 수 있도록 만들어 놓은 것이다. 관찰조작형에 비하여 실험활동형은 학습자의 복잡한 조작활동이 가능해야 한다. 이런 유형의 학습 콘텐츠는 증강현실에서 제공된 학습객체에 대한 다양한 조작경험을 통하여 원리 및 규칙을 학습하도록 만들기 위한 것이다.



▶▶ 그림 5. 시뮬레이션 구현 사례

따라서 학습자의 조작활동은 복잡해질 수 있으며, 조작도구의 종류가 훨씬 다양해질 수 있다. 다양하고 복잡

한 조작활동이 가능한 이와 같은 학습환경에서 학습자는 객체의 조작을 통하여 학습객체간의 인과성을 발견할 수 있게 된다. [그림 5]는 가상공간을 구현한 다음에 학습자가 객체에 대한 조작활동을 수행할 수 있는 사례이다.

2.3 학습안내형

학습안내형은 학습자가 학습공간을 이동하는 과정에서 학습내용을 제공하는 방식이다. 관찰조작형과 마찬가지로 증강현실 기법을 활용하여 학습내용을 관찰할 수 있는 환경을 제공하는 특징을 갖고 있다. 그러나 관찰조작형은 고정된 학습공간을 가정하고 있기 때문에 학습자의 이동이나 동선을 고려할 필요가 없다. 반면에 현장학습 안내형은 학습자의 위치를 인식하기 위한 기법이 사용되어야 하며, 증강현실을 구현할 수 있는 매체를 학습자가 휴대해야 한다는 특징을 갖고 있다. 따라서 현장학습 안내형은 학습자의 학습공간 이동이나 동선 등을 고려하여 학습내용을 제시할 때 적합한 방법이라고 할 수 있다.



▶▶ 그림 6. 학습용 에이전트 구현 사례

이 유형에서는 학습내용을 제공해 주기 위한 에이전트를 활용할 수 있으므로 학습용 에이전트가 학습자의 이동이나 위치에 따라서 적절한 학습내용을 제시해 준다면, 학습자의 학습활동을 안내하는 역할을 수행할 수 있을 것이다. [그림 6]은 에이전트가 등장하고 있는 증강현실 구현 사례이다.

2.4 현장문제 해결형(Field Problem Solving)

현장문제 해결형은 맥락인식을 강조하여 실제 과제를 수행하는 과정에 필요한 정보를 제공할 수 있도록 구현

된 증강현실을 의미한다. 학습자에게 어떤 상황을 제시하고 학습자는 다양한 의사결정을 내리기 위하여 부가적인 정보를 제공받는 상황을 의미한다. 특히, 현장문제 해결형에서는 위치기반 정보를 바탕으로 학습자가 직면하고 있는 실제 상황에 대한 부가적인 정보를 제공할 수 있어야 한다. 이런 시스템은 실제상황과의 상호작용 능력을 기르게 하여 궁극적으로 학습의 전이를 증진시킬 목적이 있다.

현장문제 해결형은 학습자의 동선과 복잡한 조작활동 등을 모두 고려할 수 있기 때문에 복잡한 학습시스템이라고 할 수 있다. 게다가 이동성을 확보해야 하기 때문에 현장학습 안내형과 마찬가지로 증강현실 시스템을 구현하는 장치를 휴대해야 한다. 이러한 기술적인 어려움 때문에 당장 학교학습 장면에서 적용되기는 쉽지 않을 것으로 판단된다. 특히, 자연패턴 인식과 같이 기술적으로도 한계를 갖고 있다고 할 수 있다. [그림 7]은 학습자가 관찰하고 있는 실제 사물에 대한 부가적인 정보를 제공해 주기 위한 증강현실의 사례이다.



▶▶ 그림 7. 실제 사물에 대한 부가적인 정보제공

3. 증강현실 콘텐츠의 학습에 적용 사례

2005년도 한국교육학술정보원(KERIS)과 포항공대 디지털 체험 센터에서 공동 개발한 체험형 학습 콘텐츠, 물의 여행(Journey of Water)을 활용하였다. [그림 8]의 “물의여행” 콘텐츠는 초등학교 5학년 과학과의 학습내용을 바탕으로 실제에서는 경험해보기 힘든 자연세계에 대한 경험적 직관을 형성하는데 유용한 증강현실 기술의 특성을 살려 개발되었다. 프로그램 활용 대상은 초등학교 5학년 학생으로, 학습 내용은 빗방울과 함께 여행을 떠나 증발, 강수, 유수로 이루어지는 물의 순환 과정을

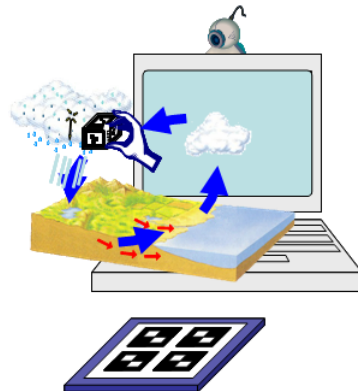
직접 관찰하고 실험할 수 있도록 구성되어 있다.

콘텐츠의 구성은 크게, 물의 순환 원리에 대한 기본 설명에 이어, 구름의 생성 원리에 대한 실험, 응결핵을 통한 비의 생성 원리 실험, 온도와 습도 조절에 따른 증발과 응결(눈과 비의 생성) 실험의 세 가지 상호작용적 학습 활동으로 이루어져있으며, 학습자가 직접 마커(marker)와 조작 도구를 활용해 물의 순환 과정을 직접 체험해 볼 수 있도록 설계되어 있다.



▶▶ 그림 8. 초등학교 과학 증강현실 콘텐츠 사례

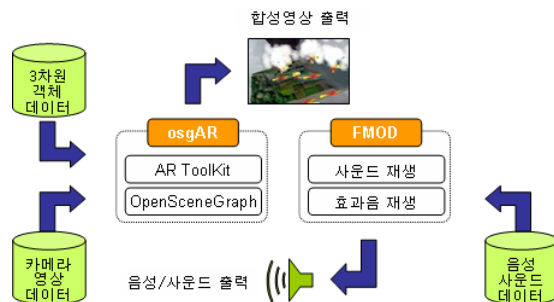
학교현장 및 가정에서의 활용이 용이하도록 기존 HMD(Head Mounted Display)장비나 소프트웨어 구입 등 기본적인 체험형 학습 콘텐츠 활용 환경 구축에 소요되는 비용을 최소화하여 일반 컴퓨터 환경에서 웹카메라를 사용하여 복잡한 과학 기구 없이 간단한 인쇄물 형태의 도구를 활용, 가상으로 체험 학습을 행할 수 있는 방식을 채택하였다.



▶▶ 그림 9. 증강현실 기반 학습 활용 환경

시스템 구현에 있어 증강현실 프로그램은 오픈소스로 공개되어 있는 2가지 프로그래밍 라이브러리를 사용하여 개발되었다. 활용 라이브러리 중 첫 번째는 “ARToolKit”으로 화상 카메라로부터 들어오는 영상에서 미리 정의되어 있는 여러 마커를 찾아내어 3차원 공

간상의 위치와 방향을 계산해내도록 하는 기능을 담당한다. 두 번째는 3차원 렌더링 라이브러리인 “Open Scene Graph” 로 인식된 표식 위에 3차원 그래픽 객체들을 실시간에 그려주는 기능을 담당한다. 이 두 라이브러리의 연결에 대한 핵심 기능은 ARToolKit에서 출력되는 실사 영상을 Open Scene Graph의 뒷 배경에 그려주고, 마커와 3차원 그래픽 객체의 위치와 방향을 정확하게 일치시켜 주는 배열에 있다[15].



▶▶ 그림 10. 증강현실 기반 체험형 학습 시스템 구성

4. 결론

어떤 새로운 디지털콘텐츠가 교육에 도입되었을 때, 우선적으로 그 콘텐츠가 그 전까지 있어온 전통적 교수 학습방식보다 더 효과가 있을 것인가 하는 호기심은 교육학자들 사이에 항상 존재해 왔고, 또한 그러한 연구들이 새로운 기술이 출현함과 더불어 이루어져 왔기 때문에 연구자들의 관심을 끌게 마련이다.

증강현실 콘텐츠의 교육적 적용은 학생들의 만족도와 적용 측면의 학습효과에 있어 간접효과뿐만 아니라 직접 효과를 갖는 것으로 나타났다[5]. 첫째, 감각적 몰두는 현존감과 학습 몰입을 매개로 지식·이해, 적용의 인지적 학습 효과에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 증강현실 기술의 활용이 단순한 감각적 호기심 제공을 뛰어넘어 학습 자체에 대한 몰입과 효과에도 의미 있게 작용함을 보여주는 결과이다. 둘째, 학습효과 측면에 있어서는 지식·이해 요인보다 적용 요인에 증강현실 콘텐츠의 활용이 더 큰 설명력을 갖는 것으로 나타났다. 이는 증강현실의 활용이 기존 개념이해 중심의 비맥락화된 지식의 습득을 넘어서 실제적 맥락 속에서 적용에 의미 있는 효과를 가짐을 보여주는 결과로, 가상현실 기법의 활용이 과학적 분석 및 종합 능력의 향상에 기여했음

을 보고한 연구결과 및 증강현실이 상황인식(situational awareness)을 높여 단순한 개념의 습득이나 이해차원을 넘어서 적용 부분에 효과를 나타내는 결론을 얻었다 [6][16].

이상과 같이 교육과 접목되는 신기술의 디지털콘텐츠는 향후 그 활용이 교육 분야에서 지속적으로 증대될 것으로 예측된다. 따라서, 보다 다양한 대상과 교과, 학습상황에서의 새로운 교수학습매체로서의 증강현실의 콘텐츠가 개발되어야 하며 교육적 가치를 검증할 수 있는 연구가 필요하다. 또한 구체적인 실제 세계의 사물을 가지고 가상객체를 조작하는 실물형 인터페이스(Tangible User Interface: TUI)를 다양화하기 위한 기술을 통하여 행위유발성(affordance)의 문제를 보다 개선하여 실물조작을 통한 교육의 핵심 요소인 상호작용적 특성을 극대화할 수 있는 보다 진전된 기술 개발이 필요하다.

참고문헌

- [1] Banathy, B. H. *Systems design of education*. NJ: Educational Technology Publications, 1991년
- [2] Reigeluth, C. M. A third-wave educational system. In Banathy B. H. *Systems design of education*. New Jersey: Educational Technology Publications, 1991년
- [3] Crook, C. *Computers and the collaborative experience of learning*. NY: Routledge, 1994년
- [4] 장상현, 계보경, u-러닝 환경에서의 에듀테인먼트 개발 및 적용, 정보과학회지 제24권 제2호, 2006년
- [5] 계보경, 증강현실 기반 학습에서 매체특성·현존감·학습몰입·학습효과의 관계 규명, 이화여자대학교 박사학위 청구논문, 2007년
- [6] Azuma, R. T. *A Survey of Augmented Reality*. In Presence: Teleoperators and Virtual Environment, 1997년
- [7] Milgram, P., & Keshino, F. A taxonomy of mixed reality visual display. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 1994년
- [8] shii, H. and Ullmer, B. (1997), *Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms*, Conference on Human Factors in Computing Systems CHI, ACM Press, 1997년
- [9] Gibson, J. J. (1986). *The Ecological Approach to Visual Perception*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986년
- [10] Billingham, M. Augmented reality in education. *New Horizons for Learning Online Journal*, 2003년

- [11] Billingham, M., R. Grasset & J. Looser (2005). Designing Augmented Reality Interfaces. Computer Graphics, 2005년
- [12] Anderson, D., J. Frankel, J. Marks, A. Agarwala, P. Beardsley, J. Hodgins, D. Leigh, K. Ryall, E. Sullivan, and J. Yedidia, 2000년
- [13] Shelton, B. E. *How Augmented Reality Helps Students Learn Dynamic Spatial Relationships*. Unpublished doctoral dissertation, University of Washington, 2003년
- [14] 류지현, 조일현, 허희옥, 김정현, 계보경, 고범석. 증강현실 기반 차세대 체험형 학습 모형 연구, 한국교육학술정보원, 2006년
- [15] 김정현, 계보경, 서진석, 고범석. 증강현실(Augmented Reality) 기반의 체험형 학습 콘텐츠 개발 및 현장적용 연구, 한국교육학술정보원, 2005년
- [16] 김희수, 김여상, 신영숙, 서명석. 지구과학교과교육을 위한 웹기반 3차원 가상현실 기법의 활용, 교육공학연구, 17(3), 2001년

저자소개

● 장 상 현(Sang-Hyun Jang)



- 1996년 2월 : 동국대학교컴퓨터공학과(학사)
- 1998년 2월 : 동국대학교 컴퓨터공학과(석사)
- 2007년 2월 : 동국대학교컴퓨터공학과(박사)
- 1997년12월~1999년 4월 : 한국학술진흥재단
부설첨단학술정보센터 연구원
- 1999년 4월 ~ 현재 : 한국교육학술정보원
책임 연구원

▪ 2007년 9월 ~ 현재 : 숙명여자대학교 멀티미디어학과겸임교수

<관심분야> : 디지털콘텐츠, 컴퓨터비전, e-러닝 시스템

● 계 보 경(Bo-Kyung Kye)



- 1997년 2월 : 이화여자대학교 사회교육학과
(학사)
- 2001년 2월 : 이화여자대학교 교육공학과(석사)
- 2007년 8월 : 이화여자대학교 교육공학과(박사)
- 1998년 12월 ~ 1999년 4월 : 한국교육방송공
사 부설 멀티미디어교육지원센터 연구원
- 1999년 4월 ~ 현재 : 한국교육학술정보원 이
러닝국제협력센터 연구원

▪ 2007년 8월 ~ 현재 : 이화여자대학교 교육대학원 강사

<관심분야> : 증강현실, 에듀테인먼트, 차세대 e-러닝