

2007 KERIS 이슈리포트
연구자료 RM 2007-30

KERIS
이슈리포트



증강현실의 교육적 이해

- I 증강현실의 이해
- II 증강현실의 교육적 활용 사례
- III 증강현실의 기술의 최근 동향



한국교육학술정보원
KOREA EDUCATION & RESEARCH INFORMATION SERVICE

계보경

- kye@keris.or.kr
- 현 한국교육학술정보원 미래학습연구팀 선임연구원
- 이화여자대학교 교육공학과 박사

김정현

- kye@keris.or.kr
- 현 고려대학교 컴퓨터공학과 교수
- University of Southern California 박사

류지현

- ji0930@naver.com
- 이화여자대학교 교육공학과 석사

본 리포트는 한국교육학술정보원의 공식의견이 아니라
연구자의 개인 견해를 밝힙니다.



차 례

I. 증강현실의 이해	1
1. 증강현실의 개념	1
2. 증강현실의 특성	2
3. 증강현실의 교육적 장점과 학습 촉진 요소	5
II. 증강현실의 교육적 활용 사례	9
1. 사례조사 개요	9
2. 국가별 사례 분석	11
3. 분석 결과 및 시사점	29
III. 증강현실의 기술의 최근 동향	32
1. 개요	32
2. 사용성 평가 및 개선	33
3. 저작 도구 및 개발 프로세스	34
4. 마커 없는 증강현실	35
5. 휴대형 기기 및 U-환경에서의 증강현실	35
6. 인터랙션 디자인 및 특화 응용 시스템	36
참고문헌	37
핵심 용어 정리	39

1. 증강현실의 이해

1. 증강현실의 개념

증강현실(Augmented Reality: AR)은 실세계와 가상세계를 이음새 없이(seamless) 실시간으로 혼합하여 사용자에게 제공함으로써, 사용자에게 보다 향상된 몰입감과 현실감을 제공하는 기술(Azuma, 1997)이다.

증강현실은 가상현실과 TV 영상과 같은 현실의 중간에 위치하는 기술로, 가상현실(Virtual Reality: VR)과 같이 가상성에 바탕을 두고 있으나, 가상현실이 컴퓨터가 구축한 가상공간 속에 사용자를 몰입하게 하는 기술인 반면, 증강현실은 사용자의 실제 환경에 가상의 정보를 더해줌으로써 실제감을 향상시키는 기술이다. 가상현실 기술이 실제 환경을 컴퓨터가 생성한 환경과 완전히 대체하는 것이라면 증강현실 기술은 사용자가 가지고 있는 기존의 실제 환경 정보를 유지한다는 점에서 차이점을 지닌다. [그림 1]은 실세계와 가상 세계의 연속성 상에서의 증강현실의 위치를 보여준다.



[그림 1] 실세계 환경과 가상 세계 환경의 연속성

출처: Milgram, P., & Keshino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual display. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D,12, 1321-1329.

증강현실은 3차원의 디지털 체험기술 제공을 통해 경험 중심의 학습환경(experiential learning environment) 구성을 지원한다. 디지털 체험의 핵심 요소는 크게 두 가지로 나누어 생각할 수 있다. 첫째는 학습자의 다양한 감각 기관을 활용하는 다중 양식의 인터페이스이고, 둘째는 이러한 다중 양식 인터페이스를 통해 야기되는 높은 자유도와 증강된 상호작용성이라고 말할 수 있다. 이를 위해서는 다음 3가지의 기술이 효과적으로 결합하여야 한다. 첫

1) 현실과 가상을 혼합시킨 가상현실 기술을 말한다. 완전한 가상세계 구축이 현실적으로 어렵기 때문에 현실 세계를 기반으로 가상세계를 접목하려는 시도로, 그 중 현실 상황을 중심으로 가상정보를 부가하는 증강현실(Augmented Reality)이 있다.

째, 여러 가지 센서나 인식기술을 통합·사용하여 사용자의 자연스러운 행위나 처한 환경에서 일어나는 일을 감지하고, 둘째, 이를 기반으로 내부의 모델을 만들어 시뮬레이션하여, 마지막으로 사용자의 여러 감각기관을 통하여 일관된 형태로 이를 디스플레이 하여야한다.

증강현실 기술은 이러한 디지털 체험을 가능하게 하는 최적의 기술로, 사용자의 위치와 주변 환경의 정보를 추적하고, 추적 결과에 따라 적합한 영상 정보를 자연스럽게 배열하여, 사용자에게 디스플레이하는 3가지의 요소기술로 구성된다. 먼저 정보의 입력 단계인 ‘추적’에서는 사용자의 현재 위치, 응시하는 방향, 접촉하여 조작하는 물체 등에 대한 모든 정보를 실시간으로 추적한다. 입력된 정보의 처리 단계인 ‘배열’에서는 추적을 통해 입력된 실세계의 정보들에 가상의 정보를 결합하여 자연스럽게 정확하게 정렬한다. 마지막으로 입력, 처리된 정보의 출력 단계인 ‘디스플레이’에서는, 실세계의 정보와 가상의 정보를 사용자의 눈앞에 실감나게 결합하여 보여주게 된다(김정현 외, 2005).

2. 증강현실의 특성

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 유비쿼터스화 되고 보이지 않게 되기 위해서는 물리적 환경과 디지털 정보 간의 결합이 필수적이며 인터페이스 방식에 있어서도 기존의 GUI 모델을 넘어선 손에 잡히는(grasp) 구체적인 조작방식의 지원이 필수적이다(Ishii & Ullmer, 1997). 증강현실은 이러한 유비쿼터스 환경에서의 실물을 통한 인터페이스를 지원하는 3차원 매체로 사람과 정보간의 이음새 없는 상호작용을 가능하게 함으로써 자연스러운 행위유발성(affordance)의 장점을 줄 수 있다.

2-1. 3차원 방식의 다감각적(multi sensory) 정보 제공

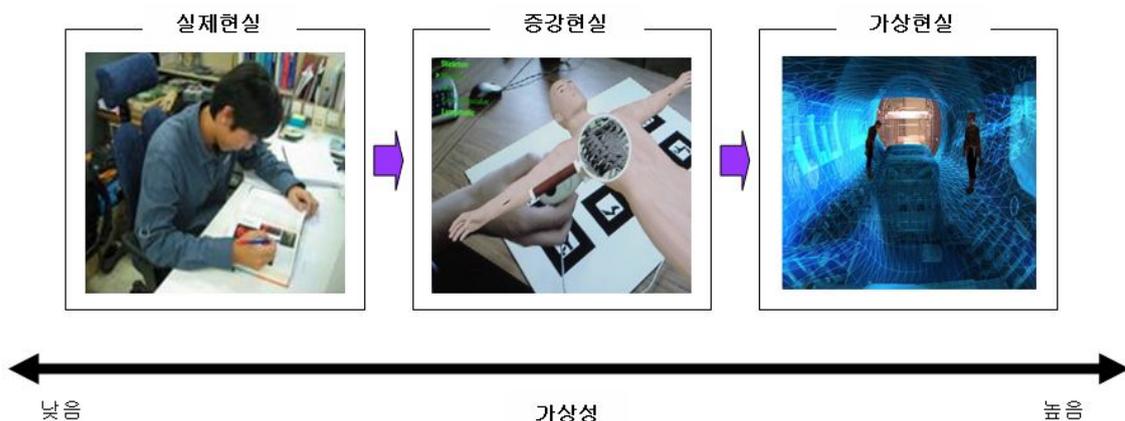
증강현실은 다양한 감각을 지원하는 3차원의 입체적 객체를 통해 현실감있는 정보를 제공한다. 이렇게 현실감있는 경험을 제공해줄 수 있는 것은 시각, 청각, 촉각, 후각까지 포함된 지각화(perceptualization)의 결과이다(McLellan, 1996). Gibson(1979)은 인간의 인지 활동의 능동성을 강조하여 시각, 청각, 촉각이라는 표현 대신에 인간이 보고, 듣고, 느낀다는 방식으로 감각을 표현해야 함을 강조하고, 나아가 능동적 탐구를 통해 획득되는 다양한 감각이 서로 보완적으로 상호작용함으로써 인지 활동이 가능해진다고 설명하였는데, 증강현실은 바로 이러한 다감각에 의존한 표현 방식을 통해 인간의 지각력을 높임으로써 정보

에 대한 감각적 몰두(sensory immersion)를 가져온다. 가상현실에서의 감각적 몰두가 현실 세계를 벗어난 새로운 미지의 가상 세계에 대한 몰두라면, 증강현실에서의 감각적 몰두는 실제 학습자가 처해있는 현실 세계의 맥락성 속에서 가상객체에 대한 감각적 몰두를 느끼게 한다는 측면에서 차별성을 지닌다.

아울러 증강현실의 3차원 표현방식은 물리적 공간에서 발생하는 현상들에 대한 이해를 높여준다. 특히 직접적인 체험을 강화해주는 1인칭 관점과 전지적 시점에서 현상을 이해 하도록 돕는 3인칭 시점 등 다양한 각도에서의 관점을 제공함으로써 현상에 대한 이해의 폭을 넓히고 깊이를 더해 준다. 또한 증강현실은 가상적 객체를 활용하는 특성으로 인해 현실세계에 대한 시뮬레이션뿐만 아니라 현실세계에서 불가능한 체험을 다양한 감각기관을 활용해 현실화해주는 장점을 지니고 있다.

2-2. 이음새없는 인터페이스(seamless interface)를 통한 현실 세계와 가상 세계의 결합

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



[그림 2] 가상성의 정도에 따른 구분

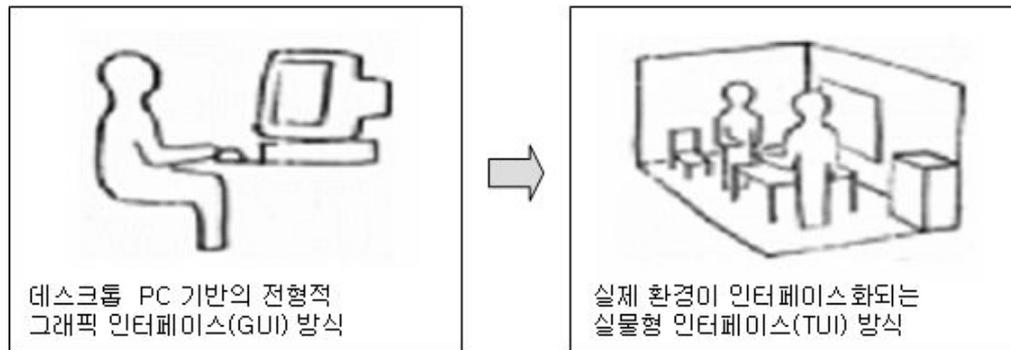
출처: Billinghurst, M. (2003). Augmented reality in education. *New Horizons for Learning Online Journal*. <http://www.newhorizons.org/strategies/technology/billinghurst.htm>의 그림을 재구성

전통적 인터페이스 환경에서는 사용자가 실제세계와 가상세계의 연속선상을 마음대로 쉽게 이동할 수 없다. 그러나 인간의 행동은 분절된 요소로 나뉘질 수 없는 경우가 더 많으며, 사용자들은 특정 과제를 수행하는데 있어 실제세계와 가상세계가 이음새 없이(seamless) 자연스럽게 전환될 수 있기를 기대한다. 이러한 점은 가상의 모델을 새롭게 만들거나 보려고 할 때, 3차원 그래픽 콘텐츠와 상호작용하고자 할 때 더더욱 그러하다. 예를 들어 3차원 모델링을 통해 빌딩을 설계하는 소프트웨어를 활용할 때 사람들은 종종 작업을 멈추고 컴퓨터 스크린으로부터 실제 종이에 아이디어를 스케치하려고 하는데, 이때 발생하게 되는 가상환경과 실제 환경과의 의도치 않은 분절은 작업의 흐름을 방해한다.

반면, 증강현실 인터페이스에서 가상의 이미지에 의해 증가되거나 대체되는 실제 세계의 양은 전적으로 증강현실 어플리케이션에 달려 있다. 따라서 증강현실 인터페이스는 설계자의 의도에 따라 순수한 현실세계에서 순수한 가상세계로 사용자가 자연스럽게 이동할 수 있도록 하는 전환적 인터페이스(transitional interface)를 제공할 수 있게 된다(Billinghurst, 2002). 증강현실의 이러한 특성은 더 이상 분절된 이분법적 개념으로서의 현실세계와 가상세계가 아닌, 아날로그와 디지털, 원자(atom)의 세계와 비트(bit)의 세계를 연결하는 진일보한 매체 특성을 보여준다.

2-3. 실물형 인터페이스(Tangible User Interface: TUI)를 통한 조작성 강화

실물형 인터페이스란 실제세계의 물체, 도구, 2차원적인 표면, 3차원 공간 등 실제세계의 것, 예를 들어, 책이나 연필, 미니자동차 등을 이용하여 컴퓨터의 입력장치, 즉 디지털 정보를 다루기 위한 인터페이스로 사용하는 것을 말한다(Ishii & Ullmer, 1997). 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 행해지는 단순한 작업이다. 그러나 이러한 작업을 컴퓨터 환경으로 옮겨 컴퓨터의 3차원 모델링 도구를 이용해 가상 모델을 만드는 것은 쉬운 일이 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(Anderson et al., 2000). 이와 같이 실제 세계의 물체를 가지고 컴퓨터의 가상모델을 컨트롤하는 인터페이스 방식이 바로 실물형 인터페이스이다. 이때 실제세계의 물체는 하나의 입력장치가 되며, 가상세계에 있는 모델과 직결된 관계를 갖게 된다(Ishii & Ullmer, 1997).



[그림 3] 그래픽 인터페이스(GUI) 방식과 실물형 인터페이스(TUI) 방식의 비교

출처: Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). *Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms*, Conference on Human Factors in Computing Systems CHI 1997, ACM Press, p. 235.

[그림 3]에서와 같이 실물형 인터페이스는 이제까지 사람의 손으로 만지지 못했던 디지털 객체를 보다 자연스러운 환경에서 손쉽게 사람이 만지고 선택하고 이동할 수 있게 해 줌으로써 인터페이스 자체를 더욱 직관적이고 쉽게 조작할 수 있도록 해준다. 이러한 증강현실의 매체 특성은 유비쿼터스 컴퓨팅 개념과도 맥을 같이 하는 것으로, 자연스러운 행위유발성(affordance)의 장점과 함께 보다 적극적인 사용자의 상호작용을 이끌어 낼 것으로 기대된다.

3. 증강현실의 교육적 장점과 학습 촉진 요소

증강현실은 앞서 논의한 실물을 조작하며 상호작용할 수 있는 실물형 인터페이스와 현실과 가상공간을 넘나드는 자연스러운 인터페이스 제공을 통해 맥락성있는 실제적인 환경에서 체험에 의한 학습 즉, learning by doing을 지원한다. 증강현실의 장점에 대한 논의를 살펴보면 다음과 같다.

Billinghurst(2003)는 공유 공간에서의 협력적 증강현실의 탐색에 대한 연구를 통해 증강현실의 기술적 장점을 다음과 같이 지적하였다. 증강현실은 첫째, 실세계와 가상 세계를 연결한 순조롭고 매끄러운 상호작용을 제공하고, 둘째, 현존감을 향상시키며, 셋째, 협업에서 참여자에게 공간적인 정보를 제공하고, 넷째, 메타포를 활용한 실물형 인터페이스를 지원하며, 마지막으로 가상세계와 현실세계 간의 부드러운 전환을 가능하게 해준다.

Shelton(2003)은 이러한 증강현실의 기술적 장점을 바탕으로 증강현실의 교육적 활용이 능동적 학습, 구성주의적 학습, 의도적 학습, 실제적 학습 및 협동학습을 촉진할 수 있음을 주장하기도 하였다.

증강현실이 학습과정을 촉진시킬 수 있는 이유는 주로 학습객체에 대한 실제적인 조작

활동이 수반되기 때문이다. 이러한 조작활동은 학습자의 학습경험을 증진시키며 학습장면에 몰입을 유발하게 된다. 특히, 학습장면을 그대로 활용하여 그 위에 학습객체를 부가적으로 보여주기 때문에 학습맥락에 대한 이해를 촉진시킬 수 있다는 장점을 갖고 있다. 류지현 외(2006)는 이러한 증강현실의 매체 특성을 바탕으로 감각적 몰입의 유발, 직접 조작에 의한 경험중심 학습, 맥락인식에 의한 학습 현존감의 발생, 협력학습 환경의 강화가 학습 촉진 요인이 될 수 있음을 제안한 바 있다. 앞선 선행연구를 바탕으로 증강현실이 갖는 교육적 장점 및 학습 촉진 요인을 살펴보면 다음과 같다.

3-1. 감각적 몰두 및 현존감 강화를 통한 직관적, 체험적 학습 지원

증강현실은 3차원 방식의 다감각적 정보 제공을 통해 인간의 지각력을 높임으로써 정보에 대한 몰두(immersion)를 가져온다. 이러한 시각, 청각, 촉각 등 다양한 감각기관을 활용한 정보 표현 방식은 학습 상황에 있어서도 학습내용에 대한 학습자의 감각적 몰두를 가져옴으로써 학습활동에 대한 현존감을 증대시킬 수 있다. 이는 제 3자적 입장에서의 관조적인 학습이 아닌 시각, 청각, 촉각 등을 포함한 오감을 활용해 만지고 잡고(grasp) 느낄 수 있는 직관적이고 체험적인 학습(learning by doing)을 가능하게 함으로써 학습에 대한 흥미 및 동기, 몰입을 가져올 것으로 예측된다. 특히, 실제 환경과 유사한 공간 개념을 투영한 3차원 가상객체를 통한 학습내용의 제공은 현존감을 높여 추상적이거나 복잡한 학습내용에 대한 직관적 이해를 가능하게 함으로써, 학습자의 보다 심층적 이해 및 분석, 종합, 적용 능력을 향상시킬 것으로 예측된다. 이러한 증강현실의 특성은 특히 공간 정보를 바탕으로 한 학습에 있어 큰 장점을 가질 것으로 기대된다. 실제 김회수(2001)를 비롯한 연구자들은 가상현실의 기법의 활용이 현상에 대한 이해, 분석, 종합 능력의 향상 도움을 주며 흥미, 동기 유발, 공간지각능력의 향상 등에도 유의미한 영향을 미침을 보고한 바 있다.

3-2. 실세계와 가상 세계의 결합을 통한 실제적, 구성주의적 학습 지원

실세계와 가상세계를 이음새없이 연계해주는 증강현실의 매체 특성은 현실과 가상의 학습정보를 자연스럽게 결합해 준다는 점에서 학습효과를 증진시키는데 기여할 수 있다. 비트(bit)와 원자(atom)의 세계를 넘나드는 포스트 디지털 매체로서의 증강현실은 상황과 장소에 적합한 정보를 제공할 수 있는 학습환경을 지원함으로써 학습내용에 대한 맥락성을 담보할 수 있다. 이렇게 실세계의 환경을 유지해 학습에 대한 실제성(authenticity)을 강화하는 증강현실의 특성은 실제적 학습 상황에서의 문제해결과 고차적사고 활동을 촉진함으

로써, 단순한 개념의 습득이나 이해 차원을 넘어서 적용 능력의 향상에 효과를 보일 것으로 예측된다. 이는 Gibson(1979)이 가상현실은 단지 시각화를 시켜주는 매체가 아닌 학습자가 환경 내에서 새로운 것을 창조하고 관찰하고 서로간의 관계를 이해하는 능동적이고 통합된 인식을 제공할 것이라 지적한 바와 일맥상통하며, 사회적 맥락 속에서의 학습을 강조하는 구성주의적 학습(constructive learning)과도 그 맥을 같이 한다.

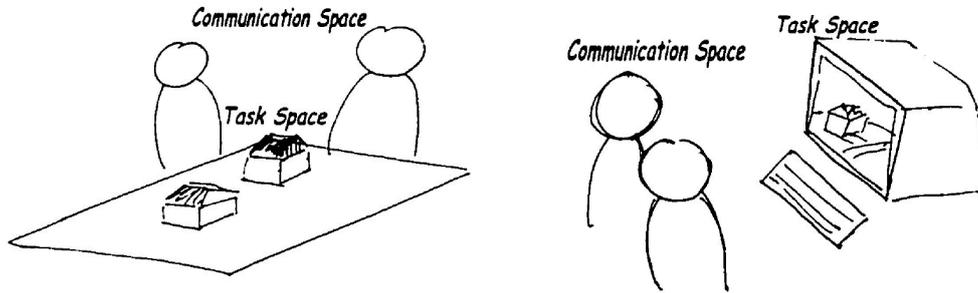
3-3. 실물형 조작 방식에 의한 의도적, 능동적 학습 지원

증강현실은 기존 사각형의 디스플레이, 윈도우, 마우스, 키보드로 대변되는 지배적인 GUI 모델을 넘어서 구체적인 사물을 통해 가상의 객체를 조작하는 새로운 실물형 인터페이스의 제공한다. 이러한 실물을 통한 인터페이스는 학습상황에 있어서도 자연스러운 행위유발성(affordance)을 가져옴으로써 학습내용에 대한 접근에 어려움 없이 학습 자체에 몰입할 수 있도록 하며, 학습자가 처해있는 상황에 맞는 보다 자연스러운 상호작용을 가능하게 할 것이다.

증강현실을 사용하는 학습자는 입체적으로 표현된 학습내용을 실물을 통해 조작함으로써 인과성을 파악하거나 내용에 대한 심층적인 이해를 하게 된다. 이런 과정을 통해 학습자는 학습내용을 구성하는 정보와 지식을 조직화하게 되며, 교수자에 의해 일방적으로 제시되는 지식을 수용적으로 받아들이는 것이 아니라 학습자 스스로가 지식을 구성할 수 있게 된다(Shelton, 2003). 이러한 증강현실 매체의 특성은 학습자가 스스로의 의도에 의해 학습 상황에 주도적으로 개입하게 되는 적극적 상호작용을 유도함으로써, 의도적 학습(intentional learning), 능동적 학습(active learning)을 가능하게 할 것이다.

3-4. 면대면 협력학습(collaborative learning) 환경의 강화

협력은 학습자의 능력 개발을 가져올 수 있는 가장 기본적인 사회적 상호작용으로, 증강현실은 다수의 학습자가 증강현실을 매개로 실제 세계에 있는 가상의 객체에 대해 자유롭게 토론하며 동일한 학습경험을 면대면으로 공유할 수 있는 학습 환경을 지원한다. [그림 4]에서 보이듯 증강현실 환경에서는 과제수행 공간과 커뮤니케이션 공간이 면대면 상황과 같이 자연스러워짐으로써 학습자의 보다 자연스러운 상호작용 및 협력 활동이 촉진될 수 있다.



[그림 4] 증강현실 환경과 데스크탑 환경에서의 과제 및 상호작용 공간 비교

출처: Billinghamurst, M (2002). Shared space: explorations in collaborative augmented reality. Unpublished doctoral dissertation, University of Washington. p. 130.

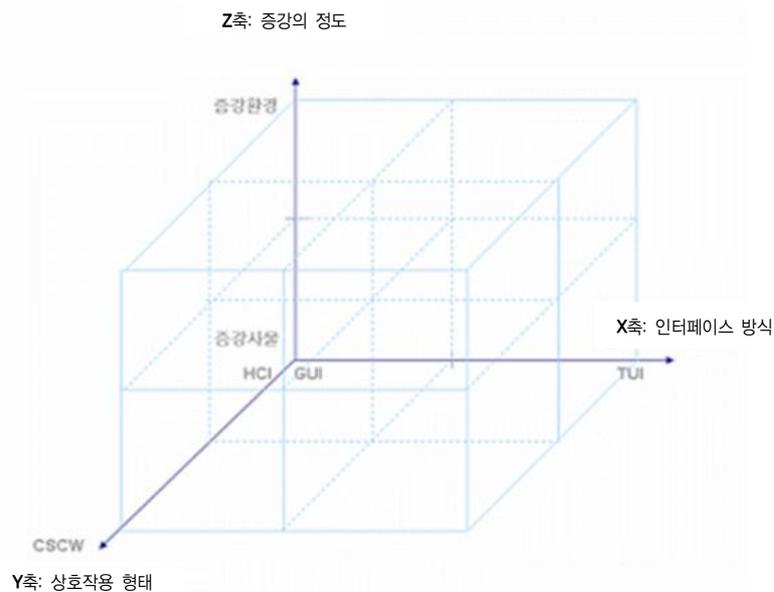
이는 몰입형 가상현실을 활용한 학습 환경과도 차별화되는 것으로, 몰입형 가상현실 상황에서는 면대면 상황에서의 정보가 모두 가상의 환경으로 대체되어 학습자 간의 상호작용 공간과 과제수행공간이 분리되는 반면, 증강현실에서는 과제수행 공간과 커뮤니케이션 공간이 일치됨으로써 보다 원활한 협력적 상호작용이 가능해진다. Kiyokawa외(2000)는 가상현실과 증강현실의 이러한 차이점을 바탕으로 가상의 장면을 축척(scale)을 달리해 경험하기를 원한다면 가상현실이, 가상 이미지에 대해 자유롭게 면대면으로 토론하기를 원한다면 증강현실이 가장 최적의 기술이 될 수 있음을 제안한 바 있다(계보경, 2007).

II. 증강현실의 교육적 활용 사례

1. 사례조사 개요

최근 증강현실의 콘텐츠의 개발 동향은 Desktop 형태의 증강현실 시스템 개발에서 벗어나, 모바일 기기(mobile device), 로봇(robot), RFID(radio frequency identification), 자연영상 인식 기술의 접목 등 연구의 지평이 다양한 분야로 지속 확대되고 있다. 사실상 증강현실 기술은 교육 분야에의 적용 외에도, 도시설계, 건축학, 의학, 마케팅, 게임 등 다양한 분야에 적용되고 있으며, 교육에만 특화된 적용 사례는 많지 않으나, 이러한 분석은 시스템 구성 및 운영절차에 있어 향후 관련 학습 시스템을 개발하는 데 시사하는 바가 크다고 볼 수 있다. 이에 본 리포트에서는 각국의 증강현실 콘텐츠 개발 동향을 살펴볼 수 있는 국가별 핵심 프로젝트를 중심으로 각 프로젝트의 추진 상황, 증강현실 활용 특성, 학습장면에서의 활용 결과 등을 주 내용으로 조사 분석하였다.

사례 선정에 있어서는 2004년도 이후에 발표 진행되고 있는 최신의 프로젝트를 중심으로 증강현실의 다양한 교육적 활용 특성을 가장 잘 보여줄 수 있는 사례를 채택하였으며, 다음과 같은 사용자 인터페이스(X축), 상호작용 형태(Y축), 증강의 정도(Z축)의 세 측면에 있어서의 기술 특성도 함께 고려하였다.



[그림 5] 증강현실의 기술적 특성 매트릭스

○ 기술적 특성

- X축 : 사용자 인터페이스(User Interface)²⁾
 - ① 스크린, 키보드, 마우스 등 일반적인 데스크탑 컴퓨터(desktop computer)가 제공하는 그래픽 사용자 인터페이스(graphical user interface, GUI)³⁾
 - ② 모바일 기기의 사용자 인터페이스
 - ③ 실생활과 동일한 물리적 조작과 의사소통(physical manipulation & communication)이 가능한 착용식 컴퓨터(wearable computer)⁴⁾ 등이 포함된 실감형 사용자 인터페이스(tangible user interface, TUI)⁵⁾로 발전
 - Y축 : 상호작용 형태
 - ① 1인 1대 컴퓨터의 상호작용(single-user interaction)에 해당되는 ‘인간 대 컴퓨터 간 상호작용(human-computer interaction, HCI)’ 개념
 - ② 박물관, 전시장 등의 공공장소에서 누구나 사용할 수 있는 키오스크(kiosk)와 같은 ‘공동 작업 공간(shared workplace)’의 개념
 - ③ 나아가 원격지에서 네트워킹 기술을 통해 다대다(multi-user interaction)의 실시간 상호작용이 가능한 ‘컴퓨터지원공동작업(computer supported cooperative work, CSCW)’⁶⁾ 개념으로 구분하였다.
 - Z축 : 증강의 정도(범위)
 - ① Augmented Object : 고정된 사물에 의도적·탈맥락적인 실내활동 중심으로, 흑백문양, 바코드 등 눈에 보이는 마커(visible marker)⁷⁾ 기술을 주로 활용
 - ② Augmented Environment : 사용자 주변 환경에, 비의도적·상황맥락적으로 RFID 칩 등 눈에 보이지 않는 마커, 또는 자연영상인식(invisible marker or natural features) 기술을 주로 활용
- ※ X, Y축에 대한 정의는 메사추세츠 공과대학(massachusetts institute of technology) Media Lab의 Hiroshi Ishii 교수가 발표한 “원격 협력 및 의사소통을 위한 실감형 인터페이스(Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication,1998)”를 참조

2) 사용자에게 컴퓨터를 편리하게 사용할 수 있는 환경을 제공하는 설계 내용
 3) 사용자가 컴퓨터와 정보를 교환할 때, 그래픽을 통해 작업할 수 있는 환경을 의미함. 마우스 등을 이용하여 화면에 있는 메뉴를 선택하여 작업을 할 수 있다.
 4) 옷을 입듯이 몸에 착용할 수 있는 특수 컴퓨터
 5) 실제로 물건을 만지고, 느끼고, 잡고, 옮기는 등의 행위를 통해 디지털 정보를 조작하는 인터페이스 기술이다. MIT 미디어랩의 Tangible Media Group에서 처음 제안된 것으로, 인간이 실생활에서 오랜 시간 발전시켜 온 감각과 운동을 인터페이스에 적용시킨 것이다.
 6) 컴퓨터 관리 시스템을 이용하여 서로 간에 원활한 공동 작업을 실행하는 것
 7) 영상인식을 위해 사용되는 인식용 흑백 문양으로, 현재 대부분의 증강현실 시스템은 마커를 이용하여 사용자가 조작하게 될 물체의 상대적 좌표를 추출하고 이에 맞는 가상정보를 구현하게 된다.

2. 국가별 사례 분석

2-1. 미국 Handheld Augmented Reality Project(HARP)

■ Alien Contact!

<http://isites.harvard.edu/icb/icb.do?keyword=harp>

이 프로젝트는 미국 교육부 지원으로 하버드 교육대학원(Harvard Graduate School of Education), 위스콘신대학교(University of Wisconsin at Madison), MIT 교사교육 프로그램(Teacher Education Program at MIT)의 공동연구 프로젝트로 위성항법장치(global positioning system, GPS)가 장착된 무선 핸드헬드 기기(handheld device)를 통해 증강현실기술을 구현한 학습 시뮬레이션을 개발하고 그 효과성을 연구하는 것을 목표로 하고 있으며, 2004년에 프로젝트가 시작되어 현재까지 진행 중이다. 중등 8학년을 적용대상으로 하고 있으며, 개발 학습 내용은 수학과 언어이다.



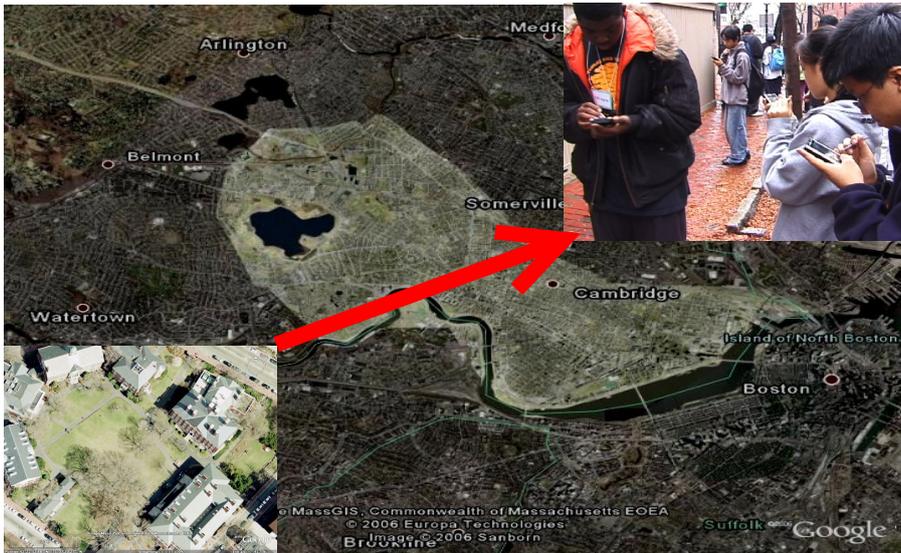
[그림 7] Alien Contact! 프로젝트의 학습 활동 모습

○ 학습방식

- 기본방향 : 4인 1팀, 야외탐구활동, 현장을 직접 탐구하며 관련 디지털 정보를 수집, 분석함으로써 문제를 해결하는 협력학습
- 상황설정 : 외계인이 지구에 침입한 이유-평화협상, 침략, 약탈, 귀환-를 다양한 증거들을 토대로 밝혀본다.
- 역할설정 : 4명의 팀원은 각각 화학자, 언어학자, 컴퓨터 전문가, FBI 요원을 담당하고, 역할에 맞는 증거를 수집·공유한다.
- 내용설계 : 2005년도 8학년 봄학기 교과영역 범위 안에서 수학적 개념(피보나치 수열, 황금비율, 그래프 해석), 언어적 사고(라틴어, 그리스어 등 고대 언어의 기

원 및 분석), 토론·발표능력 등을 접목하여 과제, 탐구자료 개발에 반영하였다.

- 특징 :
 - 상용화된 게임에서 학습과 몰입을 증대시킬 것으로 기대되는 기능들(나레이션, 다양한 역할설정, 하위과제 및 최종과제의 논리적 관계, 상호작용성, 선택과 협력 등)을 중심으로 증강현실 기술을 적용하였다.
 - Open-Ended Scenario. 향후 교사들이 학업성취 기준, 내용영역, 사회문화적 최근 이슈(에너지 위기, 석유고갈문제, 핵위협, 문화적 다양성 등) 등과 관련하여 재설계 및 활용이 가능하도록, 탐구학습과정 중 다양한 교사 개입 시점(내용을 변경하여 재설계할 수 있는 여지)을 마련하였다.
- 문제해결 : 탐구활동 후, 각 팀은 외계인의 침략사유와 추론근거를 발표하고, 세부사항을 리포트로 제출한다.



[그림 8] Alien Contact! 프로젝트의 학습 활동 모습

○ 관련학습이론

- Pedagogical Models : 도제학습(apprenticeship), 멘토링(mentoring relationships), 협력학습(collaborative learning), 탐구학습(inquiry learning), 상황학습(Situated Learning), 분산학습공동체(Distributed Learning Communities)

○ 기술적 특징

- 전달매체 : GPS가 장착된 핸드헬드⁸⁾ 컴퓨터(handheld computer)

8) 한손에 올려놓고 다른 손으로 조작할 수 있는 컴퓨터. 주로 이동통신 단말 등 초소형 기기를 가리키는 용어



[그림 9] Dell Axim X51(좌)와 Holux GPS 수신기(우)

- 모달리티(modality)⁹⁾ : 2D 화면으로 3D 증강현실 정보를 제공함.
- 프로젝트 결과 분석
 - 2006년 보스턴 고등학교의 학생과 교사 대상으로 파일럿 테스트를 실시하였는데, 참여한 교사, 학생 모두 ‘더욱 몰입하고 참여할 수 있었다(a lot more engaged, a lot involved)’라는 소감을 발표하였다.
 - 향후 비용효과성 문제 등 현실적인 이슈들을 해결하고, 보다 상호작용성, 협동성을 강화하는 사례들이 발굴되어야 함을 강조하고 있다.

2-2. 뉴질랜드 HIT Lab

■ Augmented Story Book

<http://www.hitlabnz.org/wiki/MagicBook>

Human Interface Technology Laboratory New Zealand (HIT Lab NZ, University of Canterbury)가 연구·개발하고 있는 이 프로젝트는 2004년 개발된 eyeMagic Book 연구의 연장선상에서 6~7세 아동의 언어 학습을 위해 개발된 ‘증강현실 이야기 책(augmented story book)’에 대한 체험행위를 관찰하고 독해능력향상 정도를 분석을 그 목표로 하고 있으며, 2004년에 시작하여 현재까지 진행되고 있다.

9) 시각, 청각, 촉각 등 감각들이 가져오는 다양한 인상



[그림 10] Augmented Story Book의 증강현실 교재와 학습 인터페이스

○ 학습방식

- 기본방향 : 증강현실 기술이 적용된 2가지 교재 ‘Big Feet and Little Feet’과 ‘Looking for the sun’ 중 한 권을 선택하여 개별 또는 협력의 형태로 이야기를 이해하고 체험한다.
- 시스템의 구성 : ARToolkit을 이용하여 개발된 증강현실 교재, 교재와 연동하여 컴퓨터 스크린에 펼쳐지는 학습 인터페이스, 마커 패들로 구성된다. 증강현실 기술의 특성인 실감형 사용자 인터페이스(TUI)를 제공하지는 못하지만, 컴퓨터, 스크린, 마우스, 교재 등 이미 익숙한 고전적인 사용자 인터페이스(Classical UI)를 제공한다는 장점이 있다.
- 사용방법 : 학습자는 웹 카메라가 장착된 컴퓨터 모니터 앞에 교재를 펴고, 교재 속의 이야기와 화면상에 3D 애니메이션을 함께 체험한다. 이 때 학습자는 개별 또는 2인 1조 형태로 구성된다.
- 관찰실험 : 개별 6명, 협력 6개조로 집단을 구분하였고, 반구조화된 질문지와 비디오 촬영을 통해 이들의 행동을 관찰하였다.



[그림 11] Augmented Story Book의 3D 애니메이션 화면과 학습활동 모습

○ 기술적 특성

- 전달매체 : 기존 컴퓨터 시스템, 마커가 부착된 교재
- 모달리티(modality) : 컴퓨터, 모니터, 마우스 등을 이용한 시청각적 체험

○ 프로젝트 결과 분석

- 이야기 및 상호작용의 전개를 자연스럽게 체험하고 실험해볼 수 있도록 명확한 구성과 클라이맥스, 구체적인 단서를 제공해야 한다.
- 개별 학습자의 경우, 이야기의 흐름을 놓치지 않도록 독해수준과 이야기 전개 상황에 알맞은 도움을 제공해야 한다. 팀 학습자의 경우, 파트너의 행동을 수동적으로 따라하지 않도록 이야기 속의 개별 도전과제를 제공하거나, 구별된 역할을 제공할 수 있다.
- 증강된 3D 정보는 적절한 시점에 명확히 제시되어야 한다.

■ Art Mixed Reality

<http://www.hitlabnz.org/publications/2007-ArtandMixedRealityNewTechnologyforSeamless.pdf>

Art Mixed Reality 프로젝트는 증강현실 기술을 예술 감상 및 교육에 활용하기 위해 수된 프로젝트로 프로젝트 결과물은 지난 2005년 HIT Lab Annual Conference에 전시된 바 있다.

○ Michelangelo (좌)

오페라 안경과 유사한 특수 핸드헬드 기기(handheld device)를 통해 마커(marker)와 연결된 3D 예술작품을 줌인/아웃(zoom in/out) 기능을 사용하여 면밀히 관찰할 수 있다.



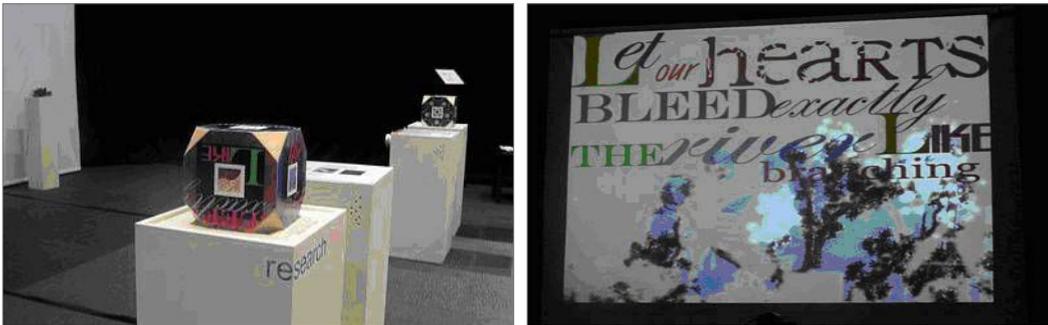
[그림 12] Art Mixed Reality의 체험활동 모습

○ **Le Artist**

특정 테이블 위에 놓인 tangible 도구 또는 마커가 부착된 실제 미술용 연필을 조작함으로써, 실제 캔버스와 연결되어 나타난 가상의 캔버스 위에 그림을 그릴 수 있다.

○ **The Branch on Branch v3.1**

마커가 부착된 큐브와 조작함으로써 대형 스크린에 나타난 시(poem) 속의 text와 image에 연결된 3D 콘텐츠와 상호작용할 수 있다.



[그림 13] The Branch on Branch v3.1

○ **Animalia**

특수거울(virtual mirror)을 보며 4명의 참여자들은 각각 고대 미신 속의 동물들을 관찰하며, 퀴즈를 풀며 진화하는 과정을 살펴본다.



[그림 14] Animalia

○ **Virtual Maori Performance**

박물관 전시물 앞에 놓인 투영기를 통해 전시물과 함께 그와 관련된 3D 영상을 체험할 수 있다.



[그림 15] Virtual Maori Performance

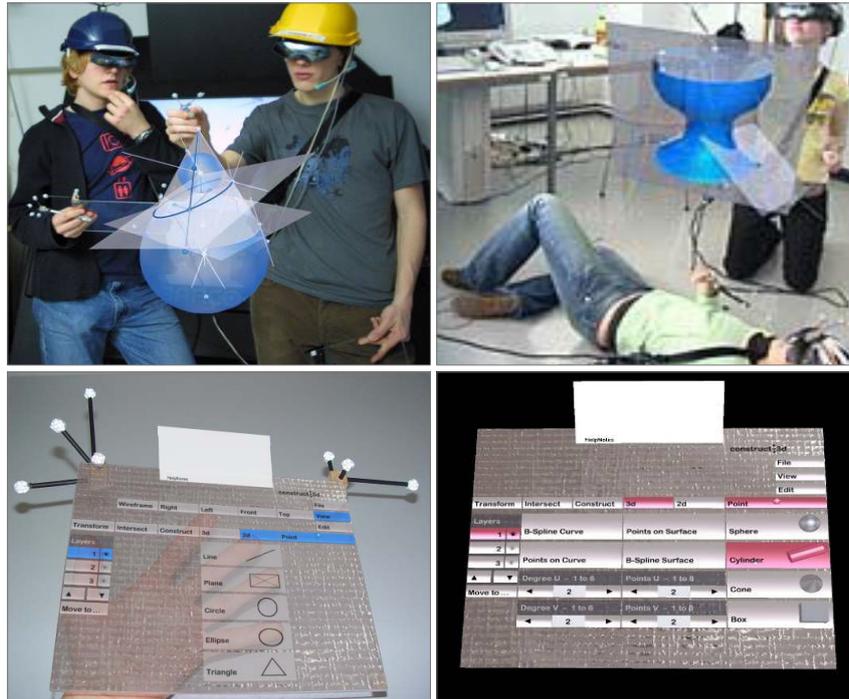
■ Art Mixed Reality - Construct3D

<http://www.hitlabnz.org/publications/2007-HCI-UsabilityEvaluationsAR.pdf>

Art Mixed Reality - Construct 3D 프로젝트는 기하학 교육에 적용된 증강현실 시스템으로, 고등학생 100여명을 대상으로 2000, 2003, 2005년 3차에 걸쳐 형성평가 형태로 실시되었다.

○ 학습방식

- 기존의 전통적인 교육방법 (2D 교재 또는 CAD 프로그램)에 비해 직접적인 조작과 상호작용이 가능한 3D 가상현실 프로그램
- 학습자는 ‘투사식 두부 장착형 디스플레이(see-through head-mounted display, HMD)’를 쓰고, 특수 제작된 펜과 패널을 사용하여 가상의 3D 객체를 직접 조작하는 등 공감각적인 학습 체험을 할 수 있다.
- 2000, 2003, 2005년에 걸쳐 100여명의 학생과 500여개의 수업을 통해 개발, 적용, 시험, 평가 및 보완을 거듭하였다.



[그림 16] Art Mixed Reality – Construct 3D 체험활동과 개발물 모습

○ **관련학습이론**

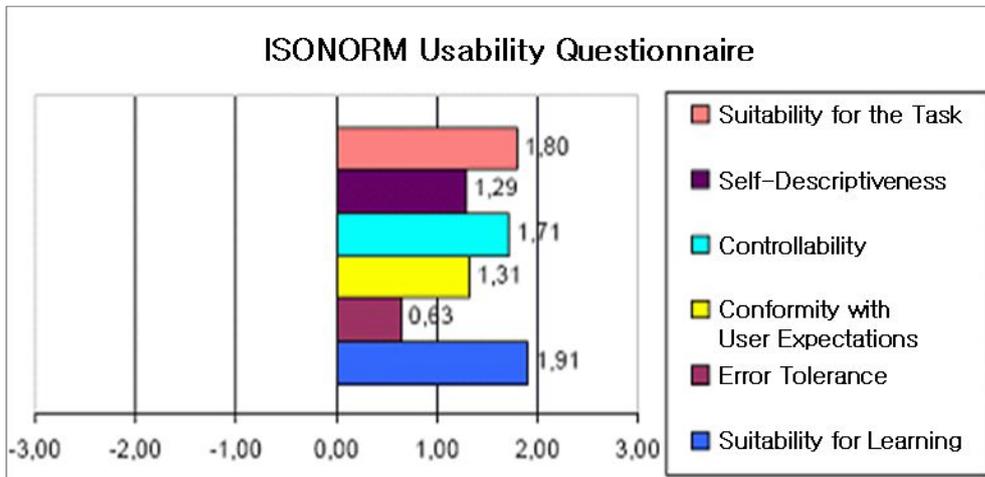
- 구성주의(Constructivism) 및 활동이론(Activity Theory)에 기초한 협력학습

○ **기술적 특성**

- 전달매체 : See-through HMD, 특수 펜
- 모달리티(modality) : TUI

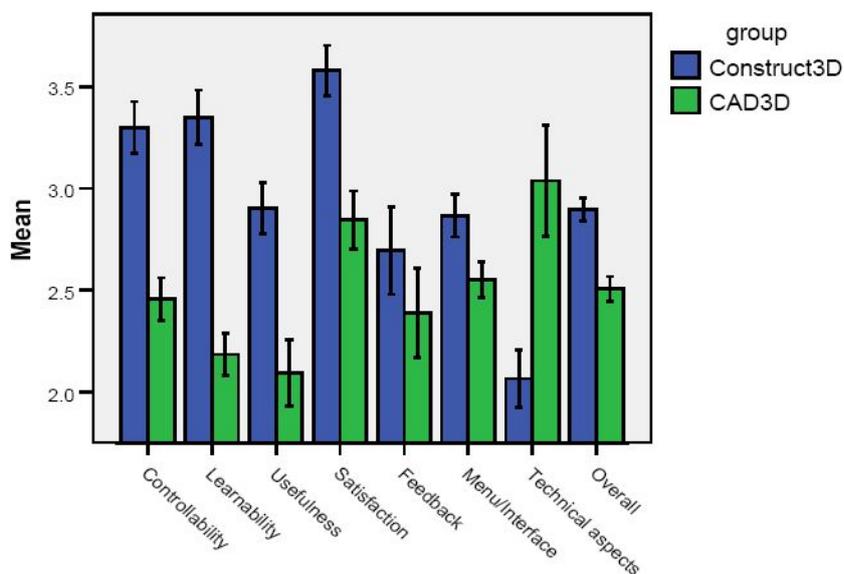
○ **프로젝트 분석 결과**

- 2000년 비공식 테스트 : 14명의 학생들을 대상으로 파일럿 실시하였는데, 팀 과제를 제시하고 서로 다른 면을 바라보며 조작하여 문제를 해결하도록 하였다. 학습자 시점 일치와 촉각적 피드백의 즉시 제공 등 다양한 개선점이 도출되었다.
- 2003년 평가 연구 : 11학년~12학년 기하학 교육과정에 맞는 다양한 훈련 과제를 설계하였고, 15명의 고등학생(9명 남, 6명 여) 및 지도교사들이 참여하였으며, 인터뷰와 표준화된 ISONORM 9241/10 사용성 질문지 답변을 근거로 분석하였다. 질문지의 내용은 다음과 같이 학습의 지속성, 조작성, 학습기대와의 부합 여부를 포함하였다.



[그림 17] Art Mixed Reality – Construct3D 프로젝트의 사용성 평가 결과

- 2005년 평가 연구 : Construct3D를 사용한 47명의 학생과 데스크탑 형태의 CAD3D를 사용한 44명의 학생을 대상으로 하였으며, 이들 학생은 16~19세의 남(44명), 여(47명) 학생을 포함하였다. 연구결과, Construct3D는 기술적 측면(robustness 등)을 제외하고, 조작성(Controllability), 학습가능성(Learnability), 유용성, 만족감, 피드백, 메뉴/아이콘의 적절성 등 6개 항목에서 통계적으로 유의미한 차이를 나타냈다.



[그림 18] Construct3D와 CAD3D에 대한 2005년 평가 연구 결과

- 특히 Construct3D의 사용을 위한 학습집단의 구성은, 1인의 동료학습자와 1인의 튜터로 구성하는 방식을 가장 선호하는 것으로 나타났다.

〈표 1〉 Construct3D와 CAD3D에 대한 2005년 평가 연구 결과

	Construct3D	CAD3D
2 students, one tutor (like in the training sessions)	80.95%	86.00%
1 student, one tutor	9.52%	4.65%
2 students, without tutor	4.76%	2.33%
alone	4.76%	4.65%

■ Collaborating with a Mobile Robot

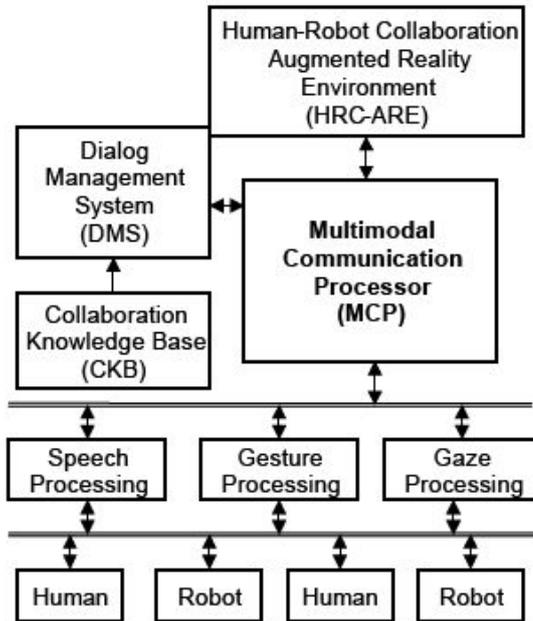
<http://www.hitlabnz.org/publications/2007-IFAC-CollaboratingwithaMobileRobot.pdf>

2007년에 시작하여 현재까지 진행 중인 이 프로젝트는 인간 대 로봇 상호작용(human-robot interaction, HRI)을 위한 증강현실의 적용 연구로, 인간과 로봇 간의 공감각적 대화(spatial dialogue)를 지원하기 위한 멀티모달 인터페이스(multimodal interface ; speech, gestures, sensors, personal electronic devices)¹⁰⁾를 개발하였다.

○ 연구과정

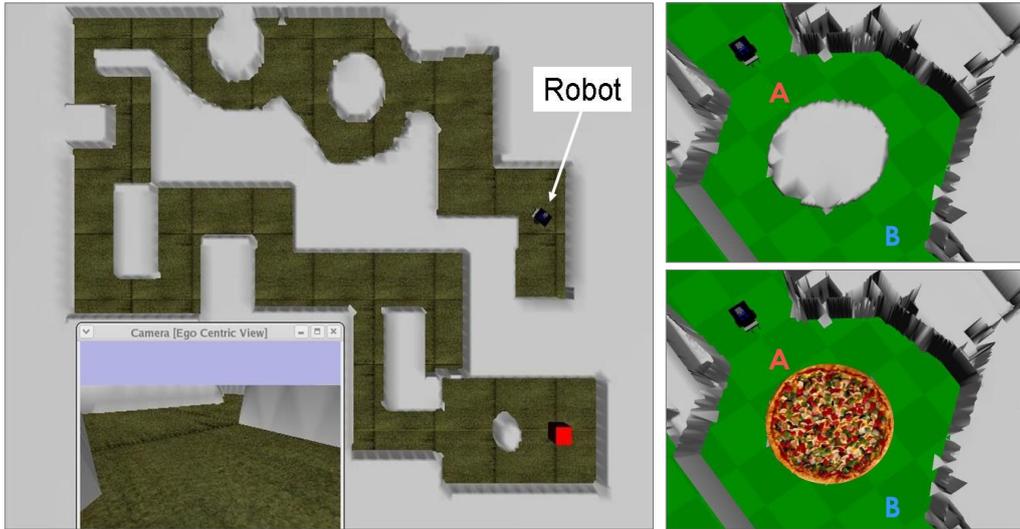
- 기본방향 : 증강현실 기술로 인간과 로봇에게 실제와 유사한 3D 공간 정보를 제공함으로써 이들 사이의 원활한 의사소통과 공감각적 인식이 가능하도록 하였다.
- ‘조정 가능 자율도(Adjustable Autonomy)’는 인간과 로봇의 사이의 능력을 조절하고 균형을 맞추는 데 중요시되는 개념이다. 예를 들어 인간은 문제해결, 예상치 못한 사건의 해결 등에 능숙한 반면, 로봇은 반복적 작업, 위험한 환경에서의 작업 등이 유리하다.
- 본 연구에서 ‘조정 가능 자율도’는 인간과 로봇이 함께 수행 계획을 수립(기대하지 않은 상황이 발생하면 로봇은 인간에게 가능한 해결책들을 제안하여 선택을 유도함), 로봇이 주어진 계획에 적합한 수준의 자율도 범위 내에서 실행하는 것으로 적용되었다.

10) 인간과 컴퓨터, 또는 단말기기 사이의 인터페이스를 음성 뿐만 아니라 키보드, 펜, 그래픽 등 다양한 수단을 활용하는 것



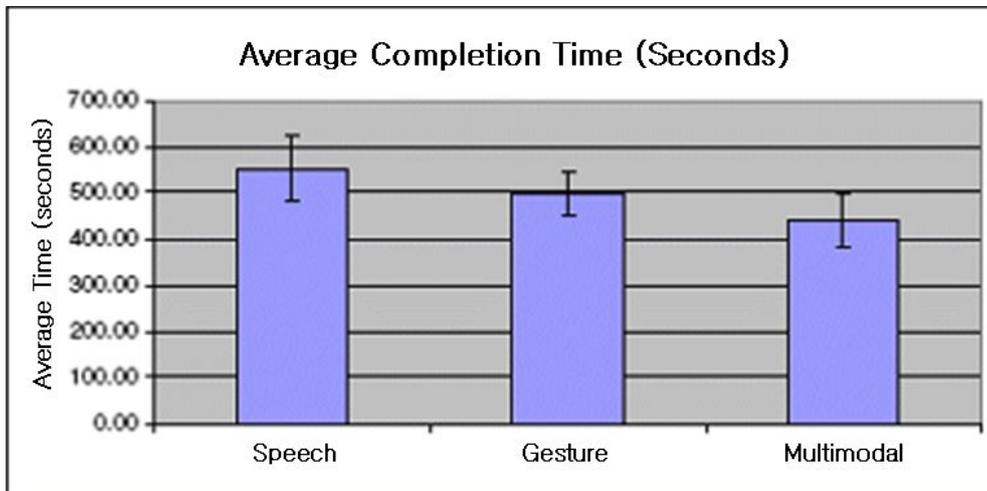
[그림 19] Human Robot Collaboration System Architecture

- 상황적 정보의 결핍은 로봇의 수행에 타격을 입힐 수 있으므로, 증강현실 기술은 3D 형태의 공간정보를 제공함으로써 로봇의 상황판단에 도움을 제공하고, 인간과의 의사소통을 위한 자료로 활용하도록 하였다.
- 특히 자연스러운 제스처(시각, 3D animation) 및 의사소통(청각, spoken dialogue)을 구현함으로써, 멀티모달 인터페이스(multimodal interface)를 제공하였다.
- 실험내용 : 사용자(인간)는 모바일 로봇이 미로를 빠져나오도록 안내하는 역할을 수행하며, 인간은 미로 외부에서 안을 들여다보는 관점(exo-centric view)과 로봇 머리 위에 장착된 카메라로 미로 안에서 관찰하는 관점을 동시에 활용한다.



[그림 20] Collaborating with a Mobile Robot 프로젝트의 개발물 화면

- 실험결과 : 인간과 로봇 간의 명령어, 제스처, 명령어+제스처로 의사소통 하며 방향을 지시했을 때, 각 로봇수행의 정확도를 비교하였다.



[그림 21] Collaborating with a Mobile Robot의 평균 완료 시간

- 관련학습이론
 - 체험학습, 협력학습
- 기술적 특성
 - 전달매체 : See-through HMD, 특수 마커
 - 모달리티(modality) : 실감형 사용자 인터페이스(TUI)

2-3. 영국 Future Lab

■ Savannah Project

<http://www.futurelab.org.uk/projects/savannah>

Savannah Project는 Mobile Bristol, BBC, Futurelab이 연구·개발진으로 참여하여 2003년부터 실시되었으며 현재는 프로토타입의 연구개발이 완료된 상태이다. 전략 시뮬레이션 Savannah는 현실세계와 연계된 가상공간에서 펼쳐지는 어드벤처 게임으로, 어린이는 Savannah에서 서식하는 사자의 역할을 맡아 모바일 핸드헬드 기기를 가지고 증강현실 환경을 탐험한다.



[그림 22] Savannah Project의 체험활동 모습

○ 연구내용

- 체험학습과 반성적 이해력 향상의 순환이 가능한가, 무선기술로 새로운 협력 및 창의적 활동 기회를 제공할 수 있는가를 탐색하고자 하였다.
- 생태학과 동물행동학 분야를 협력적, 반성적, 창의적으로 학습할 수 있는 기회를 제공하기 위해, 증강현실 및 무선이동통신, 게임 기술을 통합함으로써 학생들의 참여와 몰입을 위한 강력한 동기를 제공하였다.
- 야생환경 Savannah에서 ‘사자로 살아남기’, GPS 기능이 탑재된 PDA를 이용하여 실외 증강현실 환경에서 필요한 정보를 수집, 분석하였다.
- 실외 활동을 마친 뒤에는 양방향 보드(interactive whiteboard)¹¹⁾에서 자신의 이동 경로와 활동 자료를 소개하고 체험을 공유하도록 하였다.

11) 대형 터치 스크린 같은 것으로 컴퓨터와 접속되어 있어 디스플레이와 웹 접속 및 데이터베이스 접근이 가능한 양방향 보드(interactive board)



[그림 23] Savannah Project의 실외 활동 모습

○ 기술적 특성

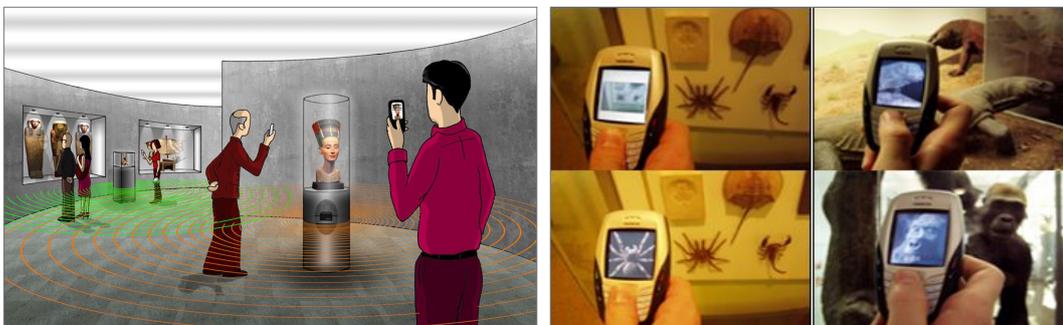
- 사용기술 : 위성항법장치(GPS), 무선네트워크(wireless network), PDAs, PC interface software

2-4. 독일 Augmented Reality Group

■ PhoneGuide Project

<http://www.uni-weimar.de/medien/ar/PhoneGuide/index.htm>

PhoneGuide Project는 독일 바이마르 바우하우스 대학의 증강현실 그룹(Augmented Reality Group at Bauhaus-Universität Weimar), 노키아 리서치센터(Nokia Research Center) 등의 후원을 받아 2003년부터 현재까지 연구가 진행되고 있으며, 모바일 핸드폰에 장착된 카메라를 이용하여 박물관 전시물의 위치와 사용자의 이동경로를 추적함으로써 필요한 가상 정보를 실시간으로 제공한다.



[그림 24] PhoneGuide Project의 체험 모습

○ 개발방향

- 비교적 고가인 HMD, PDA를 사용하는 것보다 이미 널리 보급된 일반 카메라 핸드폰의 기능을 활용하고자 노력하였다.
- 쉽고 빠르게 필요한 안내 정보를 제공하는 것으로 목적으로 하였기 때문에, 실외 활동에 적용하기에는 한계가 있다. 적외선 RFID, Bluetooth 등을 이용하여 누구나 사용할 수 있는 실내 증강현실 프로젝트를 지속할 계획이다.

2-5. 오스트리아 Studierstube

■ Mobile Augmented Reality Quest (MARQ)

http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/marq.php

오스트리아의 Mobile Augmented Reality Quest (MARQ) 프로젝트는 오스트리아 그라츠 공과대학 Studierstube 프로젝트 팀(Studierstube Project Team at Graz University of Technology)이 연구에 참여하여 2005년에 시작되어 2007년까지 실시되었으며, 완벽한 상호작용적 3D 증강현실 환경을 구현하기 위해 개발된 PDA 기반의 가상현실 박물관 투어 프로그램을 개발을 목표로 하였다.

○ 시스템 특징

- 박물관 안에 들어가면 PDA 속에 가상 안내자는 사용자의 위치와 전시물을 파악한 뒤, 필요한 정보를 매직렌즈(magic lens)를 통해 시청각적으로 제공한다.
- 증강현실 투어는 12-16세를 타겟으로 한 팀별 게임 형식으로 진행되며, 각자의 역할과 함께 풀어야 할 퍼즐을 제시한 뒤 박물관 내의 정보를 최대한 이용하여 문제를 해결하도록 유도한다.
- The Sphinx Museum Game Engine : 게임엔진 ‘Sphinx’를 개발하여 박물관 내 일부 ‘hot spot’에서는 투어 참여자와 상호작용 하도록 설계되었다. 예를 들어, 오르간 가상연주, 퍼즐 힌트로 제공되는 가상의 다이아몬드, ‘hot spot’ 및 현재 자신의 위치를 확인할 수 있는 가상의 지도 등 다양하게 활용된다.



[그림 25] The Sphinx Museum Game Engine

2-6. 핀란드 Nokia Research Center

■ Mobile Augmented Reality Applications (MARA)

<http://research.nokia.com/research/projects/mara/index.html>

노키아리서치센터(Nokia Research Center)에서 2006년에 실시한 Mobile Augmented Reality Applications (MARA) 프로젝트는 프로토타입 개발 완료 단계에 있다. 센서, 비디오 투사형 모바일 증강현실로, 카메라의 위치와 방향에 대한 정보가 주어지면, 현재 상황 대한 디지털 정보가 제공된다.



[그림 26] Mobile Augmented Reality Applications (MARA)의 영상정보 화면

○ 특징

- Nokia S60 플랫폼에 장착된 카메라로 실시간 영상 정보를 블루투스(bluetooth)¹²⁾ 기술로 캡처하고, 관련 정보(친구/유명소 찾기, 길 안내 등)를 화면에 제공한다.

2-7. 싱가포르 Mixed Reality Lab & MXR Corporation

■ wIzQubes™ 1.0

<http://www.mxrcorp.com/onlinestore/wIzQubesDetail.html>

싱가포르국립대학교의 혼합현실 연구소(Mixed Reality Laboratory at National University of Singapore), MXR Corporation(Mixed Reality Lab에서 출자한 차세대 아동 놀이학습 도구 개발 회사)에서 양방향 스토리텔링 도서이자 신개념 실감형 사용자 인터페이스(tangible interface)인 wIzQubes의 개발 및 상용화를 목표로 진행된 프로젝트이며 2004년에 시작하여 현재까지 진행 중에 있다.



[그림 27] wIzQubes™1.0을 체험하는 학생의 모습과 wIzQubes™1.0의 구성

○ 특징

- 큐브 모양의 장난감을 어떻게 조작하느냐(Rotate, Turn, Match, Behold)에 따라 서로 다른 이야기들이 펼쳐짐. 2개의 큐브를 나란히 배열하면 2개의 3D 애니메이션(animation)이 상호작용하며 다양한 이야기를 전개한다.
- 웹 캠, 일반 컴퓨터 세트, 마커 큐브를 활용하고 있다.

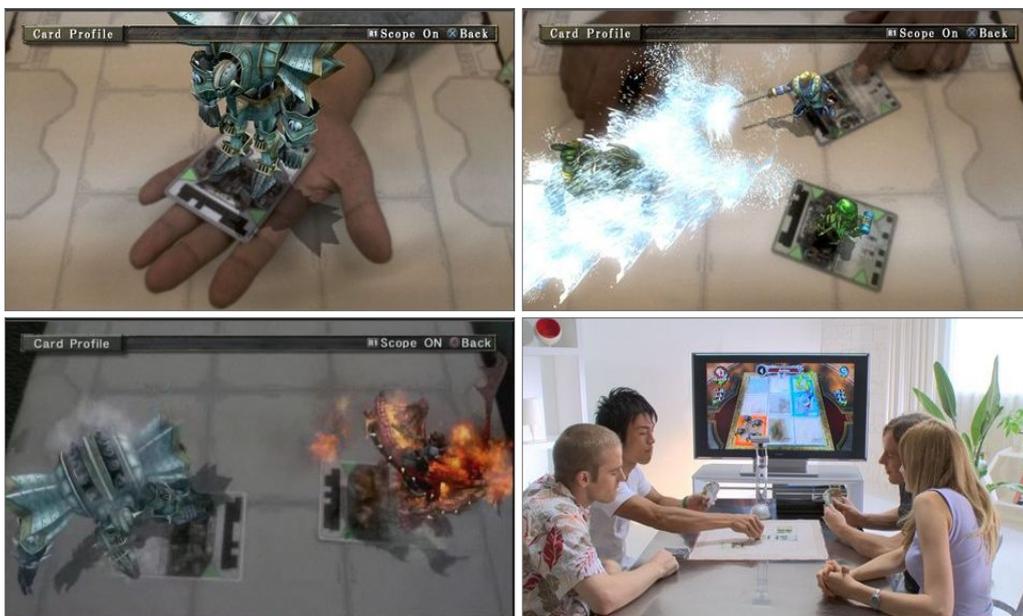
12) 근거리에서 놓여 있는 컴퓨터와 이동단말기·가전제품 등을 무선으로 연결하여 쌍방향으로 실시간 통신을 가능하게 해주는 규격을 말하거나 그 규격에 맞는 제품을 이르는 말

2-8. 일본 SONY The Eye of Judgment™

■ The Eye of Judgement

http://www.us.playstation.com/PS3/Games/THE_EYE_OF_JUDGMENT

The Eye of Judgement는 SONY PLAYSTATION®3를 이용한 트레이딩카드게임(Trading Card Game)으로 2007년 10월 출시되었다.



[그림 28] 트레이딩 카드 게임 모습

○ 특징

- PLAYSTATION Eye (전용 USB 카메라)로 트레이딩 카드를 읽어내, 카드에 있는 아이템을 게임화면에 출현시켜 시청각적 배틀을 즐길 수 있다.
- 향후 실시간 온라인 배틀 지원 등 다양한 증강현실 기술 적용이 예상된다.

3. 분석 결과 및 시사점

〈표 2〉 사례분석 결과

사례	운영장비	학습이론	인터페이스 (X축)	상호작용형태 (Y축)	증강정도 (Z축)
1. 미국 Harvard, MIT, U of Wisconsin Handheld Augmented Reality Project	핸드폰	협력, 체험	Mobile GUI	CSCW(게임)	환경 (실외)
2. 뉴질랜드 HIT Lab Augmented Story Book 등	HMD	스토리텔링	TUI	CSCW(교실)	사물 (실내)
3. 영국 Future Lab Savannah Project	핸드폰	협력, 체험	Mobile GUI	CSCW(게임)	환경 (실외)
4. 독일 Augmented Reality Group PhoneGuide Project	핸드폰	체험	Mobile GUI	HCI(박물관)	사물+일부 환경(실내)
5. 오스트리아 Studierstube Mobile Augmented Reality Quest (MARQ)	핸드폰	체험	Mobile GUI	HCI(박물관)	사물+일부 환경(실내)
6. 핀란드 Nokia Research Center Mobile Augmented Reality Applications	핸드폰	상황, 체험, 스토리텔링	Mobile GUI	CSCW(실외)	환경(실외)
7. 싱가포르 Mixed Reality Lab wIzQubes™	책, 컴퓨터	스토리텔링	Book, GUI	HCI(교실)	사물(실내)
8. 일본 SONY Playstation The Eye of Judgment™	PS3, 컴퓨터	협력, 체험	GUI + TUI	CSCW(게임)	사물(실내)

○ 증강현실 프로젝트별 기술 성숙도 포지셔닝

차세대 학습환경 구축에 있어 증강현실 기술은 고정된 객체를 중심으로 눈에 보이는 표상을 통해 의도적, 탈맥락적으로 전달되던 정보에서, 점차 실외 이동성 기반의 비의도적이며 상황맥락적인 형태로 실제 사물에 내재되어 눈에 보이지 않는 표상 또는 실제 사물의 이미지를 통해 전달될 것이다.

인터페이스 역시 일상생활의 물질들이 가진 조작적 특성 및 기능과 유사하여 사용성 인식에 대한 별도의 인지적 부담이 없는 실물형 인터페이스(tangible interface) 형태로 개발될 것이다.

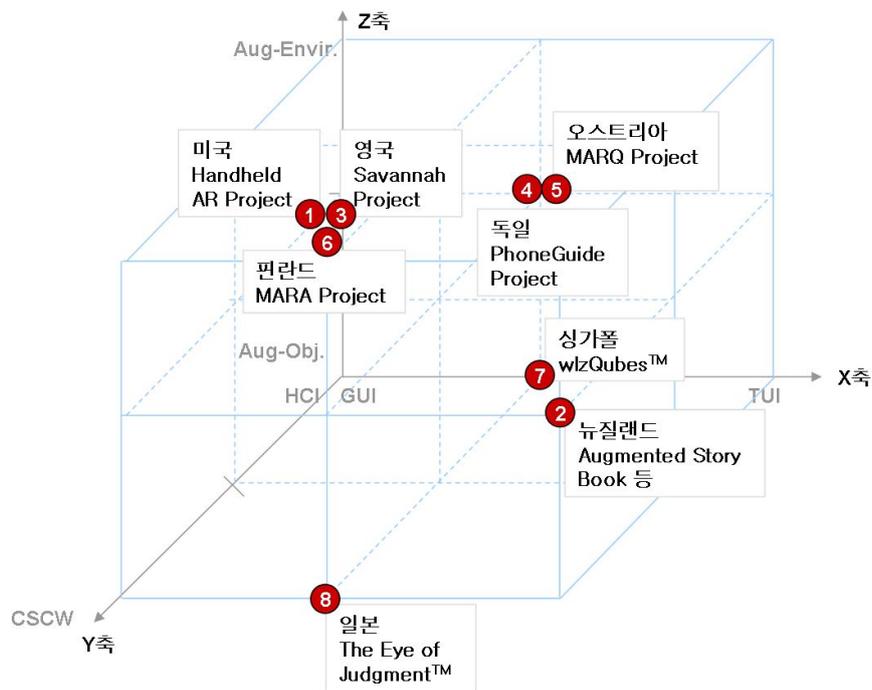
○ 실내용 증강현실 시스템

대부분의 개발 사례를 살펴보면, 증강현실 기술은 전통적인 학습환경에서 쉽게 결여될 수 있는 학습자의 주도적 참여 및 감각적 몰입을 보완하기 위한 대체기술로 활용

되고 있었다. 특히 경제적 효율성 측면에서 데스크탑(desktop), 모바일 기기(mobile device) 등 2D 형태의 고전적인 사용자 인터페이스를 재활용하고 있다. 학습내용설계 측면에서는 주로 의도성, 고정성, 개별사용자 지원(single-user interaction) 등을 특징으로 하고 있었다.

○ 실외용 증강현실 시스템

두부 장착형 디스플레이(HMD) 등 착용식 컴퓨터(wearable compute) 시스템 또는 로봇(robot)에의 적용 등 별도의 tangible interface를 개발하는 시도들이 늘어나고 있는 것으로 나타났다. 기본적으로 네트워킹 기술과 접목함으로써 원격지에서의 증강현실 체험의 공유 등 다중상호작용(multi-user interaction)을 지원하여, 행동과 성찰이 동시에 일어나는 “현장 체험 중심 학습” 형태로 개발되고 있다. 또한 실내용 증강현실 기술과의 네트워킹으로 현장체험학습과 교실학습의 실시간 통합 설계가 가능해지고 있다.



[그림 6] 증강현실 프로젝트의 기술 성숙도 포지셔닝

○ HCI 설계 측면

- 앞서 소개된 대부분의 사례들이 사용자의 조작 행위와 그에 연계된 3D 가상정보의 구현을 위해 마커(marker)라는 인식용 문양을 사용하고 있고 마커가 부착된 물체(학습도구)가 일상적인 사물이기보다는 특별히 제작된 도구일 가능성이 높아, 물체(학습도구)의 사용(uses), 동작(actions), 기능(functions)를 사용자가 직관적으로 파악하기 어렵고, 유연한 사용을 위한 별도의 학습이 요구되고 있었다.
- Norman(1988)에 따르면 지각된 어포던스(perceived affordance)¹³⁾는 사용성(usability)를 결정하므로, 증강현실을 통한 tangible interface 개발에 있어 사용자가 ‘물체를 어떻게 사용하는가’에 대하여 쉽게 인지하고 실행(조작)할 수 있는 강력한 단서를 제공할 수 있어야 한다. 이를 위해 ① 물체(학습도구)를 설계함에 있어 그 물체를 통해 유도하려는 행위와 밀접한 일상적인 사물의 외양과 유사하게 제작함으로써 learnability를 높이거나, ② 증강현실을 구현하는 인식용 문양(표상)이 눈에 보이지 않는 형태(invisible marker)로 제작, 또는 별도의 문양 없이 눈에 보이는 이미지 그 자체를 인식하여 구현하는 자연영상인식 기술로 구현함으로써 개선될 수 있을 것으로 보인다. 또한 학습도구의 설계 뿐 아니라 이들의 사용과 체험을 안내하는 학습내용 및 각종 설명(narrative) 역시 어포던스를 자연스럽게 유발할 수 있도록 설계되어야 할 것이다.

13) 물건(object)과 유기체(organism) 사이의 독특한 관계에 따라서 나타날 수 있는 사용(uses), 동작(actions), 기능(functions)의 가능성을 Affordance라고 칭하고 있는데(Gibson, 1979), 증강현실 기술을 통한 시스템 개발 역시, 내재기술에 따른 효용성(usability) 측면에서 인간과 인간이 조작하는 물체 사이의 관계(subject-object relationship), 즉 Affordance에 기초하고 있다.

Ⅲ. 증강현실의 기술의 최근 동향

1. 개요

증강현실 기반 콘텐츠를 감상하고, 이와 함께 인터랙션을 하기 위하여 기본적으로 실영상과 그래픽을 사용자의 시점에서 동시에 보여 줄 수 있는 Head Mounted Display를 필요로 한다. 또한 실영상을 획득하여야 하므로 대개 카메라를 사용하게 되며 소위 인식 및 Registration 기술을 이용하여 실영상 속의 적절한 위치에 그래픽 객체를 삽입하게 된다. 이때 인식 및 Registration을 쉽게 하기 위하여 카메라를 통하여 인식하기 쉬운 마커를 주로 사용하게 된다. [그림 29]는 전형적인 증강현실 콘텐츠의 사용의 예를 보여 주고 있다.



[그림 29] 카메라를 이용한 증강현실 시스템: Head Mounted Display 사용 (왼쪽), 모니터 사용 (오른쪽)

Head Mounted Display는 아직 쓰기 불편할 뿐만 아니라, 가격이 비싸서 [그림 29]의 오른쪽에 나타나 있듯이 데스크탑 모니터나 프로젝터 영상을 쓰기도 한다. 또한 카메라도 머리/눈에 장착하기에 불편하므로 다른 곳에 위치시키기도 한다. 이때, 보이는 영상은 사용자의 시점에서의 영상이 아닐 수 있고, 그렇다고 하더라도, 모니터를 통하여 간접적으로 보게 되어 사용성에 문제가 야기 된다. 마커는 대개 컴퓨터 비전 알고리즘의 특성상 일반 물체와는 아주 다른, 예를 들어, 두꺼운 검은 테두리의 흑백 문양의 카드를 주로 많이 사용하고 있는데, 이는 또한 인터랙션을 부자연스럽게 만들고, 마커 사용의 번거로움이 생겨나게 된다. 따라서 최근의 증강현실 연구는 이러한 단점을 극복하고 증강현실이 학문적인 결과로서 뿐만 아니라 실제로 응용될 수 있도록 하는 방향으로 많이 전개되고 있다. 이러한 동향을 대표적으로 아래와 같이 몇 가지 주제로 요약할 수 있을 것이다.

- 사용성 평가 및 개선
- 저작 도구 및 개발 프로세스
- 마커 없는 인식 및 Registration 방법
- 휴대형 기기 및 U-환경에서의 증강현실
- 시각적 증강뿐만 아니라 멀티모달 증강 (Aural / Haptic Augmentation)

2. 사용성 평가 및 개선

초기의 증강현실 연구는 주로 인식을 통한 Registration 문제를 보다 정확하게 풀어내거나, 증강현실을 이용한 여러 가지 응용사례를 만들어내는 데 주력하였다. 그러나 HMD의 사용, 모바일 증강현실의 경우 들고 다녀야 하는 무거운 컴퓨터의 문제, 기타 센서나 마커의 불편함에 의해 초기 Novelty로부터의 후광 효과가 없어지면서 증강현실은 그저 흥미 있는 콘텐츠 형태로 인식되기 시작하였다. 따라서 사용자의 입장에서 증강현실 시스템의 어떤 부분에서 사용성 문제가 발생하고 있고, 이를 정확하게 평가하고, 이를 기반으로 하여 사용성 문제를 극복하려는 여러 가지 시도가 이루어지고 있다.



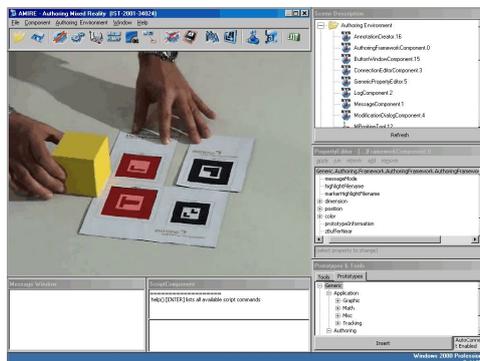
[그림 30] 뉴질랜드 HITLabNZ 에서 개발한 인간공학적 HMD 디자인

예를 들면, 앞서 언급한 바와 같이 Head Mounted Display를 사용할 수 없는 경우 차선책으로 Upright Display를 사용하게 되거나 카메라를 어떤 위치에 고정하게 되는데, 이때 얼마만큼의 불편함이 발생하고, 또한 이러한 것들이 인간의 Adaptation이나 기타 보조적인 방법으로 어느 정도 극복이 가능한지, 카메라를 고정해야 한다면 가장 적당한 카메라 위치나 고정 방법은 무엇인지 알아내고자 하는 것 따위가 좋은 예이다(Jeon & Kim, 2007). 휴대형 기반의 증강현실의 경우 손에 디스플레이가 쥐어져 있으므로, 이때 인터랙션 하는 가장 좋은 방법은 무엇인지 조사하거나, 심지어 HMD 자체를 사용자가 편하게 쓸 수 있도록 다시 디자인 하는 방법도 연구되고 있다(Grasset et al., 2007). 조지아 공대에서는 그래

픽의 효과적인 디스플레이 방법을 통하여 사용자가 얼마만큼의 Registration 에러를 상쇄시킬 수 있는 연구를 최근 선보였다(Robertson & Macintyre, 2007). 이러한 노력을 통하여, 예를 들면, 교육 현장에서 많은 형태의 학습 모델이나 인터랙션을 소화할 수 있는 저렴한면서도 범용 증강현실 플랫폼을 개발할 수 있을 것으로 기대하고 있다. [그림 30]은 2007년 IEEE ISMAR 학회에서 발표된 돋보기 형태로 쓸 수 있는 HMD 디자인을 보여주고 있다(Grasset et al., 2007).

3. 저작 도구 및 개발 프로세스

사용성과 더불어 증강현실 콘텐츠 확산에 중요한 역할은 얼마나 쉽게, 프로그래머가 아니어도 콘텐츠가 개발 될 수 있는가 하는 문제일 것이다. 실제로 프로그래밍 라이브러리의 형태인 ARToolKit이 개발된 이래(ARToolKit, 2007) 수많은 증강현실 콘텐츠가 이 툴킷을 기반으로 제작 되었다. 그러나 불행히도 아직 비전문가가 증강현실 콘텐츠를 프로그래밍을 통하여 개발 하기는 그리 쉽지 않다. 기존 가상현실에서 쓰이는 VRML을 확장한 Mark-up 언어 기반, 혹은 2D GUI 기반의 저작도구, 심지어 몰입형 저작도구가 개발되고 있다(Lee et al., 2005). 특히 몰입형 저작도구는 모바일 U-환경에서 다수의 사용자가 공유할 수 있도록 증강현실 기반의 UCC를 현장에서 직접 저작할 수 있도록 한다. [그림 31]은 유럽공동체에서 이미 수년 전에 개발한 2D GUI 기반의 증강현실 개발 저작도구인 AMIRE/CATOMIR를 보여주고 있다(Grimm et al., 2002) 증강현실 시스템의 사용성 문제가 어느 정도 해결될 때 이러한 도구들을 통하여 증강현실 기반의 콘텐츠가 더 활성화 될 것으로 생각된다.



[그림 31] 유럽공동체에서 개발한 2D GUI 기반 증강현실 개발 도구 AMIRE/CATOMIR(Grimm et al., 2002)

4. 마커없는 증강현실

그래픽 객체의 손쉬운 실영상으로의 삽입을 위한 마커는 여러 가지 장단점을 가지고 있다. 예를 들면, 마커 사용 자체가 인터액션에 있어서 Tactility를 일부 부여할 수 있고, 비교적 적은 비용을 인식/Registration이 가능하다. 그러나 또한 때론 번거롭고, 한정된 모양을 가지고 있으며, 일반 물체와 너무 달라서, 실제 환경에서의 사용에 제약이 따르는 것도 사실이다. 많은 연구자들은 이러한 단점을 극복하기 위하여 손을 강건하게 (조명이나 기타 제약조건에 구애 받지 않고) 인식한다던지(Lee & Hollerer, 2007), 주위의 사물에서 평면을 자동으로 찾아내어 적절한 위치에 2D 정보를 증강한다던지(Chekhlov et al., 2007), GPS 등 기타 센서를 이용하여 야외에서의 증강을 시도하고 있다(Hollerer et al., 2007). 증강현실에 적용된 것은 아니지만, Hoiem 외(2005)는 미리 학습을 통하여 환경 내의 객체를 인식할 수 있는 기술을 개발했으며 이는 증강현실에서 마커 없이 인식 및 Registration을 할 수 있는 유용한 방법이 될 것으로 보인다. 특히 앞으로 더욱 활성화 될 것으로 보이는 모바일 증강현실 이렇게 미리 비치 해 놓은 마커가 없어도 증강할 수 있는 기술이 꼭 필요할 것으로 보인다.



[그림 32] 마커 없이 평면 인식을 통한 증강현실(Chekhlov et al., 2007)

5. 휴대형 기기 및 U-환경에서의 증강현실

카메라가 증강현실에서는 중요한 역할을 하게 되는데, 최근 카메라가 장착 된 모바일 기기의 등장으로 모바일 증강현실이 많은 각광을 받고 있다(Cheok et al., 2004). 모바일 기기의 부족한 시스템 자원으로 인하여 아직 실시간에서 증강현실 콘텐츠가 실행되기 부족한 상황이지만, 새로이 도래하고 있는 U-환경 속에서 주위에 있는 용량이 큰 컴퓨터와의 통신과 계산 분담을 통하여 유기적으로 실현될 수 있을 것으로 보인다.



[그림 32] PDA에서의 증강현실의 예

6. 인터랙션 디자인 및 특화 응용 시스템

증강현실 기술의 적절한 응용을 위하여 가장 중요한 것은 증강현실 기술의 특성을 십분 활용한 인터랙션 디자인이다. 많은 증강현실 기반의 콘텐츠는 적절치 못한 인터랙션 디자인으로 도리어 사용자에게 실망감을 가져다 줄 수 있다. 증강현실은 가상객체의 실세계와의 융합, 현장성, 그리고 Tangibility를 고려하여 디자인 되어야 하고, 최근 소개되고 있는 여러 응용 사례도 이러한 면을 집중 고려하여 개발되고 있다. 필자는 이러한 성공 사례가 계속 축적되면서 정형화 된 개발 방법론이 정착되고 이를 지원할 수 있는 저작도구, 그리고 마지막으로 사용자 중심의 인간공학적 시스템 플랫폼이 완성될 때 증강현실 기반의 콘텐츠가 정착할 것을 생각한다.



참고문헌

- 김정현, 계보경, 서진석, 고범석 (2005). 증강현실(Augmented Reality) 기반의 체험형 학습 콘텐츠 개발 및 현장적용 연구. 서울: 한국교육학술정보원.
- 김희수, 김여상, 신영숙, 서명석 (2001). 지구과학교과교육을 위한 웹기반 3차원 가상현실 기법의 활용. *교육공학연구*, 17(3), 85-116.
- 류지현, 조일현, 허희옥, 김정현, 계보경, 고범석 (2006). 증강현실 기반 차세대 체험형 학습 모형 연구. 서울: 한국교육학술정보원.
- Anderson, D., Frankel, J., Marks, J., Agarwala, A., Beardsley, P., Hodgins, J., Leigh, D., Ryall, K., Sullivan, E., & Yedidia, J. (2000). Tangible interaction + graphical interpretation: a new approach to 3D modelling. SIGGRAPH 2000, 27th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, New Orleans, LA. 393-402.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environment*, 6(4), 355-385.
- ARToolKit, 2007, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>.
- Billinghurst, M (2002). Shared space: explorations in collaborative augmented reality. Unpublished doctoral dissertation, University of Washington, Washington.
- _____ (2003). Augmented reality in education. *New Horizons for Learning Online Journal*. <http://www.newhorizons.org/strategies/technology/billinghurst.htm>. 2006년 10월 6일 검색.
- Billinghurst, M., Grasset, R., & Looser, J. (2005). Designing augmented reality interfaces. *Computer Graphics*, 39(1). 17-22.
- Chekhlov, D., Gee, A., Calway, A. and Mayol-Cuevas, W., 2007, *Ninja on a Plane: Automatic Discovery of Physical Planes for Augmented Reality Using Visual SLAM*, Proc. ISMAR.
- Cheok, A., Goh, K., Liu, W., Farbiz, F., Fong, S., Teo, S., Li, Y. and Yang, X., 2004. *Human Pacman: A Mobile, Wide-area Entertainment System based on Physical, Social, and Ubiquitous computing*, *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 8, No. 2.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Grasset, R., Duenser, A. and Billinghurst, M., 2007, *Human-Centered Development of an AR Handheld Display*, Proc. of ISMAR.
- Grimm P., Haller, M., Paelke, V., Reinhold, S., Reimann, C., & Zauner, J., 2002. *AMIRE - Authoring Mixed Reality*, The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop, Darmstadt, Germany.
- Hoiem, D., Efros, A. and Hebert, M., 2005. *Automatic Photo Pop-up*, ACM SIGGRAPH.
- Hollerer, T., Wither, J. and DiVerdi, S., 2007, *Anywhere Augmentation: Towards Mobile Augmented Reality in Unprepared Environments*, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer Verlag.
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms, Conference on Human Factors in Computing Systems CHI 1997, ACM Press, 234-241.
- Jeon, S. and Kim G. J., 2007, *Mosaicing a Wide Geometric Field of View for Effective Interaction in Augmented Reality*, Proc. of ISMAR.
- Kiyokawa, K., Takemura, H., & Yokoya, N. (2000). Seamless design for 3D object creation. IEEE Multimedia, ICMCS 1999 Special Issue 7(1), 22-33.
- Lee, G. A., Kim, G. J., and Billinghurst, M., 2005. *Immersive Authoring: What You eXperience Is What You Get*, Communications of the ACM Vol. 48 No. 7, pp. 76-81.
- Lee, T. and Hollerer, T., 2007, *Initializing Markerless Tracking Using a Simple Hand Gesture*, Proc. of ISMAR.
- McLellan, H. (1996). Virtual realities. In D. H. Jonassen (Ed.), Handbook of research for educational communications and technology (pp. 457-487). NY: Macmillan Library references USA.
- Milgram, P., & Kishino, F. A. (1994). Taxonomy of mixed reality visual displays. IECE Trans. on Information and Systems (Special Issue on Networked Reality), E77-D(12), 1321-1329.
- Robertson, C. and Macintyre, B., 2007, *An Evaluation of Graphical Context as a Means for Ameliorating the Effects of Registration Error*, Proc. of ISMAR.
- Shelton, B. E. (2003). How augmented reality helps students learn dynamic spatial relationships. Unpublished doctoral dissertation, University of Washington, Washington.



핵심 용어 정리

- 그래픽 사용자 인터페이스 (graphical user interface, GUI)
사용자가 컴퓨터와 정보를 교환할 때, 그래픽을 통해 작업할 수 있는 환경을 의미함. 마우스 등을 이용하여 화면에 있는 메뉴를 선택하여 작업을 할 수 있다.
- 마커 (marker)
영상인식을 위해 사용되는 인식용 흑백 문양, 현재 대부분의 증강현실 시스템은 마커를 이용하여 사용자가 조작하게 될 물체의 상대적 좌표를 추출하고 이에 맞는 가상 정보를 구현하게 된다.
- 멀티모달 인터페이스 (multimodal interface)
인간과 컴퓨터, 또는 단말기기 사이의 인터페이스를 음성 뿐만 아니라 키보드, 펜, 그래픽 등 다양한 수단을 활용하는 것
- 모달리티(modality)
시각, 청각, 촉각 등 감각들이 가져오는 다양한 인상
- 블루투스 (bluetooth)
근거리에 놓여 있는 컴퓨터와 이동단말기·가전제품 등을 무선으로 연결하여 쌍방향으로 실시간 통신을 가능하게 해주는 규격을 말하거나 그 규격에 맞는 제품을 이르는 말
- 사용자 인터페이스 (user interface)
사용자에게 컴퓨터를 편리하게 사용할 수 있는 환경을 제공하는 설계 내용
- 실감형 사용자 인터페이스 (tangible Interface)
실제로 물건을 만지고, 느끼고, 잡고, 옮기는 등의 행위를 통해 디지털 정보를 조작하는 인터페이스 기술이다. MIT 미디어랩의 Tangible Media Group에서 처음 제안된 것으로, 인간이 실생활에서 오랜 시간 발전시켜 온 감각과 운동을 인터페이스에 적용시킨 것이다.

- 양방향 보드(interactive whiteboard)
대형 터치 스크린 같은 것으로 컴퓨터와 접속되어 있어 디스플레이와 웹 접속 및 데이터베이스 접근이 가능한 양방향 보드(interactive board)
- 조정 가능 자율도(adjustable autonomy)
인간과 로봇의 사이의 능력을 조절하고 균형을 맞추는 데 중요시되는 개념
- 착용식 컴퓨터 (wearable computer)
옷을 입듯이 몸에 착용할 수 있는 특수 컴퓨터
- 컴퓨터 지원 공동 작업(computer supported cooperative work, CSCW)
컴퓨터 관리 시스템을 이용하여 서로 간에 원활한 공동 작업을 실행하는 것
- 혼합현실 (mixed reality)
현실과 가상을 혼합시킨 가상현실 기술을 말한다. 완전한 가상세계 구축이 현실적으로 어렵기 때문에 현실세계를 기반으로 가상세계를 접목하려는 시도로, 그 중 현실 상황을 중심으로 가상정보를 추가하는 증강현실(augmented reality)이 있다.
- 핸드헬드 (handheld)
한 손에 올려놓고 다른 손으로 조작할 수 있는 컴퓨터. 주로 이동통신 단말 등 초소형 기기를 가리키는 형용사

연구자료 RM 2007-30

증강현실의 교육적 이해

발 행 2007년 11월 일
발행인 황 대 준
발행처 **한국교육학술정보원**
(www.keris.or.kr)
주 소 ㉠100-400 서울 중구 쌍림동 22-1 KERIS빌딩
전화: (02)2118-1114
팩스: (02)2278-4341
등 록 제22-1584호(1999년 7월 3일)
인쇄처 (주) 서보미디어
전화: (02)2253-7800

본 내용의 무단 복제를 금함.

<비매품>

* 에듀넷 : www.edunet.net

* 리 스 : www.riss4u.net