

# 가상현실 기반 몰입형 기술교육 시스템

## Immersive Education System based on Virtual Reality

임 성 민\*, 김 도 윤\*\*, 이 재 협\*\*\*, 김 상 연\*\*\*

Sung-Min Im\*, Do-Yoon Kim\*\*, Jae-Hyup Lee\*\*\*, Sang-Youn Kim\*\*\*

### 요 약

가상현실은 실제와 유사하도록 컴퓨터가 생성한 가상의 공간과 사용자가 인터랙션을 할 수 있게 하는 기술을 의미한다. 멀티채널 디스플레이는 고해상도의 영상을 생성하여 사용자에게 전달하는 가상현실 플랫폼 중의 하나이다. 본 연구에서는 3차원 교육 콘텐츠를 피 교육자에게 몰입감 있게 설명할 수 있는 멀티채널 디스플레이 시스템을 구축하고 멀티채널 디스플레이용 반도체의 개념 및 제조 공정을 설명 할 수 있는 3차원 교육 콘텐츠를 구축한다.

**Key Words :** multi-channel display, virtual reality, virtual training, immersive feedback

### ABSTRACT

Virtual reality is a technology for enabling users to interact with a computer generated environment which can be similar to the real world. A multi-channel display is one of the virtual reality platform for creating a high resolution image. In this paper, we develop a multi-channel display system which allows users to immersively understand the 3D educating contents and furthermore, we construct 3D educating contents for describing a semiconductor concept and process.

### I. 서 론

가상현실(VR, virtual reality)이란 특정한 세계의 환경이나 상황을 컴퓨터를 이용하여 똑같이 또는 유사하게 모사(시뮬레이션)하여, 구축된 환경에 대한 정보를 인간의 오감(눈, 코, 귀, 입, 피부 등)을 통하여 인간에게 전달함으로써, 인간이 구축한 환경을 실제 세계의 환경과 똑같이 느끼는 것을 가능하게 하는 기술이다. 이와 같은 가상현실 세계에서는 현실세계뿐만 아니라, 현실세계에서 불가능한 세계에 대한 체험이 가능하다. 그러므로 가상현실에 대한 연구는 현실세계에서 파악이 어렵거나 경험하기

어려운 실험 실습 과정을 가상현실을 이용하여 학습을 할 경우 반복적이면서 원하는 방향으로 관찰이 가능하며 다양한 시각적 효과를 통해 효율적인 학습을 할 수 있다는 장점을 가지고 있으므로 교육 분야로의 응용이 점진적으로 진행되고 있다. 이러한 가상현실 시스템에서 사용자의 몰입감을 증대시키기 위해 가장 널리 사용되는 방법은 사용자의 시야각을 모두 영상으로 채워 사용자가 시각적으로 인식하는 주변을 모두 영상이 나타나는 가상의 공간으로 채우는 것이다. 이를 위하여 여러 대의 모니터를 연결하거나 여러 대의 프로젝터들을 연결하여 하나

\* 숙명여자대학교 교육학과 (imsml@freechal.com)

\*\* 워드로봇 (주) (getcome@gmail.com)

\*\*\* 한국기술교육대학교 인터넷 미디어 공학부 (jae@kut.ac.kr, sykim@kut.ac.kr)

제1저자 (First Author) : 임성민 (imsml@freechal.com)

교신저자 : 김상연

접수일자 : 2009년 11월 23일

수정일자 : 2009년 12월 15일

의 가상공간을 구성하는 멀티채널 디스플레이 시스템에 대한 연구가 많이 시도되었다<sup>(1),(2),(3)</sup>.

여러 대의 모니터를 이용하여 가상공간을 구축하는 것은 매우 쉽다. 그러나 큰 시스템을 만들기 어렵고 또한 모니터 테두리로 인하여 영상의 연결이 부드럽게 이루어지지 않아 몰입감을 전달해 주기 쉽지 않다. 반면에 프로젝터를 연결하여 가상공간을 구성하는 시스템(멀티채널 디스플레이)의 경우에는 고해상도의 큰 화면을 생성하여 몰입감을 전달해 준다는 장점을 가지고 있지만 각 프로젝터들의 물리적 위치와 자세를 정밀하게 제어하여 정확히 스크린상의 담당영역에 투영되지 않으면 영상의 왜곡이 발생한다는 단점 역시 가지고 있다. 그러므로 본 연구에서는 다수의 사람에게 몰입감을 전달해 줄 수 있는 멀티채널 디스플레이 시스템의 구축에 초점을 맞추었다. 현재 멀티채널 디스플레이 시스템은 의료, 국방, 트레이닝, 제품 설계 및 생산, 엔터테인먼트 등 다양한 분야에 사용되고 있다. 독일의 브레멘 대학교에서는 가상공간에서 사용자로 하여금 시청각 정보를 전달하는 저가형 멀티채널 디스플레이 시스템을 개발하였으며 이를 이용하여 CNC 머신 교육을 위한 시스템의 가능성을 타진하였다<sup>(4)</sup>. N. Ohno 와 A.Kageyama 는 사용자의 시야각을 모두 채울 수 있는 시스템을 개발하고 기상 및 환경의 변화를 교육할 수 있는 시스템을 개발하였다<sup>(5)</sup>. J. Miles등 은 생물학 강의를 위한 몰입형 가상현실 시스템을 개발하였다<sup>(6)</sup>. Phillip S.Dunston 등은 환자들을 위한 병실의 건축을 위한 몰입형 시스템을 개발하였다<sup>(7)</sup>. Andrew S. Forsberg 는 유체의 흐름을 모델링하고 이를 기반으로 혈관에서의 피의 흐름을 교육할 수 있는 가상현실 시스템을 구축하였다<sup>(8)</sup>. Kirill Dmitriev 등은 자동차 내부를 모델링하고 이를 위한 가상현실시스템을 구축하였다<sup>(9)</sup>. B. Pucci, A. Marambio 는 가상현실시스템에서 사용가능한 지형을 모델링하고 가시화하는 시스템을 구축하였다<sup>(10)</sup>. Salvatore Livatino와 Filippo Privitera 는 로봇을 3차원으로 모델링하고 스테레오 이미지를 통하여 가상환경에 표현하여 쉽게 학습할 수 있는 시스템을 개발하였다<sup>(11)</sup>. 이외에도 미국에서는 비행조종 및 로봇틱스 분야에서 일본은 자동차 및 로봇 분야에서, 그리고 독일은

의료와 자동차 분야에서, 그리고 세계 1위의 휴대폰 회사(노키아)를 가지고 있는 핀란드는 휴대폰을 이용한 분야에서 가상현실에 대한 연구/개발이 활발히 진행되고 있다. 현재 우리나라에서는 반도체와 LCD 기술이 세계 최고 수준에 올라와 있지만 가상현실을 이용한 반도체나 LCD에 대한 교육시스템은 거의 없어 기술개발이 절실한 형편이다. 특히 반도체장비의 경우 10억 원을 넘는 고가의 장비가 많이 존재하고 첨단 장비의 교체 수명이 점점 짧아지고 있어 반도체 교육을 위한 지속적인 재원 투입이 힘들다는 한계가 존재한다. 그러므로 이를 대체할 수 있는 가상현실을 이용한 교육시스템을 개발한다면 투자비용을 최소화 시킬 뿐 아니라 효과적인 교육을 가능하게 하여 산업 수요기술에 부합되는 실무 기술교육을 수행할 수 있고 이를 통하여 중추 인력을 양성할 수 있다.

본 연구에서는 가상공간에서 학습자가 실제로 물체를 다루면서 학습하는 것과 같은 효과를 주기 위한 몰입형 가상현실시스템을 개발하고 쉽게 수정 및 보완이 가능한 가상현실 콘텐츠에 기반을 둔 반도체 기술 교육시스템을 개발하여 학생들이 쉽게 반도체 제조공정을 이해할 수 있도록 한다.

## II. 몰입형 가상교육을 위한 플랫폼

가상현실 시스템의 구현에서 가장 중요한 요소는 실감나는 정보를 제시하여 사용자가 가상환경에 자신이 포함되어 있는 느낌인 임장감을 전달하는 것이다. 임장감을 구현하기 위하여 물체를 사실적으로 표현할 수 있는 기술과 인간의 시야각을 모두 채워주는 기술이 필요하다. 본 장에서는 위 두 가지 요소를 모두 만족시키는 몰입형 교육을 위한 가상현실 플랫폼에 대하여 설명한다.

### 1. 스크린

현재 몰입형 가상현실 플랫폼에서 사용하는 스크린은 크게 벽면 스크린, 실린더 스크린, 반구형 스크린, 케이브 스크린의 네 가지가 주로 이용되고 있다. 일반적으로 인간의 시야각(field of view)은 측정 방법에 따라 차이는 있지만 대략 수평 방향으로는 200도, 수직 방향으로는 135도를 갖는 것으로 알려져 있으며 120도가 넘어가면 크게 차이를 못 느끼는 것으로 알려져 있다<sup>(12)</sup>. 반구형 스

스크린은 좁은 공간에서 관찰자의 시야각을 채우는데 매우 효과적이지만 관찰자가 1인 내지 소수로 한정되고, 벽면 스크린의 경우에는 일반 프레젠테이션을 할 때 사용하는 방법으로 인간의 시야각을 모두 채우기 힘들다. 본 연구에서는 여러 명의 학습자를 대상으로 가상세계가 표현되어야 하므로 기존의 반구형 스크린 및 벽면 스크린은 배제되었다. 케이크 스크린은 시야각 측면에서는 가장 좋지만 많은 관찰자를 대상으로 할 수 없다는 단점이 있으며 실린더 스크린 역시 시야각을 채우기 매우 좋으나 곡면으로 되어 있기 때문에 복잡한 캘리브레이션을 수행해야 하고 모든 픽셀에 변환 행렬 연산을 수행하여 위치를 재계산해야 한다는 단점이 있다. 그러므로 본 연구에서는 실린더 스크린의 장점을 살리면서 곡면의 단점을 제거하기 위해 실린더 스크린과 케이크 스크린의 중간 형태인 스크린의 양쪽 끝이 일정 각도를 가지고 꺾여있는 굴곡 스크린 형태를 제안하였다.

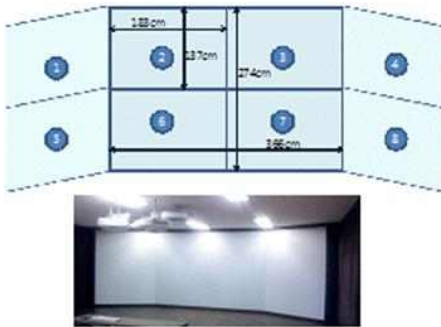


그림 1. 제안한 굴곡 스크린

그림 1에서 스크린의 각 부분(①~⑧)에 각각 다른 프로젝터들이 영상을 투사한다. 좌우 양쪽의 스크린(①번, ④번, ⑤번, ⑧번)은 40도의 경사를 가지고 꺾인 형태로 배치되어 관찰자가 스크린으로부터 1m 정도 떨어진 곳에 위치할 때 시야각은 160도가 되므로 몰입감을 전달해 주기 매우 용이하다. 그리고 각각의 스크린은 평면이기 때문에 설치 및 유지 보수가 쉬우며, 기하학 캘리브레이션이 용이하다.

## 2. 하드웨어 시스템

제작한 시스템은 저가형을 위하여 일반 시중에서 구매 가능한 상용 품으로 구성하였다. 프로젝터는 XGA(1024 x 768)급 2000ANSI 밝기 값을 가지는 DLP 프로젝터를 사용하였고, PC는 듀얼

코어 ADM Opteron 프로세서가 장착된 PC를 한 대 사용하였다. 그래픽 카드는 nVidia사의 FX5500 을 두 장 장착하였고, 한 대의 그래픽 카드에 두 개의 출력 포트가 있어 시스템에는 총 네 개의 그래픽 출력 포트가 존재한다. 한 포트가 출력하는 영상의 해상도는 2048x 768을 출력하며, 각 포트에는 영상 분배기가 연결되어 한 대의 분배기에 두 대의 프로젝터가 연결된다. 그러므로 PC 에서는 하나의 큰 영상을 생성하고 이를 8개의 작은 이미지로 나눈 후 각각 총 8개의 프로젝터들을 통하여 작은 영상들을 생성하여 다시 하나의 큰 이미지를 제공한다(그림 2). 그림 3은 구축된 스크린 및 프로젝터들의 배치를 보여주고 있다.

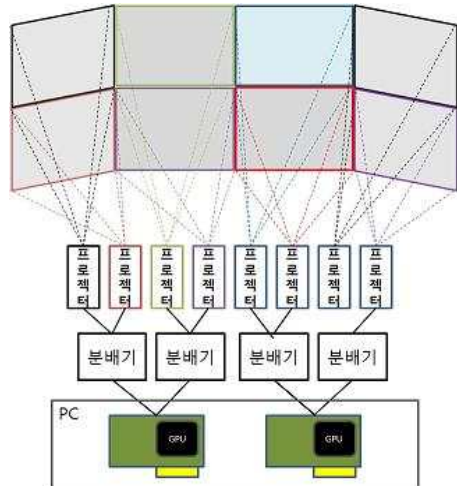


그림 2. 하드웨어 시스템



그림 3. 스크린 및 프로젝터들의 배치

### 3. 소프트웨어 및 기하학 캘리브레이션

가상 환경은 비주얼 C++ 와 다이렉트 X 를 이용하여 구축되었다. 본 연구에서 고해상도의 영상을 구축하기 위해서 8개의 프로젝터들로부터 투영된 이미지들을 연결해서 사용하였다. 이와 같은 방법은 프로젝터들 연결 상태 및 프로젝터에 가해지는 충격에 따라서 영상의 왜곡 및 뒤틀림현상이 발생할 가능성을 내재하고 있다. 즉 약간의 흔들림 등이 프로젝트들에 전달되면 되면 프로젝트들의 위치가 조금씩 변하고 이에 따라 합성된 영상이 왜곡된다. 그러므로 본 연구에서는 프로젝트들의 투영공간을 일부러 겹치게 만들어 놓고 캘리브레이션을 수행하여 영상의 왜곡을 제거하였다.

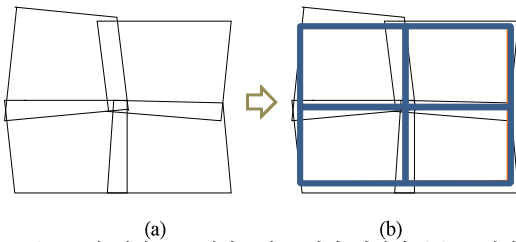


그림 4. 네 개의 프로젝터들에 투영된 이미지 (a) : 캘리브레이션 전, (b) 캘리브레이션 후

캘리브레이션 과정에 대한 설명을 위하여 그림 4와 같이 4개의 프로젝터들로부터 만들어진 영상을 생각해 보자. 캘리브레이션의 목적은 그림 4(a)와 같이 프로젝트들의 뒤틀림에 의해 생성된 영상을 그림 4(b)와 같은 직사각형의 왜곡이 없는 영상으로 바꿔 주는 것이다. 영상의 보정을 위하여 보정전의 영상과 보정후 프로젝트될 공간들을 각각 삼각형( $P_1P_2P_3, P'_1P'_2P'_3$ ) 들로 나눈 후 이들 삼각형들 사이의 변환행렬을 계산하였다. 이때  $P_1, P_2, P_3$ 들과  $P'_1, P'_2, P'_3$ 들은 보정전과 보정후의 메쉬를 이루는 꼭짓점들이다. 보정전의 각 꼭짓점인  $P_n$ 을  $(x_n, y_n)$  이라 하고 보정후의 각 꼭짓점인  $P'_n$  을  $(s_n, t_n)$  라고 하면  $P'_n$ 은 다음 수식 1과 같이 표현되므로 둘 사이의 변환행렬(T)은 다음 수식 2와 같이 표현가능하다. 그림 5은 제안한 캘리브레이션을 수행하였을 때의 결과이다.

$$T \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ t_1 & t_2 & t_3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$T = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 \\ t_1 & t_2 & t_3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \quad (2)$$

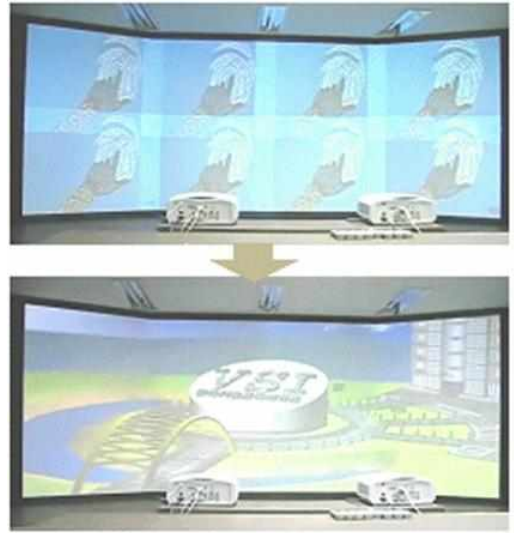


그림 5. 캘리브레이션 수행 전과 후의 결과



그림 6. 투영지역 재설정 결과

일반적으로 멀티채널 디스플레이 시스템은 프로젝터들을 고정해야 하고 프로젝터들로부터 나오는 이미지에 따라서 스크린이 조정되어야 하기 때문에 이식성이 좋지 않다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 간단한 마우스 조작으로 프로젝터들이 투영되는 공간을 조정할 수 있게 하여 이식성을 높였다. 투영공간의 조정을 위하여 사용하는 마우스를 이용하여 프로젝트 공간의 테두리에 존재하는 4개의 꼭짓점의 좌표를 이동한다. 이 4점의 위치가 조정됨에 따라 다른 삼각형들의 꼭짓점들을 식 1과 2들을 이용하여 재구성하면 프로젝트들이 투영되는 공간을 마우스의 드래그를 이용하여 쉽게 조정할 수 있다<sup>[13,14]</sup> (그림 6).

### Ⅲ. 효과적인 강의를 위한 반도체 인터랙션 모델 및 시각화

가상공간과 인터랙션 하기 위해 사용자가 참여하는 가상공간내의 객체들을 특징별로 분류하여 효과적으로 상호작용할 수 있는 가상객체간의 상호작용 모델이 개발되었다<sup>[15]</sup>.

- 아바타
- 자발적 객체 (Autonomous Object)
- 동적 객체 (Dynamic Object)
- 반복적 객체 (Animated Object)
- 정적 객체 (Static Object)

본 연구에서의 반도체 제조공정을 위한 교육 훈련 콘텐츠에 초점을 맞추었다. 그러므로 이 5가지의 객체 중에서 사용한 콘텐츠들은 정적이거나 강의자의 조작에 따라 나타나는 콘텐츠들이 달라지기 때문에 자발적 객체와 반복적 객체는 고려대상에서 제외 하였다. 아바타는 강의자의 마우스 포인터로 사용하였으며 반도체 모형 및 마스크 패턴, 그리고 결과 이미지를 동적객체로 설정하였고 배경등과 같은 고정된 객체는 정적객체로 설정하였다. 동적 객체 중에서 반도체 모형은 아바타의 명령에 따라 동작하는 객체이며, 마스크 패턴 및 결과 이미지는 반도체 모형에 따라 자동적으로 바뀌어야 한다. 그러므로 본 연구에서는 동적 객체를 우선 동적객체(primary dynamic object)와 종속 동적객체(secondary dynamic object)로 분류하였다. 그림 7은 객체들 간의 연결 상태를 보여준다. 그러므로 강의자(아바타)는 마우스를 클릭함으로써 반도체 모형을 활성화 시키고 종속 동적 객체로 설정된 마스크 패턴과 결과이미지로 트리거 신호를 보내면 반도체 모형에 따라 알맞은 마스크 패턴 및 제조공정에 대한 결과 이미지가 피 교육생들에게 나타나게 된다.

본 연구에서 개발한 멀티채널 디스플레이 장치에서는 8개의 프로젝터들에 의해 투영된 영상들이 연결되어 하나의 큰 이미지를 구성한다. 이때 2개의 프로젝터들에 의해서 투영되는 스크린의 왼쪽부분에 반도체 제작을 위한 마스크 패턴을 표현하였고, 4개의 프로젝터들에 의해 생성되는 스크린의 정면에는 반도체 제조공정의 3차원 동영상, 스크린의 오른쪽 부분의 위쪽 이미지에는 제조공정에 대한 간단한 설명을 투영하였으며, 오른쪽 하단 이미지에는 현재 제조공정이 끝났을 때의 결과물을 보여주

었다. 즉 학습자는 화면의 정면에서 동영상을 보면서 반도체 제조 공정에 대한 이해를 하며 왼쪽의 마스크 패턴에 따라서 현재 반도체 모형이 변화하는 모습을 볼 수 있다.

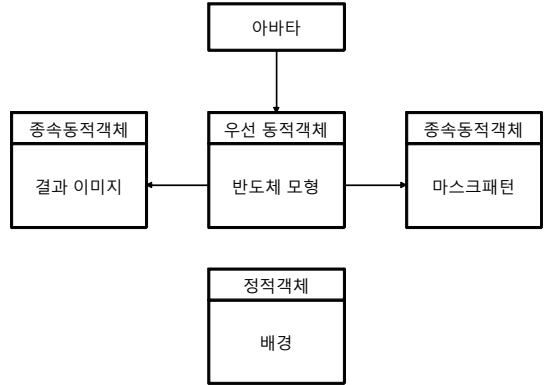


그림 7. 인터랙션 모델

이와 같은 형식은 현재 반도체 제조 상황 및 현재 단계에서의 결과물 및 마스크 패턴에 따라 달라지는 제조공정에 대한 상황 등을 한눈에 볼 수 있어 학생들의 학습능력을 크게 증대시킬 수 있다.

### Ⅳ. CMOS 교육 콘텐츠

앞서 소개한 대로 국내 반도체 산업은 제 1위의 수출 전략 산업으로 국가 발전에 크게 기여를 하고 있으므로 반도체 제조 공정에 대한 학습에 대한 수요는 매우 큰 실정이다. 그러나 반도체 제조공정은 육안으로 파악되지 않고 밀폐된 공간에서 이루어지므로 이해하는 데 많은 어려움이 존재한다. 그리고 교육기관에서 고가의 장비 구입을 해야 하기 때문에 원활한 교육은 쉽게 이루어 지지 않는다. 그러므로 본 연구에서는 반도체 제조공정의 개념과 공정순서에 따른 칩의 3차원적인 입체 도를 형상화한 반도체 제조공정을 위한 콘텐츠를 제작하였다. 본 연구에서는 반도체 제조 공정의 대상으로 CMOS를 선택하였다. 제조공정은 P타입의 웨이퍼를 이용하여 클리닝 하는 단계부터 시작하여 질화물 테포지션(Nitride deposition) 단계까지 총 87단계를 3차원 모형으로 제작하였다.

이와 같이 제작된 반도체 제조 공정 콘텐츠들은 멀티채널 디스플레이 화면에 그림8와 같이 표현된다. 그림에서 보듯이 왼쪽에는 마스크 패턴을 가운데 화면에는 반도체 제조공정의 3차원 모형을 그리

고 오른쪽 화면에는 다음 공정 및 간략한 설명을 넣어 학습자가 쉽게 마스크에 따른 반도체 제조공정의 달라지는 모습을 동영상 및 간략한 설명을 통하여 쉽게 익힐 수 있도록 하였다.

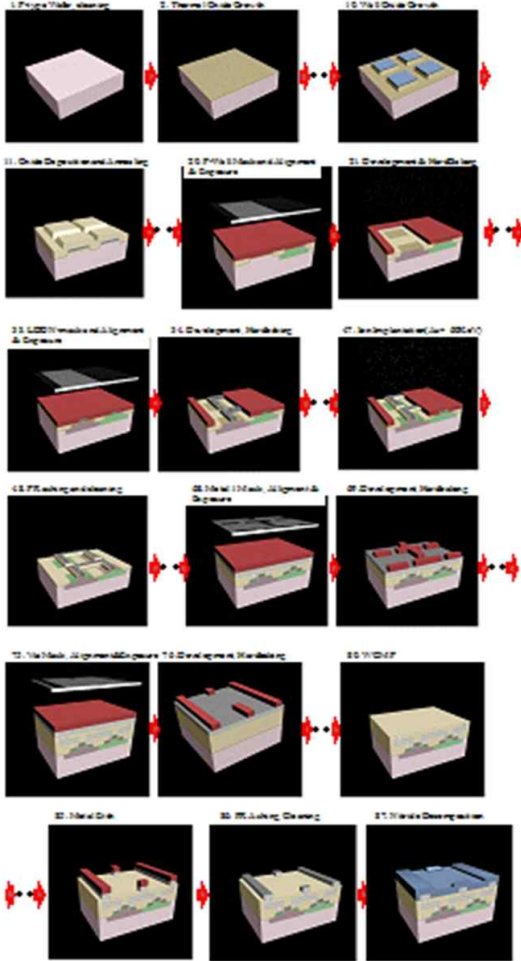


그림 8. CMOS 교육 콘텐츠

## V. 결론

본 논문에서는 몰입형 가상교육에 활용될 수 있는 멀티채널 디스플레이 시스템을 개발하였다. 제작한 시스템은 학습자에게 몰입감을 전달할 뿐 아니라 사용자 친화적인 인터페이스를 제공하여 콘텐츠들을 쉽게 로딩/재생 할 수 있다. 또한 영상의 왜곡을 막기 위하여 캘리브레이션 방법을 제안하여 부드러운 영상을 제공하였다. 현재 개발한 시스템은 효과적인 강의를 위한 몰입형 플랫폼으로 여러 사람들에게 콘텐츠를 이용하여 효과적인 강의를 할

수 있을 것으로 판단된다. 그러나 강의자와 가상환경과의 자연스러운 인터랙션부분이 다소 부족하므로 강의의 자연스러운 손동작을 파악하여 가상환경과 인터페이스 할 수 있는 시스템을 개발하기 위한 연구를 수행하고 있다.

## 참고 문헌

- [1] M. Hereld, I. R. Judson and R.L.Stevens, "Introduction to Building Projection-based Tiled Displays," *Proceeding of IEEE Visualization 1999*, pp.215-224, 1999.
- [2] R. Yang, D. Gotz, J. Hensley, H.Towles, and M. Brown, "PixelFlex: A Reconfigurable Multi-Projector Display System," *Proceeding of IEEE Visualization 2001*, 2001.
- [3] Y. Chen, H.Chen, D. Clark, Z. Liu, G. Wallace, and K. Li, "Software Environments for Cluster-based Display Systems," *Proceeding of IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid*, pp.202-210, 2001.
- [4] Dieter Müller, F. Wilhelm Bruns, Heinz-Hermann Erbe, Bernd Robben and Yong-Ho Yoo, "Mixed reality learning spaces for collaborative experimentation: A challenge for engineering education and training", *International Journal of online engineering* vol. 4, No. 3. 2007.
- [5] Nobuaki Ohno and Akira Kageyama, "Introduction to Virtual Reality Visualization by the CAVE system", *Advanced Methods for Space Simulations*, pp. 167 - 207, 2007.
- [6] Jadrian Miles, Daniel F. Keefe, Daniel Acevedo, and Fritz Drury, "Teaching Science in Virtual Reality with a Freehand 3D Illustration", *Proceedings of IEEE InfoVis*, 2007.
- [7] Phillip S. Dunston, Laura L. Arns, and James D. McGlothlin, "An Immersive Virtual Reality Mockup for Design Re



view of Hospital Patient Rooms”, *Proceedings of 7th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, pp. 22- 26, 2007.

- [8] Andrew S. Forsberg, Andrew S. Forsberg, Jonathan L. Elion, "Immersive Virtual Reality for Visualizing Flow Through an Artery", *Proceedings of IEEE Visualization 2000*, pp. 457-460, 2000.
- [9] Kirill Dmitriev, Thomas Annen, Grzegorz Krawczyk, Karol Myszkowski, and Hans-Peter Seidel, "A CAVE System for Interactive Modeling of Global Illumination in Car Interior", *The ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST)*, pp. 137-145, 2004.
- [10] B. Pucci, A. Marambio, "Olerdola's cave, Catalonia: a virtual reality reconstruction from terrestrial laser scanner and GIS data", *Proceedings of the 3rd ISPRS International Workshop 3D-AR CH 2009*.
- [11] Salvatore Livatino, Filippo Privitera, "3D visualization technologies for tele guided robots", *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pp. 240-243, 2007.
- [12] K. W. Arthur, "Effects of Field of View on Performance with Head-Mounted Displays," *Master Thesis, Univ. of North Carolina*, 2000.
- [13] S.Y.Kim, H.K. Park, D.Y. Kim, "A Tiled Display System for Immersive Education", *CSEDU 2009*, pp. 394-397, 2009.
- [14] S.Y. Kim, D. Kim, J.H.Lee, "An Interactive Multichannel Display for Immersive Education", *ICEE & ICEER*, 2009.
- [15] 고명철, 김택수, 오태철, 최윤철, 고건, "가상 객체간의 상호작용 모델", <http://register.itfind.or.kr/Report/200201/IITA/IITA-0110-111/IITA-0110-111.pdf>.

임 성 민 (Sung-Min Im)



1999년 2월 ~ 현재 : 숙명여자대학교 교육학과 강사  
관심분야 : 가상교육, 원격교육

김 도 윤 (Do-Yoon Kim)



2005년 3월 ~ 현재 : (주)위드 로봇 대표이사  
관심분야 : Computer vision, 가상현실, 증강현실, 임베디드시스템

이 재 협 (Jae-Hyup Lee)



1993년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 인터넷 미디어 공학부 정교수  
관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 가상현실, 인터랙션

김 상 연 (Sang-Youn Kim)



2006년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 인터넷 미디어 공학부 조교수  
관심분야 : 햅틱스, 가상현실, 로보틱스