

## 3차원 대화형 실험 학습 시스템 개발

이 재 기\* · 최 형 립\*\* · 임 정 환\*

### < 목 차 >

I. 서론	
II. 컴퓨터를 이용한 학습 시스템	3.1 시스템 구성
2.1 CAI의 특징과 학습 형태	3.2 시스템 구현
2.2 기존의 학습 시스템의 동향	3.3 실험 내용의 시연
2.3 실험 학습 시스템의 특징	IV. 결론
2.4 학습 시스템의 개발 환경	참고문헌
III. 3차원 대화형 실험 학습	Abstract
시스템의 개발	

### I. 서론

지금까지 컴퓨터를 이용한 교육 시스템은 단순히 보여주거나 들려주는 단방향이며 일방적인 교육 내용의 전달을 통한 학습이 주류를 이루었다. 즉, 2차원으로 구성된 그림을 보여주거나 시청각적 효과만을 위한 3차원 애니메이션을 통하여 피교육자에게 교육 내용을 전달하는 단 방향적 교육을 함으로써 교육자의 의사 전달과 피교육자의 참여 기회가 배제된 형태의 교육 시스템이 거의 대부분을 차지하였다. 그러나, 오늘날과 같이 정보 통신 기술의 급속한 변화와 함께 다양한 정보와 멀티미디어적 표현이 주류를 이루고 있는 상황에서는 이와 같은 단 방향적 교육으로는 정해진 시간 내에 최대한의 학습 효과를 기대할 수 없다. 따라서, 단 방향적인 교육의 개선된 형태로서, 기존의 시청각 교육에 현실감을 제공하고 탐험 및 몰입감을 증대시켜서 학습 효과를 향상시키려는 시도가 이루어지고 있다. 또한, 교육자의 의사를 충분히 고려한 학습 환경 하에서 주어진 환경과 직접 대화를 통해서 체험 학습을 할 수 있도록 하는데 정보 통신 기술을 적극적으로 활용하게 되었다. 특히 언어나 수리 학습보다는 실험 장치를 사용하는 경우에는 원하는 실험을 효

\* 동아대학교 컴퓨터공학과

\*\* 동아대학교 경영정보학과

과적으로 수행하기 위하여 실제와 같은 실험실 배치, 실험 장치 조작, 실험, 결과 분석 등의 다양한 형태의 교육 진행이 요구된다. 이와 같은 경우 정보 처리 기기를 이용하는 실험에서는 3차원의 대화형 학습이 필수적이다.

본 논문에서는 이와 같은 단방향적 교육 방식을 극복하기 위하여 대화형 환경 상에 가상 현실 기술을 적용하여 체험 학습을 할 수 있는 컴퓨터 환경을 설계하고 구현하였다. 3차원 대화형 실험 학습 시스템의 대상 영역으로는 다양한 정보 처리 기술을 구현할 수 있는 중학교 물리 실험 교재를 선택하였다. 실제 실험실이나 실험 도구를 갖추지 않고도 교육자의 의도대로 피교육자가 실험할 수 있는 환경을 제공하도록 하였다. 이렇게 함으로써 피교육자의 학습 동기를 유발하고 학습 의욕을 고취시켜서 효과적인 실험을 할 수 있는 학습 지원 시스템을 개발함에 목적을 두고 있다.

본 논문은 1장의 서론에 이어, 2장에서는 컴퓨터를 이용한 학습 시스템의 동향과 특징과 학습 시스템의 구현 방법에 대해 기술한다. 그리고 3장에서는 본 논문에서 설계하고 구현한 3차원 대화형 실험 학습 시스템의 구성과 시스템 구현, 구현된 3차원 대화형 물리 실험 내용과 동작 내용의 시연을 통해 3차원 대화형 실험 학습 시스템의 개발과정과 효과에 대해 설명하며, 마지막으로 4장에서 결론을 맺고 있다.

## II. 컴퓨터를 이용한 학습 시스템

### 2.1 CAI의 특징과 학습 형태

컴퓨터를 사용하여 학습 내용을 전달하거나 교수 학습과 관련된 사항들을 처리하는 '컴퓨터를 통한 교육'을 CAI(컴퓨터 보조 학습)라고 한다. 이러한 CAI에 대한 정의와 특징을 종합하여 정리하면 다음과 같다.

- 1) 학습자 각자의 개인차에 적합한 개별 학습을 할 수 있다.
- 2) 학습의 속도를 스스로 조절하며 필요한 내용을 스스로 찾아 학습하는 자발 학습을 할 수 있다.
- 3) 효율적이며 적절하고 즉각적인 피드백 효과로 학습 내용에 대한 점진적인 강화가 이루어지며 학습자의 학습 성취도를 즉시 평가할 수 있다.
- 4) 교육자가 지니고 있는 한계점인 고도의 정확성, 완전한 기억력, 무한한 인내력 제한등을 CAI는 훌륭하게 충당할 뿐만 아니라 학습 부진아에게는 보충 학습의 기회를 주고, 학습 우수아에게는 심화 학습의 기회를 제공해 준다.
- 5) 전통적인 교수 방법과 양립하여 사용할 수 있다.
- 6) 다양한 시청각적 자료를 제공할 수 있다.

학생들이 학습활동에 컴퓨터를 이용하여 학습을 진행해 나가는 각 코스웨어에 따라 반복형, 게임형, 모의실험형, 개인교사, 학습자료 제시 등으로 분류하는데 이들 각 유형의 특징을 살펴보면 다음과 같다 (Dick & Reiser, 1989).

#### (1) 반복형

반복형은 CAI 프로그램 중 가장 많이 사용되는 형식으로 반복학습을 통하여 학습 내용을 완전히 내면화시키는 형태의 코스웨어로 학생들이 습득한 지식을 유지 강화시키는데 도움이 되는 유형이다. 이것은 반복 학습에 적합한 컴퓨터를 최대한 활용하여 효율적인 개별학습 방법으로 사용하는 것이다 (박성익 & 최정임, 1992).

#### (2) 게임형

게임형은 오락적 요소를 담고 있는 컴퓨터 프로그램이다. 이것을 교육적 흥미 유발의 요소로 이용하면 효과적인 학습성취를 꾀할 수 있다. 학습자에게 강한 동기를 부여할 수 있으나 게임의 형태로 정보를 전달하거나 기술을 습득시키려는 수업은 반드시 효율적이지 않다는 단점이 있다. 그러나 수업용 게임은 문제 해결력, 연역적 사고, 의사 결정 및 전략 형성 기술의 습득에 효과적이라고 밝혀지고 있다 (권성호, 1990).

#### (3) 모의 실험형

모의 실험이란 어떤 사건을 표본화하는 것으로 교육적 상황에 도입될 때에는 실제 세계를 흉내 내거나 반복하여 실세계의 어떤 측면을 가르치는데 강력한 기법으로 제공된다. 게임형에서와 같이 강한 동기 유발이 형성되며 실제 세계와 같은 방법으로 상호 작용 함으로써 학습의 효율성을 극대화할 수 있다. 결국 모의 실험형은 학습자의 동기 유발에 효과적이고, 학습 내용의 구조를 학습하기 때문에 학습의 전이 효과를 극대화 할 수 있고, 비용을 절감할 수 있는 경제적이며 효율적인 CAI의 유형이다. 따라서 비행기 조종, 경영 실습, 위험한 과학이나 화학 실험 등에 효과적으로 이용되고 있다 (권성호, 1990).

#### (4) 개인 교사형

학습의 효율을 가장 극대화시킬 수 있는 교수 학습 유형은 1인 교사가 1인의 학생을 학습시키는 방법이다. 개별 학습의 효과를 가질 수 있는데 학습자에게 새로운 학습 내용을 소개하는 형식으로 학습이 진행되며 계속적으로 누적되는 학습 내용을 학생들이 잘 이해하고 있는지 정기 적으로 평가를 실시하기도 하는 개인 교사형은 앞에서 언급한 반복형, 게임형, 모의 실험형 등의 특성을 골고루 갖춘 종합적인 형태이다. 개개의 학생들

이 동시에 각각 서로 다른 독자적인 학습을 진행할 수 있기 때문에 학습자의 능력과 요구에 따라 주제를 선정하여 자신들의 속도에 맞추어 학습할 수 있다. 이때에 교사는 가르치는 역할이 아니라 도움이 필요로 하는 학생들을 도와주는 역할을 담당하게 된다 (권성호, 1990).

#### (5) 학습 자료 제시

언어를 통하여 아무리 구체적으로 설명해도 납득이 가기 어려운 내용이나 도표, 도형 등을 직접 그림 형태로 제시하여 줌으로써 학습자의 이해를 도울 수 있도록 하는 것이다 (고성희, 1994).

### 2.2 기존의 학습 시스템의 동향

현대의 학교 교육은 개인차를 최소화하는 한편 개별 학습을 지향하는 경향이 두드러지게 나타나고 있다. 그러나 실제 학습에서는 개인차를 인정한 개별화 수업의 필요성을 절실히 느끼면서도 주어진 여건 때문에 실현하지 못하는 경우가 많이 있었다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 개인차를 가능한 한 최소화하고 학습자의 수준에 알맞은 개별 학습을 실시하여야 하는데 가장 효율적인 방법은 CAI를 이용한 학습 시스템의 활용이다. 이러한 활용은 준비 학습과 본시 학습, 확인 학습 시에 다양하고 효율적으로 활용될 수 있다. 그러나 CAI 즉 기존의 컴퓨터를 이용한 학습 시스템들은 2차원적인 단순한 정지화상 또는 그래픽이거나 부분적인 3차원 애니메이션을 통하여 피교육자에게 교육 내용을 전달하는 단 방향적 교육이었으며 피교육자의 참여 기회와 의사 전달 과정이 배제된 형태의 일방적인 교육 시스템이 많았다.

이러한 일방적인 형태의 교육 시스템은 피교육자의 직접적인 참여를 통한 상호작용이 필요한 과학 분야 과목 등의 실험을 통한 시뮬레이션이 이루어져야 하는 교육 시스템에서는 학습 효과를 충족시킬 수 없다. 또한 이와 같은 교육 시스템에서는 실험 데이터의 변경 및 실험 기구의 조작과 실험 결과의 도출 등이 피교육자의 여러 가지 요구 사항을 반영하기보다는 이미 정해진 교과 과정에 의해 순서대로 따라 함으로 피교육자의 학습 동기 유발 및 교육 효과를 증대시키지 못하였다고 볼 수 있다. 결국 이러한 점들이 기존의 정보 기기를 이용한 학습 시스템의 한계이다.

### 2.3 실험 학습 시스템의 특징

3차원 대화형 물리 실험은 위에서 언급한 CAI의 학습 형태 즉 학생들이 학습 활동에 컴퓨터를 이용하여 학습을 진행해 나가는 형태인 반복형, 게임형, 모의 실험형, 개인교사, 학습자료 제시형의 모든 장점을 반영하며 기존의 학습 시스템이 갖는 단 방향적인 교육

의 한계를 극복하고, 보다 피교육자의 다양한 요구에 부합하면서, 피교육자인 사용자에게는 기존의 교육 시스템에서는 제공하지 못하던 학습 동기 유발과 함께 학습 효과를 향상시키며 정해진 시간 내에 최대한의 학습 능률을 증대시킬 수 있는 방법으로서 본 3차원 대화형 실험 학습 시스템을 제안하고 개발하게 되었다.

3차원 대화형 실험 학습 시스템의 구현을 통해 기존의 시청각 교육에 현실감을 부여하고 탐험 및 몰입감을 증대시켜서 학습 효과를 향상시킬 수 있다. 또한, 교육자의 교육 내용의 효과적인 전달을 충분히 고려한 환경 하에서 피교육자가 실제와 유사하게 주어진 가상의 실험 환경과 상호 대화를 함으로써 보다 심도 깊은 체험 학습을 할 수 있다.

특히 이 교육 시스템에서 피교육자인 사용자와 교육 시스템의 자유로운 상호 작용은 사용자의 흥미 유발과 교육자가 의도하는 교육 내용의 효과적 전달을 위해 필요한 요소이므로 매우 중요하다. 3차원 대화형 실험 학습 시스템은 이러한 상호 작용을 통해 원하는 실험을 진행하므로 그 교육의 효과가 기존의 단 방향적인 교육 학습 시스템에 비해 피교육자의 학습 의욕과 학습 효과 증대에 기여할 수 있다.

## 2.4 실험 학습 시스템의 개발 환경

### (1) 실험 학습 시스템 설계시 고려사항

학습 시스템의 설계 분야에서는 실제 수업에 적합하게 조정하여 효과적인 수업의 과정을 구성하는 일곱 가지 수업 활동으로 제시하고 있다 (Dick & Reiser, 1989). 이들 일곱 가지 주요 수업 활동에는 동기화, 목표, 선수 학습, 정보 및 예, 연습 및 피드백, 평가, 심화 또는 교정이 포함되고 있다.

#### 1) 동기화

수업에서 학습자의 주의를 집중시키지 못하고는 학습이 어렵기 때문에 학습자를 동기화시키는 일은 가장 중요한 일 중의 하나이다. 따라서 수업이 진행되는 동안 학습자의 주의를 집중시킬 수 있는 여러 가지 노력이 필요하다. 이러한 방안에는 시각적 매체를 사용하거나 음성의 변화, 호기심을 유발할 수 있는 질문, 수업을 학습자의 흥미에 맞춘다든지 목표에 도달할 때 보상하는 등의 활동이 있다 (나일주 & 정인성, 1992).

#### 2) 목표

수업 목표란 수업이 끝난 후 학습자에게 기대되는 성취 행동을 말한다 (Dick & Reiser, 1989). 목표는 수업의 방향을 결정지을 뿐만 아니라 수업종료 후 평가의 근거가 된다. 또한 학습 효과의 달성을 위한 안내자가 될 수 있다.

### 3) 선수 학습

선수 학습이란 수업을 받기 전에 학습자가 반드시 갖추고 있어야 할 지식 및 기능(Dick & Reiser, 1989)들로서, 새로운 지식 및 기능이 이전 학습과 관련지어질 때 가장 효과적인 학습이 이루어진다 (Ausubel, 1963). 따라서 새로운 지식이나 기능을 가르치기 전에 필요한 선수 학습은 학습을 보다 효과적으로 할 수 있게 하는 중요한 활동이 된다.

### 4) 정보 및 예

수업 과정에서 가장 중요한 핵심적인 요인은 학습자에게 수업 목표의 성취에 필요한 정보를 제공하는 일이다. 따라서 학습자가 목표 행동을 수행하기 위해 학습해야 하는 정보는 충분히 제공되어야 한다.

### 5) 연습 및 피드백

학습자들은 대부분의 경우 특정 지식을 효과적으로 습득하기 위해 연습이 필요하다. 왜냐하면 연습은 새로운 정보와 이전의 정보를 통합해 주고, 정보가 자동으로 인출되어 사용될 수 있게 해주기 때문이다. 연습 후에는 학습자의 수행에 대한 피드백이 제공되어야 한다. 피드백은 학습자가 자기 자신의 반응과 관련하여 받게 되는 정보로서 학습자의 반응의 정확성 및 적절성을 알려줌으로써, 긍정적인 방향으로 강화한다.

### 6) 평가

학습자가 새로운 지식이나 기능을 성취하였는지 여부를 알기 위한 평가도 주요 수업 활동이다. 학습자의 성취 행동을 평가함으로써 새로운 학습이 어느 정도로 이루어졌는지 확인할 수 있다.

### 7) 심화 또는 교정

완전 학습을 위해 학습이 성공적이지 못한 학습자에게는 교정 활동을 제공하고, 학습이 성공적인 학습자에게는 심화 활동을 제공하여 학습한 지식을 확장시키고 새로운 상황에 적용하도록 한다.

이러한 일곱 가지 주요 수업활동 즉 동기화, 목표, 선수 학습, 정보 및 예, 연습 및 피드백, 평가, 심화 또는 교정의 내용을 바탕으로 3차원 대화형 실험 학습 시스템을 구축하였다. 각각의 수업의 요소들을 위에서 언급한 여러 가지의 저작 도구 중 윈도우즈 환경에서 사용하기 유리한 툴북을 이용하여 다양한 그림과 학습 내용 그리고 음성 설명으로

구현하였고 직접 실험할 수 있는 가상환경을 통해 연습과 피드백을 가질 수 있게 하였다.

## (2) 3차원 대화형 실험 학습 시스템 개발 도구

3차원 대화형 실험 학습 시스템은 윈도우즈 환경에서 사용하기 유리한 툴북을 저작 도구로

이용하고 가상의 실험환경을 위해 애플리케이션을 제작하였다. 중학교 과학 교재 내에 있는 물리 교과 내용 중 물리 실험에 대한 내용에 대해, 상세한 설명 즉 실험 이론과 실험 방법, 실험 기구, 실험 결과 및 고찰 등은 저작도구인 툴북을 이용하여 제작하여 음성과 2차원의 그림 정보로 실험에 필요한 사항을 액세스하기 쉽고 알기 쉽게 만들었다. 그리고 피교육자가 가상의 실험공간에서 직접 실험을 할 수 있는 가상 실험실은 가상 현실 기술을 바탕으로 윈도우즈용 프로그램을 자체적으로 개발하였다.

위와 같은 가상 실험을 3차원 그래픽으로 구현하기 위해서는 3차원 그래픽 엔진이 필요한데 기존에 많이 사용되는 것들로는 OpenGL, Direct X, VRML 등이 있다. 각각에 대한 특징들을 비교 해 보면 다음과 같다.

### 1) OpenGL

OpenGL은 그래픽 하드웨어에 대한 소프트웨어 인터페이스로써 3차원 그래픽 환경을 개발하는 데 사용하기 위해서 개발된 그래픽 라이브러리이다. C 언어를 기반으로 하여 플랫폼에 상관없이 구현 가능한 그래픽 라이브러리로 펜 좌표계를 사용한다. 점과 점에 대한 색깔 리스트의 조합에 의하여 3차원 객체를 구성한다. 그러나 이것은 아래에 나오는 Direct X의 객체 기반 인터페이스에 비해 원시적이라 할 수 있다.

이 라이브러리의 특징은 하드웨어의 제한을 받지 않고 3차원 그래픽 프로그램을 개발할 수 있다. 즉, 언어적 일치와 부분적인 재코딩만으로도 다른 시스템으로의 프로그램 포팅이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 그리고 그래픽의 질적인 면에서 Direct X 보다 뛰어나다고 할 수 있다. 그러나 이러한 장점에 비해 속도면에서는 문제점을 가지고 있어 윈도우즈 95 환경에서 3차원 그래픽의 렌더링 속도를 향상시키는 가속 기능을 제공하는 Direct X 보다는 현저히 떨어진다.

### 2) Direct X

C, C++ 언어를 기반한 그래픽 라이브러리로써, 객체 개념을 통하여 오브젝트인 3차원의 객체를 구현하는 3차원 그래픽 라이브러리이다. 또한 절대 좌표와 상대 좌표를 동시에 제공하며 객체 수준의 처리를 가능하게 함으로 가상 공간을 구현하는데 보다 효과적이다. 윈도우즈 95 환경에서 그래픽, 사운드 및 기타 하드웨어 환경을 직접 제어할 수 있

고 OpenGL과 같이 그래픽 하드웨어에 무관한 인터페이스를 제공하며 고속의 3차원 그래픽의 렌더링 속도를 가지나 다른 플랫폼으로의 이식이 거의 불가능하다는 것이 단점이다.

### 3) VRML

VRML(Virtual reality modeling language)은 2차원 정보에 기반한 기존의 인터넷 정보 체계에 대한 3차원 정보 표현 요구에 의해서 생겨난 문서 규약으로서 현재 VRML 2.0 까지 나와 있는 상태이다. OpenGL과 Direct X와는 달리 3차원 그래픽 라이브러리가 아니라 3차원 객체의 구성을 위하여 인터넷상에서 가상현실을 구현하는 일종의 스크립트 언어 형식을 취한다. 인터넷상에서 3차원 객체의 모델링 언어로서 표준화가 진행중이다.

3차원 객체에 대한 개발도구로서 OpenGL, Direct X, VRML이 대표적이지만 일반적으로 널리 사용되고 있는 윈도우즈 95 환경에서 그래픽, 사운드, 기타 하드웨어에 친화성이 있고 렌더링 속도가 빠른 Direct X가 3차원 대화형 실험 학습 시스템 개발에 적합하다. Direct 3D는 3차원 그래픽 구현을 위한 라이브러리로서, 윈도우즈 95 계열의 환경에서 고속이며 고수준의 그래픽 라이브러리를 제공한다. 이 라이브러리도 OpenGL과 마찬가지로 그래픽 하드웨어에 무관한 인터페이스를 제공한다. 단, OpenGL과 같이 시스템에 독립적인 포팅은 같은 계열의 동작 환경이 아니면 불가능하고, 상대적으로 저수준의 그래픽 라이브러리를 제공한다. 그러나, OpenGL에 비해 월등한 실시간 렌더링 기능을 제공하므로, 본 3차원 대화형 실험 학습 시스템에서는 Direct 3D를 이용하여 개발하였다.

## Ⅲ. 3차원 대화형 실험 학습 시스템의 개발

### 3.1 시스템 구성

#### (1) 가상 현실

오늘날 가장 각광 받고 있는 산업인 정보 통신 산업 중에서도 가상 현실 분야에 대한 관심이 고조되고 있다. 여기서 가상 현실(VR : Virtual Reality)이란 컴퓨터를 이용하여 만들어진 실재와 같은 3차원 환경에서 실재와 다름없는 가상 체험을 가능하게 하는 기술이다. 이러한 가상 현실의 대표적인 기술은 사용자에게 충분한 감각적 단서를 제공하기 위해 인위적으로 생성한 환경과 관련한 기술이라고 할 수 있다.

가상 현실을 구현하는데 있어 제공되어야 하는 기본적인 요소로 몰입(Immersion), 탐색(Navigation), 상호 작용(Interaction)이 있다.



### 1) 몰입

몰입이란 구현된 가상 현실에서 사용자가 얼마나 현실감을 느낄 수 있느냐하는 점이다. 즉, 인간의 몸이 느끼는 감각인 5감(시각, 청각, 후각, 미각, 촉각) 등을 컴퓨터를 이용하여 어느 정도로 인간의 몸이 마치 그 환경 하에 있는 것처럼 착각하게 만들 수 있느냐하는 점이다. 간단한 예로는 아이맥스(IMAX) 영화를 들 수 있다. 즉, 여러분들이 그랜드캐년 계곡을 비행하는 비행기에서 찍은 필름을 특수 처리하여 대형 화면으로 보게 될 때, 비행기가 계곡 아래로 급강하 하는 장면에서는 마치 실제 급강하 하는 비행기에 타고 있는 것과 같은 착각을 일으키게 된다. 따라서, 이에 대한 반응으로 의자를 꼭잡게 되는데, 이러한 정도는 몰입의 강약으로 나타난다. 다시 말해 몰입이란 피경험자에게 제공하는 시각적 시뮬레이션의 정도를 말한다. 즉 얼마만큼 가상 세계로 끌려 들어갈 수 있을까이며 얼마만큼 사실감을 느낄 수 있느냐이다. 이와 같은 몰입감의 정도는 해상도가 높은 이미지, 피경험자의 상호 작용, 입체 영상, 넓은 시야, 이미지의 교체 속도, 3차원 사운드 효과, 리얼타임의 추적 등의 요소등에 의해 좌우된다. 즉 사용자가 가상 세계에 몰입하기 위해서는 인간의 모든 감각인 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각등에 실제에 가까운 자극을 제공하여야만 한다.

### 2) 탐험

탐험은 컴퓨터가 만들어낸 가상 공간으로 탐험 또는 이동하는 능력을 말한다. 피경험자는 이러한 탐험을 통해 가상 세계 내에 있는 여러 장소를 여행하며 보고 듣고 특정의 객체에 대해 상호 작용을 할 수 있다. 다시 말해 탐험이란 가상 현실에서 피경험자가 자유자재로 돌아다닐 수 있도록 하는 것이다. 쉽게 말하면 동굴이 있다고 할 때, 피경험자는 의도하는 어떤 방향으로든지 돌아다니면서 동굴을 구경할 수 있어야 한다. 또한, 이렇게 되어야만이 피경험자는 이 환경으로부터 현실감을 부여받을 수 있게 된다.

### 3) 상호 작용

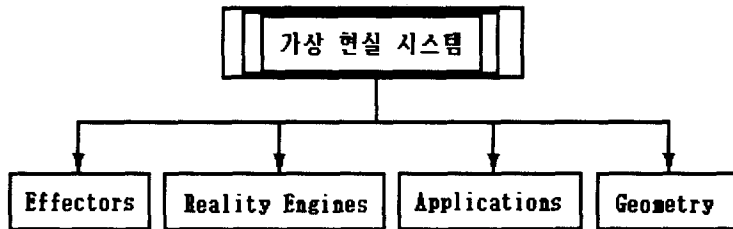
상호 작용은 피경험자가 수신만이 아니라 가상 현실 시스템과 정보를 상호 교환할 수 있는 상태를 의미한다. 컴퓨터 애니메이션과 가상 현실의 차이점은 가상 세계에서 상호 작용이 이루어지느냐 하는 유무이다. 예를 들면 가상 공간내의 어떤 객체를 집어던지면 그 객체는 공간을 가로질러 나아가면서 다른 물체와 부딪히는 경우도 가능하다. 이러한 상호 작용은 피경험자의 행동에 따라 실시간으로 컴퓨터가 반응하는 연속적인 사이클이라고 할 수 있다. 상호 작용에서 만들어진 가상 현실하의 물체에 대해 사용자가 행위를 할 수도 있고 그 물체로부터 시각적이거나 청각적인 반응 등을 얻을 수 있다. 예를 들면 동굴 속을 걷고 있을 때, 동굴에 있는 나무 막대를 들 수도 있고, 거기에 불을 붙여 횃불로 사용하기도 한다거나 주위에 있는 돌맹이를 들어서 다른 곳에 옮겨 놓을 수도 있

다. 이와 같이 피경험자가 가상 공간의 물체와 대화형으로 작용하는 것을 상호 작용이라 한다.

이상의 가상 현실 시스템을 구현하는 기본적인 세 요소를 3차원 대화형 실험 학습 시스템에 적용함으로써 실험 학습 효과를 증대시키려 한다. 본 논문에서 구현된 3차원 대화형 실험 학습 시스템에서는 이러한 요소 중에서 직접적인 가상 실험에 보다 적합하다고 판단되는 탐험과 상호 작용에 보다 중점을 두어 개발하도록 한다.

(2) 가상 현실 시스템의 구성 요소

먼저 적절한 가상 환경을 구축하기 위해 필요한 가상 현실 시스템은 다음의 4가지 부분으로 구분할 수 있다.



<그림 1> 가상 현실 시스템의 구성

1) 효과 발생기(Effectors)

효과 발생기는 일종의 하드웨어로 가상 환경을 제어하기 위한 입출력 센서와 장치들을 뜻한다. 가상 세계를 탐험하기 위해 인간의 감각 기관은 그 환경에 몰입을 할 수 있어야 한다. 그러기 위해서는 충분한 감각 정보가 주어져야 하는데 이러한 감각 정보 신호를 제공하기 위해 효과 발생기가 필요하다. 이러한 효과 발생기의 예로서 HMD(Head-Mounted Display)나 데이터 글로브, 헤드폰과 같은 것들이 있다. 본 시스템에서는 일반적으로 많이 보급되어 있는 모니터와 마우스를 사용한다.

2) 리얼리티 엔진(Reality Engine)

효과 발생기에 필요한 감각 정보를 전달하는 신서사이저와 같은 외부적 하드웨어가 리얼리티 엔진을 구성한다. 입체 영상을 디스플레이하고 다른 입출력 장치들과의 대화를 이루게 한다. 빠른 리얼리티 엔진은 실시간으로 동작해야 하는데 피경험자의 행위와 가상 환경내의 객체의 동작을 감지하고 감지한 결과에 대해 변화된 요소를 재계산하고 이

러한 가상 세계내의 변화를 다시 디스플레이하는 동작이 적어도 초당 10회 이상 가능해야 한다. 적절한 가상 현실감을 위한 리얼리티 엔진을 만들기 위해서는 하드웨어에 의하여 제공되는 고성능의 컴퓨터 처리 능력이 필요하다.

실제적으로 상업적으로 이용되어지는 대부분의 가상 현실 시스템은 실리콘 그래픽스, 아이리쉬 인디고, 아이리쉬 크리슨의 워크스테이션, 매킨토시 또는 아미가, 인텔에 기반한 시스템등이다. 본 3차원 대화형 실험 학습 시스템은 가상 현실 시스템의 대중화를 위해 인텔 펜티엄 PC를 리얼리티 엔진으로 사용하고 있다

### 3) 애플리케이션(Applications)

애플리케이션은 시물레이션과 그 동력, 구조, 그리고 객체와 사용자간의 상호 작용들의 짜임새를 묘사하는 소프트웨어이다. 이것으로 가상 세계를 편집하고 이를 실행하고 제어할 수 있다. 이러한 소프트웨어는 추적된 객체와 주변 환경을 제공하며 사용자가 그 환경에 몰입하게 한다. 가상 세계는 일상 생활을 영위하고 있는 실세계와 다를 바 없으며 이러한 가상 세계의 구성 요소로 배경(Backdrop), 객체(Object), 빛(Light), 관점(Viewpoint), 센서(Sensor)를 들 수 있다.

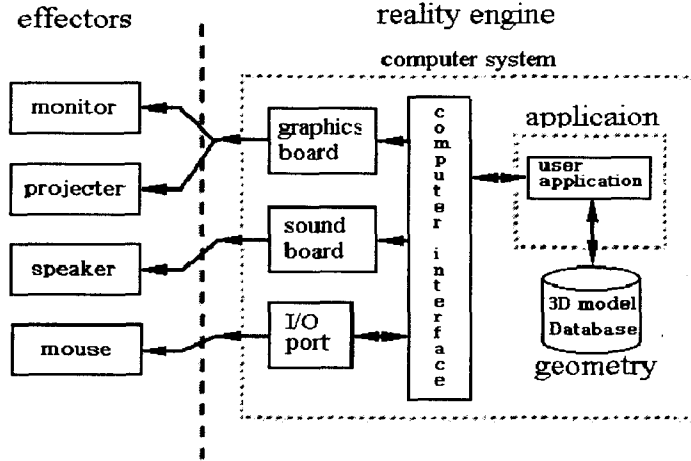
애플리케이션의 구현을 위한 각 구성요소를 살펴보면, 배경(Backdrop)은 가상 세계의 환경이 구축된 하부 구조로 색상이나 외양을 바꿀 수는 있지만 움직이거나 크기를 변환시킬 수 없다. 그리고 객체(Object)는 가상 세계의 움직이는 요소(물체)로 물리적인 법칙의 지배를 받는다. 거기에는 상호 작용이 있기 전까지는 움직이지 않는 정적인 객체와 상호 작용에 의해 제어되어 움직이는 동적인 객체가 있다. 또한 관점(Viewpoint)은 가상 세계 내에서 관찰자의 시점을 말하는데 실시간으로 관점을 다르게 할 수 있다. 한편 빛 (Light)은 가상 세계내의 여러 형태의 조명을 위해 임의의 위치에 놓거나 밝기와 색을 바꿀 수 있다. 이 빛은 역동적으로 계산되며 피험자는 객체의 표면이 조사되는 것을 관찰할 수 있다. 이어서 센서(Sensor)는 가상 세계의 관찰과 상호 작용을 위해 필요한 요소이다.

가상 세계는 여러 개의 객체와 빛, 센서, 관점 등을 포함하여 시물레이트된 환경으로 만들어지는 것이다. 애플리케이션은 이러한 환경을 만들고 가상 세계를 위해 구축된 데이터베이스를 액세스하여 실시간으로 피험자의 행동과 객체 상호간의 상호 작용 등을 감지하면서 그때 그때의 상황을 전개시켜 나간다.

### 4) 입체 모델(Geometry)

가상 세계에는 각각의 객체가 존재하는데 이들 객체들은 기하학적 모델을 형성하고 있다. 입체 모델은 이러한 객체의 속성 즉 형상, 색, 위치 등에 관한 축적된 3D 모델 데이터베이스를 말한다. 이 정보는 애플리케이션에 의해 처리되어 가상 세계의 생성에 사용된다.

이러한 입체 모델은 음영처리 기법, 텍스처 매핑 기법 등을 사용하여 사실에 가까운 객체 모델을 만들기도 한다 (서종한, 1994).



<그림 2> 시스템의 하드웨어적 구조

### (3) 3차원 대화형 실험 학습 시스템

본 논문에서 구현한 3차원 대화형 실험 학습 시스템은 가상 현실 기술을 기반으로 하여 중학교 전과정의 물상 교과목 내에서 다루어지는 물리 실험 중에서 엄선한 실험들을 컴퓨터 상에 구현된 가상 실험실에서 실험하게 한다. 이를 통하여 학교의 실험 시간이나 가정에서 개인별 체험 학습을 할 수 있게 하며 학습 효과를 증대시키도록 만든 실험 학습 시스템이다. 피교육자인 사용자는 본 시스템을 통하여 가상 실험실과 실험 도구와의 탐험과 상호 작용을 할 수 있기 때문에 실험 학습의 동기 유발과 교육 효과를 높이고 교육자가 의도하는 학습 목표를 달성 할 수 있다.

### (4) 실험 내용

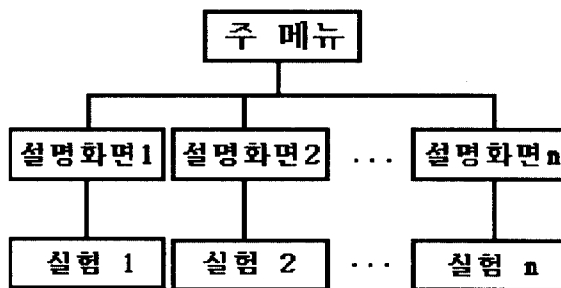
3차원 대화형 실험 학습 시스템의 실험 내용은 중학교 전과정의 물상 교과목 내에서 다루어지는 물리 실험 중에서 엄선한 실험들로 구성되어 있다. 개발된 물리 실험을 크게 구분하면 힘과 운동, 전기와 자기, 힘과 에너지의 세 가지의 단원으로 구성되어 있다. 각각의 단원과 그 단원 내에 포함되어 있는 실험들의 세부적인 내용은 <표 1>과 같다.

## (5) 소프트웨어 구성

개발된 프로그램은 피교육자가 쉽게 실험에 대한 사전 지식을 이해하고 효과적으로 실험이 될 수 있도록 주 메뉴, 설명 화면, 실험의 세 부분으로 트리(Tree) 형태의 구조로 구성하였다.

&lt;표 1&gt; 실험 내용

구분	실험 내용
힘과 운동	힘과 운동 방향의 변화
전기와 자기	전기와 자기마찰 전기, 전기의 종류와 전기력 및 정전기 유도
	전압과 전류의 관계
	저항과 직렬 및 병렬 연결
	전류의 열 작용
	전류와 자기장의 관계
힘과 에너지	힘과 에너지마찰력의 측정
	도르래를 사용할 때의 일
	지레를 사용할 때의 일
	진자의 주기
	위치 에너지의 측정



&lt;그림 3&gt; 프로그램의 구성

주 메뉴에서는 실험 내용 중의 한 가지를 선택하도록 하고, 설명 화면에서는 각 실험에 대한 음성과 2차원 그림에 의한 상세한 사전 설명과 실험 요약, 실험 방법, 실험 도구, 실험 결과, 결론, 및 연습 문제 등을 보여준다. 그리고, 실험에서는 가상 실험 공간에서 실제와 같은 3차원 화면과 상호 작용을 통한 실험을 수행하도록 하고 있다.

(6) 동작 환경

본 연구에서 개발된 3차원 대화형 실험 학습 시스템의 동작 환경은 다음과 같다.

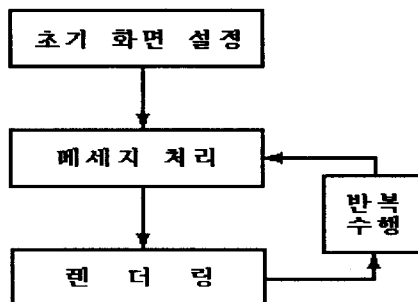
- Pentium 166MHz 이상인 CPU
- 16MB 이상의 RAM
- 윈도우즈 95 운영 체제
- Direct X 라이브러리

3.2 시스템 구현

<그림 3>에서 살펴본 바와 같이 개발 소프트웨어는 크게 세 부분으로 구성된다. 여기서, 주 메뉴와 설명 화면 부분은 프리젠테이션 저작 도구를 이용한 2차원 그래픽 화면과 웨이브 파일을 이용한 음성 설명이 포함되어 시각 및 청각 효과를 얻도록 하였다.

실험 부분은 Direct X를 사용하여 그래픽, 사운드 및 기타 하드웨어 환경을 직접 제어할 수 있게 하였다. Direct 3D는 3차원 그래픽 구현을 위한 라이브러리로써, 윈도우즈 95 계열의 환경에서 고속이며 고 수준의 그래픽 라이브러리를 제공한다.

시스템 내부에서의 구현 절차는 <그림 4>와 같다. 초기 화면 설정 단계에서는 실험에 필요한 요소들을 기본 배치하고 각 요소들의 값들을 초기 상태로 만든다. 메시지 처리 단계에서는 실험 도구의 이동 및 실험 요소의 상호 작용시 피교육자의 메시지를 수신하여 적절한 계산과 처리를 수행한다.

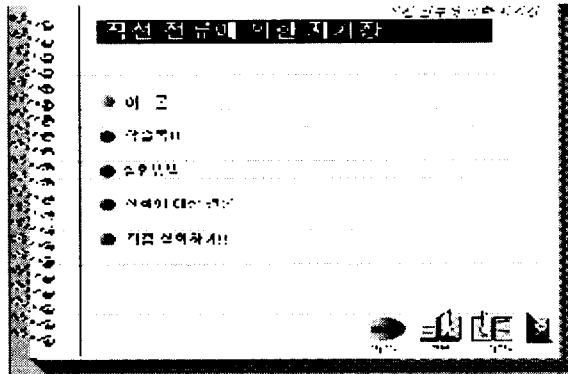


<그림 4> 내부 구현 절차

마지막으로 렌더링 단계에서는 피교육자가 부가한 메시지에 대한 반응을 실제로 화면에 3차원적으로 다시 표현함으로써 피교육자와의 상호 작용이 실시간으로 이루어지도록 한다. 이상의 초기화 단계 다음의 두 단계를 피교육자가 실험 종료를 요구할 때까지 반복적으로 수행하도록 한다.

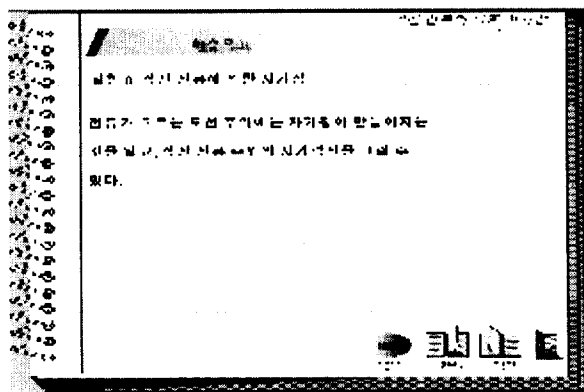
### 3.3 실험 내용의 시연

본 논문에서 개발한 3차원 대화형 실험 학습 시스템의 동작 내용을 직선 전류에 의한 자기장에 대한 실험과 전류의 열 작용에 관한 실험을 통하여 시연해 보도록 한다. 직선 전류에 의한 자기장에 관한 실험은 이론, 학습 목표, 실험 방법, 실험에 대한 결론, 직접 실험하기의 5부분으로 나뉘어진다

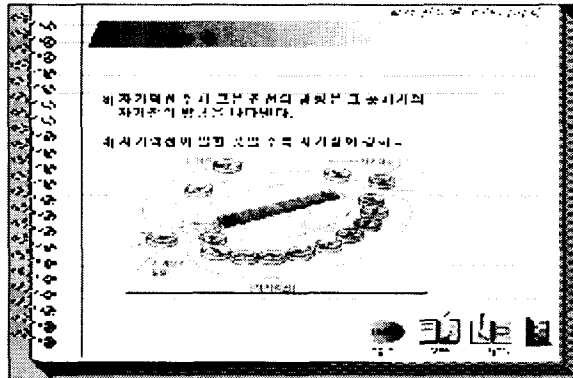


<그림 5> 전류와 자기장

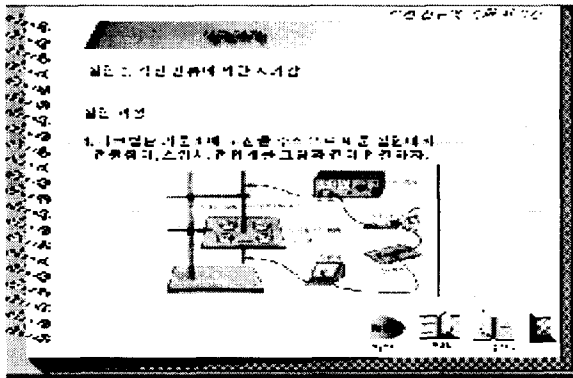
먼저 <그림 5>와 같은 화면을 통해 실험에 관한 이론, 학습 목표, 실험 방법을 각각 선택하여 실험에 대한 내용을 사전에 자세하게 배울 수 있다. 또한 실험을 선택하여 이론적으로 배운 내용을 실험을 통해 확인할 수 있다.



<그림 6> 이 론

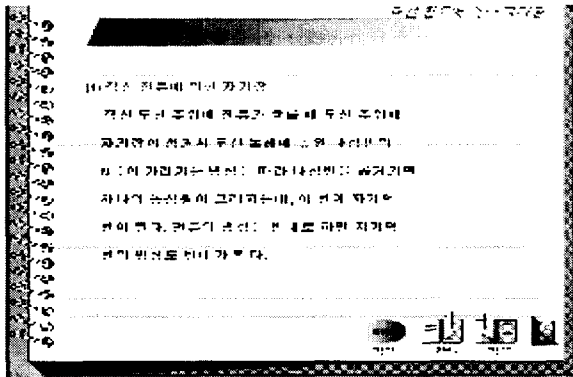


<그림 7> 학습 목표



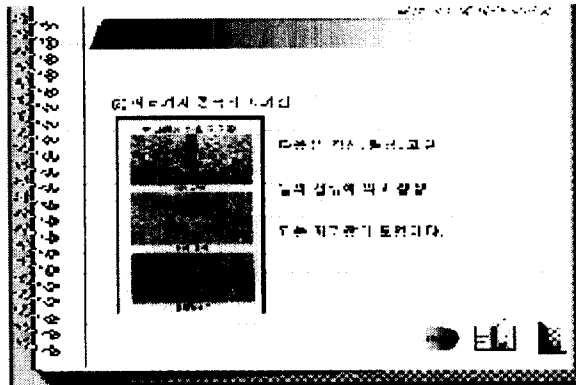
<그림 8> 실험 과정

그리고 실험 결과에 대해 가상 실험실에서의 실험 결과와 실험과 관련된 세부적인 내용을 배울 수 있어 심화 학습이 가능하다.



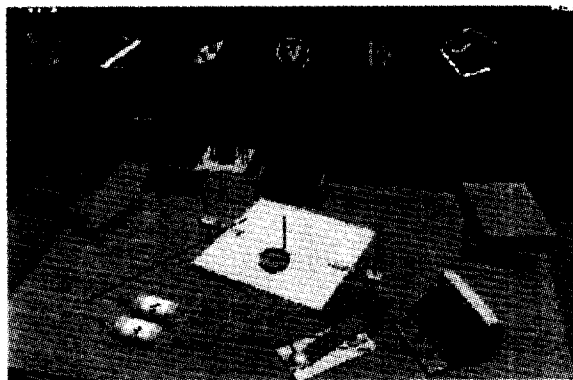
<그림 9> 결과 1



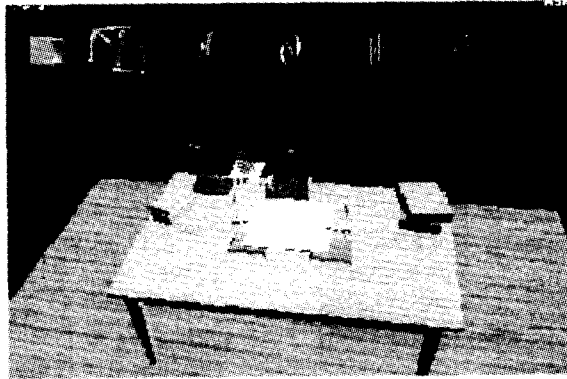


<그림 10> 결 과 2

주 메뉴에서 결과(<그림 5> - <그림 10>)까지는 사용자 인터페이스를 용이하게 하기 위해 각각 아이콘의 선택만으로 진행하게 하였다. 그리고, 실제 실험을 시작하면 초기 화면(<그림 11>)이 나타난다. 여기에는 실험을 수행하기 위한 실험 테이블이 있고 화면 상단에는 실험에 필요한 실험 도구(나침반, 전원, 스위치, 도선)등이 배치되어 있고, 화면의 상단 우측에 있는 도구 상자를 클릭하여 실험 도구를 나타나게도 하고 숨길 수도 있다. 여기서 필요한 실험 도구들을 테이블에 배치하고 원하는 위치로 이동할 수 있으며, 실험을 진행할 수 있다. <그림 12>는 자유로운 카메라 탐색으로 고정된 위치가 아닌 사용자가 원하는 여러 위치에서 실험의 진행 상태를 확인하고 실험 결과를 검토할 수 있음을 보여준다.

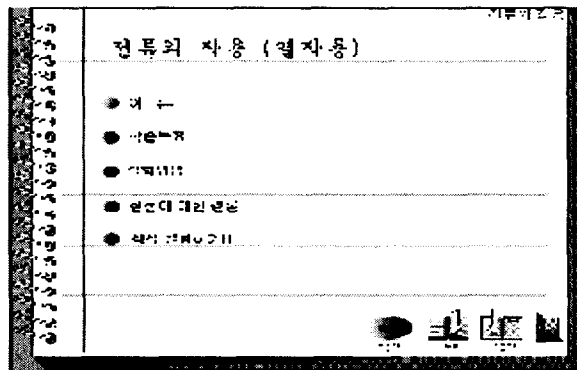


<그림 11> 초기 화면

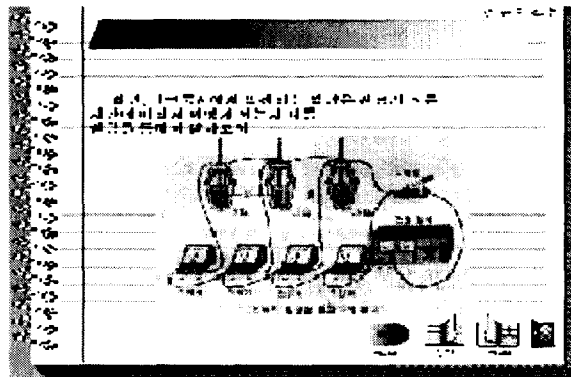


<그림 12> 실험과 탐색

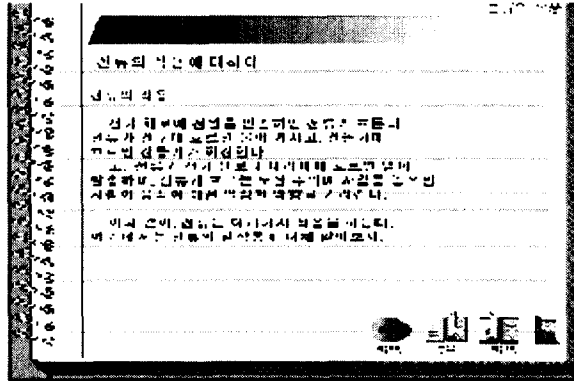
다른 실험의 예로 전기와 자기 부분 중 전류의 열 작용에 관한 실험을 시연해 본다 (<그림 13>-<그림 22>). 먼저 주 메뉴에서 전류의 열 작용에 대한 이론을 선택한다. 실험 이론에 따라 실험에 필요한 기본적인 이론 지식을 익히고 학습 목표를 선택하여 이 실험에서 무엇을 배울 것인가 하는 점을 파악하도록 한다.



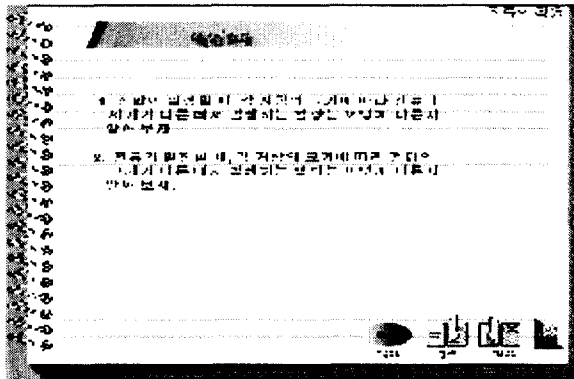
<그림 13> 전류의 열 작용



<그림 14> 이론 1

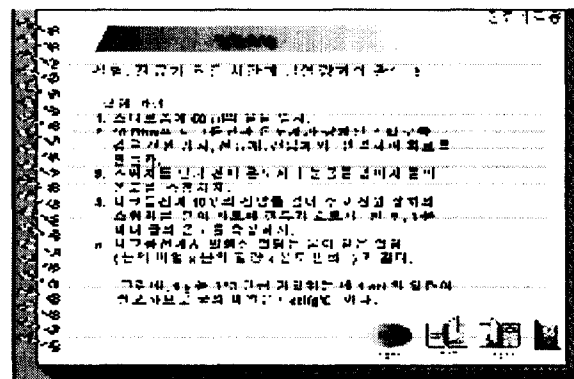


<그림 15> 이론 2



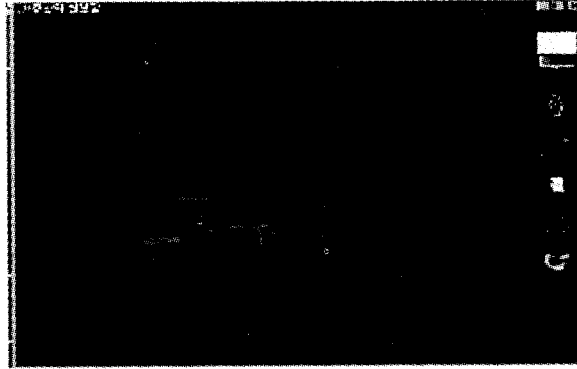
<그림 16> 학습 목표

이제 실험 과정을 선택하여 실험에 필요한 도구와 이들을 어떻게 연결하며 어떤 과정으로 실험을 할 것인가에 대해 학습하게 된다.

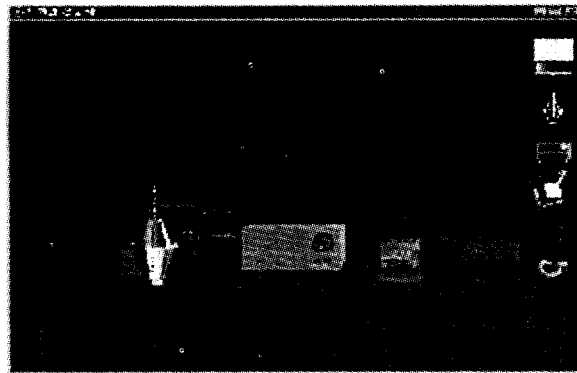


<그림 17> 실험 과정

지금까지 배운 내용을 바탕으로 실험을 시작한다. 실험을 시작하면 중앙에 실험을 할 수 있는 테이블과 실험 도구들이 보인다. 이제 실험 과정에서 배운 것을 바탕으로 각각의 실험 도구를 선택하여 테이블에 배치한 후 전선으로 각각의 실험 도구를 연결한다.

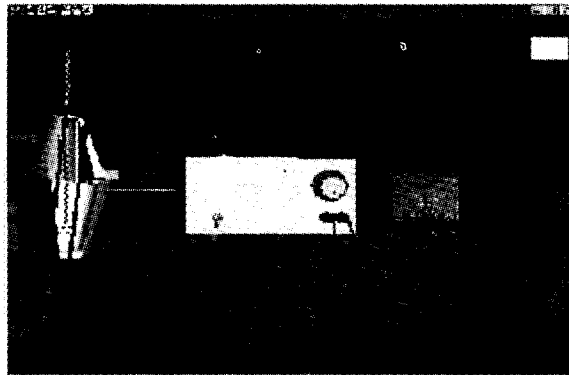


<그림 18> 실험 초기 상태



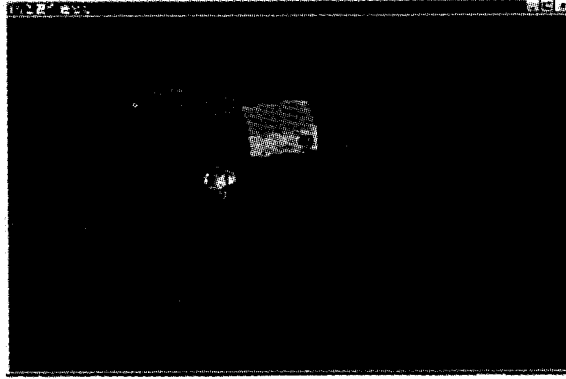
<그림 19> 실험 도구 배치

실험 도구가 정확하게 연결되었다면 실제 실험을 수행한다. 이 실험에서는 전원 공급기의 전압 조절용 핸들을 돌리게 되면 물이 들어있고 저항이 연결된 보온컵의 온도계가 변화한다.

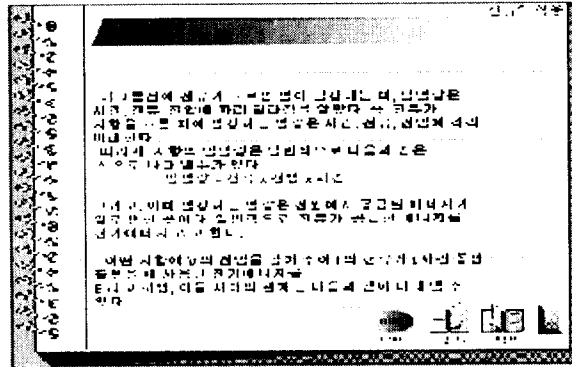


<그림 20> 실험

실험을 하는 동안 실험장을 돌아 다니면서 실험의 진행을 관찰할 수도 있다.



<그림 21> 실험 및 탐험



<그림 22> 결과

실험을 마친 후 결과를 선택하여 실험 결과를 비교해 보고 추가적인 설명으로 실험의 내용을 확인한다.

## IV. 결 론

본 논문에서 개발한 3차원 대화형 실험 학습 시스템은 가상 현실 기술을 이용하여 중학교 물상 교과 과정 중 엄선한 물리 실험들을 교육용이며 가정용 컴퓨터인 펜티엄급 PC상에 구현하여 실험하게 함으로써, 학교에서의 실험 수업이나 실험 기자재가 없는 가정이나 다른 공간에서 개인 학습을 할 때 효과적으로 물리 실험 학습을 할 수 있는 가상 실험 학습 방법을 제안하고 개발하였다. 또한, 본 시스템은 3차원 그래픽과 상호 작용을 통하여 흥미 유발 및 학습 효과를 증대하도록 설계되었다. 기존 교육 시스템의 단 방향적 교육의 개선된 방법으로 제안된 3차원 대화형 실험 학습 시스템은 기존의 시청각 교육에 현실감을 제공하고 몰입감을 증대시켜서 학습 효과를 향상시킨다. 또한, 교육자의 의사를 충분히 고려한 환경 하에서 직접 주어진 환경과 대화를 통해서 체험 학습을 할 수 있도록 대화형 환경 상에 가상 현실 기술을 적용하여 체험 학습을 할 수 있는 컴퓨터 환경을 구현하여, 실제 실험실이나 실험 도구를 갖추지 않고도 교육자의 의도대로 피교육자가 실험할 수 있고 피교육자에게 실제와 유사한 가상 실험 교육 체험과 상호 작용을 통하여 교육 효과를 증대하도록 하였다.

이러한 3차원 대화형 물리 실험은 향후 초고속 정보통신망상에서의 실시간 대화형 교육매체로의 발전이 기대되며, 보다 다양하고 흥미로운 물리 실험을 제공하고 정확한 실험값의 도출을 위해 업그레이드가 요구된다. 무엇보다 중요한 것은 본 3차원 대화형 실험 학습 시스템을 실제 교육 현장에서 직접 활용하여 발생하는 문제점들을 해결하고 실제 교육 현장의 의사를 반영할 수 있는 업그레이드가 필요하다.

이와 같은 3차원 대화형 가상 시스템 구현 기술은 교육뿐만 아니라 스포츠, 의료 및 건축, 군사, 오락 등의 다방면에서 활발하게 이용되고 있으며, 앞으로의 그 응용 분야는 다양하다고 할 수 있다. 특히 비용이 많이 드는 조종사의 양성을 위한 항공 시뮬레이션과 군인들의 실전과 같은 전투 경험을 위한 워 게임 시뮬레이션 같은 분야에서는 이미 가상 현실의 유용성과 효과가 증명되었다.

그러나 현재 국내에서는 이러한 가상 현실 기술이 다양하게 이용될 수 있는 프로그램이나 기반 장치의 개발이 빈약한 형편이다. 다양한 분야에 활용하기 위해서는 단시간 내에 보다 효과적으로 원하는 3차원 가상 체험 시스템을 개발하기 위한 저작 도구의 개발이 요구되며 보다 편리한 사용자 인터페이스를 위한 데이터 글러브나 HMD와 같은 입력기 및 출력기들이 개발되어야 한다. 이러한 요소들의 개발로 사용자에게 보다 양질의 가상 체험을 제공할 수 있고, 개발자에게는 개발에 필요한 기반과 의욕을 제공해 줄 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 고성희, “함수 단원의 CAI 프로그램 개발”, 단국대학교 교육대학원 석사 학위 논문, 1994. 2
- [2] 권성호, “교육공학원론”, 양서원, 1990
- [3] 나일주, 정 인성, “CAI 개발과 활용”, 교육과학사, 1988
- [4] 박봉상 외 7명, “정선 물상 자습서 중1,2,3”, 동화사, 1996
- [5] 박성익, 최 정임, “CAI 코스웨어 교수 자료 개발을 위한 교수설계 원리와 적용”, 교육과학사, 1992
- [6] 박주경외 6명, “대화형 가상 물리 실험 시스템 개발”, 한국정보처리 학회 97춘계 학술 발표논문집 제4권 제1호, PP.922-927, 1997
- [7] 서종한, “가상 현실의 세계”, 영진 출판사, 1994
- [8] 이상훈, “3D Studio MAX”, 한국 컴퓨터 매거진, 1996
- [9] Ausubel, D. P., “The psychology of meaningful verbal learning, NY”, Grune & Stratton, 1963
- [10] David J. Kruglinski, “Inside Visual C++ 4”, Microsoft Press, 1996
- [11] Dick, W. & Reiser, R., “Planning effective instruction, Allyn & Bacon”, 1989
- [12] Microsoft, “DirectX2 Software Development Kit Direct3D Overviews”, Microsoft, 1996
- [13] Peter J. Kovach, “The Awesome Power of Direct3D/ DirectX”, 1997
- [14] Richard Simon, “Win 32 Programming API Bible”, Waite Group Press, 1996

< Abstract >

## Development of the 3 Dimensional Interactive Physics Experiment System

Jae-Kee Lee · Hyung-Rim Choi · Jung-Hwan Lim

This paper describes about the development of the 3 Dimensional interactive physics experiment system using virtual reality technologies. Until now, most of the computer aided education systems have adopted one-sided learning way which only shows or tells. It excludes students during learning processes. To solve the problems of the one-sided learning way and to improve the educational productivity, the 3 Dimensional interactive physics experiment system is developed.

The 3 Dimensional interactive physics experiment system introduced in this paper provides a new learning motivation for students and improves their educational effects through the 3 Dimensional graphics, realtime action, and realistic interactive experiment.