

공학용 가상 실험실을 위한 Web용 기반 시스템의 구축

한상훈, 유성현, 조형제
동국대학교 컴퓨터공학과
(1999. 7. 20. 접수)

An Implementation of Base System for Web-based Cyber Engineering Laboratories

Sanghoon Han, Sunghyun You, Hyungje Cho

*Department of Computer Engineering, Dongguk University
(received July. 20, 1999)*

국문요약

최근 인터넷을 기반으로 일반 사용자들에게 멀티미디어 정보를 이용하여 효과적인 교육수단을 제공하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 대표적인 예가 원격교육, 가상대학 등으로 이른 위주의 일반 교과 과목에 대한 교육은 많이 시도되고 있으나 공학 분야의 실험실습 교육을 위한 경우는 비교적 적은 편이다.

본 논문에서는 인터넷을 바탕으로 한 실험실습 교육의 일환으로 기계, 전자, 화학 등 공학분야의 가상 실험실습실을 지원하기 위해 구축한 기반시스템에 대해 소개한다. 여기에 도입된 가상 실험실의 모델로 클라이언트/서버 방식을 기초로 하여 서버에서 시뮬레이터가 수행되고 클라이언트를 통해 결과를 볼 수 있는 시뮬레이티브 방식이 먼저 논의되고, 이와는 달리 사용자가 초기에 한번 관리 서버를 경유한 이후로는 별도의 실습서버와 직접 통신하며 실험실습의 결과뿐 아니라 진행 상태도 영상으로 볼 수 있는 인터랙티브 방식이 소개된다.

Abstract

Recently there have been many Internet-based studies to provide personal users an efficient educational tool making use of multimedia data. The typical examples are remote education and virtual university where many educational trials on theory-based contents have been performed more frequently than those on experiment-based contents for engineering area.

This paper describes about a base system implemented as an example of Internet-based experiment-oriented educations to establish cyber engineering laboratories for mechanics,

electronics and chemistry. For the first time as a model of cyber engineering laboratories we herein introduce in detail a server-and-client-based simulative method in which the result may be displayed on computer monitor of client PC while a simulator program is executed on the server. Secondly we introduce an interactive method in which the user of client PC may not only communicate directly with experiment server after initial connection with management server but also he can confirm the status of experiment being performed by way of video as well as experimental result.

1. 서론

최근 정보 통신망과 멀티미디어 기술의 발전으로 사회 전반에 걸쳐 컴퓨터와 통신망 환경이 급속하게 확대되고 있고 실생활의 많은 영역에 적용하고자 다양한 연구들이 진행되고 있다. 웹 상에서는 텍스트와 오디오, 이미지, 동영상 등의 각종 멀티미디어 데이터를 하나의 문서로 통합하여 하이퍼미디어 형태로 제공하고 있다. 교육 및 일반 사회적인 측면에서는 인터넷을 기반으로 원격 교육, 가상 대학, 원격 의료, 홈쇼핑 등 여러 분야에 대한 연구가 진행되고 있다. 원격교육도 우편 통신 및 독립학습에서 개방 대학, 방송 및 원격회의를 거쳐 네트워크와 멀티미디어를 이용하는 방법으로 발전하여 왔다(양영순, 1998). 특히 교육 분야에서는 멀티미디어 저작 툴(tool)들도 CBT(Course Based Training) 버전을 별도로 출시할 정도로 멀티미디어와 하이퍼미디어를 적용하는 사례들이 늘고 있다. 가상 공간에서 원거리에 있는 교수와 학습자를 서로 연결시켜주는 가상 대학이나 원격 교육에 대한 교육적 효과도 학생들의 자발적 참여와 활발한 상호작용면에서 보면 긍정적인 평가를 받고 있다(강인애, 1996). 그리고 실제로 원격 교육을 제공하는 웹 사이트(Site)도 많이 생기고 있으며, 가상 대학도 각 대학 별로 구축되어 가는 상태이다. 그리고 가상 laboratory, Web Class, Web Lab과 같이 실험실과 학급에 대한 환경을 웹 상에서 구축하기 위한 모델을 제시하고자 하는 시도들도 이루어지고 있다(박경환, 1998).

원격 교육이나 가상 대학에서는 교수/학습에 관

한 사항만 주로 다룰 뿐 공학분야의 기계 장치를 이용하여 학생들이 실험 실습을 해야 하는 부분에 대해서는 아직 연구가 미진한 상태다. 실험실에 대한 사항은 물리학 기초, 지구 과학 등 기초 과학 분야와 컴퓨터 공학분야 등에서 멀티미디어와 하이퍼미디어를 결합한 사례, 시뮬레이터를 이용한 실험 사례, JAVA를 이용하여 Multiplatform 상에서 가능한 실험실 사례가 있다(Carrillo, 1996; Dede, 1996; Moreno, 1996).

공학 계통의 대학 전공 과정 이수에 많은 실험 실습이 요구되나 실험 실습 장비 또는 장치가 대학 재정으로 구입하기가 너무 비싼 경우가 많고 또 구입할 수 있더라도 실험실습에 위험이 따르거나 장소와 시간상의 제약이 따르는 경우가 많다. 이를 해소하기 위한 한 방안으로 컴퓨터 그래픽으로 실제의 장비 또는 장치와 유사한 가상의 환경을 구축해 놓고 이들을 작동시켜 봄으로써 직접 그 장비 또는 장치로 실험 실습하는 효과를 볼 수 있다. 이런 목적으로 그래픽 시뮬레이터가 개발되어 있으나 그 분야도 한정되어 있을 뿐 아니라 있더라도 여러 컴퓨터에 분산되어 있을 수밖에 없는 실정이어서 한 사람이 여러 분야의 유기적인 실습을 진행하려면 불편하다. 이런 이유로 통합 실험용 가상 실험실습실이 필요하며 여러 실습자가 어떠한 장소에서도 동시에 이용할 수 있게 하려면 인터넷을 기반으로 한 실험 실습이 가능해야 한다.

서버에는 여러 분야 여러 종류의 시뮬레이터가 탑재되어 있어 실습생은 인터넷 접속이 가능한 장소에서 클라이언트 PC의 화면에 나타나는 여러 종류의 필요한 실험을 GUI(graphic user

interface)를 통해 원하는 여러 가지 실습을 대화 형태로 실행시키고 그 진행 과정과 결과도 그래픽 요소를 이용한 2차원 화면이나 입체 화면을 통해서 확인 할 수 있도록 한다. 본 연구에서는 가상 공간에서 계측 장비를 이용한 실험, 화학 단위 공정 실험, 생산 및 가공에서 압축 및 레이저 가공에 대한 실험을 할 수 있는 통합 가상 실험실 관리 시스템 구축과 모델을 제시코자 한다. 가상 실험실을 웹 상에서 제공하기 하기 위해 먼저 통합 가상 실험실습실을 구축하는 데 필요한 관리 시스템을 개발하여 허용된 사람만 이용할 수 있도록 하고 가상 실험실습실을 구축하기 위한 표준 모델을 제시한다. 둘째, 각 실험 실습장비를 관리하는 서버, 시뮬레이터, 클라이언트 사이의 데이터 전송 및 메시지 전달이 여러 종류의 실험환경에서도 원활히 행해질 수 있게 표준 모델을 사전에 제시하여 시뮬레이터와 클라이언트 PC 사이에 필요한 각종 정보를 상호 교환할 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구와 기반 기술에 대해서 소개하고, 3장에서 본 논문에서 제시한 시스템 모델에 대해서 설명한다. 4장에서는 통합 가상 실험 실습실 개발 결과를 보고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 시뮬레이터

실험실을 모델링하기 위해서는 시뮬레이터가 필요하다. 시뮬레이터는 실제 장비와 똑 같은 기능을 하는 프로그램을 만들어 사용자가 실제 장비를 사용하는 것과 같은 결과를 볼 수 있도록 한다. 시뮬레이터를 사용하는 이유는 실제 장비를 사용하면 비용이 많이 들고 위험하기 때문이다. 실제로 우리 주위에서도 시뮬레이터를 많이 볼 수 있는데 요즘 유행하는 실내 운전 연습용 자동차 시뮬레이터가 대표적인 예라 할 수 있겠다. 오락실에서도 비슷한 것을 볼 수 있는데 이런 것들도 아주 단순한 시뮬레이터라고 할 수 있다. 실제로 시뮬레이터를 개발하는데는 많은 시간과 노력이 소모된다. 시뮬레이터의 가격이 실제 장비보다 두

배정도 비싼 것만 보더라도 쉽게 짐작할 수 있을 것이다.

초창기의 시뮬레이터는 기계장치에만 의존했는데 요즘은 전자산업의 급속한 발달로 말미암아 고속, 대용량의 컴퓨터와 아주 정밀한 영상처리 장치를 사용하는 것이 일반적인 추세이다. 교육분야에서도 시뮬레이터 방법이 많이 시도되고 있다. 전자 회로, CAD, 물리학, 지구 과학분야에서 여러 가지 시뮬레이터를 통해 사용자가 파라미터를 주고 그 결과를 얻는 방식을 많이 이용한다.

웹 상에서는 자바 애플릿(Java Applet)을 이용하여 단순한 형태의 시뮬레이터 실험을 주로 제공한다. 대표적인 예로 호남 대학교 사이버 과학 실험실과 주문진 고등학교 이 동준 선생님의 작품인 인터넷 가상 실험실을 들 수 있다. JAVA를 이용하면 다중 플랫폼에서 수행가능 하기 때문에 UNIX, MAC, IBM PC를 사용하는 모든 실습생을 대상으로 할 수 있으나 실험 내용이 복잡하고, 실험 결과가 다양한 화학 공정이나 압축 및 레이저 가공과 같은 실험에는 적용하기 어렵다. 최근에는 기계 장치, 컴퓨터, 가상 현실 기법을 결합하여 시뮬레이터를 개발함으로써 사용자가 실제로 기계를 조작하는 것처럼 느끼게 하는 단계까지 와 있다. 그러나 기존 시뮬레이터는 인터넷상에서 제공될 수 없어 시뮬레이터에서 디스플레이 모듈, 시뮬레이션 모듈, 입/출력 모듈로 나누어 각각의 모듈이 상호 연결되어 웹을 기반으로 하여 실험 할 수 있도록 한다.

2.2 원격 교육과 가상 대학

멀티미디어 시스템 및 초고속 정보 통신망이 구축됨에 따라 사용자의 요구가 다양해져가고 있다. 교육에 관련된 분야 중 하나로 원격 교육과 가상 대학이 있다. 원격 교육은 지리적으로 멀리 떨어져 있는 학습자와 교사들을 통신망을 이용하여 사용자들이 양방향으로 데이터를 교환하면서 상호 작용으로 이루어지는 학습을 말한다(김태영, 1995). 원격 교육 시스템은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 교사와 학습자가 서로 다른 시간대에 통신망에 접속하여 교육이 이루어지는

NRT(Non-Realtime Tele-teaching) 방식인 BBS(Bullet Board System)와 VOD(Video On Demand)가 있다. 둘째는 교사와 학습자가 동시에 통신망에 접속하여 교육이 이루어지는 원격 강의가 있다. 원격 교육 분야는 새로운 미디어 기술을 적용하려는 노력으로 원격 강의를 지원해 줄 수 있는 영상회의, 전자 칠판 시스템 등이 개발되고 있고, 원격 학습을 지원해주기 위한 VOD 시스템 개발이 진행 중이다.

가상대학은 열린 대학(Open University)이라고 하는데, 캠퍼스나 교수진, 행정 기관 등의 물리적인 형태는 존재하지 않지만 컴퓨터 및 네트워크를 통하여 학생들이 대학의 강의를 습득하도록 하고, 관련 업무를 지원하는 컴퓨터 상의 대학이다. 이러한 가상대학의 구축은 유형의 대학에서 발생하는 재정 문제나 캠퍼스 확보 및 강의 프로그램 문제 등에 대한 해결 방안으로 시도되고 있다(박성순, 1996). 가상 대학의 기본 기능으로는 첫째, 코스웨어(Courseware) 방식에 의거한 강의 프로그램이 있다. 둘째, 음성, 동영상, 그림 형태의 데이터를 이용한 강의 내용을 저장하는 멀티미디어 데이터베이스의 제공이 있다. 셋째, 학교 행정 업무를

지원하는 학생과 교무과의 기능 제공이 있다. 가상 대학에서는 주로 NRT방식이 사용되고 있다. 원격 교육과 가상 대학은 멀티미디어 데이터 정보를 이용하여 하이퍼미디어로 구성해 놓은 점만을 보면 비슷하다. 인터넷상에서 개발된 대표적인 가상 대학으로는 가상 온라인 대학, 서울대학교 가상 대학과 한국가상대학연합 가상캠퍼스가 있다(URL 12, 13, 14). 요즘 각 대학마다 자체적으로 가상대학 서비스를 인터넷 상에서 제공하고 있다. 하지만 가상대학에서 제공되는 서비스도 실험 실습에 대한 사항은 미진하다. 주로 교안을 만드는 과정과 멀티미디어 데이터 정보를 제공해주는 부분에 대해서 집중되고 있으나 실험 실습 장비를 인터넷상에서 이용할 수 있는 방법과 실험 실습하는 과정을 CCD Camera를 이용하여 관찰할 수 있는 방법 등에 대한 연구들이 미진한 상태이다.

3. 가상 실험실습실 기반 시스템 개발

본 연구에서는 가상 공간에서 계측 장비를 이용한 실험, 화학 단위 공정 실험, 생산 및 가공에서 압축 및 레이저 가공에 대한 실험을 할 수 있는

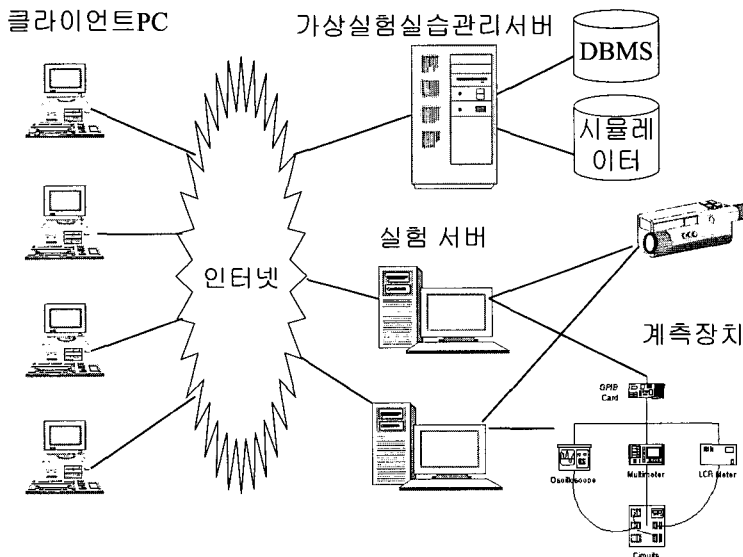


그림 1. 가상 실험실습실 전체 구성도

통합 가상 실험실 관리 시스템 구축과 실험실 모델을 제시코자 한다.

원격 교육과 가상 대학의 관리 기능과 같은 실습생 관리 기능 개발과 인터넷상에서 수행할 수 있는 시뮬레이터의 모델과 제어 계측 장비를 이용하여 실제 장비와 연결하여 실험하는 인터랙티브 모델을 제시한다. 시스템 환경은 서버, 클라이언트, 소프트웨어로 나눌 수 있는데 서버도 웹 서버 외에 실험 실습만을 담당하는 실습 서버를 별도로 구성하여 실험 실습 장비와 직접 연결하는 서버가 있고, 계산량이 많은 경우에도 별도의 서버를 두어 처리한다.

그림 1은 가상 실험 실습실 전체 구성도이다. 인터넷상에서 클라이언트 PC와 가상 실험 실습 관리 서버, 실습 서버들이 유기적으로 작동한다. 특히 실습 서버에는 하드웨어 기계 장치와 CCD 카메라를 이용한 실험들이 포함되어 있다.

3.1 시스템 환경

가. 서버

가상 실험실실습실에서 사용되어지는 데이터는 오디오, 비디오 데이터 외에 하드웨어 장치에서 발생되어지는 데이터 및 실험 시뮬레이터에서 발생되어지는 데이터들이 있다. 서버를 구성함에 있어 웹 서버 외에 실험 실습을 담당해야 하는 여러 가지 서버들로 구성된다. 먼저, 웹 서버는 가상 실험 실습실의 메인 서버에 해당한다. 사용자들이 가상 실험 실습실에 접속하여 실험 과정을 선택하고, 실험을 직접 실행해 볼 수 있는 서버로 접속할 수 있도록 관리해주는 역할이다. 하드웨어 장비가 필요치 않고, 내부 시뮬레이션 기능만을 이용하는 실험인 경우에는 웹 서버에서 처리하기도 한다. 그리고 실험 실습 서버가 있어 계산량이 많은 실험이나 하드웨어 장비를 이용하는 경우에는 별도의 서버를 이용하여 사용자들에게 자료를 제공한다. 여기에는 하드웨어와 연동하여 작동하는 장치들이 필요하다.

나. 클라이언트 PC

멀티미디어 정보를 빠르게 처리 할 수 있는 시

스템 사양을 기본으로 한다. 클라이언트 PC에는 기본적으로 웹 브라우저가 있어 가상 실험 실습 서버에 접속하여 실습생이 시행하고자하는 실험을 선택한다. 이때 실험에 사용되어지는 디스플레이 모듈이 Helper Program의 형태로 제공되기 때문에 별도의 소프트웨어를 설치할 필요가 있다.

다. 소프트웨어

가상 실험 실습실에서 사용되는 서버의 운영체제는 Client-Server 환경이 지원되는 Windows-NT가 사용되고 있다. 클라이언트 PC의 운영체제는 Windows95가 사용된다. 개발 도구로는 시뮬레이터를 개발하거나 CGI(Common Gateway interface)를 구성하기 위해 응용 프로그램 개발 도구인 Visual C++과 Visual Basic을 사용하며, Applet을 개발하기 위해 JAVA를 이용한다. 웹 서버는 WebSite 서버프로그램을 이용한다.

실습생 및 실험 실습 과정을 관리하는 데이터베이스 서버로는 MS-SQL Sever가 이용되어 실습 사용자의 관리, 실습 내용 관리, 실습 서버 관리에 대한 자료를 저장하고 실험에 필요한 기본 정보를 저장, 관리한다. 실험 실습 결과를 현실감 있게 보여주기 위해 3차원 화면을 사용자에게 제공해 주기 위해 VRML을 이용하고 이 파일을 디스플레이하기 위해서 사용되는 Plug-in 프로그램으로는 CosmoPlayer가 이용된다.

실제 실험 실습 장비를 이용하는 실습에서는 하드웨어 기계 장치와 통신하는 인터페이스가 필요한데 시리얼 포트 대신 최근에는 GPIB를 이용하는 추세다. GPIB는 IEEE 488.2로 표준화되어 계측 장비의 입출력 단자로 많이 사용된다.

라. 제공되는 멀티미디어 정보

텍스트 정보 뿐 아니라 오디오, 비디오, 그림 등 다양한 미디어를 이용하여 사용자가 실험한 결과를 볼 수 있다. WWW상에서의 동영상 전송 방식은 크게 file 전송 방식, stream 방식, packet 방식으로 나눌 수 있다. 이들 전송 방식의 분류는 전송되는 단위, 전송 내용 등을 기준으로 하며 전송회선의 용량이나 사용되는 어플리케이션의 특성

에 맞는 방식을 선택해야 효율을 높일 수 있다. 전송되는 방식에 따라 파일의 구조가 다르고, 모든 방식을 지원해 줄 수 있는 플러그인 프로그램이 현재 나와있지 않으므로 사용할 시스템에 적합한 방식의 선택이 우선되어야 하며, 다음 이를 지원하는 플러그인을 선택해야 한다. 전송 방식을 선택할 때 고려해야 할 항목으로는 전송회선의 속도, 사용용도 등을 들 수 있고, 이에 알맞은 플러그인 프로그램의 선택에서는 지원되는 파일 형식, 전송 속도, 프로그램의 플러그인 여부, 프로그램 가격 등을 고려된다. 각 전송방식의 특징은 다음과 같다.

먼저 file 전송 방식은 전체 동영상 파일을 모두 전송 받은 후에만 디스플레이가 가능하다. 미리 녹화된 동영상을 보여주기만 할 경우, 이 방식을 사용할 수 있으며, 전송중의 자료 손실은 없다. 그러나 사용자는 전체 파일을 받는 동안 기다려야 한다는 단점이 있다. file 전송 방식은 다른 방식들에 비해 구현이 간단하며, 기존의 표준인 MPEG등을 바로 사용할 수 있다. 윈도우즈가 운영체제인 경우, 에뮬레이터 형식의 프로그램은 기본적으로 제공되어 있으며, 플러그인 형식은 별도로 무료 제공하는 회사가 많이 있다. 대표적인 예로 Xing, MPEG player, InterVU 등이 있다.

두 번째의 stream 방식은 file 전송 방식처럼 전체 동영상 파일을 이미 서버에 저장시켜 두고, 클라이언트에서는 동영상 파일을 전송 받으면서 전송 받은 만큼의 분량은 전송 중에도 볼 수 있게 하는 점이 다르다. 주로 MPEG 형식을 많이 사용하고, 별도의 파일 형식을 사용하는 회사들도 있다. ftp를 사용하므로 전송중의 자료의 손실은 file 전송 방식과 마찬가지로 없다. 단지 실시간 영상 제공이 안 되는 단점이 있고, 전송 회선의 속도가 느릴 경우는 file 전송 방식과 비교될 수 있는 장점이 없어진다. file 전송 방식을 제공하는 위의 플러그인 프로그램들은 대부분 stream 방식도 제공하고 있으나, 이전의 플러그인 중에는 제공하지 않는 것도 있다. 주로 플러그인 형식이며 file 전송 방식에 비해 제작이 어렵다. 그 예가 QuickTime, InterVU, VIVO 등이다.

마지막 packet 방식은 원래 video conference 시스템에서 많이 사용되었으며, 현재는 일부 플러그인에 응용되고 있다. Packet 방식의 가장 큰 특징은 전체 동영상이 하나의 파일로 구성되어 있지 않다는 것이다. 각 packet 들은 전후의 packet 정보들을 이용하기는 하지만 거의 독립적으로 구성되어 있으며, 중간 packet의 전송 중 손실은 지엽적인 영향만을 줄뿐, 연속되는 다음 packet 들에는 영향을 주지 않으므로 실시간의 동영상 전송이 가능하다. 그러나 이런 packet 방식을 이용하려면 전송 회선 속도가 빨라야 하며, MPEG등의 기존 파일을 전송하지는 못한다. 전송률은 주로 10 - 20 fps(frames per second) 정도이다. 이 방식을 지원하는 플러그인 프로그램은 많지 않으며, 보통 뷰어는 무료로 제공되나 특정 파일 형식을 가지는 인코더는 구입하여야만 한다. 그 예로 VIVO, InternetTV, Video Conference 등이 있다.

오디오의 경우 실험 환경에 필요한 소리를 직접 만들어 내거나 기존에 있던 음을 이용하여 새로운 음을 만들어 내어 실험 환경에 맞는 오디오 정보를 제공한다. 오디오 정보를 편집하거나 새로운 음을 생성하는 도구로 CoolEdit Pro가 많이 사용된다. CoolEdit Pro는 wav 파일을 이용하여 wav 파형을 편집하는 기능에서부터 새로운 음을 생성하는 기능을 가지고 있다. 그 외에 Midi 파일을 생성하는 도구로 MusicMaster, Midi파일을 wav 파일로 변경하는 MID2WAV라는 도구들도 있다. 이렇게 오디오 정보를 편집하는 Tool외에 오디오 정보를 관리하는 도구들도 필요하다. 가상 실험실에서 사용하는 오디오 정보를 분류하여 분류별 저장과 검색을 효율적으로 하기 위한 방법들이 요구된다.

가상 현실에 대한 요구가 높아지면서 실험 실험 장면들을 더욱 효과적으로 나타내기 위해 3차원으로 모델링한 결과를 사용자들에게 보여주어 실험 효과를 증대시킨다. 인터넷상에서는 VRML을 이용하여 웹 브라우저를 통하여 3차원 영상을 보여주고 있으나 VRML로 미리 모델링 되어 있어야 한다는 단점이 있다. 본 연구에서는 가상 실험 환

경에서 사용자가 실험을 통하여 얻은 결과의 데이터 값을 표준 출력 형식으로 받아 Web 상에서 3차원 영상으로 가시화 시키는데 EAI(external Authoring interface)를 이용하여 VRML과 인터랙티브하게 사용자와 상호작용이 가능하게 한다.

가상 실험 실습실에서 요구되는 중요한 사항으로 하드웨어 장비와의 연동은 큰 비중을 차지한다. 현재까지 가상 실험실습실에 대한 개발 사례를 보면 JAVA Applet을 이용하여 한 실험에 대한 결과를 그래픽으로 연상되는 정보만을 보여주는데 만족하고 있다. 하지만 가상 실험실에서는 실제 기계 장비와 연결하여 데이터를 입력하고, 장비에서 나오는 결과를 네트워크를 이용하여 전송 받아 사용자에게 다양한 방법으로 제공한다. 이런 시스템은 보통 실험 실습 서버를 별도로 가지고 있어 실습 장비와 연결하는 Interface와 TCP/IP를 통하여 사용자에게 정보를 제공한다. 이 경우 실험 환경을 직접 보여주기 위해 실시간 화상 압축과 전송 문제를 해결해야 한다.

3.2 시뮬레이티브 모델과 인터랙티브 모델

사이버 공간상에서 수행할 수 있는 여러 가상 공학 실험들의 표준 모델이 제시되어 각각의 가상 실험이 진행될 때 일관성과 편리성이 보장되어야 한다. 이를 위해 설정한 표준 모델은 크게 2가지 유형으로 나눌 수 있다. 사용자와 상호 작용이 처음 실험조건 설정 때 행해지고 나면 실험 결과를 클라이언트 PC에 있는 디스플레이용 프로그램을 이용하여 확인하는 형식의 시뮬레이터(Simulator) 방식과 사용자와 계속 상호작용을 하면서 별도의 실습 서버의 제어 계속 장비와 연동하여 실험하는 인터랙티브(interactive) 방식이 있다.

가. 시뮬레이터 방식

가상 실험 실습 관리 서버에서 브라우저를 통해 사용자로부터 실험에 필요한 모든 매개 변수를 입력받은 후, 서버 내에서 시뮬레이터가 수행된다. 이때 실험에 대한 결과는 클라이언트 PC의 디스

플레이 프로그램으로 입력되고 그 입력을 이용하여 VRML로 표현된 입체 영상이나 2차원 그래프를 이용한 그래픽으로 사용자에게 보여준다.

그림 2는 시뮬레이티브 방식을 이용하는 방법의 시스템 구성도이다. 가상 실험실습 서버의 가상 실험 실습 관리기는 데이터베이스와 연동하여 시뮬레이션 프로그램과 시뮬레이션 결과를 관리한다. 시뮬레이션 프로그램은 각 분야별로 별도의 모듈로 되어 있고, 가상 실험 실습 관리기는 사용자가 선택한 실험의 종류에 따라서 시뮬레이션 프로그램을 호출한다.

시뮬레이터 방식의 실험은 그림 3과 같이 진행된다. Web Server 상에 각각 실험에 해당하는 시뮬레이터 프로그램을 두어 실험에 필요한 실행 매개변수를 입력받는다. 이러한 매개변수는 실험마다 틀린 수와 타입을 갖는다. 또한 이 매개변수에는 결과 파일명이 주어지고 시뮬레이터는 결과를 이 파일에 출력한다.

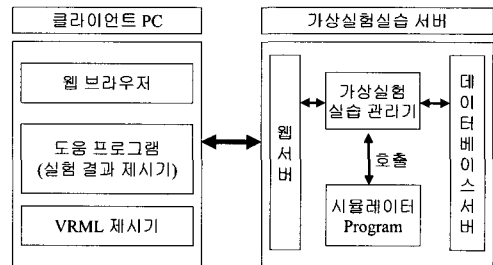


그림 2. 시뮬레이터 방식의 구조도

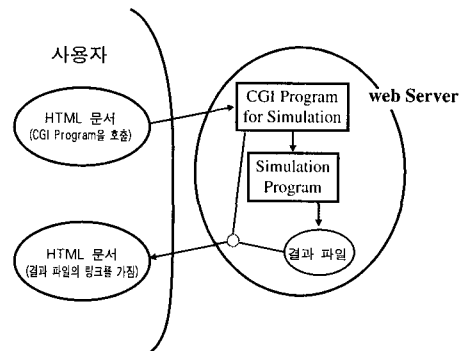


그림 3. 시뮬레이터 방식의 데이터 흐름도

시뮬레이터를 호출하여 실행시키는 일은 CGI 프로그램이 하며 실험에 따라 필요한 매개 변수를 HTML 문서상에서 사용자로부터 입력받고 시뮬레이터를 호출한다. 시뮬레이터가 종료된 후, 생성된 결과 파일이 포함된 문서를 전송함으로써 사용자측에 미리 등록되어 있는 Helper 프로그램이 구동되어 결과를 사용자에게 출력한다. 이러한 실험인 경우에는 시뮬레이터가 서버 내에서 소프트웨어적으로만 이루어지기 때문에 별도의 하드웨어 장치가 필요 없다.

시뮬레이터 방식에서도 사용자와 상호작용을 하면서 이루어지는 경우에는 JAVA Applet을 이용한다. 기존의 가상 실험 실행실에서 주로 사용되는 방식으로 단순한 실험을 하고자 할 때 사용된다. 실험의 과정이 복잡하여 Applet의 크기가 커지면 Java Applet을 다운로드 받는데 굉장히 시간이 걸릴 것이며, 많은 계산량을 요구하는 실험인 경우에는 클라이언트 PC의 성능에 수행속도가 좌우된다.

나. 인터랙티브 방식

실험의 입력 값이 시간에 따라 변해야 하거나 연속으로 출력이 생성되어 단 한번의 결과 파일 생성으로 끝낼 수 없는 실험인 경우에 인터랙티브 방식이 도입된다. 이 경우 실험을 진행하는 서버 프로그램이 미리 지정된 컴퓨터에서 실행되고 있어 요구하는 클라이언트 프로그램과 Stream 방식의 통신을 한다. 그림 4는 인터랙티브 방식의 시스템 구조도이다. 여기서는 가상 실험 실행 서버 외에 실행 서버가 별도로 있어 제어 계측 장비를 통제하고 실험에 대한 결과를 사용자에게 직접 전달한다. 가상 실험 실행 관리기에서 실험에 관한 정보를 실행 서버가 받아서 어떤 실행 서버를 클라이언트 PC와 연결할 것인지 결정할 때 실행 서버에 대한 리스트를 가지고 있어, 실험 종류에 대한 서버의 주소를 클라이언트 PC에 전달해 주면 클라이언트 PC의 Helper 프로그램이 서버에 접속하여 실험이 시작된다.

실험 서버는 크게 네트워크 관리자와 실험 처리 모듈, 제어 계측 장치 인터페이스로 나뉜다. 네트

워크 관리자는 클라이언트 PC에서 요청된 실험 내용을 받아 실험 처리 모듈로 실험 내용을 전달하고, 실험 결과를 클라이언트 PC로 전송한다. 실험 처리 모듈은 실험 내용을 제어 계측 장치 인터페이스를 통해서 기계 장치로부터 실험 결과를 받는다. 인터랙티브 방식에서는 별도의 실험 서버를 필요로 하기 때문에 가상 실험 실행 서버와 클라이언트 PC, 실험 서버사이에서 TCP/IP를 이용한 통신 프로토콜이 필요하다.

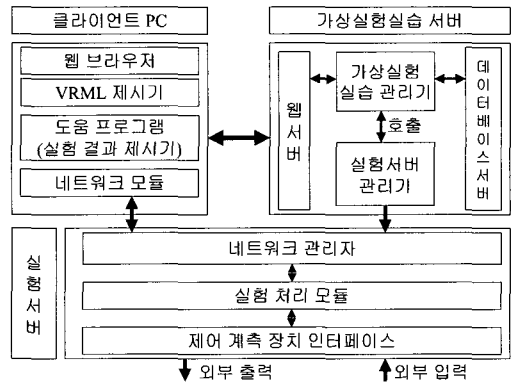


그림 4. 인터랙티브 방식의 시스템 구성도

다음 그림 5는 인터랙티브 방식에서의 데이터 흐름으로서 독립적인 프로그램의 형태로 실험 클라이언트 프로그램이 구동되는 순서를 나타낸다. 화살표에 붙인 번호는 통신 설정 순서를 나타내고

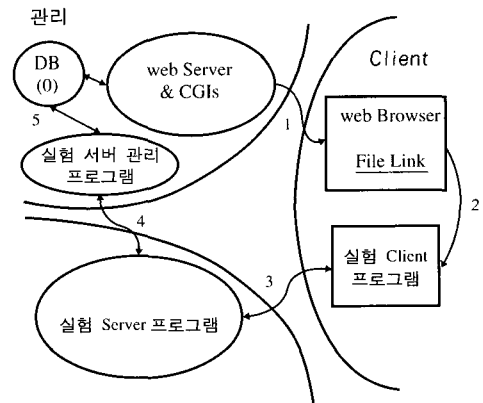


그림 5. 인터랙티브 방식에서의 데이터 흐름도

있으며, 실험 서버 관리 프로그램과 실험 서버 프로그램의 통신(번호 4)은 웹 서버를 통하지 않고 직접 연결을 시도할 경우를 방지하기 위해 필요한 여러 자료들을 실험 서버 관리 프로그램이 관할하는 데 그 근본적인 이유는 대부분의 실험이 제한된 인원만 동시 이용할 수 있기 때문이다.

Java applet으로 클라이언트 프로그램을 구성하게 되면 웹브라우저에 독립적이 되어야 하나, 이는 현실과는 맞지 않는다. 같은 웹 브라우저라도 버전에 따라 지원되는 class의 종류와 성격이 틀려 버전에 맞게 각각 applet을 작성하여야 할 경우가 많다.

시뮬레이터가 별도의 하드웨어가 필요 없는 경우에는 시뮬레이터는 웹서버에서 실행되어도 무관하다. 그러나, 별도의 하드웨어가 필요한 경우에 시뮬레이터는 하드웨어를 다룰 수 있도록 하드웨어가 설치되어 있는 컴퓨터에서 수행되어야 한다. 특히 하드웨어가 시스템에 설치되어 있어야 하는 시뮬레이션 실험인 경우에는 실험의 동시 진행여부와 동시 실험 진행이 가능한 수는 하드웨어의 종류에 따라 틀러지며 그 이상은 실험을 할 수 없도록 미리 차단해야 한다. 이를 위해 그림 5의 화살표 4와 같이 실험 서버와 '실험 서버 관리 프로그램'과의 통신을 통해 데이터베이스 수정을 할 수 있어야 한다.

다. 시뮬레이터 방식과 인터랙티브 방식의 차이점

시뮬레이터 방식과 인터랙티브 방식의 차이점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 클라이언트 PC 부분에서 보면 두 방법이 유사하다. GUI는 시뮬레이터 방식에서 실험의 결과를 제시하기 위하여 클라이언트 PC에서 처리해야 하는 부분이 더 필요하다. 인터랙티브 방식은 실험 결과를 제시하기 위해 실험 서버와 통신하기 위한 모듈이 추가되어진다.

둘째, 실험 성격으로 보면, 시뮬레이터 방식은 실험의 결과를 한번의 명령에 의해서 볼 수 있는 실험에 이용되고, 인터랙티브 방식은 실험의 결과를 연속으로 보여주어야 하며, 외부 입출력 장치가 필요한 경우에 이용된다.

셋째, 서버 측면에서 보면, 시뮬레이터 방식은 실험실습 서버에서 시뮬레이션이 가능하여 별도의 서버가 필요하지 않다. 인터랙티브 방식에서는 외부 입출력을 제어하기 위한 실험 서버가 추가로 요구되어진다.

넷째, 사용자 측면에서 보면, 시뮬레이터 방식은 다수의 사용자가 동시 접속하여 실험이 가능하나 인터랙티브 방식은 실험 서버가 외부 입출력 장치를 제어하기 때문에 제한된 인원내 대해서만 실험이 가능하다.

3.3 실험 서버 프로그램과 실험 서버 관리 프로그램의 전송 규약

여러 시뮬레이션들이 실험 서버 관리 프로그램과의 통신을 위하여 어플리케이션 수준의 규약을 정의하고 이를 실험 서버 프로그램 개발자들이 쉽게 구현 가능하게 하기 위하여 다음과 같이 5개의 C 언어로 표현된 API로 정의하고 이를 각 실험 서버 프로그램 개발자에게 제공한다.

```

> '실험 서버' 프로그램이 '실험 관리 서버'
   프로그램에 전송하는 API
   BOOL CertifyClient(long lSimulationId, char
   *pClientIP, long lClientId);
   void StartExperiment(long lSimulationId,
   char *pClientIP, long lClientId);
   void EndExperiment(long lSimulationId,
   char *pClientIP, long lClientId);
   BOOL NewSession(long lSimulationId);

> '실험 서버' 프로그램이 '실험 관리 서버'의 요구에
   응답하는 API
   BOOL AliveCheckDemon( );
    
```

CertifyClient API는 현재 접속한 Client가 인증받은 Client지를 검사하는 함수이다. 즉, 인증 받은 사용자라면 계속 진행하도록 하고 그렇지 않으면 거부하면 된다. StartExperiment API는 현재 접속한 Client를 수행시키겠다는 정보 전달함수이다. 위의 CertifyClient API의 호출은 데이터베이스의 갱신을 의미한다. EndExperiment API는 현재 서비스중인 Client를 실험 종료한다는 정보 전달함수로 데이

터베이스를 갱신하여 새로운 실험이 시작 가능한 수를 증가시킨다. NewSession API는 현재 유지되고 있는 가상 실험을 다시 시작하겠다는 통보 전달함수로 오류가 발생하였는데도 복구할 수 없는 경우에 호출되는 함수이다. 각 함수의 첫 번째 매개변수는 클라이언트 프로그램이 웹서버로부터 받은 유일한 인증 번호이다. 이는 실험 서버 프로그램에게 전달되고 위의 API 함수에 적용되어야 한다. AliveCheckDemon API는 현재 가상 실험 서버 프로그램에게 실험 관리 서버 프로그램이 요구하면, 자동적으로 응답하는 모듈로 처음 실행 부분에 호출하여야 한다. 이 API는 주기적으로 실험 관리 서버 프로그램이 실험 서버의 실험 가능 여부를 확인하기 위해 호출한다.

이와 같은 API를 사용함으로써 실험 서버 프로그램 작성하기가 용이하다. 이러한 모델로 진행하게 될 때, 발생할 수 있는 오류와 이의 복구는 다음과 같다.

가. 클라이언트에서 오류가 발생시

프로그램이나 네트워크 오류시를 의미하며, 실험 서버 프로그램이 이를 찾아 복구해야 한다. 일정시간 이상 응답이 없으면, 오류가 발생한 것으로 여기고 복구는 단순히 실험이 종료하였음을 관리 서버에게 통보함으로써 다시 실험을 시작하도록 유도한다.

나. 실험 서버에서 오류 발생시

오류 발생은 관리서버에서 주기적으로 서비스 가능여부를 확인하기 때문에 관리 서버가 이를 감지할 수 있다. 오류를 감지하게 되면, 복구 될 때까지 실험을 시작하지 못하도록 데이터베이스를 갱신한다.

다. 관리서버에 오류 발생시

관리 서버에서 허락한 실험은 관리서버의 오류에도 불구하고 진행하면 된다. 그러나, 이 서버의 오류로 인하여 데이터베이스 접근이 안되므로 새로운 실험은 불가능하다.

3.4 데이터베이스 모델

위의 두 방식의 실험을 지원하기 위하여 실험 실습 서버에는 다음과 같이 사용자, 게시판과 시뮬레이터에 관한 9개의 테이블이 필요하다. 여기에 각 테이블을 구성하는 필드도 표현되어 있으며 필드 중에서 음영으로 나타낸 부분은 기본키이다.

가. 사용자 Table

가상 실험실습실을 이용하기 위해서는 실험 실습 서버의 사용자 Table에 등록되어 있어야 한다. 사용자 Table은 허가된 사용자임을 나타내고, 사용자의 정보를 나타낸다.

필드명	필드종류	필드 설명
UID	VCHAR(8)	사용자 ID
UNAME	VCHAR(16)	사용자 이름
PWD	VCHAR(16)	비밀번호
EADDR	VCHAR(48)	전자 우편 주소

나. 실습 Table

가상 실험 실습실에서 제공해주는 실습 내용을 나타낸다. 이 Table에는 실습 내용이 들어 있다.

필드명	필드종류	필드 설명
SNO	VCHAR(8)	실습 ID
SNAME	VCHAR(128)	실습 명
CONTENTS	VCHAR(128)	실습 내용

다. 게시판 Table

필드명	필드종류	필드 설명
SNO	VCHAR(8)	실습 ID
SEQ	auto(Serial)	일련번호
UID	VCHAR(8)	사용자 ID
EADDR	VCHAR(48)	전자 우편 주소
LASTDATE	DateTime	올린 날짜
TITLE	VCHAR(48)	제목
CONTENT	VCHAR(255)	내용

실습을 진행하는 과정에서 질의/응답하는 과정을 저장하는 테이블로 각 실습마다 별도의 게시판이 운영된다.

라. 인증 Table

웹 브라우저를 이용하여 접속하였을 때 연속되는 CGI 프로그램이 사용자가 누구인지 접속한 IP 주소로 알 수 있게 관리한다.

필드명	필드종류	필드 설명
IPA	VCHAR(12)	클라이언트 IP 주소
UID	VCHAR(8)	사용자 ID
CTIME	DateTime	접속 시간

마. 실험 Table

각 실습에 대한 실습 가능한 사용자들의 ID를 저장한다.

필드명	필드종류	필드 설명
SNO	VCHAR(8)	실습 ID
UID	VCHAR(8)	사용자 ID

바. 로그 Table

사용자가 접속하여 수행하고자 하는 실험이 선택되었을 때마다 기록되는 Table로 사용자의 실습 내역을 나타낸다.

필드명	필드종류	필드 설명
SNO	VCHAR(8)	실습 ID
UID	VCHAR(8)	사용자 ID
SPCOUNT	Integer	카운트
CONTIME	DateTime	접속시간

사. 시뮬레이터 Table

시뮬레이터가 위치한 경로와 시뮬레이터의 종류를 나타낸다.

필드명	필드종류	필드 설명
SPID	VCHAR(8)	시뮬레이터 ID
SNO	VCHAR(8)	실습 ID
SPPATHNAME	VCHAR(24)	시뮬레이터 경로명 및 URL
SPTEXT	VCHAR(4)	시뮬레이터 실험 결과 파일 TYPE
SPCOUNT	Integer	실험 실행 수
SPHTML	VChar(12)	초기값과 CGI 호출 URL
SPNAME	VChar(64)	실험 이름
SPTYPE	tinyint	실험 종류
MAXCLIENTNUM	Integer	최대 접근 사용자 수
CURCLIENTNUM	Integer	현재 사용자 수

아. 파라미터 Table

시뮬레이터가 사용하는 파라미터가 다르기 때문에 이에 대한 정보를 저장한다.

필드명	필드종류	필드 설명
SPID	VCHAR(8)	시뮬레이터 ID
SPSERIAL	Integer	파라미터 번호
SPDATATYPE	CHAR(1)	파라미터 데이터 TYPE
ETC	VCHAR(128)	기타 정보

위의 SPDATATYPE 필드 값의 종류는 다음과 같다.

값	의 미
I	Integer
D	Double
B	Boolean
S	Selection

Selection은 입력받을 수 있는 값을 미리 지정하여 선택할 수 있도록 하는 데이터 타입이다. 데이터 타입이 어떤 것이든 Selection에서는 문자열로 간주하여 처리한다. 이때 여러 개의 데이터를 구분하는 구분자는 특수문자인 '\n'을 사용한다. 예를 들어, "높게, 중간, 낮게" 중에 하나를 선택한다고 할 경우, 여러 문자열을 합쳐 "높게\n중간\n낮게" 와 같이 표현한다.

자. Stream 방식의 실험 관리 Table

Stream 방식인 경우에 실험 관리를 위하여 실험 서버 프로그램과 실험 관리 서버 프로그램이 통신할 때 정보의 저장소 역할을 하는 Table이다. STATUS 필드의 값이 0이면 예약된 상태이고 1이면 시작된 상태를 의미한다.

필드명	필드종류	필드 설명
SPID	VCHAR(8)	시뮬레이터 ID
ClientID	Integer	할당된 실험 번호
ClientIP	VCHAR(16)	Client 컴퓨터의 IP 주소
STATUS	bit	상태 정보

4. 가상 실험 관리 시스템 구현과 실험 시뮬레이터 개발

가상 실험 관리 시스템은 웹을 통하여 가상 실험이 이루어질 때 필요한 시뮬레이터, 실습 서버, 사용자를 관리하며, 등록된 사용자 관리, 실습 과목 관리, 가상 실험 실습 관리, 게시판 관리 기능으로 구성되어 있다. 그리고 각 기능들에 필요한 데이터베이스를 관리, 유지하며, 가상 실험 실습 관리 시스템과 실험 시뮬레이터로 나뉘어 진다.

가. 실험 실습 관리

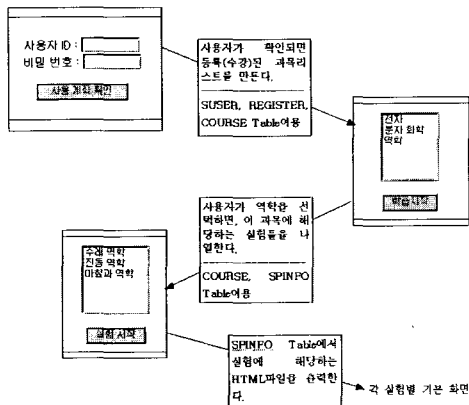


그림 6. 실습생 관리 시스템의 흐름

그림 6은 사용자가 웹서버에 접속하여 원하는 실험을 시작할 때까지의 흐름을 나타낸 것으로, 처음에 로그인 하고 과목 선택을 한 후 각 과목에 준비된 실험을 선택하여 진행하는 과정을 보여준다.

그림 7은 가상 실험 실습실에서 사용자의 Login 화면이다.

그림 8은 가상 실험 실습 서버에서 제공되는 실험들을 나열한 것으로 사용자가 원하는 실험을 선택한다. 이 때 실험이 선택되면 선택된 실험에 따라서 시뮬레이터 방식에서는 시뮬레이터가 정해지고, 인터랙티브 방식에서는 실험 서버의 IP 주소를 이용한 연결 작업이 수행된다.

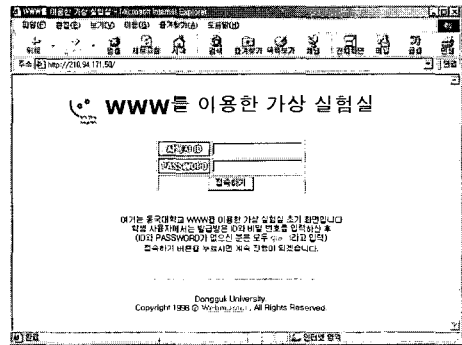


그림 7. 가상 실험실 Login 화면

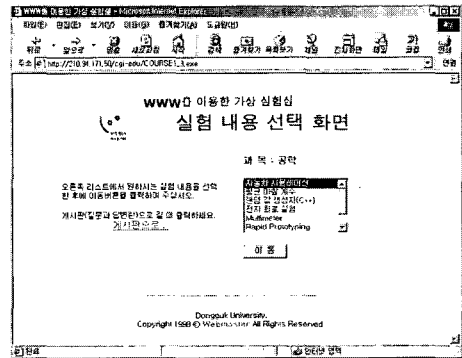


그림 8. 실습 선택 화면

나. 실험 실습 시뮬레이터

실험 실습 시뮬레이터는 화학 단위 공정 실험과 가상 생산 및 가공 실험실을 설명한다. 이 시뮬레이터는 본 시스템을 기반으로 한 실험 실습 과정을 보인 것이다(곽 문규, 1998). 그림 9는 시뮬레

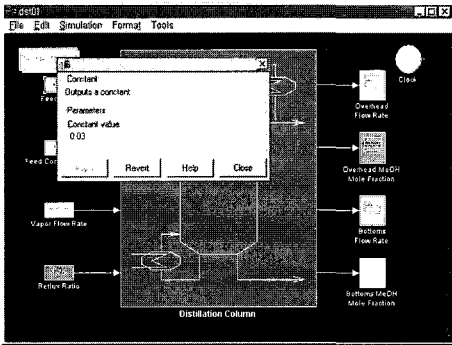


그림 9. 화학 단위 공정 실험의 설정 화면

이티브 방식으로 화학 단위 공정 실험의 예로, 실험대상의 공정도와 변수 값을 설정하는 사용자 인터페이스를 보인 것이다.

그림 10, 11은 가상 생산 및 가공 실험실의 시뮬레이터의 입력 모듈로 Web Browser와 시뮬레이터에서 입력을 받는 예를, 그림 12, 13은 출력 결과를 보인 것으로 시뮬레이터는 포트란 (Fortran)을 이용하여 개발된 것이다. 그림 12는 실험결과를 VRML로 변환하여 입체화면으로 보여주고 있다.

그림 14, 15는 인터랙티브 방식의 한 예로써 계측 장치와 별도의 실험 서버를 GPIB Card로 연결시켜 두고, 가상 실험 실습 관리 시스템에서 클라이언트 PC의 연결 정보를 받아 처리하는 예를 보인 것이다. 그림 14는 CCD Camera를 통한 계측 장치의 실제 화면을, 그림 15는 결과 출력 장면을 보인 것으로 오실로스코프(Oscilloscope)에 포착된 실험 결과 신호를 그대로 PC화면에 나

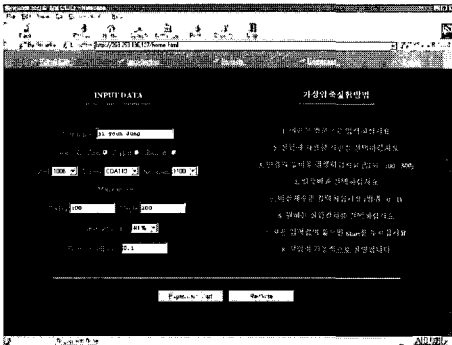


그림 10. 파라미터 입력단계

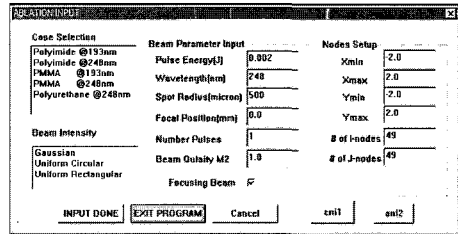


그림 11. 시뮬레이터를 이용한 파라미터 입력

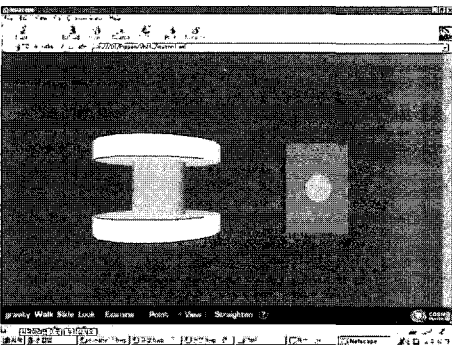


그림 12. VRML이용한 결과

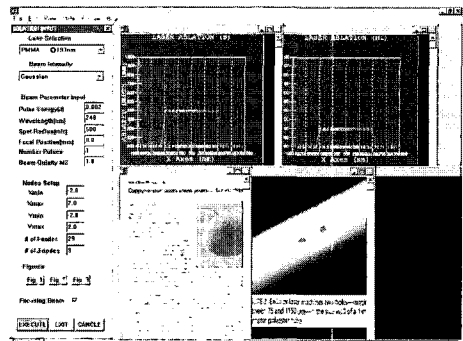


그림 13. 실험 결과

타낸다.

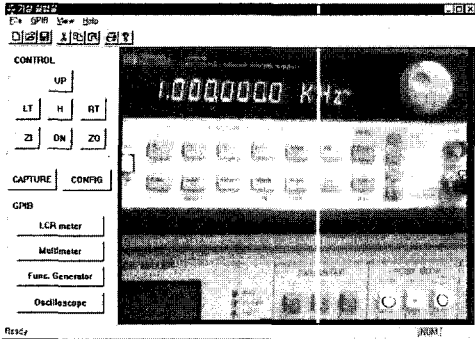


그림 14. 실습 장치의 영상

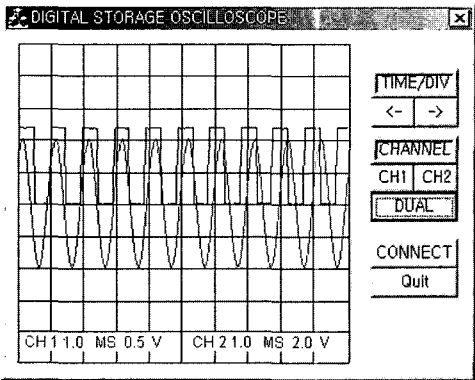


그림 15. 실험 결과

5. 결론

본 논문에서는 가상 실험 실습의 기본 모델로 시뮬레이티브 방식과 인터랙티브 방식을 제시하고, 가상 실험 실습을 위한 기반 시스템과 관리 시스템에 대해 서술하였다. 클라이언트 PC에서 입력 변수를 받아들이고 실험 결과를 시각적으로 보여주며 서버에서는 시뮬레이터를 실행시키거나 실험 장비와 연결시켜 실험 결과를 전달해 주는 클라이언트/서버 개념이 도입되었다.

가상 실험 실습의 범위가 현재 전자, 화학, 기계 분야에 한정되어 구축되었으나 차후 다른 분야에 대한 가상 실험 시뮬레이터도 쉽게 구축할 수 있다. 여기에 입체 음향을 가미한다면 더욱 더 현실감 있는 가상 실험 환경을 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

[참고문헌]

- [1] 강 인애(1996), “컴퓨터 네트워크에 의한 수업과 구성주의 : 교육적 활용과 의미”, 정보과학회지, 제 14권, 제 12호, PP 15 - 29
- [2] 락 문규, 조 형제, 박 준영, 이 익수, 이 호용(1998), “가상 실험 실습실 구현에 관한 연구”, 한국공학기술학회 공학교육학술대회, 1998년 11월, pp 109-114
- [3] 김 태영, 김 영식(1995), “초고속정보통신망에 기반한 원격교육 시스템 기술”, 정보과학회지, 제13권, 제6호, pp 5 - 22
- [4] 박 경환, 문 석원(1998), “사용자간 상호작용 지향적 가상교육시스템의 설계 및 구현”, 멀티미디어 학회 논문지, VOL. 1, NO. 2, DEC. 1998, PP 215 - 223
- [5] 박 성순, 김 성규, 김 우분(1996), “멀티미디어 데이터베이스를 기반으로 한 가상 대학의 구축”, 정보과학회지, 제 14권, 제 12호, PP 5 - 14
- [6] 양 영순, 조 은순(1998), 원격 교육의 이해와 적용, 예지각
- [7] 조 형제, 홍 영식, 엄 기현, 변 정용(1997), “원격 교육 체계 구축과 VOD 서버를 이용한 원격 교육 기초 연구”, 멀티미디어 종합 연구소, 연구 결과 보고서

- [8] Antonio Moreno Munoz, Juana Oritz medina, Adolfo Plaza Alonso(1996), "An Interactive Hypermedia Tutorial for Power Electronics Instruction", Proceedings of ED-MEDIA 96' World Conference On Educational Multimedia and Hypermedia, USA, PP 497 - 502
- [9] Chris Dede, Marilyn C. Salzman, R. Bowen Loftin(1996), "ScienceSpace : Research on Using Virtual Reality to Enhance Science Education", Proceedings of ED-MEDIA 96' World Conference On Educational Multimedia and Hypermedia, USA, PP 172 - 177
- [10] Enrique Espinosa Carrillo and Alejandro Brito Lopez(1996), "Multiplatform Implementation of the EMI Model using the JAVA Technology", Proceedings of ED-MEDIA 96' World Conference On Educational Multimedia and Hypermedia, USA, PP 106 - 111
- [11] Stefano Ceri, Piero Fraternali, Stefano Paraboschi(1998), "The IDEA Web Lab", Proceedings of ACM SIGMOD international conference on Management of data, PP 587 - 589
- [12] 서울대학교 가상대학 URL : (<http://snucv.snu.ac.kr/>)
- [13] 인터넷 가상 실험실 URL : (http://www.kangwon.ac.kr/~sericc/sci_lab/)
- [14] 한국 가상대학교 URL : (<http://www.kyungpook.ac.kr/kvu/>)
- [15] 호남대학교 사이버 과학 실험실 URL : (<http://www.honam.ac.kr/~ywlee>)
- [16] virtual Online University URL : (<http://www.athena.edu>)

이 논문은 1997년도 한국학술진흥재단의 중점연구소 지원에 의하여 연구되었음.
(KRF-1997-005-E00141)