

자원공유를 위한 웹기반 마이크로컨트롤러 원격 실험실

문일현¹, 한새론¹, 최관순^{1*}, 안달¹, 임종식¹, 전흥구²

A Web-based Microcontroller Remote Laboratory for Sharing Resources

Il-Hyeon Moon¹, Sae-Ron Han¹, Kwan-Sun Cho^{1*}, Dal Ahn¹, Jong-Sik Lim¹
and Heung-Gu Jeon²

요약 가상공간 즉 웹상에서 가상 실험실을 개발하여 공학 실험교육을 수행하려는 시도가 많이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 가상교육의 현실성 부족이라는 문제점의 해결책으로 실시간 원격실험실을 제안하고 구현하였다. 원격 실험실은 실험실 관련 회로 및 장비를 웹상에서 원격 제어하여 실험을 하며, 그 결과 데이터 및 영상 정보를 되돌려 받을 수 있도록 하는 기능을 제공하여 학습자로 하여금 시간과 장소에 구애 없이 현장감 있는 실험학습을 수행할 수 있도록 설계 구현되었다. 서버 클라이언트 환경에서 개방형 JAVA WEB START 기술, FTP 기술, TELNET 기술 등 인터넷 활용 기술을 기반으로 하는 본 논문의 원격 실험실 모듈은 저렴한 비용으로 구현할 수 있고, 실시간 하드웨어 제어와 관련된 다양한 분야의 공학실험교육에 효과적으로 적용할 수 있을 것이다.

Abstract There have been a large number of trials of the experimental education in engineering using virtual laboratories implemented in virtual space, namely on the Web. Although virtual education is regarded as an effective educational means that overcomes the limit of time and space and bring high learning effects, the problem of lack of reality must be solved. The present study proposed and implemented a real-time remote laboratory as a solution for the problem of lack of reality in virtual education. The remote laboratory provides functions with which learners can perform experiments by remote-controlling circuits and equipment related to experiments and practices on the Web and gets data and image information, so through it learners can make realistic experiments at any time and in any place. The remote laboratory module based on Internet open sources such as JAVA Web start technology, FTP technology and Telnet technology in server-client environment can be implemented at low cost, and is effectively applicable to engineering experiment education in various areas related to real-time hardware control.

Key Words : 원격실험실, 마이크로컨트롤러, 80196KC, Java Web Start, Java FTP, Java Telnet

1. 서론

인터넷 기술이 발전함에 따라, 인터넷을 기반으로 하는 가상교육시스템과 원격실험시스템이 생겨나기 시작했다. 가상교육시스템은 물리적 공간이 아닌 가상의 공간에서 이루어지는 교육으로 시간적 제약없이 교육에 접근하거나 참여할 수 있는 많은 기회를 제공해 준다. 가상교육은 토론, 강의, 평가 등 교실에서 이루어지는 학습이 가상적 교실에서 이루어지며, 이러한 학습방법은 대인간 상호

작용이 활발하게 하였다. 이러한 가상교육은 실제교육을 기반으로 하고 있으며, 교실 안에서 이뤄지는 학습형태를 보완하고 보충하는 시스템으로 발전하고 있다[1~3].

공학실험교육에 관련하여 개발되고 있는 실험시스템을 분류하여보면 두 가지로 나눌 수 있는데, 가상적으로 공학실험을 할 수 있는 가상 실험실과 원격으로 실험을 하는 원격 실험실이 있다. 가상실험시스템은 실제 실험과 동일하게 계측장비나 회로소자 등을 소프트웨어적으로 구현된 시스템이며, 원격실험시스템은 서버측에 있는 공

¹순천향대학교 전기통신공학과

²미래에너지

*교신저자 : 최관순(cks1329@sch.ac.kr)

접수일 08년 02월 27일 수정일 1차 08년 04월 16일, 2차 08년 08월 26일, 3차 08년 09월 18일 게재확정일 08년 10월 16일

동계측장비를 원격으로 접속하여 실시간으로 실험하는 시스템을 말한다[4~5].

원격실험시스템의 특징은 고가의 장비를 공동으로 이용하고, 시간을 절약할 수 있는 시스템으로 원격실험의 필요성은 점점 더 증가하고 있다. 따라서 시간과 장소의 제약이 없으며 실험장비에 구매됨 없이 웹상에서 실험을 수행할 수 있는 원격실험실구축이 필요하게 되었다[6~8].

본 연구에서는 산업분야에 많이 쓰이고 있는 80196 마이크로컨트롤러를 교육하는 웹기반 원격실험실을 구현하였다. 마이크로컨트롤러의 개념을 익히기 위해서는 실험이 매우 중요하다. 일반적으로 학생들이 마이크로컨트롤러 실험을 하기 위해서는 컴파일러와 실험키트 등이 요구되므로 학생들은 실험키트가 있는 학교에서만 실험을 할 수 밖에 없는 실정이었다. 따라서 학교 밖에서도 실험을 할 수 있으며, 수업시간 이외의 시간에도 실험할 수 있는 환경은 인터넷을 활용한 원격 마이크로컨트롤러 실험실이며, 이러한 시스템을 사용하여 학생들은 시간과 공간을 초월하여 마이크로컨트롤러에 관한 실험을 할 수 있는 것이다[9].

가상실험실은 소프트웨어적으로 장비를 구현하므로, 소프트웨어를 변경하여 실험주제를 유연하게 다룰 수 있으며 장비가 필요 없어 시스템 구축비용이 적게 든다[10]. 반면에 원격실험실은 실제 현상을 기반으로 원격지로부터 데이터를 획득할 수 있으며, 이론값과 일치하는 측정결과를 얻을 수 있고, 시간 장소에 구애됨 없이 여러 회사의 장비를 공유하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 현재 국내외적으로 원격실험실이 활발히 개발 운영되고 있다. 노르웨이 우니크 대학에서는 아주 특화된 특성을 전자제품에 대한 특성을 원격지에 있는 고가장비를 사용하여 측정 할 수 있는 원격실험실을 마이크로소프트사의 .Net 기술을 이용하여 개발 운영 중에 있다[11]. Stevens Institute of Technology (SIT)에서는 오픈소스 즉 PHP, Perl, Python, VRML, Java와 LINUX, Apache, MySQL 등을 이용하여 대화적인 온라인 실험시스템 구축에 관하여 연구하고 있다[12]. 슬로베니아의 Maribor 대학의 DSP-based 원격제어 앱에서는 사용 패키지 MATLAB /Simulink와 LabVIEW를 활용하여 DSP-2 콘트롤 시스템을 제어하는 원격실험실을 운영하고 있다[13]. 국내의 연구로는 순천향대학교 H&S 연구팀에서는 LabVIEW, DAQ를 사용하여 원격으로 수동소사회로이론실험실을 구축하여 사용하고 있다[14].

본 연구에서 제안한 원격실험실은 LabVIEW나 VEE 상용 툴을 사용하지 않고, 프로그래머에게 개발된 자바 web start, 자바 FTP, 자바 Telnet 기술을 이용하여 원격

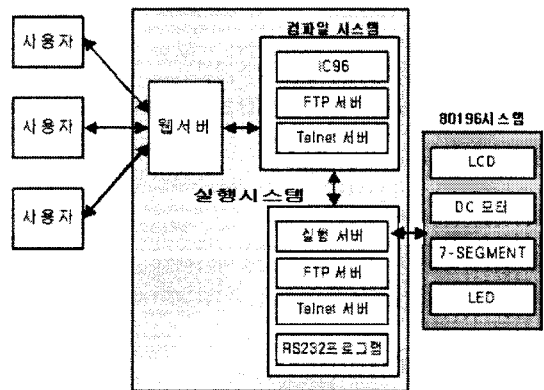
컴파일시스템과 실행시스템으로 구성하여 구현하였으므로, 시스템을 개발하는데 툴구매 비용이 들지 않았을 뿐만 아니라, 구현된 시스템은 서버측에 하드웨어와 소프트웨어 자원을 공유하므로 사용자들도 어떤 구매비용도 들지 않는 장점을 가진다.

본 논문에서는 2장에서 웹기반 실시간 원격하드웨어 제어에 대하여 설명하고, 3장에서는 원격 컴파일시스템과 구성에 대하여, 4장에서는 원격실험실 구성 및 구현에 대하여, 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대하여 설명한다.

2. 웹기반 실시간 원격 하드웨어 제어

본 연구에서는 마이크로컨트롤러 중 80196KC를 선택하였다. 80196KC는 16비트 마이크로컨트롤러로 많은 주변장치들을 내장하고 있어 별도의 장치를 추가하지 않고도 아날로그입출력을 할 수 있으며 여러 분야에서 많이 활용되고 있는 제품으로 메모리는 486바이트의 레지스터 RAM, 외부인터페이스는 최대 64K바이트의 외부 데이터 메모리, 최대 64K바이트의 외부 프로그램 메모리, 5개의 8비트 I/O port, 16bit의 타이머와 췌치기능을 가진 16비트 업/다운 카운터, 16비트 감시타이머, 하나의 동기 모드와 3개의 전이중 비동기모드를 가진 UART, 3채널의 PWM, 8채널의 10비트 A/D 변환기를 갖는 특징을 갖고 있다.

본 연구에서 제안한 원격 80196KC 마이크로컨트롤러 실험실의 모델을 [그림 1]에서 제시하였다.



[그림 1] 원격 마이크로컨트롤러 실험실의 모델

학습자들은 마이크로컨트롤러 실험을 하기 위한 실행 소스를 클라이언트에서 작성한다. 작성된 소스는 클라이언

언트에 저장시키고, 컴파일러가 있는 원격컴파일시스템으로 업로드한다. 원격컴파일시스템에 FTP 서버가 실행시키고, 클라이언트에서는 FTP 클라이언트를 동작시켜 업로드한다. 업로드된 소스는 Telnet 방식으로 접속하여 컴파일한다. 컴파일이 끝나면 실행파일이 생성이 된다. 실행파일은 클라이언트에 전송된다. 클라이언트는 전송된 실행파일을 저장한다. 저장된 실행파일은 필요한 경우에 다시 사용되게 된다. 전송받은 실행파일은 마이크로콘트롤러 실행시스템으로 전송시킨다. 전송받은 실행파일은 실행명령전송시스템에 의해 80196KC 시스템에 전송된다. 실행파일이 전송된 후, 실행명령 전송시스템은 전송된 실행파일을 실험키트에서 실행시킨다. 서버에 있는 카메라에 의해 실행하는 과정이 실시간으로 클라이언트에 전송되어 실행상태를 확인할 수 있다. 실행 후 사용자는 학습을 끝내고 실험키트를 초기화한다.

3. 원격 컴파일시스템과 구성

원격컴파일시스템은 기존의 상용 컴파일러를 이용하지 않고 웹에서 서버 측의 컴파일러를 이용하는 시스템으로 비용이 많이 드는 상용 C 컴파일러를 사용하지 않아도 C 언어 학습을 할 수 있고 인터넷을 사용할 수 있는 곳에서는 어디에서나 쉽게 C 프로그램을 작성하고 컴파일 할 수 있게 된다[15]. 본 연구에서는 80196KC를 제어하기위한 소스프로그램을 컴파일하는데 IC96 컴파일러를 사용하였다.

3.1 원격컴파일 시스템의 시스템 구성

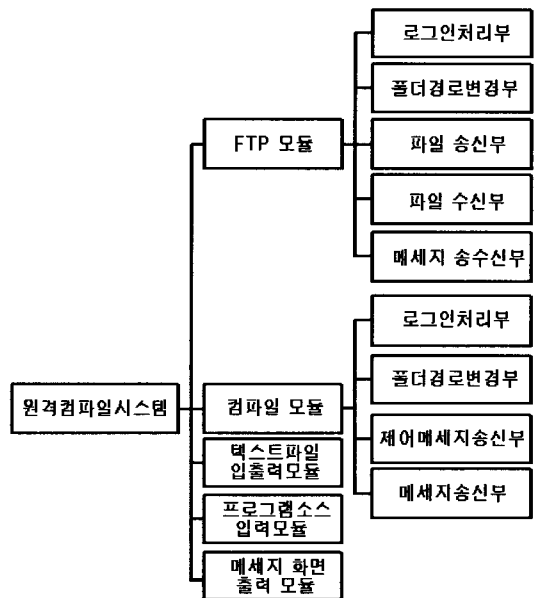
원격컴파일시스템의 소스를 서버에 전송하고, 이를 컴파일하여 실행파일을 생성하여 마이크로콘트롤러 실행시스템으로 직렬통신으로 전송하여 전송된 실행파일을 실행시켜 마이크로콘트롤러를 원격으로 실행시키는 모듈이다. 이전에는 마이크로콘트롤러실험을 할 경우에, 장비를 로컬컴퓨터에 연결하여 실험을 하였다. 장비와 로컬컴퓨터가 구성된 상태에서 소스를 컴파일과 링크하여 생성된 실행파일을 직렬통신으로 전송을 한다. 실행파일을 전송을 한 후에 실행파일을 마이크로콘트롤러 실행시스템에서 실행시켜 소스파일의 실행결과를 확인하였다. 하지만 이러한 실험을 하기 위해서는 컴퓨터에 컴파일러가 설치되어 있어야 하며, 마이크로콘트롤러 실험키트 회로가 있어야 한다.

그러나 제안한 원격컴파일시스템은 서버측에 설치된 C 컴파일러 IC96을 원격으로 사용하여 컴파일하는 시스

템으로 파일송수신모듈, 컴파일모듈, 텍스트파일입출력모듈, 소스입력모듈, 메시지화면출력모듈로 구성되었고 원격컴파일시스템의 구성도는 [그림2]와 같으며, 각각의 모듈을 설명한다.

① FTP모듈

파일을 업로드하고, 다운로드를 처리하는 모듈로서 학습자들이 작성한 프로그램 소스를 서버에 전송하게 된다. 보통 시스템을 구현하는데 방법에 있어 파일을 송수신하는 시스템의 경우에 서버모듈과 클라이언트모듈을 제작하여 파일송수신을 한다. 하지만 본 연구에서는 많은 시스템에서 사용되는 FTP 서버프로그램에 접속하여 파일의 업로드와 다운로드하도록 모듈을 구성하였다. FTP 모듈은 로그인처리부, 폴더경로변경부, 파일송신부, 파일수신부, 메시지송수신부로 구성되었다. 로그인처리부에서는 서버의 주소, 사용자, 패스워드를 설정하여 서버와 접속을 처리한다. 폴더경로변경부에서는 정해진 위치로 경로를 이동하고 소스를 업로드한다. 파일송신부에서는 소스파일을 서버에 전송한다. 파일수신부에서는 생성된 실행파일을 다운로드한다. 메시지송수신부에서는 전송되는 메시지를 송수신한다.



[그림 2] 원격컴파일시스템 구성도

② 컴파일모듈

컴파일모듈에서는 업로드된 소스파일을 컴파일하여 실행파일을 생성시킨다. 소스파일에서 실행파일을 생성

하는 과정에서 여러개의 명령어가 처리된다. 본 모듈에서는 Telnet 방식으로 컴파일과정이 처리된다. 최근에는 Telnet 서버가 거의 모든 운영체제에 내장되어 있어 Telnet 방식으로 명령어를 처리하는 방식은 좀 더 보편화 될 것이다. 컴파일모듈은 로그인처리부, 폴더경로변경부, 제어메시지 송신부, 메시지수신부로 구성되었다. 로그인 처리부에서는 서버의 주소, 사용자, 패스워드를 설정하여 서버와 연결된다. 폴더경로변경부에서는 컴파일제어명령은 정해진 위치에서 컴파일이 진행된다. 정해진 위치로 이동하여 컴파일을 수행한다. 제어메시지송수신부에서는 컴파일명령, 링크명령, 실행명령이 전송되고, 전송된 명령이 수행된다. 메시지수신부에서는 명령메시지에 의한 동작이 수행된다.

③ 텍스트파일입출력모듈

학습자들이 프로그램소스를 작성을 하면, 클라이언트에서 파일로 저장한다. 저장된 프로그램소스는 필요할 경우에 읽어오기도 한다.

④ 소스입력모듈

윈도우의 입력컴포넌트에서 C언어로 소스 프로그램을 작성한다. 이 모듈에서는 일반적인 에디터 기능을 가지고 있어서 프로그램을 수정 편집하기에 편리하도록 만들었다.

⑤ 메시지화면출력모듈

원격컴파일시스템에서는 FTP 방식과 Telnet 방식을 모두 사용한다. 메시지화면출력모듈에서는 두 방식에 의한 메시지를 모두 처리하고 있다.

4. 원격 실험실 구성 및 구현

4.1 하드웨어와 소프트웨어 환경

본 연구에서 구현한 마이크로콘트롤러 원격컴파일시스템, 80196시스템, 원격마이크로콘트롤러 개발시스템 환경은 [표 1], [표 2], [표 3]과 같다.

[표 1] 마이크로콘트롤러 원격 컴파일시스템

마이크로콘트롤러 원격컴파일시스템	사 양
CPU	펜티엄IV 2.0Ghz
RAM	512M

[표 2] 마이크로콘트롤러 80196KC 시스템

마이크로콘트롤러	80196KC
실행소자	LCD, DC MOTOR, 7-SEGMENT, LED

[표 3] 원격 마이크로콘트롤러 개발 시스템

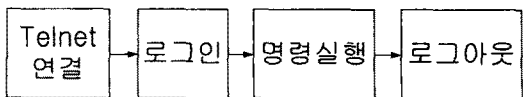
	사 양
운영 체제	Window 98
웹 서버	Jakarta-Tomcat 3.2.3
브라우저	Microsoft Explorer 6.0
프로그래밍 언어	비주얼C++, JDK1.4

마이크로콘트롤러 실험실은 JNLP를 사용해야 했으므로 XML형식의 JNLP를 사용하기 위해 자카르타 톰캣을 웹서버로 사용하였다. JNLP를 사용하여 학습자들의 컴퓨터에 학습자들이 작성한 프로그램소스를 저장하도록 Java Web Start를 동작시켜 마이크로콘트롤러 실험실을 실행시켰다. Java Web Start는 웹브라우저와 연결되어 동작하는 헬퍼 애플리케이션으로 웹문서에 JNLP(Java Network Launching Protocol)파일을 링크해서 애플리케이션을 웹 브라우저에서 실행시킨다. Java Web Start를 동작하여 자바프로그램이 실행되는 과정은 [그림3]과 같다.



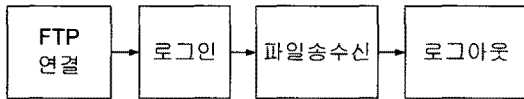
[그림 3] 원격컴파일시스템 동작 흐름도

마이크로콘트롤러 실험실에서 컴파일, 링크, 실행의 제어명령을 전송위한 Telnet 서버프로그램은 프리웨어용 Telnet 서버프로그램을 사용하였다. 원격컴파일시스템의 Telnet 모듈에서는 Telnet 통신포트인 21번 포트로 Telnet 서버를 접속하여 마이크로콘트롤러 실험실의 컴파일, 링크, 실행명령을 제어하였다. 원격컴파일시스템의 Telnet 모듈에서는 [그림 4]의 과정으로 동작하게 하였다.



[그림 4] 원격컴파일시스템 동작 흐름도

학습자들이 작성한 소스프로그램을 전송을 위하여 FTP 클라이언트에서 파일의 업로드와 다운로드를 할 수 있도록 프리웨어 FTP 서버 프로그램을 사용하였다. 원격 컴파일시스템의 FTP 모듈에서는 FTP 통신포트인 23번 포트로 FTP 서버를 접속하여 파일을 송수신하였다. 원격 컴파일시스템의 FTP 모듈에서는 [그림 5]의 과정으로



[그림 5] 원격컴파일시스템 동작 흐름도

4.2 마이크로콘트롤러 실험실 구현 및 동작

마이크로콘트롤러 실험실은 80196KC회로부와 실험실 행회로부, DC모터제어회로부로 구성하였다. 80196KC회로부는 서버로부터 직렬통신으로 실행파일을 전송받아 실행회로부에 동작신호를 출력한다. 실험실행회로부는 LCD, LED, 7-SEGMENT, DC모터로 구성되었다. 마이크로콘트롤러 실험실에서는 마이크로콘트롤러 실험과정에 따라 [그림 6]과 같이 실험하게 된다.

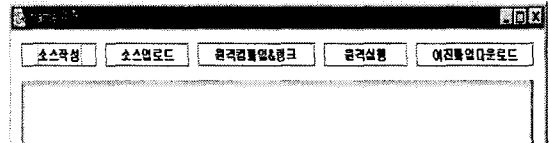


[그림 6] 마이크로콘트롤러 실험과정도

학습자들은 먼저 소스 프로그램을 작성하고, 작성된 소스프로그램을 컴파일 링크서버에 업로드한다. 컴파일 링크서버는 업로드된 소스프로그램을 컴파일, 링크하여 실행파일을 생성시킨다. 생성된 실행파일은 실행시스템에 전송되어 학습자들의 실행명령에 의하여 실행된다. 실행된 후, 학습자들은 자신이 작성한 소스 프로그램의 실행파일을 다운로드하여 보관하게 된다.

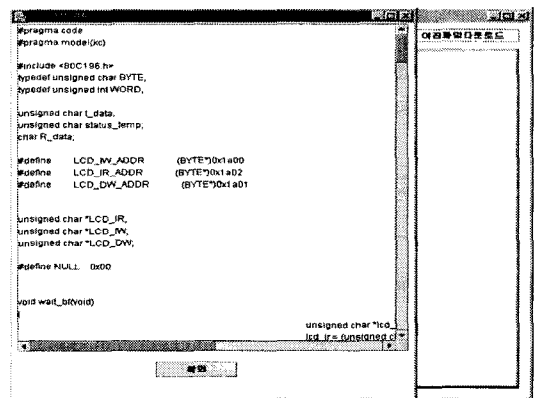
본 논문에서 구현한 마이크로콘트롤러 실험에 대한 전체적인 과정은 LCD실험을 예로 설명을 진행할 것이다. 본 실험에서는 LCD에 출력되는 숫자의 값을 일정한 시간을 간격으로 카운트하는 프로그램소스이다. 프로그램 소스의 main함수는 아래와 같고, 실험에서 적용할 파일 이름 lcd_jhg4.c96으로 설정하여 실험하였다. 마이크로콘트롤러 실험실에서는 학습자들의 학습효과를 높이기 위해서 웹카메라로 촬영되는 마이크로콘트롤러를 보면서 실험을 하게 된다. 학습자들은 접속을 한 후에 마이크로 콘트롤러의 상태를 확인하고 80196KC 원격컴파일러의

하이퍼링크를 선택하여 마이크로콘트롤러 실험실을 동작 시킨다. 자바 Web Start의 실행에 의해서 마이크로콘트롤러 실험실이 실행된다. 마이크로콘트롤러 실험실이 실행되면, 초기화면이 나오게 된다. 마이크로콘트롤러의 초기 화면은 [그림 7]과 같다.

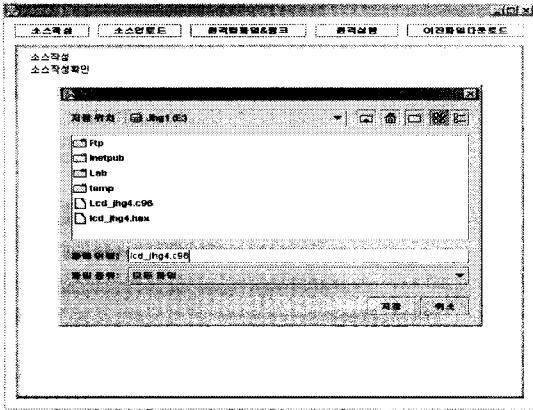


[그림 7] 마이크로콘트롤러 실험실 초기화면

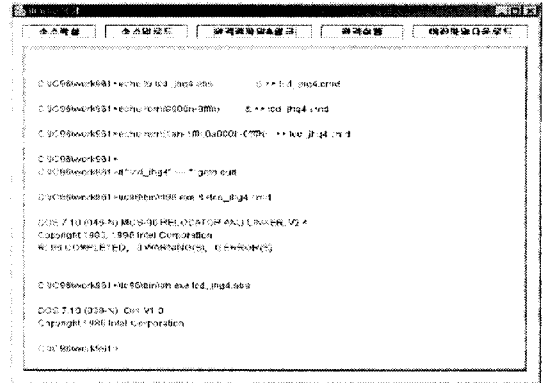
초기화면에서 학습자들의 소스프로그램작성은 소스작성 윈도우에서 이루어지게 된다. 학습자들은 소스작성버튼을 선택하여 소스작성윈도우를 오픈한다. 소스작성윈도우에서 학습자들은 프로그램소스를 작성을 한다. 소스 프로그램을 작성하여 소스작성윈도우가 오픈된 화면은 [그림 8]과 같다. 사용자가 소스프로그램을 작성하면 다음단계에서는 학습자들의 컴퓨터에 소스프로그램을 저장한다. 확인버튼을 선택하여 학습자들의 컴퓨터에 소스프로그램을 저장하기 위한 단계로 이동하게 된다. 프로그램 소스를 저장하는 단계의 화면은 [그림 9]와 같다. 소스프로그램을 학습자들의 컴퓨터에 저장되어 메시지를 출력한 화면은 [그림 10]과 같이 소스작성, 소스작성확인, 파일이름이 출력된다.



[그림 8] 프로그램소스를 작성한 화면

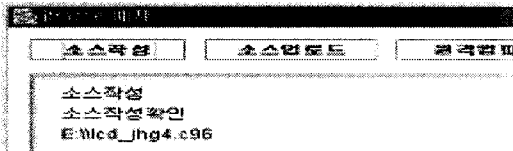


[그림 9] 프로그램소스를 저장하는 화면

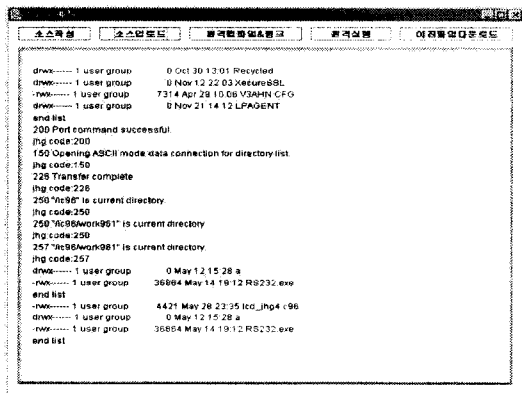


[그림 12] 원격컴파일&링크가 이루어진 후의 화면

컴파일과 링크과정에 의해 실행파일이 생성되면 실행파일은 실행시스템으로 전송되어 실행시스템에서 실행시키게 된다. 학습자들은 “실행버튼”을 선택하여 실행파일을 실행시킨다. 실행파일이 실행된 화면은 [그림 13]과 같다. 학습자들은 결과를 웹카메라로 부터 촬영되는 이미지로 확인함으로써 자신들이 작성한 프로그램이 올바르게 실행되는 모습을 보게 된다. 실행파일이 실행되는 카메라로부터 전송된 화면을 확대해 보면 [그림 14]와 같다.

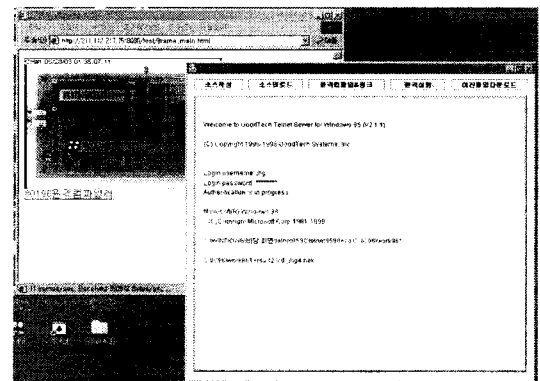


[그림 10] 프로그램소스가 저장한 후의 화면

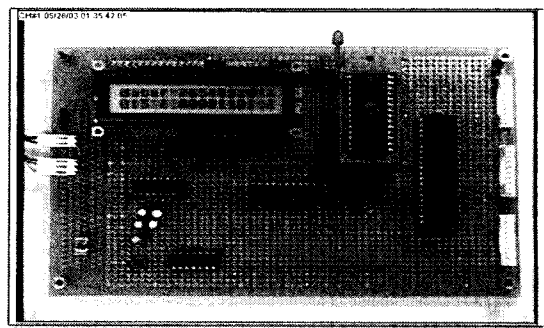


[그림 11] 프로그램소스를 업로드한 화면

소스프로그램을 작성한 후 컴파일서버에 소스프로그램을 업로드하게 된다. 업로드버튼을 선택하여 소스프로그램을 업로드한 화면은 [그림 11]과 같다. 출력되는 메시지를 보고 학습자들은 자신이 작성한 소스프로그램이 업로드 되었는가를 확인할 수 있게 된다. 소스프로그램이 업로드되면 컴파일과 링크를 과정이 남아있다. “컴파일&링크버튼”을 선택하여 컴파일과정과 링크과정을 수행한다. 컴파일과 링크를 한 후의 결과메시지가 출력된 화면은 [그림 12]와 같다.



[그림 13] 실행파일이 실행되는 화면



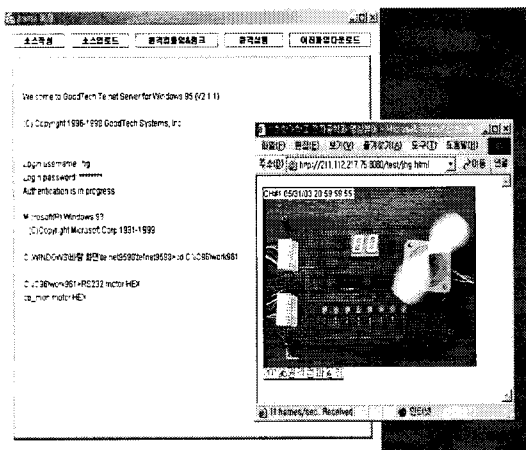
[그림 14] 실행되는 화면을 확대한 화면

4.2.1 원격 DC모터 실험의 예

DC모터 실험에서는 소스프로그램의 작성에 의하여 DC모터가 동작하는 내용을 학습하게 된다. 본 실험에서는 DC모터가 시계방향으로 일정한 시간동안 돌아가고, 일정한 시간이 지나면 반시계방향으로 돌아가는 실험을 진행하였다. 프로그램소스의 main함수 부분은 아래와 같고, 실험에서 적용할 파일이름 motor.c96으로 실험을 진행하였다. 보드를 초기화하고 포트 A, B, C를 주소를 할당하고, 콘트롤 워드 레지스터에 포트의 입출력형식을 지정하는 값 0x80을 출력한 후 DC모터를 좌, 우로 무한히 회전시키는 프로그램의 예이다.

```
void main(void){
    InitBoard();
    PORT_PA = PPI_PA;
    PORT_PB = PPI_PB;
    PORT_PC = PPI_PC;
    PORT_CW = PPI_CW;
    outputb(PORT_CW, 0x80);
    while(1) {
        MotorUp(400);
        delay(1);
        MotorDown(400);
    }
}
```

소스프로그램이 작성되면 컴파일서버에 업로드되고 컴파일과 링크를 하여 실행파일을 생성하고 실행파일을 실행한다. 실행파일을 실행시킨 화면은 [그림 15]와 같이 모터가 동작하고 있는 화면이다.



[그림 15] DC모터가 동작하는 화면

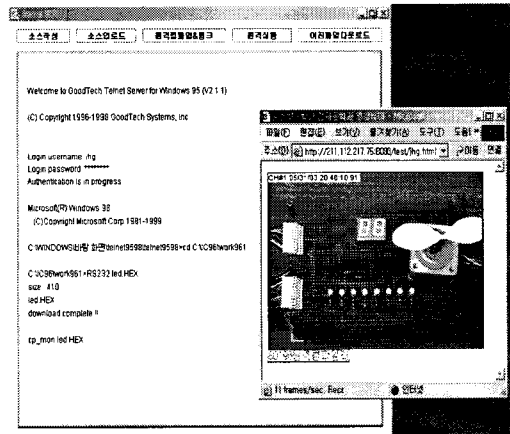
4.2.2 원격 LED 실험의 예

LED 실험에서는 학습자들이 프로그램소스를 작성하여 LED가 동작하는 실험을 학습하게 된다. 본 실험에서

는 LED의 일정한 시간동안 불빛이 발하다가 소멸하다가 반복하게 하는 프로그램소스를 실험하게 된다. 프로그램소스의 main함수부분은 아래와 같고, 실험에서 적용할 파일이름 led.c96으로 실험을 진행하였다. 8개의 LED를 전부 ON, OFF를 무한히 반복하는 프로그램의 예이다.

생성된 실행파일을 실행시킨 화면은 [그림 16]과 같이 LED 8개가 동시에 반복적으로 ON, OFF 됨을 보인다.

```
void main(void){
    InitBoard( );
    PORT_PA = PPI_PA;
    PORT_PB = PPI_PB;
    PORT_PC = PPI_PC;
    PORT_CW = PPI_CW;
    outputb(PORT_CW, 0x80);
    while(1){
        outputb(PORT_PB, 0xff);
        delay(500);
        outputb(PORT_PB, 0x00);
        delay(500);
    }
}
```



[그림 16] LED가 동작하는 화면

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 가상교육의 현실성 부족이라는 문제점의 해결책으로 실시간 원격실험실을 제안하고 구현하였다. 제안한 시스템은 실험을 하기 위해서는 컴파일러와 실험키트 등이 요구되므로 학생들은 실험키트가 있는 학교에서만 실험을 할 수 밖에 없는 실정을 극복하고 언제 어디서나 실험을 할 수 있는 원격 마이크로컨트롤러 실험실로서 학습자들은 값비싼 장비나 소프트웨어를 구입하지 않고 원격지에 있는 하드웨어와 소프트웨어 자원을 공유하여 실험할 수 있는 시스템이다. 본 연구에서 제안

한 원격실험실은 LabVIEW나 VEE 상용 툴을 사용하지 않고, 프로그래머에게 개방된 자바 Web Start, 자바 FTP, 자바 Telnet 기술을 이용하여 원격컴파일시스템과 실행 시스템으로 구성하여 구현하였으므로, 시스템을 개발하는데 불구매 비용이 들지 않았을 뿐만 아니라, 구현된 시스템은 서버측에 하드웨어와 소프트웨어 자원을 공유하므로 사용자들도 어떤 구매비용도 들지 않는 장점을 가진다.

본 연구에서 구축한 원격실험실에서는 LCD, DC모터, LED, 7-SEGMENT 중 DC모터, LED의 예를 프로그래밍하고 컴파일하고 실행하여 원격으로 하드웨어를 제어하므로 원격실험의 가능성을 보였다.

따라서 구현된 원격실험실은 시간적 공간적 제약을 극복한 고가 실험장비와 소프트웨어를 공동으로 이용할 수 있으며 이론과 실험을 동시에 수행할 수 있는 실험실로 인터넷상에서 충분히 구현 가능함을 보였으며, 마이크로컨트롤러에 부착되는 다양한 센서실험콘텐츠가 개발될 경우 원격실험실의 활용도는 크게 증대될 것이다.

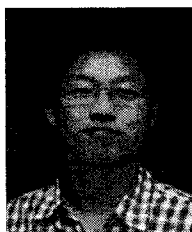
향후 연구로서 예측데이터 전송성능 향상을 위한 전송 방식개선 연구, 전자 소자값 원격제어에 관한 연구 및 실험실 구축, 그리고 이미 개발된 웹 기반의 가상실험 콘텐츠와의 연동 등의 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Sam Hsu, Bassem Alhalabi, and Mohammad Ilyas, "A Java-Based Remote laboratory for Distance Education", International Conference on Engineering Education, August 14-16, 2000, Taipei, Taiwan.
- [2] Luigino, B., et al , "A Web-Based Distributed Virtual Educational Laboratory", *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 49, No .2 , pp. 349-356, April, 2000.
- [3] Gillet D., Salzmann C., Latchman H.A., and Crisalle O.D., "Advances in Remote Experimentation", 19th American Control Conference, Chicago, Illinois, USA, pp. 2955-2956, 2000.
- [4] Gillet D., Fakas G., eMersion, "A new paradigm for Web-based training in engineering education", *International Conference on Engineering Education*, Oslo, pp. 10-14, 2001.
- [5] C. Roehrig, A. Jochheim, "The Virtual Lab for Controlling Real Experiments via Internet", *Proc. IEEE International Symposium on Computer-Aided Control System Design*, Hawaii, USA, pp. 279-284
- [6] 최관순, 이순흠, 김동식, "원격실험실 환경을 제공하는 임베디드시스템 활용교육을 위한 웹기반 교육시스템", *한국컴퓨터교육학회*, Vol. 10, No.5, pp. 39-50, 2007.
- [7] 김동식, 최관순, 이순흠, "웹기반 하이브리드 전기전자 회로 실험실 시스템의 구현", *한국컴퓨터교육학회*, Vol. 10, No.5, pp. 53-60, 2007.
- [8] Dongsik Kim, SunHeum Lee, Kwansun Choi, "Implementation of a Web-Based Hybrid Educational System for Enhancing Learning Efficiency of Engineering Experiments", *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 1157-1168, 2007.
- [9] 이유상, 양원석, 전재욱, 문일현, 최관순, 김동식 전창완, 이순흠, "8051 마이크로컨트롤러 통합실험실의 구현", *한국컴퓨터교육학회*, Vol. 10, No. 4, pp. 113-124, 2007.
- [10] C.C.Ko, B.M.. Chen, S.H. Chen, V. Ramarkrishnan, "Development of a Web-Based Laboratory for Control Experiments on a Coupled Tank Apparatus", *IEEE Trans. on Education*, Vol. 44, No.1, February, 2001.
- [11] <http://www.lab-on-web.com/NET/WebApplication/LoW/Contact.aspx>
- [12] <http://dynamics.soc.stevens-tech.edu/>
- [13] D. Hercog, B. Gergič, S. Uran, and K. Jezernik, "A DSP-based Remote Control Laboratory", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 54, No. 6, pp. 3057-3068, 2007.
- [14] 이유상, 양원석, 전재욱, 문일현, 최관순, 안달, 임종식, "원격 제어용 수동소자를 이용한 회로 이론 원격 실험실", *한국산학기술학회논문지*, Vol. 8, No.2, pp. 324-332, 2007.
- [15] KwanSun Choi, Dongsik Kim, Sunheum Lee, YongHae Kong, "A Study on the Development of an Web-based C Compiler for C Programming Lab", *IC'03 proceeding Vol. II*, pp. 698-700, 2003.

문 일 현(IL-Hyeon Moon)

[준회원]



- 2007년 2월 순천향대학교 정보기술공학부 졸업
- 2008년 현재 순천향대학교 전기통신공학과 석사과정

<관심분야>

베디드시스템, 원격교육, 영상처리

한 새 른(SaeRon Han)

[준회원]



- 2008년 2월 순천향대학교 정보 기술공학부 졸업
- 2008년 현재 순천향대학교 전기 통신공학과 석사과정

<관심분야>

가상 교육 콘텐츠개발, 영상처리, 컴퓨터그래픽스

안 달(Dal Ahn)

[정회원]



- 1990년 서강대학교 전자공학과 박사
- 2005년 이후 순천향대학교 전기 통신공학과 교수

<관심분야>

마이크로웨이브 수동소자, 각종 Filter, 부품 및 마이크로 웨이브 회로설계

최 관 순(Kwan-Sum Choi)

[정회원]



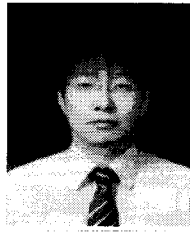
- 1994년 8월 : 서강대학교 전자 공학과(공학박사)
- 2006 현재 : 순천향대학교 전기 통신공학과 교수

<관심분야>

영상처리, GIS, 가상교육, 임베디드시스템, RFID, 웹기반 하드웨어제어, 영상처리, 교육용콘텐츠개발

전 흥 구(Heung-Gu Jeon)

[정회원]



- 2003년 2월 순천향대학교 전자 공학과 공학박사
- 2004년 8월-2005년 7월 : 한국 통신정보기술
- 2006년 3월-2007년 4월 : 성진 하이테크
- 2008년 5월- 현재 “미래 에너지”

<관심분야>

임베디드시스템, 가상 교육 콘텐츠개발, 영상처리

임 증 식(Jong-Sik Lim)

[정회원]



- 1991년 2월 : 서강대학교 전자 공학과(공학사)
- 1993년 2월 : 서강대학교 전자 공학과 초고주파 전공(공학석사)
- 2003년 2월 : 서울대학교 전기 컴퓨터공학부(공학박사)
- 1993년 2월-1999년 3월 : 한국 전자통신연구원 위성통신기술연

구단, 무선방송기술연구소 선임연구원

- 2003년 3월-2003년 7월 : 서울대학교 BK21 정보기술 사업단 박사후 연구원
- 2003년 7월-2004년 9월 : 특허청 특허심사관
- 2004년 9월- 2005년 2월: 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2005년 3월~ 현재: 순천향대학교 전기통신공학과 교수

<관심분야>

초고주파 능동/수동회로 설계, 주기구조의 모델링 및 회로 응용, 안테나 측정 시스템 등