

산업 자동화 교육훈련을 위한 웹기반 PLC 실험실의 설계 및 구현

한 얼¹, 박성무¹, 홍상은^{1*}
¹순천향대학교 전자정보공학과

Design and Implementation of Web-based PLC Laboratory for Industrial Automation Training

Earl Han¹, Sung-moo Park¹ and Sang-eun Hong^{1*}

¹Dept of Electronic Information Engineering, SoonChunHyang University

요 약 인터넷기술의 눈부신 발전으로, 대학 및 교육기관에서는 인터넷을 통하여 많은 e-learning 강좌를 제공하고 있어 시간과 거리상 제약을 받고 있는 많은 학생들에게 혜택을 주고 있다. 그럼에도 불구하고, 대부분의 웹기반 강좌는 공학기술교육의 필요성을 충족시킬 수 없었다. 본 논문에서는 산업 자동화 교육 훈련을 위한 웹기반 PLC 실험실의 설계와 구현을 제안하였다. 제안된 웹기반 PLC 실험실 시스템은 가상실험실과 원격실험실로 구성하였다. 웹기반 PLC 실험실은 많은 추가 비용 없이 교육의 질을 높이면서 등록된 학생들이 집에서 접속이 가능하다. 학생들은 웹 카메라의 도움으로 인터넷을 통하여 실제와 같은 PLC 실험을 보다 잘 경험 할 수 있다.

Abstract Due to significant advances in Internet technology, there have been many e-learning courses offered by universities and academic institutes nowadays through the Internet. And these courses have benefited many students who might be constrained by distance and time. Nevertheless, most web-based courses are lecturing courses that cannot fulfill the needs for engineering technology education. In this paper, we propose the design and implementation of web-based programmable logic controller(PLC) laboratory to support learning and training for industrial automation. The proposed web-based PLC laboratory system consists of virtual labs and remote labs. This web-based PLC laboratory can be accessed by registered students to practice PLC experiments at their own home, enhancing the quality of education without much increasing in the overall cost. With the help of web cameras, the students can even have experience the live PLC experiments through the Internet.

Key Words : Industrial Automation, PLC, Web-based Laboratory, Virtual Lab., Remote Lab., LabVIEW

1. 서론

산업 자동화는 급격한 발전을 지속하고 있는 분야 중 하나이다. 특히 소품종 대량 생산방식에서 다품종 소량 생산방식으로서의 전환과 함께, 생산품의 고급화와 인건비 상승 등으로 기업에서는 생산비 감축과 상품의 품질 제고를 위하여 공장자동화의 필요성이 그 어느 때보다 급증하고 있는 것이 현실이다. 산업 자동화의 중요 요소는 PLC(Programmable Logic Controller)를 기반으로 하는

자동화, 로봇틱스, 산업통신 네트워크 및 SCADA 시스템으로 나누어진다. 특히 PLC는 공장 자동화 분야의 발전을 위해 개발된 가장 독창적인 장치 중에 하나라고 일컬어지고 있다. 세계 PLC 시장의 규모는 약 6조 5천억원 정도로 추산되며, 국내 PLC 시장은 대략 1,500 ~ 1,800 억원 정도로 추정된다. 앞으로도 PLC는 보다 소형화, 고기능화 되고, 열악한 환경에서 동작이 가능하도록 진화해 나가고 있어 시장 규모는 성장을 지속할 것으로 예상된다. 그러므로 이 분야의 전문 지식과 기술을 가진 인력

이 논문은 2009년 순천향대학교 교내연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

*교신저자 : 홍상은 (sehong@sch.ac.kr)

접수일 09년 12월 29일

수정일 09년 12월 15일

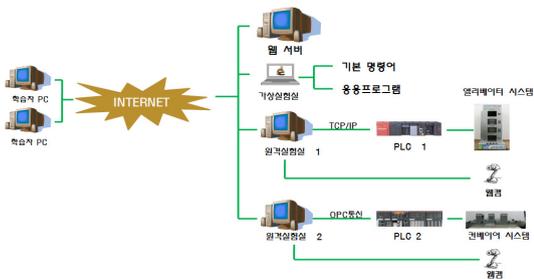
게재확정일 10년 01월 20일

의 수요가 아주 높다[1,2].

PLC에 대한 교육은 자동화 및 제어관련 과목에서 다루어지고 있으나, 많은 교육기관들이 적정수준의 PLC 프로그래머 양성에 필요한 강사 및 실험실 확보에 어려움을 겪고 있다. 특히 PLC 교육은 래더 다이어그램이라는 특별한 프로그램을 사용하기 때문에 이를 사용하여 실제 기기를 다루어 보는 실험 실습경험이 대단히 중요하다. 그러기 위해서는 고가의 장비구축 비용과 시공간적 제약 등의 문제점 때문에 원활한 실험 실습교육훈련에 어려움이 따른다[3].

최근 인터넷을 이용한 웹기반 기술의 급속한 발전은 교육환경 구조에도 많은 변화를 가져와 e-learning의 확대 보급이 광범위하게 진행되고 있다. 그러나 일반적인 텍스트 또는 동영상 위주의 교육에 비해 PLC와 같이 반드시 실험실습교육을 필요로 하는 경우에는 가상적으로 실험을 할 수 있는 가상실험실과 실제의 시스템을 실시간으로 원격실험이 가능한 원격실험실의 구축이 무엇보다 중요하다. 지금까지 진행된 연구 내용을 살펴보면 시뮬레이션 위주의 가상실험실이 주류를 이루고 있으며[4,5] 최근에는 웹을 기반으로 실제의 시스템을 직접 원격으로 제어하는 원격실험실의 개발이 전 세계적으로 진행되고 있다[6,7,8,9]. 그러나 가상실험실과 원격실험실을 별개로 운영하는 경우 적용 대상에 따라 교육효과의 차이가 많기 때문에 프랑스의 INSA 과학원 연구팀은 가상실험실과 원격실험실을 통합한 형태의 실험실 구축이 가장 적합한 방법임을 제안하고 있다[8].

본 논문에서는 이상의 여러 가지 사항을 검토하여 산업 자동화 교육 훈련에 적합한 웹기반 PLC 실험실의 설계와 구현을 제안하였다. 제안된 웹기반 PLC 실험실은 가상실험실과 원격실험실을 통합한 새로운 형태의 시스템을 구성하였다. 웹기반 PLC 실험실의 설계 및 구현 방향은 소규모의 추가 비용으로 교육의 질을 높이면서도 등록된 학생들이 집에서 언제든지 접속이 가능할 뿐만 아니라 웹 카메라의 도움으로 인터넷을 통하여 실제와 같은 PLC 실험을 보다 잘 경험 할 수 있도록 당초 목표한 교육효과의 극대화를 추구하였다.



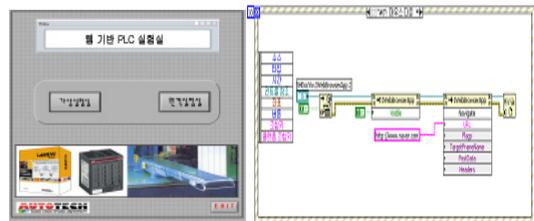
[그림 1] 웹기반 PLC 실험실 구성도

2. 웹기반 PLC 실험실의 구조

웹기반 PLC 실험실은 그림 1과 같이 웹서버, 가상실험실, 원격실험실 1과 원격실험실 2로 구성하였다. 웹서버는 학습자가 PLC 실험실에 접속하는 경우 초기화면을 제공하며 이 초기 화면에서 가상실험실과 원격실험실을 선택하는 역할을 수행한다. 가상실험실은 PLC 교육의 기초가 되는 래더 다이어그램의 이해와 동작 특성을 공부할 수 있는 기본 명령어와 응용프로그램으로 나누어 학습이 가능하도록 구성하였다. 원격실험실은 엘리베이터 시스템을 원격으로 제어하고 실험할 수 있는 원격실험실 1과 컨베이어 시스템을 원격으로 제어 및 실험 할 수 있는 원격실험실 2로 구성하였다. 이와 같이 원격실험실을 나누어서 구성한 이유는 학습자가 원격실험실에 접속하여 실험 할 경우 실제의 시스템을 원격으로 직접제어하게 되므로 동시에 두 명이 실험할 수 없기 때문이다. 그러므로 두 명 이상의 학습자가 동일한 원격실험실에 접속을 요청하게 되면 우선순위에 따라 먼저 요청한 학습자에게 제어권한을 부여하게 되어 제어가 가능하게 된다. 따라서 이와 같은 구성은 원격실험실에 접속자가 많은 경우 분리 접속이 가능하므로 대기시간을 단축할 수 있다는 장점이 있다.

PLC 실험실의 구성은 LabVIEW 환경에서 설계되었으며, 본 논문에서는 LabVIEW 8.5버전을 사용하였다. 웹서버를 통하여 가상실험실과 원격실험실을 선택하고, 원격실험실 1과 원격실험실 2를 접속하는 방법은 ActiveX를 이용하여 학습자가 원하는 실험실을 선택할 때 해당 실험실의 주소에 접속할 수 있도록 하였다.

그림 2는 ActiveX를 이용한 웹서버의 초기 화면과 원하는 실험실의 접속을 수행하는 블록다이어그램이다.



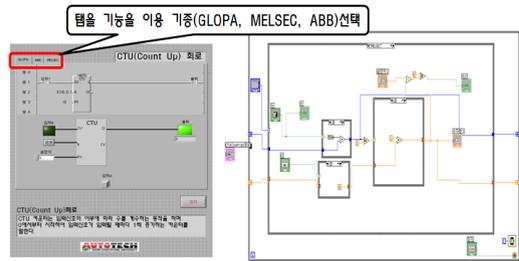
(a) 초기 화면 (b) 블록다이어그램

[그림 2] ActiveX를 이용한 실험실 접속

3. 웹기반 PLC 실험실의 구현

웹기반 PLC 실험실은 학습자의 접속 대기시간을 줄

이고 동시에 많은 학습자가 실험실을 사용할 수 있도록 가상실험실과 원격실험실로 구성하였다. 실험실의 실험실습 내용은 산업 자동화 현장에서 자주 접하는 제어방식을 중심으로 구성하였다. 본 논문에서는 실험실의 구성을 LabVIEW 환경에서 구현하였다. LabVIEW 환경에서 원격 제어와 같은 기능을 구현하기 위해서는 LabVIEW Web Server, AppletVIEW, LabVNC, DataSocket Server 등의 방법이 있으나 이중 윈도우, 리눅스, Mac 등에서 실행이 가능하고, 개발 시간이 가장 짧으며, 편의성이 우수한 방법은 LabVIEW Web Server로 확인된 바 있다[10]. 따라서 본 논문에서는 모든 과정을 LabVIEW Web Server 방법을 사용하여 구축하였다. 이 방법의 특징은 학습자가 실험실에 접속하는 경우 별도의 소프트웨어를 구입할 필요 없이 무료로 자동 다운로드 되는 Runtime Engine을 설치하면 LabVIEW 환경과 동일한 기능을 실행할 수 있어 학습자에게 소프트웨어 구입 부담을 줄일 수 있는 장점이 있다.

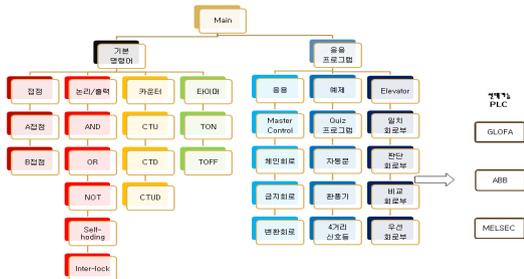


[그림 4] 기본명령어중 카운터의 예

학습 가능한 PLC의 종류는 현재 우리나라 자동화 시스템에서 가장 많이 사용되는 기종인 LS산전의 GLOFA, ABB제품 그리고 미쓰비시제품을 템 형태로 선택하도록 설계하여 학습자가 기종별로 선택하여 비교하면서 실습할 수 있도록 하였다.

그림 4는 가상실험실의 기본 명령어인 카운터의 예를 보여주고 있다.

3.1 가상실험실 구현



[그림 3] 가상실험실 구성도

가상실험실은 그림 3과 같이 기본 명령어와 응용 프로그램으로 구성하였다. 기본 명령어에서는 PLC에서 사용하는 기본적인 명령어들을 점점, 논리/출력, 카운터 및 타이머로 나누어 12종류를 선택할 수 있도록 구현하였다. 응용 프로그램은 기본 명령어를 익히고 난 후에 기본 명령어를 활용하여 보다 복잡한 동작이나 기능을 연습할 수 있는 예제들로서 응용, 예제 및 엘리베이터로 구분하여 12종류를 연습할 수 있도록 하였다. 특히 엘리베이터는 원격실험실에서 다루게 되는 엘리베이터의 중요 동작 회로를 나누어서 연습할 수 있도록 구현하였다. 각 명령어와 응용 프로그램은 버튼방식으로 선택할 수 있으며 각각의 연습 대상 래더 다이어그램을 PLC 종류 별로 래더 다이어그램을 비교해 보면서, 입출력 점점 동작 상황을 시뮬레이션 형태로 확인해 볼 수 있도록 구성하여 학습효과의 극대화를 꾀하였다.

3.2 원격실험실 구성

원격실험실은 대기시간 축소를 위하여 다시 원격실험실 1과 원격실험실 2로 나누어 구성하였다. 원격실험실 1에서는 조건 제어방식의 대표적인 시스템인 엘리베이터 시스템으로 구현하고, 원격실험실 2는 프로그램 제어방식의 대표적인 시스템인 컨베이어 시스템으로 구현하였다. 여기서 조건 제어방식이란 주어진 조건에 따라 논리 연산하여 그 결과에 의해 제어가 진행되는 제어방식을 말하며, 프로그램 제어방식은 제어목표 값을 미리 정해진 규칙에 따라 반복동작 시키는 제어방식을 말한다[11]. 또한 각 원격실험실은 학습자에게 다양한 경험을 제공하기 위하여 서로 다른 제조업체의 PLC와 서로 다른 통신방식을 사용하였다.

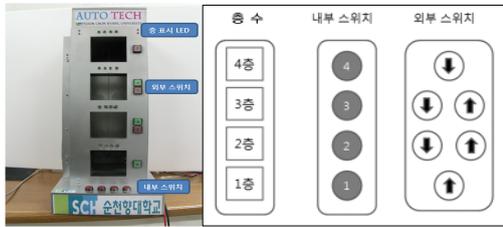
3.2.1 원격실험실 1(엘리베이터 시스템) 구현

원격실험실 1은 조건 제어방식의 엘리베이터 시스템을 구현하였다. 엘리베이터 시스템은 다양한 운전 상황을 최대한 구현할 수 있는 최소 층수인 4층으로 제작하였고, Door개폐나 속도제어는 제외 하였다. 설계조건은 상승 중에는 상승조건이 우선하고, 하강 중에는 하강조건을 우선하며, 정지는 앞서의 조건을 만족할 때 가장 가까운 층이 우선하도록 하였다. 그리고 정지조건을 만족하는 층에 정지하면 5초간 내부 조명이 점등하도록 설계하였다. 원격실험실 1에서 구현한 엘리베이터 시스템의 외관과 내부 및 외부 버튼 스위치는 그림 5와 같다. 여기에서 사용한 PLC는 미쓰비시사의 MELSEC-Q 계열로 입력점점 16점, 출력 점점 14점을 사용하였고 이더넷모듈을 사용하

여 TCP/IP 통신으로 원격제어 하였다[7].

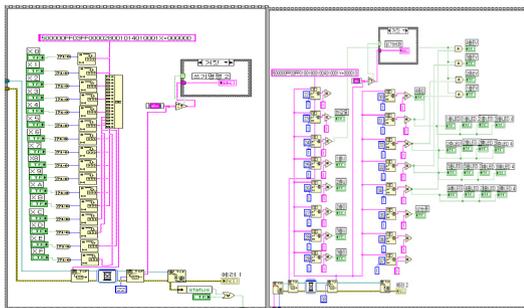
TCP/IP 통신은 MELSEC-Q의 이더넷 통신모듈 프로토콜에 맞도록 LabVIEW의 TCP/IP 함수를 사용하여 프로그램 하였다.

PLC 통신모듈과 PC간의 통신을 위해서는 프레임 구조를 일치하여야 하며, 이를 위해서는 LabVIEW를 이용하여 PLC의 프레임 구조를 일치시키도록 적정한 프로그램을 작성하여야한다.



(a) 외관 (b) 내, 외부 스위치
[그림 5] 엘리베이터 시스템

그림 6은 LabVIEW에서 TCP/IP 함수들을 이용하여 엘리베이터 시스템과 통신연결을 완료한 블록다이어그램의 읽기와 쓰기 화면을 보여준다.



[그림 6] TCP/IP용 블록다이어그램

3.2.2 원격실험실 2(컨베이어 시스템) 구현

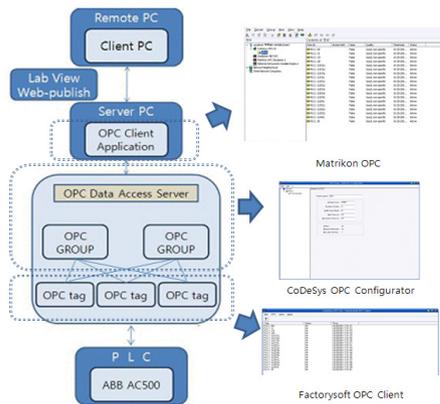
원격실험실 2는 프로그램 제어방식의 컨베이어 시스템을 구현하였다. 컨베이어 작업순서는 대기 상태에서 시작 신호 검출 시 구동하여 각 공정에서 신호 검출이 없으면 자동정지, 신호가 검출되면 해당공정에서 정지하여 공정별로 상부에 설치한 LED를 순차 점등과 동시 점멸한 후 재 구동한다. 이후 순서는 동일하게 공정 3까지 진행된다. 다만 공정 별 LED 수는 다르게 하였다. 종료 신호 검출 시 컨베이어 시스템은 역진행하여 대기상태로 되돌아가서 앞서의 작업을 되풀이한다. 비상정지 스위치가 작동하면 컨베이어는 즉시 정지하도록 설계하였다. 완

성된 컨베이어 시스템은 그림 6과 같다. 여기에서 사용한 PLC는 ABB사의 AC-500으로 입력접점 9개, 출력접점 14점을 사용하였고, 이더넷 모듈을 사용하여 현재 산업 자동화 분야에서 표준으로 자리 잡고 있는 OPC(OLE for Process Control) 통신으로 원격제어 하였다.[12]



[그림 7] 컨베이어 시스템

OPC 통신은 크게 OPC 서버, OPC 클라이언트 그리고 OPC 서비스 및 개발 툴로 구성되어 있다[12]. OPC 서버는 OPC 서버 Object와 OPC 그룹으로 구성되어있다. OPC 서버 Object는 OPC 그룹의 관리와 제어, 물리적인 디바이스로의 접근을 최적화하는 기능을 담당하고, OPC 그룹은 어플리케이션들이 태그리스트를 확보하거나 속성을 부여하기 위해 동적으로 태그를 생성하는 계층이다.(ABB사에서 제공한 CoDeSys OPC Configurator 사용) OPC 서비스 및 개발 툴은 OPC 태그를 생성하는 계층으로 물리적인 디바이스의 값에 의한 연결 포인트를 제공한다.(Factorysoft OPC Client 사용) 또한 클라이언트들에게 값이나 양, 질, 시간, 데이터 타입등과 같은 정보를 전달하는데 이 태그는 서버와 실제 데이터 사이의 연결을 위해 생성된다.



[그림 8] OPC 통신 구조도

본 논문에서 OPC 클라이언트는 OPC 태그에서 생성한 물리적인 디바이스의 값을 Matrikon OPC 프로그램을

이용하여 OPC 서버에 접근하여 태그 정보를 받아 LabVIEW 프로그램과 연동하여 통신 시스템을 구축하였다.

그림 8은 OPC 통신의 구조도와 각 계층에서 사용한 전용 프로그램을 보여주고 있다.

4. 웹캠 구축 및 실험 결과

웹캠은 원격실험실에서 자신이 직접 원격제어 하는 장비의 모습을 보면서 결과를 직접 눈으로 확인함으로써 보다 현실적인 실험실습 경험을 습득할 수 있어 학습효과를 높일 수 있다는 장점이 있다. 그림 1과 같은 구성으로 구현한 웹기반 PLC 실험실에 대하여 다각도의 실험을 실행한 결과 만족한 성과를 얻을 수 있었다. 그림 9는 웹캠을 포함하여 구축한 웹기반 PLC 실험실과 Runtime Engine 상에서 PLC 실험실에 접속한 상태를 보여준다.



[그림 9] 완성된 PLC 실험실

5. 결론

본 논문은 현재 산업계에서 요청하는 경험 있는 전문 기술 인력 수요와 이론교육에 치우친 대졸인력간의 격차를 줄이 수 있는 방안의 하나로 산업 자동화 교육훈련을 효과적으로 수행하기위하여 새로운 형태의 웹기반 PLC 실험실을 LabVIEW 환경에서 구축하였다. 당초의 설계 목표는 웹이라는 가상공간상에서 학습자가 학습함으로써 시공간상의 제약과, 한정된 장비에 대한 제약 없이 보다 효율적이고 능률적인 학습방법을 구현하는데 있었다. 그 결과 본 논문에서 제시한 바와 같이 웹을 기반으로 구현한 가상실험실과 원격실험실에서 자동화 시스템을 직접 제어, 모니터링 함으로써 실시간으로 실제의 시스템을 다루는 것과 같은 경험을 얻을 수 있으며, 또한 웹캠을 설치하여 학습자가 실제의 제어대상 및 기기들을 눈으로 확인 하면서 실험실습을 할 수 있어서 보다 사실적이고 현실적인 웹 기반 실험실 구축의 가능성을 확인할 수 있

었다. 이러한 교육의 형태는 가상공간의 현실성 부족이라는 인터넷 교육의 문제점 해결을 위한 대안으로서 실험실습교육의 질적 향상에 효과를 가져 올 수 있을 것으로 생각한다. 또한 반복적으로 실험실을 이용한 실험실습이 가능하게 되어 학생들의 PLC 프로그램과 산업 자동화에 대한 이해력 증진에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] S. Manesis and S. Koutri, "A Student-friendly Approach to Undergraduate Teaching of Experimental Industrial Control Systems", IJEEE, Vol. 40, No. 4, pp. 255-269, Jan. 2001.
- [2] 기획특집, "국내 PLC 산업의 과거와 오늘 그리고 미래는?", 월간 해양과 조선, 10월, 2008.
- [3] S. J. Hsieh, and P. Y. Hsieh, "Web-based Modules for Programmable Logic Controller Education", Computer Applications in Engineering Education, Vol. 13, No. 4, pp. 266-279, Dec. 2005.
- [4] Wei-Fu Chang, "Design and Implementation of a Web-based Distance PLC Laboratory", IEEE, Proceedings of the 35th Southeastern Symposium, pp. 326-329, Mar. 2003.
- [5] 김동식, "효율적인 인터넷기반 공학교육을 위한 디지털 논리회로 가상실험실", 한국과학재단, 5월, 2003.
- [6] 이유상의 5명, "웹기반 전자공학 원격실험실 구현", 한국정보기술학회 논문지, 제7권 제1호, pp. 279-284, 2월, 2009.
- [7] 한열 외 3인, "Web 기반 도구를 이용한 자동화 복합 공정 제어시스템의 가상실험실 구현", 한국산학기술학회 춘계 학술발표논문집, pp. 198-201, 2008.
- [8] Arnaud Leleve, Hcene Benmohamed, Patrick Prevot and Cecile Meyer, "Remote Laboratory Toward an Integrated Training System", Proc. ITHET, Jul. 2003.
- [9] C. C. Ko, Ben M. Chen, Jianping Chen, Yuan Zhuang and Kay Chen Tan, "Development of Web-Based Laboratory for Control Experiments on a Coupled Tank Apparatus", IEEE Trans. on Education, Vol. 44, No. 1, Feb. 2001.
- [10] C. Mergl, "Comparison of Remote Labs in Different Technologies", iJOE, Vol 2, No 4, pp. 1-8, 2006.
- [11] 차득근, 시퀀스 제어, 성인당, 1995.
- [12] Cihan Şahin, "Development of Remote Control and Monitoring of Web-based Distributed OPC System", Computer Standards & Interfaces, Vol. 31, No 5, pp. 984-993, Sep. 2009.

홍 상 은(Sang-Eun Hong)

[정회원]



- 1981년 8월 : 고려대학교 고려대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1987년 8월 : 고려대학교 고려대학원 전기공학과 (공학박사)
- 1975년 2월 ~ 1988년 2월 : 한국전력연구원 선임연구원
- 1988년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전자정보공학과 교수

<관심분야>
자동차, 전력시스템

한 얼(Earl Han)

[준회원]



- 2006년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 졸업
- 2007년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기로봇공학과 석사과정

<관심분야>
자동차, 전력시스템

박 성 무(Sung-Moo Park)

[준회원]



- 2009년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 졸업
- 2009년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 전기로봇공학과 석사과정

<관심분야>
자동차, 전력시스템, 로봇공학