

가상 PLC 에뮬레이터 개발

(Development of Virtual PLC Emulator)

정 현* · 곽재영** · 김원배***

(Heon Jeong · Jae-Young Gwark · Won-Bae Kim)

요 약

본 연구의 목적은 저가의 시뮬레이션용 툴을 개발하는데 있다. 따라서 PLC 프로그램을 편집하고 모니터할 수 있는 PLC 프로그램 모듈과, 가상 PLC 시스템과 시뮬레이션 장비를 개발하였다. PLC 모듈과 시뮬레이션 장비는 상호간 링크가 되어 있어서 PLC 프로그램에 의하여 실시간으로 제어가 가능하고, 마치 실제 설비가 동작이 되는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다. 제안한 새로운 툴을 이용하면 모니터상에서 PLC 시스템을 구성하고 가상기계의 응답을 볼 수 있기 때문에 PLC와 기계를 준비할 필요가 없다. 개발된 프로그램의 타당성을 증명하기 위하여 엘리베이터와 자동 원료 계량 시스템의 PLC 프로그램을 대상으로 실험을 행하였다. 실험결과 개발한 PLC 에뮬레이터에 의해 PLC 프로그램 작성 및 가상기계 동작을 통한 PLC프로그램 검증과정이 원활이 이루어질 수 있음을 확인하였다.

Abstract

The purpose of our study is to develop tool kits which give us inexpensive simulation method. We develop a Programmable Logic Controller(PLC) program module with which we can edit and monitor PLC program, a virtual PLC(VPLC) system and simulation equipment. The PLC and simulation equipment are interlinked each other and controlled by the PLC program in real time. So, we can get effect as actual operation. Using our new tool kits, we don't have to prepare PLC and machine, because we can configure PLC system and see the response of virtual machine in monitor.

For validity of the developed program, we make experiments for the PLC program of elevator and automatic material weighing system. The experimental results show that the virtual machine(VM) operates properly by the PLC control program.

1. 서 론

PLC(Programmable Logic Controller)는 공장의 설비를 전기적 결선이 아닌 프로그램적인 방법으로 제어를 가능하게 하였다. 이로 인하여 유연적인 생산

시스템(FMS : Flexible Manufacture System)을 갖출 수 있었다[1]. PLC는 크게 입출력부와 중앙 연산 처리 장치부, 그리고 통신부분으로 이루어져 있다. 운전과정은 loader를 이용하여 원하는 작업을 프로그래밍하고, 이를 PLC에 다운로드하여 동작용 입출력 기기들, 또는 설비등을 제어하게 된다[2][3]. 그러므로 PLC는 설비용 소프트웨어 및 하드웨어로서 인간과 기계사이의 교량역할을 하고 있다. 이런 중추적인 역할을 하고 있는 PLC를 기계 제어에 사용하기 위해

* 정희원 : 조선대학교 제어제측공학과 박사과정

** 정희원 : 전남대학교 전기공학과

*** 정희원 : 송원대학 전기과 교수

접수일자 : 1998. 2. 24.

서는 적용대상의 설비와 그를 제어하는 PLC, 그리고 인간적 사고인 프로그램이 필요하다

그러나 작성된 PLC 프로그램을 실제 설비나 기계에 바로 적용하는데에는 많은 어려움이 있다. 즉, 작성한 PLC 프로그램의 논리적 오류를 검사 하고 이를 다시 수정하기 위해서는 프로그램을 적용 할 수 있는 설비의 필요는 절대적인 것이나, 현실적으로 이러한 테스트를 위하여 실제 설비를 이용하는 것은 많은 위험이 뒤따르고 있다.

따라서, 본 논문에서는 보다 저가의 기계 제어용 PLC 프로그램 에디터와, 가상의 설비를 만들 수 있는 툴을 개발하였다. 먼저, 가상적으로 PLC 시스템을 꾸밀 수 있는 가상 PLC 모듈과, 이 PLC 모듈에서 프로그램을 에디팅 할 수 있는 에디터 프로그램 모듈, 그리고 2개의 모듈에 적용할 가상설비를 개발하였다. 만들어진 PLC 모듈과 에디터 프로그램, 그리고 가상설비는 상호간 링크가 되어 있어, 프로그램에 의한 제어가 될 수 있도록 설계하였다. 이들은 실시간적으로 객체들이 연결되어 있어서, 마치 실제 설비가 동작이 되는 것과 같은 효과를 얻을 수 있었다.

가상설비는 엘리베이터와 자동 원료 계량 시스템을 대상으로 설계 하였고, 실험을 통하여 PLC제어용 프로그램에 따라 가상 기계가 작동함을 확인 할 수 있었다.

2. PLC 개요

릴레이와 같은 유접점의 수명적인 한계와 프로그램 변경의 제한 때문에 그 사용이 점점 축소되어 왔다. 따라서 새로운 제어장치의 요구와 IC소자의 발달에 힘입어 마이크로 프로세서를 내장하여 프로그램적인 자동화가 가능한 PLC가 탄생하게 되었다.

이와같이 PLC를 사용하여 기계를 제어할 경우, 기존의 제어반의 시퀀스 회로에 의한 제어와는 달리 프로그램의 변경만으로 FMS가 가능하게 되었으며, 이러한 이점 때문에 현재까지 중요한 역할을 하는 제어장치로서 발전되어 왔다.

PLC를 사용하여 제어대상인 기계를 제어하기 위한 과정을 살펴보면, loader라 불리는 프로그래밍 장치를 사용하여, Ladder나 STL(Statement List)또는 FBC(Function Block Chart)등을 이용하여 프로그램을 작성하는 과정, 설비에 맞도록 준비된 PLC에

프로그램을 다운로드하는 과정, 그리고 PLC가 프로그램에 의해 입출력을 제어하고 입출력 상태를 감시하는 과정등으로 나누어 볼 수 있다. 기계 제어용으로 제작된 프로그램은 PLC 자원들을 효과적으로 이용하여, 프로그램적인 흐름을 전기적, 기계적인 동작으로 제어를 행한다.

프로그램의 논리적인 오류, 즉, 프로그램적인 버그를 찾기 위한 방법으로는, 시운전을 통한 지속적인 검토 및 수정을 통해서만 가능 하였다. 만약 잘못된 프로그램을 PLC에 적용할 경우, 예기치 못한 오동작을 야기할 것이고, 이로 인하여 기계적인 손실과 크기는 인명 사고가 초래되는 결과를 얻을 수도 있다.

이렇듯 중요한 역할을 하고 있는 PLC 프로그램은 작성 후 기계에 적용하기 까지는, 많은 확인 작업을 선행 조건으로 수반하고 있다. 하지만 이런 PLC 프로그램의 디버그 과정은 매우 어려운 문제를 가지고 있다. 예를 들어 프로그램 적용 대상이 마련되지 않은 경우(즉, 정지하기 어려운 기계에 적용하고자한 경우나, 설계중인 기계 프로그램의 경우 등)에는 적용대상에 대하여 정확한 프로그램적인 결과를 얻기가 힘들다. 또한 연습용 프로그램의 적용 대상이 없는 경우(즉, PLC에 전문지식이 없는 경우에 프로그램을 습득하고자 할 경우)에는 많은 프로그램 오류가 예상된다. 이런 어려움으로 PLC 프로그램의 오류 검색에 많은 시간 투자와 기계 장치의 경제적 부담을 안고 있었다.

3. PLC 에뮬레이터

본 논문에서는 기계적인 장치없이 가상의 설비에 의한 PLC 프로그램의 논리적인 오류를 검사 할 수 있는, 가상설비를 가진 PLC 에뮬레이터를 개발하였다. PLC 개요에서 지적한 것과 같이 PLC의 논리적인 오류를 찾기위해서는 PLC 하드웨어 시스템과 적용대상인 기계장치, 그리고 PLC 프로그램이 마련되어야 하며, 프로그램 적용과 오류 검사 및 수정에 많은 시간을 필요로 하였다.

그러나 본 연구에서 개발한 툴에서는 PLC 하드웨어와 적용기계를 소프트웨어적으로 구현해주며, 작성된 PLC 프로그램에 따라 동작될 수 있도록 하여 손쉽게 오류 검사가 가능할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 개발한 가상설비를 가진 PLC 에뮬

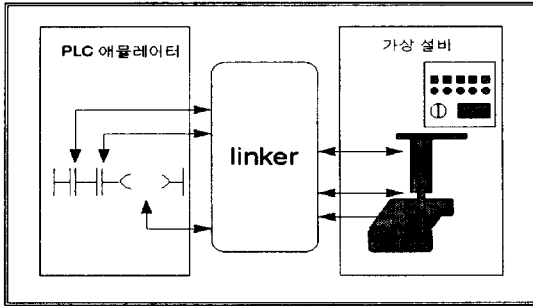


그림 1. 가상설비를 가진 PLC 에뮬레이터 구성도
 Fig 1. The Block Diagram of PLC Emulator with Virtual Machine

레이터는 그림 1처럼 크게 PLC 프로그램을 작성할 수 있는 PLC 에뮬레이터, 가상의 설비와 콘트롤 패널을 제작 할 수 있는 가상설비 제작 툴, 그리고 작성된 프로그램과 가상설비를 연결해주는 PLC 프로그램과 가상설비 링커(linker)로 이루어져 있다. 프로그램은 펜티엄 166 CPU에서 개발되었으며 운영체제는 Win95를 사용하였다. 또한 개발에 사용한 언어는 객체지향언어인 델파이를 사용하였다[4].

1) PLC 시스템 개발

PLC 프로그램을 작성하여 설비에 적용하기 위해서는 PLC 준비가 필수적인 것이다. 본 논문에서는 MASTER-K를 기본모델로 설정하였다.[5][6] 또한 시스템에 대한 환경설정에 따라 달라지겠지만 내부 메모리는 약 4KB정도로 설정하였으며, 최대 I/O POINT수는 1024개로 하였다.

그림 2에서는 PLC의 I/O CARD 및 내부 메모리의 환경 설정을 보여주고 있는데, 전원장치(POWER)와 CPU는 기본적으로 고정되어 있으며, I/O CARD는 최대 16개 까지 확장 가능하도록 하였고, 각각의 I/O CARD에 속성을 지정할 수 있도록 되어있다. 속성 지정방법은 그림 2에서처럼 원하는 슬롯에 마우스를 위치시키고 오른쪽 버튼을 클릭하면 선택상자가 나타나고 선택상자에서의 각종 CARD중에 하나를 마우스의 왼쪽 버튼을 클릭하면된다. 본 프로그램에서 설정 가능한 CARD는 디지털 입출력과 아날로그 입출력 CARD들로 한정하였다. 사용메모리에 대한 사항도 PLC 환경 설정화면에서 설정하며, 표 1은 개발된 PLC 내부 메모리 구성을 나타내고 있다.



그림 2. PLC 환경 설정
 Fig 2. The PLC Configuration

PLC에 대한 환경설정이 완료되면 PLC 제어에 사용될 프로그램을 작성하여야 한다. 본 연구에서는 그림 3과 같은 기본적인 입력과 출력 및 카운터와 타이머에 대한 프로그램을 윈도우 환경에서 작성할 수 있는 에디터를 개발하였다. 개발된 에디터는 PLC용 언어인 LADDER와 STL언어를 프로그램할 수 있는

표 1. PLC 메모리 구성표
 Table 1. The Configuration of PLC Memory

종 류	최대설정가능	비 고
입력/출력 메모리	1024 point	
COUNTER	128 point	output point + 설정메모리
TIMER	128 point	output point + 설정메모리
내부 메모리	1024 point	
기타	4 point	

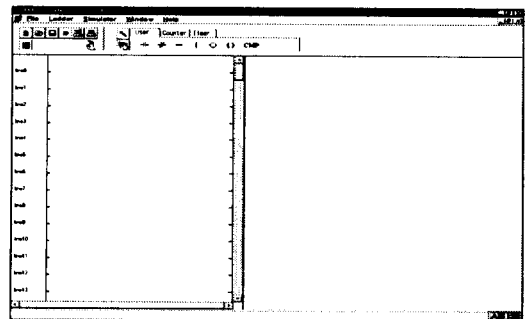


그림 3. PLC 프로그램 에디터
 Fig 3. The PLC Program Editor

며, 자체적 번역기에 의해 문법적인 오류체크를 할 수 있다. 오류체크시 이상없이 완료된 경우 기계코드를 생성시키며 가상 PLC 제어에 사용된다. 또한 에디터에서 가상 PLC를 동작 및 정지시킬 수 있으며, 프로그램 실행시 가상설비의 입출력상태에 따른 결과값이 모니터링 되며, 1회 SCAN 동작때마다 가상설비에 출력값을 내보낸다.

2) 가상 설비 개발

PLC 프로그램에 의해 동작되는 가상 설비의 개발을 위하여, 각각의 부속기기는 실제의 특성을 나타낼 수 있도록 액츄에이터 자동 구동 기능을 삽입하였다.

가상 액츄에이터에는 모터, 실린더, 솔레노이드 등이 있으며, 입력 센서 및 스위치에는 셀렉터 스위치, 키 스위치, 푸시버튼 스위치와 포토 센서, 리미트 센서 등이 있다. 각각의 입출력 요소들은 객체지향적으로 프로그램되어 있으며[7][8], PLC의 출력값과 연결이 가능한 고유 ID를 가진다. 예로서 모터라는 객체 특성을 상속받아 여러개의 모터를 제작할 수 있으며, 각각의 모터에는 고유의 ID가 부여되며, 모터의 객체특성에 의해 회전력을 가지고 있기 때문에 모터와 연결된 물체는 자동으로 동작하게 된다.

가상설비의 설계시 기기들의 배치방법에는, 자율적인 배치 방법과 한도적인 자율성 부여 방법, 그리고 고정적인 방법이 있다. 본 논문에서는 한도적인 자율성 부여 방법을 중심으로 설계를 하였다.

본 논문에서 그림 4의 (a)와 (b)와 같은 자동 승강기와 자동 원료 계량 장치를 가상설비로서 시범적으로 제작을 하였다. 설계된 설비는 각각 여러개의 입출력 기기들을 포함하고 있으며, 한도내에서 자율적인 위치 조정도 가능하다.

또한 설계된 가상설비를 제어하기 위한 제어판은, 원하는 기능과 시스템에 맞는 입출력 요소를 사용자가 직접 설계하여 사용 할 수 있도록 구성 하였다. 그림 5에서는 구성된 제어판을 보여주고 있는데, 키 스위치, 셀렉터 스위치, 조광형 푸시 버튼 스위치, 사각 램프, 부저등의 8개의 제어 스위치와 표시부로 구성된 경우이다.

이렇게 설계된 두 시스템은 링커에 의해 상호 연결이 되어 있다. PLC는 링커를 통한 설비의 입출력 상태를 읽어 올 수 있고, 또한 프로그램 수행 결과는

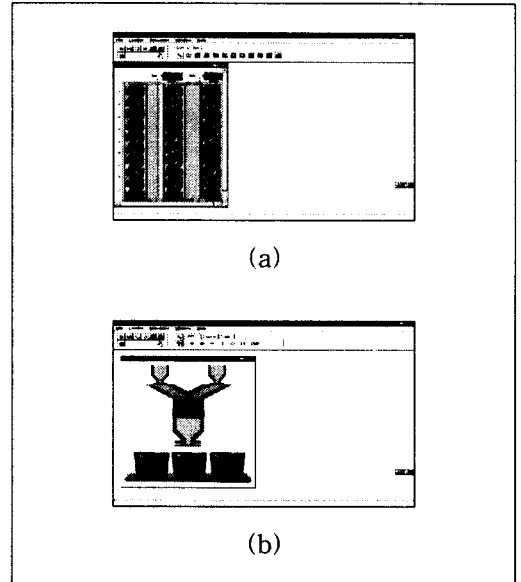


그림 4. PLC 에뮬레이터를 위한 가상 설비
Fig. 4. Virtual Machines for PLC Emulator

링커에 전달되게 된다. 전달된 PLC의 출력값은 가상 설비에 입력되며, 그에 상응한 기기는 동작을 개시 및 종료하게 된다. 가상적 자율 동작을 행하는 기기들은, 제어 물체의 이동에 대한 변화가 출력되어, 링커에 설비 출력값 및 PLC 입력값으로 사용되도록 하였다.

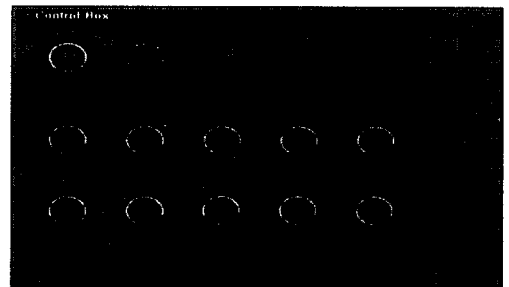


그림 5. 제어판 에디터
Fig. 5. The Editor for Control Panel

4. 모의실험 및 고찰

설계된 에뮬레이터와 가상설비의 동작을 검증하기 위하여, 가상설비를 이용한 PLC 프로그램을 작성 실

가상 PLC 에뮬레이터 개발

험을 행하였다. 먼저 에뮬레이터에서 문법적인 에러 체크 가능 여부와, 두번째로는 가상 설비용 입출력 기기가 PLC 프로그램에 의하여 유기적으로 제어 이루어지는가를 실험하였다.

1) 자동 승강기

그림 6에서 볼 수 있는 것과 같이 10층 건물에 2개의 승강기가 있고 각각의 층에는 입력 센서로서 리미트 스위치가 설치되어 있다. 이들 승강기의 이송을 위하여 모터를 이용하였으며, 모터는 정역을 위한 M/C를 갖고 있다. 표 2에는 입출력 기기들의 PLC 입출력 연결을 간단히 예로서 나타내었다.

가상설비를 제어하기 위하여 먼저 PLC 시스템을 설계하였으며, PLC 프로그램을 작성 하였다. 먼저 프로그램에 논리적인 에러를 가진 상태에서 동작을 하였을 경우에 대하여 실험을 하였다. 비상 한계점에 대한 프로그램을 첨가하지 않았을 경우에는 가상설비의 승강기가 최상위층을 지나 설비 영역을 벗어남을 알 수 있었고, 하드웨어적인 오류가 발생함을 알 수 있다. 또한 층별제어 프로그램이 되지 않은 경우는 층 데이터 입력시 원하는 결과를 얻을 수 없음을 알 수 있었다.

발생된 논리적인 오류를 수정한 프로그램의 경우는 원하는 제어를 얻을 수 있었으며, 안정적인 반응을 보임을 알 수 있었다.

2) 자동 원료 계량 장치

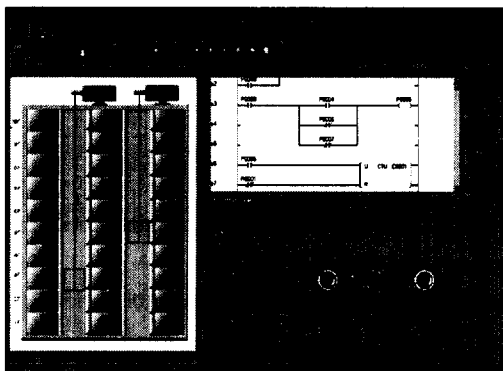


그림 6. 자동 승강기 모의실험
Fig. 6. The Simulation of Automatic Lifter

표 2. 자동 승강기 PLC 입출력 설계
Table 2. The Design of PLC Input/Output Point for Automatic Lifter

항목		PLC I/O	비고
입력	키 스위치	P0000	
	리미트 스위치	P0010~P002F	
출력	램프	P0030	
	모터(정역회전)	P0030~P0031	마그네트 기동

설계된 자동 원료 계량 장치 가상설비는 아날로그 입출력을 사용하고 있다. 그림 7에서 볼 수 있는 것처럼 계량하고자 하는 원료 호퍼가 2개 있으며, 각각의 특성을 지정하여야 한다. 또한 원료흐름을 위한 특성도 입력이 되어야 하며, 이들 객체의 특성에 따라 원료의 흐름은 제어가 된다.

계량을 위하여 로드셀을 계량용 호퍼에 설치하고, 무게에 따른 아날로그 출력값을 증폭기에서 발생시킨다. 각각의 개폐장치의 특성은 on-off제어 또는 비례제어등이 가능하며 호퍼들의 용량은 미리 설정이 되어 있다. 표 3과 같이 가상설비의 입출력 특성들을 설정하였다.

자동 원료 계량 가상 설비에서는 PLC 시스템의 환경설정시에 자동 승강기 설비에 아날로그 입출력 카드를 추가시켜 프로그램을 작성하였다. 아날로그 입출력 제어를 4단 비례적으로 수행하기 위하여 비

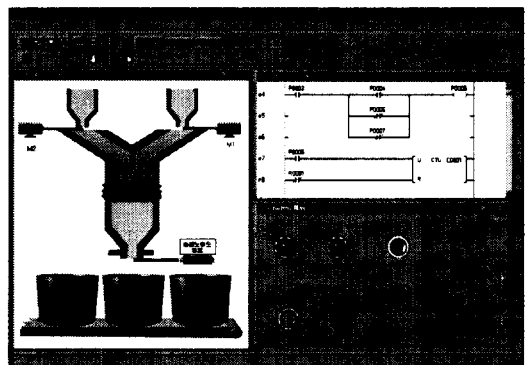


그림 7. 자동 원료 계량 장치 모의실험
Fig. 7. The Simulation of Automatic Material Weighing System

교 명령을 사용하였으며, FLAG BIT에 의한 결과기 출력으로 제어될 수 있도록 프로그램하였다.

프로그램은 자동송강기와 마찬가지로 먼저 논리적인 오류 발생시에 실험을 하였으며, 이를 개선 수정하면서 가상설비의 결과를 고찰하였다. 논리적인 오류 발생시에 계량 불능 또는 원료의 넘침을 야기 하였으나, 프로그램의 버그를 수정하였을 경우에 결과가 그림 7처럼 원활하게 이루어짐을 알 수 있었다.

표 3. 자동 원료 계량장치 PLC 입출력 설계
Table 3. The Design of PLC Input/Output Point for Automatic Material Weighing System

항목		PLC I/O	비고
입력	key 스위치	P0000	
	BCD input module	P0010~P013	
출력	lamp	P0040~P004F	
	계량모터(4단계어)	P0040~P0045	마그네트 기동

5. 결론

본 논문에서는 하드웨어적인 PLC 시스템과 실제 적용 설비가 필요 없이 PLC 프로그램작성시에 발생될 수 있는 문법적, 논리적인 오류를 검색하고, 수정 및 실행이 가능한 PLC 에뮬레이터를 개발하였다. 개발한 가상설비와 가상 PLC시스템은 하드웨어적인 연결이 아닌 소프트웨어적인 연결이 링커에 의해 내부적으로 이루어져 있으며, 원하는 설비제어를 위해 능동적인 카상기기들을 제작하였다.

제시한 에뮬레이터의 검증을 위해 자동 송강기와 자동원료 계량장치를 가상설비로 설계하여 모의 실험하였으며, 그 결과 PLC프로그램에서 발생되었던 오류는, 가상설비와의 실험적 검증을 통하여 극복할 수 있었다.

가상적인 설비의 제어와 가상적인 PLC구성을 통하여 기존에는 얻을 수 없었던 PLC프로그램 실행을 위한 최소 필요 기기들의 수를 줄일 수 있었으며, 실시간적인 결과 검색과 오류 수정을 이룰 수 있었다. 또한 프로그램의 질적 향상과 실험장치의 투자비용

을 줄일 수 있었다.

본 논문에서 제시한 가상 설비를 위한 PLC 에뮬레이터는 신속한 오류 검출과 저 비용의 투자의 장점을 고려할 때, 자동화의 중추적인 역할을 하는 PLC의 교육과 산업체 활용 범위 확대 및 생산성 향상에 많은 영향을 주리라 기대된다.

향후에는 보다 많은 가상설비의 제작과 또한 완전 자율성이 제공되는 가상 설비를 위한 가상설비 에디터를 개발하고자 한다.

참고 문헌

- (1) Y. Koren, "Computer control of Manufacturing system" McGraw-hill inc., 1988.
- (2) 안재봉, "PLC 응용 기술 핸드북", 도서출판 기술, 1994
- (3) 김원희, 안항목, "PLC 이론과 실제", 도서출판 기술, 1994
- (4) 안동훈, "델파이 2", 도서출판 에프윈, 1996
- (5) "프로그래밍 MASTER-K 시리즈", LG산전, 1996
- (6) "CSIKL MASTER-K 시리즈", LG산전, 1996
- (7) B. P. Zeigler, "Object-Oriented Simulation with Heiarchical, Modular Models", Academic Press, New York, 1990
- (8) Jim Holmes, "Object-Oriented Compiler Construction", Prentics Hall, 1995

◇ 저자 소개 ◇

정 헌 (鄭 憲)

1970년 10월 13일생. 1993년 조선대학교 제어계측공학과 공학사. 1996년 조선대학교 제어계측공학과 공학석사. 1998년 현재 조선대학교 제어계측공학과 박사과정
1992년 8월 ~ 1995년 10월. (주)금호타이어 설비부 PLC과 근무. 1996년 5월~1997년 3월 한국기계연구원 위촉연구원 근무

곽 재 영 (郭 宰 榮)

1963년 11월 12일생. 1989년 전남대학교 전기공학과 공학사. 1991년 전남대학교 전기공학과 공학석사. 1996년 전남대학교 전기공학과 공학박사. 1998년 현재 전남대학교 전기공학과 객원교수

김 원 배 (金 源 배)

1958년 7월 15일생. 1982년 조선대학교 전자공학과 공학사. 1989년 조선대학교 컴퓨터공학과 공학석사. 1995년 조선대학교 전기공학과 공학박사. 1993년~현재 송원대학 전기공학과 조교수