

실천공학역량강화를 위한 학부와 재직자 교육의 체계적인 연계 모델 개발 및 장비 설계·적용에 대한 연구

A Study on Development of Systematic Practical Education Model, Equipment Design and Application for Undergraduate linked with Employee Training on the Spot for Practical Engineering Empowerment

이 우 영*, 김 진 우**, 조 남 채***

Woo-Young Lee*, Jin-Woo Kim**, Nam-Chae Cho***

요 약

제조현장에서 활용되는 생산 장비들의 시스템 발전 및 변화 추세는 PLC, DCS, SCADA 등 기존 시스템의 특성화된 영역들과 함께하고 있고 일부에서 만 특성화된 영역이 고유의 영역으로 위치를 지키고 있다. 특히 시스템 간 통합, 감시제어시스템과 생산관리시스템, 경영정보시스템이 서로 연계 되어 가고 있으며 이러한 연계는 Open System을 요구하고 있는 현실이다. 이에 맞추어 최근 산업현장에서의 생산 자동화장비들은 단위기계의 자동화 단계를 벗어나 전체 공정의 흐름을 연계하여 생산하는 단계로 변해가고 있으며 급격히 융복합화된 기능과 성능을 요구하고 있지만 대부분의 학부 교육은 현장의 교육 요구 사항을 만족하지 못하고 있는 것이 현실이다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결할 수 있도록 관련 학부 교육과 재직자 교육을 연계하여 보다 현장감 있는 교육을 실시할 수 있도록 설계한 장비와 교육과정을 제안한다

Key Words : PLC, Factory Automation, Maintenance, EtherNET, CC-Link

ABSTRACT

The current tendency on development and change of equipment system in the factory are overlapped with the specific field of the existing systems such as PLC, DCS and SCADA, and the limited portion of the systems in the specific field stands in their own field. Specially, systematic integration, inspection control system and manufacturing management system, management information system are getting closely linked and therefore we increasingly need the open system. Meeting the needs, manufacturing automated equipments in the factory overcoming the shortcomings of unlinked unit equipment recently are getting changed to the phase closely linking with other systems. The training systems for the university, however, have not kept up with the needs from the industry, in spite that fused complex function and performance are asked in the field. To solve the problems, we suggest that the training courses and the equipment designed for the undergraduate education.

* 한국기술교육대학교 기계정보공학부 (wylee@kut.ac.kr)

** 한국기술교육대학교 첨단기술교육센터 (kjw66@kut.ac.kr)

*** 삼성전자 첨단기술연구소 (nccho@samsung.com)

제1저자 (First Author) : 이우영

교신저자 : 김진우

접수일자 : 2011년 11월 20일

수정일자 : 2011년 12월 01일

확정일자 : 2011년 12월 07일

I. 서론

PLC(Programmable Logic Controller)는 기존에 사용하던 제어반(Control panel) 내의 릴레이, 타이머, 카운터 등의 기능을 IC, 트랜지스터 등의 반도체 소자로 대체시켜 기본적인 시퀀스 제어 기능에 연산 기능을 추가하여 프로그램 제어가 가능하도록 한 범용 제어 장치이다. 현재 PLC의 발전 방향을 살펴 본다면

- 1) 고속화, 고기능화 대용량화
- 2) 저가격화 소형화
- 3) 위치제어 PID제어등의 피드백 제어기술
- 4) 네트워크 및 DB에 의한 시스템화
- 5) 고성능 명령어 추가
- 6) 네트워크 기술을 이용한 분산 시스템
- 7) 멀티 태스킹과 병렬 처리
- 8) 이중화 및 고장 허용
- 9) 표준 필드버스 시스템의 사용

의 기술을 기반으로 날로 발전하고 있는 IT기술의 발전과 병행하여 발전하고 있으며 반도체 디스플레이 자동차 제철 화학 식품 우주항공 등의 현장제어를 하기 위한 주요한 제어기로서 자리를 잡아가고 있다. 특히 여러 분야의 자동화 기반 제조현장에서 필요한 생산 제조 자동화 설비보전 관련 기술들에 대해서 간략하게 살펴본다면[1] 전기 전자 기자재와 공구 및 측정기를 사용하여 회전기기 정지기기 등의 제어장치를 조립 검사 유지보수 및 관리하는 일을 수행할 수 있는 전기전자 전장 제어 기술과 각종 자동화 제어장비 구동 액추에이터의 핵심부분으로 설계 및 운용 장비에 맞는 공압 실린더의 선정과 공압 실린더를 구동하기 위한 제어회로의 설계 및 제작방법, 공압 실린더의 작동 이상 유무 각 공정별 라인에 적합한 공기압 압력을 설정 각종 공기압 측정 센서를 활용할 수 있는 공압 제어기술 그리고 각종 자동화 제어장비 및 전자제품의 주요 핵심 부분으로서 물리적·화학적 현상 등을 고려하여 대상을 분석하고, 사용 환경을 고려하여 센서를 선택하고 측정모듈을 설계 제작 및 운용 할 수 있는 센서 제어 기술과 자동화 제어장비의 구동 액추에이터의 핵심부분으로 설계 및 운용 장비에 맞는 모터의 선정과 모터를 구동하기 위한 제어회로의 설계 및 제작방법 모터의 이상 유무 판별하여 호환모터의 선정 등을 할 수 있는 모터 제어 기술 로봇동작의 이해와 운용 방법 로봠포로그램 작성능력 주변장치와 인터페이스 로봇의

설치 및 시운전 유지보수 등의 업무를 수행 능력이 필요한 로봇 제어 기술 등이 있으며 날이 갈수록 관련 기술의 융복합화 현상이 현장에서 급속도로 확대되어가고 있지만 해당분야와 관련된 재학생들에게 필요로 하는 제조 현장의 실무능력을 교육하고 양성하기 위한 교육용 기자재와 교과과정 개발 등의 환경을 구축하기가 어려운 것이 또한 현실이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 교육 환경을 구축하기 위해서는 융복합 기술 습득을 중심으로 한 창의적 사고와 설계 도입 과정 구성 기술을 중심으로 하는 현장 문제 해결 능력전개 단계, 복합 시스템 구성 기술을 중심으로 하는 Trouble-shooting 능력 심화 및 응용 및 문제 조치 단계와 예방 보전 등으로 체계화시킬 필요가 있다[2]. 이에, 본 논문에서는 기존의 자동화 관련 학부에서 운영하고 있는 단위 요소별 PLC 기반 제어 교육과정과 디스플레이 분야 재직자 맞춤형 융복합 과정을 연계한 교육장비 설계 및 교육과정을 제안하고 4차에 걸친 교육 과정 운영 후 교육 설문 평가를 활용하여 그 결과를 평가한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 디스플레이 제조 현장의 공정분야별 필요 기술 분석에 대하여 정리하였다. 제 III장에서는 융복합 교육용 장비의 사양에 대하여 방향을 제시하였다. 제 IV장에서는 융복합 교육장비와 학부연계형 교육과정을 제시하였다. 마지막으로 제 V장에서는 교육과정의 효과와 논문의 결론을 맺는다.

II. 제조현장의 분야별 필요 기술 분석

디스플레이의 제조는 픽셀단위의 신호를 인가하는 스위칭 소자들을 형성하는 어레이공정과 색상을 구현하기 위한 컬러필터공정 기판과 컬러필터 기판 사이에 액정 셀을 형성하는 액정공정과 제작되어진 디스플레이 패널을 전자회로와 결합하여 제품화시키는 모듈공정과 완제품을 검사하는 검사공정으로 구분할 수 있다. 이러한 디스플레이를 생산하기 위한 각 공정별 장비를 구분한다면 디스플레이를 생산하기 위한 소재를 공급하거나 다른 공정으로 물류의 이송을 도와주는 컨베이어 시스템과 같은 다양한 이송장비의 형태를 제어하는 물류장비 제어기술 세정, 박막증착 노광 식각 등의 장비가 주축이며 정밀위치제어를 위한 서보모터제어기술과 화학적 공정을 검사하는 공정장비 제어 기술 배향막 형성공정장비 Rubbing 공정 Cell Cap 형성공정 Assembly공정 Cell 커팅공정 액정주입공정 편광필름 부착공정으로 구성되어

세밀한 위치제어 온도제어 진공제어 정전기제어 기술 등을 필요로 하는 액정장비 제어기술 디스플레이 패널을 이용하여 제품을 만드는 과정으로 SMT공정과 TAB공정 조립공정으로 나누어져 다양한 액추에이터 제어기술이 사용되어지는 모듈 공정제어 기술로 구분할 수 있다.

그림 1은 TFT-LCD 제조공정이다.



그림 1 TFT-LCD 제조공정
Fig.1. Manufacturing Process of TFT-LCD

이러한 기술적 요구사항을 바탕으로 해당 분야에 종사하고 있는 재직자들을 대상으로 직무분석을 한 결과를 종합해보면 각 공정에 필요한 기술은 다음과 같이 정리될 수 있다[3].

- 1) AC/DC모터 제어기술, 모터 위치 및 속도 검출용 센서 기술
- 2) 전기공압제어기술, 공압 응용제어기술
- 3) PLC제어 프로그램 작성 및 디버깅 기술,입출력 인터페이스 기술, 네트워크 기술 필드버스 제어 기술 외부 통신기기(RS 232C/RS 485통신)인터페이스 기술 터치패널을 이용한 MI 인터페이스 기술
- 4) 센서제어기술 위치 검출용 센서 근접센서 광학이버 광 센서 압력 센서 변위센서 적외선방사 온도센서 각종 아날로그센서
- 5) 로봇제어기술 로봇프로그램 작성 및 디버깅 기술 로봇입출력 인터페이스 기술로 정리된다.

III. 융복합 교육용 장비의 사양

제시된 각 공정에서 필요한 융복합 PLC기반 제어 기술을 교육 장비화 시키기 위한 조건은 재직자를 대상으로 한 직무 분석과 설문지를 통한 자료 분석을 통해 도출하였다. 아울러 설문지의 내용은 제조현장의 각 공정 전문가들의 조언을 수렴하였고 아래 내용과 같은 내용으로 정리되었다.[4][5][6]

- 1) 로봇트는 MelsecNet 및CC-Link(Control & Communication), 이더넷으로 연결

- 2) Servo Driver는 4축 이상 독립 제어 및 2축이상의 동기 제어와 인버터 속도 가변 제어 및 CC-Link를 통한 필드버스 모션 제어가 가능
- 3) 이더넷을 이용한 실시간 정보 공유가 가능
- 4) CC-link를 이용한 AD/DA 입출력 센서 제어 가능
- 5) Host 컴퓨터로 데이터 실시간 전송
- 6) 공정 이상 유무를 감시할 수 있는 데이터 감시
- 7) 제조 장비와 동일한 기계 및 제어 구조 구현
- 8) 제어반의 제어기들과 각종 액추에이터의 회로 설계 및 구축
- 9) 다축 모션제어가 이루어져야하며 MelsecNet 네트워크 기반제어 가능
- 10) Computer Link 모듈을 이용한 외부기기와 수순 및 무수순 제어가 가능
- 11) 트랜젠트,싸이클릭 데이터 전송 가능
- 12) 이더넷 기반의 데이터 수집 및 분류 매트릭스 배열을 이용한 대칭 및 비대칭 이송 제어

이러한 교육장비 사양을 만족시키기 위하여 다음 구성도와 같이 PLC기반 제어를 위한 제어기 모듈의 H/W를 아래 그림 2와 같이 구성하였다.

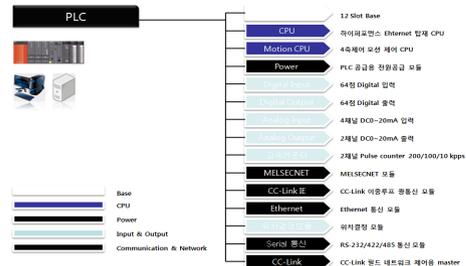


그림 2 PLC 블럭도
Fig..2.The concept block diagram of PLC

그림 3은 AD/DA 아날로그 신호 변환을 이용한 제어기와 외부 액추에이터 구성이다. 아날로그 변환을 이용한 센서제어와 서보드라이버와 인버터 위치 속도 제어를 위한 구성을 하였다.

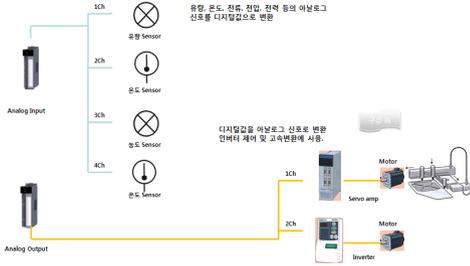


그림 3 아날로그 블록도
Fig.3. The concept block diagram of Analog

그림 4는 EtherNET과 MelsecNET 제어를 이용한 PLC간 네트워크 제어를 위한 제어기 구성도이다.

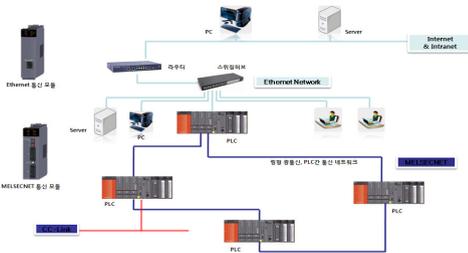


그림 4 EtherNET & MelsecNET 블록도
Fig.4. The concept block diagram of EtherNET & MelsecNET

그림 5는 CC-Link를 이용한 필드버스 제어용 제어기 구성도이다. CC-Link를 이용하여 I/O와 AD/DA 아날로그 변환과 RS 232C/RS 485통신을 하도록 하였다.

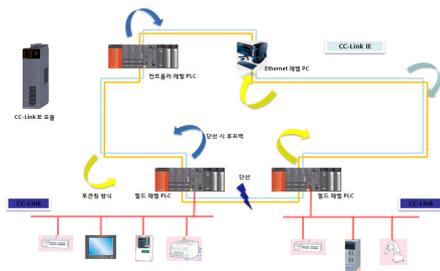


그림 5 CC-Link 필드버스 블록도
Fig.5. The concept block diagram of CC-LINK & FieldBus

그 외 4축이상의 독립제어와 동시 원호 보간 및 직선 보간 제어를 구현하기 위한 장비 구성은 Motion전용 CPU 모듈과 서보드라이버 제어용 모듈로 구성되어 독립제어와 보간제어를 할 수 있도록 하였다.

IV. 융복합 교육장비와 교육과정

실문지 내용과 직무 분석 자료를 분석하여 융복합형 PLC기반제어 영역 교육을 실시할 수 있도록 다음 사진과 같이 융복합 실습장비를 설계 구축하였다. 그림 6에 나타내었다.

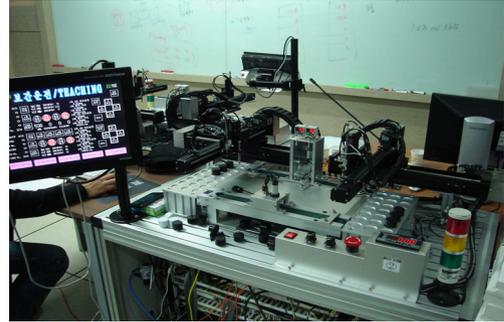


그림 6 융복합 실습장비 1
Fig.6 .Practice Equipment 1

4축 독립,보간 제어와 각종 네트워크 제어,HMI 제어,,EtherNET, CC-Lnk 등의 필드버스 제어 그리고 아날로그센서 등을 이용한 AD/DA제어 등과 Melsec NET을 이용한 데이터 전송, 기계기구 실습을 할 수 있도록 장비를 구축하였으며 사용자 접근이 용이한 제어반 구성으로 각종 외부 인터페이스의 연결 실습과 사전 예방 유지 보수와 사후 보전 등을 원활하게 실습할 수 있도록 하였다. 그림 7에 제어반 실물 사진을 나타내었다.



그림 7 실습장비 제어반
Fig.7. Control panel of practice Equipment

융복합 PLC기반 교육장비를 이용한 교육과정은 모두 4단계로 구성되어 있으며 각 과정은 모두 독립적으로 운영될 수 있도록 구성하여 필요시 분할 교육이 가능하도록 하였다. 융복합 PLC교육 과정의 교육내용은 다음 표 1과 같다[7].

표 1 PLC 제어 교육과정
Table. 1. Typical example curricula of PLC Control

구분	1일차	2일차	3일차	4일차	5일차
오전	Review 1 CASCADE 기타PLC 당일제어	Review 3 PLC 산출연산 당일	Review 5 GOT1000 응용 적용법	물류 자동화 시스템 구조 이해 및 활용 소개	시스템 I/O 분석
오후	Review 2 Sensor 특성과 회송 시제	Review 4 PLC 데이터 변환 및 간명 명, 특수 전용 명명어	Review 6 GOT1000 VS PLC Interface	시스템 제어 요소 분석 (간명명어 및 설계도)	시스템 구조 이해(기계가구 구조 분석)
구분	6일차	7일차	8일차	9일차	10일차
오전	인버터 특성 및 구조	CC-Link Remote Device 활용 법	A/D, D/A 활용 이해	서보드라이브, 인버터 특성 및 구조 이해	컴퓨터 링크를 이용한 특수 수준제어 이해
오후	인버터 특성출 이송 및 제어 실습(단속도 변경 제어)	CC-Link를 이 용한 인버터 속 도 및 I/O제어 실습	A/D/D/A를 이 용한 인버터 속 도 가변 제어 실습	A/D/D/A를 이 용한 서보드라 이브 속도 가변 제어 실습	수준, 무수준 제어 실습
구분	11일차	12일차	13일차	14일차	15일차
오전	MR J3서보 드라이브 통신 프로토콜 이해	MelecNET/10H 네트워크 이해	사이클릭 네트 워크 데이터 전송 실습	EtherNET 데이 터 전송 이해	원자결정 특질 제어 이해 및 제어 실습
오후	MR J3서보 드라이브와 PLC 간 통신 제 어 실습	계량간 네트워 크 제어 구조 이해	분전선 네트 워크 데이터 전 송 실습	EtherNET 데이 터 전송 실습	원자결정 동시 보간 제어 이해 및 제어 실습
구분	16일차	17일차	18일차	19일차	20일차
오전	원자결정2축 회송 및 이송 제어 실습	통합 시스템 Transfer제어 Project실습 1	통합시스템 Transfer제어 Project실습 3	통합 시스템 Transfer제어 Project 실습5	Project평가 1
오후	원자결정4축 회송 및 이송 제어 실습	통합 시스템 Transfer제어 Project 실습 2	통합 시스템 Transfer제어 Project실습 4	통합 시스템 Transfer제어 Project실습 6	Project평가 2

개발된 해당 교육장비와 학부 연계 교육과정으로 설비보전 제조기술 생산기술 자동화기술 생산혁신분야에 관심이 있는 재학생을 대상으로 학부 연계형의 체계화된 융복합 PLC기반 제어 교육과정을 방학 기간을 이용하여 모두 68명을 대상으로 4회 적용하였다. 아래 표는 4차수로 진행된 교육에 대한 과정 만족도 설문 결과이다. 과정만족도 총괄 점수는 5점 만점에 4.84점을 확인할 수 있다. 특히 「교육과정 구성 및 내용」 "교육 내용이 향후 학업방향과 취업 역량강화에 도움이 되겠습니까?" 라는 항목에서 평가 점수가 각 4.90점임을 살펴보면 새롭게 적용된 학부 연계형 융복합 PLC기반 제어과정의 개발과 적용이 학부생들에게는 제조 현장에 대한 간접적인 체험과 이론과 실무를 동시에 경험할 수 있는 과정이었음을 알 수 있다.

표 2. 교육만족도 설문 결과
Table. 2. Evaluation of response

구분	문항	평균 (5점)
과정만족도 총괄		4.84
교육과정 구성 및 내용	1. 전체적인 교육과정 커리큘럼은 적절하게 구성되었습니까?	4.90
	2. 교육 내용이 교육목표 달성에 적합하도록 구성되었습니까?	4.95
	3. 강의에 적절한 교육방법이 적용되었습니까?	4.70
	4. 교육내용이 향후 학업방향과 취업 역량 강화에 도움이 되겠습니까?	4.80
	5. 동료나 선배들에게 본 과정을 적극 추천하길 의향이 있습니까?	4.85
교육환경 만족도 총괄		4.65
교육환경	1. 교육환경 준비는 잘 되었습니까?	4.70
	2. 교육중 사용한 장비 및 시스템은 원활히 작동하였습니까?	4.60
강사만족도 총괄		4.78
강사평가	1. 전문지식 보유여부	4.80
	2. 교육준비상태	4.85
	3. 질문에 대한 피드백	4.75
	4. 핵심사항 강조여부	4.60
	5. 학업의 실무 적용도	4.90

V. 결론

향후 더욱 효과적인 현장과 학부의 연계 교육 과정 개발과 운영을 위해서는

- 1) 재직자 교육 후 현장 개조개선 사례의 효과 분석을 통한 학부연계 교육과정 추가 개발 및 교육 장비 다양화.
- 2) 문제해결 능력 향상을 위한 자기주도 학습 프로그램 개발.
- 3) PLC기반 제어와 C언어를 융합시킨 설비S/W전문가 양성 과정 개발.
- 4) 효과적인 융복합 시스템의 설계 및 제어 보전 부문의 기술력 향상을 위한 재학생 대상의 시스템 엔지니어 양성 프로그램 개발.
- 5) 현업 공정설비에서 발생될 수 있는 다양한 사례 조사 및 분석 결과의 학부연계 교육과정 반영 등이 필요하다.

감사의 글

본 논문은 교육연구진흥비의 일부 지원에 의하여 연구되었으며 관계자분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 직능원 국가직무능력개발사업 2004.
- [2] 김준수, “PLC기술의 문제해결 능력을 중심으로 한 통합적 기술교육을 위한 학습내용구성 방안에 관한 연구”, *대한공업교육 학회지*, 1996.12
- [3] 직능원 “직업교육훈련과정 개발을 위한 직무 분석”, 2003
- [4] 노동부. 직업능력개발훈련기관 및 훈련과정 평가사업, 2001.
- [5] 주인중, 박종성, 변승영, 홍연표, “직업교육 훈련과정 개발을 위한 직무 분석 지침서”, *한국직업능력개발원*, 2003
- [6] 국가 기술자격종목 정비 및 제도 개선을 위한 연구, *한국산업인력공단*, 2001
- [7] 정완보, 김진우, *멜섹 PLC로 배우는 PLC이론과 실습*, 복두출판사, 2009.

이 우 영 (Woo-Young Lee)



1984년 2월 : 한양대학교 기계공학
학과 졸업
1987년 2월 : 서울대학교 기계설
계학과 석사
1990년 8월 : 서울대학교 기계설
계학과 박사
1990년 9월 ~ 1992년 : 국방과학
연구소선임연구원
1992년 ~ 현재 : 한국기술교육대학교
기계정보공학부 교수
2006년 ~ 2010년 : 한국기술교육대학교
산학협력단장
2007년 11월 : 녹조근정훈장 수훈
2010년 ~ 현재 : 국가인적자원개발컨소시엄
허브사업단장

<관심분야> 공학과 HRD 융합, 정밀제조공정 및 장비 설계기술

김 진 우 (Jin-Woo Kim)



1991년 2월 : 광운대학교 전기
공학과 졸업.
1991년 1월 ~ 2003년 4월 :
삼성전자 생산기술연구
소 책임연구원.
2003년 5월 ~2006년 7월 : 로
크웰삼성 수석연구원
2003년 2월 : 한양대학교 전기공학과 석사.
2007년 3월 ~ 2008년 2월 : 한국기술교육대학교
메카트로닉스공학부 대우교수
2008년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 첨단기술
교육센터장.
2009년 2월 : 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학
부 박사과정 수료.
<관심분야> PLC, HMI, 반도체디스플레이장비
Motion, FieldBus, HRD

조 남 채 (Nam-Chae Cho)



1989년 2월 : 성균관대학교
기계공학과 학사.
1993년 8월 : 성균관대학교
기계설계학과 석사.
1997년 3월 ~ 2003년 2월
용인송담대학교 겸
임 교수.
1989년 2월 ~ 현재 : 삼성전자
첨단기술연수소 부장.
2010년 2월 : 한국기술교육대학교 인력개발학과
박사과정 수료.
<관심분야> 직무역량 향상, 교육인프라 구축, HRD