

패널 PC를 이용한 자동 용접 시스템의 개발에 관한 연구

論 文

53P-4-5

A Study on Development of Automatic Welding System Using Panel PC

盧仁培* · 朴志浩** · 申東律*** · 金炯完[†] · 朴瀚錫[§] · 禹靖仁^{§§}

(Inh-Bae Roh · Jee-Ho Park · Dong-Ryul Shin · Dong-Wan Kim · Han-Seok Park · Jung-In Woo)

Abstract - In this paper, an automatic welding system is developed. In the developed system, an automatic welding system is remotely controlled by a portable panel PC. Additional, the DB system such as the operating condition and control data of automatic welding carriage is developed by ATMega128. Therefore, the developed system can overcome the restriction of operating condition, and reduce the weight of welding system and the risk of safety. The effectiveness of the developed system has been verified by the simulation and experimental results respectively.

Key Words : Automatic welding system, Panel PC, ATMega128, Monitoring program

1. 서 론

최근의 용접 기술은 조선, 철도차량, 자동차, 항공기, 발전 설비, 산업기계, 건물, 교량 등 거의 전 산업분야의 제품 생산 단계에 사용되고 있다. 이러한 용접 기술의 적용은 현대산업 설비의 고성능화 및 고효율화로 인해 더욱 전문화 및 정밀화가 추진되고 있는 실정이다[1]. 따라서, 최근의 용접 기술은 용접 토치의 위치결정 및 용접선의 궤적 정밀도, 위빙이나 용접 이상 검출 등의 특수 기능에 고도의 기술이 요구된다. 이러한 요구는 자동화 및 제어 기술의 발달로 인하여 고도의 용접 작업을 숙련용접공 대신, 자동 용접기가 수행함으로써 생산성과 품질의 향상에 기여하였다. 하지만, 다양한 작업환경의 변화에 따른 자동 용접기의 정확한 구동이 어렵고, 조작자가 작업현장에서 직접 조작해야 하므로 안전 사고의 위험이 발생한다. 또한, 용접기 자체의 과중한 중량으로 인한 유동이 어려워 작업의 효율성이 저하된다는 단점이 있다[2-5]. 본 논문에서는 다양한 작업 환경의 변화에 대한 고효율 제어가 가능한 패널 PC를 이용한 자동 용접 시스템을 개발한다. 본 논문에서 개발된 시스템은 작업자가 간편하게 휴대할 수 있는 패널 PC를 통하여 자동 용접기를 원거리에서 직접 제어함으로써 작업환경의 제한성을 극복한다. 또한, 마이컴(ATMega128)을 이용하여 자동 용접 캐리지의 작업조건 및

제어 입·출력 값을 Data Base화한다[6-8]. 따라서, 본 논문에서 개발된 패널 PC를 이용한 자동 용접 시스템은 제어 패널의 분리로 인한 시스템의 부피와 무게를 감소시킬 수 있다. 또한, 원거리 조작 기능으로 인한 현장 안전 사고를 감소시킬 수 있다. 그리고, 마이컴을 이용하여 작업 상태를 실시간으로 피드백 함으로써 DB화가 가능하기 때문에 시스템의 고효율 제어와 고기능에 대한 정밀도를 확보할 수 있다.

2. 패널 PC형 자동 용접 시스템

2.1 수평/수직형 자동 용접기의 구조

그림 1은 일반적인 수평/수직형 자동 용접기를 나타내며, 그림에서 알 수 있듯이 메인 컨트롤러부 및 구동 드라이브가 용접기 바디에 같이 결합되어진 형태이다. 따라서, 일반적인 수평/수직형 자동 용접기의 경우 다음과 같은 문제점이 있다.

- 위빙, 주행 모터 드라이브 및 메인 컨트롤러부의 추가로 인한 용접기 자체의 중량 증가(작업의 유동성 감소)
- 용접기 바디와 메인 컨트롤러의 일체화로 인해 작업자가 직접 현장에서 조작(안전 사고 유발의 위험성)
- 작업자의 판단에 의한 수동조작이 불가피(작업의 안정성 및 효율성 감소)

2.2 패널 PC형 수평/수직 자동 용접기

그림 2는 본 논문에서 개발된 패널 PC형 자동 용접기의 전체 시스템 구성을 나타낸다. 개발된 시스템은 자동용접기 바디에 구동 드라이브만 장착되고, 패널 PC를 통해 제어 신호를 용접기로 전달한다.

따라서, 본 논문에서 개발된 시스템은 일반적인 수평/수직 자동 용접기에서의 문제점에 대하여 다음과 같은 개선점이

* 正 會 員 : 東亞大 電氣工學科 博士課程

** 正 會 員 : 東明大學 메카트로닉스과 傳任講師 · 工博

*** 正 會 員 : (주)보강하이텍 · 工博

[†] 교신저자, 正會員 : 東明大學 아트조명과 副教授 · 工博

[§] 正 會 員 : 釜慶大 電氣制御計測工學部 教授 · 工博

^{§§} 正 會 員 : 東亞大 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2004年 7月 21日

最終完了 : 2004年 11月 17日

있다.

- 제어 패널부의 분리로 인한 용접기 자체의 중량 감소(작업의 유동성 증가)
 - 휴대용 패널 PC를 이용하여 일정 거리에서 모니터링에 의한 메인 컨트롤러 조작(안전 사고 위험성 감소)
 - 작업 상태의 피드백 및 DB화로 인하여 정확한 작업과정의 평가 가능
- : 용접 전압·전류, 용접 각도, 표준 용접 속도, 와이어 송급 속도, 표준 작업각 등(작업의 안정성 및 효율성 증가)

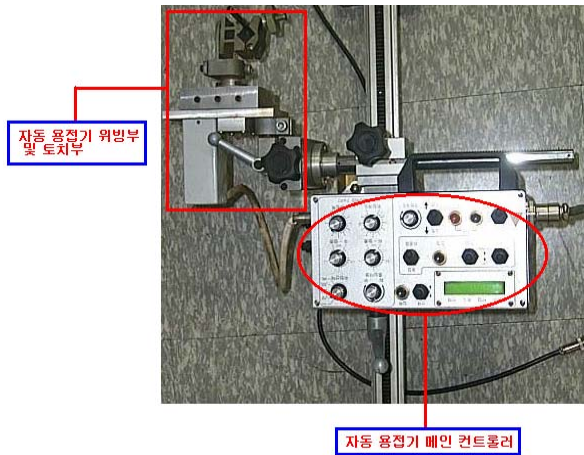


그림 1 일반적인 수평/수직형 자동 용접기 구조
Fig. 1 Conventional automatic welding system

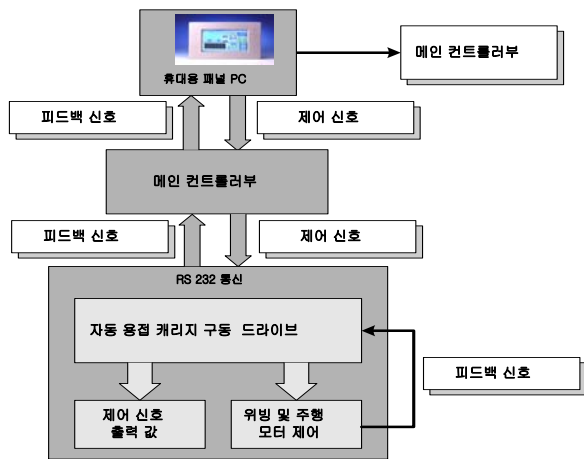


그림 2 패널 PC형 자동 용접기의 전체 시스템 구성
Fig. 2 Developed automatic welding system

다음의 표 1은 일반적인 자동 용접기와 본 논문에서 개발된 패널 PC형 자동 용접기의 특성을 비교한 것이며, 표 2는 개발된 패널 PC형 자동 용접기의 사양이다.

다음의 그림 3, 그림 4 및 그림 5는 본 논문에서 개발된 패널 PC를 이용한 자동 용접 시스템의 메인 컨트롤러 블럭도를 나타낸다.

표 1 일반적인 자동 용접기와 패널 PC형 자동 용접기 특성 비교

Table 1 Characteristics comparison between conventional and developed system

항목	수평/수직형 자동 용접기	패널 PC형 자동 용접기
제어 요소	전압(전류)	전압(전류)
운전 용 전원	일정 전압의 직류(24V) : 위빙 및 주행 모터 구동 전원 : 메인 컨트롤러 구동 전원	일정 전압의 직류(24V) : 위빙 및 주행 모터 구동 전원 (메인 컨트롤러 전원 불필요)
자체 무게	15 ~ 20 kg	5 ~ 7 kg
공급 가격	300 ~ 500만원	250 ~ 400만원
개발 수준	현 시장 주도상품 (메인 컨트롤러부 일체형)	차 세대 시장 주도 상품 (현재 개발 전무)

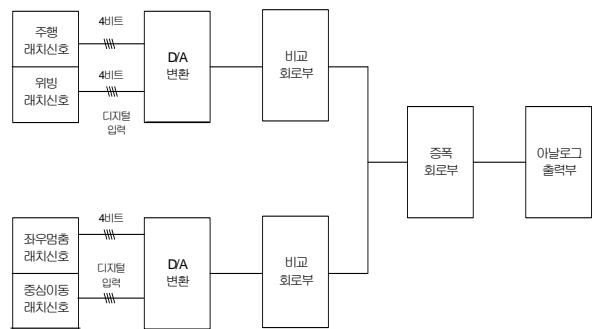


그림 3 메인 컨트롤러의 D/A부
Fig. 3 D/A converter of main controller

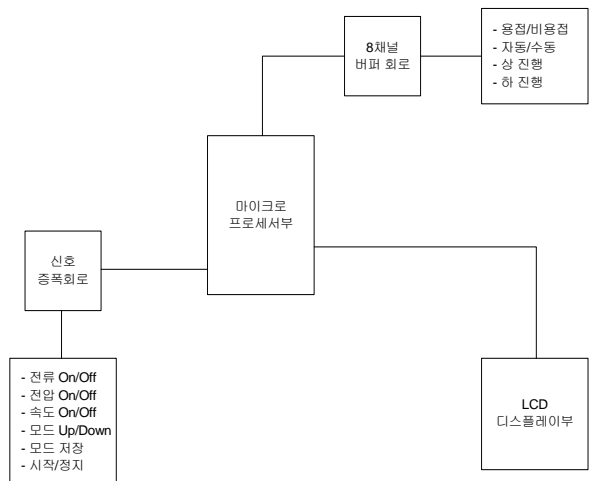


그림 4 메인 컨트롤러의 프로세서부
Fig. 4 Processor of main controller

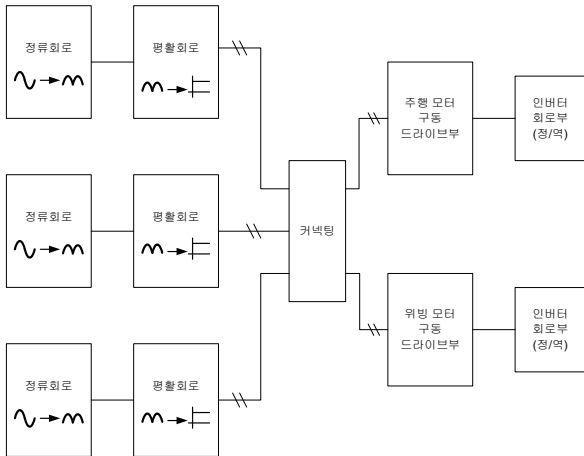


그림 5 메인 컨트롤러의 전원회로부
Fig. 5 Power circuit of main controller

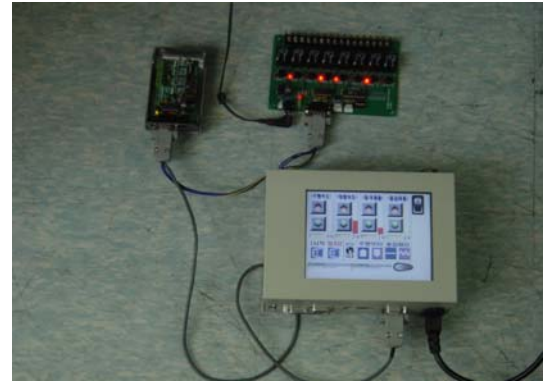


그림 6 패널 PC형 자동 용접 시스템의 메인 모니터링 시스템
Fig. 6 Main monitoring system of automatic welding system

본 논문에서는 자동 용접 시스템의 원격 제어용 패널 PC를 구동하기 위하여 터치 스크린 입출력 인터페이스 회로를 이용한 모니터링 시스템을 개발하였다. 이러한 실시간 모니터링 시스템은 D/A 입출력 신호 제어부와 파라미터 입력부로 구성하였다. 여기서 D/A 입출력 신호 제어부는 Visual Basic을 기반으로 주행속도 제어부, 위빙속도 제어부, 좌/우 멈춤 동작 제어부, 캐리지 중심이동 제어부로 구성된다. 또한, 파라미터 입력부는 시작 및 정지, 용접 및 비용접, 주행모터, 용접 패턴 등의 용접 조건 입력부로 구성된다. 그림 6은 자동 용접 시스템의 구동 컨트롤러에서 메인 제어부를 구성하는 모니터링 시스템과 D/A 제어회로 및 Relay 구동회로의 연동된 모습을 나타낸다. 터치 패널형 모니터에서 입력된 각각의 신호는 4채널의 D/A 제어회로 및 8채널의 Relay 구동회로의 입력이 되며, 각각의 입력 신호에 해당되는 아날로그 출력이 자동 용접 시스템의 구동회로에 전달된다.

그림 7은 모니터링 시스템 개발 툴로써 Visual Basic으로 구축하였다[4,5]. 그림 8은 자동 용접 시스템의 원격 제어용 패널 PC를 구동하기 위한 D/A 제어회로이다. 개발된 시스템에서 D/A 제어회로는 패널 PC 모니터링 시스템에서 인식된 제어 신호를 실제의 하드웨어로 전송시키기 위한 인터페이스 회로의 역할을 수행한다. 패널 PC 모니터링 시스템에서 [0 - 5V]의 6단계의 레벨로 출력되어지는 주행속도 제어신호, 위빙속도 제어신호, 좌/우 멈춤 동작 제어신호, 캐리지 중심이동 제어신호는 D/A 제어회로로 입력된다. D/A 제어회로에서는 이러한 각각의 제어 입력신호를 24bit로 D/A 변환하여 자동 용접 시스템에 4채널로 출력한다. 또한, 시작 및 정지, 용접 및 비용접, 주행모터, 용접 패턴 등의 용접 조건을 입력하는 파라미터 입력신호는 입력되어진 순서에 따라 8채널의 Relay 구동회로로 전송되어 자동 용접 시스템의 동작 신호를 발생시킨다.

표 2 패널 PC형 자동 용접기 사양
Table 2 Spec. of developed system

평가항목 (기술적 성능지표)	단위	세계 최고수준 (보유기업/국가)	최종 목표	시험기준 (평가규격)
1. 위빙조건	Pulse	가능	가능	가능
2. 위빙각도(폭)	°	1.5mm	1.5mm	1mm
3. 토치중심이동	°	20°	20° (전원 ON시 이동가능) (용접시 이동가능)	15° (전원 ON시 이동가능) (용접시 이동가능)
4. 위빙/주행 모터 정속제어	mm	±0.5	±0.5	±0.3 (제어성능평가)
5. 파라미터 데이터 검출	회/Sec	10회/Sec	10회/Sec	25회/Sec (노이즈 대비 신뢰도)
6. 모듈 회로 사이즈 (W×D×L)	mm	-	100×80×15(mm)	85×60×15(mm)
7. 파라미터 입력방식	Type	±0.5%	디지털 방식 (오차율:±0.5%)	디지털 방식 (오차율:±0.3%이상)
8. 확장기능 (외부 조작 기능)	Ext	유	유 (제어보드설계 필요없음)	유 (제어보드설계 필요없음)
9. 출력 PWM 신호	Pulse	50KHz	50KHz	50KHz



그림 7 모니터링 시스템의 메인 제어 화면
Fig. 7 Main control window of monitoring system



그림 8 메인 컨트롤러의 D/A 제어회로
Fig. 8 D/A conversion circuit of main controller



그림 9 메인 컨트롤러의 Relay 구동회로
Fig. 9 Relay driver of main controller

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

그림 12는 개발된 시스템의 주행모터의 속도제어를 위한 시뮬레이션 파형으로 그림 12(a)는 속도파형을 나타내며, 그림 12(b)는 주행모터 제어의 PWM 신호파형을 나타낸다. 그림 12(a)에서 보는 것처럼 주행모터의 속도파형은 0.25[sec]의 빠른 응답시간을 가짐을 알 수 있다.

그림 13은 개발된 시스템의 주행모터의 속도제어를 위한

실험 파형으로 그림 13(a)는 속도파형을 나타내며, 그림 13(b)는 주행모터 제어의 PWM 신호파형을 나타낸다. 그림 13(a)에서 보는 것처럼 개발된 시스템의 주행모터의 속도파형은 시뮬레이션과 유사하게 약 0.25[sec]정도의 빠른 응답시간을 가짐을 알 수 있다.



그림 10 D/A 제어회로의 구동 프로그램
Fig. 10 Driving program of D/A conversion circuit

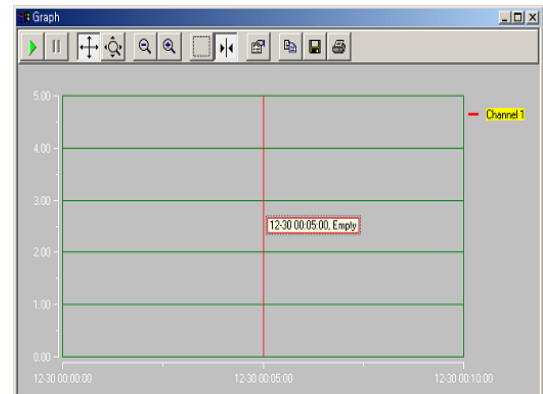
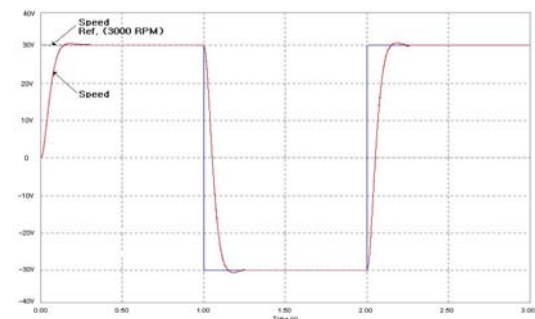
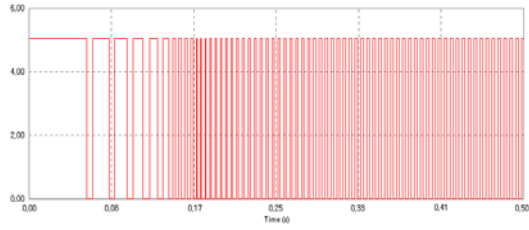


그림 11 D/A 제어회로의 파형 출력창
Fig. 11 Waveform output window of D/A conversion circuit



(a) 속도 파형
(a) speed waveform

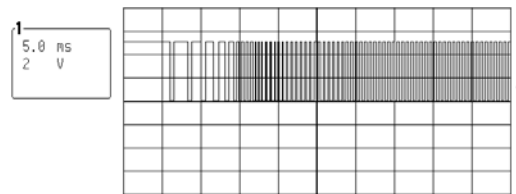


(b) PWM 신호
(b) PWM signal

그림 12 속도제어의 시뮬레이션 파형
Fig. 12 Simulation waveform of speed control



(a) 속도 파형
(a) speed waveform



(b) PWM 신호
(b) PWM signal

그림 13 속도제어의 실험 파형
Fig. 13 Experimental waveform of speed control

그림 14는 개발된 패널 PC형 자동 용접 시스템의 각 용접 조건별 비드 형성 결과를 나타낸다.



(a) 용접 전압 200V, 전류 200mA
(a) Welding voltage : 200V, Welding current : 200mA



(b) 용접 전압 400V, 전류 200mA
(b) Welding voltage : 400V, Welding current : 200mA



(c) 용접 전압 600V, 전류 200mA
(c) Welding voltage : 600V, Welding current : 200mA



(d) 용접 전압 200V, 전류 400mA
(d) Welding voltage : 200V, Welding current : 400mA



(e) 용접 전압 400V, 전류 400mA
(e) Welding voltage : 400V, Welding current : 400mA



(f) 용접 전압 600V, 전류 400mA
 (f) Welding voltage : 600V, Welding current : 400mA

그림 14 각 용접 파라미터에서의 용접 비드 형성
Fig. 14 Welding bead with respect to parameter variation

4. 결 론

본 논문에서 개발된 패널 PC를 이용한 자동 용접 시스템은 작업자가 간편하게 휴대할 수 있는 패널 PC를 이용하여 자동 용접기를 원거리에서 직접 제어함으로써 작업환경의 제한성을 극복할 수 있었다. 또한, 마이컴(ATMega128)에 의한 자동 용접 캐리지의 작업조건 및 제어 입·출력 값의 Data Base화를 통하여 다양한 작업 환경의 변화에 대한 고효율 제어가 가능하였다. 본 논문에서 개발된 시스템의 특징은 다음과 같다. 첫째, 제어 패널의 휴대화와 모니터링 기술로 인하여 조작 기술의 간편화 및 안전사고를 예방할 수 있다. 둘째, 소형·경량화로 시스템의 경년변화에 대하여 $\pm 2 \sim 3\%$ 정도의 신뢰성을 향상시킬 수 있었다. 셋째, 시스템의 고성능화로 인하여 120%의 효율 향상 및 마이컴에 의한 워밍과 주행 모터의 초고속·초정밀 운전이 가능하였다. 넷째, 작업조건 피드백 과정을 통하여 정확한 작업 지시가 가능하였다. 다섯째, 제어 요소 및 작업환경의 DB화로 인하여 작업 오차가 5% 정도 감소함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] 김진덕, “로봇용접공학”, 원창출판사, 2002
 [2] 문현준 외 2인, “다층 자동용접을 위한 아크센서 시스템의 개발에 관한 연구”, 대한용접학회, 1994
 [3] 한일욱 외 2인, “고속 Fillet 자동용접용 Flux Cored Wire 개발을 위한 기초 연구”, 대한용접학회, 1997
 [4] S.K. Choi, C.D. Yoo and Y.-S. Kim, “Dynamic simulation of metal transfer in GMAW, Part 1: Globular and spray transfer modes”, Welding Journal - Including Welding Research Supplement, Vol. 77, No. 1, P. 38 - 44, 1998
 [5] 김희진, 강봉용, 이강희, 유중돈, “CO2 용접의 단락이행 조건에서 스페터 발생과 파형인자와의 관계”, 대한용접학회지, Vol. 16, No. 3, P. 95 - 101, 1998
 [6] 조상명의 2명 : “아크 스타트 전압 측정이 가능한 TIG

용접 모니터링 시스템의 개발”, 대한용접학회, 2003
 [7] 이재호, “데이터베이스 시스템 총론”, 정일, 2002
 [8] 이병배, “비주얼베이직 필수 개발 팁 상용 프로그램을 만들기 위한 필수”, 사이버출판사, 2001

저 자 소 개



노 인 배 (盧仁培)

1951년 6월 12일생. 1996년 부경대 전기공학과 졸업. 1998년 동아대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동대학원 전기공학과 박사과정 수료. 현재 롯데건설 기전담당이사.

Tel : 02-594-3056
 Fax : 02-3480-9326



박 지 호 (朴志浩)

1971년 4월 23일생. 1997년 동아대 전기공학과 졸업. 1999년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 8월 동대학원 전기공학과 졸업(공박). 2000년~현재 동명대학 메카트로닉스와 전임강사.

Tel : 051-620-3629
 E-mail : jhpark@yongma.tmc.ac.kr



신 동 른 (申東律)

1970년 12월 25일생. 1995년 2월 동아대 전기공학과 졸업. 1997년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 (주)보강하이텍 대표이사



김 동 완 (金炯完)

1960년 2월 1일생. 1984년 동아대 전기공학과 졸업. 1987년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 동대학원 전기공학과 졸업(공박). 1997년~현재 동명대학 아트조명과 부교수. 현재 건축전기설비기술사. 당학회 전문대학 교육위원회 편집위원

Tel : 051-620-3416
 E-mail : dongwan@yongma.tmc.ac.kr



박 한 석 (朴 瀚 錫)

1955년 3월 23일생. 1981년 중앙대 전기공학과 졸업. 1983년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 한국해양대 대학원 졸업(공학박). 1986년~현재 부경대학교 전기제어계측공학부 교수.

Tel: 051)620-1436

E-mail : phanseok@pknu.ac.kr



우 정 인 (禹 靖 仁)

1941년 2월 12일생. 1963년 한양대 전기공학과 졸업. 1978년 영남대 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1984년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1970년~1979년 부산공업대 전기공학과 조교수. 1979년~현재 동아대 전기공학과 교수.

Tel : 051-200-7734

E-mail : jiwoo@mail.donga.ac.kr