

스터드 및 아크 용접 겸용 로봇 시스템의 개발

ON THE DEVELOPMENT OF STUD AND ARC WELDING DUAL-PURPOSE ROBOT SYSTEM

이 용중(울산대학교 전기공학과), 유 범상(전북대학교 정밀기계공학과, 삼성중공업 기술고문)
Lee, Yong-Joong Ryuh, Beom-Sahng

ABSTRACT

A robot application system is developed for dual purpose of stud welding and arc welding to weld plates in the manufacturing of elevator cabin. The production quantity is not so big to accommodate separate stations for stud welding and arc welding respectively while the need for robotization of the processes is urgent. A robot with specification for spot-welding is chosen, which is appropriate for stud welding. Some implementations are made so that the robot may also be shared for arc welding process. Common jig and fixture is designed for the dual purpose. Important aspects in the procedure of system design, installation, and commissioning are stated, and signal set-ups and logic diagrams are illustrated.

KEY WORDS: Robot Application System(로봇 자동화 시스템), Stud Welding(스터드 용접), Arc Welding(아크용접), Robot(로봇), Material Handling, Machine Tending, Spot Welding(스포트 용접)

1. 서 론

주지하는 바와 같이 국내 산업계에서는 로봇트를 이용한 생산자동화가 급속히 추진되어 오고 있다. 이 중 전자 산업계에서는 스카라(SCARA)형이나 소형 직교다관절 로봇트를 이용한 조립자동화, 대형 수평다관절 로봇트를 이용한 상자등의 대형 중량물의 이송(Material Handling)등에 치중하고 있다. 반면에 자동차 산업이나 기계산업에서는 수직다관절 로봇트를 이용한 용접, 머신텐딩등을 위주로 진행되고 있다. 필자의 현장경험에 의하면 수직다관절 로봇트의 자동화 분야에서는 스포트 용접이 대부분인 자동차 최종 조립 공정을 제외하면, 약 45%가 아크 용접 분야에 치중되고 있음을 알 수 있으며 그 뒤를 절삭가공기의 머신텐딩 분야가 따르고 그 외에도 플라스틱의 드릴링이나 절삭, 차 내장재의 수류절단, 강재나 알루미늄, 플라스틱의 디버링, 연삭등의 예를 찾아볼 수 있다. 이러한 로봇자동화 분야에서는 시스템 설계 기술자가 로봇트의 기술 뿐만이 아니라 해당분야의 생산기술에도 깊은 이해가 있어야 한다는 특징을 가지고 있다. 로봇트의 자동화 시스템에서 대부분의 로봇트는 한 가지의 응용 분야에서만 기능하도록 되어 있으며 해당 응용 분야의 특성에 맞는 로봇트가 투입되어야 한다 [1]. 그러나 일부 분야에서는 시스템의 가동율과 설비투자의 효율을 최대화 하기 위하여 한 대의 로봇트에 두 가지 이상의 기능을 요구하는 경우가 있는데 그 유형은 크게 두 가지가 있다. 첫째는 동일한 응용제품의 두 가지 이상의 작업을 하는 경우로 자동 공구교환장치(Automatic Tool Change System)[3]로 둘 이상의 그림퍼를 교환하는 머신 텐딩 시스템,

복수의 스포트 용접건을 자동 교체하며 작업하는 스포트 용접시스템등이 있다[7]. 둘째는 두가지 이상의 독립적인 응용분야의 기능을 수행하는 경우로서 그 예로는 아크 용접과 Material Handling, 서로 다른 아크 용접인 티그 용접과 미그/매그(MIG/MAG) 용접, 아크 용접과 절단의 겸용 시스템등이 있다.

서로 다른 둘 이상의 기능을 수행할 때에는 로봇트가 그 기능을 모두 소화할 수 있는지의 여부를 판단하는 것이 중요하다. 각 응용 분야는 그에 적절한 로봇트의 특성을 요구한다[2, 3]. 아크 용접에서는 내열성, 적절한 동작정도(Resolution 및 반복정도)의 확보, WAC(Water, Air, Current)의 원활한 공급기능등이 필요하고 덧붙여 티그 용접에서는 고주파 노이즈에 대한 차폐능력이 가장 큰 관건이 되고 있다. 디버링이나 연삭에서는 동작정도(精度)와 함께 로봇트 팔목 부분의 기계적 내구성과 분진의 침투에 대한 대책을 갖추지 못하면 실패할 확률이 높게 된다.

본 논문은 스투드 용접과 아크 용접의 겸용 로봇트 시스템의 개발에 관한 연구이다. 대상 제품은 엘리베이터의 내판용 플레이트(이하 플레이트라고 함)로서 대형 판재 위에 스투드 용접을 한 후 다시 아크 용접이 필요하다. 이러한 두 가지 용접을 하기 위하여 우선 효율적인 시스템 구성 방법을 고려하여야 한다. 첫째, 스투드 용접과 아크 용접의 전용 로봇트와 치구 시스템을 각각 독립적으로 구성하는 방법이 있다. 가장 확실한 방법이나 설치공간의 제약과 생산량에 따른 가동율과 투자효율성을 검토하여 타당성이 있어야 한다. 둘째, 두 가지 용접을 위한 공용 치구 시스템에 두 대의 전용 로봇트가 고유 기능을 수행하는 경우이다. 이

러한 경우에는 협소한 공간 위에서 각 로봇의 작업자세가 제한된다. 또 충돌 방지와 안전을 위한 상호 인터록(Interlock) 처리와 일차 유틸리티류의 배관 및 신호처리등도 문제를 어렵게 만든다. 셋째, 두 가지 기능을 완전히 겸용할 수 있는 단일 로봇과 치구 시스템을 구성하는 경우이다. 이러한 구성 방식은 공간상의 제약을 해결하며 생산 사이클타임이 문제가 되지 않는다면 투자 효율을 극대화할 수 있다. 이 때 로봇은 아크 용접의 토치와 스테드 용접용 건을 일체형으로 하든지 자동공구 교환장치를 이용하여 교체할 수가 있다.

아크 용접과 스테드 용접을 위한 로봇은 원칙적으로 그 요구 사양이 크게 다르다. 두 가지의 겸용 시스템을 구성하여야 하는 경우에는 일차적으로 기계적 사양을 스테드 용접에 맞추어야 하며 이에 따라 아크 용접의 기능은 제한될 수 밖에 없다. 대상 제품에서의 아크 용접의 요구 조건은 직선 용접으로서 비교적 단순한 편이었기에 성공 가능성이 높았다. 이러한 유사 시스템을 세계 유수 로봇 제조사의 실적을 중심으로 조사하여 본 비에 의하면, 일본이나 미국, 유럽 지역에서 전술한 아크/아크 용접이나 스포트/스포트 용접 겸용 시스템의 적용 사례는 찾을 수 있으나 그 외에는 이탈리아에서만 유일하게 1994년에 스포트 용접과 아크 용접의 겸용 로봇 시스템의 개발이 보고 되고 있을 뿐이며 [4] 스테드 용접과 아크 용접의 겸용 시스템의 개발은 아직 보고된 바가 없다.

2. 대상 제품과 공정

본 시스템에 적용될 엘리베이터 플레이트의 생산 공정은 절단, 접 용접과 아크 용접, 그라인딩, 조립의 공정으로 나누어져 있다. 이중 자동화의 대상 공정이 된 스테드 용접은 전용기와 수작업, 아크 용접은 전량 수작업에 의존하고 있었다. 플레이트는 대부분 생산량이 많고 제품사이즈가 커서 작업자가 취급하기 곤란하였고 종류는 치수별로 전체 72종으로 분류된다. 기존의 용접작업은 전량 수작업에 의존하고 Fig 1. 과 같이 스테드용접(*표시 부분)으로 플레이트 양면을 불린후 아크용접(///부분)으로 보강재를 부착한다. 이때 용접장은 각기 15 mm - 25 mm 이고 각장은 4mm 인 단속 용접이다.

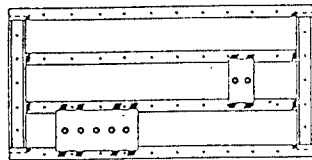


Fig. 1 플레이트 외형도와 스테드용접 및 아크용접점

3. 시스템 설계에서의 문제와 이의 해결

3. 1 스테드 용접

스테드 용접은 건 자체의 통전으로 용접하는 스포트 용접과 달리 지그와 건의 통전으로 용접이 되므로 전원 처리가 다소 까다롭고 적절한 압력 조절이 되지 않으면 건 가압 충격으로 인하여 플레이트 배면에 너겟(nugget)이 발생되어 상품으로 쓸 수 없게 된다. 설계시 검토된 문제점으로 먼저 건에서 작업물과 지그베이스 플레이트의 동판을 경유하는 간접용접방식에 따른 무효전력의 발생으로 전력사용율이 저해되고 또 전원계통은 용접시 고전류(18,000 A)의 통전으로 발생하는 임피던스 효과로 수명이 단축될 수 있다. 따라서 전역사용율의 저해와 임피던스 효과를 방지하기 위하여 인버터방식이고 2차축이 직류인 트랜스를 선택한다. 또한 전원공급용 케이블은 허용폭등을 고려하여 단면적 200mm² 이상으로, 길이는 5m 이내로 제한한다[5]. 전원공급용 케이블은 로봇 조작에 따라 뒤틀리거나 꼬일수 있고 또한 토치 또는 플레이트와 간섭이 발생할 수 있으므로 카운터발란스를 설치한다. 또 건의 선정에 있어서는 Table 1과 같이 시리즈 건은 지그 설계와 제작에 따른 부대 경비를 절감할 수 있고 전원 공급용 케이블의 처리가 간편한 반면에 싱글 건은 지그 설계와 제작에 따른 부대 경비는 상승되지만 용접성은 뛰어나다. 상세하게 비교한 결과 용접성의 확보가 시스템 전체의 성능에 최우선이므로 싱글건을 사용하기로 하였다.

비교	싱글타입	시리즈타입
블록다이아그램		
단점	- 지그의 설계, 제작에 따른 부대경비의 상승	- 용접성불량에 따른 제품불량 - 브라켓의 휨방지를 위해 스프링이 부착된 10kgf의 보조건을 부착
장점	- 용접성불량에 따른 제품불량	- 지그의 설계, 제작에 따른 부대경비의 상승
전원극성	건 (+), 지그 (-)	메인건 (+), 보조건 (-)

Table 1 싱글 건과 시리즈 건 적용 비교

3. 2 아크 용접

아크용접으로 보강재를 부착하는 과정은 용접장이 짧은 단속용접으로 곡면이 없는 거의 일직선이며 플레이트의 셋팅 오차율은 약 0.1mm 이고 용접장은 약 15mm - 25mm 정도이다. 그러므로 홀 효과(hall effect)로 과전류를 검출하는 과전류센서[6]와 충돌시의 충격을 검출하는 쇼크센서[6]만 적용하고 아크센서를 이용한 용접선 추적장치[8]는 적용하지 않았다. 또한 최대 $\pm 12V$ 인 용접전압과 전류를 생성시키기 위하여 2 개의 아나로그 포트가 탑재된 D/A (digital to analog) 변환 PCB 와 PLC 를 접속시킨 다음 시핀스 프로그램에서 설정하는 조건에 따라 스텝별로 전압과 전류가 선형적인 값으로 출력되도록 하였다.

3. 3 로봇트

스터드 용접과 아크 용접을 겸용하는 로봇트의 경우에는 가반 중량등 기계적인 요구조건이 스텐드 용접이 높으므로 일차적으로 스텐드 용접에 기준을 두어야 하며, 이에 의하여 아크 용접 로봇트로서의 기능은 제한될 수 밖에 없다. 스텐드 용접 로봇트와 아크 용접 로봇트가 각각 갖추어야 할 조건은 Table 2 와 같다[1, 2, 3].

기본조건	스터드용접용 로봇트	아크용접용 로봇트
가반중량	- 용접건과 브레이크의 취부가 용이토록 가능한 커야함 - 50kgf 이상	- 5 - 10kgf
내외부 충격	- 내부충격 : 건가압에 따른 반력흡수가 용이해야 하고 - 외부충격 : 서보에러등으로 일시정지	- 내, 외부충격 : 쇼크센서(shock sensor)를 부착하여 토치의 변형방지
반복정밀도	- $\pm 0.5mm$ 이내	- $\pm 0.2mm$ 이내
용접 케이블 및 전원극성	- 용접기와 용접건사이(+극성)는 고임피던스효과를 줄이기 위해 길이 5m이내, 직경은 22mm ² 이상 - 용접기와 지그(-극성) 사이는 5.5mm ² 이상	- 용접기와 토치사이(+극성)에 길이는 거의 제한이 없으나 수동의 경우 100m이내, 직경은 52mm ² 이상 - 용접기와 지그(-극성) 사이는 52mm ² 이상
전력제어	소신호로 대전력을 제어하는 방식	소신호로 대전력을 제어하는 방식
용접에 필요한 신호 제어	Fig.5 참조	Fig.5 참조
접지방법	제 3 종 접지	특별 제 3 종 접지

Table 2 스텐드 용접 로봇트와 아크 용접 로봇트가 갖추어야 할 기본적인 조건

Table 2 와 같이 아크 용접 로봇트는 가반 중량 10Kg 이내의 소형 로봇트로서 높은 반복 정밀도와 아크 용접 특유의 필요 기능들과 수반된 소프트웨어를 내장하고 있으나, 스텐드 용접 로봇트

로 이를 겸용할 경우에는 이러한 기능들을 활용할 수가 없으며 반복 정도는 떨어진다. 플레이트의 용접에서는 필요한 아크 용접이 직선 용접이며 단속 용접으로 비교적 단순한 용접이어서 문제가 수월하였다. 스텐드 용접이 로봇트에 주는 기계적 영향은 용접건 자체 중량을 소화하기 위한 가반 중량과 함께 스텐드 용접건의 가압에 따라 발생하는 반력이다. 이 경우 스텐드 용접건의 가압에 따라 발생하는 반력은 450kgf이며 적용한 로봇트의 반력 흡수력은 550kgf이므로[2] 반력흡수는 충분하다. Fig. 2 와 같이 일체형으로 로봇트 6축에 취부된 스텐드용접건과 토치의 전체 중량은 23kgf인 반면에 로봇트의 가반중량은 65kgf이므로 과부하에 따른 예러 발생은 없다. 또 건 가압으로 발생하는 반력을 흡수하는 방식은 일반적으로 브레이크록(brake lock)과 서보록(servo lock)이 있으나 본 시스템에 적용한 일본不二越(주)의 제품인 8607 - 03 로봇트 매니플레이터는 브레이크록 방식이다[2]. 이 방식은 Fig. 3 의 플로우와 같이 스텐드건의 가압에 따른 충격으로 브레이크가 미끄러져 초기의 위치와 플레이트 백 때의 위치가 다를 수 있으므로 이를 사전에 보정하기 위한 목적으로 사용된다. 먼저 건 가압 전에 매니플레이터 각축의 엔코더 데이터를 읽어 위치를 기억한다. 건 가압 후 동일한 방법으로 각 축 데이터를 읽어들이어 기억된 데이터와 비교하여 미끄러짐이 있을 때는 낙하된 양만큼 위치보정을 한다. 8607 - 03 로봇트 매니플레이터는 2 축이 건가압에 따른 충격이 가장 심하므로 2 축을 중심으로 이와 같은 위치 보정 알고리즘을 적용한다. 또한 아크 용접을 수행하기 위한 기본적인 조건을 설정하기 위하여 로봇트의 디지털 입/출력 보드와 PLC를 접속시켜 아크 온/오프, 아크 발생 이상, 용착 검출, 용접 개스와 와이어 끊음과 같은 디지털신호는 시핀스 프로그램으로 처리한다. 로봇트와 용접기 사이에 필수적인 신호체계인 아크 인터록은 아크 온(arc on)이 시작할 때나 용접중에 체크한다. 본 시스템은 용접장이 짧으므로 아크 온이 시작할 때만 로봇트에서 디지털 펄스신호를 출력하고 PLC 에서 이를 더미 데이터(dummy data)로 설정 후 적절한 타임 딜레이를 설정하여 체크하도록 하고 그 결과를 로봇트에 피드백시킨다.

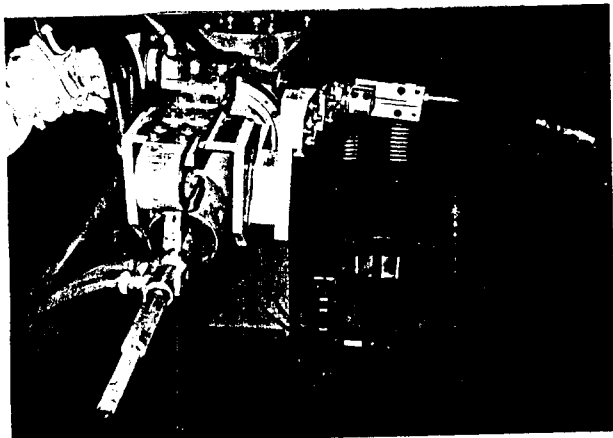


Fig. 2 일체형으로 로봇트 6번째축에 취부된 스텐드용접건과 토치형상

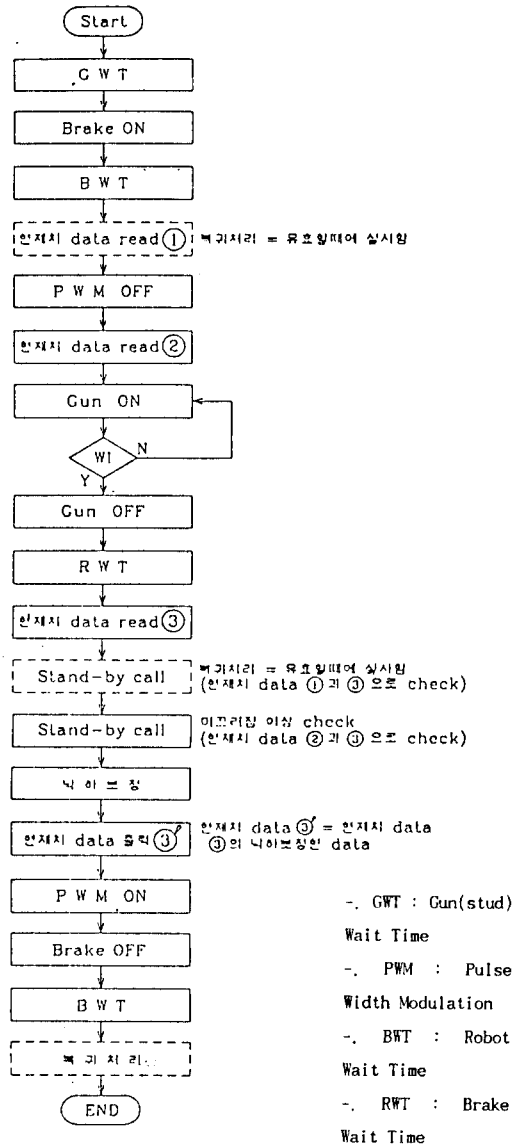
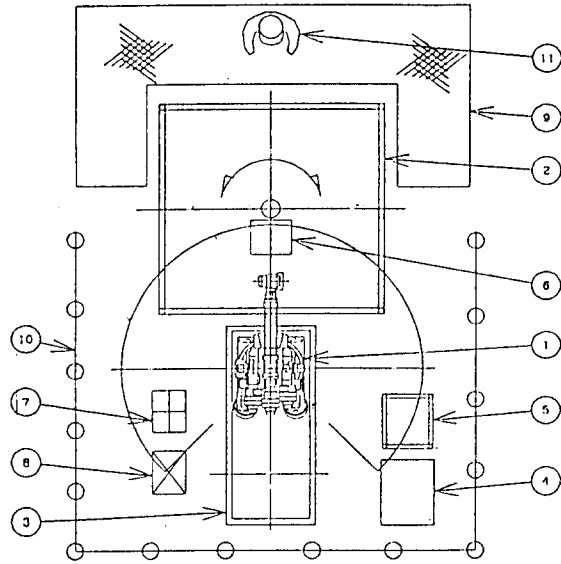


Fig. 3 스타드용접에 따른 로봇트 매니플레이터의 미끄러짐과 낙하를 보장하는 플로우

4. 시스템의 설치와 운용

스타드 용접용 건과 아크 용접용 토치를 일체형으로 하여 개발한 시스템은 스타드용접과 아크용접을 겸용으로 수행하는 로봇트 1대, 스타드용접기와 아크용접기 각 1대, 용접작업물 고정용 지그, 로봇트 운반용 캐리지, 시스템 제어반등으로 구성되어 있다. 상세한 시스템 배치도와 장비명은 Fig. 4 와 같고 전체 시스템의 신호계통도는 Fig. 5 와 같다. 시스템의 운용에 있어서 제기된



No	Part Name	Maker	Specs
1	Robot	不二越(株)	8607-03
2	Jig	설계제작	
3	Carriage	설계제작	
4	Robot Controller	일본 不二越(株)	AP
5	System Controller	설계제작	
6	Stud Welder T/R	일본 電元社製作所(株)	NRHAH-160
7	Stud Welder T/C	일본 電元社製作所(株)	WELCOM-I
8	Arc Welder	일본 NASTOA(株)	350-11
9	Safety Mat	설계제작	
10	Safety Fence	설계제작	
11	Operator		

Fig. 4 시스템 배치도와 장비의 제원

문제점은 다음과 같다. 첫째, 스타드 용접전원과 아크용접전원의 고, 저압 혼축으로 발생된 노이즈로 트러블이 발생할 수 있고 둘째, 스타드용접후 아크용접을 위한 보강재 고정시 지그의 위치 오차가 발생되고 셋째, 지그 회전시 로봇트와 충돌하거나 스위치 오조작으로 불안한 지점에서 로봇트가 기동되거나 로봇트가 작업 중에 지그가 회전되어 시스템이 파손될 수 있는 안전사고에 대한 우려이었다. 분석된 문제점들에 대한 대책으로 첫째, 고, 저압 혼축을 방지하기 위해 스타드 용접기와 아크 용접기는 용접기 프레임의 각각에 특별 제 3종 접지로 상호 차폐시킨다. 둘째, 지그의 위치 오차를 방지하기 위해 사다리꼴 나사를 이용한 고정방식으로 교체한다. 셋째, 시스템의 안정된 운용을 위하여 로봇트가 대기 상태에 있을 때만 지그의 회전이 가능한 상호 인터록 방식을 적용하여 충돌을 방지한다. 로봇트 고시 프로그램 상에서 가장 어려운 점은 적용한 로봇트가 스타드 용접 전용이므로 위빙

기능이 없는 점이었다. 따라서 아크 용접용 로봇에 필요한 위빙(weaving)동작은 매뉴얼로 가장 4mm로 교시하였다. 그러나 매뉴얼로 아무리 정밀하게 교시하더라도 아크 용접용 로봇과 같이 고유한 위빙기능을 활용하는것 보다는 위치 오차가 커서 언더컷등의 용접 불량이 발생되므로 지속적으로 위빙 위치 수정이 필요하였다. 근본적으로 시스템은 전자동으로 운용되지만 고장등으로 인한 유사시를 대비하여 스위치류의 조작으로 수작업도 가능하도록 시스템을 운용한다. 운용플로우차트는 Appendix 와 같다

5. 결 론

설치공간의 제한과 부대비용의 최소화와 불체인지로 인한 사이클타임 증가등의 문제점을 극복하고 로봇의 사용효율 극대화를 위하여 최초로 스티드용접용건과 아크용접용토치를 일체형으로 구성하는 시스템을 개발하였다. 이 결과 통상적으로 1대의 로봇트가 1가지 기능만 수행하는 기존의 개념에서 벗어나 가격이 저렴하면서 다기능화된 시스템이 실현되었다. 또 개발한 본 시스템을 현장에 적용한 결과 기존의 수동생산에 비하여 생산성이 향상되고 리드타임증가, 3명의 인원절감, 품질안정, 작업효율향상, 라인 밸런스 향상등의 효과가 있었다.

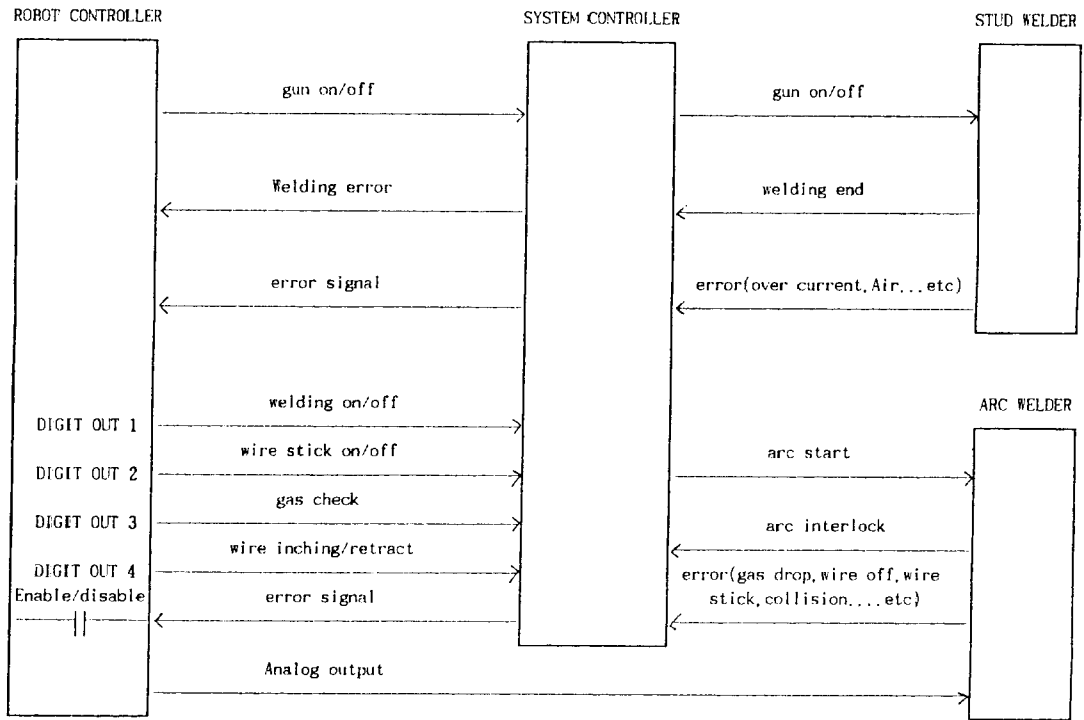


Fig. 5 시스템 신호 계통도

참 고 문 헌

- [1] James L. Fuller, Robotics, Maxwell MacMillan, U.S.A., pp. 160~169, 1991.
- [2] 8000 시리즈 로봇트取扱説明書, 不二越(株), 일본, 1992.
- [3] PRODUCT MANUAL IRB 2000, ABB ROBOTICS, SWEDEN, 1993.
- [4] "Forty Years," Bisiach & Carru' S.p.A., Italy, 1994
- [5] 포타블 스포트 용접기 매뉴얼, 電元社 製作所(株), 일본, 1992.
- [6] "やさしい センサ技術," 自動化技術編輯部, 工業調査會, 일본, 1992.
- [7] "不二越(株) 로봇트 の 適用事例," 不二越(株), 일본, 1992.
- [8] 나 석주, 이 승영, "ARC WELDING ROBOT를 위한 ARC SENSOR 개발에 관한 연구," KAIST 연구 보고서, 1992.

