

特輯 : 제어계측 및 모니터링

아크 용접 로봇 제어기의 구조

The Structure of Arc Welding Robot Controller

문승빈 · 홍성진 · 황찬영

S. B. Moon, S. J. Hong and C. Y. Whang



문승빈/삼성전자/
1961년생/용접용 로봇,
Multiple Robot System,
로봇 최적 제어 등에 관심이 있음



홍성진/삼성전자/
1968년생/용접용 로봇,
로봇 구조 및 제어기 설계에 관심이 있음



황찬영/삼성전자/
1958년생/용접용 로봇,
로봇 제어기 설계, 범용 모션 제어기 설계에 관심이 있음

1. 서 론

아크 용접 작업은 그 작업 환경이 매우 열악하여 로봇을 이용한 자동화가 어느 분야보다 절실히 필요한 분야이다. 특히 인건비의 증가, 생산성 향상 등 여러 가지 측면에서 볼 때 용접 로봇의 도입이 요망되고 있다. 대표적으로 자동차 업계, 조선 업계¹⁾, 중장비 업계 등에서 아크용접 로봇²⁾을 필요로 하고 있다. 현재 국내에서 사용되는 대부분의 아크 용접용 로봇은 일본 및 유럽의 선진사들이 제조한 것들이다. 일부 국내 로봇 제조업체들이 용접 로봇을 생산, 공급하고 있으나 대부분 선진사와 기술 제휴하여 국내에서 생산만 하고 있는 실정이다.

그러나, 최근 들어 용접용 로봇을 국산화하려는 노력들이 도처에서 보여지고 있다. 이 글에서는 아크용접 로봇 중에서 핵심 부분 중의 하나인 제어기의 구성과 그 필요기술, 기능등을 살펴봄으로써 국내의 용접용 로봇 기술 개발 방향을 살펴보고자 한다.

2. 용접용 로봇의 구조

아크 용접 로봇 시스템은 일반적으로 그림 1과 같은 구성을 하고 있다. 즉, 로봇과 용접기가 하나의 시스템으로 이루어지게 된다. 로봇은 기본적으로 로봇 몸체(BODY)와 제어기(CONTROLLER)로 이루어진다. 로봇 BODY는 6축 로봇의 경우에 6개의 LINK가 6개의 조인트로 연결이 되어 있는 형상을 갖게 되는데, 각각의 조인트에는 로봇을 구동하여 주는 모타가 위치하게 된다. 로봇 제어기는 바로 이 모타를 구동시켜주는 전류(또는 토크)를 공급하여 주는 역할과 또한 사용자와의 INTERFACE를 담당하고 있다.

로봇 제어기는 대부분 그림 2에서 보여주고 있는 바와 같이 MAIN, MOTION, TEACH PENDANT, SERVO, 용접 파트 등으로 나누어진다. 여기서 MAIN에서는 주로 TRAJECTORY 계획, USER INTERFACE, 프로그램 COMPILE, EDITOR 등의 작업을 하게 된다. 그리고 MOTION 파트에서는 MAIN 파트에서 정해진 시

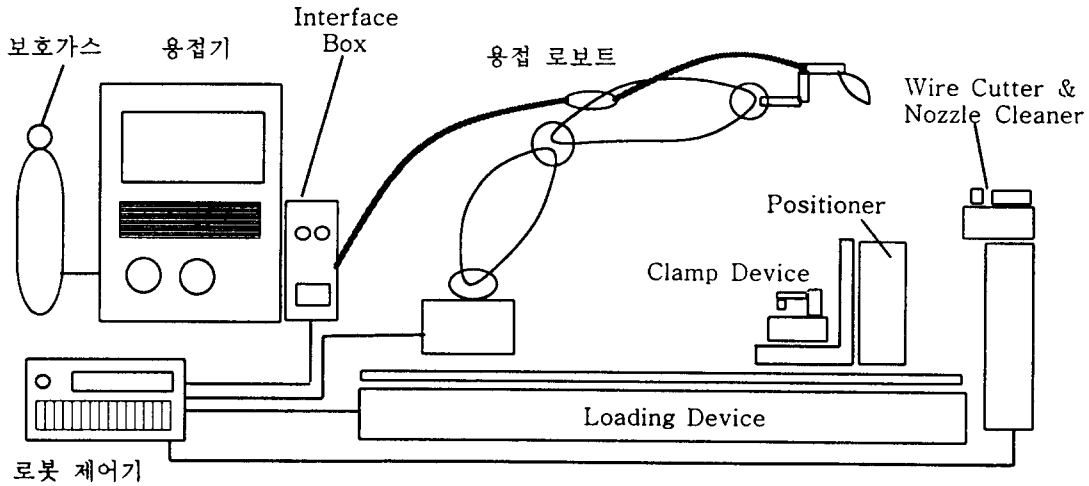


그림 1. 용접 로봇 시스템의 구성

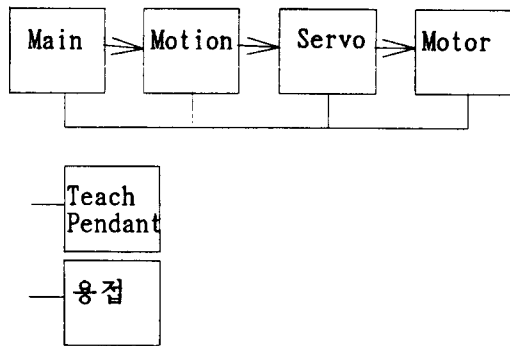


그림 2. 로봇 제어기의 구조

간(SAMPLING TIME, 삼성전자 로봇의 경우 16msec)동안 이동하여야 할 거리를 보내 주변 이를 다시 1msec마다 이동할 거리로 보간을 한 후에 SERVO 파트로 보내게 된다. SERVO 파트에서는 다시 이를 이용하여 매 SAMPLING 시간마다 필요한 전류를 생성한 후에 이를 이용하여 각축에 연결된 모터를 제어 하게 되는데, 이렇게 해서 사용자가 원하는 로봇 동작이 행하여 진다. 최근에는 고속 CPU의 등장으로 인하여, 현대의 로봇제어기로 다수의 로봇 BODY를 운전 가능하도록 제어기를 개발하고 있는데, 이러한 경우에는 다수의 MOTION 파트와 SERVO 파트가 시스템 내에 존재한다고 보면 된다. 삼성전자에서 개발한 제어

기도 로봇 3대, 최대 24축 까지 동시제어가 가능한 제어기이다.

로봇 동작 제어를 위하여서 그림 3에서 보여주는 바와 같이 3개의 제어 루프가 동작하게 되는데 이는 각각 PID(비례-적분-미분) 제어를 하는 것으로 위치 루프, 속도 루프, 전류 루프라고 부른다. 각각의 루프의 응답성을 좋게 하기 위하여, PID 게인값을 조정하여 제어를 하게된다.

TEACH PENDANT는 MAIN 파트와 RS422 직렬 통신으로 연결되어 있는데 사용자와 제어기간에 INTERFACE 역할을 한다. 즉, 로봇 프로그램 작성, 로봇 운전, 로봇 위치 표시, ERROR 표시, 진단(DIAGNOSIS) 기능 등등의 기능을 담당한다. 용접 파트는 주로 용접기 파워와 제어기 간의 INTERFACE를 담당하는 역할을 한다. 즉, MAIN 파트의 지령에 따라서 용접전류, 전압등을

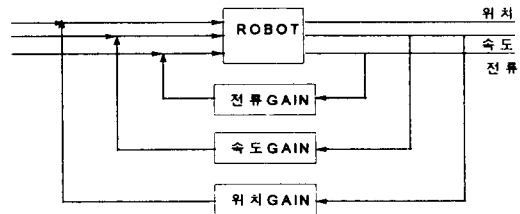


그림 3. 로봇 동작제어 루프

용접기로 보내고 각종 용접에 필요한 디지털 입출력 신호를 주고 받는다.

3. 로봇 제어기 개발에 필요 기술

3.1. Multi-Tasking Real Time OS

로봇 제어기는 기본적으로 여러가지 TASK가 동시에 수행되는 것이 보통이다. 즉, 여러대의 로봇을 하나의 제어기로 동작시킨다거나, 또는 동작중에 로봇 프로그램을 수정한다거나, 또는 현재 상태를 동작중에 DISPLAY 하여주는 작업등이 이에 해당된다. 이렇게 다수의 TASK가 동시에 작업 중일 때, 사실은 로봇 제어기의 CPU의 입장에서 볼 때에는 어느 한 순간에 오직 하나의 TASK만을 수행할 수 있으므로, 시간을 나누어서 (TIME-SLICING) 여러개의 작업을 수행함으로써, 마치 여러개의 TASK를 동시에 수행하는 것처럼 보이게 한다. 이러한 역할을 하는 것을 COMPUTER 용어로 실시간 운영체제 (RTOS: REAL-TIME OPERATING SYSTEM) 라고 한다. 여기서 실시간의 의미는 주어진 각각의 TASK를 CPU TIME을 분배하여 작업을 하지만 사용자가 볼 때에는 마치 전적으로 CPU를 이용하는 것처럼 (즉 실시간으로 작업을 수행하는 것처럼) 보이게 한다는 뜻에서 쓰인 말이다. 일반적으로 특정 시간에 어떤 TASK를 수행할 것인가의 문제는 각 TASK에 미리 설정한 우선순위 (PRIORITY)에 의하여 결정되게 된다. 예를 들어, 로봇 제어기의 경우에는, 로봇 동작에 관한 TASK가 상태표시 TASK 보다 PRIORITY를 높게 설정하여서 항상, 로봇 동작에 관한 작업을 마치고 남는 시간에 상태표시 TASK를 수행하도록 되어있다.

비교적 TASK가 많지 않은 경우에는, CPU 수행 시간 할당 방법을 자체적으로 프로그램하여 사용하게 되는데, 이를 자체제작 (HOME-MADE) RTOS라고도 부른다. 그러나, 어느 정도 이상의 복잡성을 가지는 응용의 경우 부터는 상용 RTOS를 사용하는 편이 HOME-MADE RTOS를 사용하는 것보다 타당하다고 보인다. 그 이유는, 실제로 RTOS 기능을 담당하는 프로그램을 작성하는 작업이 이를 이용하여 응용 프로그램 (예를 들어 로봇

제어기 SOFTWARE)을 작성하는 작업과 비슷한 정도의 시간과 노력을 필요로 하게 되기 때문이다. 상용 RTOS를 이용하여 응용 프로그램을 개발하게 되면, 대부분의 경우에 개발비용에 있어서도 자체개발 보다 유리한 측면이 많게 된다.

이러한 상용 RTOS에는 VxWORKS, VRTX, OS 9, LYNX등이 있는데 주로 쓰이고 있는 것만도 수십 종류가 되고 있다. 각각의 OS마다 특징이 있어서 특정 APPLICATION에 주로 쓰이고 있는데, RTOS를 필요로 하는 곳을 살펴보면, 통신 장비, CD PLAYER, WORKSTATION, 로봇 제어기 등등 열거 할 수 없을 정도로 많다. 삼성전자는 현재 UNIX 계열중의 하나인 LYNX OS를 사용하여 제어기의 개발을 하고있다.

3.2. SOFTWARE 개발

윗 절에서 설명한 RTOS를 기본으로 하여 SOFTWARE를 개발하게 되는데, 각각의 RTOS들은 일반적으로 주어지는 C LIBRARY 외에도 REAL-TIME 에서 필요로 하는 FUNCTION들을 제공하는데, 사용법에 능숙하여야 제어기 개발에 도움이 된다. 이러한 FUNCTION에는, PRIORITY 조정, TASK SCHEDULING 방법 변경, TASK SWITCHING TIME 지정, SEMAPHORE 사용법, MESSAGE QUEUE, MUTEX, EVENT 사용법 등의 다양한 REAL-TIME FUNCTION 들이 있는바 각각의 기능은 RTOS 사용자 매뉴얼³⁾을 참조 바란다.

또한 용접용 로봇트는 보통 6축 또는 5축 조인트를 갖게 되는데 로봇트의 형상에 따라서 INVERSE KINEMATICS 해를 계산하여야 한다. INVERSE KINEMATICS란 주어진 로봇트의 위치를 직교좌표 (CARTESIAN COORDINATE)로 표시하였을 때 이에 해당하는 각각의 조인트의 위치를 알아내는 것으로, 문제는 이러한 해가 하나가 존재하는 것이 아니라 여러개가 존재하는데 보통 6축의 경우에는 8개가 존재한다. 따라서 이중에서 적당한 하나의 해를 찾기 위해서는 로봇의 형태에 관한 조건을 주는 것이 보통이다. INVERSE KINEMATICS 해는 매 SAMPLING TIME 마다 계산하여야 하므로 빠른 계산을 할 수 있도록 하는 해를 찾는 것이 중요하다. 보통 로봇 제어기의 SAMPLING TIME을 결정할 때에, 적어도

INVERSE KINEMATIC 해를 찾는 시간보다 충분히 긴 시간으로 잡기 마련이다.

또 다른 중요한 SOFTWARE 문제는 TRAJECTORY를 만들어 주는 문제이다. 보통, 속도 곡선의 형태를 지정하고서 주어진 거리를 도달하기 위하여 필요한 속도곡선의 형태로 부터 가속도 등을 구하게 된다. 따라서 어떠한 형태의 속도곡선을 정하느냐 하는 문제는 매우 중요하게 된다. 보통 사다리꼴 (TRAPEZOIDAL) 이라고 불리우는 그림 4 와 같은 곡선을 많이 사용하는데, 이를 바로 사용하면, 곡선의 시작점과 꺾어지는 점에서의 가속도 특성이 나빠지므로 이를 부드럽게 (Smoothing) 하여 사용한다.

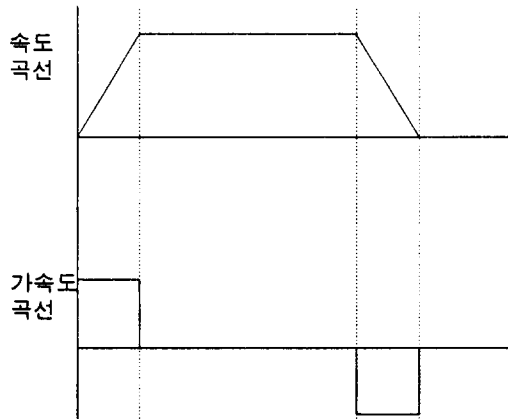


그림 4. 사다리꼴 속도 곡선

3.3. HARDWARE의 설계

로봇 제어기를 제작하려면, 2장 에서 설명한 각각의 기능을 담당할 PCB BOARD를 설계하는 기술이 필요하다. 먼저 해야 할 일은 CPU를 선정하는 일이고 그 다음에는 주어진 기능을 발생하도록 설계를 하는 일이다. 삼성전자의 제어기는 MAIN 기능은 80486 CPU를 채용하고 있으며, MOTION은 DSP CPU인 320C31을 사용하고 있다. TEACH PENDANT와 용접전용 보드는 80286계열인 V50 CPU를 채용하고 있다. 이렇게 여러개의 CPU가 사용되고 있지만, 로봇의 주요 부분은 위에서 설명하고 있는 바와 같이 MAIN 보드가 담당하고 있으

며, 나머지 다른 CPU들은 독립적으로 동작하면서 필요한 때마다 MAIN PART와 INTERRUPT를 이용하여 정보 교환을 하게 된다.

현재 추세는 TEACH PENDANT가 예전 보다 대형화 되고 있는데 삼성전자는 16라인 X 40 문자용의 LCD 화면을 채용하고 있다. 용접 전용 보드는 지령된 용접 전류 전압치를 DAC(DIGITAL TO ANALOG CONVERTER)를 사용하여 용접기로 공급을 하며, 용접기로부터 받은 아나로그 전류, 전압치를 ADC (ANALOG TO DIGITAL CONVERTER)를 사용하여 MAIN PART로 전달하여 주기도 한다.

4. 아크 용접용 기능

용접 로봇 제어기에는 기본적인 로봇 제어기 기능 외에도 용접작업에 적합하도록 여러가지 부가 기능들을 가지고 있는데 다음에 각각의 기능에 대하여 설명하도록 하겠다.

4.1. 접촉 센싱(TOUCH SENSING) 기능

용접 대상물의 위치가 틀어져 있는 경우에 이를 바로잡아 주지 않으면 용접상태가 불량하게 된다. 특히, 용접 시작점에서 위치 틀어짐을 찾아내어 용접 토치의 위치를 변경 시켜 주기 위하여 접촉 센싱 방법이 이용된다. 용접 와이어 또는 용접 토치의 노즐에 수십 볼트이상의 전압을 가한 후 통전 여부를 확인하게 된다. 접촉 센싱을 경우에 따라서 2곳 또는 그 이상을 하게 되면 용접점의 위치를 정확하게 파악하게 된다. 접촉센싱은 용접 지그등이 정확하지 않은 경우에 매우 편리한 기능이기도 하나, 작업시간이 느리므로 생산성에 영향을 주게 되는 단점이 있으므로 반드시 필요한 공정에서만 사용하여야 한다.

4.2. 아크센싱 추적기능

아크센싱이란 위빙 용접중에 용접 변수(주로 용접 전류, 전압치)를 실시간 분석하여 용접토치의 중심점이 용접선으로 부터 좌우로 틀어졌는지를 판별하여 용접선을 자동으로 추적하는 방법이다.

아크 센싱에는 용접전류를 구하는 방법에 따라서 두가지 방법이 있는데, 첫번째는 용접기에서 로봇 제어기로 보내주는 전류치를 분석하는 방법이며, 두번째는 외부장치를 설치하여 용접전류를 직접 검출하는 방법이다. 외부 검출법에서의 용접전류 검출은 HALL SENSOR를 사용하여 검출하며, 이렇게 검출된 전류를 외부 UNIT에서 분석하여 이를 로봇 제어기로 보내주면, 로봇이 보내준 데이터에 따라서 좌우로 변화를 주면서 용접선을 추적하게 된다. 당연히 외부 검출법은 비용이 추가로 들게 되나, 내부 검출법은 원래 사용되는 데이터를 사용하기 때문에 SOFTWARE 개발비 외의 추가 비용이 필요로 하지 않는다. 삼성전자에서 적용하고 있는 방법⁵⁾은 내부 검출법이다.

4.3. 레이저 센서 추적 기능

아크센싱 기능은 매우 유용한 기능이기는 하나, 위빙을 하여야만 하는 단점이 있다. 따라서 위빙을 할 수 없는 박판 용접에서는 이를 적용할 수가 없다. 이런 경우에 효과적으로 사용할 수 있는 방법이 레이저 센서 추적 방법이다. 즉, 그림 5와 같이 용접 토치 진행 방향쪽의 앞 부분에 레이저 센서를 부착하면 레이저 빔이 용접 대상물에 조사가 되는데 이를 분석하면 대상 용접물의 위치 및 GAP, MISMATCH 등의 용접 조건을 검색할 수 있다. 이러한 값을 기준으로 하여 용접중심선을 추적하는 것 뿐만 아니라, 용접변수(전류, 전압, 속도)등을 미리 지정된 방법에 따라서 조정이 가능하다. 또한, 아크 센서와는 달리 용접 시작점 및 종료점을 자동으로 검색하며 용접을 진행할 수 있다는 장점도 지니고 있다. 레이저 센서는 국내에서도 개발중이며⁶⁾, 상용 PACKAGE로 SERVO ROBOT, MVS 사 등의 제품이 있다.

현재 삼성전자에서 개발한 레이저 추적장치⁶⁾는 상용의 레이저 센서(SERVO ROBOT사)를 사용하였으며, 로봇 제어기내에 레이저 센서용 전용 보드를 설치하였다. 레이저 추적은 그 적용 범위가 넓으나 아직까지는 고가의 가격으로 인하여 많은 적용이 되고 있지는 않으나, 현재의 추세로 보아서 레이저 센서 자체의 가격이 상당히 떨어질 것으로 기대되므로 그 사용도 증가될 것으로 예상된다.

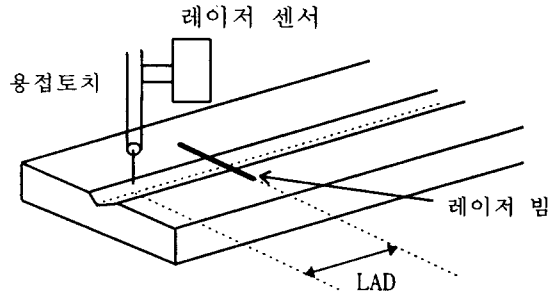


그림 5. 레이저 센서를 이용한 자동용접
LAD = 전방거리 (Look Ahead Distance)

4.4. OLP(OFF-LINE PROGRAMMING) 기능

용접 대상물과 용접 로봇을 비롯한 용접 시스템의 3차원 SIMULATION을 이용하여, 독립된 COMPUTER에서 모의 용접을 하여본 후에 실제 용접을 행하는 것이 OLP의 목적이다. 용접대상물 설계시에 사용한 CAD 데이터를 바로 가지고 용접 데이터를 입력하여, 주면, 이것을 이용하여 GRAPHIC SIMULATION을 하여주고 또한 해당 동작을 구현하기 위하여 필요한 로봇 프로그램을 자동으로 생성하여 주는 장치이다. 현재 사용되는 대부분의 경우는 용접위치를 용접 대상물의 설계 데이터를 이용하여 교시하지 못하고, 용접 로봇을 실제로 이동시켜서 용접 위치 데이터를 기억하는 방법을 사용하고 있다. 이렇게 함으로서 용접 위치를 교시하는데에 많은 시간을 낭비하고 있다고 하겠다. 향후 많은 사업장에서 이러한 낭비를 피하기 위하여서 OLP 시스템을 필요로 할 것으로 보인다.

OLP의 개발은 크게 3차원 GRAPHIC SIMULATOR 개발과 OLP 언어를 특정 로봇 언어로 변환시켜 주는 POST-PROCESSOR 개발로 나눌 수 있다. GRAPHIC SIMULATOR를 개발하는데 필요한 기술은 일반적으로 알려진 3차원 CAD처리 기술과 비슷한 것으로, 그 계산 능력에 따라서 WIRE-FRAME으로만 보여주는 것과 SOLID GRAPHIC으로 보여주는 것으로 나누인다. SOLID GRAPHIC으로 보여주는 편이 WIRE FRAME보다 현장감이 있고 판독하기가 용이하나, 보통 PC급에서 개발된 OLP는 계산 능력의 한계로

인하여 대부분 WIRE-FRAME 으로만 보여주며, WORKSTATION급에서 동작하는 OLP들은 SOLID GRAPHIC으로 보여주게 된다.

POST-PROCESSOR란 OLP의 GUI(GRAPHIC USER INTERFACE) 화면에서 작성된 로봇트 프로그램이 OLP용 일반 언어로 작성된 경우에, 이를 특정 로봇트 언어로 변환하여 주는 것을 말한다. 참고로 로봇트 언어는 표준이 정해지지 않았으며 각 로봇트 제조 업체마다 특정 언어를 사용하고 있는 실정이다. 이렇게 POST-PROCESSOR가 특정 언어를 위하여 개발되면, 상용 OLP SOFTWARE를 사용하여 해당 로봇트를 직접 동작시킬 수 있다. 대표적인 상용 OLP로는 IGRIP, ROBCAD, WORKSPACE등을 들 수 있다.

OLP의 가장 큰 장점은 로봇트 작업시 시간이 많이 소비되는 용접위치의 교시시간을 단축시킬 수 있다는 점이다. 이외에도 모의동작(SIMULATION)을 통하여 원하는 동작을 분석할 수 있는 점도 OLP의 장점이 되겠다. 예를 들어, 특정 로봇트 동작이 주위환경과 동작중에 충돌할지의 여부를 실제 동작 없이 쉽게 판정하여 줄 수 있게 되므로 안전하고 빠르게 TEST가 가능하다.

4.5 외부축 동기제어

(SYNCHRONOUS CONTROL) 기능

현재 많은 용접작업이 용접 로봇트와 외부축과의 동시동작을 필요로 하는 작업이 많다. 이때, 하나의 제어기로 로봇트와 외부축을 동시에 제어하게 되는데 이러한 경우에 로봇트와 외부축은 시간을 일정하게 맞추면서 작업을 하여야만 한다. 이를 동기제어라 부르는데, 복잡한 작업물을 용접하는 경우에 작업물을 외부축(Positioner)로 잡는 동시에 이를 회전하면서 로봇트도 이동 동작을 하

면서 용접을 행하게 된다.

5. 결 론

국내에서도 용접용 로봇트 개발이 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 삼성전사에서 개발한 아크 용접용 로봇트를 중심으로 로봇트 개발에 필요한 제어기의 각종 구성과 기능에 대하여 살펴보았다. 이 글이 국내 용접 로봇트 개발 및 사용에 도움이 되기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. 김진오, 신정식, 김성권, 박문호, 김세환, "조선 소조립 용접 로봇 시스템 설계," 대한용접학회지, 14권 1호, 1996, pp. 30-37.
2. Y. Kiyohara, "Application of latest arc welding robot with synchro motion and sensor," Robot, pp. 37-43, vol. 102, Jan. 1995.
3. LynxOS User's Manual, Lynx Real-Time Systems, Inc., 1993.
4. 문승빈, 윤명균, 홍용준, 홍성진, 황찬영, 김동일, "6축 로봇트를 이용한 자동 용접에서의 Arc Sensor 개발," 대한용접학회 1995 춘계학술발표회, pp. 15-18.
5. 유원상, 나석주, "용접 자동화를 위한 주사빔을 이용한 시각센서에 관한 연구," 대한용접학회 1995 춘계학술발표회, pp. 19-22.
6. 문승빈, 홍용준, 홍성진, 황찬영, 김동일, "레이저 센서를 이용한 로봇트 자동용접 개발," 대한용접학회 1995 추계학술발표회, pp. 94-96.