

# 가스금속 아아크 용접용(Gas Metal Arc Welding) 로봇제어기 개발에 관한 개론

• 피 원일 \* 박 병건 \* 김 정호 \*\* 고 광일

\*\* 금성기전 로봇사업부  
\*\* 금성산전연구소

## On the Development of a Gas Metal Arc Welding Robot Controller

• Won Il Pee \* Byung Gun Park \* Jung-Ho Kim \*\* Kwangill Koh

\*\* Robotics Division, GoldStar Machinery Co.  
\*\* R & D Center, Goldstar Industrial Systems Co.

### Abstract

GoldStar Industrial Systems Co. R & D center successfully developed the inverter for welding under the support of GoldStar Electric Machinery Co. Now, we are currently working on the mechanical part of articulated robot and a high-performance general purpose motion controller. By combining the above three items, we will be able to constitute the complete welding robot system on our own.

In this article, the welding robot system currently under developing is introduced. The main focus will be placed on the development of general purpose motion controller with welding control module. Therefore, the architecture of welding robot controller where the general purpose motion controller is combined with the welding controller module will be explained. Here, the software system will be explained with regard to the hardware system.

### 1. 서론

금성산전부문 연구소는 산업용로봇 및 용접기 관련 사업의 주체인 금성기전의 자금지원 아래 용접용 인버터의 개발을 완료하였고 이와 병행하여 수직다관절 로봇의 기계부와 고기능범용 제어기를 개발중에 있다. 이것은 물론 위의 세 가지 요소를 결합하여 용접용 로봇 시스템 구성하고 관련 분야 사업에 자체 개발품으로 무장하여 참여하겠다는 강력한 의지의 표명이다.

본 논문에서는 개발 목표로 설정한 용접용 로봇 시스템에 관하여 소개하고자 하며 내용을 전개함에 있어서 중점을 범용로봇 제어기와 이에 장착될 용접제어모듈의 개발 방향에 두고자 한다. 따라서 범용로봇 제어기와 용접제어모듈이 결합된 용접용 로봇 제어기의 구조를 소개하고 이와 함께 본 제어기를 구성하는 각각의 기능별 모듈을 설명한다. 동시에 소프트웨어 측면에서의 전체적 구성도가 실현될 하드웨어와 연관되어 소개된다.

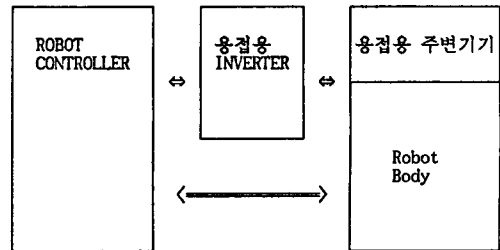
용접용 제어기 개발에 있어서 핵심기술은 아아크감지기와 이에 따른 용접기 토오치의 조인트 추적제어이므로 이들에 관한 연구개발 사례를 개관적으로 소개하고 이들의 문제점을 지적한 후 향후 바람직한 연구개발 방향에 관하여 논하고자 한다.

최종적으로는 현재 일본기업에 의하여 판매되고 있는 용접용 로봇 시스템의 사용자 측면에서 본 단점을 지적하고 이를 극복하기 위한 지능화 용접용 로봇 시스템의 원형이 갖추어야 할 가상적 기능 사양을 제시하고자 한다. 또한 이를 실현하기 위한 연구개발 대책이 요소기술을 중심으로 소개된다.

### 2. 용접용 로봇 시스템 개론

#### 2.1 시스템 구성

금성기전에서 사업목표로 설정하여 금성산전연구소에서 개발중인 용접용 로봇 시스템의 구성은 다음과 같다.



각부의 특징을 아래와 같이 요약할 수 있다.

#### (1) Robot Mechanism : 금성산전연구소 자체 개발

- 수직다관절형
- 6 d.o.f
- 전축 A.C. Servo motor 및 Absolute Encoder 채용

#### (2) Robot Controller : H/W 및 Robot S/W 자체개발, 용접 S/W 위탁 공동 개발

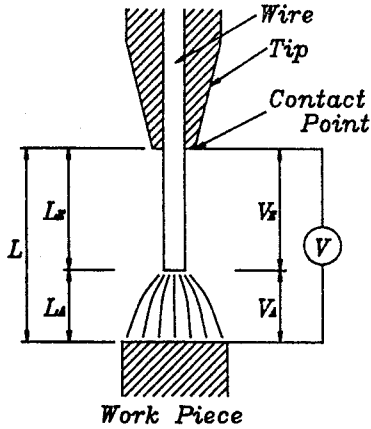
- 범용 Motion Controller 구조(6~12축 동시제어 기능)
- Interpreter형 고유 로봇 언어
- 32-bit RISC Based Multiprocessor System

#### (3) 용접용 Inverter 기 개발품 수정

- MIG/CO<sub>2</sub> , TIG, PLASMA, AC TIG
- 50~500[A] 출력 전류
- IGBT Inverter 방식

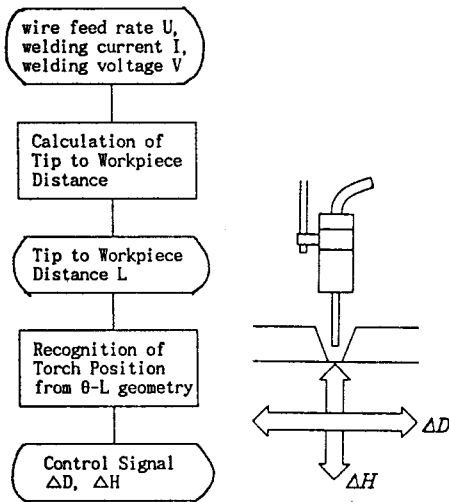
#### 2.2 용접제어 개론

용접제어의 일반적인 원리를 설명하기 위해 아래와 같이 용어를 정의 한다.



- U : wire feed rate
- I : welding current
- V : voltage between tip & work
- V<sub>a</sub> : arc voltage
- V<sub>e</sub> : voltage-drop through wire extension
- L<sub>a</sub> : arc length
- L<sub>e</sub> : wire extension length
- L : tip to work distance

로봇 제어기 입장에서 궁극적으로 제어해야 할 변수는 용접 토오치의 tip 으로부터 용접 대상물까지의 거리인 L이며 이것은 실제 감지가 가능한 신호인 용접전류, 용접전압 및 와이어 공급 속도로부터 다음의 과정을 통해 계산되어 로봇트 운동 제어부로 궤환된다.



- θ : weaving position
- D : welding point displacement

위에서 핵심 연산부인 L의 계산 과정은 다음의 실험식에 의하여 수행한다. [1]

$$(1) L_e = \frac{u - K_3 I_a}{K_1 I^2}$$

$$(2) V_e = \frac{4n_0}{\pi d^2} \left\{ \left(1 - \frac{\beta}{\alpha}\right) L_e I_a + \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{v I_a}{K_q I_2 e} \left( \exp(K_q I_2 e L_e / v) - 1 \right) \right\}$$

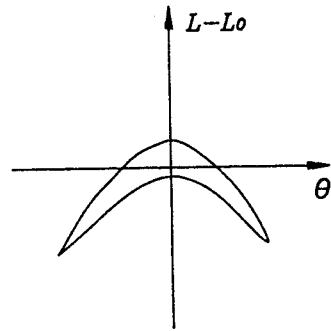
$$(3) V_A = V - V_e$$

$$(4) L_A = \frac{V_A - K_5 - K_6 I_a}{K_5 + K_7 I_a}$$

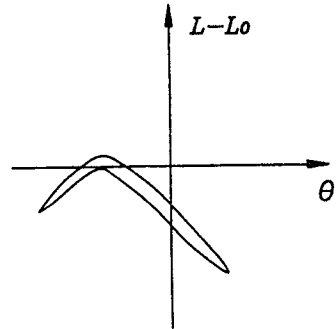
$$(5) L = L_e + L_A$$

이와 같이 계산된 L 및 계획된 궤적 정보인 위빙 위치 θ로부터 토오치의 위치를 다음의 패턴 관찰로부터 구해 낸다.

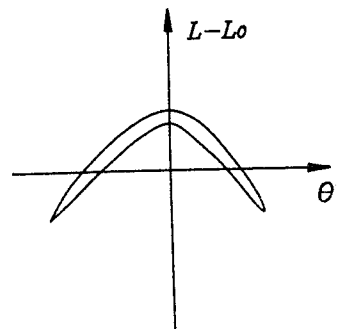
(1) Normal Case :



(2) Shift to Right :



(3) Shift Down :



여기서 L<sub>0</sub>는 기준 위치를 나타낸다.

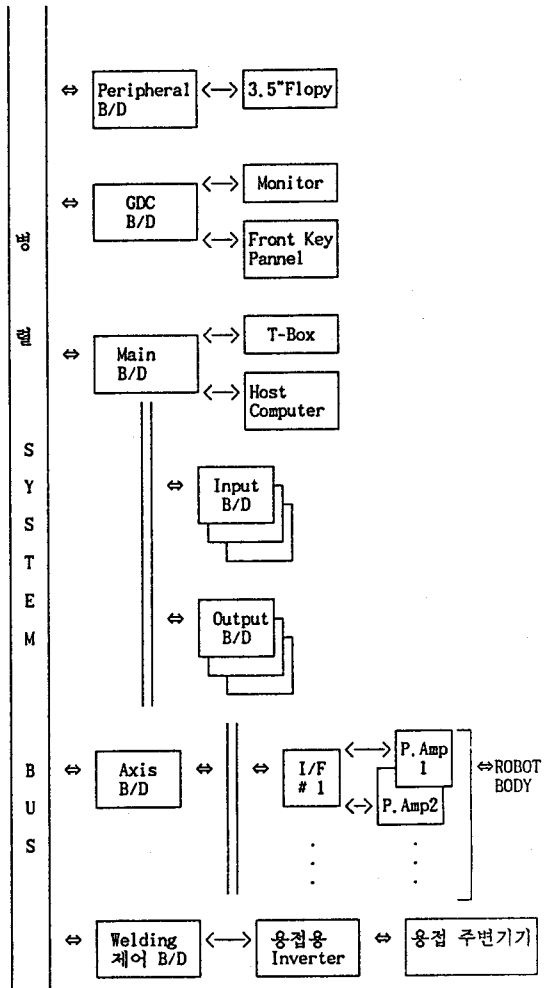
### 3. 로봇트 제어기 개발

#### 3.1 제어부 사양

항목	GSIS 사양	
위치교시 방식 (Teach method)	1. Teaching playback (관절, 절대좌표, TOOL좌표) 2. MDI (Manual Data Input)	
제어축	동시 6축제어	
구동 방식	AC servo motor 구동	
위치 검출	Absolute position detection	
기억 장치	Battery back-up	
기억 용량	작업 Point 수	standard - 1200 points (option 6000)
	Program Step 수	standard - 1200 steps (option 6000)
Teach Pendant 구성	1. LCD (40x8 characters) 2. emergency stop button 3. operating용 switch 4. display용 LED 5. Trigger switch 6. T-BOX enable switch	
Operator's panel 구성	1. power on/off button 2. power on 상태 표시 3. 14" B/W monitor 4. operating용 switch 5. emergency stop button	
RS-232C interface	1. Teach Pendant용 - 1 port 2. Host용 - 1 port	
Program 방식	GSIS 언어로 작성 (monitor 화면에서 편집)	
외부 입출력	1. standard - DI/DO 각 28점 2. option - DI/DO 각 256점 까지 확장가능 (PLC B/D 이용)	
Operation 기능	1. jog moving 2. inching moving 3. automatic operation 4. moving hold 5. emergency stop 6. step check(I/O 포함) 7. step check(I/O 제외)	
Smoothing Level (정도 Level)	4 Level	

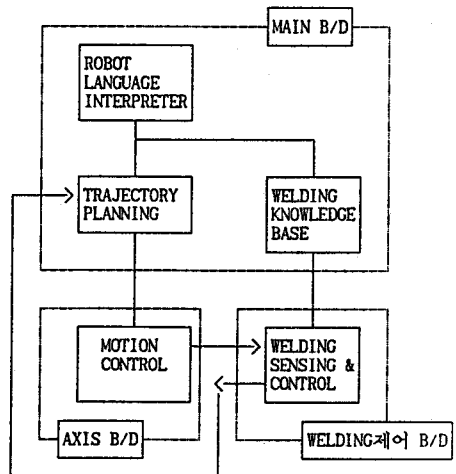
#### 3.2 Hardware의 개발

로봇트 제어기는 응용 범위의 확대 및 기능의 확장성을 고려하며 기능별 분산제어 구조를 갖는 범용 운동 제어기로 개발되고 있으며 그 구조는 아래와 같다.



#### 3.3 Robot Software 구조

로봇트 제어기의 소프트웨어 구조를 전장의 하드웨어 구조와 연관지어 고려하면 다음과 같이 도식화할 수 있다.



여기서 용접 제어 Board 상에 실현되는 용접감지 및 제어부는 아래의 기능을 수행한다.

(1) Arc Sensing :

Inverter로부터 인가 전압 및 Arc 전류 Feedback을 받아 Arc Length 및 Wire Extension Length를 계산 한다.

(2) Joint Tracking :

Arc Sensing Module의 결과로부터 용접 대상 Groove의 궤적을 일정한 높이로 정확히 Tracking 하기 위한 Robot Tip의 운동 궤적 수정량을 계산 한다.

(3) 용접 상태의 Evaluation :

실현된 용접 시스템의 성능을 정성적 및 정량적으로 평가 한다. 즉, 용접질의 모니터링을 수행한다.

### 4. Arc Welding Module 사양

전장에서 소개된 로봇트 제어기내에서 각 기능별 Module에 분산되어 수행될 용접 관련 시스템의 사양을 아래와 같이 소개 한다.

#### 4.1 Robot System의 역할

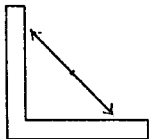
- (1) Welding 작업 조건 설정
- (2) Welding 작업점 교시
- (3) Weaving Pattern 발생
- (4) 작업 조건에 따른 전류 및 전압 지령을 Welding Inverter에 전달
- (5) Arc Sensor를 Monitor하여 Weaving Path를 보상

#### 4.2 Arc Welding을 위한 로봇트 언어

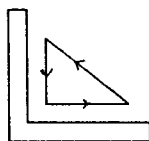
- (1) ARCON
- (2) ARCOFF
- (3) VWELD : 용접 전압 지령
- (4) AWELD : 용접 전류 지령
- (5) WVON : Weaving 명령 및 Weaving Pattern 선택
- (6) WVOFF

#### 4.3 Weaving Pattern

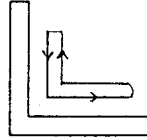
(1) 단진동(Simple Harmonic)



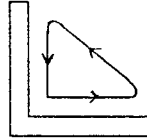
(2) 각도파(Triangle)



(3) L 형파(L-Type)



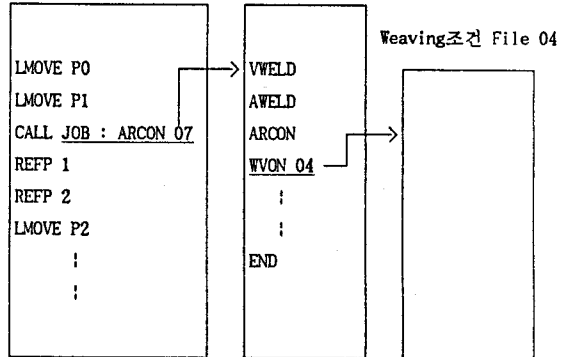
(4) Smooth Triangle



### 4.4 용접 관련 Program 구조

용접 작업 JOB

용접 조건 JOB 07



### 5. 결론

위에서 소개된 바와 같이 금성기전은 용접 시스템 사업에 용접용 인버터를 시작으로 참여하기 시작하였으며 용접용 로봇트의 개발을 통하여 일본의 관련 업체와 대등하게 경쟁하고자 하는 야심찬 사업 계획을 추진중에 있다. 금성산전연구소는 이러한 목표를 뒷받침하기 위해 로봇트 기계부, 고기능범용 운동 제어기 및 로봇트용 용접용 인버터의 자체 개발을 수행중에 있으며 용접용 로봇트 시스템의 질적 Global화를 위해 핵심 요소 기술 중에 하나인 지능형 용접제어 소프트웨어를 KAIST와 공동으로 개발중에 있다. 이러한 사업적 위험을 감수한 노력을 통하여 국내 로봇트 산업의 기술 수준이 일본등의 선진 외국의 수준에 더 가까이 접근할 수 있는 계기가 되었으면 하는것이 본 과제에 참여한 사람들의 조그마한 바람이다.

### 참고 문헌

- [1] H.Fujumura, H.Inone, "Joint Tracking Control Sensor of GMAW," Trans. of Japan Welding Society, Vol. 18, P.32~40, April 1987
- [2] W.H.Kearns, ed., Welding Handbook Vol.2, American Welding Society, 1978
- [3] T.G.Lim, H.S.Cho, "Estimation of weld pool size in GMAW process using neural networks," IEEE 72nd Industrial application, Houston, U.S.A., 1992