
Fiber Sensor와 X-Y Robot을 이용한 용접선 추적에 관한 연구

배철오*, 박영산**, 이성근*, 김운식*, 안병원**

Study on the Seam Tracking by Using Fiber Sensor and X-Y Robot

Cherl-O Bae, Young-San Park, Sung-Geun Lee, Yoon-Sik Kim, Byung-Won Ahn

요 약

산업현장의 열악한 작업중의 하나인 용접작업을 자동화하기 위한 방법으로 본 논문은 비접촉식 센서인 Fiber Sensor를 이용하여 용접선을 1차적으로 추적하고, 추적한 데이터를 텍스트 파일로 저장함과 동시에 2차적으로 추적한 용접선을 X-Y 로봇의 좌표값으로 다시 출력하여 용접을 하도록 하고 있다. Fiber Sensor를 통하여 읽어 들인 데이터는 Delphi Version 3.0을 이용하여 만들어진 프로그램을 통하여 처리하였고, I/O 입출력은 16 채널의 Relay Actuator 출력과 16 채널의 opto-isolated 입력이 가능한 PC의 ISA 슬롯에 직접 삽입하여 사용하는 카드를 통해서 이루어졌다. 본 실험에서 용접선 추적은 직선, 기울기를 가진 직선 및 곡선에 관하여 추적을 행하였고, 추적한 데이터를 토대로 인버터 CO2 용접기를 사용하여 용접을 행하여 보았다.

Abstract

There are many types of seam tracking methods actually used in industrial spot. Lately, Non-contact sensor technics are mostly used because non-contact sensor has more advantage than contact sensor in many parts. This paper also concerned about fiber sensor a kind of non-contact sensor. X-Y robot and fiber sensor scan the seam tracking to be weld. After scanning, X-Y robot moves the first working point of being scanned and welding starts automatically. It makes an experiment on some types of Seam tracking like straight line tracking, leaned line tracking and curved line tracking to confirm how well the fibers sensor tracks the seam pass to be weld. And the seam pass that had been tracked was welded by inverter CO2 welding machine.

* 한국해양대학교

** 목포해양대학교

접수일자: 2000. 11. 29

I. 서론

산업현장에서 매우 열악한 상황에 노출되어 있는 부분이 용접작업이고 따라서 어느 분야보다 앞서 로봇을 이용한 자동화가 절실히 필요한 분야이다. 특히 고도로 숙련된 용접 기술자들의 인건비 상승, 생산성의 향상 및 열악한 환경으로 인한 기피직종 등으로 말미암아 용접 로봇의 도입이 요망되고 있다. 하지만 용접 로봇을 개발하는 부문에 있어서는 매우 더디어, 현재 국내에서 사용되는 자동차, 조선, 중장비 업계의 용접 로봇은 대부분 일본, 유럽, 미국 등의 선진국에서 제조된 제품들을 사용하고 있고, 그 가격 또한 일반 중소기업에서 사용하기에는 만만치 않다.[1]

본 논문은 단계적인 용접로봇의 개발의 하나로 X-Y 동일 평면에서의 용접선 추적을 목표로 하고 있다. 용접선 추적 장치의 구별은 크게 어떠한 센서를 사용하는가에 의해 접촉식과 비접촉식으로 나눌 수 있는데, 접촉식은 정밀성이 떨어지거나 간단하게 저가로 실현할 수 있는 특징이 있으나, 앞으로의 자동화 추세가 전자기 센서, 광학 센서[2] 영상처리기법 등을 활용한 비접촉식 용접 연구[3]가 꾸준히 이루어지고 있어, 여기에서도 비접촉식의 한 형식의 Fiber 센서를 이용하여 용접선 추적을 하였다.

II. 본론

1. 실험장치

본 연구를 위한 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

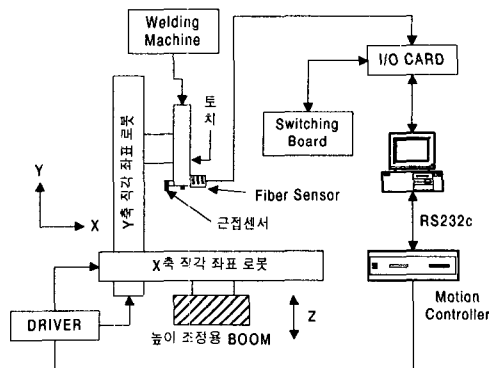


그림 1. 실험장치 개략도

Fig. 1 The picture of experimental device

실험장치는 크게 용접부, 센싱부, 직각 좌표 로봇 및 컨트롤러, 직각 좌표 로봇의 위치 조정용 Manipulator, 입출력용 I/O card, 개인용 범용 PC 등으로 구성되어 있다.

용접기는 CHOWEL IGBT 인버터 제어 CO2 가스 아크 용접기이고, 용접기의 Wire 송급장치와 용접토치는 Hoisting Stroke가 600[mm], Boom Stroke가 1500[mm]인 Manipulator에 취부되어 있어 Z축 방향의 상하 이동과 Y축 방향의 좌우 이동을 지원하고 있다. Manipulator의 제어판넬은 자동용접과 수동용접, 전압, 전류, Wire 급송속도 등을 조절하도록 되어 있으며, 본 실험중에는 용접 Wire의 직경이 1.2[φ]인 것을 사용하여 수동용접 기능으로 용접을 하고 있다. Fiber 센서는 KEYENCE사의 NPN type으로 광원은 Red LED, 응답속도는 250[μs], 2개의 출력을 가지고 있으며, 주위의 조도가 백열램프의 경우 10,000[lx], 태양광의 경우 20,000[lx] 이하인 곳에서 사용 가능하다. Fiber는 반사형을 사용하고 있다. 용접모재와 Fiber 센서의 일정거리 유지를 위해 근접센서가 설치되어 있는데, Autonics사 제품으로 검출거리가 약 2mm±10%인 직류 3선식 NPN type 센서를 사용하고 있다. 직각 좌표 로봇은 다사테크에서 제작된 것으로 X축의 Stroke는 400[mm], Y축의 Stroke는 300[mm]로 X축의 Stroke가 Y축에 비해 100[mm] 정도 길다. 로봇의 모션 컨트롤러 역시 다사테크에서 제작된 것으로 32-bit RISC CPU를 탑재하고 있으며, 간이 PLC가 내장되어 있어 별도의 PLC 없이 로봇 시스템 구성이 가능한 데스크형의 2축 컨트롤러를 사용하고 있다. I/O card는 PC 슬롯에 직접 삽입한 AT-Bus용으로 16 채널의 Relay Actuator 출력(Base Address +0 and +1)과 16 채널의 opto-isolated 입력(Base Address +2 and +3)을 받아들일 수 있다.

기타 장치로는 PC 이외에 로봇을 동작시킬 수 있는 버튼과 센서의 동작여부를 확인할 수 있는 LED 램프 등이 설치되어 있는 제어 판넬이 설치되어 있다.

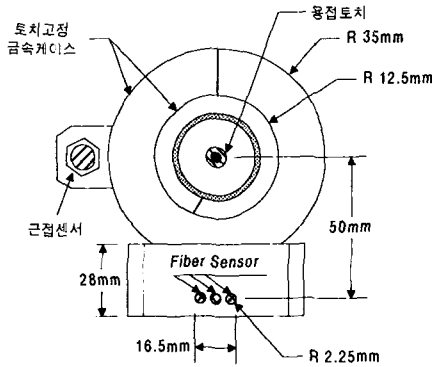


그림 2. 센싱부분의 Bottom View
Fig. 2 The bottom view of sensing part

그림 2는 용접선을 추적하는 센서부분을 바닥에서 올려다본 그림을 나타낸다. Fiber 센서는 3개가 설치되어 있고 용접시 발생하는 강한 열에 Fiber가 손상되지 않도록 금속 케이스에 Fiber 직경에 맞는 구멍을 내고 5[mm] 정도 금속 케이스 안쪽으로 들어가 설치되어 있다. Fiber와 용접토치와는 각각의 중심에서 50[mm] 떨어져 있다. 그리고 용접모재와 센서와의 일정거리를 유지하기 위해 근접센서가 설치되어 있는 것을 볼 수 있다.

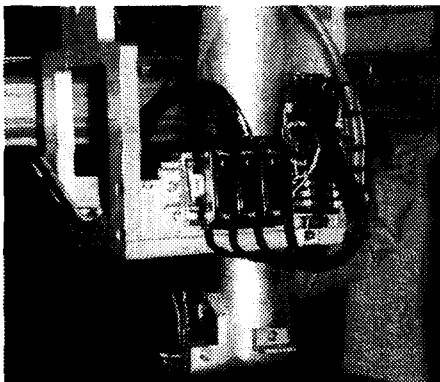


그림 3. 센서부분의 사진
Fig. 3 The picture of sensing part

그림 3에 센서와 용접토치가 설치되어 있는 부분의 측면에서 본 사진을 나타내었다.

2. 소프트웨어

로봇을 제어하기 위한 프로그램은 델파이 버전 3.0을 기초로 개발하였다. RS-232를 이용한 바이너리 데이터 통신은 Window socket 컴포넌트와 유사한 인터페이스로 Thread 통신을 위해 윈도우 메시지를 이용함으로써 좀더 안정적인 동작을 하도록 하였다. 통신규칙으로는 최대 패킷 길이는 STX(Start of Text), ETX(End of Text), LRC (Longitudinal Redundancy Check)를 포함하여 250Bytes이고, 통신패킷의 기본 구조는 송신측에서 STX, DATA, ETX, LRC를 보내면 수신측은 LRC가 정확할 경우 ACK신호를 보내고 틀리면 NAK를 보내 송신측에 다시 이전 패킷을 보내도록 되어있다. 위와 같이 통신중 에러 검출은 LRC 계산법을 이용하였는데, LRC 계산은 STX, LRC를 제외한 exclusive-OR를 한 것으로 만약 LRC 값이 0이면 ETX로 하였다. 소프트웨어의 기능에는 X-Y로봇에 의한 용접선의 스케닝 및 스케닝 간격 조정, 스케닝한 좌표대로 작업원점으로 이동하여 용접, X, Y 좌표의 디스플레이, 기타 스케닝한 데이터의 저장 및 저장된 데이터의 Load 등이 포함되어 있다. 스케닝한 데이터는 텍스트 파일로 저장되어 언제라도 다시 호출하여 반복작업을 할 수 있다.

III. 실험방법

그림 4에 프로그램을 실행하여 용접선을 추적한 후 용접을 하고 프로그램을 종료하는 과정을 개략적으로 나타내었다. 우선 프로그램을 실행하여 PC와 RS-232 케이블로 연결된 Motion Controller와 통신을 하기 위해 통신포트를 Open 시킨다. 통신포트가 에러 없이 열리면 로봇의 실제 원점을 잡기 위해 원점이동 작업을 수행한다. 그 다음 추적하고자 하는 용접선의 초기 작업 원점으로 이동한다.

초기 작업 원점은 그림 5의 (a)와 같이 Fiber Sensor의 좌(A)와 우(C)가 모재와 가까이 있어 ON이 되고 중심(B)는 OFF가 된 상태가 된다. 결국 용접선은 센서 A와 C가 ON, B가 OFF인 상태로 X축 방향으로 진행하면서 스케닝을 하게 된다. X축 방향으로 진행도중 용접선이 굴곡된 모양으로 말미암아 센서의 위치가 그림 5의 (b)와 같이 되면 직각 로봇의 Y축을 좌, 우로 흔들면서 그림 (a)의 위치가 되도록 움직여 센서가 (a) 그림과 같이 정위치하면 X축 방향

으로 지정된 값만큼 진행하게 된다. 그리하여 용접하고자 하는 길이만큼 스캐닝을 완료하고, 완료한 스캐닝 데이터를 텍스트 파일로 저장하며, 용접을 할 때는 용접버튼을 눌러 이전에 스캐닝한 데이터대로 용접을 하게 된다. 용접시 Fiber 센서와 용접토치와의 간격이 50[mm] 떨어져 있어서 50[mm] 값을 X축의 작업 원점에 보상하여 용접을 하게 하였다.

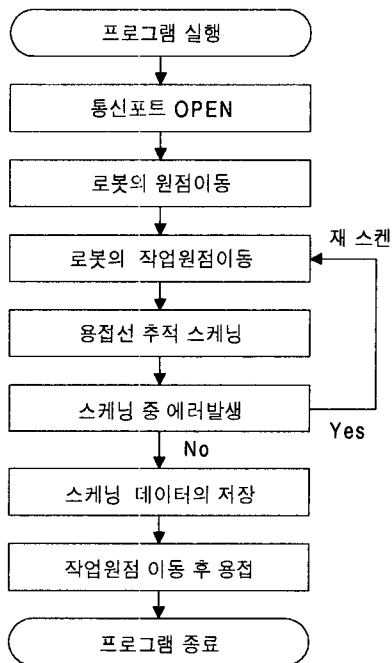


그림 4. 용접선 추적 플로우 차트
Fig. 4 The flow chart of seaming tracking

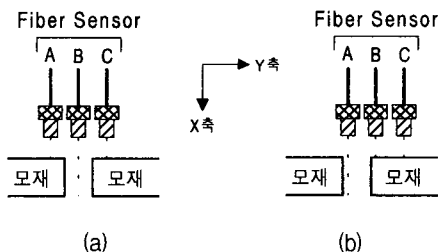
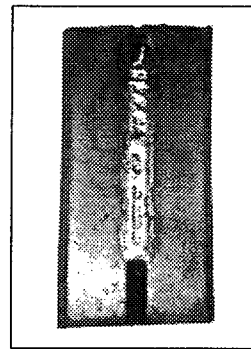


그림 5. 센서와 모재와의 위치
Fig. 5 The position between sensor and plates

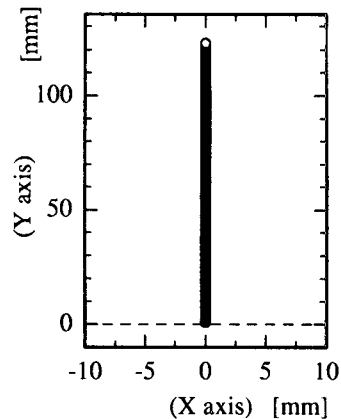
IV. 실험 결과 및 고찰

서론에서도 밝혔듯이 점진적인 용접자동화의 일환으로 본 논문에서는 단순한 X-Y 동일 평면의 용접할 모재의 시편을 사용하여 용접선을 추적하고 실제 추적된 용접선을 따라 용접을 실시해 보았다. 첫 번째로 용접 시편이 직선인 경우의 직선추적과 추적 후 용접을 행하여 보았고, 두 번째로 약간 기울기를 가진 직선의 시편에 대하여 사선추적 및 용접을 행하였다. 세 번째로 좌우 굴곡이 있는 모재에 대하여서는 현재 보유하고 있는 모재에 개선을 만들기 어려워 용접선 추적만을 행하여 데이터만을 평가해 보았다.

X-Y 로봇의 데이터를 얻는 스캐닝 간격은 진행방향 Y축으로 1mm, 좌우로 움직이는 X축으로 0.5mm 씩 움직이면서 하고 있다.



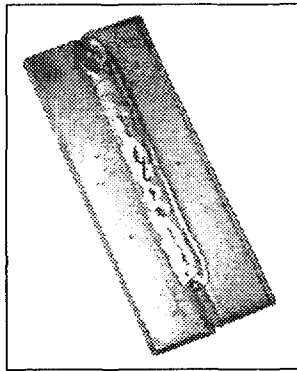
(a) 직선 용접선 추적 사진



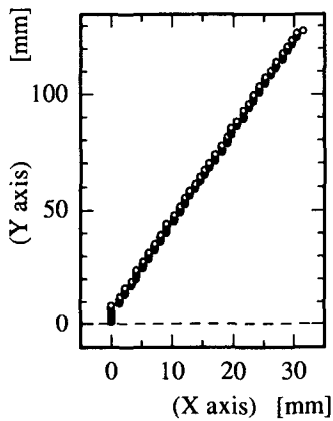
(b) 직선 용접선 추적 그래프

그림 6. 직선 용접선 추적
Fig. 6 The straight seam tracking

그림 6에 작업원점으로부터 약 122mm 정도의 직선 시편을 추적한 결과를 그래프 (b)에 나타내고 추적한 용접선의 데이터를 토대로 용접을 행한 사진을 (a)에 나타내고 있다. 그래프 (b)와 같이 직선의 용접선의 경우는 Y축 방향으로 1mm씩 전진하고, 전진한 후 3개의 fiber 센서 중 center의 센서가 여전히 ON인 상태를 유지하고 좌우측 센서는 OFF인 상태를 유지하므로 그 상태에서 데이터를 취득하게 된다. 따라서 직선 추적의 경우 좌우로 움직이는 X축의 동작이 행하여지지 않으므로 상당히 빠른 시간에 스캐닝 동작이 완료된다. 그래프 (b)에서 보는 바와 같이 직선으로 된 용접선 추적이 매우 잘 행하여진 것을 확인할 수 있다.



(a) 사선 용접선 추적 사진



(b) 사선 용접선 추적 그래프

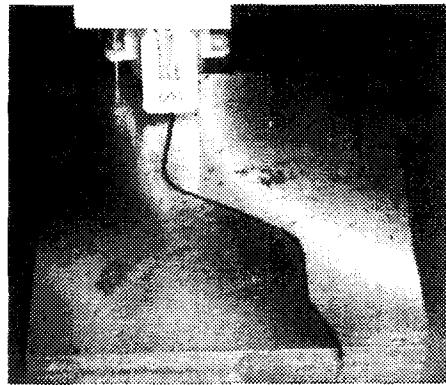
그림 7. 사선 용접선 추적

Fig. 7 The sloping seam tracking

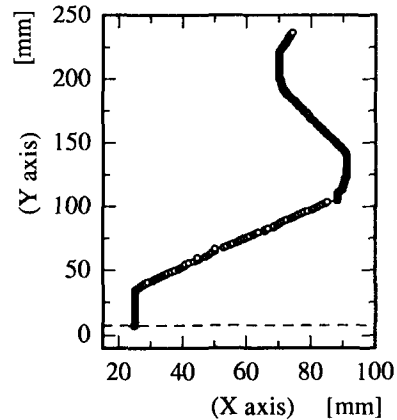
그림 7에는 사선으로 비스듬한 각도를 가진 용접

선을 추종한 결과를 나타내고 있다. 직선 용접선 추적과 마찬가지로 그 결과가 매우 양호한 것을 알 수 있다. 그래프 상으로는 데이터 값들이 지그재그 모습을 하고 있지만, 용접시에는 용접 비드가 녹아 내리므로 선형적으로 용접이 되고 있음을 알 수 있다.

그림 8에는 위의 그림 7과 8의 형상이 모두 존재하고 기타 굴곡을 혼합한 곡선의 용접선 추적 결과를 나타내고 있다.



(a) 추적할 곡선 용접 모재 사진



(b) 곡선 용접선 추적 그래프

그림 8 곡선 용접선 추적

Fig. 8 The curved line seam tracking

실제 용접선 추적 후 용접은 하지 않았지만 사진 (a)의 상당히 기울어진 직선과 곡선 모두가 존재하는 용접선을 그래프로 나타내 본 결과 잘 추적하고 있는 것을 알 수 있다. 추적과정 중 2개소(X축을 기준으로

약 50mm와 85mm 지점)에서 약간의 데이터가 부드럽게 이어지지 못하고 어긋나 있음을 알 수 있는데 이는 철판의 면이 완전히 고르지 않아서 센서의 감도에 이상이 생겨 발생한 것으로 보이며, 이와 같은 오차는 실제 용접시에는 용접와이어가 녹아 흐르면서 용접하므로 그다지 큰 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다. 이러한 경우 시간은 더 소요되겠지만 X-Y 로봇의 스캐닝 간격을 더 짧게 하면 오차는 줄일 수 있을 것이다.

이상에서 알 수 있듯이 용접할 용접선의 형상이 직선, 기울어진 직선 및 곡선에 관계없이 센서의 그 추종 상태는 매우 양호한 것을 실험을 통해서 확인할 수 있었다.

V. 결론

용접 자동화를 위해 3개의 Fiber Sensor와 X-Y 직각 로봇을 이용하여 높이가 같은 모재의 용접선 추적을 직선, 기울기를 가진 직선 및 곡선에 대하여 실제 추적을 해 보고 용접실험을 실시해 본 결과, 용접선 추적면에 있어서는 어떤 형상에서도 상당히 좋은 성능을 얻을 수 있었다. 본 논문은 용접선의 추적에 중점을 두고 행하여진 실험으로 용접상태에 있어서는 그다지 좋은 결과를 얻지 못하였다. 이점은 용접에 관련된 여러 변수 조정이 선행되어야만 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 문승빈, 홍성진, 황찬영, "아크 용접 로봇 제어기의 구조" 대한용접학회지 제14권 제4호, 1996, 12.
- [2] Hirokazu Nomura: Sensors and Control Systems in Arc Welding, CHAPMAN & HALL, pp.11-12.
- [3] 윤충섭, 양상민, 박희창, 한유희, "레이저 용접에서의 용접선 추적 장치", 대한용접학회지, 제12권 제2호, 1994, 6.



배철오(Cheri-O Bae)
 1993년 2월 한국해양대학교 기관공학과 졸업(공학사)
 1997년 8월 한국해양대학교 대학원 기관공학과 졸업(공학석사)
 2000년 8월 한국해양대학교 대학원 기관공학과 박사과정 수료

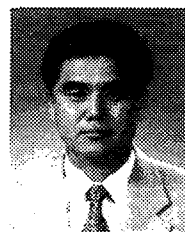
박영산(Young-san Park)

한국해양정보통신학회 논문지 SEPT 1999 제3권 제3호 p.659 게재(사진참조)
 1991년 2월 한국해양대학교 기관공학과 졸업(공학사)
 1997년 2월 한국해양대학교 대학원 기관공학과 졸업(공학석사)
 2000년 2월 한국해양대학교 대학원 기관공학과(공학박사)
 2000년 2월~현재 목포해양대학교 기관공학부 전임강사



이성근(Sung-geun Lee)
 1983년 한국해양대학교 기관공학과 졸업
 1990년 동대학원 기관학과 졸업(석사)
 1998년 동대학원 졸업(박사)
 현재 한국해양대학교 전기전자공학부 조교수

※주관심분야 : 인버터설계 및 전동기 제어, 마이크로프로세서 응용 및 전기기기제어



김윤식(Yoon-sik Kim)
 1977년 한국해양대학교 기관공학과 졸업
 1979년 동대학원 졸업(석사)
 1986년 동경공업대학 대학원 졸업(석사) 및 동대학원 졸업(박사)

현재 한국해양대학교 전기전자공학부 교수

※주관심분야: 전력전자 및 디지털가버너, MHD 발전 및 MHD 추진

안병원(Byong-Won Ahn)

제3권 제2호 참조