

영상정보처리에 의한 용접선 추적에 관한 연구

배철오* · 박영산** · 이성근* · 김윤식* · 안병원** · 김현수*

*한국해양대학교 · **목포해양대학교

A Study on the Seam Tracking by Using Image Processing

Cherl-o Bae* · Young-san Park** · Sung-geun Lee* · Yoon-sik Kim*

Byong-won Ahn** · Hyun-soo Kim**

*Korea Maritime University · **Mokpo Maritime University

요 약

최근, 아크용접을 하는데 있어서 보다 균일한 용접상태와 용접품질의 향상 및 동일시간에 보다 많은 용접을 함으로써 생산성 향상을 위해 로봇의 이용이 점차로 증가하고 있다. 로봇용접의 과정 중 실제 용접을 실시하기 위해 로봇을 움직이기 이전에 용접할 부위의 검출이 선행되어야 하고, 그 검출방법에 있어서 크게 접촉식과 비접촉식으로 대별된다. 본 논문에서는 비접촉식 중 영상처리센서인 레이저 다이오드와 CCD 카메라를 이용하여 CCD 카메라를 거친 영상을 처리하여 용접선을 추적하고 용접을 하도록 하고 있다.

레이저 다이오드를 용접모재와 어떤 각도를 가지도록 조사하게 되면 모재표면의 형상에 따라 반사되는 굴곡면이 달라지게 되는데 이 형상이 CCD 카메라를 통해 입력되고, 이 입력된 화상을 이미지 보드와 프로그램을 통하여 분석을 하고, 얻어진 용접선의 화상의 좌표 값을 토대로 로봇을 이동 시킴으로써 용접을 하도록 하고 있다. 용접은 실시간으로 이루어짐으로써 생산성 향상에 크게 기여할 수 있다. 또한 모재에 따라 굴곡이 다른 1차원 평면의 용접인 경우는 약간의 프로그램 수정으로 대부분 추적 가능하다.

ABSTRACT

Recently, the use of Robot increase little by little for the purpose of developing a welding quality and productivity in the arc welding part. It is more important to contact the seam for arc welding before moving a welding robot. There are two types of method to contact the seam namely contact and non-contact type largely. In this paper, image processing sensor(a kind of non-contact sensor) is concerned to track the seam by using laser diode and CCD camera. A structured laser diode's light illuminated on the weld groove and the reflected shape is introduced by CCD camera. The image board captures this image and software analyzes this image. The robot is moved and welded exactly as acquired image X-Y data is changed with robot's X-Y value. Also, most of seam tracking are considered by changing the program simply in case of the different weld groove of plane surface.

1. 서 론

점점 산업화가 가속화되어 가고 보다 더 정밀한 가공을 원하는 부분들이 증가하고 있는 추세이다. 이러한 분위기속에서 용접분야도 예외 없이 기존보다 보다 정밀하고 높은 생산성을 가진 작업을 위해 용접 로봇의 사용이 증가되고 있다.

하지만 우선 용접로봇의 사용 이전에 선행되어야 할 작업이 용접할 부위의 검출이라 할 수 있다. 그래서 이 용접선의 발견 및 추적을 위해 여

러 센서들이 사용되고 있는데, 그 중에는 크게 용접모재를 센서가 접촉하고 있는가 아닌가에 따라 접촉식과 비접촉식으로 나누고, 비접촉식 센서중에서도 비영상처리 센서와 영상처리 센서로 나눌 수 있다. 비영상처리 센서로는 음향센서, 초음파 센서, 자기센서, 전자기 센서 등이 사용되고 있고, 영상센서로서 레이저와 CCD 카메라를 이용한 방법이 사용되고 있다.^{[1][2]} 이 중에서 영상처리 센서는 개선부에 대한 다양한 자료를 화면상을 쉽게 얻을 수 있어 좀더 정밀한 작업을 할 수 있는 장

점이 있다. 그래서 본 실험에서는 이 영상처리 센서를 사용하여 용접선을 추적하는 실험을 해 보았다. 여기서부터는 영상처리 센서를 쉽게 비전센서라 칭하여 기술하도록 하겠다.

II. 본 론

1. 실험장치

본 연구를 위한 실험장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다.

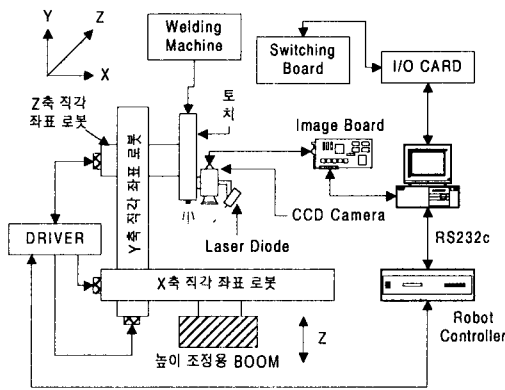


그림 32. 실험장치 개략도

실험장치는 크게 CO₂ 용접을 위한 용접기와 토치, 용접할 부위를 감지할 비전센서부인 Laser Diode와 CCD 카메라, 카메라에 들어온 영상 데이터를 입력받아 처리할 Image Board, 개인용 범용 PC, XYZ 직각 로봇 및 컨트롤러, 입출력용 I/O card, 외부 작동 패널 등으로 구성되어 있다.

용접기는 CHOWEL IGBT 인버터 제어 CO₂ 가스 아크 용접기이고, 용접기의 Wire 이송장치는 Hoisting Stroke가 600[mm], Boom Stroke가 1500[mm]인 Manipulator에 고정되어 있다. Boom 끝단으로 X축 직각좌표로봇이 연결되어 있고, 이 X축 로봇에 또한 Y, Z축이 차례로 연결되어 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.

직각 좌표 로봇은 다사테크에서 제작된 것으로 X축의 Stroke는 600[mm], 무게는 20[kg] Y축의 Stroke는 400[mm], 무게는 10.8[kg], Z축의 Stroke는 150[mm], 무게는 5[kg]인 사양이고, 로봇의 모션 컨트롤러 역시 다사테크에서 제작된 것으로 32-bit RISC CPU를 탑재하고 있으며, 간이 PLC가 내장되어 있어 별도의 PLC없이 로봇 시스템 구성이 가능한 데스크형의 3축 컨트롤러를 사용

하고 있다. CCD 카메라는 미국 Pulnix사의 TM-200(EIA) 모델로 픽셀이 768(H)×494(V)이고 525개의 스캐닝 라인을 가지고 있으며, 렌즈의 초점은 수동으로 조작을 하고 있다. 카메라의 렌즈 부분에는 아크 용접시 발생하는 강한 광, 스파터의 노이즈를 줄이기 위해 특정 파장 대역만을 통과시키는 대역통과 필터를 설치하였다. 화상의 이미지를 처리하는 보드로는 Eruesys사의 DOMINO MAXI 모델의 PCI 카드로 해상도는 1300×1030까지 지원을 하며, PC의 점유율이 낮고 고속으로 이미지를 처리할 수 있다. 광원으로 사용되는 레이저 다이오드는 파장이 650±5[nm]의 적색 가시광선이고, 출력이 30[mW]이며 레이저 본체를 들리면 초점을 맞출 수 있는 모델이다. 레이저 다이오드는 점광원이기 때문에, 영상이미지로서 조사되기 위해서는 어떤 구조화된 선광으로 바꾸어야 하는데, 이를 위해 레이저 다이오드 끝단에는 원통형 모양의 렌즈가 삽입되어 선 모양의 레이저로 변형시키고 있다. Z축 로봇에는 그림 2에서 보는 것과 같이 용접의 진행방향을 X축으로 하였을 때 Z축에 용접토치, CCD Camera, Laser Diode 순으로 설치되어 있다. 카메라 중심에서 용접토치 중심까지의 간격은 77mm 정도의 거리를 두고 떨어져 있으며, 제일 선단의 레이저 다이오드는 CCD 카메라에 다이오드의 광이 잘 위치하도록 조절하기 위해 회전하도록 되어 있다.

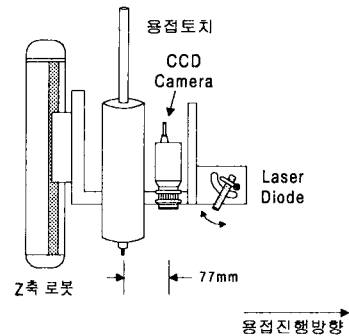


그림 33. 비전센서 상세도

기타 장치로 PC 슬롯에 직접 삽입한 AT-Bus용 I/O card가 설치되어 있는데 16 채널의 Relay Actuator 출력과 16 채널의 opto-isolated 입력을 받아들일 수 있어 이를 이용하여 PC에서 조작뿐만 아니라 로컬측에서도 조작가능 하도록 조작버튼과 각종 램프의 입출력을 조작하고 있다.

III. 실험방법

1. 비전센서를 이용한 용접선 추적 원리

그림 3에 비전센서를 이용하여 용접선을 추적하는 원리를 나타내고 있다.^[3] 용접의 진행방향에

면 앞쪽에 레이저 다이오드를 통해 구조화된 빛이 용접 모재에 투사되면 모재에서 반사된 빛이 카메라로 들어오게 된다.

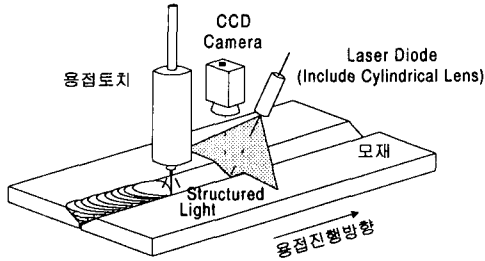


그림 34. 용접선 추적 원리

용접 모재에 따라 파여진 홈의 형상이 다 다르기 때문에 각각의 다른 개선부의 모습이 카메라 영상에 가로픽셀과 세로픽셀의 2차원 데이터 값으로 나타나게 된다. 이 화상 이미지의 2차원 좌표 값을 분석하여, 영상좌표에서 다시 로봇의 X-Y 이동 값으로 변환하여 로봇을 이동시켜가면서 실시간으로 용접을 하게 된다.

2. 소프트웨어

영상 데이터를 얻고, 이를 분석하여 로봇을 이동시켜 용접을 하는 소프트웨어는 델파이 5.0 버전을 기준으로 구현하였다.

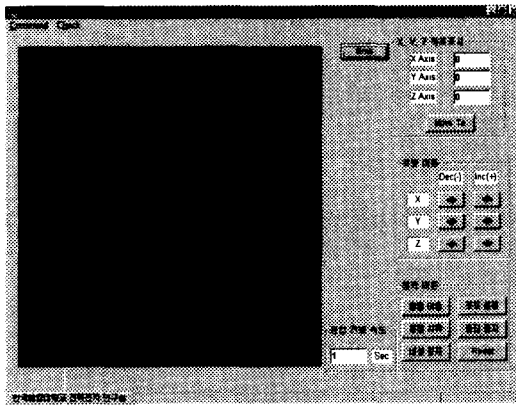


그림 35. 구동 소프트웨어

로봇과의 통신은 RS-232C 케이블을 이용하였고, 에러검출은 통신의 한 패킷마다 그 끝에 보내는 LRC 계산을 체크하여 수행하였다. 그림 4의 실행화면을 보면 우측 상단에 로봇의 3개의 현재 좌표가 보여지고 있고, 또한 좌표에 값을 넣고 이동 버튼을 누르면 원하는 좌표로 로봇을 이동시킬 수 있다. 우측 가운데에는 화상표 버튼을 눌러 로봇을 이동시키는 버튼이 있고, 그 아래에는 용접에 필요한 버튼이 만들어져 있다.

프로그램이 실행되면 로봇과의 통신을 위해 포트 열고, 로봇의 초기화를 위해 원점이동을 한

다. 원점 이동 후 작업할 모재가 있는 곳으로 좌표 값을 입력하거나 방향키를 눌러 원하는 위치로 이동시킨 후, 용접 시작 버튼을 누른다. 용접 시작과 동시에 화면상에는 모재의 형상에 따른 이미지가 나타나고 용접할 부위를 찾아 점을 찍는다. 점이 찍히면 데이터로 그 좌표 값이 버퍼에 저장되고 저장된 값을 로봇의 좌표 값으로 변환하여 내보내 로봇을 이동시킨다. 용접도중 화상 이미지가 완전평면이거나 검출을 하지 못하면 용접을 종료하도록 하고 원하면 로봇의 이동 경로를 좌표 값을 저장하여 반복작업을 할 수 있게 하였다. 카메라의 렌즈 위치와 용접토치와는 77mm정도의 오차가 있으므로 이 값도 보상하여 로봇은 항상 용접토치의 센터부분이 중심이 되도록 움직이게 하였다.

3. 영상정보처리

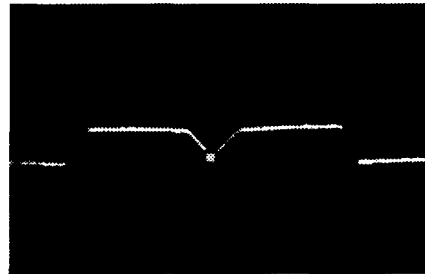


그림 36. 캡처된 이미지

그림 5에는 입력된 V형 모양의 개선을 가진 모재의 화상 이미지를 나타낸다. 이미지의 처리과정을 보면, CCD 카메라를 통하여 입력된 화상은 일단 이미지 보드의 버퍼에 1열로 읽어 들어지게 된다. 이 1열로 들어온 데이터는 가로로 512픽셀, 세로로 480 픽셀로 2차원 배열로 변환하고, 이 변환된 픽셀은 픽셀당 8bit의 값으로 최대 255의 농도를 가지며, 정확히 용접선을 이미지상에서 추출해 내기 위해 농도가 120에서 255사이이면 255(백색)로, 120보다 작으면 0(흑색)으로 하여 빛의 밝기를 명확히 흑백으로 구분지게 한다.

화상의 이미지가 명확히 흑백으로 구분이 되면 V 모양 개선의 아래 꼭지점을 찾아야 한다. 찾는 방법은 일단 표1에서와 같이 좌측 상단의 (0,0)에서부터 시작하여 우측 하단 (419,511)까지 각각의 픽셀 값을 읽어 들여와 비교하게 된다. (0,0)부터 가로방향의 픽셀은 고정하고 세로방향으로 (1,0), (2,0), ..., (419,0) 픽셀을 증가시킨다. 증가하는 중에 255(백색)와 비교하여 값이 같으면 그때의 세로 픽셀의 좌표 값과 가로 픽셀의 좌표 값을 버퍼에 저장시킨다. 그 다음 두 번째로 (0,1)에서 마찬가지로 세로로 픽셀을 증가시켜 그 값이 255이면 그때의 세로와 가로의 픽셀 값을 기억하게 된다. 이렇게 하여 (419, 511)까지 픽셀을 255와 비교하게 되면 그림 5에서와 같은 흰색의 라인이

좌표 값으로 기억되게 된다.

표 1. 픽셀의 배열모습

(0,0)	(0,1)	(0,2)	(0,3)	...	...	...	...	...	(0,511)
(1,0)	...	...	...	...	...	...	...	...	(2,511)
(2,0)	...	...	...	...	...	...	...	...	(3,511)
(3,0)	...	...	...	...	...	...	...	...	(4,511)
...
...
...
...
(477,0)	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(478,0)	...	...	...	...	...	...	...	...	(478,511)
(479,0)	...	...	...	...	...	...	...	...	(479,511)

이 과정으로 전체적인 라인의 좌표 값이 찾아졌고, 다음으로 V의 하단 꼭지점을 찾기 위해 읽어들인 좌표 값을 기준으로 앞과 뒤로 5픽셀씩 기울기를 비교하게 된다.

V의 꼭지점에서 좌우 기울기를 비교하였을 때, 양쪽은 좌우 대칭이므로 각각의 기울기에서의 세로축 좌표 값이 동일하게 된다. 그래서 이 점을 추적할 용접선으로 간주하고 그림 5에서와 같이 네모난 점을 찍어서 나타내었다. 이렇게 좌표 값을 찾게되면, 이 값을 버퍼에 저장하고 로봇은 2[mm](이 값은 변경 가능) X좌표 로봇의 진행방향으로 전진하고 다시 화면을 캡처하여 화면상으로 읽어 들이게 된다. 처음 한번 전 픽셀을 읽어 들여 비교하고, 그 이후로도 똑같은 일을 반복하면 처리시간이 길어지므로 두 번째부터는 처음 추출한 좌표 값을 기준으로 가로 픽셀을 좌, 우로 50개씩, 세로 픽셀은 위, 아래로 10개씩만을 블록으로 만들어 용접선으로 추출하여 처리시간을 단축시켰다. 그 이후 계속 용접하면서 전진하여 캡처한 이미지중 용접선의 좌표를 읽어들이지 못하면 화상좌표 값의 저장을 중지하게 된다.

좌표 값의 저장은 멈추게 되지만, 용접도치와의 거리관계로 로봇은 이미지 좌표 값보다 78[mm] 진행 후 동작을 멈추고, 따라서 이때 용접도 종료하게 된다. 만일 똑같은 모재를 반복하여 다음에도 용접을 할 경우에는 저장된 데이터를 호출하여 비전센서의 반복된 동작 없이도 용접을 할 수 있다.

IV. 실험결과 및 고찰

텔파이 5.0으로 구현된 프로그램을 구동시켜 추적실험을 실시하였다.

레이저 다이오드에 의해 조사된 시편의 모습을 그림 6에 나타내었다. 조사된 빛이 용접시편의 형상에 따라 굴곡이 됨을 볼 수 있다. 이러한 상태로 로봇을 이동시켜 곡선의 용접선을 추적하여 그 궤적을 그린 그래프를 그림 7에 나타내었다.

3~4 개소에서 매끄럽지 못한 용접선을 추적한

것을 볼 수 있으나, 이는 약 1.6[mm] 정도로 실제 용접시 용접봉의 비드가 녹아내리면서 용접이 되므로 거의 무시할 정도라 할 수 있겠다.

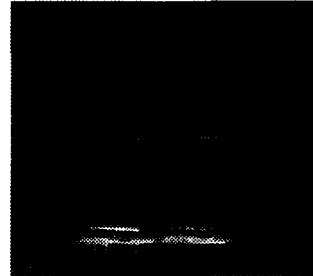


그림 6. 레이저 다이오드가 시편에 조사된 모습

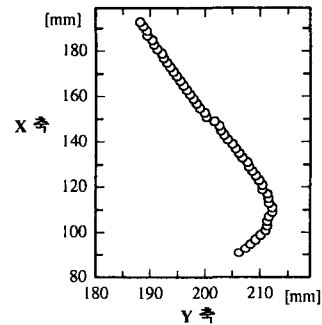


그림 7. 곡선 용접선 추적

그림 8에 기울기를 가진 시편의 용접선 추적 그래프를 나타내었고, 그림 9에 실제로 용접한 시편의 모습을 나타내었다. 추적은 양호한 것을 볼 수 있으나, 용접상태는 그다지 좋지 못하였다. 이는 전압과 전류 같은 용접조정 변수가 적당치 못했기 때문이라 생각되어 진다. 그리고 실제로는 실시간으로 용접을 하게 되면 용접 빛에 의해 상당히 많은 노이즈가 섞여 화면상에 나타나게 되는데, 이의 처리 요령이 용접선 추적의 중요한 관건이라 할 수 있다.

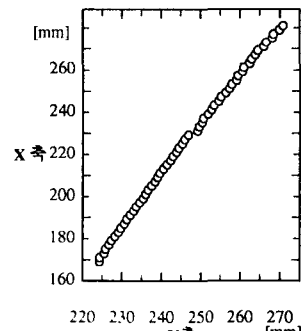


그림 9. 사선 용접선 추적

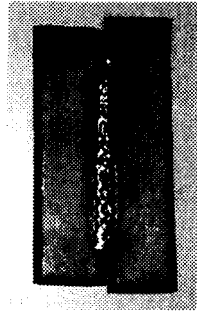


그림 9. 용접 시편 사진

V. 결 론

본 연구에서는 용접선 추적의 여러 방법 중 CCD 카메라와 레이저 다이오드를 활용한 비전센서를 이용하여 용접선을 추적하고 실시간으로 용접해 본 결과, 비전센서의 장점인 개선부의 모양이 정밀하게 화상 이미지로 전환됨을 확인하였고, 추적정도 또한 정확함을 알 수 있었다. 여기서는 비록 V형의 개선부를 가진 모재의 용접에 관해 기술하고 있지만, 다른 단면에 관해서도 간단히 프로그램의 수정에 의해 추적이 이루어지리라 생각되어 진다. 또한 아직까지는 높이를 가진 모재에 관해 고려치 않고 용접선을 추적하였으나, 앞으로의 과제인 Z축까지 고려하게 되면 입체적인 용접이 가능하리라 생각되어 진다.

참고문헌

- [1] 김호학, 부광석, 조형석 "자동 아크 용접고정의 용접개선변수 측정을 위한 시각 시스템" 대한용접학회지 제8권 제2호, 1990, 6.
- [2] 윤충섭, 양상민, 박희창, 한유희, "레이저 용접에서의 용접선 추적 장치", 대한용접학회지, 제12권 제2호, 1994, 6.
- [3] J.D. Lane : ROBOTIC WELDING, IFS (Publications) Ltd. UK, pp. 91-101. 1987