

# I형 맞대기 용접선 추적용 시각센서 시스템에 관한 연구

A study on the Vision Sensor System for I-Butt Weld Joint Tracking

배희수\* · 김재용\*\*

\* 영남대학교 대학원 기계공학과

\*\* 영남대학교 공과대학 기계공학부

## 1. 서 론

용접공정의 자동화에 있어서 다양한 용접선 모양이나 장착오차, 열변형 등에 대한 대책은 필수적이다. 그러므로 센싱 시스템은 용접선 추적뿐만 아니라 용접 조인트 형상을 감지하고 그에 대한 채움량을 결정하거나,<sup>1)~2)</sup> 소형의 센싱헤드와 여러 타입의 조인트 형상에도 잘 적용될 수 있으며, 열악한 용접환경에 강건하고 센싱 능력이 보장되어야 한다.<sup>2)</sup> 이러한 센싱 시스템에는 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 CCD 카메라와 Diode Laser를 이용하여 입체적 특징점이 없는 I형 맞대기 용접선을 추적하기 위한 시각센서 시스템을 구성하고, H/W와 S/W적인 조작을 통하여 용접시 발생하는 스패터의 영향을 최소화시켜 센서 시스템의 신뢰도를 높이고, 연산시간을 최소화하여 레이저용접 같은 고속용접에의 적용 가능성도 타진하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. 시스템 구성

시각센서 헤드는 크게 다이오드 레이저(diode laser), CCD 카메라(Charge Coupled Device Camera), 대역통과필터(band pass filter)로 구성하였다. 광원으로는 파장 692.5nm, 최대출력 2mW의 적색 가시광인 다이오드 레이저를 사용하였고, 점광으로부터 구조화된 광을 만들어내기 위하여 원통형 렌즈(cylindrical lens)를 장착하였으며 거리에 따라 초점 조절이 가능한 구조로 하였다. 실제 아크용접시 발생하는 아크광, 스패터, 매연, 주위의 밝기 변화 등에 의한 노이즈를 줄이기 위하여 특정 파장 대역만을 통과시키는 대역통과필터를 카메라의 렌즈 앞부분에 장착하였다. 용접 중 스패터, 폼(fume)등으로부터 광학계를 보호하기 위하여 센서 아래쪽에 유리판을 설치하였다. 모재에서 카메라 렌즈까지의 거리는 147mm로 설정하였으나 필요에 따라 조절 가능하도록 설계하였으며 다이오드 레이저와 카메라

렌즈의 중심축까지의 거리는 72mm, 선행거리(look ahead distance), 즉, 레이저 띠와 토치의 거리는 약 50mm이다.

화상처리보드로는 640(H)×480(V)의 이미지 크기를 가지는 흑백 삼성 비전보드 MVB03을 사용하였고, 그 외에 용접토치를 장착한 3축 직선서보 이송장치, GMA 용접기, 제어용 PC 등으로 구성하였다.

### 2.2. 화상처리

화상처리에 영향을 미치는 인자들은 첫째로 광학계의 설계변수들로서, 구조화된 빛의 파장, 강도, 빛의 선폭, 카메라와 구조화된 빛과 모재 표면과의 각도, 광학필터의 대역폭 등이며, 둘째로 화상처리 변수들로서, 화상의 원도잉, S/W 필터링, gray level, threshold 값, 세션화 방법 등이다. 본 연구에서는 첫 번째 인자들에 대해 기존의 연구결과들과 예비조사 결과를 이용하고, 두 번째 인자들은 실험을 통해 결정하였다. 본 연구를 통한 예비연구에서 구조화된 빛으로 사용하는 반도체 레이저의 출력, 카메라 조리개의 개폐정도, 셔터 속도 등이 화상의 품질에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

수평방향 등속운동으로 가정한 스패터의 간단한 모델링을 통하여 카메라 전자셔터의 속도를 결정하였으며, 레이저 출력과 조리개 개폐도를 여러단계로 변화시켜 가면서 얻은 화상에서 레이저 출력과 조리개의 관계를 규명하였다.(Fig. 1)

관심영역(Region Of Interest : ROI, 400×100) 내에서 레이저 띠 부분을 추출하는 방법은, 다섯 개의 임의의 칼럼을 정하여 세로방향으로 3개의 픽셀로 이루어진 윈도우를 정하고, 그 윈도우를 칼럼의 상단에서 하단으로, 하단에서 상단으로 각각 이동시키면서 윈도우 내에 존재하는 픽셀들의 평균이 레이저 띠로 여겨질 수 있는 일정한 값을 가지는 두 지점 사이를 레이저 띠의 위치로 결정하였다.(Fig.2) 이렇게 얻어진 레이저 띠에서 원하는 특징점을 추출하기 위하여 레이저 띠의

intensity를 나타내는 gray level의 차이를 이용하여 정확한 용접선의 위치를 인식하였다. 레이저 띠 부분의 각 칼럼에 대한 gray level의 합을 구하고 중심차분법을 적용하였다. 중심차분법은 선을 형성하는 데이터를 2차 미분하여 변곡점을 찾아내는 방법으로 식은 다음과 같다.

$$\text{Diff}_{\text{cent}} = \frac{Y_{\text{pos}}(i-k) + Y_{\text{pos}}(i+k) - 2Y_{\text{pos}}(i)}{2 \times k}$$

여기서,  $Y_{\text{pos}}(i)$ 는  $i$ 번째의 위치데이터이고  $k$ 는 중심차분 구간이다.

중심차분 구간이 작으면 데이터의 소실이 적고 작은 변화에도 민감하나 노이즈의 영향을 많이 받게 되며, 크면 데이터의 전체적인 경향을 쉽게 알 수 있고 노이즈에 둔감하나 데이터의 소실이 많아지고 작은 변화들은 놓치기 쉽다. 본 실험에서는 중심차분 구간을 여러단계로 변화시켜 가면서 실험을 한 결과 가장 적당한 중심차분 구간을 6으로 결정하였다.

중심차분값이 최대가 되는 지점을 용접선의 위치로 인식하였다.

### 2.3. 용접선 추적 알고리즘

시각센서로부터 감지된 화상을 비전보드를 통해 PC로 받아 들이고 640×480 크기의 화상으로부터 400×100 크기의 관심영역을 정의한 후, 그 관심영역 내에서 레이저 띠를 추출하고 레이저 띠 부분 내에서 중심차분법을 이용하여 용접 조인트의 위치를 구한다. 먼저 추출하고자 하는 레이저 띠가 관심영역 내에 있고 그 띠에 용접 시작점이 있으면, 띠 부분을 추출하여 중심차분법으로 용접 시작점의 위치를 찾아내어 센서 및 용접 토치를 용접 시작점에 위치시키면서 선행거리만큼의 위치정보를 먼저 파악하게 된다. 용접 시작 명령을 내리게 되면 용접 진행방향으로 이동하면서 주어진 sampling time마다 화상을 받아 들여 다음의 조인트 위치정보를 중심차분법으로 얻어내게 되고 이송해야할 거리를 계산한다. 이렇게 계산된 이송거리를 3축 직선 서보 이송장치의 각 축 서보모터로 이송치 만큼의 펄스를 출력 시킴으로써 정확한 용접선을 추적한다. 화상처리 및 추적을 위한 총 연산시간은 0.04초에서 0.05초 가량이며 이는 시각센서로서는 상당히 빠른 시간이다.

Table. 1에는 실험에 이용한 용접조건들을 나타내었다.

### 3. 실험 결과 및 결론

실험은 먼저 초기 용접방향에 대하여 각각 5°, 10°, 15° 씩 기울어진 직선 용접선에 대하여 각각 용접속도 7mm/s, 10mm/s, 12mm/s, 용접길이 130mm, sampling time 0.1초로 하여 용접을 하지 않는 상태와 용접 중의 추적 성능을 각각 확인하였다. Fig. 3은 용접하는 상태에서의 용접선 각도 15°, 속도 12mm/s에 대한 추적성능과 오차를 나타낸다.

다음으로 용접을 하면서 용접선이 진행 중에 10° 꺾인 시편에 대하여 각각 용접속도 7mm/s, 10mm/s, 12mm/s, 용접길이 130mm, sampling time 0.1초로 하여 용접선 추적 성능을 확인하였다. Fig. 4는 용접속도 12mm/s에 대한 추적성능과 오차를 나타낸다.

마지막으로 용접선이 10° 꺾인 모재에 대하여 용접속도 15mm/s, 용접길이 180mm, sampling time 0.06초로 하여 레이저 용접속도와 같은 수준으로 용접선 추적 성능을 확인하였다. Fig. 5는 그에 따른 추적성능과 오차를 나타내며, 실제 용접한 모재를 Photo. 1에 나타내었다.

상기의 모든 실험에 있어서 아주 작은 오차범위 내에서 좋은 정도를 가지며 성공적으로 용접선을 추적하였으며, 간단한 화상처리 알고리즘으로 연산시간을 최소화하여 고속용접에도 적용 가능함을 확인하였다.

### 4. 참고문헌

1. R.W.Richardson and C.C.Conrardy, "Coaxial Vision-Based Control of GMAW", International Trends in Welding Science and Technology, Gantlinburg, Tennessee, 1-5 Jun 1992, Materials Park, Ohio, ASM International, 1993 1992, pp957-961
2. J.E.Agapakis, K.Masubuchi, N.Wittels, "General Visual Sensing Techniques for Automated Welding", Proc. of the 4th International conference on Robot Vision and Sensory Controls 9-11, October, 1984, London, U.K., pp103-114
3. 정규철, "GMA 용접에서 용접선 추적용 시각 센서 시스템에 관한 연구", 영남대학교 대학원, 기계공학과 석사학위논문 1998
4. 이준석, 박창규, 윤재웅, 김재훈, "용접선 추적을 위한 레이저 비전 센서에 관한 연구", 대한 용접학회 98년도 춘계학술대회논문집 pp419-422

Table. 1 Welding conditions

모재	2t/압연 냉간 강판
용접 전류 / 전압	143A / 17V
와이어 직경	1.2mm
팁 - 모재 거리	18mm
카메라 렌즈-모재 거리	147mm
선행거리	50mm
보호가스	CO <sub>2</sub> 80% + Ar20%

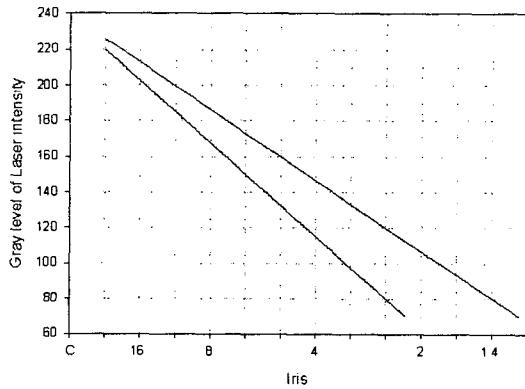


Fig. 1 Correlation of Laser intensity and Iris for the useful Image



Fig. 2 Method of drawing out from ROI

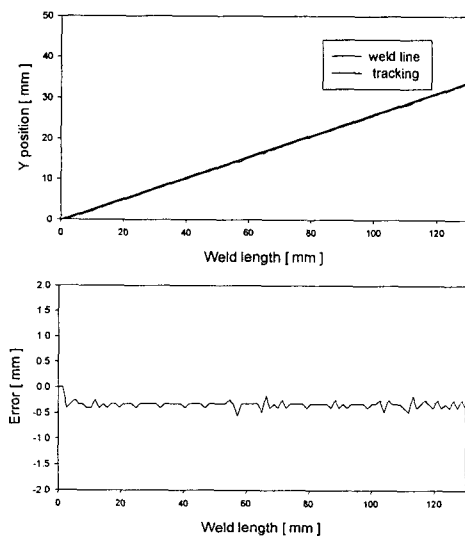


Fig. 3 Tracking result  
(weld speed 12mm/s, offset angle 15° ,  
sampling time 0.1sec, Arc-On)

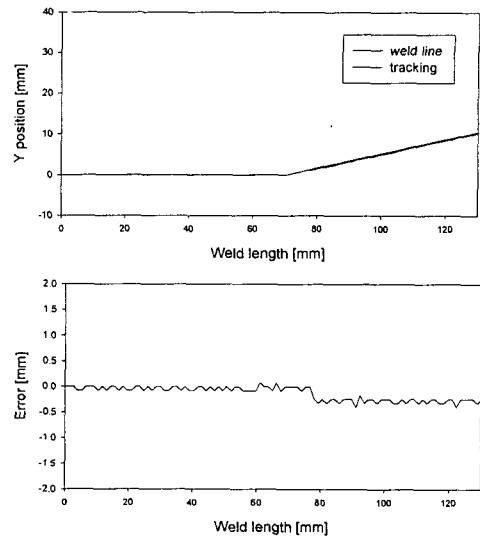


Fig. 4 Tracking result  
(weld speed 12mm/s, offset angle 10° ,  
sampling time 0.1sec, Arc-On)

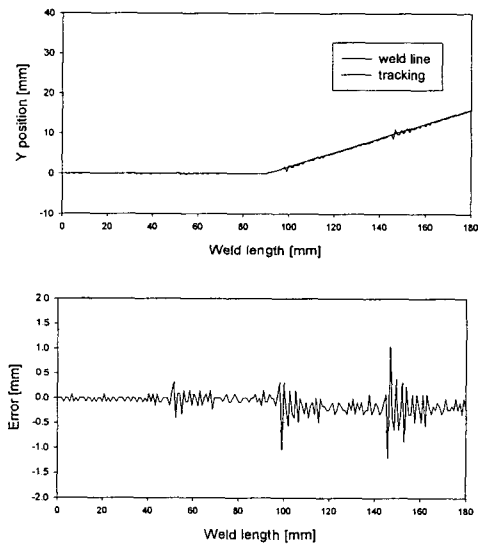


Fig. 5 Tracking result  
(weld speed 15mm/s, offset angle 10° ,  
sampling time 0.06sec, Arc-On)

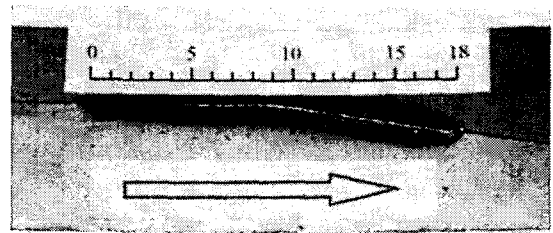


Photo.1 Tracking result  
(weld speed 15mm/s, offset angle 10° ,  
sampling time 0.06sec, Arc-On)