

아크용접용 비전시스템에서 화상처리에 관한 연구

A Study on Image Processing in Vision System for Arc Welding

정규철*, 김재웅**

*영남대 대학원 기계공학과, **영남대 기계공학부

1. 서론

용접공정에서 연속적인 장착으로 인한 오차, 용접중 열변형 등에 의한 품질의 저하를 방지하기 위하여 용접선의 추적뿐만 아니라 용접부의 단면형상을 감지하고, 그에 대한 적절한 채움량을 결정하는 것도 매우 중요하다.¹⁾ 아크용접을 위한 센싱 시스템은 어떤 3차원 형상에도 잘 적용될 필요가 있으며, 아크광, 스파터, 폼 등 열악한 환경에 대해 강건하게 센싱능력이 보장되어야 한다. 비전센서를 이용한 용접부 측정법 중 선행측정법은 보조광원으로부터 투사된 평면형태의 레이저를 사용하여 용접도치의 얼마의 거리 선단에서 용접선의 위치, 모양 및 개선의 크기를 측정하는 방법으로 비교적 간단한 처리로 용접될 부분에 대해서 다양한 정보수집을 할 수 있다. 본 연구에서는 선행측정법을 이용하여 용접될 부분의 정보 추출을 위하여 비전센서를 제작하고, 아크광 및 스파터 등의 노이즈에 강건한 영상처리 기법을 사용하여 용접될 부분의 위치 및 개선폭의 크기를 측정 비교하였다.

2. 비전센서

2.1 비전센서의 설계 및 구성

제작된 비전센서 헤드는 Fig.1과 같다. 초기 설계값은 카메라렌즈와 모재간의 거리가 180mm일 때 Fig.2의 좌표계에서 X축방향의 분해능이 0.1mm가 되도록 하였다. 센서는 원통형렌즈(cylindrical lens)가 부착된 파장 692.5nm의 다이오드레이저, CCD 카메라, $694 \pm 5\text{nm}$ 의 대역통과필터로 구성되어 있다. 깊이방향(Z)의 센싱능력과 센서의 크기를 고려하여 투사각(α)을 25° 로 설정하였고 선행거리(LAD)는 35mm로 설정하였다.

2.2 센서의 보정

2차원 화상으로부터 용접선의 3차원 정보를 추출해 내기 위하여 센서의 보정이 요구된다.²⁾ 이것은 조인트의 위치와 레이저평면과의 관계 및 CCD소자와 조인트위치간의 관계로부터 가능하다.³⁾

시스템 고정변수를 산출하고 센서의 보정을 위하여 공간상의 기준점의 정확한 위치가 필요하므로 보정 블록을 이용하였다. 센서 보정 후 최대오차는 0.2mm이며 카메라렌즈와 모재와의 거리에 따라 용접선에 수직인 방향(X)에 대한 보정결과를 Fig.3에 나타내었다.

3. 화상처리

3.1 영역분할 및 세션화

640×480픽셀의 화상에서 용접선이 주로 위치를 하는 화상의 중심부분 200×100픽셀의 관심영역에 대하여 화상처리를 수행하였다. 레이저띠의 두께가 0.2mm정도이므로 관심영역에서 레이저띠를 구분해 내기 위하여 첫칼럼에서 최대 그레이레벨값을 가지는 하나의 픽셀을 레이저띠로 인식하고, 그 다음 칼럼부터는 전 칼럼의 위치를 중심으로 일정한 범위만을 검색하여 레이저띠를 세션화 및 이치화하는 과정을 반복하였다.⁴⁾ 이 방법은 화상내의 노이즈들을 어느정도 줄이는 효과가 있으나 이러한 방법의 단순한 적용은 화상내에 스파터의 궤적이 나타나거나 경면에 의한 반사가 심할 경우 레이저띠 탐색이 어려워지므로 특징점을 추출

하는데 오류를 불러일으킬 수 있다. 따라서 레이저 띠 탐색에 영향을 주는 스페터 궤적을 피하여 세선화과정을 적용하였다.

3.2 특징점 추출 알고리즘

V-그루브 및 필릿용접에서 특징점을 추출하는 방법에는 주로 1차미분법, 중심차분법, Arm 방법 등이 있다. 이 방법들은 구간에 따라 특징점 추출성능의 차이가 많고, 화상처리에서는 픽셀데이터들의 리플(ripple)로 인하여 변곡점을 찾는 데 어려움이 있으며 관심영역내에 스페터의 궤적이 나타날 경우 직선을 탐색하기 곤란하게 된다. 본 연구에서는 직선이 연속적이지 않는 경우에도 직선성분을 추출 가능하며 노이즈에 강한 직선성분 검색 알고리즘인 Hough변환⁽⁵⁾ 중 연산시간이 적게 걸리고 연산방법이 비교적 간단한 기울기, y절편 방법을 사용한다. 관심영역내의 용접부 단면형상이 거의 일정하고 직선들로 이루어져 있으므로 세선화된 화상으로부터 총 200개의 픽셀만을 검색하여 그 직선의 교점으로 특징점을 추출하였다.

3.3 특징점 추출

Hough가 제안한 기울기 및 y절편 좌표계를 화상좌표계에 도입하여 스페터가 존재하는 화상에서도 특징점을 추출 할 수 있는 방법을 시도하였다. n번째 칼럼에서의 기울기[m] 및 y-절편[b]은 구간을 [2×d]라고 할 때 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} m_n &= \frac{y_{n+d} - y_{n-d}}{x_{n+d} - x_{n-d}} \\ b_n &= y_n - m \times x_n \end{aligned} \quad \text{---- (1)}$$

여기서, x_n, y_n : n번째 칼럼에서 픽셀의 x, y좌표

(200-2d)개의 각각의 픽셀에 대하여 기울기 및 y절편값을 구한 다음, 레이저띠를 대표하는 직선의 기울기 및 y절편을 취한다. 그러나, 이때 모재표면에서의 난반사등으로 인해 레이저 띠의 형태가 일정하지 않을 수 있으므로 구간내에서 1픽셀의 차이를 가지는 기울기값 즉, $m \pm 1/(2 \times d)$ 이내의 값은 같은 기울기라고 생각하여, 그 부분에서의 직선을 탐색하였다. Fig.4는 구간 2d가 10일 때의 기울기와 y절편의 분포를 표시한 그림이다. 양쪽 side wall을 표현하는 직선을 추출하여 교점을 조인트의 위치로 나타내고, 그 양쪽에서 직선을 추출하여 교점으로부터 양쪽예지를 계산하였다. Fig.5는 스페터 궤적이 있는 화상으로부터 추출된 직선과 용접 조인트, 예지의 위치를 표시한 그림이다.

3.4. 특징점 추출 결과 및 비교

기울기 및 y절편값은 구간이 작으면 픽셀좌표에 민감하고 클 때는 픽셀좌표의 양쪽 끝 혹은 스페터 좌우에서 손실되는 정보 때문에 오차가 발생할 수 있는데, 구간 2d가 10일 때 비교적 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 중심차분법을 적용하여 특징점을 추출할 때는 구간이 40일 때 가장 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 세선화된 화상에서 단순한 중심차분법의 적용은 스페터 궤적이 특징점을 통과하게 될 경우 특징점을 추출할 수 없어 개선폭의 크기를 측정하여 Hough방법과 비교하였다. Fig.6은 관심영역내에 스페터가 없을 때, 중심차분법과 Hough방법을 이용하여 10.41mm의 동일한 개선폭을 갖는 모재에 대하여 계산된 개선폭의 결과를 비교한 것이다. Hough방법과 중심차분법을 적용하여 화상을 처리하고 특징점을 추출하는데 걸린 시간을 Table 1에 나타내었다.

4. 결론

[1] 비전시스템을 구축하여 실시간으로 용접선의 위치, 양쪽예지 및 개선폭의 크기등을 검출하기 위하여 아크용접에 적합한 비전센서를 설계, 제작하였다.

[2] 용접 중 용접선추적 및 용접부의 단면정보를 알아내기 위한 화상처리를 수행하였다. 강렬한 아크광, 스파터, 난반사등의 노이즈를 포함하는 화상에서 개선폭의 크기, 용접선의 위치 등을 Hough방법을 통하여 효과적으로 추출할 수 있었다.

[3] 적절한 구간값을 선정하고 Hough방법과 중심차분법을 적용하여 비교하였다. Hough방법을 적용하였을 때 개선폭의 크기는 최대오차 0.16mm, 화상처리시간 0.21-0.24초였으며, 중심차분법에서는 최대오차 0.4mm, 화상처리시간 0.18초였다.

[4] 특징점 추출방법으로 Hough방법을 적용함으로써 중심차분법에 비하여 높은 정밀도로 용접부의 단면정보를 추출할 수 있었으며, 충분히 실시간 용접선 자동 추적시스템에도 적용 가능한 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- [1] R.W.Richardson and C.C.Conrardy, "Coaxial Vision-Based Control of GMAW", International Trends in Welding Science and Technology, Gatlinburg, Tennessee, 1-5 Jun 1992, Materials Park, Ohio, ASM International,1993 1992, pp957-961
- [2] J.E.Agapakis, J.M.Katz, M.Koifman, G.N.Epstein, J.M.Friedman, D.O.Eyring, H.J.Rutishauser, "Joint Tracking and Adaptive Robotic Welding Using Vision Sensing of the Weld Joint Geometry", Welding Journal Vol.65, No.11, 1986, pp33-41
- [3] 신정식, "접이기 이음에서의 용접선 추적과 아크 데이터의 모니터링 시스템에 관한 연구", 한국과학기술원 석사 학위 논문, 1991
- [4] 김현규, 이세현, 엄기원, "레이저 비전센서를 이용한 비드높이의 실시간 제어 및 용접선 추적에 관한 연구", 1998년도 대한용접학회 특별강연 및 춘계학술발표 개요집, 1998, pp204-207
- [5] The Image Processing Handbook, second edition(1995). John C.Russ. IEEE PRESS. pp495-500

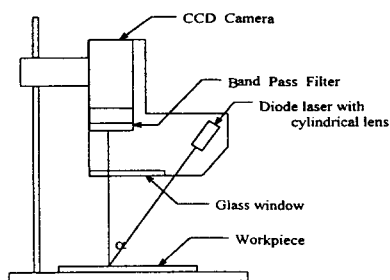


Fig.1 Configuration of vision sensor

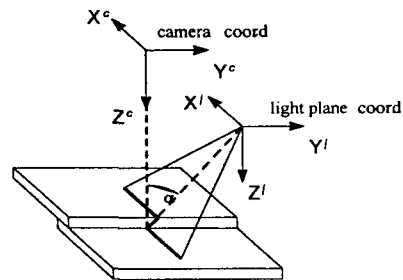


Fig.2 Coordinate systems

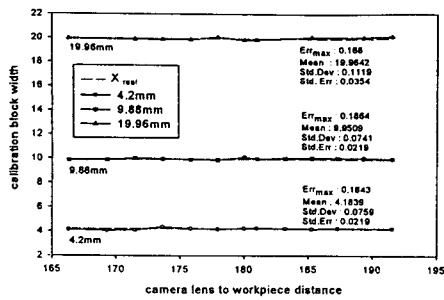


Fig.3 Result of X-direction calibration

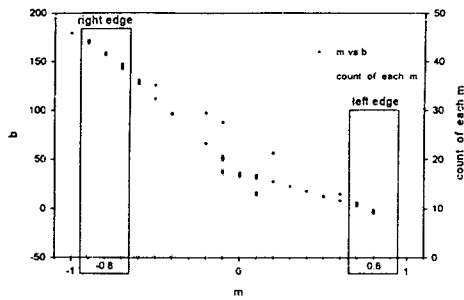


Fig.4 Distribution of m and b (2d=10)

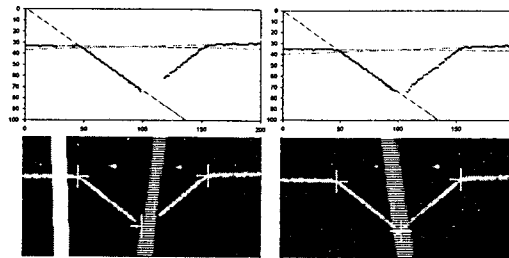


Fig.5 Joint and edge point

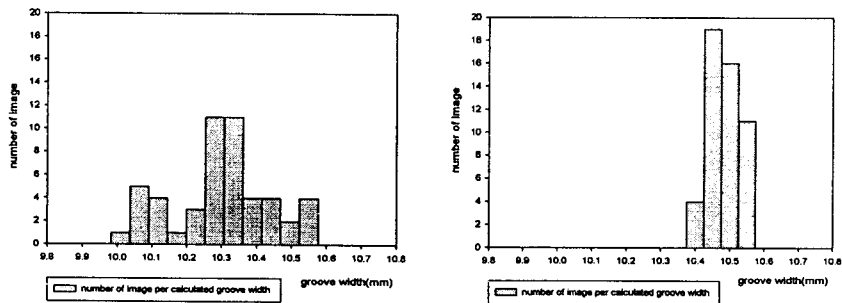


Fig.6 Distribution of calculated groove width

Table 1 Comparison of image Processing times

		Central difference method	Hough method
Spatter in the image	joint+edge	N.A.	230 ms
	joint	N.A.	215 ms
No spatter in the image	joint+edge	180 ms	240 ms
	joint	177 ms	226 ms