

레이저 센서를 이용한 로봇 자동 용접 개발

The Development of Robotic Welding Employing Laser Sensor

문승빈, 홍용준, 홍성진, 황찬영, 김동일

삼성전자(주) 자동화연구소

1. 서론

로봇 자동용접[1]은 반자동 용접에 비하여 많은 장점을 가지고 있으나 용접 부재의 위치가 틀어진 경우 용접선 추적이 어려운 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여, 아크센서[2,3,4] 또는 레이저 센서[5]를 사용하여 용접선 추적을 효과적으로 보상하고 있다.

여기서 Arc Sensor는 Weaving Motion에서만 사용가능하므로, Weaving을 할 수 없는 작업(예를 들면, 박판 용접)에서는 Laser Vision Sensing Tracking 방법을 사용하게 된다. 그러나, 레이저 센서는 상대적으로 고가이므로 그 용도가 제한적이라고 할 수 있다.

본 논문에서는, 삼성전자 6축 용접용 로봇에서 개발된 Laser Sensor 추적 시스템과 이의 적용 결과를 기술 하고자 한다.

2. Laser Sensor의 기본원리 및 Algorithm

Fig. 1과 같이, 용접 토치의 앞단에 레이저 센서를 장착하고서, 이 레이저 센서로부터 읽어들이는 측정치를 이용하여 용접 중심선을 추적하는 것이 레이저 센서 추적의 기본원리이다. 이때, 레이저 주사빔(Beam)을 조사하는 방식에 따라서 Point 방식과 Stripe 방식의 2가지로 레이저 센서의 방법이 나누어진다. Point 방식은 하나의 레이저 Point를 Galvanometer등을 이용하여 좌우로 움직이며 각 위치에서의 측정치를 얻는 방식이다. Stripe 방식은 Prism등을 이용하여 레이저 Stripe을 만들어서 이를 조사하는 방식이다. 본 개발에서는 Stripe 방식을 채택한 Servo Robot사의 BIP-60 레이저 센서를 이용하여 추적 알고리즘을 개발하였다.

레이저 센서는 Triangulation 기법을 이용하여 조사 대상물의 높이 데이터를 알아내게 된다. 먼저 대상 조인트를 지정하면 측정데이터를 분석하여 해당 조인트의 파라메타(중심위치, Gap, Mismatch, Area, Normal Angle등)를 로봇으로 전달하여준다. 로봇은 이를 분석하여, 용접 중심선의 추적 및 용접출력(전류, 전압, 속도등)을 변경시켜 주게 되어 있다. 용접 조인트의 지정없이 자동으로 용접 조인트의 종류를 판별하여 주는 방법도 개발되어있다.[6]

여기서 레이저 센서와 아크 센서를 비교할 필요가 있다. 표 1에 나타낸 바와 같이 레이저 센서는 아크센서에 비하여 실시간성(Real Time)이 뒤떨어진다. 즉, 아크센서는 틀어진 정도를 결정하면 바로 다음 Sampling Time(예를 들면, 16 msec)에 이를 바로잡기 위하여 토치를 이동시키는데 비하여, 레이저 센서 추적에서는 레이저 센서가 위치 틀어짐을 결정하고나서 상당한 시간 후에 이를 반영한다. 이것은 레이저 센서의 위치가 용접토치로 부터 전방거리(Look Ahead Distance)만큼 떨어져있기 때문이다. 따라서, 보정을 행하기 전에 용접조인트 자체에 변화가 오게되면, 이를 효과적으로 보상할 수 있는 방법이 없게되는 단점이 존재한다.

레이저 센서를 이용하면 용접 중심선의 좌우와 높이방향의 2차원적인 추적외에도 토치의 Orientation까지도 조정하는 3차원 추적이 가능하다. 즉, 각각의 측정 위치에서 앞뒤의 측정치를 기준으로 해서 접선 벡터(Tangent Vector)를 구할 수 있으므로 이값을 이용하여, 미리 정한 Lateral Angle 및 Forward Angle에 맞도록 토치의 방향을 조정 가능하다. Twin Arc Sensor를 채용하면, Arc Sensor 추적에서도 토치 Orientation 조정이 가능하기도 하다.[4]

레이저 센서를 사용시에는 여러가지 파라메타들을 정확하게 입력하여 주어야만 올바른 추적이 가능하다. 이러한 파라메타에는 전방거리(Look Ahead Distance), Sensor Calibration Data, 그리고 용접선 편차등이 있다. 이러한 값이 정확하게 입력되지 못하면, 결국 추적이 올바르게 행하여 질 수 없게된다. 용접선 편차란, Fig. 2에서 보는 바와 같이 로봇의 초기이동 방향으로 이동시에 전방거리만큼 이동하였을때에 용접 중심선의 위치차를 의미하며, Calibration Data란 레이저 센서의 측정치를 실제 단위로 보정하는것을 의미한다. 레이저 센서 추적을 하기전에 미리 보정을 하여 이 값을 입력하여 놓아야 한다.

3. 6축 로봇에의 Laser Sensor 적용 및 실험 결과

삼정전자의 용접용 6축 로봇에 2절에서 설명한 레이저 추적방식을 이용하여 추적 알고리즘을 개발하였다. 용접 모재의 상태에 따라서 레이저 센서의 측정이 불가능한 경우에는 그 앞뒤의 측정치를 이용하여 Interpolation을 하여 편차를 보정하였다. 이러한 경우에는 대표적으로 가접(Tack)의 예를 들 수 있는데 일정 크기 이하에서는 Interpolation을 하면서 계속 용접을 진행하므로 가접이 존재하는 경우에도 용접선 추적이 가능하다. 물론 가접 위치에서 용접선이 급격한 변화를 하게되면 추적에 치명적으로 나쁜 영향을 주게되므로 주의를 요한다.

박판 맞대기 용접을 위하여 S-Curve 시편을 이용하여 레이저센서 추적 용접을 시행하였다. 로봇은 초기에 직선으로 교시되었으나 레이저 센서 추적으로 용접서 중심선을 찾으며 양호한 용접 결과를 보여 주었다. 사용한 용접 데이터는 표 2에 나와 있다. 또한 자동차 프레임의 Lap 조인트 용접에서 3차원 추적도 효과적으로 행하여짐을 확인하였다..

4. 결론

자동 용접시에 용접 대상물의 위치가 바르게 놓여 있지 않거나, Gap등의 용접변수가 일정치 않은 경우에 레이저 센서를 사용하면 고정밀 용접을 할 수 있게된다. 실험을 통하여 Laser Sensor 추적의 성능이 양호함을 입증하였다.

5. 참고 문헌

- [1] Y. Kiyohara, "Application of latest arc welding robot with synchrotation and sensor", *Robot*, pp. 37-43, vol. 102, Jan. 1995.
- [2] 허장욱, 김재웅, 나석주, 이승영, "혼합가스 GMA용접용 아크신호를 이용한 용접선 추적에 관한 연구", *대한용접학회지*, pp. 23-30, 1990.
- [3] 문승빈, 윤명균, 홍용준, 홍성진, 황찬영, 김동일, "6축 로봇을 이용한 자동용접에서의 Arc Sensor 개발", *대한용접학회 춘계학술 발표*, pp. 15-18, 1995.

- [4] U. Dilthey, U. Kahrstedt, and L. Stein, "Advanced arc sensor cuts programming time for welding robots", *Fourth Int. Conf. Automated Welding Sys. in Manufacturing*, U.K., Nov. 1991.
- [5] P. Sicard and M. D. Levine, "Joint recognition and tracking for robotic arc welding", *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, pp. 714-728, 1989.
- [6] R. Mitaka, "An Adaptive Welding System for Corner Joints Which Applies Joint Recognition by Deformable Template Matching", *IAPR Workshop on Machine Vision Applications*, Kawasaki, Japan., pp. 510-513, Dec., 1994.

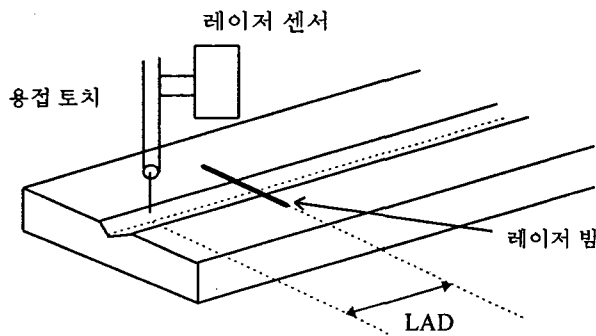


그림 1. 레이저 센서를 이용한 자동용접
LAD = 전방거리(Look Ahead Distance)

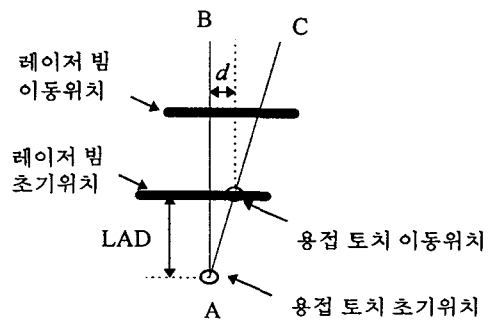


그림 2. 레이저 센서의 편차
 d = 편차, LAD = 전방거리(Look Ahead Distance)
AB = 레이저 중심선, AC = 로봇 이동 경로

추적 방식	레이저 센서	아크 센서	비교 분석
(i)보상 방식	Off Line	On Line	전방거리(Look Ahead Distance) 뒤에 보상
(ii)초기점, 끝점 인식	일정 범위안에서 가능	Touch Sensor와 병행시 일정범위안에서 가능	자동인식 가능
(iii)대상 조인트	모든 조인트	위방이 필요한 조인트	특히 박판 용접에 유용
(iv)용접 변수 변화 판정	Gap, Mismatch, Normal, Area 변화 판정가능	판정이 힘들	변수에 따라 용접전류, 전압, 속도 조정가능
(v)3차원 추적	가능	불가(Twin Arc Sensor에서 는 가능)	용접토치의 Orientation 조정 기능
(vi)가격	고가	저가	고급 용접에 적합

Table 1. 레이저 센서와 아크센서 추적 비교

Shield Gas	CO2 100%	Thickness	3 mm
Welding Voltage	18 V	Welding Current	120 A
Laser Sensor	BIP-60	Field of View	32mm
Depth Resolution	0.06mm	Lateral Resolution	0.05mm

Table 2. Laser Sensor 추적에서의 용접 Data