

레이저 비전센서를 이용한 로봇 용접선 추적 시뮬레이션 시스템에 관한 연구

Computer simulation system for seam tracking of robotic welding using
laser vision sensor

한양대학교 기계공학부 성기은, 이세현

기아자동차 오영근

I. 서론

로봇을 이용한 용접의 자동화 공정은 널리 사용되고 있으며 많은 연구가 진행되고 있다. 이 중에서도 용접선 추적 분야는 아크 용접 뿐만 아니라 레이저 용접에서도 점차 중요성이 증대되고 있다. 용접선 추적을 위해서 여러 종류의 센서들이 사용되고 있으나 높은 정밀도를 요구하는 복잡한 형태의 용접선을 추적하는 데에는 레이저 비전 센서가 유용하게 사용된다.

기존의 대부분의 연구들은 화상처리와 용접선 추출에 주안점을 맞추고 있으며 연구 자체가 레이저 비전 센서부터 각 알고리즘의 개발과 소프트웨어 프로그래밍, 현장 적용까지 포함되어 있어 용접선 추적 알고리즘 분야는 많이 연구되어 있지 못하다(Ref.1, 2, 3, 5). 또한 용접선 추적 시뮬레이션 시스템을 레이저 비전 센서의 관점에서 개발 한 경우는 거의 없으며 대부분의 용접 자동화 시뮬레이션 시스템은 로봇의 오프라인(Off-line) 프로그램에 국한되고 있다(Ref.4, 6). 그러나 실시간 추적, 고속 용접, 복잡한 3 차원 형상에 대한 것일 수록 용접선 추적 과정이 전체 시스템에서 차지하는 비중이 커진다. 용접선을 추적하는 알고리즘을 개발하는 것과 용접선 자동 추적 시스템을 구성하는 과정은 많은 실험을 통한 검증과정을 동반하게 된다. 이러한 반복 작업 시 각 장비의 설정 변경과 운전은 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 본 논문에서는 용접선 추적 알고리즘의 설계 시 발생하는 과도한 시간과 노력의 투자를 절감하기 위해서 용접선 추적 시뮬레이션 시스템을 제안하고 어떻게 적용될 수 있는지 보였다.

II. 실험장치 및 용접선 추적 시뮬레이션 알고리즘

용접선 추적 시스템을 시뮬레이션 하기 위해서 실제 공정의 모델이 필요하다. 이 모델을 구하기 위해

서 용접선 추적 시스템을 하드웨어 부분과 소프트웨어 부분으로 나누었다. 하드웨어 부분은 용접선 추적 시스템을 구성하는 용접 대상, 레이저 비전 센서, 로봇의 모델이고 소프트웨어 부분들은 용접선으로부터 레이저 비전 센서가 용접선을 추출하는 것을 모델링한 용접선 추출 과정과 레이저 비전 센서로부터 얻어진 정보를 통해 용접선을 어떻게 추적 할 것인지 결정하는 용접선 추적 알고리즘과 이로부터 명령을 받아 로봇을 구동하는 과정의 모델로 이루어진다. 용접선 추적을 시뮬레이션 하기 위해서 실제 공정을 다음 Fig. 1 과 같이 분할하고 모델링 하였다.

III. 실험결과 및 고찰

구해진 모델로부터 만들어진 시뮬레이션 시스템이 실제의 시스템을 잘 반영하고 있는지 검증해야 한다. 실제 용접선 추적 시스템을 구성하고 이것을 모델링하여 시뮬레이션 시스템에 적용하여 모의 추적 실험을 하고 실제 시스템의 추적 결과와 비교한다. 이 실험에서 사용된 장비는 Fig.2 와 같다.

다음과 같은 용접선 추적 알고리즘을 적용하여 각각 시뮬레이션과 실제 로봇에 적용한 결과는 Fig. 2, 4 와 같다.

위에서 개발된 시뮬레이션의 응용가능성을 검증하기 위해 용접선을 최대오차 0.5mm 이내로 추적 할 수 있는 용접선 추적 알고리즘을 개발하려고 한다. 다음과 같이 레이저 비전 센서가 선행하면서 모아 놓은 용접선 정보를 하나씩 따라가는 용접선 추적 알고리즘을 생각할 수 있다. 즉 한점에 수렴하고 다시 그 다음점에 수렴하고 하는 과정을 반복한다. 그러나 이 모델은 시뮬레이션 결과 한 점에 정확히 수렴하지 못하는 문제 갖고 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 알고리즘을 개선할 수 있는 방법은 완벽히 수렴하지 못하더라도 어느 이상 범위안에 들어오면 수렴한 것으로 간주하고 다음 목표점으로 이동하도록 하는 것이 가장 좋을 것이다. 그러나 이 방법은 Fig.5 와 Fig. 6 에서처럼 수렴한 것으로 간주 할 수 있는 범위를 결정함에 있어서 그 범위가 너무 커지면 수렴은 가능하지만 오차가 커지고, 범위가 작아지면 오차는 줄어 들지만 어느 정도 이하로 줄어들면 Fig. 6 의 결과와 같이 수렴하지 못하거나 진동이 발생해서 오히려 오차가 커질 수 있다. 따라서 실험을 통하여 어느 정도의 범위가 적절한 지를 결정 할 필요가 있다. Table 1 은 수렴하는 것으로 간주하는 구의 반경에 따라서 용접선 추적 성능을 정량적으로 보여준다. Table 1 에 따르면 최대 오차 한계를 0.5mm 로 결정 할 경우에는 오차 수렴 반경을 최대 5mm 이하로 하여야 한다. 그러나 0.02mm 이하가 되면 오히려 심한 진동이 발생해 오차가 더 커짐을 알 수

있다. 본 연구에서 사용된 레이저 비전 센어의 분해능이 0.01mm 이므로 0.01mm 보다 더 작은 성능 개선은 의미가 없다. 따라서 약 5mm ~ 0.1mm 에서 오차 수렴 반경을 결정한다. 정확한 결정은 실제 시스템에서 실험을 통해서 검증을 해야 한다. 반경 1mm 이후의 최대 오차가 변동이 없는 것은 레이저 비전 센서의 샘플링 속도에 기인한 것으로 사료된다.

IV. 결론

본 논문에서는 용접선 자동 추적 시스템을 모델링하고 그것을 컴퓨터에서 시뮬레이션 할 수 있도록 하였고 그것이 충분히 실제의 시스템을 대표할 수 있음을 보였다. 또한 용접선 추적 알고리즘의 개발과정을 통해 본 시뮬레이션 시스템을 이용하여 추적 알고리즘 및 전체 시스템의 성능을 직관적으로 보여 줌으로써 설계 및 실험을 더 효율적으로 할 수 있다는 것을 보였다.

V. 참고문헌

1. Z. Smati, D. Yapp, and C. J. Smith, "Laser guidance system for robots", Robotic welding, Springer-Verlag, 1987
2. W. F. Clocksin et al., "An implementation of model-based visual feedback for robot arc welding of thin sheet metal", The international journal of robotics research", Vol. 4, No. 1, Spring 1985
3. J. E. Agapakis, "Approaches for recognition and interpretation of workpiece surface features using structured lighting", The international journal of robotics research", Vol. 9, No. 5, October 1990
4. K. Kugai, S. Muto and T. Mouri, "레이저 센서를 이용한 용접 로봇 제어 기술의 개발과 적용", 熔接技術, Vol. 46, No. 5, 1998
5. K. Uota, "자동차 공업에서 로봇 아크 용접을 위한 3 차원 레이저 비전 시스템의 적용", 熔接技術, Vol. 44, No. 12, 1996
6. Pyunghyun Kim, and Sehun Rhee, "Automatic teaching of welding robot for free-formed seam using laser vision sensor", Optics and Lasers in Engineering, Vol.31, 1999

Table 1 Seam tracking algorithm II simulation result

Radius(mm)	6	5	1	0.1	0.05	0.04	0.02	0.01
Max Error (mm)	0.63	0.497	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288
Min Error (mm)	0.158	0.123	0.027	0.0168	0.0154	0.0151	0.0149	0.0418

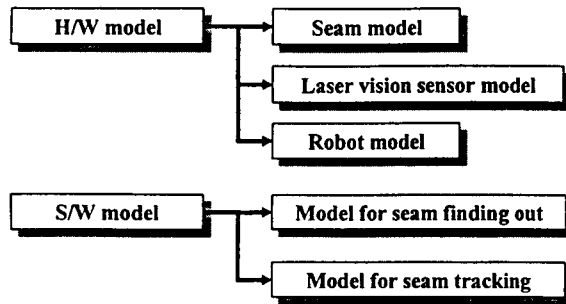


Fig. 1 system diagram

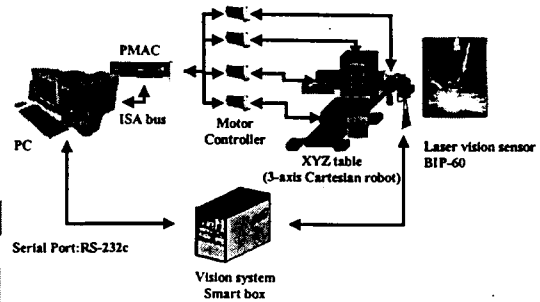


Fig. 2 system configuration

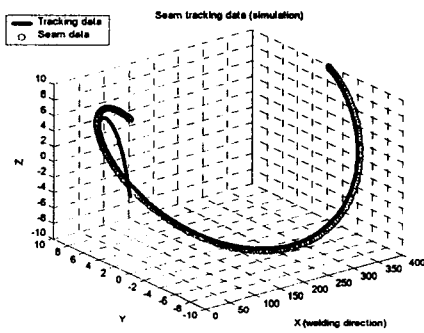


Fig. 3 Simulation result

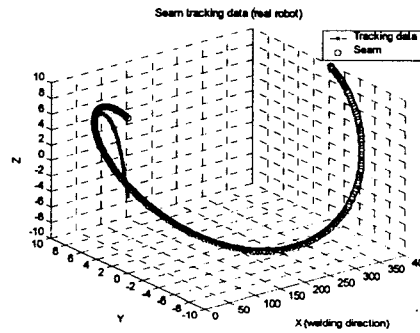


Fig. 4 Experimental result

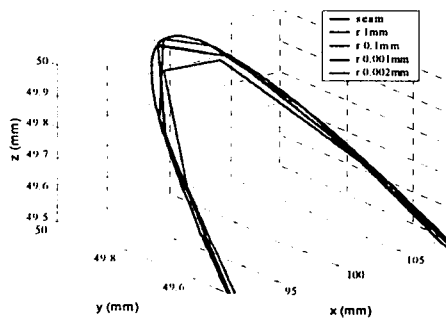


Fig. 5 Detailed view of corner

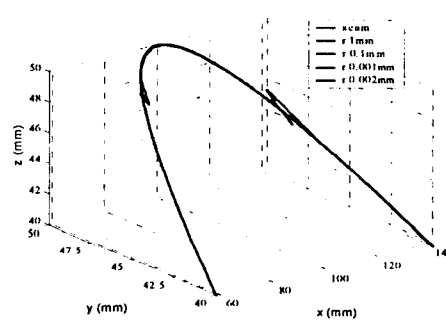


Fig. 6 Far view of corner