

3차원 레이저비전 센서를 이용한 박판 곡면부의 용접 및 검사 공정 자동화

The automation of welding and inspection for a curved surface thin plate using 3D laser vision sensor

성기은*, 이희준*, 이세현**, 박현성***, 오영근****

*한양대학교 공과대학 기계공학부 대학원

**한양대학교 공과대학 기계공학부

*** 기아자동차 생산기술연구팀

1. 서론

곡면 모양의 박판 용접은 자동차, 전자 제품 등에서 다수 사용된다. 이러한 박판 곡면부의 용접은 심한 열 변형과 0.5mm 이하의 정밀도를 요구한다. 따라서 열 변형에 대처하기 위해 그리고 최소한의 열량을 사용해 열 변형을 줄이기 위해서 고정밀도를 갖는 실시간 용접선 추적이 필요하다. 또한 이러한 열 변형 및 최소 열량을 이용한 정밀 용접은 공정 후 품질검사가 필수적이다. 이러한 조건을 만족 시키기 위한 가장 적합한 방법은 고정밀도의 3차원 레이저 비전 센서를 사용하여 용접 공정 전체를 자동화하는 것이다.

2. 레이저 비전 센서

레이저 비전 센서는 레이저 구조광원과 CCD 카메라의 기하학적 배치에 의해서 거리 데이터를 얻게 된다. 물체에서 반사된 레이저 구조광이 CCD 카메라에 비치면 카메라의 좌표로부터 거리 데이터를 얻게 되는데 그 관계는 원근 변환과 구조광의 평면 방정식에 의해 결정이 된다.

본 연구에서는 비전센서에서 얻은 출력인 물체의 거리데이터를 화상 처리하는 방법에 있어 기하학적 모델링을 이용한 거리데이터의 처리 방법을 제시한다.

3차원 비전 시스템에서 거리데이터의 기하학적 모델링은 주로 음함수, 매개함수 또는 경계 형태로 나타내어지며 기하학적 모델들에 대한 함수로 나타낼 수 있다. 거리 데이터의 기하학적 모델링은 데이터베이스에 기반하여 이루어지는데, 센서의 위치와 가시 영역 그리고 물체에 대한 센서의 자세 등을 고려하여 데이터베이스를 구성하여야 한다. 여기서 센서 출력이 뜻하는 것은 레이저 띠가 CCD 카메라에 맺힌 상이 2진화가 되어 폭x 높이(width x height)의 그레이 레벨(gray level)의 이미지 즉,로우 레벨(raw level)의 이미지를 뜻한다. 이 이미지에서 우리가 원하는 특징점 추출을 위해서는 Fig. 1과 같은 디지털 화상 처리 기법이 사용된다.

3. 용접선 추적 시스템

물체의 거리 데이터로부터 주변 시스템이 원하는 정보를 이끌어내기 위해서는 전처리 과정뿐만 아니라 특징 추출, 물체의 인식, 주변 시스템이 필요한 정보 제공 등의 모든 과정을 거리 데이터의 이미지 처리 과정 즉, 용접 작업부의 위치검출 및 형상인식과정이 필요하다. 이들의 처리 과정은 Fig.2와 같은 흐름으로 처리 된다

용접 작업물에 있어서 먼저, 용접 시작점 검출을 위해서 프리스캐닝이 이루어 진다. 프리스캐닝 후에 위치 검출이 이루어 진 후 이를 로봇 기준 좌표계의 관점에서 교정을 한 후 로봇의 용접선 위치 검출이 이루어 진다. 위치 검출을 이루기 위해 현재 이음 형식이 어떤 것인지를 판단해야 하므로

수동으로 이음형식을 설정하고 이를 템플릿 매칭법(template matching method)을 이용하여 최종 위치 검출 결과를 산출한다. 이렇게 산출된 위치 결과에 대해서 용접이 수행되므로 용접을 위해서 생성된 용접선 모델에 대해서 로봇의 토치 끝이 용접선에 수직인 방향을 유지하도록 각 용접선 모델 점에서 로봇의 자세를 생성시켜 줘야 한다.

특징 추출과정은 물체의 형성을 위해 물체의 특징들의 위치를 확인하는 과정으로, 적절한 특징을 찾아야만 물체의 인식이 정확하게 이루어질 수 있다. 물체의 인식을 위해 다양한 종류의 특징들이 이용되는데, 대부분의 특징들은 물체의 부분을 나타내는 영역이나 경계에 기초를 둔다. 물체의 모든 거리 데이터를 얻을 수 있을 경우에 물체의 둘레나 면적, 윤곽 등으로 특징을 정의하는 방법이 있고, 물체의 거리 데이터를 국부적으로 얻는 경우에는 곡률, 모서리를 특징으로 정의하기도 한다. 그리고 물체들이 많을 경우에 이들간의 상대적 위치나 자세로 물체의 특징들을 정의한다. 일반적으로 특징의 정의는 발견적 기법에 의존하고 있다. 그리고 이들의 특징의 추출 방법으로는 물체간의 불연속적인 특징들을 고려하여 1·2차 미분 탐색기를 이용하거나, 물체의 윤곽이나 경계를 추출하는 방법 등 많은 연구가 있다.

특징추출 과정에서 얻은 물체의 특징들을 이용하여 물체의 후보를 형성하고 확인하여 물체의 기하학적 정보로부터 주변 시스템에 필요한 정보를 제공하게 된다. 위의 그림 6에서 물체의 후보 형성 과정이 반드시 필요한 것은 아니고, 특징의 추출이 정확하다면 생략할 수 있다. 물체의 확인 과정은 물체의 후보와 모델과 얼마나 가까운가를 판단하는 과정으로 매칭 방법, 패턴 분류 방법, 확률을 이용한 방법 등 다양하고 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

물체의 인식과정으로부터 물체의 3차원 모델을 기하학적 모델링을 통해서 재생성하게 되고, 이로부터 주변 시스템이 원하는 기하학적 정보를 제공하게 된다. 예를 들어 CAD 데이터에 기반한 제품의 검사 시스템이라면 제품의 CAD 데이터와 실제 제작된 제품의 재생성된 모델의 비교를 통해 검사 공정이 이루어진다. 또한 제품의 제작 공정에 응용할 경우 제품의 재생성된 모델은 틀의 가공 경로를 제공하게 된다. 이상과 같이 용접 작업부의 위치검출 및 형상 인식은 비전센서로부터 받은 거리이미지를 모델의 데이터베이스에서 찾아내고 물체의 특징점을 추출하고, 물체의 형상을 인식하는 거리데이터의 처리 과정이라 할 수 있다.

로봇과 비전의 인터페이스에 있어 먼저 로봇과 레이저 비전센서의 보정이 필요하다. 이러한 정확한 보정의 자세에서 용접로봇의 자동교시를 수행하기 위한 용접 대상의 모델링 후, 정확한 로봇의 경로 생성이 중요하다. 그리고 로봇과 비전센서의 인터페이스에 있어 주가 되는 제어와 모니터링을 담당하는 주 컴퓨터가 RS-232 통신 또는 ISA 인터페이스 통신을 이용하여 연결되고 또한, 레이저 비전 시스템의 부분들인 선 레이저와 CCD 카메라가 비전 보드에 연결되며 이를 PCI 인터페이스 통신을 통해 주 컴퓨터에 연결된다.

4. 용접 품질 검사 시스템

용접부에 발생한 외관상 및 성능상의 불만족으로 보이는 각종 결함을 용접결함이라고 한다. 용접 기술에 있어서 가장 어려운 문제점은 이러한 각종 용접 결함의 방지라 할 수 있다. 용접 결함은 재료의 강도가 증가함에 따라 그 발생가능성도 증가하므로 구조물의 안정성 확보를 위해서는 제작 시에 발생을 최대한 억제할 수 있는 재료의 선택, 설계, 시공, 검사의 각 단계에서 충분한 검토가 필요하다. 잘 알려진 바대로 용접 결함의 평가 방법은 파괴역학적 접근이 주로 사용되고 있는데, 그 과정에서 필요한 결함에 대한 위치, 종류, 방향 등의 정량적 정보는 비파괴 시험을 통해 얻고 있다.

본 연구에서는 비파괴 검사 방법 중 외부 검사법으로 주사 빔을 이용한 비전 센서를 이용하여 외관의 형상으로부터 용접 비드의 결함 검출 방법을 제시하였다. 이를 이용하여 용접 비드의 외부상을 인식하고, 이 형상을 통하여 용접의 외부 결함을 검출하고자 하였다. 이 비전 시스템은 정밀도의 3차원 레이저 비전 카메라를 사용한다. 화상처리 단계를 거친 최종적인 이미지 형상으로써 용접 결함을 판별한다. 본 연구에서는 외관상의 결함을 다음 Fig. 3와 같이 크게 4 가지로 구분하였다.

실제적으로 용접 비드의 형상으로부터 용접 결함을 검출하기 위한 프로그램 모듈은 다음과 Fig. 4와 같이 표현되고 실제 프로그램은 Fig. 5와 같다.

5. 결론

본 연구를 통해서 박판 용접 자동화를 위해 레이저 비전 센서를 사용하여 정확한 위치에서 최소한의 입열을 통해 용접함으로써 변형을 최소화하고 복잡한 3차원 형상의 용접선에 대해서도 추적 가능성을 보였다. 또한 용접 후 외관 검사를 레이저 비전 센서를 통해 수행 하였다.

- 용접 작업부의 위치 검출 및 형상 인식 프로그램을 개발하여 모델을 데이터베이스화하고, 특징점을 추출하고, 물체를 인식함으로써 3차원 자유곡면 형상의 임의의 물체에 용접선 추적에 성공적으로 적용하였다.
- 용접 비드의 결함을 판별하고자 기존의 CCD 카메라를 이용한 2차원적 해석 방법이 아닌 구조광 타입의 레이저 비전 센서를 이용한 3차원 해석 방법으로 접근하였다.
- 실시간에 결함을 판별한 후 결함의 종류와 위치를 알려주는 알고리즘을 개발하였다.

참고문헌

1. P. J. Besl, "Geometric modeling and computer vision", Proceedings of the IEEE, Vol. 76, No. 8, August, 1988
2. 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
3. Y. Sugitani, Y. Kanjo and M. Murayama., "CAD/CAM welding robot system in steel bridge panel fabrication", Quarterly journal of Japan welding society, Vol. 13, No. 1, 1995
4. J. Roberge, "A data reduction algorithm for planar curves ", Computer vision, graphics, and image processing, 29, 1985
5. Barnett, R. j., Cook, G. E., Strauss, A. M., Andersen, K., and Springfield, J. F., "A Vision-Based Weld Quality Evaluation System," Trends in Welding Research, Proceedings of the 4th international Conference, 5-8 June, 1995, pp. 689-694, Gatlinburg, Tennessee, USA.
6. 김대순, " 용접결함의 발생원리 및 방지대책," 용접기술, Vol. 1, 1995, p. 18.

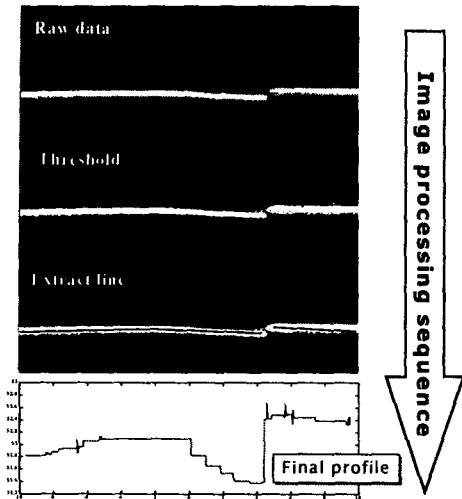


Fig. 1 Image processing sequence

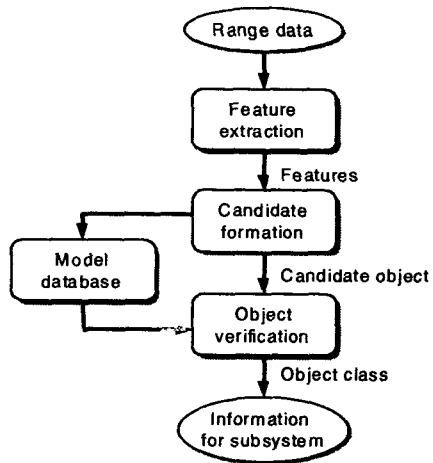


Fig. 2 Algorithmic flow of data processing

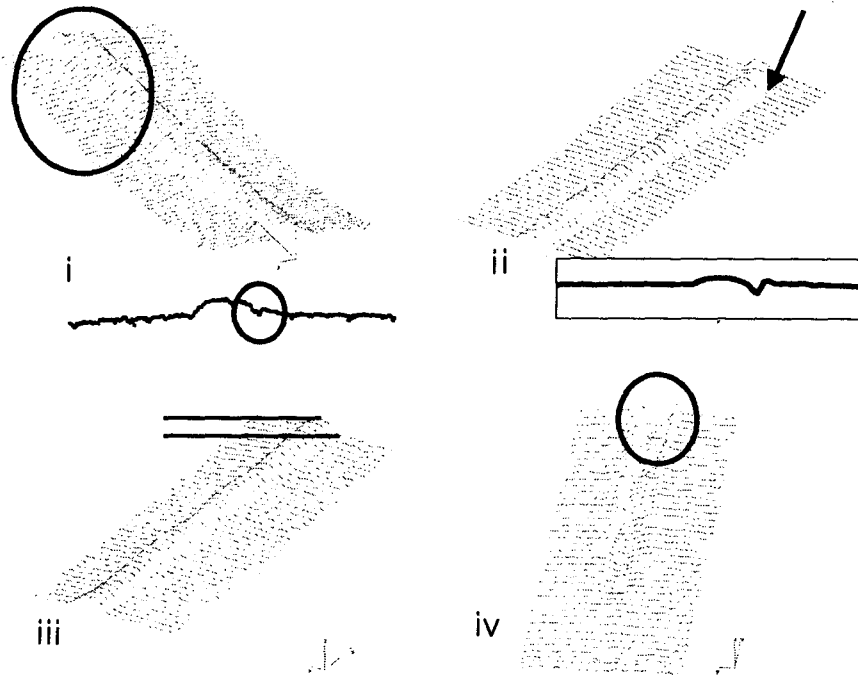


Fig. 3 Weld bead detects

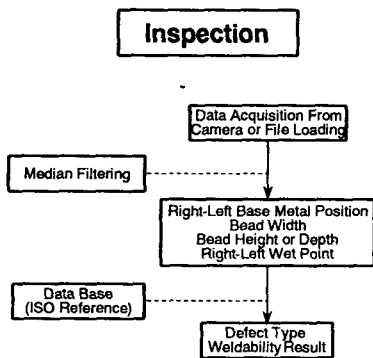


Fig. 4 Inspection module configuration

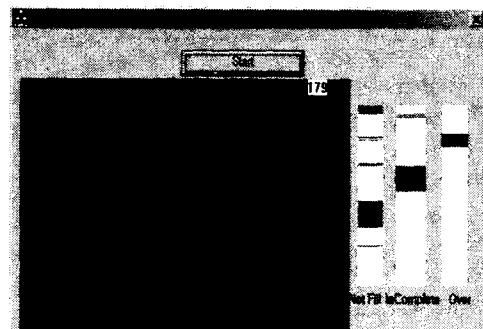


Fig. 5 Inspection program