

# 높이변화가 있는 용접부에서 시각센서의 정보 결핍에 관한 연구

A Study on Data Deficiency of Vision Sensor in Height - Varying Weldment

유 재용, 나 석주

한국과학기술원. 기계공학과, 대전광역시

## 1. 서론

철도차량과 상용차의 컨테이너의 판넬 및 LNG 탱크내벽등과 같이 무게를 감소시키면서도 요구되는 강도를 유지하기 위해서는 성형된 박판이 많이 사용된다. 이때 각각의 성형된 부품들을 결합시키는데는 연속적인 직선용접과 용접부의 높이변화가 수반된다. 컨테이너 제작시 대부분이 다품종 소량 생산이고, 대형 박판의 치수오차와 열변형 등의 문제가 있어 용접자동화가 용이하지 않다. 현재까지 컨테이너의 용접 자동화를 위한 연구가 외국에서 진행되어 전용기 형태의 자동화 장치가 개발되어왔으나 보통 접촉식 센서를 이용하고 전용기 형태이므로 현장 적용에 따른 유연성이 떨어진다. 또한 LNG의 저장과 운반을 위해 LNG 탱크의 제작이 날로 급증하고 있고 이에 따른 자동용접장치의 개발에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.<sup>1,3)</sup> 하지만 접촉식 센서를 이용하고 있기 때문에 정밀도가 떨어지고 용접부 표면의 상태에 따라 큰 영향을 받는다. 따라서 용접선 추적과 용접품질제어를 할 수 있는 다목적 자동 용접장치를 개발하기 위해서는 접촉식 센서에 비해 유연성과 정보 획득면에서 우위에 있는 시각센서의 개발이 필요하다.

높이변화가 있는 용접부의 형상정보 획득을 위해서는 일반적으로 시각센서는 아크광의 영향을 고려하여 토치 진행방향으로 일정한 간격을 두고 선행측정을 한다. 이로 인해 기울기 변화가 급격한 부분에서는 시각센서의 정보결핍현상이 일어나게 된다. 본 연구는 이러한 정보결핍 현상을 정의하여 시각센서를 구성하는 카메라와 다이오드 레이저의 위치구성 변화에 따른 측정율(measuring efficiency)에 대한 시뮬레이션(simulation)과 추적실험을 수행하였다.

## 2. 시각센서의 수학적 모델

### 2.1 자동용접시스템의 기구학적 구성

시각센서를 적용하여 구성되는 일반적인 자동용접시스템에 대한 구성은 Fig.1과 같다. 기구부는 직선 운동을 하는 3개의 직교좌표축과 1개의 회전축을 가지고 있다. 이때 회전축은 회전시 토치 끝이 회전의 중심이 되도록 제작하여서 토치가 회전하여도 토치끝에서 용접부까지의 거리가 변하지 않도록 하여야 한다. 센서부는 특정한 파장을 갖는 다이오드 레이저와 원통형 렌즈를 이용하여 평면형태로 구조화된 빛(structured Light)을 조사해 주는 부분과 대역필터, 카메라 렌즈 그리고 2차원 CCD 카메라로 구성되어진다.

높이변화가 있는 용접부에 기준 좌표계를 세우고 토치끝단, 레이저 평면의 중심 그리고 CCD 카메라의 중심에 각각 좌표축을 설정하여 수식화하였다. 아크광의 간섭배제와 선행측정을 위해 토치 끝단과 레이저 평면의 중심은 일정한 간격이 존재하여야 한다. 또한 다이오드 레이저의 주축과 카메라의 광축이 이루는 분리각(separation angle)이 존재하여야만 3차원의 형상정보를 획득할 수 있다. 기존의 시각센서는 용접선 방향으로 토치 앞에 위치하는 구조가 대부분이고 구조화된 빛이 용접선에 수직으로 조사된다. 이러한 시각센서를 높이변화가 있는 용접부의 자동용접에 사용할 경우에는 토치 회전시 시각센서가 용접부에 간섭을 받기 쉽고 용접부의 형상에 따라 시각센서의 위치 변화가 필요한 경우에 제한을 받기 쉬울 뿐만 아니라 하나의 화상에서 경사도에 대한 정보를 얻을 수 없다. 따라서 높이변화가 있는 용접부의 자동 용접을 위해 Fig.2에 나타난 바와 같이 시각센서를 구성하는 다이오드 레이저와 카메라의 기하학적 배치를

3개의 서로 다른 분리각(separation angle, diagonal angle and tilting angle)을 도입하면 시각 센서와 용접부에 간섭을 배제할 수 있고 하나의 화상에서 경사도에 대한 정보를 손쉽게 획득함으로써 다양한 추적 알고리즘을 적용할 수 있다는 장점이 있다.

## 2.2 정보결핍의 인자

시각센서에서 정보결핍이 발생할 수 있는 유형은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 레이저가 모재에 입사하나 카메라로 센싱할 수 없는 유형이고, 둘째는 레이저가 입사하지 못하는 영역이 발생하는 경우이다. 첫째 유형은 그 원인에 따라 다시, 조사된 부분이 카메라의 FOV를 벗어난 경우와 조사된 부분이 모재의 다른 부분에 의해 가려져서 카메라로 센싱할 수 없는 경우로 나눌 수 있다. Fig.3은 토치가 용접부의 형상을 추적할 때 정보결핍이 일어나게 되는 2가지 경우에 대해 개략적으로 나타낸 것이다.

카메라의 FOV이탈 여부는 주어진 레이저와 카메라의 기하학적인 배치에 따라 결정되는 영역과 레이저와 모재와의 교차점의 좌표에 의해 결정된다. 만약 레이저와 모재와의 교차점의 좌표가 FOV영역밖에 있다면 모재 표면에 조사된 레이저 형상은 카메라로 센싱할 수 없다. 모재에 의한 그림자 효과(shadow effect)는 모재위에 조사된 레이저를 카메라로 센싱하기 위해서는 카메라의 렌즈 중심과 레이저 띠 사이에 어떠한 장애물도 없어야 한다. 그런데 만약 모재가 카메라의 광학축을 가린다면 카메라는 레이저 띠를 볼 수 없게 된다. 앞에서 언급한 높이변화가 있는 용접부에서 일어나는 정보결핍의 발생에 대한 판단은 수학적 모델을 통해 결정할 수 있다.

## 3. 측정율에 관한 시뮬레이션 및 실험

높이변화가 있는 용접부를 시각센서를 이용하여 자동용접 할 때, 시각센서의 정보결핍 요인이 되는 각 구성부의 수학적 모델을 통해 실제 산업현장에 널리 쓰이는 컨테이너와 LNG 탱크의 박판에 대해 시뮬레이션을 수행한 결과를 Fig.4와 Fig.5에 나타내었다. 2차원 상태에서는 separation angle이 커질수록 정보결핍현상이 많이 일어나는 것을 볼 수 있다. 또한 필렛용접이나 토치와의 간섭배제를 위해 3차원상에서 고려한 tilting angle은 경사도 정보를 얻기위해 고려된 diagonal angle과 방향성을 가지고 있음을 알 수 있었고 용접방향에 대해서 카메라와 다이오드 레이저의 위치에 따른 측정율 변화도 예측할 수 있다. 시뮬레이션 결과와 실제 높이변화가 있는 용접선을 Fig.6에 나타낸 실험장치를 이용하여 추적할 때 얻어진 측정율 결과가 잘 일치하므로 시각센서와 자동용접장치에 대한 수학적 모델이 타당함을 알 수 있다.

## 4. 결론

본 연구에서 이루어진 시각센서와 높이변화가 있는 용접부의 기하학적 배치에 관한 수학적 모델과 정보결핍 현상의 판단 기준은 자동용접시스템에 쓰이는 시각센서의 설계제작시 시각센서의 적절한 기하학적 배치에 도움을 줄 것이다.

## 참고문헌

1. J. Y. Yu, S. J. Na, G. H. Kang and Y. S. Han. Development of an automatic welding system for corrugated membranes of the LNG tank. Proc. of the Int. Conf. on the joining of materials(JOM-7), Helsinki, Denmark, May 31-June 2, 1995, pp. 519-525
2. M. Aricault and J. P. Lallemand. Joint tracking with a self-teaching system. Welding Journal, Vol. 69, No.12, 1990, pp. 41-45.
3. H. Nomura, T. Fujioka, M. Wakamatsu and K. Saito. Automatic welding of the corrugated membrane of the LNG tank. Metal Construction, Vol. 14, No. 7, 1982, pp. 391-395

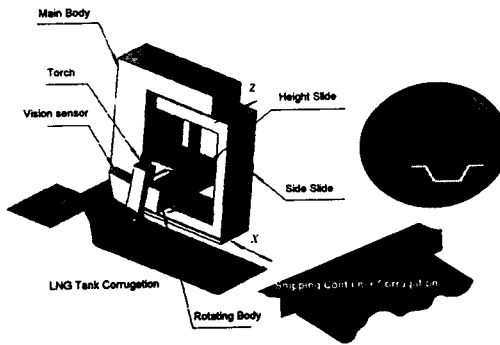


Fig. 1 Schematic diagram of automatic welding system for height-varying weldment

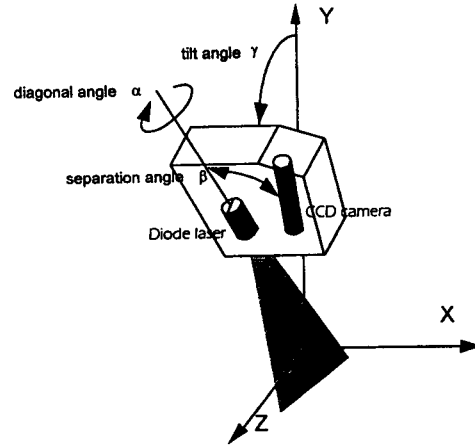
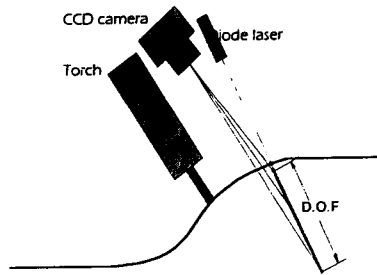
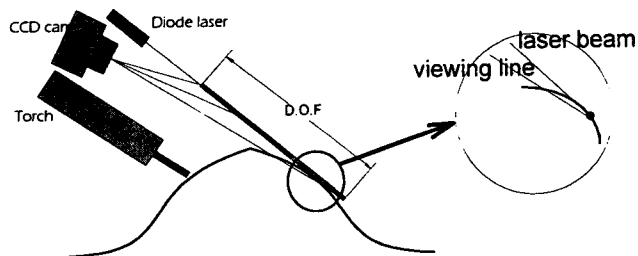


Fig. 2 Definition of angles in vision sensor



a) Missing FOV



B) Shadow effect

Fig. 3 Cases of data deficiency

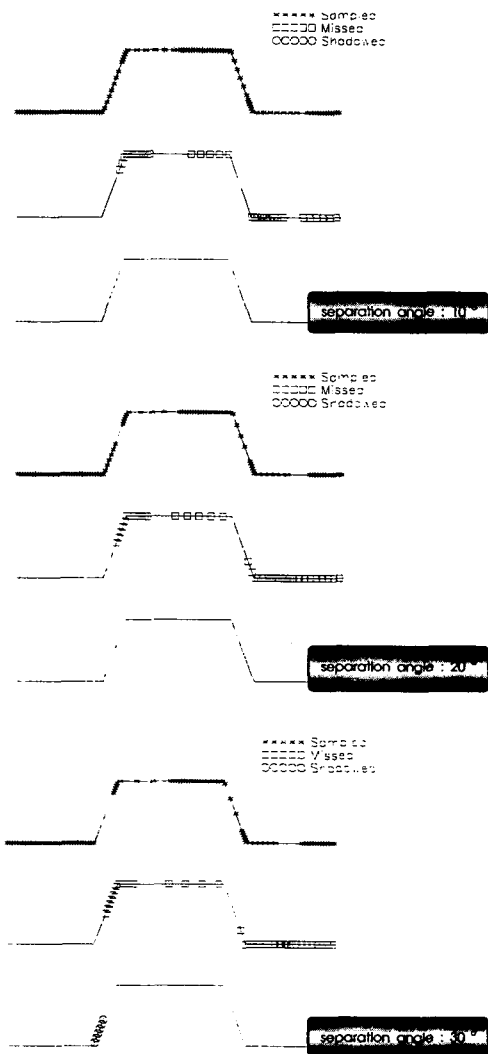


Fig. 4 Simulation results for shipping container corrugations in 2D

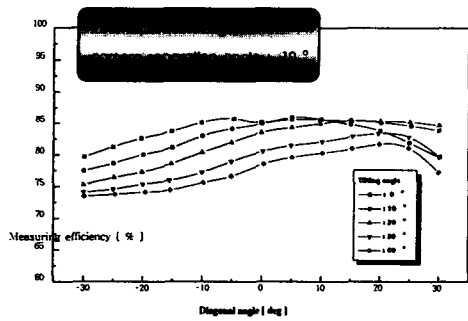
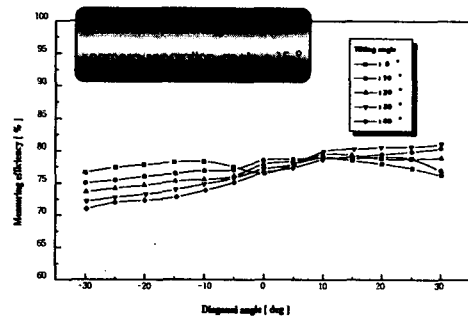
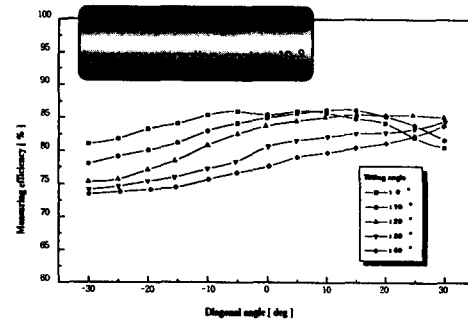


Fig. 5 Measuring efficiency for LNG tank corrugations in 3D



Fig. 6 Experimental apparatus of a seam tracking system with vision sensor