

카메라와 적외선 센서를 이용한 브레이징 로봇시스템 개발

김영탁¹, 임미섭², 임준홍¹
 한양대¹, 경기공업대²

Development of Brazing Robot System using Camera and IR Sensor

Young-Tak Kim¹, Mee-Seub Lim², Joonhong Lim¹
 Hanyang University¹, Kyunggi Institute of Technology²

Abstract - In the industry, the automation of brazing system is very important using the vision sensor and the edge detection of the bronze pipe. And also, the accurate coordination is needed for the finding of the precise location. In this paper, we propose an algorithm for the measurement of 3D information of the brazing material and the detection algorithm of soldering area using the camera and IR sensor. We use Canny edge detector in noisy environments. The experimental study shows that camera and IR sensor is useful for the measurement of distance in the brazing work .

2. 예지검출

영상처리에 있어서 중요한 요소 중 하나는 영상의 잡음요소를 어떻게 처리하는가 하는 문제다. 예지를 검출하기 위해 고려해야 할 사항들이 많이 있다. 관측자로부터 물체표면까지의 거리(distance), 조도(illuminance), 반사율(reflection)등의 요소는 물체의 윤곽선이나 경계에 영향을 미친다. 잡음을 제거 하는 전처리는 예지검출에 앞서 반드시 필요하고 중요한 사항이라 할 수 있다.

특히 금속파이프 화면의 경우 비전센서를 사용하기 어려워 세가지의 환경을 고려해야 한다. 첫 번째, 물체와 배경의 구분이 잘되도록 하기 위해 바탕을 흰색으로 하였다. 두 번째, 파이프 면의 무늬가 있어서 그레이 레벨로 변환한 후 영상 스무딩 작업을 통해 잡음을 줄였다. 마지막으로 파이프가 원형금속면이라 빛의 반사율이 심하기 때문에 조명의 각도를 양쪽에서 맞춰주어 산란되는 빛과 그림자의 영향을 최소화시켰다.

일반적으로 예지 검출기는 잡음에 매우 민감한 특성을 가지고 있다. 잡음으로 인한 잘못된 예지를 계산하는 것을 방지하기 위해 Canny 알고리즘을 사용하였다. Canny 알고리즘은 예지 검출을 위한 3가지 성능평가 기준인 탐지성(good detection), 국부성(good localization), 응답성(clip response)을 만족하는 예지 검출 방법을 제시하였다.

Canny 알고리즘의 첫 번째 단계는 가우시안 필터링을 이용한 잡음 제거이다. 영상평활화를 이용해서 영상의 스무딩을 하게 되면 추출된 예지 성분은 강력한 예지성분만이 존재하게 된다. 2차 미분 연산자 중 대표적인 Laplacian은 다음과 같다.

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \dots \dots \dots (2.1)$$

아래 그림 1의 마스크는 각각 4방향과 8방향 Laplacian 이진화 근사식과 마스크이다.

$$4\text{방향} : \nabla^2 f = 4z_5 - (z_2 + z_4 + z_6 + z_8) \dots \dots \dots (2.2)$$

$$8\text{방향} : \nabla^2 f = 8z_5 - (z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_6 + z_7 + z_8 + z_9) \dots \dots (2.3)$$

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

(a)

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

(b)

<그림 2> Laplacian Mask (a)4방향 (b)8방향

두 번째 단계는 각 픽셀에 대한 변이의 크기와 방향을 결정하게 되는 데 X, Y 축으로의 기울기를 계산한다. 소벨(Sobel)마스크, 프리윗(Prewitt) 마스크, 로버츠(Roberts) 마스크 등을 이용할 수 있는데 각 마스크에 따라 케니예지 검출 결과가 달라질 수 있다. 영상이 수직성분이 많으므로 수평수직에 비교적 민감한 소벨(Sobel) 마스크를 사용하였다. 소벨 마스크는 다음과 같다.

1. 서 론

우리나라 산업의 근간을 이루는 자동차 및 공조냉동기기와 관련된 부품 중 많은 핵심부품이 브레이징에 의해 조립되고 있다. 그러나 상당수의 제품이 수동에 의해 이루어지고 있어서 위험한 작업장에서의 작업자의 안전을 위해 지속적인 자동화기술이 필요한 실정이다.

지금도 용접작업장에는 고온의 산소와 가스작업 환경에 작업자가 노출되어 위험성이 클 뿐만 아니라 작업자의 경험과 감각으로만 용접작업이 이루어져서 숙련된 전문작업자가 아닌 초보자는 작업에 어려움이 있다. 따라서 작업대상 물체의 크기, 종류, 모양 등에 따른 다양한 작업에 초보자들도 사용할 수 있는 적합한 기술이 필요하다.



<그림 1> 수동화된 브레이징 공정라인의 작업장면

본 논문에서는 기존설비를 획기적으로 개선할 수 있는 설비에 자동으로 작업 물체를 인식할 수 있는 카메라와 IR근접센서를 활용한 영상처리 장치를 도입하여 영상 감지를 통한 용접작업 지점과 거리 자동인식 알고리즘을 개발하였다. 이를 통해 불량률과 작업자 사고율을 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 이번 연구에서는 먼저 물체와의 거리를 20cm로 고정하고 PC용 USB카메라로 대상의 2차원 영상을 획득하여 케니예지추출과 라벨링 등의 이진화 과정과 전처리 과정을 거쳐서 배경과 대상물체를 분리하고 1차 영상처리 영역을 설정한다. 그 후 다시 IR sensor로 목표물과의 거리를 10cm로 조정된 뒤 클로즈업된 영상을 카메라로 다시 받아서 용접부위를 더 정확하게 획득한다.

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

(a)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(b)

〈그림 3〉 Sobel Mask (a)수평방향, (b)수직방향

세 번째 단계는 기울기의 강도를 계산한다. 각 위치에서 픽셀 변이 크기가 변이 방향에 있는 두 개의 이웃 값보다 크다면 그 픽셀을 윤곽선으로 표시하고 그렇지 않으면 배경으로 결정한다.

영상 $f(x,y)$ 로부터 가우시안 필터 $g(x,y)$ 를 컨벌루션(convolution)하여 얻은 스무딩 영상은 다음 (2.4)식과 같다.

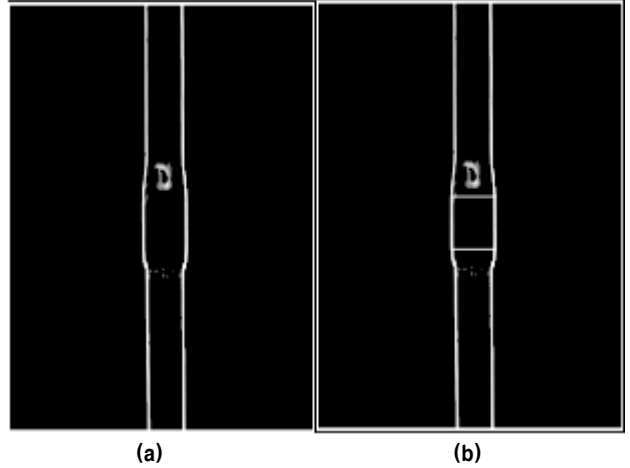
$$s(x,y) = g(x,y) * f(x,y) \dots \dots \dots (2.4)$$

여기서 $s(x,y)$ 의 수직과 수평방향의 미분을 각각 $P(x,y)$ 와 $Q(x,y)$ 라 할 때 그레디언트의 크기는 다음 식과 같다.

$$M(x,y) = \sqrt{P(x,y)^2 + Q(x,y)^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

마지막으로 임계치를 이용하여 불필요한 윤곽선을 제거한다. $M(x,y)$ 값이 임계치보다 크면 예지로 판정한다.

선으로 내려오다가 좌우로 블록하기 때문에 이 부분이 파이프의 결합부분으로 볼 수 있다. 라벨링 결과 255를 값을 가지는 가장 왼쪽의 픽셀 영역의 row, column 성분이 각각 높이와 왼쪽 좌표가 되고, 255의 값을 갖는 가장 오른쪽의 픽셀을 나타내는 부분의 column성분이 오른쪽 좌표가 되어 그림 6 (b)과 같은 사각형의 영역을 획득하였다. 사각형의 중심점의 좌표와 전체 프레임의 중심좌표의 Disparity를 구하여 그 픽셀값만큼 카메라를 이동하면 용접을 위한 위치로의 세팅이 준비된다.



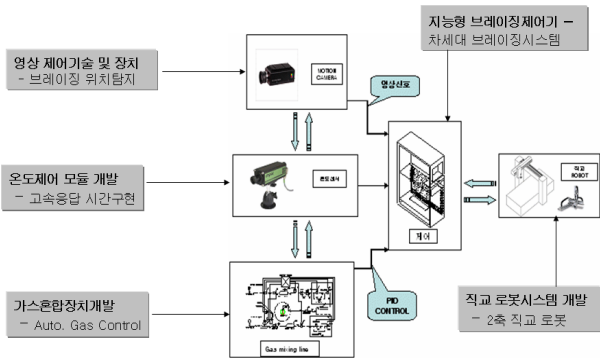
〈그림 6〉 Close-up 영상(물체와의 거리 10cm)
(a)Edge (b)Region Detection

4. 결 론

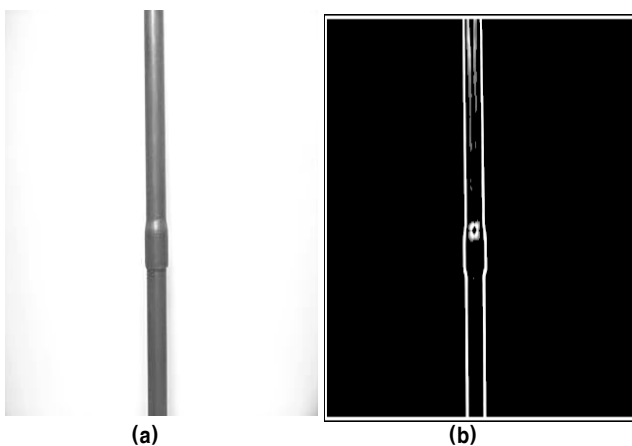
본 연구에서 제안된 알고리즘은 파이프의 영상을 그레이 스케일로 변환하여 라플라시안 스무딩(Laplacian Smoothing)과정과 Canny 에지 검출 및 라벨링(Labeling)처리를 통하여 x, y의 좌표를 검출하는 것이다. 보다 정확도를 높이기 위해 물체와 카메라 사이의 거리를 더 가깝게 해서 물체를 클로즈업 하여 처리를 하는 것이 좋다. 이 방법은 작업장의 영상의 잡음에 민감하지 않고, 비교적 선명한 에지를 볼 수 있었다. 그리고 2자유도 로봇을 이용하여 용접부위를 찾아가는 데에 x, y좌표의 출력력이 용이하게 사용될 수 있다. 문제점은 배경이 흰바탕이 아닌 여러 가지 얼룩으로 덮힌 작업현장의 경우 에지검출과정에서 쓸모없는 에지들이 많이 나타난다는 점이다. 파이프 주변부에 그림자가 생기지 않도록 다각도로 설치된 고휘도의 조명장치가 필수적으로 요구된다. 용접용 하드웨어를 구성할 경우 카메라의 위치와 불꽃이 나오는 용접기 끝단의 거리를 충분히 확보하여야 하며, 영상에서 나타나는 좌표와 실제 이동거리의 캘리브레이션이 잘 이루어져야 좋은 성능을 낼 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 임동훈, “웹 상에서 통계적 에지검출기 개발 및 구현”, 한국 컴퓨터 정보학회 논문지, 제10권 제4호, pp.133~141, 2005. 9.
 [2] Gonzalez R. C. and Woods, R. E. Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, 2001
 [3] J.F.Canny, “A computational approach to edge detection,” IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., vol. PAMI-8, no.6, pp.679-697, Nov.1986
 [4] Xun Wang and Jian-Qiu Jin, “An Edge Detectional Algorithm Based on Improved CANNY Operator”, 7th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, pp623-628, Jun. 2007



〈그림 4〉 다축제어 브레이징 자동화 시스템 구성도



〈그림 5〉 Canny Edge 추출 영상(물체와의 거리20cm)
(a)원 영상 (b) Canny Edge

3. Brazing 영역 검출

용접부위를 찾아내기 위한 방법으로 우선 라벨링을 해준다. 에지 검출로 인해 선명해진 영역, 가운데에 있는 블록한 부분을 주목하자. 수직