

# 영상 정보를 이용한 용접 비드 인식 자동화 시스템

유종호\*, 박재률\*, 김주영\*, 석수영\*, 정의태\*\*,  
 \*경북IT융합산업기술원  
 \*\*아진산업(주)

e-mail:jhyoo@gitc.or.kr

## Cognitive Automation System of Weld Bead Using Image Information

Jong-Ho Yoo\*, Jae-Roul Park\*, Ju-Young Kim\*, Soo-Young Suk\*, Ui-Tae Jeong\*\*

\*Gyeongbuk Institute of IT Convergence Industry Technology  
 \*\* AJIN Industrial Corporation

### 요 약

본 논문은 영상 장치를 이용한 자동화 시스템으로 용접 시 발생하는 용접 비드 정보 검출 방법에 대한 연구이다. 조명시스템과 결합된 2D 비전 카메라를 이용하여 용접된 시료 영상을 획득하고 영상처리과정을 거쳐 비드 부분만 획득한다. 획득된 비드 폭의 길이와 기공과 같이 용접 불량 상태 등의 정보 얻는다. 이 정보들과 산업체에서 요구되는 기준과 비교하여 정상적인 용접이 이루어 졌는지를 판별한다.

### 1. 서론

최근 산업체에서 자동화 시스템을 이용하여 제품 생산이 많이 이루어지고 있으며, 그 분야도 다양해지고 있다. 각종 센서의 융합과 통신 기능의 결합 등으로 자동화 시스템이 고도화 되고 있으며, 특히 영상 센서는 자동화 시스템의 핵심 요소로 품질 검사, 위험요소 감지 등에 많이 이용되고 있다.

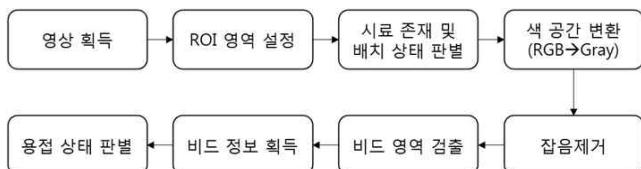
그러나 아직까지 기술자들에 의해 검사되는 제품들이 다수 존재한다. 기술자들의 숙련도와 여러 요인에 의해 검사 판정의 편차는 안정성과 품질에 치명적 요인으로 작용하므로 매우 중요한 과정이다. 최근 이 과정은 영상 센서를 이용한 비전 기술로써 그 편차를 줄이고 있다.

용접은 조선, 금형, 자동차 등 철을 이용하여 제품이 생산되는 모든 분야에서 품목 간 연결 등을 위해 사용되는

기술이다. 용접으로 인해 만들어진 용접금속을 비드라고 한다. 비드의 생성 패턴에 따라서 용접의 불량 여부를 판단할 수 있으며, 제품의 신뢰성을 위해서 정밀 검사가 이루어져야한다. 우리는 검사 분야로 2D 비전 카메라를 이용한 비전기술을 접목하여 용접 비드의 인식 자동화 시스템에 대해 기술한다.

### 2. 시스템 구성

그림 1은 영상장치를 이용한 용접 비드 인식 자동화 시스템의 구성도를 보여 준다. 먼저, 용접된 시료가 포함되는 영역을 촬영하여 영상정보를 얻고, 계산량을 줄이기 위해 시료가 포함되는 최소한의 ROI(region of interesting) 영역을 검출한다. 그리고 시료 고정을 위한 지그위에 시료의 존재 및 용접비드가 촬영될 수 있는지 등의 배치 상태

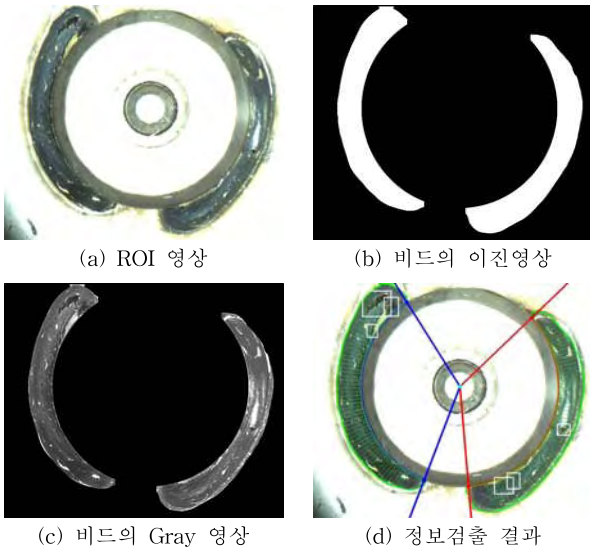


(그림 1) 용접 비드 인식 자동화 시스템 구성도



(그림 2) 테스트 벤치 구성

※ 본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 경제협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과입니다.[R0004470, 검출오차 5% 이내 차체 부품 조립라인 용접부 전수 검사용 복합센싱자동화 시스템 개발]



(그림 3)

를 판단한다. 판별 기준에 만족하면, ROI 영상의 색 공간은 RGB 로 표현되므로 이를 Gray 영상으로 변환한다. 가우시안 및 미디언 필터를 사용하여 영상 잡음을 제거하고 시료의 용접 비드 부분만을 검출한다. 검출된 비드는 폭 길이의 최대, 최소, 평균값 등의 정보를 계산하게 되고, 이 값들을 통해 용접 상태를 판별한다.

그림 2는 시스템의 실제 구성을 나타낸다. 2D 비전 카메라는 조명시스템과 함께 설치되어 있으며, 조명에 의해 시료의 용접 비드 부분을 구분해 낼 수 있다. 시료의 모양에 따라 비드 부분이 카메라와 수평을 이룰 수 있는 지그를 통해 시료를 거치하게 된다.

3. 용접 비드 인식

검출된 비드를 토대로 비드의 정보 및 비드 내에 기공 등의 용접 시 발생하는 결함을 확인한다. 우리는 해상도 1920x1200을 가지는 2D 비전 카메라를 이용하여 용접된 시료의 영상을 획득하였다.

먼저, 시료가 포함된 ROI 영역을 설정하며, 크기는 800x600 이다(그림 3(a)). RGB 색 공간을 가지는 ROI 영상을 Gray 색 공간 변환한다. 그리고 시료와 비드의 특징인 원모양의 마스크를 통해 비드를 검출한다.

검출된 비드의 폭(평균, 최대, 최소)과 호의 길이를 검출하기 위해 Gray ROI영상( $I_{gray}$ )을 이용하여 비드의 이진화 영상( $I_{bin}$ )을 획득한다(그림 3(b)). 각 길이의 계산 방법은 시료의 중심에서 비드가 포함되는 반경을 가지는 직선의 방정식을 도출하고 이 직선과 만나는 비드의 두 점 사이 거리의 Euclidean distance를 계산한다. 이 때 계산된 값은 픽셀의 절대좌표를 통해 계산되었으므로, 1개의 픽셀이 가지는 실제 거리를 측정하여 곱해준다. 이 때 비드 폭 길이가 계산 범위는  $\omega_1 + \theta_M \sim \omega_2 - \theta_M$  이며,  $\theta$  간격마다 측정하여 최대, 최소, 평균을 구한다( $\omega_1$  : 비드의 시작 각

도,  $\omega_2$  : 비드의 끝 각도,  $\theta_M$  : 측정마진,  $\theta$  : 측정간격). 비드 내에서 용접 불량인 기공 등을 검출하기 위하여 비드의 이진 영상화와 Gray ROI 영상을 이용하여 비드 부분만 존재하는 Gray 비드 영상( $I_{gb} = I_{gray} \cdot I_{bin}$ )을 만들어낸다(그림3(c)). 윤곽선 검출을 통해 비드 내에 존재하는 기공이 예상되는 구역을 검출한다. 예를 들어, 기공의 경우 비드보다 상대적으로 검게 보이는 특징이 존재한다. 조명으로 인해 이 특징은 더욱 두드러지게 나타난다. 영상에서 밝기가 균일하게 나타나지 않아 적응 이진화(Adaptive Threshold, 전체가 아닌 주변(커널 크기)과 비교하여 이진화 진행)를 이용하여 기공을 구분해 낸다. 이 기공 부분의 크기 등의 정보를 확인한다.

그림4(d)는 시료에서 검출된 비드, 비드의 폭 길이가 측정되는 구간, 기공의 위치, 양 비드의 시작과 끝(푸른색은 좌측, 붉은색은 우측)을 도식화하여 나타내었다.

위의 과정을 통해 획득한 비드 폭의 길이, 용접 상의 결합 여부 등을 종합하여 산업체에서 요구되는 기준(이 기준은 시료의 용접위치, 대상 시료크기 등에 따라 다름)과 비교를 통해 시료의 정상적인 용접 여부를 판별하고, 양품 또는 불량 판정을 실시한다.

4. 시스템 검증

자동화 시스템에 적용을 위해서는 구성된 시스템의 검증이 필요하며, 비드의 존재 여부 판별, 비드 정보(길이, 폭 등)의 오차범위, 시스템의 처리속도를 통해 검증하였다.

먼저, 비드의 존재 여부는 용접된 시료(비드 존재)와 비용접 시료(비드 없음)를 대상으로 표1에서 측정 값(TP, FP, TN, FN)을 이용하여 비드 검출률(%)을 도출한다.

본 시스템의 경우 비드 존재 시료 50개 및 비드 없는 시료 2개 대해 각 시료 당 20회씩 반복실험을 진행하였으며, 비드 검출률은 100%를 달성하였다(TP = 1000, FN = 40, FP = 0, TN = 0).

<표 1> 비드 인식 검증

| 판단 \ 사실                                  | 비드 있음 (TRUE) | 비드 없음 (FALSE) |
|--|--------------|---------------|
| 비드가 있다고 판단 (POSITIVE)                    | (TP)         | (FP)          |
| 비드가 없다고 판단 (NEGATIVE)                    | (TN)         | (FN)          |
| *비드 검출률(%) = (TP+FN)/(TP+FP+TN+FN) × 100 |              |               |

비드 정보의 오차범위는 용접된 시료의 비드 실측값과 시스템에서 측정된 비드정보를 비교하여 측정하였으며, 본 시스템의 측정 오차는 ±10% 범위에 포함되었다.

처리속도의 경우 SW상에서 시스템의 시작과 끝의 시간을 토대로 산출하였으며, 이 산출된 값을 Text 기반 로그 파일에 기록하여 확인하였다. 본 시스템의 처리속도는 평균 162ms이다.

## 5. 결론

본 논문에서는 2D 비전 카메라를 이용한 용접 비드 인식 자동화 시스템에 대해 기술하였다. 최초 촬영된 영상을 기반으로 시료가 포함된 ROI 영역을 검출하고 용접 비드를 검출하며, 이에 대한 각종 정보를 획득하여 산업체 요구사항에 적합한지를 판단한다.

이러한 비전시스템을 적용한 자동화 시스템은 시각정보가 필요한 과정에 모든 적용이 가능하며, 판단의 편차가 줄어들게 되어 판단 오류가 줄어드는 장점을 가지고 있으며, 제품의 안정성, 품질 만족도 향상을 이룰 수 있을 것으로 전망된다.

## 참고문헌

- [1] 박종만, “중소제조업 스마트공장 기술 동향과 이슈” 한국통신학회논문지 제40권 제12호 2015.
- [2] 소아영, “4차 산업혁명과 국내외 스마트 공장 산업동향” 융합위클리팁-산업, vol. 57, 2017.
- [3] Yuan Li, You Fu Li, Qing Lin Wang, De Xu, and Min Tan “Measurement and Defect Detection of the Weld Bead Based on Online Vision Inspection,” IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, Vol. 59, No. 7, July 2010.
- [4] Rafael C. GonzaleZ and Richard E. “Digital Image Processing,” Third edition, July 15, 2007.