

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.3.209>

JCCT 2018-8-26

머신비전 기반 ACF 본딩 기법 개발

Development of a Method for ACF Bonding Based on Machine Vision

이석원*

Seokwon Lee*

요약 이방성 도전필름(ACF)을 사용한 본딩은 납땀이 용이하지 않은 이질적인 소재 간 미세 접합을 형성하는데 널리 사용되어진다. 성공적인 ACF 본딩 구현을 위한 3가지 제한조건이 존재한다. 본딩 접촉점은 설정된 작업 시간동안 적절한 압력과 온도를 유지한 헤드에 의해서 압착되어야 한다. 본 논문에서는 머신 비전을 기반으로 한 ACF 본딩 기법을 제안하고 실험을 통해 검증한다. 시스템은 본딩 작업대 상의 PCB 위치 및 방향을 계산하고 헤드가 압착되어야 하는 최적의 접촉점을 결정한다. 제안한 시스템이 접촉면 상의 헤드 평탄도를 보장함으로써 접착력을 향상시킬 수 있음을 실험결과를 통해 보여준다.

주요어 : 이방성 도전필름, 본딩, 머신 비전, 접착력

Abstract Anisotropic conductive film(ACF) bonding is widely used for making fine interconnections between two different materials where soldering is not easily applicable. There are three constraints for the successful implementation of ACF bonding. A bonding contact should be pressed by a hot head with the right pressure and temperature for a pre-defined curing time. In this paper, a method for ACF bonding based on machine vision system is proposed and verified through some experiments. The system calculates the position and orientation of printed circuit boards(PCBs) on a bonding table and estimates the optimal hitting point where the hot head should be applied. Experimental results show that the proposed system achieves better adhesive strength by providing head flatness over contact surfaces.

Key words : Anisotropic Conductive Film, Bonding, Machine Vision, Adhesive Strength

1. 서론

이방성 도전필름(anisotropic conductive film: ACF)을 사용한 본딩은 서로 다른 재질의 부재와 부재를 부착하거나, 피접속 부재의 신호배선의 피치가 세밀하여 부재와 부재 간 솔더링(soldering) 방식의 부착이 어려

운 경우에 주로 사용된다. 통상 디스플레이 패널의 TCP(tape carrier package)와 인쇄회로기판(PCB)을 상호 접속하는 경우에 ACF 본딩이 많이 사용된다[1, 2]. 또한 TCP를 대신하여 평판 디스플레이의 종류 및 회로 형식에 따라 COG(chip on glass), COF(chip on film) 등을 본딩할 때도 이방성 도전필름이 사용된다. 그림 1

*정회원, 한국산업기술대학교 메카트로닉스공학과
접수일: 2018년 6월 5일, 수정완료일: 2018년 7월 12일
게재확정일: 2018년 8월 4일

Received: June 5, 2018 / Revised: July 12, 2018

Accepted: August 4, 2018

*Corresponding Author: lsw@kpu.ac.kr

Dept. of Mechatronics Eng., Korea Polytechnic Univ., Korea

에 다양한 ACF 본딩 예들이 나타나 있다.

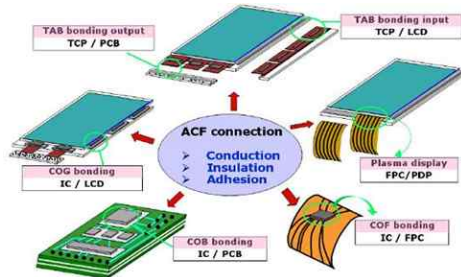


그림 1. ACF를 이용한 본딩 예
Figure 1. Bonding examples using ACF

ACF를 이용한 본딩은 접촉면에는 전도성을 확보하고 접촉면 주위에는 절연 기능과 접착력을 제공한다. 그림 2에서 이방성 도전필름을 이용해서 FPC(flexible printed circuit)나 IC(integrated circuit)를 PCB에 부착할 경우 본딩 접촉면의 온도, 접촉면에 가해지는 압력과 압력 유지 시간이 본딩의 품질을 결정하는 세 가지 중요한 요소이다[3]. 도전필름에 가해지는 압력을 균일하게 유지해야만 양호한 접착력과 본딩 평탄도를 얻을 수 있다. 접촉면의 압력을 균일하게 유지하기 위해서는 PCB의 정렬위치나 길이에 따라 압력을 가하는 최적의 위치를 찾고 압착면의 온도나 가압 시간을 정확하게 제어하는 것이 필수적이다.

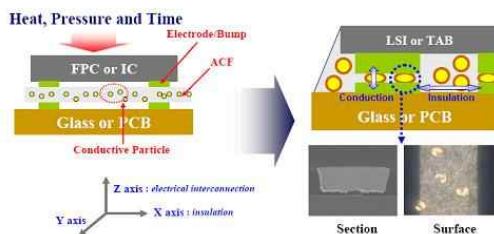


그림 2. ACF를 이용한 본딩 방법
Figure 2. Bonding method using ACF

본 논문에서는 본딩할 인쇄회로기판의 작업대 내의 위치 및 방향을 머신 비전을 통해서 추정하는 시스템을 제안하고 구현하였다. 그리고, 실험을 통해 구현된 시스템을 실제 본딩 장치에 적용하는 경우 기존의 본딩 시스템에 비해 본딩 면의 평탄도가 개선됨을 증명하였다.

II. 머신비전 기반 PCB 위치검출

기존의 본딩 장치는 PCB의 길이에 상관없이 일정한 위치에서 본딩 압력을 가하거나 수동으로 실린더의 압착 위치를 가변시키고 있다. 이와 같은 수동 방식의 불편을 해소하고 자동화를 위해서는 영상처리를 통해 작

업대 위의 PCB 길이나 방향을 검출하고 이를 기준으로 서보 모터를 구동하여 최적의 압착위치로 실린더를 이동시키는 시스템이 필요하다. 그림 3은 본 논문에서 개발한 시스템의 대략적인 구성도이다.

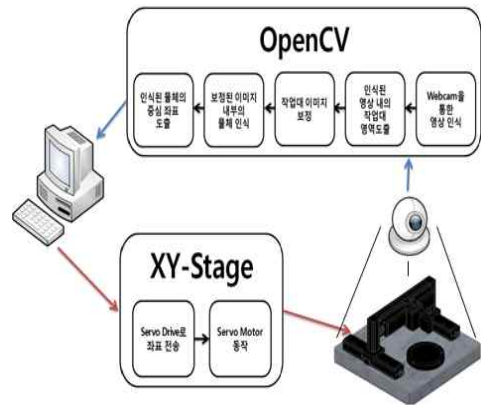


그림 3. 개발 시스템 구성도
Figure 3. Block diagram of the developed system

시스템 동작 순서는 다음과 같다. 본딩 작업대 위 임의의 위치에 PCB를 위치시키면 컴퓨터에 연결되어 있는 웹 카메라가 작업대 영상을 획득하여 OpenCV를 통해 이미지 영상을 분석한다. 영상분석을 통해서 작업대 이미지를 보정하고 보정된 이미지 내에서 PCB를 인식 후 PCB의 중심좌표를 구한다. 계산한 데이터를 모션보드로 송신하고 PCB 중심 위치로 실린더 압착기를 이동시키게 된다.

머신비전을 통해 PCB의 위치를 검출하는 방법은 다양한 영상처리 패키지를 통해서 구현할 수 있다. LabView나 MATLAB에서 제공되는 상용 패키지를 사용할 수도 있지만 가격이 비싸고 해당 라이브러리를 임베디드 시스템에 포팅하는 것이 원활하지 않은 경우가 많다. 본 연구에서는 가격 경쟁력을 고려하여 라이선스 없이 활용이 가능한 OpenCV를 이용하였다. OpenCV는 C 표준 라이브러리 형태로 제공되기 때문에 다양한 임베디드 시스템에 포팅하기 용이한 장점이 있다.

일반적으로 웹 카메라로 취득한 영상 이미지는 작업대뿐만 아니라 주변부까지도 포함한다. 그러나, 정확한 영상분석을 위해서는 최초 영상 이미지로부터 작업대에 해당하는 영역만을 정확히 분리할 수 있어야 한다. 일반적으로 웹 카메라의 렌즈와 작업대와의 각도 및 거리로 인해 카메라가 획득하는 작업대 영상이 왜곡되어서 실제 모습과는 다르게 영상 내 인식 대상물의 외곽선이 곡선의 형태로 보인다. 왜곡은 영상의 가장자리 부분으로 갈

수록 심해지는데 이러한 왜곡은 화면인식 모듈 프로그램의 내부함수와 체스보드를 이용하여 보정할 수 있다.

웹 카메라의 입력 영상에 0.5초의 짧은 시간 동안 체스보드를 노출시키고 프로그램 내부에서 체스보드를 구성하고 있는 각각의 코너들의 위치에 따라 인덱스를 부여 받아 영상의 왜곡된 정도를 나타내는 왜곡지도를 구성한다[4, 5]. 이 왜곡지도와 카메라 렌즈의 왜곡 계수 값을 이용하여 왜곡이 보정된 영상을 생성할 수 있다. 그러나, 본 연구의 시스템에서는 복잡한 체스보드 형태 대신에 작업대 인식을 위해서 작업대 주변에 일정한 폭의 실선을 부착하였다. 본 시스템에서는 카메라와 본딩 작업대간의 거리가 짧아서 왜곡이 심하지 않았으며 왜곡지도 없이도 작업대 외곽선을 통해서 영상을 분리하여 위치 추정 오차를 목표 범위 안에 유지할 수 있었다.

구체적으로 영상 이미지로부터 작업대 주변의 실선을 인식하여 작업대에 해당하는 영역을 추출하는 작업은 OpenCV 라이브러리의 cvThreshold() 함수를 이용하여 이진화한 후, CBlobLabeling 클래스를 사용하여 작업대 영역을 감지할 수 있도록 구현하였다. CBlobLabeling 클래스에서 제공하는 DoLabeling() 함수를 실행함으로써 원래 영상 이미지를 이진화하는 예를 그림 4(a)에서 보여 주고 있다. 이진화된 이미지를 기반으로 실제 레이블링 과정이 진행된다. 레이블링은 인접한 화소에 모두 같은 번호(label)를 붙이고 연결되지 않은 다른 성분에는 다른 번호를 붙이는 과정으로 그림 4(b)에 이진화 영상에 대한 레이블링 결과가 나타나 있다.

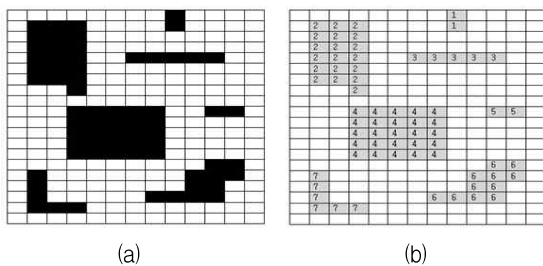


그림 4. 영상 이미지의 이진화 및 레이블링 과정
 Figure 4. Binarization and labeling process of the image

레이블링을 통해 변수에 저장된 작업대의 픽셀 위치 정보를 이용하여 작업대의 외곽 실선으로 이루어진 사각형 꼭지점이 구해진다. 웹 카메라의 입력 영상에서 작업대의 외곽 사각형은 왜곡되어 나타나며, 그림 5는 실제로 왜곡되어 나타난 작업대와 PCB의 형상을 보여 주고 있다. 왜곡 영상을 보정하지 않으면 작업대 내

PCB의 중심을 계산하는 프로그램이 복잡해지고 서버 모터를 통한 XY-stage 구동도 어려워진다. OpenCV의 cvWarpPerspective() 함수와 작업대 외곽의 4개의 꼭지점을 이용하면 왜곡된 이미지 영상의 보정이 가능하다.

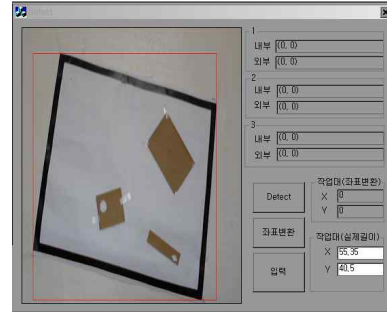


그림 5. 작업대와 PCB의 왜곡된 영상
 Figure 5. Distorted image of working table and PCB

다음 그림 6(a)는 왜곡을 보정한 후의 작업대와 PCB 영상이고, 보정된 이미지를 활용하여 작업대 내에 위치한 PCB의 중심 위치를 검출한다. 보정된 이미지를 이진화한 후에 레이블링하게 되면 작업대 내에 위치한 PCB의 위치정보를 변수에 저장할 수 있게 되며, 이 위치정보를 프로그램의 내부함수에 넣어 PCB의 중심을 구하게 된다. 위치정보 변수와 cvFindContours() 함수를 이용하여 PCB 내부의 윤곽정보를 얻을 수 있고, 이 데이터를 바탕으로 PCB 내부 윤곽의 중심을 구할 수 있다.

다음 그림 6(b)는 보정된 이미지 내에서 PCB를 인식하고 중심을 찾아내는 모듈을 실행한 결과화면이다. 반복 실험을 통한 정밀도 측정 결과 300만 화소의 웹 카메라를 사용하는 경우 다양한 작업대 크기에 대해서 평균 0.08cm 이내의 PCB 중심위치 추정 오차를 얻을 수 있었다. 실린더 위치에 따른 평탄도 비교 실험에서 0.1cm 이내의 추정오차는 평탄도에 거의 영향을 미치지 못하였으므로 구현한 중심좌표 추출 시스템은 충분히 실제 시스템에 적용이 가능하다.

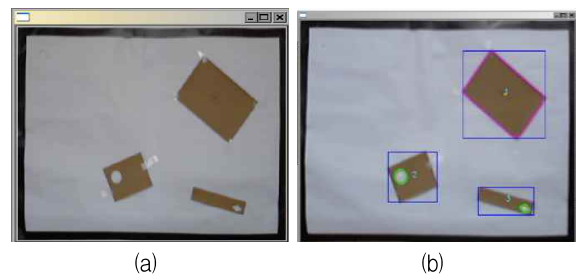


그림 6. 보정 영상 및 PCB 중심위치 검출
 Figure 6. Corrected image and detection of PCB center

표 1. 위치 검출 성능 결과

Table 1. Result of performance test for position detection

작업대 사이즈[cm]	평균 중심오차[cm]	표준편차[cm]
26.65 x 16.70	0.075	0.1
55.35 x 40.50	0.078	0.1

III. 실험 결과

실제 본딩 시스템에서 PCB의 크기에 따라 압착 실린더 위치를 가변시키는 경우와 고정된 경우에 대해서 평탄도 변화를 측정하였다. 본딩 테스트베드의 구조는 다음 그림 7과 같다. 다양한 길이의 PCB가 본딩 작업대에 있는 경우 기존 방식은 실린더 압착 위치를 항상 작업대 중앙에 고정시키는 반면, 본 논문에서 제안하고 구현한 시스템에서는 PCB 길이에 따라 압착 실린더를 최적의 압착 위치로 이동시키면서 본딩을 진행하였다. 가변 실린더를 사용하는 경우 평균적으로 고정식 실린더에 비해서 최소 5배 이상의 평탄도 개선이 가능하였고 그 결과를 표 2에 정리하였다.

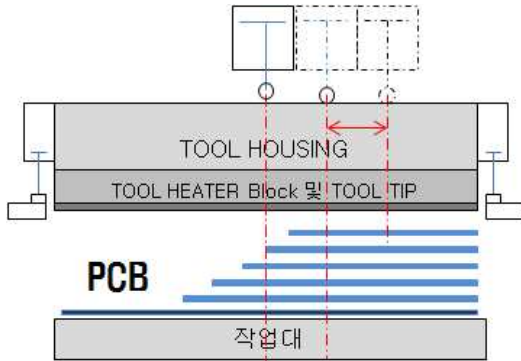


그림 7. 본딩 테스트베드 구조

Figure 7. Structure of test-bed for PCB bonding

표 2. 평탄도 성능 비교 결과

Table 2. Comparison result of flatness performance

PCB 길이[mm]	기울임 편차[mm]	
	고정식	가변식
200	0.110	0.000
250	0.110	-0.010
300	0.080	0.000
350	0.070	-0.010
400	0.050	0.000

IV. 결론

본 논문에서는 머신비전을 이용한 ACF 본딩 시스템을 제안, 구현하고 실험결과를 제시하였다. 저가의 웹 카메라를 이용하여 본딩 작업대에 위치한 PCB의 크기, 위치 및 방향 등을 검출하여 본딩을 위한 최적의 압착 점을 찾을 수 있는 시스템을 구현하였다. 또한, 실제 본딩 장치의 테스트베드를 이용하여 PCB 크기에 따라 가압지점을 변경함으로써 최소 5배 이상의 평탄도 개선효과가 있음을 증명하였다. 제안한 작업대 위의 물체위치 추정 알고리즘은 본딩 시스템뿐만 아니라 다양한 시스템에서 활용이 가능할 것으로 기대된다. 향후 다양한 시스템에 개발된 방법을 적용하기 위해서는 OpenCV를 여러 가지 임베디드 시스템에 포팅하는 작업이 추가로 필요하다.

References

- [1] Yim MJ, Paik KW, "Design and understanding of anisotropic conductive films(ACFs) for LCD packaging", IEEE Trans. on Components, Packaging and Manufacturing Technology, Part A 1998, pp. 226-234.
- [2] M. Jin Yim, J. Hwang and K. Wook Paik, "Anisotropic Conductive Films(ACFs) for Ultra-Fine Pitch Chip-On-Glass(COG) Applications", Proceedings. International Symposium on Advanced Packaging Materials: Processes, Properties and Interfaces, 16-18 March 2005, pp. 181-186.
- [3] X. Chen, J. Zhang, C. Jiao, Y. Liu, "Effects of different bonding parameters on the electrical performance and peeling strengths of ACF interconnection", Microelectronics Reliability, 2005, Sep., pp. 774-785.
- [4] H. C. van Assen, M. Egmont-Petersen, and J. H. C. Reiber, "Accurate object localization in gray level images using the center of gravity measure: accuracy versus precision", IEEE Trans. on image processing, vol. 11, no. 12, pp. 1379-1384, 2002.
- [5] S. Shirmohammadi and A. Ferrero, "Camera as the Instrument: The Rising Trend of Vision Based Measurement", IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, vol. 17, no. 3, pp. 41-47, 2014.