

## 카메라 백 카버 생산 조립 라인의 자동화 시스템 개발

### Development of Automation System of Assembly Line On the Back Cover of a Camera

°이만형\*, 손권\*, 한성현\*\*\*, 이장명\*\*, 이민철\*, 최재원\*, 장영희\*\*\*\*

\* 부산대학교 기계공학부(Tel: 81-051-510-2331; Fax: 81-051-512-9835; E-mail: mahlee@hyowon.pusan.ac.kr)

\*\* 부산대학교 전자공학과(Tel: 81-051-510-2378; Fax: 81-051-512-9835; E-mail: jmlee@hyowon.pusan.ac.kr)

\*\*\* 경남대학교 기계자동화공학부(Tel: 81-0551-249-2624; Fax: 81-0551-249-2617; E-mail: shhan@kyungnam.ac.kr)

\*\*\*\* 부산대학교 대학원(Tel: 81-051-510-1456; Fax: 81-051-512-9835; E-mail: hlllpk@hanmail.net)

#### Abstract

This paper addresses an intelligent robot control system using an off-line programming to teach a precise assembly task of electronic components in a flexible way. The investigated task consists of three jobs: heat caulking test, soldering on a circuit board, and checking of soldering defects on the back cover of a camera. This study investigates the remodelling of the most complicated cell in terms of the accuracy and fault rate among the twelve cells in a camera back-cover assembly line. We have attempted to enhance soldering quality, to add task flexibility, to reduce failure rate, and to increase product reliability. This study modifies the cell structure, and improves the soldering condition. The developed all system implements the real-time control of assembly with vision data, and realizes an easier task teaching on off-line programming.

#### 1. 서 론

제품의 조립라인에서 셋업(set-up)작업시간의 단축, 이상발생에 의한 라인의 정지횟수의 감소, 이상발생시의 신속한 대응 및 해결이 조립 공정 자동화에 있어서 중요한 문제이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로는 조립 라인을 전용 설계하는 방안보다는 전용 셀을 설계하고, 이러한

전용 셀을 조합하여 전체 공정의 자동화 라인을 구축하는 방법이 가장 효율적이라 할 수 있다. 필요한 셀을 조합하여 완성된 조립공정라인의 생산 효율은 전용라인에 비해 다소 떨어질 수 있는 가능성도 배제할 수는 없지만, 제품의 라이프 사이클이 짧고, 또 빠른 생산준비가 요구되는 생산공정에서는 아주 효과적인 방법이다. 또한 전용설계부분이 적고 설계 시간이 짧아 설비제조시간이 짧고, 또한 라인의 기동이 용이하고, 부품 및 Tool의 교환이 용이하며, 라인의 교체 시간이 짧고 표준화되어있어 설비의 비용이 매우 낮으므로 아주 효율적인 방안이라 할 수 있다.

본 연구에서는 실제로 카메라 백 카바의 생산 공정 라인에 적용할 수 있는 열코킹검사, 납땜 및 납땜 검사 자동화를 위한 오프라인 프로그래밍을 이용한 자동교시기능을 갖는 시스템을 구축하여 실제라인에 설치하고자 한다. 이에 본 연구에서는 기존의 4축 스카라로봇을 대신해 수직 다관절 로봇을 이용하여 납땜인두의 자세를 보다 최적으로 유지할 수 있도록 하여, 초기 납땜작업의 불량율을 줄이고, CCD 카메라의 화상정보 등을 사용한다. 백 카바의 납땜 및 납땜검사작업을 위한 솔더링 시스템을 사용하여 보다 정확한 납땜 및 검사작업을 수행하고, 납땜불량의 발생시에 한번의 재납땜 작업에 의해 불량율을 최소화시킴으로서, 보다 유연한 생산공정의 수행을 가능하게 하기 위해 고정도 기능의 SOLDER KING III 모델을 사용한다. 이러한 셀의

구조를 변경하여 보다 나은 정밀도와 모델 변경에 대한 유연성을 향상시켜 불량품 감소 및 신뢰성 증대를 위해 본 연구에서는 셀의 구조개선, 로봇의 모델교체, 고정도의 납땜 및 검사 기술, 오프라인 프로그래밍을 이용한 자동교시기법 개발 등을 통한 새로운 지능형 시스템을 구성하고, 이를 실제 카메라 백 카바 조립 라인에 설치하여 실시간 구현을 이루고자 한다.

## 2. 기구부 설계 및 구성

### 2.1 기구부 전체 구조

본 연구에서 개발하고자 하는 셀의 기구부 개략도는 그림 1과 같다. 이 시스템은 생산라인 중의 한 개의 공정을 담당하는 셀(Cell)개념으로 적용되며, 현재 수행하는 작업은 납땜 작업외에 열코킹검사, 납땜 검사작업이 같이 이루어진다.

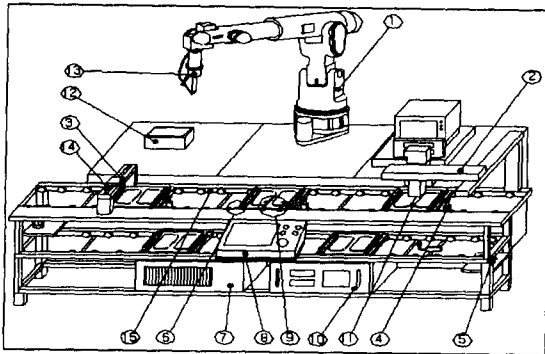


그림 1. 셀 기구부 전체구조.

Fig. 1. Whole structure of mechanical frame of cell

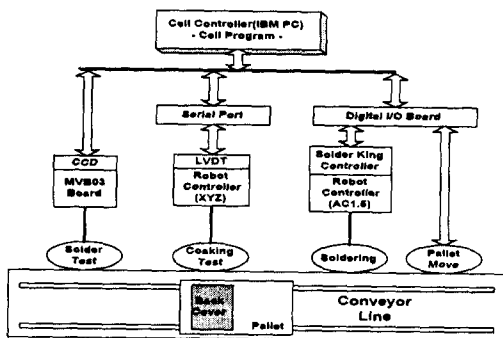


그림 2. 셀 전체 구성도.

Fig. 2. Overall schematic diagram of cell

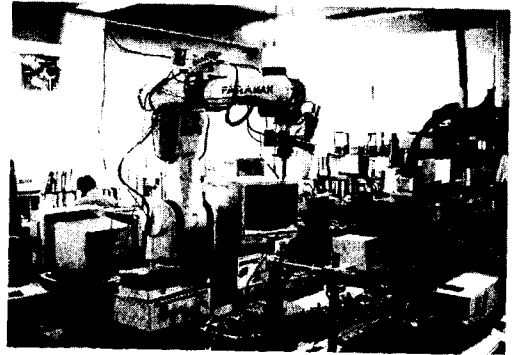


그림 3. 조립 시스템

Fig. 3. The assembly system

라인의 흐름을 보면 첫번째로 열코킹 검사 작업을 하고, 두 번째로 납땜 작업, 세 번째로 납땜 검사 작업을 수행하게 된다. 셀의 설계 및 구성은 기존의 생산라인에 사용되는 셀과 기본적인 골격은 같다. 본 연구에서 별도로 개발하는 시스템에서는 로봇, 그리고 CCD의 작업 능력을 고려하여 최적의 위치를 선정하고자 한다. 기구부 구성요소로는 다음과 같다.

- ① 수직다관절 로봇(AC-1.5), ② 열코킹 검사용 로봇, ③ 비전 센서, ④ 스톱퍼(stopper), ⑤ 컨베이어 모터, ⑥ 포토 센서, 근접센서, ⑦ I/O 제어기, ⑧ 조작 Box, ⑨ 위치고정장치, ⑩ 산업용 P.C, ⑪ 팔레트, ⑫ 인두 세척기, ⑬ 솔더링 시스템

### 2.2 조립셀 전체 구성도

그림 2는 셀 전체 시스템 구성을 나타내고 그림 3은 실제 구성된 조립셀을 보여준다. 셀 제어기는 비전을 이용한 솔더링 검사 장치, AC-1.5 로봇 제어기, 납땜 장치, 열코킹(caulking) 검사 장치의 변위 센서 제어기 등의 작업 데이터들을 RS-232C를 통해 모두 피이드백을 받아 저장하였다가 상위 제어 PC(ass'y PC)로 전송하며, 이때에는 LAN을 이용한다. 셀 내의 각각 왼쪽, 가운데, 오른쪽측 장비는 모두 독립적으로 작업을 수행하나 전체의 흐름이 동기화되어야 하므로 택 타임(tack time)을 맞추어 주는 것이 중요하다.

## 3. 로봇 보정 및 자동교시

### 3.1 영상정보에 의한 로봇의 오차 보정

영상정보에 의한 교시의 자동화에서는 교시점의

좌표가 기본적으로 두 가지의 좌표계로 표현되어진다. 첫 번째로 OLP에서의 교시과정에서 영상정보를 기준으로 하여 영상좌표계로 교시점이 선정된다. 두 번째로는 로봇제어기에서 사용되는 교시프로그램에서 교시점은 로봇좌표계 값으로 주어진다. 이 과정에서 영상좌표계로 표현된 교시점을 로봇좌표계 수치로 변환하는 정확한 변환 관계를 구하는 보정작업이 필수적으로 요구된다.

영상좌표에서 로봇좌표로 변환하는 수식을 구하기 위한 보정작업은 두 단계의 과정으로 이루어진다. 첫 단계는 영상좌표계와 로봇좌표계간의 상관관계를 구하는 과정이고, 두 번째는 카메라와 인두의 상관관계를 구하는 과정이다. 본 연구에서 대상으로 삼은 납땀작업은 로봇 베이스와 평행한 평면에서 이루어지므로 로봇 핸드의 자세를 나타내는  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 의 값은 영상면과 팔레트평면이 수평이 되도록 설정하였으며, 보정작업은 x, y의 2차원 좌표보정에 한정하였다.

### 3.1.1 영상좌표계와 로봇좌표계의 보정

로봇좌표의 변화에 따른 영상좌표의 변화를 알아내기 위해 그림 4와 같이 로봇의 위치가 다른 3개의 영상을 획득한다. 팔레트상의 특징점(feature point)이 보이는 위치에서 1번 영상을 획득하고, 로봇좌표계상의  $X_R$ 방향으로  $\Delta x_{RT}$ 만큼 이동시켜 2번 영상을 획득한다. 다시 1번 영상을 획득했던 위치로 로봇을 이동시키고,  $Y_R$ 방향으로  $\Delta y_{RT}$ 만큼 이동시켜 3번 영상을 획득한다. 1번 영상과 2번 영상의 비교를 통해 획득된 특징점의 영상좌표 변화  $\Delta x_{CX}$ ,  $\Delta y_{CY}$ 와 1번 영상과 3번 영상의 비교에서 얻어진  $\Delta x_{CY}$ ,  $\Delta y_{CY}$ 를 이용하여, 식 (1)과 같이 로봇좌표의 x, y 변화에 따른 영상좌표의 변화를 구하는 변환행렬  $T$ 를 얻는다.

$$T = \begin{bmatrix} \Delta x_{CX} & \Delta x_{CY} \\ \Delta x_{RT} & \Delta y_{RT} \\ \Delta y_{CX} & \Delta y_{CY} \\ \Delta x_{RT} & \Delta y_{RT} \end{bmatrix} \quad (1)$$

영상에서 선정된 임의의 점을 영상좌표로  $\Delta x_C$ ,  $\Delta y_C$ 만큼 이동시킨 새로운 영상을 획득하고자 할 때

의 로봇의 이동 거리  $\Delta x_R$ ,  $\Delta y_R$ 은 식 (2)에 의해 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \Delta x_R \\ \Delta y_R \end{bmatrix} = T^{-1} \begin{bmatrix} \Delta x_C \\ \Delta y_C \end{bmatrix} \quad (2)$$

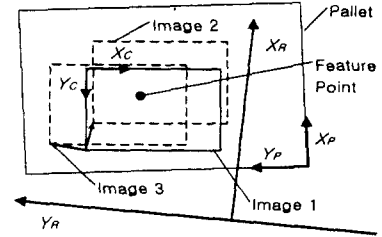


그림 4. 카메라 좌표와 로봇의 월드 좌표사이의 보정.  
Fig. 4. Calibration between camera coordinates and robot world coordinates

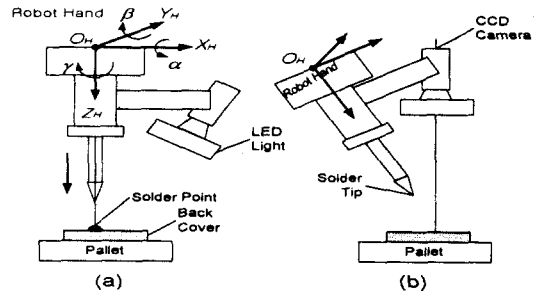


그림 5. (a) 이미지 캡처를 위한 오리엔테이션 (b) 납땀을 위한 오리엔테이션  
Fig. 5. (a)Orientation for image capture (b)Orientation for soldering

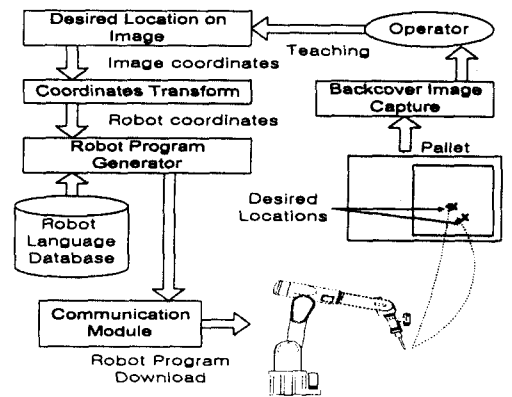


그림 6. 자동 교시 과정.  
Fig. 6. Automatic teaching process

### 3.1.2 영상좌표와 인두 팁의 끝단의 위치보정

보정의 첫 번째 단계를 거치면 사용자가 영상에 교시점을 선정했을 때 그 교시점이 영상좌표계상의 다른 위치에서 촬영되도록 로봇의 이동좌표를 구할 수 있다. 그러나, 교시점은 바로 인두가 납땀을 해야 할 위치이므로, 실제로는 인두 팁의 끝단이 놓이는 곳이 된다. 원활한 납땀 작업을 위한 로봇 핸드의 자세는 그림 5(a)와 같이 팔레트 면에 수직이다. 그리고, 2차원 영상획득을 위한 자세는 그림 5(b)와 같이 팔레트(Pallet)평면과 카메라의 CCD셀 평면(영상면)이 수평이 되도록 로봇의 핸드의 자세를 설정한다. 즉 카메라의 축이 팔레트평면과 수직이 된다.

따라서 보정의 두 번째 단계로서는 납땀자세에서의 납땀인두 끝단의 위치를 영상좌표계 상의 좌표로 구하게 된다. 인두의 위치가 영상좌표로 구해지면 식 (2)를 이용하여 영상에서 선정된 교시점에 인두 팁이 위치하도록 로봇의 이동거리를 구할 수 있다. 납땀자세로 인두 끝단을 팔레트상의 임의의 위치에 놓고, 그 위치를 영상에서 알아볼 수 있도록 표식으로 표시한다.

### 3.2 OLP를 이용한 자동교시

본 연구에서 제안한 자동교시 방법의 흐름은 그림 6과 같다. OLP에서 자동교시 메뉴를 선택하면 Servo On과 영점복귀작업에 이어 작업대상물이 보이도록 선정된 촬영위치로 로봇이 이동한다.

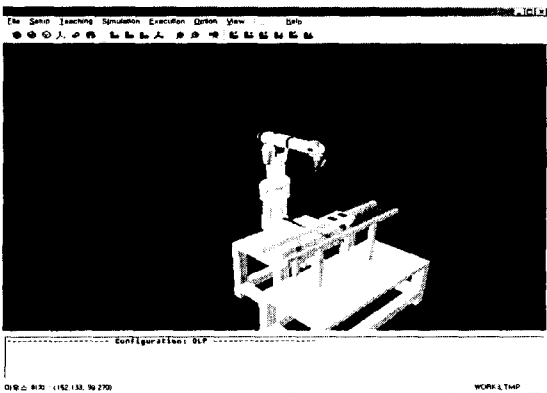


그림 7. OLP상의 가상 로봇 시스템.  
Fig. 7. Virtual robot system in OLP

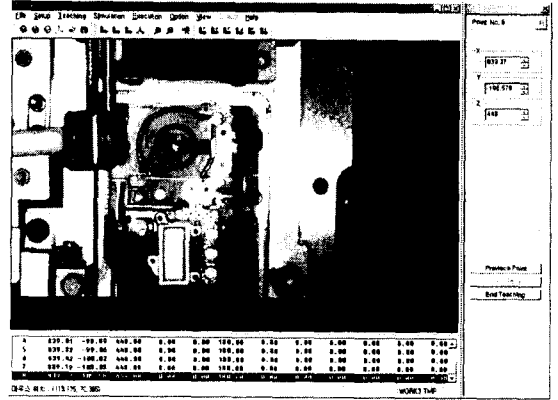


그림 8. OLP상에서 교시에 의한 이미지.  
Fig. 8. Teaching through image in OLP

핸드에 부착된 카메라에서 작업대상물의 영상을 획득하여 화면에 나타낸다. 작업대상물 영상을 작업자가 보고, 납땀지점을 판단하고, 영상에 대하여 교시점을 선정한다. 그림 8은 교시를 수행하는 화면을 보여준다.

교시한 위치에 대한 실제 로봇의 위치의 오차는 0.5 mm 이내로서 보정방법이 타당함을 보여 준다. 이 오차는 인두 끝단의 위치측정의 부정확성에서 기인하는 것으로 판단된다.

표 1. 교시 시간 비교.

Table 1. Comparison of teaching time

Comparison Item	Teaching by T.P.	Automatic Teaching
Set up (calibration & database edit)	0	1 ~ 2 hour
Teaching time (4 point)	30 min	30 sec
Program edit	30 min	1 sec

### 4. 납땀공정

본 연구에서는 납땀(soldering)공정을 위해 UNIX JAPAN사의 SOLDER KING III 컨트롤러를 사용하였다. SOLDER KING III 시스템의 구성은 컨트롤러(SOLDER KING III), 납피이드(UPM-011), 아이언 팁 클리너(UJC-212), 헤드(UMC-018)로 되어있다. 납땀시스템은 로봇 제어기의 USER I/O를 이용하여 셀제어기와 동기화하였으며, 수직다관절 로봇의 장점을 이용하여 표 2와 같이 기존 시스템의 기능을

향상시켰다.

## 5. 납땜검사

표 2 납땜작업 비교

Table. 2. Comparison of soldering task

구 분	기존 시스템	개발 시스템
납피터량	3.5~4.8mm	2.0~3.8mm
납땜Point	2 Point	3 Point

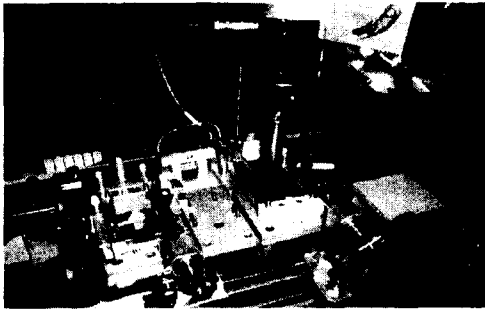


그림 9. 납땜 작업

Fig. 9. The soldering task

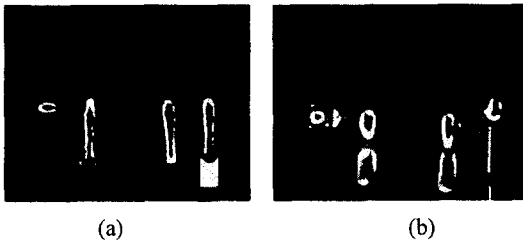


그림 10. 솔더링작업 예

Fig. 10. Example of soldering task

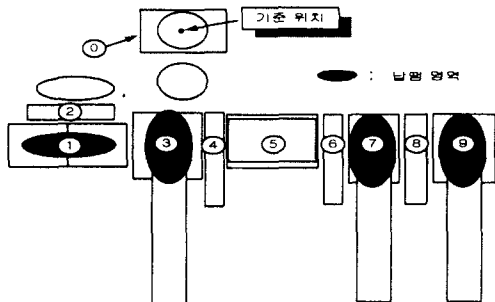


그림 11. 비전검사 영역

Fig. 11. The area of vision test

납땜 이후의 라인에서 납땜불량으로 인한 추가 비용을 절감하기 위해서는 납땜검사를 실시해야 하는데, 사용자의 편의, 납땜불량 영역의 시각적 인식을 위해서 비전을 이용한 검사시스템을 구성하였다. 그림 10은 납땜작업을 하였을 때, 나타낼 수 있는 양/불량의 예이다. 이 시스템에서 사용한 비전검사 영역은 그림 11과 같다. 특히, 본 시스템에서는 전체 라인에 의한 진동, 납땜 물체의 미세한 이동 등을 고려하여 기존의 고정된 검사영역 설정 방법을 사용하지 않고, 납땜에 영향을 받지 않는 지점을 calibration point로 지정하여 그 기준위치로부터 검사영역을 설정하였다.

납땜 검사 영역에서는 이진화, 레이블링 등의 방법을 이용하여 납땜 패턴을 인식하고, 원하는 패턴의 범위에 드는지를 검사하여 양/불량을 검사하게 된다. 이렇게 함으로써 쇼트검사, 납땜 패턴 검사 등을 효율적으로 처리할 수 있다. 그리고, 사용자의 편의와 납땜 대상의 변화를 고려하여 사용자가 임의로 검사영역을 이동할 수 있도록 하였다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 카메라 백 카바(back cover)의 조립라인중에서 작업난이도가 높고 불량율이 가장 높은 납땜공정 및 검사공정을 가진 셀의 구조를 개선하여, 모델 변경에 대한 유연성 및 정밀도를 향상시켜 제품의 불량율을 감소시킬 수 있도록 OLP를 이용한 자동교시기능을 갖는 지능형 통합 시스템을 구성하고, 이를 실제 카메라 백 카바 조립라인에 설치 및 운용하기 위한 연구를 수행하였다. 진행된 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

- 셀의 기본구조 해석 및 기구부 설계 • 제작
- 수직다관절로봇(AC-1.5)의 기구학적 오차 보정 및 실조립라인 적용을 위한 특성 분석
- 카메라를 이용한 로봇의 캘리브레이션 및 비전 기술 개발
- 카메라 영상의 PC(windows 환경)로의 인터페이스
- 오프라인 프로그램을 이용한 자동교시 구현
- 카메라 백 카바 실조립라인에서의 납땜 및 자

## 동검사를 위한 Real soldering

향후 연구내용으로는 자동교시에 대한 기능을 보강하고, 다른 분야에도 적용 가능한 조립 셀 시스템의 개발에 있다.

### 참고문헌

- [1] K. Son, C. W. Jung, M. H. Lee, M. C. Lee, J. M. Lee, D. S. Ahn, And S. H. Han, "A Human-Robot Interface System Developed in PC's", 12th JRSJ Conference, pp.101-104, 1994.
- [2] Min C. Lee, C. K. Ahn, K. Son, J. M. Lee, S. H. Han, and M. H. Lee, "Integrated SCARA Robot Control System Based on DSP," Proc. of 2nd Asian Control Conference, Vol. I, pp.97-100, 1997.
- [3] B. W. Mooring, Z. S. Roth, M. R. Driels, Fundamentals of manipulator calibration, John Wiley & Sons, Inc, 1991.
- [4] H. Zhuang, Z. S. Roth, Camera-Aided Robot Calibration, CRC Press, 1996.
- [5] K. S. Fu, R. C. Gonzalez, C. S. G. Lee, Robotics, McGraw-Hill, 1987.
- [6] 김완수, 조형석, 김성권, "조립라인에 있어서 부품의 조립오차 분포특성을 고려한 로봇의 재교시", '95 한국자동제어학술회의, pp 761~764, 1995.
- [7] 안철기, 이민철, 손권, 이장명, 김성권, "오프라인 교시작업을 위한 통합 로봇제어시스템의 구현", '96한국자동제어학술회의, pp. 503~506, 1996.

### 후 기

본 연구는 산업자원부에서 주관하는 G7 연구과제의 일환으로써 (주)삼성전자와 (주)삼성항공의 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.