

조립공정 자동화를 위한 자동교시기능을 갖는 지능형 로봇 무인 통합제어

Unmanned Integration Control of Intelligent Robot with Automatic Teaching Function for Assembling Process Automation

요약

본 연구에서는 전자부품의 자동조립라인에서 매우 중요한 작업인 열코킹 검사, 납땜 및 납땜검사 작업공정을 보다 더 정밀하고 유연하게 수행할 수 있도록 오프라인 프로그램에의 자동교시기능을 갖는 지능형 로봇 제어 시스템 개발에 대한 연구를 수행하였다. 카메라 백 카바등의 전자부품의 자동조립라인은 작업의 난이도가 매우 높고, 고정밀도가 요구되고, 특히, 납땜 및 납땜 불량검사 작업의 셀은 전체 작업 셀 공정중에서 가장 불량률이 높다. 따라서 본 연구는 기존의 납땜 및 검사공정 셀의 구조를 개선하여 보다 더 높은 정밀도를 유지할 수 있고, 모델 변경에 대한 유연성 향상 및 불량율의 감소를 통한 시스템의 신뢰성을 증대시키기 위한 목적으로 수행된다. 이의 실현을 위한 세부내용으로는 셀의 구조개선, 로봇의 모델교체 및 성능향상, 고정도의 납땜 및 검사 기술, 오프라인 프로그래밍(off-line programming, OLP)을 이용한 자동교시기법을 개발하여 지능형 시스템으로 새로운 셀을 구성하고, 이를 실제 카메라 백 카바등의 전자부품 조립 라인에 설치하여 실시간 구현을 실현하고자 한다.

주요어 : 카메라 백 카바, 자동교시, 오프라인 프로그래밍, 지능형 제어 로봇시스템, 불량율 감소, 납땜 작업 및 검사, 열코킹 검사, 정밀도 및 유연성 향상, 자동교시

1. 서론

현재 산업현장에서 생산성 향상을 위해 로봇의 사용이 보편화되고 있으며, 전자부품의 조립 공정에도 많은 로봇이 사용되고 있다. 로봇의 작업을 교시하기 위해서는 일반적으로 작업자가 교시상자를 이용하여 로봇의 거동을 직접 확

인하면서 조립작업을 지시하는 온라인 교시방법이 사용된다. 그러나, 최근 들어 소비자 기호의 다변화에 의해 제품의 주기가 점점 짧아지고, 조립작업의 변화가 빈번해짐에 따라, 환경변화에 유연하게 대응할 수 있는 로봇의 교시방법이 요구되고 있는 추세이다.

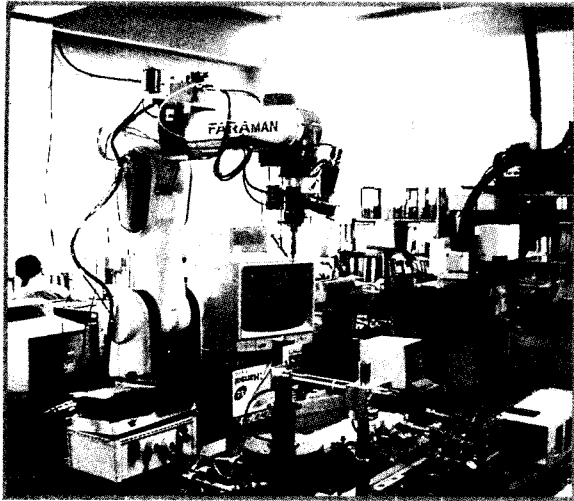


그림 1. 전자 부품 조립 시스템과 로봇

이러한 요구를 충족시키기 위해 로봇과 작업환경을 컴퓨터 상에서 가상적으로 구현하여, 오프라인으로 로봇의 교시, 시뮬레이션, 성능 평가 등을 수행할 수 있는 오프라인 프로그래밍(off-line programming, OLP)시스템이 개발되었으며, 국내외에서 많은 OLP시스템들이 상용화되고 있는 추세이다^{(1),(2)}. 그러나 개발된 대부분의 OLP들이 시뮬레이션, 충돌 검색 및 회피, 성능 평가 면에서는 좋은 성능을 보이는 반면, 교시의 측면에서는 OLP상의 로봇과 환경모델과 실제 시스템과의 오차로 인해 OLP에서의 교시를 실제시스템에 바로 사용하지 못하는 문제가 발생한다^{(3),(4)}.

본 연구에서는 조립대상물의 화상정보를 이용하여 OLP에서 손쉽게 교시하고, 교시점의 오차를 보정하여 실제 시스템에 바로 적용 가능하도록 하는 방법을 제시하고자 한다. 대상 시스템으로서 실제 산업현장에서 이루어지는 조립공정을 수행하는 전자부품의 조립 라인을 구성하였다. 이 라인에서는 수직다관절 로봇을 이용하여 납땜 작업을 수행하도록 되어 있다. 제안된 교시 방법을 이 시스템에 적용하여 로봇의 작업을 OLP 상에서 교시하고, 로봇제어기에 다운로드하여 실제 로봇에서 수행하는 일련의 과정을 통해 적합성을 확인하였다.

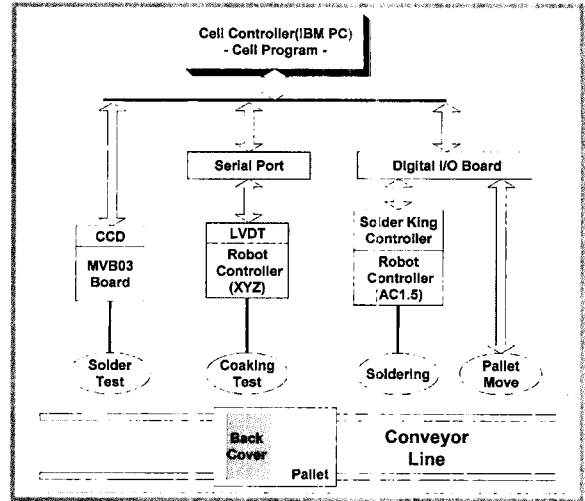


그림 2. 온라인 자동 모드에 대한 시스템 구성

2. 자동교시 시스템의 구성

본 연구의 대상이 되는 시스템은 카메라 백커버의 제작 공정을 담당하는 생산라인 중 일부 작업을 수행하는 셀(cell)이다. 그림 1은 사용된 시스템의 실제 모습을 보인다. 이 셀은 3개의 작업을 수행하도록 구성되어 있다. 첫 번째는 열코킹 검사 작업이고, 두 번째는 납땜 작업이고, 마지막으로 세 번째는 납땜 검사작업이다. 셀의 전체적인 작업의 제어를 담당하는 셀 제어기로는 산업용 컴퓨터(PC)가 사용된다. 이 컴퓨터에서 운영되는 셀 프로그램이 멀티 태스킹 기법을 사용하여 세 개의 작업의 흐름을 동시에 제어한다.

본 연구에서 교시 자동화의 대상으로 삼은 것은 납땜 작업이다. 수직다관절 로봇인 AC-1.5(삼성전자)를 사용하여 납땜 작업을 수행한다. 기존에는 납땜 작업에 필요한 로봇 프로그램을 로봇 컨트롤러의 교시상자(teaching pendant)를 이용해서 작업자가 로봇의 동작을 관측하며 프로그래밍하고 있다. 본 연구에서는 교시 자동화를 위하여 오프라인 교시 도구인 OLP를 사용한다. OLP는 개인용 컴퓨터를 기반으로 개발되어 셀 제어기로 사용되는 컴퓨터에서 구동된다. 따라서 셀 제어기의 작업 모드는 OLP에서 교시를 행하는 자동교시 모드와 셀 프로그램이 작업 공정을 수행하는 온라인 구동 모드로 구분된다.

2.1 온라인 구동 모드

셀 프로그램이 세 개의 작업 공정을 수행하는 모드이다. 이 시스템의 하드웨어적인 구조는 그림 2와 같다. 조립 대상물은 카메라용 백커버의 전자회로부이다. 조립대상물은 정밀하게 제작된 팔레트(pallet)에 고정되어 컨베이어에 의해 반송된다. 세 개의 작업공정은 컨베이어 라인중의 세 곳의 고정된 위치에서 이루어진다. 그 위치는 위치결정장치에 의해 정밀하게 고정된다.

열록킹 검사부는 변위센서인 차동변압기(LVDT)를 끝에 장착한 X-Y 직교로봇으로 구성된다. 로봇을 검사하고자 하는 위치에 이동시켜 열록킹 부위의 변위를 측정하여 양불량 상태를 검사하게 된다.

납땜 작업부는 로봇의 핸드에 납땜인두를 장착한 수직다관절형 로봇과 자동 납땜제어기로 이루어져 있다. 작업대상물이 놓인 팔레트가 납땜작업 위치에 반송되면, 로봇의 핸드가 납땜위치로 이동하여 납땜작업을 수행하게 된다. 이 작업을 위해서는 로봇의 동작이 납땜제어기와 팔레트의 위치결정장치가 동기화 되어 연동동작을 수행하도록 로봇 프로그램이 코딩된다.

납땜 검사작업부는 비전센서인 카메라와 영상처리를 위한 비전보드로 구성된다. 카메라는 컨베이어상의 검사 위치에 고정되어 있으며, 납땜부위의 영상을 획득하고,

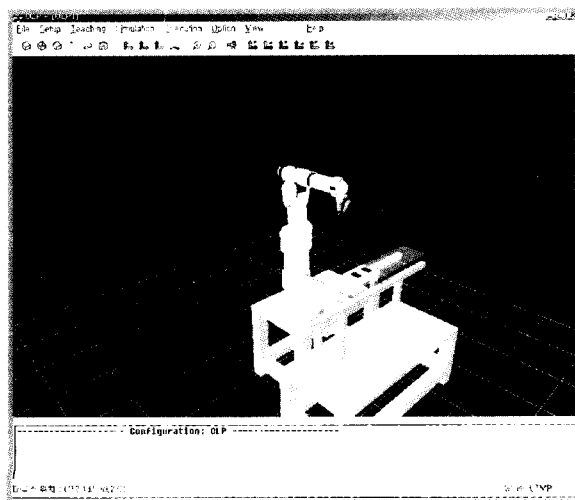


그림 3. OLP상의 실제 로봇 시스템.

비전보드에서 영상정보를 처리하여 납땜 작업의 양불량을 검사한다. 셀 제어기는 컨베이어의 움직임과 팔레트의 위치결정을 담당하고 주변기기들의 연동동작을 제어한다.

2.2 자동교시 모드

본 연구에서 개발된 OLP에서 수직다관절 로봇의 납땜 작업 프로그램을 자동교시하는 모드이다. 그림 3은 OLP의 조립작업을 위한 가상 로봇 시스템을 보여준다. 자동교시는 조립대상물의 영상을 획득하여, 이 영상을 기준으로 납땜을 수행할 위치를 작업자가 지정하면, 납땜 작업을 위한 로봇 프로그램을 자동으로 생성하는 기능이다.

이를 위해 개발된 OLP에는 영상 정보를 획득하기 위한 카메라와의 인터페이스 기능을 갖추고, 로봇을 구동하고, 로봇의 위치데이터를 획득할 수 있도록 로봇제어기와 통신기능을 추가하였다. 영상정보와 로봇제어기에서 제공되는 로봇의 위치정보를 이용하여 OLP에서 교시되는 로봇의 위치를 실제 로봇과 일치시키도록 하기 위한 보정을 수행한다. 생성된 로봇 프로그램은 통신기능을 통해 로봇 제어기로 다운로드된다.

자동교시 모드를 위한 시스템의 하드웨어적인 구성은 그림 4와 같다. 카메라는 납땜 인두와 같이 로봇의 핸드에

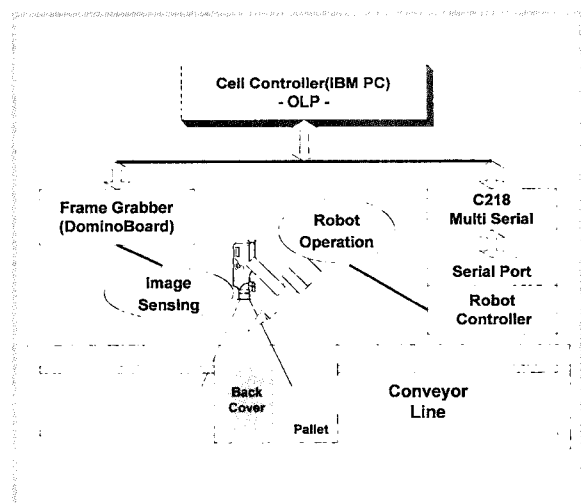


그림 4. 자동교시 모드에 대한 시스템 구성

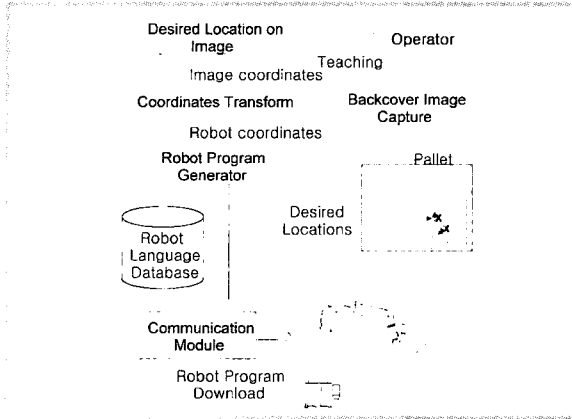


그림 5. 자동 교시 과정

부착되어 있다. 카메라에서 영상을 획득하기 위하여 영상 획득장치로서 Domino Maxi 보드(Euresys사)를 사용한다. 로봇제어기는 FARACON SRC(삼성전자)이며, 셀 제어기와 통신을 위해 멀티 시리얼 포트를 지원하는 C218보드(Moxa사)를 사용한다. OLP의 로봇제어기와 통신 모듈은 로봇제어기의 통신 프로토콜에 맞추어 개발되었으며, 서보온/오프(servo on/off), 영점복귀, 프로그램 다운로드, 실행(run), 로봇 위치데이터 획득기능을 구현하였다.

3. 교시 자동화

본 연구에서 제안한 자동교시 방법의 흐름은 그림 5와 같다. OLP에서 자동교시 메뉴를 선택하면 서보온과 영점복귀작업에 이어 작업대상물이 보이도록 선정된 촬영위치로 로봇이 이동한다. 핸드에 부착된 카메라에서 작업대상물의 영상을 획득하여 화면에 나타낸다. 작업대상물 영상을 작업자가 보고, 납땜지점을 판단하고, 영상에 대하여 교시점을 선정한다. 그림 6은 교시를 수행하는 화면을 보여준다. 교시점을 선정하는 방법은 마우스를 이용하여 커서를 교시점으로 이동하여 클릭 함으로써 이루어진다. 교시점이 선정되면, 적색의 점으로 영상위에 마크되며 영상좌표계로 획득된 교시점의 좌표는 로봇제어기의 월드좌표계(이하 로봇좌표계) 기준의 로봇좌표로 자동으로 변환되어 OLP화면의 하단에 제시된다. 이때 변환알고리즘

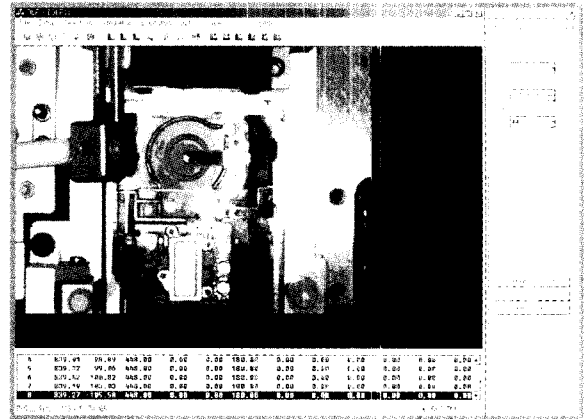


그림 6. OLP상에서 교시에 의한 이미지

의 파라미터는 보정과정을 통해 획득된다. 선정된 교시점의 로봇좌표를 이용하여 로봇언어로 구성된 납땜 작업용 로봇 프로그램을 자동으로 생성한다. 납땜기의 동작과 셀 제어기의 위치결정장치의 동작과 연동동작을 위한 코드와 로봇 초기화에 관한 코드는 데이터 베이스로 되어있어 로봇 프로그램에 추가된다. 로봇 교시프로그램은 납땜기 및 위치결정장치와 동기화되어 동작하도록 구성된다. 자동교시 모드에서는 교시의 유효성을 검사하기 위해 테스트용 OLP의 귀적프로그램을 생성하여, OLP에서의 시뮬레이션을 통해 먼저 검토한다. 그리고, 테스트용 로봇 프로그램을 동시에 생성하여, OLP에서 온라인으로 로봇을 구동시켜 교시의 정확도를 확인한다.

4. 좌표 보정 및 교시 실험

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. 그림 7은 보정작업 및 교시를 위해 조립대상물의 영상을 획득하는 방식을 보여준다.

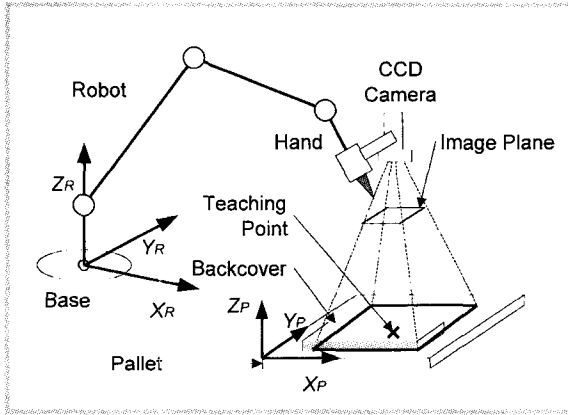


그림 7. 자동 교시를 위한 핸드 아이 카메라 시스템

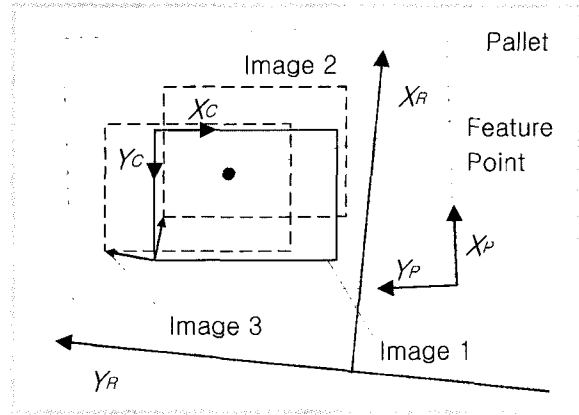


그림 8. 카메라 좌표와 로봇의 월드 좌표사이의 보정

영상좌표에서 로봇좌표로 변환하는 수식을 구하기 위한 보정작업은 두 단계의 과정으로 이루어진다. 첫 단계는 로봇좌표의 변화에 따라 촬영위치가 바뀐 영상에서의 좌표변화를 구하는 과정, 즉 영상좌표계와 로봇좌표계간의 상관관계를 구하는 과정이다. 두 번째는 영상좌표계상에서 인두 팁의 끝단의 위치를 구하는 과정, 즉 카메라와 인두의 상관관계를 구하는 과정이다. 본 연구에서 대상으로 삼은 납땜작업은 로봇 베이스와 평행한 평면에서 이루어진다. 6축 로봇의 제어기상의 로봇좌표는 $x, y, z, \alpha, \beta, \gamma$ 로 표시된다. x, y, z 는 로봇 핸드의 기준점의 좌표이고, α, β, γ 는 로봇 핸드 자세를 나타낸다. 작업이 모두 같은 평면에서 수행되므로 보정작업은 x, y 의 2차원 좌표 보정에 한정된다. 따라서 영상 취득시의 로봇 핸드의 위치는 고정된 z, α, β, γ 에서 이루어진다고 전제한다. 이때 α, β, γ 의 값은 그림 7에서 보이듯이 영상면과 팔레트평면이 수평이 되도록 설정하였다.

4.1 영상좌표계와 로봇좌표계의 보정

로봇좌표의 변화에 따른 영상좌표의 변화를 알아내기 위해 그림 8과 같이 로봇의 위치가 다른 3개의 영상을 획득한다. 팔레트상의 특징점(feature point)이 보이는 위치에서 1번 영상을 획득하고, 로봇좌표계상의 X_R 방향으로 Δx_{RX} 만큼 이동시켜 2번 영상을 획득한다. 다시 1번 영상을 획득했던 위치로 로봇을 이동시키고, Y_R 방향으로 Δy_{RY} 만

큼 이동시켜 3번 영상을 획득한다. 1번 영상과 2번 영상의 비교를 통해 획득된 특징점의 영상좌표 변화 Δx_{CX} , Δy_{CY} 와 1번 영상과 3번 영상의 비교에서 얻어진 Δx_{CY} , Δy_{CY} 를 이용하여, 식 (1)과 같이 로봇좌표의 x, y 변화에 따른 영상좌표의 변화를 구하는 변환행렬 T 를 얻는다.

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

영상에서 선정한 임의의 점을 영상좌표로 $\Delta x_C, \Delta y_C$ 만큼 이동시킨 새로운 영상을 획득하고자 할 때의 로봇의 이동 거리 $\Delta x_R, \Delta y_R$ 은 식 (2)에 의해 구할 수 있다.

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

4.2 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 납땜을 해야 할 위치이므로, 실제로는 인두 팁의 끝단이 놓이는 곳이 된다. 원활한 납땜 작

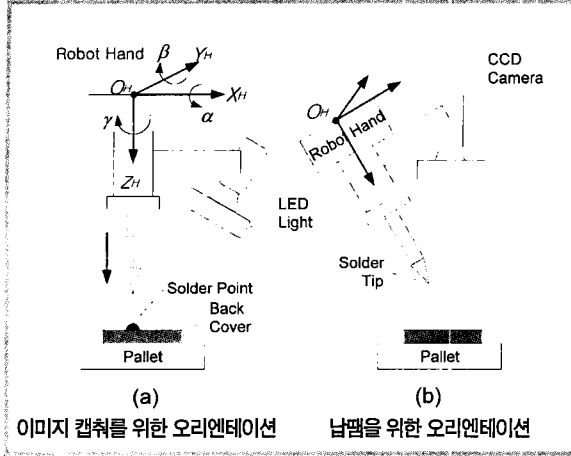


그림 9. 이미지 캡처와 납땀을 위한 오리엔테이션

업을 위한 로봇 핸드의 자세는 그림 9(a)와 같이 팔레트 평면에 수직이다. 그리고, 2차원 영상획득을 위한 자세는 그림 9(b)와 같이 Pallet 평면과 카메라의 CCD셀 평면(영상면)이 수평이 되도록 로봇의 핸드의 자세를 설정한다. 즉 카메라의 축이 Pallet 평면과 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. 이때의 로봇좌표는 x_{RS}, y_{RS} 이다. 로봇을 구동하여 촬영자세로 바꾸고, 표식이 카메라의 시야에 보이도록 로봇의 위치를 이동하여, 영상을 획득한다. 이때의 로봇좌표는 x_{Rmark}, y_{Rmark} , 영상에서 표식의 위치는 x_{Cmark}, y_{Cmark} 이다. 영상좌표계 상에서의 인두의 위치 x_{CS}, y_{CS} 를 식 (3)을 이용하여 구한다.

$$\begin{bmatrix} x_{CS} \\ y_{CS} \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} x_{RS} - x_{Rmark} \\ y_{RS} - y_{Rmark} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{Cmark} \\ y_{Cmark} \end{bmatrix} \quad (3)$$

4.3 교시점의 로봇좌표로의 변환

교시점이 카메라의 시야에 보이는 지점에 로봇을 위치

시키고, 촬영하여 교시영상을 획득한다. 이 영상에서 사용자는 교시점을 선정한다. 이때의 로봇 위치는 x_{Rpic}, y_{Rpic} 이고, 교시점의 영상좌표는 x_{Cteach}, y_{Cteach} 이다. 교시점은 식 (4)에 의해 실제 납땀을 위한 로봇의 로봇좌표 x_{Rreach}, y_{Rreach} 로 변환되어 구해진다.

$$\begin{bmatrix} x_{Rreach} \\ y_{Rreach} \end{bmatrix} = T^{-1} \begin{bmatrix} x_{CS} - x_{Cteach} \\ y_{CS} - y_{Cteach} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_{Rpic} \\ y_{Rpic} \end{bmatrix} \quad (4)$$

식 (4)는 로봇핸드에서의 카메라의 부착위치가 변경되지 않는 한 유효하므로, 보정작업은 카메라를 핸드에 부착하는 시점에 한번만 수행되면 된다. 로봇의 z 좌표는 시스템의 초기 셋팅시에 작업자가 설정한다.

4.4 교시 실험

제안된 보정방식으로 영상에서의 교시점의 좌표와 로봇의 핸드에 부착된 인두의 끝단을 교시점에 도달시키기 위한 로봇좌표계의 x, y 좌표간의 변환식을 구하여 교시의 자동화를 구현하였다. 그림 6에서와 같이 영상에서의 교시점 선정이 행해지면 교시점의 로봇좌표가 산출된다. 이 좌표에 근거하여 자동 생성된 로봇 프로그램을 제어기로

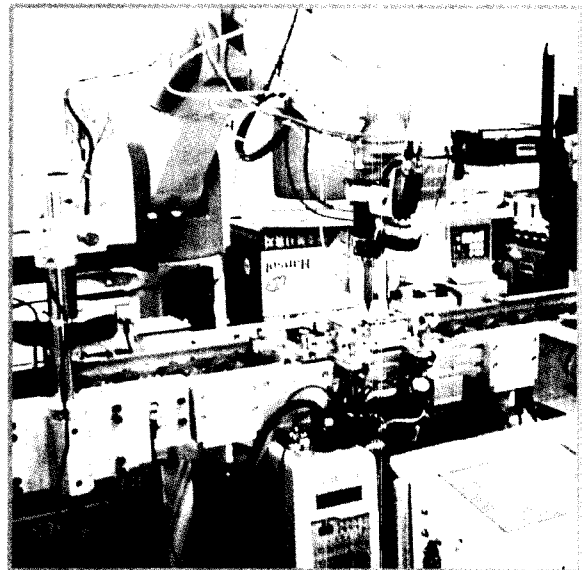


그림 10. 자동교시에 의한 로봇의 작동

표 1. 교시 시간 비교

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

다운로드하여 실행시킨다. 그림 10은 로봇 프로그램에 따라 실제의 로봇이 작업하는 모습을 보여 준다. 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 1은 기존의 교시상자를 이용한 교시 방법과 제안된 자동교시 방법에서의 소요시간을 비교한 결과이다. 먼저 시스템이 처음 셋업되는 시점에는 자동교시를 위해서 보정작업과 시스템에 맞는 로봇언어 프로그램의 데이터베이스를 작성하는 데에 시간이 소요된다. 실제 작업대상물의 교시점이 4점인 경우에 대해 기존의 교시방식은 로봇을 교시상자로 온라인으로 구동하여 교시 위치를 찾는데 30분 정도가 소요되고, 로봇 프로그램을 편집하는 데에도 이에 상응하는 시간이 소요된다. 그러나 한번 셋업이 된 시스템에서 자동교시방식은 1분 이내에 모든 작업이 끝남을 볼 수가 있다.

5. 비주얼 서보잉 제어 기술

비주얼 피드백 제어 기법은 기존의 비전 시스템의 문제

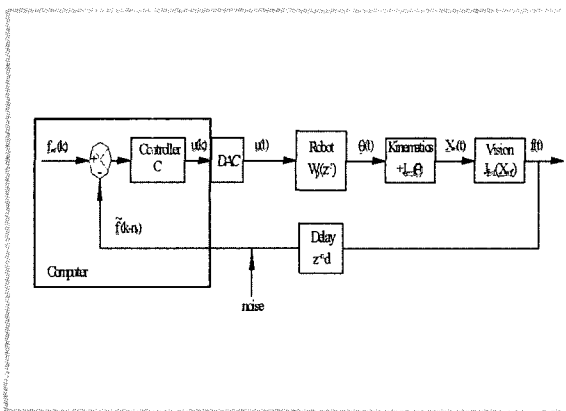


그림 11. 영상에 기준한 비주얼 서보잉 제어

점인 3D정보의 2D화 과정에서의 정보손실에 대한 보상 문제가 쉽게 해결될 수 있고, 그리고 캘리브레이션 오차가 존재하더라도 위치 및 자세 등의 견실 제어가 가능한 유연하고 견실한 제어기법이다. 또한 월드좌표(World coordinates)의 계산 없이 영상정보만으로 서보 시스템 구성이 가능하고, 특히 초기오차가 큰 경우에서도 정확한 피드백 정보의 계산이 가능한 것이므로 기존의 서보제어 기법의 문제점을 해결할 수 있는 지능형 영상 피드백 제어 방법이라 할 수 있다.

비주얼 피드백 시스템 설계 기법에는 “Look and move” 기법과 Visual Servoing Control(비주얼 서보잉 제어) 기법이 있다. 그리고, 비주얼 서보잉 기법에는 세가지의 접근 방법이 있다. 첫째는 피드백 변수의 물리적 성질에 의한 방법(ⒶPosition-based visual feedback, ⒷImaged-based visual feedback)이고, 둘째는 제어구조에 의한 분류 방법(ⒶClosed-loop control, ⒷOpen-loop control)이며, 그리고 셋째는 영상 처리 시간 및 매니플레이터의 제어기법에 의한 방법(ⒶStatic visual, ⒷDynamic visual)으로 구분된다. 본 연구에서는 피드백 변수의 물리적 성질에 의한 방법중에서 영상에 기준한 비주얼 서보잉 기술을 Monocular에 기초하여 수행하였다.

실험에서 물체의 형상점들은 외각선의 길이가 300mm 인 사각형의 4개의 꼭지점들이다. 변수들은 초점거리는 16mm, base line은 130mm, 샘플링타임은 50msec, 피드백 계인은 1, 목표위치(P_0)는 (100, 100, 500)^T, 목표방향 Euler angle (ϕ, θ, ψ)은 (0, 0, 0)rad, 병진과 회전에

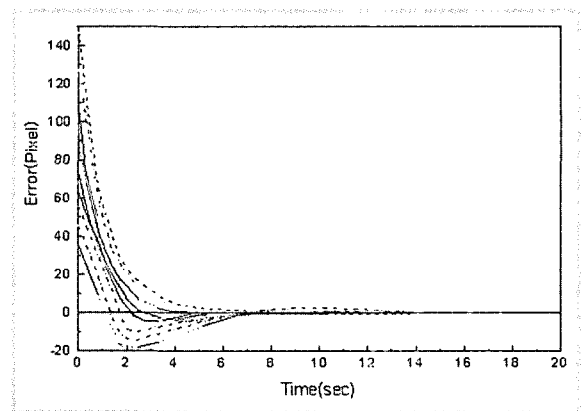
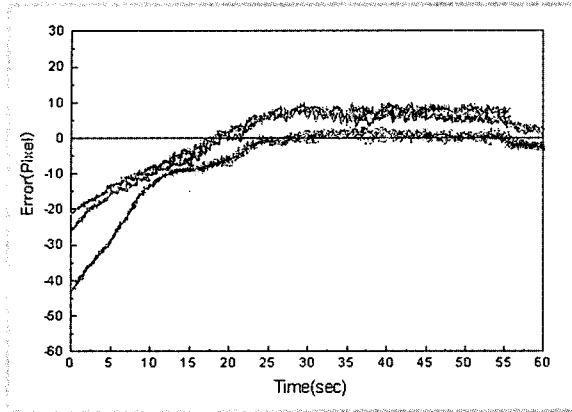
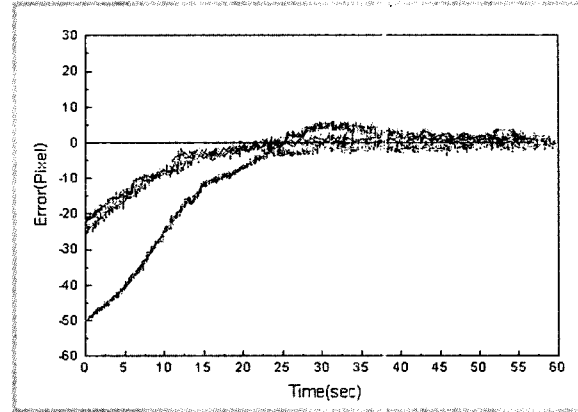


그림 12. Monocular 비전일 경우 x와 y축상의 위치 오차



(a) Left image



(b) Right image

그림 13. x와 y축 상의 위치 오차

서 초기오차는 각각 $(-50, -50, -50)^T$ mm와 $(20, 20, 20)$ rad을 사용했다.

형상점들은 크기가 200×200 mm인 사각형의 4개의 꼭지점을 선택하였다. Monocular 경우에 있어서 형상점들의 현재위치와 목표위치사이의 오차는 그림 12에서 나타내고 있다.

형상점들은 한 변이 87mm인 이등변 삼각형의 3개의 꼭지점 위에 20mm 반경의 3개의 원형판들이다. 그리고, 탁자위에 위치되었다.

두 개의 이미지들은 실시간으로 병렬로 이진 이미지를 획득하고 변환된다. 각각의 형상점들의 중력중심의 좌표는 2개의 이송장치(transporter)에 의해서 병렬로 계산된다. 형상점들의 좌표들은 동작제어를 위해 이송장치(transporter)로 보내어 지고, 그것은 로봇을 위한 피드백 명령을 계산하고, 그 결과는 RS-232C를 사용하여 로봇 제어기로 보내진다. 그리고, 로봇은 제어기에 있는 속도 서보 시스템에 의해 제어된다.

비주얼 서보잉의 샘플링 시간은 약 50msec이다. 세부적으로는 이미지 획득은 16msec, 형상점들의 좌표를 계산은 약 1msec, 피드백 명령의 계산은 약 16msec이다. 그림 13은 비주얼 서보잉 기법에 의한 x축 및 y축 상의 위치오차를 나타내고 있다.

6. 결론

본 연구에서는 조립공정용 시스템에서의 로봇의 교시 시간 단축을 위한 오프라인 프로그래밍(OLP)를 이용한 자동교시 시스템을 개발하였다. 로봇의 핸드에 부착한 카메라를 통해 작업대상물의 영상을 획득하도록 함으로써, 작업자가 작업 정보를 OLP상에서 바로 확인할 수 있다. 영상에 대해 바로 교시점을 지정하고, 로봇 프로그램을 자동생성함으로써 비숙련자라도 손쉬운 교시가 가능하고, 교시시간이 단축되었다. 그리고, 기존의 방식과 달리 교시를 위해 로봇을 구동하면서 작업자가 직접 교시점을 확인하는 과정을 거치지 않으므로 안전한 교시가 가능하다.

참고 문헌

- (1) K. Son, C. W. Jung, M. H. Lee, M. C. Lee, J. M. Lee, D. S. Ahn, And S. H. Han, 1994, "A Human-Robot Interface System Developed in PC's", 12th JRSJ Conference, pp.101-104.
- (2) Min C. Lee, C. K. Ahn, K. Son, J. M. Lee, S. H. Han, and M. H. Lee, 1997, "Integrated SCARA Robot Control System Based on DSP," Proc. of

- 2nd Asian Control Conference, Vol. I, pp.97-100.
- (3) B. W. Mooring, Z. S. Roth, M. R. Driels, 1991, Fundamentals of manipulator calibration, John Wiley & Sons, Inc.
- (4) H. Zhuang, Z. S. Roth, 1996, Camera-Aided Robot Calibration, CRC Press.
- (5) K. S. Fu, R. C. Gonzalez, C. S. G. Lee, 1987, Robotics, McGraw-Hill.
- (6) Ralph L. Hollis and Arthur Quaid, "An Architecture for Agile Assembly", Proc. Am. Soc. of Precision Engineering, 10th Annual Mtg., Austin, October 15-19, 1995.

한성현

(경남대학교 기계자동화공학부 교수)

Sung-Hyun Han

(School of Mechanical and Automation Engineering, KyungNam Univ.)

