

로봇을 이용한 납땜 자동화 시스템의 개발

이 종원*, 이춘식**, 박 중오*, °이 대엽*

*한국과학기술원 CAD/CAM 연구실, **한국과학기술원 기계공학부

Development of the Automatic Soldering System Using Robot

Chong-Won Lee, Chun-Sik Lee, Jong-Oh Park, Dae-Youp Lee

* KAIST CAD/CAM Lab. , ** KAIST Mech. Eng. Div.

Abstract

For the automation of the manual soldering process through robot technology, two main tasks have to be achieved: Control of various soldering parameters and realization of flexible tool movements like human hands. In this paper a method for attaining these tasks is presented and analyzed.

1. 서론

인쇄 회로 기판 (Printed Circuit Board:PCB)은 이제 대표적인 전기적인 연결방식으로 널리 사용되고 있음은 주지의 사실이다. 이 PCB내에서의 전기/전자부품 연결은 이제까지 핀/구멍 (Through-the-hole)방식이었으나 최근 들어 표면 실장(Surface Mounted Device:SMD) 방식이 많이 도입되고 있다(1,2). 결국 이 두가지 방식이 향후 5~10년간 병행하여 발전되리라 예상된다. 핀/구멍 방식 부품의 대표적인 조립공정은 자동화 기술 측면에서 분류하면 fig1. 과 같다.

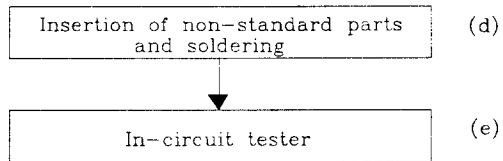
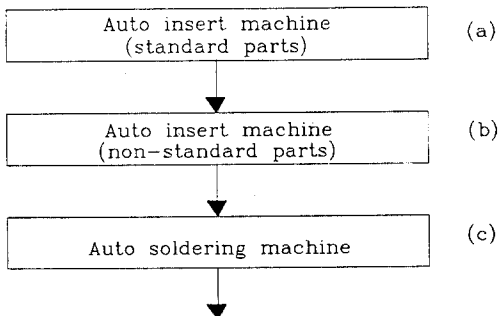


fig1.:PCB Assembly Processes

현재 (a),(c),(e)분야의 자동화 기술은 이미 널리 보급이 됐으나 (b),(d)분야는 상대적으로 취약하며 계속 연구개발 되고 있다. 로봇을 이용한 납땜 자동화 시스템은 (d) 분야의 자동화 기술로서 (c)의 자동납땜기계와 상호 보완 관계에 있다.

2. 납땜공정 분석

납땜이란 땀납(Solder)이라 부르는 용융상태의 합금 또는 금속에 의해 2개 이상의 금속을 접합하는 공정으로 저 용점 합금(425 °c 이하)을 사용한다. 수동납땜 작업이란 작업자가 납땜공정을 구성하는 여러가지 매개 변수들을 경험에 의해 최적치 제어를 하는 방식이다. 로봇을 이용한 납땜자동화 시스템에서 납땜 매개변수를 제어하는 방식은 두가지로 나눌 수 있다. 첫째, 로봇 컨트롤러에서 소프트웨어적으로 제어하는 방식으로 장점으로서는 용이한 프로그래밍 및 변경 가능성을 들 수 있으나 로봇 컨트롤러가 이에 상당한 기능을 보유하여야하며, 자동 납땜 시스템이 각 로봇 성능에 종속되어 로봇변경이 용이치 않은 점이 단점이다. 둘째로는 납땜 공구 컨트롤러에서 하드웨어적으로 제어하는 방식이며 다양한 로봇에 사용가능하며, 경제적이고 간단한 조작성을 장점으로 들 수 있다. 본 시스템에서는 가급적 매개변수 입력 및 제어기능을 납땜 공구 컨트롤러에 집적시켜



범용성을 높이고 로봇과의 인터페이스기능을 단순화시키는 방향을 택했다. 납땜 공정의 매개변수들을 그 입력 방식에 따라 구분하면 표1과 같다.

입력 방식	매개변수
로봇 컨트롤러에서 소프트웨어적으로 값 지정 방식	<ul style="list-style-type: none"> • 예열시간 • 후열시간 • 땀납 이송 시간 • X,Z축 가압력
납땜공구 컨트롤러에서 하드웨어적으로 값 지정 방식	<ul style="list-style-type: none"> • 땀납 이송 속도 • 가열 온도
납땀시 선택 방식	<ul style="list-style-type: none"> • 땀납 성분 • Core Solder 형태 • 플럭스 성분 • 인두 끝 형태

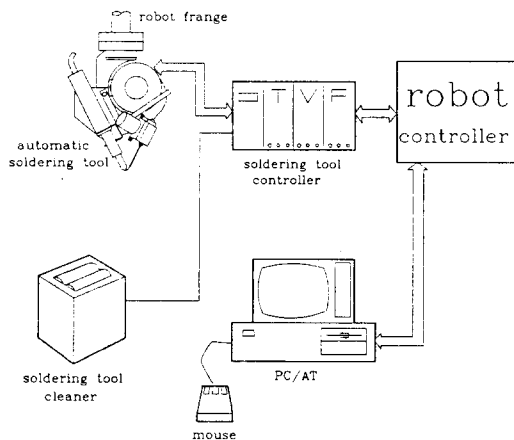
표1.: 입력방식에 따른 납땀 매개변수의 분류

3. 로봇이용 납땀자동화 시스템의 개발

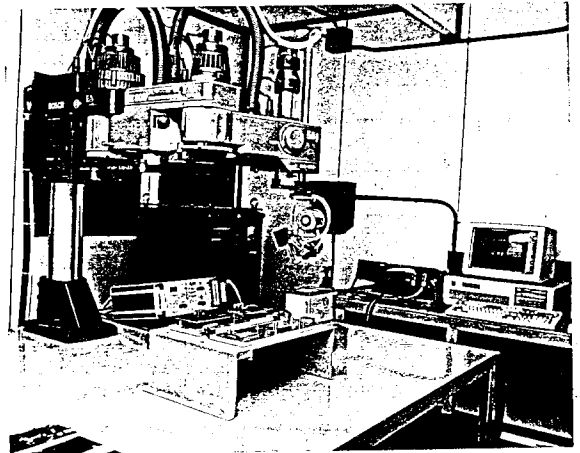
3.1. 시스템 개요

본 시스템의 구성요소는 fig2.(a)와 같고, (b)에는 외관을 나타내었다. 즉,

- 자동납땀공구... 이 장치의 구성요소는 땀납 가열 기구, 땀납 이송기구, 가압력 인식 기구 등이 집적되어 있고 모든 신호및 에너지 입출력은 납땀공구 제어기에 처리된다.
- 납땀공구제어기... 자동납땀공구의 여러가지 매개변수를 하드웨어적으로 지정하는 장치와 로봇 컨트롤러와의 신호교환장치가 집적되어있다.
- PC...PCB상의 납땀위치자료와 공정 변수 입력자료를 off-line으로 프로그래밍하는 역할을 갖는다.



(a) Structure of the system



(b) External view of the system

fig2.: Configuration of the Automatic Soldering System using Robot.

3.2. 자동온도 조절 기구

납땀공정은 핀과 동박(Pad)에 열을 가한후 땀납선을 가하여 용융 접합하는 방식이다. 여러가지 가열 방식이 있으며 전달원리에 따라 분류하면 다음과 같다.

- 전도방식(전기인두, 가열막대)
- 대류방식(고온가스, 화염)
- 복사방식(레이저, 적외선)

대표적인 실용화된 몇가지 가열방식을 Robotomic Tool 관점에서 비교검토하면 fig3. 과 같다.

type of heating index	electric soldering tip	high temperature gas	gas flame	laser
heating velocity	●	○	●	●
temperature control	●	●	○	●
integration with robot	●	●	●	●
tool cleaning	●	●	●	●
cost	●	●	●	○

● good ● fair ○ poor

fig3.: Comparison of various heating methods

fig3.에서 보듯 전기인두방식이 가장 저렴하고 로봇에 적합한 공구임을 알 수 있다. 그러나, 추후 공정속도를 타개하기 위해서는 레이저광 납땀기술이 보다 개발되어야

했다. 이제까지 레이저광은 SMD납땜에만 사용되고 있다.
 (4) fig4.는 납땜온도 제어 회로를 보여주고있다.

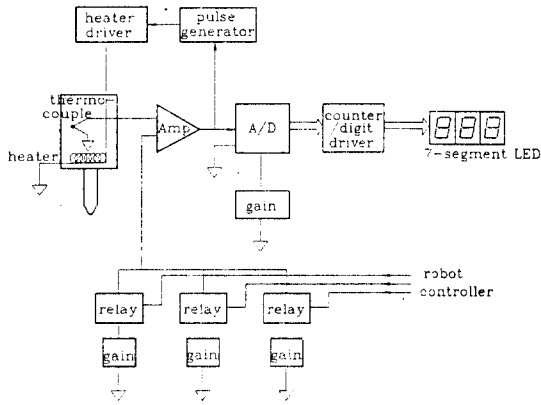


fig4. Control Circuit for Soldering Temperature

사용가능 온도 범위는 0~400 °c까지 무단 조절가능하다.
 로봇트 콘트롤러에서 이미 하드웨어적으로 프로그램된 시스템을 호출함으로써 수행된다.

3.3. 땀납 공급 조절 장치

땀납량은 바로 납땜품질에 직결되는 매개변수이며 본 시스템에선 이송속도와 이송시간제어에 의해 양이 조절된다. 정확한 이송량 산출을 위해 DC 서어보모터가 사용되고 있다. 3종류의 서로 다른 땀납공급속도를 기억시켰다가 로봇트 제어기가 지정함으로써 사용된다. fig5는 간단한 땀납공급 조절 장치용 회로도를 보여 준다.

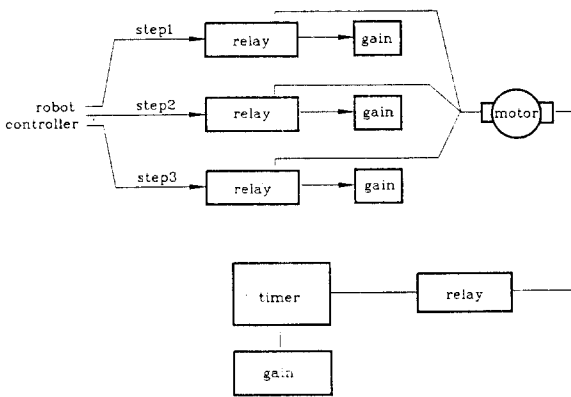


fig5.:Control Circuit for Solder wirefeeding

본 시스템에서 땀납이송속도는 1mm/s에서 12mm/s까지이다.

3.4. 가압력 조절장치

가압력이란 납땜공정중에서 가열작업을 효과적으로 하기위해 필요하며 인두끝이 핀과 동박에 접촉되는 점에 발생된다. (fig6.참조) 가압력은 인두끝의 위치를 접촉점에서 -Z와 -X방향으로 이동시킴으로써 $Kz \cdot \Delta Z$ 또는 $Kx \cdot \Delta X$ 크기만큼 일어난다. 이 크기는 핀과 동박의 크기또는 재질에 따라 다르다.

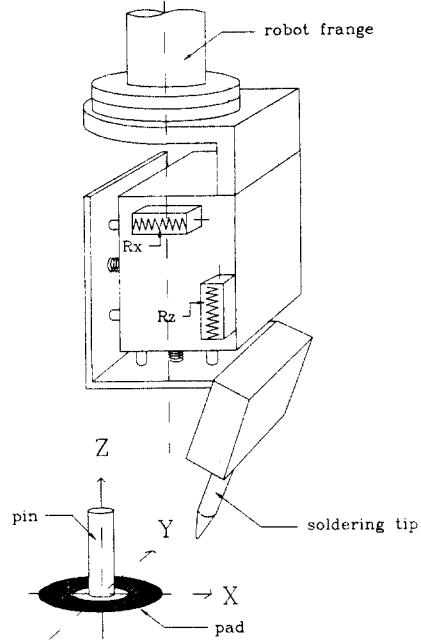


fig6.:Configuration of Soldering Tip Between Pin and Pad.

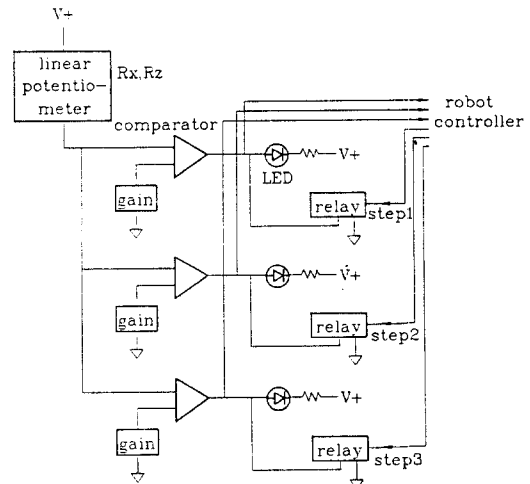


fig7.:Control Circuit for Pressure Force

이 가압력은 3단계로 구분하여 서로 다른 핀/동박 관계에서 적합한 값을 입력시킨다. fig7.은 그 회로를 보여준다.

4. 실험 결과 분석

납땜점의 상호간의 거리에 따라 그 내용이 달라지나 평균적으로 시스템사이클 타임분석을 하면 납땜공정:로봇트운동:인두청소공정=50%:35%:15%이고 납땜공정만을 분석해보면 가압공정:예열공정:땀납공급공정:후열공정=10%:45%:30%:15%를 나타내고 있다. 특히 주석 성분이 표면처리된 핀의 납땜에서는 예열시간을 배제함으로써 납땜 공정시간을 대폭 단축시킬 수 있다. 로봇트를 이용 납땜 자동화 시스템에서의 요구되는 로봇트의 위치 정밀도는 대략 $\pm 0.2\text{mm}$ 이다. 본 시스템으로 연속 납땜작업을 실시할 경우 품질은 균일하며, X.Z방향의 위치 정밀도는 결국 핀을 누르는 가압력 형태로 변환되며 품질에의 영향은 육안검사로 나타나지 않았다. 그러나, PCB 제조공정상의 오차 또는 PCB위치 오차등에서 오는 핀의 Y방향의 위치 오차는 보정기구가 없으므로 인해 약0.3mm 이상 오차가 있을 경우에는 불량이 생긴다.

5. 결 론

로봇트이용 납땜자동화 시스템은 납땜공정의 신뢰도가 높은 제어방식의 개발과 납땜 공정시의 유연성있는 기구 개발이 중요과제였으며 실험분석을 통해 수동 작업보다 우수하고 균일한 납땜결과를 냈다. 이 시스템의 추후 연구개발과제로서 납땜 공정속도의 향상과 핀위치 보정기능의 향상, 납땜 공정후 납땜 품질 검사 자동화를 꼽을 수 있으며 현재 이 방향으로 연구가 진행중이다.

6. 참고문헌

- 1) H.H.Manko:Soldering Handbook for Printed Circuits and Surface Mounting, VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, New York, 1986
- 2) R.J.Klein Wassink, "Weichlöten in der Elektronik", Eugen G.Leuze Verlag, 1986
- 3) N.N.:Loeten mit Industrieroboter, wt-Z.ind. Fertigung. 75(1985) Nr.2, P77~78
- 4) N.N.:Loeten mit dem Laser, moderne Fertigung, May, 1984, P48