

전자제품 조립에서의 로봇 응용기술

박 종 오

Robot Application Technology in Electronic Parts Assembly

Jong-Oh Park



- 박종오(KIST 로봇응용 및 유공압연구실),
- 1955년생.
- 로봇이용 가공자동화기술을 전공하였으며, 로봇이용 가공·조립자동화 및 공장라인 자동화에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

전자제품 조립산업은 자동차 조립산업과 더불어 국내산업용 로봇 적용의 가장 큰 분야이다. 특히 우리나라의 전자제품 조립회사들의 특징으로서 대량생산을 들 수 있다. 국내 대표적인 전자제품 조립회사들의 수준은 현재 조립 자동화를 위한 1차 로봇 적용 단계를 지나 라인 합리화단계와 공장 정보통합화단계에 있다. 이와 더불어 난이도가 높은 공정의 로봇화가 완만히 진전되는 상황으로 필자는 보고 있다. 이 원고에서는 우선 국내 기존 전자제품 조립공정에서의 로봇 응용 상황을 간단히 알아 본 후 앞으로 확장될 또는 확장되고 있는 몇 가지의 새로운 분야들에 대해 서술코자 한다.

2. 조립로봇 응용 현황

전자제품 조립공정은 일반적으로 다음과 같은 일련의 공정들의 복합인데 우선 표면실장부품(SMD) 장착, 정형부품 삽입, 기관

납땀, 이형부품 삽입 및 납땀, 검사/조정, 본체/기구부 조립, 본체/기구부 검사/종정 등의 순서가 되겠다. 각 공정들에 관해 간략히 알아본다. 표면실장부품 장착은 칩 장착기(chip mouter)라는 전용기로 대부분 고속 자동화되어 있다. 핀/홀 형태의 정형부품과 마찬가지로 규격화 및 표준화됨에 따라 전용기로 대부분 수행되고 있다. 허용 유연성이 높은 반면 상대적으로 속도가 낮은 로봇은 그 적용대상에서 제외된다. 표면실장부품 장착 전용기에는 비전기능을 이용한 정밀 위치 교정기능이 현재 많이 사용되고 있다. 정형부품 삽입도 통칭 자삽기라는 전용기로 높은 자동화와 신뢰도를 가지고 널리 사용되고 있다. 핀/홀 형태의 부품 기관은 자동 납땀기를 거치고 표면실장부품 기관은 리플로우 기계(reflow machine)를 통과하면서 기관 단위로 납땀이 완료된다. 이 공정까지는 앞에서 언급된 바와 같이 조립로봇이 아닌 전용기 적용이 대부분이 되겠다. 표준화가 안 된 이형부품의 삽입 및 납땀 공정에는 유연성이 요구되며 이 공정에 그 동안 많은 로봇들이 적용되어 왔다. 처리 부품수, 생산

속도, 부품의 제조 품질에 따라 다양한 방식으로 사용되고 있다. 이형부품 납땜은 각 부품마다 개별납땜 방식으로 보통 전기인두방식으로 로봇화되어 있다. 최근 전기인두방식 대신 수산화염 방식을 사용한 납땜 로봇으로 납땜 속도/품질의 향상 그리고 연속납땜시 큰 효과를 볼 수 있는 기술이 소개되고 있으나 국내 조립라인에는 아직 연결이 안 된 것 같다. 이와 대비되는 표면실장부품의 개별납땜에는 레이저 납땜방식이 오래전부터 소개되고 있으나 아직은 경제성 관점에서 국내 적용사례가 약하고 반도체 레이저 적용이 신뢰를 가질 경우 많은 확산이 기대된다. 기판 검사/조정 공정은 대부분 관련 기업에서 자동화에 관심 및 개발을 하고 있다. 예를 들면 회로 검사기(in-line circuit tester)의 자동화, 조정공정의 로봇화, 납땜 품질의 비전에 의한 자동 검사 등이 로봇기술과 연결되어 진행되고 있다. 여기까지가 2차원적인 인쇄회로기판(PCB) 조립라인의 로봇화 기술 현황이 되겠다.

3차원적인 전자제품 기구부 또는 본체 조립라인에서는 로봇 시스템 자체의 지능성보다는 로봇과 주변장치를 포함한 셀차원에서의 효율 극대화 개념이 주된 방향이 되었다. 예를 들면 주변장치의 오동화, 소로봇 그리퍼(gripper)의 회전 헤드(turret head)화, 모듈 교환의 효율화 등을 들 수 있다. 많이 사용되고 있는 로봇화 공정으로서 나사체결 공정을 들 수 있다. 정밀 공정제어기능은 아직 취약한 상황이다. 이제까지 국내 전자제품 조립공정에서의 로봇 응용현황을 살펴본다.

전자제품의 개발 방향은 모델의 다양화, 제품 수명 사이클의 단축화, 제품의 소형화, 그에 따른 정밀화 그리고 제품 기능의 복잡화를 그 특징으로 들 수 있다. 이에 따라 정밀부품 조립로봇 기술이 자연적으로 요청된다. 모델 다양화에 따라 로봇 외에 주변장치에의 유연성이 요청되겠다. 그리고 최근 국

내조립로봇 분야에 청정기술(clean room)이 요구되고 있다. 여기에 열거된 기술은 기존 이미 개발되었고 앞으로 개선을 통해 계속 진전되는 조립 로봇분야 외에 국내에서 새로 확장될 수 있는 또는 확장되고 있는 새로운 조립로봇 응용분야이다. 일반적인 생산관리 측면 외에 조립로봇 시스템 효율 향상차원에서 밀접히 연결되어 있는 라인제어 시스템 기술의 추세를 알아볼 필요가 있다. 현재 국내뿐만 아니라 전 세계적으로 환경공해 및 자원활용 운동이 매우 활발하다. 이런 운동이 단순한 자원활용차원을 넘어 생산기술 전략차원으로까지 발전되고 있다. 리사이클링 개념이 전자제품 조립에 연관되어 분해(disassembly)자동화로 연결되어 있다. 위에 열거한 새로운 조립로봇 응용기술들의 예를 다음 절에 보다 상세히 설명코자 한다.

3. 새로운 조립로봇 응용분야

3.1 정밀부품 조립로봇 분야

기존의 전자제품 조립분야에서 요구되는 정밀도는 크게 부품 리드와 기판 구멍 간의 공차 정밀도 그리고 본체/기구부 조립에서 상호 조립되는 부위간의 공차 정밀도로서 그 크기는 대략 0.1~1.0mm 범위 내에 있다. 그러나 새로 개발되는 제품들 중에는 보다 정교함이 요구되며 이에 따라 조립 공정의 요구 정밀도도 더욱 높아지고 있다. 예를 들면, 프린터 헤드 조립공정, 비디오기기 드럼 조립공정, 컴퓨터 기억장치 조립공정 등이다. 이런 조립 공정을 로봇화할 때 일반적인 조립방식으로는 그 한계에 부딪칠 수 있다. 여기서 사용되는 장치들의 기구 정밀도를 높힘으로써 조립시스템의 공차를 낮출 수 있으며 그 이상으로는 공차보정과 그리퍼시스템에 대한 체계적인 개선이 요구된다. 사용되는 센서에 대한 요구조건은 다음과 같다.

- 삼입공정 매개변수의 정밀측정 기능
- 공작물 위치 및 위치 오차, 삼입축과의

- 각도오차, 삽입력/모멘트
- 파지 및 삽입공정 감시
- 측정치 계산의 고속성

공차보정 방법을 분류하면 다음과 같다.

- 위치 측정 및 정밀 교정
- 찾기(searching) 및 위치운동
- 삽입시스템의 컴플라이언스

이런 공차보정을 위한 구동체는 공작물 운동 방식, 그리퍼 또는 공작물 치구 운동 방식 그리고 로봇 및 조립테이블 운동방식으로 나눌 수 있다. 단순화된 페그/홀(peg/hole) 조립에 대해 이제까지 발표된 다양한 정밀조립 방식들 중에서 접촉센서 방식으로 했을 경우 가장 정밀한 약 0.02mm 오차를 보이고 있다. 여기서 논의되고 있는 정밀 조립로봇 시스템 차원에서의 실험된 정밀도는 접촉센서 방식으로 약 0.01mm 오차를 보여주고 있다.⁽¹⁾ 이제까지 가장 큰 문제점으로 대두되고 있는 측정치 계산 및 오차교정을 위한 추가 소요 시간문제는 아직도 생산라인 적용의 큰 장애 요인으로 남아 있다. 정밀조립 시스

템에 사용되는 조립로봇의 전반적인 기능 파악을 위해 몇 가지 상용화된 조립로봇의 제원을 표 1에 상호 비교하였다.

3.2 청정 조립로봇 시스템 분야

반도체 제조공정에서의 오염은 바로 품질에 결정적인 영향을 끼침으로 인해 청정기술 분야도 급속히 진전되고 있다. 반도체 제조공정에서는 자동화 공정 메카니즘이 매우 단순하다. 이에 따라 주로 모듈화된 장치방식의 개발, 단순한 핸들링기구의 청정용 개념 개발, 무인 운반차의 청정용 기술들이 주된 자동화 기술이다. 그러나 일반 조립 로봇시스템이 요구되면서 동시에 청정환경이 요구되는 분야에서는 예를 들면 컴퓨터용 기억장치 제조공정 같은 분야에서는 청정도 100이 요구되면서 다양한 조립로봇 기술이 필요하다. 이런 경우에는 필요한 수요자가 조립시스템을 개발해야만 하며 시중에 제공되고 있는 전반적인 해는 없다. 결국 청정로봇시스템기술에 관한 특성을 이해하지 않고서는 신

표 1 정밀조립용 로봇 제원 비교표

모 델 명	SR-504HS	NR-266	SM-3	HDD-15
축 수	4 축	4 축	4 축	4 축
허용하중	2 Kg	2Kg	2.5Kg	1.5Kg
정밀도	±0.025 mm	±0.03 mm	±0.05 mm	±0.02 mm/축
구동방식	AC서보	AC서보	AC서보	직접구동

표 2 청정용 조립 로봇 제원 비교표

모 델 명	제조회사	허용하중	축 수	청정도(class)
Adept One	Adept	6Kg	4.5	10
μ-KRos316	Bodensewerk	0.5Kg	6	100
SSR-H414-CL	Epson	3Kg	4	1
A510	GMF	20Kg	4	1
C4010SL	Hitachi	5Kg	4	100
PH561-CR	Kawasaki	5Kg	6	10
NM-6741	Panasonic	5Kg	6	10
SRX-4CH-CL	Sony	2-5Kg	4	10

피도를 보장할 수 없다. 현재 청정용 조립로봇들이 세계적으로 제공되고 있다. 이에 관한 몇 가지 제원들을 비교하면 표 2와 같다. 청정용 로봇 외에 다양한 점들이 고려되어야 한다. 예를 들자면 로봇 및 주변장치의 재질, 윤활제, 캡슐링, 유동을 고려한 배치, 로봇 및 구동부의 운동 등을 들 수 있다. 일반적으로 통용될 수 있는 몇 가지 지침들을 나열하며 다음과 같다.

- 유압장치 사용금지
- 브러쉬없는 모터 사용
- 움직이는 부분은 조립공정 수행부위 아래에 배치
- 축 사이에 매우 작은 제조공차 및 열린 부분
- 불활성 윤활제
- 환기부에 필터 사용
- 네오프린(Neoprene), 폴리우레탄 또는 테플론 벨로우(일명 자바라) 사용
- 공압/전기신호/전력 연결부는 로봇 내부에 배치
- 움직이는 부위 캡슐링
- 움직이는 부위 최소화
- 미끄럼운동 배제
- 로봇운동속도를 가급적 천천히
- 밀폐식 베어링 사용
- 회전운동 가급적 배제
- 선형축에서 일반 밀폐방식 배제
- 장치는 가급적 모듈식으로 하며 고장 부위는 수리대신 교환방식 사용.

3.3 로봇시스템용 유연성 지그

모델 변경이 빈번할 경우 기존 설치된 조립로봇 라인이 어떻게 대처할 것인가는 현재도 중요한 테마이며 앞으로도 그 중요성은 더욱 커지게 되겠다. 이에 대해 조립 라인 제어 차원에서 소프트웨어적으로 효율적인 대처기술들도 연구적용이 되고 있지만 하드웨어가 따르지 못할 경우 그 의미는 대폭 축소될 수 밖에 없다. 조립로봇 시스템의 유연성

을 하드웨어 측면에서 볼 경우 여러가지 방법들이 있겠으며 다음과 같은 내용이 되겠다.

- 그리퍼 핑거 자동교환장치, 리볼버 그리퍼, 리볼버 그리퍼 자동교환장치
- 조립부품 트레이 자동교환장치, 프로그램 가능한 부품공급장치, 공작물 지그 자동교환장치.

이상과 같은 방식들은 이미 생산특성에 맞추어 사용되고 있는 기술들이다. 여기서 더욱 발전시킨 보다 새로운 개념이 도출 연구되고 있다. 주요 특징은 다음과 같다.

- 조립가능한 공작물 지그
일체형이 아닌 조립형으로서 밑의 기본판과 공작물을 지지하는 다양한 형태의 보조 요소들로 구성되어 있다.
- 공작물/모델 변경에 대한 효율적인 대응
공작물 또는 모델 변경이 있을 경우 오프라인 프로그래밍으로 지그를 조합시키고 지그 실재 조립은 로봇이 자동 수행한다.

위의 기본 개념은 모델변경에 대해 기존 조립라인이 소프트웨어뿐만 아니라 하드웨어적으로도 효율적인 대응을 하기 위함이다.

3.4 조립 로봇라인 제어 시스템

조립 로봇라인의 작업 상황을 감시/분석하고 그 정보를 상위 정보 통신망에 연결 통합하기 위한 생산관리 측면 외에 조립로봇 시스템의 효율성을 향상시키기 위해서도 조립로봇라인 제어시스템의 의미는 크다. 기존 조립라인 제어시스템은 우선 조립 로봇라인의 가동상황 모니터링 및 생산성 분석 및 관리가 주된 목적이었다. 그러나 한 조립라인에 다양한 모델을 수용시키기 위해서는 각 셀들의 정보를 관리하는 수동적인 위치에서 능동적인 위치로의 변환이 요구되고 있다. 그러므로써 모델변경에 대한 라인차원의 효율적인 대응, 고장이나 에러 발생시 라인차원에서 능동적인 대응이 가능하게 된다. 그

림 1은 조립라인제어 시스템의 구조를 보여주고 있다. 여기서 특히 강조하는 기능은 고장/품질관리 기능이다. 각 조립라인에는 검사/조정공정들이 있으며 여기서의 품질데이터는 앞공정들의 전체 결과를 의미한다. 이 검사/조정 데이터는 단순보관 역할을 넘어 전체 로봇라인의 품질향상 차원에서 다시 피드백되어야 한다. 여기서 고려되어야 할 사항으로서 가장 중요한 구성요소인 조립로봇의 지능성에 따라 그 의미가 가감된다는 점이다.

3.5 분해 자동화

환경오염과 자원재활용 측면에서 재생(recycling)이라는 분야가 서구에서 80년대 들어 주목을 받게 됐으며 이제는 한 단계 발전하여 재생기술이 체계적으로 연구되고 조립분야에서는 분해 자동화로 연결되고 있다. 재생은 특히 유럽에서 비중을 가지고 발전되는 분야로 보이며 한 예로서 독일에서는 재생과 관련된 법규가 1944년에 발효되었으며, 그 내용은 “제조업자, 판매자, 수입업자, 우송산업은 무료로 사용된 제품을 수거받아 재생해야 한다.” 이와 관련하여 분해용이성 설

계 (design for disassembly) 분야와 분해 자동화 기술개발에 투자가 되고 있다.

분해 자동화는 다음과 같은 이유로 조립 자동화보다 높은 유연성이 요구된다.

- 재생 시간 사이클은 신제품 소개 사이클보다 훨씬 길다.

- 장시간으로 인해 제품의 변형 유발

유연성 조립 로봇 시스템은 조립용 로봇, 시스템 제어기, 분해용 공구, 센서, 부품 이송장치로 구성될 수 있다.

분해 자동화의 난이도를 결정할 수 있는 중요한 요인은 다음과 같다.

- 샌드위치 구조
- 결합 방식이 용이한 분리
- 결합부위에의 용이한 접근성

한 독일 연구소의 분해로봇 시스템에 대한 분석과 기초 실험은 다음과 같은 결론을 제시하고 있다.⁽²⁾

- 실험대상은 전화기였으며 분해 자동화에 대한 긍정적인 결과를 냈으며 그 이유로서, 제한된 모델수에 비해 큰 제품 물량, 샌드위치 구조, 용이한 상호분해 방식, 결합 부위에의 용이한 접근성을 들 수 있다.

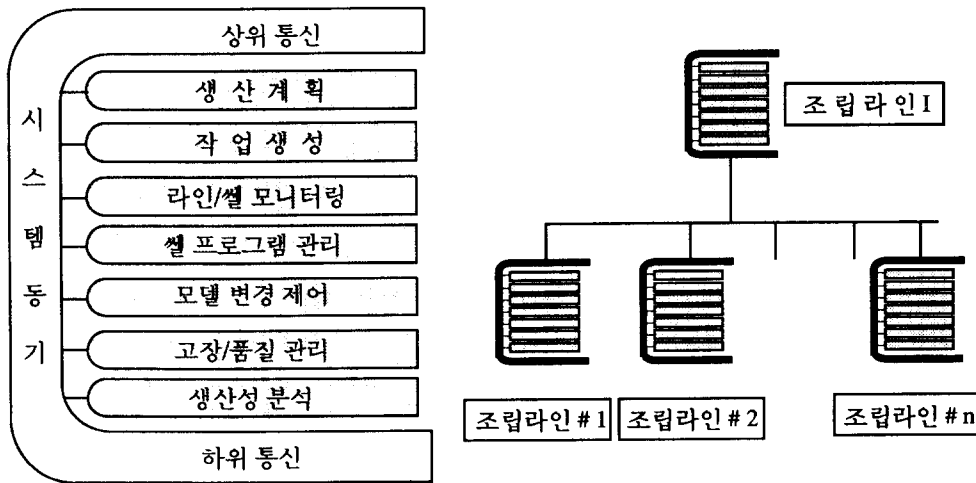


그림 1 조립 로봇 라인 제어시스템 구조

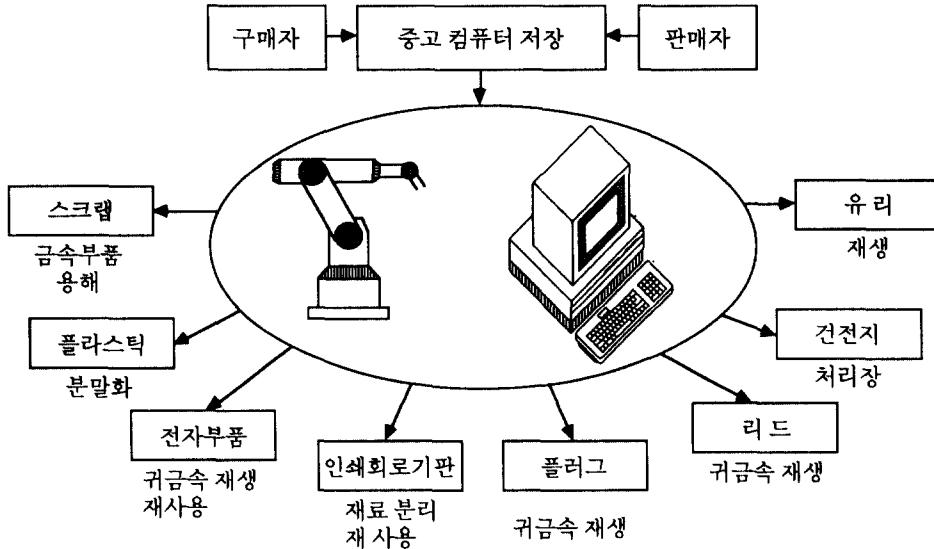


그림 2 컴퓨터 하드웨어의 분리

○ 전반적으로 분해용이성 설계와의 병행 필요성

그림 2는 위 결과와 함께 제시한 컴퓨터에 대한 분해의 한 예를 보여주고 있다.

지막으로 유럽에서의 신기술로서 분해자동화 기술이 소개됐다. 전반적으로 전자제품 조립 분야는 라인 합리화와 공정 정보 통합화의 주된 방향 속에서 조립로봇 시스템의 난이도 향상이 예상된다.

4. 맺음말

전자제품 조립에서의 국내 로봇 응용현황을 간략히 서술했으며 향후 국내 관련 분야에서 기술개발 강화가 예상되는 몇 가지 분야를 조망해 보았다. 정밀 조립 로봇 시스템 기술, 청정 로봇 시스템 기술, 유연성 지그 기술, 조립라인 제어 시스템 기술이 이 범주에 속한다. 이 외에도 컴퓨터 원용 설계 기술에서 조립성 모사 기술 그리고 조립 로봇 시스템 레이아웃 기획과 오프라인 프로그래밍 기술로 연결되는 정보통합 기술도 국내에서는 아직 산업현장에 적용이 안 되고 있는 취약한 연구개발 분야로 지적될 수 있다. 마

참고문헌

- (1) Warnecke, H.J., Schweizer, M. and Schweigert, U., 1991, "Sensorunterstuetzte Praezisionsmontage mit Industrierobotern in der Feinwerktechnik," Sensor 91 Kongress, Vol. 3, pp. 311~326.
- (2) Steinhilper, R. and Kahmeyer, M., 1991, "Recycling von Produkten durch Demontage in Serien-Perspektiven eines Kommenden Industriezweigs," 23. IPA-Arbeitstagung. Umweltbewusst Produzieren, pp. 263~279.