

전자산업의 로봇 자동화

김성권*

(*삼성전자 생산기술팀장)

1. 서론

최근 30년간 로봇, 센서, 마이크로프로세서, 통신등 자동화 관련기술의 비약적인 발전은 많은 생산, 제조산업의 구조를 급격하게 변화시켜 왔다. 특히, 로봇을 이용한 생산 자동화는 뛰어난 생산성, 고품질, 고신뢰성을 가져왔으며, 제품의 짧은 수명주기 (life cycle), 다양한 품종을 요구하는 시장에서의 경쟁력 제고에 결정적인 기여를 하고 있는 바는 주지의 사실이다.

전자산업, 특히 가전이나 반도체 산업은 구조특성상 대부분의 생산공정이 수많은 부품들의 가공, 조립작업에 의해 이루어지기때문에, 자동화에 의한 영향력이 가장 많이 미쳐왔던 분야중 하나이다. 자동화수단중 전자부품자동삽입기 (parts insertion machine)등과 같은 전용로봇 (dedicated robot)는 초기투자는 비록 많이 들지만, 인력에 비할 수 없는 높은 생산성을 제공하기 때문에 단순반복작업에 많이 이용되어져 왔다. 이에 반하여, 범용로봇 응용시스템의 도입은 전용로봇에 비해 보다 유연하고, 다양한 생산방법을 제공한다. 로봇이 자동화시스템의 핵심구성요소 가 될 수 있던것은 뛰어난 인건비 절감을 가져다줄 수 있는 로봇의 유연성 때문이다.

종래 전자산업에서의 로봇의 활용은 이송, 납땜, 이형부품삽입등과 같이 단순하게 부품을 집어올리고, 해당위치에 내려놓는 작업에 국한되어 있으며, 나머지 공정은 수작업에 의존하였다. 그러나, 부품의 초소형화와 인쇄회로기판의 고밀도화로 인해 인력에 의한 수작업만으로는 더이상 우수한 품질과 경쟁력 있는 제품의 생산이 어렵게 되었다. 따라서, 로봇을 비롯한 자동화 수단에 의해 품질의 균일성과 대량고속생산에 의한 원가절감을 실현하여, 전술한 문제들을 해결하려는 노력들이 산업계와 학계에서 많이 경주되어 왔다.

본고에서는 전자산업분야에서 특히 삼성전자를 중심으로한 자동화 응용사례와 향후 추세에 대해 살펴보고자 한다.

2. 전자산업의 로봇자동화

전자산업의 생산성은 대부분 전자부품을 인쇄회로기판 (PCB, printed circuit board)상에 조립하는 기술로 대변할 수 있다. 전자부품의 크기가 1.0 mm (가로) x 0.5 mm (세로)이하가 되고, 부품의 리드 피치(lead pitch), 즉 리드간의 간격이 0.2mm 이하가 되면 작업자의 수작업에 의한 조립은 더이상 할수 없게 된다. 표 1에서 보는데와 같이 전자제품의 기술발전 추세는 캠코더, 휴대폰, PDA등과 같이 갈수록 소형화, 개인휴대화, 다기능화되어간다고 볼수 있다. 특히, 관련제품이 지능화되고, 사용자 편리우선을 도모함에 따라 소프트웨어의 기능, 성능의 향상이 기술발전의 주요목표가 되고 있다. 따라서, 전자산업에 있어서 생산자동화는 유연성이 탁월한 로봇을 중심으로 전자제품 기술발전의 추세에 부합되는 시스템적 접근을 요구하고 있다.

표 1. 전자산업의 기술동향

년도	1997	2000	2005
생산품			
캠코더	300g(MPEG, Digital)	300g(Full Digital)	200g
휴대폰	80g(Digital)	50g	30g
New Product	Multimedia PCS, PDA	Universal and Intelligent ISDN	Laser TV Portable Video Phone
부품 기술			
Shaft Size	0.15 mm	0.1 mm	0.1 mm
조립 공차	2 μm	1 μm	0.5 μm
PCB	TAB (0.25 mm pitch) BGA	Multi Chip Module (0.2 mm pitch) HGA	Bare Chip Mounting COG
실상밀도	40 EA/cm ²	50 EA/cm ²	70 EA/cm ²
QFP Lead 수	500	1000	1500

일반적으로 전자산업에서 사용되는 로봇은 고속, 고정밀도를 만족하여야 한다. 로봇이 많은 동작을 계속해서 수행해야 하기 때문에, 로봇의 성능중 가반하중 (payload)보다는 반복정밀도가 보다 중요하게 여겨진다. 1970년대초에 개발된 SCARA (Selective Compliant Assembly Robot Arm)은 4자유도를 갖는다. SCARA 로봇은 간단한 기구학해를 가지며, 저렴한 비용만으로 탁월한 수직방향의 강성을 가질

수 있기 때문에 반복정도와 속도면에서 다른 로봇에 비해 우위에 서있다. 일부 SCARA 로봇은 백래쉬나 노이즈의 원인을 없애기위해 직동 (direct-drive) 로봇으로 설계되고 있다. 일반적으로, 조립용 SCARA 로봇은 반복정밀도 $\pm 0.05\text{mm}$, cycle time 2초미만의 성능을 지닌다.

이에 반해, 직교로봇은 구조적으로 정확한 선운동의 구현이 가능하다. 그러나 일반적으로, 직교로봇의 반복정도를 높이면 속도와 노이즈는 상대적으로 악화되는 역수관계에 있다. 더구나, 직교로봇은 요구되는 작업영역을 만족시키기 위해서는 다른 로봇에 비해 로봇의 크기가 커지는 단점이 있다. 갠트리로봇은 넓은 작업범위를 갖는 다관절로봇의 유연성을 포함하는 직교로봇의 일종이다. 기본적인 갠트리는 직교좌표계 작업범위내의 임의의 위치에 도달할 수 있는 3자유도를 갖는다. 이외에 선택적으로 로봇의 말단효과부(end-effector)의 방향을 고려해야 하는 경우에 2 또는 3자유도를 갖는 로봇 손목을 붙일 수 있다.

최근에 개발되고 있는 로봇자동화시스템은 기계, 전기, 전자, 제어, 소프트웨어, 제조기술등의 복합기술이다. 메카트로닉스 장비라고도 불리우는 최근의 장비들은 신뢰성, 유지보수성, 생산성, 능동성등이 과거에 비해 비약적인 개선이 이루어져 왔다. 관련산업의 요구가 극대화되어짐에 따라, 조립용 로봇의 반복정밀도는 과거 10년사이에 $\pm 0.05\text{mm}$ 에서 $\pm 0.01\text{mm}$ 로 높아졌다. 이같은 정밀도는 사람의 능력을 훨씬 능가하는 성능이라고 여겨진다.

전술한바와 같이 대부분의 전자산업의 공정은 인쇄회로기판상에 전자부품을 조립하고, 검사하는 작업들이 대다수를 차지한다. 따라서, 전자제품의 품질을 향상시키려면, 부품들이 조립된 인쇄회로기판상에서의 검사 및 조정이 완성 조립(final assembly) 전단계에서 완벽하게 이루어져야만 한다(그림 1 참조).

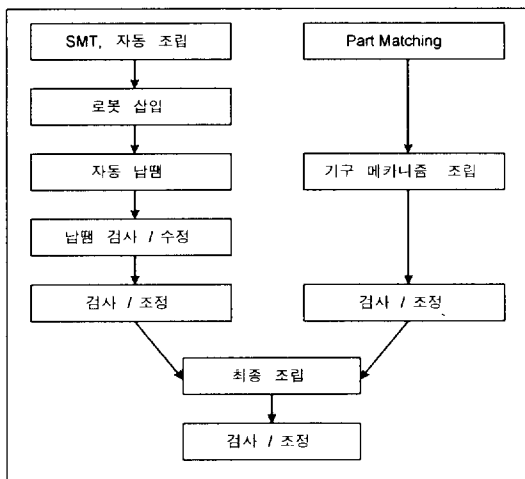


그림 1. 전자 제품의 조립 순서

3. 조립 자동화

인쇄회로기판상에서의 전자부품의 조립은 콘덴서, 저항,

인덕터등과 같은 부품뿐만 아니라 액티브 플라스틱이나 세라믹 부품들을 장착하는 일을 포함한다. 조립방법에 따라 표면실장부품(Surface Mounting component), 관통부품(Pin-Through-Hole component), 그리고 이형부품(Odd-Shaped component)등으로 나눌 수 있다. 일반적으로, 표면실장부품이나 관통부품은 전용로봇에 의해 조립되나, 커넥터, 코일, 스위치류등과 같은 이형부품은 범용로봇에 의해 조립된다.

칩실장기는 표면실장 부품을 장착하기 위한 고속자동실장용 전용로봇이다. 최신 칩실장기는 0.15sec/chip의 장착속도, $\pm 0.012\text{mm}$ 의 장착정도를 구현할 수 있도록 고속 비전 시스템을 이용하고 있다. 이런 장착기들은 1005 칩에서부터 52mm QFP(Quadratic Flat Package)까지 다룰 수 있도록 11개의 장착헤드(mounting head)를 가지고 있다.

최근 10년사이에, 이형부품들을 로봇에 의해 인쇄회로기판상에 조립하려는 노력들이 많이 이루어져 왔다. 예를 들어, 잉크젯 프린터나 레이저 프린터(LBP, Laser Beam Printer)의 사용되는 인쇄회로기판의 조립은 본제품의 엄격한 정밀 조립품질요구수준을 만족시키기위해 자동화가 필수불가결하다. 이 자동화시스템은 주로 방열판과 같은 이형부품조립, ROM 복사, 라벨링(labeling)과 같은 자동 조립을 수행한다. 종전 수작업라인과 비교해 불패, 자동화시에 생산성을 4배 증가시켰고, 제품불량발생율도 1/4로 낮출 수 있었다.

이시스템의 핵심은 두대의 로봇이다. 한대의 SCARA 로봇은 부품을 삽입, 조립하는 역할을 담당하고, 또 한대의 직교 로봇은 인쇄회로기판의 밑부분에서 삽입된 부품의 리드를 자르고(cut), 굽혀주는(clinch) 일을 수행한다. SCARA 로봇은 20초동안 4개의 부품을 삽입할 수 있으며, 삽입에러를 감지하기 위해 로봇의 손목부분에 저항센서를 사용한다. 6개의 부품이나 공구를 동시에 파지할수 있도록 특별하게 고안된 터릿핸드(turret hand)는 로봇시스템의 활용성을 극대화하기 위해 사용되었다.

최근에 개발되어진 회로조립기술에 COB(Chip-On-Board)나 MCM(Multi-Chip-Module)등이 있다. 이러한 방법들은 칩이 회로기판상에 직접 접합되는 방법들로서, 와이어본딩, TAB(Tape-Automated-Bonding) 또는 flip-chip 접합등을 포함한다.

TAB은 통전성 리드를 갖는 얇은 필름을 사용하여 다이(die)를 직접 붙이는 저가의 IC 패키징(packaging) 방법이다. TAB은 LCD 드라이버나 IC card처럼 얇고 가벼운 IC를 요하는 많은 경우에 사용되고 있다. 이런 TAB 기술을 이용하여 7인치 - 17인치 TFT LCD 조립라인이 자동화되었다. 이공정은 LCD를 위치조정하고, LCD panel상에 IC를 압착, 접착하는 작업들이 포함되어 있다.

이 자동화공정에 사용된 장비로는 cell loader, ACF (Anisotropis Conductive Adhesive Films) applicator, 칩실장기, 본딩기, 비전검사기등이 있다. Cell loader는 AC 서보모터와 볼스크류를 이용하여 LCD를 조립셀에 정확하게 이송시킨다. LCD panel에 55 μm 의 리드피치를 갖는 부품을 실장하기 위해 ACF를 사용한다. ACF는 20초정도의 압착 시간동안 최대압력 80 Kgf, 80 - 180 ° C사이의 온도범위

내에서 사용된다. 다음 공정에서, 동시에 2종류의 IC를 0.1mm 장착정도로 장착할수 있는 칩실장기를 사용하여 LCD panel상에 부품을 가조립상태로 정렬해 놓는다. 비전 시스템을 이용하여 정렬된 상태의 부품들의 위치틀어짐, 먼지, 빠진 부품들을 검사한다. 그리고 나서, 가조립된 부품들에 일정한 시간동안(1-120초) 적절한 온도(30-350° C), 적절한 압력(15-400Kgf)을 가하여 부품들을 영구 접착시킨다. 마지막 공정에서 1μm의 해상도를 갖는 비전검사기를 이용하여 LCD panel상의 결점을 검사한다. 이때, 마이크로단위의 위치정도를 확보하고, 노이즈를 줄이기 위해 리니어모터를 사용한다.

4. 검사 및 조정 자동화

조정이나 검사공정에서 대두되고 있는 생산상의 문제는 조립공정에서와 마찬가지로 대상부품의 수량증가와 갈수록 소형화되는 부품의 기하학적인 크기로부터 기인된다. 일반적으로, 전기, 전자산업에서 전체 공정의 약 15%가 검사 및 조정공정이 차지하고 있다. 따라서, 검사 및 조정장비의 개발은 전체공정에서 차지하는 비율을 감안할때 완전자동화를 목표로 연구되어 오고 있다.

자동 검사 및 조정시스템은 신호측정장치, 비전시스템, 정밀메카니즘 설계, 제어, 소프트웨어의 복합체이다. 그림 2에 자동 검사 및 조정시스템의 제어 블럭선도가 나타나있다.

조립완료된 인쇄회로기판의 검사는 설계된대로 구성회로가 작동하는지를 판단하는 공정이다. In-line circuit tester (그림 3 참조)는 회로의 short/open, 부품의 역삽, 미삽, 부품의 훼손, 납땜불량(냉납, 납땜부족, 납땜과다등)등을 포함한 인쇄회로기판의 여러 가지 결함을 찾아낼 수 있다.

TV나 컴퓨터 모니터 제조라인상에서 CRT를 자동으로 검사하고 조정하는 시스템이 개발된바 있다. CRT의 기본적인 특성, 즉 초점(focus), 화상의 밸런스(balance), 휘도(brightness), 화면의 수평, 수직 크기등이 기준치를 만족할 때까지 자동으로 검사하고, 조정한다. 이 시스템은 2대의 로봇, CRT color 분석기, pattern 발생기, 제어기, 자동조정 메카니즘등으로 구성되어 있다.

3축 직교 로봇은 검사대상 CRT가 검사위치에 고정되어 있는 순간, 조정용 핸드를 CRT 뒤에 위치한 조정위치에 갖다 놓는다. 조정용 핸드에는 부품을 조정하기위해 모두 8개의 모터가 부착되어 있으며, 측정장비와 color 분석기로부터 들



그림 3. CRT 자동 검사조정 시스템

어오는 신호에 의해 조정 정도를 결정한다. 자동 검사 및 조정에 소요되는 시간은 CRT당 약 25초정도이다.

Machine vision을 이용한 검사시스템은 인간의 시각기능을 대체할 수 있다. 최근에 생산되고 있는 인쇄회로기판은 더이상 작업자의 시각에만 의지할 수 없다. 미세한 칩의 납땜 조인트(soldering joint), 부품의 파손정도, 부품의 방향성 등이 실시간으로 판별되어야 하기 때문이다. (그림 4)

표면실장부품용 인쇄회로기판은 칩실장기에 의해 부품을 기판상에 위치시키기 전에 크림슬더(cream solder) 공정을 거쳐야 한다. 직교좌표계 로봇에 장착된 비전검사시스템을 통해 크림슬더링 작업의 품질을 자동으로 검사할 수 있다. 이 시스템은 스크린 프린터나 접착체 도포용 로봇에 의해 인쇄회로기판상에 얹혀진 크림슬더의 양과 위치를 시각적으로 검사한다. 비전장치는 보통 2차원 비전검사장치이나

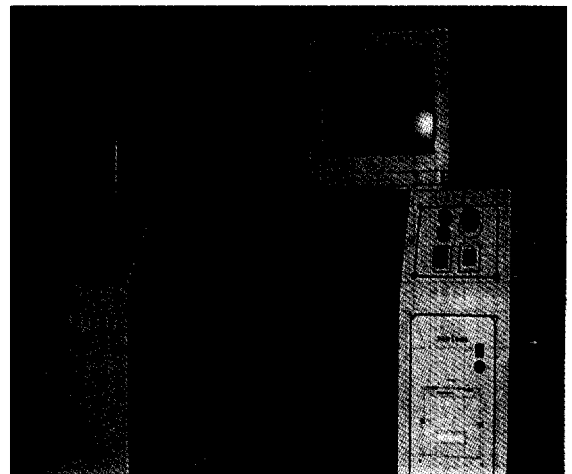


그림 4. 비전 검사 시스템

부가적으로 레이저 삼각측정장치를 사용하면 크림슬더의 높이를 측정할 수 있어 결과적으로 3차원 측정이 가능하다. 이 시스템은 2축 직교좌표계 로봇, 레이저측정장치를 포함하는 비전장치, 제어기등으로 구성되어 있다. 직교좌표계 로봇은 XY축상에서 400mm, 300mm의 stroke를 가지며, 반

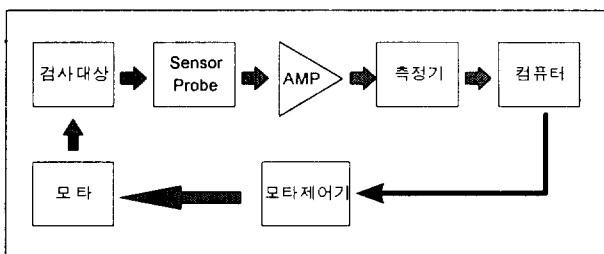


그림 2. 자동 검사 및 조정 시스템 블럭 선도

복정밀도는 축당 0.02mm 정도이며, 비전카메라를 운송하는 역할을 담당한다. 비전시스템의 영상정보는 32MHz로 동작되는 DSP(Digital Signal Processing) TMS320C30 보드에 의해 처리된다. 다양한 모델에 대한 검사를 하기 위해 200가지 모델에 대한 2000개 이상의 위치정보를 가지고 있으며, 검사속도는 약 2 points/sec 정도이다.

5. 반도체 공정 자동화

첨단전자, 재료, 메카니즘 기술의 총합체인 반도체 산업은 컴퓨터 발전에 힘입어 가장 성장속도가 빠른 부문이자, 가장 촉망받는 투자업종중의 하나이다. 지난 10년간 빠르게 변화하는 실리콘 관련 장비의 설계 및 제조를 지원하기 위한 새로운 기술에 대한 끊임없는 변화가 있어왔다. 미크론 이하의 반도체 회로설계가 진행됨에 따라 새로운 반도체 제조 및 검사장비의 개발이 강력하게 대두되어져 왔다. 그러나, 초고밀도 반도체 제조관련 장비는 선진국 몇개 업체가 과점해왔던 최첨단 기술로써, 국내 반도체 생산기술의 혁신적인 발전에도 불구하고 제조장비 국산화는 극히 초보적인 단계에 머무르고 있다.

반도체 제조공정은 하나의 웨이퍼에 수백개의 동일한 IC를 복사하는 아주 복잡한 단계로 구성되어 있다. 일반적으로, 그 공정들은 하나의 완전한 회로를 구성하기 위해 8 - 20개 정도의 패턴을 갖는 층을 만드는 작업들을 포함한다. 그런 층들은 반도체 웨이퍼 표면에 전기적 활성영역을 만들어 준다. 전체 반도체 제조공정은 크게 4개로 나눌 수 있다. 즉, 웨이퍼 제조공정, 회로설계공정, 웨이퍼 조립, 검사공정이다.

반도체 제조에 있어 첫단계는 고순도 용융 실리콘으로부터 단결정 주괴(ingot)를 만드는 일부터 시작된다. 주괴로부터 얇고 둥그런, 반도체 재료가 다양한 크기로 제작된다. 이 웨이퍼들은 회로 제조공정의 첫단계인 FAB(fabrication) 공정으로 보내어진다.

FAB공정은 회로가 웨이퍼상에 형성되어 되는 반도체 제조공정의 핵심이다. FAB공정은 클린룸내에서 작업이 수행되며, 전체 공정을 종료하기까지 10 - 30일정도 소요된다. 일반적으로, FAB에서 사용되는 장치들은 전체 시스템의 가동시간중 단지 40%정도를 wafer 가공작업과 직접 관련되어 이용된다. 나머지 60% 정도의 시간은 단순히 작업을 대기하는 부분이다. 이러한 설비의 생산성은 장치들간의 웨이퍼를 중간에서 전달하는 로봇의 활용에 의해 획기적으로 개선된다. 그러나, 웨이퍼 전송 로봇을 효과적으로 사용하기 위해서는 여러 가지 고려할 사항들이 존재한다.

첫번째 고려사항은 오염물질의 최소화이다. 로봇자체나 로봇셀에서 발생하는 먼지를 제거해야할 필요가 있다. 예를 들어, 모든 로봇의 팔들은 먼지(particle) 발생을 최소화하기 위해 폴리아세탈(polyacetar)이 코팅되어 있다. 또한, 클린룸용 모터, 벨트나 풀리등이 사용된다. 자성유체(magnetic fluid)가 팔의 조인트부위에 사용되며, 로봇 링크부에 fine

mesh filter를 사용하여 유체방출을 미연에 방지할 수 있다. 더욱 엄격한 청정도가 요구될 경우에는 10^{-8} Torr에도 견딜 수 있는 진공챔버(vacuum chamber)가 사용된다.

두번째 고려사항은 절대적인 로봇의 신뢰성이다. 로봇의 신뢰성은 생산도중 어떠한 동작중단도 허용되지 않을만큼 요구된다. 대부분의 웨이퍼를 다루는 클린룸용 로봇은 0.01mm 정도의 반복정밀도에서 백래쉬를 일으키지 않는 하모닉 드라이브(harmonic drive)를 채택하고 있다. 또한, 로봇의 메카니즘은 단순화되어 있어서 단지 클린룸 모터, 벨트, 풀리등만이 사용되고 있다. 일반적으로, 웨이퍼 핸들링용 로봇의 수명은 약 천만 cycle 이상이며, MTBF(mean time between failure)도 35,000 시간이상이다.

세번째 고려사항은 고속 웨이퍼 전송 가능여부이다. 전형적인 스카라 타입의 웨이퍼 로더는 제한된 공간내에서 민첩하면서도 웨이퍼 교환시간을 최소화하기 위해 둘 내지는 네개의 링크를 사용한다. 고속 웨이퍼 전송을 가능케 하기 위한 매니플레이터 팔의 설계는 감속속 특성을 향상시켜야 하는 바, 이는 로봇 팔의 관성을 최소화하므로써 가능하다. 저관성 설계는 서보시스템의 민감도 특성을 저하시키지 않고 고속운전을 가능케 할 수 있다. 그와 같은 저관성 팔로 설계된 12" 웨이퍼 핸들링용 로봇의 경우, X방향으로 1m/sec, Z방향으로 0.1m/sec, θ 방향으로 260° /sec 정도의 운송속도 구현이 가능하다. 웨이퍼 조립공정사이에서 웨이퍼를 운반하는 역할을 하는 일이 로봇에 국한것만은 아니다. 이동전송시스템이 유선형 생산 환경을 조성하기 위해 반도체 공정간에 관련 재료를 전송한다. 이 경우 웨이퍼들은 이동로봇의 로딩, 언로딩 작업에 적합한 박스, 카셋트형태로 공급되어진다.

CCMR(Compact Clean Mobile Robot)은 웨이퍼 제조공정 사이에서 웨이퍼 카셋트를 운반하기 위해 개발된 클린클래스 1에서 사용가능한 이동로봇이 그림 5에 나타나 있다. 이 시스템은 6축 로봇과 로봇을 탑재할 수 있는 이동로봇 AGV(auto-guided vehicle)로 구성되어 있다. 이 AGV는 여러개의 Ni-Cd 배터리에 의해 구동되며, 대각선 방향으로 정렬된 조향모터(steering motor)와 수동 바퀴(caster)에 의해 AGV를 임의의 방향으로 방향조정이 가능하다. 다른 이동로봇과는 달리, 본CCMR은 미리 규정된 이동경로없이 초음파거리센서를 사용하여 벽을 따라 주행가능하다. 또한, 로봇팔끝에 부착되어 있는 비전시스템을 통하여 이동로봇이 웨이퍼 카셋트를 정확한 로딩, 언로딩 위치에 위치할 수 있도록 하는 역할을 한다. 이 비전시스템은 웨이퍼 카셋트 랜딩축을 따라서 로봇 팔의 말단효과부를 캘리브레이션하기 위해 랜드마크(landmark)를 찾는다. 그리고 나서, 이동로봇은 8비트 광통신을 통해 이동대상물체와 데이터를 주고 받는다. CCMR의 중량이 무겁고, 바닥의 마찰이 고르지 않아 클린룸내에서 이동로봇이 주행할때 주행속도가 갑자기 변화할 수 있기 때문에 이동로봇의 제어가 쉬운 문제는 결코 아니다. 본 이동로봇의 경우에는 퍼지 로직 제어를 이용하여 초음파센서 및 모터 엔코더의 데이터로부터 최적의

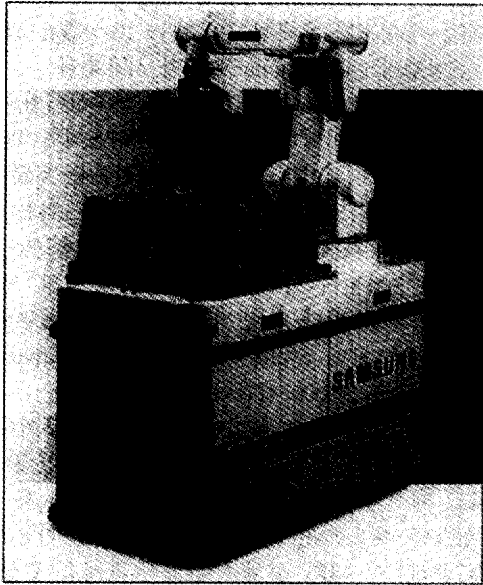


그림 5. Compact Clean Mobile Robot

목표 주행속도를 결정할 수 있다. AGV에 부착되어 있는 로봇은 6축 수직다관절형 로봇이며 가반하중은 최대 8Kg이다. 이 로봇의 반복정밀도는 $\pm 0.05\text{mm}$ 이며, 이동로봇의 반복정도는 $\pm 0.1\text{mm}$ 정도이다. 반도체 제조공정에 있어서 웨이퍼상의 칩의 작동성은 정밀한 시험장치에 의해 이루어지고 있다. 칩의 크기가 소형화되고, 회로가 날로 복잡해짐에 따라 생산성 향상 및 수율증대를 위해서 더욱 정확한 칩검사가 요구됨에 따라 프로브시스템이 개발되어 사용중에 있다.

그프로브시스템은 다양한 크기의 웨이퍼(6 - 12인치)를 자동으로 방향조정을 하고, 검사위치에 놓고, 취출할 수 있다. 이 시스템의 주요 특징은 검사대상 웨이퍼를 검사용 프로브와 빠르고, 정확하게 접촉시킬 수 있다는 점이다. 이를 위해 11개의 위치제어축을 사용하여 웨이퍼를 정밀하게 위치 및 방향제어하고 있다. 리니어모터를 사용하는 위치제어 스테이지(stage)는 XY 평면상에서 웨이퍼를 300mm/sec의 속도로 정확하게 위치시킨다. 웨이퍼를 부품공급장치로부터 검사위치에 장, 탈착시키는 역할은 듀얼암 클린 로봇(dual arm clean room robot)에 의해 이루어지고 있다. 웨이퍼의 미세조정은 비전시스템에 의해 주어지는 영상데이터를 이용하여 마이크로 범위내에서 가능하다.

6. 결 론

오늘날 전자산업은 가장 짧은 시간동안 가장 빠르게 변화하는 중요한 산업중의 하나이다. 전자상품은 갈수록 소형화, 개인휴대화, 다기능화, 고성능화되어가는 추세이다. 이런 조류에 따라 등장하고 있는 전자산업의 주요 생산기술이 바로 전자 패키징(electronics packaging)과 고밀도 조립기술이다.

전자패키징은 여러 단계의 패키징 기술로 구성되어 있다.

즉, 1단계 패키징은 칩 단계 접합이고, 2단계 패키징은 멀티 칩 접합, 3단계 패키징은 인쇄회로기판상의 접합을 의미한다. 가장 기본적인 단계인 칩단위 접합에는 와이어 본딩, TAB, 그리고 flip chip의 3가지가 있다. 칩단위 접합은 로봇에 의해서만 가능하며, 위의 3가지 접합중 flip chip이 가장 고난도의 로봇에 의한 패키징 기술을 요한다.

미래의 전자상품이 최대한 경박단소화하리라는 예상은 누구나 쉽게 할 수 있다. 전자상품의 저가격화, 소형화를 추구하기 위해서는 고밀도조립기술이 필수불가결한 요소기술이다.

예를 들어, QFP 0.5mm 피치인 경우에 20 components/cm²의 조립밀도를 실현하기 위한 많은 연구가 현재까지 수행되어 오고 있으며, 일본의 경우에는 오는 2000년에 50 components/cm² 정도의 고밀도조립기술의 확보가 가능할 것으로 예상되고 있다.

현존하는 정밀제어용 로봇은 0.4mm 정도의 리드 피치를 갖는 부품의 조립환경에 적합한 정도이며, 현재의 조립기술은 20PPM 정도의 조립 에러를 발생시키고 있다. 또한, 지난 6-7년간 많은 연구노력끝에 로봇에 의한 전자부품의 조립정도를 $\pm 0.05\text{mm}$ 에서 $\pm 0.01\text{mm}$ 정도로 향상시켜왔다. 그러나, 최근에 생산현장에 적용되고 있는 P-QFP 칩같은 경우에는 0.15mm 정도의 리드 피치를 갖는 바, 이는 현재 로봇에 의한 실장기술보다 한단계 높은 기술을 요하고 있다. 로봇관련 기술의 발전속도를 감안할때, 향후 10년 이내에 로봇에 의한 전자부품조립장비는 초당 10품이상의 장착 속도 달성과 더불어, 리니어 모터와 같은 초정밀 위치결정 장치와 고해상도 비전시스템 활용에 의해 조립시 반복정밀도를 수미크론 또는 마이크로 미만정도로, 그리고 조립에러는 5PPM 이하로 구현할 수 있을 것이다. 반도체공정의 경우, clean class 1 정도의 청정환경하에서 나노미터급 위치정밀도를 구현할 수 있는 차세대 로봇의 개발역시 가속화될 전망이다. 또한, 인공지능(AI), 전문가시스템(expert system), 실시간 화상처리 시스템등을 로봇과 결합한 지능화(intelligent)된 전자동 검사, 조정시스템의 개발이 실현되어, 완전 무인화 검사 및 조정공정이 머지않아 등장하리라 기대된다.

저 자 소 개



김성권(金成權)

1972년 동아대학교 기계공학과 졸업, 1986년 미국 Minnesota University 기계공학과 졸업(석사), 동대학원 박사(1988). 1976년 국방과학연구소 선임연구원, 1988년 삼성 전자 생산기술센터 자동화연구소장, 현재 생산기술센터장. 1991, 1992년 장영실상, 1993년 다산기술대상등 수상. 주관심분야는 로봇, 로봇제어, CNC 제어기, 비전시스템, 검사조정시스템, Mobile 로봇.