

조립 자동화를 위한 로봇의 활용



최 동 엽 (KIMM 로봇공학실)

- '81. 2 서울대학교 기계공학과(학사)
- '93. 2 한국과학기술원 정밀공학과(석사)
- '82. 3~현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 서 론

조립 작업은 현대 생산체제에서 그 분야를 막론하고 비중이 높은 공정이다. 이것은 타 생산공정에 비하여 대상 제품에 대한 의존성이 높아서, 규격화된 조립 장치의 개발이 어렵고 개개의 공정에 대한 막대한 비용 및 인력의 투입을 필요로 하게 되기 때문이다.

이러한 현상은 근래의 각종 제품에 대한 소비자 기호 다양화, 제품 수명 단기화 등의 상황으로 인하여 생산체제가 대량 생산 체제를 유지하기 어려워지면서 더욱 심각하게 되었다. 즉 종래의 대량 생산체제에서는 고액의 투자를 한다고 하더라도 제품 개개의 생산비로 환산하면 그 비중이 크지 않았으나, 다품종 소량 생산체제를 필요로 하게 되면서, 제품 개개당의 생산비가 상승하게 되는 것이다. 이에 대한 해결책으로서 생산 system의 유연화를 추구하게 되었는데, 로봇의 활용은 이를 실현할 수 있는 좋은 방법으로 각광받게 되었다.

이로 인하여 조립용 로봇의 도입이 크게 늘어나게 되었으며, 이 현상은 각국의 로봇 생산 및 도입 추이를 보면 잘 알 수 있다. 로봇 도입 초기 단계에서는 spot 용접용 로봇이 주를 이루고 있었으나, 로봇이 고성능화되고 다기능화 되어 로봇을 이용한 조립 작업이 가능해지면서 조립용 로봇의 도입비율이 점차 증가하고 있는 것이다. 미국의 경우 1981년 4%에 불과하던 것이 1991년에는 25%로 증가하였고, 일본의 경우에는 1982년부터 1991년까지 도입된 로봇(430,000대)의 33.5%를 차지하고 있으며, 국내 생산된 조립용 로봇

댓수는 1988년 16.7%에 불과하던 것이 1990년에는 36.9%로 신장되었으며, 1993년 상반기에는 38.2%에 달하고 있다.

이와 같이 그 도입량이 늘어 나게 된것은 산업 전반에 걸쳐 조립용 로봇이 사용이 증가되고 있으나, 특히 전기 부분의 사용량이 급증한 데 기인한다. 표 1은 일본에 1982년부터 1991년까지 도입된 조립용로봇을 업종별로 분류한 것이다.

이와 같은 조립용 로봇의 효과적인 도입을 위해서는 다음과 같은 단계의 과정을 거쳐야 한다.

- 조립 자동화를 위한 제품설계
- 조립 시퀀스 설계
- 조립 system(생산 방식) 결정
- 조립 요소(조립 로봇) 결정

많은 제품들이 조립의 자동화를 고려하지 않은 상태에서 제품의 기능적 관점에서 설계되었기 때문에 자동 조립에 문제점이 많으며, 이를 해결하기 위해서는 고액의 설비 투자를 필요로 하게 되므로, 조립 자동화를 위해서는 조립성을 고려한 설계가 우선되어야 한다. 조립이 용이하도록 설계하기 위하여 고려할 내용으로서는 부품 기능의 복합화를 통한 부품수의 감소, 부품 공급의 용이성,

필요최소한의 부품정도, 위치 결정 기준의 확보, 조립이 용이한 형상, 체결 및 고정방법의 단순화, 조립 방향의 단순화 그리고 복잡한 부품의 기능 unit화(sub assay)등이 있다.

한편, 일반 공장에서의 조립공정 계획은 경험에 의하여 이루어 지는 경우가 많다. 조립 시스템의 규모가 작은 경우에는 적당한 공정계획을 수립하는 데 큰 어려움이 없을 수도 있으나, 그 규모가 커질수록 최선의 조립공정 계획을 수립하기는 어려워 지게 된다. 이것은 조립작업에 있어서 동작상의 제약(operative constraint, 부분적인 제약)과 전략상의 제약(strategic constraint, 전체적인 제약)을 해결하지 못하였기 때문에 발생하는 문제이며, 이를 해결하기 위해서는 대상 조립 작업의 sequentiality, monotonicity, coherancy 그리고 linearity 등을 고려하여 최선의 조립 공정 계획을 수립할 수 있도록 하여야 한다.

위에서 기술한 조립성을 고려한 설계및 조립공정의 설계는 조립 시스템의 설계를 하기 위하여 선행되어야 할 필수 과제이며, 한편으로는 이 들을 바탕으로 하여 조립 시스템이 결정된다. 즉 조립작업을 구성하는 조립, 이송, 공급의 작업형태는

표 1. 1983년부터 1991년까지의 업종별 조립용 로봇 도입 대수(일본)

업 종	대수	업 종	대수	업 종	대수	업 종	대수
금속제품	600	석 유	8	보 이 라	160	산업차량	496
섬 유	15	고 무	61	토목건설	62	정밀기계	6,554
목 재	8	요 업	165	금속가공	1,257	합성수지	93
펄프종이	29	철 강	163	전 기	102,054	일반기계	13,227
화 학	402	비철금속	153	자 동 차	15,978	기 타	2,980
합 계	144,465						

표 2. 자동조립 시스템의 분류

기능 분류	조립	이송	공급			제어
			단일부품	동종 복수부품	이종 복수부품	
I형	전용공구	일방향동기	○			고정시퀀스
II형	고정형로봇	일방향	○	○	○	가변시퀀스
III형	고정형로봇	쌍방향비동기	○	○	○	랜덤시퀀스
IV형	고정형로봇	이송없음			○	
V형	이동형로봇	-	○	○	○	

앞의 단계를 바탕으로 하여 결정할 수 있으며, 표 2에서 보는 바와 같이, 이들의 조합에 의해서 조립 시스템이 결정되는 것이다.

I형 시스템은 1개의 조립 station에 하나의 조립 작업을 수행하게 되며, 직렬로 구성된 몇개의 조립 station을 사용하여 일련의 조립 작업을 하게 된다. II형 시스템은 고정형 로봇에 단기능 조립 공구를 설치하여, 하나의 조립 작업 station에서 복수개 혹은 이종의 부품에 대하여 조립 공정을 programmable하게 제어함으로써 범용성이 향상된다. III형 시스템에서는 조립 방법은 II형 시스템과 동일하나, 이송 방법을 필요에 따라 역방향도 가능하게 함으로써, 조립 순서를 랜덤하게 설정할 수 있는 방법이다. IV형 시스템은 1대 혹은 여러대의 로봇을 이용하여 이송 없이 총괄적으로 조립 방법을 수행하는 것으로서, assembly cell과 같은 시스템이 이에 해당하게 된다. V형 시스템은 이동형 로봇을 사용하는 시스템으로서, 시스템의 유연성이 최고로 높아지고, 다품종 소량생산에 대처할 수 있다.

이들 시스템은 I형을 제외하고는 모두 조립용 로봇의 사용을 전제로 하고 있으며, 바꾸어 말하면 조립 자동화 시스템을 구현하기 위해서는 조립용

로봇의 사용은 필수적이라 할 수 있다.

이와 같은 단계를 거친후에 조립용 로봇의 선정이 가능하게 되는 데, 이것은 필요로 하는 로봇의 사양이 결정되는 것을 의미한다. 이 때 결정되어야 할 사항은 로봇의 축 수, 로봇의 형태, 정밀도, 가반 중량, end effector 그리고 sensor의 활용 여부 등이다.

본고에서는 조립용 로봇 및 로봇 조립 작업을 위한 주변기기에 대하여 기술하고, 조립용 로봇을 중심으로한 조립 자동화 시스템을 사례 중심으로 소개하여 로봇을 이용한 조립 자동화 기술을 현 상태를 점검하여, 향후 국내 조립 자동화 기술의 발전을 위한 연구방향을 제시하고자 한다.

2. 조립용 로봇

로봇이 조립용으로서 본격적으로 사용되기 시작한 것은 1980년 발표된 SCARA(Selective Compliance Assembly Robot Arm)이후라 할 수 있을 것이다. SCARA는 그 이름에서 알 수 있는 바와 같이 특정 방향에 대하여 compliance를 갖도록 설계된 것으로서, 수평 다관절 형식을 갖는다. 이 로봇은 중력 방향에 대해서는 강성이 높도록 하고,

표 3. 국내, 국외의 수평다관절형 조립용 로봇의 비교.

Model		국 내		국 외		
항목		Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
동작범 위(Arm 길이)	1축	200°(350mm)	200°(350mm)	±100°(450mm)	±120°(300mm)	300°(425mm)
	2축	290°(300mm)	±145°(250mm)	±135°(400mm)	±140°(250mm)	194°(375mm)
	3축	150mm	150mm	150mm	150mm	195mm
	4축	±180°	±180°	±360°	±360°	554°
최대 속도	1축	180°/s	376°/s	198°/s	285°/s	9m.sec (합성속도)
	2축	225°/s	384°/s	300°/s	465°/s	
	3축	300mm/s	600mm/s	625mm/s	680mm/s	
	4축	560°/s	1000°/s	634°/s	720°/s	
가반중량		2.5Kgf	2Kgf	2Kgf	2Kgf	6Kgf
반복위 치정도	1,2축	±0.05mm	±0.03mm	±0.025mm	±0.02mm	±0.025mm
	3축		±0.05mm	±0.01mm	±0.01mm	±0.05mm
	4축		±0.05°	±0.03°	±0.03°	(X,Y,Z)
구동방식		A.C. Servo	D.C. Servo	A.C. Servo	A.C. Servo	D.D. + D.C.
Cycle Time		0.8 Sec	0.85 Sec	0.6-0.7Sec		0.9Sec(0.5Kg)
본체중량		68Kgf	60Kgf	91Kgf	40Kgf	180Kgf

수평방향에 대해서는 위치를 결정해주는 2개의 revolute joint를 배치함으로써 수평 방향의 compliance를 얻을 수 있도록 한 것이다. 따라서 약간의 수평 방향위치 오차에 대하여 적용할 수 있어서 수직방향 조립에 큰 장점을 갖게 된다. 이후 많은 종류의 SCARA형 로봇이 조립용 로봇으로서 개발되었으며 현재까지도 조립용 로봇의 주종을 이루고 있다. 표 3은 최근의 국내 국외의 수평다관절형 로봇 시방을 비교한 것이다.

표에서 살펴 보면, 조립용 로봇의 성능 평가를 위한 가장 기본적인 항목인 cycle time면에서, 국내의 로봇이 외국 제품에 비하여 약간 떨어지기는 하나, 많은 발전을 한 것을 알 수 있다. 가격면에서도 국산품의 경쟁력은 비슷한 양상을 보이고 있는 데, 이것은 국내 산업계의 제품 개발을 위한 꾸준한 노력의 결과라 할 수 있다.

SCARA형 이외에 직교좌표형 및 수직다관절 형태의 로봇도 조립용으로 사용되고 있는데, 조립용 6축 로봇은 SCARA의 개발로 인하여 로봇의 조립 작업이 활성화된 이후, 조립용으로 필요한 성능을 만족하도록 개발되었다. 직교 좌표형 로봇은 수평다관절형에 비하여, 구조적으로 강성이 높고, 위치 재현 정도가 높으며, 수직 다관절형 로봇은 일반적인 모든 자세에 대하여 조립 작업을 수행할 수 있다. 그림 2는 조립용으로 개발된 대표적인 6축 로봇이며, 국내에서도 급근 들어서 조립작업용 6축 수직 다관절형 로봇이 상품화 완료 단계에 들어서고 있다.

조립용 로봇이 필요한 정밀 조립 작업을 수행하고, 현대 생산체제의 가장 큰 특징으로 꼽을 수 있는 유연성을 갖추어줌으로써, 고도의 조립 자동화 시스템을 구성할 수 있기 위해서는 일반 산업용 로봇이 갖추어야 할 조건은 물론이고 협조 작업이 가능해야 하며, 이동기능을 갖추어야 하고, 지능화되어야 한다. 이들을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 동작 속도가 빨라야 한다.

이 조건은 로봇 동작범위를 비롯한 여러 가지 시방에 의하여 결정되므로 표준화한 경로에 대한 Cycle Time으로 수평 다관절 로봇의 성능을 비

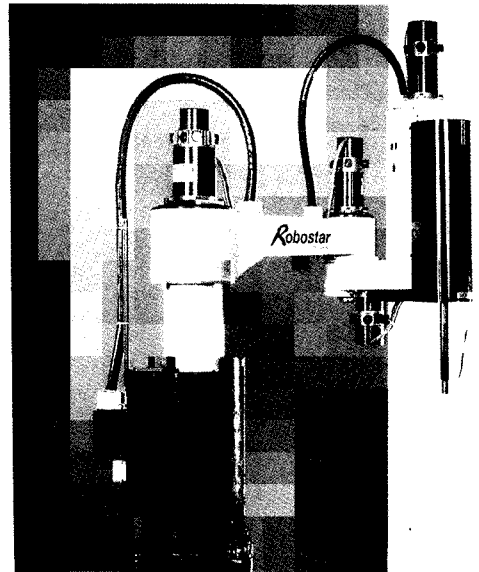


그림 1. 수평다관절형 조립용 로봇

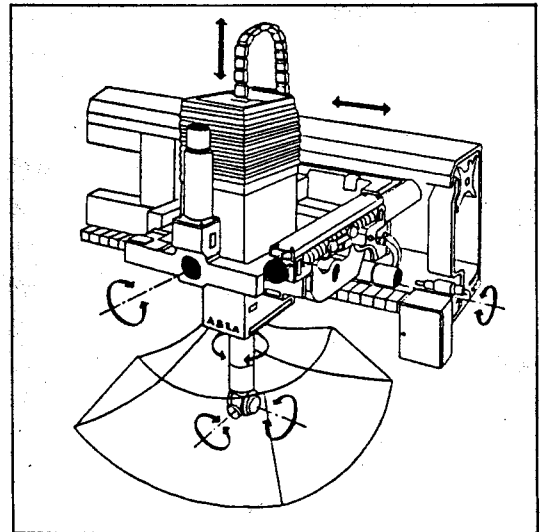


그림 2. 6축 조립용 로봇

교한다. 표준 경로는 수평 이동 300mm, 수직이동 25mm의 Pick & Place 왕복 동작으로 구성되며 표 2의 Cycle Time 항목이 그 성능을 나타낸다. 둘째, 위치반복 정밀도가 높아야 한다.

조립용 로봇의 경우 어느 정도의 compliance를 요구하기는 하지만, 이것이 모든 경우에 해당하는 것은 아니고, 로봇에 의한 조립 작업을 성공적으로 수행하기 위해서는 필수적이다.

세제, 신뢰성이 높아야 한다.

모든 로봇 작업 및 자동화 시스템의 공통적인 조건이다.

네째, 협조 작업이 가능해야 한다.

조립 자동화 시스템의 단계가 높아 질수록 고정구 등의 시스템의 유연성을 저해하는 단순 주변 장치가 줄어 든다. 따라서 유연성을 높이기 위하여 로봇에는 더 많은 기능을 필요로 하게 되며, 두 개의 부품을 움직여 조립하는 경우에 대처하여 시스템의 유연성을 높인다.

다섯째, 이동 기능을 갖추어야 한다.

시스템의 유연성을 높이기 위한 로봇의 필수적인 조건이면서도 아직 완성되지 못한 기능으로서, 이것은 주로 이동에 따른 로봇의 절대 위치 추정 의 문제 때문이다. 경우에 따라서는 그림 3과 같은 rail을 이용한 이동 기능을 부여하기도 하나, 궁극적으로는 적어도 2차원 평면내에서의 이동 기능을 필요로 하게 된다. 그림 4는 이동형 로봇을 이용한 조립 자동화 시스템을 보이고 있다.

여섯째, 지능화 되어야 한다.

조립 작업의 자동화에 있어서 부품의 위치 확인, 조립 위치의 측정, 부품 판별, 또는 조립작업 자체를 위하여 센서의 이용을 필요로 하는 경우가 많다. 즉 인간 대신 작업을 하는 로봇에서도 인간의 감각에 대응하는 기능을 필요로 하게 되며 로봇에서는 이들을 이용할 수 있는 능력이 있어야 한다.

이상은 조립 로봇이 갖추어야 할 조건을 기술한 것으로, 경우에 따라서 필요한 기능은 달라지게

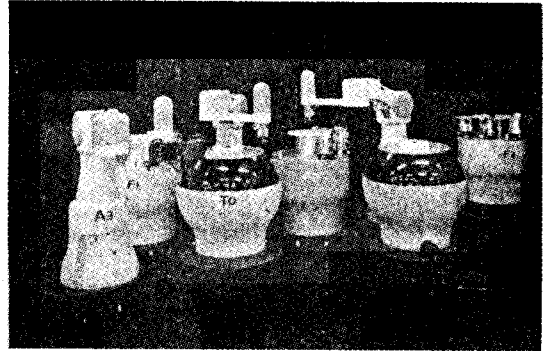


그림 4. 이동형로봇에 의한 유연 조립 시스템

된다. 이러한 기능을 갖는 조립용 로봇은 주변 장치의 도움을 받아 조립 작업을 수행하게 되며, 조립 자동화 시스템의 핵심요소로 사용된다.

3. 로봇의 조립작업 활용을 위한 주변 장치

조립 작업은 다른 종류의 공정에 비하여 인간의 손과 인간의 감각, 특히 시각, 촉각, 그리고 역각동에 대한 의존도가 높다. 특히 최근 들어 조립 시스템에 유연성에 대한 요구가 높아 지면서 이러한 현상을 더욱 두드러지게 나타낸다. 즉 종래의 단순 gripper로서는 조립 시스템이 요구하는 성능을 모두 만족시킬수는 없게 되었으며, 감각기능이 결여된 상태에서는 로봇을 이용한 자동 조립 로봇의 적용 범위가 축소되며, 센서를 이용함으로써 cost면에서 상당한 이점이 있는 경우가 많다.

3.1 조립용 로봇 vision

시각센서의 조립 작업에서의 역할은 부품의 판별 및 위치 측정 등이다. 현대의 로봇이 여러 종류의 부품을 취급하는 경우에는 시각 센서를 이용하여 부품을 판별하여 작업을 수행하게 되면 시스템의 유연성이 높아질 뿐 아니라 system cost면에서도 큰 장점이 있다. 한편 대부분의 자동화 시스템에서는 대상 부품이 정해진 위치에 positioning되어야 하는 경우가 많으나, 위치 오차는

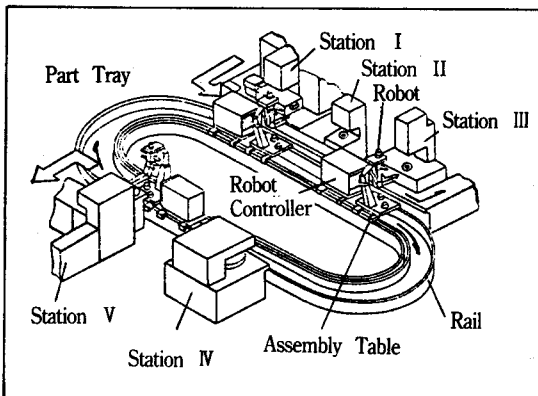


그림 3. 순환이동식 조립 로봇 시스템

필연적으로 발생하게 된다. 이에 대처하기 위해서는 부품의 위치를 측정하여 로봇이 그 정보를 이용해야 하는데 이를 위하여 가장 널리 사용되는 것이 시각시스템이다. 그림 5는 시각 시스템을 조립 작업에 응용한 예를 보이는 것으로, part feeder와 로봇의 연결을 위한 응용 및 조립 작업을 위한 프린트 기판상의 구멍을 감지하기 위한 응용 등을 보이고 있다.

3.2 로봇 gripper

조립 작업을 위해서는 인간의 손과 같은, 부품을 handling할 수 있는 gripper를 필요로 하게 된다. 보다 신뢰성 있고, 유연성 있는 gripper를 개발하기 위한 많은 연구가 이루어 졌으나, 아직은 인간의

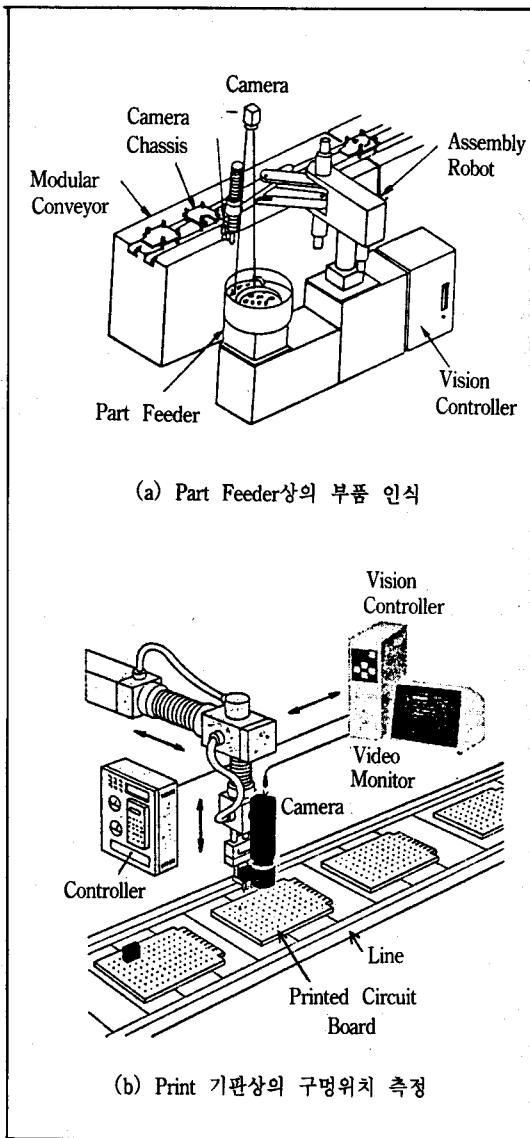


그림 5. 시각센서의 조립 작업에의 응용

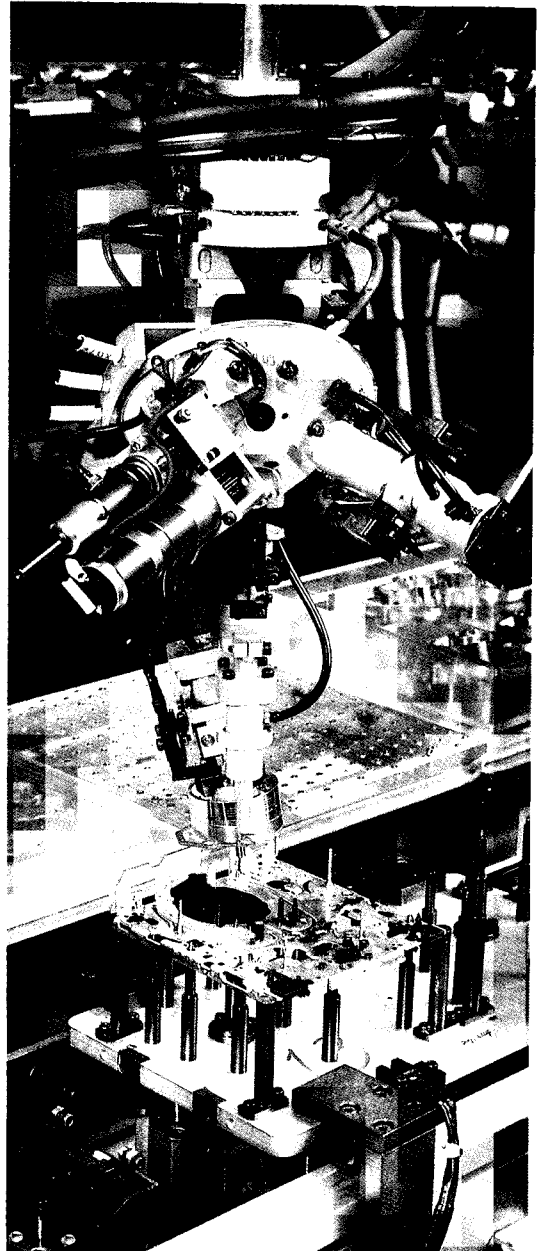


그림 6. Turret head를 이용한 조립 작업

손과 같은 기능을 갖는 gripper는 개발되고 있지 않다. 특히 접촉 센서나 역각 센서등을 이용하여 인간의 손의 기능을 실현하고자 하는 연구가 많이 이루어 지고 있으나 자동화된 조립 시스템의 조건을 충족시키기에는 아직 많은 문제점이 남아 있는 실정이다. 한편으로는 로봇 작업의 유연성을 높이기 위하여 여러개의 gripper을 한대의 로봇이 사용할 수 있도록 AHC(Automatic Hand Changer) 및 turret head가 개발되어 혼류 생산을 가능케 하고 있으며 그림 6은 turret head를 이용한 조립 작업을 보이고 있다.

3.3 Remote Center Compliance(RCC) Device

RCC는 조립 작업에 대한 compliance를 주기 위한 기구로서, 조립 작업을 수행할 때, 미소한 위치, 자세의 오차에 적용할 수 있도록 개발된 것이다. 1977년 미국의 Charles Stark Draper Lab.에서 발표된 이후 계속적인 연구가 진행되어 상품화되기에 이르렀으며, 그림 7은 RCC의 작동원리이다. 이것은 이후 로봇 제어를 위한 센서 정보를 얻을 수 있도록 RCC에 변위 센서를 부착한 IRCD(Instrumented RCC)로 발전되었다. 역각 센서가 로봇의 위치 및 자세를 제어하기 위한 능동적 제어를 하기 위한 도구임에 반해, RCC는 수동적 조립기구이다.

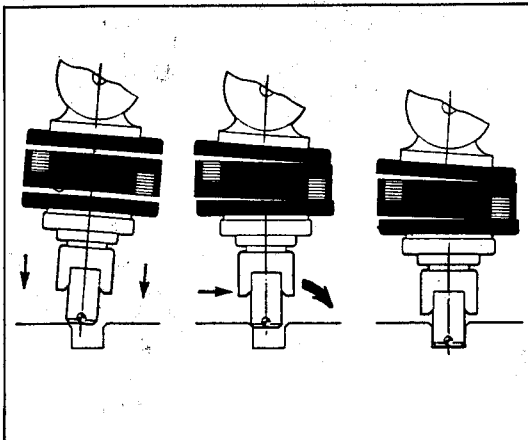


그림 7. RCC의 작동원리

4. 로봇을 이용한 자동 조립 system

앞에서 유연성을 높인 조립 자동화 시스템을 구성하기 위한 순서 및 각 단계에서 고려해야 할 사항, 그리고 효율적인 시스템을 구성하기 위한 로봇의 구비 조건 및 로봇을 효율적으로 사용하기 위한 주변 장치에 대하여 기술하였다. 본 장에서는 이러한 기술을 이용한 대표적인 조립 자동화 시스템에 대하여 사례 중심으로 기술한다.

우선 조립 시스템을 자동화하기 위하여 부품 설계로 부터 접근한 예로 일본 HITACHI사의 VTR조립 공장을 들 수 있다. 그림 8은 VTR의 구조를 보이고 있는 데, chassis 및 lever와 같은 press에 제작된 부품, motor 및 cylinder head와 같은 전기 부품 그리고 plastic이나 고무 벨트와 같은 단단하지 않은 부품등으로 구성되어 있다. 이와

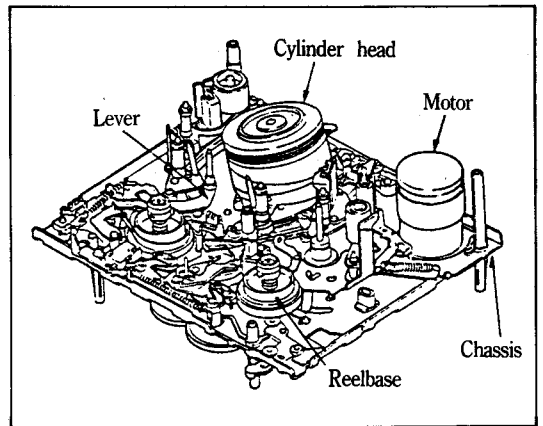


그림 8. VTR Mechanism

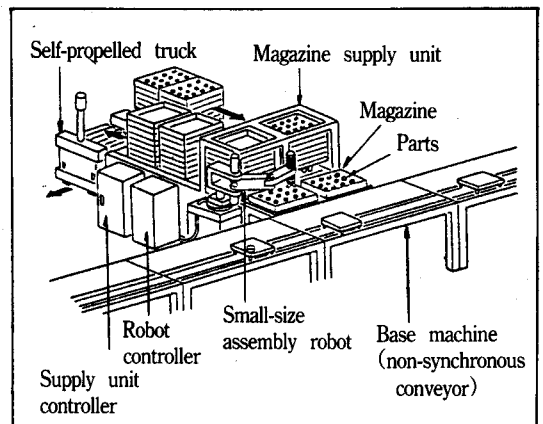


그림 9. VTR 조립 라인

같은 부품들이 조립성 평가를 통하여 설계 개선이 이루어졌으며, 그 내용은 기능이 복합된 부품의 설계에 의한 부품수 경감, 부품의 기능 일체화를 통한 subassembly 재설계, 그리고 조립방향의 통일등이다. 이를 통하여 조립 작업이 단순해 졌고, 자동 조립 시스템의 cycle time을 줄였다. 그림 9는 VTR 조립 라인의 구성을 보이고 있는데, 공작물 이송 및 positioning을 위한 base machine, 부품 공급 장치, 로봇, 그리고 자동화된 조립 장치들로 구성되어 있다. Base machine은 비동기형으로서, 하나의 조립 station을 이루는 stand alone system이며, 이것을 연결함으로써 필요로 하는 비동

기형 조립 시스템을 구성할 수 있다. 여기서 사용된 로봇은 경제적인 대량 생산 조립 시스템을 구성하기 위하여 3축의 소형 수평 다관절형 로봇을 개발하여 사용하였으며, 표 4는 로봇의 사양을 나타낸다.

일본의 산업용 로봇 제작사인 (株)安州電機에서는 1990년 신설공장인 Motoman-Center의 가동을 시작하였는데, 여기서는 로봇에 의한 로봇의 자동 조립이 이루어지고 있다. 조립 라인은 3개의 라인으로 분리되어 있는데, 두 개의 라인은 대형 로봇이나, 특수 기종을 생산하고, 다른 하나의 라인에서는 생산량이 많은 소형 기종을 조립한다.

표 4. VTR 조립용 로봇의 사양

Robot		Controller	
Item	Specification	Item	Specification
Structure	3-DOF(Articulated)	Programming Method	Teaching Playback
Max. Velocity	1500mm/sec	Position Control	Software Servo
Repeatability	0.05mm	Interpolation	Linear Interpolation
Load Capacity	20N		

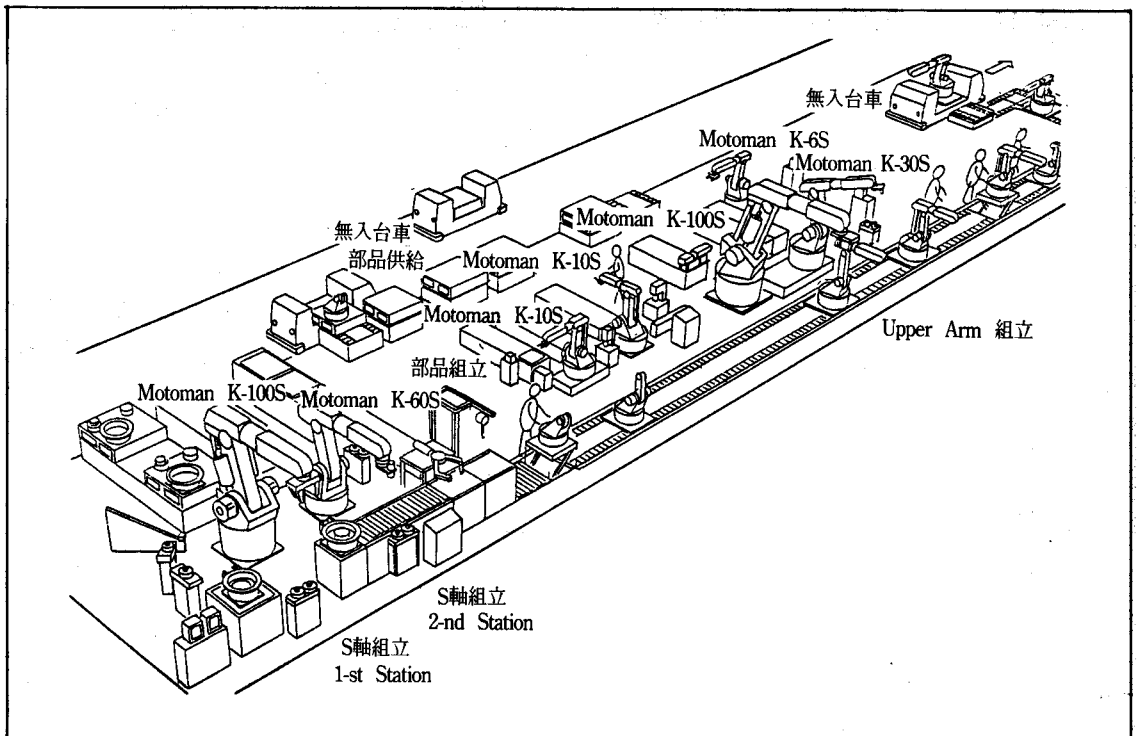


그림 10. 로봇 자동 조립 line의 layout

소형 생산 라인에서는 7대의 지능화된 조립로봇을 사용하고 있는 데, 이 라인의 구성은 그림 10과 같다. 이 라인에서 특기할 공정은 upper arm 조립 공정으로, 3대 로봇의 협조 작업에 의하여 조립 작업이 수행된다. 3대의 로봇은 Upper arm을 파지한 상태로 위치 수정 작업을 하는 Motoman K100 S, 부품 인식 및 수평 방향 조립 작업을 수행하는 Motoman K30S, upper arm 조립 전의 bearing과 shaft 압입 및 그리스 주입 등의 작업을 행하는 Mo-

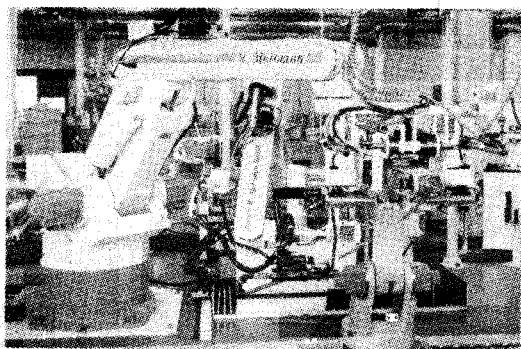


그림 11. 로봇 조립을 위한 협조 작업

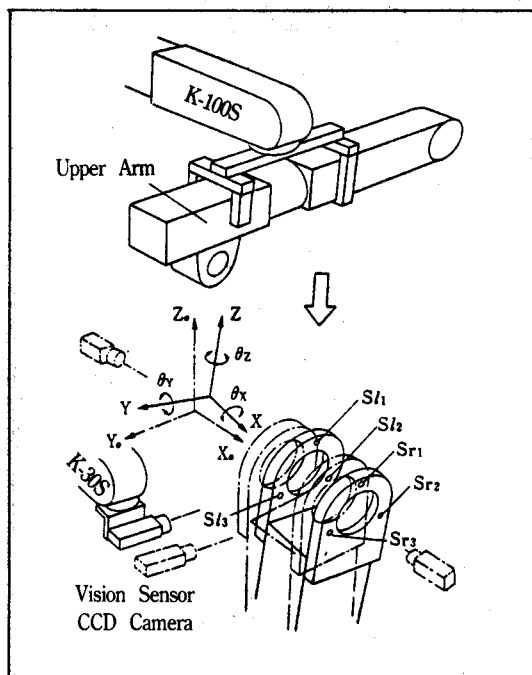


그림 12. 3차원 위치 인식

toman K6S등이다. 그림 11은 협조 작업에 의한 로봇 조립 공정을 보이고 있는 데, 그림 12에서 보는 바와 같이 K100S는 조립될 로봇의 upper arm을 파지한 상태에서 K30S에 장착된 시각 시스템에 의하여 측정된 upper arm이 조립될 lower arm의 위치 X, Y, Z, θ_x , θ_y , θ_z 를 이용하여 정위치시키고, 이 후 K30S는 부품 조립 및 나사 체결 작업을 수행한다.

도요다 자동차에서는 조립 공정의 자동화를 추진하는 과정에서 다른 부품의 조립에는 큰 문제 없이 진행되었으나, chassis와 driving unit의 자동화에 있어서 다종 부품 조립, 특정방향에서만 삽입, 조립할 수 있는 이형상 부품의 조립, 양쪽지나 동시 체결과 같이 양손을 필요로 하는 조립 작업 등으로 인하여 자동화가 늦어지고 있었다. 이에 따라 로봇 구조 및 제어에 대한 새로운 개념을 도입하여 조립 자동화를 추진하게 되었고, 그 결과로 개발된 것이 multi-arm형 조립 로봇이며, 이 로봇을 사용하는 경우 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

- 동시 체결 작업을 비롯한 협조 작업의 경우 전용 지그의 사용없이 조립을 수행할 수 있다.
- 공정 설계시 작업의 monotonicity를 유지하지 않아도 된다.
- 부품의 handling 및 조립작업이 multi-arm에 의하여 수행되기 때문에 cycle time 단축 및 공정 집약이 가능하다.

이 로봇의 개발은 motion simulation을 통한 작업영역의 검토, cost 및 조작성의 검토등을 통하여 이루어 졌으며, 최종적으로 개발된 로봇의 사양은 표 5와 같으며 그 구조 및 동작영역은 그림 13과 같다.

Multi-arm 로봇은 차동장치 및 steering column의 조립에 사용되었으며 차동장치 조립에서 로봇의 작업내역은 다음과 같다.

- Side gear의 differential case내의 조립
- Pinion gear의 differential case내의 조립
- Gear의 위상 맞춤
- 球面 Shim의 유무 확인
- Pinion shaft의 작업장내 반입

표 5. Multi-arm 로봇의 사양

Item		Specification
Load Capacity		7Kgf(15Kgf max.)
Repeatability		±0.1mm
Acceleration		9.8m/sec/sec(4.9)
Working Range	L1, R1	1.2m
	L2, R2	-5°~135°
	L3, R3	±160°
	L4, R4	±360°
	L5, R5	±180°
	L6, R5	±360°
Max. Velocity	L1, R1	1.3m/sec
	L2, R2	120°/sec
	L3, R3	160°/sec
	L4, R4	360°/sec
	L5, R5	180°/sec
	L6, R5	360°/sec

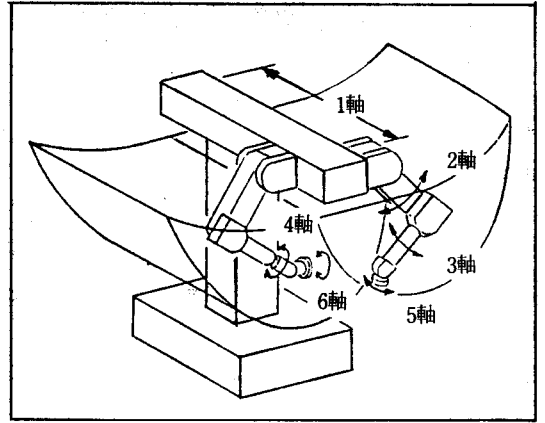


그림 13. Multi-arm 로봇의 구조

이 작업은 그림 14와 같은 조립 작업장 내에서 이루어지며, 그림 15는 조립 대상 부품이다.

5. 결 론

유연성 있는 조립 자동화 시스템을 위한 로봇의 활용에 대하여 기술하였다. 기술한 내용으로부터

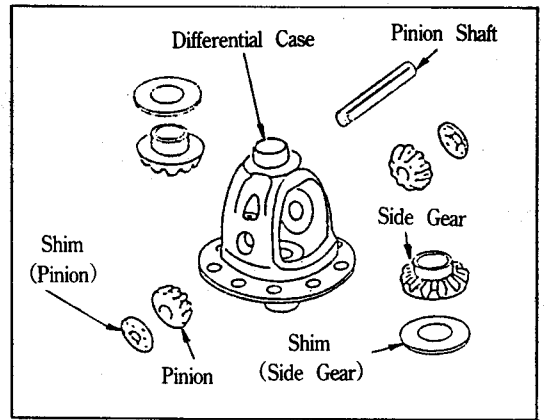


그림 15. 조립 대상 부품.

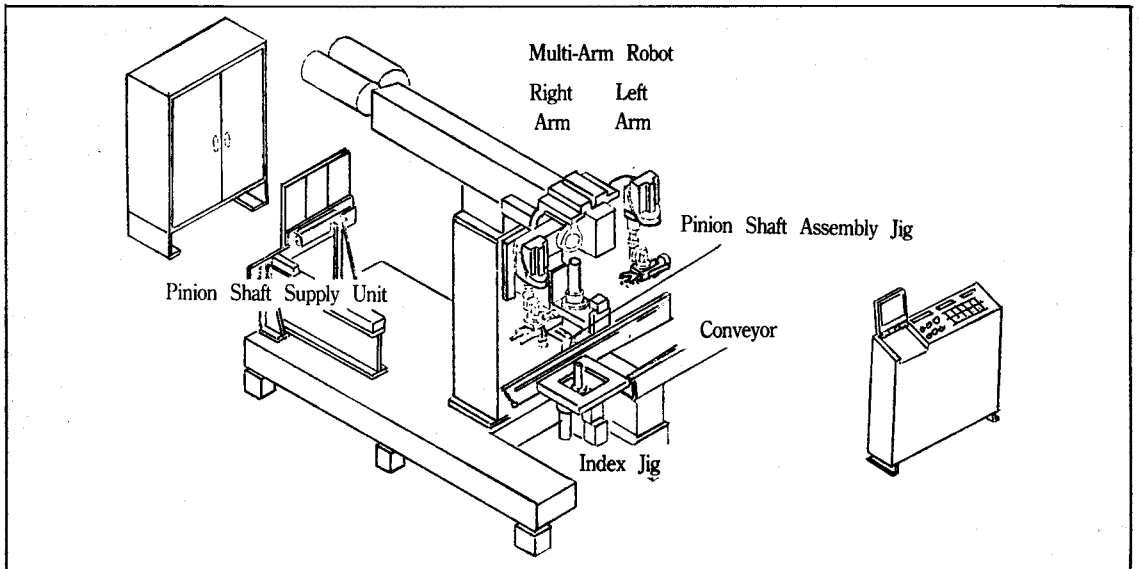


그림 14. Multi-arm 로봇을 이용한 조립작업장.

유연성 있는 조립 자동화 시스템을 체계적으로 개발하기 위한 요소 기술을 간추려 보면, 유연 조립 시스템에 대한 기술-경제적 분석, 유연 조립 시스템을 위한 task planning, system configuration design, modelling and simulation, 유연 조립 시스템의 programming, 속도 및 정밀도를 높이기 위한 system control, sensing 및 signal processing, in-process inspection 및 diagnosis, part storage 및 feeding, part mating, end effector 설계 및 제어, 조립 자동화를 위한 product design 등이며, 특히 로봇 역할의 관점에서 필요한 연구 내용을 간추려 보면 다음과 같다.

- 조립 자동화에 있어서 로봇의 역할을 극대화시킬 수 있는 조립 대상 제품의 설계 기술

- 로봇을 적재 적소에 사용할 수 있도록 하는 시스템 설계 기술

- 조립 자동화 시스템의 시방을 만족시킬 수 있는 로봇 개발 기술.

- 로봇의 활용도를 극대화시킬 수 있는 센서 활용 기술 및 end effector 개발 기술

적용 대상에 따라서 그 연구 내용은 달라 지겠지만, 이와 같은 개념을 염두에 두고 문제를 풀어 나가야 할 것으로 사료되며, 이 들에 대한 총체적인 연구 개발을 위해서는 모든 관련 기관의 협조를 통한 개발 정책은 물론이려니와, 산업계의 적극적인 기술 국산화 정책이 필요한 시기라 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] Kanji Yonemoto, "Current Status and Future Prospects of Industrial Robot", Robot No. 89, 1992.
- [2] 朴光淳, 崔然種, "로봇 産業의 發展推移와 國內수요 展望", 산업연구원, 1992
- [3] 牧野洋, 古屋信幸, "組立の自動化とロボット", 日本ロボット學會誌 Vol. 10, No. 3, pp. 320-324, 1992
- [4] 組立ロボット活用手ほとき, オーム社, 1987
- [5] 長田 正, "組立作業手順計劃", 日本ロボット學會誌, Vol. 11, No. 2, pp. 178-184, 1993.
- [6] 岡部佐規一, 神谷好承, "組立ロボットの最近の動向", 日本ロボット學會誌, Vol. 11, No. 1, pp. 58-61, 1993.
- [7] 古屋信幸, "組立用ロボットと周邊技術の現状", 精密工學會誌, Vol. 57, No. 2, pp. 210-212, 1991.
- [8] 渡邊正誓, "VISION MATE 刑3Z4SP 位置決め用視覺裝置", 省力と自動化, Vol. 22, No. 7, 1991
- [9] S. H. Drake, P. C. Watson and S. N. Simunovic, "High Speed Robot Assembly of Precision Parts Using Compliance instead of Sensory Feedback", 7th ISIR, pp. 87-98, 1977.
- [10] T. Niinomi and T. Mstsui, "Applications of ROBOTS to Assembly lines", Hitachi review, Vol. 32, No. 5, 1983.
- [11] 高森克廣, "ロボットによるロボット自動組立システム", 自動化技術, Vol. 24, No. 1, pp. 47-52, 1992.
- [12] 永松 茂降, "複腕型組付けロボットの實用化開發", 機械設計, Vol. 36, No. 15, pp. 11-20, 1992
- [13] A. H. Soni, D. P. Sathyadev, "Research Opportunities in Flexible Assembly", 10th International Conference on Assembly Automation, pp. 249-253, 1990