

로보트와 FMS에 있어서 로보트의 역할

李宗元* · 朴勉雄**

- 차 례 ■
- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 1. 개 요 | 5. FMS에서의 work flow |
| 2. FMS의 개념 및 일반적 System | 6. FMS의 추세 |
| 3. FMS의 대상 | 7. 결 어 |
| 4. FMS의 도입과 Sensor | 참 고 문 헌 |

1. 개 요

산업발전과 더불어 생산용 설비들을 점차 다양화, 생산성 향상, 무인화, cost down, 다품종소량생산에 대응하는 각종 요구를 충족시켜야 한다. 이에 따라 computer technology 를 도입한 자동화의 노력이 다양한 형태로 경주되어 왔고 이중에서 robotics 는 첨단기술로서 가장전보적인 연구가 진행되고 있는 분야이다. 1960년, 1970년대를 NC 및 CNC 기술발전의 연대라고 한다면 80년대는 로보트 관련기술의 성숙과 산업계의 활발한 로보트 응용이 기대되고 있다.

로보트의 역사는 인간과 유사한 형태의 기계에 대한 호기심으로부터 출발하여 심해, 우주등 인간의 직접 작업이 불가능한 분야에의 적용, 생산성 제고, 품질의 균일화 등의 경제적인 이점을 얻기 위한 산업계 적용에 실질적인 발전을 기하여 현재에는 servo controlled robot 만도 12,000 여대가 세계 각처의 산업현장에서 운용되고 있으며(표 1) 향후 매년 30%의 수량적 증가가 예측된다.

일반적인 선입관에 의해 로보트라는 단어는 어느 정도의 지능을 갖추고, 이동하면서 일상의 여

러가지 다양한 작업을 익숙하게 해낼 수 있는 증복과 같은 기계를 연상케 한다. 실질적으로 현재

표 1. International Robot Population

국 가	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E	Total
일 본		6,899		7,347	53,189	67,435
미 국	400	2,000	1,500	200		4,100
서 독	290	830	200	100	10,000	11,420
프 랑 스	120	500	2,000	6,000	30,000	38,620
소 련						3,000
스 위 스	10	40			8,000	8,050
스웨 덴	250	150	250	50	100	800
노르웨이	20	50	120	20	50	260
체 코	150	50	100	30	200	530
영 국						371
폴 란 드	60	115	15	50	120	360
덴 마 크	11	25	30	0	110	176
핀 란 드	35	16	43	22	51	167
벨 기 에	22	20	0	0	82	124
네델란드	48	3	0	0	30	81
유 고	2	3	5	0	15	25
합 계	1,418	10,701	4,293	13,819	101,947	135,519

Type A ; Programmable, servocontrolled, continuous path
 Type B ; Programmable, servocontrolled, point - to - point
 Type C ; Programmable, 범용 nonservo robots
 Type D ; Programmable, die casting용 nonservo robots
 Type E ; 기계적 이송장치 (pick - and - place)

* 韓國科學技術院 CAD/CAM研究室 室長

** 韓國科學技術院 CAD/CAM 研究室 研究員

운용되고 있는 대부분의 산업용 로봇은 제한된 범위 안에서 단순작업만을 반복하는 자동화 장치에 불과하다. microprocessor에 의해 복잡한 경로가 servo control 되는 산업용 로봇들도 아직 경제적인 제약으로 인식, 판단 기능을 가지고 있지 못하다. 외계의 상황을 파악하여 그 변화에 적응하고 스스로 의사결정을 하여 필요한 작업을 선택할 수 있는 능력을 가질 수 있도록 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이들 연구의 대부분은 인간의 시각과 손에 상당하는 교묘한 장치의 실현, 그 배후에 있는 문제 해결 수법에 주안점을 두고 있다. 여

기에는 미세한 force sensor, 저렴한 vision sensor 및 영상처리장치와 이들에 의해 얻어진 data를 기준으로 행위를 지령해줄 수 있는 algorithm 개발, 대용량의 memory 소자 개발이 관건이라고 할 수 있다. 이들 연구중 대표적인 예로 일본 Hitachi 연구소의 진공청소기 조립시스템이 있다. 두 개의 arm을 가진 로봇가 7개의 TV camera, 30개의 tactile sensor의 도움으로 임의의 위치로, 순서없이 공급되는 3개의 sub assembly를 하나로 조립하는 작업을 수행한다. 이를 위한 control system의 structure는 그림 1과 같다.

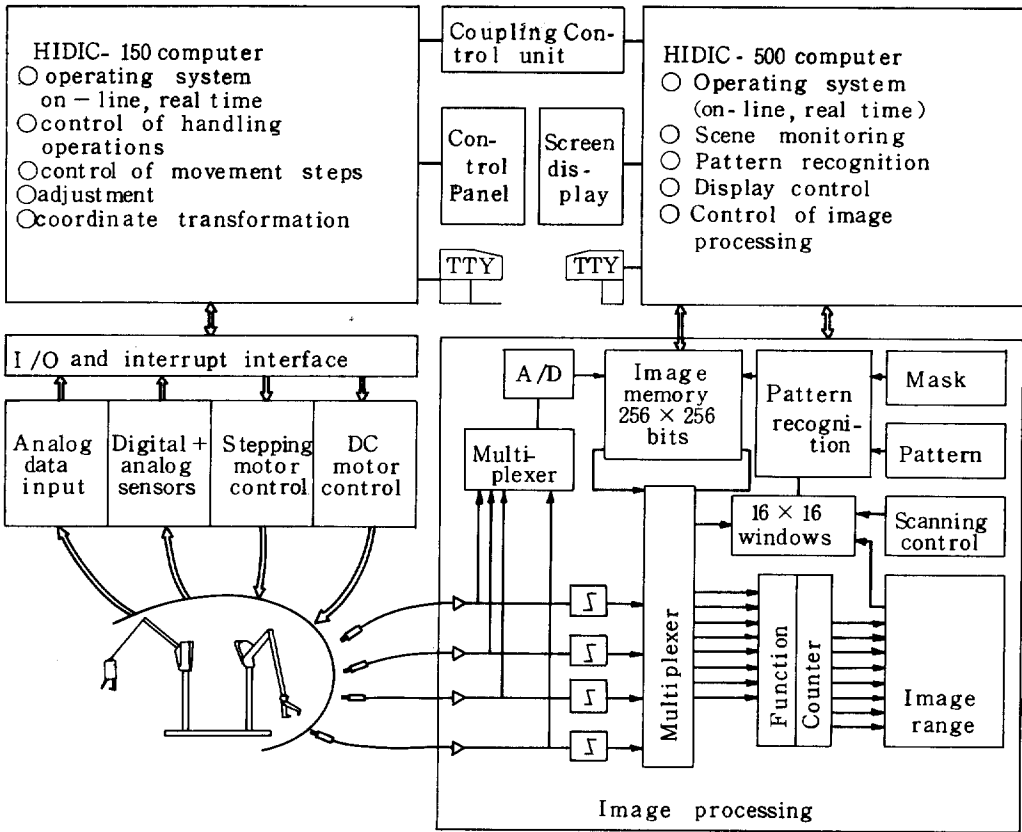


그림 1. 진공청소기 조립을 위한 control system

용접, 조립, 도장 (painting) 등 단독작업의 기능 및 지능향상을 위한 연구와 더불어, 산업용 로봇을 제조설비의 system component로서 활용하여 전체 productivity를 증진시키고자 하는 노력이 경주되어 Flexible Manufacturing System (FMS)의 발전을 촉진시켰다. FMS에서 산업용

로봇의 역할은 process가 원활히 진행되도록 주로 material handling을 수행하는 것이다. 이 적용에 제한을 주는 요인으로, 공작물을 이송시켜주는 다른 방식보다 아직 robot의 가격이 고가이라는 사실이다. cost performance는 단위시간당 수행할 수 있는 작업횟수에 비례하므로 동작속도가

빨라져야 할 필요성이 커지게 되어 높은 accuracy 를 가지면서 고속으로 동작할 수 있도록 하는 control scheme 이 연구되고 있다.

2. FMS의 개념 및 일반적 System

소재가 공장에 투입되어 제품으로 완성되기까지 실제 가공에 소요되는 시간과 기타시간의 비는 그림 2와 같다.

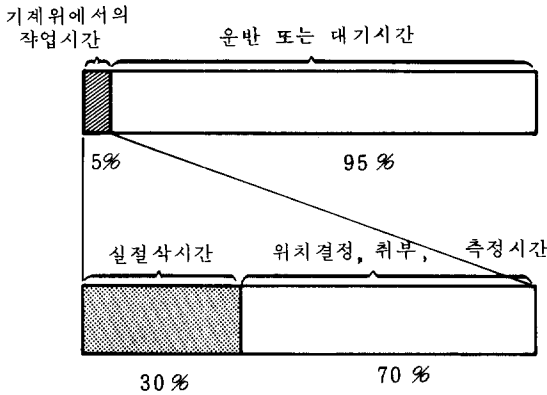
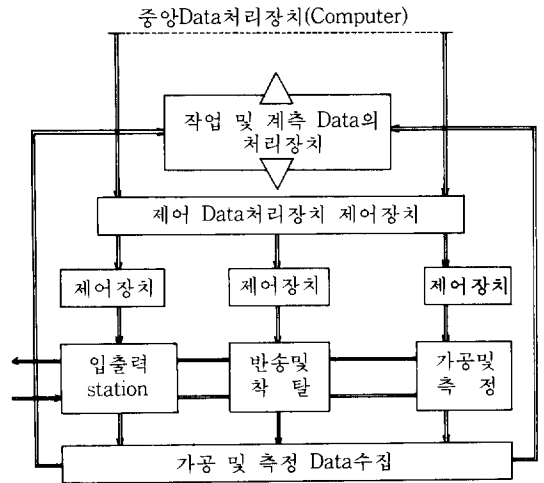


그림 2.

이 그림에 의하면 work piece를 효율적으로 단 시간내에 완성시키기 위해서는 각 기계간의 운반 합리화, 가공물 취부시간 삭감을 꾀하여야 할 것이다. 따라서 생산성 향상을 위해서는 각기계의 효율증진 만으로는 불충분하고 work flow의 재정비가 필요하다. 이러한 여러 욕구를 충족시키기 위한 total system으로서 FMS가 등장하게 되었다. 아직 확립된 위치이나 정의는 없으나 일반적으로 Flexible Manufacturing system이란 「복수의 NC 공작기계군과 각 NC 공작기계를 연결시키는 반송장치 및 이들을 제어 관리하는 host computer (software 포함)을 갖추고 여러 종류의 workpiece를 유연성있게 가공하는 고생산성system」을 말한다.

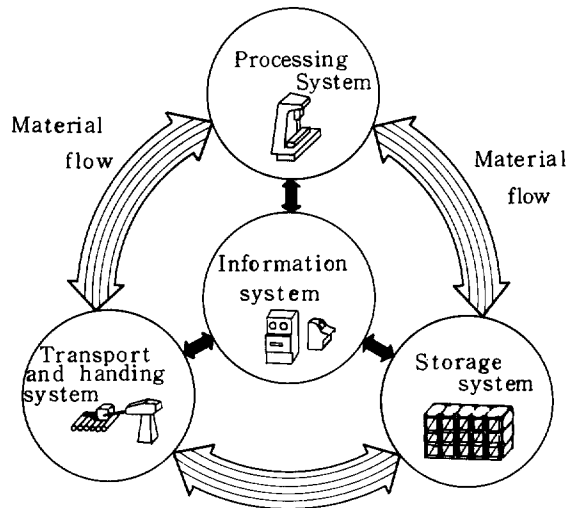
FMS는 공작물이송과 정보system에 의해 가공, 저장, 계측장비를 연결해 주는것이 그 특성이라고 할 수 있다. FMS의 일반적 시스템과 구성요소는 각기 그림 3, 그림 4와 같다.

대량생산에서 가장 효율이 높은 system은 물론 전용기line에 의한 생산이다. 그러나 약간의 mo-



Work flow : 수평방향
Information flow : 수직방향

그림 3. FMS의 일반적 시스템



Material flow

그림 4. FMS의 구성요소

del 변경이 있어도 관련된 설비를 모두교체해야 하는 경직성과 높은 초기 투자가 따르게 된다. 점차 수요 패턴이 다양해지고 생산대상이 수요예측이 불투명, 불확정적이 됨에 따라 다중소량가공 및 중량 반복가공을 효과적으로 수행할 수 있는 다기능시스템으로서 FMS의 출현이 불가피하게 되었다. 가공물 종류가 극단적으로 많은 경우 이를 유연성있게 처리하려면 system이 복잡해져 투자효율이 오히려 떨어지게 된다. 각종 생산system의 flexibi-

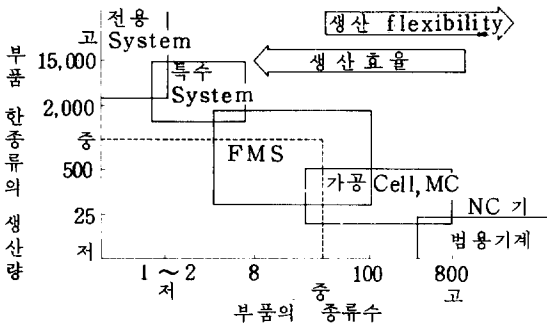


그림 5. 각종생산시스템의 flexibility level

lity level 은 그림 5와 같다. 생산대상의 종류수와 lot 크기에 따라 요구되는 자동화의 정도—생산효율—와 유연성이 다르고 이 두가지는 서로 상반되는 특성이기 때문에 경우에 따라 적합한 시스템이 달라지게 된다.

flexibility 와 효율을 최대한으로 증진시키며 초기의 설비투자의 부담을 줄이고 설비가동율을 최고로 높이기 위해서는 가공대상물을 유사성에 따라 구분하는 group technology 의 도입이 필수적이다. GT 란 「형상, 치수 및 가공방법의 유사성을 기본으로 공작물 (부품) 을 적당한 group으로 분할하고 각각의 group에 가장 적합한 가공공정, 공작기계, 가공용 jig, fixture 를 사용하여 효율높은 생산, set-up 시간 감소, 가공시간 및 cost 삭감을 꾀하는 방법」이다. GT 에 의해 분류된 부품 family에 적합하게 FMS의 layout이 이루어지고 그 시스템에 적용될 대상부품군 사이에 치수 및 형상 변화에 대해 flexibility 를 갖게된다.

3. FMS의 대상

현재 구미에서 운용되고 있는 FMS는 표 2에서 보는 바와 같이 비회전 형상(상자형, 판형)부품을 대상으로 하는 system이 많아 전체의 약 70%이고

표 2. 부품형상과 그 가공시스템의 수

부 품 형 상		해당 시스템의 set 수
비 회 전	상 자 형	50
	판 형	1
회 전	원 통 형	14
	원 판 형	8

나머지가 회전형상부품(이중 64%가 실린더형)을 대상으로 하고 있다. 특히 자동차, truck, 항공기, 공작기계등의 부품가공에 사용되는 예를 많이 찾아볼수 있다. 결국 자동차, 트럭, 항공기 transmission case 및 engine 부품에 FMS가 흔히 도입된다. 그 이유는 다음과 같이 생각할 수 있다.

- (1) transmission case, engine 부품은 transferline에서 생산된다. 그 전용기부분에 machining center를 도입하여 flexible화하는 것이 가능하다. 이른바 flexible transferline 방식으로 생산이 용이하게 수행된다.
- (2) 상자형 (prismatic)부품은 boring, drilling, facing 등이 주체를 이루어 machining center에 의한 복합가공이 가능하다. 위 작업들을 1회의 setting으로 꽤 장시간에 걸쳐 가공하는것이 가능하다. setting 횟수가 작을 뿐더러 line이 하나로 합쳐져 merit이 크기 때문에 machining center를 중심으로하는 FMS가 많이 사용된다.
- (3) 회전형 부품은 일반적으로 유사부품의 lot size가 크고 연간생산량도 많으므로 system화에 충분히 대응할 수 있다. 더우기 산업용 로봇의 발전에 따라 자동착탈, 반송이 가능하게 되었다.

이상과 같이 가공대상에 따라 생산시스템 구성을 살펴보면 FMS는 group technology에 의한 동일 family를 고효율, 자동가공하는 시스템이라는 것이 분명해진다.

4. FMS의 도입과 Sensor

최소의 설비로 높은 생산성을 가지면서 다종다양한 제품의 생산을 하는것과 더불어 FMS의 근본적 목적은 생산수단의 자동화와 더 나아가 무인화를 이룩하는데 있다. 그러기 위해서는, 숙련된 작업자의 감각에 상당하는 판단능력을 갖추지 않으면 안된다. 뿐만아니라 인간의 5감으로 얻을 수 있는 이상의 높은 정밀도로 치수등을 검출할수 있는 능력도 구비해야만 한다. 여기에 FMS에서의 sensor역할이 필요하다.

FMS에서 sensing대상은 가공품의 치수측정, 가공시의 적응제어, 기계 및 공구의 고장감지 및 수명판단, auto loader의 소재인식, 그리고 절삭

chip의 처리 등이다. 이런 사항들을 검출할 수 있는 sensor가 FMS를 가동하는데 필요하다. 기계 가공 시스템에 요구되는 계측대상은 표 3과 같다.

5. FMS에서의 work flow

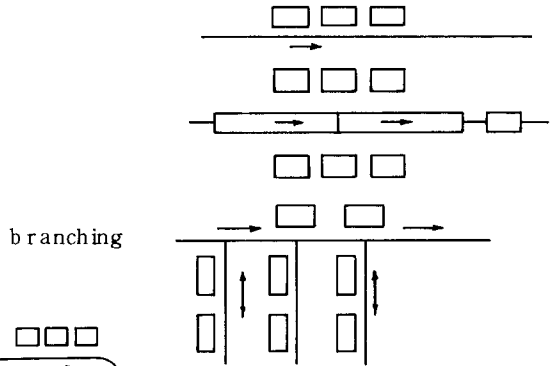
FMS의 특징은 가공물 이송과 material handling의 자동화에 있고 이는 시스템의 도입, 설계의 시작단계에서 결정되어야 할 중요한 부분이다. FMS의 반송장치는 설비 layout, 공작물의 유통과 밀접한 관계를 가지고 있다. 필요공정의 종류와 수효, 정밀도, lot size, 소요가공시간, 공구교환

표 3. 기계 가공시스템의 in-process 계측 대상

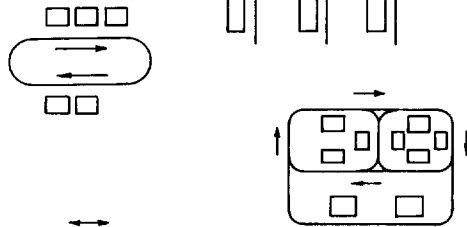
측정물	측정	내 상
공작물	가공정밀도	치수정밀도, 형상정밀도, 표면정밀도
	공작물변형	역학적변형, 열변형
가공	가공상태	절삭시향, 절삭동력, 절삭온도, 진동, Chip 상태
공구	공작기계정밀도	위 치결정정밀도, 회전정밀도, 취부정밀도
공작기계	공구·공작기계상태	공구마모, 진동
	공구·공작기계변형	역학적변형, 열변형

Work flow 형

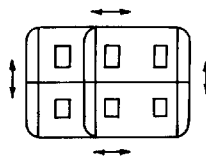
- 1. 직선형 단일 line
- 복합 line 병렬



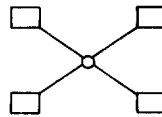
- 2. loop 형 단일 loop
- 복합 loop



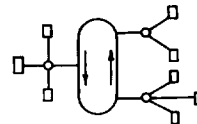
- 3. random access 형



- 4. cell 형 단일 cell



- 복합 cell



- 중량 storage 식 cell

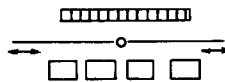


그림 6. Work flow의 type

방법, 보전성등이 고려되어야 한다. 시스템의 material flow type 을 결정할 때는 대상제품군의 요구 소요공정 sequence 의 분석이 중요하고 특히 GT 에 의한 표준공정의 존재여부가 point 이다.

또 하나의 point 는 각FMS의 목적을 분명히 하는 것이다. 철저한 자동화를 목적하는 경우, 야간 무인운전이 주된 목적인 경우, 가공 flow 의 자동화에 중점을두는 경우, 가공대상범위를 넓히고자 하는 경우 등 각각의 목적에 부합되는 layout과 반송장치를 조합해야 한다. FMS에 있어서 system 내 work flow 의 type 은 그림 6과 같이 분류된다. 직선형은 품종수, 소요공정sequence의 종류가 비교적 적은 경우에 적합하다. random access형이나 cell형은 다양한 부품군에 대응하기 알맞다. loop형은 그 중간정도이다. cart를 이용한 random access형 (net work형)은 복잡형상을 가진 대형부품에 적용되는 경우가 많다. cell (결합형)은 여러가지가 있고 비교적 소형 원통 혹은 원판 부품에 많이 적용되고, 상자형부품에 대하여는 cell에 자동 pallet 교환장치가 있는 machining center를 구비해야 한다.

구미에 실용화되고 있는 FMS에서 쓰이고 있는 반송장치를 분류하면 그림 7과 같다. 상자형 부품의 경우 conveyor의 이용률이 제일 많아 50% 이상을 점한다. 원통, 원판부품에는 역시 conveyor가 많지만 cart, robot와 큰차이는 없다. 결국 conveyor 중심적인 반송line을 구성하여, 그것에

보조수단을 사용하는 반송시스템이 많다는 것을 알 수 있다.

conveyor 나 기타 반송수단을 중심으로 시스템이 형성된 경우도 가공station 혹은 기계와 반송장치를 연결해주는 수단으로 robot가 많이 채용되고 있다. 소형부품의 loading /unloading, 기계간의 반송에는 산업용 로보트가 주로 사용되고, 특히 소형 원통, 원판형 부품의 이송과 material handling에는 이동형 arm인 auto loader가 주로 이용된다. 그림 8은 auto loader를 이용한 FMS의 예이다. 한대내지 두대의 로보트의 주위에 수대의 공작 기계를 배치한 가공cell의 실용률이 상당히 많다. gear가공이나 shaft가공이 중심이 된다. Robot가 반송system의 중심이 되는 FMS는, 소형부품을 짧은 cycle time, 작은 lot size (수십~수백)으로 가공한다.

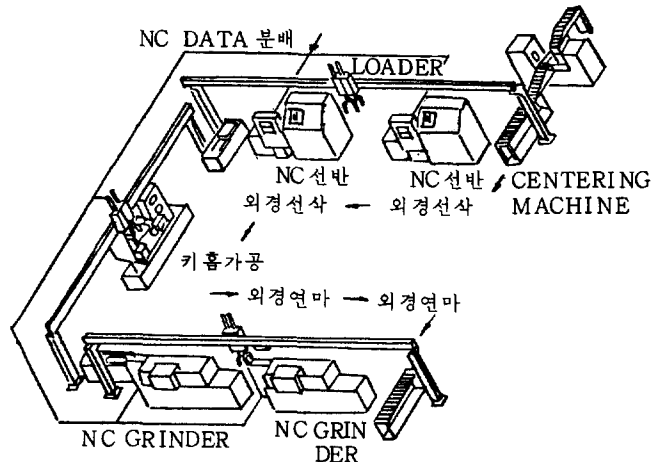
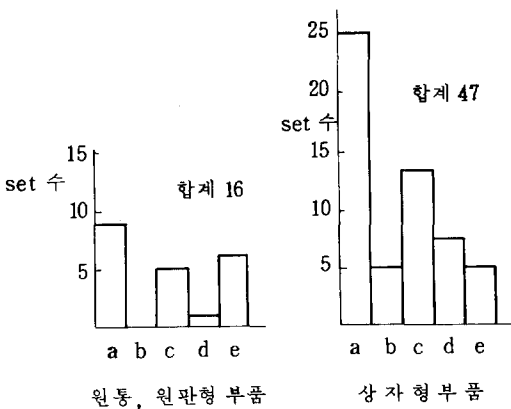


그림 8. Auto loader 에 의한 FMS 의 예



a: conveyor d: stocker crane
b: shuttle car e: robot
c: cart

그림 7. 구미의 FMS에서의 반송장치 분류

FMS의 추세

FMS의 개발 경향은 control 및 자동이송시스템을 발전시켜 비교적 작은 가공cell들을 system engineering에 의하여 연결시키는 방향으로 연구가 진행되고 있다. FMS의 목적은 다종중소량의 가공대상을 높은 효율로 생산하는 경제효과 확보, 생산품종과 생산규모에 대응하는 적합한 시스템을 용이하게 조직하는 유연성, 연속적 무인운전을 가능하도록 하는 신뢰성확보이고 이러한 기준을 만족시킬 수 있는 시스템으로 그림 9와 같은 가공cell 방

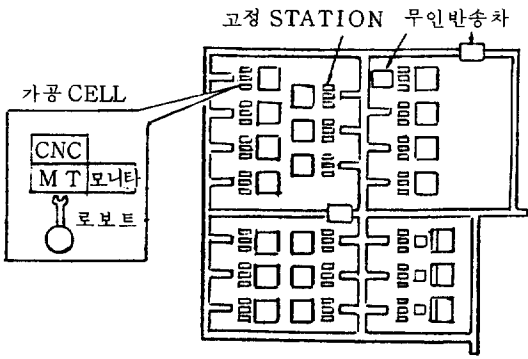


그림 9. 가공 cell 을 기본으로 하는 FMS

제가 될 전망이다.

또한 각종 monitor 및 sensor 의 발달과 더불어 궁극적인 목표는, 소재투입에서 가공, 최종조립, 저장에 이르기 까지 완전무인화된 FMS 공장을 이룩하는데 있다.

7. 결 어

우리나라와 같이 시장이 협소한데 비하여 수요자의 요구가 다양한 제품을 생산하여야 하는 기계공업체에서는 NC 공작기계와 로봇으로 이루어진 가공 cell로 구성된 FMS 시스템이 적합하다. FMS 를 구성하는 hard ware 중에서 NC 공작기계는 국내의 수개 maker에서 비교적 양질의 제품을 생산하고 있으나 산업용 로봇은 도입효과에 대한 확신이 불분명한데다, 자동화를 위한 신규 혹은 시설 개조 투자의 경제적 여유가 충분치 못하고 아직은 인건비가 비교적 낮은 편이기 때문에 내수시장이 형성되지 않아 현재의 기술개발 수준은 초보적인 단계에 지나지 않고 있다. 운영에 있어서 가장 중요한 software

식이 이상적이다. 이 FMS 는 가공 cell , 즉 기계 가공의 기본 시스템 구성단위를 필요한 종류와 수만큼 배치하고 각 가공 cell 은 NC 공작기계와 로봇 등의 가공물 교환장치와 고장검출을 위한 monitor 로 이루어져 있다. (그림 10)

control hardware 는 충분한 신뢰성을 가진 것들이 이미 개발 사용되고 있어 앞으로는 제어용 software 와 기계적 hardware 의 발달이 중요한 과

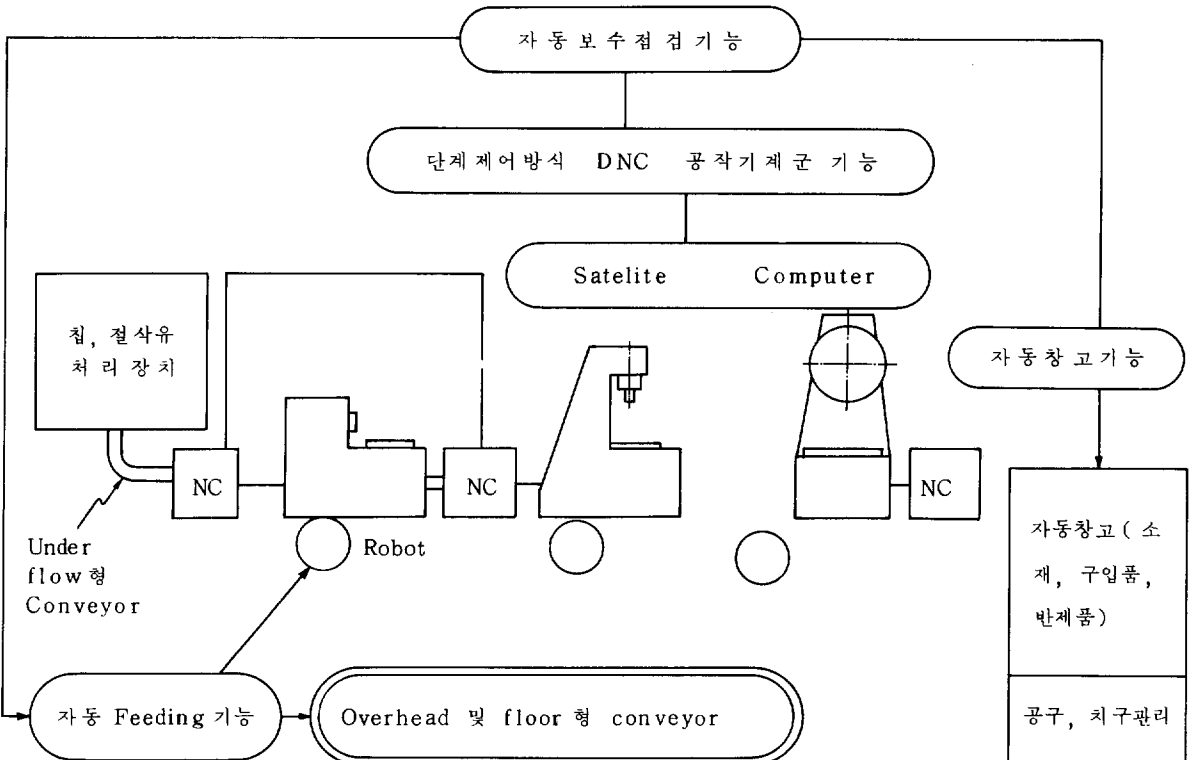


그림 10. 가공 cell 과 구비기능

는 기본적으로 사용자의 목표에 따라 결정되어야 하므로 거의 확실성이 없고 기존의 것이 공표되는 예도 전혀 없어 경우에 따라 최적의 형태를 자체 설계해야 하는 시스템 engineering의 know how 라고 볼 수 있다. 또한 각종 sensor, monitor 등의 전기적 hardware와 이들의 기계계와의 interface technique 개발 등 실질적인 FMS 구성을 위한 기술축적이 아직은 미흡한 상태이다. 그러나 점차 자동화를 위한 기업체질, 개선이 인식되고 생산구조 및 시스템을 개조할 의사가 성숙되고 있으며 mechatronics, CAD/CAM 등의 연구 개발에 국가적 관심이 고조됨에 따라 국내에서도 향후 점진적 발전이 예견된다.

참 고 문 헌

1) "Surveys on Robot population and Tr-

end", Robotics Today, Feb. 1982
 2) H. J. Warneke; "Industrial Robot-Application Experience" IFS Publication Ltd.
 3) "무인화 생산공장 system", 경영시스템 연구소
 4) 吉田嘉太郎; "FMS의 현상과 금후의 과제" 기계기술 30권 1호
 5) 小島利夫; "가공 cell을 기본으로 하는 FMS", 기계기술 29권 11호
 6) S. K. Che; "Automated Production Equipment and FMS", PEI Tech Report
 7) "Mechatronics 종합 기술개발에 관한 연구-다기능 산업용 로봇 개발을 중심으로", KAIST 연구 보고서
 8) "생산 시스템의 향상과 산업 로봇의 응용", 한독공동워크 proceeding