

교육 및 연구용 FMS의 개발현황보고

- 개념설계 및 Layout(상세설계) -

편 영 식: 선문대학교 기계과

*주 장 용: 중앙정밀(주)

국제경쟁력 향상을 위한 주요체택전략으로 유연자동화제조시스템의 보급이 급격히 확대되고 있다. 그러나 시스템의 개발·제작과 운영을 담당할 기술자, 기술관리자 및 고급기능인의 확보가 진세되지 않는한 성공적인 투자를 기대할 수가 없다. 본 논문에서는 이러한 담당자 3성시 필수과정인 연구개발실험 및 운영실습에 사용된 직정한 유연자동화제조시스템의 개발과정 중 일부인 개념설계 및 Layout내용을 정리하여 보고한다. 기본적으로 직접비용으로 일반산업용과 동일한 기능(Hardware는 경전사산업용, 소프트웨어는 일반산업용)을 갖춘 시스템으로서 실험 및 실습에 들어가는 비용도 최소화할 수 있도록 설계한다. 또한 System Controller는 시스템 성능향상과 무인가동시간확정에 필요한 소프트웨어(공구상대감시, 자동추정 및 보정, Dynamic Scheduling등)의 개발과 실험이 용이하도록 구성하고, 산학연 공동연구체제를 구축하여 지속적인 개발이 가능케 한다. 필요시 모든 Source Program도 공개할 예정이다.

제 1 장: 연구개발의 배경 및 목적

제조업의 경쟁력 향상에 가장 중요한 요소중의 하나인 제조시스템의 유연성 향상을 위해 설치된 주요 선진국의 800여 유연자동화 제조시스템(FMS)의 운영실태를 조사하여 연구한 결과를 살펴보면 현재 까지 성공적으로 운영하고 있고 따라서 도입이 확산되리라 예측되는 FMS의 용도 또는 종류는 다음과 같다. 첫째로 양산용의 Fixed Type Transfer Line을 대체하는 FTL(Flexible Transfer Line)이고, 둘째로는 소형 맷집생산용의 반자동화라인을 대체하는 FMC(Flexible Manufacturing Cell)이다[Ranta 90, Pyoun 94a, MacCarthy 93]. 이러한 추세는 일본의 최근 5년간

(1988-1992) 28,000셋을 넘어서는 FMC생산실적이 잘 나타나고 있고, 특히 중소기업으로의 보급률이 급격히 증가하고 있다[矢野經濟研究所 93]. 양산용의 대표적인 자동차 제조라인의 경우는 선진국뿐 아니라 우리나라의 경우도 신규설비인 경우는 FTL의 보급이 대부분이다[Pyoun 94b].

이러한 추세에 맞춰 우리 나라의 주요공작기계 업체들도 FMC와 FTL의 수입대체를 위해 거의 전문사업팀을 구성해 나가고 있고[공작기계협회], 이 분야의 생산도 별도의 통계는 없으나 급격히 증가해 나가고 있다. 더욱이 국가의 선도기술사업 과제의 하나로 국산화 개발중인 FMS가 설치운영된 1996년도를 전후하여 이 확산추세는 가속화 될 것이다.

이러한 유연자동화제조시스템의 도입에 있어서 해결해야 할 가장 중요한 문제중의 하나는 운영을 담당할 적정 기술수준을 갖춘 요원의 교육과 확보이다[Pyoun 93]. 그러나 이러한 요원의 교육에 일차적 책임을 지고 있는 교육 및 연구기관의 유연자동화제조시스템 설치현황을 보게 되면 연구 및 교육용으로 대학이상의 기관에서 2개 라인과 대하미만(직업훈련원)에서 1개 라인을 보유하고 있을 뿐이다. 이렇게 산업체의 설비투자추세와 개발 및 양산화 준비에 비해 상대적으로 빈약한 연구 및 교육용 설비투자의 근본원인은 고가비용이고, 부수적인 원인중의 하나는 적절한 시스템을 공급할 국내제조업체가 없었다는 것으로 생각하였다. 이를 해결할 수 있는 기본개발방안을 얻기 위해 관련산업체, 대학이상의 연구교육기관 및 대하미만의 교육기관들의 관련자와 2년여에 걸친 수많은 협의과정을 거쳐왔다. 이를 통해 구해진 개발구상도를 다시 관련자들에게 제시한바 큰 호응을 받아 이를 구체화시키 개발키로 결정하고 구체적인 개념설계와 상세설계를 진행해오고 있다. 본 논문에서 이러한 개발

현황중 일부를 정리하여 보고하고자 한다.

제 2 장: 개념설계

2-1. 개발목표 설정

이제까지 우리 나라에서 연구 및 교육용으로 설치된 FMS는 산업용을 축소한 시스템이었다. 그러나 가격문제로 보급의 제한이 불가피하였을 뿐 아니라 시스템구성 소프트웨어의 Source Program의 확보가 어려워 교육용으로 뿐 아니라 연구용인 경우는 더욱 불편하였다. 또한 설치한 기관에서도 비싼 실험실습경비와 유지비로 원활한 운용이 어려웠다. 이러한 고가비용문제를 해결하기 위해 일부국가에서 순수교육용으로 제작된 소형 PC Base 공작기계를 이용하여 구축한 FMS를 개발하였으나 이는 기존의 PC Base공작기계에서 나타났던 것과 마찬가지로 너무 실제 산업용과의 상사성이 적어 교육효과가 의문시되고있다. 또한 국내제조업체가 없어 가격도 만만치 않을 뿐 아니라, 시스템구성 소프트웨어의 Source Program 확보가 어려운 것으로 생각되었다.

그러므로 본 개발의 목표를 기본적으로 연구와 교육의 양면을 달성할 수 있을 뿐 아니라 경직사의 산업용으로도 사용이 가능한 시스템에 두었다. 또한 가격은 기존의 산업용 FMS를 축소한 시스템보다는 아주 낮으면서도 모든 기능은 산업용에서 사용되고 있는 기능을 포함시키는 FMS를 개발하려 한다. 특히 연구와 교육의 목적을 함께 갖고 있는 기관에는 본 시스템 구성에 사용된 소프트웨어의 Source Program을 공개하고(적절한 보안용 계약절차에 따라) 공동연구개발을 수행할 수 있는 산학연 협력시스템도 구축하려고 한다. 물론 연구 및 교육에 필요한 Software 뿐 아니라 Hardware부분의 추가 또는 변경도 100% 지원하려 하고 있다.

2-2. 구성설비사양 설계 및 선정

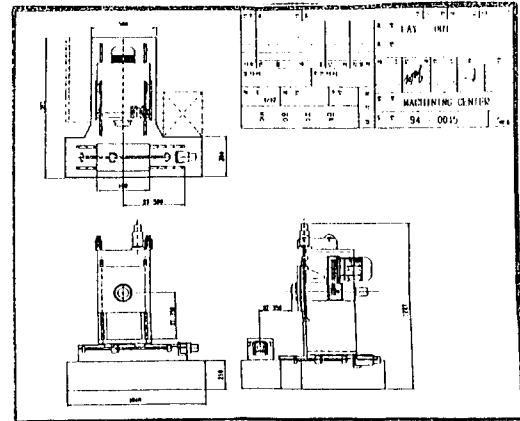
1) 공작기계 설계

제 2-1항의 목표에 맞도록 구성설비중 수직형 및 수평형 Machining Center는 기본적으로 산업용에서 설계 제작하고 있다. CNC 선반의 경우도 같은 개념으로 설계 제작되고 있다. 물론 이들 사양은 산업체를

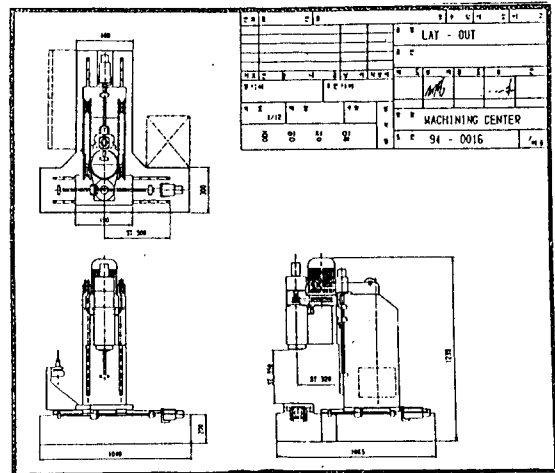
위한 교육훈련용으로 100% 사용가능한 뿐 아니라 기능경기대회에서도 사용할 수 있도록 설계 제작하고 있다. 이들의 설계사양과 Layout은 다음과 같다.

[표 1] 수평형 & 수직형Machining Center의 사양

항 목	내 역	수평형 사양	수직형 사양
Capacity	X*Y*Z(mm)	400*200*200	
Head Stock	Spindle Speed	3000 r.p.m	
	Spindle Motor	0.75KW/1.2KW	
Table	Table Size	400mm*200mm	
	T-Slot Size	16mm	
	T-Slot Distance	100mm	
A.T.C	Tool Size	BT 30	
	Tool No	6	
Stroke	X*Y*Z(mm)	500*350*300	500*320*300
Servo Motor 소비전력	각축(X,Y,Z) 공압	300W 1.6KW/2.0KW 5KG	



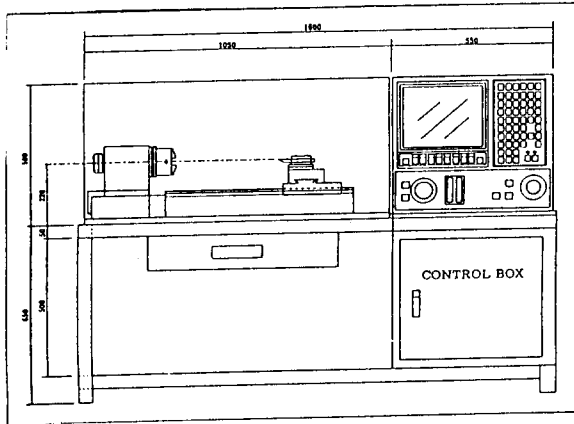
<그림 1-1> 수평형 Machining Center의 Layout



<그림 1-1> 수직형 Machining Center의 Layout

[표 2] CNC 선반의 세부사양

항목	내역	사양
Capacity	Swing Over Bed	240mm
	Max. Turning Dia.	100mm
	STD. Turning Dia.	50mm
	STD. Turning Length	250mm
Main Spindle	Spindle Nose	FLANGE
	Taper of Hole	MT NO. 3
	Spindle Speed	MAX 4000 r.p.m
	Drive Motor	1.5 KW
Tool	No	3
	Tool Size	15 * 12 * 150
Stroke	X*Z(mm)	200 * 280
Servo Motor	각축(X,Z)	DC Servo 200W
Chuck	Size	4" 유압자동 Scroll Chuck
Door		Auto Door



<그림 2> CNC Lathe의 Layout

2) 운반장치의 선정

제 2-1항의 목표에 맞도록 구성 설비중 운반장치는 기본적으로 일반 산업용을 그대로 활용하여 시스템을 구성하고 있다. 일부 구성설비의 사양은 다음과 같다.

[표 3] AGV의 사양

항목	내역	사양	
본체	최대적재하중	30Kg	
	최대주행속도	전.후진 2.6Km/1r	
	최소회전반경	900mm(90도,180도 Spin Turn)	
	정기정도	±10mm 이내	
	차량부재	300Kg	
	동반능력	1/40 이내	
	Steering제어	2륜 속도차 방식	
	속도제어	FUM BRIDGE PWM 방식	
	안전장치		BUMPER 전후 2식
			비침착 장애물진지센서 전후2식
		비상정거 Button 2개	
이동장치부		Guide-Out Checker 내장	
		Push-Pum & Lift Type	
유도장비	진자기 유도 받침기		
무인차제어 P/C	486 PC		
통신 UNIT	무선모뎀 부착		
Remote Request Terminal(Optional)	창고내 재고물 자료검색 및 AGV 호출신호를 CPU에 전송		
LIFT 장치	최대적재하중	30Kg	
	정기정도	±10mm 이내	
	속도제어	FUM BRIDGE PWM 방식	

[표 4] Stacker Crane의 사양

항목	사양
최대하중	30Kg
RACK 높이	Max 5m
주행속도	4-100 m/min
승강속도	4-31.5 m/min
FORK 속도	4-20m/min 또는 4-31.5m/min
속도제어기	INVERTER (주행, 승강, FORK)

3) Robot의 설계 및 선정

제 2-1항의 목표에 맞도록 구성설비중 작업물 적재 및 조립용으로 활용된 6축 디관절 Robot는 기본적으로 산업용을 그대로 활용하여 시스템을 구성하고 있으며 양산용라인에 주로 채용되는 Gantry Type Robot도 일반산업용과 같이 설계·제작하고 있다. 각각의 사양은 다음과 같다.

[표 5] 6축 디관절 Robot의 사양

항목	사양	
동작형태	수직디관절형	
자유도	6	
가반중량	6Kg	
위치반복 정밀도	±0.1mm	
동작범위	S(TURNING)	340
	L(LOWER ARM)	240
	U(UPPER ARM)	270
	R(ROLL)	360
	B(PITCH,YAW)	270
	T(TWIST)	400

[표 6] Gantry Type Robot의 사양

항목	사양	
최대높이	3.5 M 이하	
좌우이송거리	15 M 이내	
상하이송거리	1 M 이내	
위치공차	0.2 mm/M	
CLAMP FINGER	선반용	φ (K)
	MC용	200×200×15 PALLET 용
SERVO MOTOR	상하	1Kw
	좌우	

4) 기타부문 설계

제2-1항의 목표에 맞도록 구성설비중 Stoker System(또는 자동창고의 Rack), Set-up Station, Cutting Tool Measuring Station, Washing Station등은 기본적으로 일반 산업용과 같이 설계·제작하여 시스템을 구성하고 있다. 이중 Cutting Tool Measuring Station은 일반 공작기계용의 Tool Presetting Machine을 그대로 사용할 예정이다.

2-3. 소프트웨어의 구성

본 FMS의 개발용도 즉, 산업체에서 FMS를 효율적으로 운영(Operation)할 수 있는 기술 및 관리기능을 갖춘 운영요원이나 FMS의 제조 및 공급업체에서 시스템의 조립 및 설치시운전과 사후 A/S를 담당할 요원을 교육훈련시키는 도구(시스템)로서 사용하는 목적과 FMS를 보다 더 효율적으로 설계 및 제작하는 연구개발능력을 갖춘 기술자를 훈련시키는 도구(시스템)로서 사용하는 목적에 맞도록 시스템의 구성과 운영에 필요한 소프트웨어를 구성해 나간다. 특히 시스템 성능향상에 중요한 요소인 Dynamic Scheduling이 가능한 생산관리소프트웨어의 개발과 무인가동시간의 지속적 확장을 위해 필요한 공구수명예측, 가공정밀도 측정 및 자동보정등의 소프트웨어들을 개발하고 실현할 수 있는 시스템을 구성하고자 한다.

1) Cell Controller의 사양

연구 및 훈련용도 적합할 뿐 아니라 실제 산업용 FMS(C)에서도 사용하고 있는 동일한 기능을 갖춘 시스템을 사용한다. 교육용도 뿐일 경우에는 기본적으로 IBM PC와 OS2 를 채용하고 교육과 연구개발용일 경우에는 필요에 따라 Engineering Workstation을 채용한다. 이중 IBM PC와 OS2 를 사용할 경우의 기본사양은 다음의 [표 7]과 같다.

[표 7] IBM PC를 사용한 Cell Controller 사양

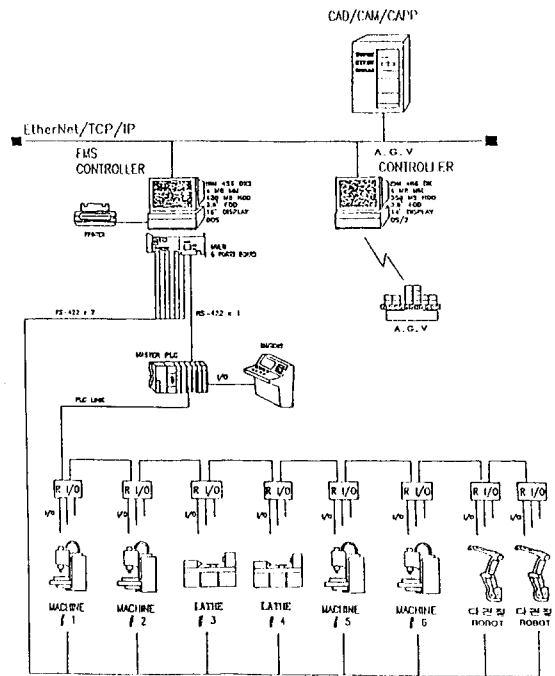
NO	항 목	사 양
1	CPU	180186DX2(66MHz)
2	MEMORY	16MB
3	FDD	3.5" & 5.25"
4	HDD	420MB
5	KEYBOARD	101 또는 103
6	MONITOR	19"
7	GRAPHIC INTERFACE	256 COLOR 1024×768
8	MULTI BOARD (INTELLIGENT)	INTERFACE RS-422A 8 PORTS 통신거리-최대 1 KM PROCESSOR-INTEL 80C186
9	LAN CARD	ETHERNET IEEE 802.3

2) CAD/CAM 및 공정설계기술

FMS의 운영을 위해 필수적으로 갖춰야 할 기술 중의 하나가 CAD/CAM의 활용과 공정설계기술이다. 이중 CAD시스템은 이미 보급되어 사용하고 있는 PC용의 CAD와의 연결이 가능하고, CAM인 경우도 이 용이하게 구성된다. 공정설계기술은 아직 CAPP(Computer Aided Process Planning)가 초보단계이므로 수작업으로 처리하도록 구성된다.

3) 시스템 구성도

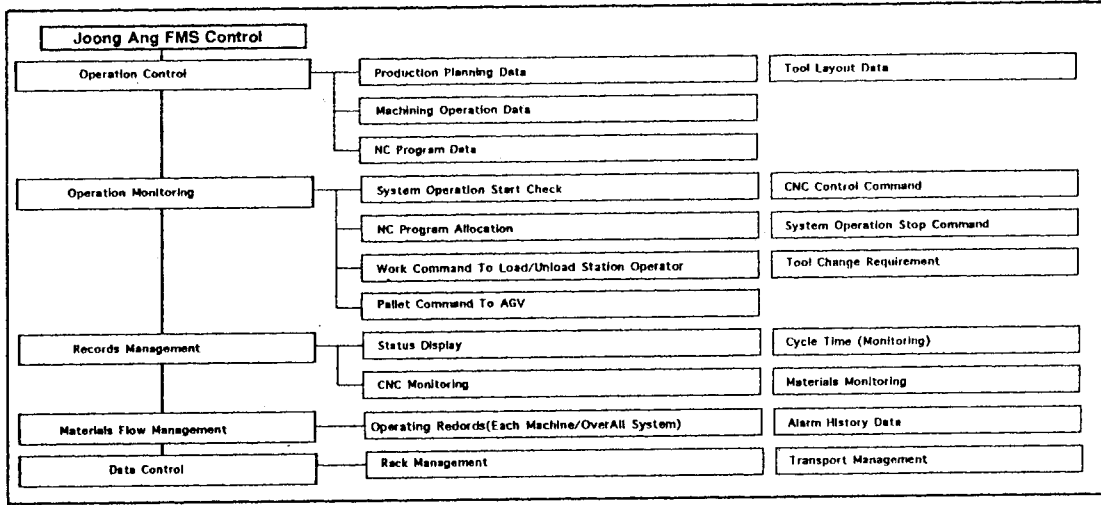
앞과 같은 Cell Controller와 각 구성설비간의 통신 시스템의 구성등을 포함한 전체적인 시스템구성도를 정리하면 다음 <그림 3>과 같다. IBM PC를 Cell Controller로 사용할 경우에는 LAN 통신을 위해 PC용 Server를 구축하여(Novell Net-Ware 사용예정) CAD/CAM 과 교육용 PC를 연결시키고, 각 구성설비와의 통신일 경우는 각 구성설비의 Controller에 부착된 RSC232 및 422를 PLC와 연결하여 사용할 예정이다.



<그림 3> 제어시스템 구성도

2-4. 운영소프트웨어의 설계

FMS를 보다 효율적으로 운영하는데 필요한 기술 및 관리기능과 시스템의 조립 및 설치시운전과 사후 A/S를 용이하게 하는데 필요한 기술 및 관리기능을 지원하는 소프트웨어를 일반산업용과 같이 <그림 4>과 같이 구성한다. 이 기능들을 구성하는 단위 소프트웨어는 가능한한 Modular Type으로 구성해 나가고 있다.



<그림 4> 운영소프트웨어의 주요기능과 구성

각 단위소프트웨어를 운영요원교육용으로 갖춰야 할 기능과 연구개발용 소프트웨어를 위한 시스템 구축으로 나누어 정리하면 다음과 같다. 본 개발에서는 가능한 많은 기능을 포함한 소프트웨어를 개발하려고 하나 아직까지는 역부족이라 현재 산업용에서 보편적으로 사용하고 있는 수준의 기능만을 설치하려고 한다. 그러나 이 시스템을 연구·교육용으로 설치할 기관과 지속적으로 산학연공동연구과제로 선정하여 기능을 개선해 나갈 예정이다.

1) 운영요원 교육용 소프트웨어가 갖춰야할 기능

1) 공정관련기술의 소프트웨어가 갖춰야할 기능

- (1) 주어진 원소재로부터 최종가공도면이 요구하는 제품을 해당 FMS의 구성기계를 사용(주로 CNC Lathes와 Machining Centers)하여 가공할 수 있도록 공정을 배분하는 능력(기능뿐 아니라 개관적인 Capacity Planning 까지 고려)
- (2) 기계별로 배정된 공정을 가공하는데 소요되는 절삭공구, 지그, 절삭조건설정, NC Programming등을 지원하는 능력
- (3) (2) 항에 따라 절삭공구의 교환주기결정 및 보정값 관리능력
- (4) (2) 항에 따라 Set-up Operation을 작성할 수 있는 능력

(5) 소재의 변동이 있을 경우 이를 처리할 수 있는 능력, 즉 Set-up값 변동율 포함한 (2)항을 자동으로 관리할 수 있는 능력

2) 측정 및 보정관련 기술의 소프트웨어가 갖춰야할 기능

- (1) 자동측정설비가 시스템내에 부착되어 있을 경우 이를 구동하는데 필요한 프로그램 및 직접 측정 공구 선정능력
- (2) (1)항의 경우나 자동측정설비가 시스템내에 부착되어 있지 않을 경우 가공제품을 외부측정기로 측정된 값을 이용하여 합격품이 생산될 수 있도록 프로그램, 절삭공구 및 지그를 보정하는 능력

3) 생산관리중 Scheduling 소프트웨어가 갖춰야할 기능

- (1) 공급된 Scheduling Software를 쉽고 효율적으로 이용할 수 있도록 유도하는 능력
- (2) 기대하지 않았던 상황이 발생하였을 경우 생산을 유연하게 지속할 수 있도록 조치할 수 있는 능력(불량, 기계고장, 소재 미공급등)
- (3) 새로운 제품의 도입, 생산혼합률 변경, 기존제품의 생산중단등의 기대치 않았던 상황이 발생하였을 경우 부분적인 Scheduling Software를 수정할 수 있는 능력(Source Program의 수정이 아니라 Data등 기본 입력자료등의 변경)

4) 보수용 용규조치능력지원 소프트웨어가 갖춰야할 기능

정상운전중 비정상적인 상태가 발생하였을 경우 이를 조치하고 용규조치를 하여 생산중단 상태를 최소화할 수 있도록 지원하는 능력

2) 연구개발용 소프트웨어를 위한 시스템 구축

연구개발의 측면에서 보게 되면 위의 운영요원 교육용에 추가하여 FMS의 성능평가 및 개선과 관련된 소프트웨어의 개발과 시험이 주된 기능이 된 것이다. 특히 일본의 FMS제조업체에서 중점적으로 개발해 나가고 있는 기능들을 개발하여 시험할 수 있도록 개방체제를 갖춰야할 것이다. 또한 관련 Source Program을 제공해 주어야 할 것이다.

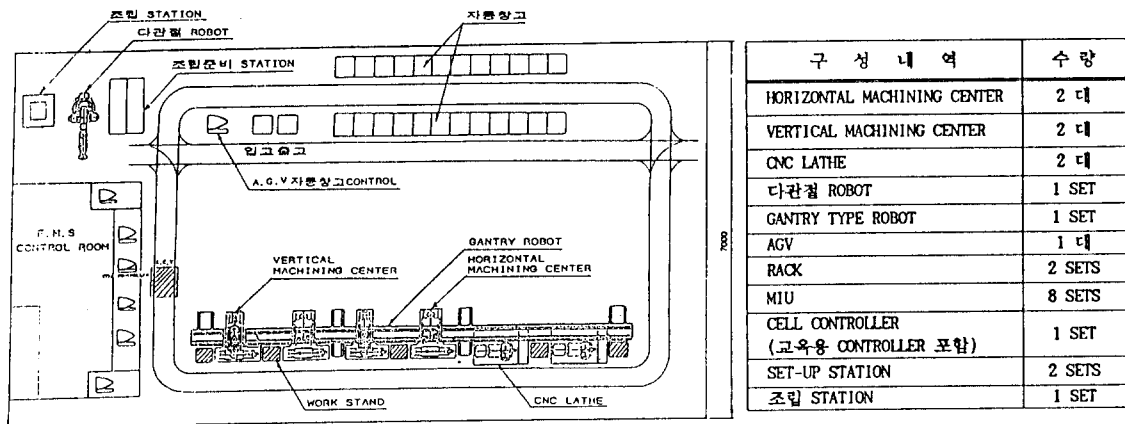
- 1) Real Time의 Dynamic Scheduling Software를 개발하여 시험할 수 있도록 개방 및 확장이 가능한 시스템을 구성해야 한다.
- 2) CIM Implementation에 필요한 측정자동화, CAPP와의 연결, 자동운전을 위한 센서의 실험동에 필요한 Software를 개발하여 시험할 수 있도록 개방 및 확장이 가능한 시스템을 구성해야 한다.
- 3) 공구마모 및 수명감시, 공구파손예지, 작업물의 Inprocess 표면기질기 및 치수정밀도 측정과 자동보정, 지그의 상태불량검출, 칩동 자동제기, 진동동 동적상태에 따른 적응제어, 기계고장시 공구 및 작업물

피해없이 급정지시키는 기술, 고장수정후 주변기기도 위상대로 자동복구시키는 기술등을 처리하는 Hardware와 Software를 개발하여 시험할 수 있도록 개방 및 확장이 가능한 시스템을 구성해야 한다 [Pyoun 94c, 矢野經濟研究所 93].

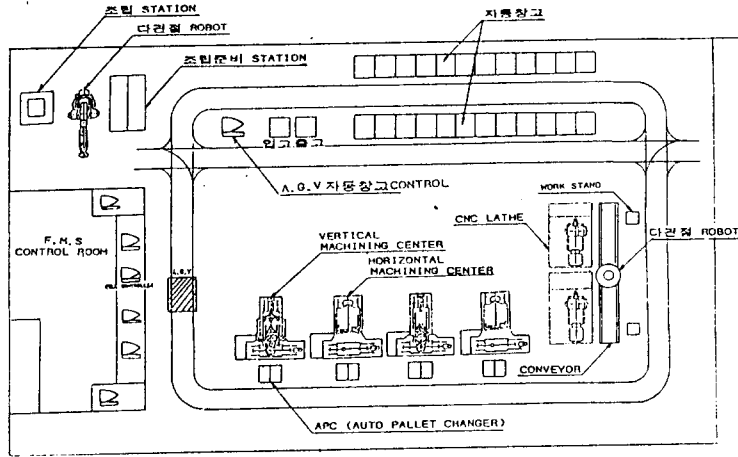
제 3 장: 세부설계 Layout (사례중심의 소개)

제 2 장에서 논한바와 같은 연구와 교육의 양면의 목적을 달성할 수 있을 뿐아니라 경정사의 산업용으로 사용이 가능한 FMS의 개념설계를 구체적으로 실현시킬 수 있는 Layout를 다음과 같이 양산용과 다품종소량용으로 구분하여 상세설계를 진행중에 있다. 이중 제작이 진행되고 있는 양산용 FMS Layout 및 사양 (<그림 5>)과 다품종소량용 FMS Layout 및 사양 (<그림 6>)을 다음과 같이 하나씩 소개한다.

기본적으로 구성설비의 확장과 축소가 용이하도록 Hardware와 System Control Software를 설계·제작하고 있다.



<그림 5> 양산용 FMS Layout 및 사양



구 성 내 역	수 량
HORIZONTAL MACHINING CENTER	2 대
VERTICAL MACHINING CENTER	2 대
CNC LATHE	2 대
다관절 ROBOT	1 SET
조립용 ROBOT	1 SET
AGV	1 대
RACK(STACKER CRANE OPTION)	2 SETS
MIU	8 SETS
CELL CONTROLLER (교육용 CONTROLLER 포함)	1 SET
SET-UP STATION	2 SETS
조립 STATION	1 SET

<그림 6> 다품종소량용 FMS Layout 및 사양

제 4 장: 결어

7년여 진부터 진행되고 있는 일본의 폭발적인 유연 자동화제조시스템의 보급과 같이 우리 나라도 이 시스템의 실적이 급격히 증대해 나가고 있다. 우리 나라 제조업의 국제경쟁력 강화를 위해서는 보다 효율적인 유연자동화제조시스템의 공급과 운영이 가장 중요한 요소가 된 것이다.

이러한 시스템의 개발 및 제조와 운영을 담당할 고급기술자, 기술관리자 및 고급기능인 양성에 필수요소인 시스템 운영실습 및 연구개발실험에 사용될 수 있는 유연자동화제조시스템을 다음과 같은 관점에서 개발해 나가고 있다.

1] 적정규모의 비용으로 일반산업용과 동일한 기능(Hardware는 경질삭 산업용, 소프트웨어는 일반 산업용)을 갖춘 시스템을 개발한다.

2] 기본시스템만을 1차년도에 설치한후 2-3차년도에 확장이 용이한 시스템을 개발한다.

3] 운영실습 및 연구개발 실험에 들어가는 비용을 최소화하는 시스템을 개발한다.

4] System Controller는 시스템 성능향상과 무인가동 시간확장에 필요한 소프트웨어(공구상태감시, 자동측정 및 보정, Dynamic Scheduling등)의 개발과 실험이 용이하도록 개발한다.

5] System Controller 구성 소프트웨어 및 운영소프트웨어는 산학인 공동체제를 구축하여 지속적인 개발

이 가능하도록 하고 필요에 따라 모든 Source Program은 공개하는 개발체제를 구축한다.

많은 어려움속에서 개발을 추진하고 있지만 95년 춘계학술대회때까지는 최종개발결과를 보고할 수 있도록 추진해 나가고 있다.

<참고문헌>

- [공작기계협회], 공작기계협회, "공작기계", 제46호~제57호, 93년 1월호~94년 9월호.
- [MacCarthy 93] MacCarthy B. L. and J. Y. Liu, "A new classification scheme for flexible manufacturing systems" Int. J. Prod. Res., Vol. 31, No. 2, 1993, PP. 299-309
- [Pyoum 93] 편영식, 최병규, "자동화 제조시스템의 유연성에 대한 실증적인구", 대한산업공학회 '93추계학술발표회 논문집, 1993, pp.431-440
- [Pyoum 94a] Pyoum, Y. S. and B. K. Choi, "A method of quantifying the flexibility value in automated manufacturing systems", Journal of Manufacturing System, No. 2 of Vol. 13, 1994, PP.108-118.
- [Pyoum 94b] 편영식, 최병규, "자동화 제조시스템의 유연성 평가방법", 한국정밀공학회지 제11권 제1호, 1994, pp.32-43
- [Pyoum 94c] 편영식, "시스템 평가요소 및 운용모형 개발", G7 위탁과제 1차년도보고서, 1994년 10월, 위탁개발기관: 선문대학교, 주관기관: 생산기술연구원(상공부)
- [Ranta 90] Ranta, J. and I. Tchijov, "Economics and success factors of FMS: the conventional explanation revisited", The International Journal of FMS., 2, 1990, PP. 169-190
- [矢野經濟研究所 93] 矢野經濟研究所, "FMC 市場の展望と戦略 - 1992年版", 矢野經濟研究所, 1993