



MAP 対応 FA 시스템에의 Expert 시스템의 活用に 대하여

概要

作業物(Work)을 機械에 裝入出, 加工에 필요한 工具類의 공급 등이 完全 自動化 된 기존의 射出成型機 Series를 제조하는 FA System은, MAP 대응의 FA System 으로 개량되었다. 이 論文은, MAP対応 새 FA 시스템의 MAP에서, 분산·통괄의 역할을 하도록 開發된 Cell controller의 情報管理機能 가운데 하나의 응용으로서 제조공정을 自動적으로 Scheduling하는데 Expert 시스템(專門家시스템)을 적용한 idea를 소개하는 것이다. 이 idea의 적용으로 인하여 製造工程의 scheduling작업은 종래의 週單位로 부터 一日單位의 作業으로 처리가 가능해졌고, 또, 工具壽命管理機能의 附加로 無人運轉時의 機械의 加工率도 종래보다도 높일 수가 있었다.

日本·FANUC(株) 生産技術研究所

工學博士 李 奉 珍

1. 序 言

最近, FA의 급속한 발전과 더불어, 工場에서의 生産설비뿐만이 아니라, 設計作業과 生産管理를 포함해서 보다 유연성에 미친 자동화, 統合化를 지향하여, 종래의 FA System을 전반에 걸쳐서 전체적인 Review가 진전되고 있다.

機械加工分野에서 發展해온 FMS(Flexible Manufacturing System)은, 각종의 産業用로봇을 비롯 FA 機器의 발전에 따라 그 적용범위도 확대되고 있다. 더구나, 근년에 이르러 通信技術의 급속한 발전으로 인한 工場内の 通信network, LAN의 도입은, 情報交換에 있어서의 結合을 可能케하였다. 이와같이 生産技術, 정보통신간의 技術의 進歩는 工場의 자동화모습을 새로운 것으로 탈피케하여, FA化, 또는 CIM(Computer Integrated Manufacturing)의 實現을 추진하는 原動으로 되어 있다.

특히, 오늘날과 같이 不確定要素가 많은 경제적인 환경에 있어서는 多品種少量 또는, 市場의 동향, 수요자의 주문에 응할 수 있는 生産體制가 強力히 要求되고 있다. 따라서, 오늘날까지 加工, 組立, 검사공정별로 형성되었던 FMS는 統括된 FA로 發展되어야 할 必要性이 대두되게 되었다. 그러나, 이와같은 統括된 FA의 실현에 있어서는 해결하여야 될 문제가 많다. 그중 가장 큰 문제는 工程別로 FMS화된 自動化群을 統括하는 것으로서, 특히 FA化에 있어서 FA 機器의 仕様上의 이유로 異種의 機器가 채용된 경우는 문제를 더욱 어렵게 한다. 異種機器의 결합은 매우 번거로운 문제로서, 異種 FA 機器를 연결하는 수단과 CIM을 실현하는 발판으로서 MAP(Manufacturing Automation Protocol)이라는 개념이 1980 이來 등장하기에 이르렀다.

금번 日本 FANUC(株)에서는, MAP의 概念을 구체적으로 射出成型機(Autoshot) Series

製造用, 종래의 FA System 에 적용하여 새로운 FA System 을 完成시켰다. 複數個의 Machining Center (MC) 를 MAP 대응용으로 Retrobit 하고, 이들 複數個의 MC 와 반송계의 제어기능을 겸비하겠금 開發된 cell controller (System F-Model D) 에 의해 분산통괄제어를 實現한 것이다. 그리고, Cell Controller 의 정보관리기능 가운데, CNC 공작기계군의 관리감시기능의 실제적인 응용과 활용으로서 Automatic Process Scheduling 法을 고안해 냈고, 기계상의 Work 체류기간을 최대한으로 하여 加工效率를 높이기 위하여 Automatic Process Scheduling⁸⁻⁹⁾ 과 연동되어 공구수명이 管理되고 기계조작전에 工具壽命이 Checking 되는

工具壽命管理시스템 이 고안되어 있다.

이 論文은, MAP 對應 FA System 의 構成과 그 분산통괄제어장치용으로 개발된 Cell Controller 의 活用の 하나로서, FANUC 연구소에서 考案한 Expert System 을 Base 로한 Automatic Process Scheduling* 과 그와 連動해서 工具壽命을 檢索하고 관리하겠금 고안된 자동공구수명관리시스템* 을 소개하는 것이다.

2. MAP 對應 FA System 의 構成

Fig.1 은 FANUC (株) 가 금번 完成한 사출성형기 (AUTOSHOT) Series 製造用 産業機械工場의 MAP 對應 FMS 의 Hardware 構成이

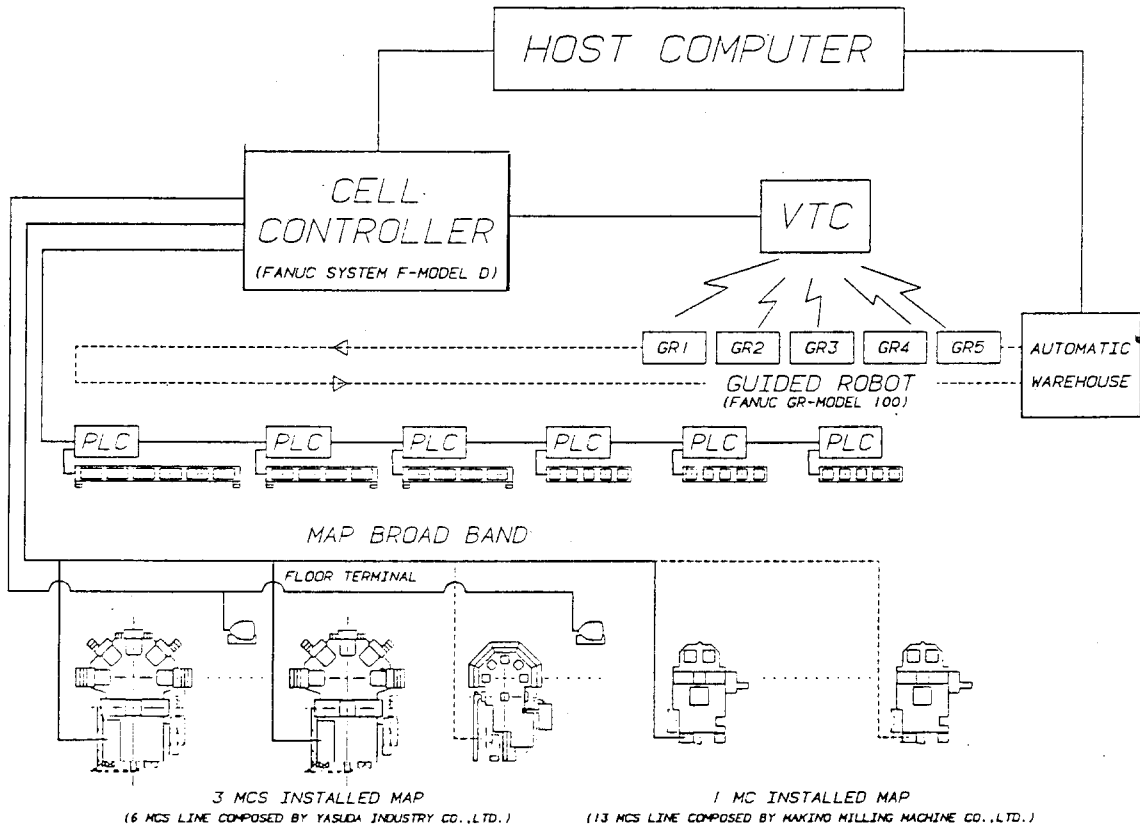


Fig. 1 Injection Molding Machine Factory MAP based Hardware Configuration

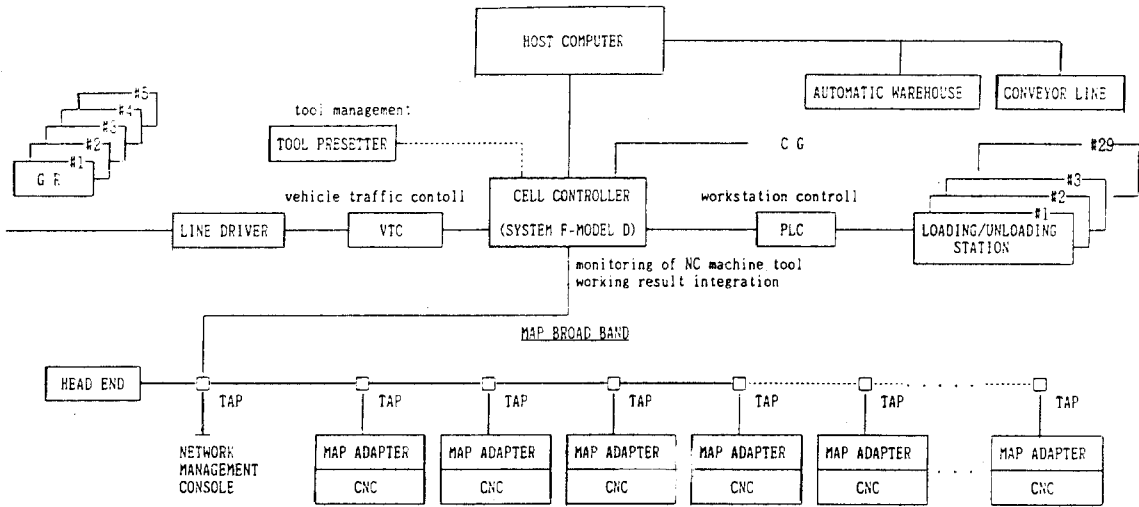


Fig. 2 Control Network Architecture of Injection Molding Machine Factory

다. MAP 對應用으로 Retrobit된 CNC 裝置가 달린 異種의 MC 4臺가 Cell Controller 를 介在시켜서 Hardware 를 構成하고 있는 것이 특징이다.

Fig.2는, FMS의 제어구성을 나타내고 있다. MAP Adapter가 달린 CNC 장치가 T-TAP을 介在시켜 Broad Band Network 와 이어져 있다. 각 MC는 Cell Controller 에 의해 集中管理制御되고 있다.

Table 1 MAP General Specification and Terms

Transmission Path	Bus Type	Directional Bus with Active Head-end Remodulator
Modulate Method	Broad Band(AM/PSK)	
Access Method	Token Passing	
Transmission Speed	10 Mbps	
Transmission Medium	CATV 75Ω Coaxial Cable	

GR	Guided Robot
VTC	Vehicle Traffic Controller
PLC	Programable Logic Controller
CG	Color Graphic Display
HEAD END	Head End Remodulator

MAP Network Specification

Channel	Frequency(MHz)	
	UP	DOWN
1	59.75 ~ 71.75	252 ~ 264
2	71.75 ~ 83.75	264 ~ 276
3	83.75 ~ 89.75	276 ~ 282

傳送路에는, Bus Type(active Head-end remodulator를 가진 方向性 Bus)가 사용되고 있다. MAP 接續에 있어서의 物理層은 MAP Standard(Version 2.1) IEEE802.4가 적용되고 있다.

예를들면, 變調方式은, 廣帶域 (=9 miles)를 감당할 수 있고, 더구나 one backbone cable로 많은 Service.share(data ;

Host/Host, terminals/pcs Factory Coord, Program Loading, Video Voice etc.)가 가능하며, 이미 CATV로 충분히 信賴性이 인정되고 있는 Broad Band 方式, 특히, 工場의 환경, 雜音性和 data 傳送速度의 效率를 배려하여, AM/PSK(Amplitude modulation/Phase shift keying) 方式이 선택되었다.

Acess 方式으로는, data 送信에 있어서 확실성이 높고, 또한 up Load/Down Load와 制御가 同時에 행해져, 현재 network 用으로 가장 많이 使用되고 있는 Ioken Passing 方式, 高速傳送으로서 10MKPS의 傳送 Media 를 선택하는등, 주로 IEEE802.4 의 規格에 따랐다.

傳送用周波數는 오늘날과 같이 1 Block FMS의 경제적인 效率를 배려해서, Broad Band의 Muti Band 모두의 使用을 지양하여, Single Channel, up 83.75~95.75 MHZ, Down 276~288MHZ가 採用되고 있다.

이상과 같이 특성화된 物理層에 TAP을 介在시켜 異種MC4臺가 MAP의 Broad Band에 接續되어 있다.

3. Automatic Process Scheduling Based on Expert System¹⁻⁶⁾

Process Shecduling 方法으로 잘 알려진 것으로, Scheduling Simulation 方法이 있다. 이것은 Priority Rule 또는 Dispatching Rule 을 적용한 것이지만, 구체적으로는 Static/Dynamic Scheduling Enumeration Method, Qualytical Method, Branch and Bound Method 등이 그 代表的인 것이라고 하겠다. 그 어느 것이나 2~3臺의 工作機械를 對象으로 하고 있는 것으로서, 理論的으로는 展開되고 있으나, 실제 現場에서의 활용은 별개의 문제로 실용성

에 問題點이 많다.

最近, 工程設計用으로 ES(Expert System)를 利用한 論文이 나오기 시작한것 같다. 그러나 그 어느 것이나 實用化에 있어서는 아직 檢索段階에 머물러 있는 것이 現況이라고 하겠다. 금번 FANUC(機)에서는 ES에 Based 한 Automatic Process Scheduling 을 考案해내었다. Fig.3의 Algorithm에서 보는 바와 같이 工程設計에 必要한 製品情報, 組立情報, 設備情報서부터 가공순서, 加工機械의 種類와 數, 가공용공구의 종류와 數, 治具, Fixture, 가동조건등의 모든 것을 설정하고, 각종 機械別의 가공공정의 計劃이 Unit Pattern 化되어 있다. Unit Pattern 은 전문가의 경험적인것중 Optimum 한 Process scheduling 을 기초로 File化하여 Pattern 化(unit Matrix化)한 것으로서, 이 file를 on line으로 利用하므로서 당일의

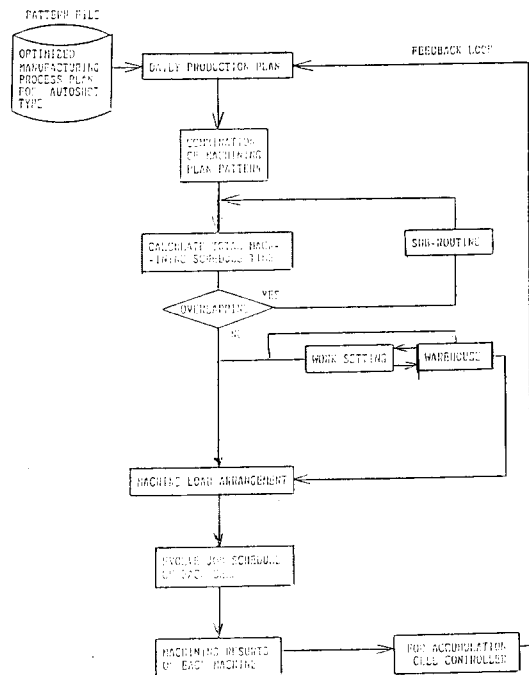


Fig. 3 Daily Manufacturing Process Schedule Algorithm

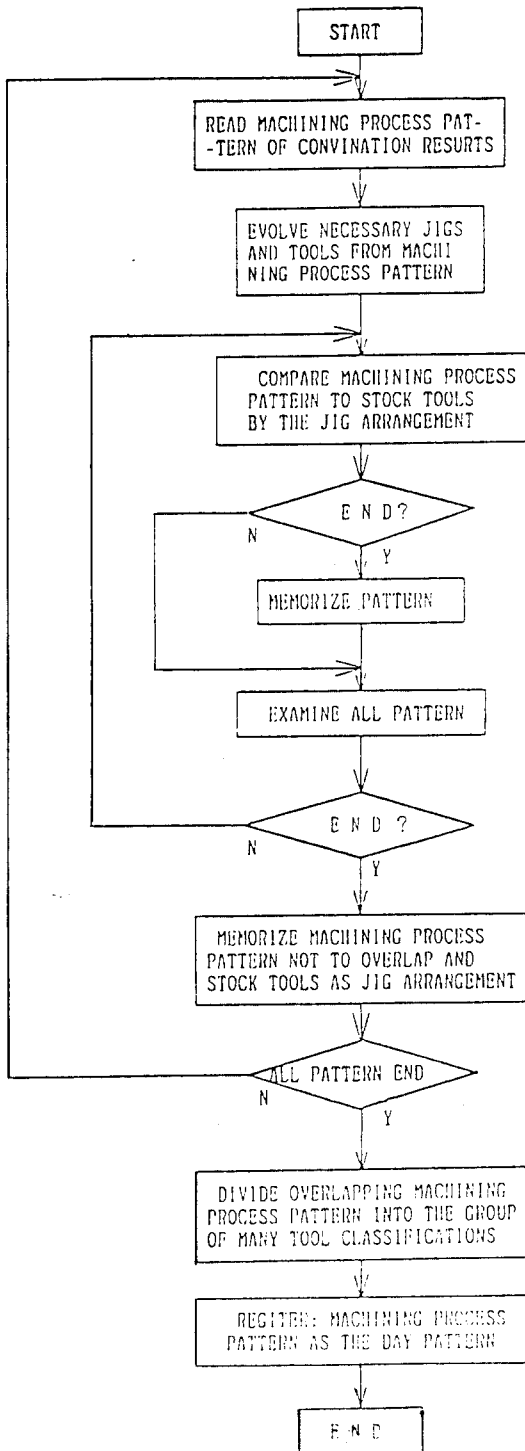


Fig. 3-1 Sub-Routine (Sub-Algorithm)

수요에 應한 Process Scheduling이 Fig. 3-1 Suf-routine의 Algorithm에 의해, Unit Pattern을 組合하여 目的하는 當日生産을 豫定하는 機種別 數量의 製造工程이 自動的으로 작성되겠금 되어 있다. 즉, 基本 Pattern으로 준비된 Unit Matrix에 入力 (機種別生産臺數) Vector가 결정되면, Matrix 計算으로 當日의 Process Scheduling이 組合되겠금 되어 있다.

Table 2 Pattern Selection & Machine Scheduling

		PATTERN SELECTION						
SEQ	PATTERN	MATE	30D	50	75	100	150	300
1	JIS-MATE-1	1	0	0	0	0	0	0
2	JIS-30D-1	0	1	0	0	0	0	0
3	JIS-50-1	0	0	1	0	0	0	0
4	JIS-75-1	0	0	0	1	0	0	0
5	JIS-100-1	0	0	0	0	1	0	0
6	JIS-150-1	0	0	0	0	0	1	0
7	JIS-300-1	0	0	0	0	0	0	1

MACHINING SCHEDULE										
CELL No.	K24	PATTERN--	JIS-1123321							
JOB	PN	JIG	SPEC	NAME	PRG No.	PROCESS	RQ	FO	DATE	REMARK
1	1	860601	204-001	ST. PLATEN JIS	3100	00-01	1	0	870601	
2			204-003	RE. PLATEN	2100	00-01	1	0	870601	
3			204-005	BINARY LINK 2	5350	00-01	2	0	870601	SETUP 2
4	2	860602	204-001	ST. PLATEN JIS	3200	01-02	1	0	870601	
5			204-003	RE. PLATEN	2200	01-02	1	0	870601	
6			204-007	CROSS H LINK	5700	00-01	4	0	870601	
7	3	860603	204-001	ST. PLATEN JIS	3300	02-98	1	0	870601	
8			204-003	RE. PLATEN	2300	02-98	1	0	870601	
9			204-006	BINARY LINK 3	5500	00-01	4	0	870601	
10	4	860604	204-002	MV. PLATEN JIS	1100	00-01	1	0	870601	
11			204-006	BINARY LINK 3	5600	01-98	4	0	870601	
12			204-005	BINARY LINK 2	5400	01-98	4	0	870601	
13	5	860605	204-007	CROSS H LINK	5800	01-98	4	0	870601	
14			204-002	MV. PLATEN JIS	1200	01-02	1	0	870601	
15			204-002	MV. PLATEN JIS	1300	02-98	1	0	870601	

Table 3 Pattern Selection & Machine Scheduling

		PATTERN SELECTION						
SEQ	PATTERN	MATE	30D	50	75	100	150	300
16	CM-0111101	0	1	0	1	0	0	0
17	CM-0111110	0	1	1	1	1	1	0
18	CM-0011011	0	0	1	1	0	1	1
19	CM-0011101	0	0	1	1	1	1	0
20	CM-0011110	0	0	1	1	1	1	0
21	CM-1001011	1	0	0	1	0	1	1
22	CM-1001101	1	0	0	1	1	0	1
23	CM-1001110	1	0	0	1	1	1	0
24	CM-1100011	1	1	0	0	0	1	1
25	CM-1100101	1	1	0	0	1	0	1
26	EU-1100110	1	1	0	0	1	1	0
27	EU-1110001	1	1	1	0	0	1	0
28	EU-1110010	1	1	1	0	0	1	0
29	EU-1111001	1	1	1	1	0	0	1
30	EU-0111000	0	1	1	1	0	0	0

MACHINING SCHEDULE										
CELL No.	K26	PATTERN--	JIS-1123321							
JOB	PN	JIG	SPEC	NAME	PRG No.	PROCESS	RQ	FO	DATE	REMARK
1	1	860921	207-001	ST. PLATEN JIS	1100	00-01	1	0	870601	
2			207-002	MV. PLATEN JIS	2100	00-01	1	0	870601	
3			207-040	BINARY LINK 3	6500	00-01	2	0	870601	SETUP 2
4	2	860922	207-001	ST. PLATEN JIS	1200	01-02	1	0	870601	
5			207-002	MV. PLATEN JIS	2200	01-02	1	0	870601	
6			207-040	BINARY LINK 3	6550	00-01	2	0	870601	SETUP 2
7	3	860923	207-001	ST. PLATEN JIS	2300	02-98	1	0	870601	
8			207-002	MV. PLATEN JIS	2300	02-98	1	0	870601	
9			207-004	BINARY LINK 1	6100	00-01	2	0	870601	
10	4	860924	207-003	RE. PLATEN	3100	00-01	1	0	870601	
11			207-006	CROSS H LINK	6700	00-01	2	0	870601	
12			207-006	CROSS H LINK	6800	01-98	2	0	870601	
13			207-040	BINARY LINK 3	6660	01-98	2	0	870601	
14	5	860927	406-003	REAR PLATE	4400	01-02	1	0	870601	
15			207-005	BINARY LINK 2	6300	00-01	2	0	870601	SETUP 2

Table.2,3은 이와같이 해서 出力시킨 실제의 Process Scheduling 作業이 具體的인 例이다.

4. 工具壽命管理

自動工程 Scheduling 과 連動해서, 工具의 수명이 自動的으로 管理할 수 있겠끔 考案된 Soft의 flow chart가 Fig.4~4.1이며, 그의 Output의 例示가 Fig.5이다. 現場의 加工에서 使用되는 工具·모두를 現狀에 적합하겠끔 Life cycle을 設定하는데, 지금까지의 經驗과 實驗을 토대로 한 값이 배려되어 있다. 이 Life Cycle值는 기계의 가공중 使用된 분만을 計算되어, 나머지 工具의 壽命量은 必要할때 수시 檢索確認할 수 있게 Soft가 考

案되어 있다. 作業員은 工程計劃에 의해 機械를 操作하기에 앞서, 加工에 使用될 公구중 가공時間중 수명이 다 된 工具類를 檢索하고, 工具壽命이 限界에 達한 것을 事前에 交替시키므로써 機械의 稼働를 높혀 加工의 效率化를 기한 것이다.

5. 結 語

MAP對應用으로 Retrofit 한 複數의 異種 MC와 이것을 分散統括管理用으로 開發한 C-cell Controller를 中心으로 構成된 새 FA System이 紹介되었다. 이것으로 複數의 異種機械의 運轉狀況이 한곳에서 實際的으로 監視되고, 管理가 가능해졌다. 특히, 금번 제안된 ES를 토대로 한 自動 Scheduling은 종전

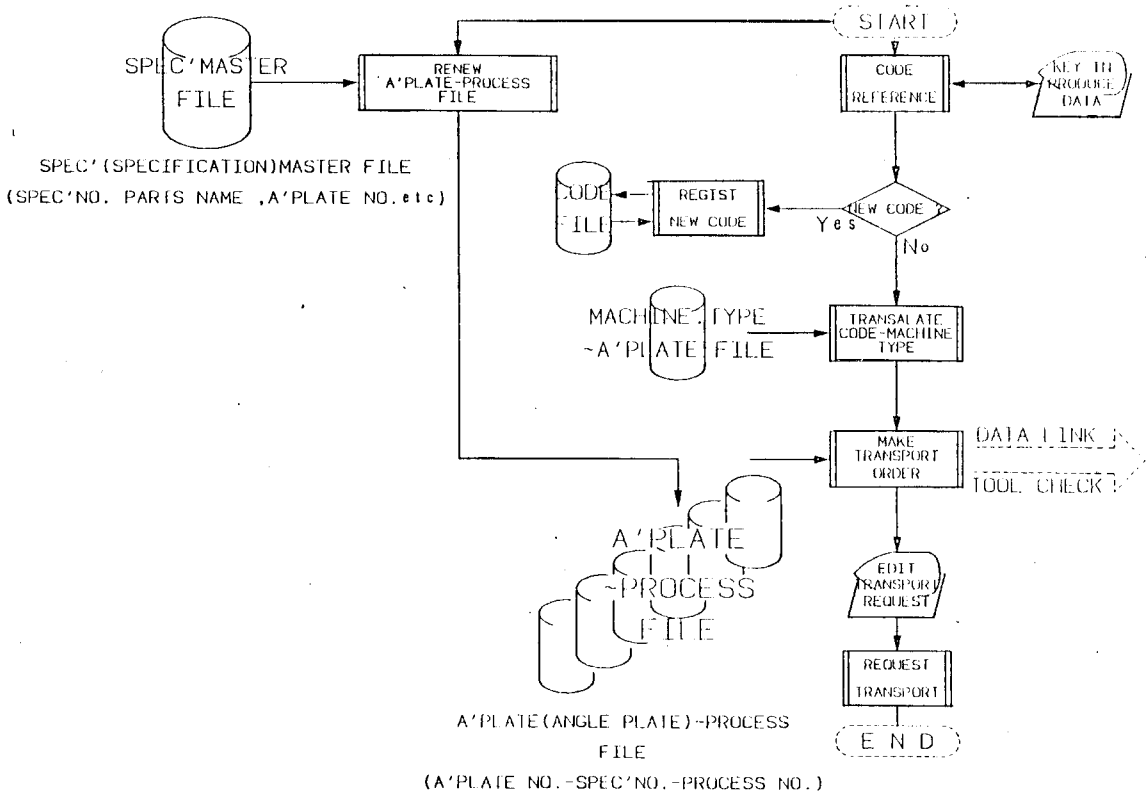


Fig. 4

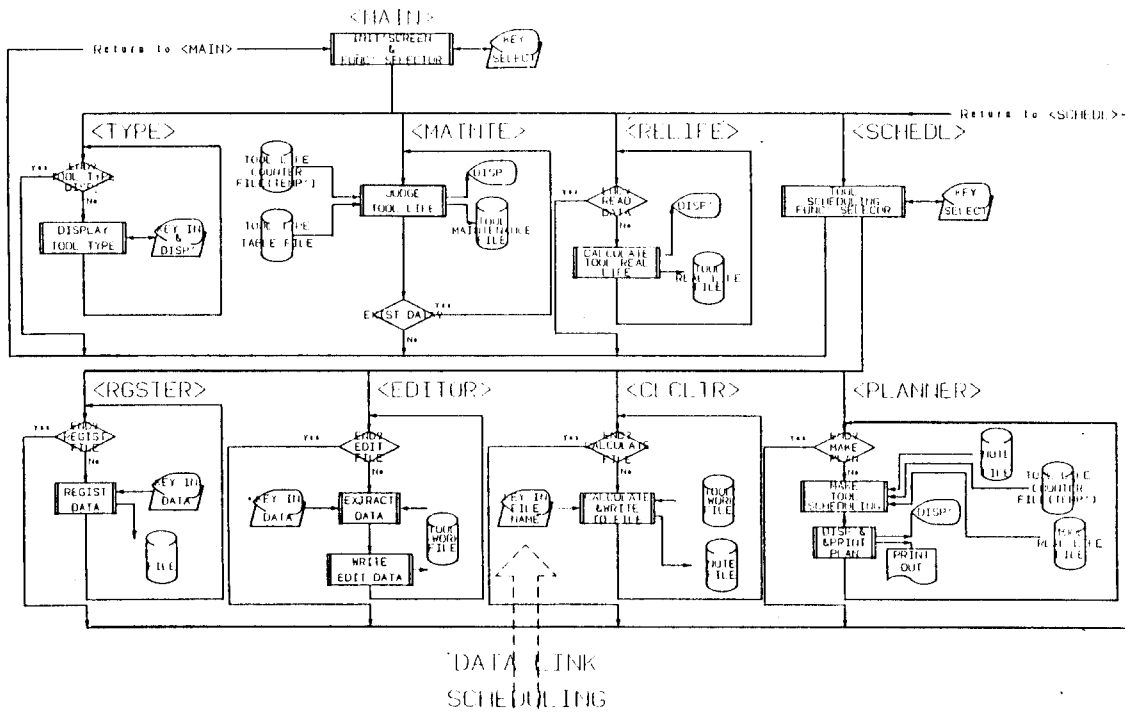


Fig.4.1

FANUC

TOOL CHECK SYSTEM

TOOL TYPE	DATA READ	TOOL MAINTEN	TOOL SCHEDULE
-----------	-----------	--------------	---------------

TOOL TYPE TABLE

SELECT TOOL TYPE-

MILLING TYPE	DRILL TYPE	TAPPING TYPE	BORING TYPE	REAMING TYPE	CUTTER TYPE	SPECIAL TYPE	END
--------------	------------	--------------	-------------	--------------	-------------	--------------	-----

M/CITOO LIFE CHECK			
T NO.	TYPE	REMAIN LIFE	WARNING
T001	160FM (F)	0360.000	<<<O K>>>
T002	160FM (R)	0240.000	<<<O K>>>
T003	30FM (F)	0120.000	<<<O K>>>
T004	30FM (R)	0060.000	<<<LIFE>>>
T005	45EM (R)	0030.000	<<<LIFE>>>
:	:	:	:
:	:	:	:

TOOL SCHEDULE PLANNER

(BACK INIT) : Abort Task and Back Init Screen
 (RGST FILE) : Regist a New TOOL WORK File
 (EDIT FILE) : Edit a TOOL WORK File
 (CALCULATE) : Make a TOTAL TOOL WORK File According to Your Plan
 (PLANNER) : Make a TOOL CHECK PLAN as Your Plan

BACK INIT	RGST FILE	CALC LATE	PLAN MER
-----------	-----------	-----------	----------

Fig. 5 The Example of Tool Checking System

加工專門家が週單位로 작업하여야될 일의 量으로서 가공전문가가 가장 번거러워하든 작업을 일일작업으로 작업시간의 단축을 가능케하였고, 그와 連動된 工具管理시스템의 導入은 48時間 無人化加工의 効率을 85 %나 達成할 수 있게 되어 計劃設備의 能力과 잘 合致되어 가동되고 있다.

[參 考 文 獻]

- 1) S.M.Johnson : Optimal Two-and-Three-Stage Production Schedules with Setup Times Included, Nav. Res. Log. Qurat.1. No.1, 1954
- 2) J.F.Muth,G.L.Thompson(eds):Industrial Scheduling,Prentice-Hall, 1963
- 3) R.W.Conway, W.L.Maxwell, L.W.Miller : Theory of Scheduling,Addison-Wesely, 1967
- 4) J.Heller : Some Numerical Experiments for an MXJ Flow Shops and its Decision Theoretical Aspects, Operations Research 8, No.2, 1960
- 5) R.W.Conway : Priority Dispatching and Work-in-Process Inventory in a Job.Shop, J. Ind. Eng. 16, No.2, 1965
- 6) J.D.C.Little, K.G.Murty, D.W.Sweeny, C.Karel : An Algorithm for the Traveling Salesman Problem, Operations Research 11, No.6, 1963
- 7) 李奉珍·豊田賢一 : MAP 對應工作機械, CAD & CIM, Vol 1, No.2, 1987, 工業調査會
- 8) 李奉珍·豊田賢一 : MAP 對應 FA의 構築と Process Scheduling의 自動化について 昭和 63 年度精密工學會春季大會學術論文集, 1988.3
- 9) Bong-jin Lee, Yukio Ono : On the FA architecture based on MAP and the Automatic Process Scheduling as an application of information management function in cell controller, the CIRP Annals, Vol 38/1, August 1988