

産業用로보트의 開發 및 応用

姜 麟 求* · 金 正 植**

■ 차 례 ■

- 1. 序 論
- 2. Mould-Manipulator의 生産工程에의 適用과 成果
- 3. SCARA型 Robot SMART의 應用을 爲한 Diamond game
- 4. 普及型 教育用 Robot BABY-SMART의 構成
- 5. 問題點과 向後計劃
- 6. 參 考 文 獻

1. 序 論

Robot 는 工業製品의 多樣化, 商品 Life - Cycle 의 短縮化 및 多種少量 生産等에 伸縮性 있게 對處하여 生産 Cost를 節減하고 FMS (Flexible Manufacturing System)에 對應할 수 있는 mechatronics 의 寵兒이다.

美國의 Unimate 會社가 Robot 를 처음 開發한 以來, 日本에서 商業的 規模로 適用하기 始作하여 美國과 日本을 비롯한 西歐 先進國들은 現在 앞을 다투어 여러가지 形態와 機能을 갖는 高級 産業用 Robot 를 開發하는데 沒頭하고 있다.

金量通信도 이제까지 쌓아온 精密加工技術과 産業電子器機의 開發技術을 結合시켜 自動化 産業을 推進할 수 있었다.

이에 우리는 自體의 作業 合理化 및 工程 改善을 爲해 수많은 部分에서 自動化 및 專用化를 始圖하였으며, 專用機 生産販賣를 하고 있던 中 社內 FMS의 一環으로 Robot 의 開發生産을 始作하였다.

金星通信에서 開發하여 現在 生産工程에 適用하

고 있는 로보트는 다음과 같은 것이 있다. CNC PCB drill M/C의 bare PCB를 loading 시키는 Gold-Finger, injection moulding M/C에 組立 成形品을 自動으로 推出, 成型할 수 있는 Mould Manipulator, Program에 따라 精密하게 組立 作業을 遂行할 수 있는 平面 多관절형 로보트 SMART, 그리고 로보트의 構造와 機能, 作動原理等을 學生들에게 教育시키기 爲한 普及型 教育用로보트 BABY-SMART 등이 있다.

本 報告에서는 (1)은 序論이고 (2)는 Mould-Manipulator의 生産 工程에의 適用과 成果, (3)은 SCARA型 Robot 의 應用을 爲한 Diamond game, (4) 教育用 Robot BABY-SMART의 作動原理 및 構成, (5) 問題點과 向後計劃을 記述하였다.

2. Mould-Manipulator의 生産工程에의 適用과 成果

1) 開發背景

當社의 injection shop 生産體制는 交代 勤務에 依한 24時間 作業이고 다음과 같은 問題가 있었다.

- ① 射出成型作業은 加熱을 同伴하므로 機械를 操作하는 場所는 高溫이 되고 作業環境이 나쁘다.
- ② 單純操作 作業이므로 作業者에 單調로운 감

* 金星通信(株) 研究所 所長

** 金星通信(株) 研究所 研究員

이 쉽게 생겨 正確性이 나쁘다.

③ 機械가 高價이고 減價償却에 따른 加動率을 높이기 爲하여 24時間 作業이 必要하다.

④ 品質에 不均衡이 있고 不良率이 높다.

이러한 問題를 解決하기 爲하여 省力 自動化에 依한 作業 環境의 改善과 生産性 向上이 한층 要求되었다.

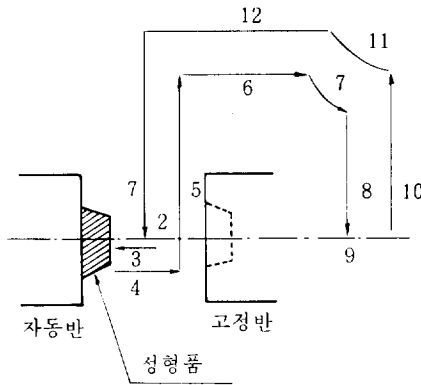
2) 基本動作

이 로봇은 그림 1과 같은 基本 動作機能을 가지고 있으며 動作順序는 다음과 같다.

射出機가 射出成型을 끝내고 金型이 열리면 그림 2의 D-Cyl.(A) 1.0가 下降하여 1.5의 Micro SW를 ON시키면 2.0의 D-Cyl.(B)가 前進한다.

Arm "A"의 先端에 취부되어 있는 爪指부가 열리고 3.0의 VACUUM에 의해 Cyl.(C)가 成型品을 吸着하여 金型으로부터 成型品을 추출한다. 2.4의 Micro. SW에 의해 D-Cyl.(B)가 後退한다.

이때 D-Cyl.(A)는 1.4 micro SW에 依해 上昇하게 된다. D-Cyl.(B)가 前進 動作後 time -



1. Fingers goes down
2. Forward to approach
3. Take hold molded products
4. Put out from the mold
5. Set back upward
6. Traverse
7. Correct Positioning
8. Goes down ward
9. Put the holding product away
10. Goes up to back
11. Set back finger's position
12. Traverse to home position

그림 1. 基本動作機能

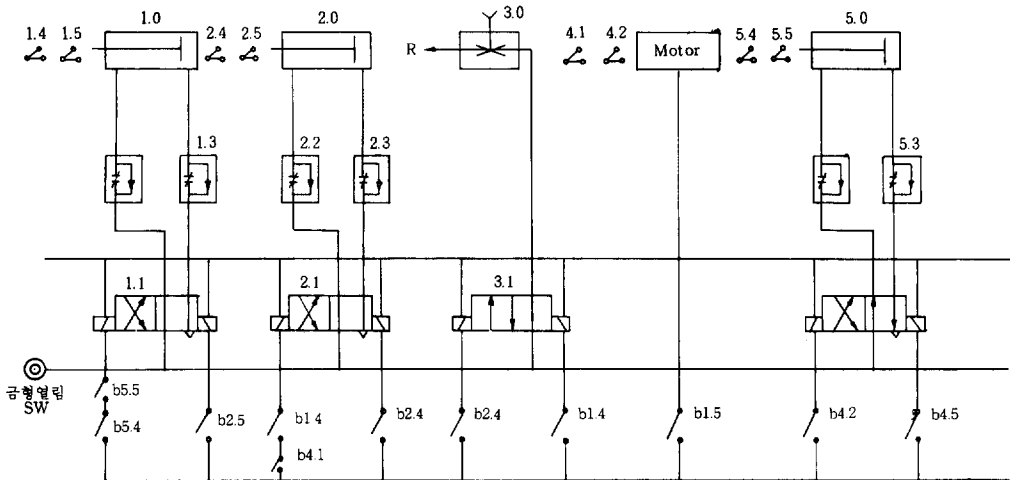


그림 2. Mould manipulator의 構成圖

A 1	DGW-Cyl. φ 32×700	GOES DOWN	
B 2	DGW-Cyl. φ 40×120	FORWARD TO APPRACH	
C 3	VACUUM	TAXE HOLD	
D 4	MOTOR	TRAVERSE	
E 5	MINI×Cyl (90° TURN)	CORRECT POSITIONING	

그림 3. Mould manipulator의 行程圖

deky後(62.5)後進 動作되도록 하였다. 4.2의 micro SW 및 Motor의 作動으로 射出機를 移奪 transfer 한다. 파지부 Cyl.(C)가 5.1의 方向轉換 Valve와 5.4의 micro SW에 의해 90° turning 하여 정열방향을 決定한다. D-Cyl.(A)가 1.5의 micro SW에 의해 下降 運動하며 정열대에 倒達하면 3.1의 方向 轉換 Valve에 의해 파지부 Cyl.(C)가 열리고 성형품을 정열대에 놓는다. 다시 D-Cyl.(A)가 上昇하고 파지부가 90° 回轉하며 D-Cyl.(A)가 motor 驅動 SW의 touch로 原位置에 復歸하게 된다.

이러한 일련의 動作에 따른 Cylinder 行程圖(그림 3)와 構成圖는 아래와 같으며 純粹한 pneumatic 制御裝置에서 行하여지며 교시방법이 쉽고 자유도가 豊富한 것이 特徵이다.

3) 適用에 依한 成果

이 로봇의 使用으로 生産性이 20% 向上되었고 그 외에 品質이 向上되는 등 副次的 效果를 얻었다.

3. SCARA型 Robot SMART의 應用을 應用을 爲한 Diamond game

1) 構成 및 機能

SMART는 工程의 自動化에 必要한 最少限의 構造로 되어 있다. DC Servo 電動機 2臺로 Arm의 第一軸과 제 2軸을 움직이며, Pulse motor에 의해 손목부의 tool을 回轉시킨다. 또한 손목부는 Air Solenoid에 의해 Up/down, open/close 動作을 行할 수 있으며 周邊 作業機器에 따라

바뀔 수 있도록 되어 있다. Computer에서 直接 Arm의 運動을 制御시키는 DDC(Direct Digital Control)方式(그림 4)으로 位置, 速度의 feedback 制御機能이 micro-processor(Z-80)에 의해 program으로 處理된다. 그의 出力을 D/A 變換機에 인가시켜 단순한 Power Amp로 構成된 motor driver 端의 出力 電流를 制御하도록 하였다.

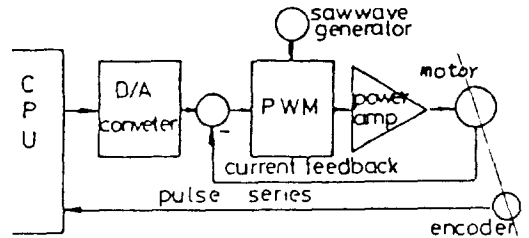


그림 4. DDC block diagram

2) Diamond game으로의 Application

Diamond game이란 一名 月桂놀이라고도 하는데 두 gamer가 交代로 Start area에서 자신의 pin 10개를 일정한 Rule — 한번에 한개의 pin을 현재의 위치에서 바로 앞 hole까지 移動할 수 있다. — 에 따라 finish Area까지 먼저 옮겨 놓은 측이 勝利하는 game이다.

우리는 이 game에 興味를 불러 일으키기 위해 game을 始作하기 전에 두 Robot에게 가위, 바위, 보를 시켜 이긴 Robot가 먼저 game을 시작하게 하였다. 뿐만 아니라 나중에, game에 勝利한 Robot는 자신의 勝利를 뽐내도록 함으로써 敗北한 Robot는 다시 原位置로 10개의 pin을 옮겨놓고 game을 반복하게 했다.

그러나, 본 System의 game program 영역(# 8000~# 8800)이 작고, 한 step에 對해 10 byte의 位置情報를 가지므로 180 step까지만 記憶 可能하여 多樣한 Sequence Path를 選擇하지 못하고 단 한개의 path를 利用했다.

이러한 着想과 함께 두 Robot의 Path를 미리 選定하여 Sequence Chart를 만들고 각 Robot에 對한 이들 hole의 位置를 Handle Mode—Robot Arm의 DC Servo Motor에 걸리는 Power를 끊어 Arm의 運動을 자유롭게 하여 사람이 Robot Arm을 움직일 수 있는 狀態—에서 알아냈다.

다음, Sequence chart에 따라 pin이 있는 position에서는 I/O Code 16 (down/close/up)을 주어 finger가 open된 狀態에서 Hand를 down, finger를 close시켜 pin을 잡으면 Hand를 Up시켰다.

Jump하여야 할 position에서는 I/O Code 15 (down/up命令)를 주어 단지 Hand만 down시켰다가 Up시켜 pin을 놓지 않은 狀態에서 지나가도록 했다. 그리고 pin을 내려 놓을 位置에서는 I/O Code 17(down/open/Up命令)을 주어 hand를 down시켜 finger를 open하여 pin을 놓으면 hand를 다시 up시켰다.

위와같이 한 Robot의 動作이 끝나면 그 位置에서 I/O Code 20 Request 命令을 주어 相對 Robot에게 動作하도록 Start Command를 보냈다. 이때 相對 Robot는 Start 시켜준 Robot에게 Ark 信號를 보내 그 Robot를 Waiting 狀態로 만들고 自身은 Ready 狀態 (I/O=40)로 되면서 第一 먼저 移動할 Position에서 行할 動作 Code (I/O=15, 16, 17等) 값을 더하여 첫 Position의 I/O Code 값을 定했다. 예를들면 Wait 상태에서 Ready 狀態로 들어갈때 第一 먼저 움직일 位置에서 Hand를 down 시켰다. up하고 싶으면 down/up Code (=15)에다 Ready Code (=40)을 더한 55가 I/O Code 값으로 하면 된다.

한편 두 Robot에게 가위, 바위, 보를 시키기 위해 두 Robot를 Hand Mode에서 서로 충돌하지않은 限度까지 diamond 판의 한가운데로 移動시켜 각각의 X, Y Position을 잡고 同時에 I/O=17, 16을 주어 두번 비기게 한뒤 한 Robot 에겐 I/O=17을 주고, 다른 Robot 에겐 I/O=02 (down)과 Z=20을 주어 잠시 回轉시켜 자신이

이겼다는것을 暗示시켰다.

Finge가 두개뿐인 關係로 Close 狀態를 바위, open 狀態를 가위로 定했으며 勝利의 表示는 diamond table 한 복판 위에서 Stepping motor의 回轉角 Y_{20} (pulse motor의 자기동 주파수값), $Z = a \cdot b$ (Z date)일 경우 Z 軸이 原點에 對하여 回轉하는 角 Q는

$$Q = \begin{cases} (a \cdot m + b) \times 0.45 \dots\dots b = 0 \sim 4 \\ (a \cdot m + 10 - b) \times 0.45 \dots\dots b = 5 \sim 9 \end{cases}$$

을 變化시켜 기어의 마모 소리를 내며 회전하도록 하였다.

3) Teach Example

만약 다음의 diamond 판 (그림 5)에서 A~J에 한대의 Robot가 옮길 10개의 pin이 놓여 있고 Position a~j에는 한대의 Robot가 옮길 10핀이 놓여있다고 하자.

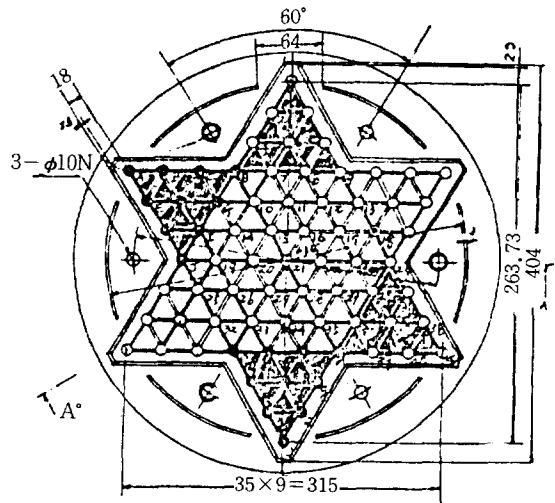


그림 5. diamond판의 외각 size 및 位置番號

그리고 두 Robot가 相互 Communication을 하며 움직일 Path중 각각 그 Stroke만을 생각하고 각각의 sequence chart를 表 1과 같이 定했다.

表 1. Sequence chart

Robot 1		Robot 2	
1	⑤-①-⑭ P1	1	⑩-⑭ P2
2	④-⑥-⑧-⑨-⑫ P1	2	①-③-⑤-⑭ P2

○: Start position ⊙: Pin position ○: Blank hole
 ⊙: Destined position of pin

그리고 Handle Mode 에서 각각의 로봇가 움직일 Position 의 X, Y 좌표는 다음과 같다.

H (X = 92482 , Y = 103472)

b (X = 89152 , Y = 156780)

14 (X = 100022 , Y = 107232)

34 (X = 81945 , Y = 102591)

A (X = 89342 , Y = 110003)

i (X = 90480 , Y = 139046)

25 (X = 97528 , Y = 99827)

28 (X = 75134 , Y = 167684)

이 Position 의 data 와 그 Position 에서 Robot 가 움직여야 할 基本動作을 I/O Code 와 Z 값 그리고 X, Y Parameter 의 값들을 그림 6 과 같이 入力시키면 두 로봇트는 연동하여 diamond game 을 始作하게 된다.

[DATA]			[DATA]			
000	X=92482	Y=103472	000	X=89152	Y=156780	
	F=00	I=16	Z=00	F=00	I=56	Z=00
001	X=100022	Y=107232	001	X=81945	Y=102591	
	F=00	I=17	Z=00	F=00	I=17	Z=00
002	X=000000	Y=000000	002	X=000000	Y=000000	
	F=00	I=20	Z=00	F=00	I=20	Z=00
003	X=89342	Y=110003	003	X=90480	Y=139046	
	F=00	I=56	Z=00	F=00	I=56	Z=00
004	X=92482	Y=103472	004	X=89152	Y=156780	
	F=00	I=15	Z=00	F=00	I=15	Z=00
005	X=97528	Y=99827	005	X=75134	Y=167684	
	F=00	I=17	Z=00	F=00	I=17	Z=00
006	X=000000	Y=000000	006	X=000000	Y=000000	
	F=00	I=20	Z=00	F=00	I=20	Z=00

Robot 1

Robot 2

그림 6. Diamond program

이 game 을 위한 flow chart 는 그림 7 과 같다.

4. 善反型 教育用 Robot BABY SMART 의 H/W 構成과 S/W diagram

1) 概 要

BABY-SMART 은 centronics 規格의 parall interface 가 있는 μ-Computer 에 接續되어 μ-com 의 key 操作에 依해 作動되거나, interrupt 方式으로 key data 를 入力시킬 수 있는 teaching box 에 依해 作動되는 small size Robot 이다. 外部에서 μ-computer 나 teaching box 에 依해 A-

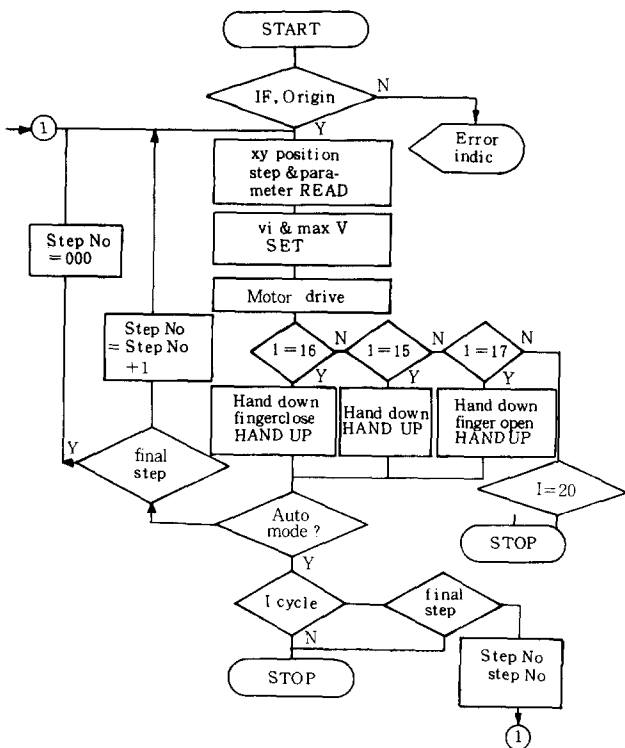


그림 7. Diamond game flow

SCII 문자열을 COMMAND 로 받아들여 目標 지점 까지 open loop 方式으로 stepping motor 를 驅動되는 5 軸을 S/W 에 依해 同時 制御 作動된다.

BASIC 等の 高級語로서 Robot 의 speed Control and 선단에서의 최대속도 7cm/초)나 position setting (現在 99 point memory 擴張時 最大 599 point) 그리고 반복회수 등을 teaching 할 수 있다.

2) H/W 構成

内部에 processor Z-80 A, 8K ROM (8K 擴張可能) 그리고 2K RAM (6K 擴張可能)이 실장되어 있으며 test Key 에 依해 System program 内部에 있는 test mode 1, test mode 2 를 遂行하게 했다.

動作中 異常이 있을 때에는 Error lamp 가 점등되며 Reset Key 에 依해 다시 시스템이 initial 된다.

또한 外部의 裝置 (Host computer, teaching box, 또 다른 Robot) 와 data communication 을 위해 centronics port (CN1), CN2, 8bit

parallel output (CN5), 4 bit input, output port (CN3, CN4) 등이 열려져 있다.(그림 8)

6개의 Stepping motor를 駆動시키기 위해 output EOH의 high 4 bit를 利用, 該當 motor를 selection하고 Software motor 駆動 pulse rate를 low 4 bit에 실어 2상 制御方式(그림 9)으로 motor를 구동시켰다.

抵抗 R_1, R_2 를 接續하여 Motor의 過熱을 防止하였다.

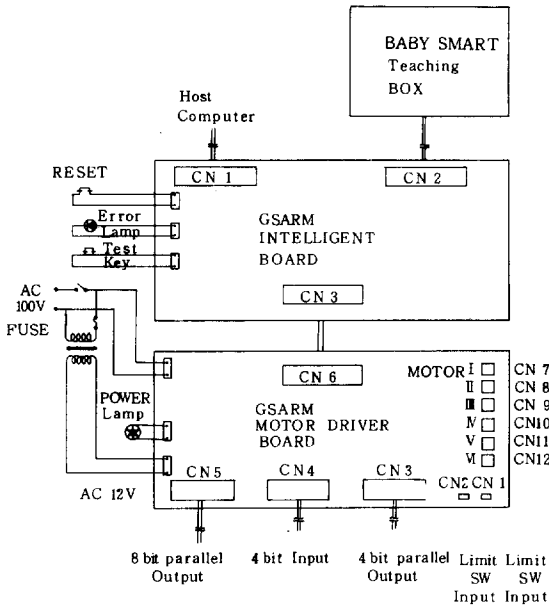
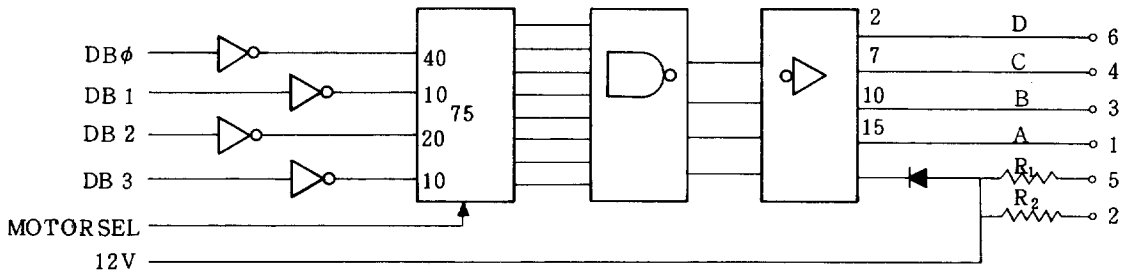
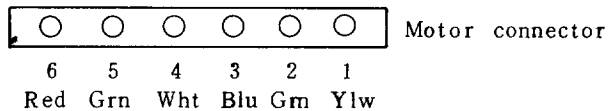


그림 8. BABY SMART Connection Diagram

3) S/W 構成

S/W는 Main module에서 Test model과 Test mode 2, ON Line, Teach module로 되어 있으며 각 module들은 Driver module과 Error Routine, Position dump module 그리고 speed 制御 module 등으로 되어 있다.

position에 對한 情報는 position 0~99까지 미리 定해 놓은 memory area (#835D~87FF)에 차례 dump시키게 하였고, speed는 delay time을 調整하여 speed 1~5까지 정의했다. test key의 push time을 check하여 8秒 이상이면 TEST mode 2를 수행하게 하였으며 그 이하의 push time에서는 push 회수에 따라 motor 1~6를 一에서 十方向으로 차례로 駆動하는 TEST mode 1으로 Jump하게 했다.



실제 MOTOR MOTION DATA

- X: MOTOR I 일 경우 0
- MOTOR II 일 경우 1
- MOTOR III 일 경우 2
- MOTOR IV 일 경우 3
- MOTOR V 일 경우 4
- MOTOR VI 일 경우 5

- CW: X5H, X6H, XAH, X7H, X5H, ...
- CCW: X9H, X4H, X6H, X5H, X9H, ...

그림 9. Motor구동회로

on-line mode나 Teach mode에서는 input key를 scann하고 analyzer하여 該當 function에 맞는 ASCII 값으로 cversion시켜 input 端子 EOH에 인가 하였다.

그림 10은 memory map이며 表 2는 I/O port를 說明한다.

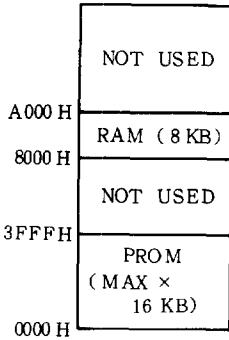


그림 10. Memory allocation

표 2. Commanos

	COMMANDS	ADDRESS	Bit ϕ H : READY L : NOT READY
IN	DREADY	$\phi \phi H$	NOT USED
	DREADY	$2 \phi H$	DB $\phi \sim$ DB 7
	TEST	$4 \phi H$	NOT USED
	TEACH	$6 \phi H$	Bit ϕ H : NO PUSH L : PUSH
	LIMIT	$8 \phi H$	Bit ϕ M : NOT CONNECT I : CONNECT
	KEYRD	$A \phi H$	OATA NO MEANNING
OUT	DNTR	$C \phi H$	DB $\phi \sim$ DB 3
	ACK	$2 \phi H$	DATA NO MEANNING
	LAMP	$4 \phi H$	DB $\phi \sim$ DB 7
	PDOUT	$6 \phi H$	DB $\phi \sim$ DB 7
	7SEG	$8 \phi H$	DB $\phi \sim$ DB 7
	ERROR	$A \phi H$	DB 7 M : SET L :
	MOTOREN	$C \phi H$	NOT USED
MOTOR	MOTOR I	$0 \times H$	MOTOR V $4 \times H$ CW $\times 5W, \times 6H, \times AN$
	MOTOR II	$1 \times H$	MOTOR V $5 \times H$ $\times 9H$
	MOTOR III	$2 \times H$	CCW $\times 9H, \times AN, \times 6H$
	MOTOR IV	$3 \times H$	$\times 5M$

다음은 motor drive의 algorithm에 該當하는 flow chart(그림 11, 12, 13, 14)를 表示하였다.

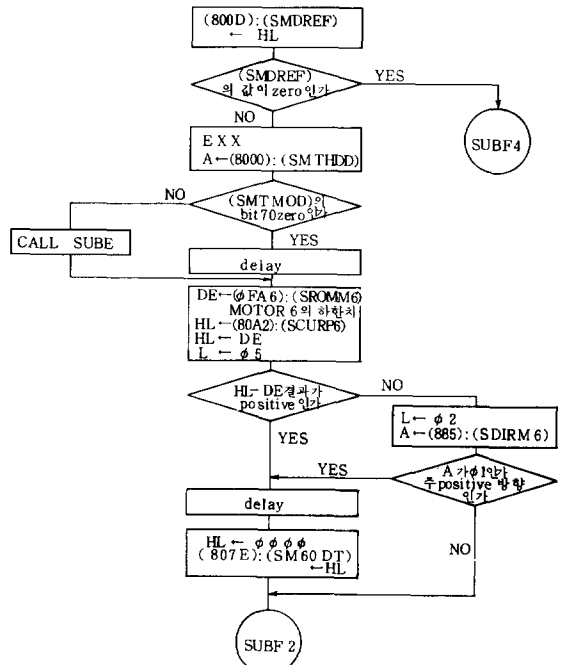


그림 11.

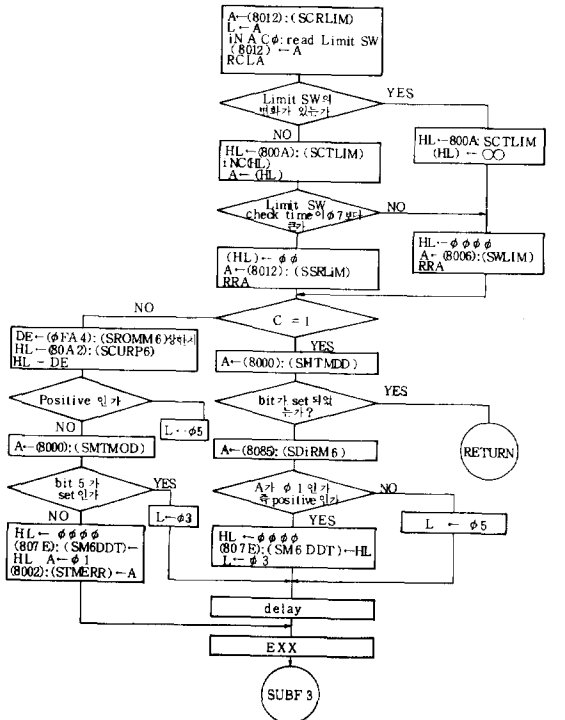


그림 12.

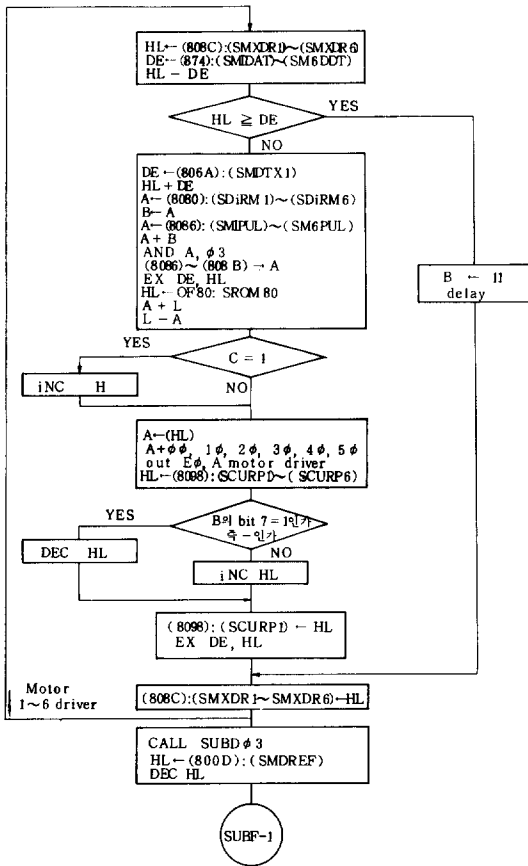


그림 13.

5. 問題点과 向后計劃

多種의 로봇트를 開發하여 生産工程에 適用하였던바 mold-manipulator 에서는 自動취출 장치의 신뢰성 및 Trouble, Finger Change 의複雜 및 matching 시간, 공압에 의한 motion의 정도 및 자유도에 문제가 대두됐다. 또한 SCARA 에서는 H/W 構成을 1-board system으로 하였기 때문에 1개의 IC에 이상이 생기면 전체 CPU board를 갈아야 하는 우려와 공정의 critical한 부분을 해결하기 위한 service function S/W를 개발하여 多様な 作業을 손쉽게 teach하고 program할 수 있는 command level의 control을 한 program을 high level language로 作成할 수 있는 로봇트전용 language가 必要했다.

教育用 Robot GS-ARM에서는 Point to point 方式으로 設定된 location間을 移動함으로써

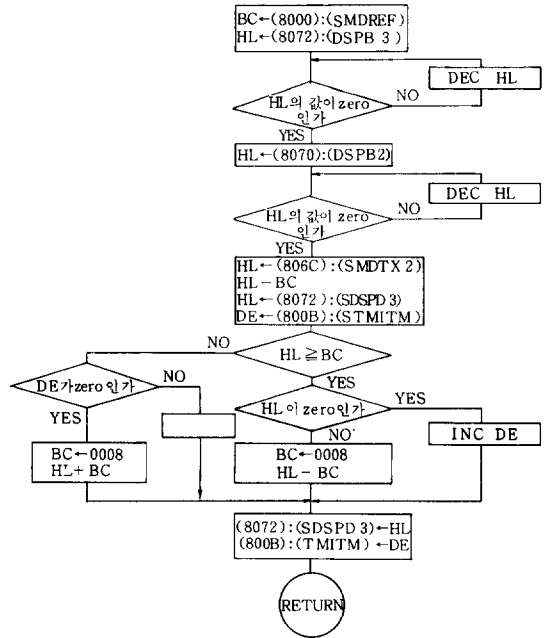


그림 14.

drawing 등의 連續 經路 制御를 必要로 하는 部分에 適用이 不可能하였다. 짧은 stroke에 依한 vibration을 相殺할 수 있는 mechanism 設計가 要求되었다. 따라서, Control H/W는 이미 充分한 信賴性을 가진 것들이 開發 適用되고 있어 앞으로는 制御用 S/W와 mechanical H/W의 開發이 重要한 課題이며, Robot 專用 language를 開發하고 Continuous Path Control을 爲한 H/W algorithm과 H/W 構成을 構想中에 있다.

또한 주변장치와 部品의 error를 감지하고 校正하여 정도를 높일수 있도록 sensor 技術을 導入할 것이며 大型 computer에 依해서 Robot들의 集團을 中央 集中式으로 制御하는 裝置를 研究하고, Robot 技術의 複雜性에 따른 安定裝置를 研究 開發할 것이다.

參考文獻

- 1) “電動機의制御と應用” 東京電機大學出版局 坪島茂彦, 阿久津明 共著
- 2) SCARA Robot의開發 Hiroshi Makino
- 3) Robot Manipulators - Richard P. Paul
- 4) Scientific Fundamentals of Robotics (Vol. 1, 2)