

# 總合的 作業日程計劃의 合理化 및 效率分析

## An Efficiency Analysis for Total Work Scheduling

申 鉉 杓\*

### Abstract

Since many small and medium sized enterprises have lack of funds to install the full-scale Computer Aided Process Planning this study has been attempted to develop a part of computer generated production information system for a start.

The system is programmed by DBASE III and BASIC languages for the IBM-PC compatibles for the sake of user's convenience.

The system consisted of four major parts. The first part is a computerized work measurement system for applying WF predetermined time standards. The second part is a computerized forecasting and loading system for applying various statistical techniques. The third part is a GT scheduling system programmed by BASIC for applying heuristic scheduling method.

Finally, the last part is a simulation system for GT scheduling efficiency test which is programmed by SIMAN simulation language.

### 1. 序 論

오늘날 컴퓨터를 이용한 生産自動化는 經濟性이나 生産性面에서 在來式 生産方式보다 점차 유리해지고 있다. 특히 종래의 單純한 部品生産을 위한 機械式이나 油壓式 自動化段階를 넘어 이제는 컴퓨터 制御에 의한 生産의 全自動化가 現實化되어가고 있다.

部品の 設計로부터 生産計劃·加工·統制의 全過程을 一括하여 관리하는 全生産管理情報시스템과 이를 加工하는 NC머신이나 머신닝센터를 工場規模나 自動化程度에 따라 마이크로 컴퓨터·미니컴퓨터·대형컴퓨터順으로 段階的으로 연결하여 生産공정을 운영·관리하는 CAD/CAM에서 한 걸음 더 발전한 CIM (Computer Integrated Manufacturing)·FA(Factory Automation) 등으로 발전되어가고 있다.

컴퓨터에 의한 綜合生産情報管理시스템의 개념은 1961년에 IBM Corp.에 의하여 이미 Management Operating System(MOS)으로서 개발되었고 후에 이는 Production Information and Control System(PICS)과 Communication Oriented Production Information and Control System(COPICS)으로 확대

발전되었다. [3] COPICS는 수요예측, 生産계획으로부터 시작하여 生産·出荷까지의 모든 生産活動과 生産資源의 配分과 管理를 on-line, real time방식에 의해 연결한 데이터 통신을 주체로 한 經營志向形의 生産計劃-加工-統制시스템이다.

또한 UNIS(UNIVAC Industrial System)는 앞에 설명한 시스템과 비슷하지만 비교적 최근에 개발된 것으로서 복잡다양한 生産관리문제를 종합적으로 해결하기 위하여 각 기능별로 모듈화한 컴퓨터 綜合生産管理시스템이다. 이것은 技術情報管理시스템·資材管理시스템·日程管理시스템·作業管理시스템으로 만들어 컴퓨터에 기억시켜 놓았기 때문에 이용자의 필요에 따라 적절한 module을 선택해서 독자적인 시스템을 구성하고 이를 사용할 수 있게 되어 있다. 그러나 시스템들 역시 아직 細部的으로 완전히 개발되어 있지 않은 상태이며 많은 未備點들이 도출되고 있다.

뿐만 아니라 이러한 大型시스템을 이용하여 우리나라 企業의 生産管理시스템을 自動化하려면 막대한 투자를 필요로 할 뿐 아니라 生産規模나 技術的·經濟的인 면에서 아직은 타당성이 희박하다고 생각된다. 다행히 최근에 와서 마이크로프로세서 성능의 경이적인 발달과 價格의 下落으로 고성능의 저렴한 마이크로 컴퓨터를 이용할 수 있게 되었다. 따라서 國內에서도 마

\*仁荷大學教 工科大學 産業工學科 教授  
接受日: 1987. 9. 15.

이므로 컴퓨터를 이용한 운영관리시스템을 부분적으로 나타내 경제적이고 쉽게 사용할 수 있도록 본 研究에서는 dBase III의 data file과 Work Factor(WF)法이나 Methods Time Measurement(MTM)法의 표준시간치를 이용하여 표준작업시간을 계산하고 각종 통계적인 수요예측·공수계산 및 부하계산을 하도록 했다. 또한 작업일정계획을 계산하기 위하여 발견적 기법인 Petrov-Ham의 그룹스케줄링방법을 BASIC언어를 써서 프로그램하고 이의 效率性을 평가하기 위한 시뮬레이션模型을 SIMAN simulation언어로 프로그램하여 他技法의 結果와 比較評價했다.

2. dBASE file를 이용한 생산자료의 산출

2.1 作業標準時間의 算出方法

오늘날 컴퓨터의 보급과 활용이 급속히 늘어남에 따라 美國의 企業體들에서는 작업표준시간 산출을 위한 상업용 package인 MOST, WOCOM, 4M Data 등과 같은 프로그램을 사용하고 있다. [7] 그러나 國內의 中小企業들의 경우 이를 구입하여 사용하기에는 너무 高價인 뿐 아니라 쉽게 구입할 수도 없기 때문에 현재 국내에서 생산되고 있는 16bits 퍼스널 컴퓨터에 한글기능과 dBase III언어의 장점인 자료의 보관·수집·관리·검색·재생기능을 이용하여 WF法의 동작요소의 표준시간치를 신체사용부위별로 수록하여 필요한 시간치를 수시로 필요에 따라 검색·산출할 수 있도록 프로그램하였다. WF의 要素時間値는 각 신체부위별로 표-1과 같이 data base file에 기록·보관하였으며 사

표-1. 신체부위 시간치표의 예

01/01/88

Are measured at Knuckles

Distance moved	Work Factors (0.0001min)					
	Basic	0	1	2	3	4
1	18	26	31	40	46	46
2	20	29	37	44	50	50
3	22	32	41	50	57	57
4	26	38	48	58	66	66
5	29	42	53	65	75	75
6	32	47	60	72	83	83
7	35	51	65	78	90	90
8	38	54	70	84	96	96
9	40	58	74	89	102	102
10	42	61	78	93	107	107
11	44	65	81	98	112	112
12	46	68	85	102	117	117
13	47	67	88	105	121	121
14	49	69	90	109	125	125
15	51	71	92	112	129	129
16	52	73	94	115	132	132
17	54	75	96	118	137	137
18	55	76	98	120	140	140
19	56	78	100	122	142	142
20	58	80	102	124	144	144
22	61	83	106	128	148	148
24	65	86	109	131	152	152
25	66	90	112	135	156	156
28	68	93	116	139	159	159
30	70	96	119	142	162	162
35	76	102	128	151	171	171
40	81	109	132	159	179	179

용사에 따라 산출한 표준작업시간치를 쉽게 보라·검색·재생 및 수정할 수 있다. 이 프로그램의 구성은 그림-1과 같고 時間値算出을 위한 入力方法과 結果는 표-2, 3과 같다.

표-2. 입력방법의 예

```

Element number      :      1
Description of motion :  Reach to pen(12")

Analyze a description of motion into its elements

Body member      ~  A
Distance or Angle ~  12
Weight or Resistance ~
Definite stop    ~  0
Directional control ~
    care          ~
Change direction ~
Proportion       ~  1
    
```

표-3. WF법에 의하여 계산된 시간치 계산 예

Page No. =

01/01/88

Detailed Work-Factor Analysis

Element number	Element Description	Motion Analysis	Work-Factor Time Units (0.0001min)	Cumulative Time Units (0.0001min)
1	Reach to pen (12")	A12D	65	65
2	Grasp pen	1/2F1	8	73
3	Move to paper	A12D	65	138
4	Position pen	F1SD	29	167
5	Make 1st stroke X	F1D	22	190
6	Position pen	F1D	23	213
7	Make 2nd stroke X	F1D	22	235
8	Move pen to holder	A12SD	85	321
9	Insert pen in hold	F1P	22	344
10	release pen	1/2F1	8	352
11	Move arm to paper	A12D	65	417

\*\*\* Total \*\*\* 417

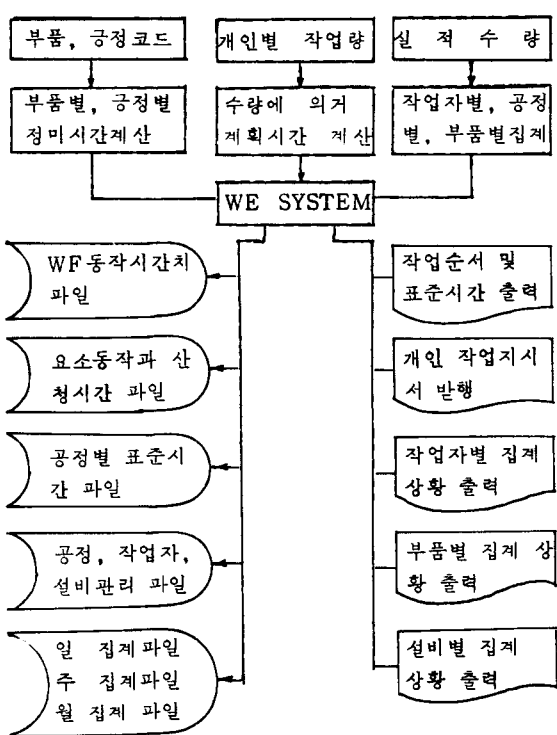


그림-1. WF 프로그램 구성도

2.2 需要豫測 및 工數計算의 dBase化

豫測技法은 大別하여 定性的인 技法과 計量的인 技法으로 나눌 수 있는데 計量的인 技法은 다시 時系列分析과 因果型模型으로 나눌 수 있다. [1] 이러한 技法들은 적용할 分野別로 각기 長短點이 있고 특징이 있으며 豫測의 正確度와 計算에 所要되는 經費에 따라 技法을 선정하는 기준이 달라진다.

그러므로 여기서는 正確度나 費用面에서 他技法에 比하여 經濟的이며 믿음만한 時系列分析法으로서 最小 二乗法, 지수평활법, 계절지수형 이동평균법, 상관 회귀분석을 위한 통계적 계산과 이와 관련된 작업할당량이나 工數計算을 dBase III언어를 이용한 data file의 生産資料를 이용하여 컴퓨터와 문답식으로 入力하고 計算하여 出力할 수 있게 프로그램하였다. 표-4, 5는 工數計算의 入出力 例이고 표-6, 7은 豫測值計算의 入出力 例이다.

표-4. 공수계산 입력표

```

=====
WRITE VALUE IN EACH CASES
-----
Direct standard man-hour :      2100.00
Work center effectiveness :      0.750
      *
Mechanics or workers          :      6
Number of working hour/day :      8
      Working shift/day :      2
      Number of product /day :      3
      Units in total projects :      400
      Legal holiday :      11
      Total work center effec. :      0.800
Indirect standard man-hour :      0.4
=====
    
```

표-5. 공수계산 출력표

```

=====
OUTCOME
-----
Direct man-hour worked/station/day :      96.00
      Flow time :      29.17
      Flow time by calendar day :      40.83
      Production station :      87.50
Direct workers required/shift :      525.00
      Total project period :      230.50
      Total workers required/shift :      689.00
=====
    
```

표-6. 수요예측 계산 입력방법 예

```

-----
Data Input
-----
YEAR 1980          QUARTER1 1582
NAME SALES         QUARTER2 456
CODE  A-11         QUARTER3 256
                      QUARTER4 456
-----

DO YOU WANT TO CANCEL ? ( Y/N )
DO YOU WANT TO TERMINATE ? ( Y/N )  N

-----
Forecasting Menu
-----
Option :
0 . EXIT
1 . Input data & Append
2 . Forecasting by Least Squares &
   Exponential
3 . Forecasting by Moving Average
4 . Forecasting by Exponential
   Smoothing
-----

Please printer setting....

Select number : 2
    
```

표-7. 수요예측계산의 입력과 출력 예

```

-----
Input Data
-----
YEAR QUARTER-1 QUARTER-2 QUARTER-3 QUARTER-4 SUM
1978 190000    270000    300000    220000    1080000
1979 280000    420000    310000    180000    1190000
1980 270000    260000    280000    190000    1100000
1981 200000    430000    290000    200000    1220000
1982 220000    440000    220000    220000    1300000

*** The values resulting from a Straight line
and a Curve ***
YEAR ACTUAL STRAIGHT-LINE FIT CURVED-LINE FIT
      Y      Y=A+BX      Y=A(B^X)
1978 1080000 1084000 1085725
1979 1190000 1131000 1129588
1980 1100000 1178000 1172222
1981 1220000 1225000 1222700
1982 1300000 1272000 1272096

1983 1319000 1323486
1984 1360000 1376956
1985 1413000 1422584
    
```

3. 發見的技法에 의한 그림日程計劃

3.1 모델의 구성

多段階흐름生産工程에서 總工程處理時間을 최소화하기 위한 數學的 모델을 설정하기 위하여 다음과 같은 조건을 전제로 하고 문제를 定式化한다.

① 다단계생산공정은 공정별로 특정한 작업순서에 의하여 K개의 공정이나 기계로 구성된다. 공정의 단계나 기계인덱스는 K로 표시한다(K = 1, 2, ..., k).

② 가공할 부품은 M개의 그룹으로 분류하고 그룹 인덱스는 i로 표시한다(i=1, 2, ..., M). 그룹 i는 G<sub>i</sub>로 표시하고 그 그룹에 속하는 N개의 부품수는 N<sub>i</sub>로 표시하며 부품인덱스는 j로 한다(j=1, 2, ..., n<sub>i</sub>).

가공해야 할 全部品數는  $N = \sum_{i=1}^n n_i$ 이다. 또한 그룹  $i$ 에 속하는 가공해야 할 부품  $j$ 는  $J_{i,j}$ 로 표시한다.

③ 모든 부품들은 항상 처음부터 가공가능하다( $t=0$ ).

④ 생산공정의 모든 단계에서 그룹순서와 작업순서는 동일하다.

⑤ 그룹加工時間은 그룹작업준비시간에 그 그룹에 속한 모든 부품의 가공시간을 합한 것과 같다. 즉 기계  $M_K$ 에서 가공할  $G_i$ 의 작업준비시간은  $S_{i,K}$ 로 표시하고  $j$ 가 부품의 가공시간은  $P_{i,j,K}$ 로 표시한다. 기계  $M_K$ 에서 가공할  $G_i$ 의 모든 부품을 가공하는 시간을  $P_{i,K}$ 라 하고 작업준비시간을 포함한 총생산시간을  $Q_{i,K}$ 라 하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_{i,K} = \sum_{j=1}^{n_i} P_{i,j,K} \dots \dots \dots (1)$$

$$S_{i,K} + P_{i,K} = Q_{i,K} \dots \dots \dots (2)$$

⑥ 이 그룹 日程計劃의 비교기준은 가공할 全部品을 처음 생산하기 시작했을 때부터 마지막 부품의 가공이 모두 완료될 때까지 경과된 총공정처리시간이 된다. 총공정처리시간은 그룹별 작업준비시간, 공정별 작업시간, 공정별 기계의 유휴시간의 합으로 나타내고 이를 數式으로 표시하면 다음 식(3)과 같다. 부호  $\diamond$ 는 최적 그룹일정계획에서 그룹 또는 작업의 순위를 나타낸다. 예를들면  $G_{i_1} = G_{\xi_1}$ 는 최적그룹일정계획에서 그룹  $\xi$ 는  $i$ 번째에 가공됨을 나타내고  $J_{i_1, \dots, i_1} = J_{\xi_1, \dots, \xi_1}$ 는 그룹  $\xi$ 의  $n$ 작업의  $i$ 번째 가공됨을 나타낸다. 기계  $M_K$ 에서 가공하는 작업  $J_{i_1, \dots, i_1}$ 의 加工完了時間을  $F_{i_1, \dots, i_1, K}$ 라 표시하면,

$$F_{i_1, \dots, i_1, K} = \sum_{\xi=1}^{n_i} (D_{i, \xi, K} + Q_{i, \xi, K}) + S_{i, K} + \sum_{j=1}^{n_i} (d_{i_1, \dots, i_1, j, K} + P_{i_1, \dots, i_1, j, K}) \dots \dots \dots (3)$$

여기서

$$D_{i, \xi, K} = \sum_{j=1}^{N_{\xi}} d_{i, \xi, j, K} \cdot d_{i_1, \dots, i_1, j, K} = F_{i_1, \dots, i_1, K-1} - F_{i_1, \dots, i_1, K} \dots \dots \dots (4)$$

로 표시할 수 있으며  $D_{i, \xi, K}$ 는  $(j-1)$ 번째 작업을 끝내고  $j$ 번째 작업을 시작하기 전에 기계  $M_K$ 의 유휴시간이다.

또 작업  $J_{i_1, \dots, i_1}$ 의 총작업공정시간을 식(3)으로부터 다음과 같이 얻어지고

$$F_{i_1, \dots, i_1} = F_{i_1, \dots, i_1, K} = \sum_{\xi=1}^n (D_{i, \xi, K} + Q_{i, \xi, K}) + S_{i, K}$$

$$+ \sum_{j=1}^{n_i} (d_{i_1, \dots, i_1, j, K} + P_{i_1, \dots, i_1, j, K}) \dots \dots \dots (5)$$

$N$ 개의 부품 모두를  $K$ 대의 기계에서 단계별로 처리하는데 소요되는 총공정처리시간을 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$F = F_{M_1, N, M_1} = \sum_{K=1}^M (D_{i, \xi, K} + Q_{i, \xi, K}) \dots \dots \dots (6)$$

이 총공정처리시간  $F$ 를 최소화하는 것이 그룹일정계획의 평가척도가 된다. [4]

### 3.2 Petrov-Ham의 그룹日程計劃

Petrov-Ham의 방법은 원래 여러대의 기계에 작업을 스케줄링하는 문제를 기계가 두대 있다고 가상하므로써 문제를 單純化하여 가능한 한 적은 양의 계산으로 근사 최적의 일정계획을 구하는 방법이다. 이 방법은 먼저 각 그룹내의 부품의 가공순서를 결정하고 그 다음에 그룹의 가공순서를 결정한다.

각 그룹  $G_i$ 에서 작업의 가공순서를 결정하기 위하여 우선 다음 식(7)과 같이  $K$ 대의 기계에서 가공해야 할 각 작업시간을 가상의 두대의 기계문제로 가공시간을 나눈다.

$$P'_{i,1} = \sum_{K=1}^h P_{i,1,K}$$

과

$$P'_{i,2} = \sum_{K=h+1}^k P_{i,2,K} \dots \dots \dots (7)$$

여기서  $K$ 의 값이 짝수이면  $h = \frac{k}{2}$ 이고  $h' = h+1$ 이라

하며  $K$ 의 값이 홀수이면  $h = h' = \frac{k+1}{2}$ 이라 한다.

다음은 작업의 가공순서를 정하는 일로서 아래와 같은 두가지 규칙에 의해 구해진 순서중에서 총공정시간이 최소가 되는 것을 택한다.

규칙 1. (A) 만일  $P'_{i,1} < P'_{i,2}$ 이면 가공순서를  $P'_{i,1}$ 의 값이 증가하는 순서(ascending order)로 정하고 (B) 만일  $P'_{i,1} < P'_{i,2}$ 이면 가공순서를  $P'_{i,2}$ 의 값이 감소하는 순서(descending order)로 차례를 정한다.

규칙 2. 모든 작업의 가공순서는  $(P'_{i,1} - P'_{i,2})$ 의 값이 감소하는 순서로 차례를 정한다.

이상의 두개의 규칙을 적용하여 각 그룹안에서의 작업공정순서를 정하고 다음은 식(8)에 의하여 그룹의 가공순서를 정한다. 그룹의 가공순서는 우선 식(2)에 의하여  $Q_{i,k}$ 를 계산한 다음 먼저의 각 기계별 작업 가공시간  $P_{i,k}$  대신에 그룹공정시간  $Q_{i,k}$ 를 먼저의 규칙들

를 적용하여 그룹의 가공순서를 결정한다.

$$Q_i = \sum_{k=1}^3 Q_{ik}, Q' = \sum_{k=1}^3 Q_{kk} \dots\dots\dots 8'$$

이렇게 그룹의 가공순서를 결정한 다음 총공정처리 시간을 결정할 경우 앞에서 결정된 작업별 가공순서를 그대로 사용한다. (3)

3.3 프로그램의 개요

프로그램은 IBM-PC의 호환기종에서 쉽게 사용할 수 있도록 BASIC언어로 작성되었으며 자료의 입력을 컴퓨터와 대화형식으로 하게 작성되었다.

그림-2는 프로그램의 흐름을 이해할 수 있는 개략적인 흐름이다.

3.4 적용사례

4개의 部品族으로 형성된 14개의 部品들을 5台的 기계에서 단계적으로 加工하는데 각 工程에서의 加工時間을 표-8과 같고 이를 앞에서 작성된 프로그램에 적용하여 처리한 결과는 표-9와 같다. 이 결과에 의한 그룹일정순서는 그룹 2→그룹 1→그룹 4→그룹 3의 순으로 가공되며 각 그룹내에서의 部品別 加工順序는 J<sub>22</sub>→J<sub>21</sub>→J<sub>23</sub>→J<sub>24</sub>; J<sub>13</sub>→J<sub>11</sub>→J<sub>12</sub>; J<sub>44</sub>→J<sub>42</sub>→J<sub>43</sub>→J<sub>41</sub>; J<sub>32</sub>→J<sub>33</sub>→J<sub>31</sub> 순으로 加工하면 총공정 처리시간은 1091시간이 소요된다.

4. 시뮬레이션에 의한 日程計劃의 評價

4.1 모델의 구성

일반적으로 工程을 模型化하려면 加工될 原料가 公장에 入荷되어 정해진 工程經路를 통하여 가공된 후 제품으로 出庫되는 하나의 特機行別過程으로 나타낼 수 있다. 이러한 생산시스템은 작업의 到着類型과 기계의 加工時間 및 出庫過程의 세개의 基本事象(event)으로 구성된다. 또한 가공해야 할 작업이 두개 이상

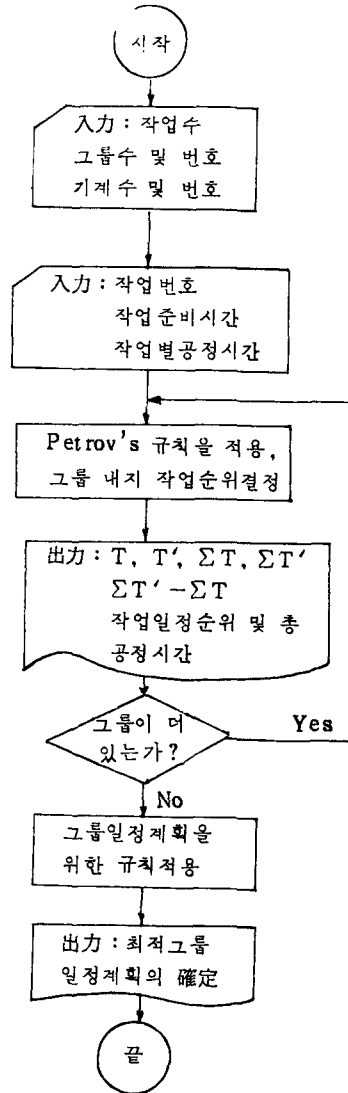


그림-2. 그룹日程計劃프로그램의 흐름도

표-8. 그룹일정계획 자료

그룹	G <sub>1</sub>				G <sub>2</sub>				G <sub>3</sub>			G <sub>4</sub>						
	J <sub>11</sub>	J <sub>12</sub>	J <sub>13</sub>		J <sub>21</sub>	J <sub>22</sub>	J <sub>23</sub>	J <sub>24</sub>		J <sub>31</sub>	J <sub>32</sub>	J <sub>33</sub>		J <sub>41</sub>	J <sub>42</sub>	J <sub>43</sub>	J <sub>44</sub>	
작업(부품)																		
작업준비시간																		
및																		
공정처리시간	S <sub>1</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	S <sub>2</sub>	P <sub>21</sub>	P <sub>22</sub>	P <sub>23</sub>	P <sub>24</sub>	S <sub>3</sub>	P <sub>31</sub>	P <sub>32</sub>	P <sub>33</sub>	S <sub>4</sub>	P <sub>41</sub>	P <sub>42</sub>	P <sub>43</sub>	P <sub>44</sub>
기계 1	30	41	75	32	10	50	30	70	48	15	29	26	72	25	47	27	78	22
기계 2	15	65	75	25	20	41	28	20	34	25	55	20	66	30	71	69	45	42
기계 3	25	39	68	62	15	22	41	56	48	30	46	37	40	10	29	42	73	35
기계 4	30	79	71	73	30	41	48	54	29	20	37	51	47	25	38	75	74	68
기계 5	10	52	61	54	25	55	64	62	52	10	31	28	62	35	24	57	29	17

표-9. 그룹일정계획 결과

The Optimal Group & Job Sequence is:

Group	2	Job Order:	2 - 1 - 7 - 4
Group	1	Job Order:	7 - 1 - 2
Group	4	Job Order:	4 - 3 - 5 - 3
Group	3	Job Order:	3 - 3 - 1

TOTAL PROCESSING TIME IS: 1094

될 때에는 어떤 작업을 어느 기계에서 언제 가공하는가에 따라 총생산공정시간과 設備移動率에 영향을 미치게 되며 이를 위한 작업스케줄링은 여러개의 작업을 어떤 순위로 加工하느냐에 따라 그 결과가 달라진다. 그러므로 이 모델은 m개의 작업 또는 부품을 n대의 기계에서 처리하는 job shop 스케줄링에 가장 유리한 결과를 찾아내기 위해 첫째 3.3에서 프로그램된 Petrov-Ham의 方法과 分岐限界法에 의한 스케줄링 方法의 結果를 시뮬레이션을 통하여 평가하고, 둘째 다음 작업순위원칙들을 시스템모델에 적용하여 결과분석토록 프로그램하였다. 작업순위원칙들은 ① 納期日 優先原則, ② 最短處理時間原則, ③ 最小餘裕時間原則, ④ 最大值原則, ⑤ 最小值原則 등이다.

이 모델은 model frame과 experimental frame으로 구성되어 있으며 model frame은 수학적·논리적 계산을 시스템 자체에서 시행하도록 구성되어 있고 job shop내에 도착되는 각 부품들은 서로 다른 部品番號, 部品數, 롯드의 크기, 納期, 工程經路, 도착시간의 유형 등을 가지고 있다.

各種 機械는 편의상 기계명으로 구별하지 않고 기계의 번호를 부여하였다. 각 기계들은 부품의 그룹을 구분하여 가공할 수 있도록 m개의 다른 queueing system과 set-up time, 운반시간등의 subsystem으로 구성된다.

시뮬레이션의 결과는 기계별 공정시간, 기계의 활용률, 부품별 평균생산시간, 기계별 부품의 대기수(工程在庫), 總工程處理時間 등의 統計資料를 계산할 수 있도록 되었다. 그림-3은 이 공정모델의 시뮬레이션 Block Diagram 이다. Experimental frame은 model frame에 의하여 작성된 system model에 실험하고자 하는 조건들을 부여하고 이를 施行하는 역할을 한다. 프로그램은 모델의 특성에 따라 작성되나 필요에 의하여 모두 24개의 element들을 이용할 수 있고 이 스케줄링모델을 Project, Discrete, Resources, Tallies, Dstate, Parameters, Initialize, Rankings 등의 8개의 element로 구성되었다.

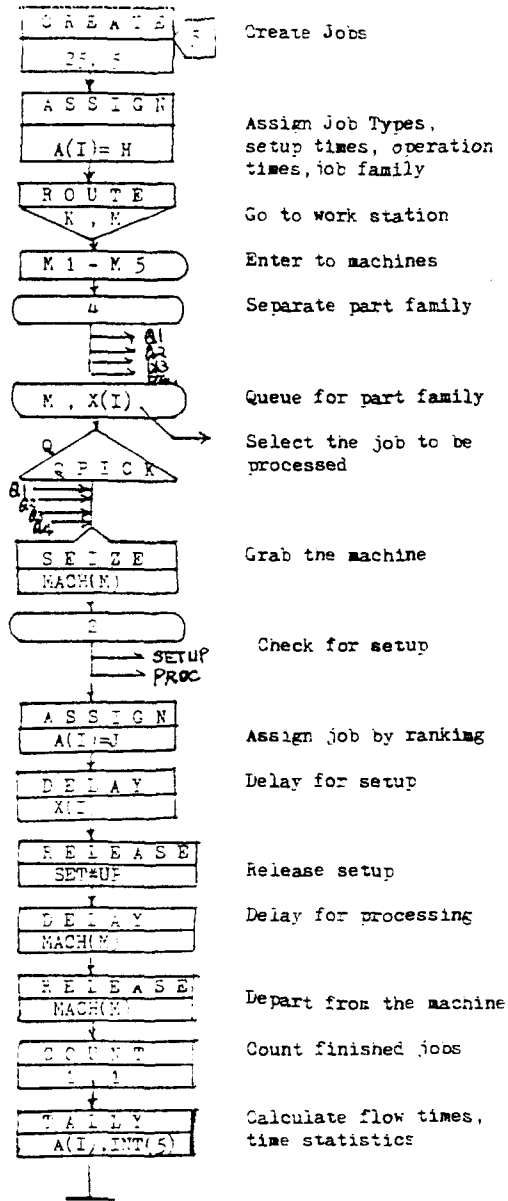


그림-3. 공정시뮬레이션모델의 Block Diagram

4.2 적용사례

5개의 기계로 구성된 5단계 job shop에서 4개의 그룹 14종의 다른 部品를 加工하기 위한 日程計劃順序를 分岐限界法을 이용하여 求한 最適解와 發見의 技法인 Petrov-Ham의 方法으로 구한 近似最適스케줄을 各기同一한 工程시뮬레이션 모델에 적용하여 生産에 所要된 總工程處理時間, 部品別 平均工程所要時間, 기계別 部品の 工程在庫數, 기계의 活用度, 總生産加

工)量 등을 評價程度로서 비교하여 두 方法의 有效性을 평가하였다. 평가상의 기준을 동일화하기 위하여 [3]에서 사용하였던 諸生産資料를 이 實驗에서도 사용하였다.

이 생산자료에 의하여 工程을 模擬實驗한 結果 分岐限界法에 의한 스케줄링順과 Petrov-Ham의 方法에 의한 스케줄링順의 모의실험 結果는 表-10, 11과 같다.

### 4.3 結果分析

表-10과 11의 모의실험 結果에 의하면 14種의 部品을 各 部品別로 5개씩 總 70個의 部品을 生産하는데 所要된 總工程處理時間은 分岐限界法에 의한 作業順序로는(이하 plan 1이라 함) 1,089時間(45.38日)이 소요되었고 Petrov-Ham의 법(이하 plan 2라 함)으로는 1,138時間(47.52日)이 所要되었다. plan 1은 plan 2보다 총공정처리시간면에서 4.5% 약 2日間の 工程을 단축시킬 수 있음을 나타내 준다. 部品別 平均工程所要時間은 Tally Variables의 번호 1부터 14번까지에서 볼 수 있는 바와같이 全部品の 平均値가 plan 1은 657.68 시간인데 비해 plan 2는 673.87시간으로 평균 16.21時間이 빨리 처리된다. 기계별 부품의 대기수, 즉 工程在庫와 기계의 活用程度는 plan 1이 평균 4.96개의 재고와 3.49倍의 活用度를 나타내고 plan 2는 평균 4.94개의 재고와 3.35배의 活用度로서 두 plan이 별 차이를 나타내지 않는다. 이 실험에서 기계의 活用度가 3.35배나 되는 理由는 一時에 한번에 負荷를 걸어주었기 때문이라고 생각된다.

### 5. 結 論

본 연구에서는 dBase 3를 이용한 data file작성의 용이성과 응용성을 활용하여 국내 중소기업에서 값싼 IBM-PC 호환기종을 사용하여 工程計劃의 전산화를 試圖해 보고자 WF法에 의한 標準作業時間의 算出, 時系列方法에 의한 統計的 需要豫測으로 最小자승법, 이동평균법, 지수평활법, 곡선의 지수적 직선화법과 공수계획법 등을 dBase Ⅲ를 이용하여 프로그래밍하였다. 日程計劃은 BASIC언어를 사용하여 발견적 그룹 스케줄링방법인 Petrov-Ham의 기법을 적용하였고 이 順序에 의하여 작업을 수행시켰을 경우 각 공정간의 공정사항을 모의실험을 통하여 분석해 볼 수 있도록 SIMAN 시뮬레이션언어를 사용하여 실험모델을 작성하였다. 시뮬레이션 結果는 總공정처리시간, 기계별 공정재고, 기계의 효율, 부품별 평균공정소요시간 등을 계산하고 실험을 적용하여 타 일정계획과의 有效性을 評價하였다.

表-10. 分岐限界法에 의한 스케줄

IBM Summary Report

Run Number 11

Project: IT SCHED BY METHOD  
 Analyst: YKOHNO YKINM  
 Date: 12/24/1987

Run ended at time: 1.189E+04

Tally Variables

NUMBER	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	NUMBER OF OBS.
1	PART1 FLOWTIME	1276E+02	1088E+02	1750E+02	1900E+02	5
2	PART2 FLOWTIME	1748E+02	1220E+02	1220E+02	2220E+02	5
3	PART3 FLOWTIME	1722E+02	1789E+02	1400E+02	2300E+02	5
4	PART4 FLOWTIME	1228E+02	1467E+02	1240E+02	2170E+02	5
5	PART5 FLOWTIME	2278E+02	2278E+02	2110E+02	2440E+02	5
6	PART6 FLOWTIME	3148E+02	1780E+02	1800E+02	3000E+02	5
7	PART7 FLOWTIME	3732E+02	1229E+02	3000E+02	4000E+02	5
8	PART8 FLOWTIME	1708E+02	1748E+02	1600E+02	2100E+02	5
9	PART9 FLOWTIME	1234E+02	1497E+02	1170E+02	2000E+02	5
10	PART10 FLOWTIME	1986E+02	1766E+02	1600E+02	2300E+02	5
11	PART11 FLOWTIME	1736E+02	1748E+02	1570E+02	2140E+02	5
12	PART12 FLOWTIME	1818E+02	1742E+02	1470E+02	2100E+02	5
13	PART13 FLOWTIME	1228E+02	1742E+02	1190E+02	1600E+02	5
14	PART14 FLOWTIME	3768E+02	1742E+02	1280E+02	4110E+02	5

Discrete Change Variables

NUMBER	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	WACH1 QUEUE	1.90E+02	1.90E+02	0.00E+00	2.00E+02	1.089E+04
2	WACH2 QUEUE	1.602E+01	1.244E+01	0.00E+00	1.00E+02	1.089E+04
3	WACH3 QUEUE	3.979E+00	1.587E+01	0.00E+00	3.400E+01	1.089E+04
4	WACH4 QUEUE	1.133E+01	1.222E+01	0.00E+00	3.000E+01	1.089E+04
5	WACH5 QUEUE	1.232E+01	1.222E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.089E+04
6	WACH6 UTIL	1.222E+01	1.232E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.089E+04
7	WACH7 UTIL	1.222E+01	1.248E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.089E+04
8	WACH8 UTIL	1.278E+01	1.994E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.089E+04
9	WACH9 UTIL	1.186E+01	1.782E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.089E+04
0	WACH0 UTIL	1.242E+01	1.782E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.089E+04

Counters

NUMBER	Identifier	Count	Limit
1	JOBS PROCESSED	70	70

表-11. Petrov-Ham방법에 의한 스케줄링 結果

IBM Summary Report

Run Number 12

Project: IT SCHED BY METHOD  
 Analyst: YKOHNO YKINM  
 Date: 12/24/1987

Run ended at time: 1.138E+04

Tally Variables

NUMBER	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	NUMBER OF OBS.
1	PART1 FLOWTIME	1270E+02	1088E+02	1750E+02	1910E+02	5
2	PART2 FLOWTIME	1748E+02	1220E+02	1220E+02	2300E+02	5
3	PART3 FLOWTIME	1722E+02	1789E+02	1400E+02	2300E+02	5
4	PART4 FLOWTIME	1228E+02	1467E+02	1240E+02	2120E+02	5
5	PART5 FLOWTIME	2278E+02	2278E+02	2110E+02	2400E+02	5
6	PART6 FLOWTIME	3148E+02	1780E+02	1800E+02	3000E+02	5
7	PART7 FLOWTIME	3732E+02	1229E+02	3000E+02	4000E+02	5
8	PART8 FLOWTIME	1708E+02	1748E+02	1600E+02	2100E+02	5
9	PART9 FLOWTIME	1234E+02	1497E+02	1170E+02	2000E+02	5
10	PART10 FLOWTIME	1982E+02	1762E+02	1600E+02	2300E+02	5
11	PART11 FLOWTIME	1736E+02	1748E+02	1570E+02	2100E+02	5
12	PART12 FLOWTIME	1818E+02	1742E+02	1470E+02	2100E+02	5
13	PART13 FLOWTIME	1228E+02	1742E+02	1190E+02	1600E+02	5
14	PART14 FLOWTIME	3772E+02	1742E+02	1280E+02	4110E+02	5

Discrete Change Variables

NUMBER	Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1	WACH1 QUEUE	1.867E+02	1.872E+02	0.00E+00	2.00E+02	1.138E+04
2	WACH2 QUEUE	1.608E+01	1.202E+01	0.00E+00	1.000E+02	1.138E+04
3	WACH3 QUEUE	1.772E+00	1.802E+01	0.00E+00	1.700E+01	1.138E+04
4	WACH4 QUEUE	1.208E+01	1.222E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.138E+04
5	WACH5 QUEUE	1.232E+01	1.222E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.138E+04
6	WACH6 UTIL	1.248E+01	1.230E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.138E+04
7	WACH7 UTIL	1.222E+01	1.248E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.138E+04
8	WACH8 UTIL	1.278E+01	1.994E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.138E+04
9	WACH9 UTIL	1.190E+01	1.782E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.138E+04
0	WACH0 UTIL	1.242E+01	1.782E+01	0.00E+00	1.000E+01	1.138E+04

Counters

NUMBER	Identifier	Count	Limit
1	JOBS PROCESSED	70	70

연구에 범위와 시간의 제약으로 여기까지 밖에 전산화하지 못한 것을 매우 유감으로 생각하며 앞으로 시간이 허락하는대로 좀더 세부적으로 工程經路計劃 및 MRP를 적용한 자재관리분야의 dBase化를 이루어 보고자 한다.

#### Referemces

1. 김기영, 생산관리, 법문사, 1884.
2. 조규갑·오수철·양태용, "다중 소량 생산의 일정 계획," 대한 산업 공학회, 11(2), pp.57-73, 1985.
3. Hitomi.K. and Haml., "Operations Scheduling for Group Technology Applications," *CIRP Annals*, 25,pp.419-422.1976.
4. Hitomi.K., *Manufacturing Systems Engineering*, Taylor & Francis Ltd. London.1979.
5. Pegden.C.D., *Introduction to SIMAN*, State College.PA., Systems Modeling Corp.,1982.
6. Groover.M.P. and Zimmer.E., *Computer-Aided Design and Manufacturing*, Prentice-Hall,Inc., New Jersey.1984.
7. Niebel.B.W., *Motion and Time Study*.7th.ed.,Richard D.Irwin, Inc., Illinois.1982.
8. Riggs.J.L., *Production Systems*.3rd ed.,John Wiley and Sons,inc.,N.Y.,1981.
9. Jones. E., *Using DBASE III Plus*, Osborne McGraw-Hill, Berkeley, Calif.,1987.
10. Enders.B.Peterson.B., *Basic Primer for the IBM PC and XT*, A Plunce/Waite Book, Otario,1984.