

# 실시간 제어가 가능한 일정 계획 시스템개발<sup>†</sup>

이철수\* · 배상윤\*\* · 이강주\*\*\*

## Development of a Production Scheduling System for the Real Time Controlled Manufacturing System

Lee, Cheol Soo\* · Bae, Sang Yun\*\* · Lee, Kang Joo\*\*\*

### ABSTRACT

This paper involves a study of developing the production scheduling system in a general job shop type mechanical machining factory.

We consider realistic situations in the job-shop environments, such as alternative machines for operation, the new kinds of processes, the machining center with the plural pallet, the operational situation of each machine during the scheduling period, occurings of urgent orders and machine breakdowns. We also propose the methodology of re-schedule. It is very fast and acceptable for real time production control system.

These all functions are implemented on IBM PC and program source is written in PASCAL language.

## 1. 서 론

경영정보시스템(MIS)와 생산관리에 관한 이론이 발전되고 있음에도 불구하고 아직도 실시간(Real time)으로 생산체계를 통제할 수 있는 생산관리 시스템이 흔하지 않은 것은 안타까운 일이다. 특히 생산 기술의 발달에 의하여 많은 생산공정이 자동화되고 있는 현실에서 생산관리는 통

합생산 체계(CIM)를 성취하는데 있어 하나의 걸림돌로 받아들여지고 있다.

생산관리가 CIM 성취의 걸림돌이 되는 것은 생산체계를 운영하는 일정 계획/관리 시스템이 현장에 적용하는데 문제가 있기 때문이다. 그 문제점 중에 하나는 일정계획하는데 걸리는 시간이 길다는 것이고 다른 하나는 일정계획은 한번으로 끝나는 것이 아니라 자재 공급의 착오, 설비의 고장, 작업자의 결근, 상위 생산 계획의 변경 등에

† 이 논문은 화천기공(주)의 연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

\* 전남대학교 공과대학 산업공학과 조교수

\*\* 전남대학교 공과대학 산업공학과 박사과정

\*\*\* (주)터보테크 연구원

의하여 재 일정 계획하는 경우가 빈번하다는 것이다. 이러한 문제점은 간단히 전산화에 의하여 해결되는 문제는 아니다. 전산화하여 컴퓨터의 계산능력에 의존할 수 있지만 전산화에 응용할 적당한 알고리즘이 없고, 할 수 있다고 발표된 알고리즘이나 휴리스틱도 실시간으로 운용하려면 메인프레임 급에서 수행하여야 하는 상황에 있다 [5]. 그러나 일정관리에 관한 문제는 일부 대기업만의 문제가 아니므로 대형 컴퓨터에 의존할 수 없고 간단히 엔지니어링 워크스테이션이나 퍼스널 컴퓨터에서 수행할 수 있으면 하는 것이 업계의 바람이다.

본 연구는 기계 가공 공장의 일정계획 문제를 해결하기 위하여 수행되었다. 대상이 된 공장은 NC 공작기계를 생산하는 업체로서 대략적인 설비의 배치는 그림 1과 같다. 본 연구는 생산 공정 중에서 기계 가공에 해당하는 부분에 대한 일정 계획 문제를 다룬다. 기계 가공 설비는 50여대이고 생산되는 부품의 수는 월간 600여개 이다. 이 회사는 IBM의 COPICS(Communication Oriented Production and Information Control System)를 운영하고 있으므로 생산관리를 비롯한 일반 관리 업무는 이 시스템을 이용하여 하고 있다. 기계 가공의 일정 계획 면에서 COPICS는 각 부품이 기계가공을 하기 시작해야 하는 시간과 기계 가공이 완료되어야 하는 시간을 알려준다. 그러나 우리가 대상으로 하는 공장의 기계 가공은 평균 8 정도의 공정으로 이루어지므로 단순히 기계 가공을 언제 시작해서 언제 끝내라고 하는 것으로 각 가공 설비의 일정계획이 되지 못한다. 실제로 생산 설비를 제어하기 위해서는 COPICS에서 제공되는 부품별 기계 가공의 시작 시간과 완료 시간을 이용하여 각 설비에서 언제, 어떤 부품을 얼마동안 가공하라는 구체적인 작업 일정을 제시하는 것이 필요하다. 이것은  $n$ 개의 기계가

있고 가공할 부품이  $m$ 이고 각 부품의 공정이 상이한, 가장 일반적인 Job shop의 일정 계획(Job shop scheduling) 문제이다.

이러한 공장의 일정 계획 문제는 기계 제약(capacity constraint)과 순서 제약(precedence constraint)을 지키며 생산 계획된 품목을 기계 설비에 할당하는 것이다[4, 6]. 그동안 이 분야에 대한 많은 연구가 있었지만, 이들의 대부분은 제한된 문제의 해결에만 국한한 것으로 Job shop 형태의 생산 체계가 가지는 불확실성과 계산의 복잡함으로 실제 제조 환경에 적용되는 데는 많은 문제점이 있었다[4, 7, 9]. 기존의 연구가 실제 현장에 잘 적용되기 위해서는 원자재 미확보, 기계고장, 긴급품 등의 돌발적인 상황과 공정 진행 상황이 고려되어, 정확하고 빠른 일정 계획을 마련하고 필요한 경우, 즉시 재 일정 계획(reschedule)이 가능해야 한다.

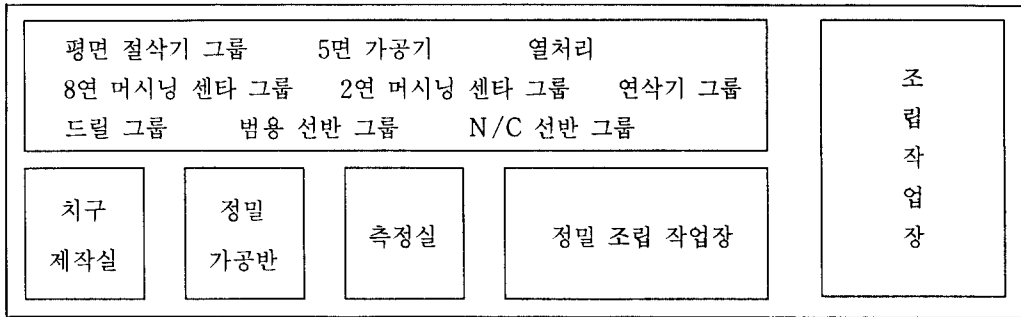
위의 일정 계획 문제의 최적해를 구하는 것은 현실적으로 불가능하고 실시간 관리가 선행되어야 한다면 더욱 그렇다. 이 문제의 해법에 대한 연구는 휴리스틱에 의존하는 것이 일반적이다. 특히 전문가 시스템이나 시뮬레이션 기법을 사용하는 방법이 요즘 활발히 진행 중인데 이 두가지 방법 모두가 시간이 많이 걸린다는 단점이 있어서 현실적으로 실시간 관리에 문제가 있다[3].

## 2. 시스템의 분석과 설계

### 2.1 일정 계획에 관한 정보의 흐름

본 연구에서 개발된 일정 계획 시스템이 운영되기 전의 기계 가공 공장의 일정 계획에 관한 정보의 흐름은 다음과 같다[그림 2 참조].

- ① 전산실의 MRP에서 작성된 월간 생산 계획을 공정 관리실에 알려준다. 이때 CRP를



[그림 1] 공장의 배치도

통하여 작성된 계획이 현장의 상황에 맞는 것인가를 대강 검토한다.

- ② 공정 관리실은 수작업에 의해 주요 설비에 대한 일정 계획을 작성한다.
- ③ 주요설비의 일정 계획이 현장에 전달되면 그 작업지시에 따라 작업을 실시한다. 주요 설비 이외의 것은 적당한 시간에 현장 책임자의 지시에 의하여 실시된다.
- ④ 실제로 작업된 공정에 대해서는 현장에서 공정 관리실로 작업보고가 이루어진다.
- ⑤ 작업보고는 컴퓨터에 기억되지만 그것을 이용하여 지금까지 내려진 일정 계획이 변경되는 않는다.

위의 정보 흐름에 따른 문제점은 생산 현장의 작업 실적에 따른 새로운 일정 계획이 이루어지지 못한다는 것과 대부분의 설비에 대한 일정 계획은 현장에서 임의로 이루어진다는 것이다. 또한 주요 설비에 대한 일정 계획도 현장 책임자의 수작업에 의해 이루어지므로 매우 많은 시간이 소요된다는 것이다.

이와 같은 현황에서 문제점을 보완하기 위하여 본 연구에서 개발된 일정 계획 시스템은 아래와 같은 정보의 흐름을 보장하도록 한다[그림 3 참조].

- ① MRP에서 작성된 월간 생산 계획을 바탕으로 일정 계획을 생성한다. 이때 생성된 일정 계획은 모든 설비의 모든 작업에 대하여 착

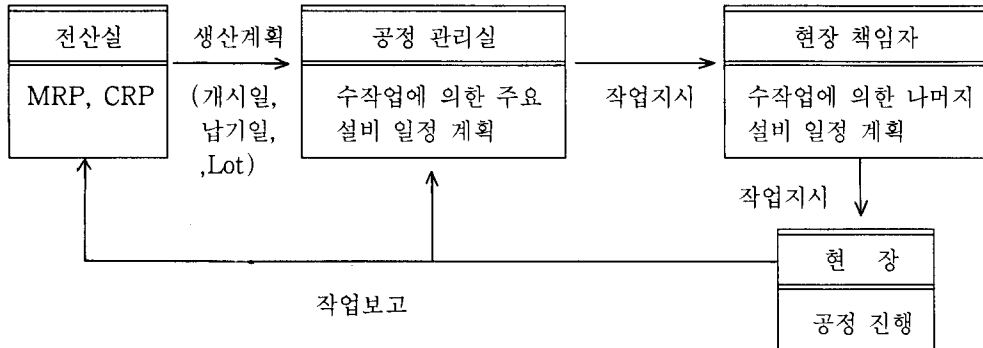
수일(작업의 시작 시간)과 완료일(작업의 완료 시간)을 정확하게 예측하여 계산한다.

- ② 생성된 일정 계획은 생산 현장에 작업 지시된다.
- ③ 현장에서 이루어진 작업은 작업보고가 이루어져 일정 계획 시스템에 반영된다. 따라서 현재의 부하와 작업 상황에 따라 재 일정 계획을 실시하여 현장의 상황을 그대로 반영할 수 있다.

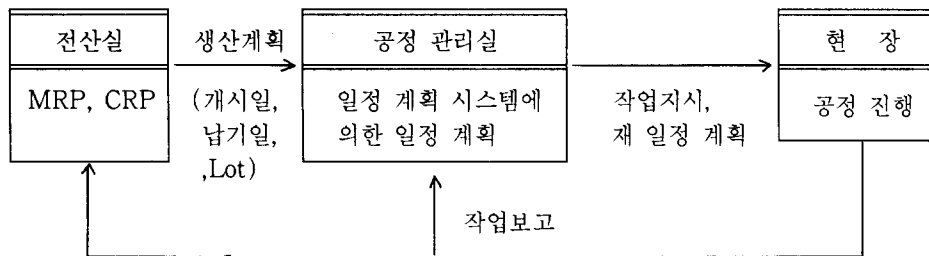
이와 같은 일정 계획 시스템에 의하여 일정 계획 시스템 도입 전의 문제점이었던 생산 현장의 작업 실적에 따른 새로운 일정 계획이 이루어지지 못한다는 것과 대부분의 설비에 대한 일정 계획은 현장에서 임의로 이루어진다는 것, 수작업에 의한 일정 계획에 의하여 시간이 많이 걸린다는 것 등의 문제점이 모두 해결된다. 또한 신제품, 긴급품과 같이 ①의 월간 생산 계획에서 반영하지 못한 것이나 예측하지 못한 기계의 고장, 원소재의 납기 불이행 등에 대해서 능동적으로 대처하게 하여 준다.

## 2.2 분석 및 문제 설정

기계 설비는 대부분 머시닝 센타로 구성되어 있고 이중에는 2연, 8연의 패릿이 부착된 머시닝 센타도 있다. 따라서 생산 형태는 lot를 일괄(batch) 생산하기도 하고 지그/픽스처의 제약으



[그림 2] 기존의 일정 계획 방법



[그림 3] 본 시스템에 의한 일정 계획 방법

<표 1> 대상 업체의 일정 계획을 위한 문제 설정 및 목표

문 제 설 정	품 목	open order, plan order가 같이 일정 계획된다. 가 품목의 개시일, 납기일, lot 수, lot 크기는 다르다.
	공 정	각 품목의 공정 수는 다르고 대체공정, 대안기계[1, 11, 14]가 고려 된다. 지그와 픽스처링 시간 및 가공물 이동 시간은 공정 시간에 포함한다.
	기 계	복수 패릿 기계는 무인 가동될 수 있지만 lot를 일괄생산할 수 없다. 외주 업체 기계는 동시에 여러개 품목이 loading될 수 있다[2].
해 결 목 표	어느 시점의 일정 계획 기간(일정 계획 시작, 끝)도 가능. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 여러가지의 일정 계획을 할 수 있도록 한다[15]. 작업 보고에 의한 공정 진행 상황이 즉시 반영되어 재 일정 계획됨. 신제품, 긴급품, 기계 고장 등의 발생이 즉시 고려되어 재 일정 계획됨. 기계별 매일의 작업 가능 상황(잔업, 철야 등)을 지정[2].	

로 2연, 8연 패킷을 가지는 머시닝 센터에서는 lot가 일괄 생산될 수 없다. 일정 계획 대상인 품목은 open order(공정 진행 중인 품목), plan order(생산 계획 상의 품목)가 같이 포함되어 있어 각 품목의 시작 공정이 첫번째 공정이 아닐 수 있다. 어떤 품목은 공정이 진행되다가 공장외부(외주 가공 업체 또는 대상 공장 이외의 공장 등)로 나갔다가 오는 경우도 있는데, 그 공정의 가공 시간은 생산 lead time이 고려 된다. 이 경우 일정 계획의 기본 제약인 기계제약(capacity constraint)이 무시될 수 있다[2]. 이상의 분석된 상황에 의한 문제 설정 및 일정 계획 시스템의 개발 목표는 표 1과 같다.

### 3. 일정 계획 시스템

#### 3.1 기본 아이디어

본 연구에서 가장 비중을 둔 것은 실시간 일정 관리가 가능하도록 한다는 것이다. 이 전제를 만족하기 위한 아이디어를 도입하여 일정 계획을 하도록 하였다. 아이디어는 다음과 같다. [그림 4]에 보인 것과 같이 일정 계획 시스템을 개념적으로 설비들의 모임과 부품들의 모임(하나의 부품은 여러개의 공정을 거쳐서 만들어진다)으로 분리한다. 둘 사이에는 관리자가 한 명이 있어서 부품을 공정 별로 설비에 할당한다. 이 때 할당되는 설비에 공정을 할당하였을 때 생성되는 일정 계획은 항상 수행 가능한(기계 제약과 공정 간 선행관계를 만족하는)것으로 한다. 항상 수행 가능한 일정 계획이 되기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 조건을 만족하도록 하면 된다.

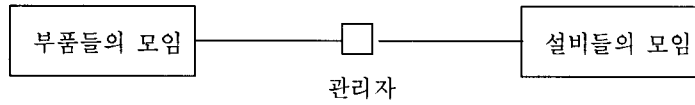
우선 공정 간 선행관계를 만족시켜야 하기 때문에 관리자가 선택하여 설비에 할당할 수 있는 부품의 공정은 반드시 선행 공정이 이미 할당된

것이어야 한다. 관리자가 설비에 부품의 한 공정을 할당하면 그 공정이 설비에서 가공하기 시작하는 시간은 설비가 현재 가공하고 있는 공정이 끝나는 시간과 부품의 선행공정이 가공을 마치는 시간 중에서 시간이 늦는 것을 선택하여 결정한다. 실제로 이 과정에서 많은 상황을 검토하여 좋은 조건의 공정과 설비를 선택하지만 기본적인 아이디어는 단순하게 위와 같은 조건을 만족하는 것으로 가능하다. 물론 이것은 최적해는 아니지만 실행 가능한 일정 계획이고, 이 아이디어를 이용하면 본 연구가 큰 비중을 두었던 실시간 일정 계획이 충분히 가능하고 일정 계획에 걸리는 시간이 놀라울 만큼 단축된다.

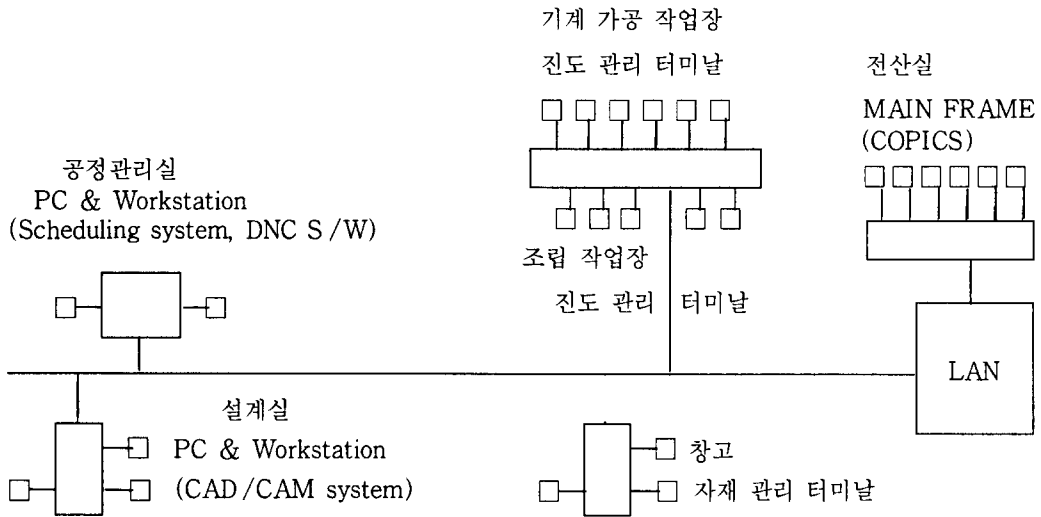
#### 3.2 시스템 구성

개발된 일정 계획 시스템이 운용되는 데 필요한 하드웨어의 구성도는 [그림 5]와 같다. COPICS와 CAD/CAM 시스템은 생산 계획 데이터와 새로 개발된 공정에 관한 정보를 넘겨주고 공장의 가동율, 납기일의 타당성 등에 관한 정보에 의해 각 품목의 개시일, 납기일을 다시 계산하거나 대체 공정등을 개발하여 공장 전체의 부하를 평활화 할 수 있다. 공정 진행 상황은 현장에서 진도 관리 터미날을 통해 즉시 입력되어 재 일정 계획에 반영된다.

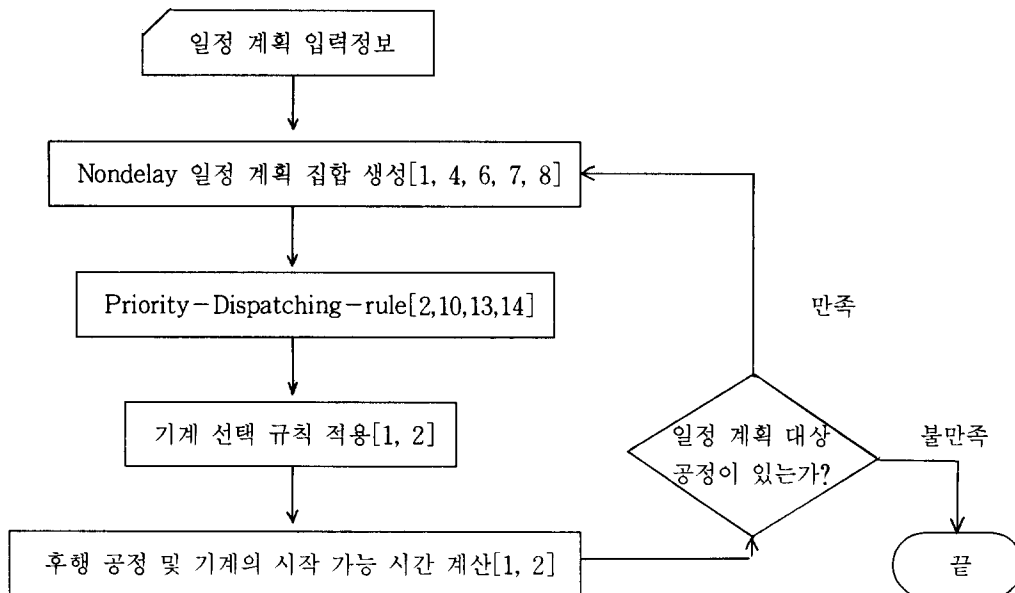
본 연구의 알고리즘은 실제로 IBM PC 호환 기종 이상에서 사용할 수 있도록 프로그램되었다. 상위 시스템인 COPICS와는 LAN에 의하여 데이터를 공유하도록 하였다. 본 시스템에 의하여 작성되는 설비별 작업 지시서를 출력하기 위하여 도트 매트릭스 프린터(dot matrix printer)가 필요하다.



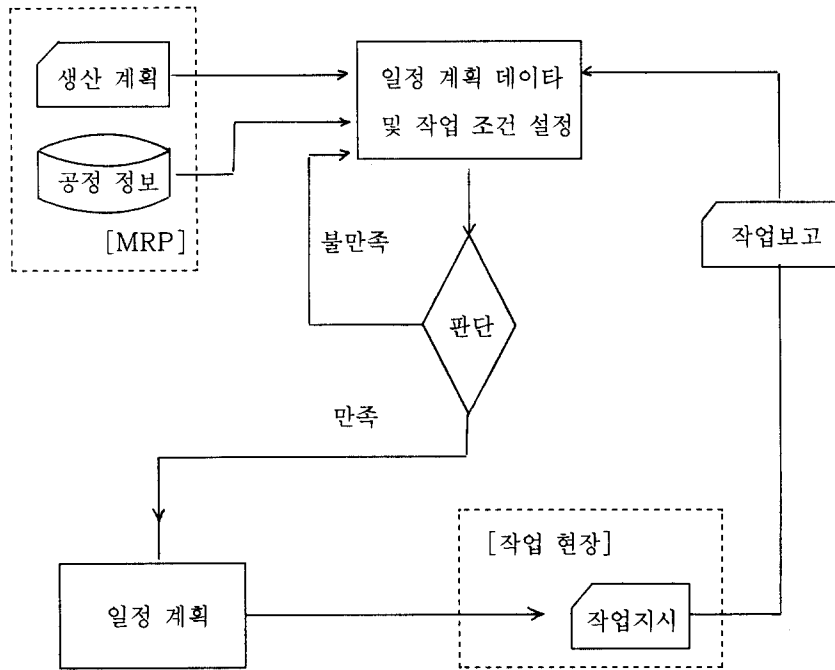
[그림 4] 일정 계획 시스템의 논리적 모델



[그림 5] 하드웨어 구성도



[그림 6] 일정 계획 방법



[그림 7] 일정 계획 시스템의 전체 흐름도

### 3.3 일정 계획 방법 및 절차

개발된 시스템에 사용된 일정 계획 방법과 전체 흐름도는 [그림 6], [그림 7]과 같다.

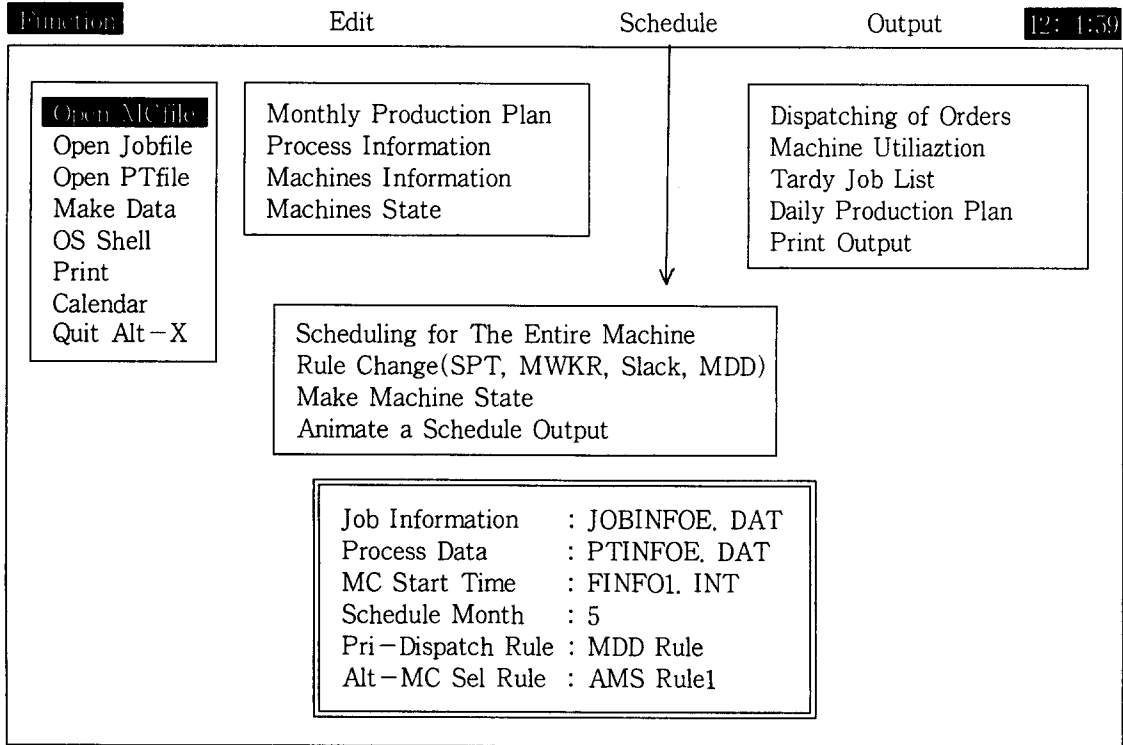
## 4. 시스템의 운용

### 4.1 일정 계획

일정 계획 시스템은 IBM PC와 호환 기종에서 운용되는 것으로서 매우 짧은 시간에 일정 계획이 가능하다(CPU 속도 16MHz의 IBM-PC 호환 기종에서 설비 50개, 품목수 약 600개, 품목당 평균 공정수 8개 정도의 한달 계획이 10초 걸림). 입력되는 데이터의 크기는 전체 기계 100대, 일정 계획 기간 90일, 품목 2000개, 한개 품목에 공정 20, 한 공정의 대안 기계 4대 까지 가능 하다. 각

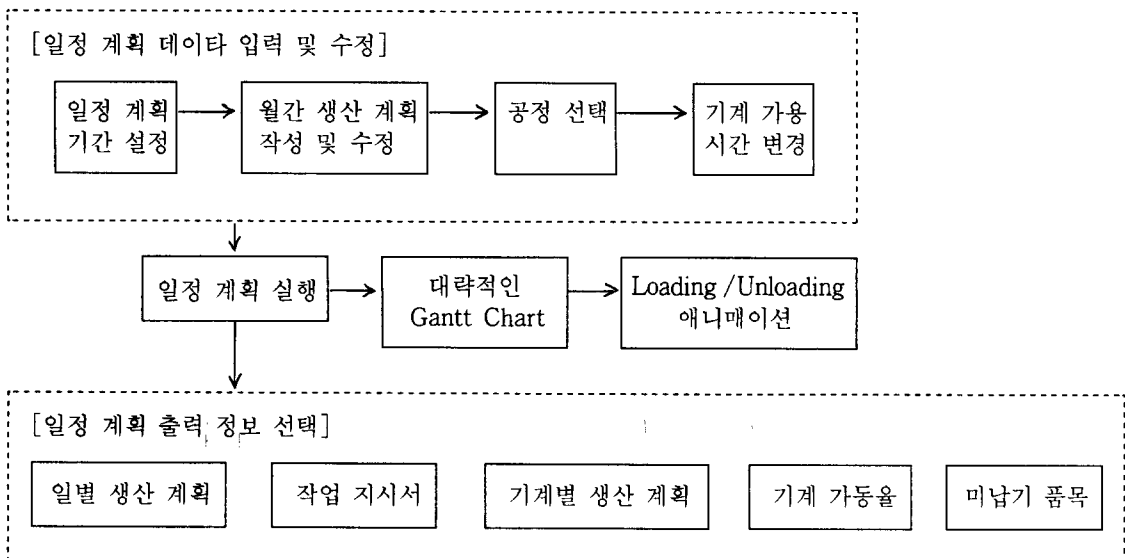
기능은 Pull-down menu와 Pop-up menu로서 통합되어 운용되는데 네개의 주 메뉴와 중앙 하단의 상황판을 도시하면 [그림 8]과 같다.

주 메뉴 Function은 MRP로 부터 받은 월간 생산 계획과 해당하는 공정으로 일정 계획 데이터를 생성한다. 주 메뉴 Edit는 현장의 작업보고에 의해 품목, 공정, 기계별 작업 가능 상태 등을 수정, 재 일정 계획에 사용한다. 주 메뉴 Schedule은 원하는 12개의 우선 순위 규칙중 한개를 선택하여 일정 계획을 실행하고 결과를 직접 애니메이션해 본다. 주 메뉴 Output은 작업 지시서, 기계 가동율, 예상 생산 수량, 미납기(Tardy)품목, 일별 생산 계획을 모니터로 출력한다. 일정 계획을 위한 시스템의 운용 절차는 [그림 9]와 같다.



Function : Open Machine starting time file

[그림 8] 일정 계획 시스템의 주메뉴



[그림 9] 일정 계획을 위한 시스템의 운용



### 4.1.1 입력 정보

시스템의 주입력은 MRP로 부터 받는 품목 정보 화일(월간 생산 계획)로서 이때 생산계획된 품목은 개시일이 같은 달에 있는 open order, plan order를 대상으로 한다. 일정 계획은 먼저 품목과 공정 정보를 자동 입력하고, 일정 계획 기간을 설정한 후 실행한다. [그림 8]의 상황판에는 이미 지정된 각종 화일, 일정 계획 기간, 우선 순위 규칙이 표시되어 있다.

#### ① 일정 계획 기간 설정

주메뉴 Schedule의 Make Machine State를 선택하여 일정 계획 기간(年, 月)을 입력 하면 [그림 12]와 같은 기계 상태(정상 작업, 잔업, 철야)를 자동으로 설정해 준다.

#### ② 월간 생산 계획

입력 데이터중 MRP로부터 받는 월간 생산 계획은 [그림 13]과 같이 자동 작성되고, 품목의 추가나 시작 공정의 변경, 착수일 등의 수정이 필요한 경우에는 주메뉴의 Edit를 선택한다.

#### ③ 공정 선택

월간 생산 계획과 일정 계획 기간을 이용하여 자동으로 공정 정보를 생성하고 [그림 14]와 같

은 editor를 사용하여 공정시간, 대안기계를 수정 · 추가할 수 있고 대체공정으로 변경할 수 있다.

#### ④ 기계 가용 시간 변경

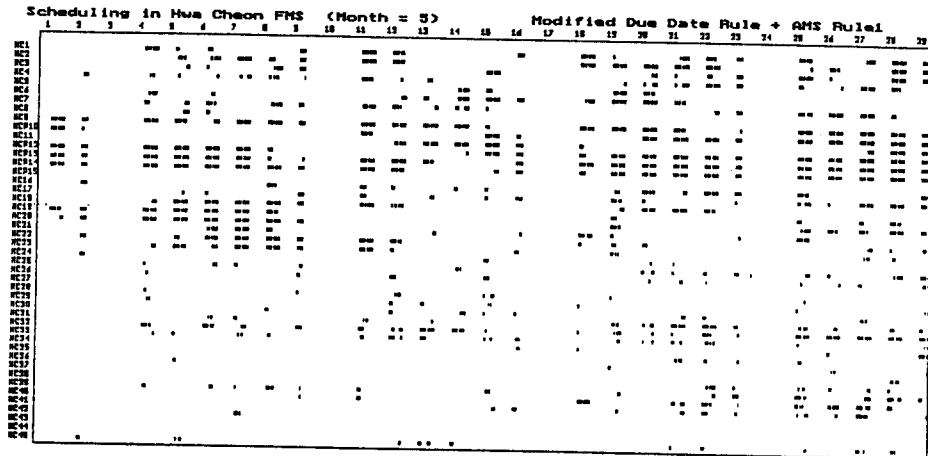
기계 시작 시간은 [그림 15]와 같이 일정 계획 시작 시점으로 자동 설정되는 데, 이는 수정될 수 있다.

### 4.1.2 일정 계획 실행

주메뉴 Schedule의 Scheduling for The Entire Machine을 선택하면 선택된 데이터들을 이용하여 일정 계획에 알맞는 데이터 형태로 변환 시키면서 일정 계획을 시작하고 [그림 10]과 같은 간트 차트가 모니터에 나타난다. 이를 통해 각 기계에 걸리는 작업 부하를 대략적으로 파악할 수 있다. 우선 순위 규칙을 변경하려면 Rule change를 선택한다.

### 4.1.3 출력 정보

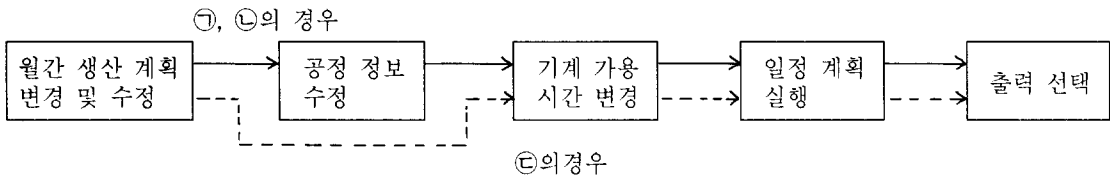
모든 출력 정보는 화면으로 보여주며, 원하는 항목을 프린트하여 볼 수 있도록 되어있다. 다음 <표 2>는 주메뉴 Output의 부메뉴들을 선택 했을 때의 결과를 나타낸다.



[그림 10] 일정 계획 과정을 나타내는 간트 차트

〈표 2〉 주메뉴 Output의 부메뉴에 따른 결과

Dispatching of Orders	[그림 16] 작업 지시서 [그림 17] 기계별 생산 계획
Machine Utilization	[그림 18] 기계별 가동율
Tardy Job List	[그림 19] 납기를 지키지 못한 품목의 공정
Daily Production Plan	[그림 20] 일별 생산 계획
Print Output	[그림 21] 프린트로 출력된 기계 1의 생산 계획 [그림 22] 프린트로 출력된 기계별 가동율 [그림 23] 프린트로 출력된 미납기 품목



〈범례〉

- ㉠ 신제품이나 긴급품 같은 새로운 품목을 추가할 경우.
- ㉡ 일정 계획 결과 많은 품목이 납기일을 지키지 못하는 경우.
- ㉢ 작성된 일정 계획과 실제 작업 진행 상황이 맞지 않는 경우.

〔그림 11〕 재 일정 계획을 위한 시스템의 운용

#### 4.2 재 일정 계획

재 일정 계획이 필요한 상황은 다음과 같다.

- ㉠ 신제품이나 긴급품 같은 새로운 품목을 추가할 경우.
- ㉡ 일정 계획 결과 많은 품목이 납기일을 지키지 못하는 경우.
- ㉢ 작성된 일정 계획과 실제 작업 진행 상황이 맞지 않는 경우.

재 일정 계획 시스템을 운용하기 위한 절차는 [그림 11]과 같다.

- (1) 새로운 품목이 추가되거나 많은 품목이 납기를 지키지 못하는 경우  
주메뉴 Edit, 부메뉴 Monthly Production

Plan를 선택하여 월간 생산 계획[그림 13]에서 생산 품번과 생산 수량, 시작 공정, 공정 시작 시간을 수정하고 추가된 품목을 넣는다. 부메뉴 Process Information를 선택하여 공정 정보[그림 14]를 수정하는데, 추가된 품목에 대한 공정 정보가 이미 존재 한다면 자동 삽입되고 공정 정보가 없으면 새로이 가공 시간과 가능 기계를 기입한다. 부메뉴 Machine Information를 선택하여 기계 정보 [그림 15]에서 재 일정 계획 하려는 시점으로 기계 사용 시간을 수정한다. 부메뉴 Machine State를 선택하여 기계 상태 정보 [그림 12]에서 특정 기계의 잔업, 철야, 고장 등에 대한 정보를 수정해 준다. 부메뉴 Schedule의 Make Machine State를 선택하여 필요할 경우 일정 계획 기간을 다시 입력한다. 이와 같이 수정된 데이

타를 가지고 일정 계획을 실행하고 결과를 출력하여 현장에 작업 지시서를 다시 보낸다.

(2) 일정계획과 실제 작업 상황이 맞지 않는 경우  
월간 생산 계획 Editor [그림 13]를 이용하여

시작 공정, 공정 시작 시간을 재 일정 계획하려는 시점으로 바꾸고 기계 정보 화일 Editor [그림 15]를 이용하여 재 일정 계획 하려는 시점으로 기계 사용 시간을 수정한후, 일정 계획을 실행하여 현장에 작업지시서를 보낸다.

Normal=>1 Overtime=>2 Allnight=>3 Maintenance=>4 Saturday=>5 Sunday =>6

Work Situation Change (Machine/Date) Month = 6

MC	MC Id	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7
1	MP1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
2	MP2	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
3	MP3	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
4	PF1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
5	BF1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
6	KP1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
7	H11	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
8	BH1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
9	V11	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
10	H11	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
11	CK1	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
12	H21	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
13	H22	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
14	H23	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6
15	H24	1	1	1	1	1	5	6	1	1	1	1	1	5	6

F2 Save Esc Quit Machine No => 4

[그림 12] 기계 상태 정보 Editor

Job Information Table

No	Code	Op.	Lot	Pro Stating Ti			Due Date			Oper Start Ti		
				Mon	Day	hr-Mi	Mon	Day	hr-Mi	Mon	Day	hr-Mi
1	030015S	1	2	5	15	8 30	5	22	17 0	5	15	8 30
2	030036	1	10	5	30	8 30	6	24	17 0	5	30	8 30
3	030184	1	5	5	7	8 30	5	29	17 0	5	7	8 30
4	030351	1	2	5	11	8 30	5	29	17 0	5	11	8 30
5	030352	1	1	5	4	8 30	5	29	17 0	5	4	8 30
6	030354	1	2	5	16	8 30	6	2	17 0	5	16	8 30
7	030355	1	2	5	27	8 30	6	8	17 0	5	27	8 30
8	040250	1	10	5	4	8 30	5	16	17 0	5	4	8 30
9	050012	1	2	5	9	8 30	5	16	17 0	5	9	8 30
10	050012	1	1	5	15	8 30	5	22	17 0	5	15	8 30
11	050012	1	2	5	16	8 30	5	23	17 0	5	16	8 30
12	050012	1	1	5	18	8 30	5	25	17 0	5	18	8 30
13	050012	1	3	5	19	8 30	5	27	17 0	5	19	8 30
14	050138	1	2	5	4	8 30	5	16	17 0	5	4	8 30
15	070168	1	20	5	30	8 30	6	12	17 0	5	30	8 30

F2 Save Esc Quit CTRL\_F1 Line Del CTRL\_F2 Line Ins Job No => 4

[그림 13] 월간 생산 계획 Editor

Processing Information Table

Job	JNo	OPNo	PT1	AM1	AM2	AM3	AM4	PT2	AM1	AM2	AM3	AM4	PT3	AM1	AM2
030015S	1	1	4	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
030036	2	3	3	19	20	0	0	3	19	20	0	0	2	22	23
030184	3	4	2	19	20	0	0	2	19	20	0	0	1	39	0
030351	4	6	6	10	0	0	0	8	10	0	0	0	3	7	0
030352	5	4	15	9	0	0	0	6	1	2	3	0	11	1	2
030354	6	2	4	12	13	14	0	4	12	13	14	0	0	0	0
030355	7	2	4	12	13	14	0	4	12	13	14	0	0	0	0
040250	8	1	1	7	0	0	0	2	6	0	0	0	1	33	0
050012	9	1	1	28	29	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
050012	10	1	1	28	29	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
050012	11	1	1	28	29	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
050012	12	1	1	28	29	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
050012	13	1	1	28	29	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
050138	14	5	1	7	0	0	0	2	25	26	0	0	2	28	29
070168	15	1	2	40	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

F2 Save    Esc Quit    CTRL-F1 Line Delete    CTRL-F2 Line Insert    Job No => 8

[그림 14] 공정 정보 화일 Editor

Degree1 = Normal MC, Degree2 = MC with Many Pallet, Degree3 = Out of Factory

MC Information Table

INDEX	DEGREE	MACHINE	SPECIFICATION	MC Start		
				Mon=Day	Hr	Min
1	1	MP1	MPL-2	5	1	8 30
2	1	MP2	MPL-3	5	1	8 30
3	1	MP3	MPL-5	5	1	8 30
4	1	PF1	P-6	5	1	8 30
5	1	BF1	BF-13AQ	5	1	8 30
6	1	KP1	KPL	5	1	8 30
7	1	HI1	HQI	5	1	8 30
8	1	BH1	BH	5	1	8 30
9	1	V11	MPC-2540	5	1	8 30
10	2	H11	MCH-1100J	5	1	8 30
11	1	CK1	COB	5	1	8 30
12	2	H21	HMC-630	5	1	8 30
13	2	H22	HMC-630	5	1	8 30
14	2	H23	HMC-630	5	1	8 30
15	2	H24	HMC-630	5	1	8 30

F2 Save    Esc Quit

[그림 15] 기계 정보 화일 Editor

사번	설비	품번	품명	착수	완료	표준시수	lot시수
	H11	630211A	FRAME	05 07 11 30	05 07 12 00	10	30
실적총시수	대차(계획-실적)		공정번호	I/T,I/C	단위	오더수량	가공불량
			3			3	
합격수량	인수량	인계량	실제시작시간	실제완료시간	총시간	비고	
공정순서	V11→CK1→H11→BJ1→LH2→GS1→TH1						

[그림 16] 프린터로 출력된 작업지시서

F2 : Print

Dispatching of Orders in Machine 11( CK1 )  
Utilization = 64 %

JOB	JNo	Op	Start Time			End Time			Batch	PTime	BPTime		
			Mon	Date	Time=Min	Mon	Date	Time=Min					
621411	32	5	5	12	10	0	5	14	10	30	3	33	99
620411	27	9	5	14	10	30	5	16	9	30	3	30	90
620070A	35	6	5	16	9	30	5	18	9	30	1	21	21
216002	78	6	5	27	13	50	6	3	9	20	5	48	240
406001	137	5	6	4	16	10	6	6	16	40	5	24	120
246001	98	5	6	8	16	40	6	16	12	10	8	36	288
126001	72	6	6	16	12	10	6	23	8	40	6	40	240
126001	134	6	6	23	8	40	6	25	13	40	3	40	120
630245	116	9	6	25	13	40	6	29	15	0	5	25	125
316002	138	5	6	29	15	0	7	3	12	0	3	60	180

Select Machine Number = 11

[그림 17] 기계별 생산 계획

All MC Aver = 40 %  
Avail MC Aver = 43 %

MACHINE	MACHINE SPECIFICATION	UTILIZATION
9	V11 ( MPC-2540 )	91 %
10	H11 ( MCH-1100J )	68 %
11	CK1 ( COB )	64 %
12	H21 ( HMC-630 )	82 %
13	H22 ( HMC-630 )	79 %
14	H23 ( HMC-630 )	88 %
15	H24 ( HMC-630 )	80 %
16	V21 ( VMC-650 )	31 %
17	V31 ( VMC-520 )	29 %
18	H31 ( HMC-560 )	41 %
19	H41 ( HMC-500 )	37 %
20	H42 ( HMC-500 )	47 %
21	BP1 ( 100J )	52 %
22	BJ1 ( BJ-2 )	28 %
23	BJ2 ( BJ-3 )	25 %

[그림 18] 기계별 가동율

Tardy Job List

JOB	JNo	Op	MC	Start Time			End Time			DueDate			BPT
				Mon	Day	Time=Mi	Mon	Day	Time=Mi	Mon	Day	Time=Mi	
(118) 45)													
123001	4	5	H23	5	18	9 30	5	18	10 30	5	15	17 0	54
123001	4	5	H23	5	18	10 30	5	18	11 30	5	15	17 0	54
123002	125	1	H23	5	28	16 30	5	28	17 30	5	27	17 0	18
123001	121	1	H23	5	29	8 30	5	29	10 30	5	27	17 0	36
123002	125	1	H23	5	30	10 30	5	30	11 30	5	27	17 0	18
123001	121	1	H23	5	30	11 30	6	1	10 0	5	27	17 0	36
123001	121	3	H23	6	2	13 50	6	2	16 20	5	27	17 0	45
123001	121	3	H23	6	4	10 10	6	4	13 40	5	27	17 0	45
123001	121	3	H23	6	5	16 50	6	6	10 20	5	27	17 0	45
123001	121	5	H23	6	10	9 50	6	10	10 50	5	27	17 0	18
123001	121	5	H23	6	11	9 0	6	11	10 0	5	27	17 0	18
123001	121	5	H23	6	11	17 10	6	12	9 10	5	27	17 0	18
040189	15	4	V21	5	11	10 40	5	11	11 50	5	9	17 0	7
214059	102	1	V21	5	22	11 40	5	25	10 10	5	22	17 0	60
123010	101	4	V21	5	30	10 30	5	30	11 30	5	22	17 0	6

[그림 19] 납기를 지키지 못한 품목의 공정

Daily Production Plan

JOB	JNo	Op	MC	Start Time			End Time			Lot	PT	BPTime
				Mon	Day	Time=Min	Mon	Day	Time=Min			
(995) (712)												
123010	101	4	V21	5	30	10 30	5	30	11 30	6	1	6
123002	125	1	H23	5	30	10 30	5	30	11 30	3	6	18
311006	110	11	LH2	5	30	10 50	5	30	11 30	2	2	4
313001	145	2	H21	5	30	10 50	6	1	10 20	4	18	72
121002	103	15	GC1	5	30	10 50	6	1	11 50	3	9	27
244005	135	3	BJ1	5	30	10 50	6	2	9 20	10	6	60
241031	95	3	H22	5	30	11 10	6	1	10 10	3	15	120
311006	110	12	GC2	5	30	11 30	6	1	8 40	2	2	4
123005	100	4	V21	5	30	11 30	6	1	9 0	6	1	6
123010	101	5	GS1	5	30	11 30	6	1	9 0	6	1	6
123001	121	1	H23	5	30	11 30	6	1	10 0	3	12	36
512077S	128	3	DR2	6	1	8 40	6	1	10 20	5	2	10
311006	110	13	GI2	6	1	8 40	6	1	10 40	2	6	12
241032	85	11	LH2	6	1	8 40	6	1	11 20	8	2	16
123005	100	5	GS1	6	1	9 0	6	1	10 0	6	1	6

[그림 20] 일별 생산 계획

〈기계 1 (MP1) 생산 계획〉      가동율 = 48%

번호	품명	공정	착수일			완료일			Lot	표준시수	Lot시수
27	620411	1	5	4	8 30	5	5	9 30	3	18	54
25	030352	3	5	6	9 0	5	6	12 0	1	18	18
44	620042	1	5	9	8 30	5	12	16 0	9	12	108
65	316001	2	5	16	8 30	5	19	9 0	4	18	72
78	216002	2	5	21	12 0	5	22	15 0	5	12	60
116	630245	1	5	23	8 30	5	25	16 50	5	13	65
116	630245	4	5	27	12 20	5	29	17 20	5	24	120
116	630245	5	5	29	17 20	6	1	12 20	5	9	45
134	126001	2	6	1	12 20	6	2	10 20	3	12	36

[그림 21] 프린트로 출력된 기계 1의 생산 계획

〈가동율〉 전체 가동율 = 40(43)%

번호	코드	기계 이름	가동율
1	MP2	MPL-2	48
2	MP2	MPL-3	39
3	MP3	MPL-5	31
4	PF1	P-6	29
5	BF1	BF-13AQ	19
6	KP1	KPL	36
7	HI1	HQI	47
8	BH1	BH	11
9	V11	MPC-2540	91
10	H11	MCH-1100J	68
11	CK1	COB	64
12	H21	HMC-630	82
13	H22	HMC-630	79

[그림 22] 프린트로 출력된 기계별 가동율

〈미납기 품목〉

번호	품명	공정	기계	착수일				완료일				납기일	Lot시수			
134	126001	2	MP2	6	1	12	20	6	2	10	20	5	28	17	0	36
72	126001	1	MP2	5	18	8	30	5	22	17	30	5	18	17	0	240
72	126001	2	MP3	5	23	8	30	5	26	9	0	5	18	17	0	72
134	126001	1	MP3	5	28	8	30	6	1	9	0	5	28	17	0	120
4	123001	7	PF1	5	22	15	10	5	23	10	40	5	15	17	0	27
121	123001	7	PF1	6	17	9	40	6	17	11	10	5	27	17	0	9
138	316002	6	BF1	7	3	12	0	7	6	12	30	6	27	17	0	72
4	123001	6	KP1	5	18	11	30	5	21	15	30	5	15	17	0	162
121	123001	6	KP1	6	16	8	40	6	17	9	40	5	27	17	0	54
103	121002	9	HI1	5	25	14	50	5	25	16	50	5	22	17	0	12
121	123001	2	HI1	6	1	10	0	6	1	14	0	5	27	17	0	18
72	126001	5	HI1	6	10	16	30	6	12	11	30	5	18	17	0	72

[그림 23] 프린트로 출력된 미납기 품목

## 5. 결 론

본 연구는 Job shop 형태 공장의 다양한 생산 환경에 대응할 수 있는 가공 일정 계획 시스템 개발에 관한 것이다. 본 연구는 실시간의 일정 관리가 가능하도록 매우 빠른 스케줄을 생성하는 시스템을 개발하는데 주력하였으므로 개발된 시스템은 스케줄링 속도가 매우 빠르다. 이와 같은

빠른 스케줄 생성은 단순한 일정관리 시스템 뿐만 아니라 FMS와 같은 자동화된 시스템의 일정 관리 모듈로 이용하였을 때 컴퓨터의 성능에 구애 받지 않고 매우 현실적인 해답을 제시할 수 있을 것으로 보인다.

개발된 일정 계획 시스템은 대체 공정, 대안 기계를 고려하여 공정의 유연성(routing flexibility)을 활용할 수 있을 뿐 아니라 새로운 대체 공정

을 개발할 수 있도록 유도한다. 또한 기계별 매일의 작업 가능 상황(잔업, 철야, 고장)을 지정할 수 있고 각 품목별 공정 진행 상황을 고려할 수 있으므로 어느 시점에서든 재 일정 계획이 가능하다.

본 연구에서 개발된 시스템을 이용하므로써 다음과 같은 기대 효과를 얻을 수 있다.

- ① 모든 작업에 대한 정확한 착수일, 완료일을 세울 수 있다.
- ② 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 여러가지의 일정 계획을 실행하여 봄으로 작업의 효율성과 기계의 가동율을 높이고 생산 활동에 대한 예측을 가능하게 한다.
- ③ 작업 보고에 의해 언제든지 짧은 시간안에 재 일정 계획이 가능하다.
- ④ 돌발적인 기계 고장이나 긴급품, 신제품에 의해 흐트러진 일정 계획을 본 시스템을 통하여 신속히 재 계획할 수 있다.
- ⑤ 신제품의 개발시 필요한 공정 정보를 이용하여 재 일정 계획이 가능하므로 신제품 개발에 많은 융통성이 있다.

본 연구는 잔업이나 철야 등을 지정하여 재 일정 계획을 할 수 있지만 정상 작업을 할 것인지 잔업을 할 것인지 철야를 할 것인지를 자동으로 결정하지 못한다. 본 연구진은 이와 같은 것은 시스템 내에서 자동으로 결정하는 알고리즘에 대한 연구를 수행하고 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 이철수의 2인, “생산가능시간과 일괄생산을 고려한 FMS의 일정 계획”, [전남대학교 공업기술연구소 논문집], (1992).
- [2] 이철수, [FMS의 효율적인 운영을 위한 스케줄링 시스템 개발], (전남대학교 공업기술연구소, 화천기공주식회사, 연구보고서), 1992.
- [3] ANDREW KUSIAK, *Flexible Manufacturing Systems: methods and studies*, edited by A. Kusiak, Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1986.
- [4] BAKER, K., *Introduction to Sequencing and Scheduling*, New York: John Wiley and Sons Inc., 1974.
- [5] C. M. HARMONOSKY and S. F. ROBOHN, “Real-time scheduling in computer integrated manufacturing: a review of recent research”, *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, 4(1991), pp.331-340.
- [6] CONWAY, R., MAXWELL, W., *Theory of Scheduling*, Addison-Wesley, 1967.
- [7] GARRETT J. VAN RYZIN, SHELDON X.C.LOU and STANLEY B. GERSHWIN, “Scheduling job shops with delays”, *Int. J. Prod. Res.*, 29(1991), pp. 1407-1422.
- [8] J. HUTCHISON and Y. L. CHANG, “Optimal Nondelay job shop schedules”, *Int. J. Prod. Res.*, 28(1990), pp.245-257.
- [9] JIM HUTCHISON, KEONG LEONG, DAVID SNYDER, and PETER WARD, “Scheduling approaches for random job shop flexible manufacturing systems”, *Int. J. Prod. Res.*, 29(1991), pp.1053-1067.
- [10] JOHN H. BLACKSTONE, JR, DON T. PHILLIPS and GARY L. HOGG, “A state-of-art survey of dispatching rules for manufacturing job shop operations”,



- Int. J. Prod. Res.*, 20(1982), pp.27-45.
- [11] NABIL NASR and E.A. ELSAYED, "Jobshop scheduling with alternative machines", *Int. J. Prod. Res.*, 8(1990), pp. 1595-1609.
- [12] Nell Dale and Susan C. Lilly, *Pascal Plus Data Structures*, D. C. Heath and Company, 1991.
- [13] SAMUEL EILON and I.G. CHOWDHURY, "Due dates in job shop scheduling", *Int. J. Prod. Res.*, 14(1976), pp. 223-237.
- [14] YEONG-DAE KIM, "A comparison of dispatching rules for job shops with multiple identical jobs and alternative routings", *Int. J. Prod. Res.*, 28(1990), pp. 953-962.
- [15] Z. Feuer, R. Givon and E. Dar-El, "A simulation-based scheduling system", *The FMS Magazine*, 7(1989), pp.15-17.