

# 항공기 부품의 생산 및 정비를 위한 공정 계획 시스템의 개발

## Development of a CAPP System for Production and Maintenance of Aircraft Parts

노 경 윤\*                      강 수 준\*  
Noh, Kyung-Yoon,      Kang, Soo-Joon

### ABSTRACT

Dynamic characteristic of manufacturing stage is understood and the utilization of each machine is maximized by developing on-line dynamic CAPP system to consider the overloads in the aircraft part manufacturing line.

In this paper, a scheme of production planning and scheduling system was proposed through inspection about some predeveloped CAPP system. Developed production planning and scheduling system included process planning module. After precise inspection of some FMS line schema at domestic heavy industry, optimized FMS line was applied to aircraft part manufacturing and repairing factory.

By virtue of considering overloads of factory and machine through on-line dynamic CAPP system, the utilization of resources is maximized and manufacturing lead time is minimized.

주요기술용어 : Computer Aided Process Planning system (컴퓨터 원용 공정계획 시스템), Flexible Manufacturing System (유연 생산 시스템)

### 1. 서 론

오늘날 기계가공을 중심으로 하는 생산업체는 점점 다양해지는 고객의 요구와 급변하는 기술수준 등으로 제품 수명의 단축, 격심한 대외경쟁의 시대를 맞고 있다. 그 중에서도 항공산업에 있어서는 다품종 소량생산이라는 전형적인 생산방식을 갖고 있어 설계에서 항공기 본체의 조립까지 그 기간이 타 제품군에 비하

여 월등히 길게 된다. 이에 따라 항공기 산업은 설계 단계에서 부품의 생산, 조립에 이르기까지 일련의 체계적인 관리와 자동화에 의한 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System)의 개념이 가장 활발하게 도입되고 있는 분야 중 하나이다. 또한 국내의 실정이 항공기 부품의 생산보다는 정비에 더욱 치중하고 있는 현실이므로 항공기 정비라인은 수많은 항공기의 다양한 부품의 변화에 신속하게 대응해야 하므로 기존의 생산시스템보다는 다품종 소량생산에 적합한 생

\* 공군사관학교 기계공학과 교수

산형태로의 전환이 필요하다.

CIMS를 구현하기 위해서는 제품의 설계에서부터 도면에 이르기까지 하나의 통합된 데이터로 관리하는 CAD(컴퓨터 원용 설계, Computer Aided Design)와 부품의 실제 가공을 위한 NC 코드를 생산, 관리하는 CAM(컴퓨터 원용 생산, Computer Aided Manufacturing)이 우선 이루어져 있어야 하고 CAD와 CAM을 연결해주는 CAPP(컴퓨터 원용 공정계획, Computer Aided Process Planning)가 구성되어야 한다. CAD와 CAM은 그동안 활발한 연구가 이루어져 와서 많은 상업용 소프트웨어가 구성되어 있는 상태이다.

그러나 이 두 데이터가 하나의 통합된 흐름을 이루기 위해 필요한 공정계획 시스템은 실제 생산 현장의 많은 경험이 필요하므로 개발이 뒤쳐지고 있는 현실이다. 또한 개발이 되었다고 대부분 생산현장의 기계상태등과 같은 부하를 고려하지 않고 Off-line으로 공정계획이 진행되어 설계된 공정이 효율적으로 활용되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 공장의 부하를 고려한 공정계획 시스템을 연구함으로써 공정계획시스템에 의해 설계된 공정을 바로 현장에 적용할 수 있는 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 극도의 유연성과 신속성이 요구되는 항공기 정비라인에 적용하기 위한 공정계획 시스템으로 기존의 공정계획 시스템의 구성과 적용방법 및 장 단점에 대한 연구를 통해 동적공정계획 시스템을 선정하였고 국내의 유연생산시스템 라인에 대한 자료를 수집하여 이를 바탕으로 항공기 정비라인과 같은 극도의 유연성이 필요한 시스템에 적합한 새로운 그룹형 유연생산시스템을 제시하였다.

## 2. 공정 계획 시스템

### 2.1 공정 계획의 의미

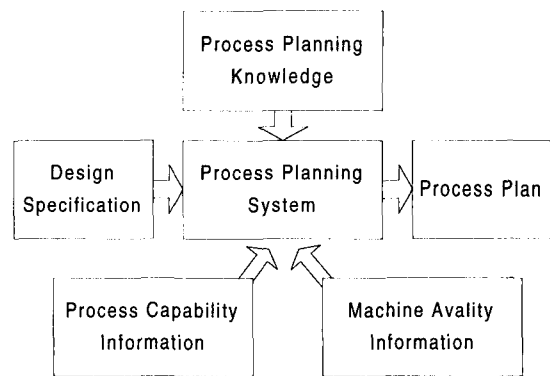
공정계획이란 공학적인 설계를 최종 생산품으로 만

들기까지의 공정에 대한 상세한 지시를 준비하는 과정이다. 이 개념을 그림으로 나타내면 다음의 그림 1과 같다.

공정계획은 크게 협의의 공정계획과 광의의 공정계획으로 나눌 수 있다.

#### 2.1.1 협의의 공정계획

협의의 의미의 공정계획이란 부품이 공장에 들어가기 전의 단계로써 설계 정보를 바탕으로 공정을 생성해내는 과정을 말한다. 따라서 기계에 대한 아무 정보가 없으므로 단지 가공이 필요한 공정만을 생성해 내게 된다. 기존에 연구되어 온 대부분의 공정계획은 이것을 의미한다.



[그림 1] 공정계획의 개념

#### 2.1.2 광의의 공정계획

광의의 의미의 공정계획은 협의의 의미의 공정계획에서 말한 공정생성단계를 포함하여 이 공정이 기계에 할당되는 일정계획까지도 총체적으로 포함하는 단계를 말한다. 현장의 상황은 항상 유동적으로 변하기 때문에 공정을 기계에 할당하는 부분은 그 공장의 유연성을 대표하는 척도가 되기도 한다. 따라서 최근에는 협의의 공정계획 시스템보다는 이런 광의의 공정계획 시스템이 활발하게 연구되고 있는 추세이고 본

논문에서도 광의의 공정계획 시스템의 개념을 바탕으로 시스템의 개발이 이루어졌다.

### 2.1.3 컴퓨터 원용 공정계획

공정계획을 하기 위해선 종합적인 지식이 필요하므로 숙련된 공정계획 전문가를 양성하기 위해선 오랜 기간의 훈련이 필요할 뿐만 아니라 공정계획의 경험 이 쌓여져 있어야 하고 이의 체계적인 전수 또한 필요하다. 그리고 생산 경향이 다품종 소량생산으로 나타나는 항공기 부품과 같은 분야에서는 설계분야와 생산분야에서의 컴퓨터 및 자동화 기기의 도입의 속도에 공정계획 분야만 수작업으로 진행하면 병목현상이 일어나게 될 것이다. 또한 수작업은 일관성이 없고 최적화시키기가 어려우며 시장 생성 단계서부터 요구되는 비용계산을 만족시킬 수 없다. 그러므로 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 컴퓨터를 이용하여 생산계획에서의 전산화, 자동화를 구축하기 위한 컴퓨터 원용 공정계획 시스템(CAPP system)이 필요하게 되었다.

기존의 수작업에 의한 공정계획 방법에 비한 CAPP의 장점은 다음과 같다.

- 비숙련 공정계획 기술자도 신뢰성 있는 공정계획 가능
- 공정계획 소요시간 단축
- 공정계획 및 생산비용 감축
- 일관되고 정확한 공정계획 생성
- 생산성 증가

이와 같이 CAPP를 사용하게 되면 비숙련 공정계획 기술자도 신뢰성 있는 공정계획을 수립할 수 있으며 공정계획에 걸리는 시간 및 비용을 절감할 수 있고 보다 정확한 공정계획을 만들고 생산성 및 경제성의 증가에도 일익을 담당할 수 있을 것이다.

## 2.2 기존의 공정계획 시스템

### 2.2.1 공정 생성

#### (1) Variant Type 공정계획

Variant Type 공정계획은 유사한 부품은 유사한 공정을 갖는다는 개념에서 출발한 방법으로 가장 보편화되어 있고 또한 실제 산업현장에 구현이 많이 된 공정계획 시스템이다. 이 방법은 각각의 부품마다 표준 공정표를 저장하고 있다가 임의의 부품이 시스템에 들어오면 그 부품과 가장 유사한 부품을 데이터베이스에서 찾아 그에 해당하는 표준 공정을 공정계획자가 수정하는 단계를 거쳐 공정계획을 마친다.

이를 통해 다음의 장, 단점을 갖는다.

- 표준 공정 부품은 변형이 쉽다.
- 시스템의 구현과 설치가 비교적 쉽다.
- 시스템의 이해 쉽고 수정이 가능하다.
- 기존의 표준공정이 존재하는 부품에 한하여 가능하다.
- 유사한 공정을 수정하기 위해서는 숙련된 공정계획자가 필요하다.
- 공정이 표준화되어 있어 구체적인 공정이 생성되기 어렵다.
- 완전 자동 시스템에는 사용될 수 없다.

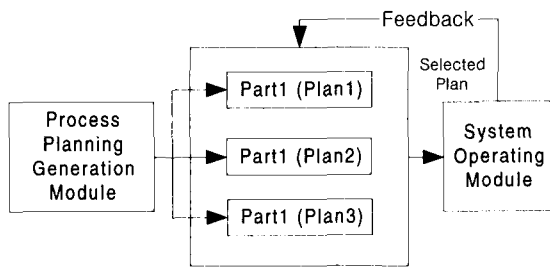
#### (2) Generative Type 공정계획

Generative Type 공정계획 시스템은 기존의 유사부품이나 표준 공정표가 없어도 새로운 부품에 대하여 공정을 생성해 낼 수 있는 시스템으로 특정한 알고리즘에 기반을 두고 있다.

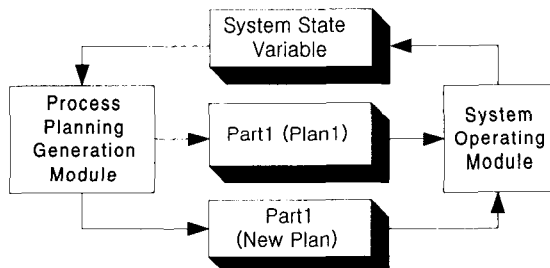
Generative Type 공정계획 시스템을 구성하기 위해서는 부품 정보, 제조 데이터베이스, 의사결정 알고리즘이 필요하고 이를 통해 구현된 공정계획은 다음의

장점을 갖는다.

- 일관된 공정을 신속히 생성한다.
- 기존의 부품이 아니라 새로운 부품도 쉽게 공정을 생성할 수 있다.
- 시스템 전체를 자동화 할 수가 있다.



(a) Alternative Process Planning



(b) Dynamic Process Planning

(그림 2) 선택적 공정계획과 동적 공정계획의 비교

### 2.2.2 공정 할당

#### (1) 선택적 공정계획 (Alternative CAPP)

다음 그림 2에서 보듯이 부품이 생산 현장에 투입 되기 전, 초기에 수행하는 공정계획에서 시스템의 이상상태를 대비하여 예비공정을 2~3개를 생성한다. 그리고 시스템의 이상상태가 오면 대체 공정군 중에서 가장 가용능력이 큰 자원을 가진 공정을 선택함으로써 공정이 대체된다. 이 방법은 생산현장의 긴급한 사태에 신속하게 반응하고 계산부하가 거의 없다는 장점이 있으나 대체 공정에 제한이 있고 초기 부하가

많이 걸리는 단점이 있다.

#### (2) 동적 공정계획 (Dynamic CAPP)

초기에는 최적 공정계획을 선정한 후 부품은 시스템에 투입된다. 시스템의 운영 중 이상상태가 발생하면 운영시스템은 그 시점의 상태변수를 인자로 해당 공정을 다시 공정계획을 수행하게 되고 공정계획 모듈은 새로운 공정을 생성하게 된다. 동적 공정계획 모듈은 생산현장에 요구되는 신속성만 해결된다면 최선의 방법이다. 최근에는 컴퓨터 계산속도의 급속한 향상에 힘입어 신속성의 확보가 점차 수월해지므로 본 논문에서는 동적 공정계획으로 공정계획 시스템을 구현할 것이다.

## 2.3 항공기 정비라인에 적용할 공정계획

### 2.3.1 특징

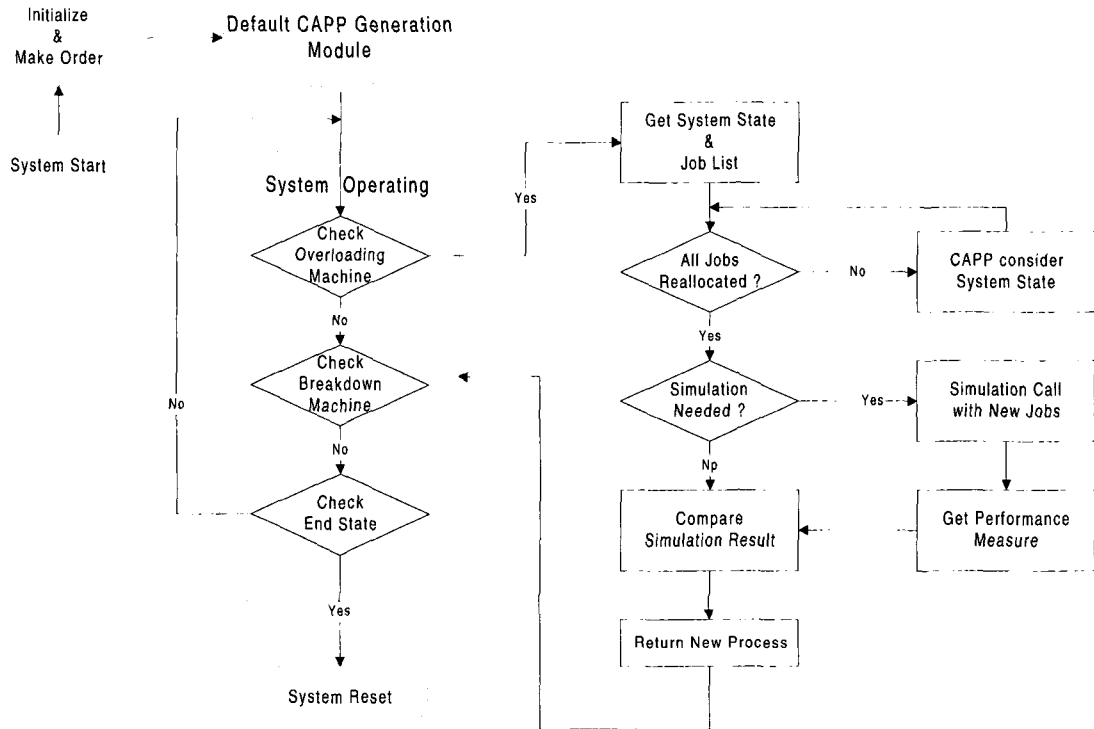
항공기 정비라인 시스템은 다품종 소량생산의 대표적인 예로서 수많은 항공기 부품의 정비, 재가공을 하기 때문에 같은 부품을 가공하는 경우가 거의 없다. 따라서 기존의 표준공정표를 사용하는 Variant Type의 공정계획으로는 매번 바뀌는 부품의 다양성을 수용하지 못한다. 따라서 본 논문에서는 Generative Type의 공정계획을 쓰며 그 기반으로 군분류기술에 의한 GT 코드와 룰베이스를 이용한 추론을 바탕으로 한 공정계획을 수행한다. 또한 생성된 공정에 기계의 부하를 고려하기 위하여 동적 공정계획 시스템을 개발하여 각각의 공정에 공장의 부하를 고려한 기계선정을 하도록 하였다.

### 2.3.2 구성

#### (1) 공정 생성

- GT Coding 시스템

본 연구에서는 공정 생성의 기본 자료로써 GT(Group



[그림 3] 구현된 동적 공정계획 알고리즘

Technology) Code를 사용하였다. 사용된 GT Coding 시스템은 항공기 정비분야와 가장 유사한 중공업산업을 기반으로 개발한 서울대학교 TS-coding 시스템을 선정, 사용하였으며 그 특징은 다음과 같다.

- 15자리, Alphanumeric 코드의 사용
- 시스템의 확장성 확보
- 다중 선택 (Multi-Pick) 가능
- 공정계획의 용이성
- 국내 중공업 산업의 실정에 맞는 자리와 코드의 결정

(2) 공정 할당

- 동적 공정계획 시스템

본 논문에서 개발된 동적 공정계획 시스템은 다음

의 그림 3과 같다.

시스템이 시작되면 공정계획 시스템이 시작되고 생산계획에 의거하여 부품이 공정계획 시스템으로 들어온다. 공정생성 모듈은 입력으로 받은 부품을 GT Coding 시스템으로 코딩을 하고 제안된 알고리즘을 이용해 각각의 공정을 생성해낸다. 공정생성 모듈에서 생성된 공정이 할당된 부품은 기계할당 모듈로 들어가게 된다. 시스템의 부하를 고려하여 기계를 1차적으로 선정한 후 시스템으로 들어간 각각의 공정은 모니터링 시스템에 의해 공장에 이상이 생기거나 기계에 과도한 부하가 걸릴 경우 새로운 기계를 할당하기 위한 공정 할당 모듈을 다시 부르게 되고 기계의 재선정이 이루어진다. 이렇게 다시 기계가 선정된 공정의 효율성을 체크하기 위하여 모의 시뮬레이션이 필요하게 되고 본 논문에서는 이 모의 시뮬레이션 모듈을 범

용 공장 시뮬레이션 소프트웨어인 SIMAN을 사용하여 구현하였다.

### 3. 대상 생산 시스템 (유연생산시스템)

#### 3.1 유연 생산 시스템

##### 3.1.1 유연생산시스템의 정의

사회가 급속히 발전함에 따라 제품의 양적 수요증가보다는 그의 다양성이 더욱 요구되고 있다. 고객은 더 많은 선택의 여지를 요구하게 되었고 부품들도 더욱 다품종 소량생산체제를 요구하게 되었기 때문이다. 또한 현대사회가 빠르게 다변화함으로써 제품의 수명주기(Life cycle)도 더욱 짧아지는 추세여서 노동력 투입 감소와 재고 감소를 통하여 변화하는 작업계획(Schedule)에 재빨리 반응할 수 있는 유연성(Flexibility)이 중요한 요인으로 대두되었다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 비교적 높은 생산성을 유지하면서, 동시에 제품 생산에 있어서 유연성을 갖고 있는 유연생산시스템(Flexible Manufacturing System, FMS)이 등장하게 되었다.

유연생산시스템을 보는 입장은 제각기 다르기 때문에 정의를 간단히 말하기는 어렵다. 일반적으로 유연생산시스템은 NC(Numerical Control) 공작기계에 가공물의 자동 착탈 및 자동 반송장치를 조합하여 이러한 전체 설비를 컴퓨터로 제어하는 종합적 생산 자동화 시스템이다. 경우에 따라서는 유연생산시스템을 절삭, 용접, 도금, 조립 및 검사 등의 제반 제조 공정들과 자재 반송을 담당하는 독자적인 기능의 하부구조들로 이루어져 운영되는 분산형 경영 정보 시스템(Distributed Management Information System) 또는 계획단계에서부터 최종 소비자에 이르기까지 서로 연결된 종합적인 방법을 사용하는 Batch 생산 시스템으로 정의하기도 한다.

이와 같이 유연생산시스템의 특징은 종래의 소량 생산시스템(Job Shop System)과 대량 생산시스템(Transfer Line System)과의 중간 형태로서 다양한 작업물을 처리할 수 있되, 생산성을 높이기 위하여 자동화된 자재처리 및 운송시스템과, 신속하고 정확한 정보처리를 위하여 컴퓨터를 폭넓게 이용하고 있는 다품종 소량/중량 생산시스템이라고 볼 수 있다.

##### 3.1.2 유연생산시스템의 구성

유연생산시스템은 실제 공장을 구성하고 있는 물리적 요소와 그들을 운영하는 소프트웨어인 운영제어시스템으로 구성된다. 물리적 요소로는 실제 가공을 담당하는 공작기계, 가공된 부품을 운반, 저장하는 물류시스템과 운영시스템이 저장되어 있는 중앙제어컴퓨터 등이 있고, 운영제어시스템은 자재관리시스템(MRP), 설계 시스템, 공정계획 시스템, 일정관리 시스템 등으로 구성되어 있다.

### 3.2 항공기산업에서의 유연생산시스템

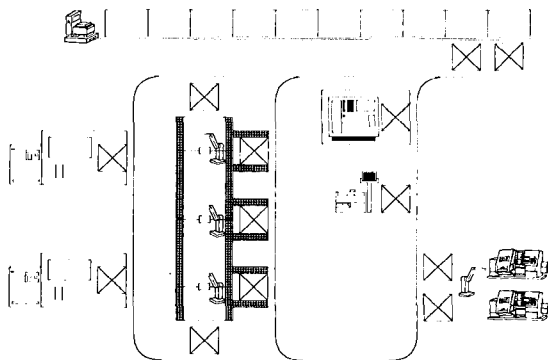
일반적인 항공기에 들어가는 부품의 개수는 자동차에 들어가는 부품의 개수의 수십배에서 수백배에 이른다. 자동차는 1년에 수십만대에서 수백만대에 이르는 생산량을 보이며 대부분의 부품이 표준화되어 있으므로 개개의 부품을 대량생산하는 것이 가능하고 또한 이상이 생길때에는 손쉽게 교환이 가능하다. 그러나 항공기는 생산량이 굉장히 제한되어 있고 그 부품 또한 표준화되어 있지 않으므로 부품을 대량생산하는 것이 상대적으로 어렵다. 따라서 항공기 부품에 이상이 있을 때에는 교체가 어려울 경우가 대부분이므로 자체적으로 재가공해야 한다. 따라서 무수히 많은 항공기 부품과 같은 다품종 소량 생산 시스템이야말로 유연생산시스템을 적용하기에 가장 적합한 시스

템이다.

항공기 정비라인에 적용할 유연생산시스템의 형태를 결정하기 위해 기존의 조사결과를 바탕으로 유연생산시스템의 대표적인 형태를 구분하면 사다리형과 일자형 두가지가 있다.

### 3.2.1 사다리형

사다리형 유연생산시스템은 가장 고전적인 유연생산시스템 라인으로 AGV (Automatic Guided Vehicle)에 의해서 부품이 기계에 할당되는 시스템이다. 이것은 다품종 소량생산과 유연성이라는 측면에서 유연생산시스템의 기본 개념을 충실히 도입한 것이다. 그러나 이 형태는 면적을 크게 차지하고 작동오류가 많아 구현이 힘들며 이동시간과 불필요한 요소들이 많이 필요하므로 신속성을 요구하는 항공기 정비 시스템에는 적합하지 않다.

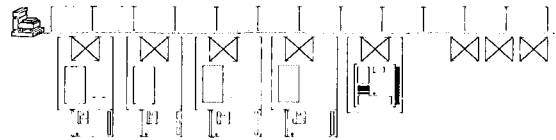


(그림 4) 유연생산시스템의 유형 1 - 사다리형

### 3.2.2 일자형

일자형 유연생산시스템은 단순한 몇 개의 NC 공작기계가 자동창고에 바로 붙어서 가공을 하는 형태로 유연생산시스템(FMS)이라기보다는 유연생산셀(FMC)에 가까운 형태이다. 이 라인은 불필요한 면적을 최소화하고 이동시간이 적어서 효율적이지만 유연성이 떨어

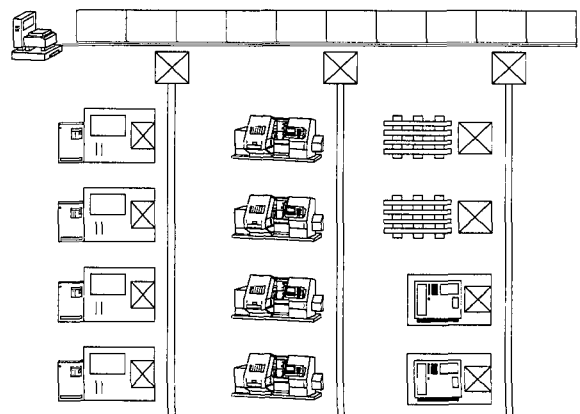
어진다는 단점이 있다. 최근에 구성되는 국내의 유연생산시스템 라인의 대부분은 일자형으로 이루어져 있어 유연성보다는 신속성에 시스템의 초점을 맞추고 있다.



(그림 5) 유연생산시스템의 형태 2 - 일자형

### 3.2.3 제안된 유연생산시스템

본 논문에서 제안하는 항공기 정비라인에 적용할 유연생산시스템의 형태는 다음의 그림 6과 같다. 이 시스템은 사다리형 라인의 유연성과 일자형 라인의 효율성을 동시에 고려한 그룹형 유연생산시스템의 형태로써 기계를 그룹별로 모아 그룹내의 이동시에는 Stacker Crane을 이용하여 이동하며 그룹과 그룹 사이의 이동시에는 자동창고와 Main Stacker Crane을 이용하여 부품을 이동하는 형태이다. 그룹형 유연생산시스템은 사다리형 유연생산시스템에서 운송수단인 AGV의 속도와 정확성의 한계로 인한 기계효율의 저하를 극복할 수 있고 일자형 시스템의 효율성을 유지한 채



(그림 6) 항공기 정비라인에 적합한 그룹형 유연생산시스템

stacker crane의 추가 장착을 통해 손쉽게 시스템을 확장할 수 있다. 따라서 극도의 유연성과 신속성의 특징을 갖는 항공기 정비라인에 적합한 시스템의 구성이라고 할 수 있다.

#### 4. 모의 실험

본 논문에서는 위의 그림 3과 그림 6에서 제안된 그룹형 유연생산시스템을 기준으로 다음의 표 1과 같은 항공기 정비라인 시스템의 모델을 제안하였고 모의 실험을 위해 전문가 시스템을 통해 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 구성하였다.

[표 1] 구현된 모의 유연생산시스템의 사양

장비	수량	비고
Load/Unload Station	4	Setup(2), Setdown(2), Operator(2)
AS/RS, Main Stacker Crane	1	Pallet(60) - M/C(30), NC Lathe(30)
Sub Stacker Crane	3	
M/C (Machining Center)	4	APC (Automatic Pallet Changer) ATC (Automatic Tool Changer)
NC Lathe	4	ATC
Inspection Machine	1	APC
Washing Machine	1	APC

[표 2] 모의 실험 수행 결과

	M/C	NC Lathe	TOTAL
Average Utilization	0.723	0.658	0.699
Throughput(Part//Hour)	0.713		
긴급품 처리비율	85.4%		

표 1과 같이 구현된 시스템은 모의 실험을 위해 20개의 대상 부품 정보를 입력하였으며 구현된 시스템의 유연성을 측정하기 위하여 10%의 비율로 긴급 부품을 입력하여 그 반응시간을 측정하였다.

모의 실험은 1개월을 기준으로 수행되었으며 그 결과는 다음의 표 2와 같다.

표 2에서 각각의 장비의 효율이 60%를 넘고 있음을 알 수 있다. 이는 일반적인 중공업 회사의 장비 효율도보다 훨씬 높은 수치이므로 제안된 공장 모델의 활용도가 매우 높음을 알 수 있다. 또한 긴급품이 85%의 높은 비율로 처리됨으로써 항공기 정비라인에서 요구되는 신속도의 조건도 잘 만족시킴을 알 수 있다.

#### 5. 맺음말

본 논문에서는 항공기 정비분야의 특성을 파악하고 새롭게 적용할 자동화 라인과 공정계획 시스템을 구현하기 위해 기존의 공정계획 방안과 국내의 유연생산시스템 라인에 대한 자료를 수집하였다. 이를 통해 항공기 정비라인에 적용할 공정계획시스템으로 동적 공정계획 시스템을 선정하고 구체적인 알고리즘을 바탕으로 시뮬레이션 모델을 개발하여 모의실험을 수행하였다. 그 구체적인 결과는 다음과 같다.

기존의 공정계획 및 일정계획의 방안과 이 두 시스템의 통합 시스템에 대한 방안을 조사하고 공정계획 시스템에 대한 자료를 바탕으로 항공기 정비라인에 적합한 새로운 공정계획의 방안, 즉 기계의 부하를 고려할 수 있는 동적 공정계획 시스템과 구체적인 알고리즘을 제시하고 시뮬레이션 모델을 구현하였다.

현재 국내에서 가공되고 있는 자동화 라인 중 항공기 부품과 가장 유사한 부품을 가공하는 중공업 분야의 유연생산시스템을 조사하여 이를 통해 얻은 유연생산시스템의 형태에 따른 특징을 바탕으로 자동창고



와 Stacker Crane으로 구성된 그룹형 유연생산시스템을 제시하고 이를 동적공정계획 시스템과 더불어 하나의 모의실험 모델을 구성, 운영함으로써 극도의 다양성과 신속성이 요구되는 항공기 정비분야에 제안된 시스템이 유용함을 나타내었다.

### 참 고 문 헌

1. Bertrand & J. W. M. & Wortman, J. C., "Information Systems for Production Planning and Control : Developments in Perspective", Production Planning and Control, Vol. 3, No. 3, 1992, pp. 280-289.
2. Qingmei Chen & Behrokh Khoshnevis , "Scheduling with Flexible Process Plans", Production Planning and Control, Vol. 4, No. 4, 1993, pp. 333-343.
3. Pascal Dreer & David A. Koonce, "Development of an Integrated Information Model for Computer Integrated Manufacturing".
4. James Duggan & Jim Browne, "Production Activity Control : A Practical Approach to Scheduling", The International Journal of Flexible Manufacturing System, Vol. 4, 1991, pp. 79-103.
5. Nobuaki Ishi & Joseph J. Talavage, "A Transient Based Real Time Scheduling Algorithm in FMS", International Journal of Production Research, Vol. 29, No 12, 1995, pp. 2501-2520.
6. T. W. Liao & E. R. Coates & F. Aghazadeh & L.Mann & N.Guha, "Modification of CAPP for CAPP/ Scheduling Integration", Computers Industrial Engineering, Vol. 26, No 3, 1994, pp. 451-463.
7. Lin Wang & Alan L. Porter & Scott Cunningham, "Expert Systems : Present and Future", Expert Systems with Applications, Vol. 3, 1991, pp. 383-396.
8. Hong-Chao Zang, "IPPM-A prototype to Integrate Process Planning and Job Shop Scheduling Functions", Annals of the CIRP, vol.42/1/1993, 1993, pp. 513-518.
9. Daguang Zhang & Hong C. Zhang, "A Unified Data Modeling for Integrated Process Planning and Production Scheduling".
10. Tien-Chien Chang, Computer Aided Manufacturing, (New Jersey : Mcgraw-Hill), 1991, pp.399-534.
11. 김해원, 강수준, 노경윤, 1998, 항공기 부품의 생산 및 정비를 위한 공정설계시스템의 개발, 공군사관학교 국고연구과제 보고서