

ASRI-FMS/CIM을 위한 운용소프트웨어의 구축

박 찬 권* · 박 진 우* · 강 석 호*

Development of an Operation Software for the ASRI-FMS/CIM

Chan Kwon Park*, Jin Woo Park*, and Suk Ho Kang*

Abstract

This paper deals with the development of a software module for production planning and scheduling activities of an existing Flexible Machining and Assembly System(FMAS). The Production Planning Module uses the hierarchical and sequential scheme based on "divide and conquer" philosophy. In this module, routes are determined based on the production order, orders are screened, tools are allocated, and order adjustments are executed according to the allocated tools. The Scheduling Module allocates the resources, determines the task priority and the start and completion times of tasks. Re-scheduling can be done to handle unforeseen situations such as lumpy demands and machine breakdowns. Since all modules are integrated with a central database and they interface independently, it is easy to append new modules or update the existing modules.

The result of this study is used for operating the real FMAS consisting of a machining cell with 2 domestic NC machines and a part feeding robot, an assembly cell with a conveyor and 3 robots, an inspection cell, an AGV, an AS/RS, and a central control computer.

1. 개 요

자동화 기술이 발달하고 소비자의 수요패턴이 다양해짐에 따라 오늘날 제조업계에서는 효율성 (efficiency)과 유연성 (flexibility)의 제고가 가장 중요한 생산통제의 목표가 되고 있다. 일반적으로

로, 흐름생산(flow shop)은 효율성을 특징으로 하고, 주문생산(job shop)은 유연성을 특징으로 한다. 이에 비해 FMS는 여러대의 다목적 기계 들과 자동물류장치들을 컴퓨터로 통합 제어함으로써 흐름생산과 주문생산형태의 장점을 모두 취하고자 하는 생산형태이다 [4]. 이러한 FMS는 고가의 기계, 컴퓨터 등으로 이루어지며, 이들이 가지고 있는 잠재적 유연성과 효율성을 최대한 활용하기 위해서는 정교하게 구축된 생산계획 및

* 서울대학교 산업공학과

통제시스템을 필요로 한다.

FMS운용을 위한 계획시스템은 크게 생산계획과 일정계획 두 부분으로 구성된다. Stecke [15]는 생산계획문제가 부품선정, 기계그룹형성, 생산비율결정, 자원할당, 기계부하할당 문제들로 구성된다고 주장하였으며, Hwang & Shantikumar [5]는 이 중 부품선정과 기계부하결정문제만이 중요하다고 하였다. 부품선정문제[4, 5]나 기계부하결정문제[1, 2, 7, 15] 모두 정수계획 문제로 수리모형화되는 것이 일반적이어서, 실제의 제조환경에서 사용하기에는 어려운 상태이다. 근래에는 이에 대한 대안으로써 AI 응용 생산계획시스템들도 개발되고 있다. 일정계획에서는 생산계획에서 결정된 생산요구를 충족하기 위한 로딩순서결정, 대체자원선정, 대체경로선정, 작업우선순위결정 등이 이루어지며, 이에 대한 접근방법으로는 크게 (i) 오프라인 일정전개기법[8, 13, 14], (ii) 온라인 일정계획 및 통제기법[9, 11, 12], 그리고 (iii) 흐름통제방식[3, 6, 10] 등이 있다. 각각의 접근방법은 나름대로의 장·단점을 가지고 있으나 다양한 형태의 FMS에 대해 일관적으로 우수성을 나타내는 기법은 아직 발견되지 않고 있다.

지금까지의 생산계획 및 일정계획에 대한 연구들은 기계가공(machining)과 조립(assembly) 공정을 분리시켜 개별공정의 운용에 관심의 초점을 맞추었다. 그러나 실제 생산현장에서는 가공과 조립이 동시에 이루어지는 FMAS(Flexible Machining & Assembly System)가 일반적이며 이러한 문제는 여러 반제품들을 결합하여 하나의 제품을 만든다는 조립의 특성으로 인해 복잡도가 커진다. 생산계획 분야에서는 FMAS를 대상으로 한 연구결과가 없으며, 일정계획의 경우 Kusiak [8]의 연구가 있다.

본 연구는 서울대학교 부설 자동화시스템공동연구소(ASRI)내의 FMS/CIM Center를 위한

운용 소프트웨어개발 프로젝트의 일환으로 수행되어졌다. ASRI-FMS/CIM Center는 기계가공과 조립이 동시에 이루어지는 모형공장이며, 현재 세 종류의 모터와 기념품 등을 생산할 수 있다. 2장에서는 시스템의 전체적인 구조와 구축된 운용소프트웨어의 구조를 설명하고, 3장, 4장에서는 FMAS 환경을 위한 생산계획 및 일정계획 모듈에 대해 각각 설명한다. 5장에서는 예외상황이 발생했을 때의 재일정계획모듈에 대해 설명하고, 각 모듈을 통합하기 위한 데이터베이스는 6장에서 다루어진다.

2. 시스템 구조

2.1. 생산설비 LAYOUT

생산설비는 크게 자동가공셀, 자동조립셀, 자동검사셀 및 물류운반셀로 구분되며, 중앙관리를 위해 FMS운용제어실, 치공구관리실, 설비보수유지실 및 소재세팅스테이션이 있다. 전체생산설비의 layout은 그림 1과 같다. 자동가공셀은 수평형머시닝센터 1대와 물류운반로봇이 결합된 CNC선반 1대로 구성되었다. 수평형머시닝센터는 세일중공업의 MCH-10을 사용하여, 무인반송차의 이체장치와의 팔렛 교환이 가능하도록 APC(Automatic Pallet Changer)부분을 개조설계하였다. CNC선반과 물류운반로봇은 (주)대우중공업의 PUMA 6J, ARC MATE이며, 특히, 기존 시스템과는 달리, 물류운반로봇에는 AJC(Automatic Jaw Changer)기능을 추가하여, 선삭 직경이 다른 부품의 교환도 자동으로 이루어지도록 설계를 하였다. 자동조립셀은 5축다관절로봇 1대와 4축스카라 로봇 2대를 컨베이어 장치 및 입출고 스테이션으로 연결한 모듈화 시스템을 개발하였으며, 유연성확보를 위해 각 로봇에는 AGC (Automatic Gripper Changer)를

장착하였다.

자동검사셀에는 시각을 이용한 검사장비를 자체개발 설치하였다. 시각검사장비로는 카메라, 카메라 이동로봇, 시각처리시스템 및 셀 운용 컴퓨터로 이루어져 있다. 카메라 이동로봇으로는 YAMAHA SKY시리즈로서 FT-150 X-Y로봇 트가 설치되었으며, 시각처리시스템은 Imaging Technology의 시리즈 151프로세서, 셀 운용 컴

퓨터는 SUN-4가 설치되었다. 물류운반셀은 크게 무인반송차(AGV)와 자동창고(AS/RS)로 이루어진다. 무인반송차는 금성계전의 Mini-Cart LFR 350에 서울대와 금성계전이 공동으로 이체 장치를 설계하여 설치하였다. 자동창고는 반도체에 주문생산되었으며, 16열 5단으로 80개의 보관셀을 가지고 있다.

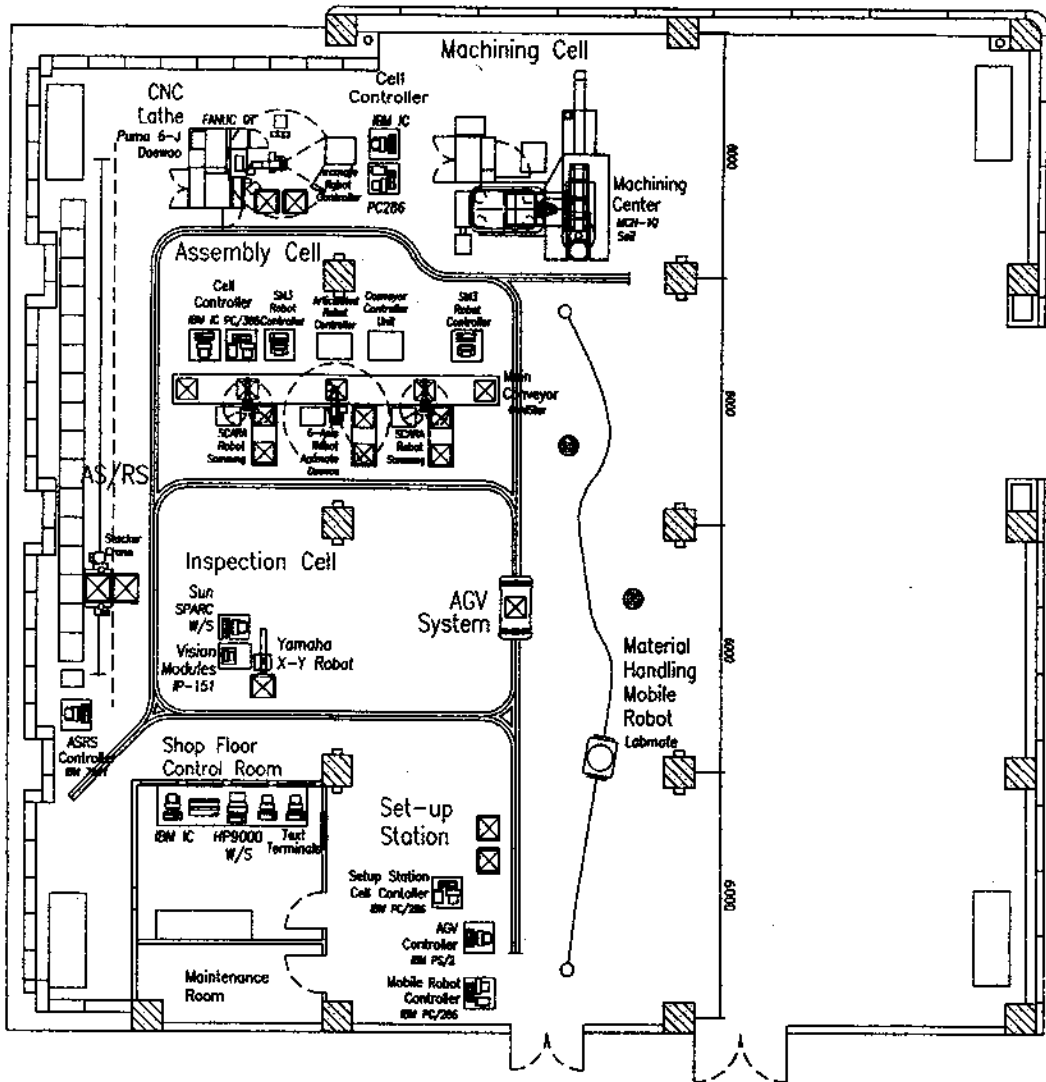


그림 1. ASRI FMS-CIM/Center Layout

2.2 컴퓨터통신망 구성체계

Shop floor level에서 셀과 셀제어 장치, 셀과 플랜트 운용제어 컴퓨터 사이의 생산정보교환을 담당하는 생산공정용 통신망은 근거리구역통신망(LAN)으로서, Ethernet/TCP-IP를 채택하여 구축하였다. 이를 위하여 Application Program (AP)상에서 자유롭게 통신을 구현하기 위한

API User Program Library를 자체개발하였다. Shop floor의 운용제어를 위한 호스트 컴퓨터는 20 MIPS의 처리속도를 가진 HP-9000/433 workstation이 설치되었으며, 터미날을 통해서 각 셀의 작업현황 및 실적을 실시간으로 디스플레이한다. 그림 2는 설치된 FMS/CIM센터 컴퓨터통신망 구성체계를 보이고 있다.

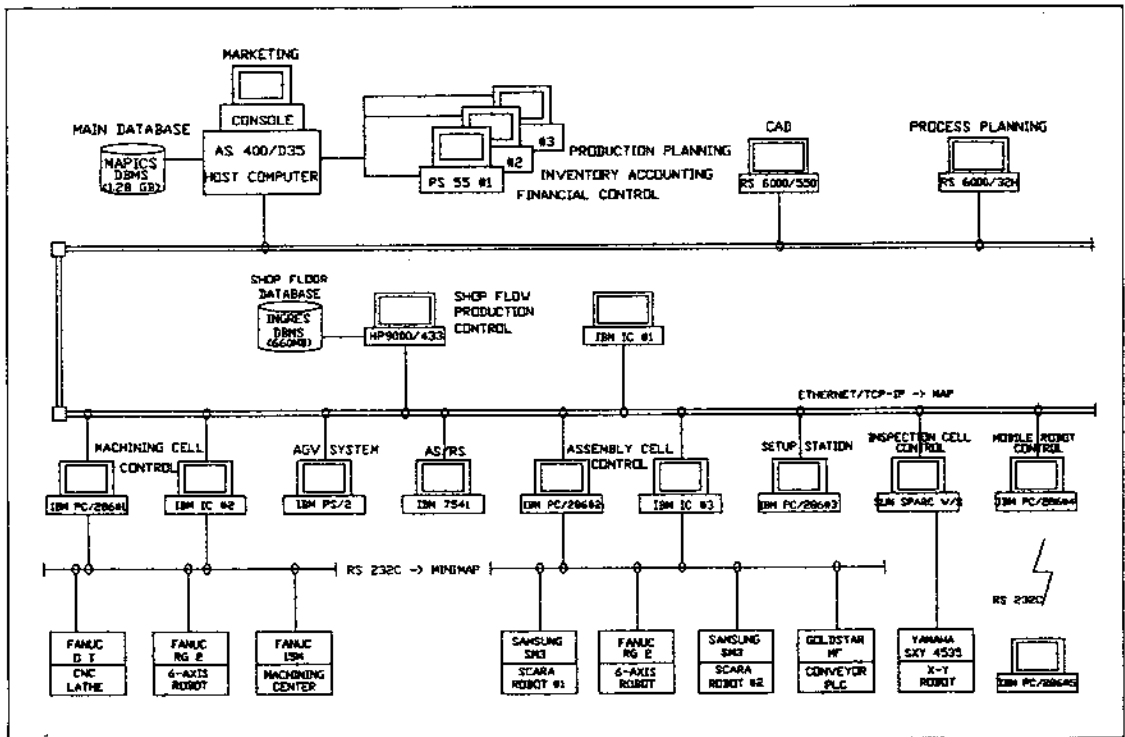


그림 2. Computer Network of ASRI-FMS/CIM Center

2.3 FMS 운용소프트웨어 구성체계

FMS/CIM 센터를 운용하기 위한 소프트웨어의 전체적인 구성체계는 그림 3과 같다.

CIM 컴퓨터실의 AS400/D35 호스트 컴퓨터에는 MAPICS/DB 소프트웨어가 설치되어 제조업의 경영 및 생산정보 통합관리를 위한 Master Production Planning, MRP, CRP, 재고관리, 구

매관리, 재무관리, 영업수주관리 등의 기능을 수행한다. 또한 CAD/CAM 터미날로써 RS6000 workstation이 2대 있으며, P-CADAM이 설치되어 있어 CAD/CAM integration을 수행한다.

FMS 시범 플랜트를 운용하기 위한 생산통제 소프트웨어 모듈은 자체개발한 것으로서, 생산관리분야, 공장제어분야, 제조 데이터베이스 등으로 나눌 수 있다. 생산관리분야의 소프트웨어 모

둘로서, “단위주기 생산계획”과 “작업일정전개” 모듈이 있으며, 공장제어분야의 소프트웨어 모듈로서는 전개된 작업일정을 수행하기 위한 명령어 코드를 만들어내는 “플랜트 동작제어” 모듈이 있다. 그 하위구조로서 가공, 조립, 검사설 운영 제어소프트웨어 모듈, 무인반송차 및 자동창고제

어용 소프트웨어, 각 설비의 가동상태를 모니터링하는 공장관제 및 작업실적 보고용 소프트웨어가 있다.

제조 데이터베이스는 Ingres DBMS를 기본으로 하며, BOM, 표준공정 Routing, Part 정보, 치공구정보 등 제품관련 데이터베이스와 설비가

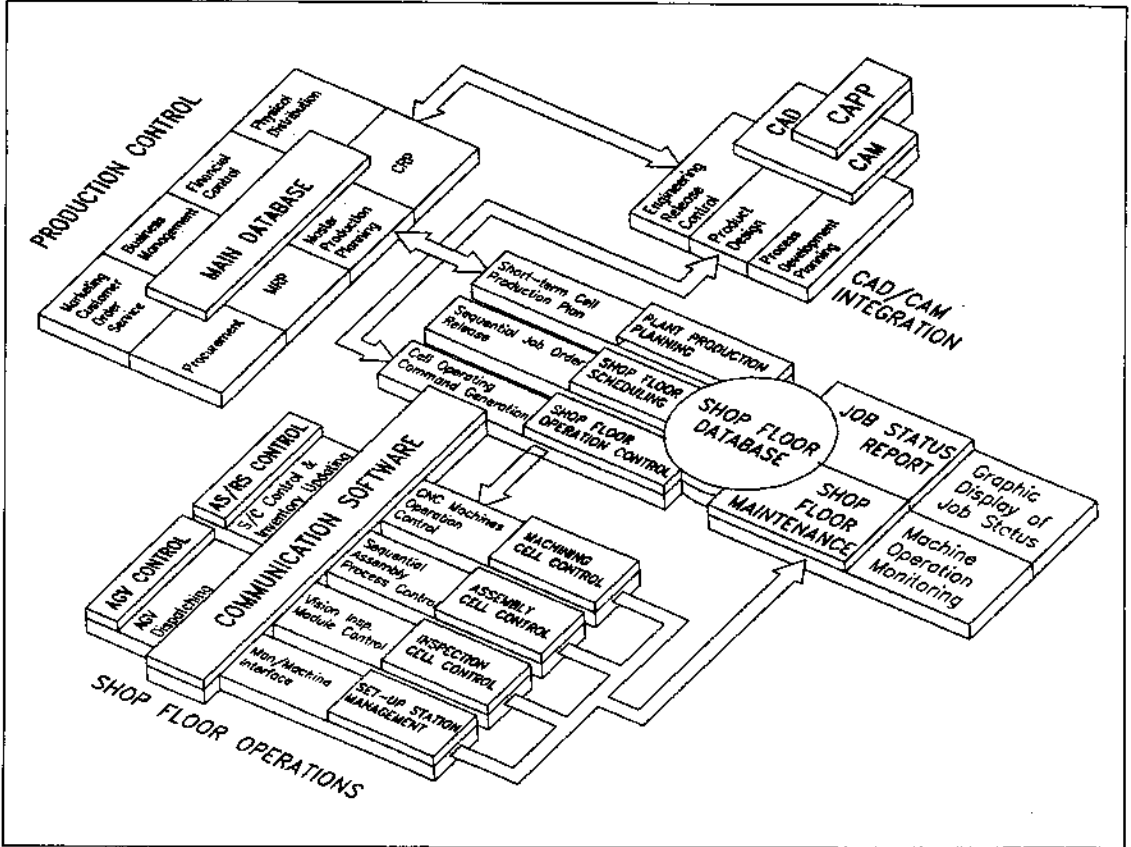


그림 3. ASRI-FMS/CIM Center의 소프트웨어 구성체도

동 현황, 예방정비일정, 치공구 및 팔렛 보유 현황 등의 설비관련 데이터베이스가 구축되어 있다.

생산통제시스템의 전체적인 소프트웨어 구조는 그림 4와 같다.

3. 생산계획모듈

생산계획모듈은 고객의 주문을 입력받아 생산

가능한 주문을 선정하고, 공구를 할당하며, 생산 경로를 결정하는 기능을 수행한다. 즉, 이 모듈은 상부의 생산관리 모듈로부터 확정된 생산지시, 설비의 생산능력, 공구 및 그립퍼 장착능력, 그리고 목적함수선택을 입력으로 하여 해당 생산 주기의 생산품목 및 생산량, 공구할당 계획 및 부품생산경로들을 출력으로 제공한다.

생산계획모듈은 크게 데이터베이스 입력모듈,

주문선정 모듈, 공구할당 및 주문조정 모듈 그리고 경로결정 모듈로 구성이 된다.

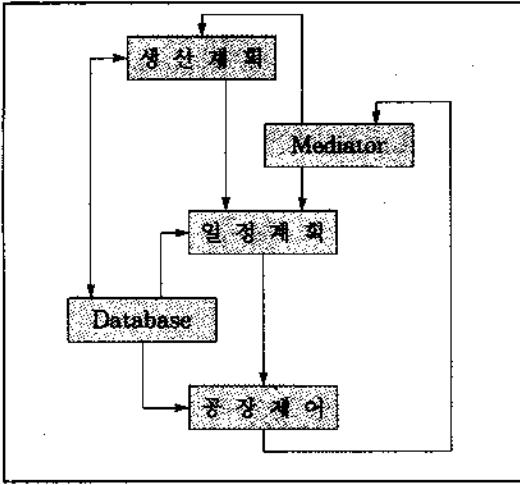


그림 4. 생산통제시스템의 소프트웨어 구조

본 연구에서는 생산 및 조립이 동시에 이루어지는 FMAS를 대상으로 하여 주문선정문제와 작업부하할당문제의 해법을 개발하였다.

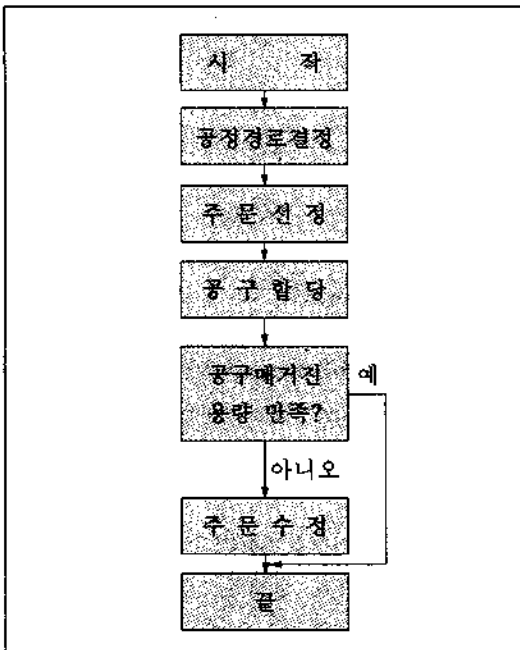


그림 5. 생산계획시스템의 모듈구조

그림 5는 생산계획시스템의 모듈구조를 보이고 있다.

3.1. 공정경로결정 모듈

이 모듈은 각 부품유형별로 특정 목적함수를 최적화하는 공정경로를 결정하며, 기계간 이동의 최소화, 부품별 가공시간의 최소화 또는 기계간 부하균형 중 하나의 목적함수를 시스템 관리자가 선정할 수 있게 되어 있다.

1) 기계간 이동의 최소화

각 부품유형 j 에 대한 기계간 이동의 최소화를 위한 공정경로결정은 다음과 같이 모형화될 수 있다.

$$\text{Min } \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K |y_{jpk} - y_{jpl}|$$

$$\text{s.t. } \sum_{k=1}^K y_{jpk} = 1 \quad \text{for } p=1 \text{ to } NP_j$$

$$y_{jpk} \leq a_{jpk} \quad \text{for } p=1 \text{ to } NP_j, \\ k=1 \text{ to } K$$

$$y_{jpk} = 0/1 \quad \text{for } p=1 \text{ to } NP_j, \\ k=1 \text{ to } K$$

위 식에서 y_{jpk} 는 부품유형 j 의 p 번째 작업이 기계 k 에서 수행되는지를 나타내는 0-1 변수이고, a_{jpk} 는 부품유형 j 의 p 번째 작업이 기계 k 에서 수행될 수 있는지를 나타내는 0-1 변수이다. 그리고 NP_j 는 부품유형 j 의 요구작업 수, K 는 전체 기계의 수를 각각 나타낸다. 위 모형은 다시 네트워크에서의 최단경로 문제로 변형될 수 있다. 즉, 각 작업에 해당하는 대체기계들을 하나의 층(layer)으로 하는 다층네트워크를 구성하고 이로부터 첫번째 작업에서 마지막 작업까지 모두 수행하기 위해 거쳐야 하는 기계들의 최단 경로를 구한다. 이 때, Bellman-Ford 방정식을 활용하였다. 예를 들어, 그림 6은 네개의 작업을 필요로 하고, 각 작업은 각각 1, 2, 3, 1 개의 대체기계를 가지는 부품을 나타낸다.

2) 부품별 가공시간의 최소화

이 경우, 각각의 부품유형 j 에 대한 가공시간

을 최소화하기 위해서는 아래와 같이 모형화되

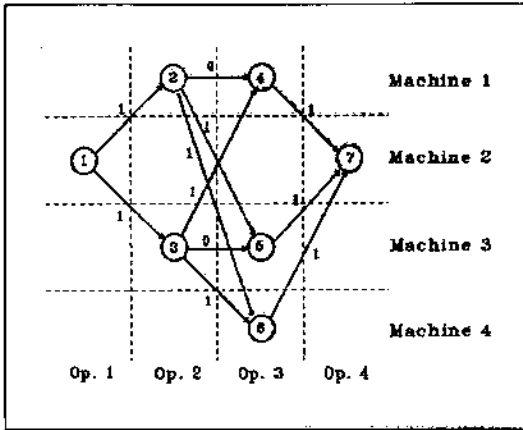


그림 6. 변환된 네트워크

고, 기계간 이동의 최소화문제와 비슷하게 대체 기계들로 구성되는 네트워크(네트워크의 호들은 해당기계에서의 가공시간을 거리척도로 가진다)에서의 최단경로문제에 변형될 수 있으며, 최단 경로 알고리즘을 사용하여 해결할 수 있다.

Min x_0

$$s.t. \sum_{p=1}^{NP_j} \sum_{k=1}^K t_{jpk} \cdot y_{jpk} \leq x_0$$

$$\sum_{k=1}^K y_{jpk} = 1 \quad \text{for } p=1 \text{ to } NP_j$$

$$y_{jpk} \leq a_{jpk} \quad \text{for } p=1 \text{ to } NP_j, k=1 \text{ to } K$$

$$y_{jpk} = 0/1 \quad \text{for } p=1 \text{ to } NP_j, k=1 \text{ to } K$$

여기서, t_{jpk} 는 부품유형 j의 p번째 작업을 기계 k에서 수행할 때 소요되는 시간을 나타낸다.

3) 기계간 부하균형

부품별 기계이동의 최소화나 기계간 이동의 최소화는 각 부품을 기준으로 한 공정경로결정 모형이기 때문에 실제 적용상 부품유형의 수가 증가하는 경우 기계간의 부하균형문제를 발생시킬 수도 있다. 따라서 전체 부품을 기준으로 할 때는 기계간 부하균형을 고려해서 공정경로를 결정

할 수 있다. 기계간 부하균형문제는 상위 생산계획으로부터 주어진 모든 주문을 선택하였을 때 기계간 부하의 차를 최소화하기 위한 것이며, 비선형 0-1 정수계획문제로 모형화된다.

$$\text{Min } \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^K |W_k - W_i|$$

$$s.t. \sum_{k=1}^K y_{jpk} = 1 \quad \text{for } p=1 \text{ to } NP_j$$

$$y_{jpk} \leq a_{jpk} \quad \text{for } p=1 \text{ to } NP_j, k=1 \text{ to } K$$

$$y_{jpk} = 0/1 \quad \text{for } p=1 \text{ to } NP_j, k=1 \text{ to } K$$

$$\text{where } W_k = \sum_i \sum_j (\sum_p t_{jpk} \cdot y_{jpk}) \cdot q_{ij} \cdot d_i$$

위 식에서 q_{ij} 는 i번째 주문의 제품 하나를 만들기 위해 필요한 부품유형 j의 갯수를 나타내고, d_i 는 i번째 주문의 주문량을 나타낸다.

$W_k = \sum_i \sum_j (\sum_p (t_{jpk} \cdot y_{jpk}) \cdot q_{ij} \cdot d_i)$ 는 모든 주문을 생산한다고 할 때 기계 k에 걸리는 작업부하를 나타낸다.

실시간내에 적절한 해를 얻기 위하여 최소부하 기계로부터 순차적으로 작업을 할당해 나가는 발견적 기법을 사용하였으며, 그 알고리즘은 다음과 같다.

ALGORITHM Route-Balance-Work

- Step 1.** 생산주문으로부터 부품유형별로 요구되는 생산량 (N_j)을 계산한다.
- Step 2.** 각각의 부품유형(j)과 작업(p)별로 평균처리시간(mt_{jp})을 계산한다. 그리고 이를 이용하여 평균총처리시간($MT_{jp} = N_j \times mt_{jp}$)을 구한다.
- Step 3.** 각 쌍에 대해 MT_{jp} 의 내림차순으로 정렬한다.
- Step 4.** 정렬된 목록으로부터 각각의 부품유형(j)과 작업(p)에 대해 아래의 두 조건

을 만족하는 기계(k^*)에 해당되는 쌍을 할당한다.

i) k^* 는 부품유형 j 의 p 번째 작업을 수행할 수 있다.

ii) k^* 의 기계부하(CWL_k)가 최소이다. 즉,

$$k^* = \arg \min \{CWL_k \mid k \cdot \exists \cdot a_{jk} = 1\}$$

그리고 k^* 의 부하를 $N_j \times t_{jk^*}$ 만큼 증가시킨다.

3.2 주문선정 모듈

이 모듈에서는 주어진 생산주문으로부터 다음 생산주기 동안에 생산해야 할 주문들을 결정한다. 목적함수는 각 주문들의 작업 납기일과 중요성을 반영한 가중치(w_i)들의 합의 최대화이고, 정수 변수들(x_i)을 relaxation하여 Bounded Linear Programming을 적용함으로써 근사최적해를 구하였다.

$$\begin{aligned} & \text{Max } \sum_i w_i x_i \\ & \text{s.t } \sum_j t_{jk} \cdot x_j \leq u_k \cdot T_k \quad \forall k \\ & 0 \leq x_i \leq d_i \quad \forall i \end{aligned}$$

여기서 x_i 는 i 번째 주문이 선정된 경우의 생산량을 나타내는 변수이고, d_i 는 주문 i 의 생산요구량, T_k 는 기계 k 의 가용시간, u_k 는 기계 k 의 가동율의 상한을 나타낸다. 그리고, t_{jk} 는 주문 i 를 구성하는 모든 부품을 가공하기 위한 기계 k 에서의 가공시간이다.

3.3 공구할당 및 주문조정 모듈

각 기계는 한정된 공구장착능력을 가지므로, 3.2에서 선정된 주문들을 생산하는데 필요한 공구들을 해당기계에 모두 설치할 수는 없다. 따라

서, 이 모듈에서는 기계별 공구장착능력을 고려하여 3.2.에서 선정된 주문 중 특정 목적함수를 최대화할 수 있는 부분주문집합을 구한다. 해법으로는 남아있는 slot 수에 대한 필요한 slot의 비율이 낮은 부품을 포함하고 있는 부분주문집합을 구하는 발견적 기법을 사용하였다.

ALGORITHM Adjust_Order

- Step 0.** 모든 k 에 대해 TA_k, NSA_k 를 초기화
 $TA_k \leftarrow I_2 \leftarrow \{ \}; NSA_k \leftarrow 0$.
- Step 1.** I_1 이 공집합이 아니면, I_1 중에서 가장 적절한 제품유형(i^*)을 선정하고, 그렇지 않으면, 종료.
- Step 2.** 모든 k 에 대해 TR_{i^*k} 를 결정하고, NSR_{i^*k} 를 계산한다.
- Step 3.** If 모든 k 에 대해
 $NSR_{i^*k} + NSA_k \leq TS_k$ 이면,
then $I_2 \leftarrow I_2 \cup \{ i^* \}$
 $TA_k \leftarrow TA_k \cup TR_{i^*k}$
 $NSA_k \leftarrow NSA_k + NSR_{i^*k}$
 $I_1 \leftarrow I_1 - \{ i^* \}$
goto Step 1.

여기서, I_1 은 주문선정모듈에서 선택된 주문들을 생산하는데 필요한 제품들의 집합을 나타내고, I_2 는 주문조정모듈에서 선정된 제품들의 집합을 나타낸다. TA_k 는 기계 k 에 할당된 tool들의 집합이고, NSA_k 는 TA_k 에 의해 요구되는 tool slot의 수를 나타낸다. 그리고, TR_{ik} 는 TA_k 에는 없으면서 제품유형 i 에 의해 기계 k 에 장착되어야 하는 tool들의 집합이며, NSR_{ik} 는 TR_{ik} 에 의해 요구되는 tool slot의 수를 나타낸다.

4. 일정계획모듈

일정계획모듈은 자원을 배분하고 기계나 기구

를 할당해서 작업을 수행하는 시각을 결정하며, 시스템의 상황이 비정상적이어서 공장제어모듈이 재일정계획을 요청할 경우에는 상황에 맞춰 재일정계획을 수립한다. 일정계획을 수립하는 목적은 단기적으로 생산시스템 전체에 걸친 작업부하를 결정하는 데 있다.

본 연구에서는 일정계획의 기본 작업단위로서 "태스크"를 사용한다. 즉, 부품들의 크기가 작을 때는 하나의 팔렛이 여러개의 부품들을 싣고 공정들을 거칠 수 있는데, 이같은 경우에는 팔렛 위의 각 부품별 작업을 분리해서 취급하지 않고 부품갯수만큼의 가공시간을 가진 하나의 태스크로서 취급하여 작업지시를 내릴 수 있다. 생산계획으로부터 주어진 생산요구품목들은 shop에서 실제로 구현되는 태스크들의 집합으로 변환이 가능하며, 일정계획은 상세한 공장모형에 바탕한 FITA(Fixed Increment Time Advance) 모의실험을 통해, 발생된 태스크들의 수행순서를 결정함으로써 이루어진다. 구체적인 일정계획알고리즘은 그림 7에 나타난 바와 같다.

각 태스크는 태스크의 특성에 따라 아래의 4가지 다른 상태중 하나에 있게 된다.

- 일정계획가능
- 일정계획불가능
- 태스크 실행중
- 태스크 실행완료

시스템내의 상황이 변화함에 따라 각 태스크들은 투입요청 부품의 투입 가능성, 태스크 선행관계, 일정계획 자원의 가용성, 자재가용성, AGV 운반 가능성 등의 Schedulability 조건이 바뀌고 따라서 상태전이를 하게 되며, 태스크선택모듈은 일정계획가능한 태스크들 가운데 SPT/TOT (Shortest Processing Time/Total Processing Time) 규칙에 의해 다음 번에 일정계획할 태스크를 선정하게 된다. 선정된 태스크는 해당 기계

의 여유버퍼의 존재여부를 검사함으로써 블록킹 가능성을 판별하고, Inbound Transportability 검사를 통해 선정된 태스크를 해당 기계로 옮기기 위한 AGV의 시간 가용성을 검사한다. 새로운 태스크가 일정계획되거나 일정계획된 태스크의 작업이 끝나면 시스템내의 시간자원, 물질자원, AGV 등의 상태를 수정하고, 수정된 시스템 상태에 따라 일정계획불가능, 일정계획가능, 그리고 실행중인 태스크들의 상태 또한 변하게 된다. 모든 태스크들이 일정계획되어 실행완료될 때까지 이러한 과정이 반복된다.

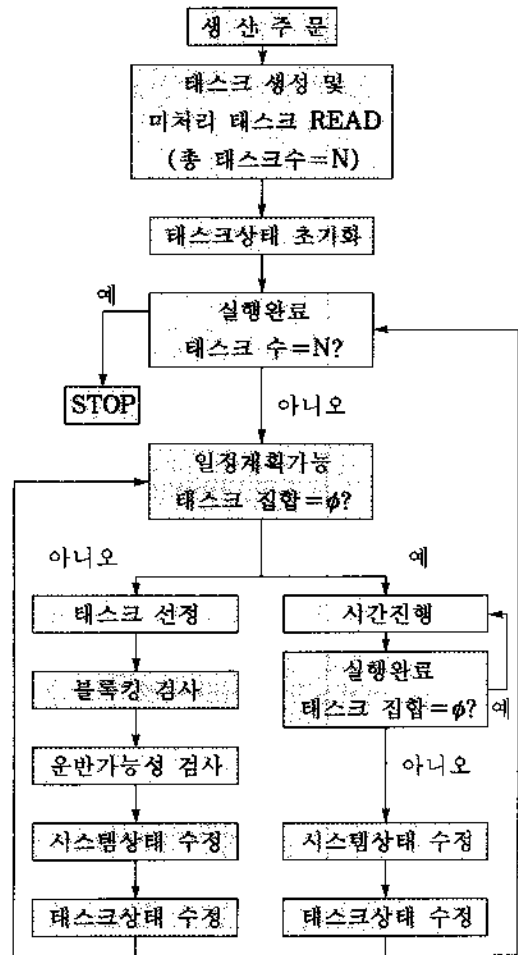


그림 7. 일정계획 시스템의 모듈구조

5. 재일정계획모듈

지금까지 논의된 시스템은 단지 시스템의 용량을 고려하여 생산계획을 수립하고 그에 따른 작업일정을 전개하였을 뿐이며 아직 shop으로부터의 이상상황발생에 대한 대처나 통제기능을 갖지는 못하고 있다. 그림 4에서 보인 mediator모듈은 아래와 같은 세가지 유형의 이상현상에 대해 재일정계획에 필요한 사전정보처리 및 생산계획 모듈 또는 일정계획모듈의 구동을 개시함으로써 FMAS내에서의 불확실성에 의한 이상현상발생에 대처하는 기능을 갖게 한다.

- 돌출수요 발생
- 기계고장 및 수리
- 불량품 발생

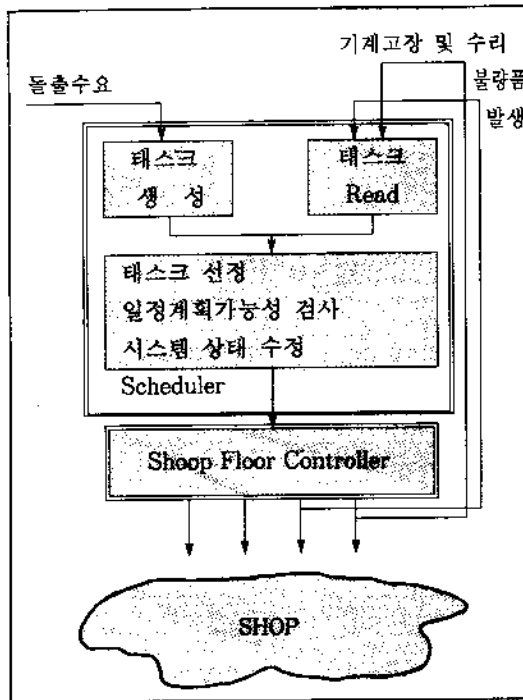


그림 8. 재일정계획모듈의 동작구조

돌출수요가 발생하였을 경우에는 먼저 해당 주문에 대한 태스크를 생성하고, 우선순위를 부여하여 이전 생산주기동안 완료하지 못한 미완료 태스크와 함께 일정을 재조정한다. 기계고장이 발생하면 공장제어모듈로부터의 재일정계획요구에 의해 고장난 기계를 제외한 나머지 자원에 의해 수행가능한 태스크들로 재일정계획을 하고, 기계수리시에는 수리완료 보고된 기계를 포함해서 일정을 재조정하게 된다. 부품불량이 발생하면 필요에 따라 재주문을 발생시키고 이에 따라 일정계획모듈을 재가동하게 된다. 기계고장의 경우에는 불량이 발생할 수가 있는데, 이 경우에도 마찬가지로 재일정 계획으로 처리하게 된다. 재일정계획모듈의 동작구조는 그림 8과 같다.

6. 데이터베이스

본 연구에서 개발된 각 모듈들은 중앙의 데이터베이스(Ingres)를 통해 통합되어 있으며, 각각의 입·출력은 데이터베이스를 매개로 연결되어진다(그림 1 참조). 데이터베이스에는 설비, 공구, 설계도면, 팔릿, 공정, 생산경로, 구매, 주문 등의 정적인 시스템데이터와 생산계획결과, 일정계획결과, 기계 및 설비의 상태, AGV의 상태, 팔릿의 상태 등 시스템의 운용에 따라 변화하는 시스템 상태 정보가 함께 기록되어 있고, Ingres Windows4GL을 이용한 Graphic User Interface를 통해 생산계획정보, 일정계획정보, 셀상태, 가용자원상태, 이상보고, 실적보고 등 제조와 관련한 내용 및 생산가능제품목록, BOM, Routing 등 엔지니어링 관련 사항들을 검색할 수 있다.

이와 같이 함으로써 각 통제모듈들은 독립성을 유지할 수 있고, 따라서 새로운 통제모듈을 추가하거나 기존의 통제모듈을 수정할 필요가 있을 때 이를 용이하게 할 수 있는 장점이 있다.

7. 결 론

2년여의 짧은 기간동안에 국내 최초로 순수한 국내기술에 의해 제작된 서울대학교 부설 자동화시스템공동연구소(ASRI)내의 ASRI-FMS/CIM 공장은 새종류의 모터와 기념품을 동시 제작할 수 있다. 본 연구를 통하여 우리는 FMS/CIM Center를 위한 생산계획 및 통제시스템을 구축하였으며, 이는 아래와 같은 특징을 가지고 있다.

- 가공과 조립이 연결되는 구조하에서 시스템을 실제 운용하기 위한 모듈의 구현

- 작업장의 부하 및 기계들의 효율을 고려한 단기 생산계획 및 오프라인 일정전개/재일정계획을 통한 시스템 통제
- 중앙의 데이터베이스를 통한 모듈의 통합으로 모듈별 독립성 유지
- 주문들의 납기일 및 우선순위 등을 고려한 생산계획을 통한 소비자 만족도의 제고
- ASRI-FMS/CIM 공장의 운용소프트웨어는 현재도 개선작업이 진행되고 있는데 그 중 목표표로는 72시간 무인가동, 분산제어기능, 지능제어기능, 여타 공장예의 이식용이성 등을 들 수 있다.

참 고 문 헌

1. Berrada, M. and K. E. Stecke, "A Branch and Bound Approach for Machine Load Balancing in Flexible Manufacturing Systems," *Management Science*, Vol. 32, No. 10, 1316-1335, 1986.
2. Chakravarty, A. K. and A. Shtub, "Selecting Parts and Loading Flexible Manufacturing Systems," *Proc. of First ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems*, 284-290, 1984.
3. Han, M. H., "Event-Driven Flow Control Strategies in Flexible Manufacturing Cells," *Working Paper*, Georgia Institute of Technology, 1988.
4. Hwang, S. S. and A. W. Shogan, "Modeling and Solution of an FMS Part Selection Problem," *U.C. Berkeley Business School, Working Paper*, No. MS-42, 1987
5. Hwang, S. S. and J. G. Shantikumar, "An FMS Production Planning System and Evaluation of Part Selection Approaches," *U.C. Berkeley Business School, Working Paper*, No. MS-43, 1987
6. Kimemia, J. and S. B. Gershwin, "An Algorithm for the Computer Control of a Flexible Manufacturing System," *IEEE Transactions*, 353-362, 1983. 12.
7. Kusiak, A., "Loading Models in Flexible Manufacturing Systems," *Flexible Manufacturing*, Edited by A. Raouf and S. I. Ahmad, 119-132, Elsevier, Amsterdam, 1985.
8. Kusiak, A., "Scheduling Flexible Machining and Assembly Systems," *Annals of O.R.*, Vol. 15, 337-352, 1988.
9. Lin, G.Y.-J. and J. J. Solberg, "Effectiveness of Flexible Routing Control," *International Journal of Flexible Manufacturing Systems Conference*, 77-89, 1991.
10. Maimon, O. Z. and S. B. Gershwin, "Dynamic Scheduling and Routing for Flexible

- Manufacturing Systems that have Unreliable Machines," *Operations Research*, Vol. 36, No. 2, 279-292, 1988.
11. Perkins, J. R. and P. R. Kumar, "Stable, Distributed, Real-Time Scheduling of Flexible Manufacturing / Assembly / Disassembly Systems," *IEEE Transactions on Automatic Control*, Vol. 34, No. 2, 139-148, 1989.
 12. Philipoom, P. R., Russell, R. S. and T. D. Fry, "A Preliminary Investigation of Multi - Attribute Based Sequencing Rules for Assembly Shops," *International Journal of Production Research*, Vol. 29, No. 4, 739-753, 1991.
 13. Shen, S. and Y. Chang. "An AI Approach to Schedule Generation in a Flexible Manufacturing System," in Stecke, K. E. and R. Suri (Eds), *Proc. of 2nd ORSA/TIMS Conf. on Flexible Manufacturing Systems*, 581-592, Elsevier, Amsterdam, 1986.
 14. Sherali, H. D., Sarin, S. C. and R. Desai, "Models and Algorithms for Job Selection, Routing and Scheduling in a Flexible Manufacturing System," *Annals of Operations Research*, Vol. 26, 433-453, 1990.
 15. Stecke, K. E., "Formulation and Solution of Nonlinear Integer Production Planning Problems for Flexible Manufacturing Systems," *Management Science*, Vol. 29, No. 3, 273-288, 1983.

저 자 소 개



박찬권(朴贊權)

1963년생. 1987년 서울대학교 공과대학 산업공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 산업공학과 졸업(석사).

1992년 서울대학교 부설 자동화시스템공동연구소 연구원, 현재 서울대 대학원 산업공학과 박사과정. 관심분야 : FMS Modelling & Control, 제조정보시스템 등.



강석호(姜錫昊)

1947년생. 1970년 서울대 문리대 졸업(물리학), 1972년 Univ. of Washington, 산업공학과 졸업(공학석사), 1976

년 Texas A&M Univ., 산업공학과 졸업(공학박사), 1982년 MIT 객원교수, 현재 서울대학교 산업공학과 교수.

관심분야 : 생산관리 및 컴퓨터통합생산시스템 등.



박진우(朴珍雨)

1952년생 1974년 서울대학교 공과대학 산업공학과 졸업(공학사), 1976년 한국과학기술원 산업공학과 졸업(공학석사)

사), 1985년 Univ. of Calif., Berkeley, 산업공학과 졸업(공학박사), 1985년 Univ. of Calif., Berkeley OR center 연구원, 현재 서울대학교 산업공학과 부교수.

관심분야 : 제조정보시스템 및 시뮬레이션 등.