FMS 설계/운용을 위한 상용 시뮬레이션 패키지 인터페이스

Interface Scheme for Simulation Software with FMS Design & Operation

이 승 우*, 이 재 종*, 이 춘 식**
Seung Woo Lee, Jae Jong Lee, Choon Shik Lee

Abstract

FMS is two or more computer controlled units interconnected with automated workhandling equipment and supervised by an executive computer having random scheduling capabilities. The complex nature of a FMS, coupled with the need to maximize its performance, means that such a system can be effectly designed only by iterative computer simulation methods.

At the operational level, simulation had a reduced role to evaluate the performance of planned FMS under a variety of operating strategies. This is probably due to the fact that few simulation models are able to access the current status data of the system.

This study reviews the role of simulation for design/operation of FMS and suggests an interface scheme for incorporating a simulation package with a FMS operational database. This scheme can be used for reducing the performance gap between design and real operation of a FMS.

1. 서 론

소비자의 다양한 욕구로 인한 제품수명의 단축등 환경의 변화에 따라 생산시스템의 형태도 소품종 대량생산에서 다품종 소량생산이 가능한 형태로 변환되고 있다. 현재의 생산시스템을 둘러싼 이러한 환경의 변화추세에 따라 FMS(Flexible Manufacturing System) 혹은 CIM(Computer Integrated Manufacturing)과 같은 새로운 개념의 생산시스템이 제안되어 실제 산업에 적용되고 있다.

그러나 이러한 최근의 기술동향에 따른 생산시스템의 변환 과정에서 R. Griffin등이 지적한 바와 같이 다음과 같은 문제점이 야기되었다[1].

첫째, 새로운 형태의 생산시스템은 아주 복잡하고 통합된 형태를 취하고 있어, 기존의 계획법으로는 그 동태적 특성을 분석·예측하기 힘들다는 점과, 둘째는 이러한 자동화 시스템이 증가함에 따라 FMS 설계에 경험있는 기술자가 부족해 졌다는 것이다.

이러한 복잡한 FMS 구성요소간의 동태적 상호작용에 의해서 야기된 문제를 해결하는 데는 컴퓨터를 사용한 시뮬레이션 기법이 주로 이용되고 있다. 즉, FMS를 실제로

* 한국기계연구원 자동화연구부
** 창원대학교 산업공학과

현장에 설치·운용하기 전에 철저한 타당성 조사, 대안 비교/평가를 통해 투자에 따른 위험을 줄이기 위해 시스템의 설계와 평가 단계에서 컴퓨터 시뮬레이션을 사용해 왔다. 컴퓨터 시뮬레이션이 한 시스템의 구성요소나, 구성요소 사이의 구조적, 물리적, 시간적 상호관계나 상호작용을 컴퓨터 소프트웨어에 의해 표현하여, 시스템의 추상적·논리적 모델을 만드는 기술이라고 할 때 이는 논리적인 귀결이라 할 수 있다[2].

본 연구에서는 위와 같은 컴퓨터 시뮬레이션의 일차적인 목적외에 시스템 모델링 단계에서 작성되는 데이타베이스와 비교 평가된 운용전략 등을 FMS 시스템 설계뿐 아니라 실제 운용시에 직접 사용할 수 있도록 하여 모델과 실제 시스템과의 효율성 일치 및 설계 소요시간을 줄일 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 생산시스템에서의 컴퓨터 시뮬레이션

2.1 FMS 시뮬레이션의 용도

FMS는 "가공물 반송장치에 의해서 서로 연결되고, 무작위 일정계획 기능을 갖는, 컴퓨터에 의해 통제되는 두 대 이상의 컴퓨터 수치제어기(CNC)의 집합"으로 정의할 수 있으며[7], 현장에 설치·운용되고 있는 FMS는 유사한 하드웨어와 소프트웨어의 조합에 의해 시스템이 구축된다는 특징을 가지고 있다.

이러한 FMS를 성공적으로 설치·운용하기 위해서는 우선 철저한 사전계획과 함께 시스템 범위, 구성설비 사이의 상호작용에 대해 완전히 파악해야 하며, 구성설비에 대한 제요건과 제어논리 양면에서 시스템을 정확히 모델링해야 한다. 최근에 다수의 포괄적 모델(Generic model) 형태의 FMS 전용 시뮬레이터가 개발되어 모델링 과정과 분석의 도구로 사용되고 있다[2].

구체적인 사용예는 1)가설의 검정, 2)시스템 설계, 3)시스템 운용과 같이 세가지 종류로 나눌 수 있다.

여러가지 일정계획 알고리듬, 디스패칭 규칙의 특성, 효율성의 비교 혹은 설비배치 안의 비교 등이 가설의 검정 용도의 예에 속하고, 시스템 설계용으로는 FMS 설계 단계에서 설계대안들의 성능을 시뮬레이션에 의해 정량적으로 평가하는 경우 등이 포함된다. FMS 설계도구로서의 시뮬레이션의 용도는 좀 더 구체적으로 다음과 같이 요약할 수 있다[5].

- 의사 결정
  - -구성설비의 형태
  - -구성설비의 요건
  - -운용 전략
- 인식과 이해
  - -시스템의 효율에 영향을 미치는 요인들
  - -구성설비 사이의 시간적 상호작용의 영향
- 의사 소통
  - -FMS 사용자 집단내의 요원들 사이
  - -FMS 사용자 집단과 관련된 외부 조직 사이

2.2 생산시스템 운용 모델 설계를 위한 시뮬레이션 응용

FMS 설계 도구로서의 시뮬레이션에서는 실제 시스템의 존재와는 무관하게 설계에 의해 현실화시키려는 시스템을 근사화한 모델을 사용하게 된다. 이렇게 해서 설계된 FMS를 실제로 구현해 운용해 보면 시뮬레이션하에서의 효율성에 훨씬 못 미치는 결과가 자주 발생한다. 이는 모델과 실제 FMS가 구성설비의 형태와 요건뿐 아니라 이들의 운용전략까지도 동일해야 한다는 점이 FMS의 실운용자에 의해 간과되어 발생한 것이다.

모델과 실제 FMS 사이에 서로 일치시켜야 할 운용전략은 FMS의 복잡성과 가공품 공정의 다양성/대체성, 작업시간의 변동가능성으로 인해 다음과 같은 5가지 수준에서의 고려가 필요하다[16]:

1) 가공 개시전(Pre-release) 계획 규칙,
   가공해야 할 부품의 결정, 공정 순서상의 제약 확인, 작업시간 추정
2) 가공 개시 통제 규칙,
   시스템에 가공개시 시점과 가공순서 결정 규칙
3) 작업 순서 규칙,
   가공기 사이의 부품이동 규칙, 특정기기에의 작업순서 할당 규칙
4) 가공물 선정 규칙,
5) 운반 규칙.

위와 같은 운용전략 모델과 실시간 현장관리에의 적용이 서로 다르게 되었던 이유로 Asjorn Rolstadas에는 두가지가 언급되어 있으나, 현시점에서는 전자/컴퓨터 기술의 발달로인해 1)이 진정한 장애요인으로 파악되고 있다[4]:

1) 생산시스템의 상태에 관한 실시간 데이타의 사용 가능성,
2) 시뮬레이션 모델의 계산 결과를 관리자에게 적당한 시간내에 제시할 수 있는 컴퓨터의 계산 능력.

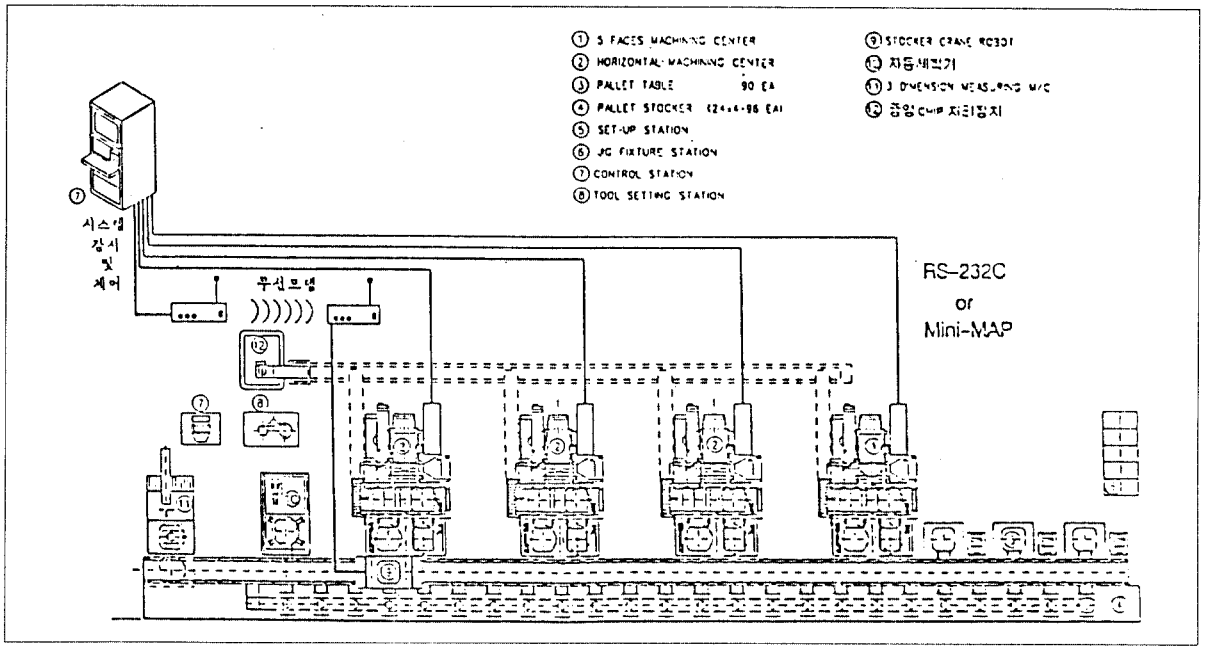
실시간 현장관리와 시뮬레이션하에서의 운용전략을 일치시키기 위해서는, 시뮬레이션 모델과 실제의 FMS가 동일한 시스템 관련 자료를 사용해야 한다[5]. 이러한 시스템 관련 자료로는 부품구성표, 공정 데이타, 재고 관련 데이타, 기계설비 관련 데이타, 치공구 데이타 등 통상 생산관리 및 통제 시스템에 의해 생성/유지/관리 된다.

시뮬레이션과 생산관리 및 통제 시스템에서 사용하는 자료를 일치시키는 방안으로는 시뮬레이터에 이들 자료를 내장시키는 방식(Integration)과 DBMS를 통해 시뮬레이션 모델의 데이타베이스와 생산·통제용 데이타베이스를 공유하게 하는 방식을 생각할 수 있으나 1)시뮬레이션 모델을 On-line 상태가 아닌 현장에서의 운용전략 의사결정 모델로 사용할 때에는 생산·통제용 데이타베이스의 일부 자료만이 필요하게 된다는 점과, 2)기존의 상용 시뮬레이터는 데이타베이스 관리에 상당한 제약이 있다는 점에서 후자가 보다 현실적이라 생각된다.

이상과 같은 FMS의 설계와 실제 구현시 운용전략의 일치를 위해 미국의 Pritsker사에서 개발된 상용 시뮬레이터인 FACTOR/AIM을 다음과 같은 이유에서 선정하였다. FACTOR/AIM은 FMS 모델링의 간편화를 위해 기계, 작업자, 부품, 공정계획과 같은 기본 모델링 구성 요소외에 사용자가 정의할 수 있는 모델링 요소와 시스템 구성설비 및 운용전략의 성능 평가를 가시적으로 보이기 위한 그래프 기능과 같은 시뮬레이터로서의 필수 기능 외에 운용전략(Rule)과 데이타에 의해 시뮬레이션이 수행되며, OS/2의 Data Manager에 의한 데이타베이스의 관리 및 확장, 'C' Code(IBM C Set)에 의한 사용자 Interface를 통해 다른 응용시스템과 데이터 공유가 가능하다는 본 연구에서 필요로 하는 기능을 갖추고 있다[8][9][10] [12].

3. 시스템 모델링 예

본 연구 대상은 〈그림 1〉에서 제시된 것 같이 1대의 5



〈그림 1〉 시뮬레이션 모델의 하드웨어 구성

면 가공기(수직형), 3대의 수평형 가공기, 자동 세척기 그리고 3차원 측정기 등으로 구성되어 있으며, 가공기계들 사이의 공작물 반송은 스태커 크레인(Stacker Crane)에 의해 행해지는 FMS이다. 기계의 앞쪽에는 24개의 팰릿 풀(Pallet Pool)과 가공 부품의 작업준비를 위하여 준비장소(Setup Station과 Jig fixture Station)가 있다.

가공흐름은 부품이 팰릿(Pallet)에 적재되어 준비장소에서 시스템에 투입되면 공정순서에 따라 스태커 크레인에 의해 각 가공기계로 투입된다. 만약 공정에 따라 선택해야 할 기계가 가동중이면 기계 앞에 있는 팰릿 풀에서 대기 후 가공된다. 모든 공정을 거친 부품은 작업준비 장소를 통해 시스템을 빠져 나간다.

4. 시뮬레이션 데이터베이스 구조 분석 및 수정

앞에서 언급한바와 같이 FACTOR/AIM은 시뮬레이션하는 동안 OS/2의 데이타베이스 관리 시스템(Extended Service:DB Manager)을 이용하여 입/출력 데이타를 비롯한 관련 데이타가 관리된다[10][12]. 〈그림 1〉을 시뮬레이션한 결과 62개의 테이블이 생성되었다.

데이타베이스 관리 시스템을 사용하여 생성된 테이블 구조를 분석한 후 생산관리 및 통제 시스템과 공유해야 할 테이블과 구성 필드를 추출하였다.

이 결과, 자료 공유용 테이블은 ①제조지시와 부품에 관한 테이블 군, ②부품의 가공순서에 관한 테이블 군, ③부품의 가공, 저장, 이동에 필요한 기계설비, 팰릿 풀, 반송장치에 관한 테이블 군, ④기계설비, 가공 여유공간, 반송장치의 작업시간, 교대작업 및 보전에 관한 테이블 군들로 크게 분류되었다.

〈그림 1〉의 실제 구성요소와 모델과의 관계는 〈표 1〉과 같다. 즉, 3대의 수평형 가공기들은 같은 기능을 가지는 기계설비 군으로, 공구 및 설비제어 프로그램은 부품을 가공하는 기계설비로 구분된다.[11]

마스터 화일을 제외한 테이블들은 〈표 2〉와 같이 관계형 데이터베이스 시스템인 ORACLE을 사용하여 21개의 테이블로 재구성되었다.

재구성된 데이타베이스는 생산관리 및 통제용 데이타베이스 설계에도 참조되며, 이 시스템에 의해 시뮬레이션에 필요한 데이타가 실시간으로 유지/갱신된다. 이들 정보중

〈표 1〉 구성기기 및 시뮬레이션 구성요소 대비표

구 성 기 기	시뮬레이션 구성요소
5면 가공기 수평형 가공기 팰릿 테이블(Pallet Table) 작업 준비장(Jig, Fixture Set Up Station) 공 구 공구 준비 자동 세척기 NC Program, 설비제어 프로그램 3차원 측정기	기계설비, 기계설비군
작업 준비장 팰릿 보관대 Tool Magazine	팰릿 풀
반송장치(Stocker Crane Robot)	반 송 장 치
부 품	부 품

시뮬레이션 모델로 입력되어야 할 구체적인 정보는 부품과 제조지시 정보와의 관계, 부품별 공정순서, 단위공정별 기계설비(팰릿 풀, 반송장치, 기계설비군 포함) 할당 상황 및 교대작업, 공장월력 등이다.

테이블의 한 예로 〈표 3〉에 시뮬레이터에 입력되어야 할 테이블인 가공품 테이블의 구조를 나타내었다.

자료공유용 관계형데이타베이스의 설계는 다음과 같은 절차에 의해 수행되었으며 ③, ④, ⑤항을 중심으로 설계의 촛점을 맞추었다:

① 세부적 요구사항들의 분석,
② 작업요소(Entity)들의 분석,
③ 요소들간의 연관성 인식,
④ 검색 키(Primary Key)의 정의,
⑤ 외부연결 키 필드의 인식,
⑥ 검색 키 이외의 관련 필드들의 추가,
⑦ 관계형 데이타베이스 구성,
⑧ 각 필드의 범위 지정.

위의 8 단계 절차를 걸쳐 설계된 입력 자료공유용 테이블 군을 대상으로 〈그림 2〉와 같이 테이블 사이의 관계를 설정하였다.

관계 구성절차는 먼저 시스템에 투입되는 제조지시 정

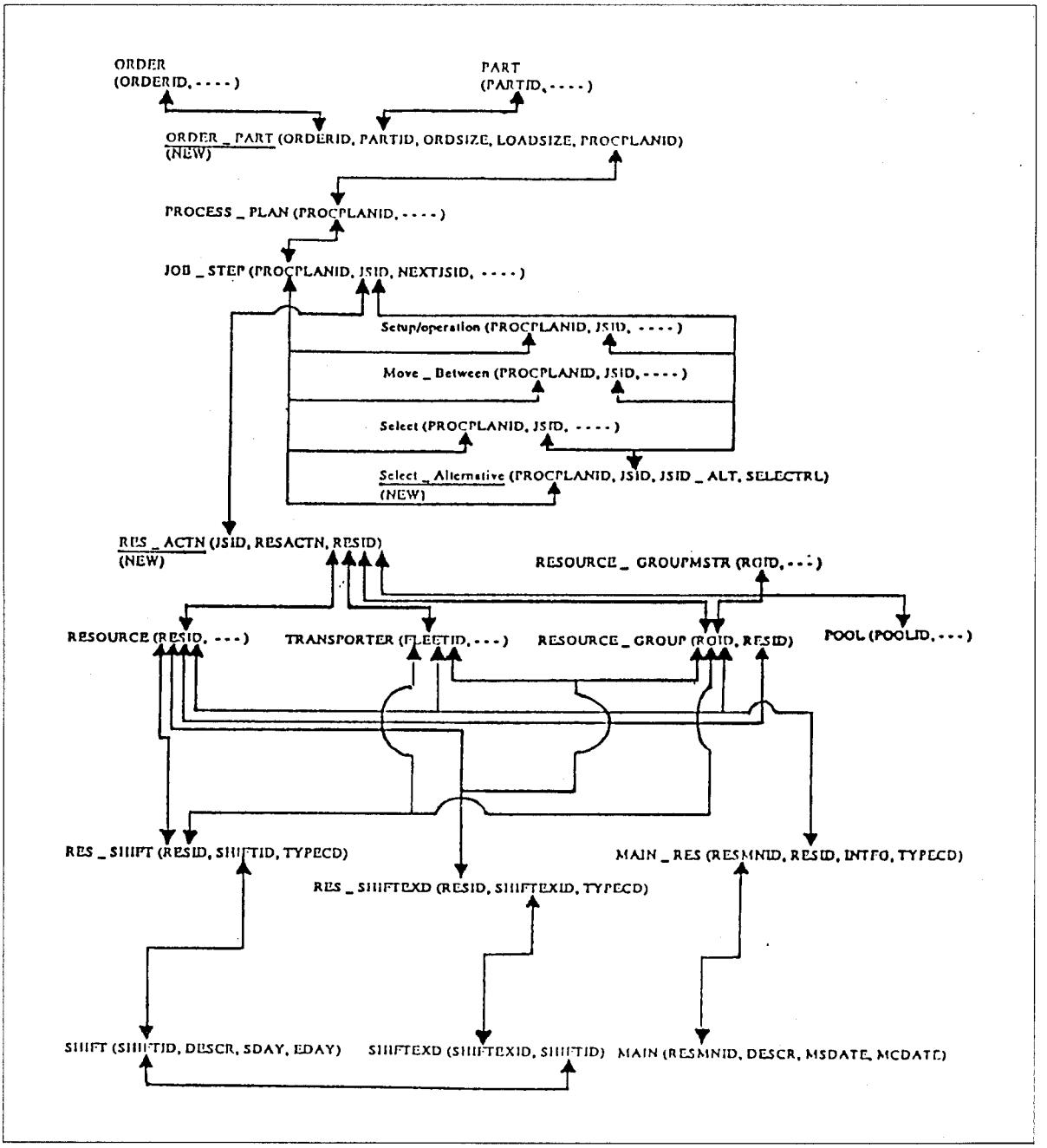
〈표 2〉 시스템 설계/운용 공유 테이블

DB 테이블	내 용
ORDER	시스템에 투입되는 부품에 대한 제조지시정보
PART	시스템에서 가공되는 부품의 공정 정보
ORDPART	제조지시에 따른 부품의 생산 정보
PROCPLN	부품을 가공하는데 필요한 가공공정에 대한 정보
JOBSTEP	일반적인 단위공정에 대한 정보 (작업시간, 다음공정, 대체공정 등)
SETUP/ OPERATION	하나의 단위공정내에서 준비와 작업(가공)이 복합적으로 이루어 지는 단위공정
MOVE—BETWEEN	단위공정내에서 반송장치가 이동하는 출발지 및 목적지, 부품을 이재하는데 필요한 반송장치 등을 정의
SELECT	선택 기준에 의해 다음 단위공정 선택에 관한 정보
SEL—ALT	선택된 공정과 대체 가능한 작업에 관한 정보
RES—ACTN	할당된 기계설비, 팰릿 풀, 반송장치가 어떠한 작업(가공)을 취해야 하는지를 정의
RESOURCE	시스템을 구성하고 있는 기계설비의 정보 및 상태에 관한 정보
RESOURCE— GROUP	같은 기능, 성능을 가지는 기계설비를 하나의 군으로 정의
POOL	부품 혹은 공구등을 보관하는 임시 저장장소에 대한 정보
TRNFLEET	부품을 기계설비로 이동시켜 주는 반송장치에 대한 정보
RES—SHIFT	기계설비, 기계설비군, 반송장치 등의 교대에 관한 정보
RES—SHIFTEXD	기계설비, 기계설비군, 반송장치 등의 교대 예외에 대한 정보
MAIN—RES	기계설비, 기계설비군, 반송장치 등의 보수에 관한 정보
SHIFT	기계설비, 기계설비군, 반송장치 등의 사용가능 시간/교대에 대한 정보
SHIFTEXID	교대 정보 테이블에서 정의된 교대에서 예외 교대정보를 정의
MAIN	MAIN—RES 테이블에서 정의된 보수코드의 보수 시작일 및 종료일에 관한 참고 정보
CAL	공장 월력에 관한 정보 (공휴일 중심)

〈표 3〉 자료 공유 테이블 구조 예(입력)
(부품 테이블)

Table : PART
Indexes : PARTID,(FAMILY,PARTID),(SUBFAMILY,PARTID)
Dataset : PART

필 드 명	Type	Range	Default	Prompt/Description
DESCR	scDESCRIPT		none	품목명
ENDMATILD	scMATERIAL		none	완성품 재고위치 (팰릿 보관대 위치)
PARTID	scPART		none	품목번호
PROCPLANID	scPROCPLAN		none	공정 테이블 코드
STRTMATLID	scMATERIAL		none	원자재 재고위치 (팰릿 보관대 위치)
FAMILY	scPART		none	대분류(G.T. 관련)
PTTABLE	scLTABLE		none	소요시간 정보 테이블명
SUBFAMILY	scPART		none	소분류(G.T. 관련)



〈그림 2〉 입력 OB Table의 Relational 데이터베이스

〈표 4〉 자료 공유 테이블 구조 예(출력)

(제조지시 정보 테이블)

Table : ORDPERF
Indexes : None

Column명	Type	Range	Default	Prompt/Descripp
COMPCD	CHAR1	Y/N		완료 여부
COMPDATE	DATE			실제 완료일
(COMPTIME	TIME			실제 완료시각) Date에 포함
LATENESS	FLOAT	anyFLOAT		지연시간
MAKESPAN	FLOAT	≧ 0.0		소요시간
ORDERID	scORDER			제조지시번호
PARTID	scPART			품목번호
PROCTIME	FLOAT	≧ 0.0		순가공시간
STARTCD	CHAR1	Y/N		개시여부
STARTDATE	DATE			실제 시작일
(STARTTME	TIME			실제 시작시간)Date에 포함
WAITTIME	FLOAT	≧0.0		총대기시간

보와 부품의 인식코드(ORDERID와 PARTID)가 생산량, Batch 크기, 공정 테이블 코드의 정보를 가지는 ORDER—PART 테이블과 연관된다. ORDER—PART 테이블의 공정 테이블 코드 필드는 공작물 가공을 위한 공정순서의 정보를 가지고 있는 PROCESS—PLAN 테이블의 공정 테이블 코드와 연결되고 공정계획 테이블의 인식코드는 공정을 이루는 표준단위공정(JOB—STEP) 테이블의 공정 테이블 코드와 연관된다.

공정순서와 이를 구성하는 단위공정 즉, 부품이 공정순서를 따라 가공될 때 시스템 구성요소들(기계설비, 기계설비군, 반송장치)에 관한 작업 정보는 다음과 같은 4개의 단위 공정 테이블에 저장된다:

1) 기계설비 및 기계설비군의 준비정보와 가공 작업의 정보를 가지는 Setup/ Operation 테이블,
2) 공작물 반송을 담당하는 반송장치의 이동 및 위치 정보를 나타내는 Move—Between 테이블,
3) 작업 공정을 선택하는 Select 테이블,
4) 대체 공정을 선택하는 Select—ALT 테이블 등.

RES—ACTN 테이블은 단위공정의 인식코드인 JSID(4개의 단위공정 Table과도 연관)와 연관되어 어느 기계설비 및 기계설비군이 어떤 작업을 할 것인가를 나타낸다. 시스템을 구성하는 기계설비(RESID), 기계설비군(RGID), 반송장치(FLEETID), 팰릿 풀(POOLID)의 인식코드는 RES—ACTN의 인식코드 RESID와 시스템을 구성하는 요소의 교대 정보, 예외교대 정보 및 보전 정보 등을 나타내는 테이블(RES—SHIFT, RES—SHIFTEXD, MAIN—RES)의 인식코드와도 관계되어 진다. 구성요소의 교대, 예외교대 및 보전 정보를 갖는 테이블의 인식코드는 다시 교대순서, 예외교대 순서 및 보전 테이블의 인식코드와 연관된다.

이상과 같이 각 테이블의 관계 작업을 수행하므로서 부품정보, 제조지시 정보, 부품 가공정보, 구성요소의 정보 및 교대, 보전 정보등은 제조지시 정보 인식코드 혹은 부품정보 인식코드를 이용하면 알 수 있게 된다.

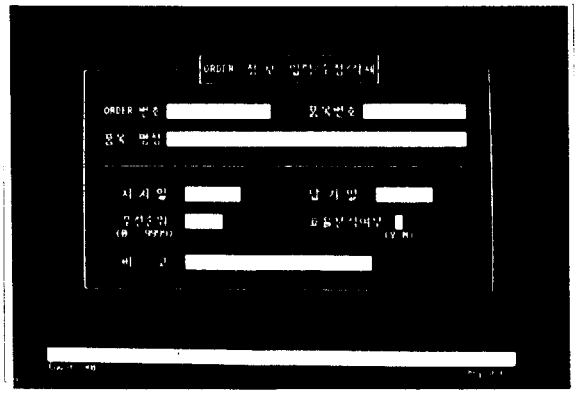
시뮬레이션 모델로 입력된 정보와 모델내의 운용전략에 따른 시스템 구성요소들의 능률/상황에 관한 정보는 시뮬레이션 결과로 출력되므로 이를 분석, 비교, 평가하여 실제의 운용전략을 수립하게 된다.

시뮬레이션의 결과는 ①팰릿 풀의 대기길이 및 효율, ②기계설비와 기계설비군의 대기길이 · 효율, ③반송장치의 효율, 대기길이, 일반정보 ④팰릿 풀, 기계설비, 기계설비군, 반송장치 등의 현 상태에 관한 정보 등으로 21개의 테이블 형태로 제시된다. 각각의 출력 테이블은 다시 입력 테이블과 관계작업이 실시되어 항상 필요한 최신의 정보

를 가지게 된다.

출력 DB 테이블의 한 예를 〈표 4〉에 나타내었으며 가공된 정보들은 다양한 출력 양식에 의해 화면 혹은 프린터로 출력이 가능하다.

〈그림 3〉은 ORACLE의 SQL*Forms를 기본으로 개발된 제조지시 정보의 화면 구성 예를 나타낸 것이다.



〈그림 3〉 제조지시 정보 입력용 화면

5. 결 론

FMS의 설계/평가에 시뮬레이션을 사용할 경우 운용전략도 설계/평가 단계에서 대안의 평가기준으로 포함되어야 할 뿐 아니라, 실제 운용시에도 준수되어야 시스템을 구현했을 경우, 효율성면에서 동일한 결과를 가져오게 된다.

본 연구에서는 시뮬레이션 소프트웨어가 대안의 평가/설계와 같은 일차적인 목적외에 FMS와 같은 생산시스템의 운용을 위한 데이타베이스 설계에도 이용할 수 있다는 점을 보이고, FMS 설계/구현 사이의 효율성의 차이를 줄이기 위해 설계와 실제 운용시스템 사이의데이타 공유방안을 제시하였다.

이 방안을 구체화시키기 위해 상용 시뮬레이터와 데이타 관리시스템을 사용하여 생산관리 및 통제 시스템과 시뮬레이터의 자료 공유를 위한 테이블들과 필요한 소프트웨어가 작성되었다.

참고문헌

[1] R. Griffin, A. H. Warby, *Choosing and Using a Simulation System*, the 3rd European Conference on Automated Manufacturing, IFS Ltd., 1985.

[2] Allan Carrie, *Simulation of Manufacturing Systems*, JOHN WILEY & SONS, 1988.

[3] Ulrich Rembold, et al, *Computer-Integrated Manufacturing Technology and Systems*, Dekker, 1985.

[4] Asbjorn Rolstadas, *Computer-Aided Production Management*,Springer-Verlg, 1988.

[5] R. D. Hurrion, *SIMULATION*, Springer-Verlag, 1986.

[6] I.Burhan Turksen,et al, *Computer Integrated Manufacturing*, Springer-Verlag, 1987.

[7] Andrew KUSIAK, *Flexible Manufacturing Systems*, North-Holland, 1991.

[8] FACTOR/AIM, *User's Guide*, Pritsker Co., 1992.

[9] FACTOR/AIM, *Modeling Reference*, Pritsker Co., 1992.

[10] FACTOR/AIM, *Database Tailoring Guide*, Pritsker Co., 1992.

[11] FACTOR/AIM, *Simulator Tailoring Guide*, Pritsker Co., 1992.

[12] FACTOR/AIM, *Data Analysis Reference*, Pritsker Co., 1992.

[13] 日本經營工學會, 經營工學便覽, 丸善株式會社, 1981.

[14] 伊 東 誼, 岩 田 一 明, フレキシブル生産システム, 日刊工業新聞社, 1985.

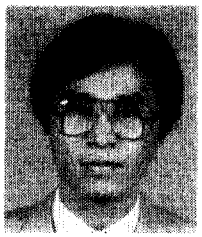
[15] 關根 智明, 高橋 磐郎, 若山 邦紘 , シミュレ-ション, 日科技連, 1976.

[16] 藤井 進, "FAシミュレ-ション技術の現狀と動向", 精密工學會誌, VOL.58, No.7, 1992.

● 저자소개 ●

이승우

1989.2 인하대학교 산업공학과 졸업(학사)
1991.2 인하대학교 산업공학과 졸업(석사)
1991.1~현재 한국기계연구원 자동화연구부 생산시스템그룹 연구원
관심분야: 데이타베이스 구축, Computer Simulation 등



이재종

1987.9 한국과학기술원 생산공학과 졸업
1987.9~현재 한국기계연구원 자동화연구부 생산시스템그룹 선임연구원
관심분야: 시스템 감시, 공구이상감시 및 공작기계측정, 데이타베이스 등

이춘식

1977.2 서울대학교 산업공학과 졸업(학사)
1979.2 한국과학기술원 산업공학과 졸업(석사)
1991.2 한국과학기술원 산업공학과 졸업(박사)
1979.3~1993.8 한국기계연구원 생산시스템실 선임연구원
1993.9~현재 국립 창원대학교 산업공학과 조교수
관심분야: 생산시스템 설계, MRP, GT, 컴퓨터 이용 공정설계 등