

# FMC기반 유연 가공라인을 위한 실시간 생산운영 시스템 개발

남성호·신정훈·이석우 (한국생산기술연구원), 권기억 ((주)B2Gen), 류광열 (부산대학교)

## I. 서론

급변하는 글로벌 기업환경에서 기업들은 날로 심화되는 무한경쟁에 대처해야 하는 상황에 직면해 있다. 국내 기업 특히, GDP의 많은 부분을 담당하는 제조업도 예외일 수는 없다. 시장은 제품의 종류와 수량의 변화가 매우 다양하고 빠르게 변화하는 변종변량의 생산품이 증가하는 추세로 가고 있으며, 고객 요구에 빠르게 대응하기위한 잦은 신제품 출시 등으로 제품의 수명주기가 단축되고 있어 이에 대응하기위한 신속한 생산 셋업과 신속적인 공장 운영이 요구되는 현실이다. 또한, 글로벌 환경에서 부품조달이 다변화, 전문화 체계로 전환되고 있어 다양한 고객에 대한 대응을 위한 생산설비 및 공정의 유연성 확보가 중요해 지고 있다.

이 같은 환경에서 기업들은 새로운 활로를 모색하고 있다. 기존의 시간과 공간의 개념을 극복 할 수 있는 IT 기술은 제조업의 디지털화, 글로벌화를 가능하게 하면서 생산시스템의 고능률화를 촉진하고 있다. 생산성 향상 측면에서 생산시스템에서 중요한 부분을 차지하고 있는 가공장비 분야도 환경이 수요자 및 생산제품 중심 기술개발 체계로 변함에 따라 단위 가공장비의 고기능화와 생산라인의 자동화가 고도화 되었다. 이에 따라 전체 공정운용 솔루션 및 단위 장비의 지능화 네트워크화에 대한 시장의 확대되는 요구에 빠르게 대처할 필요성이 발생하고 있다.

선진국은 장비의 고유연화, 지능화 뿐만 아니라 재구성형 모듈러 시스템 기술을 개발하여 맞춤형 생산시스템 및 통합 운영 시스템S/W를 공급함으로써 날로 확대되고 있는 시장의 환경에 대응하고 있다. 반면, 국내 공작기계 업체의 경우 위와 같은 시장에 진입함에 있어 IT기술을 바탕으로 하는 생산 운영 기술이 부족하여 재구성형 모듈러 시스템 기술 개발에

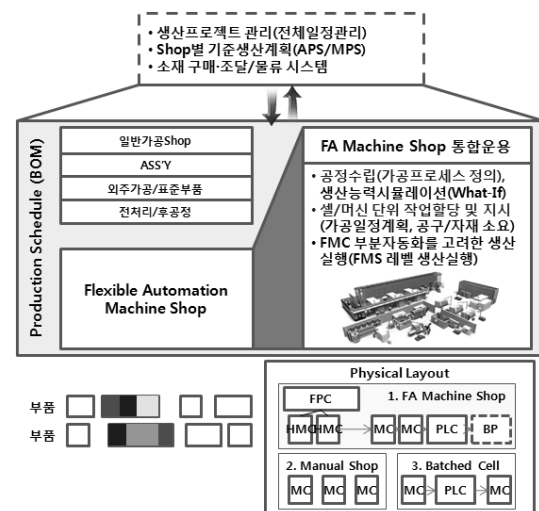
대한 대책이 시급한 현실이다. 이 같은 현실에 대응하기 위한 방안으로 FMC기반 유연 가공라인을 위한 실시간 생산운영 시스템의 개발이 요구되고 있다.

본 논문에서는 다품종 유연생산환경을 위한 FMC기반 유연 가공라인 환경에서 Machining shop의 실시간 생산운영을 위한 시스템 개발 내용과 향후 진행 방안을 살펴보고자 한다.

## II. FMC기반 유연 가공라인을 위한 실시간 생산운영 시스템 개발

### 1. 시스템의 범위와 특성

FMC기반 유연 가공라인을 위한 실시간 생산운영 시스템의 연구 범위는 <그림 1>과 같이 FMC가 포함된 공장 자동화



<그림 1> 개발시스템의 범위

환경의 Machining Shop에 특화된 영역이다. 전체 생산계획에서 나오는 생산 플랜을 포함하는 생산프로젝트 관리 정보와 Shop별 기준생산계획 정보 등 ERP /MES와 같은 상위 생산정보시스템의 정보와 연계하여 운용이 가능한 시스템으로 신속하고 직관적인 공정설계 및 모델링, Shop레벨의 일정계획 수립/관리, 사전 시뮬레이션을 통한 예측분석 및 의사결정의 지원, 실시간 생산정보 기반의 모니터링 및 실적집계를 통한 생산 통제 및 실행관리와 같은 특성이 있다.

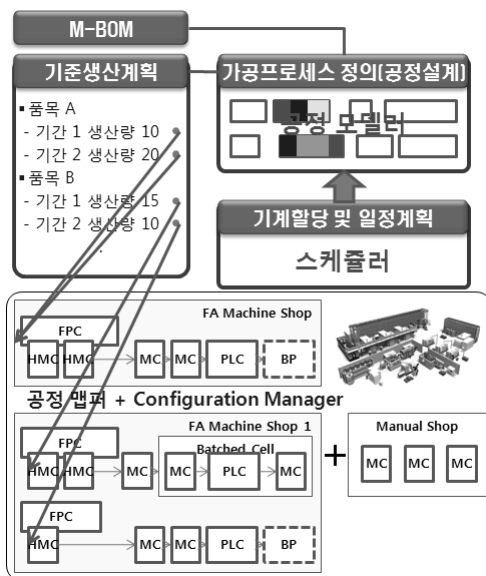
## 2. 시스템 구성모듈 및 생산운용모듈

생산운용 모듈은 전체 시스템 모듈을 담는 그릇과 같은 기능을 하는 부분이다. 기본적인 통합운용 개념은 상위생산정보시스템으로부터 받은 기준생산 계획에 대하여 공정모델러에서 공정계획을 수립하고 이를 기반으로 스케줄러가 일정계획을 하며 그 결과에 따라 작업 정보를 전달하고 실적정보를 취합하여 가시화 한다. 이 같은 내용이 <그림 3>에 묘사되어 있다.

시스템은 Preparation, Execution, Monitoring의 3부분으로 크게 나뉜다. Preparation은 Shop의 작업 실행을 위해서 필요한 정보를 관리하는 기능들로 구성되는데 H/W시스템과



<그림 2> 시스템 모듈화 구성

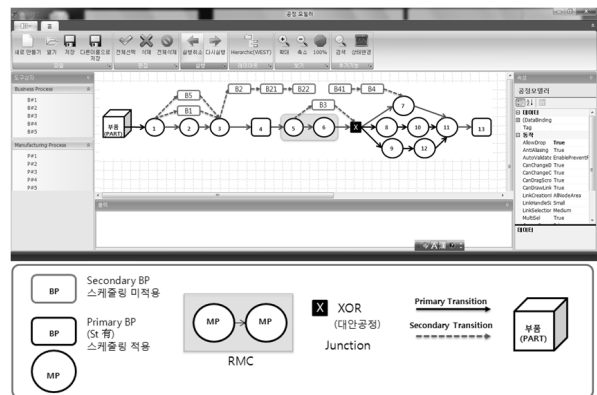


<그림 3> 시스템 통합운용 개념

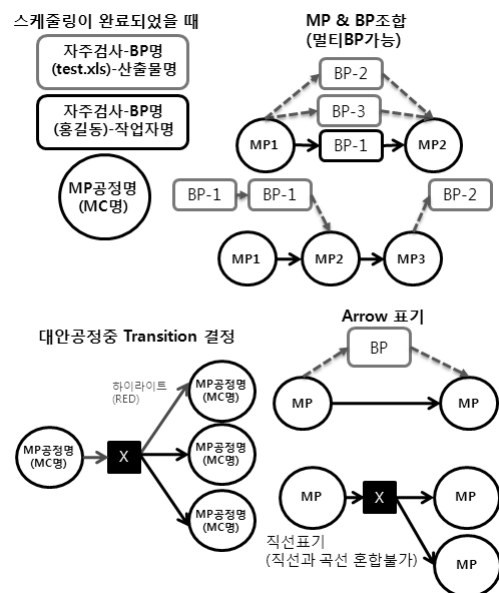
의 인터페이스, 상위정보시스템과의 연계를 통하여 받아오는 정보의 관리, 물리적인 Shop의 구성 정보 관리, 시스템의 주요 기준정보 관리 등의 세부모듈로 구성된다. Execution은 Shop의 작업 실행에 직접 영향을 미치는 기능들로 구성되는데 BOP 모델러, 스케줄러 등의 세부 모듈로 구성된다. Monitoring은 Shop의 실행에 따른 정보를 모니터링 하는 기능들로 구성되는데 실적집계, FMC 및 일반설비 모니터링 등의 기능으로 구성된다. <그림 2>에 시스템 모듈이 도식화되어 나타나 있다.

## 3. 공정모델러

공정 모델러는 부품(BOP)정보를 기반으로 생성된 표준 BOP에 WBS(Work Breakdown Structure)형태의 가공공정정보를 더하여 구성/편집이 가능한 모듈로서 <그림 4>와 같이 구성된다. 공정은 부품별로 구성이 되며 최종 제품이 되는



<그림 4> 공정모델러



<그림 5> 모델링 Notation



데 까지 거치는 공정이 한 가지 이상인 경우도 구성이 가능하도록 대안공정 모델링을 지원한다. 또한 프로세스관리 관점에서 가공에 해당하는 프로세스뿐만 아니라 가공 공정에 필요한 프로세스(Business Process)를 BOP상에 함께 표현이 가능하도록 구성하여 종합적인 관리가 가능하다.

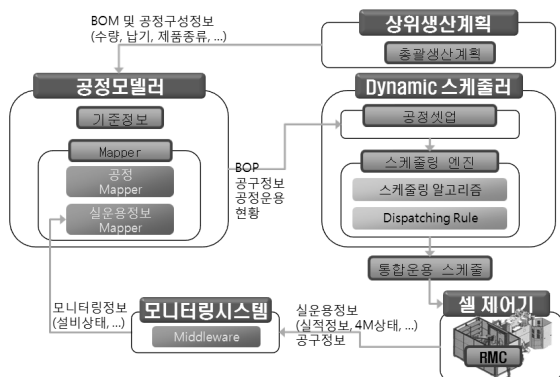
모델링을 표현하는 방법인 모델링 Notation의 정의와 사용법은 <그림 5>에 나타나 있다.

공정 모델러에서 구성/편집된 부품의 공정을 기준으로 설정정보가 표현이 된다. 스케줄링 결과로 선택된 대안공정이 표현되고, 공정이 할당된 설비의 정보와 기타 실적 취합이 된 정보가 모델링 결과에 종합적으로 그래픽 환경에서 표현이 된다.

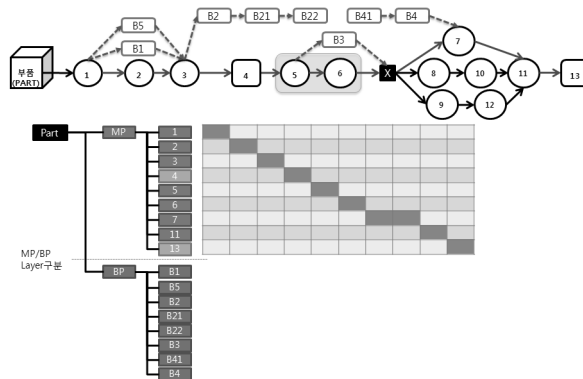
### 4. 스케줄러

스케줄러는 공정모델러에서 생성한 BOP의 정보와 공작기계의 설비로부터 실시간으로 전달되는 정보 및 시스템의 기준정보를 활용하여 FMC기반 유연 공장자동화 Machining shop의 특성을 반영한 고유의 FMS스케줄링을 수행하는 모듈이다. 본 시스템의 스케줄링 체계는 Dynamic 스케줄링 체계로 역동적으로 바뀌는 생산현장의 상황을 빠르게 반영하여 재스케줄이 가능하다. FMC의 셀 제어기로부터 전달받은 자동운전 스케줄 및 현장 상황 정보와 ERP등 상위 정보시스템으로부터 전달받은 정보를 공정모델러에서 통합된 BOP로 모델링하여 이를 Dynamic 스케줄러에 전달하여 통합운용 스케줄을 생성하고 FMC의 셀 제어기로 전달하는 2원화 형태로 구성되어있다. 이 같은 스케줄링 체계의 정보 흐름이 <그림 6>에 도식화 되어 있다.

여러 대안공정 가운데 스케줄링 결과로 선택된 공정을 기준으로 WBS형태로 전개를 하고 간트차트 형태로 일정정보를 표현하도록 개발 하였다. WBS전개는 MP(Manufacturing Process) 뿐만 아니라 BP(Business Process)도 함께 표현하도록 <그림 7>과 같이 구성하였다.



<그림 6> 스케줄링 정보 흐름



<그림 7> 스케줄링결과의 WBS전개 및 간트차트 표현

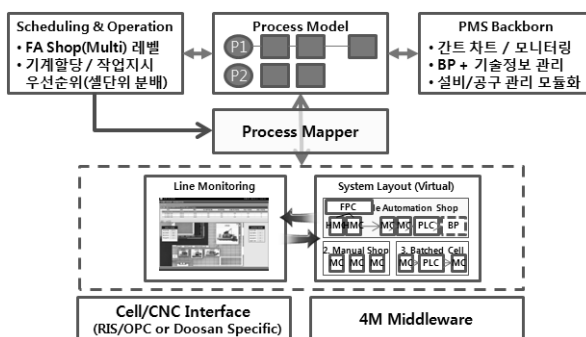
### 5. 실시간 생산정보 인터페이스 및 관리모듈

실시간 생산정보 인터페이스 모듈은 <그림 8>에 나타난 바와 같이 FMC의 제어기, 공작기계의 컨트롤러로부터 정보를 수집하는 모니터링 시스템 그리고 M2M Device로부터 정보를 수집하는 인터페이스 시스템 또는 4M 미들웨어를 통하여 받은 하부의 정보를 모델러 및 스케줄러에 전달하는 역할을 하는 모듈이다. 설비단위 Tag를 사용하여 관리되어 설비의 구성이 변경되어도 상위시스템과의 연결이 계속해서 이어질 수 있도록 구성되며 이를 통해 설비의 구성이 유연하게 변경되는 환경에서도 일관성 있는 정보의 전달이 가능하도록 하였다.

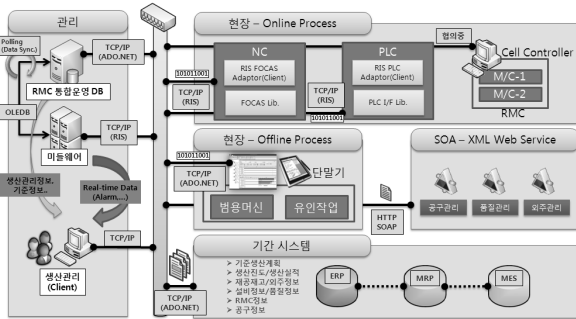
통합 인터페이스는 <그림 9>에 나타난 바와 같이 현장의 온/오프라인 프로세스, ERP, MRP, MES등의 기간시스템과 통합운영 시스템간의 통신을 기반으로 한 구조로 구성하였다.

실시간 모니터링 체계는 시스템 상호간 정보의 동기화와 FMC 셀 제어기와의 동기화 및 각종 현황을 수집하는 체계로 <그림 10>에 이 같은 체계가 표현되어 있다. 모니터링 시스템 모듈은 이 같은 체계를 통하여 모인 정보의 조회 및 활용이 가능하도록 구성하였다.

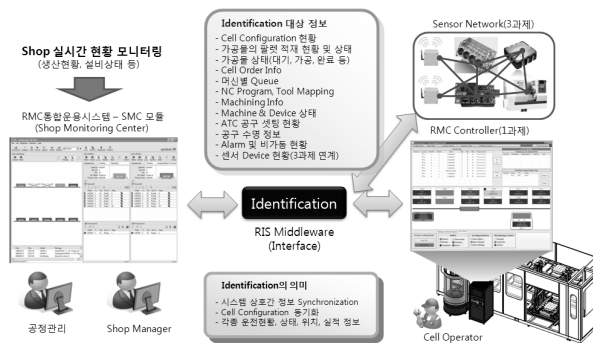
모니터링 시스템에서의 수집대상 정보는 Cell Configuration 현황, 가공물의 팔렛 적재 현황 및 상태, 가공물 상태(대기,



<그림 8> 실시간 생산정보인터페이스



〈그림 9〉 통합 인터페이스 구성

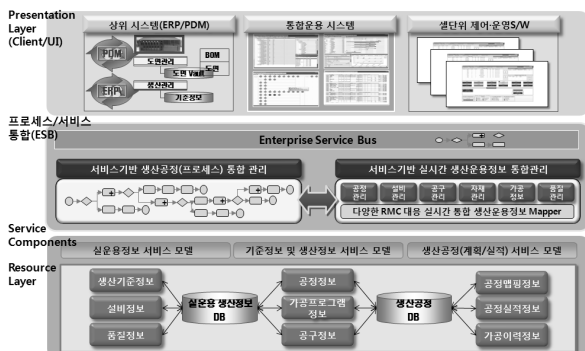


〈그림 10〉 실시간 모니터링 체계

가공, 원료 등), Cell Order Info, 머신별 Queue, NC Program, Tool Mapping, Machining Info, Machine & Device 상태, ATC 공구 셋팅 현황, 공구 수명 정보, Alarm 및 비가동 현황, 센서 Device 현황 등이며 정보의 종류와 상황에 따라 실시간 조회 또는 이벤트 발생시 수집하여 저장 후 필요시 조회가 가능하도록 하였다.

### 6. 서비스기반 통합생산운영시스템 아키텍처

전체 시스템에서 실시간 스케줄링, 생산공정모델 관리, 개별 RMC 통합운영 관리 등을 통합적으로 수행할 필요성이 있으나 각기 개별적인 기능이므로 전체를 유기적으로 관리하기 위한 구조가 필요하다. 이를 위하여 Presentation, Application



〈그림 11〉 통합 생산운영시스템 Architecture

(Service Component), Resource의 3계층으로 구성된 서비스 기반 생산공정 통합관리 환경을 위한 아키텍처를 〈그림 11〉과 같이 설계 하여 이를 기반으로 한 시스템을 구현하였다. 또한, 현장의 설비로부터 전달되는 실적정보 및 모니터링 정보를 필요시 조회하기위한 구조를 서비스 형태로 구성 하였다.

### III. 결론

FMC기반 유연 가공라인을 위한 실시간 생산운영 시스템의 개발을 위하여 아래와 같은 내용을 진행하였다.

- 시스템의 범위와 특성을 정의
- 공정정보의 체계화 및 계층구조(WBS)를 반영하는 프로세스 관리 기법의 설계 및 구현
- 유연한 FMC에 대응하는 BOP모델링 방법론을 제안하고 모델러 구현
- 서비스 기반의 통합운영 시스템의 아키텍처를 설계하고 구현
- 실시간 모니터링을 위한 생산정보 인터페이스 환경을 구축
- RMC의 재구성 및 현장정보의 변경에 대응하는 스케줄링을 지원하기 위한 2원화 구조를 가지는 Dynamic 스케줄링 체계를 설계
- 제조현장의 Machining Process를 중심으로 Manufacturing Process와 Business Process가 공존하는 스케줄링 모델 설계

상기의 설계 및 체계화 내용의 반영을 통하여 FMC기반 유연 가공라인을 위한 실시간 생산운영 시스템의 개발을 할 수 있었다. 향후 현실 상황을 더 체계적으로 분석하여 더욱 적합한 시스템으로 개선하려 한다.

### 감사의 글

본 논문은 지식경제부에서 수행하는 산업원천기술개발사업에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

[1] Steckle, K. E. and Kim, I., 1988, "A Study of FMS part type selection approaches for short-term FMS



production planning," International Journal of Flexible Manufacturing Systems, Vol.1, pp.7-29.

- [2] www.isa-95.com
- [3] Hwang, S. and Shogan, A. W., 1989, "Modelling and solving an FMS part-type selection problem," International Journal of Production Research, Vol.27, pp.1349-1366.
- [4] www.fastems.com
- [5] Whitney, C. K. and Suri, R., 1985, Algorithms for part and machine selection in flexible manufacturing systems, Annals of Operations Research, Vol.3, pp.239-261.



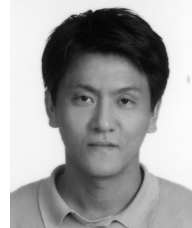
이 석 우

1989년 2월 부산대학교 기계공학과 학사.  
 1991년 2월 부산대학교 기계공학과 석사.  
 2001년 2월 부산대학교 기계공학과 박사.  
 1991년월~1995년월 한국생산기술연구원 연구원.  
 1995년월~현재 한국생산기술연구원 수석연구원.  
 2010년 11월~현재 한국생산기술연구원 충청권지역본부장.



남 성 호

1995년 2월 한국과학기술원 정밀공학 학사.  
 1997년 2월 한국과학기술원 기계공학 석사.  
 2003년 8월 한국과학기술원 기계공학 박사.  
 1997년 3월~2001년 2월 한국과학기술원 기계공학과 일  
 반조교.  
 2003년 9월~2004년 1월 한국과학기술원 기계공학과 연  
 수연구원.  
 2004년 2월~현재 한국생산기술연구원 선임연구원.  
 <관심분야> 실시간 모니터링, HMI, PC-NC 등



권 기 역

1996년 2월 중앙대학교 기계설계학과 학사.  
 1998년 2월 중앙대학교 기계설계학과 석사.  
 2003년 8월 중앙대학교 기계설계학과 박사.  
 2003년 8월~2004년 8월 (주)진포스 개발팀장.  
 2004년 8월~2010년 6월 (주) 비투젠 연구소장.  
 2010년 7월~현재 (주) 비투젠 대표이사.



신 정 훈

2003년 2월 부산대학교 산업공학과 학사.  
 2005년 2월 부산대학교 산업공학과 석사.  
 2005년 2월~현재 한국생산기술연구원 연구원.



류 광 열

1997년 2월 포항공과대학교 산업공학과 학사.  
 1999년 2월 포항공과대학교 산업공학과 석사.  
 2004년 2월 포항공과대학교 산업공학과 박사.  
 2005년 9월~2005년 12월 한국생산기술연구원 연구원.  
 2006년 1월~2008년 2월 한국생산기술연구원 선임연구원.  
 2008년 5월~현재 부산대학교 산업공학과 조교수.