

자가재구성 생산시스템 협업화 모델의 프로젝트 관리 적용 Project Management by applying Collaboration Models in Self-reconfigurable Manufacturing Systems

*# 류광열¹, 이선화¹, 이수용¹, 목학수¹, 최헌종²

*# K. Y. Ryu(kyryu@pusan.ac.kr)¹, S. H. Lee¹, S. Y. Lee¹, H. S. Mok¹, H. Z. Choi²
¹ 부산대학교 산업공학과, ² 한국생산기술연구원 i매뉴팩처링센터

Key words : Collaboration, Self-reconfigurability, Project Management System(PMS)

1. Introduction

급변하는 기술의 변화를 수용하고 소비자에 대한 만족도를 극대화하기 위해 제조기업은 그들이 보유하고 있는 시스템의 지능화 및 자율화를 위해 다양한 노력을 경주하고 있다. 과거 제조기업은 제조원가의 절감 및 소비자의 요구에 대한 즉시 대응, 리드타임의 단축 등을 위해 컴퓨터 통합 생산시스템(CIM; Computer Integrated Manufacturing)을 도입하였다[1]. 그러나 이러한 CIM시스템은 현재의 제조기술 및 소비자의 요구의 변화 속도를 따라가기에는 한계가 존재하였다[2]. CIM시스템의 구현을 위한 제어모델로 과거 중앙 집중형에서 계층형으로, 계층형에서 수평적 분산형으로의 변화가 요구되고는 있으나 이를 실제로 구현하기 위한 기술적 한계로 인해 아직까지는 보편화되고 있지 못하는 추세이다. 계층적 제어구조의 가장 큰 단점은 하부 계층의 변화가 상위계층의 제어기능에 누적되어 작용된다는 점이며 이로 인해 최종 소비자의 요구를 즉시 대응하기 어렵다는 한계가 발생한다.

이러한 단점을 극복하고 변화하는 제품 및 시장의 요구조건을 만족시키기 위해 미래의 생산시스템은 유연하고, 자율적 재구성 이 가능해야 하며, 환경의 변화에 민첩하게 적응할 수 있어야 한다. 또한 생산시스템의 구성요소는 지능적이고, 자율적이며, 능동적 의사결정을 할 수 있어야 한다. 이러한 요구조건을 만족시킬 수 있는 생산시스템으로 Holonic Manufacturing System(HMS), Biological Manufacturing System(BMS), Fractal Manufacturing System(FrMS)가 있다. Ryu et al.은 이러한 세 가지 생산시스템 간의 디자인 및 운영 측면에서의 차이점을 비교한 바 있다[3].

글로벌 제조환경의 변화 및 기업 내·외부의 환경변화에 민첩하게 대처하기 위해서는 제조업 전반에 대한 혁신적 변화를 통한 경쟁력 확보가 시급한 실정이다. 특히 기업간 협업을 통한 경쟁력 강화는 모든 제조업체의 공통된 목표가 되고 있는데 이는 과거 대기업이 가지고 있던 많은 기술적 영역 및 역할이 중소 하청업체로 이전됨으로써 이들 간의 기술적 협력 부족에 의한 제품개발 과정상의 문제발생은 곧 대기업 제품의 품질 및 기업 이미지에 심각한 영향을 미치기 때문이다. 이를 위해 정부에서는 특히 중소기업의 협업을 통한 경쟁력 강화를 지원하기 위해 다양한 협업모델 및 시스템을 구축하여 보급·확산하고 있다[7]. 그러나 협업시스템의 사용자가 많아지고 사용기간이 늘어남에 따라, 이 시스템을 통해 진행되는 다양한 프로젝트의 효과적 관리방안이 필요하게 되었다. 따라서, 본 논문에서는 앞서 설명한 세 가지 생산시스템 중 FrMS를 중심으로 시스템 구성요소 간 협업 방식을 도출하고, 이를 기업의 협업프로젝트 관리에 접목함으로써 효과적이고 체계적인 프로젝트 운영방안을 제시하고자 한다.

2. Self-reconfigurable Manufacturing System

FrMS 개념은 Fractal Factory[4]라는 개념에서 시작된 것으로 HMS, BMS와 비슷한 1990년대 초에 제안되었다. 그 당시 다른 생산시스템에 비해 개념적/기능적으로 우수하다고 평가되었으나 실제 구현이 어렵다는 이유로 현재는 다른 시스템에 비해 가장 연구가 미진한 분야이기도 하다. 이러한 FrMS는 기본적으로 에이전트 기반의 자율분산형 생산시스템으로 볼 수 있다.

FrMS를 구성하는 기본 구성요소는 "fractal" 또는 Basic Fractal Unit(BFU)라 불리며, 이에 대한 정의는 Table 1과 같다.

Table 1 Definition of a fractal and FrMS

| Terminology | Definition |
|-------------|---|
| fractal | a set of self-similar agents whose goal can be achieved through cooperation, coordination, and negotiation with others, and it can reorganize the configuration of the fractal system to a more efficient and effective one |
| FrMS | a flexible and fault-tolerant system developed and operated under the fractal architecture |

하나의 fractal은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 Observer, Analyzer, Resolver, Organizer, Reporter의 다섯 기능요소로 구성되며, 각 기능모듈은 Table 2에서와 같이 다양한 에이전트로 구현된다[5]. 에이전트의 약자 뒤의 "-S"와 "-M"은 각각 Software/stationary 에이전트와 Mobile 에이전트를 의미한다.

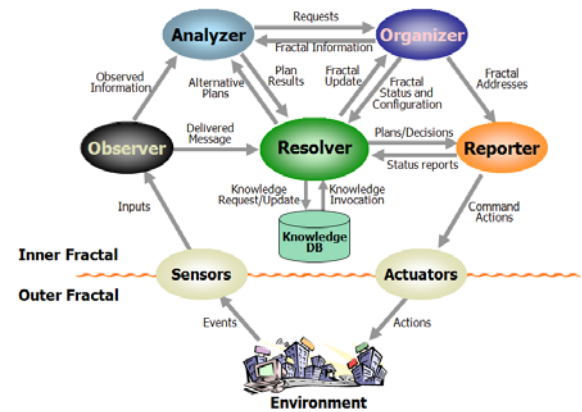


Fig. 1 Functional modules of a fractal

Table 2 Fractal agents in the FrMS

| Functional Module | Corresponding Agents | Abbr. Name |
|-------------------|---------------------------------|------------|
| Observer | - Network Monitoring Agent | NMA-S |
| | - Equipment Monitoring Agent | EMA-S |
| Analyzer | - Schedule Evaluation Agent | SEA-S |
| | - Dispatching-rule Rating Agent | DRA-S |
| | - Real-time Simulation Agent | RSA-S |
| Resolver | - Schedule Generation Agent | SGA-M |
| | - Goal-Formation Agent | GFA-S |
| | - Task Governing Agent | TGA-S |
| | - NEgotiation Agent | NEA-M |
| | - Knowledge Database Agent | KDA-M |
| Organizer | - Decision-Making Agent | DMA-S |
| | - Fractal Status Manager | FSM-S |
| | - Fractal Address Manager | FAM-S |
| Reporter | - REstructuring Agents | REA-M |
| | - Network Command Agent | NCA-M |
| Miscellaneous | - Equipment Command Agent | ECA-S |
| | - SysTem Agent | STA-S |
| | - NeTwork Agent | NTA-S |

FrMS는 다른 생산시스템과 달리 fractal의 정의에 따른 본연의 특성을 갖고 있다. 이러한 특성으로는 self-similarity, self-organization, goal-orientation, dynamics and vitality 등이 있다[3]. 이중 자가재구성력은 FrMS의 대표적 특징으로 볼 수 있으며 Fig. 2와 같이 Dynamic Restructuring Process(DRP)를 통해 구현된다.

FrMS에 존재하는 fractal은 자율적 판단능력이 있으며 다른 fractal과의 협상과정을 통해 일을 수행한다. 이러한 협상을 위한

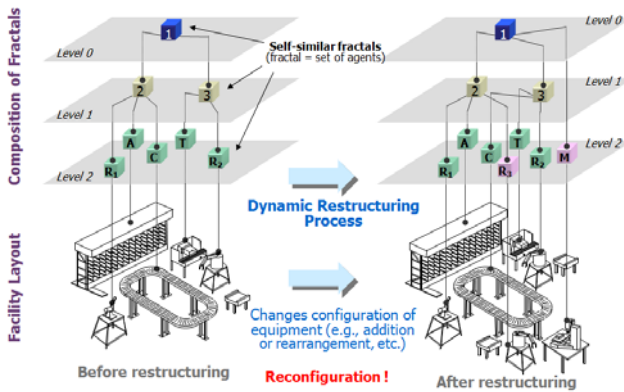


Fig. 2 Self-reconfiguration in the FrMS via DRP

방법으로는 Contract Net Protocol(CNP)이 널리 사용되고 있으나, 에이전트 기반 운영환경인 FrMS에서는 각 에이전트의 통신부담을 줄이고 즉각적인 협상 결과를 얻기 위해 동적 에이전트 기반의 협상 프로세스(Mobile Agent-based Negotiation Process; MANPro)가 제안된 바 있다[6]. CNP는 메시지 중심의 협상방식에 반해 MANPro는 동적 에이전트가 직접 이동하며 결과를 수집하되 각 결과에 대한 사전 평가를 수행하여 예상 범위를 넘는 결과는 제외시킨다. 이로써 Bidding과정에서의 불필요한 모니터링 부담을 줄이고 늦은 회신에 따른 결과도출의 지연을 방지할 수 있다.

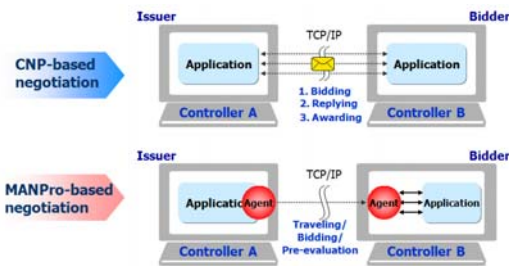


Fig. 3 CNP-based negotiation vs. MANPro-based negotiation

3. Collaboration Model

현재 제조기업에서 활용하고 있는 협업시스템은 기업간의 제품 및 부품개발을 위해 필요한 다양한 기능을 제공하고 있으며 설계 및 생산과 관련된 일련의 협업 활동을 지원하고 있다. 가령 한 기업의 개발 제품과 관련된 프로세스를 크게 영업, 설계, 생산, 판매의 흐름으로 본다면 각 프로세스의 수행을 위해 여러 프로젝트가 동시다발적으로 수행될 수 있다. 협업시스템의 활용 초기에는 시스템 내에 많은 수의 프로젝트가 있는 상태가 아니므로 이를 관리하는데 별다른 어려움이 없으나, 시스템의 활용기간이 늘어남에 따라 프로젝트의 수가 증가하여 결국엔 효율적인 프로젝트의 관리가 어려워질 수밖에 없다. 또한 각 프로젝트간의 연관관계가 명확히 정의되어 있다면 해당 프로젝트의 수행을 위해 기존에 수행했던 프로젝트의 정보를 쉽게 획득하여 활용할 수 있으나, 이 또한 프로젝트가 많아짐에 따라 어려워지게 된다.

협업시스템 내에서의 기업간 협업프로젝트 수행은 마치 앞 절에서 언급한 CNP의 협상방식과 유사하게 진행된다. 결국 협업을 원하는 작업자가 협의를 시작하며 이를 받아들여 일을 추진하기까지는 다양한 정보를 순차적으로 주고 받게 된다. 현재 구축된 협업시스템은 작업자의 휴대폰에 자동으로 SMS를 보내줌으로써 모니터링에 대한 부담을 줄여줄 수는 있으나 결국 상대방으로부터의 응답을 기다려야 한다는 것은 마찬가지이다.

결국 다수의 프로젝트를 효과적으로 관리하기 위해서는 프로젝트간 연계가 명확히 이루어져야 하고 이 과정은 시스템이 스스로 진행할 수 있어야 한다. 이러한 프로젝트간 연계를 위해서 DRP를 적용해 볼 수 있으며, 협업프로젝트의 수행은 MANPro기반의 운영을 생각해 볼 수 있다.

협업시스템을 fractal로 보았을 경우 Organizer의 REA가 Fig. 4에서 보는 바와 같이 각 프로젝트에 대한 정보를 수집하고

이들 간의 상관관계를 분석하여 프로젝트 맵을 구성한다. 이 과정에서 REA는 해당 프로젝트를 접근할 수 있는 권한이 있어야 한다. 이러한 프로젝트 맵은 신규 프로젝트가 생성될 경우 다시 갱신되며 REA가 DRP 과정을 통해 기존의 맵과 신규 프로젝트의 연관관계를 파악하여 진행하며, 필요시 모든 프로젝트를 대상으로 맵을 새롭게 구성할 수 있다.

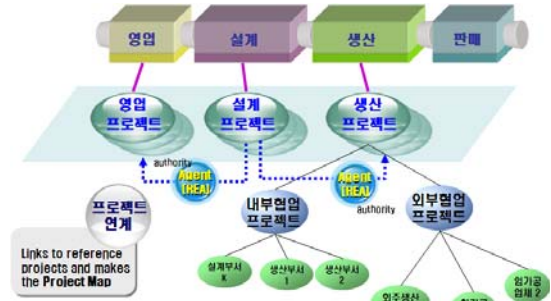


Fig. 4 DRP for making the project map in collaboration systems

협업프로젝트의 수행 또한 Resolver의 NEA가 담당할 수 있는데 NEA는 프로젝트 진행을 위한 세부 task에 따라 각각 생성되고 해당 task가 종료될 때까지 모든 정보의 수집 및 수행을 진행한다. 각 task별로 수행되어야 할 프로세스는 사전에 NEA에 입력되어야 하며 이에 따라 NEA는 관련 작업자들에게 정보를 요청하거나 SMS의 자동 발송 및 필요시 온라인 회의를 요청할 수 있다. 해당 task의 수행이 종료됨과 동시에 NEA는 결과를 협업시스템에 등록하고 자신은 소멸된다.

4. Conclusion

국내 중소기업의 협업을 통한 경쟁력 강화를 지원하기 위해 정부차원의 프로젝트(i-Manufacturing 사업)가 수행되고 있으며, 이를 통해 다양한 협업시스템이 구축·운영되고 있다. 그러나, 협업시스템의 활용기간이 늘어남에 따라 협업프로젝트가 점차 많아지게 되고 이를 효과적으로 관리할 수 있는 방안이 요구되고 있다. 본 논문에서는 자가재구성 생산시스템인 FrMS에서 이루어지는 시스템 구성요소간 협업의 원리를 협업시스템의 프로젝트 관리에 적용함으로써 효율적 관리방안을 제시하고자 하였다. 현재까지 협업시스템에는 동적 에이전트의 개념 적용이 이루어지지 않은 바 향후 본 논문의 결과를 적용할 경우 사용자 하여금 좀 더 체계적이고 편리한 프로젝트 관리가 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 논문은 지식경제부에서 수행하는 i매뉴팩처링(한국형 제조혁신)사업에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Chang, T. C., Wysk, R. A., and Wang, H. P., Computer Integrated Manufacturing, Prentice-Hall, 1998.
2. Mettala, E. G., Automatic Generation of Control Software in Computer Integrated Manufacturing, Ph.D. dissertation, The Penn State University, USA, 1989.
3. Ryu, K. and Jung, M., "Agent-based fractal architecture and modeling for developing distributed manufacturing systems," IJPR, 41(17), 4233-4255, 2003.
4. Warnecke, H. J., "The fractal company: a revolution in corporate culture," Springer-Verlag, Berlin, 1993.
5. Ryu, K., Son, Y., and Jung, M., "Modeling and Specifications of Dynamic Agents in Fractal Manufacturing Systems," Computers in Industry, 52(2), 161-182, 2003.
6. Shin, M., Jung, M., "MANPro: mobile agent-based negotiation process for distributed intelligent manufacturing," IJPR, 42(2), 303-320, 2004.