

에이전트 기술 응용 Shop floor 제어 방안

박홍석*

Method for Shop Floor Control Using Agent-Technique

Hong Seok Park*

ABSTRACT

Due to the increasing complexity to handle conflicts and interruptions caused by resource failures and rush orders, shop control is obliged to redesign its organization according to the changing demands of the manufacturing control. These demands are leading to the development of decentralization and gradually to their permanent optimization. As a result, a powerful modeling method which can be adapted efficiently is required. The use of agent theory enables specific modeling of the relevant shop planning activities. The planning activities are modeled in a so-called activity modeling through the definition of three classes of agents; Plan Agent, Manufacturing System Agent and Control Agent as well as the description of the cooperative relationship among these agents. On the basis of the activity model the agent-based shop control method is developed which emphasizes the distributed problem-solving and the cooperation with relevant agents.

Key Words : Agent Theory(에이전트 이론), Agent Activity Modeling(에이전트 활동 모델링), Shop Floor Control(제조 공장 제어)

1. 서론

산업현장의 일반적인 제어구조인 상하관계로 구성된 계층구조에서는 하위 단계의 부하, 생산일정, 자재, 작업배분 등의 계획이 가장 짧은 시간대 일지라도 대개 일일 계획 이상이고, 요약적이며 상세화 되지 못한다. 그래서 이를 실행할 때 예측 못한 장애, 긴급주문 등의 계획 변경요인이 발생하면 이를 기반으로 현장에서 계획을 재수립하는 등 유연하게 대처하기가 매우 어려워 작업자의 능력이나 상위에 맡겨질 수밖에 없다.

Fig.1에서와 같이 현장의 단순 규칙에 의존한 알고리즘 기반의 시스템은 정해진 알고리즘으로만 문제를 해결하는 굳은 시스템이기 때문에 장애에 유연하게 대처하지 못한다. 이로 인해 휴리스틱 기법에 의존하는 지식기반으로 이루어지는 전문가 시스템이 필요하게 되었다. 하지만 전문가 시스템은 외부 환경과 직접적으로 연결되어 있지 않아 변화를 쉽게 감지할 수가 없어서 동적인 상황에 대응하

* 울산대학교 기계·자동차공학부

기가 어렵다⁽¹⁾. 이런 단점을 보완하는 방안으로 에이전트(agent) 시스템이 도입되게 되었다.

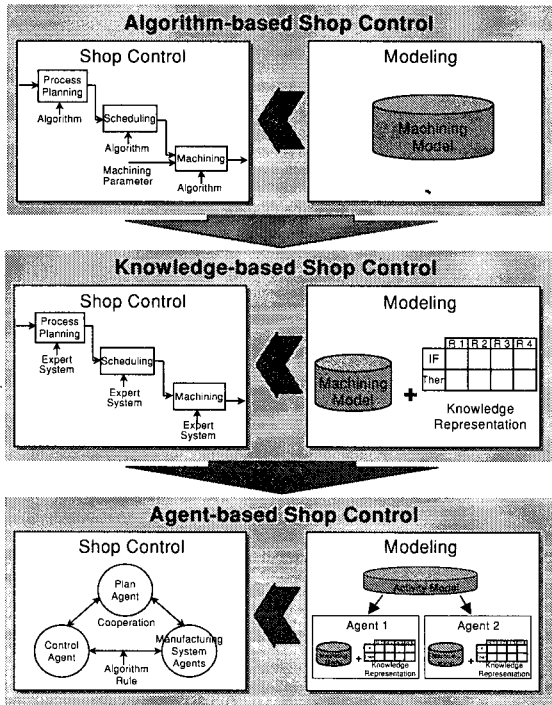


Fig. 1 Comparing with existing method

오늘날 에이전트에 대한 연구 방향은 크게 두 가지로 나뉘어진다. 하나는 단독으로 수행하는 지능적인 기능에 중점을 맞춘 기능성 에이전트에 대한 연구이고^(2,3), 다른 하나는 여러 에이전트들이 존재하는 상황에서 그들 서로간의 상호 작용과 협동에 초점을 맞춘 멀티 에이전트(multi-agent) 환경에 대한 연구이다^(4,5). 그러나 기존의 연구들을 보면 대개 정보기술(information technology)분야, 즉 CORBA(Common Object Request Broker Architecture)나 DCOM(Distributed Component Object Model)등에 의한 정보교환 플랫폼 구성이나 에이전트 기능 및 제어에 관한 것이 주이다. 제조 분야에서 에이전트 기술의 응용은 아직도 제조의 복잡성을 취급하는 데에 있어서 제한적이다.

본 연구에서는 에이전트 기술에 바탕을 두어 외적환경 변화에 자율적인 결정을 내릴 수 있고, 상호간에 협력하여 문제를 해결할 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

2. Agent 기법을 이용한 시스템 모델링

2.1 Agent 구성

에이전트란 자율적으로 의사결정을 내릴 수 있고, 독립적으로 작동하며 서로간의 협력으로 글로벌 목적(goal)을 위한 생산활동을 수행하는 단위(Fig.2)이다.

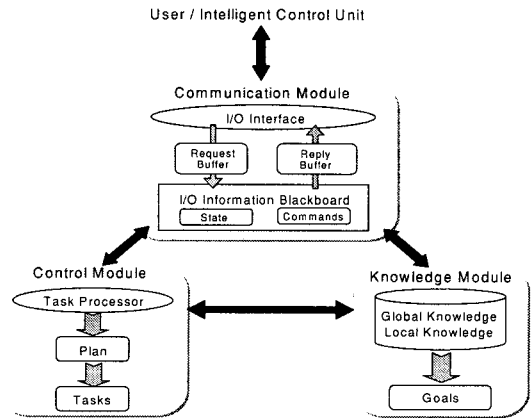


Fig. 2 Agent Architecture

에이전트의 구조는 자신의 목적을 달성하기 위한 에이전트를 이끄는 내부 활동요소와 공통의 목적을 달성하기 위해 다른 에이전트들과 상호 협동적으로 통신들을 행하는 외부활동요소로 구성되어 있다.⁽⁶⁾ 이러한 두 개의 활동요소를 지원하기 위한 모듈들은 다음과 같다.

▶ 통신 모듈 (Communication Module)

이것은 에이전트간의 통신을 관리하고 제어하는 역할을 하고 있다. 블랙보드(Blackboard) 구조를 통해서 동등한 위치에서 상호 통신을 행한다. 통신 모듈은 시스템 구성요소의 동적 상태 정보를 나타내는 상태메시지와 기하학적, 기구학적 정보나 실행 명령의 정보를 나타내는 명령메시지 등과 같은 두 가지 형태의 메시지를 관리한다.

▶ 지식 모듈 (Knowledge Module)

지식 모듈은 에이전트가 활동하는데 필요한 데이터와 지식을 저장한 지식베이스를 가지고 있다. 이 지식베이스는 에이전트의 상태정보나 그 능력을 나타내는 Local Knowledge-base와 자신과 관련된

다른 에이전트들에 대한 정보를 포함하고 있는 Global Knowledge-base 두 가지로 구성된다.

▶ 제어 모듈 (Control Module)

제어 모듈은 에이전트의 행동을 결정한다. 한 에이전트가 작업을 할당받았을 때, 모든 작업은 목적달성을 위한 작업으로 변형이 된다. 에이전트는 자신의 능력범위 안에서 요구에 대한 응답을 할 수 있으며, 제어 모듈에 의해 예정된 계획대로 목적이 달성되게 할 수 있다.

이렇게 구성되는 에이전트는 주어진 문제에 대하여 수행과정을 자주적으로 판단하여 실행할 수 있다. 각 에이전트는 역할이 분명하게 정의되어 시스템의 기능이 분산되어 있고, 각 기능들은 서로 종속적이지 않다. 이런 독립적인 에이전트들은 시스템의 분산기능을 수행하기 위해 에이전트 네트워크 안에서 통신을 하고 시스템의 목적에 도달하기 위해 그들의 활동을 조정한다. 그리고 경험의 분석과 학습을 통해 스스로 지식을 습득하는 능력을 지녔으며, 이로 인해 변화하는 환경에 스스로 대처하는 능력을 가졌다.^(5,6)

이러한 개념을 가진 에이전트 이론을 shop제어에 응용하기 위해 요구되는 시스템의 기능을 살펴보면 일정계획을 수립하는 기능, 주어지는 계획대로 실제 가공을 수행하는 기능과 계획의 변경요인을 흡수하는 기능으로 분류할 수 있다. 이를 바탕으로 각 기능을 수행할 수 있도록 Plan Agent(PA), Manufacturing System Agent(MSA), Control Agent(CA)를 구성하였다. 기능에 따라 약간의 차이는 있으나 에이전트 개념에 의한 기본적인 구성은 유사하므로 아래에 MSA의 구조를 소개한다.

2.2 Manufacturing System Agent

실제 생산활동을 담당하는 MSA는 주어진 주문의 가공가능성을 평가할 수 있는 기능과 가공을 수행하는 기능을 갖는다. 이외에도 이를 위한 지식베이스 및 보조도구와 장애에 대한 정보를 갖는 데이터 베이스와 통신 모듈에 해당하는 인터페이스가 있다. 인터페이스 모듈로는 발생된 문제해결을 위해 다른 에이전트와 통신 및 협력을 행한다. MSA는 일정계획이 전달되면 스스로 가공에 필요한 요소를 결정· 생성하여 작업을 수행하는데 그 기능을 Fig. 3에 자세히 나타내었다.

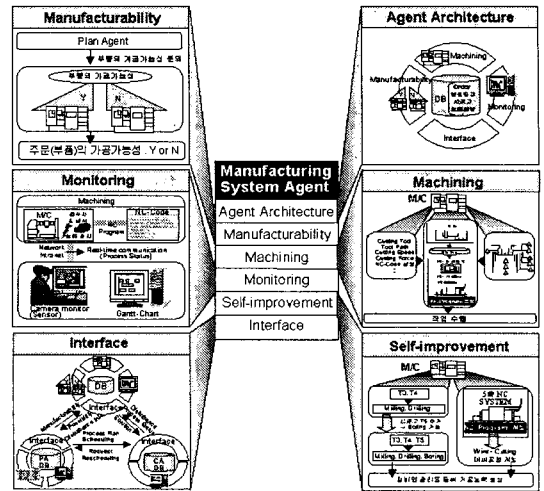


Fig. 3 Manufacturing System Agent

- **Manufacturability** : MSA는 PA에서 문의하는 주문에 대해서 공작기계의 성능과 보유하고 있는 보조도구· 치공구의 관리를 통해 가공가능성을 평가하여 제공할 수 있다.
- **Machining** : MSA는 주어진 가공계획에 대해 필요한 가공 요소들을 자주적으로 선정하고 생성하여 독립적으로 가공을 수행할 수 있다.
- **Monitoring** : MSA는 공정 진행상황을 실시간 통신을 통하여 항상 모니터링하고, 이를 통해 장애 발생을 감지하고 장애 정보를 관리할 수 있다.
- **Self-improvement** : MSA는 새로운 지그개발과 새로운 기술 도입 등에 의한 지식의 확장으로 가공영역을 넓혀 갖고 있는 가공능력을 향상시킨다.

이와 같은 에이전트는 요구되는 자료 및 방법론에 바탕을 두어 객체 지향적인 개념하에 자주· 협동적으로 계획활동을 수행한다.

3. Agent 기반의 Shop 제어 방안

Shop에 어떤 부품에 대한 가공 요구가 주어질 때 관련 계획활동이 시작된다. 세 종류의 에이전트 간의 상호작용을 통해 Shop제어 계획이 생성되고, 관련 에이전트에 의해 계획이 추진된다.

각 에이전트간의 정보흐름에 의한 협력 모델을

Fig. 4에 나타내었다.

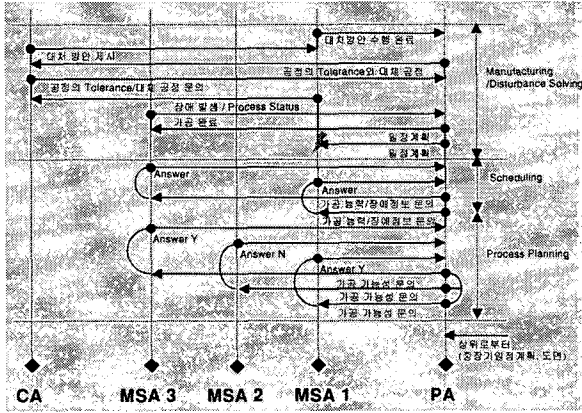


Fig. 4 Agent-based Shop Control Method

상위로부터 중장기 일정을 전달받은 PA는 주문의 공정계획을 세우기 위해 모든 MSA에 주문의 가공가능성을 문의한다. 각 MSA에서 가공 가능한지 회신이 오면 이를 바탕으로 특정 MSA에 부하가 치중되지 않도록 공정계획과 각 공정의 대체 가능한 대체공정을 결정한다. 공정계획이 세워지면 PA는 계획된 MSA에 다시 현재의 부하와, 가공 시간 등 세부능력과 발생 가능한 장애에 대해 빈도 및 해지시간을 문의한다. 이에 대한 회신을 받으면 장애 정보로 장애 제거를 위한 공정 공차 (Tolerance)를 계산하고, 이를 삽입한 일정계획을 세운다.

공정공차의 도입은 많은 변수들에 의해 영향을 받는 가공에서 공차없이 치수를 정확하게 가공한다는 것이 불가능하다는 논리에서 출발하였다. 공정공차는 장애의 발생빈도와 장애해지 시간의 곱으로 계산된다. 장애 발생빈도는 부품에 대한 장애와 장비와 도구에 대한 장애 발생으로 구분하였으며, 과거 현장자료를 분석하여 구할 수 있도록 하였다. 발생된 장애의 제거를 위한 해지시간은 실제 현장에서 소요시간으로 하였다. 이 공정공차로 장애를 흡수함으로써 각종장애로 인한 계획지연을 방지코자 하였다.

PA와 MSA들의 협의를 통하여 공정 공차가 고려된 일정계획이 수립되면 각 MSA에 계획이 전달된다. 계획을 전달받은 MSA는 Cutting Tool·Speed, Tool Path등의 각종 가공 요소들을 고려하

여 Nc- Code를 직접 생성하여 가공을 수행한다. 작업을 수행하는 동안 Network을 통해 공정 진행상황을 실시간으로 모니터링 하여 장애나 돌발상황을 감지한다.

돌발 상황이 발생하지 않으면 작업은 계획대로 진행되어 완료되겠지만. 장애가 발생하면 MSA는 장애를 해결하기 위하여 현재의 공정 진행상황을 CA에 전달하며 협력을 청하게 된다. CA는 먼저 장애가 발생한 공정의 공차와 대체 가능한 공정에 대하여 PA에 문의를 하고, 제어 알고리즘을 통하여 실행 가능한 방안을 모색하여 MSA에 제시한다. MSA는 CA에서 제시하는 대처 방안에 따라 장애를 해결하고, 가공 수행완료를 PA에 보고한다.

Fig. 5는 각 에이전트의 주요기능과 장애해결을 위한 협력 관계를 보인다.

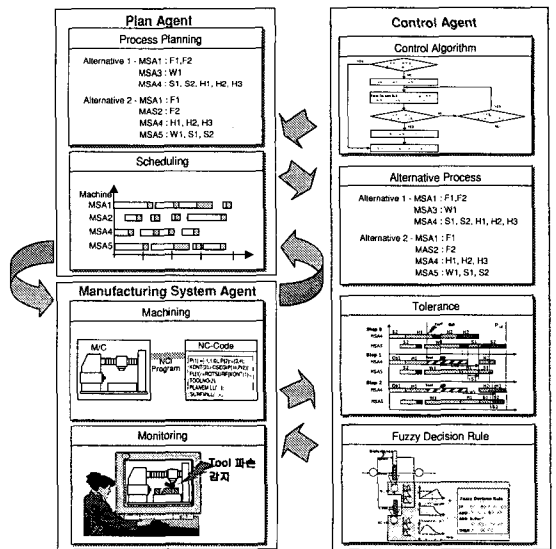


Fig. 5 Procedure for presentation of the measure against disturbance

MSA로부터 장애발생을 연락 받은 CA는 제어 알고리즘에 따라 PA에 문의한다. PA는 할당받은 주문에 대하여, MSA의 가공가능성 평가를 토대로 공정공차를 삽입하여 작성된 일정계획과 대체공정에 대한 정보를 CA에 제공한다.

CA에서는 발생된 장애를 계획되어진 공정공차로 흡수가능한지를 판단한다. 주어진 공정 공차로

장애흡수가 불가능할 경우 대체공정들 가운데서 최적해를 선정하여 수행한다. 이의 선정은 CA에 의해 작성된 fuzzy-petri-net 모델에서 시스템 내의 현 상황을 고려하여 fuzzy-rule에 의해 이루어진다. Fuzzy-rule의 생성을 위해 현장분석을 근거로 fuzzy-membership 함수가 구해졌다⁽⁷⁾. 이와 같은 CA에서 제시하는 대처방안에 따라 MSA는 작업을 수행하여 장애를 해결한다.

4. 에이전트 기반 시스템의 적응성

에이전트기반의 시스템은 제조시스템에서 새로운 주문에 대한 공정계획이나 장애의 발생과 같이 복잡하고, 동적인 변화를 초래하는 문제를 다루는데 좋은 적응력을 보인다. 예를 들어, 하나의 PA, CA 그리고 3개의 MSA로 구성되는 시스템을 가정하여 각 에이전트의 자주·협동적으로 수행하는 과정을 Fig. 6에 나타내었다.

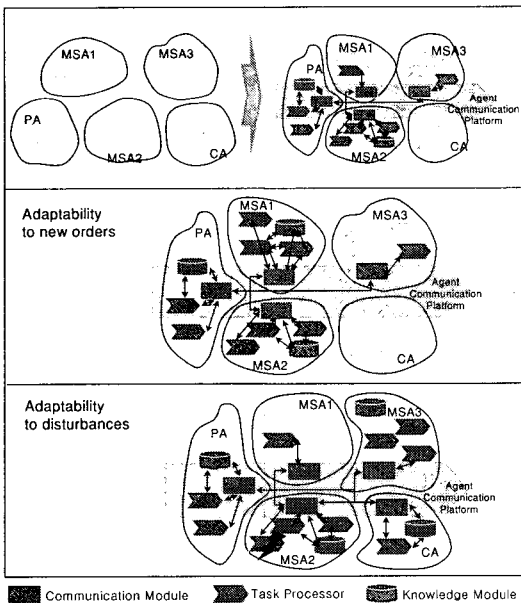


Fig. 6 System adaptability

독립적인 개체로 존재하는 에이전트들이 시스템 내에 주문이 들어오면 과제를 해결하기 위하여 유동적으로 시스템을 구성한다.

- **Adaptability to new orders.** 가공계획이 수행되고 있는 도중에 새로운 주문이 들어오게 되면 PA는 모든 MSA와 협력을 통하여 주문의 가공가능성(Manufacturability)을 판단하고, 공정계획 및 대체공정을 결정한다. PA가 문제를 해결하기 위해, 가공이 진행중이던 MSA2의 부하나 작업능력 등의 이유로 MSA1에 협력을 요청하고 MSA1이 작업에 투입되고 있는 과정을 보여주고 있다.

- **Adaptability to disturbances.** MSA에서 주어진 과제를 수행하는 도중 장애가 발생하면 CA와의 협력으로 문제에 적응한다. MSA2는 장애가 발생하자 CA에 통보하고 해결방안을 문의한다. CA는 제어알고리즘에 따라 우선 MSA2내에서 계획공차로 흡수가 가능한지를 판단하고, 불가능하여 fuzzy-rule에 의해 선정된 대체공정 MSA3에게 문제해결을 위한 협력을 요청한다. MSA3가 작업에 투입되는 과정을 보여주고 있다.

5. 결론

급격한 외부 환경의 변화에 대처할 필요가 있는 최근의 생산시스템의 적합한 구조로서 Agent-based Shop Control System을 소개하였다. 이 시스템은 자율적으로 과제를 수행하는 독립적인 Agent들로 구성되며 이들간의 정보 교환 및 협력을 통해 생산 활동을 수행한다.

생산시스템에서 불규칙적으로 발생하는 환경변화에 상위의 계획수정이나 도움 없이 동적인 내부 구조와 자체적인 결정으로 단기간에 유연하게 대응할 수 있는 기반기술을 제안하였다.

본 논문에서는 계획과 장애 해결 그리고 장비의 에이전트들만이 존재하는 구조를 정의하였다. 그러나 추후에는 통신 관련 에이전트나 생산 자원 관리와 같은 부분을 도와주는 에이전트의 추가가 필요하며, 가공 요소 인식을 위해 CAD에 관련된 off-line 에이전트들과의 관계도 정립되어야 한다. 더욱이, 실제 시스템으로 구현하기 위해서는 다른 환경이나 이종의 에이전트간의 매끄러운 상호의사 교환을 위한 에이전트의 표준통신언어, 온톨로지, 기존 소프트웨어와의 폭넓은 인터페이스에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

후기

본 연구는 한국과학재단 지정 울산대학교 기계 부품 및 소재 특성 평가연구센터의 부분적 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Kim Y. B. "An Overview of Agent Technology and Its Applications," Jr. of Japanese Society for Artificial Intelligence Vol. 12, No. 6, 1997.
2. Yang Z., Renshou T. and Panlun X., "A proposed Framework for Intelligent Systems Based on Multi-Agent Conception," IEEE, pp. 923-927, 1997.
3. Kuhlmann T., Lamping R. and Massow C., "Agent-based Production Management," Jr. of Materials Processing Technology 76, pp. 252-256, 1998.
4. Mohammad Reza Danesh, Yan Jin, AND: "An Agent-based Decision Network For Concurrent Design And Manufacturing," Proceedings of ASEM, 1999.
5. Celestine A. N. and Park. E., "Collaborative Planning Agents for Supervisory Control of Advanced Manufacturing Systems," Proceedings of the Sixth Int'l Conference on Human Aspects of Advanced manufacturing, pp. 391-395, 1998.
6. Monostori L., Kadar B. and Hornyak J., "Approaches to Managing Changes and Uncertainties in Manufacturing," Annals of the CIRP Vol. 47 No. 1, pp. 365-368, 1998.
7. Park H.S., Seo Y.H., "A Short Term Shop Floor Control System," 10th DAAMM International Symposium, pp. 413-414, 1999.