

제조업체의 주문거래 자동화를 위한 멀티에이전트 기반 협상지원시스템

Multi-Agent based Negotiation Support Systems for Order based Manufacturer

최형림*, 김현수*, 박병주**, 박영재***, 박용성***

초 록

본 연구에서는 전자상거래의 확산에 따른 환경변화 속에서 다품종소량생산체제의 특성을 가진 주문제조업체들이 동적으로 변화하는 환경과 다양한 고객들의 주문에 대응하여 경쟁력을 제고시키기 위한 멀티에이전트 기반 협상지원시스템(MANESS)을 개발하였다. 이 시스템은 동적으로 변화하는 환경과 고객들의 주문에 대응하기 위한, 그리고 유연한 시스템 구조를 이루기 위한 새로운 패러다임으로 부각되는 에이전트기술을 사용하였다. 그 중에서도, 에이전트간의 협업을 통해 문제를 해결하는 멀티에이전트기술을 사용하여 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 주문제조업체에서 가장 중요한 거래활동인 협상의 자동화를 통해 주문에서부터 생산에 이르는 일련의 모든 거래활동을 자동화하는 것이다.

주제어 : 멀티에이전트, 협상지원시스템, 협상자동화, 주문거래자동화

I. 서론

최근 여러 분야에서의 전자상거래 확산은 새로운 시스템 및 패러다임을 탄생시키고, 활성화하는 계기가 되고 있다. 주문제조업체에서도 이러한 변화에 적절히 대응하기 위해, 그리고 경쟁력을 제고시키기 위해 새로운 시스템 및 패러다임이 요구되고 있다.

그리고 주문제조업체는 전통적인 제조업체의 대량생산체제와는 달리 다품종 소량생산체제라는 특성을 지닌다. 이러한 특성은 주문제조업체들에게 고객의 요구에 보다 빠르고, 동적으로 대응할 수 능력을 요구하며, 이러한 능력을 가지기 위해서는

주문제조업체의 시스템 또한 modifiable, extensible, reconfigurable, adaptable 그리고 fault tolerant와 같은 특성을 가져야 한다.

본 연구에서는 이러한 주문제조업체 중에서 금형산업을 연구 도메인으로 선정하였다. 금형산업은 다양한 수요산업의 제품특성에 맞게 제조해야 하는 다품종 소량생산 체제로서, 독자적인 제품개발보다는 수요기업의 요구에 따라 생산하는 단품수주 생산방식으로 주문생산에 따른 납기단축이 중요하다. 그리고, 국내의 대부분의 금형업체는 중소 영세업체로서, 전국 2,500여 업체 중 81.5%가 20인 이하의 전형적인 중소기업 업종이다. 이러한 영세함에 의해 투자, 인력, 정보 등 연구개발에 필요한 기반이 취약하다. 그리고 CAD/CAM, 프로그래밍 분야, 시스템 분야 등의 전문인력이 부족하여 생산성 저하의 원인이 되고 있으며, 금형업체수는 증가해도 3D업종이라는 인식으로 종업원이 감소하거나 이직율이 매우 높다(허브앤닷컴 등, 2001). 금형산업의 이러한 특성은 정보기술의 적용과 새로운 시스템에 의한 전환을 요구하고 있다.

* 동아대학교 경영정보과학부

** 동아대학교 경영정보학과 Post-Doc.

*** 동아대학교 대학원 경영정보학과

그러나 본 연구에서는 시스템의 실험을 위한 실증적인 자료와 프로세스가 필요하여 특정한 도메인을 선정하였지만, 본 연구에서 개발한 시스템은 비단 금형산업뿐만 아니라 주문과 협상이 존재하는 모든 주문제조업체에서 활용 가능한 것이다.

현행 금형제조업체는 생산프로세스는 주문→생산가능성판단→협상→거래성사 및 계약→생산 순으로 진행된다. 하지만, 이러한 프로세스 중에서 생산가능성판단과 협상은 공정계획, 일정계획과 같은 객관적인 자료 없이 전문가의 경험에 의존하여 진행되는 때문에 많은 문제점을 가지고 있다. 잘못된 생산가능성의 판단으로 인하여 수행할 수 있는 주문을 놓친다든지, 잘못된 협상을 통해 비효율적인 주문을 수행할 수도 있다. 또한 전문가의 경험에 많이 의존하고 있는데, 생산가능성판단과 협상을 위한 전문가는 생산가공기술, 작업방법, 생산설비 등의 전문적인 지식과 함께 다년간의 현장경험이 요구되기 때문에 그 양성이 매우 어렵다. 그래서 전문가의 수는 매우 부족한 실정이다. (최형림 등 [2], 2002)

본 연구에서는 이러한 생산가능성판단과 협상의 오류, 전문가의 양성의 어려움과 부족 등의 문제점을 협상의 자동화를 중심으로 한 거래자동화 시스템을 통해 해결하였다. 협상 자동화를 중심으로 한 이유는 주문제조업체의 거래과정을 살펴보면, 대부분의 계약이 협상에 의해 체결되기 때문이다.

그리고 본 연구에서는 주문제조업체의 거래자동화를 위하여 에이전트 기술을 이용하였다. 에이전트 기술은 자본력, 인력, 기술력이 상대적으로 부족한 중소기업들을 포함한 모든 주문제조업체들이 전자상거래의 확산이라는 변화에 대응하여, 경쟁력을 갖기 위해 그리고 다품종 소량생산체제에서 고객의 주문에 보다 빠르고, 능적으로 대처하기 위한 새로운 패러다임으로 부각되고 있다(Shu and Norrie, 1999). 또한, 협상자동화를 위해서는 협상에 필요한 정보를 실시간 제공할 수 있으며, 다양한 환경의 변화에 적합한 유기적인 구조를 가지고 있으며, 무엇보다도 현재 전문가가 수행하는 업무를 대신하여 수행할 수 있는 능력을 가지고 있기 때문에 에이전트 기술을 이용하였다.

본 연구에서 에이전트 기술을 이용하여 개발한 시스템은 주문제조업체의 거래자동화를 위한 멀티 에이전트 기반 협상지원시스템(이하 MANESS)으로 주문제조업체의 협상자동화를 중심으로 주문에서 생산에 이르는 모든 제조활동을 포함하는 거래활동을 자동화한 시스템이다. 이 시스템은 협상과 다양한 에이전트간의 메시지 교환 등의 역할을 수행하는 Mediator를 중심으로 Manufacturability Analysis Agent, Process Planning Agent, Scheduling Agent, Selection Agent, Negotiation Strategy Building Agent와 같은 실제 생산과 관련된 에이전트로서, 협상에 필요한 정보를 제공하는 에이전트로 구성된다. MANESS는 내부의 다양한 에이전트들의 협업을 통하여 표준적이고, 객관적인 거래활동의 자동화와 함께 거래활동 중에 발

생하는 다양한 환경 및 생산활동의 변화에도 대응할 수 있다. 그리고 MANESS는 사람이 주문을 하는 환경이 아닌 에이전트 환경에서의 거래자동화 목표로서, 즉, 사람에게 주문을 접수하는 것이 아니라, Buyer Agent라고 하는 구매자 에이전트로부터 주문을 접수받는다.

본 논문은 전체 5장으로 구성되어 있다. 1장인 서론에서는 연구의 배경 및 필요성에 대해서 설명하고, 2장에서는 관련연구인 에이전트기반 생산시스템과 멀티에이전트 구조에 대해서 설명하며, 3장에서는 본 연구에서 제안하는 시스템 MANESS의 전체적인 구조와 구성에 대해서, 그리고 4장은 MANESS의 Case Study로서, 전체적인 시스템의 흐름과 상황별 시스템의 흐름에 대해서 설명하고 있다. 그리고 마지막으로 5장 결론에서는 이 연구의 기여점 및 기대효과를 제시한다.

II. 관련 연구

2.1 에이전트 기반 지능생산시스템

에이전트에 기반한 지능형 생산시스템에 대한 연구들은 CALGARY대학의 Intelligent Systems Group의 Shen 등의 연구에서 잘 정리되어 있다(Shen et al., 1999). Intelligent Systems Group의 연구에서 볼 수 있듯이 다양한 구성으로 그리고 다양한 기능을 가진 생산관련 에이전트가 개발되었다. 이들 연구들의 주관심사는 에이전트 기술을 이용하여 공정계획(process planning)과 일정계획(scheduling)의 자동화 및 효율화를 통한 생산시스템을 개발하는 것이었다. 이 연구들은 제품설계와 일정계획 시스템 사이에서 기업수준의 조정을 통해 계획과 일정계획 활동들을 통합할 수 있는 가능한 방법들과 실제 현장의 예측하지 못한 많은 변동으로 인해 미리 정한 스케줄이 무효가 되는 경우, 그들 환경변화에 대처할 수 있는 시간 범위에서 그들의 운영을 조정할 수 있는 방법들에 대해 제안하고 있다. 그 방법은 생산시스템에서 하나의 자원-작업셀, 기계, 도구, 작업자, 설치물 등-이 에이전트이고 자원들의 일정계획에 대한 책임을 가지는데, 이 에이전트는 다른 에이전트와 전체적인 일정계획을 위해 Mediator를 통해 협상하는 메커니즘이 중심이 되고 있다.

이외에도 지능생산시스템을 개발하기 위하여 에이전트 기술을 활용한 연구는 Intelligent Automation社의 AARIA(Autonomous Agents for Rock Island Arsenal) 프로젝트(Baker et al., 1997), 캘거리 대학(University of Calgary)의 KSI(Knowledge Science Institute) 연구소에서 구현한 ABCDE(Agent Based Concurrent Design Environment) 시스템(Balasubramanian and Norrie, 1995), 텍사스 대학(The University of Texas at Austin) LIPS연구소의 "A Virtual Environment for Construction and Analysis of Manufacturin

g” 등의 멀티 에이전트 기반의 가상생산 에이전트에 대한 연구(Chuter et al., 1995)가 대표적이다. <표 1>은 이러한 3개의 시스템을 비교한 것이다. 대부분의 지능생산시스템의 구성요소는 실제 제조업체에서 수행하는 공정계획, 일정계획, Shop Floor Control 등과 같은 업무를 중심으로 구성되어 있기 때문에 이를 중심으로 3개의 시스템을 비교하였다. 특이한 것은 대부분의 연구에서 실제 생산을 하기 전에 가상적으로 생산을 하는 “가상생산”이라는 개념을 포함하고 있는 것이다.

<표 1> 에이전트 기반 지능생산시스템 비교

	AARIA	ABCDE	VECAM
Manufacturability Analysis	×	○	○
Process Planning	×	×	○
Scheduling	○	×	○
Shop Floor Control	×	○	×
Support FBD / FBM	×	○	×

하지만, 이러한 연구들은 에이전트 기술을 활용하여 생산에 필요한 지능적인 시스템을 개발하려고 했을 뿐, 이러한 생산과 연계하여 실제로 거래상대자와의 협상까지 범위를 확대하지 못하였다. 에이전트 기반 지능생산시스템의 기존연구에서도 본 연구에서처럼 생산의 자동화와 협상의 자동화를 통합하여 생산뿐만 아니라, 거래전체활동을 자동화하는 연구의 예는 아직 보고되지 않았다. 이러한 측면에서 기존의 연구들과 차별화될 수 있다. 가장 중요한 차별점은 이미 설명하였듯이, 본 연구는 생산의 자동화뿐만 아니라 협상까지도 자동화하여 거래전체과정을 자동화하려고 한 것이다.

2.2 멀티에이전트 구조

최근에 에이전트기술은 제조시스템을 개발하기 위한 새로운 접근방법으로 부각되고 있다. 특히, 에

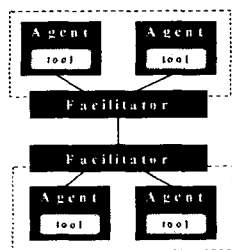
이전트간의 협업을 통해 목적을 달성하는 멀티에이전트가 제조시스템 분야의 새로운 패러다임으로 등장하는데, 이는 정적인 제조환경에서 동적인 제조환경으로 변화하는 흐름에 대응하기 위한 것이다. 고객의 요구가 다양해짐에 따라 제조환경 또한 그 요구에 부응하기 위해 매우 다양하게 움직이는 것이다.

제조시스템을 위한 멀티에이전트에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있는데, 이러한 연구 속에서 멀티에이전트는 그 구조와 특성에 따라 <그림 1>에서 보는 바와 같이 Facilitator Architecture, Mediator Architecture, Autonomous Agent Architecture 3가지로 분류된다. (Shen and Norrie, 1997)

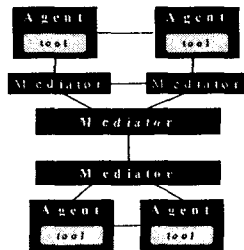
2.2.1 Facilitator Architecture

Federation multi-agent architecture라고도 불리는 Facilitator Architecture는 SHADE project(McGuire et al., 1993)에서 제안되었고, PACT project(Cutkosky et al., 1993)에서 강조되었다. <그림 1>에서와 보는 바와 같이 Facilitator라는 에이전트와 각각의 에이전트로서 구성되어 있는데, Agent는 Facilitator를 통하여 서로 communication을 수행하며, 에이전트간에 communication 및 각각의 고유한 기능을 수행하기 위한 특정한 도구와 지식을 가지고 있다. Facilitator는 에이전트간에 communication을 조정하기 위한 특별한 형태의 에이전트로서 신뢰성 있는 네트워크 인터페이스 제공, 에이전트간의 메시지 연결, 그리고 멀티에이전트로서의 역할 수행을 위한 간단한 통제 및 조정기능 등을 제공하는 역할을 수행한다. Facilitator Architecture에서는 에이전트간의 직접적인 communication은 지원하지 않고, 단지 에이전트와 Facilitator간에 그리고 Facilitator간에 communication만을 지원한다.

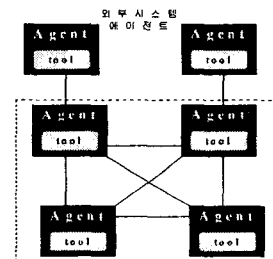
2.2.2 Mediator Architecture



Facilitator Architecture



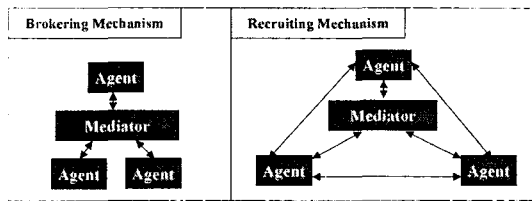
Mediator Architecture



Autonomous Agent Architecture

<그림 1> 멀티에이전트 구조

Mediator Architecture는 Federation Organization의 특별한 형태로서, Blackboard System, Contract-Net(Smith, 1980), Non-explicitly Coordinated Systems 과 Supervisor System(Kirn and Schneider, 1992)을 통해 파생되었다. Facilitator Architecture와 유사한 형태이지만 한 차원 높은 구조로서, 각각의 에이전트들이 Mediator에 연결되어 있다. 하지만, Facilitator Architecture와는 달리 <그림 2>에서 보는 바와 같이 Brokering과 Recruiting Mechanism을 통해 에이전트와 Mediator, Mediator간에 또한 에이전트간에서 서로 communication이 가능하다. 그리고 Mediator는 메시지를 전달하는 것 이외에 에이전트간의 협력을 증진시키기 위한 조정자 역할, 각각의 에이전트의 행동을 학습하는 역할 등을 수행한다.



<그림 2> Mediator의 기능

2.2.3 Autonomous Agent Architecture

Autonomous Agent Architecture는 이전의 Facilitator Architecture, Mediator Architecture와는 달리 독립적인 구조이다. Facilitator Architecture, Mediator Architecture는 서로 협력적인 달리 말하면, 서로 종속되어 목적을 이루지만 Autonomous Agent Architecture는 각각의 Agent들이 서로 독립되어 목적을 이룬다. 이러한 구조의 특성은 Autonomous Agent의 특성에 잘 나타나 있다. Autonomous Agent의 특성은 아래와 같이 4가지가 있다.

- 어떤 다른에이전트나 사람의 행동에 의해 조정되거나 통제 받지 않는다.
- 내·외부의 어떤 에이전트와도 직접적으로 communication이 가능하다.
- 다른 에이전트와 환경에 대한 지식을 가지고 있다.
- 에이전트들이 각각 자신만의 목적을 가지고 있고, 어떠한 동기에 의해 서로 결합된다.

DIDE project(Shen and Barthès, 1996)와 AARIA project(Parunak et al., 1997)에서 Autonomous Agent Architecture를 이용하여 지능 생산시스템을 구축하였다.

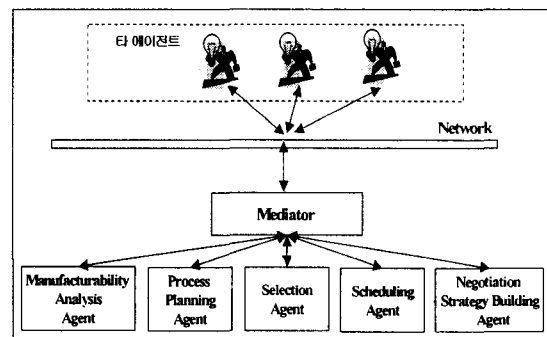
본 연구에서 개발한 시스템은 이러한 3가지의 멀티에이전트의 구조 중에서 Mediator Architecture

와 Autonomous Agent Architecture를 혼합한 Hybrid Architecture이다. 전체적인 구조를 보면 Mediator Architecture이지만, 시스템을 구성하는 각각의 내부 에이전트들이 독립적으로 각각의 기능을 수행하는 측면에서 보면 Autonomous Agent Architecture라고도 할 수 있다. 본 시스템의 구조는 이후 3장에서 자세하게 설명한다.

III. 멀티에이전트 기반 협상지원시스템 구조

본 연구에서 개발한 시스템은 멀티에이전트 기반 협상지원시스템(이하 MANESS)으로 주문제조업체의 협상자동화를 중심으로 주문에서 생산에 이르는 모든 제조활동을 포함하는 거래활동을 자동화하는 시스템이다. 이 시스템은 <그림 3>에서 보는 바와 같이 협상기능과 다양한 에이전트간의 메시지 교환과 조정 등의 역할을 수행하는 Mediator를 중심으로 Manufacturability Analysis Agent, Process Planning Agent, Scheduling Agent, Selection Agent, Negotiation Strategy Building Agent와 같이 실제 생산과 관련된 에이전트로 구성된다. Mediator를 제외한 다른 에이전트들은 실제 생산활동과 관련한 모든 기능들을 수행하면서, Mediator가 협상을 할 때 필요한 정보들을 제공하여 준다.

<그림 3>에서 보는 바와 같이 MANESS는 멀티에이전트의 구조 중에서 Mediator의 구조를 따르고 있다. 하지만, MANESS를 구성하는 에이전트들은 각각의 고유한 기능들을 수행하고, 이들의 협업을 통해서 문제를 해결하기 때문에 Autonomous Agent의 구조의 특성도 함께 가지고 있다. 그래서 MANESS의 구조는 Mediator와 Autonomous Agent의 구조를 혼합한 Hybrid 구조이다. MANESS에서 Mediator가 중심적인 역할을 수행하는 것은 Mediator구조에서 Mediator가 중심이듯이 MANESS에서도 Mediator가 중심이라는 이유 외에도 더 중요한 이유는 MANESS의 Mediator가 협상기능을 수행하기 때문이다. 주문제조업체의 거래활동 중에서 협상의 중요성은 이미 설명하였고, 또한 Mediator를 설명하면서 재차 강조할 것이다.



<그림 3> MANESS의 전체적인 구조

3.1 Mediator

Mediator는 이 멀티에이전트 구조의 핵심적인 요소로서, 멀티에이전트 시스템 내부의 에이전트의 행동을 조정하기 위한 의사결정지원시스템이다. 이러한 Mediator는 주문을 받으면, 크게 3단계로서 업무를 수행하는데, 일을 분할하여 각 에이전트에게 할당하고, 각각의 에이전트와의 연결을 설정하고, 주어진 일이 수행되도록 프로세스를 조정하는 것이다. 즉, Mediator는 주문의 접수부터, 이 주문에 대한 결과를 전송할 때까지의 모든 프로세스를 총괄하는 에이전트이다. 이러한 Mediator의 구체적인 역할은 다음과 같다.

- 주문접수 및 주문결과 전달기능
- Time-Bound 부여 기능
- 내부에이전트간의 메시지 전송기능
- 내부에이전트의 기능 통제기능
- 메시지 필터링 기능
- 협상기능

이러한 역할 중에서 가장 중요한 역할은 Time-Bound를 부여하는 것과 협상을 하는 기능이다. Time-Bound를 부여하는 것은 원활하게 에이전트들을 조정통제하기 위하여 꼭 필요한 것이며, 또한 협상 시에 발생할 수 있는 아래와 같은 여러 가지 상황에 대응하기 위해서 필요하다.

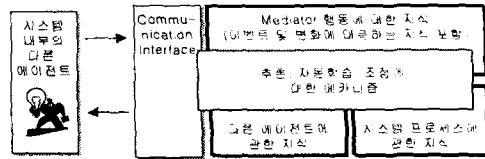
- 응답을 언제까지 기다려야 하는가?
- 언제까지 응답을 해 주어야 하는가?
- 협상의 종결은 어떻게 판단하는가?

또한 협상기능은 기존의 off-line거래에서도 협상이 중요한 역할을 수행하며, 이는 MIT대학의 Media Laboratory의 연구(Rosenschein and Zlotkin, 1994)에서도 잘 나타나 있다. 본 연구의 시스템도 주문제조업체의 거래를 자동화하기 위해 가장 주요한 역할인 협상을 자동화하였다. 시스템 내부의 다른 에이전트들은 협상이 자동화되기 위한 정보를 제공한다. 특히 주문제조업체에서는 왜 협상이 더욱더 중요한지는 이미 설명하였다.

또한 Mediator는 위에서 설명한 것과 같은 다양한 역할을 수행하기 위해서는 아래와 같은 다양한 기능을 보유하여야 한다. 이러한 Mediator의 기능은 CALGARY 대학의 ISG 연구(Shen and Norrie, 1998)에서도 제시하였다.

- 구매자 에이전트와 연결을 위한 네트워크 인터페이스
- 구매자 에이전트와 메시지를 송수신하기 위한 인터페이스
- Mediator 행동에 대한 지식 (이벤트 및 환경변화에 대응하는 지식 포함)
- 시스템 내부의 다른 에이전트 역할에 대한 지식
- 시스템 프로세스에 대한 지식

- 지식의 추론 및 자동학습기능



<그림 4> Mediator의 기능

Mediator는 에이전트를 조정통제하고, 에이전트간의 메시지를 교환하기 위하여 지식을 이용하는데, 지식을 rule 형태로 표현하면 아래와 같다. 첫 번째 지식은 Mediator가 Buyer Agent에게 주문을 접수 받은 다음 행동에 대한 것이며, 두 번째는 Manufacturability Analysis Agent로부터 생산가능성분석에 대한 결과를 받은 후에 대한 행동에 대한 지식을 표현한 것이다. 'contents_name'이라는 변수를 사용하여, 이 메시지가 무엇을 위한 메시지인가를 판단하고, 그에 따른 행동을 정의하는 것이다. 지식이라는 것은 근본적으로 확장이 가능하기 때문에 Mediator의 기능도 계속적으로 확장 가능하며, 다양한 환경에 대응할 수 있다.

- 주문을 접수하였을 경우

```
rule name Accept Order
if contents_name = order
then send product_width and product_length and product_high and raw_material and part_width and part_length and part_high to Manufacturing ability analysis Agent
```

```
rule name Accept New Order
if contents_name = new order,
then broadcast job = delay to all Agent, and send product_width and product_length and product_high and raw_material and part_width and part_length and part_high to Manufacturing ability analysis Agent
```

- "생산가능성판단"에 대한 결과를 받은 경우

```
rule name Accept ManufacturabilityAnalysis Result
if contents_name = ManufacturabilityAnalysis Result and ManufacturabilityAnalysis Result = yes
then send use and model_name and number of part and process_time and product_width and product_length and product_high and raw_material and part_width and part_length and part_high to process planning Agent
```

3.2 Manufacturability Analysis Agent

Manufacturability Analysis Agent는 제품 및 부품의 정보를 입력받아 제조과정에서 고려해야 하는 제약조건을 점검하여 제조가능성의 여부를 파악하는 역할을 수행한다. 제약조건이라는 것은 크기와 무게가 될 수 있는데, 크기가 너무 크든지, 무게가 너무 무겁다면 제조를 수행할 수 없는 경우가 있다. 영세한 제조업체의 크레인이 작아서 너무 크거나, 무거운 것은 움직일 수가 없어서 제조가 불가능하기 때문이다. 이러한 제조가능성의 여부는 지식을 통하여 파악한다. 이러한 지식은 생산설비를 초과하는 무게와 크기와 관련된 지식과 특별히 제조 불가능한 경우와 관련된 지식으로 구성된다. 이전의 연구에서도 생산가능성 여부판단을 위하여 지식을 이용하였다(최형림 등, 2001). 이러한 생산가능성 여부분석을 위한 지식은 아래와 같이 표현된다.

'Cavity Plate의 형판 치수가 a>600, b>270, c>400이라면, 생산이 불가능하다.'

```

(constraint_rule_002
 (size_a      ?a)
 (size_b      ?b)
 (size_c      ?c)
 =>
 (if (&& ( >= ?a 600) (>= ?b 270) ) (>= ?c 400))
 then (assert (manufacturability no)))
  
```

3.3 Process Planning Agent

Process Planning Agent는 Manufacturability Analysis Agent를 통해 검증된 제조가능한 제품의 공정계획을 수립하는 역할을 수행하는 에이전트로서, 이전에 수행한 공정계획을 이용하는 사례기반 추론을 이용하여 공정계획을 수립한다(최형림 등 [2], 2002). 금형이라는 것은 그 종류가 다양하여 공정계획이 매우 복잡하지만, 용도와 종류가 비슷한 금형은 이전의 공정계획과 매우 유사하여 이를 이용하는 것이다. 실제 현장의 공정계획전문가들도 이전의 유사한 공정계획을 찾아서 이를 새로운 금형의 공정계획 수립에 이용하고 있다.

제품과 부품 정보를 입력받아, 부품단위로 가장 유사한 금형을 추출하고 필요한 경우 조정작업을 거쳐 공정계획을 수립한다. 가장 유사한 금형을 추출하기 위해서 k-nearestneighbor 알고리즘을 이용한다.

3.4 Scheduling Agent

Scheduling Agent는 Selection Agent로부터 선정된 주문과 선정되지 않은 주문 모두에 대해서 일정

계획을 수립한다. 일정계획은 이미 수행되고 있는 모든 주문과 함께 업체 전체에 대한 일정계획을 수립하는 것으로 한 주문에 대한 계획을 수립하는 공정계획과는 다르다. 선정되지 않은 주문은 협상을 위해 최단 납기일을 구하기 위해 일정계획을 수립한다. 그래서 먼저 선정된 주문에 대해 일정계획을 수립하고, 그 이후에 선정되지 않은 주문에 대해서 일정계획을 수립한다.

이러한 일정계획은 Manne의 혼합정수계획법을 기반으로 <표 2>와 같이 모델링 하였다(최형림 등 [4], 2002). 일정계획은 전체작업의 완료시간을 최소화하는 것이 목적이며, 이를 위한 목적함수와 제약조건을 정리하면 아래와 같다.

<표 2> 일정계획을 위한 수리모형

Objective Function	MIN E_{max}	
Constraints	$\sum_k E_{max}(T_{ijk} + B_{ijk}) \leq \sum_k E_{max} \cdot D_k \cdot T_{ijk} + 1$	1)
	$\sum_k E_{max}(T_{ijk} + B_{ijk}) \leq E_{max}$	2)
	$(M + B_{ijk}) \cdot Y_{ijk} + (T_{ijk} - T_{ijk}) \geq B_{ijk}$	3)
	$(M + B_{ijk})(1 - Y_{ijk}) + (T_{ijk} - T_{ijk}) \geq B_{ijk}$	4)

p_{ijk} : 기계k에서 작업을 해야 할 주문 O_i 의 j번째 공정의 공정시간

r_{ijk} : 0,1의 값을 갖는 상수로 주문 O_i 의 j번째 공정이 기계k에서 이루어져야 한다면 1, 아니면 0

M : 전통적인 Big-M (Big Number)을 의미

T_{ijk} : 주문 O_i 의 j번째 공정이 기계 k에서 시작되는 시간

F_{max} : 마지막 작업의 작업완료시간

$Y(i)(j)'k$: 0,1의 값을 갖는 지시변수로 기계k에서 주문i의 j번째 공정이 주문i'의 j'번째 공정보다 선행되어야 한다면 1의 값을, 아니면 0

그러나 대부분의 Job Shop 문제는 NP-Complete 문제로, IP를 통한 실험에서는 8 (machine) × 8 (job) 보다 큰 규모의 문제에서는 실행시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 해를 찾지 못하여 본 연구에서는 이를 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)으로 전환하였다.

3.5 Selection Agent

Selection Agent는 Process Planning Agent에 의해 수립된 공정계획의 공정과 공수를 기반으로 최적주문집합을 선정하는 역할을 수행하는 에이전트로서, 접수된 주문들이 생산능력을 초과하는 경우 이익을 극대화하는 최적의 주문집합을 선정하는 것이다. Selection Agent의 최적주문집합 선정방법은 Manne의 혼합정수계획법을 기반으로 한 경우, 목적함수로는 이익의 극대화, 제약조건에는 납기일 제약을 추가하여 모델링 하였다(최형림 등[4], 2002).

<표 3> 최적주문선정을 위한 수리모형

Objective Function	MAX $\sum_i R_i O_i$	
Constraints	$\sum_i \text{Lim}(T_{\text{ask}} + D_{\text{del}}) \leq \sum_i r_{i,j} T_{i,j} + (1 - Q_i)M$	1)
	$\sum_i \text{Lim}(T_{\text{ask}} + D_{\text{del}}) \leq d$	2)
	$(1 - Q_i)M + (1 - Q_i)M + (M + D_{\text{del}})Y_{\text{max}} + (T_{\text{ask}} - T_{\text{del}}) = D_{\text{del}}$	3)
	$(1 - Q_i)M + (1 - Q_i)M + (M + D_{\text{del}})(1 - Y_{\text{del}}) + (T_{\text{ask}} - T_{\text{del}}) = D_{\text{del}}$	4)

di : 주문 Oi의 납기일
 Oi : 0,1의 값을 갖는 변수로서 주문 Oi가 선택되면 1의 값을, 아니면 0
 * 이외의 기호는 일정계획의 모델링에서 설명한 기호와 같음

그러나 실제적인 큰 규모의 문제를 해결하기에 부족한 IP의 한계 때문에 본 연구에서는 일정계획 및 최적주문집합 선정을 위한 핵심 엔진으로 유전 알고리즘을 이용하였다. 유전 알고리즘을 사용하기 위해서는 먼저 적용하고자 하는 문제에 맞는 표현 방법, 유전 연산자, 유전 파라미터 등이 정의되어야 한다. 표현방법은 공정기반(Operation-based) 표현 방법을 사용하였고, 교차연산자는 PMX(Partially Mapped Crossover) 연산자를 표현형태에 적합하게 수정하여 사용하였으며, 돌연변이 연산자는 이웃해 접근법을 기초로 하였다. 또한 유전 파라미터는 많은 실험을 통해 결정하였고, 초기 모집단 구성을 위해서는 G&T(Giffler & Thompson)알고리즘 [1960]을 이용하였다. 이 유전 알고리즘의 수행도는 성공적으로 입증되었다(최형림 등[6], 2002). 일정계획 에이전트가 새로운 주문을 접수하게 되었을 때, 그 주문의 납기일을 산출하기 위해서는 이미 작업장에서 수행되고 있던 공정들을 함께 고려해야 한다. 이 유전 알고리즘 모듈은 새로운 주문과 같은 생산과정에서의 변경 사항이 생겼을 때는 점진적(incremental) 일정계획을 하도록 설계하였다. 이는 이전 단계에서 협상을 통해 결정된 주문에 대한 생산 일정들을 유지하면서 새로운 주문의 일정계획이 효율적으로 수행되도록, 각 기계마다 작업 가능시간들을 파악하여 새로운 주문의 공정들을 일정계획하는 과정을 수행하였다. 그러나 최초 여러 주문들의 수주가능성 분석은 일괄(batch) 일정계획을 통해 구한다(Choi et al., 2001).

3.6 Negotiation Strategy Building Agent

Selection Agent에서 탈락된 주문에 대해서 즉, 납기일을 준수하기 어려운 경우 때문에 탈락된 주문에 대해서는 협상을 통하여 계약을 성사시킬 수 있는 가능성이 존재한다. 따라서 기업의 입장에서는 매출 증대를 위해 이와 같은 주문에 대해서는 가격과 납기일 간의 상충관계(trade-off) 즉, 납기일

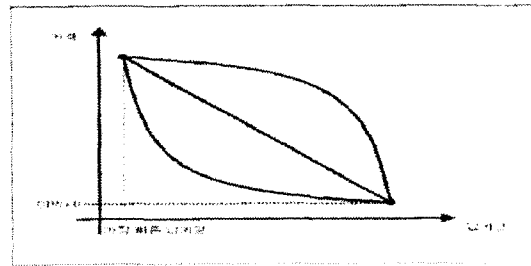
을 연장하는 대신 가격을 낮추어 주는 협상을 통하여 계약을 성사시킬 수 있다.

이러한 협상은 Mediator가 수행하는데, Negotiation Strategy Building Agent는 이러한 협상에 필요한 주문의 결정과 가격결정함수를 통한 결과를 Mediator에게 제시하여 주어야 한다.

Negotiation Strategy Building Agent는 <그림 5>와 같은 납기일에 대한 가격결정함수를 사용하며, 해당납기일에 대한 가격은 아래의 식에서 구해진다(최형림 등[5], 2002).

- 정상 가격 - {초과 납기일 × (제조사변비용/초과 납기일)}
- 정상 가격 - {초과 납기일 × (제조사변비용²/초과 납기일)}
- 정상 가격 - {초과 납기일 × (√제조사변비용/초과 납기일)}

납기 가능일에서 요구 납기일을 감한 일자가 초과 납기일이며, 제조가변비용은 납기일을 준수하기 위해 잔업 등을 할 때 초과로 지불되는 비용을 말한다.



<그림 5> Negotiation Strategy Building Agent의 가격결정함수

IV. Case Study

본 연구에서 개발한 MANESS는 주문제조업체의 표준적인 거래활동뿐만 아니라, 거래활동상에서 발생할 수 있는 다양한 변화도 MANESS를 구성하는 에이전트간의 협업을 통해 대응할 수 있다. 그리고 각 에이전트의 협업은 에이전트간의 의사소통을 통해 이루어지며, 이러한 의사소통은 에이전트간의 통신 프로토콜인 KQML을 기반으로 한 메시지 교환을 통해 이루어진다. 그리고 이미 서론에서도 설명을 하였고, 전체적인 시스템의 흐름에서도 나타나지만 MANESS는 에이전트 환경하에서 거래자 동화를 이루는 것을 목표로 하는 시스템이기 때문에, 주문 사람이 아닌 Buyer Agent라고 하는 구매자 에이전트로부터 접수를 받는다. 이 장에서는 에이전트간에 교환하는 메시지의 구성과 전체적인 시스템의 흐름과 다양한 환경에서 어떻게 에이전트들이 협업을 하여 문제를 해결하는지를 보여준다.

4.1 메시지의 구성 및 교환 프로토콜

본 시스템의 에이전트들이 다루는 메시지의 구성은 <표 4>와 같으며, 각 에이전트들은 이러한 메시지 중에서 자신의 기능을 수행하기 위해 필요한 메시지만을 선택하여, 서로 교환한다.

<표 4> 메시지 구성

주문 번호	- 각각의 주문을 구별하는 기준이 되는 번호 - 주문의 접수 시 Mediator에서 부여
업체 정보	- 업체명 - URL 주소
제품 정보	- 용도 - 공정기간 - 크기 - 제품명 - 구조명 - 모델명 - 부품갯수
부품 정보	- 부품명 - 재질 - 크기
Time-Bound	- Mediator가 각각의 주문에 time-bound를 부여 - 주문의 공동수행, 순차적 수행 판단의 기준이 됨

<표 4>에서와 같이 에이전트간에 교환하는 메시지는 “주문번호”, “업체정보”, “제품정보”, “부품정보”, “Time-Bound”와 같이 5가지의 카테고리로 구성되어 있으며, 이 중에서 “주문번호”와 “Time-Bound”는 Buyer Agent에게 주문을 접수받을 때, Mediator에 의해 부여되는 정보이며, 나머지는 Buyer Agent가 제공하는 정보이다.

이러한 메시지의 구성 중에서, 특이한 정보가 “Time-Bound”인데, 이는 에이전트가 협상을 수행할 때 언제 응답을 받을지 모르는 상황, 협상을 끝내기 위한 상황 등에서 활용하기 위해서 제시된 것으로(최형림 등[5], 2002) 본 시스템에서는 각 에이전트들의 의사소통과 협상에서 활용된다.

에이전트간의 의사소통은 KQML이라는 프로토콜을 기반으로 아래와 같은 메시지 교환을 통해서 이루어진다. 아래의 KQML 메시지는 Buyer Agent가 Mediator에게 주문을 하는 메시지 중의 일부이다.

```
( ask one
  :sender                   Buyer Agent
  :receiver                 Mediator
  :language                 KQML
  :content
  ( company_name            00000
    URL                     www.000.000
    Product Information
      Use                    Living
      product_name         Cake-Box
    ....
    Part Information
      part_name             CAVITY
    ....
```

MANESS에서는 다양한 환경에 대응하기 위하여, ask-one, reply, tell, broadcast, delay 등과 같은 다양한 performative를 사용한다. 에이전트간에 교환하는 메시지의 주요 내용은 KQML의 형식 중에서 'Contents' 부분에 해당하는 부분이며, 이 'Contents'는 KIF나 XML로 표현된다.

4.2 시스템 시나리오

4.2.1 전체적인 시나리오

아래의 흐름은 주문제조업체인 금형업체가 Buyer Agent로부터 3개의 주문을 동시에 접수하여 수행하는 과정이다. 이 과정은 표준적인 주문을 처리하기 위한 과정이며, 발생할 수 있는 환경변화 및 각종 변화는 제외된 과정이다. 그리고 이러한 과정에 대한 검증 및 확인과정을 위하여 <그림 6>에서와 같이 UML의 Sequence Diagram으로 표현하였다. 각각의 에이전트가 타 에이전트에게 전달하는 메시지의 내용은 KQML의 형식중에서 contents에 해당하는 내용을 말하는 것이다.

(1) Mediator는 Buyer Agent 1, Buyer Agent 2, Buyer Agent 3 에이전트로부터 주문을 접수받는다. Mediator가 Buyer Agent에게 아래와 같은 내용을 담은 메시지를 전달한다.

업체 정보	업체명, URL 주소
제품 정보	용도, 제품명, 모델명, 공정기간, 구조명, 부품갯수, 크기
부품 정보	부품명, 재질, 크기
납기일	2002-09-19
Time-Bound	2002-08-05 17:00

(2) Mediator는 각각의 주문들에 대하여 Manufactability Analysis Agent에게 제조가능성 판단을 요청한다. Mediator는 Manufactability Analysis Agent에게 아래와 같은 내용을 담은 메시지를 전달한다.

주문 번호	AD023C
제품 정보	크기
부품 정보	부품명, 재질, 크기
Time-Bound	16:30

(3) Manufactability Analysis Agent는 제조 가능한 주문들을 선별하여 Mediator에게 전달한다. 제조가 불가능한 경우에는 불능코드를 함께 전달한다. Manufactability Analysis Agent는 Mediator에게 아래와 같은 내용을 담은 메시지를 전달한다.

주문 번호	AD023C
생산가능성 분석 결과	YES / NO
생산불가능코드	001, 002, 003, 004

(4) 만약, 3개 주문이 모두 제조가 가능하면, Mediator는 Process Planning Agent에게 공정계획 수립을 요청한다. Mediator는 공정계획수립을 요청하기 위해 Process Planning Agent에게 아래와 같은 내용을 담은 메시지를 전달한다.

주문 번호	AD023C
제품 정보	용도, 제품명, 모델명, 공정기간, 구조명, 부품갯수, 크기
부품 정보	부품명, 재질, 크기
Time-Bound	16:32

(5) Process Planning Agent는 각 주문에 대해서 공정계획을 수립하여 각 주문의 공정과 공수를 Mediator에게 전달한다. Process Planning Agent는 각각의 주문에 대해서 공정계획을 수립한 후 아래와 같은 메시지를 Mediator에게 전달한다.

주문번호	AD023C	
공정계획	제품명 : Cake-Box	제품명 : Cake-Box
	부품명 : Cavity	부품명 : Core
	공정계획 : 밀링(7)-드 릴링(5)	공정계획 : 밀링(7)-드 릴링(5)

(6) Mediator는 3개의 주문에 대한 공정계획정보와 이익을 Selection Agent에게 전달하여 최적주문조합을 요청한다. Mediator는 Selection Agent에게 최적주문조합을 요청하는 메시지는 아래와 같다.

주문번호	AD023C	
공정계획	제품명 : Cake-Box	제품명 : Cake-Box
	부품명 : Cavity	부품명 : Core
	공정계획 : 밀링(7)-드 릴링(5)	공정계획 : 밀링(7)-드 릴링(5)
납기일	2002-09-19	
Time Bound	16:34	

주문번호	BS017A	
공정계획	제품명 : Picnic Case	제품명 : Picnic Case
	부품명 : Cavity	부품명 : Core
	공정계획 : 밀링(9)-드 릴링(3)	공정계획 : 밀링(3)-드 릴링(8)
납기일	2002-09-21	
Time Bound	16:34	

주문번호	KL025C	
공정계획	제품명 : Elbow	제품명 : Elbow
	부품명 : Cavity	부품명 : Core
	공정계획 : 밀링(2)-드 릴링(7)	공정계획 : 밀링(8)-드 릴링(9)
납기일	2002-09-17	
Time Bound	16:34	

(7) Selection Agent는 선정 알고리즘을 이용하여 생산능력이 허용하는 범위 내에서 최적주문들을 선별하여 아래와 같은 내용을 담은 메시지를 Mediator에게 전달한다.

최적 주문	AD023C	BS017A
-------	--------	--------

(8) Mediator는 선별된 주문을 요청한 Buyer Agent와 주문에 대해 최종 계약 및 확정을 한 후, 확정된 주문에 대해 Scheduling Agent에게 일정계획수립을 요청한다. 그리고, 선정되지 않은 주문도 함께 일정계획수립을 요청한다. Mediator는 Scheduling Agent에게 일정계획 수립을 요청하기 위해서 아래와 같은 메시지를 전달한다.

• Cake-Box, Picnic Case가 선정된 경우

주문번호	AD023C	
공정계획	제품명 : Cake-Box	제품명 : Cake-Box
	부품명 : Cavity	부품명 : Core
	공정계획 : 밀링(7)-드 릴링(5)	공정계획 : 밀링(7)-드 릴링(5)
Time Bound	16:36	

주문번호	BS017A	
공정계획	제품명 : Picnic Case	제품명 : Picnic Case
	부품명 : Cavity	부품명 : Core
	공정계획 : 밀링(9)-드 릴링(3)	공정계획 : 밀링(3)-드 릴링(8)
Time Bound	16:36	

- 선정되지 않은 Elbow에 대한 일정계획 : 협상 전략 수립 시 필요

주문번호	KL025C		
공정계획	제품명 : Elbow	제품명 : Elbow	
	부품명 : Cavity	부품명 : Core	
	공정계획 : 밀링(2)-드 릴링(7)	공정계획 : 밀링(8)-드 릴링(9)	
Time -Bound	16:36		

(9) Scheduling Agent는 선정된 주문에 대해 일정 계획을 수립한 후 Mediator에게 전달하고, 그 후에 선정되지 않은 주문에 대해서도 일정계획을 수립하여, 최단 납기에정일을 Mediator에게 전달한다. Scheduling Agent가 일정계획을 수립한 후 그 결과를 Mediator에게 전달하는 메시지의 내용과 같다.

- 선정된 주문

주문번호	AD023C			
일정계획	machine 1	machine 2	machine 3
	2002-09-02 13:00	2002-09-05 15:00	2002-09-10 12:00	

- 선정되지 않은 주문

주문 번호	KL025C
납기 가능일	2002-09-20

(10) Mediator는 일정계획정보를 Selection Agent에게 전달하고, 선정되지 않은 주문의 최단납기에정일을 Negotiation Strategy Building Agent에게 전달하여 협상전략 수립을 요청한다. Mediator가 Negotiation Strategy Building Agent에게 협상전략 수립을 요청하기 위하여 아래와 같은 내용을 담은 메시지를 전달한다.

주문 번호	AD023C
납기 가능일	2002-09-20

(11) Negotiation Strategy Building Agent는 최단 납기에정일과 가격결정합수를 이용하여 협상 전략을 수립하여, 최단 납기에정일에 대한 가격 등을 포함한 아래와 같은 내용을 담은 메시지를 Mediator에게 전달한다.

주문 번호	AD023C
가격 결정	500

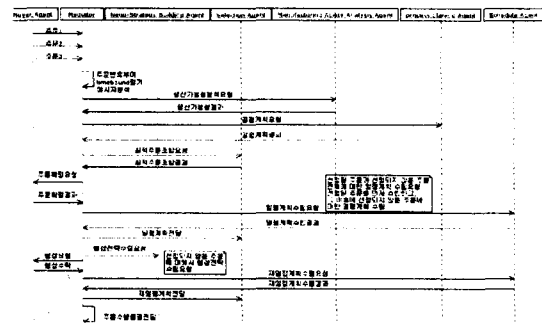
(12) Mediator는 Negotiation Strategy Building

Agent가 수립한 최단 납기에정일에 대한 가격을 기반으로 주문이 선정되지 않은 Buyer Agent와 협상을 한다. 협상을 위해서 Mediator는 아래의 내용은 담은 협상메시지를 Buyer Agent에게 전달한다.

업체명	동아 M&D
제품명	Cake-Box
협상 메시지	if order_number = AD023C and due date = 2002-09-20 then price = 500
Time -Bound	2002-08-06 17:00

(13) 협상이 잘 이루어져 주문을 수주하게 된 경우, Mediator는 이 주문에 대한 일정계획 수립을 Scheduling Agent에게 요청하고, Scheduling Agent에 의해 수립된 일정계획정보를 Selection Agent에게 전달한다.

(14) 접수된 3개의 주문에 대해 모든 수행이 끝났을 때, Mediator는 작업이 종결되었음을 모든 내부 에이전트에게 알린다.



<그림 6> 전체적인 시나리오 UML 설계 (Sequence Diagram)

이미 설명한 바와 같이 위에서 제시한 시스템의 흐름은 주문 및 생산활동에서 아무런 변화없이 표준적인 흐름으로 접수된 주문을 처리하는 과정이다. 하지만, 실제 주문제조업체에서는 거래 및 생산 활동 수행시에 아래와 같은 다양한 환경 및 상황변화에 직면하게 된다. 이러한 변화는 이 시스템에서 발생하는 변화가 아닌, 실제 업체에서 발생할 수 있는 변화를 말한다.

- 어떠한 주문을 수행하고 있는데 다른 주문이 접수되면, 함께 수행할 것인가? 아니면 순차적으로 수행할 것인가?
- 한 주문에 대해 협상을 하고 있는 도중, 새로운 주문이 접수되면, 이를 수용할 것인가? 아니면

이 주문에 거절할 것인가?

- 여러 주문이 동시에 접수가 되면, 이 주문들을 모두 수행할 것인가? 아니면 일부만을 선택하여 수행할 것인가?
- 접수된 주문 중에서 어떠한 것을 수행할 때, 가장 큰 수익을 얻을 수 있는가?
- 변경된 주문에 따라 일정계획을 변경해야 하는데, 얼마나 신속하고, 작업이 지장없이 변경되는가?
- 기계나 공정자가 이상이 생겼을 때, 현재의 시스템은 그 변화를 반영할 수 있는가?

본 연구에서 개발한 MANESS는 Mediator를 중심으로 각각의 에이전트가 가진 기능과 이들간의 협업을 통해 위에서 제시한 다양한 환경변화에 대응할 수 있다. 에이전트란 하나의 사람을 대신하는 것으로 이해될 수 있는데, 어떠한 문제를 해결하기 위해 그리고 그 문제에서 발생되어 지는 변화들을 해결하기 위해 사람들은 서로 간의 의견을 교환함으로써 문제를 해결한다. 에이전트를 통해서 다양한 환경의 변화에 대응할 수 있다는 것은 이러한 논리를 기반으로 설명된다. MANESS를 구성하는 각각의 에이전트들은 각각의 기능을 수행하다가 어떠한 변화가 감지되면, 이러한 변화에 대응하기 위하여 다른 에이전트들과 의사소통을 통한 협업을 한다. Mediator는 이러한 에이전트간의 의사소통을 중개하고, 원활한 의사소통이 될 수 있도록 통제한다.

4.2.2. 상황별 시나리오

지금부터 환경의 변화에 따라 에이전트간에 교환하는 메시지와 이러한 의사소통을 통해서 어떻게 문제가 해결되는지를 프로세스를 통해 보여준다. 여러 가지의 변화 중에서 현장에서 가장 많이 발생하는 새로운 주문이 접수되었을 때와 협상이 이루어지고 있는 도중에 발생할 수 있는 다양한 상황에 대한 문제해결 프로세스를 설명한다. CASE별로 KQML 메시지를 전달하는 과정과 UML의 Sequence Diagram으로서 각각 설명한다.

- 기존의 주문에 대해서 수행 시 새로운 주문이 접수된 상황

Mediator는 새로운 주문을 기존의 주문과 함께 수행할 수 있을지, 아니면 순차적으로 수행할 지에 대해 각 주문에 걸린 time-bound를 기반으로 판단한다. 기존의 주문과 함께 수행할 수 있을 때는 Mediator가 기존의 작업에 대해서 “대기” 명령을 내리고, 현재 접수된 주문에 대해서 먼저 수행을 한다.

case 1) 기존의 주문 2개는 생산가능성분석을 마치고, 공정계획을 수립하고 있는 상황일 때, 새로운 주문이 접수되었을 때

(1) Mediator는 Process Planning Agent에게 기존의 주문에 대한 수행에 대해 대기를 요청한다.

```
( broadcast
  :sender           Mediator
  :receiver        All Agent
  :language        KQML
  :content
  ( all_job        delay)
```

(2) Mediator 새로운 주문에 대해 Manufacturability Analysis Agent에게 생산가능성 분석을 요청한다.

```
( broadcast
  :sender           Mediator
  :receiver        All Agent
  :language        KQML
  :content
  ( order_No       A001SA
    product_hight  1250
    product_width  3240
    product_length 5420
    Raw_material   SM45C ))
```

(3) Mediator는 새로운 주문이 생산이 가능할 때, 이 주문에 대해 Process Planning Agent에게 공정계획수립을 요청한다.

```
( broadcast
  :sender           Mediator
  :receiver        All Agent
  :language        KQML
  :content
  ( order_no       delay)
  use
  product_name     cake_box
  Model_name       1DMA001A
  process_time     38
  mold_structure   standard
  number_of_parts  14
  product_hight    150
  product_width    700
  product_length   1300
  part_name        p.core
  raw_material     SM45C
  part_hight       140
  part_width       650
  part_length      920
```

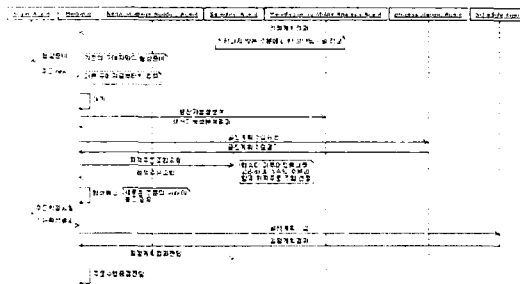
(4) Process Planning Agent은 기존의 주문 2개와 새로운 주문 1개를 가지고 공정계획을 수립한다.

(5) 이후의 단계는 전체 시나리오와 같다.

- 협상을 수행하는 중에 발생하는 상황

case 2) 기존의 주문에 대한 수행은 끝나고, 선정되지 않은 주문에 대해 협상을 하기 전에 새로운 주문이 접수된 경우

- (1) Mediator는 기존에 선정되지 않은 주문에 대해 협상하는 것을 대기한다.
- (2) 새로운 주문에 대해 생산가능성 분석과 공정계획을 수립하고, 기존에 선정되지 않은 것 과 함께 Selection Agent에게 최적주문조합을 요청한다.
- (3) 새로운 주문을 수행하는 것이 더 Profit이 높을 때, 협상을 취소하고 새로운 주문에 대해 일정계획을 세우고 나머지 작업을 수행한다.



<그림 7> 협상과정에서 발생하는 상황에 대한 대응 프로세스

이러한 변화 외에도 주문 및 생산활동 중에 발생할 수 있는 주문접수, 협상, 공정기간 중의 변화, 기계변화, 공정자의 변화 등 여러 가지 변화도 Mediator를 중심으로 각각의 에이전트들이 가진 "time-bound" 부여 기능과 대기시킬 수 있는 기능을 포함한 각각의 기능수행과 협업을 통하여 위에서 제시한 환경외의 어떠한 환경의 변화에도 대응할 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 주문제조업체의 거래자동화를 위한 멀티에이전트 기반 협상지원에이전트시스템을 개발하였다. 이 시스템은 주문제조업체의 거래활동중에서 가장 중요한 협상 기능을 자동화하고, 이러한 협상에 필요한 생산정보를 제공하는 Manufacturability Analysis Agent, Process Planning Agent, Scheduling Agent, Selection Agent, Negotiation Strategy Building Agent와 같은 다양한 에이전트들을 개발하였다.

이 시스템을 통하여 다품종소량생산체제는 특성을 가진 주문제조업체들은 전자상거래가 확산에 따른 동적으로 변하는 환경에서 경쟁력을 제고할 수 있으며, 또한 매우 다양하게 변화하는 고객들의 주문에 대해서도 동적으로 대응할 수 있다. 그리고 본 연구에서 실증적인 자료와 실험을 위해서 금형

산업이라는 특정한 도메인을 선정하였지만, 본 연구에서 개발한 시스템은 협상에 의해 거래가 성사되는 모든 주문제조업체에 적용될 수 있다. 이러한 시스템이 적용됨으로써 주문제조업체들이 가지는 기대효과를 정리하면 다음과 같다.

- 전자상거래 시대에서 경쟁력을 제고할 수 있다.
- 동적인 환경변화에 대처할 수 있다.
- 전문가의 부족현상을 극복할 수 있다.
- 상대적으로 인력, 자금력이 부족한 중소기업에서 활용하여 경쟁력을 제고할 수 있다.
- 다양한 고객의 주문을 수용할 수 있다.
- 생산이나 협상에서 발생할 수 있는 오류를 줄여, 생산성을 높일 수 있다.

또한, 일부 기업에서는 생산과 영업, 즉 협상정보와 생산정보가 단절됨에 따라 제대로 된 협상을 할 수 없거나, 잘못된 협상 때문에 생산성이 저하되는 문제점이 발생하기도 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 생산과 협상을 위한 영업정보 등을 모두 가진 사람, 다시 말하면 Sales Engineer라는 전문가가 필요하다. 이러한 전문가는 양성하기도 어려우며, 그 수가 매우 적다. 하지만, 본 연구에서 개발한 Mediator는 이러한 Sales Engineer로서 기능을 수행할 수 있다. 생산에 관련된 에이전트로부터 생산정보를 제공받으며, 또한 협상을 위한 협상 전략정보를 제공받기 때문이다.

이 시스템의 성능이 향상되기 위해서는 이 시스템의 핵심인 Mediator의 성능이 향상되어야 하는데, 향후 연구에서는 이러한 Mediator의 성능이 향상시키기 위해서 보다 다양한 환경에 대응할 수 있는 행동패턴을 깊이 있게 연구하는 것이 필요하다.

참고 문헌

- [1] 최형림, 김현수, 박병주, 이창호, "전자상거래 환경하에서의 제조업체 판매 에이전트를 위한 가상생산 에이전트", 한국지능정보시스템학회논문지, 제7권, 제1호(2001.06). 1-15
- [2] 최형림, 김현수, 박용성, "사례기반추론을 이용한 사출금형 공정계획시스템" 한국지능정보시스템학회논문지, 제8권, 제1호(2002.06). 159-171
- [3] 허브앤닷컴, 이비즈그룹, "금형산업 B2B 시범사업을 위한 정보전략계획(ISP) 수립" 연구보고서, (2001.10)
- [4] 최형림, 김현수, 박영재, 허남인 "전자상거래 환경에서의 최적주문집합 선정을 위한 에이전트에 관한 연구", 한국산업경영시스템학회 2002년 춘계학술대회 발표논문집, 한국산업경영시스템학회, 서울 한양대학교(2002.05). 237-242
- [5] 최형림, 김현수, 박영재, "전자상거래 환경에서의 주문처리를 위한 협상 에이전트", 한국지능정보시스템학회 2002년 춘계학술대회 발표논문집, 한국지능정보시스템학회, 부산컨벤션센터

- (2002.05). 106-111
- [6] 최형림, 김현수, 박병주, 박영재, 박용성, "중소 급형제조업체를 위한 Web 기반 일정계획 에이전트 개발", 산학연전국협의회논문집, 제2권, 제1호(2002.02). 51-58
- [7] 일본플라스틱가공기술협회, 역 홍명웅, "사출금형의 기본과 응용", 기전연구소(1995)
- [8] Shen, W., Norrie, D.H., and Kremer, R., "Developing Intelligent Manufacturing Systems Using Collaborative Agents," Proc. of the 2nd International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, Leuven, Belgium (1999.11). 157-166
- [9] Shu, S., Norrie, D.H., "Patterns for Adaptive Multi-Agent Systems in Intelligent Manufacturing," Proc. of the 2nd International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, Leuven, Belgium(1999.11). 67-74
- [10] Xue, D., Yadav, S., Norrie, D.H., "Development of an Intelligent System for Building Product Design and Manufacturing -Part I: Product Modeling and Design," Proc. of the 2nd International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, Leuven, Belgium(1999.11). 67-74
- [11] Xue, D., Sun, J., Norrie, D.H., "Development of an Intelligent System for Building Product Design and Manufacturing - Part II: Product Process Planning and Scheduling," Proc. of the 2nd International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, Leuven, Belgium (1999.11). 57-66
- [12] Ligu Shen, Robert W. Brennan and Douglas H. Norrie, "Agent Classification in Manufacturing Systems," in Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'2000), Banff, Canada(2000.07), 149-155.
- [13] Baker, A. D., H. V. D. Parunak and K. Erol, "Manufacturing over the Internet and into Your Living Room: Perspectives from the AARIA Project," ECECS Dept., Technical Report TR208-08-97(1997.01).
- [14] Balasubramanian, S. and D. H. Norrie, "A Multi-Agent Intelligent Design System Integrating Manufacturing And Ship-Floor Control," URL:<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/projects/mediator>(1995).
- [15] Chuter, C. J., S. Ramaswamy and K. S. Barber, "A Virtual Environment for Construction and Analysis of Manufacturing Prototypes," URL:<http://www.cs.umd.edu/~regli/asme.ps>(1995).
- [16] Shen W. & Norrie D., "Facilitator, Mediator or Autonomous Agents," In Proceedings of the Second International Workshop on CSCW in Design, Bangkok, Thailand, November(1997). 119-124
- [17] McGuire, J., Kuokka, D., Weber, J., Tenenbaum, J., Gruber, T. and Olsen, G., "SHADE: Technology for Knowledge-Based Collaborative Engineering," Journal of Concurrent Engineering: Application and Research, 1(3)(1993).
- [18] Cutkosky, M.R., Engelmores, R.S., Fikes, R.E., Genesereth, M.R., Gruber, T.R., Mark, W.S., Tenenbaum, J.M. and Weber, J.C., "PACT: An Experiment in Integrating Concurrent Engineering Systems," IEEE Computer, 26(1)(1993). 28-37
- [19] Smith, R.G., "The contract net protocol: high-level communication and control in a distributed problem solver," IEEE Transaction on Computers, 29(12)(1980). 1104-1113
- [20] Kirn, S. and Schneider, J., "STRICT: selecting the right architecture," Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems, Lecture Notes in Artificial Intelligence 604, Belli, F. and Radermacher, F.J. (eds.), Springer-Verlag(1992). 391-400
- [21] Shen, W. and Barthès, J.P., "An Experimental Multi-Agent Environment for Engineering Design," International Journal of Cooperative Information Systems, 5(2-3) (1996). 131-151
- [22] Parunak, H.V.D., Baker, A.D. and Clark, S.J., "The AARIA Agent Architecture: An Example of Requirements-Driven Agent-Based System Design," In Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents, Marina del Rey, CA(1997).
- [23] Rosenschein, J. and Zlotkin, G., "Rules of Encounter: Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers" MIT Press(1994).
- [24] Shen, W. and Norrie, D.H., "A Hybrid Agent-Oriented Infrastructure for Modeling Manufacturing Enterprises," In Proceedings of KAW'98, Banff, Canada(1998). Agent -5:1-19
- [25] Choi, H.R., Kim H.S., Park, Y.J., Park, B.J. and Whinston, A., "An Agent for Selecting Optimal Order Set in EC Marketplace," in Proc. Pacific Asian Conference on Information Systems 2001, Seoul, Korea, June 20-22, 2001, pp.490-508.