

전자상거래 환경하에서의 제조업체 판매 에이전트를 위한 가상생산 에이전트*

최형림

동아대학교 경영정보학과 교수
(hrchoi@daunet.donga.ac.kr)

김현수

동아대학교 경영정보학과 부교수
(hskim@daunet.donga.ac.kr)

박병주

동아대학교 경영정보학과
(a967500@daunet.donga.ac.kr)

이창호

대우정보시스템㈜
(wall72@lycos.co.kr)

.....

최근 인터넷의 급속한 확산에 따른 전자상거래의 활성화는 조직과 규모 면에서 열세인 중소기업들의 판로 확장 및 홍보를 위한 새로운 대안으로 인식되고 있다. 그러나, 전자상거래 환경은 비약적으로 성장하고 있지만, 여전히 국내 중소기업들은 인력 및 자금의 상대적인 열세로 이러한 환경변화에 효과적으로 대응치 못하고 있다. 본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위한 노력의 일환으로, 인터넷 상의 판매 에이전트를 지원할 수 있는 가상생산 에이전트(Virtual Manufacturing Agent)의 개발에 관한 내용을 담고 있다. 제품의 홍보, 주문의 선택 및 수락 여부에 대한 결정은 생산라인의 상태와 매우 밀접한 관계에 있다. 주문의 수락과 주문 조건에 대한 협상을 위해서는 제조가능성 여부, 생산 부하 및 생산일정 등에 대한 정보가 필요하다. 본 논문에서는 중소제조업체의 판매활동을 인터넷상에서 가능하게 하는 판매에이전트가 요구하는 생산정보를 적시에 제공할 수 있는 가상생산 에이전트를 설계, 구현하였고, 이를 통하여 구현된 시스템을 사출금형제조업체의 생산과정과 주문처리과정을 통하여 검증하였다.

.....

1. 서 론

최근 전자상거래의 급속한 확산은 새로운 형태의 기업을 탄생시키고 활성화하는 계기가 되고 있다. 이러한 변화에 적절히 대응하기 위해 기존의 기업들도 전자상거래 환경에 빠른 속도로 적응해 나가고 있다.

그러나 중소부품 제조업체의 경우 자본력, 인력, 기술력 등의 부족으로 이러한 환경 변화를 제대로 수용하지 못하고 있는 실정이다. 특히 중소기업들은 수주시 납기일 준수 여부에 대한 정

보를 가지고 있지 않아 무리한 수주가 기업의 신용을 떨어뜨릴 수도 있고, 손실을 유발할 수 있다. 특히 금형회사에서 제품의 납기일 준수는 구매 회사의 제품 출시와 직접적인 관련이 있기 때문에 매우 중요하다. 그래서 수주시 정확한 생산능력 정보를 기반해서 납기일 준수여부를 알려 줌으로써 이런 손실을 막을 수 있고, 고객과의 협상을 통해 납기일, 가격 등을 조정할 수 있게 해준다. 따라서 우리나라 중소규모 제조업체의 판매력 강화를 위해 인터넷상에서 판매활동을 지원하는 지능형 에이전트의 개발에 대한 필요성이

* 이 논문은 2001년도 두뇌한국 21사업에 의하여 지원되었음.

날로 증가하고 있다.

본 논문은 이러한 판매 에이전트와 실제 생산 시스템과의 유기적이고 동적인 연계를 위해 가상 생산 시스템을 구현하는 노력의 일환으로 수행되었으며, 판매 에이전트가 요구하는 여러가지 생산 관련 정보 즉, 제조가능성 여부, 공정계획정보, 일정계획정보 등을 제공하는 가상생산 에이전트를 설계하고, 이를 구현하였다.

본 논문의 구성으로는 먼저, 가상생산, 지능형 에이전트에 대한 기본 개념을 살펴보고, 지금까지 수행되었던 가상생산 에이전트 개발에 관한 기존의 연구 결과들을 살펴본다. 이어서 본 논문의 대상문제를 소개하고, 다음으로 본 논문에서 제안하고 있는 가상생산 에이전트의 구조와 수행 과정을 제시하며, 제조가능성분석, 공정계획에 사용되는 도메인 지식(domain knowledge)과 제품표현에 사용되는 FBM(Feature Based Model)에 대해 살펴보고, 그리고 유전 알고리즘(Genetic Algorithms)을 이용한 일정계획정보생성 방법론을 마지막으로 이러한 설계를 바탕으로 구현한 파일럿 시스템(pilot system)의 실행 화면과 실행 결과를 소개하기로 한다.

2. 관련연구

가상생산이란 Virtual Manufacturing을 번역하여 사용하고 있는 용어인데 제품의 설계 및 생산을 지원하기 위하여 컴퓨터를 이용하여 생산공정을 가상으로 시뮬레이션하는 일련의 과정이라고 정의할 수 있다(Lawrence Associates Inc., 1994). 그러므로, 가상생산시스템은 설계자가 생산을 위해 요구되는 여러 가지 기능들을 생산공정상의 제약과 비용, 시간 등을 반영하여 최적의

설계 또는 생산계획을 수립하도록 지원하는 의사결정지원시스템(Decision Support System)적인 성격이 강한 시스템이라고 볼 수 있다.

가상생산에 대한 대표적인 연구로 미국 메릴랜드(Maryland) 대학의 가상생산 프로젝트를 들 수 있는데, 여기서는 가상생산의 세가지 패러다임을 다음과 같이 정의하고 있다.(Lin et al. 1995)

가상생산의 세가지 패러다임은, 설계지향 VM(Design-centered VM), 생산지향 VM(Production-centered VM), 제어지향 VM(Control-centered VM)으로 분류된다. 설계지향 VM(Design-centered VM)은 설계중심적인 관점에서 가상생산을 정의한 것으로, 가상생산은 설계자들에게 제품 제조에 관한 다양한 정보를 제공하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 제품 설계를 최적화하는 일련의 과정이라고 정의된다. 생산지향 VM(Production-centered VM)은 생산중심적인 관점에서 가상생산을 정의한 것이며, 가상생산이 자원요청계획, 공정계획, 생산계획 등을 수립하고 평가하는 환경을 제공하는 것이라고 정의된다. 제어지향 VM(Control-centered VM)에서는, 가상생산을 프로세스 모델을 제어하기 위한 일련의 과정으로 인식한다.

이처럼 다양한 기능을 갖는 가상생산시스템을 구현하기 위해 본 논문에서는 지능형 에이전트 기술을 사용하였는데, 지능형 에이전트의 대표적인 정의는 다음 두 문장으로 설명될 수 있다.

"An intelligent agent is considered to be a computer surrogate for a person or process that fulfills a stated need or activity."(King, 1995)

"An autonomous agent is a system situated

within and a part of an environment that senses that environment and acts on it, over time, in pursuit of its own agenda and so as to affect what it senses in the future."(Franklin and Graesser, 1996)

일반적으로 지능형 에이전트에 관한 정의가 연구자 마다 다양하게 나타나는데, 그 이유는 지능형 에이전트를 연구하는 연구자들이 각자의 연구영역에 따라 나름대로의 정의를 내리기 때문이다(Franklin and Graesser, 1996).

에이전트 기술을 이용하여 가상생산시스템을 구현하려는 연구는 Intelligent Automation社의 AARIA(Autonomous Agents for Rock Island Arsenal) 프로젝트(Baker et al. 1997), 켈거리 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 Manufacturing" 등의 멀티 에이전트 기반의 가상생산 에이전트에 대한 연구(Chuter et al., 1995)가 대표적이다.

가상생산 에이전트에 관한 연구는 기존의 가상생산 시스템에 관한 연구와 그 맥을 같이 한다. 기존 가상생산 시스템의 연구영역을 제조가능성 분석(Manufacturability Analysis), 공정계획(Process Planning), 일정계획(Scheduling), 작업현장관리(Shop Floor Control), 특징형상모델 지원(Support FBD/FBM) 등의 영역으로 나눌 때, 가상생산 에이전트에 관한 기존연구의 매핑영역은 <표 1>과 같다.

<표 1> 기존시스템 대상영역

	AARIA	ABCDE	A Virtual...
Manufacturability Analysis	X	O	O
Process Planning	X	X	O
Scheduling	O	X	O
Shop Floor Control	X	O	X
Support FBD/FBMX	X	O	X

기존연구의 문제는 가상생산의 영역에서 공정계획 또는 일정계획과 같은 일부기능만을 가진 에이전트를 다루고 있어 판매 에이전트가 필요로 하는 생산 정보를 적시에 제공할 수 없다는 것이다. 즉, 전자상거래를 고려하지 않은 기존 연구의 가상생산은 목적이 생산최적화에 있기 때문에 전자상거래 환경 하에서 요구되는 전체적인 생산환경 정보를 적시에 제공해 주지 못하는 문제점을 가진다. 그래서 본 연구는 판매 에이전트가 필요로 하는 주문에 대한 납기 준수 여부를 적시에 제공할 수 있도록 제조가능성분석, 공정계획, 일정계획 에이전트 모두를 포함한 가상생산 에이전트를 구현하였다. 가상생산 에이전트에 대한 기존 연구들 중 본 논문에서 대상으로 하는 전자상거래 기반하의 제품판매활동 지원 측면에서 연구된 예는 아직 보고되지 않고 있다.

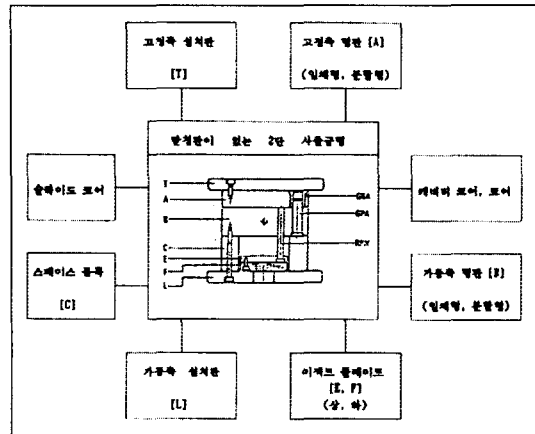
에이전트에 기반한 지능형 생산시스템에 대한 연구들은 Shen과 Norrie의 논문에서 잘 정리되어 있다(Shen and Norrie, 1999). Shen과 Norrie의 논문에서 볼 수 있듯이 다양한 구성과 기능으로 생산관련 에이전트가 개발되었다. 이들 연구들의 주관심사는 에이전트 기술을 이용하여 계획(planning)과 일정계획(scheduling)을 에이전트 기술을 이용하여 효율적으로 수행하는 것이었다. 이 연구들은 제품설계와 일정계획 시스템 사이에서 기업수준의 조정을 통해 계획과 일정계획 활

동들을 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, 설치물등-이 에이전트이고 자원들의 일정계획에 대한 책임을 가지는데, 이 에이전트는 다른 에이전트와 전체적인 일정계획을 위해 Mediator를 통해 협상하는 메커니즘이 중심이 되고 있다. 그러나 모든 자원들의 에이전트화는 현재 기술수준으로 실제 구축하기가 어려우며, 특히 기술수준이 열악한 중소기업체에서는 더욱이 불가능한 일이다. 그래서 중소기업체의 가상생산시스템을 현실적으로 구축하기 위해서는 조정자(facilitator) 에이전트를 중심으로 한 중앙집중적인 형태의 구조를 사용하는 것이 바람직할 것이다. 본 연구는 생산일정계획을 위해 유전 알고리즘을 사용하였고, 이를 에이전트 구조로 흡수하였다. 또한 사출금형제조업에 적용하여 FBM(Feature Based Modeling)에 기반한 지식 기반 제조가능성 분석과 공정계획 에이전트를 구현하였다. 아울러 본 논문은 전자상거래 기반하의 제품판매활동 지원 측면에서 생산관련 정보를 제공하기 위한 가상생산 에이전트를 구현하려고 하는 점에서 기존의 연구와 차별화 될 수 있다.

3. 대상문제: 사출금형제조업

본 연구의 대상문제(domain)는 사출금형 제조업(Molding Industry)이다. 금형(Mold)이란 프레스, 주조, 단조 등의 공정에 의해 동일 형상의 제품을 성형할 경우에 사용하는 주로 금속재료로

된 “형” 또는 “틀”을 말하며, 사출성형이란 고온의 용융상태에 있는 재질을 고압을 이용하여 금형내부로 급격히 불어 넣어 그 힘으로 원하는 형상을 얻어내는 제조방법으로, 이때 사용되는 금형이 사출금형이다. 사출금형은 여러 가지 부품으로 이루어져 있는데, 사출금형은 다음 <그림 1>에서 보는 바와 같이 보통 8종류의 부품으로 이루어진다.



<그림 1> 사출금형 부품도

실제 가상생산을 구현하기 위해 소규모의 금형 업체인 J사를 대상으로 관련지식과 정보를 수집하였다. 이 업체는 대형밀링, 라디얼 드릴링, CNC 선반등의 14종의 기계와 10명 안팎의 작업자를 보유하고 있으며 한달 평균 5개의 금형을 제작한다.

4. 가상생산 에이전트의 설계

본 장에서는 가상생산 에이전트의 설계와 관련한 전반적인 내용을 제시한다. 먼저 가상생산

에이전트의 구조와 수행과정 및 메시지를 분석하고, 제품의 형상을 표현하기 위해 정의한 특징형상모델을 소개할 것이며, 마지막으로 제조가능성 분석 및 공정계획을 위해 구성된 가상생산 추론 지식을 살펴볼 것이다.

4.1 가상생산 에이전트의 구조

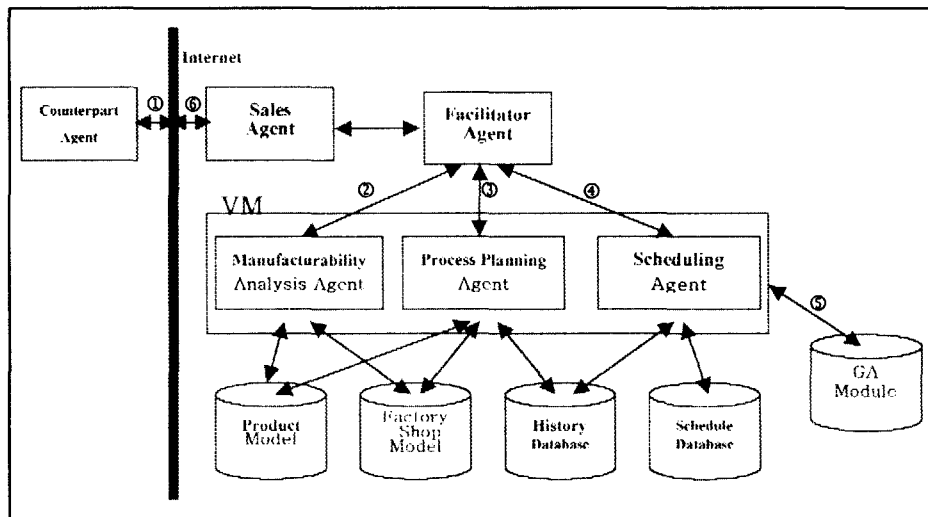
본 연구에서 대상으로 하고있는 가상생산 에이전트의 구조는 <그림 2>에서 보는 바와 같다. 내부적으로 제조가능성분석 에이전트(Manufacturability Analysis Agent), 공정계획 에이전트(Process Planning Agent), 일정계획 에이전트(Scheduling Agent) 등의 세 개의 구성요소를 가지고 있다.

또한 이러한 가상생산 에이전트 내부의 하위 에이전트들간의 협력(collaborative)을 위해서 멀티에이전트(Multi-Agent) 구조를 사용하였다. 멀티에이전트 구조의 대표적인 예로 Genesereth와

Ketchpel의 연구를 들 수 있다(Genesereth and Ketchpel, 1994). Genesereth와 Ketchpel은 멀티 에이전트 플랫폼 상에서 존재하는 개별 에이전트들이 ACL(Agent Communication Language)로 의사소통을 하며, 이를 관리하는 조정자(Facilitator)라고 명명한 에이전트를 두었다. Genesereth등이 정의한 조정자 에이전트의 기능에 근거하여, 본 연구에서의 조정자는 메시지를 번역하며, 해결할 문제를 개별 에이전트 별로 나누며, 개별 에이전트의 작업을 조정하고 관리하는 기능을 한다.

이러한 각 에이전트들의 기능을 살펴보면 다음과 같다.

- **제조가능성분석 에이전트(Manufacturability Analysis Agent)** : 제품의 형상 정보를 입력 받아 제조과정에서 고려해야 할 제약 조건들을 점검하여 제조가능성 여부를 파악한다.



<그림 2> 가상생산 에이전트 구조

- **공정계획 에이전트(Process Planning Agent)** : 제조가능성분석 에이전트를 통해 검증된 제조가능한 제품의 형상정보를 입력 받아 지식베이스를 이용하여 가공공정 및 대안 공작기계 선정, 가공공정순서 등의 결정을 위한 추론을 하고, 생산실적데이터베이스를 이용하여 대안 공작기계당 소요공수 및 원가계산을 수행한 후 그 결과를 출력한다.

- **일정계획 에이전트(Scheduling Agent)** : 공정계획 에이전트의 출력결과를 통해 얻어진 결과로부터 판매 에이전트(Sales Agent)가 요구하게 되는 제품의 납기일 준수 여부를 확인하고, 판매 에이전트가 구매자 에이전트와의 협상과 선정을 통해서 확정된 주문의 일정정보가 입력되면 이를 저장하고, 기존의 기일정 계획에 반영하여 부하 평균화를 정기적으로 수행함으로써 일정 계획을 최적화 한다.

가상생산 에이전트에서 사용되는 정보들은 VM DB(Virtual Manufacturing Database)내에 저장되는데, 각 구성요소들의 간략한 내용을 다음에 기술하였다.

- **제품 모델(Product Model)** : 특징형상모델(FBM; Feature Based Model)에 기반하여 주문 제품에 관한 형상정보를 유지, 관리한다.
- **생산공장 모델(Factory Shop Model)** : 지식베이스(Knowledge Base)로 구성되며, 생산공장에 관련한 환경의 지식을 유지, 관리한다.
- **원가/공수 데이터베이스(History Database)** : 제품의 생산원가와 소요공수를 산출하기 위한 정보를 유지, 관리한다.

- **일정계획 데이터베이스(Schedule Database)** : 현재 수행되고 있는 공장내의 생산일정계획 정보를 유지 관리, 한다.

가상생산 에이전트는 이러한 내부 구성요소를 가지고 판매 에이전트와 조정자를 통해서 협력하게 된다.

4.2 가상생산 에이전트의 수행과정

그러면 여기서는 각 구성 요소간의 개략적인 수행과정을 살펴보기로 한다. <그림 2>에서는 구조도 상의 수행순서를 번호로 나타내었으며, 각 번호에 따른 세부 수행내용은 이어지는 설명과 같다. 각 화살표와 번호에 따른 정보전달은 지능형 에이전트의 프로토콜인 KQML(Finin et al. 1994, McKay and McEntire, 1994)을 따르고 있는데, 각 tell, ask-one, reply는 KQML의 수행자(Performative)로서 tell은 단순한 정보전달, ask-one은 질의, reply는 질의에 대한 응답이 전달됨을 뜻한다. 자세한 메시지의 내용은 이에 따른 예를 들어 설명하였다.

- ① 주문(Order) : 구매자로부터 주문내용이 전달된다.
 - tell : 제품정보(제품형상정보, 요구납기일)
- ② 제조가능성분석(Manufacturability Analysis) : 제품정보를 전달 받아 제조가능성을 판단하고, 결과를 출력한다.
 - ask-one : 제품형상정보

예) “주문제품 Cake Box의 제조가능성 여부를 의뢰한다.”

```
( ask-one
  :sender      FA
  :receiver    MAA
  :language    KQML
  :content
    ( company_name  Jesan Precision
      product_name  Cake Box
      product_no    071a))
```

- reply : 제조가능성 여부
 예) “제품 Cake Box는 제조가능성 분석 결과 생산이 가능한 것으로 판명되었다.”

```
( reply
  :sender      MAA
  :receiver    FA
  :language    KQML
  :content
    ( company_name  Jesan Precision
      product_name  Cake Box
      product_no    071a
      manufacturability YES))
```

③ 공정계획 수행(Process Planning) : 제품정보를 전달 받아 공정계획을 작성하고, 결과를 출력한다.

- ask-one : 제품정보(제품형상정보)
 예) “제품 Cake Box의 공정계획을 의뢰한다.”

```
( ask-one
  :sender      FA
  :receiver    PPA
  :language    KQML
  :content
    ( company_name  Jesan Precision
      product_name  Cake Box
      product_no    071a
      manufacturability yes))
```

- reply : 소요공정, 공정순서, 공정별 공수
 예) “제품 Cake Box 공정계획결과는 첫번째 부품 cavity plate의 first rough cutting공정에 밀링을 18공수를 투입하고 다음으로 ... 의 과정을 거친다.”

```
( reply
  :sender      PPA
  :receiver    FA
  :language    KQML
  :content
    ( company_name  Jesan Precision
      product_name  Cake Box
      product_no    071a
      process_list
        ( part_name  Cavity Plate
          (process_name Milling
            sequence 1
            machine   LM
            man_hour  18)
          ...)))
```

④ 공정계획 결과를 일정계획 에이전트에 전달.
 - tell : 생산가능물품 리스트, 필요공정, 공정순서, 공정별 공수

```
( tell
  :sender      FA
  :receiver    SA
  :language    KQML
  :content
    ( company_name  Jesan Precision
      product_name  Cake Box
      product_no    071a
      process_list
        ( part_name  Cavity Plate
          (process_name Milling
            sequence 1
            machine   LM
            man_hour  18)
          ...)))
```

⑤ 일정계획 수행 : 유전 알고리즘을 이용하여 makespan의 최소화를 목적으로 일정계획 한다.
 - reply : 확정납기일

```
( reply
  :sender      SA
  :receiver    FA
  :language    KQML
  :content
    ( company_name  Jesan Precision
      product_name  Cake Box
      product_no    071a
      makespan      2000-10-25))
```

- DB : 일정데이터베이스(Schedule Database)에 일정계획수립 결과를 저장한다.

⑥ 판매 결정 : 주문 물품의 납기일을 기준으로 판매가능성을 결정.

- reply : 판매가능성

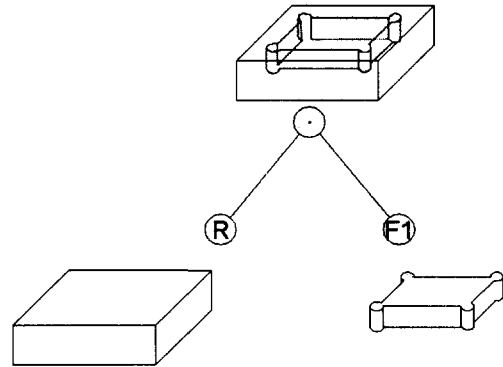
(reply	
:sender	Sales Agent
:receiver	Jesan Agent
:language	KQML
:content	
(company_name	Jesan Precision
product_name	Cake Box
product_no	071a
possible	no)

- DB : 실적데이터베이스(History Database)에 주문정보를 저장한다.

4.3 특징형상모델(FBM)

가상생산 에이전트는 제품모델(Product Model)과 제조환경모델(Factory Shop Model)의 두가지 모델을 기반으로 의사결정을 하고 있는데, 제품모델(Product Model)은 기호표현법(symbolic representation)을 사용하여 특징형상모델(FBM: Feature Based Model)을 구현한다. 여기서 사용된 특징형상(feature) 정보는 사출금형 도면 1,000벌을 분석하여 추출된 44개의 형상특징(form feature)과 이러한 형상을 가공하기 위해 공정을 선정하는데 사용될 제조특징(manufacturing feature)의 두 가지를 사용하였다(오정수, 1991, 조규갑, 1993). 도면을 특징형상모델(FBM)을 이용해 표현하면 다음 <그림 3>에 보는 바와 같다. <그림 3>에 나타난 기호표현방식이 제품정보를 표현한 특징형상모델(FBM)

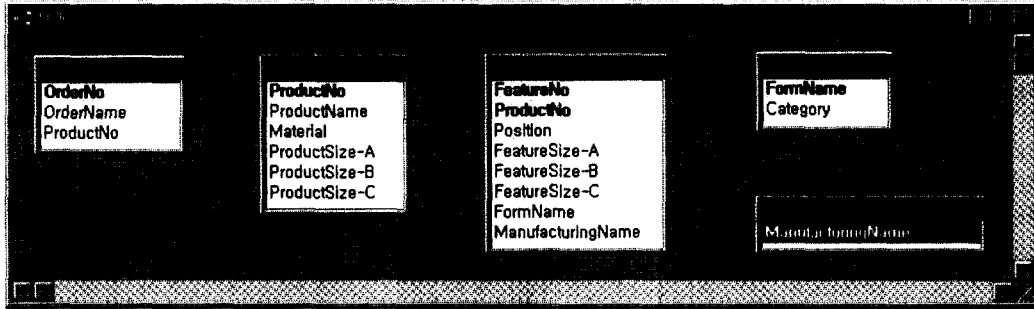
이며, 그 상단의 그림은 이를 개념적으로 표현한 그림이다. 각 원은 노드(node)이며, 노드간의 연결선은 링크이고, 노드 내부의 ‘.’은 연결을 뜻하며, ‘R’은 자원(resource)을 ‘F1’는 특징(feature) 정보를 뜻한다.



(Product 071a	
(product_no	071a)
(product_name	CakeBox)
(part_no	5)
(part_name	DCAP)
(material	SM55C)
(part_size	800*700*100)
(feature1	
(form_feature	pocket1_3)
(manufacturing_feature	square_pocket)
(position	F)
(size	540*465*60))
...)	

<그림 3> FBM의 예

본 연구에서는 이러한 특징형상모델을 구성하고 관리하기 위해 관계형 데이터베이스를 구성하였는데, 자세한 스키마 구조는 <그림 4>에서 보는 바와 같다.



<그림 4> FBM 관계형 데이터베이스 스키마 구조

4.4 가상생산 추론 지식의 구축

제조환경모델(Factory Shop Model)은 제조계약과 제조공정에 관한 지식을 공정계획 전문가로부터 추출하여 이를 지식베이스화 한 것이다. 구축된 지식은 첫째, 제조계약에 관한 지식, 둘째, 가공공정 및 대안공작기계 선정에 관한 지식, 셋째, 가공공정 순서 결정에 관한 지식의 세가지로 구성된다.

제조계약에 관한 지식은 가공이 어렵거나, 생산설비 능력을 초과하는 경우에 해당하는 지식을 말하는 것으로, 예를 들면 다음과 같다.

- A1: '만약 cavity plate의 형판 치수가 a>600, b>270, c>400이라면, 생산이 불가능하다.'

이를 지식으로 표현하면 <그림 5>와 같다.

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

<그림 5> 제조계약에 관한 지식의 예

가공공정 및 대안공작기계 선정에 관한 지식은 생산 가능한 금형부품의 공정계획을 설계하는데 필요한 지식을 공정계획 전문가로부터 수집, 정리한 것으로, 이에 대한 예를 들면 다음과 같다.

- A2: '만약 cavity plate의 인서트용 포켓이 각형이고, 형판 치수가 A<= 500이고 B<=300이라면, 가공공정은 milling이고, 대안공작기계는 소형 밀링 머신이다.'

이를 지식으로 표현하면 <그림 6>에서 보는 바와 같다.

```
(manufacturing_rule_015
  (is square-pocket yes)
  (size_a ?a)
  (size_b ?b)
=>
(if (&& ( <= ?a 500) (<= ?b 300))
then (assert ((process milling) (machine SM))))
```

<그림 6> 가공공정 및 대안공작기계 선정에 관한 지식의 예

가공순서 결정에 관한 지식은 대상 부품이 기본적으로 사출금형 제작의 일반적 공정을 따른다고 가정하고, 예외적인 사항에 관한 지식을 체계

화 하였다.

예를 들어 다음 A3와 같은 가공공정순서 결정에 관한 지식이 있다고 했을 때,

- A3: 만약cavity plate가 포켓과 구멍을 가지고 있다면, milling 공정은 drilling 공정 이전에 이루어져야 한다.

이를 지식으로 표현하면 <그림 7>과 같다.

```
(manufacturing_sequence_104
  (is pocket yes)
  (is hole yes)
  ?rem1 <-((process milling) ?m)
  ?rem2 <-((process drilling) ?n)
=>
(retract ?rem1)
(retract ?rem2)
(assert ((process 10 milling) ?m ))
(assert ((process 20 drilling) ?n )))
```

<그림 7> 공정순서에 관한 지식의 예

위와 같이 구성된 FBM과 지식베이스를 이용하여, 제조가능성분석과 공정계획을 수행하고, 그 결과를 판매 에이전트로 출력하고, 이에 따르는 원가, 공수 정보는 실적에 의해 구축된 표준공수표를 참조하여 산출하게 된다.

가상생산 에이전트에서의 일정계획은 판매 에이전트에서 전송된 기본 일정정보(scheduling information)를 저장하는 작업으로부터 시작된다. 이어서 이미 확정된 기일정정보에 전송된 일정정보를 저장하고, 이를 정기적으로 재일정계획(rescheduling) 하는 작업을 수행한다. 기본적으로 가상생산 에이전트의 일정계획 기능은 부하평준화를 그 목표로 한다. 이는 이미 확정된 납기일을 준수하면서 전체 일정과 각 공정의 부하를

보다 세부적으로 조정하는 기능을 수행한다.

4.5 GA(Genetic Algorithms) 모듈

본 연구에서는 일정계획 에이전트의 핵심 엔진으로 유전 알고리즘을 이용하였다. 유전 알고리즘을 사용하기 위해서는 먼저 적용하고자 하는 문제에 맞는 표현방법, 유전연산자, 유전 파라미터 등이 정의되어야 한다. 표현방법은 공정기반(operation-based) 표현 방법을 사용하였고, 교차연산자는 PMX(Partially Mapped Crossover) 연산자를 표현형태에 적합하게 수정하여 사용하였고, 돌연변이 연산자는 이웃해 접근법을 기초로 하였다. 또한 유전 파라미터는 많은 실험을 통해 결정하였고, 초기 모집단 구성을 위해서는 G&T(Giffler & Thompson) 알고리즘을 이용하였다. 이 유전 알고리즘의 수행도는 성공적으로 입증되었다(박병주, 1999). 판매 에이전트가 새로운 주문을 접수하게 되었을 때, 그 주문의 납기일을 산출하기 위해서는 이미 작업장에서 이루어지고 있던 공정들을 같이 고려해야 한다. 이 GA 모듈은 새로운 주문, 취소와 같은 생산과정에서의 변경 사항이 생길 때 새로이 재일정계획을 할 수 있는 동적 일정계획이 가능하도록 설계되었다. 시간분할방법을 이용하여 새로운 주문이 생기면 기존의 공정과 새로운 공정들을 재일정계획하는 과정을 수행하였다. 이 동적 일정계획 기법의 수행도도 성공적으로 입증되었다(박병주, 1999).

4.6 GA 모듈을 통한 일정계획 예

소규모의 금형 업체인 J사는 2000년 10월에 3개의 제품을 수주하였다. 주문을 받은 날짜와 납

기일은 <표 2>와 같다. 판매 에이전트는 각 주문에 대한 납기일 준수 여부를 고려해 그 주문을 받을 것인지를 고려한다. 만약 나중에 받은 주문의 수주가 이전 주문의 납기일을 준수할 수 없게 하거나 그 주문 자체의 납기일을 맞추지 못한다면, 판매 에이전트는 수주 하지 않는다. 표에서 제품의 크기는 job 수기계 수로 나타내었다.

<표 2> 생산 성공의 주문 현황

제품명	크기	주문일	납기일	수량
Elbow	7×10	2000. 10. 4	2000. 10. 22	1
Picnic Case	9×9	2000. 10. 9	2000. 10. 23	1
Cake Box	7×9	2000. 10. 14	2000. 10. 24	1

각 주문에 대한 판매 에이전트의 접수 결정은 납기일 준수 여부에 의존적이다. <표 3>은 각 주문에 따른 납기 준수 가능성을 보여주고 있다. J사는 10월 4일에 Elbow를 주문 받고 납기일 준수 여부를 확인한다. 제품 완성일이 10월 14일로 납기일을 맞출 수 있어 판매승인을 한다. 그리고 5일 후 10월 9일 Picnic Case를 주문 받아 납기일 준수 여부를 확인한다. 이 경우 Elbow 제품에서

아직 수행되지 않은 작업과 Picnic Case 작업들을 합해서 일정계획 한다. 제품 완성일이 Elbow는 10월 18일, Picnic case는 10월 19일로 납기일을 맞출 수 있어 Picnic Case도 판매승인 한다. 그리고 10월 14일 Cake Box를 주문 받아 납기일 준수 여부를 확인한다. Elbow, Picnic Case 제품에서 아직 수행되지 않은 작업과 Cake Box작업들을 합해서 일정계획 한다. 제품 완성일이 Elbow는 10월 21일, Picnic case는 10월 22일로 납기일을 맞출 수 있지만, Cake Box는 10월 25로 납기일을 맞출 수 없다. 그래서 Cake Box는 수주하지 않는다.

5. 구현

현재 가상생산 에이전트는 KQML 기반의 지식관리 모듈을 포함하여 자바로 개발중에 있다. 자바 개발 환경은 Sun Microsystems 의 JDK v1.1.8이며, Stanford 대학 Center for Design Research 에서 개발한 KQML 지원 기반 에이전트 템플릿(template)인 JAT Lite v0.4 beta 버전을 사용하였다. 지식관리 모듈 엔진은 자바용 전

<표 3> 판매에이전트의 결정

제품명	주문일	납기일	제품 완성 가능일	판매결정
Elbow	2000. 10. 4	2000. 10. 22	(Elbow) 2000. 10.14	판매가능
Picnic Case	2000. 10.9	2000. 10. 23	(Elbow) 2000. 10. 18	판매가능
			(Picnic Case) 2000. 10.19	
Cake Box	2000. 10.14	2000. 10.24	(Elbow) 2000. 10.21	판매불가능
			(Picnic Case) 2000. 10.22	
			(Cake Box) 2000. 10.25	

문가 시스템 구축 도구인 Sandia National Laboratory의 JESS v5.0 beta1 을 이용하여 개발되었다.

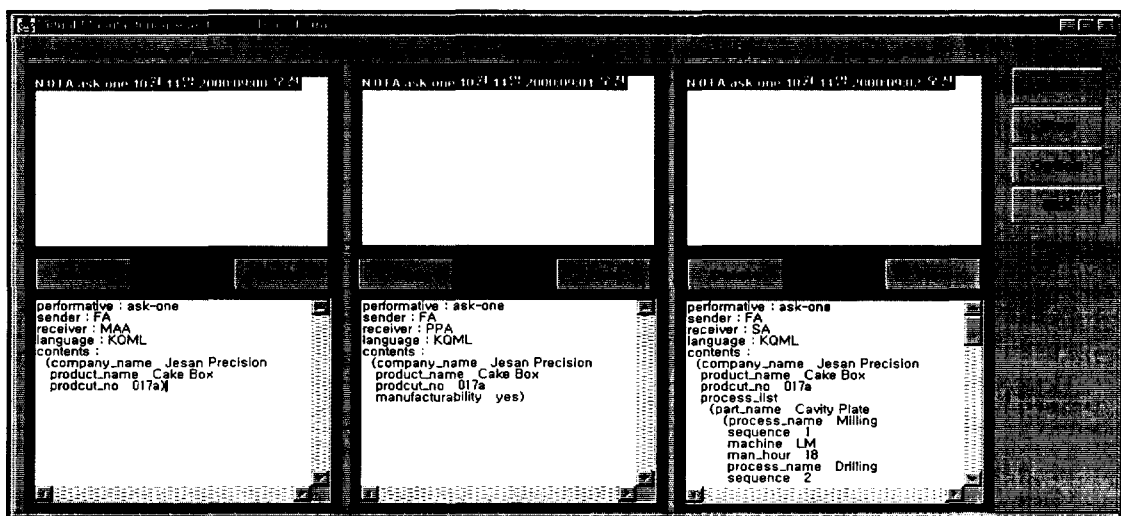
- 개발언어 : Java
- 플랫폼 : Windows NT
- KQML API : JAT Lite
- Expert System Shell : JESS
- DBMS : MS SQL Server

현재까지 구축된 가상생산 에이전트의 실행 화면은 다음 <그림 8>과 <그림 9>에서 보는 바와 같다. <그림 8>에 보이는 화면이 가상생산 에이전트의 메인 화면으로, 화면의 상단에 위치한 세 개의 리스트 박스 부분이 각각의 가상생산 에이전트로 접수된 메시지에 대한 목록 정보를 나타낸다. 계속해서 그 아래에 나타나는 세 개의 텍스트 박스는 사용자 또는 관리자에게 각각의 선택된 KQML 메시지를 보다 더 자세히 보여주는

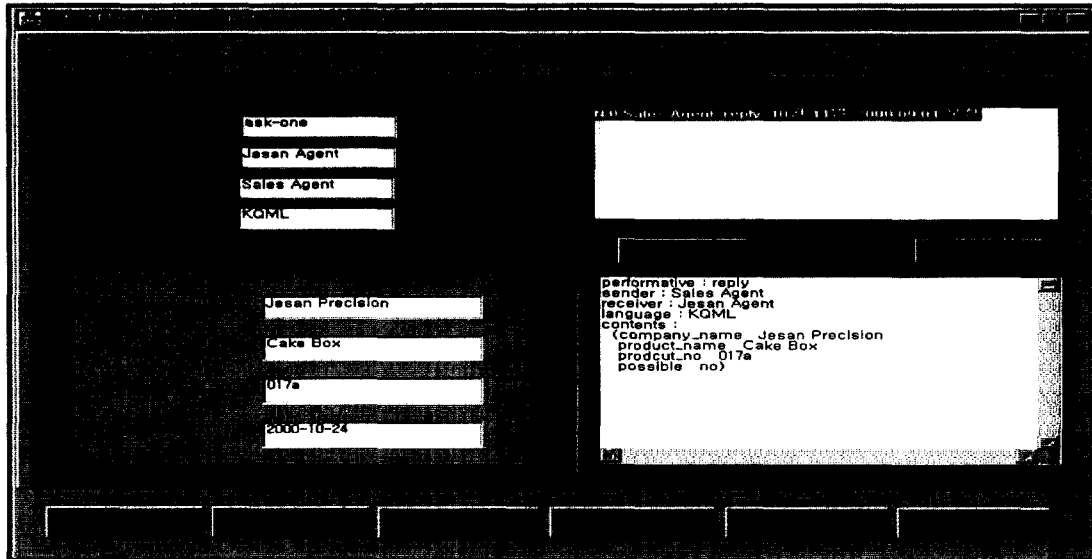
부분이다.

<그림 9>는 가상생산 에이전트를 테스트하기 위해 구축된 클라이언트의 화면으로서, 화면의 좌측 부분이 주문자의 주문을 입력하는 부분이며, 우측의 부분이 가상생산 에이전트가 보낸 결과를 보여주는 부분이다. 실질적으로는 좌측의 주문 입력 부분은 구매자 에이전트에, 우측의 메시지 부분은 조정자 에이전트에 존재하게 된다. 가상생산 에이전트는 멀티 에이전트 기반 하에 설계, 구축되었으며, 인터넷상에서 플랫폼에 독립적으로 동작하도록 개발되었다. Windows NT 기반 하에서 개발, 테스트되었고, 여타 UNIX 플랫폼에서도 이상 없이 수행되었다.

본 연구에서 구현한 가상생산 에이전트를 테스트하기 위해서, 사출금형제조업의 한 업체를 선정하였다. 선정된 업체의 주문처리과정에서 가상생산 에이전트가 처리해야 할 부분을 테스트함으로써 구현된 시스템을 검증하였고, 이를 통하여 시스템의 유효성을 확인하였다.



<그림 8> 가상생산 에이전트의 메인 화면



<그림 9> 가상생산 에이전트의 클라이언트 화면

6. 결 론

본 연구에서는 인터넷 환경 하에서 중소기업의 판매활동을 지원하기 위한 가상생산 에이전트를 개발하였다. 시스템은 멀티 에이전트 기반의 구조를 따르고 있으며, 생산환경에 대한 지식을 축적하여, 판매 에이전트가 요구하는 제조가능성 분석, 공정계획, 일정계획을 수행한다. 이러한 가상생산 에이전트는 자바 기반 하에, KQML 지원 에이전트 템플릿과 자바용 전문가시스템 구축도구를 사용해 개발되었다.

본 연구는 전자상거래 환경 하에서의 가상생산 에이전트의 설계, 구현에 관한 연구로서, 가상생산 시스템의 새로운 활용분야를 제시하였다.

본 연구의 기여점은 기존의 가상생산 에이전트에 관한 연구가 생산현장을 위한 시뮬레이션 시스템적인 성격이 강한 반면, 본 논문에서 제안한 가상생산 에이전트는 전자상거래 환경 하에서

중소규모 제조업체의 판매력 향상에 실질적으로 도움이 되는 가상생산 에이전트의 모델을 제안하고 이를 구현, 검증했다는 데 의의가 있다.

향후 연구 과제로는 보다 더 일반적인 가상생산 에이전트에 관한 설계가 수행되어 다른 업종에도 적용되어야 할 것이다. 또한 본 논문에서 가정하는 특징형상정보를 이용한 제품정보의 표현이 실제 생산현장에서 사용되고 있는 CAD/CAM 도면과의 동적 연계가 고려될 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 박병주, 정적 및 동적 Job Shop 일정계획 수립을 위한 혼합 유전알고리즘의 개발, 동아대학교 대학원 산업공학과 박사학위논문, 1999.
- [2] 조규갑, 오정수, 임주택, 노형민, 사출금형부품 가공을 위한 공정계획 전문가시스템의 개발 사례, 1993.

- [3] 오정수, 사출금형의 공정설계 전문가 시스템 개발에 관한 연구, 부산대학교 대학원 산업공학과 석사학위논문, 1991.
- [4] 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).
- [5] 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, January 13, (1997).
- [6] 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).
- [7] Finin, T., J. Weber, G. Wiederhold, M. Genesereth, R. Fritzson, J. McGuire, S. Shapiro and C. Beck, "Specification of the KQML Agent-Communication Language", *The DARPA Knowledge Sharing Initiative External Interface Working Group*, February 9, (1994).
- [8] Franklin, S. and A. Graesser, "Is It an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents", *Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages*, Springer-Verlag, URL:<http://www.msci.memphis.edu/~franklin/AgentProg.html>, (1996).
- [9] Genesereth, M. and S. Ketchpel, "Software agents", *Communications of the ACM*, Vol.37, No.7(1994), 48-53.
- [10] King, J. A., "Intelligent Agents: Bringing Good Things to Life", *AI Expert*, February, (1995), 17-19.
- [11] Kusiak, A., *Intelligent Manufacturing Systems*, Prentice-Hall, 1990.
- [12] Lawrence Associates Inc., "Virtual Manufacturing User Workshop Technical Report", URL: <http://www.isr.umd.edu/Labs/CIM/vm/lai1/final6.html>, (1994).
- [13] Lin, E., I. Minis, D. S. Nau and W. C. Regli, "Contribution to Virtual Manufacturing Background Research", Technical Report, The University of Maryland, URL:<http://www.isr.umd.edu/Labs/CIM/virtual.html>, (1995).
- [14] McKay, D. and R. McEntire, "KQML as an Agent Communication Language", *The Proceedings of the Third International Conference on Information and Knowledge Management(CIKM '94)*, ACM Press, November, (1994).
- [15] Shen, W. and D. H. Norrie, "Agent-Based Systems for Intelligent Manufacturing: A State-of-the-Art Survey," *Knowledge and Information Systems*, Vol.1, No.2(1999), 129-156.

Abstract

A Virtual Manufacturing Agent for Sales Agent of Manufacturers in EC Marketplace

Hyung Rim Choi*, Byung Joo Park*
Hyun Soo Kim*, Chang Ho Lee**

Recently, Internet based Electronic Commerce is recognized as one of the alternatives for strengthening sales power of small and medium companies. However, small and medium manufacturers can't adjust properly to the new environment because they are in short of money, personnel, and technology. To cope with this problem, this paper deals with the development of virtual manufacturing agent to support sales agent. The sales activity of most of parts manufacturing companies is based on orders of buyers. The process of promotion, receipt and selection of orders of the parts manufacturing is closely coupled with the load status of the production lines. On deciding whether to accept an order or not, as well as negotiating with buyers, sales person needs information such as load and schedule of production lines, manufacturability of the order. Therefore, the functions of virtual manufacturing agent, manufacturability analysis, process planning, and scheduling are key features in developing an agent of sales activity for the parts manufacturing business. While most of research on virtual manufacturing system so far is focused on the simulation of each product, this paper deals with the development of agent assisting internet-based product sales by supporting production information promptly. The pilot system of virtual manufacturing agent is implemented using KQML-based agent template and Java-based expert system shell for a small molding company.

Key words: Virtual Manufacturing; CAPP(Computer-Aided Process Planning), Multi-agent, Genetic Algorithms

* School of Business Administration, Donga University

** Daewoo Information Systems Co., Ltd.