

전자상거래 환경하에서의 가상생산 에이전트 개발

최형림*, 김현수*, 이창호*

Development of a Virtual Manufacturing Agent in EC Marketplace

Hyung Rim Choi*, Hyun Soo Kim*, Chang Ho Lee*

요약

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. 지금까지의 가상생산 시스템(Virtual Manufacturing System)에 관한 연구는 주로 설계, 공정, 제어 최적화에 그 초점을 두고 있으며, 가상생산 에이전트에 관한 연구는 이러한 문제를 지능형 에이전트 구조로 해결하고자 하였다. 본 논문에서는 이러한 기존의 연구와 달리 전자상거래 환경하에서 중소제조업체의 판매활동을 돕기 위한 판매에이전트를 실제 생산시스템과 연계하는 관점에서 가상생산 에이전트를 설계, 구현하였다.

Keywords: Virtual Manufacturing; CAPP; Multi-agent

1. 서론

최근의 전자상거래의 급속한 확산은 새로운 형태의 기업이 탄생하고 성공을 거두는 새로운 시장환경으로서의 그 중요도를 날로 더해가고 있다. 이에 대응하기 위해 기존의 기업들도 전자상거래 환경에 빠른 속도로 대응해 나가고 있다.

이러한 환경하에서 한국의 대표적인 중소규모

제조업체의 판매력 강화를 위해서 전자상거래 기반하의 판매활동을 지원하는 지능형 에이전트에 대한 필요성이 날로 증가하고 있다. 본 논문은 이러한 판매 에이전트와 실제 생산시스템과의 유기적이고 동적인 연계를 위해 가상생산 시스템을 구현하는 노력의 일환으로 수행되었다.

판매 에이전트가 요구하는 여러가지 정보를 - 생산가능성 유무, 공정계획정보, 일정계획정보 - 제

* 동아대학교 경영정보학과

공하는 가상생산 에이전트를 설계하고, 이를 구현하는 것이 본 논문의 연구 목적이다.

본 논문에선 가상생산 에이전트를 개발하기 앞서 가상생산, 지능형 에이전트에 대한 개략적인 설명을 하고, 여태까지 연구되었던 가상생산 에이전트 개발에 관한 노력들을 살펴본다. 이어서 본 논문의 대문제를 간략하게 언급하고, 가상생산 에이전트의 구조와 수행과정을 제시하며, 생산가능성분석, 공정계획에 사용되는 도메인 지식(domain knowledge)과 제품표현에 사용한 FBM (Feature Based Model)을 살펴보겠다. 마지막으로 이러한 설계를 바탕으로 구현한 파일럿 프로그램 (pilot program)의 실행 화면을 보이며 결론을 맺게 된다.

2. 관련연구

가상생산은 Virtual Manufacturing 의 약어로 제품의 설계 및 생산을 지원하기 위하여 생산공정의 시뮬레이션을 컴퓨터 모델을 이용하여 수행하는 일련의 과정이라고 정의할 수 있다. 그러므로, 가상생산 시스템은 설계자가 생산을 위해 요구되는 여러 가지 기능들을 생산공정상의 제약과 비용, 시간 등을 반영하여 최적의 설계 또는 생산계획을 수립하도록 지원하는 의사결정시스템(DSS)적인 측면이 강한 시스템이라고 볼 수 있다.

가상생산에 대한 대표적인 연구인 미국 메릴랜드(Maryland) 대학의 가상생산 프로젝트에선, 가상생산의 세가지 패러다임을 정의하고 있다. (Edward Lin, 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 관점으로 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 제공한다고 정의된다. 제어지향 VM(Control-centered VM)에선, 가상생산을 프로세스 모델을 제어하기 위한 일련의 과정이라고 본다.

이와 같은 가상생산 시스템을 구현하기 위해 본 논문에서는 지능형 에이전트 기술을 사용하여 가상생산 시스템을 구현하였다.

지능형 에이전트의 대표적인 정의는 아래 두 문장으로 설명된다.

"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, 1996)

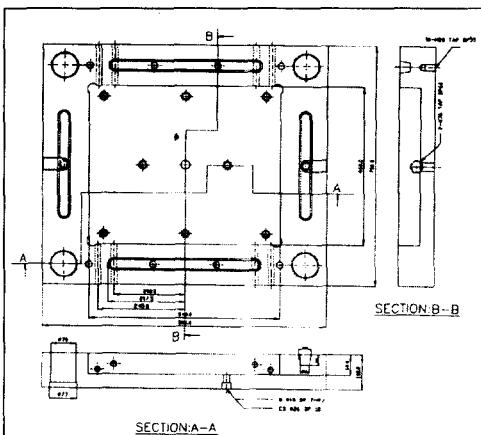
일반적으로 연구자들마다 지능형 에이전트의 정의가 다양하게 나타나는데, 그 이유는 지능형 에이전트를 연구하는 연구자들이 각자의 연구영역에 따라 나름대로의 정의를 내리기 때문이다. (Franklin, 1996)

이와 같은 지능형 에이전트를 사용하여 VM 에이전트를 구현하는 기존의 연구가 다수 수행되어 왔는데, 그 대표적인 연구는, ABCDE(Agent Based Concurrent Design Environment), AARIA(Autonomous Agents for Rock Island Arsenal), VECA(a Virtual Environment For Construction and Analysis of manufacturing)등의 멀티에이전트 기반의 가상생산

에이전트에 대한 연구가 있다. 그러나, 가상생산 에이전트의 구현에 관한 기존의 연구는 연구목적이 효과적인 가상생산활동을 위한 에이전트 응용에 있고, 본 논문에서 대상으로 하는 전자상거래 기반하의 제품판매활동 지원 측면에서 연구된 예는 아직 보고되지 않고 있다.

3. 대상문제: 사출금형제조업

본 연구에서 대상으로 하고있는 도메인 (domain)은 사출금형제조업(Molding Industry)이다. 금형(Mold)이란 프레스, 주조, 단조 등의 공정에 의해 동일형상의 제품을 성형할 경우에 사용하는 주로 금속재료로 된 “형” 또는 “틀”을 말하는 것이며, 사출성형이란 고온의 용융상태에 있는 재질을 고압을 이용하여 금형내부로 급격히 불어 넣어 그 힘으로 원하는 형상을 얻어내는 제조방법으로, 이때 사용되는 금형이 사출성형이다. 사출금형은 여러가지 부품으로 이루어져 있는데, 여기서는 그 중 분할형 고정측 형판의 제작을 대상으로 하였다. 분할형 고정측 형판의 형상의 예는 <그림 1>의 도면에 보는 바와 같다.

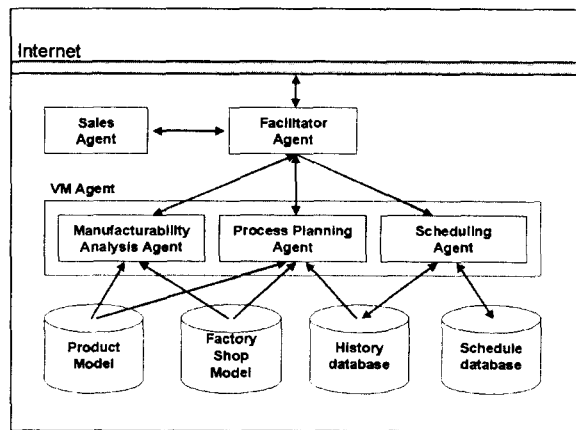


<그림 1> 사출금형 분할형 고정측 형판의 예

4. 가상생산 에이전트의 설계

4.1 가상생산 에이전트의 구조 및 특징

본 연구에서 대상으로한 가상생산 에이전트의 구조는 <그림 2>에 보는 바와 같다. 내부적으로 세 개의 구성요소를 가지고 있는데, 생산가능성분석 에이전트(Manufacturability Analysis Agent), 공정계획 에이전트(Process Planning Agent), 일정계획 에이전트(Scheduling Agent)로 구성된다.



<그림 2> 가상생산 에이전트 구조

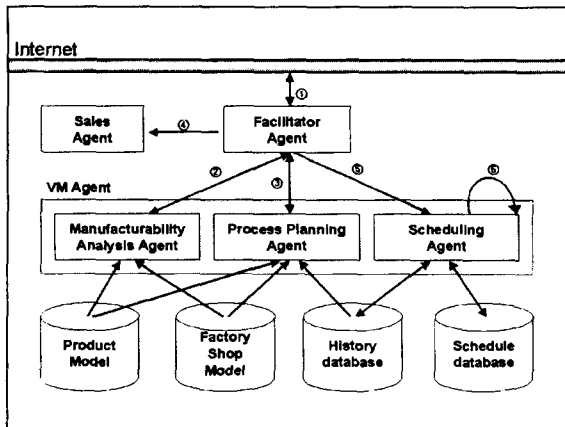
각 에이전트들의 기능은 다음과 같다.

- 생산가능성분석 에이전트 (Manufacturability Analysis Agent) : 제품의 형상 정보를 입력 받아 제조제약을 점검하여 생산가능성 여부를 파악한다.
- 공정계획 에이전트 (Process Planning Agent) : 생산가능성분석 에이전트를 통해 검증된 생산가능한 제품의 형상정보를 입력받아 지식베이스를 이용하여 가공공정 및 대안 공작기계 선정, 가공공정순서 결정을 추론하고 실적 DB를 이용하여 대안 공작기계당 소요공수 및 원가계산을 수행한 후 그 결과를 출력한다.
- 일정계획 에이전트 (Scheduling Agent) : 공정계

획 에이전트의 출력결과를 통해 선정된 주문의 일정정보가 입력되면 이를 저장하고, 기존의 기일정계획 정보와의 부하 평준화를 정기적으로 수행하여 일정 계획을 최적화 한다.

4.2 가상생산 에이전트의 수행과정

각 구성요소간의 개략적인 수행과정을 살펴보면, 다음 <그림 3>에선 구조도 상의 수행순서를 번호로 나타내었고, 각 번호에 따른 세부 수행내용은 이어지는 설명과 같다. 각 화살표와 번호에 따른 정보전달은 지능형 에이전트의 프로토콜인 KQML (Finin, 94, McKay, 94)을 따르고 있는데, 각 tell, ask-one, reply 는 KQML 의 수행자(performative)로써 tell 은 단순한 정보전달, ask-one 은 질의, reply 는 질의에 대한 답이 전달됨을 뜻한다.



<그림 3> 가상생산 에이전트 수행과정

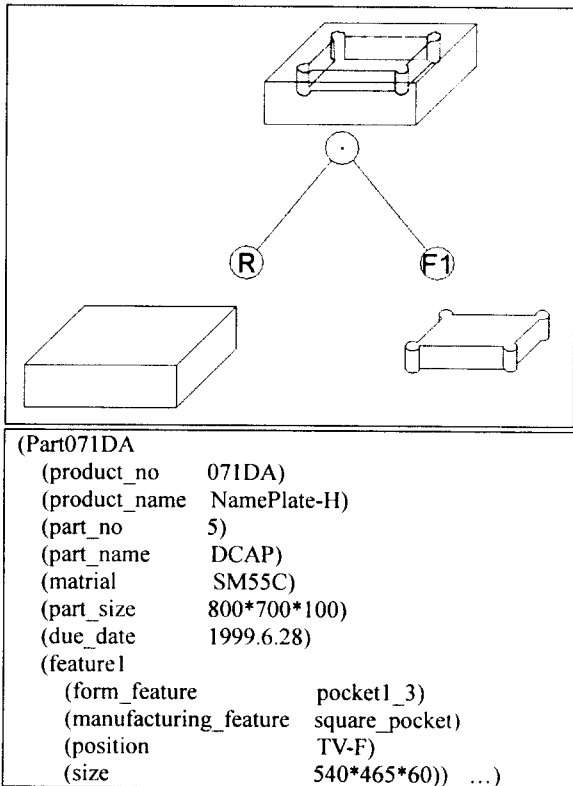
- ① 주문 (order): 구매자로부터 주문내용이 전달된다.
 - tell : 제품정보(제품형상정보, 요구납기일, 요구생산개수, 요구가격)
- ② 생산가능성분석 (manufacturability analysis): 제품정보를 전달받아 생산가능성을 판단하고, 결과를 출력한다.
 - ask-one : 제품형상정보(FBM)
 - reply : 생산가능성유무

- ③ 공정계획 수행 (process planning): 제품정보를 전달받아 공정계획을 작성하고, 결과를 출력한다.
 - ask-one : 제품정보(제품형상정보, 요구납기일, 요구생산개수, 요구가격)
 - reply : 소요공정, 공정순서, 공정별 공수, 생산원가
- ④ 가상생산 결과 (result output) 전달
 - tell : 생산가능물품 리스트, 소요공정, 공정순서, 공정별 공수, 생산원가
- ⑤ 주문확정 정보 입력 : 확정된 주문정보를 판매 에이전트로부터 전달받는다.
 - tell : 소요공정, 공정순서, 공정별 공수, 확정원가, 확정납기일
 - DB : 실적데이터베이스(history database)에 주문정보를 저장한다
- ⑥ 일정계획 수행(scheduling): 부하평준화를 목적으로 일정계획을 수행한다.
 - DB : 일정데이터베이스(schedule database)에 결과를 저장한다

4.3 특징형상모델(FBM)과 가상생산 추론 지식의 구축

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 구현했다. 여기서 사용된 특징(feature) 정보는 사출금형 도면 1,000 벌을 분석하여 추출된 44개의 형상특징(form feature)와 이러한 형상을 가공하기위해 공정을 선정하는데 사용될 제조특징(manufacturing feature)의 두가지를 사용하였다.(오정수, 91, 조규갑, 93) 앞에서 제시된 <그림 1>의 도면을 특징형상모델(FBM)을 이용해 표현하면 다음 <그림 4>에 보는 바와 같다. <그림 4>의 아래에 나타난 기호표현식이 제품정보를 표현한 특징형상모

델(FBM)이며, 그 상단의 그림은 이를 개념적으로 표현한 그림으로 이다. 각 원은 노드(node)이며 노드간의 연결선은 링크로써 노드 내부의 '●'은 연결을 뜻하며, 'R'은 자원(resource)를 'F'는 특징(feature)을 뜻한다.



<그림 4> FBM 의 예

제조환경모델(factory shop model)은 제조제약과 제조공정에 관한 지식을 공정계획전문가로부터 인터뷰를 통해 추출하여 이를 지식베이스화 한 것이다. 구축된 지식은 첫째, 제조제약에 관한 지식, 둘째, 가공공정 및 대안공작기계 선정에 관한 지식, 셋째, 가공공정 순서 결정에 관한 지식의 세가지로 구성되어 있다.

제조제약에 관한 지식은 가공이 어렵거나, 생산설비의 능력을 초과하는 경우에 해당하는 지식을 말하는 것으로, 다음 AI 과 같은 지식을 표현하면

- AI: '전체 형판 치수가 $A \leq 1000$ 이고 $B \leq 1000$ 이라면, 생산이 불가능하다.'

이를 지식으로 표현하면 다음 <그림 5>와 같다.

```
(constraint_rule_002
  (size_a ?a)
  (size_b ?b)
=>
(if (&& (>= ?a 1000) (>= ?b 1000))
then (assert (manufacturability no))))
```

<그림 5> 제조제약에 관한 지식의 예

가공공정 및 대안공작기계 선정에 관한 지식은 생산가능한 금형부품의 공정계획을 설계하는데 필요한 지식을 공정계획 전문가로부터 수집, 정리한 것으로, 가공공정 및 대안공작기계 선정에 관한 다음 A2 와 같은 지식이 있을 때,

- A2: '인서트용 포켓이 각형이고, 형판 치수가 $A \leq 500$ 이고 $B \leq 300$ 이라면, 가공공정은 pocket-for-insert 이고, 대안공작기계는 소형 밀링 머신이다'

이를 지식으로 표현하면 다음 <그림 6>에 보는 바와 같다.

```
(manufacturing_rule_015
  (is square-pocket yes)
  (size_a ?a)
  (size_b ?b)
=>
(if (&& (<= ?a 500) (<= ?b 300))
then (assert (process pocket_for_insert) (m/c MS))))
```

<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 체계화 하

였다.

예를 들어 다음 A3 와 같은 가공공정순서 결정에 관한 지식이 있다고 했을 때,

- A3: ‘금형의 어긋남 방지용 인터록 형상이 존재하고, 경사진 면을 관통한 냉각수 구멍 형상이 존재하면 DG 공정이 형판 및 캐비티 형상 가공전에 수행된다.’

이를 지식으로 표현하며 다음 <그림 7>와 같다.

```
(manufacturing_sequence_104
  (is prima-pocket yes)
  (is depth-pocket yes)
  ?rem <- (process DG ?p)
=>
(retract ?rem)
(assert (process 40 ?p DG)))
```

<그림 7> 공정순서에 관한 지식의 예

위와 같이 구성된 FBM 과 지식베이스를 이용하여, 생산가능성분석과 공정계획을 수행하고, 그 결과를 판매 에이전트로 출력하게 된다.

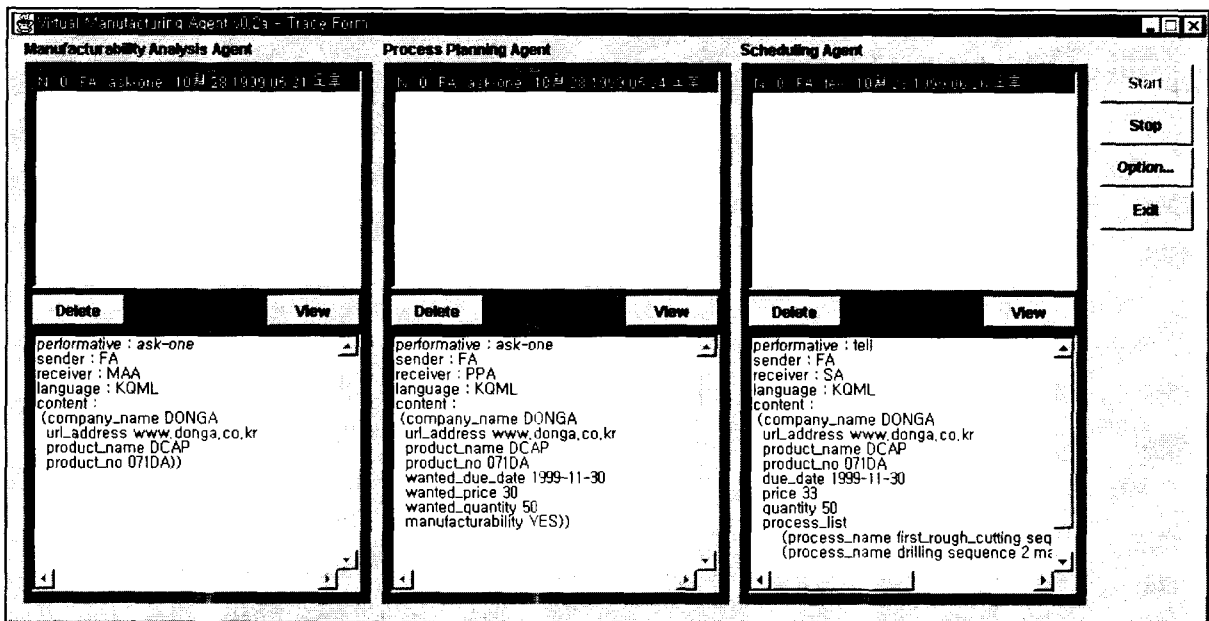
가상생산 에이전트에서의 일정계획은 판매 에

이전트에서 전송된 기본 일정정보 (scheduling information)을 저장하는 작업으로부터 시작된다. 기존의 확정된 기일정정보에 전송된 일정정보를 저장하고, 이를 정기적으로 rescheduling 하는 작업으로 수행된다. 기본적으로 가상생산 에이전트의 일정계획 에이전트에서는 부하평준화를 그 목표로 한다. 이는 이미 확정된 납기일을 준수하면서 전체 일정과 각 공정의 부하를 세부조정하는 것이다.

5. 구현

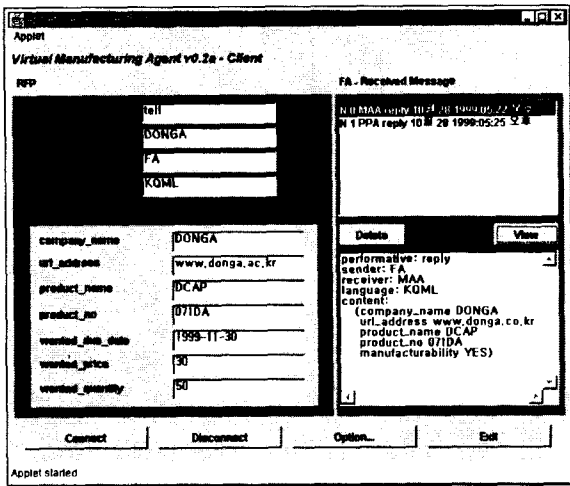
현재 가상생산 에이전트는 KQML 기반하의 지식관리 모듈을 포함하여 자바로 개발중에 있다. 자바개발 기반은 Sun 의 JDK v1.1.8 을 이용하여 개발되었고, Stanford 대학 Center for Design Research 에서 개발한 KQML 지원 기반 에이전트 템플릿(template)인 JAT Lite v0.4 beta 를 사용하였다. 지식관리 모듈 엔진은 자바용 전문가 시스템 구축도구인 美 Sandia National Laboratory 의 JESS v5.0 beta1 을 이용하여 개발하였다.

현재까지 구축된 가상생산 에이전트의 실행화



<그림 8> 가상생산 에이전트의 메인 화면

면은 다음 <그림 8><그림 9>와 같다. <그림 8>에 보이는 화면이 가상생산 에이전트의 메인화면으로, 화면의 상단에 위치한 리스트 박스 부분이 가상생산 에이전트로 접수된 메시지에 대한 정보이다. 계속해서 그 아래에 나타나는 텍스트박스는 사용자 또는 관리자에게 각각의 KQML 메시지를 보다 더 자세히 보여주는 부분이다.



<그림 9> 가상생산 에이전트의 클라이언트 화면

<그림 9>는 가상생산 에이전트를 테스트하기 위해 구축된 클라이언트의 화면으로써, 화면의 좌측 부분이 주문자의 RFP를 입력하는 부분이며, 우측의 부분이 가상생산 에이전트가 보낸 결과를 보여주는 부분이다.

현재는 생산가능성분석 에이전트와 공정계획 에이전트의 파일럿 시스템이 개발된 상태이다.

가상생산 에이전트는 멀티 에이전트 기반하에 설계, 구축되었으며, 인터넷상에서 플랫폼에 독립적으로 동작하도록 개발되었다. Windows NT 기반하에 개발, 테스트되었고, 여타 UNIX 플랫폼에서도 이상 없이 수행되었다.

6. 결론

본 연구에서는 인터넷 환경하에서 중소기업의 판매활동을 지원하기 위한 가상생산 에이전트 개발하였다. 시스템은 멀티 에이전트 기반의 구조를 따르고 있으며, 생산환경에 대한 지식을 축적하여, 판매 에이전트가 요구하는 생산가능성분석, 공정계획, 일정계획을 수행한다. 이러한 가상생산 에이전트는 자바 기반하에, KQML 지원 에이전트 템플릿과 자바용 전문가시스템 구축도구를 사용해 개발하였다.

본 연구는 여태까지의 가상생산과 관련한 에이전트 개발에 관한 연구가 가상생산 과정 지원에 초점에 맞추어져 있는데 반해, 인터넷 기반하의 제품판매에 그 목적을 가지고 개발되었다는데 의의가 있다.

앞에서 언급되었듯이 현재는 파일럿 프로그램의 수준에 그치고 있는 가상생산 에이전트를 향후, 실제 생산현장과 연계하여 시스템의 타당성을 검증하고, 세부적인 기능의 조정이 있어야 할 것이다.

참고문헌

- (1) 오정수, "사출금형의 공정설계 전문가 시스템 개발에 관한 연구", 부산대학교 대학원 산업공학과 박사학위논문, 1991.
- (2) 조규갑, 오정수, 임주택, 노형민, "사출금형부품 가공을 위한 공정계획 전문가시스템의 개발 사례", 1993.
- (3) Choi, H. R., Kim, H. S., Park, Y. J., Kim, K. H., Joo, M. H., and Sohn, H. S., "Architecture of a Sales Agent for Part Manufacturers in the Internet Environment: VMSA", Proceedings of the First International Conference on Electronic Commerce, Inter-continental Hotel, Seoul, 1998.4., pp. 155 ~ 162
- (4) Andrew Kusiak, Intelligent Manufacturing Systems, Prentice-Hall, 1990.
- (5) Franklin, S., and A. Graesser, "Is It an Agent, or just a Program?: A Taxonomy for Autonomous Agents", Institute for Intelligent Systems, University of

Memphis, Web pages at
URL:<http://www.msci.memphis.edu/~franklin/AgentProg.html>, 1996.

- (6) King, J. A., "Intelligent Agents: Bringing Good Things to Life", *AI Expert*, February, 1995, pp. 17-19.
- (7) Sivaram Balasubramanian, Douglas H, Norrie, "A Multi-Agent Intelligent Design System Integrating Manufacturing And Ship-Floor Control", URL:<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/projects/mediator>
- (8) A. D. Baker, H. V. D. Parunak, 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.
- (9) Christopher J. Chuter, 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>.
- (10) Don McKay, Robin 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.
- (11) Tim Finin, Jay Weber, Gio Wiederhold, Michael Genesereth, Richard Fritzson, James McGuire, Stuart Shapiro, Chris Beck, "Specification of the KQML Agent-Communication Language", *The DARPA Knowledge Sharing Initiative External Interface Working Group*, February 9, 1994.
- (12) Edward Lin, Ioannis Minis, Dana S. Nau, and William 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.