

가상생산을 이용한 공급 및 외주업체 선정 에이전트 시스템

최 형 림* · 박 용 성** · 박 병 주***

< 목 차 >

I. 서 론	IV. Case Study
II. 관련연구	4.1 금형업체의 생산 환경
III. 선정 에이전트 시스템(Selection Agent System)	4.2 선정 에이전트 시스템의 재선정 프로세스
3.1 선정 에이전트 시스템의 구조 및 기능	V. 결 론
3.2 선정 에이전트 시스템의 상황별 프로세스	참고문헌
	Abstract

I. 서 론

최근 SCM(Supply Chain Management)는 공급사슬을 구성하는 주체들의 변화를 수용하는 동적인 환경으로 변화하고 있다. 이러한 동적 SCM 환경에서는 적절한 공급업체와 외주업체를 선정하는 것이 중요하다. 공급업체와 외주업체를 선정함에 있어 업체의 생산성, 전문성 등도 중요하게 고려해야 하지만, 무엇보다 중요한 것은 고객이 정한 납기일을 맞출 수 있는 업체를 선정하는 것이다. 특히, 주문제조업체의 경우에서 CTP(Capable To Promise)를 가능하게 하기 위해서 이들은 매우 중요하다. 정찬석(정찬석 등, 2001)은 제조산업의 SCM에서 가장 중요한 문제 중의 하나는 원자재를 공급자로부터 공급을 받아 주어진 고객의 주문에 맞추어 공정을 계획하고 이에 따라 스케줄을 짜서 고객의 만족을 극대화하기 위한 정확한 납기일자를 도출하고 이를 지키는 것이라는 것을 강조하였다. 그리고 CTP 관점에서 일정계획을 수립하는 것은 핵심적인 부분으로 SCM 환경에서 정확한 납기일자를 도출하기 위해서는 제조업체와 연계되는 공급업체와 외주업체의 생산환경이나 일정계획을 고려하여 통합적으로 수립되어야 한다. SCM 환경에서는 개별적

* 동아대학교 경영정보학과 교수, hrchoi@dau.ac.kr

** 동아대학교 경영정보학과 박사과정, ys1126@dau.ac.kr

*** University of Nebraska-Lincoln Post-Doc., a967500@dau.ac.kr

인 최적화가 아니라, 전체적인 최적화를 목적으로 하는데, 개별 제조업체의 일정계획이 아무리 최적화가 되었다고 해도, 공급업체와 외주업체를 고려하지 않은 일정계획은 SCM 전체적인 차원에서 보면 최적화가 아닐 수 있기 때문이다. 또한, 생산 중에 공급업체나 외주업체서 발생할 수 있는 기계고장, 정전, 공급 지연 등과 같은 생산환경 변화를 수용하지 않으면 정확한 납기일자를 도출할 수가 없다. SCM 환경에서 정확한 납기일자를 도출하기 위해서는 개별 제조업체 차원에서 일정계획이 수립되는 것이 아니라, 공급업체와 외주업체의 일정계획을 고려한 통합일정계획이 수립되어야 한다. 또한, 생산 중에 공급업체와 외주업체서 발생하는 생산환경 변화를 수용한 재일정계획(rescheduling)을 할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 GA(Genetic Algorithm) 기반 통합일정계획 방법론을 이용하여 가상생산을 수행하고, 이 결과를 바탕으로 최적의 공급사슬을 구축하기 위한 공급업체와 외주업체를 선정할 수 있는 멀티 에이전트 기반 선정 에이전트 시스템을 제안한다. 가상생산은 실제 생산과정을 변경, 통제하기 위하여 컴퓨터상에서 가상의 생산과정을 시뮬레이션하여 일련의 정보를 얻는 것을 말하는 것으로(Lawrence Associates Inc., 1994), 본 연구에서는 공급업체와 외주업체의 생산환경을 고려하여 공정계획과 통합일정계획을 수립하는 것 자체를 가상생산이라고 정의하였다. 공정계획과 일정계획의 통합을 위해 외주업체(Lee 등, 2002)와 다중플랜트(문치웅 등, 2000)와 같은 제조업체와 연계된 업체의 일정계획을 고려한 통합일정계획에 대한 연구가 최근에 이루어지고 있으나, 이러한 연구들은 대부분 알고리즘에 기반한 통합 방법만을 제시하기 때문에 SCM 환경에서 발생하는 다양한 환경변화에 대한 정보를 즉각적이고 실시간으로 획득하여 반영할 수 없다. SCM 환경에서 통합일정계획은 한 업체의 환경변화 뿐만 아니라, 공급업체와 외주업체의 생산환경 변화까지 수용하여 실시간으로 계획의 변경과 조정이 이루어져야 한다. 만약에 외주업체의 한 기계가 고장으로 인해 몇 시간 동안 가동되지 않으면, 이를 즉각적으로 고려한 생산계획이 다시 수립되어야 하는 것이다.

공급업체와 외주업체의 기계현황 및 일정계획 정보를 실시간으로 획득하고, 생산 중에 발생하는 생산환경 변화에 실시간으로 대응하기 위해 멀티 에이전트 시스템을 활용한다. 멀티 에이전트 시스템은 다양한 환경변화와 복잡한 문제를 해결하기 위한 새로운 패러다임으로 부각되고 있으며(Shen, Norrie, 1999), 최근 SCM 환경에서 발생하는 다양한 변화와 복잡한 문제를 해결하기 위해 멀티 에이전트 기반 SCM 모델에 대한 연구가 진행되고 있다(Wu 등, 2000; Julka 등, 2002; Shen, Norrie, 1999; Shen, Norrie, 1998). SCM 환경에서는 각 개별업체 내에서도 많은 변화가 발생하고, 다른 업체의 상황을 고려해야 하는 더욱 복잡한 문제가 발생하는데, 이러한 문제는 독립적인 응용프로그램의 집합으로는 해결하기 힘들다. 그래서 분산환경에서 다양한 기능을 수행하는 에이전트의 능력과 정보 공유, 의사소통, 상호협력을 통해 문제를 해결하는 멀티 에이전트 시스템이 활용된다. 본 연구에서 활용한 GA 기반 일정계획 방법론은 대체기계와 대체 공정순서를 고려하여 공정계획과 일정계획을 통합적으로 수행하고(최형림 등, 2003), 생산환경의 변화에 따른 동적 일정계획이 가능한 것으로 이미 그 수행도(performance)는 입증되었다(박병주 등, 2002). 본 연구에서는 이 방법론과 멀티 에이전트 시스템을 결합하여 공급업체와 외주업체의

생산환경 변화를 수용하면서, 최적의 공급사슬을 구성할 수 있도록 하는 멀티 에이전트 시스템을 제시하고자 한다. 본 논문은 5장으로 구성되는데, 2장에서는 기존 멀티 에이전트 기반 SCM 모델에 대하여 설명하고, 3장에서는 본 연구에서 제안한 선정 에이전트의 구조와 프로세스에 대하여 설명된다. 그리고 4장에서는 선정 에이전트 시스템의 타당성을 검증하기 위해 특정 도메인에 적용하여 설명하고, 마지막으로 5장에서는 이 연구의 기여점과 향후 연구방향에 대해 설명한다.

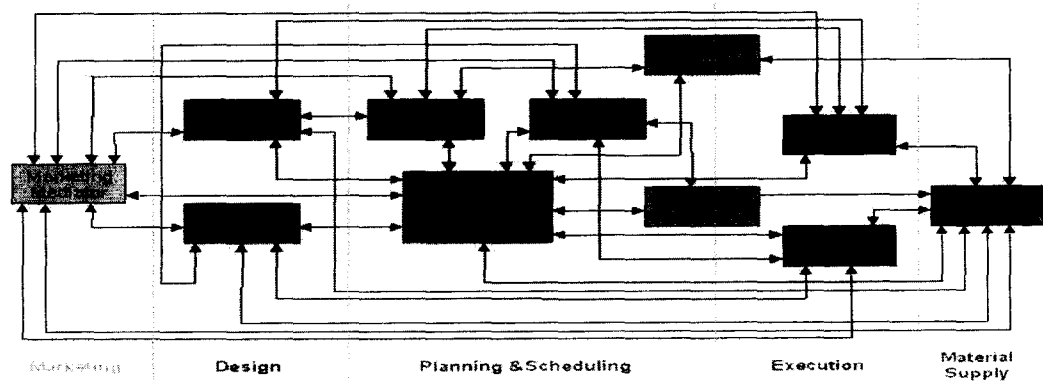
II. 관련연구

최근 SCM 환경에서 발생하는 다양한 변화에 대응하고, 복잡한 문제를 해결하기 위하여 멀티 에이전트 기반 SCM 모델에 대한 연구가 아래와 같이 진행되고 있다.

연구자	주요 연구 내용
Wu 등 (2000)	웹을 통해 한 업체와 관련 있는 생산, 유통, 서비스 업체 에이전트 등을 연결하고, 이벤트가 발생하였을 때 각각의 에이전트들이 가상의 클러스터를 이루어 문제를 해결하는 구조를 제시함
Julka 등 (2002)	재련산업을 도메인으로 심화되어 가는 기업환경에서 경쟁력을 가지기 위해 더욱 다재다능한 시스템의 필요성을 강조하면서, 에이전트 기반 SCM 모델을 제안하고, 다양한 에이전트를 기반으로 SCM의 질적인 특성과 프로세스적인 특성을 수용하는 모델을 제안함
Shen 등 (1998)	생산활동을 설계, 공정계획, 일정계획, 마케팅, 조정 업무 등으로 구분하여 이 업무들을 통제하는 각각의 Mediator Agent를 구축하고, 이러한 각 업무별 Mediator Agent를 조정 및 통제하는 Mediator Agent를 구축하여 생산의 자동화를 추구한 연구에서 한 공장 내의 생산활동의 영역을 파트너와 공급업체로 확장하면, SCM을 이룰 수 있다는 가능성을 Mediator 기반 멀티 에이전트 시스템을 통해 제시함
Shen 등 (1999)	다수 내부 조직사이에 통합적으로 공정계획을 수립하는 것이 가상기업의 주요한 이슈 중의 하나로 간주하고, collaborative Agent를 이용하여 통합 공정계획을 수립할 수 있다는 가능성을 제시하고, 이 시스템의 범위를 인터넷을 통해 공급업체와 부품업체와 같은 외부로 확장가능하며 이를 통해서 SCM을 구축할 수 있다고 함

하지만, 이러한 대부분의 연구들은 에이전트의 구성과 기능 등을 제시하면서 멀티 에이전트 시스템을 통한 새로운 SCM 모델의 가능성을 개념적으로 제시한 반면, 본 연구에서는 SCM에서 가장 주요한 기능 중의 하나인 통합일정계획 수립문제와 공급사슬 구성문제에 실제적인 방법론을 기반으로 한 멀티 에이전트 시스템을 통해 SCM 구축의 가능성과 그 타당성을 보이고자 한다.

그리고 ISG 그룹에서 제안한 <그림 1>과 같은 “MetaMorph II” 시스템은 Mediator 기반 멀티 에이전트 구조에서, 공급자와 파트너와 고객 에이전트를 인터넷을 통해 시스템 내부의 Mediator로 연계하는 Supply Chain Network 모델을 제시하였다(Xue 등, 1999; Xue 등, 1999). 이 시스템은 타 연구와는 달리 기계, 도구 등과 같은 생산자원은 각각의 에이전트 시스템으로 개발하여 다양한 환경변화를 수용하는 동적인 공정계획 및 일정계획수립 방법론을 포함하고 있다.



<그림 1> MetaMorph II 시스템 구조

하지만, SCM 환경에서 공급자와 파트너를 수용한 일정계획 수립시 고려해야 하는 선정문제를 고려하지 않고 있으며, 또한 공정계획 및 일정계획 방법론으로 에이전트의 협상을 활용하고 있는데, 이것은 현실적으로 아직 적용되기에는 어려움이 있다. 본 연구에서 제안하는 시스템은 공급업체와 외주업체를 고려하여 통합 일정계획을 수립하는데 있어서 적절한 공급업체와 외주업체를 선정하는 문제까지 확대 적용하고, 검증된 GA 기반 일정계획 방법과 멀티 에이전트 시스템을 결합하여 다양한 생산환경 변화에 대응하여 실시간 재일정계획을 수립할 수 있다.

Ⅲ. 선정 에이전트 시스템(Selection Agent System)

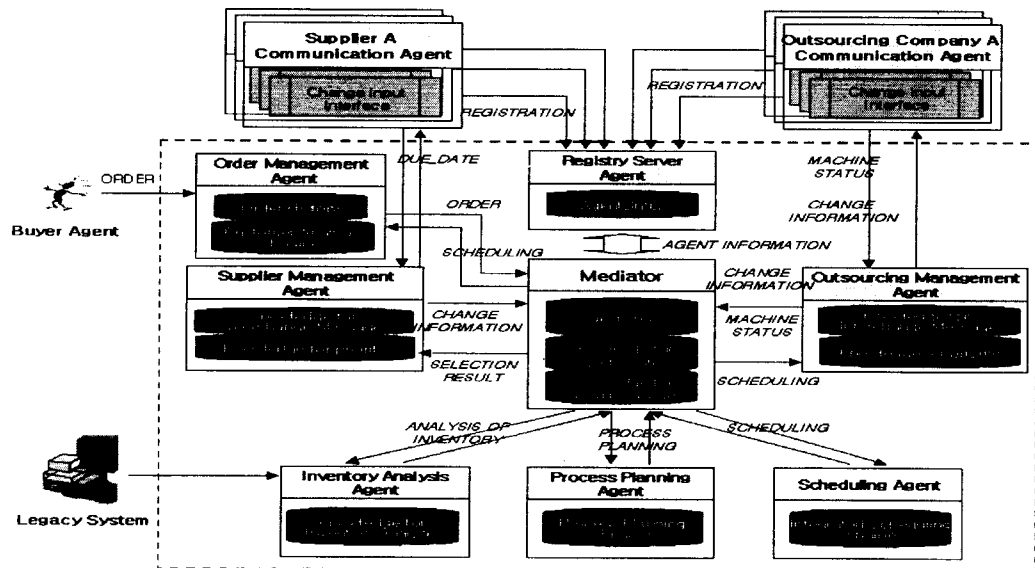
본 연구에서 제안한 선정 에이전트 시스템은 GA 기반 통합일정계획 수립 엔진을 기반으로 공급업체와 외주업체를 고려한 가상생산을 수행하고, 가상생산 결과를 바탕으로 적절한 공급업체

와 외주업체를 선정할 수 있는 시스템이다. 또한, 이 시스템은 생산 중에서 발생하는 다양한 생산 환경에 효율적이고 신속하게 대응하여 재일정계획을 수립할 수 있고, 그 결과에 따라 공급업체와 외주업체의 재선정이 가능하다.

기존의 에이전트 기반 SCM 모델에 대한 연구들은 대부분 구성되는 에이전트를 정의하고 설명하는 개념적인 연구들이 대부분인데 반해, 본 연구에서 제시하는 선정 에이전트 시스템은 구성되는 에이전트에 대한 개념적인 설계와 함께 실제 현장에서 발생한 데이터를 기반으로 어떻게 공급업체와 외주업체를 효율적으로 선정하여 SCM을 구성할 수 있는지를 제시하고 있다. 선정 에이전트 시스템은 적절한 공급업체와 외주업체를 선정함으로써 최적의 SCM을 구축할 수 있는 기반을 제공한다.

3.1 선정 에이전트 시스템의 구조 및 기능

선정 에이전트 시스템은 <그림 2>와 같이 가상생산 부분을 담당하는 재고량분석, 공정계획수립, 일정계획수립 에이전트와 공급업체와 외주업체의 일정계획 및 생산환경 변화를 수용하기 위한 공급업체관리, 외주업체관리 에이전트, 그리고 등록서버, 주문관리 에이전트와 같은 다양한 기능을 수행하는 에이전트들로 구성되어 있다.



<그림 2> 선정 에이전트 시스템의 구조

그리고, 공급업체 및 외주업체 Communication 에이전트는 시스템 외부, 각각의 공급업체와 외주업체에 존재하면서 통합일정계획을 수립하기 위한 정보와 생산환경 변화 정보를 제공한다. 이러한 공급업체 및 외주업체 Communication 에이전트는 선정 에이전트 시스템을 활용하기 전

에 먼저 등록서버에 등록해야 한다.

선정 에이전트 시스템은 매우 다양한 기능을 수행하는 에이전트들로 구성되기 때문에 하위 에이전트들을 조정하고, 메시지를 교환을 통제하는 중앙조정 에이전트인 Mediator가 필요하다. 각 에이전트들이 서로 메시지를 교환하고 각자의 기능을 수행하면, 메시지 교환에서 bottleneck이 발생하거나 업무가 제대로 수행되지 못하는 위험이 발생할 수 있다.

선정 에이전트 시스템은 Mediator를 중심으로 각각의 기능을 수행하는 에이전트들이 서로간의 의사소통과 협력을 통하여 수행되는데, 공급업체와 외주업체의 생산능력과 생산환경 변화를 실시간으로 획득하고, 이 정보를 수용하여 가상생산을 수행하고 이 결과를 바탕으로 적절한 공급업체와 외주업체를 선정한다. 또한 선정 에이전트 시스템은 생산 중에 외주업체나 공급업체에서 발생할 수 있는 기계고장, 정전, 공급 납품일의 지연 등의 다양한 생산 환경변화에 즉각적인 에이전트간의 의사소통을 통해 효율적이고 신속하게 대응할 수 있다. 선정 에이전트 시스템을 구성하는 각 에이전트들의 역할과 기능은 다음과 같다.

3.1.1 Mediator

Mediator는 시스템 내부의 각 에이전트 및 에이전트 간의 메시지 교환을 조정, 통제하는 역할을 수행한다. 다양한 에이전트들이 각각의 업무를 효율적으로 수행하고, 각 에이전트 사이에 메시지를 제대로 전달하기 위해서는 이를 중간에서 조정하고 통제하는 에이전트가 필요하기 때문이다. Mediator는 각 에이전트에 대한 정보와 에이전트의 조정 및 메시지 교환을 위한 지식베이스를 보유하고 있다.

3.1.2 Registry Sever Agent (RSA)

Registry Sever Agent는 자사와 관련된 외주업체와 공급업체 Agent들을 등록시키는 서버로서, 서버에 등록된 에이전트 간에 서로 의사소통을 한다. 이 서버에 등록된 업체들은 공급사슬을 구성하는 주체들이다.

3.1.3 Order Management Agent (OrderMA)

Order Management Agent는 주문을 접수하고, 확인하는 역할을 수행한다. 또한, 구매자의 주문정보를 보관하고, 이를 데이터마이닝과 통계분석을 통하여 구매자를 분석하여 여러 등급으로 분류한다. 이러한 구매자의 등급에 따라 구매자에 대한 대응을 달리할 수 있다.

3.1.4 Supplier Management Agent (SMA)

Supplier Management Agent는 공급업체와의 메시지 교환 역할을 수행하는 에이전트로서, 공급업체에서 발생한 환경변화 정보를 시스템에 제공하고 시스템에서 공급업체에게 알려야 하는 공급일정 정보를 전달하는 역할을 수행한다. 그리고 본 시스템에 등록된 업체들의 능력과 신뢰

도를 평가한 공급업체의 순위정보를 보관한다. 이 정보는 공급업체를 선정할 때 같은 납품 가능 일을 가진 경우 이 순위정보를 통해 공급업체를 선정한다.

3.1.5 Outsourcing company Management Agent (OMA)

Outsourcing company Management Agent는 외주업체의 기계를 고려한 통합 일정계획을 수립할 수 있도록 외주업체의 기계별 현황정보를 제공한다. 그리고 이 에이전트는 수립된 일정계획을 기반으로 외주의 필요성을 판단하는데, 그 기준은 주문 납기일의 준수 여부이다. 즉, 현재의 자사의 생산능력으로는 주문 납기일을 준수할 수 없을 때, 외주가 필요하다는 메시지를 전달한다. 아래의 지식은 “생산계획 결과 납기일을 만족하지 못할 경우, 외주가 필요하다는 것을 Mediator에게 알려라”는 에이전트의 행동지식을 IF-THEN으로 표현한 것이다. 여기서 Last_time은 수립된 생산계획에서 가장 늦게 끝나는 공정의 시간이다. 그리고 외주업체에 대해 능력과 신뢰도를 평가한 순위정보를 보유하고 있는데, 공급업체 선정과 마찬가지로 순위정보는 외주업체를 선정할 때 기준으로 활용된다.

```
IF Last_time > due_date
Then send yes_message to Mediator
```

3.1.6 Inventory Analysis Agent (IAA)

Inventory Analysis Agent는 제품에 대한 공정계획이 수립된 후, 재고량을 파악하여 원재료 구매여부를 판단하는 역할을 수행한다. 재고량에 대한 정보는 현재 구축된 내부시스템에서 획득하는데, Inventory Analysis Agent가 재고시스템 내부에 이동하여 필요한 정보를 가져오고, 이를 활용하여 원재료 구매필요성을 판단한다. 여기서 구매필요성은 구매필요성분석 지식을 통해 판단된다.

3.1.7 Process Planning Agent (PPA)

Process Planning Agent는 제품의 공정계획을 수립하는 역할을 수행하는데, 일정계획을 수립하기 위해서는 주문된 제품에 대한 공정과 공수를 할당하는 공정계획이 먼저 선행되어야 한다. 본 연구에서는 CBR(Case Based Reasoning) 기반 공정계획수립 엔진을 이용하였다. 주문생산업체에서 생산되는 제품이 유사한 경우 대부분 거의 같은 공정으로 구성되기 때문이다. 최형림은 (최형림 등, 2002) 금형산업에 이 방법론을 적용하여 타당성을 증명하였다.

3.1.8 Scheduling Agent (SA)

Scheduling Agent는 공정계획 결과와 공급업체 및 외주업체의 생산환경을 기반으로 통합일정

계획을 수립하고, 생산환경의 변화 시 재일정계획을 수립하는 역할을 수행하는 에이전트로서, 선정 에이전트 시스템에서 적절한 공급업체와 외주업체를 선정할 수 있는 기준을 생성하기 때문에 가장 핵심적인 역할을 수행하는 에이전트이다. 이 Scheduling Agent에서 이용한 GA 기반 일정 계획 방법은 이미 입증된 방법이다(최형림 등, 2003).

3.1.9 Supplier & Outsourcing company Communication Agent (Supplier, Outsourcing)

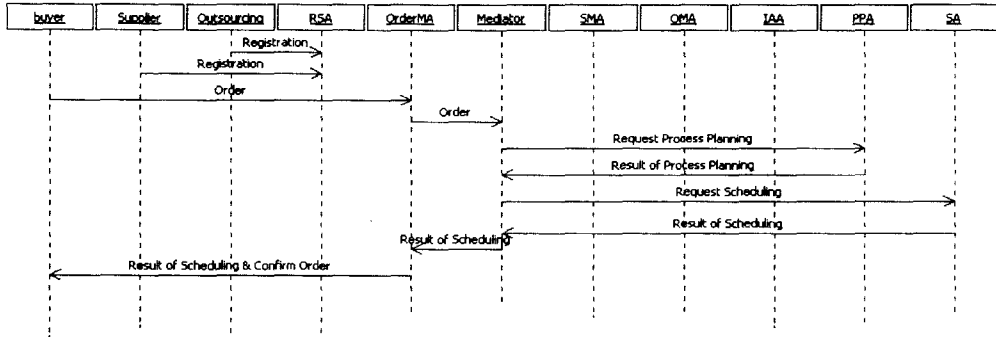
Supplier & Outsourcing company Communication Agent는 선정 에이전트 시스템과 공급업체와 외주업체 간에 의사소통을 하는 역할을 하는데, 통합 일정계획을 수립하기 위해서 Supplier Communication Agent는 납품 가능일을, Outsourcing company Communication Agent는 기계현황정보를 제공한다. 또한, 이 두 에이전트는 각 업체의 생산 중에 발생하는 생산환경 변화정보를 사용자 인터페이스를 통해 입력 받아서 선정 에이전트 시스템에게 전달한다.

3.2 선정 에이전트 시스템의 상황별 프로세스

선정 에이전트 시스템은 기본적으로 주문받은 제품에 대해 가상생산을 수행한다. 하지만 가상생산 한 결과, 자사의 생산능력으로 제품의 납기일을 만족시키지 못하는 경우에는 적절한 외주업체를 선정해야 하고, 또한 자사의 재고가 부족한 경우, 적절한 공급업체를 선정하여 생산을 해야 한다. 또한, 선정된 공급업체와 외주업체의 생산환경이 변한 경우 이를 수용하여 재일정계획을 수립하여야 한다. 그런데 재일정계획수립 결과 공급업체와 외주업체의 생산환경의 변화 때문에 납기일을 맞출 수 없는 경우, 다시 적절한 공급업체와 외주업체를 재선정해야 한다. 선정 에이전트 시스템에서 수행되는 각각의 프로세스에 대한 UML의 Sequence Diagram은 다음과 같다.

3.2.1 가상생산 프로세스

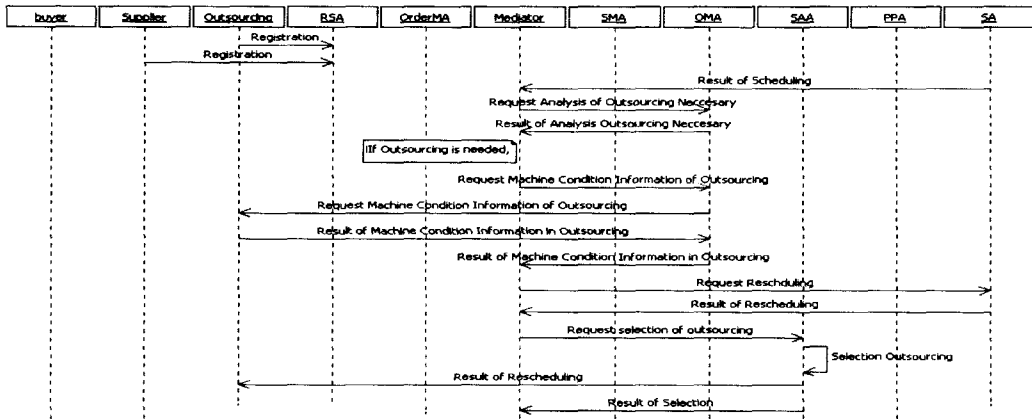
<그림 3>은 선정 에이전트 시스템에서 기본적으로 수행되는 가상생산 프로세스로서, 주문된 제품을 생산하기 위해서 가상생산을 수행한 결과, 외주업체나 공급업체를 선정할 필요가 없는 경우에 예상 납기일을 고객인 Buyer Agent에게 전달하는 프로세스이다.



<그림 3> 가상생산 프로세스

3.2.2 외주업체를 선정하는 프로세스

<그림 4>는 가상생산 결과, 주문제품을 자사의 생산능력으로는 납기일을 맞추지 못해서 외주업체를 선정하는 프로세스이다. Outsourcing company Management Agent(OMA)는 일정계획을 수립한 결과를 바탕으로 외주필요성을 분석하고, 외주가 필요한 경우 외주업체의 기계현황정보를 요청한다. Scheduling Agent는 제공된 외주업체의 기계현황정보를 고려하여 재일정계획을 수립하고, Outsourcing company Management Agent는 이 결과와 외주업체의 순위정보를 바탕으로 외주업체를 선정하고 결과를 전달한다.

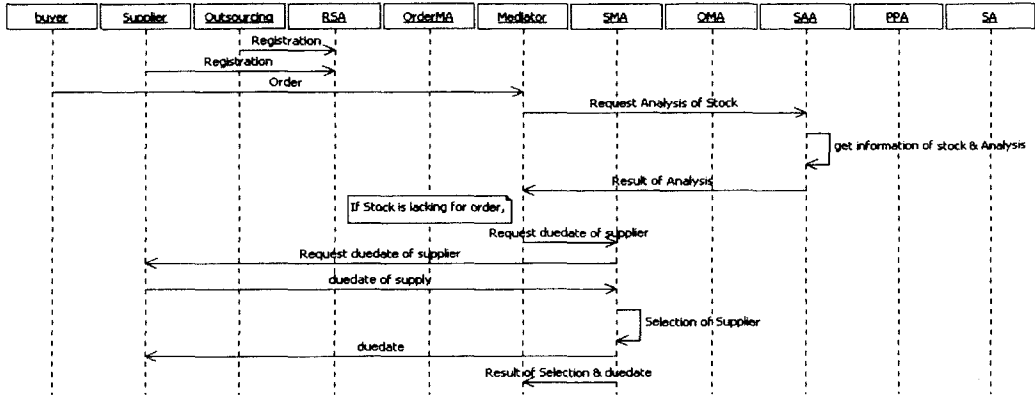


<그림 4> 외주업체를 선정하는 프로세스

3.2.3 공급업체를 선정하는 프로세스

<그림 5>는 가상생산 결과, 주문된 제품을 생산하기 위해서는 원자재를 공급받아야 하는 경우 공급업체를 선정하는 프로세스이다. Inventory Analysis Agent(IMA)는 주문제품정보를 생산하는데 필요한 원자재와 내부 시스템의 재고량을 비교하여 공급업체 선정의 필요성을 분석한다.

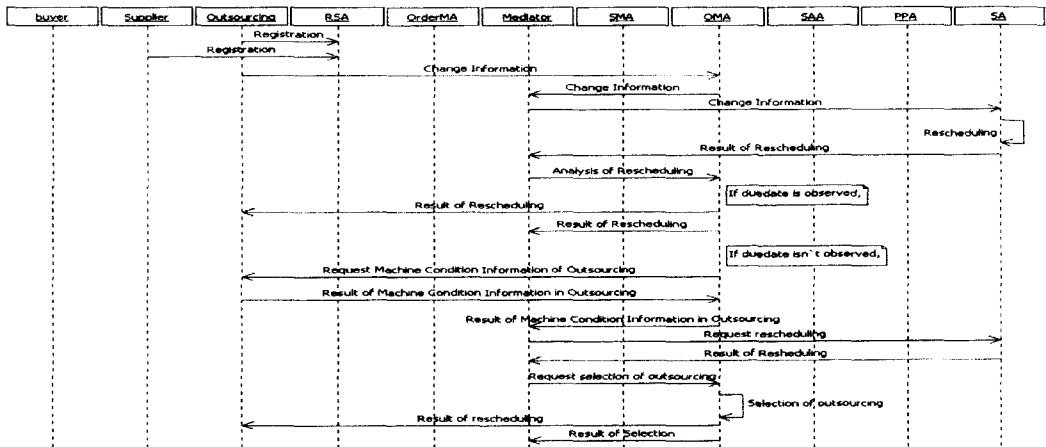
공급업체의 선정이 필요한 경우, Supplier Management Agent(SMA)는 공급업체에게 납품가능 일을 요청하고, 이 정보를 바탕으로 공급업체를 선정한다.



<그림 5> 공급업체를 선정하는 프로세스

3.2.4 생산환경 변화에 따른 재일정계획 수립과 공급업체와 외주업체의 재선정 프로세스

<그림 6>은 선정된 공급업체나 외주업체에서 생산환경이 변하여 재일정계획을 수립해야 하고, 또한 재일정계획 수립 결과 현재의 업체로는 납기일을 맞출 수가 없을 때 재선정을 하는 프로세스이다. 외주업체의 생산환경이 변한 경우, Outsourcing company Communication Agent(Outsourcing)는 변화 정보를 Outsourcing company Management Agent(OMA)에게 전달한다. Scheduling Agent(SA)는 외주업체의 생산환경변화를 고려하여 재일정계획을 수립하고, Outsourcing company Management Agent는 재일정계획을 분석한다. 재일정계획 분석 결과, 납



<그림 6> 생산환경변화에 따른 재일정계획 수립 및 재선정 프로세스

기일을 준수할 수 있으면 그대로 변경된 일정계획에 따라 생산이 진행되나, 만약에 현재의 외주업체로서 납기일을 준수하지 못하면 다른 외주업체를 선정한다.

본 연구에서는 시스템의 타당성을 보이기 위해 금형산업이라는 도메인을 선정하여 지금까지 설명한 모든 프로세스를 가지는 생산환경에 선정 에이전트 시스템을 적용한 Case Study를 하였다.

IV. Case Study

본 연구에서 제안한 시스템을 실제 중소 금형업체에 적용하였다. 금형업체는 전형적인 주문생산방식의 특성을 가지며, 주문자는 생산된 금형을 이용하여 다른 제품을 생산하기 때문에 주문업체에서 요구한 납기일을 준수하는 것이 매우 중요하다. 그래서 금형업체에서는 가상생산을 통해 정확한 납기일을 도출하여 상위 생산업체에게 제공하는 것이 필요하다. 선정 에이전트 시스템의 타당성을 보이기 위해서 금형업체라는 도메인을 선정하였을 뿐, 선정 에이전트 시스템은 금형업체 뿐만 아니라 다양한 주문제조업체에서 활용될 수 있다.

4.1 금형업체의 생산 환경

A 금형업체는 제품을 생산하기 위해 비교적 규모가 작고, 복잡하지 않은 공정을 가진 금형을 생산한다. 이 금형업체는 3개의 공급업체와 3개의 외주업체와 거래하고 있으며, 주로 밀링과 방전 공정을 외주하고 있다. 이 Case Study는 납기일이 64시간인 "Cake-Box"라는 금형제품을 주문받고, 생산함에 있어서 외주업체와 공급업체의 선정이 필요한 경우에 수행되는 프로세스를 모델로 하였다.

4.2 선정 에이전트 시스템의 재선정 프로세스

먼저 3개의 공급업체와 3개의 외주업체의 에이전트를 개발하여 선정 에이전트 시스템의 등록 서버 에이전트에 등록하고, 각 공급업체와 외주업체를 분석하여 우선순위정보를 Supplier Management Agent와 Outsourcing company Management Agent에 입력한다. 다음은 가상생산 결과를 기반으로 외주업체와 공급업체의 선정이 이루어지는 과정이다.

Step1. 가상생산

A 금형업체는 납기일이 64시간인 "Cake-Box"라는 금형제품을 주문 받으면, 먼저 이 제품에 대해서 공정계획과 일정계획을 수립하는 가상생산을 수행한다. 공정계획에서 확정되지 않은 대

체 기계와 대체 공정순서를 일정계획에 통합하여 최적의 공정계획과 일정계획을 수립한다. 통합 일정계획 결과 납기 가능일인 makespan이 69시간으로 산출되었다(최형림 등, 2003).

Step2. 외주업체 선정

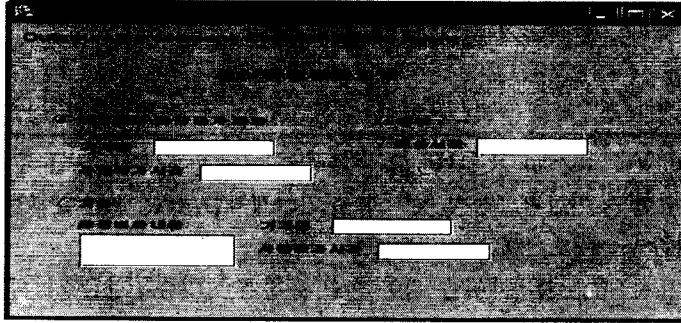
가상생산의 통합일정계획에서 얻은 makespan이 69로 이는 요구 납기일 64를 넘긴다. 이때, Outsourcing company Management Agent는 산출된 makespan과 요구 납기일을 비교하여 Mediator에게 외주가 필요하다는 메시지를 전달하고, 3개의 외주업체에게 현재 기계현황정보를 요청한다. 각 외주업체의 기계현황정보를 기반으로 Scheduling Agent는 재일정계획을 수립하고, 그 결과를 Mediator를 통해 Outsourcing company Management Agent에게 전달한다. 각 외주업체를 고려하여 수립한 일정계획 결과를 기반으로 가장 적합한 외주업체를 선정하고, 만약 3개의 외주업체 모두 납기일을 맞출 수 있다면, Outsourcing company Management Agent는 외주업체 순위정보를 통해 외주업체를 선정하고 일정계획 정보를 전달한다.

Step3. 공급업체 선정

그리고 나서 Mediator는 Inventory Analysis Agent에게 재고량을 분석하여 원자재공급의 필요성 판단을 요청한다. 재고량이 부족할 경우, 공급업체를 선정하기 위해서 Mediator의 요청에 따라 Supplier Management Agent는 3개의 공급업체에게 납품가능일을 요청한다. Supplier Management Agent는 각 공급에서 제시한 납품가능일과 Scheduling Agent의 일정계획 정보와 비교하여 가장 적절한 공급업체를 선정한다. 이때, 선정된 공급업체가 다수라면, 보유하고 있는 공급업체의 순위정보를 통해 공급업체를 결정하고 납품일을 전달한다.

Step4. 생산환경변화에 따른 재일정계획수립 및 외주와 공급업체 재선정

생산이 진행되는 과정에서 선정된 외주업체의 기계 고장으로 인해 작업이 계획된 8시간 동안 작업할 수 없을 경우, Outsourcing company Communication Agent는 이러한 정보를 <그림 7>와 같은 사용자 인터페이스를 통해 입력하고, 이 정보를 Outsourcing company Management Agent에게 전달한다. Outsourcing company Management Agent는 Mediator를 통해 Scheduling Agent에게 이 정보를 전달한다. Scheduling Agent는 A624라는 기계가 8시간 가동되지 않는 것을 고려하여 재일정계획을 수립한다. Outsourcing company Management Agent는 재일정계획한 결과 외주업체의 기계고장으로 인해 요구 납기일인 64시간을 준수할 수 없다면, 등록된 외주업체 중에서 다른 외주업체를 선정하기 위하여 현 시점에서 타 외주업체의 기계현황정보를 획득하고 난 후, Scheduling Agent는 재일정계획을 수립한다.



<그림 7> 생산환경변화 입력 사용자 인터페이스

또한 공급업체의 경우 생산이 시작되기 전 예정된 납품일을 맞추지 못할 경우, Supplier Communication Agent는 이 정보를 Supplier Management Agent에게 전달한다. Supplier Management Agent는 Mediator를 통해 Scheduling Agent에게 이 정보를 전달한다. Scheduling Agent는 공급지연에 따른 각 job의 작업가능시간을 고려하여 재일정계획을 수립한다. Supplier Management Agent는 공급업체의 공급이 지연되어도 납기시간 64를 준수할 수 있다면, 그대로 생산을 수행한다. 만약에 공급업체의 납기지연으로 인해 납기일을 준수할 수 없다면, 현 시점에서 다시 적합한 공급업체를 선정한다.

선정 에이전트 시스템을 금형업체에 도입하여 발생할 수 있는 상황별로 대응할 수 있는 시나리오를 제공함으로써 현실 문제에서의 적용가능성을 보이고자 하였다.

V. 결론

본 연구에서는 동적인 SCM 환경에서 주문제조업체의 최적 SCM을 구축하기 위해 적절한 공급업체와 외주업체를 선정할 수 있는 멀티 에이전트 기반 선정 에이전트 시스템을 제안하였다. 현재 멀티 에이전트 기반 SCM 모델에 대한 연구가 단순히 개념적인 에이전트의 구조와 역할을 설명하고 있는데 반해, 본 연구에서 제안한 시스템은 SCM에서 가장 주요한 기능 중의 하나인 통합 일정계획의 방법과 SCM의 구성문제를 해결하는 프로세스를 구체적으로 제시함으로써, 멀티 에이전트 기반 SCM 모델의 필요성과 가능성을 제시하였다.

본 연구에서는 SCM 환경에서 공급업체와 외주업체의 통합 일정계획, 생산 중에 발생하는 환경변화를 수용하는 동적 일정계획 방법론과 결합된 멀티 에이전트 시스템을 통하여 SCM 환경에서 적절한 공급업체와 외주업체를 선정하는 방법을 제시하였다. 향후 본 연구는 SCM 전체 차원에서 최적의 SCM을 구축하기 위한 연구의 기반으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 멀티 에이전트 시스템 개발의 한계 때문에 실제 에이전트 시스템의 개발과 적용을 위해서는 보다 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 문치웅, 김규웅, 김종수, 허신, “다중플랜트 체인 구조에서 공정계획과 일정계획의 통합”, *IE Interface*, Vol. 13, No. 3, 2000, pp. 388-395.
- 박병주, 최형림, 김현수, 이상완, “동적 Job Shop 일정계획을 위한 유전 알고리즘”, *한국경영과학회지*, 제27권, 제2호, 2002, pp. 97-109.
- 박병주, 김현수, “Job Shop 일정계획을 위한 혼합 유전 알고리즘”, *한국경영과학회지*, 제26권, 제2호, 2001, pp. 59-68.
- 정찬석, 이영해, 문치웅, “생산공급사슬에서의 일정계획을 고려한 유연공정계획의 통합”, *SCM학회지*, 제1권, 제1호, 2001, pp. 55-67.
- 최형림, 박병주, 박용성, 강무홍, “대체기계 와 공정순서를 고려한 Job Shop에서의 통합 일정계획”, 2003년 *한국경영과학 추계학술대회*, 2003, pp. 85-88.
- 최형림, 김현수, 박용성, “사례기반추론을 이용한 사출금형 공정계획시스템”, *한국지능정보시스템학회지*, 제8권, 제1호, pp. 159-171.
- Julka, N., Karimi, I. and Srinivasan, R., “Agent-based supply chain management-2: a refinery application”, *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 26, 2002, pp. 1771-1781.
- Lawrence Associates Inc., *Virtual Manufacturing User Workshop Report: Technical Report*, Virtual Manufacturing User Workshop, 1994, pp. 12-13.
- Lee, Y. H., Jeong, C. S. and Moon, C. U., “Advanced planning and scheduling with outsourcing in manufacturing supply chain”, *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 43, 2002, pp. 351-374.
- Shen, W. and Norrie, D. H., *Implementing Internet Enabled Virtual Enterprises using Collaborative Agents*, Infrastructures for Virtual Enterprises, Kluwer Academic Publisher, 1999, pp. 43-352.
- Shen W. and Norrie, D. H., “A Mediator-Centric Architecture for Holonic Manufacturing Systems”, *Proceedings of the Sixth IASTED International Conference on Robotics and Manufacturing*, 1998, pp. 73-76.
- Shu, S. and Norrie, D. H., “Patterns for Adaptive Multi-Agent Systems in Intelligent Manufacturing”, *Proceedings of the 2nd International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, Leuven, Belgium, 1999, pp. 67-74.
- Wu, J., Cobzaru, M., Ulieru, M. and Norrie, D. H., “SC-web-CS: Supply Chain Web-Centric Systems”, *Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC2000)*, 2000, pp. 501-507.
- Xue, D., Yadav, S. and Norrie, D. H., “Development of an Intelligent System for Building Product Design and Manufacturing - Part I: Product Modeling and Design”,

Proceedings of the 2nd International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, 1999, pp. 367-376.

Xue, D., Sun, J. and Norrie, D. H., "Development of an Intelligent System for Building Product Design and Manufacturing - Part II: Product Process Planning and Scheduling", *Proceedings of the 2nd International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, 1999, pp. 57-66.

<Abstract>

The Supplier and Outsourcing Company Selection Agent System using the Virtual Manufacture

Hyung-Rim Choi, Yong-Sung Park, Byung-Joo Park

Recently, SCM(Supply Chain Management) embraces the dynamic environmental changes of the participatory bodies in supply chain. Under this dynamic SCM environment, the selection of supplier and outsourcing company is very important. In their selection, the productivity and expertise of suppliers and outsourcing companies are, of course, to be considered as important factors, but whether or not they can meet the due date is a critical factor. In particular, this is true because an order-based manufacture ought to have CTP(Capable To Promise).

For this purpose, by capitalizing on the virtual manufacture under the SCM, this paper has tried to suggest a new agent system for the selection of supplier and outsourcing company. While performing virtual manufacture based on the integration scheduling, this system acquires the production environment and scheduling information of both suppliers and outsourcing companies on a real-time basis, thus making integration scheduling possible.

Also, in order to prove the viability of this study, this paper has selected a specific domain and applied it.

Keywords : SCM, Integrated Scheduling, Virtual Manufacture, Multi Agent System