

## 조정 에이전트에 근거한 eSCM 모델링 및 시뮬레이션에 관한 연구

A Study on the Modeling and Simulation of Coordination Agent-based eSCM

임상환, 김영훈, 엄완섭  
강릉대학교 산업시스템공학과

전화번호 : 033-640-2372, FAX번호 : 033-640-2372

lsh7820@kangnung.ac.kr, gns0001@kangnung.ac.kr, eomeom@kangnung.ac.kr

### Abstract

eSCM은 고객과의 주 접촉 수단으로써 다른 어떤 수단보다 비용절감과 시간적 공간적 제약을 극복할 수 있는 인터넷을 통해 공급체인을 구성하고 있는 모든 기업을 하나로 묶어 네트워크를 형성함으로써, 정보공유와 커뮤니케이션을 가능하게 하여 네트워크상의 모든 자원의 효율을 높이는 것을 목적으로 한다. 이러한 공급체인상의 모든 구성원 간의 통합이 실질적으로 효과를 나타내기 위해서는 조정된 방법으로 운영되어야 한다. 기업 환경의 새로운 변화에 유연하게 대처, 구성원간의 거래에서 정상 루트를 벗어난 예측하지 못했던 상황 즉, 고객의 변심에 따른 주문량 변경/취소, 계절적 요인으로 인한 주문량 폭주, 원자재/부품의 공급지연에 대한 납기 일정 수정 등에 대해 능동적이고 자율적으로 대처할 수 있는 공급체인 내에 Intelligent 기능을 가진 조정 에이전트를 적용한 개선된 공급체인 도입을 요구하고 있다.

따라서 본 연구에서는 eSCM의 구성원들 에이전트로 나타내어 이를 바탕으로 조정 에이전트 기반의 eSCM을 모델링하고 시뮬레이션을 통하여 그 조정 능력을 분석한다.

### 1. 서론

eSCM은 최근의 공급체인 관리는 인터넷으로 대표되는 진보된 정보기술을 활용하여 원자재/부품공급업체, 반/완제품 제조업체, 도매상, 소매상, 소비자에 이르는 공급체인 전체를 최적화함으로써 새로운 수익모델 창출 및 최상의 경영전략을 실행하는 경영기법으로 진화되고 있다.

이러한 공급체인상의 모든 구성원간의 통합이 실질적으로 효과를 나타내기 위해서는 조정된 방법으로 운영되어야 한다. 기업 환경의 새로운 변화에 유연하게 대처, 구성원간의

거래에서 정상 루트를 벗어난 예측하지 못했던 상황 즉, 고객의 변심에 따른 주문량 변경/취소, 계절적 요인으로 인한 주문량 폭주, 원자재/부품의 납기지연에 따른 일정 수정 등에 대해 능동적이고 자율적으로 대처할 수 있는 공급체인 내에 Intelligent 기능을 가진 조정 에이전트를 적용한 개선된 공급체인 도입을 요구하고 있다.

따라서 본 연구에서는 eSCM상의 구성원들간에 엔티티를 에이전트로 표현하고 이를 바탕으로 조정 에이전트 기반의 eSCM을 모델링하고 정상 모드(Mode)와 비정상(예외상황) 모드(Mode)에 대한 시뮬레이션을 통하여 그 조정 능력을 분석한다.

### 2. Multi Agent System

본 연구에서 논의되는 에이전트는 기본적으로 소프트웨어 에이전트로서 어떤 기능을 수행하며, 어떤 역할을 담당해야 하는가에 대한 질의에 대한 해답이 에이전트의 정의가 될 수 있다. 다중 에이전트 시스템에 있어 에이전트는 '분산 환경에서 상호 협력을 통해 작업을 수행하는 컴퓨터 프로그램'을 말한다. 따라서 기존의 컴퓨터 프로그램은 자신의 고유 기능만 처리한다고 볼 수 있다. 다중 에이전트의 예를 들어보면 다음과 같다. 호출할 수 있는 통신 프로그램, 인터넷을 통해 전달되는 프로그램을 관리하는 전자우편 프로그램, 업무 일정을 관리하는 일정관리 프로그램이 존재하며 위의 세 가지 프로그램은 각각 독립적으로 수행된다고 가정하자. 만약 위의 세 가지 프로그램들이 서로 대화가 가능한 에이전트라고 하면, 통신 프로그램은 중요한 전자우편이 도착하면, 일정관리 프로그램에게 담당자의 위치를 요청할 것이다. 이때, 일정관리 프로그램은 통신 프로그램에게 담당자에 호출을 부탁할 것이다. 이와 같이 에이전트 수행 환경에서는 여러 프로그램을 활용하는 작업을 사람의 도움 없이 에이전트들 스스로 알아서 처리

한다. 단지 에이전트들이 서로 대화하며 자신이 필요한 서비스를 다른 에이전트에게 요청하고 도움 받을 뿐이다. 이처럼 여러 에이전트가 상호 협력을 통해 작업을 수행한다. 에이전트의 공통적인 정의는 다음과 같다.

- 특정 목적에 대하여 사용자를 대신하여 작업을 수행하는 자율적 프로세스 (autonomous process)이다.
- 독자적으로 존재하지 않고 어떤 환경의 일부이거나 그 안에서 동작하는 시스템이다. 여기에서의 환경은 네트워크 등이 될 수 있다.
- 지식 베이스(knowledge based)와 추론 기능을 가지며 사용자, 자원 또는 다른 에이전트와의 정보교환 및 통신을 통해 문제 해결을 도모한다.
- 스스로 환경의 변화를 인지하고 그에 대응하는 행동을 취하며, 경험을 바탕으로 학습하는 기능을 가진다.
- 수동적으로 주어진 작업만을 수행하는 것이 아니고, 자신의 목적을 가지고 그 목적 달성을 추구하는 능동적 자세를 지닌다.
- 행동의 결과로 환경의 변화를 가져 올 수 있으며 행동은 한번에 끝나는 것이 아니라 지속적으로 이루어진다.

### 3. 조정에이전트의 기능

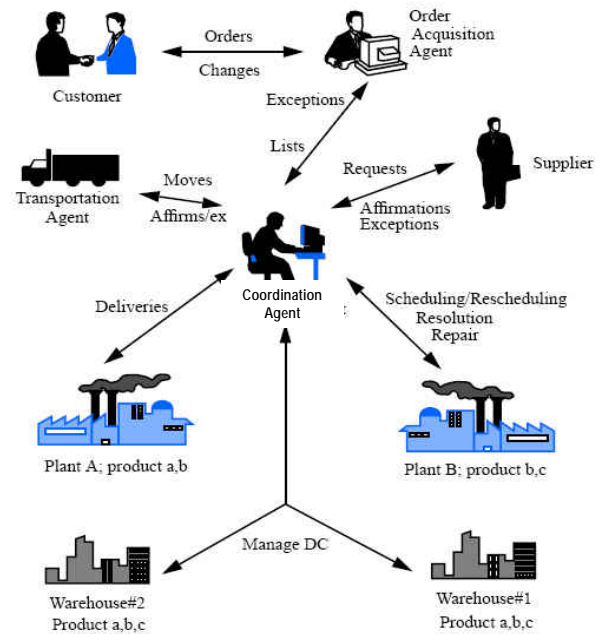
본 에이전트의 목적은 기업 및 고객들의 제한 조건에 대응하여, 전 공급체인을 통하여 자재의 흐름을 유지하는 것으로, 이러한 목적을 달성하기 위하여 조정에이전트는 다른 여러 주문의 제한조건에 따라 자원을 배분한다. 이러한 자원의 배분이 기업의 다른 기능과 마찰을 일으키지 않고 목적을 수행할 수 있도록 조정하기 위한 것으로 다음과 같은 조건들을 충족시켜야 한다.

- 기존의 계획에 대해 수정이 불가피하게 하는 돌발 사태에 대한 대응 및 차질 없는 계획 수행에 대한 책임
- 실제 오더와 예상 오더에 대한 원자재 및 부품 구입, 부품 생산, 완제품 조립, 제품 입고, 고객에게 완제품 납품에 이르기까지의 전 공정에 대한 일정 수립
- eSCM의 전체 프로세스에서 조정자로서의 역할

공급체인에서 조정에이전트가 내린 결정은 다른 에이전트의 목표가 된다. 따라서 그러한 결정들이 실현가능 하려면, 많은 협의를 통하여 갈등이 해소되어야 한다. 조정에이전트는 다음 사항들을 전달/접수여야 한다.

- 전체 일정 중 해당 사항을 Plant 에이전트에게 전달
- 분배 및 운송 조건을 Transportation 에이전트에게 전달

- 자원 보충 시간 계획을 Plant 에이전트에게 전달
- 제안을 받고 수락한 주문 상태를 Order 에이전트에게 전달
- Plant 에이전트로부터 제안하고 수락 받은 일정 계획의 이행 상태 접수
- Transportation 에이전트로부터 제안하고 수락 받은 선적 조건의 이행 상태 접수
- Order 및 수요 예측 에이전트로부터 신규 또는 변경된 수주 사항 접수
- 해당 에이전트로부터 일정/선적/자원 보충 등에 대한 차질에 대한 접수



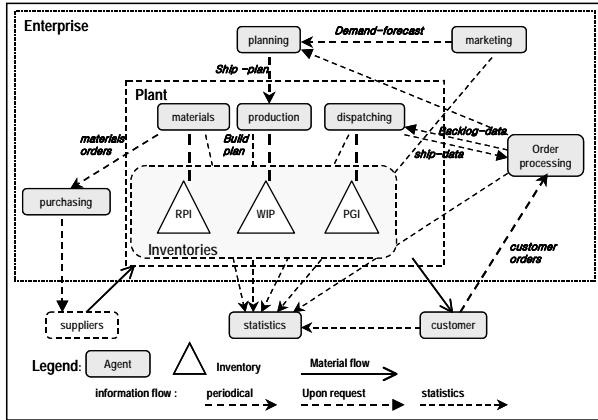
[ 1 ] Operations of Coordinations Agent

### 4. eSCM 모델

복잡하고 다계층(multi-echelon)적인 공급체인의 동적행위를 분석적 형태로 모델링 하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 시뮬레이션으로 접근하여 공급체인의 각각의 엔티티를 에이전트로 표현하고 그들 간에 일어나는 구조적인 상호작용 과정을 대화로 표현한다.

#### 4.1 에이전트 디자인

기존연구의 단순 모델(Simple Model) 대상 기업의 기능과 역할은 Mujtaba에 의해 이미 검증된바 있다. 마케팅, 주문과정, 계획, 선적, 생산, 연구, 공급업체와 고객이 있으며, 기본적으로 하나의 에이전트는 각각의 고유기능을 가지고 있다. 본 논문에서는 자재(materials) 에이전트를 추가 했으며, 선적(shipping) 에이전트를 dispatching 에이전트로, 여러 개의 공급업체를 하나의 공급자(supplier) 에이전트로 다른 이름으로 나타내었다.



[ 2] The agents in the eSCM Model

- **Marketing**  
가상적인 미래 수요에 대한 지식 가지고 있으며, 수요예측을 생성하고, 수요예측을 Planning에게 보낸다.
- **Order Processing**  
주문 잔고 및 납품지연을 관리하며, 유입되는 고객 주문을 접수 하거나, 선적 완료된 주문을 제거한다. 요청에 따라 주문 잔고 및 납품 지연 관련 데이터를 다른 에이전트에게 제공한다.
- **Planning**  
Order-processing으로부터 backlog 데이터를 요청하거나 주간 선적 계획을 산출하는 두 가지 상태를 관리한다. RPI(raw production inventory)와 FGI(finished good inventory) 안전재고를 산출한다. 선적계획과 FGI 안전재고를 Production에게 보내고, RPI 안전재고는 Materials에게 보낸다.
- **Production**  
생산계획을 만든다. 필요한 FGI 데이터는 Dispatching으로부터 요청한다. 생산계획을 Materials에게 보낸다. 또한 생산을 시작할 때 RPI 수준을 요청한다. Materials는 작업이 시작된 단위별로 통지를 받으며, Dispatching은 최종 상품에 대한 지시를 받는다.
- **Materials**  
생산계획에 의해 결정된 제품에 대한 부품의 요건을 산출한다. 결정된 자재 발주는 Purchasing에게 전달되고 on-order database에 기록된다. 모든 부품이 리드타임에 따라 도착한다고 가정하면, 자재의 도착은 on-order
- **Dispatching**  
FGI를 업데이트 한다. Order-process로부터 요청된 backlog을 바탕으로 한 발주를 처리하고 선적한다.
- **Customers**  
고객 주문서를 Order-processing에게 보낸다.

다.

Agent	Process Responsibility
Marketing	issuing a demand forecast
Planning	production planning- first stage
Production	production planning-second stage production
Materials	materials planning materials delivery
Dispatching	filling ordering dispatching to customers
Order-processing	entering order in backlog
Customers	customer ordering

[ : 1] The agent's process responsibilities

#### 4.2 조정에이전트의 대화 Class

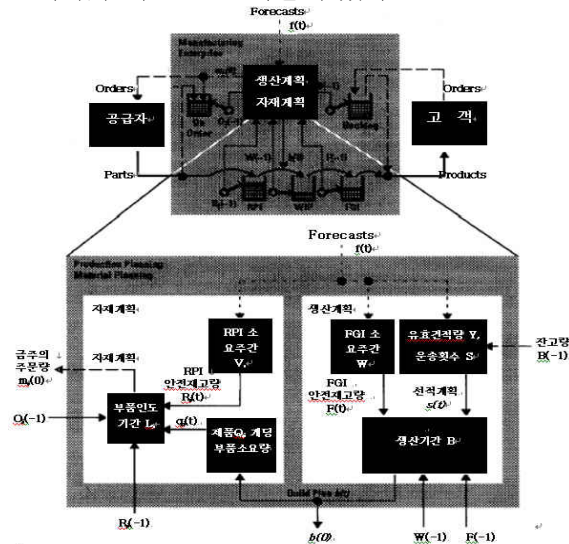
본 연구에서 적용하는 단순 모델의 각 에이전트의 역할을 하나 또는 두개의 과정으로 제한하였으며, 모델 구현에 있어 각 에이전트를 하나의 주 대화 클래스를 개략적으로 사용한다. 이 주 클래스는 에이전트의 주요 역할을 잘 수행하는데 필요한 전달과 활용을 다룬다. 예를 들면 Marketing 에이전트는 marketing-forecast-conversation 클래스를 사용한다. 이 대화 클래스의 규칙은 금주의 수요 예측을 만드는데 필요한 활동을 명시하고, 그 예측을 Planning에게 보낸다. Marketing 에이전트로부터 수요 예측을 받으면, Planning 에이전트는 planning-conversation를 초기화 한다. planning-conversation 클래스는 안전재고와 선적계획을 산출하고 보내는데 필요한 활동을 정의한다. 본 연구에서는 단순 모델에서 Mujtaba에 의해 사용된 9개의 에이전트와 20개의 대화 클래스를 활용한다.

#### 5. eSCM 시뮬레이션

공급체인을 하나의 프로세스로 간주하여 모델링하고 분석하는 연구에는 수학적 접근방식을 사용하는 해석적 모델과 시뮬레이션을 이용하는 시뮬레이션 모델이 사용되고 있다. 현존하는 공급체인의 수많은 변화요소를 가지고 있는 복잡하고 다계층적인 공급체인을 수리적 접근 방식의 해석적 모델을 사용하기에는 한계가 있으며, 공급체인의 지나친 단순화라는 결과를 가져와 공급체인에 실제 적용하기에는 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 공급체인을 모델링하고 분석하는 연구에는 시뮬레이션 모델이 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 시뮬레이션으로 접근하여 공급체인의 엔티티를 에이전트로 표현하고 그들 간에 일어나는 상호작용 과정을 대화로 표현한다. 각 주어진 역할과 계획에 차질 없이 작동하는 정상적인 모델과 예상하지 못했던 돌발 상황으로 인한 에이전트간의 조정의 능력을 측정할 수 있는 비정상적 모델을

다룬다. 이 비정상적 모델에서 특히 주목할 점은 공급체인에서 돌발 상황으로 인하여 초래되는 혼란을 줄이는데 조정이 어떻게 이용되는가는 것인데, 본 연구에서는 에이전트가 수행하는 재고관리와 고객 만족도 측면에 초점을 맞춘다. 재고와 고객 만족과 관련된 파라미터를 측정한다. 예를 들면, 모든 재고의 가치와 회사 백로그(backlog), 수신되는 주문, 공장에서 DC로의 출고, 주문에서 납품까지 걸리는 평균 시간, 제시 간에 납품되는 출고 비율이 있다.



[ 3] 생산 및 자재 계획 모델

특히 예상치 못한 돌발 상황이 공급체인에서 발생하였을 때, 다양한 조정 구조의 가치를 이해하고 돌발 상황의 부정적인 결과를 감소시키는데 조정이 어떻게 이용되는가를 조사한다. 정상적으로 작동하고 있는 생산 라인의 고장(line breakdown)은 하나의 일반적인 상황으로써, 이러한 돌발 상황은 재고를 소비하는 공장의 부하 감소로 원자재의 재고를 높이는 경향이 있다. 공장의 전 프로세스(upstream and downstream plants)는 재고의 영향을 받으며 이러한 영향을 줄이기 위해 특별한 조정이 필요하다. 이 문제를 다루는데 있어 조정을 어떻게 활용할 수 있는가를 고찰하기 위해 생산현장의 고장, 또는 공급업체로부터의 원자재 및 부품의 공급 지연과 같은 돌발 상황을 가정하여 이를 다루는 다양한 조정 메커니즘을 사용하는 시뮬레이션을 수행한다. 공장 내에서 돌발 상황을 처리하기 위한 두 개의 선택적인 조정 프로토콜(coordination protocols)을 구현한다. 첫 번째 프로토콜은 별다른 역할을 하지 않는 안전적 모드이다. Plant 에이전트로 돌발 상황을 감지하지만 Planning 에이전트는 아무런 반응 없이 기존에 수립된 생산 계획을 계속 수행한다. 이러한 설정을 비-통지(no notifications)라고 한다. 두 번째 프로토콜은 Plant 에이전트가 생산라인 고장과 같은 돌발 상황을 관련된 에이전트들에

게 알리도록 한다. 통지 받은 생산 에이전트는 메시지를 공장의 계획 에이전트로 전달한다. 계획 에이전트는 이제 공장의 감소된 생산량을 알게 되고 이 사실을 주간 생산 계획 수립에 이용한다. 이러한 설정을 통지(notification)라고 한다. 특히 적용 모델에서 수요 계획을 공급체인에서 상위에서 있는 에이전트에 전달과 동시에 납품 계획(delivery plans)은 하위 에이전트에 전달함으로써 생산 계획(production planning)이 조정된다는 것을 알고 있다. 이러한 조정 전략의 효과를 분석하기 위해 공장에서 돌발 상황을 시뮬레이션 하여 다음과 같이 내부 통지(internal notification)와 납품계획(delivery plans)의 4가지 조합 가능한 경우로 시스템을 운용한다.

- 비-납품(no delivery) 계획과 비-통지(no notification)
- 비-납품 계획과 통지
- 납품 계획과 비-통지
- 납품 계획과 통지

## 6. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 eSCM에서의 조정 에이전트 기반의 eSCM 모델링 및 시뮬레이션에 관한 연구로서, 복잡하고 다계층인 eSCM의 동적행위를 분석적 형태로 모델링 하기는 어렵다. 따라서 eSCM의 엔티티를 에이전트로 나타내고, 특히 중점을 둔 것은 eSCM에서의 예외적인 돌발 상황이 발생했을 경우 즉, Order에 대한 주문량 변경/취소, 새로운 고객 등장(매출대비 큰 점유율의 차지하는, 긴급을 요구하는 제품 등)으로 긴급처리 Order 생성, 계절적 요인으로 인한 주문량 폭주, 원자재/부품의 공급지연에 따른 납기 일정 수정 등과 같은 돌발 상황을 재고관리에 연계하여 Coordination Agent의 역할을 구현하고, 그 조정 능력을 시뮬레이션을 통하여 평가한다.

## 7. Reference

- [1] William E. Hoover Jr.외, LG-CNS 역, “수요-공급체인관리”, 교보문고, 2003.1
- [2] 임준식, “인공지능 프로그래밍”, 도서출판 그린, 2002.7
- [3] Nils J.Nilsson, 최중민외, “인공지능\_지능형 에이전트를 중심으로”, 사이어텍미디어, 2000.1.
- [4] 한호영, “수출에 영향을 미치는 공급체인 관리의 성과에 관한 실증적 연구(한국PC산업의 부품공급체계를 중심으로)”, 숭실대학교 대학원, 박사학위논문, 2000.12
- [5] 이정석, “SCOR 방법론을 이용한 SCM 프로세스 평가에 관한 연구: -SCOR 방법론을 활용하여 H 기업 사례를 중심으로”, 고려대학교 대학원, 석사학위논문, 2000.12

- [6] 박천구, 문창수, "EJB & WebLogic", 가메출판사, 2002. 9
- [7] Subrahmanyam Allamaraju외 14인공저, 최현호 역, "Java E-Commerce", 2001.9
- [8] DAVID SIMCHI-LEVI, PHILIP KAMINSKY, 김태현, 문성암번역, "물류 및 공급체인 관리", 교보문고, 2001.
- [9] 이영해, "SCM(공급사슬경영)이론과 실제", 영문각, 2001.1
- [10] 권오경, "글로벌 경쟁력과 SCM 전략", 한국유통정보센터, 2001.12
- [11] 최란아, "효율적인 상호참조를 지원하는 다중 에이전트 기반구조에 관한 연구", 경기대학교 정보과학대학원, 석사학위논문, 2000.8
- [12] 박상민, "인공 신경 망을 이용한 수요예측 기반의 효율적인 재고 자동보충 시스템 설계 및 구현", 아주대학교 대학원, 석사학위논문, 1998.12
- [13] 정보윤, "이동형 에이전트 협력을 위한 역할 분담 및 조정 모델", 서강대학교 대학원, 1997.
- [14] Mark S.FOX,MIHAI BARBUCEANU, "Agent-Oriented Supply Chain Management", The International Journal of Flexible Manufacturing System, DEC. 2000.
- [15] MARK E. NISSEN, "Agent-Based Supply Chain Integration", The International Journal of Flexible Manufacturing System, FEB. 2001.
- [16] Mark S.FOX,John F. Chiongol, "The Integrated Supply Chain Management System", Department of Industrial Engineering, University of Toronto, DEC. 7. 1993
- [17] Schlegal, Gregory L, "Supply Chain Optimization : A Practitioner's Perspective", "Supply Chain Managment Review", Winter,1999
- [18] MICHAEL J.SHAW외, "Reengineering the Order Fulfillment Process in Supply Xhain Networks", International Journal of Flexible Manufacturing System, 10. 1998.
- [19] Ellitt, Scott A, "Organizing for Excellence : Five Case Studies", "Supply Chain Managment Review", Winter,1998
- [20] Brunell, Tom, "Managing A Multicompany Supply Chain", "Supply Chain Management Review", Winter,1997