

# e-SCM에서의 Coordination Agent 시스템 설계 및 구현에 관한 연구

## A Study on the Design and Implementation of Coordination Agent System in e-SCM

임상환, 김영훈, 엄완섭  
강원도 강릉시 120번지 강릉대학교 산업공학과  
lsh7820@kangnung.ac.kr, gns0001@kangnung.ac.kr, eomeom@kangnung.ac.kr

### Abstract

공급체인관리는 개별적 기업 에이전트(마케팅, 자재, 구매, 생산, 유통등)를 통합하여 운용하도록 하는데, 이러한 통합은 한 기업에서 국한되는 것이 아니라 공급자로부터 소비자까지의 공급체인의 모든 에이전트에게 적용된다. 공급체인의 에이전트들 간의 통합이 실질적으로 효과를 나타내기 위해서는 상호 정보 공유 및 조정된 방법으로 운영되어야 한다. 전자거래에 대한 요구가 증대되면서 새로운 변화에 유연하게 대처하고 예측하지 못했던 상황, 즉 Order에 대한 주문량 변경/취소, 새로운 고객 등장(긴급을 요구하는 Project등)으로 새로운 Order 생성, 계절적 요인으로 인한 주문량 폭주, Event에 의한 특정 상품에 대한 Cost Down 및 Cost 복원, 원자재/제품의 불량처리에 대한 Delivery 일정 수정 등과 같은 사건에 능동적으로 대처할 수 있도록 공급체인 내에서 Intelligent 기능을 가진 Coordination Agent의 도입이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 전자거래와 공급체인을 연계한 e-SCM에서의 조정 에이전트 시스템을 구현하고 Agent의 Coordination 능력을 분석한다.

## 1. Agent System Design 대한 Issues

### 1.1. Multi-Agent System

#### 1.1.1. Agent 역할 분담

에이전트 기반 소프트웨어 구조를 효과적으로 구축하기 위해 언급할 가장 중요한 문제는 공급체인 활동이 에이전트를 통해서 역할 분담을 결정하는 것이다.

에이전트간의 역할분담의 예는 다음과 같다.

#### ① Order acquisition agent

고객의 주문을 취득하고, 가격과 납기일 등에 대해 고객과 협상하며, 고객의 주문에 대한 수정 및 취소 등의 요청을 처리하는 책임

을 진다. 고객 주문이 변경되었을 때 그 변경 내용을 Logistics agent에게 전달한다. 계획이 고객이 부과한 제약조건을 위반하는 경우에 (납기지연) 주문 본 Agent는 실현 가능한 계획을 고객 및 Logistics agent와 협상한다.

#### ② Logistics agent

납기 준수, 원가 절감 등 공급체인의 목표 차원에서 최적의 결과를 얻기 위해 기업 내의 공장과 공급자 그리고 유통 센터의 조정에 대한 책임을 진다. 또한 원자재 공급자에서 완제품의 고객에 이르는 공급체인 전체를 통해 제품이나 재료의 이동을 관리한다.

#### ③ Transportation agent

Logistics agent에 의해서 명시되는 공장 내 이동 요청을 달성하기 위한 운송자원의 할당과 스케줄에 대해 책임을 진다. 또한 자신의 스케줄 구성 내에서 다양한 운송 자산과 운송 루트를 관리한다.

#### ④ Scheduling agent

잠재적 새로운 주문에 대한 가상의 "what-if" 시나리오를 탐구하여 Dispatching agent에게 보내지는 스케줄을 생성한다. 또한 공장 내의 스케줄 및 스케줄 조정 작업에 대해 책임을 진다. 진행 중이거나 지연되고 있는 일을 최소화 할 수 있도록 자원과 시작 시간을 할당한다. 기계고장, 불용 자재 등과 같은 생산 지연 요인의 예상해서 생산 일정을 "일시적으로 연장" 할 수 있다.

#### ⑤ Resource agent

재고 관리와 구매 관리 기능을 포함한다. 자원의 가용성을 실시간으로 관리함으로써 스케줄이 실행될 수 있도록 한다. 자원의 수요를 예측하고 자원 주문량을 결정한다. 또한 원가를 최소화하고 적기에 납품 할 공급자를 선별하는 책임을 진다. 또한 구입 주문을 생성하고 자원의 입출고를 관리한다. 자원이 예상대로 도착하지 않을 때는 대체 자원 계획을 생성함으로써 스케줄을 조정 할 수 있는 대안을 제시한다.

#### ⑥ Dispatching agent

⑥ Dispatching agent

Scheduling agent의 지시에 따라 주문 릴리스와 실시간 플로어 제어 기능을 수행한다. 생산일정에 차질이 발생했을 때 그 내용을 Scheduling agent로 전달한다. 일정 내에 주어진 자율성의 정도에 따라 본 Agent는 다음에 무엇을 할 것인가를 결정한다. 이때 비용과 소요 시간 그리고 Work flow의 불확실성에 균형을 맞추어야 한다. 예를 들어서 (1)어떤 작업에 대해 시간간격을 명시하였다면 Agent는 그 직무를 즉시 시작할 것인지(just in case) 아니면 가능한 늦게 시작할 것인지(just in time)를 결정할 선택권을 갖는다. (2) 만약 작업을 수행하기 위한 특정한 기계를 명시하지 않았다면 Agent는 원가 대비 면에서 가장 효율적인 기계(원가를 최소화하는)를 사용할 수도 있고 또는 가장 빠른 기계(처리시간을 최소화하는)를 사용할 수도 있다.

2. Coordination Agent 개발 Tool

2.1. JADE(Java Agent DEvelopment) Framework

JADE는 CSELT에 의해 연구 개발된 Intelligent Multi-agent 시스템 개발을 더 쉽게 하는 소프트웨어 기반의 구조이다. Agent 플랫폼과 개발 기반구조를 실행하는 에이전트 미들웨어라고 할 수 있다.

2.1.1. Agent Platform Architecture

Agent가 존재하고 활동하는 논리적 Multi-Agent 기반 구조를 제공한다. 각 Agent의 Life Cycle 관리와 Agent간의 상호 서비스 참조와 정보 교환을 효과적으로 지원하는 환경을 제공한다. 주된 구성요소인 다음과 같다.

① Directory Facilitator(DF)

다른 Agent에 대해 일종의 전화번호부(yellow page) 기능을 한다. 주로 다른 Agent의 존재, 제공되는 서비스, 기능, 프로토콜 등을 Agent들에 알려준다. 각 Agent들은 다른 Agent에 의해 제공되는 서비스를 알아내기 위해 DF에게 질의(Query)를 보낼 수 있다.

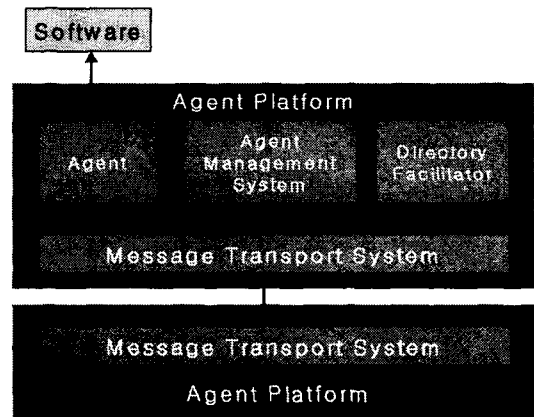
② Agent Name Server(ANS)

Agent 플랫폼상의 모든 Agent의 논리적 이름과 대응되는 통신 주소(Transport Address)를 저장하는 하나의 디렉토리를 유지한다. 다른 Agent에게 인명 전화번호부 서비스를 제공한다.

③ Agent Management System(AMS)

플랫폼내의 다른 Agent에 대한 관리, 감독 기능을 수행한다. Agent의 Life Cycle에 대한 제어권을 가지며, 하나의 AMS는 적어도 하나의 DF에 등록될 수 있다.

④ Agent Communication Channel(ACC)

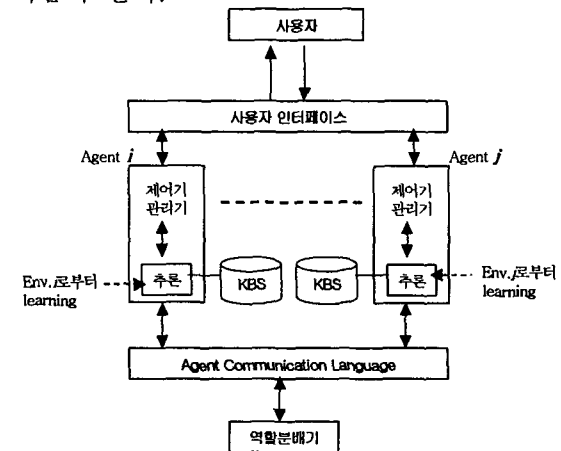


[그림 1] Agent Platform Architecture

동일 Agent 플랫폼 내에 존재하든지 다른 플랫폼에 존재하든지 관계없이 모든 Agent간에 제공되는 기본 통신 수단이다.

3. Coordination Agent System

본 연구에서는 기존의 지식 기반 시스템에 지능적 추론 기능과 다중 agent 시스템이 서로 상호 협력하여 작동으로써 Agent간의 Coordination기능에 지능형을 추가하고 구조는 다음과 같다.



[그림2] IKMAS(Intelligent Knowledge-based Multi Agent System)

제어기와 관리기: agent i에 도달된 정보를 수집 분석하여 추론할 수 있도록 추론 모듈 호출하는 부분으로 지식 기반 시스템(knowledge-based system ; KBS)과 상호 작용한다.

추론: 제어기와 관리기로부터 보내 온 정보와 외부 환경에서 학습한 내용을 바탕으로 KBS를 통해 주어진 사실에 대해 결론을 도출할 수 있도록 하는 모듈이다.

KBS : "IF A THEN B" 형태의 규칙들로 이루어져 있으며 외부에서 학습한 내용이 저장

되는 지식 기반 시스템이다.

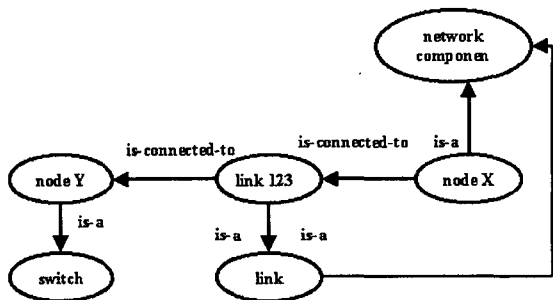
agent간 통신 시뮬레이터: agent들이 상호 데이터를 송수신할 수 있도록 해주는 모듈로서 agent i가 agent j를 호출했을 때 agent j가 준비될 수 있도록 하는 형태로 구성되어 있다. 자원 분배기: agent간 통신 시뮬레이터에 따라 각 agent가 활성화될 수 있도록 분배하는 역할을 담당하는 모듈이다.

사용자 인터페이스: 사용자 인터페이스로서 사용자의 질의에 따라 응답을 보여 주는 부분이다. 이때의 인터페이스는 agent에 의한 질의 응답 관계이므로 지능형 사용자 인터페이스라고 한다.

### 3.1 Knowledge-based Multi Agent System agent 설계

지식 기반 시스템은 주어진 도메인에 대해 다음 두 단계에 따라 구축된다.

Step 1. 지식 표현 단계



[그림 3] Semantics Representation

agent가 현재 알고 있는 것이 무엇인지를 서술하는 단계로 링크 형태로 표현한다. 예를 들면, node X와 node Y가 연결되어 있음을 의미 표현 방법(semantic representation)에 의해 나타내면 [그림 5]와 같다. 이 그림은 "node X와 node Y가 연결되어 있으며 링크에는 network component가 있다"는 것을 의미한다.

Step 2. 논리적 표현 단계

지식을 하나의 문장으로 code화 하여 지식 기반 시스템에 저장하는 단계로 저장된 지식에 해당된다. [그림 5]의 표현을 하나의 문장으로 code화하여 논리적 표현으로 규칙화하여 나타내면 다음과 같다.

if network component = "what" then switch="how"

즉, network component가 "what"일 때 switch는 "how"하라는 규칙으로 작성할 수 있으며 이러한 형태를 저장된 지식으로서 저장할 수 있게 되는 것이다.

위의 두 단계에 따라 지식 기반 시스템에 도메인 지식이 저장된다. 이것을 함수 형태로 정의하면 다음과 같다. 이 형태에서 percept는

외부 환경에서 인지한 입력 사실이고 action은 그에 따른 추론 결과를 의미한다.

```
function: IKMA(percept) returns an action
static: KBS, a knowledge based system
t, a counter, initially 0, indicating time
TELL(KBS, Make-Percept-Sentence(percept, t))
if each action in KBS then
  for each action in the list of possible action do
    if ASK(KBS, Make-Action-Query(t, action)) then
      TELL(KBS, Make-Action-Sentence(action, t))
  t ← t + 1
  return action
else ASK(KBS, INFERENCE(percept, t))
return action
end
```

IKMAS는 다른 agent와 마찬가지로 percept를 입력으로 받고 action을 반환한다. KBS는 초기에 저장된 지식(built-in knowledge)을 담고 있으며 호출될 때마다 IKMAS 시스템은 다음 두 가지 일을 한다.

첫째, percept에 해당하는 문장을 찾아 KBS에 저장한다.

둘째, 수행해야 하는 action을 찾아낸다. 이때 추론 방법이 사용된다.

각 percept에 대해 IKMAS는 최대 성능을 낼 수 있는 action을 하도록 구성한다.

Step 3. 추론 방법

IKMAS는 지식 기반 시스템의 저장된 지식에서 percept에 대해 action을 수행할 때, action과 일치하는 저장된 지식이 없을 경우 개선된 Max-Min CRI 방법(New Max-Min CRI: NCRI)을 이용한다.

### 3.2. Learning System Model의 구성

Learning System은 Multi-Agent System에서 주로 사용되는 알고리즘으로, Agent의 행동결과를 평가하여 긍정적인 방향이면 "보상(reward)"을, 부정적인 방향이면 "처벌(punishment)"을 부여함으로써, 긍정적인 행동은 정적강화(positive reinforcement) 시키고 부정적인 행동은 부적강화(negative reinforcement) 시키는 방법이다. 본 연구에서는 Agent 조정을 위하여 Learning System을 사용하였다.

환경상태(Environment State들의 이산집합 : s

행동(Action)들의 이산집합:a

강화신호(Reinforcement Signal)들의 이산집합: 0,1 or 실수

#### 3.2.1. Learning System 수행 과정

- ①가치함수를 초기화 시킨다.
- ②현재의 환경상태에 따라서 적절한 행동을 선택한다.
- ②-1현재의 환경상태에서 가능한 모든 행동에 대하여 가치함수 값을 계산한다.
- ②-2계산된 가치함수 값 중에서 가장 큰 값을 상태가치로 선택한다.
- ②-3상태가치로 선택된 가치함수 값에 해당하

는 행동을 현재의 환경상태에서의 행동으로 선택한다.

③선택한 행동을 수행하여 환경상태를 변화시킨다.

④수행한 행동에 대한 강화신호를 입력으로 받는다.

⑤강화신호를 이용하여 Learning을 수행한다.

⑤-1 여러 가지 대화규칙을 이용하여 가치함수를 수정한다.

#### 4. Example of Coordination Agent Process

본 연구에서는 애플리케이션은 가상 e-SCM을 설정하여, Inventory 부문의 정상적인 상태의 행위와 e-SCM을 교란시키는 예외적인 상황을 적용하여 조정 Agent를 구현하고 조정능력을 평가한다.

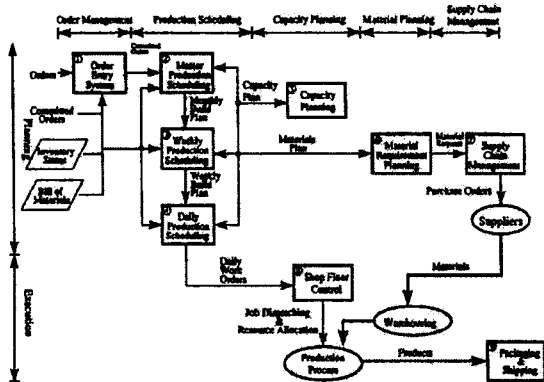
각 공장에는 Planning, Materials, Production, 및 Dispatching agent로 구성된다.

Planning agent: 생산 계획관리

Materials agent: 원자재 재고(RPI) 및 원자재에 대한 주문(on-order) database 관리

Production agent: 생산과 가공중인 제품품 관리 및 공장 Workflow 대한 지식

Dispatching agent: 완제품 재고(FGI)와 공장의 모든 출고 관리



[그림 4] Information System for the OFP

#### 4.1. 정상적인 상태의 Agent Process

수요 예측은 사용자로부터 모델 정보를 요구 받지 않고도 각 Site별 각 제품별로 알맞은 예측 모델을 학습할 수 있는 ANN(Artificial Neural Network)의 B.P(Back Propagation)를 사용하고, 재고 정책은 각 공장별, 각 제품별로 재고 상태를 결정할 수 있는 여러 가지 재고 수준 설정 및 제품별 중요도를 결정하는 RANK 설정한다. 따라서 Agent는 주어진 임무를 수행한다. Supply Chain 부분에서는 발주와 생산의 계획 중심으로 주간 및 월간 단위로 정보를 생성한다. Distribute Center 부분에서는 보충요구와 보충 계획을 중심으로 일일 단위로 정보를 생성한다.

자재 주문, 납품 및 인수를 관리하는 Materials agent는 자재 청구서 및 외부 공급 부품에 대한 자재-주문 계획(materials-order plan) 산출, 이러한 계획은 구매 에이전트로 전송되며 에이전트는 이 계획을 공급자를 위한 부품 주문으로 변형한다. 공급자 에이전트가 Materials agent로 승인 메시지를 전송한다. Materials agent는 주문 현황 Database를 Update한다.

#### 4.2. 예외적인 상황발생시의 Agent Process

공장의 각 Agent는 고유의 관련 데이터를 주간별로 Database 기록한 후 시뮬레이션을 통하여 분석한다. 재고 수준 및 고객 만족과 관련된 파라미터를 측정한다.

모든 재고의 가치와 회사 Backlog, 수신된 주문, 공장에서 유통센터로의 출고, 주문에서 납품까지 걸리는 평균 시간 및 제시 간에 납품되는 출고 비율.

특히 예외사항이 공급망 내에서 발생 하였을 경우 다양한 조정 구조의 역할을 이해하고 예외사항으로 인한 부정적인 결과를 감소시키는 데 조정 Agent가 “어떻게 이용되는가?”와 조정 능력을 평가한다.

#### 5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 e-SCM에서의 조정 agent 시스템 개발 및 구현에 관한 연구로서 복잡하고 다계층인 SCM의 동적행위를 분석적 형태로 모델링 하기는 어렵다. 이러한 이유로 SCM의 entity를 Agent로 표현 하였고 특히 주안점을 둔 것은 e-SCM에서의 예외적인 돌발 상황이 발생했을 경우 즉, Order에 대한 주문량 변경/취소, 새로운 고객 등장(긴급을 요구하는 Item 등)으로 새로운 Order 생성, 계절적 요인으로 인한 주문량 폭주, Event 행사에 따른 특정 상품에 대한 Cost Down 및 Cost 복원, 원자재/제품의 불량처리에 대한 Delivery 일정 수정 등과 같은 사건을 재고관리에 연계하여 Coordination Agent의 역할을 구현하고, 조정능력을 시뮬레이션을 통하여 평가한다.

향후의 연구과제는 Agent에 Learning System 알고리즘을 통하여 학습되는데, Agent에 사전에 학습되지 않은 또 “다른 예외 상황을 어떻게 real time으로 반영할 것인가?”에 대하여 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 6. 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, 최중민의, “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", 가매출판사, 2002. 9

[7] Subrahmanyam Allamaraju의 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] 김태현, 문성암 역, "물류 및 공급체인 관리", 교보문고, 2001

[11] 권오경, "글로벌 경쟁력과 SCM 전략", 한국유통정보센터, 2001.12

[12] 최란아, "효율적인 상호참조를 지원하는 다중 에이전트 기반구조에 관한 연구", 경기대학교 정보과학대학원, 석사학위논문, 2000.8

[13] 박상민, "인공 신경 망을 이용한 수요 예측 기반의 효율적인 재고 자동 보충 시스템 설계 및 구현", 아주대학교 대학원, 석사학위논문, 1998.12

[14] 정보운, "이동형 에이전트 협력을 위한 역할 분담 및 조정 모델", 서강대학교 대학원, 1997.

[15] Mark S.FOX, MIHAI BARBUCEANU "Agent-Oriented Supply-Chain Management", The International Journal of Flexible Manufacturing System, DEC. 2000.

[16] MARK E. NISSEN, "Agent-Based Supply Chain Integration", The International Journal of Flexible Manufacturing System, FEB. 2001.

[17] Mark S.FOX, John F. Chiongol, "The Integrated Supply Chain Management System", Department of Industrial Engineering, University of Toronto, DEC. 7. 1993

[18] Schlegal, Gregory L, "Supply Chain Optimization : A Practitioner's Perspective", "Supply Chain Management Review", Winter, 1999

[19] MICHAEL J. SHAW의, "Reengineering the Order Fulfillment Process in Supply Xhain Networks", International Journal of Flexible Manufacturing System, 10. 1998.

[20] Ellitt, Scott A, "Organizing for Excellence : Five Case Studies", "Supply Chain Management Review", Winter, 1998

[21] Brunell, Tom, "Managing A Multicompany Supply Chain", "Supply Chain Management Review", Winter, 1997