

eSCM에서 조정에이전트 기반의 효율적인 납기시스템 모델 A Model of Coordination Agent Based on Efficient Delivery System in eSCM

임상환, 엄완섭
강원도 강릉시 120번지 강릉대학교 산업공학과
전화번호 : 033-640-2372 , 팩스번호 : 033-640-2372
lsh7820@kangnung.ac.kr, eomeom@kangnung.ac.kr

Abstract

eSCM의 확산은 기업의 경쟁 환경을 급변시키고 있다. 과거의 생산성 및 효율성을 통한 원가 절감과 품질 개선 중심에서 벗어나 시장수요를 신속하게 충족시키는 응답성 중심으로 변하고 있다. 이는 고객이 요구하는 제품, 가격 및 조건에 관계없이 최소의 비용으로 신속하게 고객에게 가치를 제공하는 것이다. 이렇게 eSCM의 확산이 빠르게 진행되고 있지만 공급체인의 한 구성원인 제조부문과는 아직도 정보 흐름의 공유가 잘 이루어지지 않고 있는 실정이다. 불확실한 수요예측은 재고품절을 발생시키며 고객들의 주문취소나 많은 품질 비용을 초래하게 된다. 따라서 본 연구에서는 조정 에이전트 기반으로 고객과 제조자와 공급자 간의 조정을 통해 최소비용으로 주문량에 대해 분할 납품을 제시하고 그에 따른 비용을 산출하여 그 비용만큼 할 인혜택을 부여함으로써 고객만족도와 비용측면을 비교 검증한 모델을 제시한다.

1. Introduction

eSCM의 확산은 경영 혁신을 추구하는 기업의 주요 핵심으로 부각되고 있다. 이와 관련하여 학계의 논문 연구에서부터 소프트웨어 패키지에 이르기 까지 많은 연구와 개발이 진행되고 있으며, 인터넷과 전자거래 등으로 대표되는 정보 기술의 다양한 방법론과 기법을 산업공학에서 전통적으로 다루었던 MPS와 MRP, 물류와 재고 그리고 ERP와 통합하여 실제적으로 기업에서 적용할 수 있는 공급체인 시스템에 관련된 많은 솔루션이 상용화되고 있다. eSCM은 일반적으로 생산 부문(생산계획과 관리)과 물류 부문(물류 계획과 관리), 운영과 전략부문(글로벌 최적화와 시뮬레이션)이 주축을 이루며, 전체 시스템의 시작점이 되는 수요예측 부문과 고객과 직접 상대하는 주문처리, 즉 납기회신 부분으로 구성되어 있다. 이러한 eSCM의 등장은 과거 기업들이 추구하던 생산성 향상을 통한 원가 절감 및 품질 개선 중심에서 벗어나 시장수요를 신속하게 충족시키는 응답성 중심으로 변화하게 하였다. 이러한 시대적 요청에 기업이 빠르게 대응하지 못하는 것은 eSCM의 한 구성원인 제조부문과의 정보 흐름의 공유가 아직도 원활하지 않기 때문이다. 대부분의 기업들은 판매 시점보다 훨씬 앞서 수립된 수요 예측에 기초하

여 생산과 재고에 관한 의사결정을 내려서 그것이 마치 가능한 것처럼 다룬다. 수요를 예측할 때 불확실성을 알고 있지만 초기 예측이 정확하다는 전제하에서 계획 과정을 수립하게 된다.

예를 들면 구매력이 강한 고객으로부터 신규 주문이 유입되는 것과 같은 예측하지 못했던 사건 등으로 인해 발생하는 재고 품절은 신규 주문에 대한 수락 여부에서 거절 또는 수락을 하게 될 것이다. 전자의 결과는 고객이 기업을 떠나게 될 것이고 그 비용 손실은 계산할 수 없을 만큼 엄청 날것이다. 또한 수락은 과다 비용을 초래하는 등의 악순환이 계속 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 품질 비용을 유발시키는 예측 하지 못하는 사건 등에 대해 조정 에이전트를 기반으로 고객과 제조자와 공급자 간의 조정을 통해 재고 품절에 따른 비용을 최소화 하고, 고객의 요구 납기일 및 주문량을 충족하지 못할 경우 차선의 대안이 고객의 납기 요구 일을 일정 기간으로 나누어 주문량을 분할 납품하는 방법뿐이다. 이러한 상황을 고객과 협상하고 공급체인 내부의 구성원 간 조정을 통해 분할 납품에 따른 비용만큼 할인혜택을 부여함으로써 고객만족도와 비용측면을 비교 검증한 모델을 제시한다. 고객의 주문량을 특정한 시점에서 최소의 비용으로 DC(distribute center)에 할당하는 방법으로 일반적으로 LP(linear programming)을 이

용한 최적해가 존재한다. 그러나 어떠한 문제에 대한 제약이 많아지고 문제의 크기가 커질 경우와 같은 현실적인 상황에 대해서는 수리적 모형에는 한계가 있다. 따라서 복잡하고 다계층(multi-echelon)적인 공급체인의 동적행위를 모델링하기 어렵다. 시뮬레이션이 공급체인 모델링 및 분석에 있어서 중요한 강점은 공급체인이 가지고 있는 동적이면서 복잡하다는 데에서 기인한다. 이러한 공급체인 전체를 수리적 모델을 이용하여 모델링하기 위해서는 다양한 가정과 간략화 및 정형화가 따라야 하기 때문에 정확한 해를 찾기가 어렵다. 시뮬레이션 대상 공급체인이 매우 복잡하더라도 컴퓨터상의 적절한 모델링을 통하여 분석할 수 있다. 또한 공급체인의 불확실성을 모델링에 반영할 수 있다.: 시뮬레이션은 고객의 수요, 가공시간 및 사이클 타임, 최종 제품의 수/배송 시간, 고객 주문의 신뢰도, 원자재/부품 공급자의 신뢰도와 같은 공급체인 상에 존재하는 여러 가변성들을 모델에 반영한 결과를 제공한다.

2. 관련 연구

관련된 연구로는 기업 내부의 프로세스와 외부의 구성 요소인 고객의 요구를 접목하여 납기일을 조정하는 연구로서 Chang(1996)은 동적인 job shop 환경에서 생산 환경의 현 상태를 반영한 8개의 납기일 할당 규칙(CON, SLK, NOP, JIS, etc.)의 성과를 측정하여 회사의 상황에 따라 달라지는 최적의 납기일 할당 규칙에 대해 연구하였다. 납기일 할당 규칙과 dispatching 규칙, 납기일의 충족률을 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하여 이들간의 상관관계를 파악하였다. Moodie(1999)는 job shop 환경에서 가격과 납기일의 협상에 관하여 상황에 따른 전략을 시뮬레이션을 통하여 고객 주문의 빈도(Frequency), 주문 납기일 산출의 정확도, 고객의 주문량을 우선 충족했을 경우 할증, 주문에 대한 빠른 대응도 등의 조건을 변화시키면서 각각의 상황에 적절한 고객과의 주문에 대한 협상 전략을 제시하였다. Hegedus와 Hopp(2001)는 주문 생산 환경에서 재고 비용과 주문 충족률 및 서비스율을 고려하여 납기일을 고객에게 제시하는 모델을 연구하였다. 불확실한 환경의 조달 및 공급자와 고객이 요구하는 납기일의 차이를 측정하여 주문 지연 비용을 고려하였고, MRP환경에 적합한 납기일 결정 정책을 유도하는 수리적인 모델

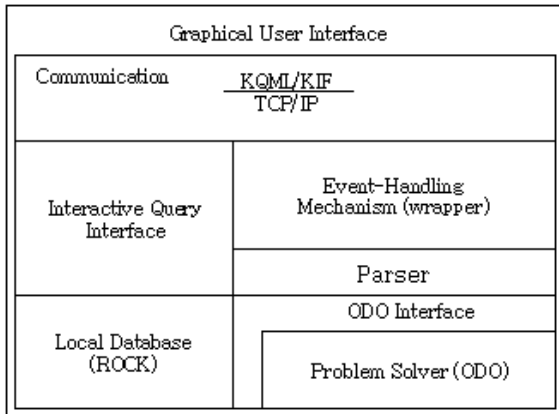
을 제시하였다. Song과 Hicks(2002)는 이미 결정된 생산 계획과 불확실한 환경에서의 제조 및 조립 일정이 요구되는 다단계 조립에 대한 제품 납기일 할당하는 방법론을 제시하였다.

본 연구는 선행 연구의 이론을 토대로 관련된 구성원들을 소프트웨어 에이전트로 표현하여 이미 결정된 생산계획에서 신규 고객의 유입과 같은 예상하지 못했던 사건에 대해 신속하고 능동적 대체하는 기능을 부여하고자 한다.

3. Agent Architecture

소프트웨어 에이전트의 특성은 기본적으로 크게 자율성, 사회성, 능동성, 반응성 4가지로 나눌 수 있다.

1. 자율성(autonomy)은 에이전트와 다른 일반 소프트웨어와 구별해주는 가장 핵심적인 특성으로 사용자나 다른 에이전트의 직접적인 지시나 간섭 없이도 관찰하고 있는 상황이 변경될 경우 스스로 판단하여 행동하는 성질로 능동적으로 작업을 수행한다.
2. 사회성(social ability)은 다른 에이전트와 일종의 통신언어를 이용, 대화를 통해 작업을 처리한다. 하나의 에이전트로 처리하지 못하는 작업을 수행하기 위해 여러 가지 방법으로 다른 에이전트의 도움을 받는다.
3. 능동성(pro-activeness)은 주변 환경의 변화에 단순히 반응하는 것이 아니라, 주어진 상황에서 자신의 목적에 따라 작업을 수행한다. 예를 들어 부동산 판매에 대한 의뢰가 들어올 경우 부동산 중개업자가 그 물건에 대하여 광고 등을 하여 수요자를 적극적으로 모집하는 행위 등을 말할 수 있다.
4. 반응성(reactivity)은 현실세계, 사용자, 다른 에이전트 또는 네트워크 등과 같은 주변 상황의 변화를 인식해 그에 대응한다. 부동산 수요자가 나타날 경우 그 물건을 수용자에게 보여주고 거래를 성사시키기 위한 노력 등과 같은 것이다. 그 외의 특성으로는 틀린 정보를 주고받지 않는 정직성(veracity), 반드시 목적을 달성하는 방향으로 작업을 수행하는 이성적 행동(rationality)등이 있다. 에이전트와 기존의 프로그램과 가장 큰 차별성은 학습(learning) 또는 적응(adaptation)능력이다.



[그림 1] The agent architecture(from ADEPT, 2000)

에이전트의 프레임워크는 [그림1]과 같다.

① Communication Module은 eSCM내의 다른 에이전트들과 메시지를 주고받기 통로 역할을 하며 TCP/IP, KQML/KIF 및 시뮬레이터 세 개의 계층으로 구성된다. KQML은 외부 통신 프로토콜이며, KIF는 내부 통신 프로토콜다.

② Event Handling Mechanism은 내부 및 외부의 각종 이벤트들에게 응답하기 위한 것이다. 이벤트들 중 일부는 메시지를 주고받는다. 이 모듈은 이런 이벤트들을 해석하고 그 해석에 따라 응답한다. 또한 그 응답에 대해서 계획, 관리, 통제하는 역할로써 통신 모듈과 같은 다른 구성 모듈들을 호출할 수 있다. 예를 들어, 그 이벤트가 '신규 주문' 메시지일 경우, 이 모듈은 그 응답으로 Parser와, Local Database와 Problem Solver 엔진을 호출한다.

③ Parser는 어떤 형태의 정보를 다른 형태로 바꾼다. Event Handling Mechanism이 Parser를 호출하여 필요한 형태로 바꾼다. KIF메시지를 ROCK 포맷으로 바꾸는 것이 그 한 예이다.

④ Local Database는 조정과 관련된 정보를 ROCK 프레임 정의의 파일 형태로 변경하여 한정적으로 저장한다. 예를 들면 eSCM에서 제품의 프로세스 계획 등을 저장한다. 또한 Problem Solver가 일정계획을 만들 때 이 정보를 호출 한다.

⑤ Problem Solver(ODO)는 Problem Solver 엔진의 ODO라는 추론(일정계획) 셸에 근거한 일종의 제약 조건이다. ODO는 ODO 문제기술 언어(PODL)라고 부르는 텍스트 인터페이스와 ODO 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)라는 그래픽 인터페이스를 지니고 있다. 일정한 조정상의 문제(자원 할당/일정계획)는 ODO에서는 활동사항, 목적과 임무, 제한 조건의

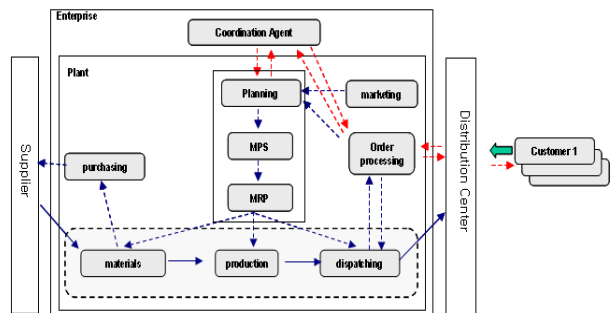
형태로 표현된다. 이것들과 연관된 목적과 임무는 자원들의 적극적 지위 부여 형태로 표현되며, 제한 조건들을 일시적 용량 제한이거나, 보존 기간 등과 같은 기타 제한 조건들일 수 가 있다. 제품 주문은 공정 계획에 근거하여 수행하여야 할 활동 사항들의 숫자로 표현된다. ODO는 주어진 제한 조건에 따라 여러 가지 다른 활동들에게 자원을 할당한다.

⑥ ODO 인터페이스는 텍스트와 그래픽 인터페이스 모두를 보유하고 있다. ODO의 그래픽 인터페이스는 조정 에이전트 GUI의 일부로서, 일정계획의 디스플레이와 운영 함께 처리할 수 있는 정교한 편집자로서의 역할을 한다.

⑦ Interactive Query 인터페이스는 질의를 위해 ROCK 지식 베이스와 Prog를 채용한다. 이 인터페이스를 이용하여 사용자들은 조정에 관련된 여러 종류의 정보에 대하여 질의할 수 있으며, 그 정보들은 그래픽으로 디스플레이 된다.

4. Implementation

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



[그림 2] Class relationships in the agent based supply chain model

그림2는 본 연구에서 적용하게 될 MAS (multi-agent system) 기반의 eSCM 프레임워크이다. 외부적으로 Supplier, Factory, Distribute Center, Customer로 구성되어 있으며, 내부적으로 에이전트의 동작을 다루는 프로세스를 포함하고 있다. eSCM 모델을 구성하고 있는 에이전트를 eSCM의 종속적인 프로세스가 아닌 독립적인 프로세스로

정의하였다. eSCM 시뮬레이터를 구성하고 있는 각각의 에이전트가 수행하는 기능 및 역할은 다음과 같다. 마케팅, 주문과정, 계획, 선적, 생산, 공급업체와 고객이 있으며, 기본적으로 하나의 에이전트는 각각의 고유기능을 가지고 있다. 대부분의 기업들은 판매 시즌보다 훨씬 앞서 수립된 수요 예측에 기초하여 생산과 재고에 관한 의사결정을 내려서 그것이 마치 가능한 것처럼 다룬다. 수요를 예측할 때 불확실성을 알고 있지만 초기 예측이 정확하다는 전제하에서 계획 과정을 수립하게 된다. 따라서 본 연구에서는 위와 같은 정보의 흐름을 정상모드로, 예측하지 못한 이벤트 처리와 관련된 정보의 흐름을 비정상모드로 표현한다. 정상모드의 프로세스는 다음과 같다.

- ① marketing은 미래 수요에 대한 수요를 예측해서 계획(planning)보낸다.
- ② order Processing(이하:OD_P)은 backlog를 관리한다. 새로 유입된 고객 주문을 입력하고, 선적 완료된 주문은 삭제한다. backlog의 자료를 요청하면 다른 에이전트에게 보낸다.
- ③ planning은 두 단계 계획과정을 수립한다. 1 단계는 OD_P부터 backlog 수준을 통보 받아 그 기간의 Ship plan을 작성하며, RPI와 FGI 안전재고를 산출한다. Ship plan과 FGI 안전재고 수준을 production에게 보내고, RPI 안전재고는 Materials에게 보낸다. 예를 들면 납기일이 n주째인 t주 말의 평균 예상 수요량 다음과 같이 정의하면,

$$\overline{f(t)} = \frac{1}{13} \sum_{i=1}^{13} f(t+i), t\text{주 말 말말의 기대 FGI 안전}$$

재고 수량(안전 주간: w 주) $F(t) = w \overline{f(t)}$ 이고, 부품 j를 위한 t주말주말의 기대 RPI 안전재고 수량(안전 주간: V_j 주) $R_j(t) = V_j Q_j \overline{f(t)}$ 이 된다.

ship plan은 은 은 금주 또는 다음 주의 선적 예상 수량을 나타낸다. 이것은 납기 요구 조건을 만족시키는 기간 이내에 선적이 되고 그 이전에는 선적되지 않는 것으로 가정할 경우, 최소화 되는 $s(n), n = 0, 1, \dots, N_s$ 는 다음과 같다.

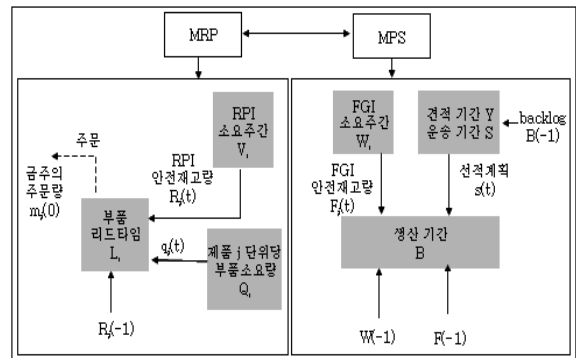
$$\sum_{t=0}^n s(t) \geq \sum_{t \in (T|j \leq n)} B(-1, t) + \sum_{t=0}^{n-(Y-S)} f(t)$$

$$s(n) \geq 0.$$

2 단계는 build plan을 작성한다. 필요한 FGI 자료는 ship plan에서 받고, build plan을 material로 보낸다.

작업 시작 시점에서 RPI수준을 요청한다. 작업 시작을 위한 수량은 최저 RPI수준과 생산 계획량의 최소량이다. Material에는 작업 시작을 위한 투입 수량을 통보하고, ship plan에 완제품 수량을 통보한다.

④ material은 작업에 필요한 부품수량을 산출하여 발주서를 purchasing에 통보하고, 주문 데이터베이스에 입력한다. 모든 부품은 정해진 납기에 따라 도착하는 것으로 가정하기 때문에, 자재입고는 material에서 주문된 수량을 만기(주문 기간 + 납기)가 되어 주문 데이터베이스에서 RPI로 옮기면 그대로 따른다.

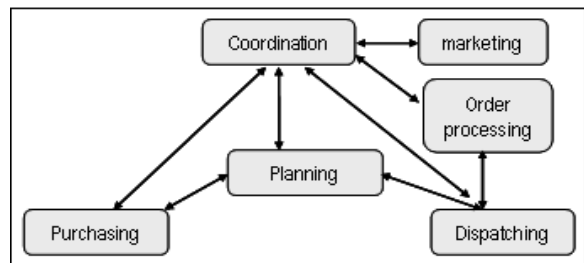


[그림 3] Notation and master planning

⑤ dispatching은 FGI 수량을 갱신한다. Or_P로부터 받은 backlog의거 하여 주문을 이행하고 선적하며, 선적된 주문은 Or_P에게 통보한다.

5. Implementation of coordination agent

본 절에서는 eSCM 시스템 상에서 일어나는 예측하지 못했던 수많은 사건 중에서 구매력이 강한 신규 고객으로부터의 주문이 시스템에 유입되는 상태를 사건으로 가정 즉, 비정상모드로서 에이전트간의 조정을 위한 정보 흐름을 표현하고자 한다.



- ① 신규 주문을 받은 Order Processing Agent(ODP_A)는 Coordination Agent(COD_A)에게 보낸다.
- ② COD_A는 Planning Agent(PL_A)에게 수락여부

확인을 요청한다. 정상모드에서 확정된 MPS와 신규 주문서를 비교하면 다음과 같이 전개된다.

- 주문 1은 납기가 6주(w)이고 3w와 6w 사이에 허용된 PS_t 의 수량보다 작으므로 주문을 수락한다. ($PS_3 - NO_6 = 22$, MPS의 PS_3 은 22로 수정된다.)
- 주문 2도 PS_1 의 수량 초과하지 않으므로 수락한다. (PS_1 는 1로 수정된다.)
- 주문 3은 납기가 3w이고 $PS_3 (=22)$ 의 수량을 초과하므로 한 번에 충족시킬 수 없고 3w에 23개 ($=w1 + w3$)와 7w에 9개로 나누어 납품할 수 있다.

- ③ PL_A는 결과를 COD_A에게 보낸다.
- ④ COD_A는 Purchasing Agent(PH_A)에게 분할 납품에 따른 할인 비용을 요청한다.
- ⑤ PH_A는 재고부족에 따른 비용을 산출하여 COD_A에게 통보한다.
- ⑥ COD_A는 PL_A와 PH_A의 값을 ODP_A에게 보낸다.
- ⑦ ODP_A는 고객과 협상한다.
- ⑧ 고객이 수락하면 그 결과를 COD_A에게 보낸다.
- ⑨ COD_A는 확정된 결과를 참여한 에이전트에게 통보하여 확정하도록 한다.

5. 결론 및 향후 연구과제

따라서 본 연구에서는 eSCM 시스템 상에서 일어나는 예측하지 못하는 수많은 사건 중에서 신규 고객으로부터의 주문이 시스템에 유입되는 상태를 사건으로 가정하여 효율적인 납기 시스템을 모델링하였다. 최근 기업들은 재고비용 절감을 위해 분할 납품을 요구할 뿐만 아니라 제품의 Life Cycle 단축으로 인해 발생하는 불용 재고처리 비용과 각 대리점으로부터 신제품 출시에 의해 기존 제품을 회수하는 비용도 무시할 수 없는 실정이다. 이러한 중요성을 고려할 때 단일 제품과 많은 제약조건을 가진 단순 모델을 기존 연구들의 기법과 방법론에 소프트웨어 에이전트를 구현하는 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다.

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, 최중민외, “인공지능_지능형 에이전트를 중심으로”,사이어텍미디어, 2000.1.
- [4] 한호영, “수출에 영향을 미치는 공급체인관리의 성과에 관한 실증적 연구(한국PC산업의 부품공급체계를 중심으로)”,충실대학교 대학원, 박사학위논문, 2000.12
- [5] Subrahmanyam Allamaraju외 14인공저, 최현호 역, “Java E-Commerce”, 2001.9
- [6] DAVID SIMCHI-LEVI, PHILIP KAMINSKY, 김태현, 문성암번역, “물류 및 공급체인 관리”,교보문고, 2001.
- [7] 최란아, “효율적인 상호참조를 지원하는 다중 에이전트 기반구조에 관한 연구”, 경기대학교 정보과학대학원, 석사학위논문, 2000.8
- [8] Mark S.FOX,MIHAI BARBUCEANU "Agent-Oriented Supply-Chain Management", The International Journal of Flexible Manufacturing System, DEC. 2000.
- [9] MARK E. NISSEN, "Agent-Based Supply Chain Integration", The International Journal of Flexible Manufacturing System, FEB. 2001.
- [10] Mark S.FOX,John F. Chiongol, "The Integrated Supply Chain Management System", Department of Industrial Engineering,University of Toronto, DEC. 7. 1993
- [11] Schlegal, Gregory L, “Supply Chain Optimization : A Practitioner's Perspective”, "Supply Chain Management Review", Winter,1999