

실시간 SCM 환경에서 능동적 할인 전략 기반의 지능형 에이전트 시스템

강전희[○], 홍명덕^{*}, 조근식^{**}

[○]인하대학교 정보공학과

^{**}인하대학교 컴퓨터정보공학과

e-mail: {newstars, hmdgo}@eslab.inha.ac.kr, gsjo@inha.ac.kr

Active Discounts Strategy based on Intelligent Agent System in Real-Time SCM Environment

Jun-Hee Kang[○], Myung-Duck Hong^{*}, Geun-Sik Jo^{**}

[○]Dept. of Information Engineering, Inha University

^{**}Dept. of Computer Science & Information Engineering, Inha University

● 요약 ●

생산자로부터 고객에 이르는 상품 공급 활동을 관리하는 경영기법인 공급사슬관리(SCM)는 기존의 폐쇄적이고 정적인 환경에서 개방적이고 동적인 환경으로 변화하고 있다. 이러한 변화에 대응하기 위한 실험이나 연구는 부족한 상황이다. TAC SCM은 동적인 SCM 환경에서 다른 경쟁자들과의 경쟁을 통하여 다양한 SCM 전략을 시험할 수 있다. 본 연구에서는 실시간 SCM 환경에서 능동적 할인 전략을 적용한 에이전트를 설계 및 구현하였다. 능동적 할인은 입찰 성공률에 따라 할인율을 변경하여 적용하여 항상 일정한 생산량을 보유했을 수 있도록 한다. 본 연구의 실험 결과에서 제안한 에이전트가 서버에서 제시한 Dummy 에이전트보다도 높은 수익과 안정된 생산을 할 수 있음을 보였다.

키워드: 지역사회교정(Community Correction), 재사회화(Community-Level Rehabilitation), 보호관찰제도(Probation)

I. 서론

공급사슬관리(Supply Chain Management, SCM)는 기업에서 제품과 부품의 생산자로부터 고객에 이르는 제품 계획, 원재료 구매, 제조, 배달 등 공급망에 관련된 구성 요소를 유기적으로 통합하여 불필요한 시간과 비용을 절감하려는 관리 기법이다[2].

오늘날의 SCM은 관련된 기업의 수가 점점 증가하고 경영의 글로벌화에 따라 공급사슬도 글로벌화 되고 있다. 이러한 환경에서의 공급사슬관리 변화는 시장의 수요에 적절하고 효과적인 방법으로 대응할 수 있는 기업의 능력에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 기업 경쟁력의 핵심이다[1,2].

기존의 SCM은 거래 파트너간의 계약에 따른 정적인 관계가 일반적이었으나 오늘날 고객의 요구사항이 다양화되고 업체 간의 경쟁 심화로 인한 불확실한 수요에 대한 속도와 유연성이 필요하다[5,7,9].

따라서 시장 변화에 따라 생산자와 고객의 보다 유연하고 동적인 환경에서의 실증적인 연구가 필요하다. 그러나 복잡한 공급사슬의 형태와 동적인 거래 환경을 효과적으로 지원하는 연구 모형의 수립이 어렵기 때문에 실증적인 연구가 어려운 실정이다[6].

본 논문에서 사용하는 TAC SCM은 간단한 게임 규칙이지만 자동화된 전략을 지닌 에이전트를 구현하여 다른 에이전트들과 경

쟁을 통하여 동적 환경에 대한 다양한 SCM 전략을 시험을 할 수 있다.

본 논문은 TAC SCM에서의 능동적 할인 전략을 적용한 에이전트를 설계 및 구현 한다.

II. 배경 지식

1. 배경지식

1.1 TAC SCM(Trading Agent Competition Supply Chain Management)

TAC SCM은 카네기 멜론 대학의 e-Supply Chain Management Lab과 Swedish Institute of Computer Science (SICS)에서 공동 설계한 공급사슬관리를 시뮬레이션하기 위한 게임이다.

TAC SCM은 정치, 경제, 문화 등의 간접적인 요인을 배제하고 구매자, 판매자, 제조업자 등의 직접적인 요인만을 변수로 고려한다. 간단한 규칙으로 급박하게 변화하는 상거래 환경을 에이전트 스스로가 적절한 판단을 내릴 수 있도록 구현하는 것을 목적으로 설계되었다[4,6,8,10].

TAC SCM은 그림 1과 같이 고객 - 제조업체(PC 조립) - 공급업체(PC 부품 제조 및 공급)의 3단계의 공급사슬환경으로 구성되

어있다. 6개의 제조업체들이 게임에 동시에 참여할 수 있으며 에이전트로 구현된다[6].

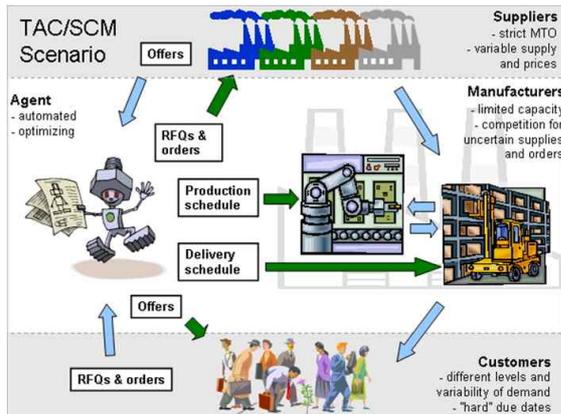


그림 1. TAC SCM 시나리오
Fig. 1. TAC SCM Scenario

시나리오는 다음과 같다. 고객은 제조업체 즉, 에이전트들에게 구매하고자 하는 PC의 모델, 수량, 구매가격, 납기일의 내용이 담긴 RFQ를 보낸다. 에이전트들은 고객으로부터 받은 RFQ 중 원하는 RFQ에 대해 판매 가격을 제시하여 고객에게 입찰한다. 이때 RFQ에 명시된 PC의 모델, 수량, 납기일은 반드시 만족시켜야 하며, 고객이 제시한 가격을 초과할 수 없다. 고객은 6개의 에이전트가 제시한 Offer들 중 최저 가격을 제시한 에이전트에게 Order를 낸다. 입찰을 받은 에이전트는 주문 받은 PC를 생산하기 위해 8개의 공급업체로부터 CPU, 마더보드, 메모리, 디스크 드라이브의 부품을 조달하여 제품을 조립해야 한다. 부품의 조달 과정은 에이전트가 공급업체에게 RFQ를 보내고, 공급업체들이 제시한 Offer들 중 최저 가격을 제시한 공급업체에게 Order를 낸다. 부품이 조달되면 에이전트는 부품들을 조립하여 고객이 원하는 납기일 내에 해당 제품을 배송하면 은행 잔고가 생긴다. 만약 납기일을 초과할 경우 가격의 일정비율이 벌금으로 부과되며 납기일로부터 5일을 초과하면 해당 주문은 취소된다.

TAC SCM에서는 하루가 15초이며 총 220일 동안 게임이 진행된다. 따라서 에이전트는 15초 이내에 고객으로부터 받은 RFQ들 중에 입찰할 RFQ를 정해서 가격을 제시하여 입찰해야 한다.

에이전트 및 공급업체의 일일 생산능력은 2000사이클로 한정되어 있기 때문에 게임에서 승리하기 위한 부품 조달, 배달 등의 계획 전략과 알고리즘을 게임 환경에 맞게 수립해야 한다.

에이전트가 판매한 금액은 은행 잔고로 쌓이게 되며, 부품 구매 비용, 재고 유지를 위한 창고 사용비용, 납기일을 초과로 인한 벌금, 밀린 금액에 대한 이자 등이 차감된다. 220일이 지나고 게임이 끝났을 때 은행 잔고가 가장 많은 에이전트가 최종 승자가 된다.

III. 본론

1. 실시간 SCM 환경에서 능동적 할인 전략 기반의 지능형 에이전트 시스템

에이전트는 Supply Manager, Demand Manager, Inventory Manager로 구성된다. 각각의 Manager들은 부품을 저렴하게 공급하고, 구매자의 수요를 분석하여 수요에 맞는 가격 제시와 원활한 공급을 위해 설계되었다.

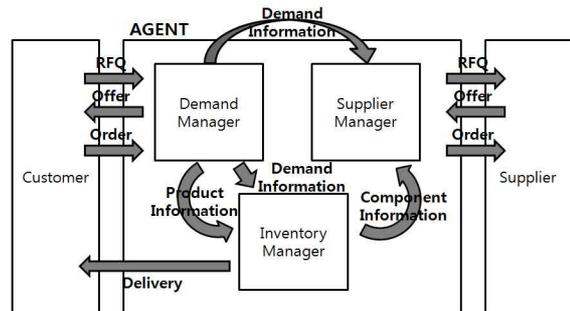


그림 2. 에이전트 구조
Fig. 2. Structure of Agent

1.1 Demand Manager

Demand Manager는 고객의 수요를 파악한다. 구매자의 RFQ를 넘겨받아 각 제품 대한 수요를 분석하여 Supply Manager에게 제공한다. 또한 고객의 RFQ 정보를 Inventory Manager에게 전달하여 조립 및 배송한다.

1.2 Supply Manager

Supply Manager는 공급업체로부터 부품의 RFQ와 Order를 제공한다. Demand Manager로부터 고객의 수요 정보를 받아 공급업체들로부터 부품을 구매한다. 이 때 RFQ를 활용하여 구매 가격 상한선을 만들어 최대한 낮은 가격으로 부품을 구매한다. 또한 Supply Manager는 구매한 부품의 수량 정보를 Inventory Manager에게 제공한다.

1.3 Inventory Manager

Inventory Manager는 물품의 재고 상황을 파악하고 Demand Manager로부터 받은 고객의 RFQ를 받아 물건을 조립하고 배송한다. Inventory Manager는 재고 정보를 이용하여 제품의 가격을 결정한다.

2. 에이전트 정책

제안한 에이전트 정책은 고객이 제시한 납기일이 최소 7일의 여유가 있는 RFQ에 대하여 Offer를 제시한다. 이때의 Offer 금액에 대한 할인율은 다음 그림 3의 함수에 의하여 결정된다.

```

Function GetOfferPriceRate()
BEGIN
IF ((Duedate - t) ≥ 7)
THEN
IF (d = 0)
OfferPriceRate0 = 0.9;
ELSE
IF (OfferAcceptedRatet-1 < 0.5)
THEN OfferPriceRatet = OfferPriceRatet-1 - 0.02;
ELSE
OfferPriceRatet = OfferPriceRatet-1 + 0.01;
IF (OfferPriceRatet < 0.8)
THEN OfferPriceRatet = 0.8;
IF (OfferPriceRatet > 0.9)
THEN OfferPriceRatet = 0.9;
return OfferPriceRate;
END

d : 게임 진행 일자 (0 ≤ d ≤ 219)
t : 현재 날짜
OrderedCyclet : 현재 총 생산 사이클
OfferPriceRated : d 일자의 할인율
OfferAcceptedRated : d 일자의  $\frac{Order\ Count_d}{Offer\ Count_d}$  비율
    
```

그림 3. GetOfferPriceRate 함수
Fig 3. Function GetOfferPriceRate

처음 시작하는 0일에는 기본 가격의 0.9배의 할인율을 적용한다. 게임이 진행되면서 입찰 성공에 따라 할인율을 변경한다. 여기서 할인율은 80% ~ 90%의 범위를 넘지 않는다. 이 수치는 최소의 이윤과 입찰에 성공한 최대 이윤의 수치를 실험을 통하여 정하였다. 실제 입찰할 금액 다음 식에 의하여 구해진다.

$$BasePrice_i = Bom_i \cdot Cost_{i,j} \quad (1)$$

$$OfferPrice_r = BasePrice_i \times OfferPriceRate_t \quad (2)$$

식 (1)의 BasePrice_i는 제품 i의 단가를 의미하며, Bom_i는 제품 i의 부품 목록, Cost_{i,j}는 제품 i에 대한 부품 j들의 가격 총합을 나타낸다[3]. 식 (2)의 실제 입찰할 금액인 OfferPrice는 식 (1)에서 구한 BasePrice에 그림 3의 함수로 구한 OfferPriceRate를 곱하여 구한다.

납기일을 초과할 경우는 그림 4의 예외 처리에 의하여 생산량을 줄인다.

```

BankStatus bank = getCurrentBankStatus();
long t_penalty = bank.getTotalPenaltyAccount();
BEGIN
IF(t_penalty > 2400)
OfferPriceRatiod = 0.90;
END
    
```

그림 4. 패널티에 대한 예외처리
Fig 4. Exception for Penalty

패널티 처리의 기준 값인 2400은 10경기 동안의 총 패널티 금액에 배송된 제품 개수를 나눈 평균치이다. 이것을 초과할 경우에는 입찰 받는 주문량을 줄인다.

3. 구현 및 실험

TAC SCM의 서버와 샘플 에이전트는 TAC SCM 홈페이지에서 다운로드할 수 있다. 에이전트는 JAVA를 통해 구현된다[10,11].

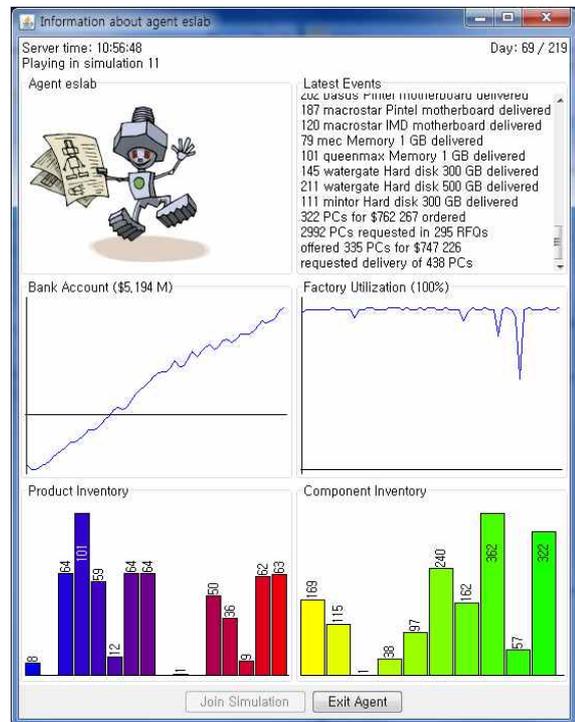


그림 5. 에이전트 실행 화면
Fig 5. Agent Screen Shot

4. 실험

TAC SCM 게임을 서버 측에서 제공되는 5개의 Dummy 에이전트와 함께 30번을 진행한 결과는 그림 6과 같다. 그림 6은 30게임 동안의 제안한 에이전트, 최저 수익의 Dummy 에이전트와 최고 수익의 Dummy 에이전트의 수익을 나타낸다. 제안한 에이전트는 최고 수익의 Dummy 에이전트에 비하여 평균적으로 660%, 최저 280%에서 최고 1300%의 수익을 보였다.

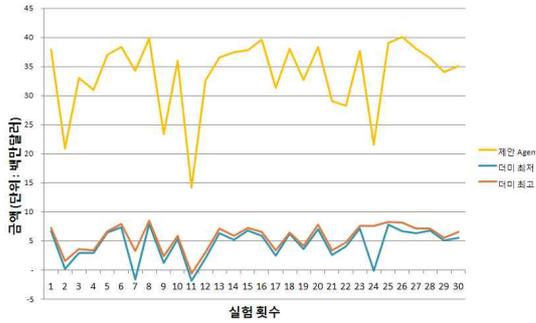


그림 6. Dummy와 제안 에이전트의 수익 비교
Fig 6. Comparison of the profits

또한, 지난 기간의 제시한 Offer 대비 입찰 성공률을 가지고 할 인율을 변경하기에 그림 7과 같이 Offer 와 Order의 그래프가 비슷하게 나타났다.

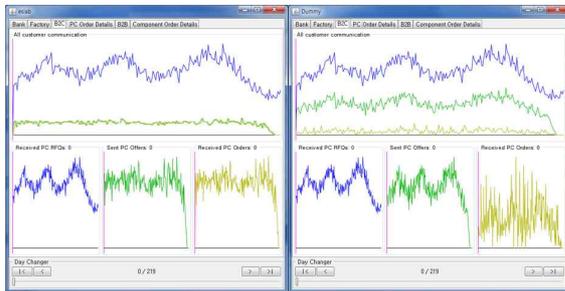


그림 7. Dummy와의 입찰 성공률 비교
Fig 7. Comparison of the Order Accepting

이것은 불확실한 수요에 따른 시장 환경을 반영하여 입찰을 하기 때문에 입찰 성공률이 항상 안정적으로 나타난다.

IV. 결론 및 향후 연구

본 논문은 TAC SCM 게임을 통하여 실시간 SCM 환경에서의 능동적 할인을 적용한 지능형 에이전트를 제안하였다. 현재 생산량과 납기일을 판단하여 RFQ를 선택하고, 현재 입찰 성공률을 통한 시장 환경을 반영하여 할인율을 적용하였을 때 서버에서 제공한 Dummy 에이전트 보다 안정적인 생산과 약 660%의 수익 향상을 보였다. 그러나 본 논문에서 구현한 주문 생산 방식은 부품 공급이 제대로 이루어지지 않을 경우 납기일 초과로 패널티가 발생하였다. 이러한 경우에 Offer의 할인율을 변경하여 생산량을 조절하여 패널티에 대한 예외처리를 하였다.

따라서 향후 이러한 문제를 해결하기 위해서는 어느 정도의 재고를 유지하는 재고 기반의 생산 방식을 적용하는 다양한 방법론들을 시뮬레이션하여 최적의 방법론에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 정석찬, 박기남, 石黑榮治, 전자상거래 인프라를 활용한 글로벌 SCM(Supply Chain Management) 모델 구현에 관한 연구, 한국전자거래학회지, 한국전자거래학회, Vol.7, No.3, pp.121-137, 2002
- [2] 장형욱, 이상식, 박병권, 공급사슬구조에 따른 SCM 활동과 경영성과에 관한 연구, 2005 추계학술대회, 한국정보시스템학회, pp.261-274, 2005
- [3] D. A. Burke, K. N. Brown, A Constraint Based Agent for TAC-SCM, In Proceedings of the 11th International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming 2005, Vol 3709 of LNCS
- [4] D. Pardoe, P. Stone, An Autonomous Agent for Supply Chain Management. Business Computing, Emerald Group Publishing Limited, 2009
- [5] H. L. Lee, aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties, California Management Review, Vol. 44, No.1, pp.105-119, 2002
- [6] J. Collins, R. Arunachalam, N. Sadeh, J. Eriksson, N. Finne, and S. Janson. The Supply Chain Management Game for the 2007 Trading Agent Competition. Technical Report CMU-ISRI-07-100, Carnegie-Mellon University, 2006.
- [7] M. Fisher, What is the Right Supply Chain for Your Product?, Harvard Business Review, March-April, pp.105-115, 1997
- [8] R. Arunachalam and N. Sadeh. The Supply Chain Trading Agent Competition. Electronic Commerce Research Applications, Vol.4, No.1, 2005.
- [9] R. Cigolini, M. Cozzi, M. Perona, A new Framework for Supply Chain Management : Conceptual Model and Empirical Test. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 24, No. 1, pp.7-41, 2004
- [10] SICS : Trading agent competition Website
<http://www.sics.se/tac>
- [11] TAC SCM Java API Website
<http://www.sics.se/tac/docs/tacscm/javadocs/>