

# 통합 주문/재고관리와 재고 재분배를 통한 재고 효과에 관한 연구

서창현, 김경섭  
연세대학교 정보산업공학과 / seosol00105@hanmail.net

## Abstract

전통적인 공급체인에서 많은 기업이 운영하고 있는 통제 방법 중 공급자가 다수 하류계층의 주문에 대해서 개별적인 처리방식으로 주문을 파악하고 공급하는 방식을 가지고 있다. 또한, 그 분배과정에 있어서는 하류계층 각각의 주문량을 근거로 공급하고 그에 대한 재고 관리도 하류계층의 주문에 따른 할당량에 따라 관리가 이루어지는 경우가 있다. 하지만 이러한 재고 관리 시스템은 전체 시스템의 관점에서 불필요한 재고 낭비를 가져오며 통합 주문/재고 관리를 통해 이 단점을 극복할 수 있다. 또한, 여러 하류계층의 수요로 인해 발생하는 재고 수준의 차이는 전체적인 공급체인의 입장에서 주문의 불균형을 유발하고 결과적으로 재고 관리의 비효율성을 가져올 수 있다. 이러한 경우에는 각 하류계층간의 재고의 재분배를 통해 주문량과 재고 보유수준의 불균형을 해소하고 전체 공급체인에서의 재고 관리 효율성을 취할 수 있다. 이 논문에서는 공급체인에서 이러한 두 가지 논점에 대한 문제점과 그 해결방안의 효율성을 System Dynamics를 이용한 시뮬레이션 결과를 통해 분석하고자 한다.

## 1. 서론

통합 주문/재고 관리와 재고 재분배에 관한 연구는 Chandrasekhar Das[1]에 의해서 진행된 연구로 Periodic Review를 사용하는 공급체인에 있어서의 공급과 재분배의 법칙에 관한 연구로부터 시작되었다. 이어서 Hau L. Lee[4]와 Sven Axssater[5]에 의해 한 지역에서의 재고 부족으로 인해 발생할 수 있는 품질을 인접 지역의 재고를 통한 긴급 수송을 통해 극복할 수 있는 방법론에 대한 연구가 진행되었다. 또한, Ki Ling Cheung과 Hau L. Lee[9]에 의해 선적의 통합과 공급체인에 있어서의 전체 재고에 대한 재고조정을 통해 얻을 수 있는 재고 효과에 관한 연구가 진행되었다. 이러한 연

구들은 모두 재분배 방법론에 있어서 한 지역에서의 재고 수준이 수요보다 적을 경우 그 부족 부분에 대한 할당이 이루어짐을 기본 가정으로 하고 있으며 수학적인 모델링을 이용한 접근 방법을 사용하고 있다.

이 논문에서는 공급체인 내에서의 주문, 배송, 그리고 할당에 있어서 사용될 수 있는 다양한 방법론 중 주문/재고 관리의 통합과 재고 재분배를 통해 얻을 수 있는 재고효과에 관해 시뮬레이션을 통한 결과를 이용하여 분석하였다.

## 2. 본론

주문과 재고 관리의 통합은 여러 Retailer들의 수요를 전체적으로 파악하고 이를 종합하여 관리하는 시스템을 말하며 이와 같은 방법은 재고 할당에 소요되는 인력과 시간의 소요를 줄이고 통합 재고 시스템을 통해 보유 재고를 줄일 수 있다. 또한, 재고 재분배는 여러 제대별 재고 보유수준을 파악하고 그 수준차이를 줄임으로써 한 Retailer에서 발생할 수 있는 품질의 횡수를 줄일 수 있으며 Retailer간의 수요 차이로 인해 발생할 수 있는 보유 재고의 불균형을 해소하고 각 Retailer간의 평준화된 재고 보유를 통해 갑작스런 일부 Retailer의 과다 주문을 피함으로써 더욱 커질 수 있는 재고 불균형을 해소할 수 있다.

제품의 Retailer간 주문/재고 관리기능이 분리되어 있는 공급체인의 경우 독자적인 재고수준 계산이 수행되어 채찍현상이 나타날 수 있다. 또한 재고 관리 과정에 있어 주문에 의한 다수 하류 계층으로의 할당을 상류 계층에서 관리하며 하류계층 A의 재고를 하류계층 B에 공급할 수 없는 별도 관리 시스템(Retailer사이의 재고 재분배를 허용하지 않는 경우)은 Retailer간의 수요에 따른 재고 불균형을 초래할 수 있다. 이러한 재고 관리 시스템은 일부 기업에서의 운영하고 있는 주문/재고관리 통합 시스템과 비교했을 때 큰 비효율성을 가져올 수 있으며 이러한 관점에서 이 논문에서는

전통적 재고수준 파악 및 관리 방법의 문제점을 분석하고 이의 해결방안으로 위에서 제시한 두 가지 방법론에 대한 효율성을 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 시뮬레이션을 이용하여 제시하는데 그 목적이 있다.

## 2.1 시스템 다이내믹스 모델링

### 2.1.1 기본 가정

- (1) 모델 전체의 시간은 주(Week)를 기준으로 하며 시뮬레이션 시간은 256주 동안 시행한다.
- (2) 공급체인은 무한한 재고를 보유한 외부 공급자, Supplier, 그리고 3개의 Retailer의 3단계 시스템을 고려한다.
- (3) Retailer에 할당되어 가용한 예산과 제품에 대한 가격은 순수한 재고효과의 검토를 위해 고려하지 않으며 수요에 따라 요구되는 전량의 제품이 확보 가능하다.
- (4) 모델 구축시의 전체적인 변수는 다음과 같다.

내재 변수	외생 변수	배재 변수
·년 수요 ·공급 한도량 ·목표재고 ·재주문점 ·재고수준 ·자산 ·불출한도량 ·누적공급량	·고객 주문	·제품 가격 ·조달 예산

표 4-1. 공급체인 모델영역도표

- (5) 고려되는 제품은 단일제품에 한정하며 일정한 시간마다 교환을 해주어야 하는 주기성 교환 품목으로 가정한다.(고객 주문=NORMAL(53.2, 107.5, 85.7, 32.7, NOISE SEED))
- (7) 재고 재분배는 그 효율성의 극한값을 파악하기 위해 3개의 Retailer간의 재고 수준을 평균화시킨다.

## 2.2 공급체인 인과지도

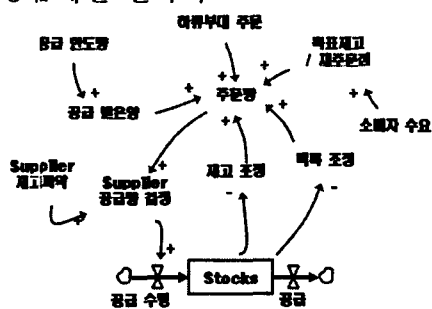


그림 2-1. 공급체인 인과지도

위 가정을 근거로 공급체인의 인과지도를 도식화하면 그림 2-1과 같다. Stocks는 그 수준이 점차 증가하는 재고량으로 설정하였으며

이는 하나의 Supplier에서 수령하는 공급량에서 Retailer로 공급하는 공급량의 차이를 시간에 따라 축적한 값이 된다. 또한, 그 Supplier의 주문량은 목표재고와 Retailer의 주문량, 공급한도량을 통해 결정되며 이러한 피드백 구조를 통해 Supplier의 공급량이 결정되며 이는 재고량으로 누적되게 된다. 또한, Retailer의 공급량을 통해 재고량에서 차감된 값이 현재의 재고수준이다. 목표재고와 하류계층의 주문량, 공급한도량을 고려하여 주문량을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

```
IF THEN ELSE ("Retailer 재주문점">=
"Retailer 자산":AND:"Retailer 불출한도량">=
"Retailer 누적 공급량", "Retailer 백률수준"+
"Retailer 재고 조정량",0 )
```

\* Retailer자산 = "Retailer 재고수준"- "Retailer 백률"  
 Retailer 누적 공급량 = "Retailer 누적 공급 유입량"  
 - "Retailer 누적공급 유출량"  
 Retailer 재고 조정량  
 = "Retailer 목표재고"- "Retailer 재고수준"

이러한 인과관계 도표를 바탕으로 흐름도로 바꾸고 수식과 초기값을 입력하여 이 논문에서 제시하고자 하는 공급체인의 3가지 방법론을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 개별 주문/재고 관리
- (2) 통합 주문/재고 관리
- (3) 재고 재분배 고려

이러한 방법론을 토대로 한 공급체인의 모델링 구조는 다음과 같다.

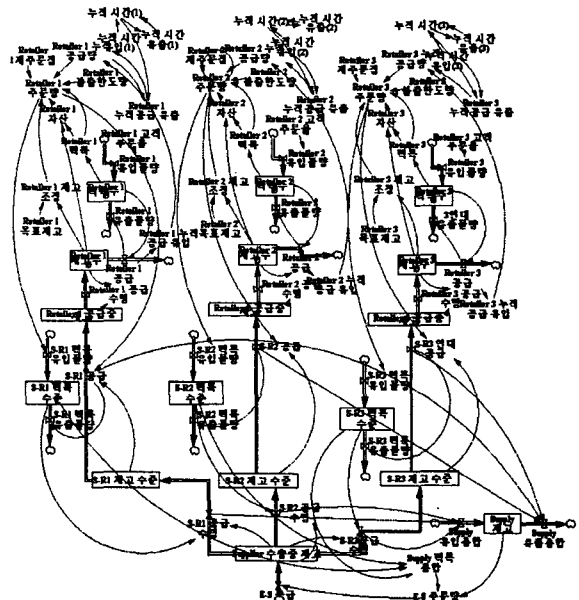


그림 2-2. 개별 주문/재고 관리 모델링

### 3. 실험 결과

공급체인 전체의 성과를 측정하기 위해 제시한 3가지 모델에 대해서 재고 수준과 백록을 기

$$Cost = \int (Inventory + Backlog) dt \times Cost / Unit$$

\*가정 : cost/unit = \$100

초로 하여 공급체인의 비용을 계산하였다. 3가지 모델에 대한 Supplier의 재고수준과 Retailer의 재고수준을 비교하면 그림 3-1, 3-2의 결과를 얻을 수 있다. 이러한 결과는 주문과 재고를 통합 관리하는 경우에는 한 Retailer에 할당된 재고가 다른 Retailer로 다시 할당되어 그 시기에 적절한 재 할당을 해줄 수 있으며 주문에 있어서도 각 Retailer의 주문을 별도 관리하여 주문을 하게 됨으로써 발생하는 불필요한 중복주문의 비효율성을 해결할 수 있다.

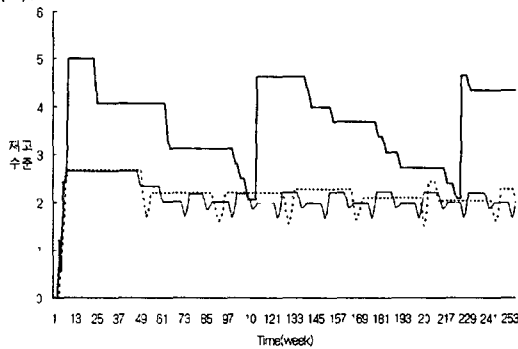


그림 3-1. 시스템별 Supplier 재고보유 수준  
단위 : 만

위 그래프에 대한 3가지 모델에 대한 Supplier 평균 재고량은 다음 표 6-1과 같이 개별 주문/재고 관리의 경우의 평균 재고량이 현저히 많으며 통합 주문/재고 관리의 경우와 재고 재분배를 고려한 경우의 Supplier 평균 재고량이 거의 비슷한 수준을 나타내고 있으나 미소한 양으로 재고 재분배를 고려한 경우가 낮은 재고 수준을 유지함을 알 수 있다.

시스템	Supplier 평균 재고량/주
개별 주문/재고 관리	36,245
통합 주문/재고 관리	21,598
재고 재분배 고려	21,046

표 3-1. 시스템별 Supplier 평균 재고량

또한, 다음 그림 3-2에서는 3가지 시스템에 대한 Retailer의 재고 수준을 나타내고 있다. 그 그래프에서 재고 재분배를 고려했을 경우에는 다른 두 시스템에 비해 낮은 재고수준을 유지하고 있음을 알 수 있다. 이 그래프에서 Retailer의 평균 재고량을 살펴보면 표 3-2의 결과를 얻을 수 있다. 여기에서는 통합 주문/재고 관리를 고려한 경우가 개별 주문/재고관리를 고려한 경우보다 다소 높은 재고수준을 보유하는 것을 보여준다. 이 결

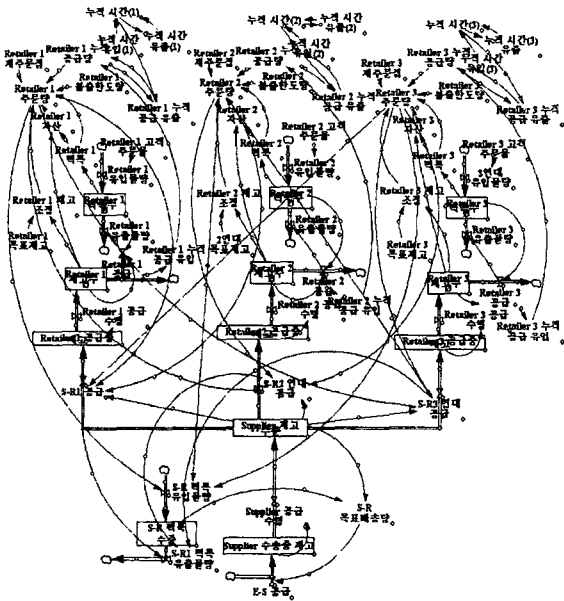


그림 2-3. 통합 주문/재고 관리 모델링

\* 통합주문/재고관리에 의한 공급량은 다음과 같다.

IF THEN ELSE(Supplier재고수준>Retailer1 주문량+Retailer2 주문량+Retailer3 주문량, Retailer i 주문량, Supplier재고수준\*Retailer i 주문량/(Retailer1 주문량+Retailer2 주문량+Retailer3 주문량))

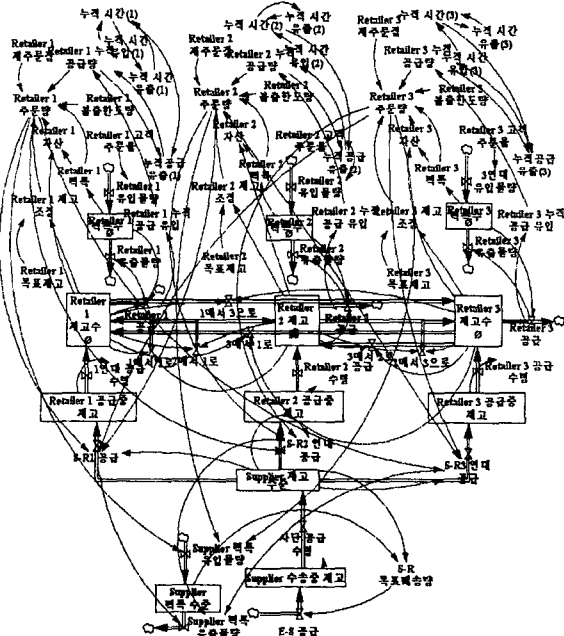


그림 2-4. 재고 재분배 고려 모델링

\* Retailer간의 재분배량은 다음과 같다.

IF THEN ELSE(Retailer 1 재고수준>Retailer 3 재고수준, (Retailer 1 재고수준-Retailer 3 재고수준)/2, 0)

과를 통해 전자의 경우가 Retailer에서는 미소하게 비효율적인 재고 시스템을 보이나 Supplier 재고 수준과의 통합 재고수준을 통해 전체 시스템의 효율성을 평가할 수 있을 것이다.

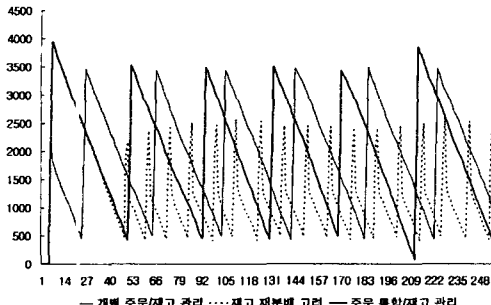


그림 3-2. 시스템별 Retailer 재고보유 수준  
단위 : 개

시스템	Retailer 평균 재고량/주
개별 주문/재고 관리	1,889
통합 주문/재고 관리	1,964
재고 재분배 고려	1,237

표 5-2. 시스템별 Retailer 평균 재고량 위의 결과를 토대로 전체 시스템의 효율성을 평가하기 위해 비용에 의한 비교 분석결과는 표 3-3, 이에 대한 그래프는 다음 그림 3-3과 같다.

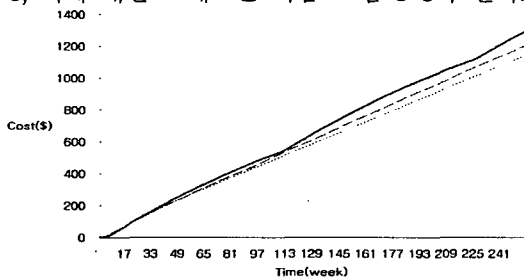


그림 3-3. 시스템별 비용 추정 및 비교  
단위 : 백만  
단위 : 원

시스템	평균 비용/주
개별 주문/재고 관리	644,968,605
통합 주문/재고 관리	606,491,061
재고 재분배 고려	580,104,952

표 3-3. 시스템별 평균 비용 위의 전체 비용에 대한 표, 그림을 통해 제시된 3가지 모델의 효율성을 비교해 본 바에 의하면 재고 재분배를 고려한 경우가 통합 주문/재고 관리의 경우보다, 통합 주문/재고 관리의 경우가 개별 주문/재고 관리의 경우보다 낮은 비용을 유지할 수 있다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 공급체인 성과의 직접적인 영향을 미치는 주요 요인인 재고관리 정책에 있어서 개

별 주문/재고 관리 시스템과 그 개선안으로 제시될 수 있는 통합 주문/재고 관리 시스템과 재고 재분배를 고려한 시스템간의 효율성을 시스템 다이나믹스로 모델링하고 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 이 논문에서 고려한 공급체인은 가격 변동에 영향을 받지 않으며 주어진 가정에 의한 수요를 따르는 소모성 제품이라는 특수성을 고려한 상황에서 분석을 하였으며 시사하는 바를 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 개별 주문/재고관리로 인해 발생할 수 있는 시스템 내의 재고수준의 증가를 통합 주문/재고관리를 통해 감소시킬 수 있다.

둘째, Retailer간의 수요로 인해 발생할 수 있는 재고 불균형과 갑작스런 대량 주문을 재고 분배를 통해 해결하고 이를 통해 전체 재고수준을 감소할 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] Chandrasekhar Das, "Supply and Redistribution Rules for Two-Location Inventory Systems : One-period Analysis", *Management Science*, Vol.21, No.7, pp.765-776, 1975.
- [2] Kenneth R. Baker, Michael J. Magazine and Henry L. W. Nuttle, "The Effect of Commodity on Safety Stock in A Simple Inventory Model", *Management Science*, Vol.32, No.8, pp.980-988, 1986.
- [3] H. Jonsson and E. A. Silver, "Analysis of Two-Echelon Inventory Control System with Complete Redistribution", *Management Science*, Vol.33, No.2, pp.215-228, 1987
- [4] Hau L. Lee, "A Multi-Echelon Inventory Model for Repairable Items with Emergency Lateral Transshipments", *Management Science*, Vol.33, No.10, pp.1302-1317, 1987.
- [5] Sven Axssater, "Modelling Emergency Lateral Transshipments in Inventory Systems", *Management Science*, Vol.36, No.11, pp.1329-1339, 1990.
- [6] Kevin Y.K. NG and M. Natalie Lam, "Centralized and Decentralized Purchasing with Quality Inspections", *J. Opl Res. Soc.*, Vol.42, NO.11, pp.949-958, 1991.
- [7] Linda K. Nozick and Mark A. Turnquist, "Integrating Inventory Impacts into a Fixed-Charge Model for Locating Distribution Centers" *Transpn Res.-E*, Vol.34, No.3, pp.173-186, 1998.
- [8] Nils Rudi, Sandeep Kapur and David F. Pyke, "A Two-Location Inventory Model with Transshipment and Local Decision Making", *Management Science*, Vol.47, No.12, pp.1668-1680, 2001.
- [9] Ki Ling Cheung and Hau L. Lee, "The Inventory Benefit of Shipment Coordination and Stock Rebalancing in A Supply Chain", *Management Science*, Vol.48, No.2, pp.300-306, 2002.