韓國經營科學會誌
第30卷 第1號
2005年 3月

공급사슬의 서비스 개선을 위한 효과적인 Lateral transshipment 정책

전영상* · 이영해* · 정정우*

An Effective Lateral Transshipment Policy to Improve the Service Level in the Supply Chain

Young Sang Jeon* · Young Hae Lee* · Jung Woo Jung*

Abstract

There is the uncertainty of demands at each retailer in the supply chain. To satisfy customers' demand, retailer must have enough inventory. Nevertheless, stockout is occurred for some retailers. A lateral transshipment policy can be effectively used to deal with stockout. The new lateral transshipment policy, referred to service level adjustment (SLA), is suggested. The difference between SLA and previous policies is the integration of an emergency lateral transshipment with a preventive lateral transshipment to efficiently respond customers' demand in the proposed policy. Additionally, the service level to decide the quantity of products is considered. Simulation experiment is executed to treat stochastic factors in the two-echelon supply chain. The proposed policy can reduce total cost and is more effective to the change of demand, penalty cost, and ordering cost than the currently used policies.

Keyword : Supply Chain, Lateral Transshipment, Service Level

1. 서 론

공급사슬을 구성하는 소매업자들은 고객 수요의 높은 불확실성에 직면해 있다. 만약, 공급자로부터의 제품 보충 리드 타임은 길고 소매업자들은 서로 근거리에 위치하거나, 소매업자가 재고 부족을 방

논문접수일 : 2004년 1월 6일 논문게재확정일 : 2004년 11월 11일
* 한양대학교 산업공학과

지하기 위한 새로운 창고의 건설과 운영 비용이 많이 소요되는 경우에는 Lateral transshipment가 효과적인 대안으로 사용될 수 있다. Lateral transshipment는 어떤 소매업자가 자신의 재고로 수요를 충족시키지 못하거나, 큰 위험의 존재로 인하여 막대한 손실이 예상되는 경우에 재고를 보유한 가까운 위치의 다른 소매업자들로부터 재고를 보충 받는 정책이다. 과거 이 정책은 군사분야의 항공기 부품 공급 등에 적용되었다. 하지만, 이 정책을 일반 기업이 적용하는 경우에는 기업간 혹은 기업내부의 부서간에 서로의 이해관계가 맞물려 있는 상황에서 정보의 단절과 이해 부족으로 인하여 신속한 처리를 기대하기 어려울 수가 있다. 그러나, 정보 시스템으로 연결된 거대 소매업자의 출현은 소매업자의 많은 분점들간의 이해 관계를 중앙 통제할 수 있게 하므로 Lateral transshipment를 이용하여 서비스의 개선과 비용 감소를 기대할 수 있게 되었다.

Lateral transshipment 는 크게 2 가지로 나눌 수 있다. 먼저, ELT(Emergency lateral transshipment)는 재고 부족이 발생한 소매업자에 대하여 다른 소매업자가 재고를 긴급히 보충해 주는 정책이다[1]. 다음으로, PLT(Preventive lateral transshipment)는 수요가 실현되기 전에 미래의 재고 부족을 예상하여 소매업자들 사이의 재고 재분배를 통하여 위험을 감소시키는 정책이다[2]. 이들을 대조해보면 ELT는 현재 실현된 재고 부족에 대응하는 것이 목적이고, PLT는 미래 재고 부족을 예방하여 위험을 감소시키는 것이 목적이다.

Lee[1]는 공장, 중앙창고와 지역창고들로 이루어진 공급사슬에서 그룹으로 구성된 지역창고들 사이에 ELT를 적용하는 모형을 제시했다. 수요가 지역창고의 보유 재고로 만족되지 못한다면 ELT를 실시하고, ELT로도 충족되지 못한 수요는 지연 주문 처리된다. 보유 재고로부터 만족된 수요의 비율, ELT에 의해서 만족된 수요의 비율과 지연 주문 처리에 의하여 만족된 수요의 비율에 대하여 근사식들을 다루었고, Lateral transshipment를 적용하는 경우 총비용의 감소를 기대할 수 있음을 밝혔다. Axäster[3]는 Lee[1]와 비슷한 시스템을 분석했다. 그러나, 각각의 그룹에 속하는 지역창고들이 동일하지 않는다는 차이가 존재한다. 재고 보충 시간은 지수 분포로 가정하여 분석적 모형을 세우고 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 동일하지 않은 지역창고가 존재하는 경우 Axäster[3]의 모형이 좋은 결과들을 보였다. Bertrand와 Bookbinder[4]가 제시한 Redistribution 정책은 재고 보충 바로 전 기간 끝 시점에 소매업자들의 한계비용이 같아지도록 총 비용이 최소가 되는 재고 재분배를 실시한다. 그러나, 재고 보충 바로 전 기간의 끝 시점에서만 재고 재분배가 일어나므로 재분배 시점 이전의 재고 부족에 대응하지 못하는 단점이 있다. Banerjee 외 2[5]가 제시한 2 가지 정책 중 하나인 TBA(Lateral transshipment based on availability)는 재고 수준이 Lateral transshipment가 필요한 일정 기준 이하의 재고량을 보유한 소매업자와 재고 수준이 일정 기준보다 높은 소매업자가 있을 경우, 소매업자들의 재고 요구량과 보충 가능량을 계산하고 전체 재고 요구량 또는 보충 가능량이 0이 될 때까지 재고 재분배를 하는 방법이다. 그러나, 재고 요구량 또는 보충 가능량의 부적절한 설정으로 원활하지 못한 재고 재분배가 발생할 수 있다. 다른 하나의 Lateral transshipment 정책인 TIE(Lateral transshipment for inventory equalization)는 일정 수준 이하의 재고를 보유한 소매업자가 있는 경우 모든 소매업자들에 대하여 전체 평균 수요량에 대한 각각의 평균 수요량의 비율로 재고 재분배를 하게 된다. 그러나, 재고 보충 주기 내에 한 번의 재고 재분배를 실시하기 때문에 재분배 이후에 발생하는 재고 부족에 대응할 수 없는 문제가 발생한다. 이들을 정리하면, 기존 정책들은 Lateral transshipment를 결정하는 시기가 제한적이어서 재분배 이전 혹은 이후 시점에서 발생하는 제품 부족에 대한 준비가 불가능하거나 보충되는 제품의 양을 부적절하게 결정할 수 있는 가능성이 존재한다.

분석적 모델링에 포함된 복잡도와 공급사슬경영 문제들의 해법에 대한 관점에서 일부 연구들은 휴

리스틱 근사법을 비롯하여 시뮬레이션 접근법을 시도하고 있다[5]. 최적의 Lateral transshipment를 위한 전통적 수리 모델의 수립과 해법은 정확한 해법은 매우 시간 소모적이며 구현하기 어려우며[6], Transshipment는 미래 보충의 크기와 시간의 변화를 포함하는 파생적인 영향이 존재하기 때문이다[7]. 그래서, 본 논문에서는 제안하는 Lateral transshipment 정책의 효과를 비교하기 위하여 시뮬레이션 접근법을 사용한다.

전체 시스템에 대하여 소매업자들의 보유 재고 수준을 Lateral transshipment 정책의 기준으로 사용한다면 문제가 발생할 수 있다. 서비스 수준은 미래 수요와 현재 재고량을 동시에 고려하여 측정하고, 재고 부족의 정도를 객관적으로 제시해 주기 때문에 Lateral transshipment의 수행 기준으로써 사용될 수 있다. <표 1>에는 기존 문헌에서 정의된 서비스 수준이 정리되어 있다. 본 논문에서는 서비스 수준을 새로 제안하는 Lateral transshipment 정책에 부합하도록 정의하고 수행 판단 기준으로 활용한다.

본 연구에서는 단일 공급자와 다수의 소매업자들로 구성된 공급사슬에서 서비스 수준을 기준으로 소매업자들이 수요에 대하여 효과적으로 대처하기 위하여 ELT와 PLT가 결합된 새로운 Lateral transshipment 정책인 SLA(Service level adjustment)를 제안한다. 이는 각각의 정책을 결합함으로써 재고 부족의 발생을 미리 예측하여 대처하며 실제로 발생한 재고 부족을 효과적으로 대응하는 것을 목표로 한다. SLA의 수행 기준으로 새롭게 서비스 수준을 정의하며, 시뮬레이션을 통해 기존 Lateral transshipment 정책들과 비교한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 서비스 수준인 SLRP(Service level in remaining period)를 이용한 SLA(Service level adjustment)를 제안한다. 3장에서는 시뮬레이션을 통하여 총 비용을 기준으로 수요와 비용의 변화에 따른 SLA 정책과 기존 정책들을 비교한다. 끝으로 4장에서는 결론과 추후 연구 과제를 제시한다

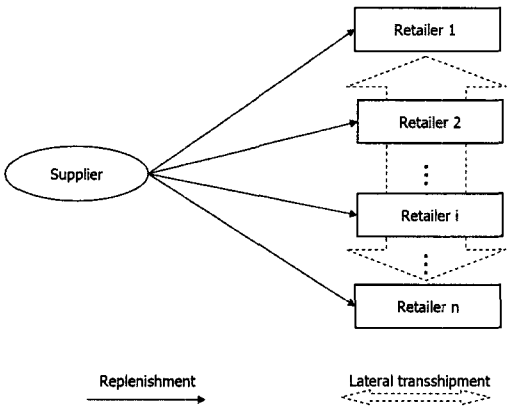
2. Service level adjustment

본 연구는 상위 단계의 단일 공급자와 하위 단계의 여러 소매업자들로 구성된 2 단계 공급사슬에서 높은 품절 비용을 갖는 단일 품목을 대상으로 한다 <그림 1>. 소매업자들의 수요는 소매업자와 기간에 독립적이며, 안정화된 정규 분포를 따른다. 정기 발주 시스템을 채택하고 있는 소매업자들은 서로 가까이 위치하고 있으며, 고객의 수요는 해당 기간의 보유 재고로 충족된다. 재고 보충 주기 내에 낮은 재고를 보유하는 소매업자가 존재하거나 재고 부족이 발생하면 Lateral transshipment를 실시한다. 해결되지 못한 재고 부족은 지연 주문 처리(Backorder)된다. 또한, 서비스 수준 또는 재고 수준의 높고 낮음을 이용하여 Lateral transshipment의 수행 시기, 분배 대상, 분배될 제품 수량을 제안된 모형에서 결정하게 된다. 공급자의 재고 용량은 무한대로 가정한다. 공급자로부터의 재고 보충 리드 타임은 모든 소매업자들에게 동일하며, Lateral

〈표 1〉 서비스 수준의 정의

주기-서비스 수준[8]	어떤 하나의 주문 주기 내에서 재고 부족이 발생하지 않도록 요구된 확률
고객 서비스 수준[9]	전체 수요 중 만족된 전체 수요의 퍼센트 비율
고객 서비스 수준[10]	주문 충족률 : 재고로부터 만족된 고객 수요의 비율 정시 배달 : 정시에 충족되는 고객 주문들의 비율
서비스 수준[11]	α 서비스 수준 : 하나의 도착하는 주문이 재고로부터 완전하게 충족될 수 있을 확률 β 서비스 수준 : 현재 보유 재고로 충족시킬 수 있는 도착하는 주문량의 비율 γ 서비스 수준 : 단위 기간 당 평균 수요에 대한 기간 말까지 충족된 평균수요의 비율

transshipment에 필요한 시간은 공급자로부터의 리드 타임에 비하여 지극히 작고, 빠른 수송 수단에 의하여 수행되므로 고려하지 않았다.



[그림 1] 공급사슬의 Lateral transshipment

본 논문에서 사용되는 기호는 다음과 같다.

I : 소매업자 i의 집합, $I=\{i \mid i=1,\cdots,n\}$

J : 일정 수준 이상의 재고를 보유한 소매업자 j의 집합, $J \in I$

K : 일정 수준 이하의 재고를 보유한 소매업자 j의 집합, $K \subset I$, $J \cap K=0$

t : 임의의 기간

R : 소매업자들의 재고 보충 주기

L : 공급자로부터의 재고 보충 리드 타임

D_i : 소매업자 i의 단위 기간 당 수요량

μ_i : 소매업자 i의 단위 기간 당 평균 수요

σ_i : 소매업자 i의 단위 시간 당 수요의 표준 편차

S_i : 소매업자 i의 재고 보충 수준

Q_{it} : 소매업자 i가 기간 t에 공급자에게 주문한 제품의 양

OH_{it} : 소매업자 i가 기간 t에 보유한 재고량

SO_{it} : 소매업자 i의 기간 t에 발생한 재고 부족량

BO_{it} : 소매업자 i의 기간 t에 발생한 지연 주문량(Backorder)

X_{jkt} : 소매업자 j가 소매업자 k에게 기간 t에 보충하는 제품 수량

e_{jkt} : 1 : 소매업자 j가 소매업자 k에게 기간 t에 Transshipment를 실행하는 경우
0 : 그렇지 않은 경우

$RP(t)$: 기간 t 이후 재고 보충 기간까지의 잔여 기간

$SLRP_{iRP(t)}$: 소매업자 i의 $RP(t)$동안 수요에 대한 서비스 수준

CH : 소매업자에 대한 단위 기간 당 단위 재고 유지 비용

CP : 소매업자에 대한 단위 기간 당 단위 재고 손실 비용

CRQ : Transshipment의 단위 재고 당 운송 비용

CTO : Transshipment의 단위 주문 비용

RS_{it} : 소매업자 i가 기간 t에 받을 수 있는 요구 재고량

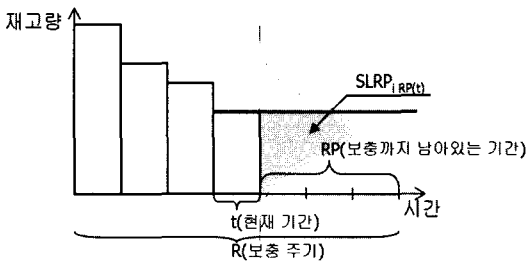
ERS_{it} : 소매업자 i가 기간 t에 Transshipment 목표 재고 수준에서 OH_{it}를 제외하고 받을 수 있는 추가 재고량

AS_{it} : 소매업자 i가 기간 t에 보충해 줄 수 있는 가능 재고량

α : $SLRP$의 상한 수준

β : $SLRP$의 목표 수준

γ : $SLRP$의 하한 수준



[그림 2] SLRP

본 연구에서는 안전재고의 개념을 도입한 SLRP를 이용하여 Lateral transshipment를 실시한다. SLRP는 <그림 2>와 같이 현재 기간 이후부터 재고 보충 시점까지를 RP(Remaining period)라 하고,

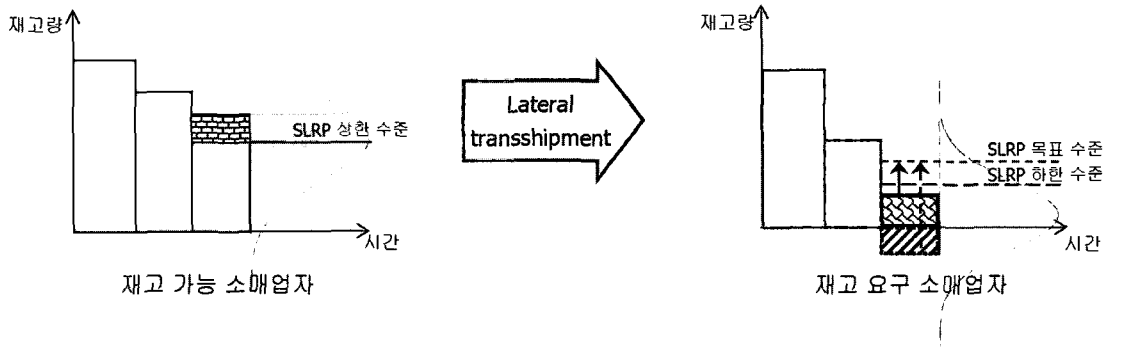
그 기간 동안 어떤 소매업자의 수요에 대하여 재고 부족이 발생하지 않을 확률을 말한다. 기존의 서비스 수준의 정의와의 차이점은 본 논문의 서비스 수준이 재고 보충 주기의 기간을 구성하는 매 단위 기간의 재고 부족 발생이 발생하지 않을 확률로 정의되어 있는 점이다. SLRP의 수리적 정의는 식 (2.1)과 같다.

$$SLRP_{iRP(t)} = P(D_{iRP(t)} < I_{it}) = \Phi((I_{it} - \mu_{iRP(t)})/\sigma_{iRP(t)}) \quad (2.1)$$

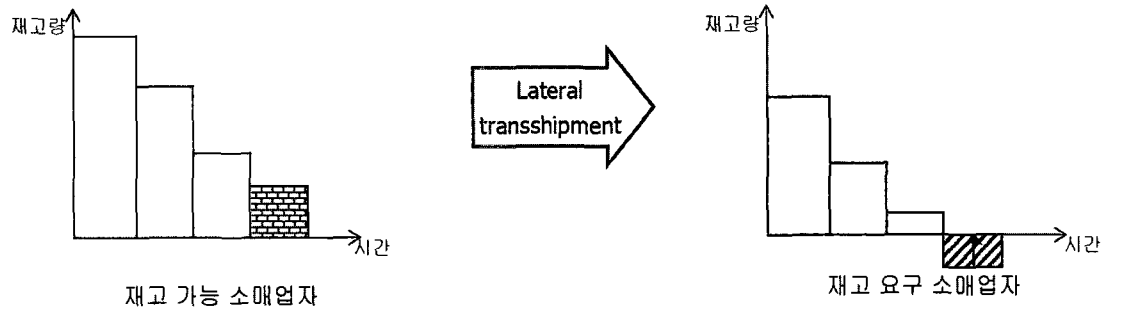
아울러, 기간 t 이후 재고 보충 기간까지 남아 있는 기간은 식 (2.2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$RP(t) = R - t \quad (2.2)$$

본 연구에서는 앞서 정의된 SLRP를 기준으로 SLA(Service level adjustment)정책을 제안한다. SAL 정책에서는 재고 보충 주기를 구성하는 각각의 단위 시간 말에 Lateral transshipment 수행을 결정하게 된다. 우선, 현재 단위 기간 동안 공급자로부터의 재고 보충이 없는 경우([그림 3]), 각각의 소매업자들에 대하여 SLRP를 측정하고 이를 SLRP의 상한(α)과 하한(γ)과 비교한다. 높은 재고 수준을 갖는 소매업자 j는 낮은 재고 수준을 갖는 소매업자 k에게 SLRP의 목표 수준(β)까지 가능한 재고의 재분배를 실시한다. 다음으로, 현재 기간에 재고의 보충이 있는 경우([그림 4]), 각각의 소매업자들에 대하여 재고를 측정하고 재고 보유의 여부를 조사한다. 충분한 재고를 보유한 소매업자는 재고가 부족한 소매업자에게 부족량만큼 재고 재분배를 실시한다.



[그림 3] SLRP 정책: 재고 보충이 일어나지 않는 단위 기간의 Lateral transshipment



[그림 4] SLRP 정책: 재고 보충이 일어나는 단위 기간의 Lateral transshipment

단위 기간에 대한 SLA 정책은 다음과 같은 단계로 나타낼 수 있다.

단계 0 : 각각의 소매업자는 식 (2.3)과 식 (2.4)을 이용하여 수요를 자신의 재고로 충족함

$$OH_{it}=\begin{cases} OH_{it}-D_i, & OH_{it}\geq D_i \\ 0, & OH_{it}<D_i \end{cases} \quad (2.3)$$

$$SO_{it}=\begin{cases} 0, & OH_{it}\geq D_i \\ D_i-OH_{it}, & OH_{it}<D_i \end{cases} \quad (2.4)$$

단계 1 : Lateral transshipment의 실행을 위한 탐색

1.1 : 현재 기간에 재고 보충이 없는 경우

- SLRP의 상한, 하한 수준을 이용하여 식 (2.5)를 만족하는 높은 재고 수준의 소매업자 j와, 식 (2.6)을 만족하는 낮은 재고 수준의 소매업자 k가 있는지 탐색한다.

$$\text{int}(\mu_{iRP(t)}+z_\alpha\cdot\sigma_{iRP(t)}+0.5)<OH_{it}-SO_{it} \quad (2.5)$$

$$\text{int}(\mu_{iRP(t)}+z_\gamma\cdot\sigma_{iRP(t)}+0.5)\geq OH_{it}-SO_{it} \quad (2.6)$$

1.2 : 현재 기간에 재고 보충이 있는 경우

- 식 (2.7)을 만족하는 보유 재고를 갖는 소매업자 j와 식 (2.8)를 만족하는 재고 부족인 소매업자 k가 있는지 탐색한다.

$$OH_{it} > 0 \quad (2.7)$$

$$SO_{it} > 0 \quad (2.8)$$

모든 경우데 대한 탐색 후 소매업자 j와 소매업자 k가 존재하면 단계 2로 진행하고, 그렇지 않으면 단계 0으로 이동한다.

단계 2 : 식 (2.9), 식 (2.10), 식 (2.11)를 이용하여 소매업자의 단위 기간에 대한 요구 재고량, 추가 재고, 그리고 보충 가능 재고량을 계산

$$RS_{kt}=\begin{cases} \max(\text{int}(\mu_{kRP(t)}+z_\beta\cdot\sigma_{kRP(t)}+0.5),0) \\ \quad -(OH_{kt}-SO_{kt}), & RP(t)\geq 1 \\ SO_{kt}, & RP(t)=0 \end{cases} \quad (2.9)$$

$$ERS_{kt}=\begin{cases} \max(\text{int}(\mu_{kRP(t)}+z_\beta\cdot\sigma_{kRP(t)}+0.5),0) \\ \quad -OH_{kt}, & RP(t)\geq 1 \\ 0, & RP(t)=0 \end{cases} \quad (2.10)$$

$$AS_{jt}=\begin{cases} OH_{jt}-\max(\text{int}(\mu_{jRP(t)}+z_\alpha\cdot\sigma_{jRP(t)} \\ \quad +0.5),0), & RP(t)\geq 1 \\ OH_{jt}, & RP(t)=0 \end{cases} \quad (2.11)$$

단계 3 : 만약 총 재고 보충 가능량이 총 재고 요구량 또는 총 재고 부족량보다 작은 경우 재고 요구량 조정

3.1 : 총 가능 재고량이 총 요구 재고보다는 작으나 총 부족 재고 보다 많은 경우 식 (2.12)을 이용하여 재고 요구량을 조정한다.

$$RS_{kt}=\text{int}(SO_{kt}+ERS_{kt}(\Sigma_j AS_{jt}-\Sigma_j SO_{kt}) / \Sigma_k ERS_{kt}) \quad (2.12)$$

3.2 : 총 가능 재고량이 총 부족 재고보다 작은 경우 식 (2.13)을 이용하여 재고 요구량을 조정한다.

$$RS_{kt}=\text{int}(SO_{kt}(\Sigma_j AS_{jt})/\Sigma_k SO_{kt}) \quad (2.13)$$

단계 4 : 현재 시점에서 가장 큰 재고 요구량을 갖는 소매업자 k는 재고 보충 가능 소매업자 j로부터 재고를 우선 분배 받음

4.1 : 식 (2.14)을 이용하여 Transshipment될 제품의 수량을 결정하고, 식 (2.15), 식 (2.16)과 같이 요구 재고량과 보충 가능 재고량을 갱신한다.

$$X_{jkt}=\min(\max(RS_{kt}),\ \max(AS_{jt})) \quad (2.14)$$

$$RS_{kt}=RS_{kt}-X_{jkt} \quad (2.15)$$

$$AS_{jt}=AS_{jt}-X_{jkt} \quad (2.16)$$

4.2 : 식 (2.17), 식 (2.18), 식 (2.19)과 같이 소매업자 j는 소매업자 k에게 Transshipment를 실행한다.

$$OH_{kt}=\begin{cases} OH_{kt}+(X_{jkt}-SO_{kt}), & X_{jkt}\geq SO_{kt} \\ 0, & X_{jkt}< SO_{kt} \end{cases} \quad (2.17)$$

$$SO_{kt}=\begin{cases} 0, & X_{jkt}\geq SO_{kt} \\ SO_{kt}-X_{jkt}, & X_{jkt}< SO_{kt} \end{cases} \quad (2.18)$$

$$OH_{jt}=OH_{jt}-X_{jkt} \quad (2.19)$$

단계 5 : 식 (2.20)와 같이 총 재고 요구량이 0이 되면 단계 0으로 이동, 그렇지 않으면 단계 4로 이동

$$\Sigma_k RS_{kt}=0 \quad (2.20)$$

3. 수치 예제

본 연구에서는 제시된 SLA 정책의 성과를 공급사슬 비용으로 측정한다. 공급사슬 비용은 재고 유지 비용, 지연 주문 비용, Transshipment되는 제품의 단위 수량 비용과 Transshipment 주문 비용으로 구성되어 있으며, 식 (3.1)와 같이 나타낼 수 있다.

$$TC = \Sigma_t\{\Sigma_i(CH\cdot OH_{it}+CP\cdot BO_{it}) + \Sigma_j\Sigma_t(CTQ\cdot X_{jkt}+CTO\cdot e_{jkt})\} \quad (3.1)$$

SLA 정책의 유용성 검증을 위하여 시뮬레이션을 통해 Banerjee[5]가 제시한 TBA, TIE, 그리고 NLS (No lateral shipments) 와 비교한다. 본 수치 예제에서 사용된 모수들은 <표 2>와 같은 값을 지닌다. 실험에 이용된 단위 기간 당 소매업자들의 수요분포는 <표 3>과 같다.

〈표 2〉 입력 모수

n	10
R	20(일)
L	7(일)
D_i	A set, B set
S_i[12]	$\mu_i(R+L)+z_{0.7}(\sigma_i\sqrt{R+L})$
CH	1, 5, 10
CP	4, 40, 80
CTQ	1, 10, 20
CTO	1, 10, 20

〈표 3〉 소매업자의 수요 분포

	A set : $N(\mu_i,\sigma_i^2)$		B set : $N(\mu_i,\sigma_i^2)$	
소매업자	평균	표준편차	평균	표준편차
1	10.5698	0.868752	10.5698	21.3144
2	11.6087	1.10897	11.6087	1.10964
3	11.8455	3.43202	11.8455	19.7631
4	12.0229	2.02251	12.0229	27.7476
5	13.1187	2.27434	13.1187	10.2159
6	11.3236	4.82258	11.3236	8.07008
7	10.0833	3.03091	10.0833	3.76491
8	14.7457	0.466447	14.7457	6.766
9	11.1748	4.57645	11.1748	16.2423
10	10.3163	1.4491	10.3163	13.5748

다양한 환경을 표현하기 위하여 <표 4>과 같이 SLRP의 상한(α), 목표(β) 그리고 하한 수준(γ)을 이용하여 8개의 시나리오를 구성하였다.

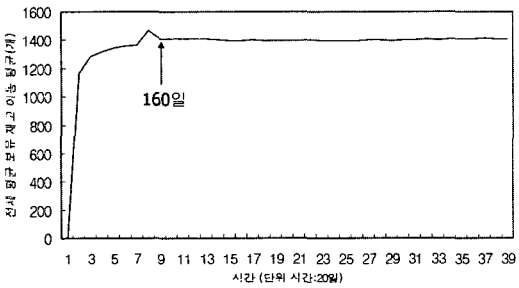
〈표 4〉 SLRP의 상한, 목표 그리고 하한 수준

α	0.5, 0.7
β	0.3, 0.5
γ	0.1, 0.2
단, $\gamma<\beta\leq\alpha$, $0<\gamma,\alpha<1$	

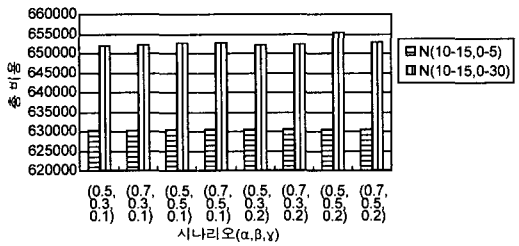
시뮬레이션 실험은 500일, 준비 기간은 Welch's procedure[13]에 의하여 160일로 설정하여 총 660일 동안의 시뮬레이션을 수행한다. [그림 5]은 Welch's procedure에 따라 구해진 준비 기간을 보여준다. 8개의 시나리오들 중에서 평균 총 비용이 가장 큰 시나리오(SLA(max))와 평균 총 비용이 가장 작은 시나리오(SLA(min))를 선정하고, 기존의 TEA, TIE, 그리고 NLS 정책과 비교하였다.

[그림 6]은 SLA의 여러 시나리오들이 총 비용에 미치는 영향의 차이가 작음을 보여주고 있다. 이는 최적 SLRP의 상한, 목표 그리고 하한 수준의 결정이 총 비용의 변화에 큰 영향을 주지 않음을 의미한다. [그림 7]에서는 수요의 변동이 커질수록 다른 정책들 보다 SLA의 총 비용 감소의 효과가 큼을

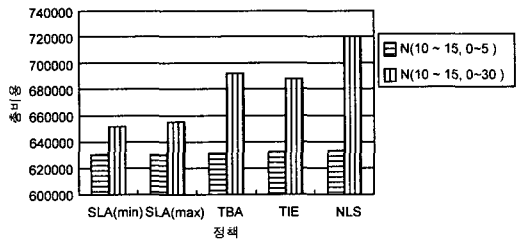
보여주고 있다. 수요의 불확실성이 커지면 낮은 재고나 재고 부족의 발생 확률이 커지기 때문에 SLA는 보유 재고와 재고 부족을 낮출 수 있는 기회를 많이 갖게 된다. [그림 8]는 지연 주문 비용이 증가할 때 다른 정책들 보다 SLA의 총 비용이 낮음을 보여주고 있다. 이것은 SLA가 소매업자들의 재고 부족량에 대하여 다른 정책들 보다 재고 부족이 발생하지 않도록 분배를 하기 때문이다. [그림 9]은 단위 주문 당 주문 비용이 증가할 때 다른 정책들 보다 SLA의 총 비용이 낮음을 보이고 있다. [그림 10]은 재고 유지 비용이 증가하는 경우 다른 정책들 보다 SLA의 총 비용이 낮지만 다른 정책과의 큰



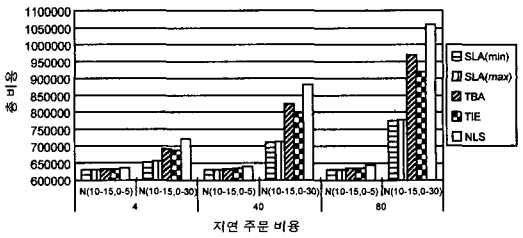
[그림 5] Welch's procedure에 의한 준비 기간의 선정



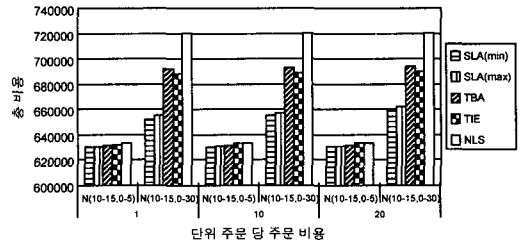
[그림 6] 시나리오에 따른 총 비용 변화



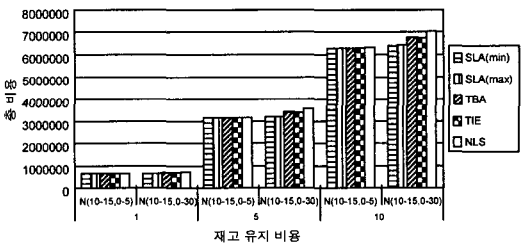
[그림 7] 수요의 변화 변화에 따른 총 비용의 변화



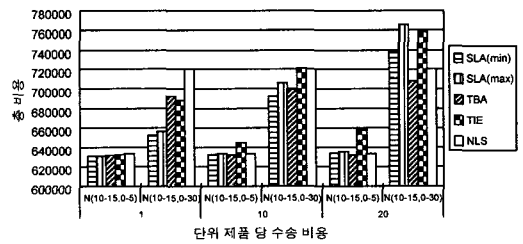
[그림 8] 지연 주문 처리 비용의 변화 변화에 따른 총 비용의 변화



[그림 9] 단위 주문 당 주문 비용의 변화 변화에 따른 총 비용의 변화



[그림 10] 재고 유지 비용의 변화 변화에 따른 총 비용의 변화



[그림 11] 제품 단위 당 수송 비용의 변화 변화에 따른 총 비용의 변화

차이가 없음을 보여주고 있다. [그림 11]는 단위 제품당 수송 비용이 증가 하면 다른 정책들 보다 SLA의 총 비용이 커짐을 보여주고 있다. 이것은 고

객 수요를 최대한 만족시키기 위하여 수송되는 제품의 수와 횟수가 증가하기 때문이다.

SLA 정책은 고객 수요의 불확실성, 보유 재고와 재고 부족 측면에서 다른 정책들 보다 좋은 효과를 보였으며, 특히 재고 부족의 감소 효과를 기대할 수 있다. Lateral transshipment를 수행하는데 있어서 Lateral transshipment가 이루어지는 제품의 수량과 횟수에 따른 비용이 낮고, 보다 저렴한 운송 비용이 가능하다면 보유 재고와 재고 부족을 감소시키는데 있어 SLA 정책은 매우 유용할 것이다.

5. 결론 및 추후 연구 과제

Lateral transshipment 정책은 고객의 만족을 최대화하고 운영 비용을 감소 시키는 데 있어서 유용한 도구로 이용될 수 있으며, 특히, 중앙통제가 가능한 군사 분야에서 항공기의 부품과 같은 제품에 효과적으로 적용되었다. 하지만, Lateral transshipment 정책은 각각의 소매업자들 사이의 중앙 통제가 불가능 하였기 때문에, 다양한 소매업자들로 구성된 공급사슬에 적용하기는 어려운 점이 있었다. 그러나, 요즈음의 대형 소매업자들은 정보기술의 발달로 분점들에 대한 중앙통제가 가능해 지면서 다수의 소매업자들로 구성된 공급사슬에 대하여 Lateral transshipment 정책을 적용할 수 있는 기회를 갖게 되었다. 기존의 연구들은 다양한 Lateral transshipment 정책을 제안하였지만, 제품의 보충이 이루어지는 시기를 제한적으로 선택하거나, 재고 보충량을 부적절하게 결정함으로써 고객의 수요에 적절하게 대응하지 못하는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 서비스 수준인 SLRP를 정의하고, 이를 이용하여 SLA 정책을 제시하였다. SLA정책은 공급자로부터 재고의 보충이 이루어질 때까지 각 소매업자의 품절이 발생하지 않을 확률로 정의되는 SLRP를 기준으로, 각 기간의 재고 수준을 파악하여 보충양을 결정하고, 공급자로부터의 보충 여부에 따라 SLRP의 상한 혹은 재고부족량 만큼을 충분한 재고를 보유한 소매업자가 그렇지 않은 소매업자에게 재고를 보충하는 정책이다. 다양한 시뮬레이션 실험에서 소매업자들에 대한 수요의 불확실성, 재고 부족 비용, 지연 주문 비용이 증가할수록 SLA정책이 다른 정책들 보다 낮은 공급사슬의 총 비용을 보임으로서 효과적인 정책임을 보였다. 이는 본 논문에서 제안하는 SLA 정책이 기존의 ELT와 PLT의 장점을 동시에 보유하여 재고 부족에 보다 먼저 대응하기 때문이다. 게다가, 본 정책은 SLRP의 상한과 하한값에 큰 영향을 받지 않기 때문에, 기업의 전략적인 서비스수준 책정에 실수가 있는 경우라도 최선의 결과를 기대할 수 있었다. 다만, 소매업자들 사이의 단위 제품 당 수송 비용이 증가할수록 SLA 정책은 TBA, TIE, 그리고 NLS 정책보다 더 큰 총 비용을 보였으나, 최근 물류업계의 치열한 경쟁과 운영 기술의 발달로 인한 수송 비용의 감소는 본 정책이 산업계 전반에 효율적으로 사용될 수 있는 가능성을 제시한다. 따라서, 본 연구에서 제시한 SLA 정책은 기존 연구보다 더욱 현실적이며 효과적인 정책으로 생각할 수 있다.

본 연구에서는 정기 발주 시스템을 고려하고 있으나, 공급사슬에서는 생산 제품의 특성에 따라 다양한 발주 시스템을 사용하게 된다. 발주 시스템의 변화는 소매업자들 간의 재고 보충량과 시기를 결정하는데 큰 영향을 줄 수 있다. 따라서, 재고 정책과 관련한 Lateral transshipment 의 연구가 추가적으로 필요할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Lee, H.L., "A Multi-echelon Inventory Model for Repairable Items with Emergency Lateral Transshipments," *Management Science*, Vol.33(1987), pp.1302-1316.

[2] Tagaras, G., "Pooling in Multi-location Periodic Inventory Distribution Systems," *The International Journal of Management Science*, Vol.27(1999), pp.39-59.

[3] Axäster, S., "Modelling Emergency Lateral

Transshipments in Inventory Systems," *Management Science*, Vol.36(1990), pp. 1329-1338.

[4] Bertrand, L.P. and J.H. Bookbinder, "Stock Redistribution in Two-echelon Logistics Systems," *Journal of the Operational Research Society*, Vol.49(1998), pp.966-975.

[5] Banerjee, A., J. Burton and S. Banerjee, "A Simulation Study of Lateral Shipments in Single Supplier, Multiple Buyers Supply Chain Networks," *International Journal of Production Economics*, Vol.81-82(2003), pp.103-114.

[6] Axäster, S., "Evaluation of Unidirectional Lateral Transshipments and Substitutions in Inventory Systems," *European Journal of Operational Research*, Vol.149(2003), pp. 438-447.

[7] Minner, S., E.A. Silver and D.J. Robb, "An Improved Heuristic for Deciding on Emergency Transshipments," *European Journal of Operational Research*, Vol.148(2003), pp. 384-400.

[8] Lee, J.K. and L.P. Larry, *Operations Management Strategy and Analysis*, 6th ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 2002.

[9] Yan, H., Z. Yu and T.C. Edwin Cheng, "A Strategic Model for Supply Chain Design with Logical Constraints : Formulation and Solution," *Computers & Operations Research*, Vol.30(2003), pp.2135-2155.

[10] Biswas, S. and Y. Narahari, "Object Oriented Modeling and Decision Support for Supply Chains," *European Journal of Operational Research*, Vol.153(2004), pp.704-726.

[11] Stadtler, H. and C. Kilger, *Supply Chain Management and Advanced Planning*, 2nd ed, Springer, New York, 2002.

[12] Ballou, R.H., *Business Logistics Management*, 4th ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1999.

[13] Law, A.M. and W.D. Kelton, *Simulation Modeling and Analysis*, 3rd ed., McGraw-Hill Companies, Inc., Singapore, 2000.