

공급사슬에서 의사결정권한의 이전효과에 대한 시뮬레이션 연구

박 병 인*

A Simulation Study on the Transfer Effects of Decision Rights in a Supply Chain

Byung In Park*

■ Abstract ■

Many people are getting more and more interested in the value of information sharing in a supply chain in proportion to the development of information technology in these days. In spite of much interest in the value of shared information, the related studies concluded that the effect of only sharing information strategy between upper and lower level is not large. However, many related companies want to link each channel members in the supply chain with on-line to expect to reduce the cost by means of information sharing. This study wants to evaluate the alternative strategy to reduce more related costs than only sharing information strategy. This paper analyzed that how much the total supply chain cost is to change in the case of a transfer of decision rights from the lower (retailers) to the upper level (depot, vendor) in a supply chain. The decision rights mean the rights of being able to decide when to order, how much to order, where to order, and what mode to transport or distribute, etc. in a supply chain. By the experimental simulation study to the simple case, the strategy to share only information took the low effect of 1~2%, but the strategy to transfer the decision rights from the lower to the upper member had larger effect of about 5%. However, for the strategies to work well, it needs to cooperate closely among each supply chain members, and the fruits from the transfer of decision rights in a supply chain are allocated to each chain members reasonably. Therefore, there needs to study in the future not only the exact transfer effect of decision rights, but the reasonable allocation method of the fruits among the chain members.

Keyword : Supply Chain, Information Sharing, Decision Rights, Transfer Effect

1. 서론

관련업계의 많은 사람들은 공급사슬의 구성원들 간에 소비자의 수요정보를 공유함으로써 큰 이득을 볼 수 있을 것으로 기대하고 있다. 이는 공급사슬의 경쟁격화로 비용의 절감이 더욱 요청됨에 따라 이러한 공급사슬내 정보의 공유에 대한 중요성이 더욱 커지고 있기 때문이다. 한편 수년전만 해도 정보를 공유하는데 쉽게 사용되지 못했을 특별한 시스템들이 최근에는 지속적으로 고안되고 있다. EDI, POS, 인터넷 등과 같은 이러한 시스템들은 정보기술의 발달로 인해 이제 손쉽게 사용할 수 있게 되었다(Cachon & Fisher, 2000; 박병인과 박명섭, 2001).

공급사슬에서 정보기술을 통한 정보공유의 잠재적 가치는 매우 크다. 이러한 정보공유의 가치는 미국의 경우 잡화산업에서 300억달러(Kurt Salomon Associates, 1993)와 식품 서비스산업에서 140억달러(Troyer, 1996)에 달하는 것으로 추정되고 있다(Avid, 1998).

이와 같은 공급사슬내 정보공유와 더불어 월마트와 피앤지(P&G)는 판매자재고관리 시스템(VMI)의 일종인 하나의 얼라이언스를 구축하였다. 이것은 공급사슬상의 상위단계에 있는 기업들이 소매상수준에서의 최종소비자 수요정보를 공유하는 것 외에, 전체공급사슬의 의사결정권한을 위임받는 공급사슬상의 견고한 통합 전략이다. 이러한 통합전략은 대량의 제품 및 상대적으로 안정적인 최종수요에 의해 특징지어지는 공급사슬들에서 가장 현저하다.

본 논문의 목적은 공급사슬에서 하위단계의 의사결정권한이 상위단계로 이전될 경우 전체 시스템 및 재고비용에 어느 정도 영향을 미치는지를 분석·평가하는데 있다. 또한 일괄주문(batch ordering), 이질적 소매상들, 추계적 수요(stochastic demand), 연속적 재고관리정책(continuous inventory review policy), 및 혼재(shipment consolidation)전략 등을 사용하며, 의사결정권한을 이전

하지 않은 전통적 공급사슬과 의사결정권한을 이전하는 새로운 공급사슬의 분석을 위한 시물레이션모형을 개발하는 것도 부차적인 목적으로 한다.

이는 중앙집중화된 의사결정과정과 정보를 기반으로한 모형을 사용하여 일괄주문을 하는 단일공급자와 다수소매상으로 이루어진 시스템에서의 최적 의사결정전략을 수립하는 것과 관련된다. 또한 재주문점을 결정할 때도 분권화된 의사결정과정 대신에 중앙집중화된 의사결정과정을 통해 단위당·단위시간당 재고유지비, 고갈비용, 수배송비용 등으로 이루어진 총 시스템 비용을 평가한다. 본 연구에서 실제로 의사결정권한의 이전효과를 분석하는데는 공급사슬의 복잡성에 비추어 시물레이션 기법을 사용한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에는 관련문헌들이 제시된다. 3장에서는 사용된 시물레이션모형들이 설명된다. 그리고 4장에서는 실제사례인 석유제품공급사슬의 구성과 관련 비용요소들이 기술된다. 5장에서는 시물레이션실험의 결과들이 분석된다. 마지막으로 6장에서 결론과 추후연구과제를 제시한다.

2. 관련문헌 연구

공급사슬에서 의사결정권한(decision rights)에 대한 직접적인 연구를 찾기는 어려우나, 최근 소개되고 있는 공급자 재고관리 시스템(Vendor Managed Inventory System, VMI)이 상위단계와 하위단계의 상호계약하에 하위단계의 일정한 권한을 상위단계가 위임받는 형태이기 때문에, 아래에는 공급자 재고관리 시스템에 대한 연구들을 검토해 본다.

공급자 재고관리 시스템은 공급자가 소매상재고수준을 선택할 책임을 가정한다. 동전략에서는 상위단계인 공급자가 하위단계의 재고관리를 위임받는 대가로, 공급자는 소매상과 일정한 납품조건을 합의한다. 공급자가 소매상에의 납품시기와량을 결정하기 때문에, 동시스템은 일반적으로 소매상들과 공급자간에 EDI 등을 이용한 재고와 수요

정보의 전자적인 전달(전자적 정보공유)을 필요로 한다.

Clark & Hammond(1997)는 Campbell Soup사와 공급자 재고관리 계약을 체결했던 소매상들에 대해 연구했다. 이들 소매상들의 성과는 주문을 전자적으로 내는데만 EDI를 사용하고 재고의 통제권을 Campbell Soup사에 이전하지 않은 소매상들의 성과와 비교된다. 그들은 공급자 재고관리 시스템의 소매상들이 EDI만을 사용하는 소매상들보다 실제로 더 큰 성과를 얻었다는 조사 결과를 얻었다. Cachon & Fisher(1997)도 또한 Campbell Soup의 공급자 재고관리 시스템에 대한 분석을 통해 소매상들이 재고관리 권한을 상위단계에 위임하지 않고 자체 관리하는 경우에도 어느정도 운영이익이 향상된다는 조사결과를 제시하고 있다. Narayanan & Raman(1997)은 단일기간의 수요를 갖는 직렬형 공급사슬에서, 공급자재고관리 시스템이 성과를 개선할 수는 있으나 최적성과를 보장하지는 못한다고 한다. Fry 등(2002)은 공급자 재고관리 시스템이 실행이 어렵고, 공급사슬내의 일부 정보시스템이 호환되지 않으며, 이익의 지불 및 배분, 공급자와 소매상들간의 신뢰 등에 대한 문제가 나타날 수 있는데, 이것이 해결되어야만 원하는 성과를 얻을 수 있다고 한다. 마지막으로, Aviv & Federgruen(1998)은 수리모형을 이용한 단일공급자와 다수소매상들로 이루어진 공급사슬 분석에서 주기적 재고관리정책에 기초한 공급자 재고관리 전략의 활용시 상당한 이익을 낼 수 있을 것이라고 한다.

3. 시뮬레이션 모형들

3.1 기초가정

관련 가정들은 다음과 같다 :

- ① 하나의 공급자와 하나의 품목
- ② 상이한 포아송 수요분포를 갖는 N 개의 비동질적 소매상들
- ③ 일괄주문정책(batch ordering policy)
- ④ 공급사슬에서 모든 재고부족은 부재고(back-orders)가 됨
- ⑤ 전통적 공급사슬에서 소매상들의 주문량은 Q 로 동일함
- ⑥ 모든 단계의 수배송시간은 확정적임
- ⑦ 시스템은 안정상태임
- ⑧ 원천(공장)의 공급능력은 무제한
- ⑨ 수량할인 없음
- ⑩ 부분충족(partial fulfillment) 없음
- ⑪ 소매상간 상호공급(lateral resupply) 없음

3.2 의사결정권한을 이전하지 않는 경우와 하는 경우¹⁾

먼저 공급사슬에서 의사결정권한을 이전하지 않는 경우를 분석하기 위해(R, Q) 일단계형 다층재고관리정책((R, Q) multi-level installation stock policy)을 사용하는 전통적인 공급사슬을 가정하였다. 이것은 각 위치에서의 분권화된 의사결정과정을 통해 분권화된 재고관리를 하는 시스템이다. 여기서 공급자는 소매상의 주문을 자신의 수요로 간주한다. 본 공급사슬 모형에서 관련된 비용요인들은 소매상 재고유지 및 부재고비용, 공급자재고유지비용, 그리고 수배송비용 등을 포함한다.

의사결정권한을 상위단계에 이전하는 상황은(R, Q) 다단계형 다층재고 관리정책((R, Q) multi-level echelon stock policy)과 중앙집중화된 의사결정권한을 사용하는 새로운 형태의 공급사슬을 가정한다. 이 상황에서 공급자는 하위단계의 재고 위치와

1) 공급사슬의 의사결정내용을 분석해보면 주 의사결정 대상으로 공급사슬에서의 각 단계에서 나타나는 재주문의 시기, 재주문량, 수송방법 등에 대한 것을 누가 담당하느냐 하는 것으로 파악할 수 있다. 이러한 의사결정을 누가 하느냐에 따라 '분권화된 의사결정 구조를 갖는 공급사슬'과 '중앙집중화된 의사결정구조를 갖는 공급사슬'로 크게 구분할 수 있다.

상위단계의 재고위치를 합한 것을 상위단계의 재고위치로 간주하는 에chel론재고위치(echelon inventory position)에 근거하여 자신과 소매상의 주문시기 및 주문량을 결정한다. 따라서 이것은 공급사슬의 모든 단계에서 중앙집권화된 의사결정을 하는 중앙집중화된 공급사슬관리 시스템이다. 여기서 공급자는 소매상의 수요를 자신의 수요로 간주한다. 또한 이를 위해서는 EDI, POS, 인터넷 등의 정보기술을 이용한 공급사슬내 구성원간의 정보공유가 필수적이다. 실무적으로는 발전된 정보기술을 이용한 시스템이 주문처리 시간을 거의 없애거나 감소시킴으로써 재고보충 리드타임을 줄일 수도 있다. 관련되는 비용요인들은 소매상의 재고유지 및 부재고비용, 공급자 재고유지비용(또는 전체 시스템에서의 에chel론 재고유지비용), 그리고 수배송비용 등을 포함한다.

3.3 공급사슬 비용식

Hadley & Within(1963)과 유사하게 의사결정 권한을 상위단계에 이전하지 않는 전통적 공급사슬과 의사결정권한을 상위단계에 이전하는 새로운 공급사슬의 두가지 경우에 대한 총 시스템비용의 계산식을 아래와 같이 제시할 수 있다. 두 개의 모형식은 전형적인 재주문점을 갖는 연속적 재고관리정책에 따라 재고가 관리되는 것으로 가정한다. 따라서 본논문에서 정해진 재주문점을 기준으로 특정기간에 대한 관리가 이루어지며, 각 단계마다 재주문점을 변경하면서 구한 최소비용점을 기준으로 효과를 비교한다²⁾. 즉, 본논문에서 의사결정권한을 이전하지 않는 전통적 공급사슬과 의사결정권한을 이전한 공급사슬의 공급사슬 시스템 비용은 시뮬레이션을 통해 공급사슬내 구성원들

의 재주문점을 변경하면서 구한 값중 최저값을 갖는 최적전략을 기준으로 한다.

우선 의사결정권한을 이전하지 않는 전통적인 공급사슬에서의 총 시스템 비용식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 C(R_0, R_i) = & \quad \text{(전통적 공급사슬 비용)} \\
 & S_0 \cdot N_0 \quad \text{(공급자수송 비용)} \\
 & + h_0 \int_0^T t \cdot I_0'(t) dt \quad \text{(공급자재고유지 비용)} \\
 & + \sum_{i=1}^n [S_r \cdot N_i \quad \text{(소매상 } i \text{에의 배송 비용)} \\
 & + h_r \int_0^T t \cdot IL_i'(t) dt \text{ (소매상 } i \text{의 재고유지 비용)} \\
 & + (h_r + p) \int_0^T t \cdot B_i'(t) dt] \text{ (소매상 } i \text{의 부재고 비용)}
 \end{aligned}$$

여기서 $C(R_0, R_i)$ 는 의사결정권한이 이전되지 않은 전통적인 공급사슬에서의 총 시스템 비용을 의미한다. 이것은 세부분으로 나뉘는데, 각각 공급자의 수송 및 주문비용, 공급자의 재고유지 비용, 그리고 소매상의 공급사슬 비용 부분으로 구성된다. 모형에서 각 기호의 의미는 다음과 같다. n 은 소매상의 수; R_i 는 소매상 i 의 재주문점; R_0 는 기존 재고정책에서 소매상 주문량의 단위로 표현되는 공급자의 재주문점; I_0' 는 기존 재고정책에서 공급자의 재고량; h_0 는 단위 및 단위시간당 공급자재고유지비용; h_r 는 기존 재고정책에서의 단위 및 단위시간당 소매상 재고유지비용; p 는 단위 및 단위시간당 소매상 부재고비용; S_r 은 매 수송(주문)횟수당 소매상 수송(또는 주문) 비용; S_0 공급자 수송(또는 주문) 비용; IL_i' 는 소매상 i 에서의 재고수준; B_i' 는 소매상 i 에서의 부재고; N_0 와 N_i 는 각 단계에서의 수송 또는 주문횟수; T 는 시뮬레이션 시간이다.

또한 의사결정 권한의 이전 모형에서의 총 비용 산출식은 다음과 같다.

2) 공급사슬내 총 비용의 계산은 임의의 고정된 공급자 재주문점에 대한 총비용이 소매상 i 의 재주문점들에 대해 볼록(convex)하기 때문에 가능하다(Chen & Zheng, 1997).

$$\begin{aligned}
C(R_0, R_i) = & \quad (\text{의사결정 이전시 공급사슬 비용}) \\
& S_0 \cdot N_0 \quad (\text{공급자 수송 비용}) \\
& + h_0 \int_0^T t \cdot IL_0(t) dt \quad (\text{공급자 재고유지 비용}) \\
& + \sum_{i=1}^n [S_r \cdot N_i \quad (\text{소매상 } i \text{ 에의 배송 비용}) \\
& + h_r \int_0^T t \cdot IL_i(t) dt \quad (\text{소매상 } i \text{ 의 재고유지 비용}) \\
& + (h_0 + h_r + p_0 + p_r) \int_0^T t \cdot B_i(t) dt] \\
& \quad (\text{소매상 } i \text{ 의 부재고 비용})
\end{aligned}$$

여기서 $C(R_0, R_i)$ 는 의사결정권한의 이전시 총 시스템 비용을 나타낸다. 이것도 역시 공급자의 수송 및 주문비용, 공급자의 재고유지 비용, 그리고 소매상의 공급사슬 비용의 세부분으로 나뉜다. 위식의 기호중 R_0 는 에첼른재고 정책상의 공급자 재주문점; IL_0 는 공급자에서의 에첼른재고 수준으로, 공급자의 재고량과 시스템에 있는 소매상들의 재고수준을 포함한 것; h_r 는 단위 및 단위시간당 에첼른재고 정책하에서의 소매상 재고유지 비용³⁾이며, $h_r = h'_r - h_0$; p_0 는 소매상부재고에 대한 단위 및 단위시간당 부재고 비용중 공급자 부담금⁴⁾; p_r 는 소매상부재고에 대한 단위 및 단위시간당 부재고 비용중 소매상 부담금이다.

3.4 시뮬레이션 네트워크모형

본 소절에서는 위에서 설명한 두가지 의사결정

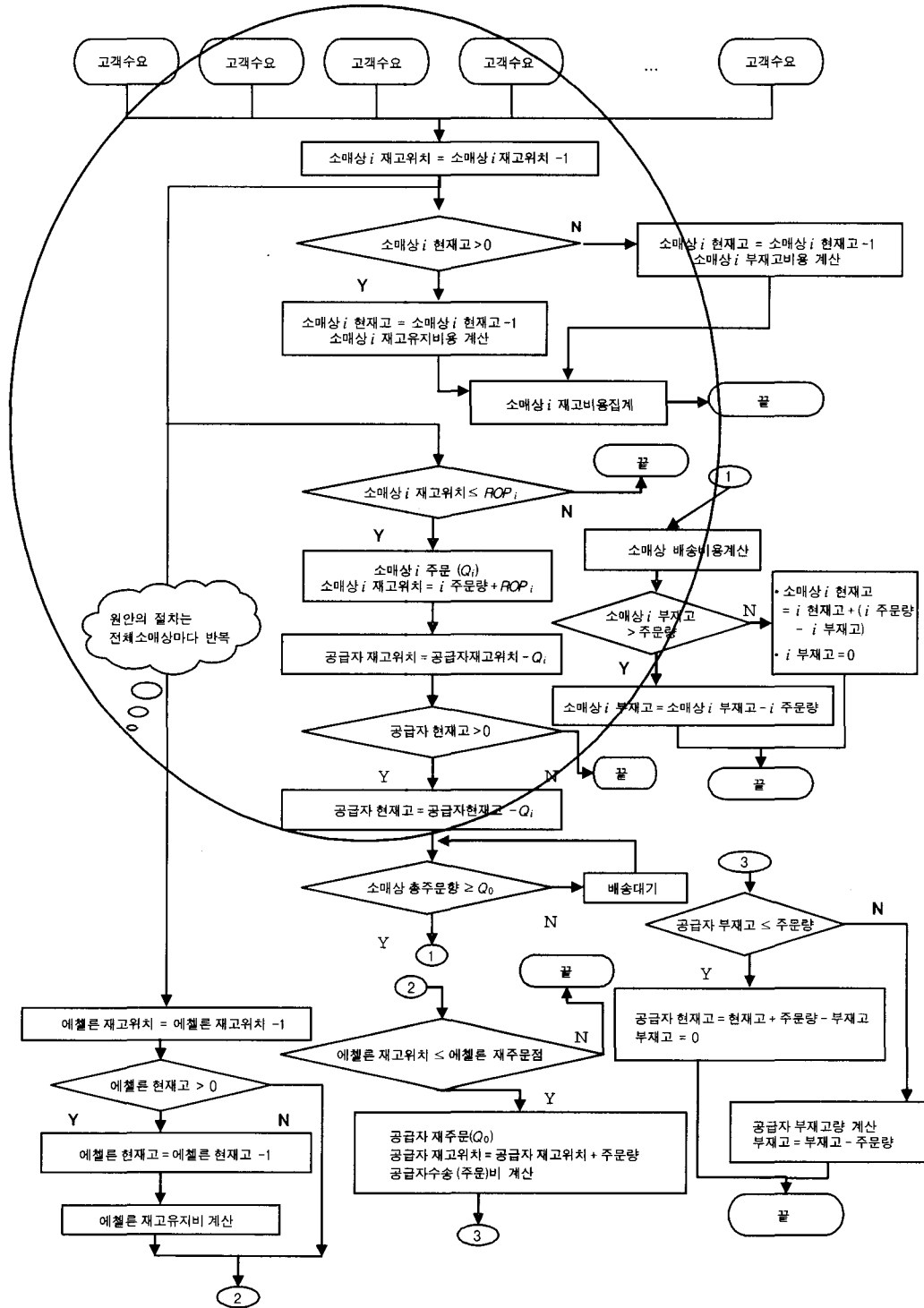
- 3) 의사결정권한의 이전모형에서는 공급자가 전공급사슬의 재고를 관리하기 때문에 모든 보유재고에는 h_0 라는 에첼른재고 유지비용율에 따른 단위 및 단위시간당 재고비용이 발생하며, 소매상의 재고에 대해서는 추가적으로 소매상이 부담하는 재고유지 비용율인 h_r 가 발생한다.
- 4) 의사결정권한을 이전하는 경우 소매상 수준에서 발생된 부재고는 소매상 자체의 부재고비용 p_r 뿐만 아니라 소매상과 공급자의 계약에 따라 공급자가 적정 재고를 유지하지 못하여 부담하게 되는 벌과금 성격의 부재고비용 p_0 이 발생한다.

권한의 수준에 따른 시뮬레이션 네트워크 모형을 제시한다. 그러나 공급자와 소매상 모두를 포함한 전체공급사슬의 AweSim 네트워크다이아그램이 너무 복잡하기 때문에, 본 논문에서는 의사결정권한을 이전한 경우의 공급사슬전체 시뮬레이션 모형은 순서도의 형태로 <그림 1>에 제시한다. 그리고 AweSim시뮬레이션 네트워크다이아그램은 <그림 2>와 같이 특정 소매상의 것만을 간략하게 제시한다. 즉, 소매상의 시뮬레이션 모형을 기준으로 할 때 발생하는 비용부분을 제외하고 정보공유를 처리하는 방식만 본다면, 어떠한 의사결정 권한도 이전되지 않은 전통적인 경우(<그림 2>의 검은 동그라미 쳐진 "B" 부분 제외)와 의사결정 권한을 이전한 경우(<그림 2>전체)로 구분할 수 있다.

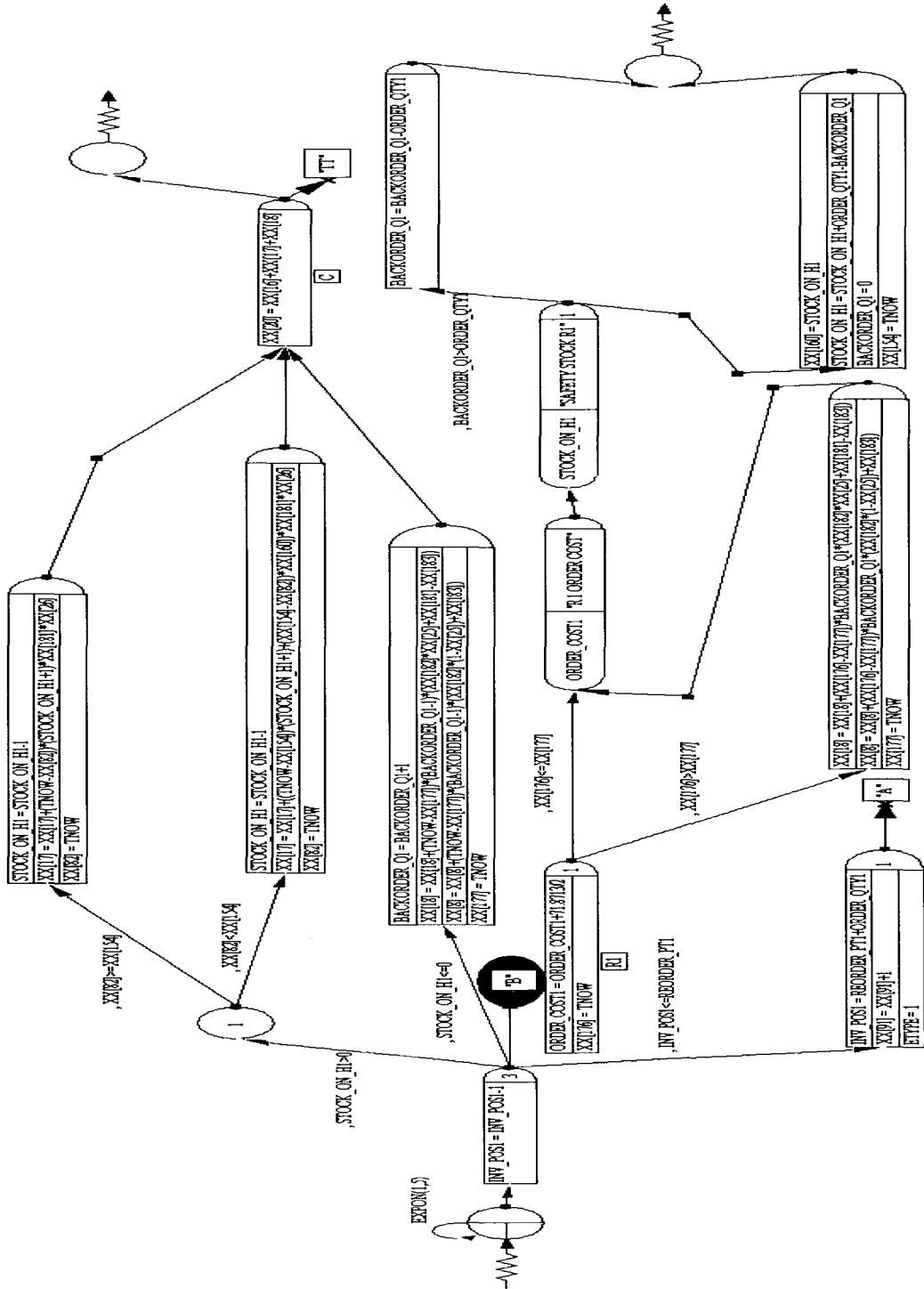
먼저 의사결정 권한을 이전하지 않은 전통적 공급사슬의 시뮬레이션 모형에서 고객수요는 포아송 분포에 따라 발생이 된다. 물론, 각 소매상에 대한 수요율은 상이하다.

모형의 각부분을 자세히 설명해보면, 우선 고객의 수요과정에서 고객수요는 CREATE node를 통해 발생된다. 고객수요는 소매상에 의해 서비스되며, 소매상의 재고위치는 ASSIGN node를 통해 고객수요가 발생할 때마다 한단위씩 감소한다. 소매상에 충분한 재고가 있을 경우, 보유재고는 ASSIGN node를 통해 매번의 수요가 있을 때마다 한단위씩 감소한다. 그러나 보유재고가 충분하지 않다면, ASSIGN node를 통해 부재고가 발생된다.

주문처리 과정에서는, ACTIVITY node에서 보유재고수준이 재주문점보다 작거나 같아지면, 소매상은 ASSIGN node를 통해 공급자에게 주문을 낸다. 이때 공급자가 소매상의 주문을 충족시킬만한 충분한 재고를 보유중이라면, 그는 즉시 그 제품을 소매상에게 인도한다. 그러나 충분한 재고를 보유하고 있지 못하다면, 그는 외부의 원천으로부터 주문을 수령한 후에만 그 제품을 소매상에게 인도할 수 있다. 따라서 의사결정 권한을 상위단계에 이전하지 않은 전통적 공급사슬의 전체 공급사슬 구성원은 서브시스템 자체의 정보만을 가지고



<그림 1> 공급사슬에서 의사결정권한 이전시의 시뮬레이션모형



〈그림 2〉 소매상 의 시뮬레이션 네트워크 다이어그램

스스로 의사결정을 하게 된다.

이러한 네트워크 모형의 관련 ASSIGN node에서 필요한 재고유지비, 부재고비, 및 수송(주문)비용의 비용이 구해진다.

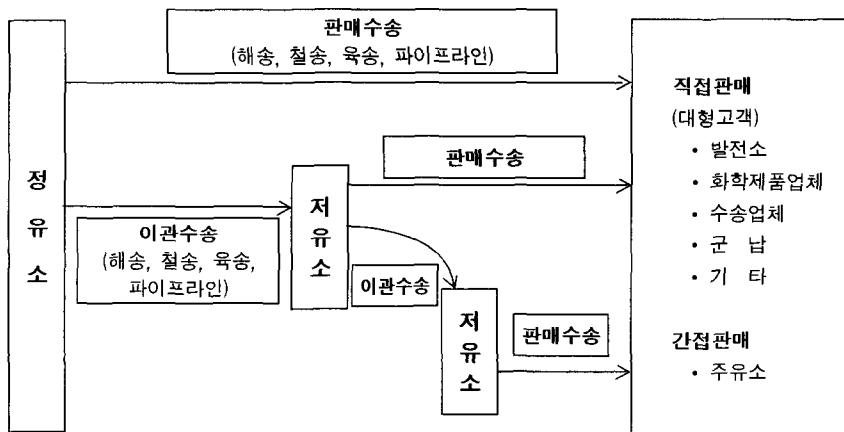
그렇지만 의사결정권한을 이전받은 경우는 공급자가 모든 경로 구성원들의 재고유지 비용을 공유하며, 공급사슬 단계간의 계약에 의해 소매상의 부재고비용도 공동부담하게 된다. 공급자는 공유된 정보를 기반으로 에첼른재고에 근거해서 주문을 내게 되며, 더 이상 공급사슬 구성원들의 자체 재고에만 입각하여 주문하지 않는다. 각단계의 모든 채널구성원들의 재고위치를 합한 에첼른재고가 에첼른주문점들보다 작거나 같다면, 공급자는 적정량을 주문한다. 따라서 상위수준의 시스템은 중앙집중화된 수요정보를 필요로 하게 된다. 시물레이션후 원하는 비용이 구해진다.

의사결정권한이 이전된 공급사슬 시스템에서는 공급자 자신이 전체 시스템의 주문 인도시기와 인도량을 결정할 수 있기 때문에, 공급자는 혼재(consolidation) 등과 같이 효율적인 물류전략들을 손쉽게 적용할 수 있다. 이중 공급자가 혼재전략을 택한다면, 소매상 주문량의 크기가 훨씬 작아지는 반면에 주문빈도는 증가할 수 있다. 그러나 혼재전략을 사용하는 경우 수송 시스템의 수송능력이 물리적 수송한계를 결정하고, 수송 비용이 전체 시스

템비용에서 큰비중을 차지하기 때문에 하나의 주문이 인도되기 위해서는 배송가능한 량이 될 때까지 추가주문이 발주되어야 한다. 이때 하위채널구성원들이 무수히 많은 경우는 주문간의 시간차가 크지 않아 먼저 발생된 주문이 추가발생되는 주문을 기다리는 시간이 무시할만할 수준이 될 것이기 때문에 배송을 위한 주문대기를 관리하는 추가노드는 필요없을 것이다. 그러나 하위단계 구성원수가 적을때는 혼재전략의 사용으로 인해 누적 주문량이 적정수준이 될 때까지 배송이 지연되기 때문에 공급사슬에서 의사결정권한의 이전전략에 대한 시물레이션네트워크에 BATCH node를 추가해야한다. BATCH node에서 하나의 주문은 다른 주문이 발생되어 배송이 가능해질때까지 대기하게 된다. 그러나 이러한 공급사슬은 배송이 시작될 때까지 인도가 지연되기 때문에 소매상들의 재주문점이 높아지게 된다. 하지만 전체 공급사슬의 입장에서는 주문량의 크기가 작아지게 되기 때문에 의사결정권한을 이전하는 경우의 평균재고량은 전통적인 공급사슬에 비해 적어지게 된다.

4. 석유제품 공급사슬

본 논문의 석유제품 공급사슬은 하나의 공급자(테포, 저유소)와 다수의 소매상(주유소)으로 구



〈그림 3〉 석유제품 수송의 흐름

성된 전형적인 공급사슬 시스템이다. 따라서 전술한 시뮬레이션 모형을 적용하여 공급사슬에서 의사결정권한의 이전효과를 분석하기에 적당한 것으로 판단된다.

4.1 석유제품 공급사슬

석유제품 공급사슬의 물류 시스템은 <그림 3>에서와 같이 수송 시스템과 보관 시스템으로 대별될 수 있다. 전자는 생산이전 단계로부터 최종 소비단계까지 제품의 물리적인 흐름을 담당하고, 후자는 제품보관과 주문관리를 담당하고 있다.

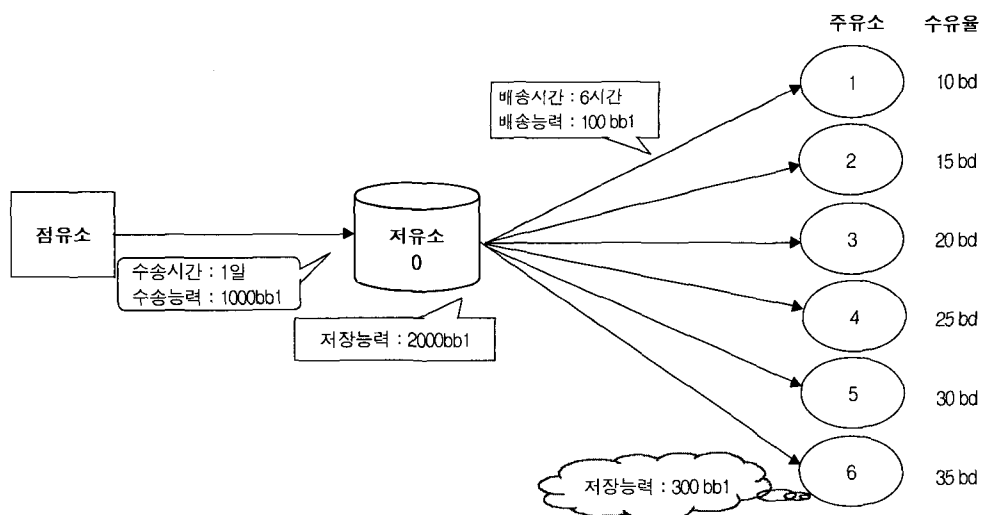
<그림 4>는 사례의 석유제품 공급사슬에 대해 도시하고 있다. 물론 석유제품 공급사슬의 형태가 복잡·다양하지만, 본 논문에서는 연구의 목적에 비추어 가능한 한 단순한 형태의 다음과 같은 실제 공급사슬을 대상으로 한다.

S 정유회사가 운영하는 B 저유소는 한 섬지방에 위치해 있으며, 수요율이 각각 10, 15, 20, 25, 30, 및 35 bd인 여섯 개의 주유소에 석유제품을 공급하고 있다. B 저유소의 보관능력은 2000 bb1이다. 동사는 수송비용을 절감하기 위해 저유소에 가까운 다른 정유사와 제품교환을 하고 있다. 제품수

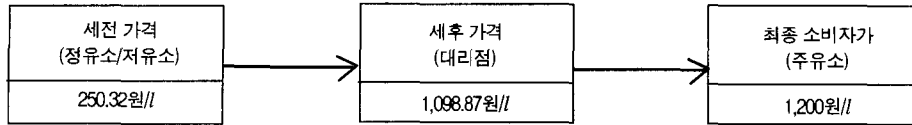
송 과정에서 소요되는 대체적인 소요 시간은 다음과 같다. 선박을 이용한 제품의 선적에 4시간, 공장에서 저유소까지의 제품수송에 10시간, 그리고 수송된 제품을 저유소에서 양하하는데 6시간이 걸린다. 또한 항만에서 선석의 가용성이나 선박들에 대한 대기 때문에 추가 지연이 발생할 수 있다.

전통적인 공급사슬에서 저유소는 주유소들의 주문을 자신들의 수요로 간주한다. 주유소가 주문을 낼 때, 저유소가 충분한 재고를 갖고 있다면 제품을 인도한다. 그러나 저유소가 충분한 재고를 갖지 못하다면, 저유소는 외부원천(정유소)에 주문을 낸 후 주문량이 인도되어 재고위치가 인도를 허용할 수 있는 수준이 되자마자 소매상의 주문을 채워주게 된다.

비록 석유제품의 물리적인 공급사슬이 정유소, 석유제품 저유소, 및 주유소로 구성되나, 석유제품의 상거래는 정유소, 석유제품 저유소, 대리점, 그리고 주유소 순으로 처리된다. 석유제품 저유소는 공급사슬상의 하위구성원들인 주유소의 중간유통상이나 창고의 역할을 한다. 또한 대리점들은 유조차를 사용해 주유소들이 주문한 석유제품을 인도한다.



<그림 4> 석유제품 공급사슬



<그림 5> 석유제품 공급사슬에서의 유통단계별 제품가격

4.2 비용 모수들

1999년 5월말 기준 석유제품 공급사슬에서의 유통단계별 가격은 <그림 5>에 제시된다.

매단계의 재고유지 비용은 <그림 5>에 제시한 가격에 근거하여 아래와 같이 추정된다. 본 연구에서는 석유제품 유통에 있어서의 실제거래단위(예, 리터(l))가 실험적연구 목적에 비해서는 너무 작아 필요이상으로 문제가 복잡해지기 때문에 편의상 분석단위를 10배럴로 가정하였다.

또한 재고유지 비용의 추정을 위해서는 기회비용의 개념을 적용한다. 실제로 정확한 재고유지 비용이나 재고고갈비용의 추정은 그것만으로도 많은 연구가 필요한 주제이기 때문에, 본 연구에서는 이 비율의 정확한 추정대신 몇개 시나리오 형태의 재고관련 비용을 사용한다. 즉, 본 연구에서는 석유제품의 저유소 가격에 대해 <표 1>과 같이 연간 10%, 20%, 30%, 그리고 40%라는 4가지의 재고유지비용 시나리오를 설정했다. 주유소에서 저유소에 사용된 방법과 동일하게 추정한 재고유지 비용을 사용한다.

또한 한 위치에서의 부재고비용 추정도 재고유지비용에 근거한다. 부재고 비용은 대개 판매기회의 상실에 따른 이익의 감소와 신용의 상실에 따른 수요의 감소를 고려한다. 그렇지만, 이러한 비용들에 대한 정확한 추정은 재고유지 비용의 추정보다

도 훨씬 어렵다. 그러므로 대부분의 관련 연구들(Cachon & Fisher, 2000 ; Avid & Federgruen, 1998 등)은 단위 및 단위 시간당 부재고비용의 계산에 있어 단위 및 단위 시간당 유지비용의 배수의 형태를 택하고 있다. 재고 유지비용에 대한 부재고비용의 비율은 고객들의 주문에 대한 충족률(fillrate) 제고정책에 따른 고객 서비스 수준의 향상을 위해, 단위 및 단위 시간당 부재고비용이 재고 유지비용보다는 큰경우가 일반적이다. 이러한 사실은 부재고가 판매기회나 신용저하 등 기업에 심각한 문제를 야기시킬 수 있기 때문이다. 또한 높은 부재고비용은 재고부족확률을 낮추기 때문에 부재고비용과 재고유지 비용의 비율은 고객 서비스의 척도 역할을 할 수 있다. 이제 본 연구를 어느정도 일반화하기 위해 다양한 시나리오들을 설정한다. 먼저 <표 2>에 제시된대로 유지비용의 1, 5, 10, 15, 20, 30, 그리고 40배의 배율로 부재고비용을 설정했다.

일반적인 공급사슬모형은 최종 소비자의 부재고나 품질 비용만을 계산한다. 즉, 대부분의 모형에서 부재고 비용은 소매상 수준에서의 고객수요 미충족분에 대해서만 계산하기 때문에 본 연구에서도 주유소 수준에서의 단위 및 단위 시간당 부재고 비용만을 추정한다.

한편 재고모형을 기반으로 한 공급사슬 모형에

<표 1> 재고유지 비용

단위 : 천원/10bb/일

	재 고 유 지 비 용 을			
	10%	20%	30%	40%
저유소 비용	0.1090	0.2181	0.3271	0.4361
주유소 비용	0.4786	0.9573	1.4359	1.9146

〈표 2〉 부재고 비용

단위 : 천원/10bbl/일

재고유지 비율		p/h = (부재고 비용)/(재고유지 비용)						
		1	5	10	15	20	30	40
10%	저유소	0.1090	0.5452	1.0903	1.6355	2.1807	3.2710	4.3613
	소매상	0.4786	2.3932	4.7864	7.1796	9.5728	14.3591	19.1455
20%	저유소	0.2181	1.0903	2.1807	3.2710	4.3613	6.5420	8.7226
	소매상	0.9573	4.7864	9.5728	14.3591	19.1455	28.7183	38.2910
30%	저유소	0.3271	1.6355	3.2710	4.9065	6.5420	9.8129	13.0839
	소매상	1.4359	7.1796	14.3591	21.5387	28.7183	43.0774	57.4365
40%	저유소	0.4361	2.1807	4.3613	6.5420	8.7226	13.0839	17.4452
	소매상	1.9146	9.5728	19.1455	28.7183	38.2910	57.4365	76.5820

서는 수송이나 주문 비용들이 대개 재고정책에 민감하지 않은 항으로 간주된다. 정확한 주문 또는 수송비용의 추정은 매우 복잡하나, 기간중 수요등이 크게 변화되지 않는 안정상태하에 있는 모형들을 사용할 때의 수송 비용은 쉽게 추정할 수 있다. 또한 시스템 공급 사슬비용에는 수송 또는 배송비용을 주문 비용에 포함시킬 수 있다. 이는 수·배송비용 또는 주문 비용이 매번의 수·배송 또는 주문시마다 크게 다르지 않다면 근사치로 일반적인 조사결과 비용을 사용할 수 있기 때문이다.

B 저유소는 섬지역에 위치해 있기 때문에, 공장으로부터 섬까지의 석유제품 수송선에 의한 수송비용이 1000배럴 수송당 평균 98만4천원 정도로 조사되었다. 저유소로부터 주유소까지의 배송수단으로는 유조차가 사용된다. 배송횟수당 배송비용은 유조차의 규모에 따라 달라질 수 있지만, 일반적으로 업계에서는 100배럴 수송용 유조차가 주로 사용된다. 100배럴 수송용 유조차를 사용하는 경우 배송 횟수당 배송 비용이 평균 7만2천원 정도로 조사되었다.

5. 시뮬레이션 실험 결과 분석

본장에서는 4장에 설명한 석유제품 공급사슬의 공급사슬 비용을 평가하는 시뮬레이션실험 결과를 제시한다. 본 논문에서 분석한 공급사슬 시스템은 하

나의 중앙 저유소와 여섯 개의 주유소로 이루어진 석유제품 공급사슬이다.

<그림 6>에서는 공급사슬에서의 의사결정 권한의 이전효과가 p/h비율(재고유지 비용에 대한 부재고 비용의 비율)에 따라 재고관련 비용만을 비교할 경우 재고유지 비율의 크기와 무관하게 평균 20%(15.5~28.1%)를 나타내나, 총 시스템 비용의 경우는 재고유지 비율을 10%, 20%, 30%, 그리고 40%에 대해 각각 평균 1.5%(1.4~1.7%), 2.9%(2.6~3.1%), 4.0%(3.5~4.4%), 그리고 5.0%(4.4~5.6%)에 달하는 것으로 나타났다. 이와같이 재고유지 비용효과가 재고유지 비율의 크기와 무관한 이유는 본문에서 부재고비용도 재고유지 비용과 비례하는 것으로 가정하고 있기 때문이다. 또한 재고유지 비율의 상승에 따라 총 시스템의 비용효과가 높아지는 것은 재고비용에 비해 상대적으로 수배송 비용이 높기 때문에 재고유지 비율이 커질수록 효과도 더 커지게 되는 것이다.

여기서는 네가지의 재고유지 비율 시나리오 중 국내의 재고관련 비용이 총 물류 비용의 20% 내외라는 조사결과⁵⁾를 참고하여 재고관련 비용의 비

5) 교통개발연구원(KOTI)의 '1999년 국가물류비 산정 및 추이분석'에 따르면 국가물류비중 수송비는 69.9% (국제화물 운송비용 제외시는 61.9%), 재고관련 비용은 18.1%(국제화물 운송비용 제외시는 23.2%)로 나타나 재고관련 비용은 대략 20% 정도로 볼 수 있다.

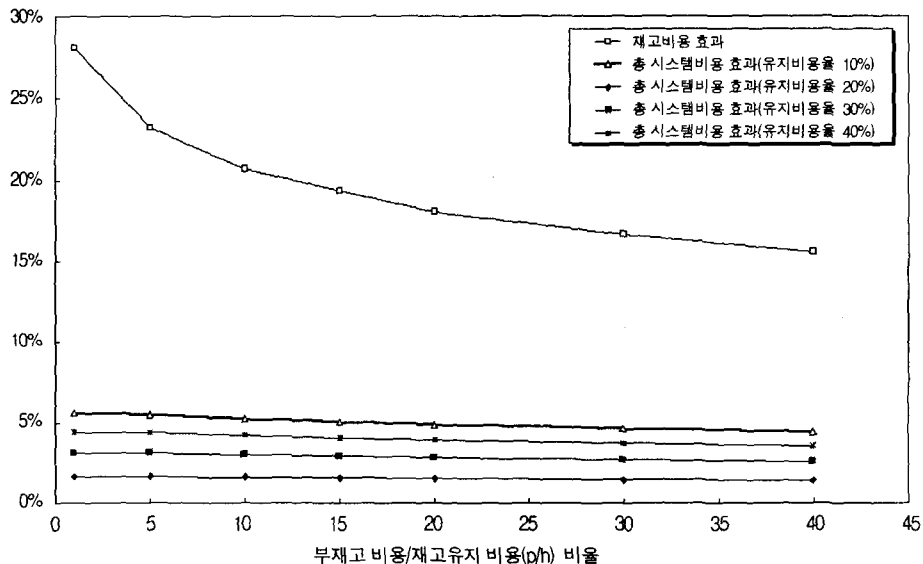
율이 총 비용의 20%수준을 나타내는 재고유지 비용을 40%의 경우를 대표치로 간주한다. 이것은 이러한 전략을 사용하지 않는 전통적인 비용을 기준으로 한 비율로 측정된 것이다. 본 논문에서는 의사결정 권한을 이전하지 않는 경우와 의사결정 권한을 이전하는 정책을 비교하고 있기 때문에, 이 수치가 바로 의사결정 권한의 이전가치를 나타내는 것이다. 그러나 <그림 6>은 p/h 비율이 증가함에 따라 공급사들의 의사결정 권한을 이전한 효과가 재고 비용의 경우 28.1%에서 15.5%까지, 그리고 총 시스템 비용은 5.6%에서 4.4%까지 감소됨을 보여 주고 있다. 이러한 이유는 본연구의 공급사들에서 의사결정 권한이 상위단계에 이전되는 경우 공급자의 혼재전략에 따른 주문대기가 관련비용을 증가시키기 때문인 것으로 분석된다. 즉, 혼재전략을 사용하는 경우는 한 지역에서 발생하는 주문은 즉시 배송되지 못하고 다른지역에서의 추가적인 주문이 발생하여 배송가능량에 도달하게 되는 경우 비로소 소매상에 제품이 배송된다. 이때 p/h 비율이 높을 때는 최적의 경우에도 발생하는 재고관련 비용이 늘어나고 이중 대기에 따른 비용들은 더

빠른 속도로 증가하기 때문에 비용효과가 감소하는 것으로 판단된다.

한편 의사결정 권한 이전의 다른 가능한 이익도 있을 수 있다. 예를 들어, EDI, 인터넷 등과 같은 정보기술은 주문처리 시간을 단축시킬 수 있으며, 이러한 요인을 특정한 상황하에서의 소매상 인도 기간 단축효과로 모형에 추가시킬 수 있다. 그러나 동 요인을 일반적인 경우로 평가하기에는 너무 상황종속적이기 때문에, 정보공유 및 의사결정 권한의 이전에 의한 인도기간의 감축효과는 모형에서 배제시킬 수밖에 없다. 그렇지만 정보공유와 협조에 의한 주문처리 시간의 단축은 현실세계에서 일반적 현상이다(Cachon & Fisher, 2000).

이밖에도 의사결정 권한의 이전에 의해 일반적으로 제품구색의 다양화, 공간활용의 극대화, 신제품 출시의 용이성 등이 고려될 수 있으나, 이 또한 상황종속성이 높기 때문에 본 연구에서는 제외했다.

시뮬레이션을 통해 의사결정 권한의 이전효과를 추정하기 위해서는, 10년동안의 시뮬레이션 데이터를 수집한 각각의 시나리오에 대해 10번의 시뮬레이션을 수행했다. 그리고 표본추출 오류 때문에



<그림 6> 공급사들에서 의사결정 권한의 이전효과

먼저 각 시나리오의 단일실행을 반복하여 합리적인 결과가 얻어지면 시스템을 안전상태로 만들기 위해 축적된 데이터를 폐기한다. 이후 각 의사결정 권한 이전 수준별로 10년에 걸친 실험을 수행하여 데이터를 축적하는 실험을 10회 반복한다. 최종적으로 구해진 데이터를 분석에 사용한다(Pritsker, 1999).

6. 결론 및 추후연구과제

본 논문의 결과에 따르면 의사결정 권한의 이전 효과가 상당한 것으로 나타났다. 비록 공급사슬에서 상위단계와 하위단계의 정보공유 효과가 일반적으로 1.2%내외(박병인 외, 2001)로 빈약한 것으로 나타났지만, 정보뿐만 아니라 의사결정 권한을 이전한 효과는 매우 큰 것으로 추정되었다. 동 효과는 평균 재고비용의 경우 20%, 그리고 총시스템 비용의 경우 5%내외였다. 한편 본 연구가 실제 공급사슬을 대상으로 했지만, 본연구의 결론은 설정한 상황에 한정된다. 특히 모형의 수요는 알려져 있으며 안정적이고, 수요의 규모는 모두 동일하며, 유일한 재고의 공급원만이 존재하며, 그리고 기업들은 합리적인 주문정책들을 선정하는 경우이다.

의사결정 권한의 이전 시스템의 경우 공급자가 소매상에 대한 주문량과 인도시기를 결정한다. 또한 의사결정권한의 이전전략에서는 효율적인 물류전략으로 알려진 혼재전략을 채택하는 등 많은 다양한 전략의 채택이 가능하다. 따라서 실무적으로도 공급사슬에서 의사결정권한의 이전 전략에 대한 많은 심도 있는 연구가 이루어져야만 할 것이다.

한편 본 연구에는 다음과 같은 한계들과 이에 따른 추후 연구과제들이 있다.

첫째, 소매상 수준에서 고객 수요의 분포를 포아송으로 가정했다. 이는 연구목적상 가장 단순한 분포이기 때문에 포아송분포를 가정한 것으로, 다양한 데이터 분석을 통하여 상황에 맞는 적절한 이론분포나 경험분포를 채택할 수 있다.

둘째, 부재고와 판매기회상실 등은 실제계에서는 동시에 발생되며, 향후 조사분석을 통해 공급사슬분석 모형에 두가지 경우를 모두 포함시켜야 한다.

셋째, 수배송 시간은 시스템들간의 거리, 그리고 수송능력 한계 등(선박이나 유조차의 대수, 그리고 제품을 양적하하는 시설의 이용가능성 등)에 따라 상이할 수 있다. 비록 수배송 거리가 동일할 경우에도, 위에서 언급된 요인들의 영향에 따라 도로상태 등으로 인해 확률적 운송 시간이 더 적당할 수 있다.

넷째, 본 연구에서는 2단계의 공급 사슬만을 가정하였으나, 정보기술의 발전으로 공급 사슬의 단계가 줄어들 수 있기 때문에 본연구의 결과는 생산재고 시스템에 적용될 수 있다. 또한 더 긴 단계의 시스템들도 분석할 수 있으나, 그러한 문제들은 필연적으로 더욱 복잡하다.

마지막으로, 본 논문에서는 모든 공급 사슬 구성원들이 한마음으로 전체 시스템목적을 위한 공동의 결정에 동의하는 것을 암묵적으로 가정했다. 이는 전체 공급사슬에서 구성원간의 정보공유, 원활한 협조 및 합리적 조정, 그리고 적절한 이익분배 등이 포함된다. 그러나 실제적인 공급사슬의 구성원들이 모두 이와 같은 가정대로 행동하지 않을 수도 있다. 이에 대한 추후연구도 필요하다.

참고 문헌

- [1] 민승기, "1999년 국가물류비산정 및 추이분석", 교통개발연구원, 2001.
- [2] 박병인, 박명섭, "석유제품 공급사슬에서의 공유정보가치 측정", 「한국공급사슬학회지」, 제1권, 제1호(2001), pp.87-96.
- [3] Aviv, Y. and A. Federgruen, "The Operating Benefits of Information Sharing and Vendor Managed Inventory Programs," Working Paper, Olin School of Business, Washington University, 1998.
- [4] Axsäter, S., "Simple evaluation of Echelon

- Stock (R, Q)-Policies for Two-Level Inventory Systems," *IIE Transactions* 29(1997), pp.661-669.
- [5] Axsäter, S., "Evaluation of Installation Stock based (R, Q)-policies for Two-level Inventory Systems with Poisson Demand," *Operations Research*, 46, Suppl.3(1998), pp.S135-S145.
- [6] Axsäter, S., and L. Juntti, "Comparison of echelon stock and installation stock policies for two-level inventory systems," *International Journal of Production Economics*, 45 (1996), pp.303-310.
- [7] Cachon, G., and M. Fisher, "Campbell Soup's Continuous Product Replenishment Program : Evaluation and Enhanced Decision Rules," *Production and Operations Management*, Vol.6, No.3(1997), pp.266-276.
- [8] Cachon, G., and M. Fisher, "Supply Chain Inventory Management and the Value of Shared Information," *Management Science* Vol.46, No.8(2000), pp.1032-1048.
- [9] Chen, F., "Echelon Reorder Points, Installation Reorder Points, and the Value of Centralized Demand Information," *Management Science*, Vol.44, No.12(1998), pp.S221-S233.
- [10] Chen, F. and Y. Zheng, "One Warehouse Multiretailer Systems with Centralized Stock Information," *Operations Research*, 45(1997), pp.275-287.
- [11] Clark, T., and J. Hammond, "Reengineering Channel Reordering Processes to Improve Total Supply Chain Performance," *Production and Operations Management*, Vol. 6, No.3(1997), pp.248-265.
- [12] Eynan, A., "The Multi-Location Inventory Centralization Problem with First-Come, First-Served Allocation," *European Journal of Operational Research*, 114(1999), pp. 38-49.
- [13] Fry, M., R. Kapuscinski, and T. Olsen, "Vendor-Managed Inventory in Production Constrained Settings," *New Directions in Supply-Chain Management*, Edited by Boone, T. & R. Ganeshan, Amacom, 2002.
- [14] Graves, S., A. Rinnooy Kan, and P. Zipkin ed., *Logistics of Production and Inventory*, Handbooks in Operations Research and Management Science, North-Holland, 1993.
- [15] Güllü, R., "A Two-Echelon Allocation Model and the Value of Information under Correlated Forecasts and Demands," *European Journal of Operational Research*, 99(1997), pp.386-400.
- [16] Hadley, G., and T. Whitin, *Analysis of Inventory Systems*, Prentice-Hall, 1963.
- [17] Kurt Salomon Associates, Inc., *Efficient Consumer Response : Enhancing Consumer Value in the Grocery Industry*, Food Marketing Institute, Washington D. C, 1993.
- [18] Lau, H., and A. Lau, "Coordinating two suppliers with offsetting lead time and price performance," *Journal of Operations Management*, 11(1994), pp.327-337.
- [19] Law, A., and W. Kelton, *Simulation Modeling and Analysis*, 3rd ed., McGraw-Hill, 1999.
- [20] Narayanan, V., and A. Raman, "Contracting for Inventory in a Distribution Channel with Stochastic Demand and Substitute Products," Working Paper, Harvard University, 1997.
- [21] Petrovic, D., R. Roy, and R. Petrovic, "Modeling and Simulation of a Supply Chain in an Uncertain Environment," *European Journal of Operational Research*, 109(1998), pp.

- 299-309.
- [22] Pritsker, A., J. O'Reilly, and D. LaVal, *Simulation with Visual SLAM and AweSim*, 2nd ed., System Publishing Corporation, 1999.
- [23] Sobotka, A., "Inventory Control : A Simulation and Decision Support System," *SIMULATION*, Vol.71, No.3(1998), pp.141-153.
- [24] Troyer, C., *EFR : Efficient Food-Service Response, Conference of Logistics*, GMA, May 21-23, Palm Springs 1996.
- [25] Viswanathan, S., "Optimal Strategy for the Integrated Vendor-Buyer Inventory Model," *European Journal of Operational Research*, 105(1998), pp.38-42.