

분산형 공급체인에서 정보시스템 개선이 주는 영향

김철수, 최근영

Kim Chulsoo, Choi Keun Young

cskim@inha.ac.kr metalcky@chollian.net

인하대학교 경상대학 경영학부

초 록

분산형 공급체인(Supply Chain) 시스템에서 각 기업체의 주문처리 과정에서의 지연은 시스템에게 많은 비용을 발생시키게 된다. 이러한 물질과 정보의 흐름을 효과적으로 관리하는 것이 바로 공급체인관리(SCM: Supply Chain Management)의 기본적인 목적이다. 또한, 항상 존재하는 정보의 지연이 공급체인 내의 여러 기업에 주는 영향이나 SCM에 미치는 효과는 매우 크다. 소매업, 도매업, 물류센터, 제조공장 등으로 이어지는 공급체인에서 정보시스템의 개선 등으로 주문처리 과정이 단축되면 분산형 시스템에서 각 디비전의 재고량과 비용 면에서 얼마만큼의 변화가 있는지는 연구해 볼 필요가 있다.

이 논문에서는 공급체인 전체를 하나의 통합된 개체로 보고 이를 최적화하고자 하는 경영 방식인 SCM(Supply Chain Management)에서 기업들의 재고변화와 비용 면에서 주문처리 지체가 얼마만큼의 영향이 있는지 알아보며, 두 가지의 정보지연 개선 방안을 가지고 시나리오를 설정하여 30주의 고객 수요를 가지고 실험분석을 한다. 그것을 통해서 SCM(Supply Chain Management)의 비용최소화 전략 수립에 밑바탕이 되는 대안들을 연구결과로 제안한다.

제 1 장 서론

‘물류네트워크’로도 일컬어지는 ‘공급체인(supply chain)’은 제조공장의 원재료, 재공품, 완제품의 흐름은 물론 다른 기업인 공급자, 생산자, 창고업, 물류센터, 소매업 등으로 구성된다. 공급체인 관리의 정의를 보면 공급체인 관리는 고객 서비스 수준을 만족시키면서 시스템의 전반적인 비용을 최소화할 수 있도록 제품이 정확한 수량으로, 정확한 장소에, 정확한 시간에 생산과 유통이 가능하게 하기 위하여, 각 디비전(Division) 들, 예를 들면 소매업,

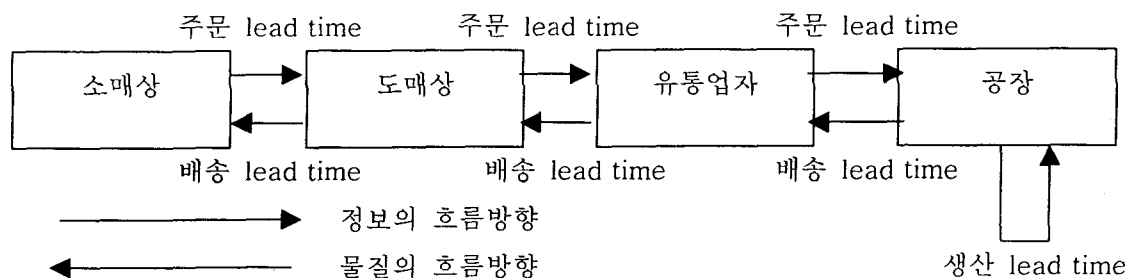
도매업, 물류센터, 제조공장에게 적용하는 접근법이다. 이러한 정의는 여러 가지 관점에서 논의될 수 있는데, 그것은 공급체인 관리에 비용에 영향을 미치며, 공급자와 제조업자의 설비에서 창고와 물류센터 그리고 소매상과 일반 점포에 이르는 과정에서 고객의 요구를 만족시키는 역할을 하는 모든 시설을 고려하며, 실제로 대개의 공급체인을 분석할 때에는, 공급체인 성과에 영향을 미치는 공급자의 공급자와 고객의 고객까지 분석의 대상에 포함시켜야 한다. 또 다른 하나는, 전체 시스템을 효율적이고 비용효과적으로 만드는 것이 SCM의 목적이며, 이는 시스템 전반에 걸쳐 발생하는 비용들, 즉 운송과 유통에서부터 원재료, 재공품 및 완제품의 재고에 이르기까지 관련된 모든 비용들을 최소화시키려는 것이다.

분산형 공급체인(Supply Chain) 시스템에서 각 기업체의 주문처리 과정에서의 지연은 시스템에게 많은 비용을 발생시키게 된다. 이러한 물질과 정보의 흐름을 효과적으로 관리하는 것이 바로 공급체인관리(SCM: Supply Chain Management)의 기본적인 목적이다. 또한, 항상 존재하는 정보의 지연이 공급체인 내의 여러 기업에 주는 영향이나 SCM에 미치는 효과는 매우 크다. 소매업, 도매업, 물류센터, 제조공장 등으로 이어지는 공급체인에서 정보시스템의 개선 등으로 주문처리 과정이 단축되면 분산형 시스템에서 각 디비전의 재고량과 비용 면에서 얼마만큼의 변화가 있는지는 연구해 볼 필요가 있다.

이 논문에서는 공급체인 전체를 하나의 통합된 개체로 보고 이를 최적화하고자 하는 경영방식인 SCM(Supply Chain Management)에서 기업들의 재고변화와 비용 면에서 주문처리지체가 얼마만큼의 영향이 있는지 알아보고, 두 가지의 정보지연 개선 방안을 가지고 시나리오를 설정하여 30주의 고객 수요를 가지고 실험분석을 한다.

제 2 장. 공급체인에서의 관리형태

공급체인의 관리별 형태를 보면 두 가지가 있다. 즉, 중앙 집중형과 분산형이다. 이를 비교해보면 중앙 집중형은 정보를 모두 알고 있다는 즉, 각 디비전들의 정보를 모두 알고 있다는 것이고, 분산형 시스템에서는 각 디비전의 정보는 모르며 단지 앞 디비전의 재고상황과 주문상황 만 알고 있다는 것이다.



중앙 집중형에서 의사 결정은 전체의 공급 네트워크 중앙에서 이루어진다. 전형적인 목적은 서비스 요구수준을 만족시키면서 전체 시스템 비용을 최소화하는 것이다. 이것도 분

명히 네트워크가 하나의 실체에 의해 소유되는 경우이지만, 많은 다른 조직을 포함하는 중앙 집중형에서도 또한 사실이다. 이 경우에 비용절감이나 수익은 어떤 계약적 메커니즘을 사용하고 있는 네트워크에 따라서 할당될 필요가 있다. 이미 우리는 중앙집중적 통제가 글로벌 최적화를 이끈다는 것을 알고 있다. 유사하게 분산된 시스템에서 각각의 설비는 공급체인 내에서 다른 설비에 대한 영향을 고려하지 않고 자체의 가장 효과적인 전략을 확인한다. 따라서 분산화된 시스템은 부문 최적화를 가져온다. 이론상으로 중앙 집중형의 의사결정자는 분산 시스템의 의사 결정자가 할 수 있는 모든 결정을 할 수 있기 때문에 중앙 집중화된 유통 네트워크는 적어도 분산된 것보다 효과적임을 알 수 있다.

이에 반해서 분산형을 보면, 전체 공급체인 시스템에서 존재하는 디비전들이 존재하고, 소비자로부터 주문을 받은 디비전1은 그 주문을 충족시키기 위해 디비전2의 재고에서 보충하고, 또 디비전 2는 디비전으로부터, 등등 그리고 마지막 디비전 N은 외부의 제공자에게 주문을 한다. 각 디비전을 관리하는 디비전 관리자는 오직 자신의 재고 정보만을 가지고 있다. 이것은 정보 지연에 따른 것이라고 볼 수 있는데, 재고 유지 비용은 각 디비전마다 발생하고 미납 주문 비용도 디비전1에서 제일 크고 다른 디비전도 존재하되 상위 디비전으로 갈수록 작다. 이런 비용이 모든 디비전 전체 비용이 되며, 전체 시스템에서는 전체 비용을 줄이는 것이 비용측면에서의 목적이다. 정보가 제한된 상황 하에서는 각 디비전의 관리자에게 자신의 정보 하에서 의사결정이 전체 시스템 차원에서 최적의 결정으로 이어지게 하는 전체 의사결정(Team Decision) 과정 구축이 요구된다.

본 논문에서는 정보가 제한된 분산형 공급체인 시스템을 가정한다.

제 3 장. 정보지연이 공급체인에 주는 영향

본 장에서는 디비전 사이에서 발생하는 정보지체가 전체 시스템에 주는 효과를 간단히 살펴본다. 아래 실험은 일반적으로 알려진 비어게임으로 진행되었다 (Chen, et. al, 1997a). 비어게임은 다음의 시나리오를 수립하고 있다. 첫째, 단순화된 맥주 공급체인을 고려한다. 이 공급체인은 단일 소매상, 이 소매상에 공급하고 있는 단일 도매상, 도매상에 제품을 공급하는 단일 유통업자 그리고 무한의 원자재를 가지고 있으며 유통업자에게 맥주를 공급하는 단일 생산자로 구성된다. 공급 체인에서 개별 참여자는 무한의 저장능력을 가지고 있으며 고정된 공급 리드타임과 개별 구성원간의 주문시간이 고정되어 있다.

맥주, 개별 구성원은 아랫단계 구성원의 수요를 맞추기 위해 노력한다. 모든 미납주문들은 가능한 한 빨리 충족시켜 줘야 한다. 모든 주문은 반드시 충족되어야 한다. 모든 구성원에게 미납주문에 따른 비용이 부과된다. 또한 개별 구성원은 자체로 재고를 보유하고 있다. 나아가 도매상은 소매상에게 전달하는 동안에 발생하는 전이재고를 가지고 있으며, 유통업자는 도매상에 대한 전이재고, 생산자는 유통업자에게 전달되는 전이재고를 가지고 있다. 개별 지점에서 재고보유에 따른 비용은 보유하고 있는 재고에 대해서만 부과한다. 또한 개별 공급체인 구성원은 그들의 상위 단계 공급자에게 주문한다.

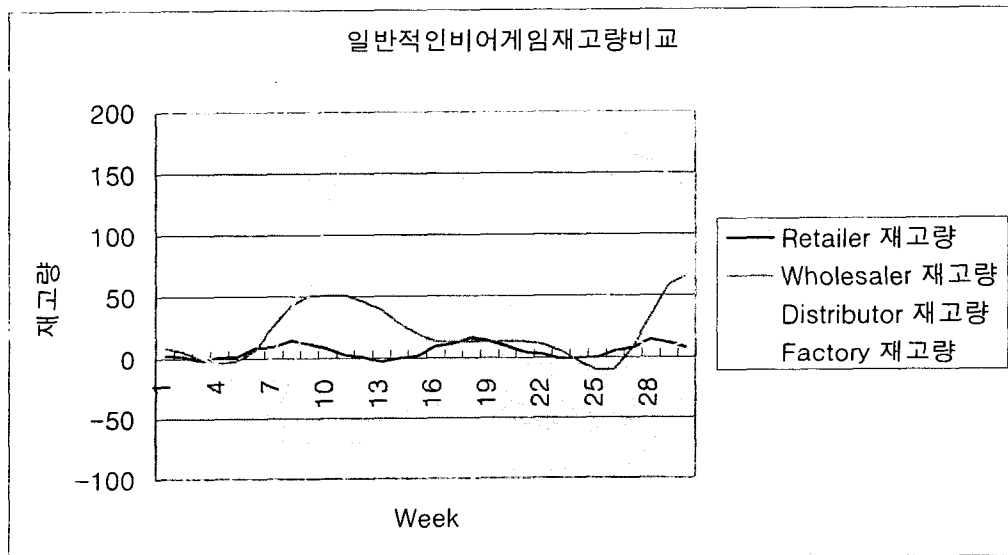
실험을 위한 입력 자료는 표 1과 같으며, 각 디비전 별로 재고에 대한 비용은 0.3\$, 0.2\$, 0.2\$, 0.1\$를 부과 하였고, 미납주문에 대한 비용은 3\$, 2\$, 2\$, 1\$를 부과 하였다. 그리고 초기 재고와 지연1, 2의 재고량을 아래와 같이 지정하였고, 마지막으로 30주의 Demand는 정규분포에 따른 수치이다. 일반적인 비어게임에서는 재고에 대한 비용이 0.5\$이고 미납주문에 따른 비용이 1\$이다 그리고 초기의 재고량과 지연1,2의 재고량은 (4,4,4)이지만 이 논문에서는 아래의 입력자료와 같이 입력을 하여서 30주를 진행하였다.

	Retailer	Wholesaler	Distributor	Factory
재고비용/개당	0.3\$	0.2\$	0.2\$	0.1\$
미납주문비용/개당	3\$	2\$	2\$	1\$
(초기재고,지연1,지연2)	(7, 1, 1)	(12,2,2)	(17,3,4)	(22,4,6)
Demand(30주)	5,2,4,2,5,3,6,1,3,4, 5,2,4,2,5,3,6,1,3,4, 5,2,4,2,5,3,6,1,3,4			

<표 1> 입력자료

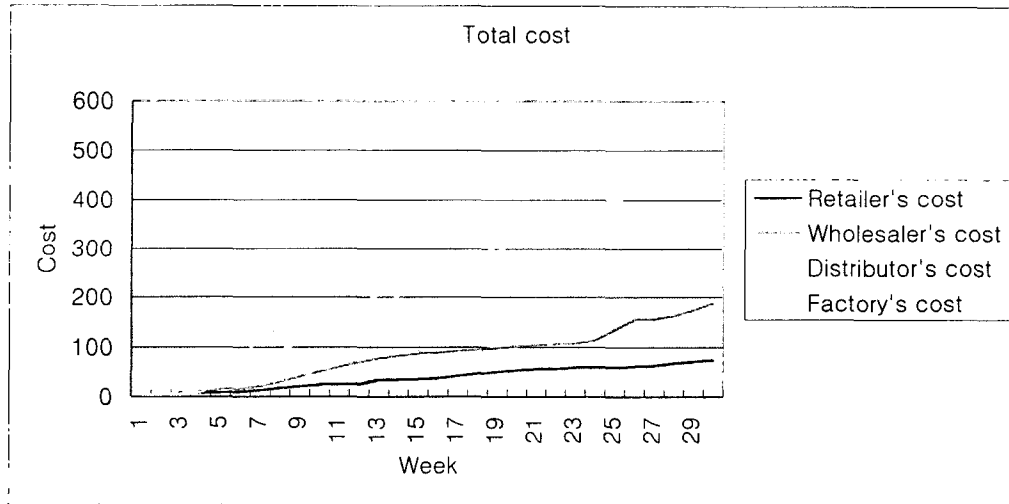
아래는 각 디비전별 재고량을 나타내며, 소매상에서의 재고량은 적당한 변동을 유지하고 있고 도매업, 물류업체, 그리고 제조공장으로 갈수록 재고량이 크게 나타나서 안전재고에 대한 현상이 아래 그림에서 잘 나타나고 있다.

일반적인 채찍효과에 나타나는 현상이 그림 1에서 잘 표현하고 있다. 상위 단계로 감에 따라서 주문에 대한 재고량 유지에 매우 어려움이 있으며 이것이 그 디비전의 비용 상승 요인으로 작용하고 있는 것을 쉽게 알 수 있다.



<그림 1> 각 디비전별 재고량의 추이

아래는 각 디비전별 누적비용을 나타낸다. 소매상에서의 비용증가는 완만한 반면에 도매업, 물류업체, 그리고 제조공장으로 갈수록 비용 누적이 크게 나타남을 알 수 있다.



<그림 2> 각 디비전별 누적비용 그래프

위의 결과에서 보듯이 비용을 최소화하는 노력은 전체 공급체인시스템에서 절실히 필요하다. 그 노력으로 첫째는 주문처리과정을 줄일 수 있도록 정보시스템을 개선방안이 있겠고, 둘째는 배달시간을 줄일 수 있는 물류체계를 개선하는 방안이다. 다음 장에서는 이러한 두 가지 방안을 가지고, 시나리오를 설정하였으며, 고객 수요에 대한 입력자료를 통해서 실험 분석을 한다. 그것을 통해서 SCM의 비용최소화 전략 수립에 밑바탕이 되는 연구결과를 이끄는 실험이다.

제 4 장 공급체인관리의 새로운 방안

여기서 제안하는 두 가지 방안을 설명하면, 먼저 3장에서 언급한 상황을 시나리오 1이라 정하였다. 그리고 새로운 두 가지 방안 중에 배달시간을 줄일 수 있도록 물류체계를 개선하는 방안을 시나리오 2로 정하였고, 주문처리 과정을 개선하여 정보지연을 줄인 경우를 시나리오 3로 하였다.

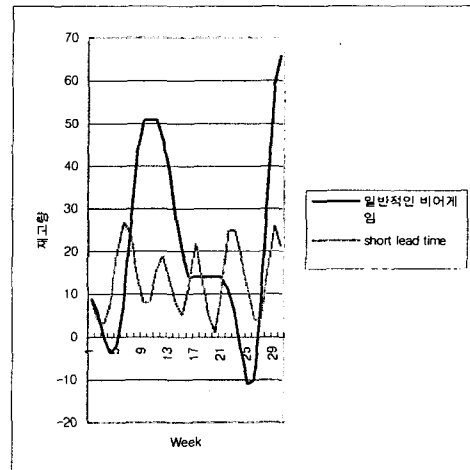
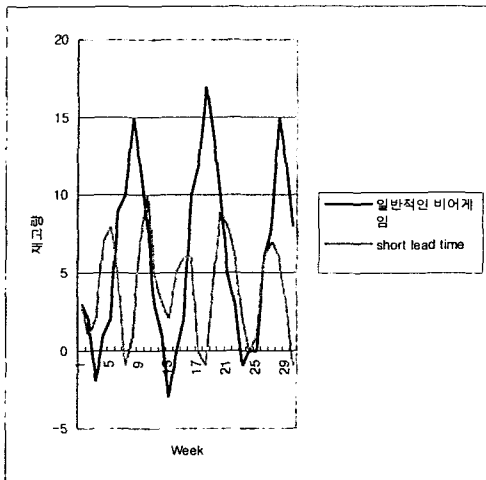
시나리오2와 3은 비어게임을 기본으로 가정하였으며 이 기본적인 시뮬레이션 모델에서 아래와 같은 시뮬레이션 모델을 만들어 내었다.

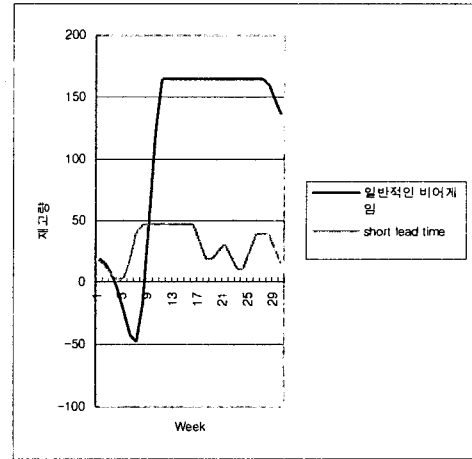
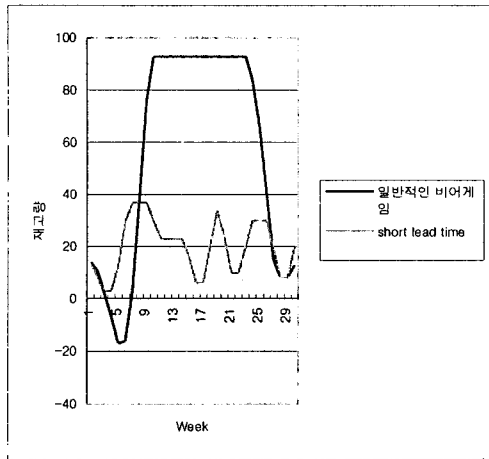
시나리오 2: 정보지연이 일주일이고 shipment 지연이 일주일이다. 즉 개별 공급체인 구성원이 그들의 상위단계 공급자에게 주문을 하는데 이 주문이 공급자에게 도착하는 데 소요되는 시간이 일주일이고, 주문이 도착하면 공급자는 가용한 재고로써 주문을 충족시키는데 공급자의 손을 떠나서 주문자에게 도착하는 데 소요되는 수송지연은 추가적으로 1주가 소요된다는 것이다.

시나리오 3: 정보지연이 없고 shipment 지연이 2주였을 때를 시뮬레이션 한 것이다. 즉, 상위단계 공급자에게 주문을 해서 공급자에게 주문이 도착하는데 소요되는 시간이 0주, 즉 정보의 지연 없이 바로 주문이 도착한다는 가정이다. 그리고 공급자가 가용한 재고로 주문을 충족시키는데 공급자의 손을 떠나서 주문자에게 도착하는 데 소요되는 수송지연은 2주가 소요된다는 가정이다.

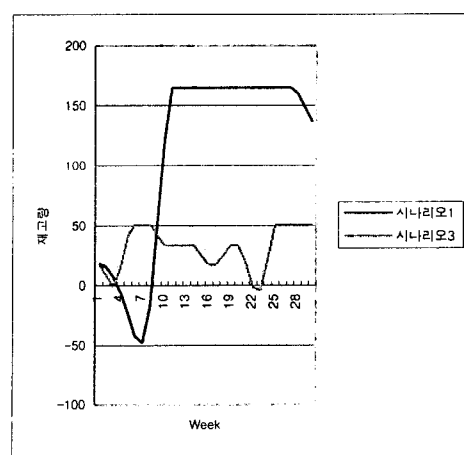
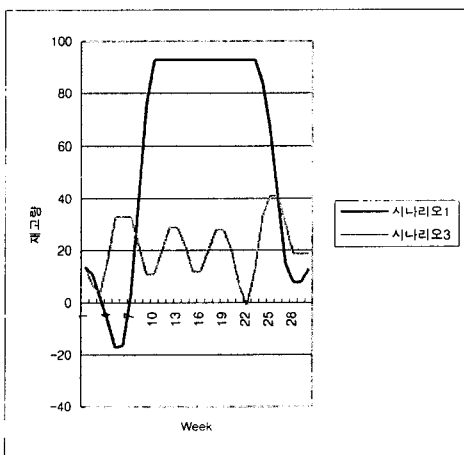
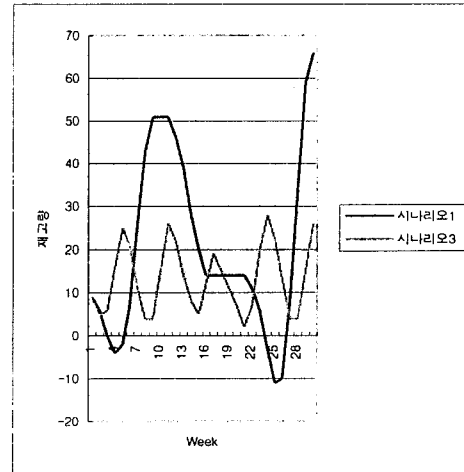
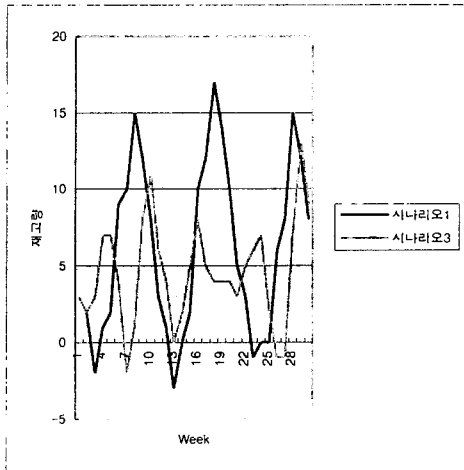
제 5 장 실험의 결과

앞에서 제시한 각 디비전 별 정보 및 물류지연 해소 방안에 대한 실험결과는 <그림 3>과 <그림 4>와 같다. 시나리오 2에서는 소매상의 경우에 주별 재고가 시나리오 1에서와 같은 변동을 보이고 있으나 그 폭은 매우 큼을 알 수 있다. 이와 같은 재고의 관찰은 도매업, 물류센터, 제조공장으로 가게 되면서 주별 재고 변화가 작아지고 안정재고 수준을 선택하는 현상이 보이고 있다. 이는 고객의 수요와 하위 단계의 기업들의 주문에 적절히 반응하기 위한 결과에서 비롯됨을 알 수 있다.



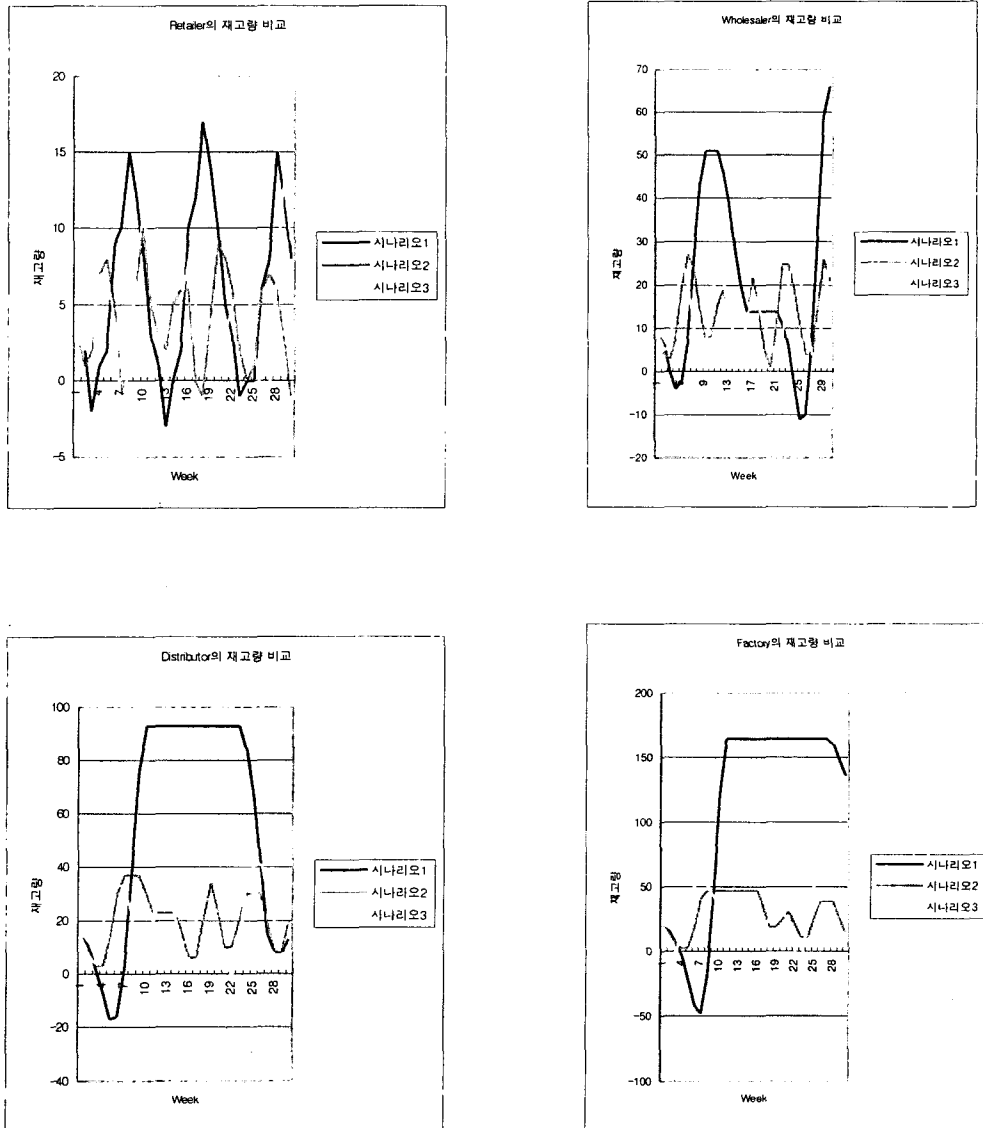


<그림 3> 네개의 디버전별 시나리오 1과 시나리오 2의 재고량 변화



<그림 4> 네개의 디버전별 시나리오 1과 시나리오 3의 재고량 변화

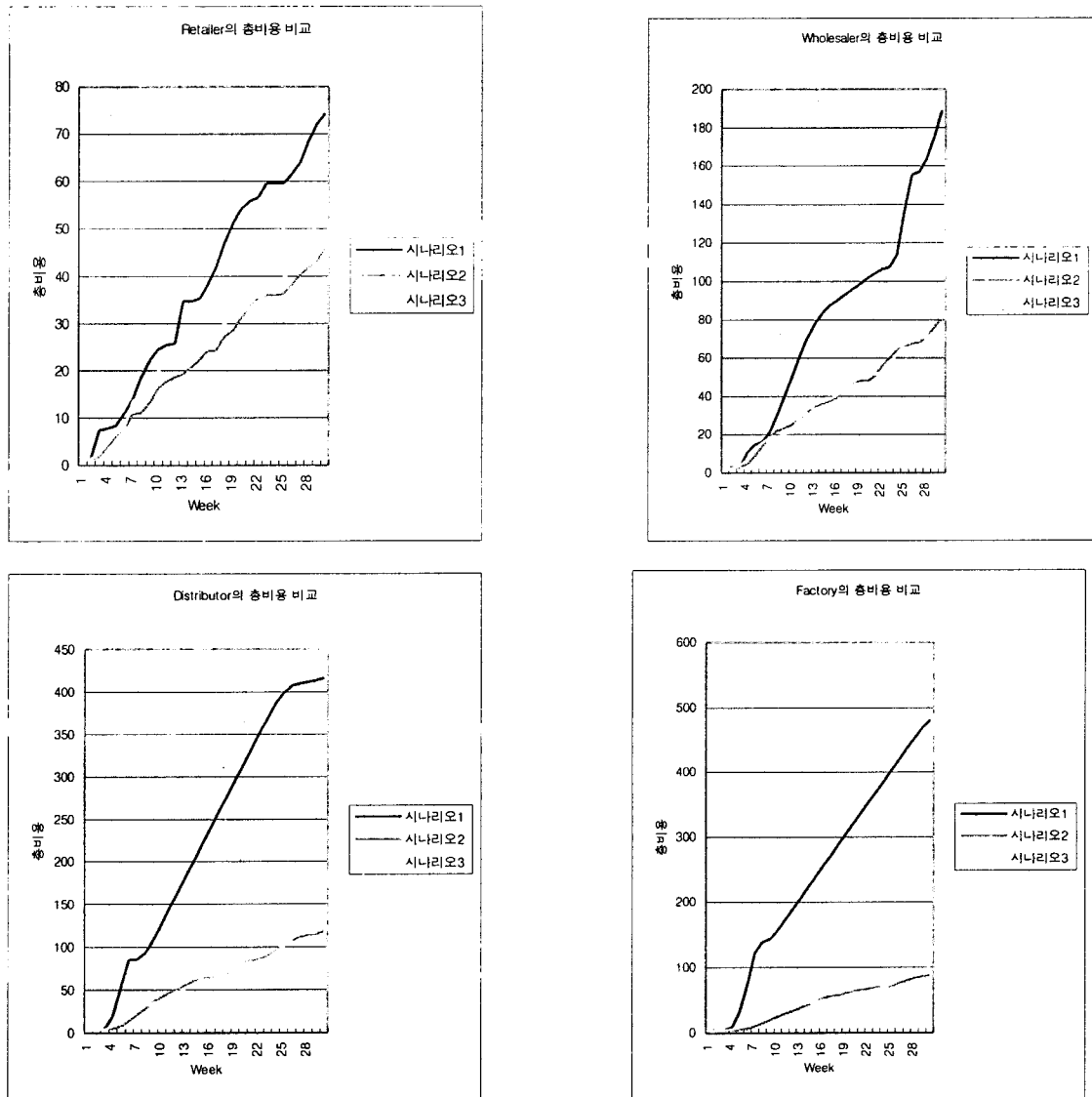
시나리오 3에서는 시나리오 2에서의 결과와는 좀 다르게 나타나고 있다. 즉, 재고 변동의 선의 다르게 나타나는 양상을 보인다. 시나리오 3에서도 주별 재고가 시나리오 1에서와 같은 변동을 보이고 있으나 그 폭은 매우 큼을 알 수 있다. 이와 같은 재고의 관찰은 도매업, 물류센터, 제조공장으로 가게 되면서 주별 재고 변화가 작아지고 안정재고 수준을 선택하는 현상이 보이고 있다. 전체적으로 고객의 수요와 하위 단계의 기업들의 주문에 적절히 반응하기 위한 결과는 시나리오 2에서 나타나는 것과 유사하다고 볼 수 있다.



<그림 5> 시나리오1, 2, 3의 재고량 비교 그래프

위의 그림은 시나리오 1, 2, 3의 재고량을 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 소매상의 경우 변동의 폭은 차이가 있지만 어느 정도 같은 모양의 변동을 알 수 있다. 이것은

하위 단계의 요구에 어느 정도 대응을 잘 했다는 것을 나타내고 있다. 그러나 상위 단계로 갈수록 시나리오 1의 재고량이 증가하는 것을 볼 수 있다 이것은 시나리오 1, 2에 비해서 재고량에 대한 비용이 증가한다는 것을 볼 수 있다. 시나리오 2, 3의 차이는 미세하지만 어느 정도 시나리오 2에서 재고량의 측면에서 약간의 우위가 있음을 알 수 있다.

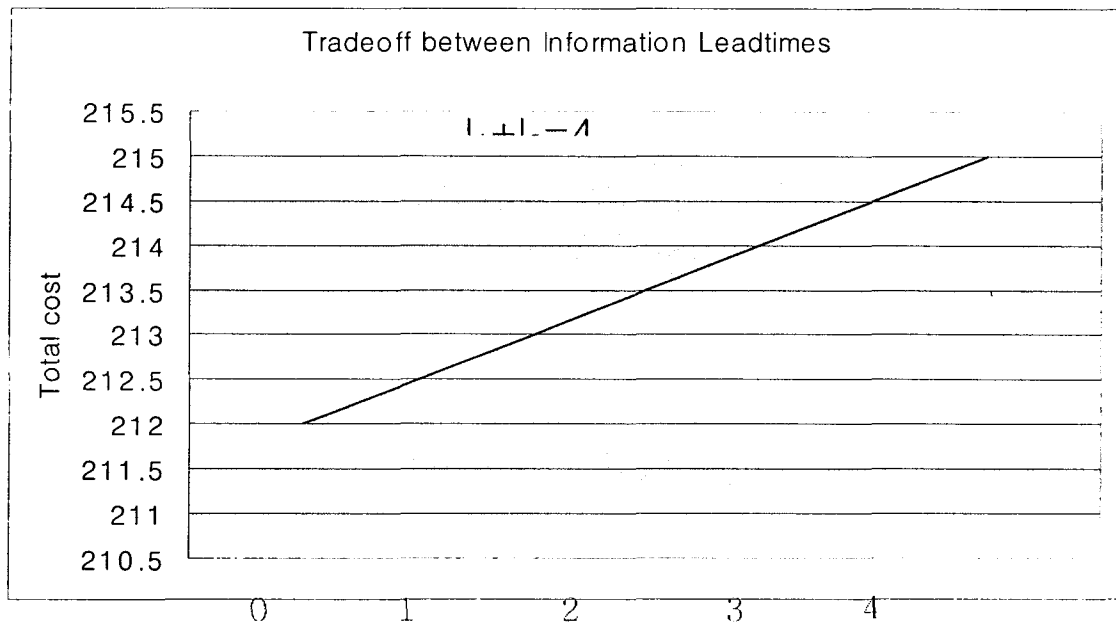


<그림 6> 시나리오1,2,3의 총비용 비교 그래프

위의 그림은 시나리오1, 2, 3의 디비전별 총비용을 비교한 것이다. 그래프에서 알 수 있듯이 소매상의 경우 비용의 차이가 그다지 많은 차이를 보이고 있지는 않다 하지만 상위단계로 갈수록 비용의 차이가 1과 2,3에서 많이 나타나는 것을 볼 수 있다.

이것은 재고량의 증가로 재고비용이 증가함에 따라 이렇게 그래프가 나타나는 것을 볼 수 있다. 그리고 시나리오 2와 3의 비교를 해보면 시나리오2의 경우 비용의 우위가 있는 것으

로 나타나고 있다. 하지만 시나리오2 즉 물류 유통쪽의 개선을 통한 비용절감은 비용이 많이 들기 때문에 정보시스템의 개선이 비용적인 측면에서는 유리하다고 할 수 있다.



<그림 7> Tradeoff between Information Leadtimes

위의 그림은 소비자쪽에서 정보지연이 많이 일어날수록 비용이 더 많이 든다는 것을 보여주는 그래프로 λ_1 은 소매상의 정보지연이고 λ_2 는 도매상의 정보지연이다. 그래서 둘의 정보지연을 합친 것이 4라는 숫자로 표기되어 있다. 즉 소매상에서 지연이 많이 일어나면 도매상에서 지연이 많이 일어나는 것보다 비용이 많이 든다는 것을 보여주고 있다. 따라서 소비자쪽에서 가까운 곳에서 일어나는 정보지연을 줄여야 비용 우위가 있다는 것을 보여주는 그래프이다.

참고 문헌

- Axsater, S., K. Rosling. 1993. Installation vs. echelon stock policies for multi-level inventory control. *Management Sci.* 39 1274-1280.
- Baganha, M. P., M. A. Cohen. 1998. The stabilizing effect of inventory in supply chains. *Oper. Res.* 46 S72-S83.
- Chen, F. 1998. Echelon reorder points, installation reorder points, and the value of centralized demand information. *Management Sci.* 44 S221-S234.
- Clark, A., H. Scarf. 1960. Optimal policies for a multi-echelon inventory problem. *Management Sci.* 6 475-490.

- Gavirneni, S., R. Kapuscinski, S. Tayur. 1999. Value of information in capacitated supply chains. *Management Sci.* **45** 16-24.
- Hariharan, R., P. H. Zipkin. 1995. Customer-order information, leadtimes, and inventories. *Management Sci.* **41** 1599-1607.
- Milgrom, P., J. Roberts. 1988. Communication and inventory as substitutes in organizing production. *Scandinavian J. Econom.* **90** 275-289.
- Rasmusen, E. 1989. *Games and Information*, Basil Blackwell Ltd., Oxford, UK.
- Sterman, J. 1989. Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management Sci.* **35** 321-339.
- Weng, Z. K. 1995. Channel coordination and quantity discounts. *Management Sci.* **41** 1509-1522.
- Whang, S. 1995. Coordination in operations: A taxonomy. *J. Oper. Management* **12** 413-422.