

분산형 공급체인에서 단계별 정보지연 개선이 주는 효과*

김 철 수 인하대학교 경영학부 cskim@inha.ac.kr
최 근 영 인하대학교 대학원 경영학과 metalcky@chollian.net

<목 차>

I. 서론	V. 구성 단계별 정보지연의 개선이 공급체인에 주는 영향
II. 문헌 연구	5.1 상위와 하위 단계별 정보지연 개선의 차이
III. 공급체인 관리형태와 모의실험	5.2 시험결과
IV. 정보 시스템 개선이 공급체인에 주는 영향	VI. 결론
4.1 정보흐름 리드타임 개선	참고문헌
4.2 실험결과	Abstract

I. 서론

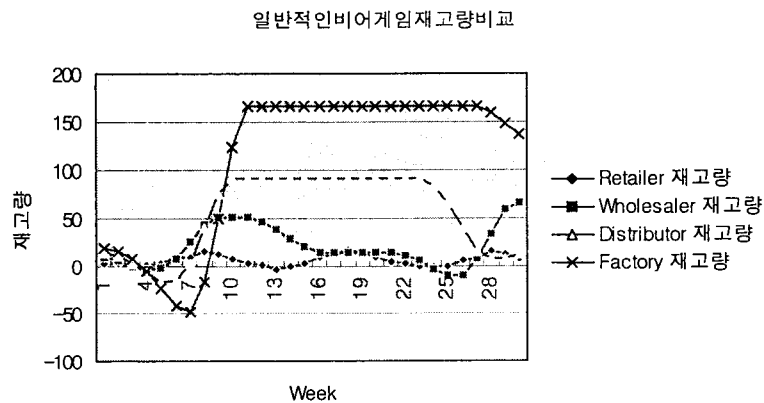
날로 글로벌화 되고 급변하는 시장환경에서 경쟁우위를 점하기 위하여 기업들은 이제까지의 부분적이고 한계적인 경영혁신과는 다른 차원의 방법으로 새로운 경영혁신을 요구받고 있다. 기업이 경쟁우위를 확보하기 위해서는 기본적으로 경쟁력이 있는 상품과 서비스를 공급할 수 있는 능력을 갖추는 것이 중요하다. 이와 함께 가치창출의 원천이 되는 고객의 수요를 정확히 예측하고 변화하는 고객수요에 신속히 대응할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 이러한 능력을 갖추기 위해 기업들은 자사의 핵심능력을 강화하는 내부적인 노력과 함께, 공급사, 자사, 고객을 연결하는 공급체인(Supply Chain)을 통한 상품, 서비스, 정보, 현금의 흐름을 총체적인 관점에서 통합하

* 이 연구는 2000년도 인하대학교 학제간공동연구지원에 의해 수행되었음

고 관리하는 것이 중요하다는 사실을 인지한다.

공급체인관리는 Global Supply Chain Forum에 의하면 “고객 및 이해관계자들에게 부가가치를 창출할 수 있도록 최초의 공급업체로부터 최종소비자에 이르기까지 상품, 서비스 및 정보의 흐름이 이루어지는 비즈니스 프로세스를 통합적으로 운영하는 전략”이라고 정의하고 있다(Lambert. et. al., 1998). 이러한 정의는 여러 가지 관점에서 논의될 수 있는데, 그것은 공급체인 관리의 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 비용 효과적으로 만드는 것이 SCM의 목적이며, 이는 시스템 전반에 걸쳐 발생하는 비용들, 즉 운송과 유통에서부터 원재료, 재공품 및 완제품의 재고에 이르기까지 관련된 모든 비용들을 최소화시키려는 것이다.

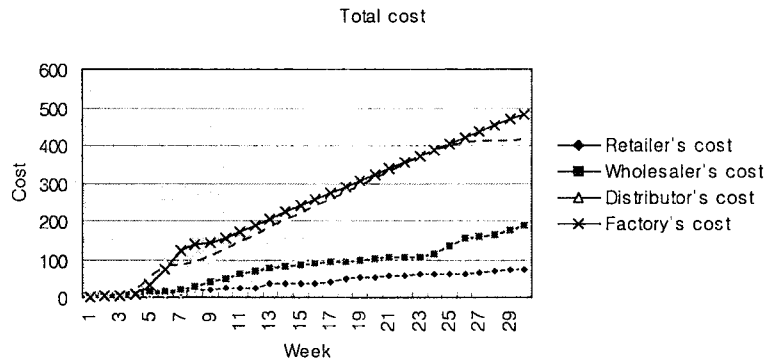
산업 현장에서의 공급체인에서는 쉽게 채찍효과(Bullwhip Effect)를 볼 수가 있는데 이 효과를 정의하면 그 공급체인 시스템에서 구성단계(고객에 가까운 것이 하위단계이며 제조공장 단계를 상위단계로 정의함) 중 상위로 갈수록 주문량이나 재고량에서 양의 변동폭이 점차로 커지는 현상을 말한다 (Lee, et al., 1997; Lee, et al., 1999). <그림 1>은 시뮬레이션 소프트웨어를 통해서 30주에 대해서 실험한 결과와 같이 채찍 효과를 쉽게 발견할 수 있다. 이러한 결과는 일반적으로 볼 수 있는 전형적인 현상이며, 실험 대상기간을 30주에서 60주로 늘려가면서 하였다. 공통적으로 상위단계 즉 공장(factory)에서 재고량 변화 폭은 더욱 크게 나타났다.



<그림 1> 각 구성 단계별 재고량의 추이

위의 그림에서 보듯이 하위단계에서의 소매상(retailer)의 재고량이나 주문량은 고객(customer)의 수요를 잘 따르고 있으며 도매상(wholesaler)에서는 소매상의 주문을 충족시키기 위해서 좀 더 많은 양의 재고 수준을 유지하게 된다. 상위단계 즉, 물류업체(distributor)와 제조공장(factory)으로 갈수록 재고수준은 점차로 높아진다. 그 이유는 재고비용(holding cost or inventory cost)에 비해서 결핍비용(shortage cost)이 크기 때문이다. <그림 2>도 앞에서 실험한 결과를 각 단계에서 발생하는 비용의 합을 주별로 누적해서 산출한 그림이다. 소매상에서의 비용증가는 완만한 반면에 도매상, 물류업체, 그리고 제조공장으로 갈수록 누적되는 비용 차이가 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.

이러한 채찍효과를 전체 공급체인 시스템에서 감소시키기 위해서는 정확한 수요예측, 최적의 주문량 결정, 그리고 적시에 주문과 재고관리가 필요하게 된다. 공급체인 시스템에서 각 단계에서의 주문처리 과정은 시스템의 전체 비용에 크게 영향을 주게 된다. 주문처리과정이 비효율적으로 이루어지게 되면 하위단계의 비효율성이 점차로 상위단계로 증폭되어 전달되게 되므로 고객의 수요와 매우 상이한 재고관리를 하게 된다. 이것이 모두 비용으로 오게 된다. 그래서 이 분야의 효율성 재고가 매우 큰 이슈이며 그 중에 하나가 주문처리 과정의 신속성이다. 이것은 의사결정과정의 간소화, 정확한 고객 요구 파악 및 수요 예측, 그리고 향상된 정보처리 수준이라 볼 수 있다.



<그림 2> 각 단계별 누적비용 그래프

공급체인에서 물자의 흐름과 같이 정보흐름도 존재하는데 각 두 가지 흐름에는 리드타임이 존재하게 된다. 여기서 정보리드타임을 정보지연이라고 말하는데 이러한 정보지연이 소매업, 도매업, 물류센터, 제조공장 등으로 이어지는 공급체인에 얼마만큼의 재고량 유지와 비용 절감에 변화를 줄 수 있는지 연구해 볼 필요가 있다.

이 논문에서는 공급체인 전체를 하나의 통합된 개체로 보고 이를 최적화하고자 하는 경영 방식인 공급체인관리에서 정보의 리드타임이 각 구성단계의 재고변화와 총비

용 측면에서 어떠한 변화를 주는지를 알아본다. 그리고 보다 중요하게 보아야 할 연구는 시스템의 각 구성단계의 정보시스템 차이로 인한 정확한 수요예측, 최적의 주문량 결정, 그리고 적시에 주문 등으로 정보 리드타임에 차이가 있을 때에 이것이 재고량 유지와 비용 면에서의 어떠한 차이를 보이는지, 그리고 상위단계와 하위단계의 어느 곳에서 정보지연이 전체 시스템에 민감하게 반응하는지를 실험 분석을 해본다.

II. 문헌 연구

공급체인에 대한 많은 연구가 이루어지고 있고 이에 대한 다양한 시각에 대한 의견도 문헌 곳곳에서 보이고 있다.

<표 1> 공급체인과 관련된 연구 요약

연구자 (연도별)	특징	관리 형태	구성단계 정보차이
Burbidge (1989)	채찍효과(bullwhip effect)로 정의하고, 최종고객의 정보가 상부단계로 전달되는 과정에서 증폭(amplification), 진동(oscillation) 그리고 반응지연(phase lag)되는 동태적 변화(dynamic behavior)와 이를 관련하여 분석.	집중형	고려하지 않음
Lee, et al.(1997)	상부단계에서 발생하는 채찍효과의 원인을 규명 네 가지로 설명, demand signal processing, rationing game, order batching, price variation	분산형	일부고려
Aviv, et al.(1998)	고객의 수요가 확률적이며 N 개의 동일한 소매상을 갖는 공급체인에서 수요와 재고 정보를 공유하고, 또한 공급자의 능력이 한계가 있는 경우를 초점으로 하여 정보 공유와 판매자의 재고정보 운영시의 운영이익을 분석	집중형	고려하지 않음
Chen (1999)	부서 간의 정보와 물자흐름에 지연이 있는 경우, 기업 전체의 재고유지비용과 재고부족비용의 합을 최소화하기 위한 주문량 결정방법을 제시 물류와 정보의 흐름의 리드타임이 공급체인의 비용에 미치는 영향을 분석	집중형	고려하지 않음

연구자 (연도별)	특징	관리 형태	구성단계 정보차이
Hong-Minh, et al. (2000)	시뮬레이션 분석을 통하여 시장수요에 관한 정보는 공급체인상에서의 각 구성단계에 재고전략을 구축하는데 효과적 공급체인의 단계를 축소하는 전략은 필요한 안전 재고를 줄이는 동시에 전체 고객에 대한 서비스 수준을 높이는 효과에 대해서 분석	집중형	일부고려
Cachon, et al. (2000)	확률적인 고개 수요와 다수 동일한 소매상을 갖는 하나의 공급체인에서 수요와 재고 정보를 공유할 때의 가치를 분석 공유된 정보를 사용하지 않는 전통적인 정보정책과 공유정보의 잘못 사용이 없는 완전정보정책을 비교분석	집중형	고려하지 않음
Fransoo, et al. (2000)	산업의 사례를 바탕으로 공급체인의 각 구성단계별로 채찍효과를 측정하는데 따르는 문제점 지적 구성단계별로 채찍효과 측정상에서의 문제점 해결 절차 제시	집중형	문제점만 지적
Chen, et al. (2000)	수요예측과 주문리드타임이 채찍효과를 일으키는 모형으로 가정해서 그 효과를 분석. 하나의 소매상과 공장이 존재하는 간단한 공급체인을 가정해서 실험분석	집중형	고려하지 않음

III. 공급체인 관리형태와 모의실험

공급체인 시스템의 관리 형태는 두 가지로 볼 수 있는데, 하나는 중앙 집중관리이며 다른 하나는 분산 관리 형태이다. 이를 비교해보면 중앙 집중형은 정보를 모두 알고 있다는 즉, 각 단계들의 정보를 모두 알고 있다는 것이고, 분산형 시스템에서는 각 단계의 정보는 서로 공유하지 않았든지 혹은 의사결정 사항에 대한 정보를 서로 모른다는 것을 말한다. 일반적으로 분산형 관리가 현실상황에서 대부분이라고 볼 수 있다.

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

이것도 분명히 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, 공급체인 시스템에서 역할 별로 여러 단계가 존재한다. 소비자로부터 주문을 받은 소매 단계에서는 자신의 재고를 확인하고 소비자에게 물품을 내준다. 재고가 없는 경우에는 새로 주문을 하여 짧은 시간 내에 전달하게 된다. 그렇지 않은 경우에는 결핍비용이 발생하게 된다. 주문을 하게 되는 소매 단계에서는 소비자의 수요를 미리 예측하는 것이 매우 중요하다. 다음 단계는 도매 단계인데, 도매 단계에서의 수요란 바로 소매 단계에서의 주문이라 할 수 있다. 물론 소매자의 수요를 도매 단계에서 아는 것이 중요하나 소매 단계의 주문을 예측하는 것이 더욱 중요하다. 이러한 흐름은 다음 단계인 물류 단계와 제조 단계로 이어지게 된다. 분산형 시스템에서의 특징은 각 단계에서 알 수 있는 정보는 바로 앞 단계에서 결정된 재고량과 주문량에 제한되었다는 것이다. 이렇게 제한된 정보 하에서 최적의 주문 정책이나 재고정책을 취하기 위해서는 중앙 집중 관리 형태에서의 정책들과는 달라야 한다 (Chen, 1999). 시스템의 각 단계에서 정보가 제한된 상황하에서는 각 단계의 관리자가 주어진 정보 하에서 최적의 의사결정을 할 수 있도록 팀 의사결정(team decision)이 이루어져야 한다. 본 연구에서는 각 단계에서 주어진 정보가 제한된 분산 관리형 공급체인 시스템을 따른다.

본 논문에서 연구대상이 되는 공급체인의 형태는 전통적인 직렬연결형(cascade)이며 이것은 주문에 대한 정보를 고객(C)으로부터 소매점(R), 도매점(W), 분배센터(D), 공장(F)까지 상부단계로 차례로 흘러가고, 제품은 주문에 따라 공장으로부터 고객까지 하부단계로 흐르게 된다. 그러나 전통적인 공급체인에서는 각 구성단계들이 독립된 개체로서, 수요예측, 주문량 및 가격결정 등의 분야에서 각자의 최적화를 추구하는 경향이 강하기 때문에 일반적으로 공급체인 전체의 최적화를 달성하기가 어렵게 된다. 또한, 각 단계에서의 주문량은 직전 하부단계에서 받은 주문량에 전적으로 의존하는데, 여러 단계를 거쳐가는 정보흐름상의 리드타임과 물자흐름상의 리드타임을 감안하면 최종고객이 실제로 원하는 것과는 상이한 형태의 물류와 정보의 흐름을 보이게 된다.

이러한 정보의 흐름과 물품의 흐름을 고려해서 공급체인을 모의 실험하는 시뮬레이션이 바로 비어게임(beer game)이다. 비어게임은 1960년대 MIT에서 생산 및 분배시

시스템을 설명하기 위해서 개발되었고, Machuca와 Barajas(1997)가 이를 가지고 비어게임을 실시하고 게임의 결과를 많은 실험결과자료로부터 종합적으로 분석할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 그리고 Simchi-Levi(1999) 등은 비어게임에서 주문량 결정 정책, 운송지연시간 그리고 수요 및 재고량에 관한 정보의 제공범위 등을 변경이 가능한 기능을 추가하고, 그 결과를 분석하는 컴퓨터 활용 비어게임(computerized beer game)을 소개하였다.

아래의 표는 비어게임의 대표적인 두 모형의 중요한 차이점을 설명한 것이다.

<표 2> IT 비어게임과 Columbia 비어게임의 비교

	MIT비어게임	Columbia 비어게임
고객수요	확정적	확률적
정보지연	각 단계별로 같음	각 단계별로 다름
물류지연	고정	고정
부족비용	각 단계별로 같게 일어남	소매상에서만 일어남
재고비용	각 단계별로 같게 일어남	상위단계로 갈수록 적어짐
수요정보	수요분포 모름	수요분포 공유

본 연구에서 실험하고자하는 첫 번째 주제인 공급체인 전체를 하나의 통합된 개체로 보고 이를 최적화하고자 하는 경영 방식인 공급체인관리에서 정보의 리드타임이 각 구성단계의 재고변화와 총비용 측면에서 어떠한 변화를 주는지를 알아보는 실험은 MIT 비어게임에 기반해서 실험을 하였다. 그리고 두 번째 주제인 시스템의 각 구성단계의 정보시스템 차이로 인한 정확한 수요예측, 최적의 주문량 결정, 그리고 적시에 주문 등으로 정보 리드타임에 차이가 있을 때에 이것이 재고량 유지와 비용 면에서의 어떠한 차이를 보이는지, 그리고 상위단계와 하위단계의 어느 곳에서 정보지연이 전체 시스템에 민감하게 반응하는지에 대한 실험 분석은 Columbia 비어게임을 기반으로 하고 있다.

비어게임에 대한 이해를 위해서 설명하자면, Sterman(1989), Goodwin과 Franklin(1994)등에서 보면 비어게임은 맥주를 생산해서 분배해 가는 네 단계 공급체인을 묘사한 게임보드에서 행해진다. 게임에는 주문량을 적을 수 있는 사각형과 맥주 케이스를 나타내는 동그라미(동전)가 있다. 게임은 4인 1조가 한 팀으로 수행하는 데 왼쪽부터 소매점(R), 도매점(W), 분배센터(D), 공장(F)을 1명씩이 책임진다. 매기간마다 고객은 소매점에 주문을 내고, 소매점은 수요에 따라 자신의 재고로부터 고객에게 맥주를 판매한다. 같은 방식으로 소매점은 도매점에, 도매점은 분배센터에, 분배센터는 공장에 발주를 하고 공장에서는 맥주를 생산해서 공급한다. 이때 공급체인상의 각

단계에는 발주 후 일정기간의 주문처리지연(order processing delays)과 운송지연(shipping delays)이 발생하게 된다. 게임은 여러 팀이 각자의 게임보드상에서 수행하게 되는데, 각 팀의 목적은 게임중에 발생하는 팀의 총비용(재고유지비용과 재고부족비용의 합)을 최소화하는 것이며, 원래의 비어게임에서는 [개-주]당 재고유지비용은 \$0.5, 재고부족비용은 \$1.0이 부과된다. 게임의 초기에는 각 단계에는 12개, 각 운송지연(공장의 경우는 생산지연)에는 4개씩의 동전이 주어지고 주문처리지연에는 4개씩의 주문량이 카드에 적혀있다. 게임이 진행되는 도중에 각 게임참여자는 카드에 적힌 주문량을 미리 볼 수 없으며, 매 기간마다 다음의 절차를 수행한다 (Lim, et al., 2001).

(1) 각 단계에서, 현 재고(current inventory) 바로 오른쪽의 운송지연에 있는 동전들은 현 재고에 더해지고, 두 번째 오른쪽 운송지연에 있는 동전들은 왼쪽의 운송지연으로 옮김. 공장에서는 생산지연(production delay)에 있는 동전들이 같은 방식으로 이동.

(2) 소매점에서는 고객의 주문카드(order cards)에 있는 카드를 뒤집어 보고, 다른 게임참여자는 도착주문(incoming orders)의 카드에 적힌 수량을 재고가 허용하는 한도 내에서 직전 단계의 운송지연으로 출고. 직전 기간에 재고부족이 발생한 경우 이를 합친 수량 출고.

(3) 각 단계마다 현재의 재고량과 재고부족량 기록.

(4) 각 단계마다 발주주문(orders placed)에 있는 카드를 바로 오른쪽에 있는 도착주문으로 옮김. 공장에서는 생산의뢰(production requests)에 있는 카드를 위쪽의 생산지연으로 옮김.

(5) 각 단계마다 주문할 수량을 결정하여 카드를 기록. 뒤집은 상태로 발주주문에 위치시킴. 공장은 주문량을 적은 카드에 생산의뢰에 위치시킴.

비어게임은 대개 30여 주 동안 진행되는데, 게임 도중에는 같은 팀 내에서도 서로 주문전략을 협의할 수 없게 하고 고객의 수요에 대한 정보도 알 수 없기 때문에 소매 단계만이 고객의 수요에 관한 정보를 직접 접하게 되고 나머지 단계에서는 직전단계의 주문을 통해 간접적으로 고객의 수요를 짐작하게 되는데, 이것은 실제로 전통적인 공급체인에서의 운용형태와 흡사하다고 말할 수 있다. 그리고 비어게임의 진행절차중에서 주문량을 결정하는 절차 (5)에서의 의사결정 결과에 따라 각 단계의 주문량 혹은 재고량의 변동과 이에 따른 비용의 차이가 발생하게 된다. 또한, 정보를 이용함에 있어서 직접적인 시장정보가 아니라 단계별로 거쳐온 간접적인 정보에 의존할 수밖에 없고, 더구나 정보와 물자의 흐름에 지연이 발생하기 때문에 소매단계에서부터 도매점, 분배센터, 공장까지 상부단계로 올라감에 따라 주문량이나 재고량이 증폭, 진동, 반응지연 등의 동태적인 변화를 보일 수밖에 없다.

IV. 정보 시스템 개선이 공급체인에 주는 영향

공급체인 전체를 하나의 통합된 개체로 보고 이를 최적화하고자 하는 경영 방식인 공급체인관리에서 정보의 리드타임이 각 구성단계의 재고변화와 총비용에 어떠한 변화를 주는지를 아래와 같이 모의실험 하였다.

4.1 정보흐름 리드타임 개선

여기서 실험하고자하는 것은 정보흐름에서의 리드타임 개선안이 공급체인 구성요소인 각 단계에 어떻게 영향을 주는지 알아보는 것인데, 물자의 흐름에서의 리드타임 개선안과 비교해 보고자 한다.

시나리오 1: 일반적인 상황(비어게임에서 기본 설정값하에서 실험)

시나리오 2: 실제적인 제품 배달과 관련하여 리드타임을 줄이는 방안, 여기서는 상위단계에서 하위단계로의 흐름을 개선하는 시나리오.

시나리오 3: 수요예측이나 주문결정방법 등에서 효율성을 기하는 방안. 여기서는 하위단계에서 상위단계로 전달하는 정보흐름을 개선하는 시나리오.

세 가지 시나리오를 정리하면 아래와 같다.

(단위: 주)

<표 3> 구성단계별 정보리드타임 개선 비율

정보의 리드타임 비율	기본 지연시간	제품배달 지연시간	정보흐름 지연시간
시나리오 1	1	2	2
시나리오 2	1	1	2
시나리오 3	1	2	1

세 가지 시나리오 모두 기본 지연은 1주일로 가정하였다. 그리고 시나리오 2에서는 정보의 리드타임을 2주, 운송의 리드타임이 1주로 가정하였는데, 즉 개별 공급체인 구성원이 그들의 상위단계 공급자에게 주문을 하는데 이 주문이 공급자에게 도착하는데 소요되는 시간이 일주일이고, 주문이 도착하면 공급자는 가용한 재고로써 주문을 충족시키는데 공급자의 손을 떠나서 주문자에게 도착하는 데 소요되는 수송지연은 추가적으로 1주가 소요된다는 것이다. 시나리오 3에서는 정보의 리드타임은 1주이고 대신에 운송의 리드타임은 시나리오 1과 같이 2주로 하여 정보 부문에서만 개선이 있음

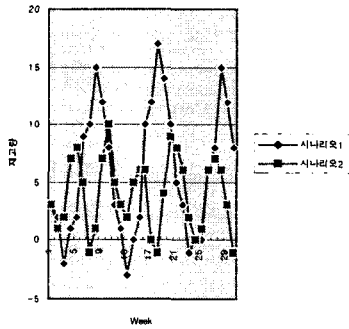
을 의미한다. 그리고 공급자가 가용한 재고로 주문을 충족시키는데 공급자의 손을 떠나서 주문자에게 도착하는 데 소요되는 수송지연은 2주가 소요된다는 가정이다. 모의 실험을 위한 입력 자료는 <표 1>과 같으며, 각 디비전 별로 재고에 대한 비용은 0.3\$, 0.2\$, 0.2\$, 0.1\$를 부과하였고, 미납주문에 대한 비용은 3\$, 2\$, 2\$, 1\$를 부과하였다. 그리고 초기 재고와 지연1, 2의 재고량을 아래와 같이 지정하였고, 마지막으로 30주의 Demand는 정규분포에 따른 수치이다. 일반적인 비어게임에서는 재고에 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.

<표 4> 입력자료

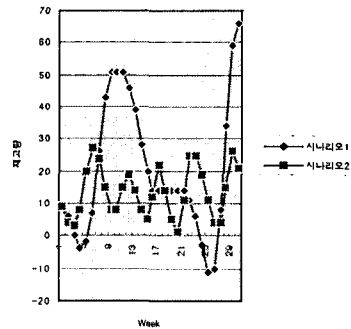
	Retailer	Wholesaler	Distributor	Factory
재고비용/개당	0.3\$	0.2\$	0.2\$	0.1\$
미납주문비용/개당	3\$	2\$	2\$	1\$
(초기재고,지연1,지연2)	(7, 1, 1)	(12,2,2)	(17,3,4)	(22,4,6)
Demand(30주)	5,2,4,2,5,3,6,1,3,4,5,2,4,2,5,3,6,1,3,4,5,2,4,2,5,3,6,1,3,4			

4.2 실험결과

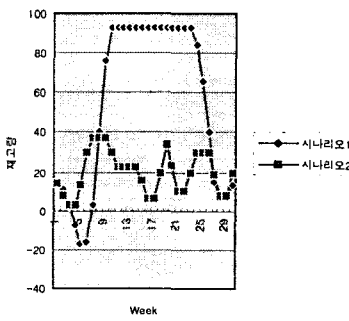
앞에서 제시한 각 구성 단계 별 정보 및 물류지연 해소 방안에 대한 실험결과는 <그림 3>과 <그림 4>에서 보여진다. 시나리오 2에서 소매상의 경우를 보면 주별 재고가 시나리오 1에서와 같은 변동을 보이고 있으나 그 폭은 매우 적게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 재고의 관찰은 도매업, 물류센터, 제조공장으로 가게 되면서 주별 재고 변화가 작아지고 안정재고 수준을 선택하는 현상을 보이고 있다. 이는 고객의 수요와 하위 단계의 기업들의 주문에 적절히 반응하기 위한 결과에서 비롯됨을 알 수 있다.



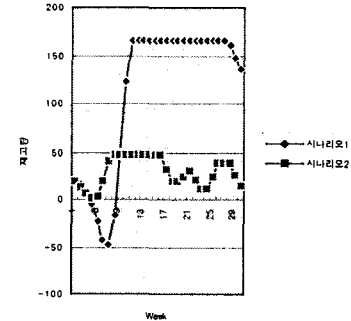
(a) 소매상



(b) 도매상

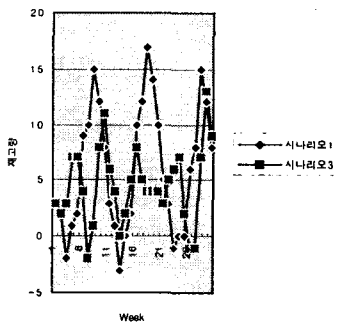


(c) 물류센터

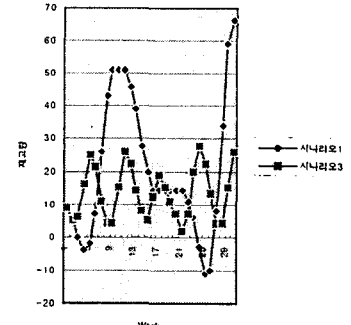


(d) 제조공장

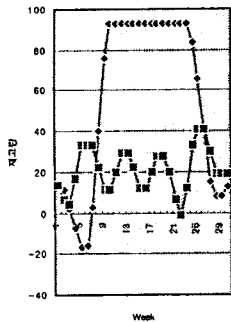
<그림 3> 네 구성단계별 시나리오 1과 시나리오 2의 재고량 변화



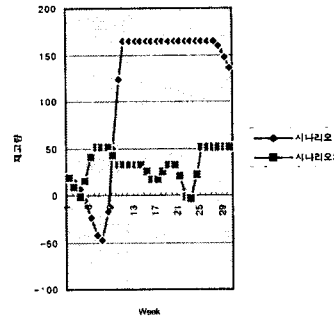
(a) 소매상



(b) 도매상



(c) 물류센터



(d) 제조공장

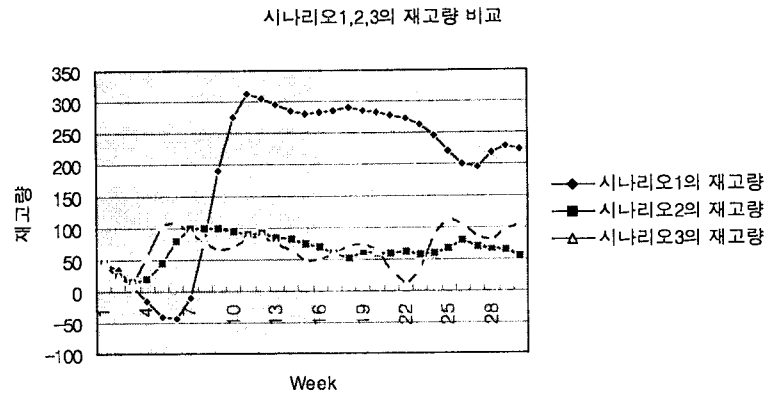
<그림 4> 네 구성단계별 시나리오 1과 시나리오 3의 재고량 변화

시나리오 3에서는 시나리오 2에서의 결과와는 좀 다르게 나타나고 있다. 즉, 시나리오 3에서의 재고 변동의 선이 시나리오 2에서 나타나는 것과 비교해 보면 재고량 크기 곡선이 2주정도 앞에서 커지고 있는 형태를 보이고 있다. 이것은 실제로 배달시간의 감소가 주는 효과를 보여 주고 있다. 그러나 이러한 효과는 시간이 지날수록 시나리오 2와 3이 전체 시스템에 주는 효과의 차이가 적어지고 있음을 알 수 있다. 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.

아래의 그림은 시나리오 1, 2, 3의 총 재고량을 비교한 것이다. 각 디비전의 재고량을 모두 더해서 그 결과치를 그래프로 나타낸 것으로 시나리오 1의 경우 재고량이 주가 지날수록 많아지는 것을 볼 수가 있다. 하지만 시나리오 2와 시나리오 3의 경우 재고량의 변화가 그 때 그 때 상황에 맞게 일어나는 것을 알 수가 있다.

즉 이 그래프에서 알 수 있듯이 시나리오 1은 재고량의 증가와 많은 재고량으로 재고 비용이 증가함을 알 수 있다. 반면에 시나리오 2와 3은 재고 비용이 많이 들어가지 않으므로 시나리오 1에 비해서 재고 비용 측면에서 우위에 있는 것으로 나타난다.

그리고 시나리오 2와 3의 그래프를 비교해보면 시나리오 2가 시나리오 3에 비해서 전반부에서 재고량 측면에서 우위를 보이고 있는데, <그림 5>를 보면 7주까지에서 시나리오 3의 곡선이 시나리오 2의 곡선 위에 위치함을 알 수 있다. 이는 고객의 수요를 만족하는 선에서 적정재고 이상을 유지하고 있음을 보여 주고 있다.



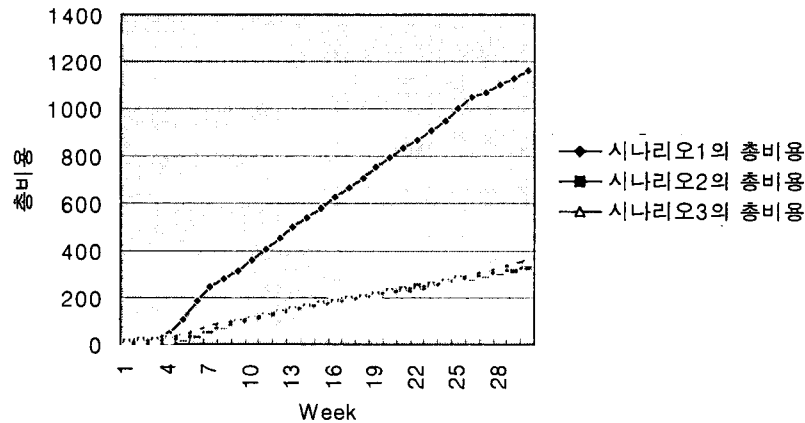
<그림 5> 시나리오1, 2, 3의 총재고량 비교 그래프

아래의 그림은 시나리오 1, 2, 3의 각 디비전별 총비용을 더해서 각각의 시나리오의 총비용을 비교한 것이다. 이 그래프를 보면 우선 시나리오 1의 비용이 수가 갈수록 큰 폭으로 증가하는 것을 볼 수 있는데 이것은 재고량이 많이 증가했다는 것을 나타내는 것이다. 이것은 정보의 지연과 물류, 유통의 지연이 재고 비용에 얼마만큼 영향을 미치는지 잘 보여주고 있다.

반면에 시나리오 2와 시나리오 3의 총비용을 보면 안정적인 추이를 보이고 있다. 이것은 재고의 양이 안정적이라는 것을 보여주는 것이다. 그리고 시나리오 2와 3의 경우를 비교해 보면 거의 비슷한 추이를 보이고 있지만 시나리오 2 즉 물류, 유통의 개선이 비용적인 측면에서 우위를 보이고 있다.

그러나 시나리오 2가 비록 비용적인 측면에서 우위일지라도 물류체계를 개선하는 것에 대한 비용 계산이 상황마다 다르고 실제 제품의 배달시간을 평균적으로 2주에서 1주로 50%를 줄이는데 사용해야되는 물류 부문에서 비용보다는 정보시스템의 개선을 통해서 정보리드타임을 50%로 감소시키는 것이 현실적으로 타당하다.

시나리오1,2,3의 총비용 비교



<그림 6> 시나리오1,2,3의 총비용 비교 그래프

V. 구성 단계별 정보지연의 개선이 공급체인에 주는 영향

본 장에서는 시스템의 각 구성단계의 정보시스템 차이로 인한 정확한 수요예측, 최적의 주문량 결정, 그리고 적시에 주문 등으로 정보 리드타임에 차이가 있을 때, 이것이 재고량 유지와 비용 면에서 어떠한 차이를 보이는지, 그리고 상위단계와 하위단계 어느 곳에서의 정보지연이 전체 시스템에 민감하게 반응하는지를 실험 분석 해본다.

5.1 상위와 하위 단계별 정보지연 개선의 차이

여기서 분석해 보고자하는 것은 구성단계별로 정보흐름에서의 리드타임 개선 안이 공급체인에 주는 영향을 보는 것이다. 정보 흐름에서의 리드타임 개선방안을 세 가지 측면에서 설정하였다.

방안 1: 시스템 각 구성요소에서 정보의 리드타임 개선이 동일할 때

방안 2: 시스템에서 상위 단계에서 정보의 리드타임 개선이 클 때, 다시 말하면 고객 쪽에서 정보 리드타임이 클 때

방안 3: 시스템에서 하위 단계에서 정보의 리드타임 개선이 클 때, 다시 말하면 고객 쪽에서 정보 리드타임이 줄어들 때

<표 5> 구성단계별 정보리드타임 개선 비율

정보의 리드타임 비율	Retailer	Wholesaler	Distributor	Factory	총리드타임(일)
방안 1	6	6	6	6	24
방안 2	10	8	4	2	24
방안 3	2	4	8	10	24

<표 5>는 정보의 리드타임 비율을 나타낸다. 세 가지 모두 정보 리드타임은 24일이다. 모의 실험에서 24일이든 24주이든 실험 결과는 동일하므로 대상기간의 단위는 큰 의미를 가지지 않는다. 방안 2에서 보듯이 소매상의 정보 지연은 제조공장의 정보 지연에 다섯 배임을 나타낸다. 이것은 소매상에서는 주로 정보 측면의 개선보다는 마케팅에 예산을 많이 할애하고 있는 상황을 말하며 제조공장에 보다 정보 시스템 개선이 큼을 말하고 있다. 이와 반대로 방안 3에서는 소매상의 정보 지연이 제조공장의 정보지연에 20%에 지나지 않음을 나타낸다. 이러한 전략은 소매상에서 중요시되는 마케팅 예산 못지 않게 정보 측면의 개선에 예산을 많이 할애하고 있음을 말하고 있다. 이에 비하면 제조공장에 정보 시스템 개선 노력이 적음을 알 수 있다.

모의실험을 위한 입력 자료는 <표 3>과 같으며, 각 구성 단계별 재고에 대한 비용은 0.3\$, 0.2\$, 0.2\$, 0.1\$를 부과하였고, 미납주문에 대한 비용은 3\$, 2\$, 2\$, 1\$를 부과하였다. 그리고 초기 재고와 지연1, 2의 재고량을 아래와 같이 지정하였고, 마지막으로 30일에 대한 고객 수요는 정규분포를 따른다.

<표 6> 입력자료

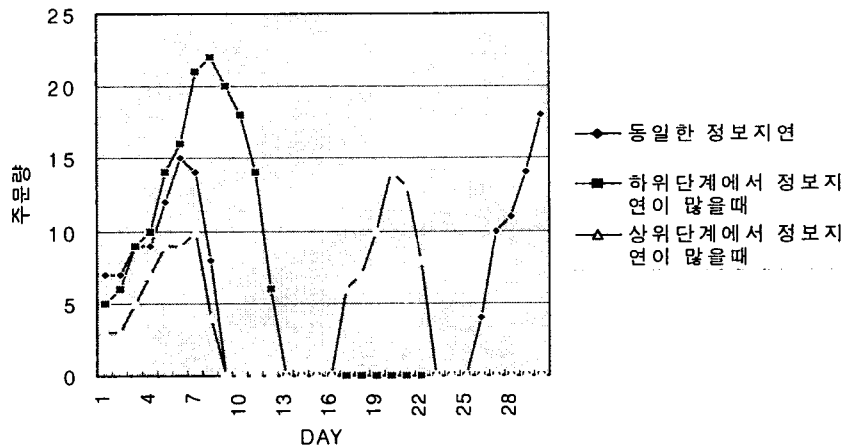
	Retailer	Wholesaler	Distributor	Factory
s-Spolicity	(5,8)	(10,15)	(15,20)	(20,25)
재고비용	0.3\$	0.2\$	0.2\$	0.1\$
미납주문비용	3\$	2\$	2\$	1\$
(초기재고,지연1,지연2)	(4,2,2)	(6,2,2)	(8,3,3)	(13,3,3)
수요	5,2,4,2,5,3,6,1,3,4,5,2,4,2,5,3,6,1,3,4,5,2,4,2,5,3,6,1,3,4			

5.2 실험결과

위의 세 가지 방안은 각 구성 단계 별 정보 리드타임의 비율 차이를 준 것이다. 세 가지 방안에 대해서 모의실험을 하였으며, 그 결과를 대상기간 30주에 대해서 주문량 변동과 총 누적비용을 그림으로 나타낸 것이 <그림 7>과 <그림 8>로 정리하였다.

<그림 7>은 세 가지 방안에 대하여 네 디비전에서 발생하는 주문량을 합한 총 주문량의 변동을 나타낸 것으로 방안마다 차이가 분명히 있음을 알 수 있다. 방안 1에 비해서 방안 2와 3에서는 각기 다른 형태를 보이고 있는데, 각 단계마다 정보리드타임의 차이가 일정한 경우에는 주문량이 대상기간 전반부와 후반부로 구분됨을 알 수 있다. 그리고 초반의 재고로 중반부까지 고객의 수요를 충족하고 있는데 반해서 방안 2 즉 정보리드타임이 고객 쪽에서 큰 경우에는 대상기간 전반부에 주문량이 크게 나타나고 있는데, 이것은 고객 쪽에서의 수요변화를 민첩하게 대응할 수 있는 주문정책을 가지고 있지 못해서 사전에 많은 양을 주문하고 있는 것을 알 수 있다. 그에 비해서 방안 3에서는 대상기간 초기에 적절한 재고를 위해서 신속한 주문으로 고객의 수요를 충족하고 있고 중반부에도 적정 재고를 위해서 주문이 이루어지고 있음을 볼 수 있다. 세 가지 방안 중에서 방안 3에서만 주문이 적정하게 분산되는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 고객 쪽에서 수요발생과 그 변화를 수요예측 시스템과 주문량 의사결정시스템으로 신속하게 상위단계로 전달할수록 주문량의 변화형태가 고객의 수요의 변화형태로 따라감을 시사한다.

정보지연차이에 대한 비교 그래프

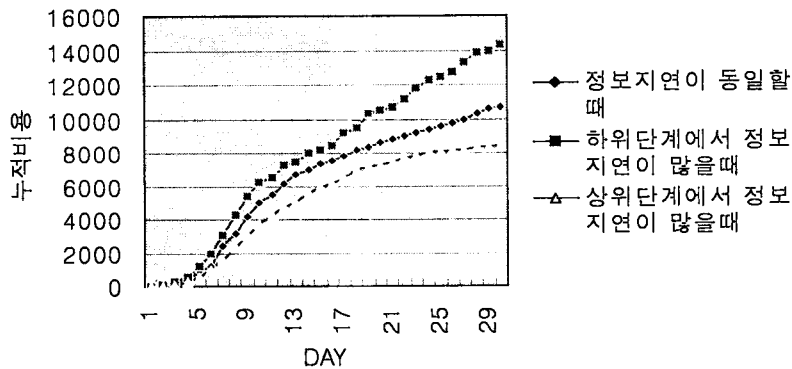


<그림 7> 정보지연차이에 대한 주문량 비교

<그림 8>은 방안 2와 3의 누적비용을 대상기간을 횡축으로 해서 나타낸 그래프이

다. 총 비용을 보면 방안 1은 방안 2와 3 사이에 위치함을 알 수 있다. 그리고 방안 3에서는 방안 2에 비해 비용 측면에서 크게 감소된 것을 알 수 있다. 방안 2 즉 정보 리드타임이 고객 쪽에서 큰 경우에는 대상기간이 초기에 비용이 일시 상승함을 볼 수 있다. 이것은 초기에 고객의 수요에 잘 따르지 못하다가 후반부에 어느 정도 고객의 요구와 수요를 따르고 있음을 보이기 때문이다. 그에 비해서 방안 3에서는 대상기간 초기에 적절한 재고량을 유지하고 중간기간에 적정선의 재고를 유지하기에 비용면에서 다른 방안보다 우위를 보이고 있다. 다시 말해서 이러한 결과는 고객 쪽에서의 요구와 수요 반영이 매우 신속하게 일어나는 것이 분산된 공급체인 관리에서 매우 효과적임을 알 수 있다.

각디비전별 정보지연차이에 따른 총누적비용 비교 그래프



<그림 8> 방안 1, 2, 3에서의 누적비용 비교

VI. 결론

가치창출의 원천이 되는 고객의 수요를 정확히 예측하고 변화하는 고객수요에 신속히 대응할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 이러한 능력을 갖추기 위해 기업들은 자사의 핵심능력을 강화하는 내부적인 노력과 함께, 공급체인(supply chain)을 통한 총체적인 관점에서 통합하고 관리하여 한다. 고객 및 이해관계자들에게 부가가치를 창출할 수 있도록 최초의 공급업체로부터 최종소비자에 이르기까지 상품, 서비스 및 정보의 흐름이 이루어지는 비즈니스 프로세스를 통합적으로 운영하는 전략에서 중요한 개념이 물자 흐름과 정보흐름을 관리하는 것이다. 이것은 리드타임의 효과적인 감소방안과 배분정책이 소매업, 물류센터, 제조공장 등으로 이어지는 공급체인에 재고량 유

지와 비용 절감에 큰 변화를 줄 수 있음을 이번 연구를 통해서 알 수 있다. 이러한 연구목적을 가지고 세부적으로 이어진 연구를 보면,

첫째는 공급체인관리에서 정보의 리드타임이 각 구성단계에 재고변화와 총비용 측면에서 어떠한 변화를 주는지에 대해서 실험하였다. 여기서는 물류체계에서 리드타임의 감소 효과와 정보 리드타임의 감소효과에 큰 차이가 없음을 보였다. 그러나 효과가 거의 같은 반면에 물류체계에서의 개선은 비용 부담이 크게 나타나 시스템에서의 정보 시스템 개선을 통한 리드타임의 감소를 유도하는 방안이 매우 효율적임을 결과를 통해서 알 수 있다.

둘째는 각 구성단계의 정보시스템의 차이로 인한 정확한 수요예측, 최적의 주문량 결정, 그리고 적시에 주문 등으로 정보 리드타임에 차이가 있을 때에 이것이 재고량 유지와 비용 면에서의 어떠한 차이를 보이는지에 대해서 실험을 하였다. 여기서는 상위단계에서의 리드타임 보다 하위단계 즉 고객 쪽에서의 리드타임 크기에 총비용이 매우 크게 나타남을 보여주고 있다. 다시 말하면 정보 개선에 대한 자원 할당을 하려면 고객의 수요와 요구를 받아들이고 전달하는 하위 단계에 많은 비중을 들여야 함을 말해주고 있는 연구결과이다.

참고문헌

Aviv, Y and A. Federgruen, "The operational benefits of information sharing and vender managed inventory (VMI) programs, working paper, Washinton Univ." St. Louis, MO. 1998.

Axsater, S., K. Rosling. "Installation vs. echelon stock policies for multi-level inventory control" *Management Science*, 39 1274-1280 , 1993.

Baganha, M. P., M. A. Cohen. "The stabilizing effect of inventory in supply chains" *Operations Research*, 46, S72-S83, 1998,

Burbige, J. L. *Production Flow Analysis*. Oxford University Press, Oxford, UK., 1998,

Cachon, G. P. and M. Fisher, "Supply chain inventory management and the value of shared information" *Management Science*, 46(8), 1032-1048, 2000.

Chen, F. Z. Drezner, J. K. Ryan, D. Simchi-Levi, "Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead times, and information" *Management Science*, 46(3), 436-443, 2000.

Chen, F. "Decentralized supply chains subject to information delays" *Management Science*, 45, 1076-1090, 1999.

Chen, F. "Echelon reorder points, installation reorder points, and the value of centralized demand information" *Management Science*. 44, S221-S234, 1998.

Clark, A., H. Scarf. "Optimal policies for a multi-echelon inventory problem" *Management Science*. 6, 475-490, 1960.

Fransoo, J. C., M. J. F. Wouters, "Measuring the bullwhip effect in the supply chain" *Supply Chain Management*, 5(2), 78-89, 2000.

Gavirneni, S., R. Kapuscinski, S. Tayur. "Value of information in capacitated supply chains" *Management Science*. 45, 16-24, 1999.

Goodwin, J.S., and Franklin, S. G., "The beer distribution game: using simulation to teach systems thinking" *Journal of Management Development* 13(8), 7-15, 1994.

Hariharan, R., P. H. Zipkin. "Customer-order information, leadtimes, and inventories" *Management Science*. 41, 1599-1607, 1995.

Hong-Minh, S. M., Disney, S. M., M. M. Naim, "The dynamic of emergency transshipment supply chains" *International Journal of Physical Distribution and Logistics*, 30(9), 788-815, 2000.

Kimbrough, S. O., D. J. Wu., and F. Zhong., "Computers Play the Beer Game: Can Artificial Agents Manage Supply Chains?" *Proceedings of 34th HICSS*, 1-IEEE 1-10. 2001.

Lambert, D. M., M. C. Cooper and J. D. Paçã, "Supply chain management: implementation issues and research opportunities" *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9(2), 1998.

Lee, H., Padmanabhan, P., and Whang, S. "Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect" *Management Science*, 43, 546-558, 1997.

Lee, H., and Whang, S. "Decentralized multi-echelon supply chains: Incentives and information, *Management Science*, 45, 633-640, 1999.

Lim, S., C. N. Cha, C. H. Kim, "Analysis of the effect of information/materials flow system on dynamic behavior of supply chains using beer distribution simulation model" *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, 1(1), 8-18, 2001.

Machuca, J. A. D., and Barajas R. P. "A computerized network version of the beer game via the internet" *System Dynamics Review*, 13(4), 323-340, 1997.

Milgrom, P., J. Roberts. "Communication and inventory as substitutes in organizing production" *Scandinavian J. Economics*. 90, 275-289, 1988.

Rasmusen, E. *Games and Information*, Basil Blackwell Ltd., Oxford, UK., 1989.

김철수 & 최근영, 분산형 공급체인에서 단계별 정보지연 개선이 주는 효과

Simchi-Levi, D., and Kaminsky, P. *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies*, McGraw-Hill, 1999.

Sterman, J. "Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment" *Management Science*. 35, 321-339, 1989.

Weng, Z. K. "Channel coordination and quantity discounts" *Management Science*. 41, 1509-1522, 1995.

Whang, S. "Coordination in operations: A taxonomy" *J. Operation Management* 12, 413-422, 1995.

Abstract

The Impact of Information Lead Time Improvement on the Distributed Supply Chain System

Kim Chulsoo Inha University

cskim@inha.ac.kr

Choi Keun Young Inha University

metalcky@chollian.net

In this study, we model a decentralized supply chain system which is managed by four types of centers, sequentially located: Retailer, Wholesaler, Distributor, and Factory. Each center contributes to enhancing the performance of the supply chain system individually with its own local inventory information. Through experiments which are performed with a programmed simulation (like the MIT beer game), we investigate how the information lead time improvement in each center affects the whole system. And we show that the impact of the lead time improvement in the downstream, like retailers, affects more to the system than the one in the upstream, like factories, in a cost-effective way. Moreover, by using information lead time for each center, we analyze how much the extent of the improvement affects the whole system, especially for the total cost and the order level.