

碩 士 學 位 論 文

指導教授 金 大 弘

JIT 구매 하에서의
통합재고모형에 관한 연구

The Reaserch for Integrated Inventory Model
in Just In Time Purchasing

2002年 12月

漢 城 大 學 校 大 學 院

產 業 工 學 科

產 業 工 學 傳 功

金 在 永

碩 士 學 位 論 文

指導教授 金 大 弘

JIT 구매 하에서의
통합재고모형에 관한 연구

The Reaserch for Integrated Inventory Model
in Just In Time Purchasing

위 論文을 産業工學 碩士學位 論文으로 提出함

2002年 12月

漢 城 大 學 校 大 學 院

産 業 工 學 科

産 業 工 學 傳 功

金 在 永

金在永의 工學 碩士學位 論文을 認定함

2002年 月 日

審査委員長 (印)

審査委員 (印)

審査委員 (印)

목 차

제 1 장 서 론	1
제 2 장 연구 배경	3
제 3 장 단일품목의 정량발주 정책의 개발	6
3.1 단일 품목의 정량발주 모형	6
3.2 예제를 통한 수리모형 분석	11
제 4 장 다품목의 정기발주 정책의 개발	14
4.1 다품목의 정기발주 모형	14
4.2 반복적 절차	23
4.3 예제를 통한 수리모형 분석	24
4.4 공통발주주기 T 의 정수배인 m_i 에 관해 4개의 품목에서 모 든 경우의 수에 대한 시뮬레이션 분석	27
4.5 품목별 상이한 발주주기, 동일한 발주주기, 개별발주 정책 의 비교	29
제 5 장 통합관리 모형의 타당성 검토	32
5.1 구매자가 협상력을 가지는 경우	32
5.2 공급업자가 협상력을 갖는 경우	35
5.3 구매자와 공급업자 각각이 협상력을 가질 때 수치 예 ...	38

5.3.1 구매자가 협상력을 가지는 경우	38
5.3.2 공급업자가 협상력을 가지는 경우	40
 제 6 장 모의문제를 이용한 비교 분석	43
6.1 통합재고모형과 구매자, 공급업자가 각각이 협상력을 가졌을 때의 시뮬레이션 분석	43
6.2 품목별 상이한 발주주기, 동일한 발주주기, 개별발주 정책의 시뮬레이션 분석	48
 제 7 장 결 론	53
 참 고 문 헌	56
 부 록 1 단일품목 정량발주 모형	58
부 록 2 모의 시뮬레이션 수치	61
부 록 3 모의 시뮬레이션 프로그램	65
 ABSTRACT	82

표 목차

<표 1> 단일품목 정량발주의 최소 총비용	12
<표 2> 다품목 정기발주 모형의 수치 예	25
<표 3> 다품목 정기발주 모형의 운송횟수 N 에 따른 최소 총비용	25
<표 4> m_i 조합에 따른 총비용 비교	27
<표 5> 품목별 발주주기가 상이한 경우의 정기발주모형	29
<표 6> 품목별 발주주기가 동일한 경우의 정기발주모형	30
<표 7> 품목별 개별 발주 및 개별운송인 경우 정량발주 모형	31
<표 8> 다품목 발주정책별 총비용 비교	31
<표 9> 구매자가 협상력을 가지는 경우의 수치 예	38
<표 10> 공급업자가 협상력을 가지는 경우의 수치 예	40
<표 11> 다품목 정책별 총비용 비교	41,54
<표 12> 협상력에 따른 정책별 총비용 비교	44
<표 13> 품목에 따른 정책별 총비용 비교	49
<표 14> 통합재고모형과 구매자, 공급업자가 각각이 협상력을 가졌을 때의 시뮬레이션 수치	61
<표 15> 통합재고모형과 구매자, 공급업자가 각각이 협상력을 가졌을 때의 시뮬레이션의 수치 백분율	62
<표 16> 품목별 상이한 발주주기, 동일한 발주주기, 개별발주 정책의 시뮬레이션에 수치	63
<표 17> 품목별 상이한 발주주기, 동일한 발주주기, 개별발주 정책의 시뮬레이션에 수치 백분율	64

그림 목차

<그림 1> 구매자, 공급업자의 품목 및 공급업자의 원재료 재고 모형	8,59
<그림 2> 단일 품목 정량발주의 k 값의 변화에 따른 비용곡선	12
<그림 3> m_i 값에 따른 품목별 구매자 완제품 재고수준	16
<그림 4> 2번째 품목의 발주량의 배수 $k_i=2$ 인 경우의 값	17
<그림 5> 일반적인 다품목 정기 발주 모형의 총비용 곡선	26
<그림 6> 구매자가 협상력을 가질 때 총 비용 곡선	39
<그림 7> 공급업자가 협상력을 가질 때 총비용 곡선	41
<그림 8> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 5인 경우)	45
<그림 9> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 10인 경우)	45
<그림 10> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 15인 경우)	46
<그림 11> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 20인 경우)	46
<그림 12> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 30인 경우)	47
<그림 13> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 40인 경우)	47
<그림 14> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 5인 경우)	50
<그림 15> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 10인 경우)	50
<그림 16> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 15인 경우)	51
<그림 17> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 20인 경우)	51
<그림 18> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 30인 경우)	52
<그림 19> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 40인 경우)	52

제 1 장 서론

IT가 발전하기 이전의 기업들은 자사의 이득을 획득하기 위해 다른 업체들과 치열한 경쟁을 해야만 했다. 그러나 정보통신의 발달로 B2B, B2C, C2C거래가 가능해지면서 서로의 협력에 의해 공동의 이익을 추구하는 것이 개별 기업간 경쟁보다 보다 많은 이윤을 창출할 수 있다는 새로운 개념의 비즈니스가 각광을 받기 시작했다. 기업들은 관련기업 또는 최고의 기술, 자본이나 인력을 가진 업체들과 파트너쉽을 맺고 서로의 정보를 주고받으며 하나의 그룹을 형성하게 되었다. 물론 이런 관계가 예전에도 존재하였지만 하나의 모기업에 따른 하청기업이나 모기업에 의해 관리되어지는 기업이 대부분이었다.

최근에 등장한 협력의 개념은 하청기업처럼 관리의 대상이 아니라 평등한 입장에서 협력이라는 측면이 강하게 작용한다고 할 수 있다. 이런 관계를 지속적으로 유지하기 위해 상호중계자가 존재하여 구매업자나 공급업자가 인터넷을 이용 자신의 회사에 대한 정보를 입력하고 자신이 거래를 하고자 하는 업체를 선정하여 파트너쉽을 맺을 수가 있다. 이렇게 거래에 대한 합의가 이루어지고 상호간 거래 정보를 주고받으며 공동의 이익을 위해 협력하고 노력하는 것을 공급사슬관리(SCM)라고 한다.

SCM의 정의를 살펴보면 제조, 물류, 유통업체 등 유통 공급망에 참여하는 모든 업체들이 협력을 바탕으로 정보기술(Information Technology)을 활용, 재고를 최적화하고 리드타임을 대폭 감축하여 양질의 상품 및 서비스를 소비자에게 제공함으로써 소비자 가치를 극대화하기 위한 21세기 기업의 생존 및 발전 전략이다.[3] 앞에서 살펴본 정의에서 알 수 있듯이 그룹 내에 존재하는 기업을 통합 관리하여 이윤을 극대화 하는 것으로 볼 수 있다. JIT시스템 또한 기업간 네트워크에 의한 시스템 경쟁력의 강화에 그 목

적이 있다고 할 수 있으며 주로 JIT 구매 관행으로 많이 알려져 있다. JIT 구매 관행은 공급자 및 구매자간의 긴밀한 협조 아래 상호 이익을 도출할 수 있는 방법의 모색을 주요한 목적으로 하고 있으며 이의 달성을 위하여 JIT 구매 관행의 실행 목표는 장기적인 관계의 모색을 통해서 공급자의 수를 점차 줄여나가는 것이라고 해석 할 수 있다.

이와 같은 공급자와 구매자 간의 유기적인 관계는 재고수준, 품질, 생산 단가, 생산성, 고객의 만족도 등에 매우 긍정적인 영향을 미치는 것으로 평가 되고 있다.[1] 이러한 JIT 철학은 일본 제조업이 수 많은 성공을 이끌어 내고, 생산 및 재고관리의 연구에 많은 발전을 이루게 하였다. JIT 구매환경 하에서는 이 두 집단을 하나의 공급사슬로 묶어 발주량을 다빈도 소량으로 납품하게 되며 전체 이익을 위해 지속적인 대화가 이루어져야 한다. 이러한 시스템이 구축되면 장기적으로 공급사슬 전체의 이익이 증가하게 되며 양 집단에게 동시에 이익을 가져오게 된다.[2] 따라서 본 논문에서는 구매업자와 공급업자간의 다품목 발주정책에 관한 유형을 살펴보고 품목별 상이한 발주주기와 품목별 원재료 조달에 따른 구매업자와 공급업자가 재고를 통합관리 했을 때와 구매업자, 공급업자가 각각 협상력을 가졌을 때의 최적해와 비교하여 어떤 정책이 전체 비용을 최소화 할 수 있는지에 대해 알아보고자 한다.

제 2 장 연구 배경

국제 경쟁 하에서 경쟁력을 갖추기 위해 상당수의 제조업에서 생산 혁신 방법의 하나인 JIT생산 방식을 도입하는 기업들이 많았다. 그 이유는 수요의 변화에 유연하게 대응하며 공장 내 제품의 연속적 흐름을 확보하고 필요한 물품을, 필요한 때에, 필요한 만큼 생산 할 수 있었기 때문이다. 그러나 90년대 들어오면서 정보통신의 비약적 발전으로 거리에 상관없이 다른 업체와 협력관계를 맺을 수 있었고 보다 나은 수익을 얻을 수 있는 기업이라면 누구와도 파트너가 될 수 있었다. 기존의 기업들도 이에 편승하여 다양한 정보시스템 툴들을 도입하고 자사에 맞는 시스템으로 융화 시켜 나가고 있다. 한 가지 예로 불과 몇 년 전까지 대기업에서 이용하던 정보시스템인 ERP 소프트웨어가 중소기업에서 사용할 수 있도록 저 비용으로 공급할 수 있는 능력을 갖추게 되었다는 것은 중소기업도 대기업과 마찬가지로 공급사슬 내에 존재하는 다른 업체들과 생산시스템의 다양한 정보들을 공유할 수 있는 기반을 확립했다고 할 수 있다.

이런 유기적 관계 속에 등장한 통합재고 관리 방식이 CMI (Co management inventory)이다. CMI는 구매업자와 공급업자가 공동으로 판촉활동, 지역여건, 경쟁상황을 고려하면서 적절하게 재고 수준을 관리해 나가는 것이다. 소비자 지향적이면서 유통업체가 주도하여 예측을 하고 발주를 내리는 경우가 대부분이므로 이것을 유통업체 주도의 공급 망이라고 간주 한다.[4] CMI는 공급사슬관리의 한 방식이라고 할 수 있다. 즉 제품의 생산 단계에서부터 소비자에게 최종적으로 판매될 때까지의 모든 과정을 연결시켜 관리하는 것을 말한다. 이런 관계가 지속적으로 유지되기 위해 구매업체, 유통업체 그리고 공급업체가 상호 개방적인 사고를 가지고 대화를 하며 자료를 공유하는 것이 필수 조건이라 하겠다.

협력에 대한 합의가 이루어지고 구매업체와 공급업체는 공동으로 재고를 관리하게 되는데 이때 JIT구매 관행에 대한 정책을 사용한다. JIT구매의 특징으로는 다빈도 소량구매라 할 수 있으며 공급업체는 구매업체에 소량씩 나누어 납품하게 된다. 그러면 기존에 JIT구매와 관련하여 개발된 통합재고 모형별 특징을 간략히 살펴보고 단일품목 통합재고 모형과 다품목으로 확장된 모형을 JIT구매 관행을 이용한 CMI재고관리 방식을 사용하여 제시해 보겠다. Kim, S.H.와 Chandra, J.[9]는 제품을 제조하는데 사용되는 원재료와 단일 제품으로 구성된 재고관리를 최적비용으로 하는 모형을 제시하였고 Pan, A.와 Liao, C.J.[11]는 발주량을 몇 번에 나누어 보내는 것이 재고유지 비용을 줄일 수 있는지에 대한 연구를 하였으나 다 빈도로 납품하는 경우의 고정 운송비를 고려하지 않았으며 Ramasesh, R.V.[12]는 Pan, A.와 Liao, C.J.[11]모형을 확장하여 전통적 재고모형을 JIT구매로 이행하기 위한 새로운 모형을 제시 하였으나 구매자에게서 발생하는 총비용만을 고려하였고 공급업자에게서 발생하는 비용은 고려하지 못하였다. Fazel, F.[6]은 JIT구매와 EOQ구매의 비교분석을 통해 JIT구매 하에서 총비용이 보다 효과적이라는 것을 밝혔고 Goyal[7]은 제품수요가 알려져 있고 부재고는 허용되지 않는 상황에서 하나의 품목에 대한 구매자와 공급업자의 총비용을 최소화 하는 발주량을 찾을 수 있는 모형을 제시하였으며, Miller, P.A.와 Kelle, P.[10]은 JIT구매 하에서 구매자와 공급자의 통합모형을 제시하였고 Ha, D.와 Kim, S.L.[8]가 제시한 모형도 JIT 시스템을 수행하기 위해 구매자와 공급업자 사이에 통합의 필요성을 설명하여 JIT 환경에서 개발된 하나의 품목에 대해 구매자와 공급업자 사이에 작은 목 크기로 여러 번에 걸쳐 운송하는 통합된 목 분할 모델은 지속적인 비용의 감소 효과를 제공할 수 있다는 것이다. 앞에 두 연구들은 단일 품목의 조달 정책에 관한 것이나 Woo, Y.Y, Hsu, S.L., Wu, S.,[13]들이 제시한 모형은 공급업자가 여러 구매자들에게 제품을 분배하기 위해 원재료를 구매하여 제품과 통합 관리하는

재고 모형을 보여준다. 김용철[2]의 논문에서는 단일품목이 아닌 다품목으로 확장한 구매자와 공급업자의 통합모형을 제시하였다.

본 연구에서는 Ha, D. and KIM, S.L.[7]와 Miller, P.A. and Kelle, P.[10]가 제시한 모형과 Woo, Y.Y, Hsu, S.L., Wu, S.,[13]들이 제시한 모형을 바탕으로 구매업체, 공급업체에 대한 단일품목 정량 발주 모형을 제시하고 김용철[2]이 제시한 모형 그리고 Woo, Y.Y, Hsu, S.L., Wu, S.,[13]들이 제시한 모형으로 다품목으로 확장된 정기 발주모형을 제시 하였다.

단일품목인 경우 JIT구매에 관한 정량 발주모형을 확장하여 목 분할 정책(Lot-splitting policy)하에서 공급자와 구매자의 원재료와 완제품의 통합비용을 계산하고 다품목에서는 여러 품목을 고려한 각 품목별 발주주기 및 공통운송횟수와 품목별 원재료의 발주빈도를 결정하는 통합 모형을 제시하고 품목별 발주간격을 조절함으로써 일부 품목의 공통발주 및 공통운송이 가능하게 되며 전체발주비용이나 운송비를 공유하여 비용을 절감하게 된다. 따라서 본 논문에서는 구매자와 공급업자에서 발생하는 완제품의 발주비용, 재고유지비용, 운송비용, 공급업자의 생산준비비용, 공급업자의 원재료 재고유지비용을 모두 고려한 총비용을 구하고 구매자가 협상력을 가졌을 때와 공급업자가 협상력을 가졌을 때의 비용을 비교해 보고자 한다.

제 3 장 단일품목의 정량 발주 정책의 개발

3.1 단일 품목의 정량 발주 모형

수요가 일정하고 알려져 있는 단일 품목을 고려할 때, 수요가 알려져 있기 때문에 안전재고는 고려하지 않는다. 일반적으로 EOQ 모형은 구매자나 공급업자 한쪽만의 총비용을 최소화 하는 것이다. 그러나 본 모형에서는 구매자나 공급업자의 통합 최적화를 설계하기 위해 Ha, D. and KIM, S.L.[8]와 Miller, P.A. and Kelle, P.[10]가 제시한 모형과 Woo, Y.Y, Hsu, S.L., Wu, S.,[13]들이 제시한 모형을 바탕으로 구매업체, 공급업체에 대한 단일품목 정량 발주 모형을 아래 그림을 이용하여 설계하였다.

기호정의

D : 품목의 연간 수요

P : 공급업자의 품목 생산율 ($P > D$)

A_b : 구매자의 발주비용

A_s : 공급업자 1회 생산준비 비용

A_m : 공급업자 원재료 1회 발주 비용

u : 완제품을 생산하기 위한 원재료의 사용 율

H_b : 구매자 품목당 재고유지비용

H_s : 공급업자 품목당 재고유지비용

H_m : 공급업자 단위 원재료 재고유지비용

Z : 운송당 통합 운송비용

Q : 구매자의 1회 발주량

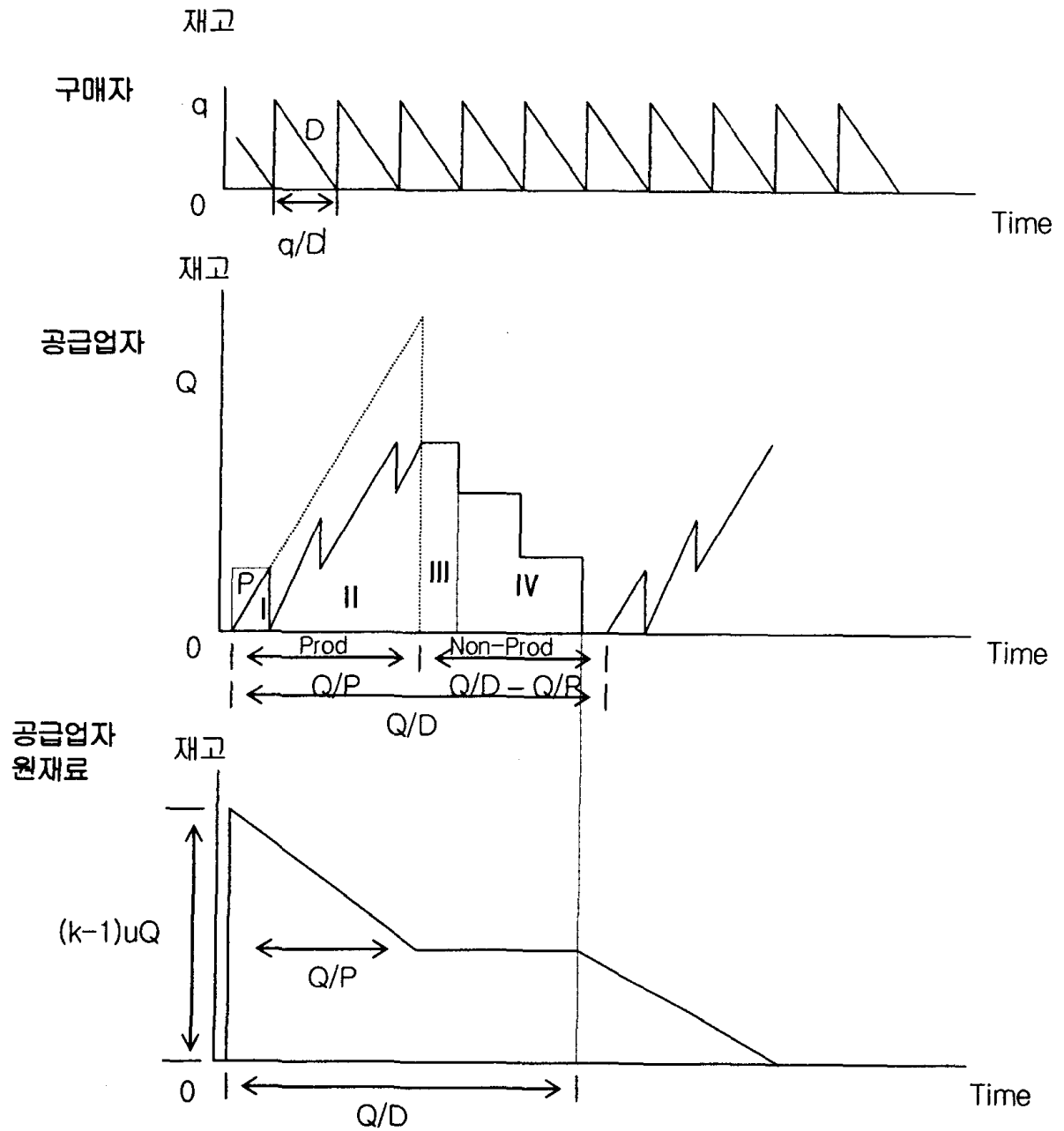
N : 공통 발주주기 동안의 공통 운송횟수

k : 원자재 1회 조달 양을 결정하는 공급자 의사결정 변수로 정수 값을 가지는 공급자의 완제품 발주량의 배수 ($k > 0$)

구매자와 공급업자는 서로에 이익을 높이기 위한 통합 재고방식인 CMI(Co managed inventory)방식을 사용한다.

기본가정은 전통적 경제적 발주량(EOQ)에 기반을 두고 있다.

- 1) 수요는 일정하고 확정적이다.
- 2) 선행기간이 일정하고 알려져 있다.
- 3) 주문당 발주비용과 단위당 재고 유지비용은 고정되어있다.
- 4) 품질을 허용하지 않는다.
- 5) 공급업자의 완제품에 대하여 하나의 원재료를 사용한다.



<그림 1> 구매자, 공급업자의 완제품 및 공급업자의 원재료 재고수준 변화

총비용을 계산하는 모형인 JTRC(Q, N, k)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} JTRC(Q, N, k) = & A_b \frac{D}{Q} + H_b \frac{Q}{2N} + Z \frac{ND}{Q} + A_s \frac{D}{Q} + H_s \frac{Q}{2} \left(1 - \frac{D}{P} - \frac{1}{N} + \frac{2D}{NP}\right) \\ & + A_m \frac{D}{kQ} + H_m \left\{ \frac{DuQ}{2P} + \frac{(k-1)uQ}{2} \right\} \end{aligned} \quad (1)$$

위 모형에서 결정변수 Q, N, k를 구하기 위해 각각을 편미분한다. 우선 최적 운송횟수 N*값을 구하기 위해 $\frac{\partial JTRC}{\partial N}$ 으로 편미분 하면 아래와 같고

$$\begin{aligned} N^2 = & \frac{Q^2 \left(H_b - H_s + \frac{2H_s QD}{P} \right)}{2ZD} \\ 2ZDN^2 = & Q^2 \left(H_b - H_s + \frac{2H_s QD}{P} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

(2)식을 통해 N*값을 구하면 다음과 같다.

$$N^* = Q \sqrt{\frac{\left(H_b - H_s + \frac{2H_s D}{P} \right)}{2ZD}} \quad (3)$$

이번에는 최적 발주량 Q*을 구하기 위해 $\frac{\partial JTRC}{\partial Q}$ 편미분하면

$$\begin{aligned} 0 = & -\frac{1}{Q^2} \left(A_b D + ZND + A_s D + A_m \frac{D}{k} \right) + \frac{H_s}{2} \left(1 - \frac{D}{P} - \frac{1}{N} + \frac{2D}{NP} \right) \\ & + \frac{H_m}{2} \left\{ \frac{Du}{p} + (k-1)u \right\} + \frac{H_b}{2N} \end{aligned}$$

위 식이 나오고 이를 간소화하기 위해 $2NQ^2$ 을 양변에 곱해주면 식 (4)가 나온다.

$$0 = -2ND(A_b + ZN + A_s + A_m \frac{1}{k}) + Q^2[H_b + H_s(N - \frac{DN}{P} - 1 + \frac{2D}{P}) + H_m Nu\{\frac{D}{P} + (k-1)\}] \quad (4)$$

(4)식에 (2) 식을 대입하여 최적 발주량 Q^* 값을 구하면 다음과 같다.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(A_b + A_s + \frac{A_m}{k})}{H_s(1 - \frac{D}{P}) + H_m u\{\frac{D}{P} + (k-1)\}}} \quad (5)$$

(5)식에서 구한 Q^* 값을 식 (3)의 Q 에 대입하면

$$N^* = \sqrt{\frac{(A_b + A_s + \frac{A_m}{k})(H_b - H_s + \frac{2H_s D}{P})}{Z[H_s(1 - \frac{D}{P}) + H_m u\{\frac{D}{P} + (k-1)\}]}} \quad (6)$$

새로운 운송횟수 N^* 값을 구할 수 있다.

마지막으로 품목의 원재료 조달 주기 당 생산물의 정수 묶음인 k 값은 양의 정수라는 조건하에 $k=1,2,3 \dots \dots \dots, 12$ 를 대입하여 $JTRC(Q, N, k)$ 값을

최소로 하는 값을 구할 수 있다.

3.2 예제를 통한 수리 모형 분석

Miller, P.A.와 Kelle, P.[10] 그리고 Woo, Y.Y., Hsu, S.L., Wu, S.[13]가 쓴 논문예제의 수치를 본 논문에 맞게 수정하여 최적 발주정책을 구해보도록 하겠다.

제조업자의 품목 생산율 $P = 12000\text{unit/year}$,

품목의 연간수요 $D = 10000\text{unit/year}$,

구매자발주비용 $A_b = \$100/\text{order}$,

제조업자 생산준비 비용 $A_s = \$200/\text{setup}$,

공급업자 원재료 발주비용 $A_m = \$500/\text{order}$,

완제품을 생산하기 위한 원재료 사용율 $u = 1$,

구매자의 품목당 재고유지비용 $H_b = \$6/\text{unit/year}$,

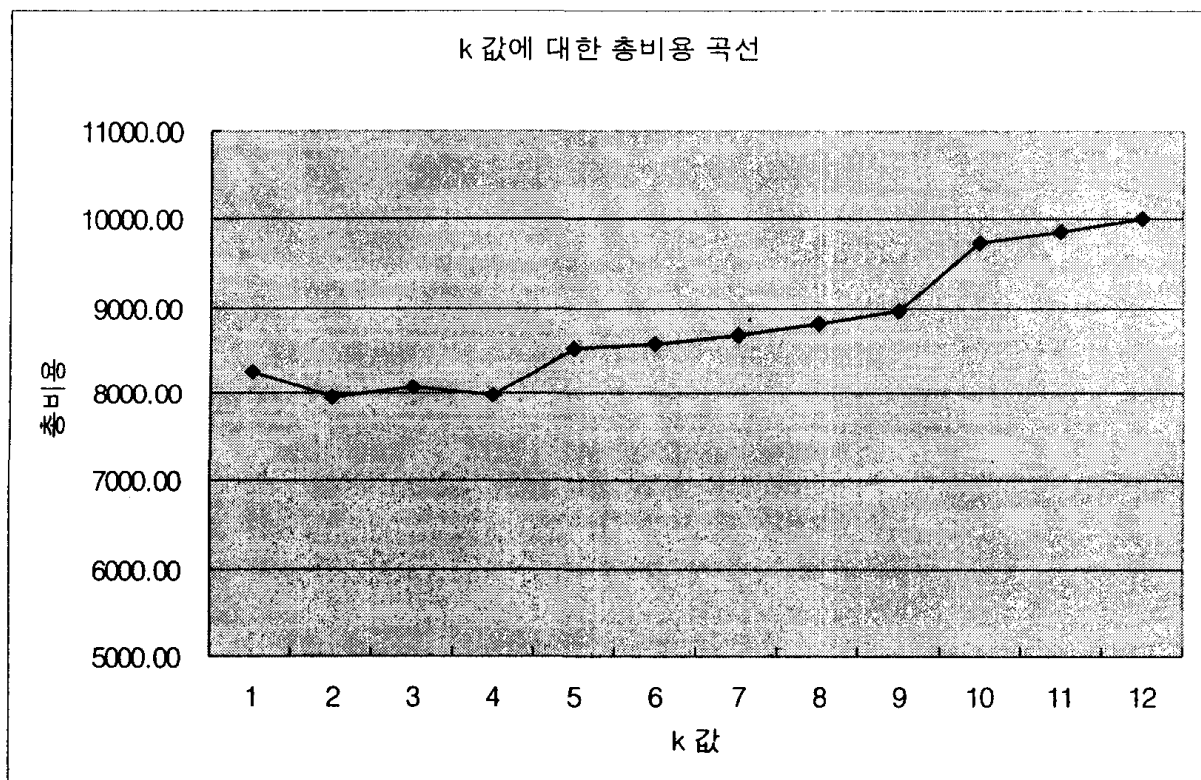
제조업자 품목당 재고유지비용 $H_s = \$5/\text{unit/year}$,

공급업자 원재료 단위당 재고유지비용 $H_m = \$0.5/\text{unit/year}$,

운송당 통합운송 비용 $Z = \$10$,

<표 1> 단일품목 정량발주의 최소 총비용

k	N*	Q*	JTRC(Q*,N*,k)	Q*/D = T
1	8.00	5526.79	8270.45	0.553
2	6.00	3850.13	7947.78	0.385
3	5.00	3120.76	8079.14	0.312
4	5.00	2690.98	7976.84	0.269
5	4.00	2400.00	8533.33	0.240
6	4.00	2186.43	8586.58	0.219
7	4.00	2021.16	8688.60	0.202
8	4.00	1888.40	8819.51	0.189
9	4.00	1778.72	8968.13	0.178
10	3.00	1686.14	9724.21	0.169
11	3.00	1606.64	9856.87	0.161
12	3.00	1537.41	9997.78	0.154



<그림 2> 단일 품목 정량발주의 k값의 변화에 따른 비용곡선

분석 - 단일 품목 정량발주에서 구매자, 공급업자 간 공통 발주기간 $T = 0.385 * 365 = 141$ 일에 한번씩 발주 하며 6번에 나누어서 운송하고 k 는 공급업자와 원재료 공급업자의 단일품목의 공통 발주기간 T 에 원재료 조달 주기 당 발주량의 정수배를 의미한다. 즉 $k=2$ 일 때 JTTC값(\$ 7947.78)이 최소가 되는 것을 볼 수 있다.

제 4 장 다품목의 정기 발주 정책의 개발

4.1 다품목의 정기 발주 모형

이번 장에서는 일반적인 다품목의 정기발주 모형으로 확장하여 구매자, 공급업자 간에 여러 품목을 발주 하는 경우 품목별 발주주기 및 목 분할 납품 횟수를 결정하는 통합재고 모형을 제시해 보겠다. 구매 측면에서 다품목을 묶어 공동 발주를 시행하는 것은 고정발주비용과 운송비용을 통합시키는 것으로 각 품목당 목 크기를 감소시킨다. 또한 통합 발주하되 각 품목들을 고려해서 선택적으로 통합 발주하는 경우 발주빈도가 많은 제품은 매 발주주기마다 발주하고 적은 제품은 두 번, 혹은 세 번의 발주주기마다 발주하는 경우가 총비용을 감소시켜 준다. 그리고 공급업자가 원재료를 통합관리함으로써 품목당 발주주기 별로 여러 번에 나누어 원재료를 조달해 비용을 최소화 할 수 있게 된다.

구매자와 공급업자 간에 목 크기를 결정하는 방법에는 세 가지가 존재하는데 첫째 각 품목을 독립적으로 발주하는 경우이다. 이러한 방법은 품목 간에 발주를 통합시키지 않는 경우이며 둘째 모든 품목을 합쳐서 동시에 발주하는 경우이다. 이 방법은 수요가 큰 품목이든 작은 품목이든, 혹은 단위기간 당 재고유지비용이 큰 품목이든 작은 품목이든 모두 통합을 시키기 때문에 실제로 발주빈도가 적을 수 있는 품목에도 개별발주비용이 부과된다. 세 번째로 통합 발주하되 매 발주에 모든 품목이 포함되는 것이 아니라 각 품목들을 고려해서 선택적으로 통합 발주하는 경우이다. 이 세 가지 모형에 대해 살펴보고 동일한 예제를 적용하여 비교해 보았다.[2]

기호정의

D_i : 품목 i 의 연간 수요율

P_i : 품목 i 의 연간 생산율 ($P_i > D_i$)

A_b : 통합주문의 공동 발주 비용

a_i : 구매자 발주비용

A_{si} : 공급업자 1회 생산준비비용

A_n : 공급업자 원재료 발주비용

H_{bi} : 구매자 품목당 연간 재고유지비용

H_{si} : 공급업자 품목당 연간 재고유지비용

H_n : 공급업자 단위 원재료 연간 재고유지비용

u_i : 공급업자의 완제품 i 의 원재료 사용율

T : 공통발주주기

N : 공통발주주기 T 기간 동안의 공통운송 횟수

Z : 운송건당 운송비용

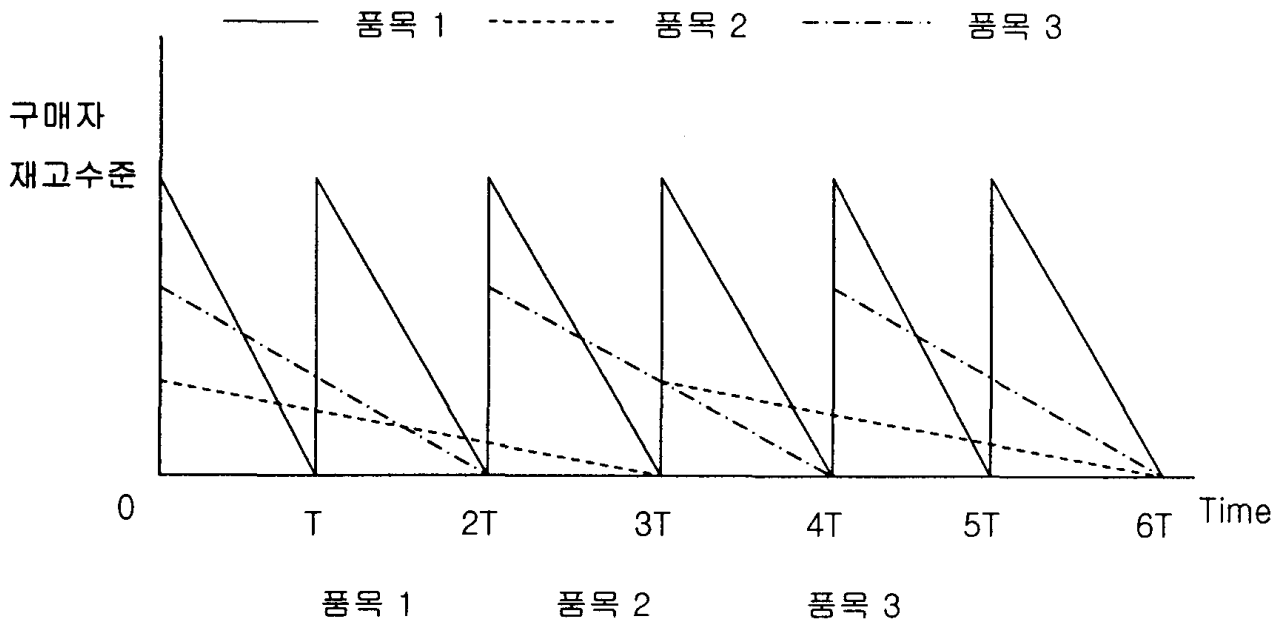
m_i : 공통발주주기의 배수 (정수)

k_i : 원자재 1회 조달 양을 결정하는 공급자 의사결정 변수로 정수 값을 가지는 공급자의 완제품 발주량의 배수 ($k_i > 0$)

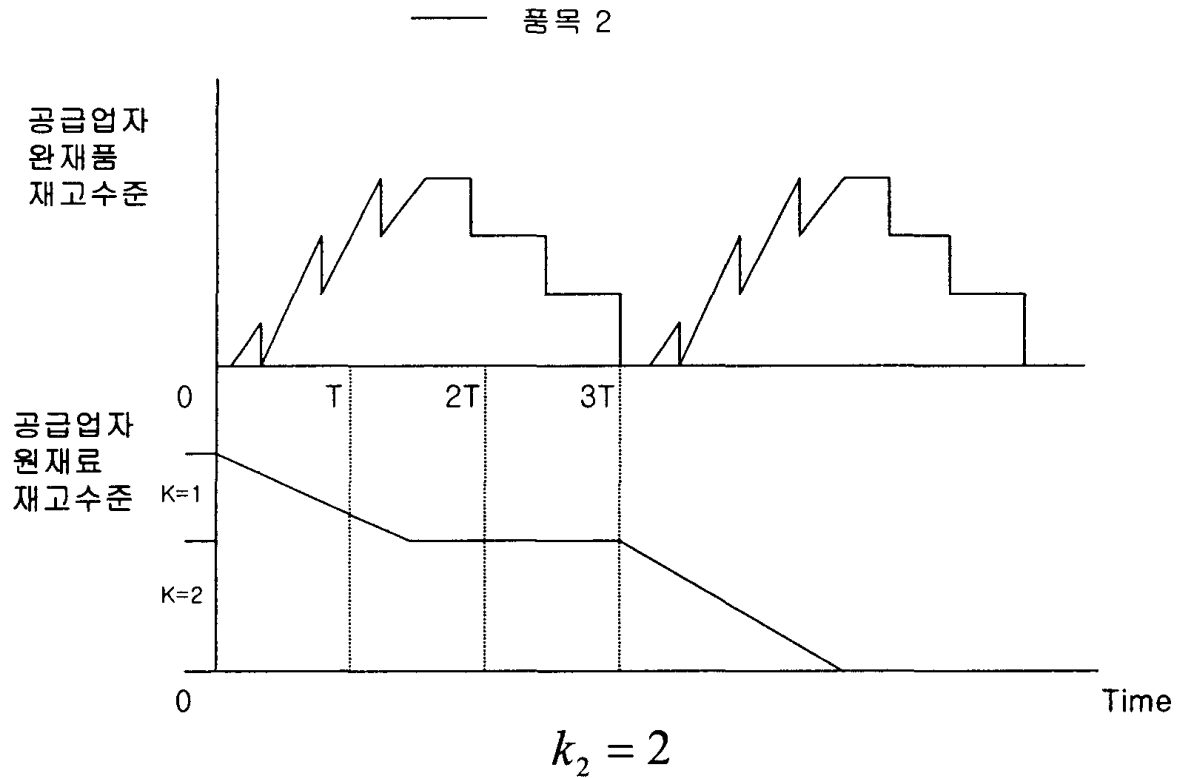
기본가정은 전통적 경제적 발주량(EOQ)에 기반을 두고 있다.

- 1) 각 품목의 수요는 일정하고 확정적이다.
- 2) 선행기간은 일정하고 알려져 있다.

- 3) 각 품목의 주문 당 발주 비용과 단위당 유지비용은 고정되어있다.
- 4) 품질은 허용하지 않는다.
- 5) 품목에 대해 하나의 원재료를 사용한다.



<그림 3> m_i 값에 따른 품목별 구매자 완제품 재고수준
($m_1=1$, $m_2=3$, $m_3=2$ 인 경우)



<그림 4> 2번째 품목의 발주량의 배수 $k_i=2$ 인 경우의 값

다품목 정기발주 모형에서 발주간격 = 발주량/연간수요($T = Q/D$)라는 관계를 이용한다. 여기서 T 는 공통 발주 주기로 품목이 공통으로 T 주기 마다 발주됨을 의미한다. 품목별로는 각 품목의 발주주기가 상이함으로 품목별 발주주기는 T 의 배수인 $m_i T$ 가 된다. 따라서 발주량 Q_i 를 $m_i T D_i$ 로 표현이 가능하다. 총 구매자 발주 비용은 통합주문의 공통발주비용과 개별 품목당

발주비용의 합이 되어 $\frac{A_b + \sum a_i/m_i}{T}$ 이 되며, 공급업자 생산준비비용 또한

마찬가지로 $\sum \frac{A_{si}/m_i}{T}$ 이 된다. 그리고 공급업자의 원재료 발주 비용도

$\sum \frac{A_{ri}/m_i}{T}$ 로 표현이 가능하다. 구매자와 공급업자의 각 품목별 재고유지 비용을 고려하면 다음 식 (1)과 같이 만들어 진다.

$$\begin{aligned}
 JTRC(T, \bar{m}, \bar{k}, N) = & \frac{A_b + \sum a_i/m_i}{T} + \frac{\sum H_{bi}m_iTD_i}{2N} + \frac{ZN}{T} + \frac{\sum A_{si}/m_i}{T} + \\
 & \frac{1}{2} \sum H_{si}m_iTD_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{1}{N} + \frac{2D_i}{NP_i}\right) + \sum \frac{A_{ri}D_i}{k_i m_i TD_i} + \\
 & \sum H_{ri} \left[\frac{D_i u_i m_i TD_i}{2P_i} + \frac{(k_i - 1) u_i m_i TD_i}{2} \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

우선 $JTRC(T, \bar{m}, \bar{k}, N)$ 을 원재료 조달 주기 당 공급자의 완제품 발주량의 배수 k_i 로 편미분 $\frac{\partial JTRC(T, \bar{m}, \bar{k}, N)}{\partial k_i}$ 하면 식 (2)와 같이 나타난다.

$$k_i^* = \frac{1}{m_i T} \sqrt{\frac{2A_{ri}}{H_{ri} u_i D_i}} \quad (2)$$

(2)식을 (1)식에 대입하여 k_i 값을 없애고 $JTRC(T, \bar{m}, N)$ 의 수식으로 표현이 가능해진다.

$$JTRC(T, \bar{m}, N) = \frac{A_b + \sum a_i/m_i}{T} + \frac{\sum H_{bi}m_iTD_i}{2N} + \frac{ZN}{T} + \frac{\sum A_{si}/m_i}{T} +$$

$$\frac{1}{2} \sum H_{si} m_i T D_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{1}{N} + \frac{2D_i}{NP_i}\right) + \sum \frac{A_{ri} D_i}{\sqrt{\frac{2A_{ri}}{H_{ri} m_i D_i}}} +$$

$$\sum H_{ri} \left\{ \frac{D_i u_i m_i T D_i}{2P_i} + \frac{\left(\frac{1}{m_i T} \sqrt{\frac{2A_{ri}}{H_{ri} m_i D_i}} - 1\right) u_i m_i T D_i}{2} \right\}$$

앞의 식으로 T의 최적 값을 구하기 위해 편미분해주면 아래와 같은 값을 갖고

$$\frac{\partial JTRC(T, \bar{m}, N)}{\partial T} = -\frac{(A_b + ZN + \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i})}{T^2} +$$

$$\frac{1}{2} \sum m_i \left\{ \frac{H_{bi} D_i}{N} + H_{si} D_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{1}{N} + \frac{2D_i}{NP_i}\right) - H_{ri} u_i D_i + \frac{H_{ri} u_i D_i^2}{P_i} \right\}$$

T에 관해 정리하면 다음과 같다.

$$T^* = \sqrt{\frac{2(A_b + ZN + \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i})}{\sum m_i \left\{ \frac{H_{bi} D_i}{N} + H_{si} D_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{1}{N} + \frac{2D_i}{NP_i}\right) - H_{ri} u_i D_i + \frac{H_{ri} u_i D_i^2}{P_i} \right\}}}$$

식을 간소화 하기 위해

$$I_i = \left\{ \frac{H_{bi} D_i}{N} + H_{si} D_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{1}{N} + \frac{2D_i}{NP_i}\right) - H_{ri} u_i D_i + \frac{H_{ri} u_i D_i^2}{P_i} \right\}$$

로 놓으면

$$T^* = \sqrt{\frac{2(A_b + ZN + \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i})}{\sum m_i I_i}} \quad (3)$$

$\bar{m}$, N에 대한 총비용을 구하는 식은 식 (3)을 식 (1)에 대입하여 정리하면 식 (4)와 같은 식을 얻는다.

$$JTRC(\bar{m}, N) = \sqrt{2(A_b + ZN + \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i})} \sum m_i I_i + \sum \sqrt{2A_{ri} H_{ri} u_i D_i} \quad (4)$$

(4)식을 최소화 하는 $\bar{m}$ 과 N을 구하는 것은 다음 수식을 최소화 하는 $\bar{m}$ 과 N을 구하는 것과 동일하다.

$$F(\bar{m}, N) = (A_b + ZN + \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i}) \sum m_i I_i \quad (5)$$

(5)을 최소화 하는 것은 다음의 이유로 어려운 문제(비선형 정수 계획법)이다 ; 1) m_i 간에는 서로 상호 작용이 있다. 즉 m_i 값이 다른 m_j 값에 영향을 준다. 2) m_i 값은 정수 이어야 한다. 따라서 실용적으로 쉽게 해를 찾는 발견적 해법(Heuristic method)으로 $\bar{m}$ 의 정수 제약을 무시하고 식(5)를 최소화 하는 $\bar{m}$ 을 구하기 위해 다음과 같이 (5)를 편미분 하면[5]

$$\frac{\partial F(\bar{m}, N)}{\partial m_j} = \left(-\frac{a_j + A_{sj}}{m_j}\right) \sum m_i I_i + (A_b + ZN + \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i}) I_j$$

$$m_j^2 = \frac{(a_j + A_{sj}) \sum m_i I_i}{I_j (A_b + ZN + \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i})} \quad (6)$$

으로 정리가 가능하다.

$$[C(N)]^2 = \frac{\sum m_i I_i}{(A_b + ZN + \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i})} \quad (7)$$

이라고 하면, $j \neq k$ 에 대하여 다음과 같은 식을 구할 수 있다.

$$m_k^2 = \frac{a_k + A_{sk}}{I_k} [C(N)]^2 \quad (8)$$

단일 품목 j 에 대해서

$$\frac{(a_j + A_{sj})}{I_j} < \frac{(a_k + A_{sk})}{I_k}$$

이면 m_j (실수해)는 m_k (실수해)보다 작을 것이다. 따라서 각 품목의 $\frac{a_j + A_{sj}}{I_j}$ 값을 계산하여 그 중에서 가장 작은 값을 가지는 품목의 m_j 값을 가장 작은 값을 가지며 또한 정수라는 조건 때문에 $m_j = 1$ 을 가지게 된다. 만약 품목

번호 1번이 $\frac{a_j + A_{sj}}{I_j}$ 의 계산 결과 값이 가장 작도록 순서가 정해 졌다면 $m_1 = 1$ 이다.

식 (6)과 식 (7) 에 의해서 m_j 는 식 (9)와 같이 표현되고

$$m_j = \sqrt{\frac{a_j + A_{sj}}{I_j}} C(N) \quad (9)$$

$C(N)$ 을 계산하기 위해 식(9)을 $m_1=1$ 이라는 것을 이용하여 식(7)에 대입 정리하면 분자부분은 다음과 같이 정리가 된다.

(분자)

$$\begin{aligned} \sum m_i I_i &= (A_b + ZN)[C(N)]^2 + [C(N)] \sum_{i=2}^n \sqrt{(a_i + A_{si}) I_i} \\ &= I_1 + [C(N)] \sum_{i=2}^n \sqrt{(a_i + A_{si}) I_i} \end{aligned} \quad (10)$$

(분모)

$$\begin{aligned} (A_b + ZN + \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i}) &= \frac{1}{C(N)} \sum \sqrt{\frac{a_i + A_{si}}{I_i}} I_i \\ \sum \frac{a_i + A_{si}}{m_i} &= (a_1 + A_{s1}) + \frac{1}{C(N)} \sum_{i=2}^n \sqrt{(a_i + A_{si}) I_i} \end{aligned} \quad (11)$$

식 (10)와 (11)을 식(7)에 대입하면

$$C(N)^2 = \frac{I_1 + C(N) \sum_{i=2}^n \sqrt{(a_i + A_{si}) I_i}}{A_b + ZN + (a_1 + A_{s1}) + \frac{1}{C(N)} \sum_{i=2}^n \sqrt{(a_i + A_{si}) I_i}}$$

$$C(N) = \sqrt{\frac{I_1}{\{A_b + ZN + (a_1 + A_{s1})\}}} \quad (12)$$

따라서 식 (12)을 식 (9)에 대입하여 정리하면 나머지 품목들의 m_j 값을 식 (13)와 같이 얻게 된다.

$$m_j^* = \sqrt{\frac{(a_j + A_{sj})}{I_j} \frac{I_1}{\{A_b + ZN + (a_1 + A_{s1})\}}} \quad j = 2, 3, 4, \dots, n \quad (13)$$

m_j 는 1보다 같거나 큰 정수 값을 가져야 하므로 1보다 작은 경우는 1이라고 두고 1보다 큰 경우는 반올림하여 값을 취한다.

4.2 반복적 절차

JIT구매에서 품목별 공통발주 및 공통운송을 하는 정책을 통해 각 품목별 발주주기가 상이 한 경우 총 비용 식 (1)을 최소화 하는 T , $\bar{m}$, $\bar{k}$, N 을 찾는 것은 비선형 정수 계획으로 최적 해를 구하는 것은 매우 어렵다. 그래서 본 논문에서는 발견적 해법(Heuristic method)을 이용하여 최적 해를 찾는 데 초점을 맞추었다. 다품목의 경우 아래의 반복적 해법을 이용하여 해를

구해 준다.

- 1) 운송횟수 N 의 값은 1~20까지의 정수로 표현.
- 2) $\frac{(a_i + As_i)}{I_i}$ 를 구하고 가장 작은 값을 가지는 품목을 $m_1=1$ 로 한다.
- 3) $m_j, j=2,3,4,\dots,n$ 을 이용하여 제4장의 식 (13)값을 계산한 후 반올림으로 정수 값을 구한다.
- 4) 식 (1)을 이용하여 $JTRC(\bar{m}, N)$ 를 계산 한다.
- 5) N 값을 증가시킨 후 $JTRC(\bar{m}, N)$ 의 가장 작은 값을 취하고, 이때 T^*, k^*, Q^* 값을 구한다.

4.3 예제를 통한 수리 모형 분석

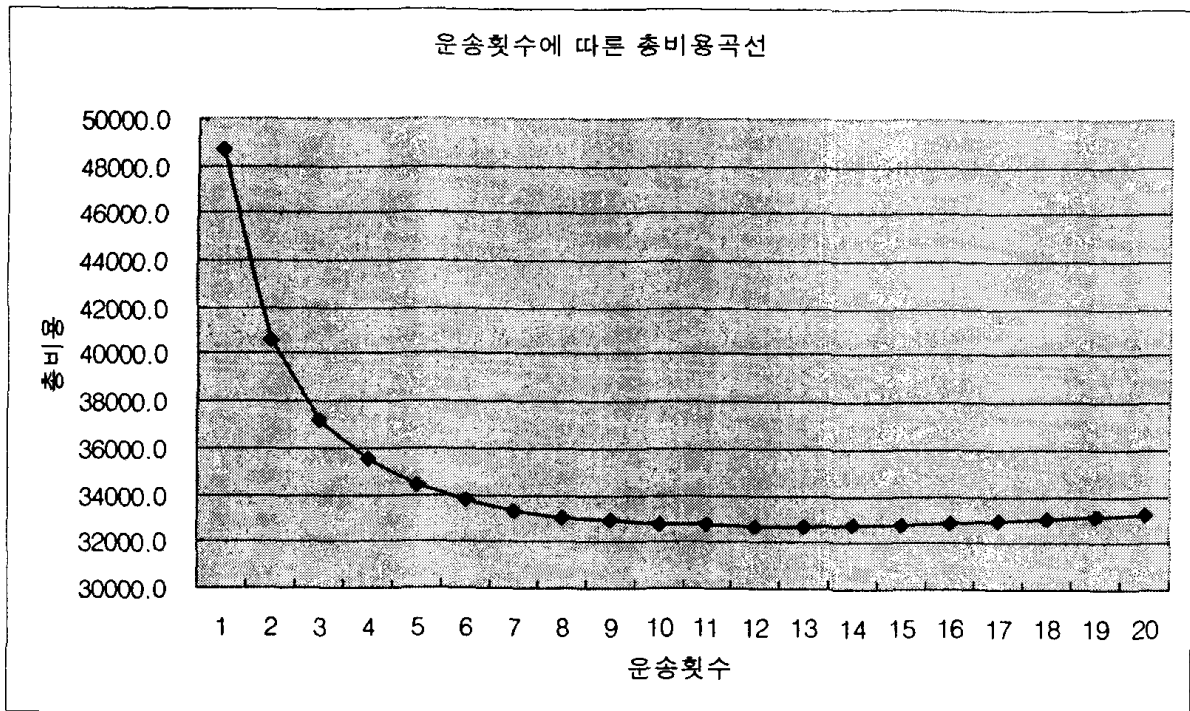
각 기호에 대한 품목당 값은 김용철[2]의 논문예제에 수치를 본 논문에 맞게 수정하여 최적 $JTRC(T, \bar{m}, \bar{k}, N)$ 값을 구해 주었다. 그리고 발주주기가 동일한 경우와 발주주기가 상이한 경우, 개별발주에 따른 총비용 변화에 대한 결과 값을 알아보았다.

<표 2> 다품목 정기발주 모형의 수치 예

	품목1	품목2	품목3	품목4
D_i : 연간 수요율	12000	5000	8000	300
P_i : 연간 생산율	48000	20000	32000	1200
a_i : 구매자 1회 발주비용	50	20	10	25
A_{si} : 공급업자 1회 생산준비비용	300	600	600	500
A_{ri} : 공급업자 원재료 1회 발주비용	100	200	200	150
H_{bi} : 구매자 품목당 연간 재고유지비용	25	15	20	30
H_{si} : 공급업자 품목당 연간 재고유지비용	10	5	10	15
H_{ri} : 공급업자 원재료 연간 재고유지비용	1	0.6	0.5	0.5
u_i : 각각의 완제품에 원재료 사용 율	1	1	1	1
A_b : 공통발주비용	25			
Z : 운송건당 운송비용	25			

<표 3> 다품목 정기발주 모형의 운송횟수 N에 따른 최소 총비용

N	m_1	m_2	m_3	m_4	JTRC	T	k_1	k_2	k_3	k_4	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4
1	1	3	2	6	49344.9	0.0305	4	4	5	8	365	457	487	55
2	1	2	1	6	41166.7	0.0532	2	3	6	4	639	532	426	96
3	1	2	1	6	37900.0	0.0589	2	3	5	4	707	589	471	106
4	1	2	1	6	36226.3	0.0625	2	3	5	4	750	625	500	112
5	1	2	1	5	35202.9	0.0659	2	3	5	4	791	659	527	99
6	1	2	1	5	34589.3	0.0678	2	3	5	4	813	678	542	102
7	1	2	1	5	34193.9	0.0692	2	3	5	4	830	692	554	104
8	1	2	1	5	33938.7	0.0704	2	3	4	4	844	704	563	106
9	1	2	1	5	33778.5	0.0713	2	3	4	4	855	713	570	107
10	1	2	1	5	33685.8	0.0721	2	3	4	4	865	721	576	108
11	1	2	1	5	33642.6	0.0727	2	3	4	4	872	727	582	109
12	1	2	1	4	33640.7	0.0745	2	2	4	5	894	745	596	89
13	1	2	1	4	33659.7	0.0750	2	2	4	5	900	750	600	90
14	1	2	1	4	33701.4	0.0754	2	2	4	5	905	754	603	91
15	1	2	1	4	33761.0	0.0758	2	2	4	5	910	758	606	91
16	1	2	1	4	33835.1	0.0761	2	2	4	5	914	761	609	91
17	1	2	1	4	33921.1	0.0764	2	2	4	5	917	764	611	92
18	1	2	1	4	34016.8	0.0767	2	2	4	5	920	767	614	92
19	1	2	1	4	34120.6	0.0769	2	2	4	5	923	769	616	92
20	1	2	1	4	34231.1	0.0772	2	2	4	5	926	772	617	93



<그림 5> 일반적인 다품목 정기 발주 모형의 총비용 곡선

분석 - <표 3>은 N 값에 따른 총 비용과 공통발주주기 및 개별 발주량의 변화를 나타내어준다. $N=1$ 일 때 품목 1이 다른 품목에 비해 $(a_i + A_{si})/I_i$ 의 값이 가장 적기 때문에 m_1 은 1로 두고 나머지 품목에 대하여 m_i 를 각각 계산한다. 그리고 m_i 값을 이용하여 공통발주주기 T 값을 구한 후 원재료 조달주기 당 발주량의 배수 k_i 값을 구해 준다. 품목별 상이한 발주 정책을 수치예로 풀어본 결과 운송횟수 N 은 12번에 나누어 운송하고 품목별로 최적 통합발주 주기(T) = $0.0745 * 365 = 28$ 일에 구매자, 공급업자 간 품목별 통합발주 주기에 따른 정수배 m_i 는 1, 2, 1, 4로 나타나며 공급업자, 원재료 공급업자 간 품목별 통합발주 주기에 따른 원재료 조달 주기 당 발주량의 배수 k_i 는 2, 2, 4, 5로 도출된다. 품목당 발주량은 894, 745, 596, 89개로 각각 나왔으며 최소 총비용 JTRC는 \$33640로 나타났다.

4.4 품목 4개에서 m_i 에 대한 모든 경우의 수 비교

이 변장에서는 m_i 의 모든 경우에 수에 대한 총비용을 계산해 봄으로써 본 논문의 수식이 얼마만큼의 신뢰성이 있는지 알아보고자 한다. 우선 시뮬레이션을 수행하기 위해 4장에서 도출된 수식을 이용하여 동일한 수치를 적용해 보았다. 시뮬레이션을 수행하는데 최적 m_i 의 값인 1,2,1,4를 바탕으로 최대 정수인 4를 기준하여 4개의 품목에 대한 정수 1,2,3,4의 경우에 수를 고려하여 총 256가지의 총비용을 구하고 그 중 m_i 값이 1,2,1,4일 때 총비용 \$34811보다 작은 값을 가지는 비용을 알아보았다.

<표 4> m_i 조합에 따른 총비용 비교

m_i 조합	총비용	m_i 조합	총비용	m_i 조합	총비용	m_i 조합	총비용
1111	34679	2111	40461	3111	45693	4111	50393
1112	33315	2112	38559	3112	43384	4112	47740
1113	33011	2113	38027	3113	42685	4113	46906
1114	32985	2114	37852	3114	42412	4114	46555
1121	34267	2121	39151	3121	43761	4121	47962
1122	32631	2122	36937	3122	41105	4122	44931
1123	32203	2123	36265	3123	40258	4123	43941
1124	32096	2124	36008	3124	39900	4124	43501
1131	34978	2131	39373	3131	43664	4131	47622
1132	33173	2132	36976	3132	40820	4132	44399
1133	32674	2133	36231	3133	39902	4133	43331
1134	32518	2134	35932	3134	39492	4134	42838
1141	35946	2141	39977	3141	44044	4141	47836
1142	34006	2142	37445	3142	41065	4142	44477
1143	33450	2143	36646	3143	40087	4143	43348
1144	33257	2144	36309	3144	39646	4144	42825
1211	37361	2211	41646	3211	45928	4211	49911
1212	35499	2212	39237	3212	43103	4212	46731
1213	34977	2213	38493	3213	42197	4213	45689
1214	34811	2214	38195	3214	41801	4214	45214
1221	36125	2221	39576	3221	43260	4221	46750

1222	33925	2222	36750	3222	39966	4222	43057
1223	33251	2223	35826	3223	38850	4223	41782
1224	32993	2224	35413	3224	38332	4224	41178
1231	36379	2231	39400	3231	42799	4231	46061
1232	33977	2232	36346	3232	39246	4232	42090
1233	33224	2233	35317	3233	38028	4233	40712
1234	32918	2234	34851	3234	37448	4234	40034
1241	37003	2241	39719	3241	42917	4241	46026
1242	34451	2242	36493	3242	39190	4242	41876
1243	33638	2243	35399	3243	37898	4243	40413
1244	33290	2244	34892	3244	37269	4244	39692
1311	40512	2311	43918	3311	47659	4311	51241
1312	38282	2312	41153	3312	44483	4312	47715
1313	37614	2313	40259	3313	43430	4313	46528
1314	37359	2314	39873	3314	42955	4314	45978
1321	38716	2321	41337	3321	44505	4321	47611
1322	36103	2322	38081	3322	40776	4322	43479
1323	35268	2323	36983	3323	39492	4323	42034
1324	34907	2324	36473	3324	38868	4324	41323
1331	38683	2331	40905	3331	43808	4331	46700
1332	35858	2332	37394	3332	39796	4332	42259
1333	34924	2333	36178	3333	38373	4333	40671
1334	34514	2334	35599	3334	37685	4334	39892
1341	39104	2341	41050	3341	43776	4341	46530
1342	36118	2342	37358	3342	39558	4342	41871
1343	35121	2343	36058	3343	38058	4343	40203
1344	34674	2344	35438	3344	37313	4344	39351
1411	43567	2411	46329	3411	49673	4411	52964
1412	41032	2412	43259	3412	46206	4412	49155
1413	40238	2413	42253	3413	45048	4413	47867
1414	39909	2414	41805	3414	44507	4414	47251
1421	41324	2421	43328	3421	46128	4421	48962
1422	38368	2422	39724	3422	42057	4422	44491
1423	37389	2423	38482	3423	40619	4423	42894
1424	36954	2424	37888	3424	39923	4424	42113
1431	41068	2431	42707	3431	45258	4431	47886
1432	37882	2432	38816	3432	40857	4432	43060
1433	36816	2433	37450	3433	39294	4433	41322
1434	36320	2434	36792	3434	38504	4434	40439
1441	41335	2441	42724	3441	45102	4441	47600
1442	37988	2442	38632	3442	40492	4442	42554

1443	36852	2443	37190	3443	38824	4443	40702
1444	36313	2444	36467	3444	37985	4444	39767

위 표에서 발주량의 배수 $k_i = 1, 2, 1, 4$ 일 때의 총비용보다 적은 비용을 가지는 값이 25개가 나타났다. 총비용이 굵게 표시된 부분이 그것이다. 즉 256개의 경우의 수중에 231개의 비율을 계산해 보면 90.2%의 신뢰성을 갖는다고 할 수 있다. 또한 $k_i = 1, 1, 2, 4$ 일 때의 최소 총비용 \$ 32096과의 비용에 대한 비율을 계산하면 \$2715의 비용 차이가 발생한다. 그러므로 약 7.2%의 비용 증가를 나타낸다고 할 수 있다.

4.5 품목별 상이한 발주주기, 동일한 발주주기, 개별발주 정책의 비교

<표 2>의 수치 예를 이용하여 품목별 발주주기가 상이한 경우와 품목별 발주주기가 동일한 경우 그리고 개별발주 일 때를 비교하여 비용증가는 얼마나 되며 어느 정책이 가장 효과적인지 알아보겠다.

품목별 발주 주기가 상이한 경우 통합발주주기의 정수배인 m_i 는 품목별로 1, 2, 1, 4로 나타났고 원재료 조달주기 당 발주량의 배수 k_i 는 각각 2, 2, 4, 5이며 통합발주주기 T 는 $0.0745 \times 365 = 28$ 일 마다 운송횟수 12번에 걸쳐 4개의 품목을 운송하게 된다. 이때 품목의 발주량은 각각 894, 745, 596, 89개 일 때 총비용이 최소가 된다.

<표 5> 품목별 발주주기가 상이한 경우의 정기발주모형

	품목 1	품목 2	품목 3	품목 4
m_i	1	2	1	4
k_i	2	2	4	5
T	0.0745			
Q_i	894	745	596	89
JTRC	\$ 33640			

품목별 발주주기가 동일한 경우 통합발주주기의 정수배인 m_i 가 품목별로
 동일한 값인 1을 가지고 운송횟수 N 이 14일 때 최적 총비용 \$ 36708을
 가지게 된다. 원재료 조달주기 당 발주량의 배수 k_i 는 품목별로 1, 4, 3, 14
 로 품목별 발주 주기가 상이한 경우보다 품목 4번째가 높은 수치를 나타냈
 다. 이는 m_i 값의 영향을 받아 품목의 발주량 Q 값이 작아지고 k_i 값이 커진
 것이다. 통합발주주기 T 는 $0.0992 \times 365 = 37$ 일 이며 품목별 발주량은 각각
 1190, 496, 793, 30개로 나타났다.

<표 6> 품목별 발주주기가 동일한 경우의 정기발주모형

	품목 1	품목 2	품목 3	품목 4
m_i	1	1	1	1
k_i	1	4	3	14
T	0.0992			
Q_i	1190	496	793	30
JTRC	\$ 36708			

품목별 개별발주 및 개별운송인 경우 품목별로 각각의 발주주기 T 인 44,
 53, 44, 7일에 따라 7, 10, 7, 6회로 각각 운송하고 원재료 조달 주기 당
 발주량의 배수 k_i 도 1, 1, 2, 3으로 나타났다. 품목별 발주량은 품목 1일 때
 1181, 2일 때 1451, 3일 때 1183, 마지막 품목이 167개로 나타났다.

<표 7> 품목별 개별 발주 및 개별운송인 경우 정량발주 모형

	품목 1	품목 2	품목 3	품목 4	총비용
N	7	10	7	6	
k_i	1	1	2	3	
T	0.118	0.145	0.118	0.017	
Q	1181	1451	1183	167	
JTRC	\$ 12614	\$ 7423	\$ 12058	\$ 2649	\$ 34744

각 정책별 총비용을 비교해본 결과가 아래 표에 정리 되었다.

<표 8> 다품목 발주정책별 총 비용 비교

	개별발주 및 개별운송	공통발주 및 공통운송	
		동일한 발주주기	상이한 발주주기
비 용(\$)	34743	36708	33640
모형별 대비 비용 증가율	3.2%	9.1%	-

공통발주 및 공통운송에서 상이한 발주주기를 갖는 정책의 총비용으로 각
각의 정책들에 총비용을 나누어 주었을 때 모형별 대비 비용 증가율이 개별
발주 및 개별 운송일 때 3.2%, 품목별 동일한 발주주기를 가지는 경우
9.1%의 비용증가율을 보였다. 그러므로 공통발주 및 공통운송에서 상이한
발주주기를 가지는 경우가 나머지 정책들보다 효과적이라는 것을 보여준다.

제 5 장 통합관리 모형의 타당성 검토

앞에서 일반적인 다품목 통합발주 정책에 대해 알아보았다 이 장에서는 구매자와 공급업자가 각각 유리한 입장에서 발주를 했을 때 총비용과 통합 관리했을 때의 총비용을 비교하여 과연 어떤 정책이 보다 효과적인지 알아보도록 하겠다.

5.1 구매자가 협상력을 가지는 경우

구매자 입장에서 비용을 최적화한 통합 발주주기와 품목당 발주를 고려해 전체 비용을 구해 보도록 하겠다. 구매자와 공급자의 총비용 공식은 식(1) 과 식(2)에 각각 표현하였다.

(구매자)

$$TC_b(T, \bar{m}, N) = \frac{A_b + \sum \frac{a_i}{m_i}}{T} + \frac{\sum H_{bi} m_i T D_i}{2N} + \frac{ZN}{T} \quad (1)$$

(공급자)

$$TC_s(T, \bar{m}, \bar{k}, N) = \frac{\sum \frac{A_{si}}{m_i}}{T} + \sum \frac{A_{ri}}{K_i m_i T} + \frac{1}{2} \sum H_{si} m_i T D_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{1}{N} + \frac{2D_i}{NP_i}\right)$$

$$+ \sum H_{ri} \left\{ \frac{D_i u_i m_i T D_i}{2 P_i} + \frac{(k_i - 1) u_i m_i T D_i}{2} \right\} \quad (2)$$

구매자가 협상력을 가질 때 최적발주 주기인 T를 구하기 위해 식(1)을 T로 미분해 주면 식 (3)이 나온다.

$$T^* = \sqrt{\frac{2N(A_b + ZN + \sum \frac{a_i}{m_i})}{\sum H_{bi} m_i D_i}} \quad (3)$$

식 (3)을 식 (1)에 대입하여 정리하면 $\bar{m}$, N에 대한 총비용 식으로 정리할 수 있다.

$$TC_b(\bar{m}, N) = \sqrt{\frac{2(A_b + ZN + \sum \frac{a_i}{m_i}) \sum H_{bi} m_i D_i}{N}} \quad (4)$$

식 (4)을 최소화 하는 $\bar{m}$, N을 구하는 것은 아래 식을 최소화 하는 $\bar{m}$, N을 구하는 것과 같다.

$$F_b(\bar{m}, N) = (A_b + ZN + \sum \frac{a_i}{m_i}) \frac{\sum H_{bi} m_i D_i}{N} \quad (5)$$

운송횟수 초기치를 N=1로 두고 본 논문에서의 알고리즘을 동일하게 적용하

면 다음과 같다.

$$1) \text{ 식 (5)를 편미분하면 } m_j^2 = \frac{a_j}{H_{bj}D_j} \frac{\sum H_{bi}m_iD_i}{A_b + ZN + \sum \frac{a_i}{m_i}}$$

$$2) C_b(N)^2 = \frac{\sum m_i H_{bi} D_i}{A_b + ZN + \sum \frac{a_i}{m_i}} \text{ 이라고 둔다.}$$

$$3) j \neq k \text{ 일 때, } m_k^2 = \frac{a_k}{H_{bk}D_k} C_b(N)^2$$

$$4) \frac{a_i}{H_{bi}D_i} \text{를 구하는 가장 작은 값을 가지는 품목을 } m_1=1 \text{로 한다.}$$

$$5) C_b(N) = \sqrt{\frac{H_{b1}D_1}{A_b + ZN + a_1}} \text{을 구한다.}$$

$$6) m_j = \sqrt{\frac{a_j}{H_{bj}D_j} C_b(N)} \text{이므로 } m_j, j=2,3,4,\dots,n \text{을 다음 식을 이용하여 계}$$

산한 후 반올림으로 정수 값을 구한다.

$$m_j = \sqrt{\frac{a_j}{H_{bj}D_j} \frac{H_{b1}D_1}{A_b + ZN + a_1}} \quad (6)$$

$$7) \text{ 식 (6)을 식 (3)에 대입하여 } T_b^* \text{을 계산한다.}$$

8) 단계 6)과 7)을 이용하여 식 (1)과 식 (2)를 합하여 통합 비용을 계산한다.

9) 식 (7)을 이용 하여 각 품목의 k_i 를 구하고 충분히 N 을 증가 시키고 난 후 통합 비용이 가장 작은 값을 취한다.

5.2 공급업자가 협상력을 갖는 경우

공급업자 총비용을 구하는 식은 식 (2)와 같이 표현 되고 정수 k_i 를 얻기 위해 식 (2)를 k_i 로 편미분해주면 식 (7)과 같이 나타난다.

$$k_i^* = \frac{1}{m_i T} \sqrt{\frac{2 A_{ri}}{H_{ri} u_i D_i}} \quad (7)$$

$TC_s(T, \bar{m}, N)$ 을 구하기 위해 식 (7)을 식 (2)에 대입하면 식 (8)로 표현이 가능하다.

$$\begin{aligned} TC_s(T, \bar{m}, N) = & \frac{\sum \frac{A_{si}}{m_i}}{T} + \sum \frac{A_{ri}}{\sqrt{\frac{2 A_{ri}}{H_{ri} u_i D_i}}} \\ & + \frac{T}{2} \sum H_{si} m_i T D_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{1}{N} + \frac{2 D_i}{N P_i} \right) \\ & + \sum H_{ri} \left(\frac{D_i u_i m_i T D_i}{2 P_i} + \frac{\sqrt{\frac{2 A_{ri} u_i D_i}{H_{ri}}}}{2} - \frac{u_i m_i T D_i}{2} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

식 (8)을 T 로 편미분해주면 다음 식 (9)로 나타난다.

$$T^* = \sqrt{\frac{2 \sum \frac{A_{si}}{m_i}}{\sum m_i I_i}} \quad (9)$$

$$I_i = \{H_{si}D_i(1 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{1}{N} + \frac{2D_i}{NP_i}) + \frac{H_{ri}D_i^2 u_i}{P_i} - H_{ri}u_i D_i\}$$

식 (9)를 식 (8)에 대입해서 풀어주면 다음과 같이 표현이 된다.

$$TC_s(\bar{m}, N) = \sqrt{2 \sum \frac{A_{si}}{m_i} \sum m_i I_i} + \sum \sqrt{2 H_{ri} A_{ri} u_i D_i} \quad (10)$$

식 (10)의 최소 값을 구하는 것은 다음 식 (11)의 최소 값을 구하는 것과 같다.

$$F(\bar{m}, N) = \sum \frac{A_{si}}{m_i} \sum m_i I_i \quad (11)$$

1) 식 (11)을 편미분 한 결과 $m_j^2 = \frac{A_{sj} \sum m_i I_i}{I_j \sum \frac{A_{si}}{m_i}}$

$$2) C_s(N)^2 = \frac{\sum m_i I_i}{\sum \frac{A_{si}}{m_i}} \text{ 이라고 둔다.}$$

$$3) i \neq k \text{ 일 때, } m_k^2 = \frac{A_{sk}}{I_k} C_s(N)^2$$

$$4) \frac{A_{si}}{I_i} \text{를 구하고 가장 작은 값을 가지는 품목을 } m_1=1 \text{로 한다.}$$

$$5) C_s(N) = \sqrt{\frac{I_1}{A_{s1}}} \text{을 구한다.}$$

$$6) m_j = \sqrt{\frac{A_{sj}}{I_j}} C_s(N) \text{이므로 } m_j, j=2,3,4 \dots n \text{을 다음 식 (12)를 이용하여 계산 한 후 반 올림으로 정수 값을 구한다.}$$

$$m_j = \sqrt{\frac{A_{sj}}{I_j} \frac{I_1}{A_{s1}}} \quad (12)$$

$$7) \text{식 (12)을 식 (9)에 대입하여 } T_s^* \text{을 계산 한다.}$$

$$8) \text{단계 6)과 7)을 이용하여 식 (1)과 식 (2)를 합하여 통합 비용을 계산 한다.}$$

$$9) \text{식 (7)을 이용하여 각 품목의 } k_i \text{를 구하고 충분히 } N \text{을 증가 시키고 난 후 통합 비용이 가장 작은 값을 취한다.}$$

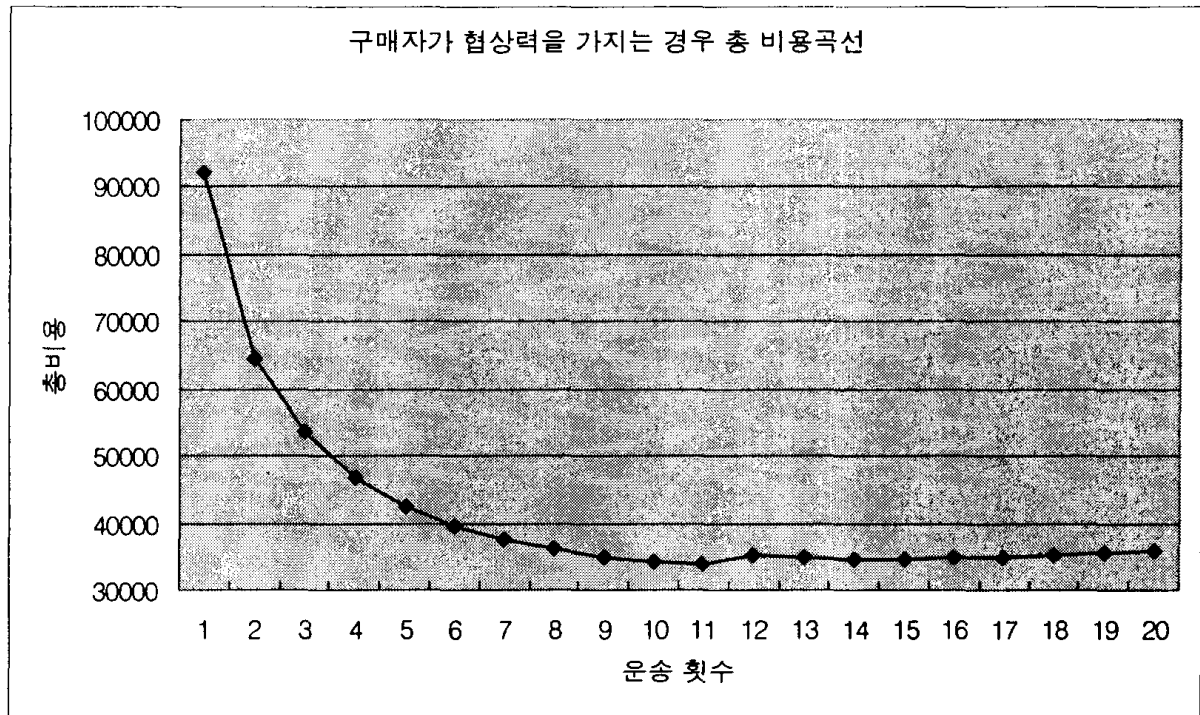
5.3 수치 예

5.3.1 구매자가 협상력을 가지는 경우

앞장에서 사용한 기호들과 앞에서 나온 수식을 바탕으로 구매자가 협상력을 가질 때 다품목 통합관리(CMI)와 비교해 어떤 정책이 효율적인지 알아보자.

<표 9> 구매자가 협상력을 가지는 경우의 수치 예

N	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	JTRC	T	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
1	1	1	1	3	92209	0.022	6	16	14	21	266	111	178	7
2	1	1	1	3	64372	0.034	4	11	9	14	409	170	273	10
3	1	1	1	2	53629	0.046	3	8	7	15	548	229	366	14
4	1	1	1	2	46791	0.056	2	7	6	13	673	280	449	17
5	1	1	1	2	42435	0.066	2	6	5	11	795	331	530	20
6	1	1	1	2	39527	0.076	2	5	4	9	914	381	610	23
7	1	1	1	2	37536	0.086	2	4	4	8	1033	430	688	26
8	1	1	1	2	36098	0.096	1	4	3	7	1150	479	767	29
9	1	1	1	2	35040	0.106	1	3	3	7	1267	528	845	32
10	1	1	1	2	34300	0.115	1	3	3	6	1383	576	922	35
11	1	1	1	2	33824	0.125	1	3	3	6	1500	625	1000	37
12	1	1	1	1	35116	0.138	1	3	2	10	1653	689	1102	41
13	1	1	1	1	34878	0.147	1	2	2	10	1770	737	1180	44
14	1	1	1	1	34750	0.157	1	2	2	9	1886	786	1257	47
15	1	1	1	1	34741	0.167	1	2	2	8	2003	834	1335	50
16	1	1	1	1	34831	0.177	1	2	2	8	2119	883	1413	53
17	1	1	1	1	35005	0.186	1	2	2	8	2235	931	1490	56
18	1	1	1	1	35249	0.196	1	2	2	7	2351	980	1567	59
19	1	1	1	1	35553	0.206	1	2	2	7	2467	1028	1645	62
20	1	1	1	1	35945	0.215	1	2	1	7	2583	1076	1722	65



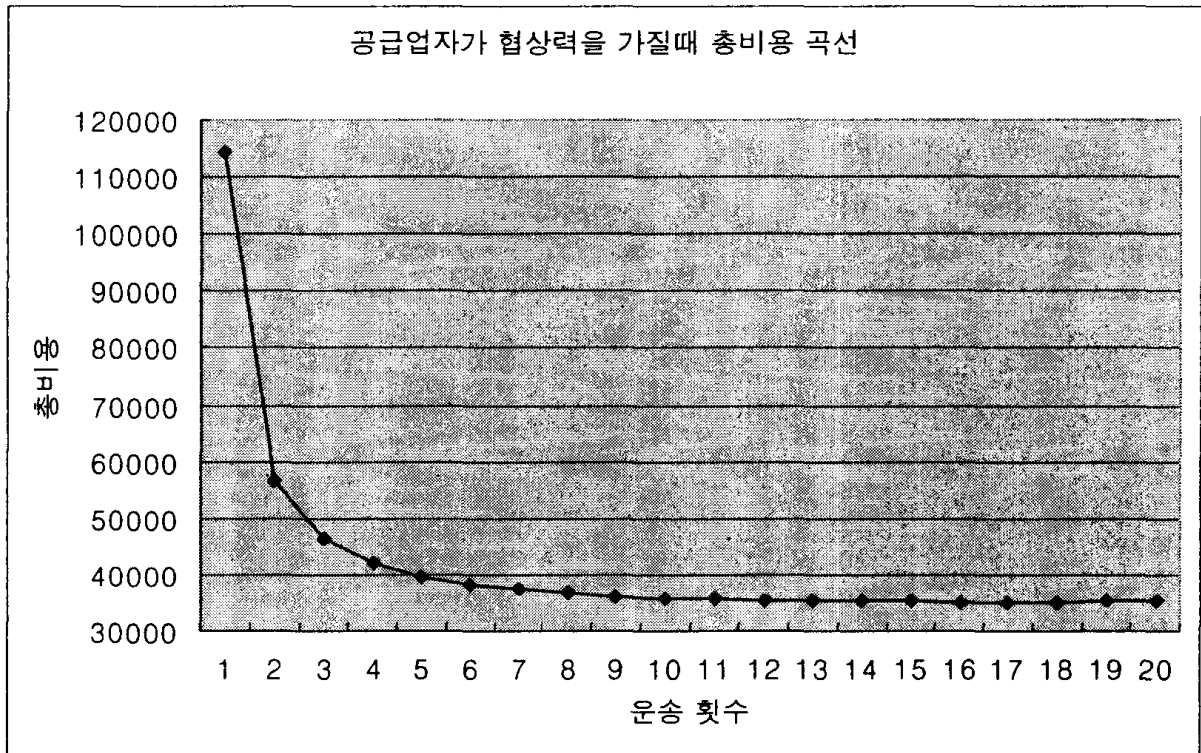
<그림 6> 구매자가 협상력을 가질 때 총 비용 곡선

5.3.2 공급업자가 협상력을 가지는 경우

공급업자가 협상력을 가졌을 때 즉 공급업자 입장에서 거래가 이루어졌을 때 공급업자의 비용이 최소화 되어질 것이다. 이 때는 총비용이 어떻게 나타나는지 알아보고 앞에서 나온 결과들과 비교해 보겠다.

<표 10> 공급업자가 협상력을 가지는 경우의 수치 예

N	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	JTRC	T	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
1	1	1	1	1	114188	0.304953	1	2	2	8	3659	1525	2440	91
2	1	1	1	1	56626	0.199614	1	3	3	13	2395	998	1597	60
3	1	1	1	1	46392	0.182946	1	3	3	14	2195	915	1464	55
4	1	1	1	1	42068	0.176039	1	4	3	15	2112	880	1408	53
5	1	1	1	1	39719	0.172252	1	4	3	15	2067	861	1378	52
6	1	1	1	1	38272	0.169859	1	4	3	15	2038	849	1359	51
7	1	1	1	1	37314	0.16821	1	4	3	15	2019	841	1346	50
8	1	1	1	1	36651	0.167004	1	4	3	15	2004	835	1336	50
9	1	1	1	1	36179	0.166084	1	4	3	16	1993	830	1329	50
10	1	1	1	1	35839	0.165358	1	4	3	16	1984	827	1323	50
11	1	1	1	1	35593	0.164772	1	4	3	16	1977	824	1318	49
12	1	1	1	1	35416	0.164288	1	4	3	16	1971	821	1314	49
13	1	1	1	1	35292	0.163882	1	4	3	16	1967	819	1311	49
14	1	1	1	1	35210	0.163536	1	4	3	16	1962	818	1308	49
15	1	1	1	1	35161	0.163238	1	4	3	16	1959	816	1306	49
16	1	1	1	1	35138	0.162979	1	4	3	16	1956	815	1304	49
17	1	1	1	1	35137	0.16275	1	4	3	16	1953	814	1302	49
18	1	1	1	1	35153	0.162549	1	4	3	16	1951	813	1300	49
19	1	1	1	1	35185	0.162369	1	4	3	16	1948	812	1299	49
20	1	1	1	1	35230	0.162208	1	4	3	16	1946	811	1298	49



<그림 7> 공급업자가 협상력을 가질 때 총비용 곡선

<표 11> 다품목 정책별 총 비용 비교

정 책 \ 비 용	총비용(\$)	비율
다품목 통합관리	33640	-
구매자가 협상력을 가지는 경우	33824	0.5(%)
공급업자가 협상력을 가지는 경우	35137	4.4(%)

분석 : 구매자가 협상력을 가질 때(\$33824)가 공급업자가 협상력을 가질 때(\$35137) 보다 적은 비용이 든다는 것을 알 수 있다. 그 이유는 구매자의 품목당 재고유지 비용이 공급업자의 품목당 재고유지 비용보다 높기 때문에 구매자 입장에서의 최적화가 효율적인 구매정책이 될 수 있는 것이다. 그리고 통합관리에서 비용은 (\$33640)으로 구매자가 협상력을 가졌을 때와

공급업자가 협상력을 가졌을 때 보다 비용이 적게 나타나는데 그것은 유통업체가 양쪽의 재고를 동시에 관리함으로써 전체 최적화를 이룰 수 있기 때문이다.

제 6 장 모의문제를 이용한 비교 분석

6.1 통합재고모형과 구매자, 공급업자가 각각이 협상력을 가졌을 때의 시뮬레이션 분석

앞장에서는 4개의 품목만 Excel을 이용하여 풀어보았지만 이번 장에서는 다품목으로 확장했을 때 구매자와 공급업자가 통합 관리했을 때의 비용과 구매자가 협상력을 가졌을 때의 비용 그리고 공급업자가 협상력을 가졌을 때의 비용을 비주얼 베이직으로 코딩된 시뮬레이션을 이용하여 그 타당성을 검토해 보겠다. 모의 문제를 작성하는데 있어 통합주문의 공동발주 비용 A_b 와 운송 건당 운송비용 Z , 완제품의 원재료 사용율 u_i 을 고정시키고 개별 품목에 해당하는 모수들을 다음의 보기에서 무작위 추출(Random sampling)하는 방식을 채택 하였다.

$$D_i : \{5,000, 10,000, 15,000, 20,000\},$$

$$P_i : \{2, 3, 4, 5\} \times D_i$$

$$a_i : \{10, 15, 20, 25\}$$

$$A_{si} : \{250, 500, 750, 1000\}$$

$$A_{ri} : \{100, 200, 300, 400\}$$

$$H_{bi} : \{1, 2, 3, 4\} \times H_{si}$$

$$H_{si} : \{5, 10, 15, 20\}$$

$$H_{ri} : \{0.5, 1, 1.5, 2\}$$

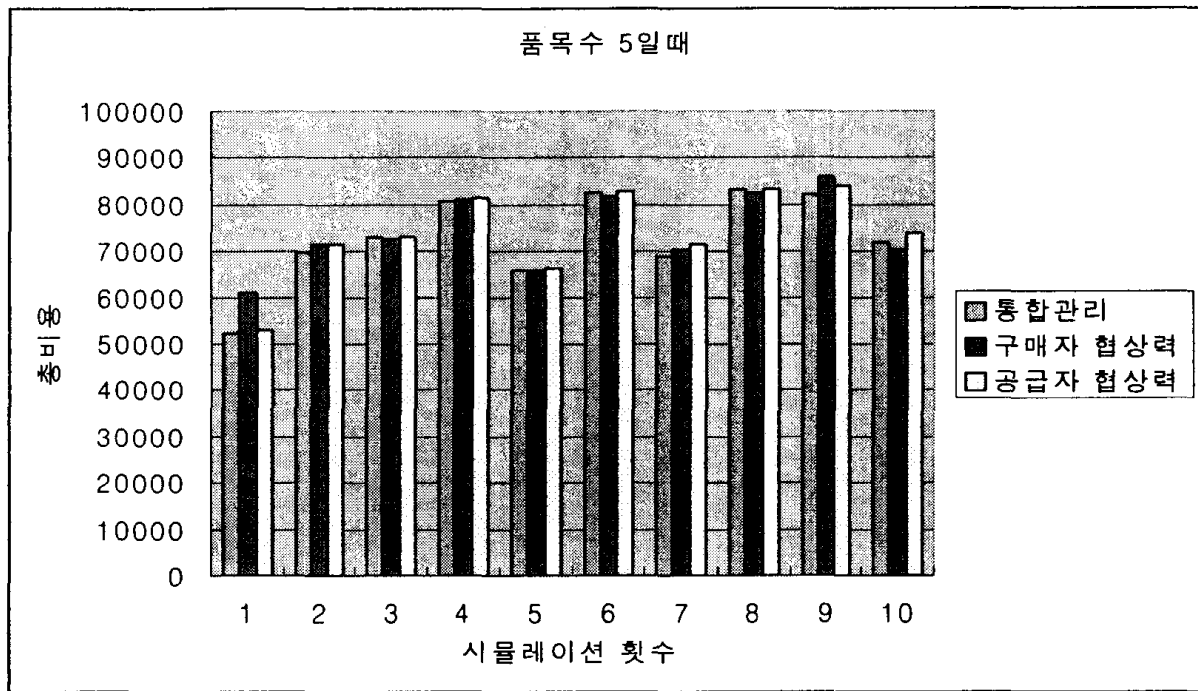
모의실험에서 운송횟수 N 을 최대 20회로 각각 품목수를 5, 10, 15, 20,

30, 40개로 10번씩 발생한 값을 평균하여 통합관리 했을 때와 구매자가 협상력을 가질 때 그리고 공급업자가 협상력을 가질 때를 비교해 보겠다. 아래 표는 품목별 정책에 따른 평균 비용과 비율의 관계를 나타내주고 있다.

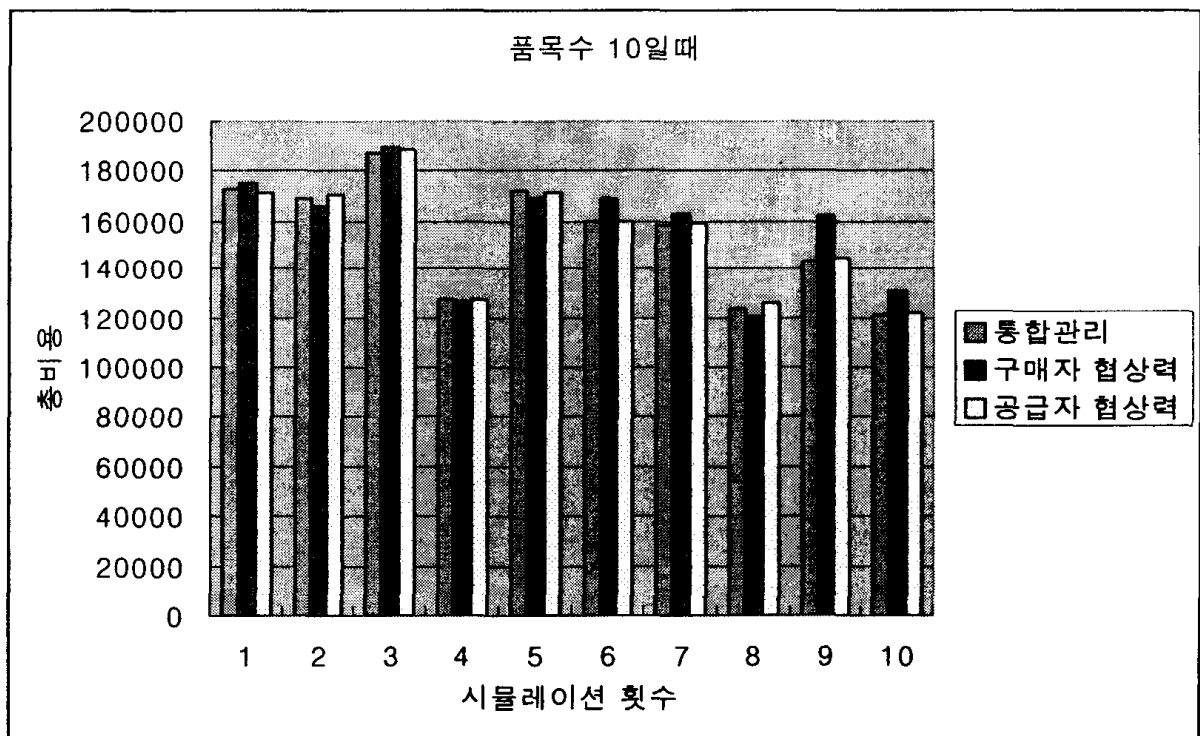
<표 12> 협상력에 따른 정책별 총비용 비교

품목 수	정 책	평 균	평균비율
5	통합관리	65930	0.00%
	구매자 협상력	75901	2.21%
	공급자 협상력	76585	1.49%
10	통합관리	128887	0.00%
	구매자 협상력	152941	2.53%
	공급자 협상력	148226	0.49%
15	통합관리	187220	0.00%
	구매자 협상력	227619	6.74%
	공급자 협상력	215867	0.73%
20	통합관리	260884	0.00%
	구매자 협상력	321894	8.25%
	공급자 협상력	301055	0.81%
30	통합관리	369674	0.00%
	구매자 협상력	486237	16.44%
	공급자 협상력	423566	0.17%
40	통합관리	504142	0.00%
	구매자 협상력	686426	18.73%
	공급자 협상력	577123	0.25%

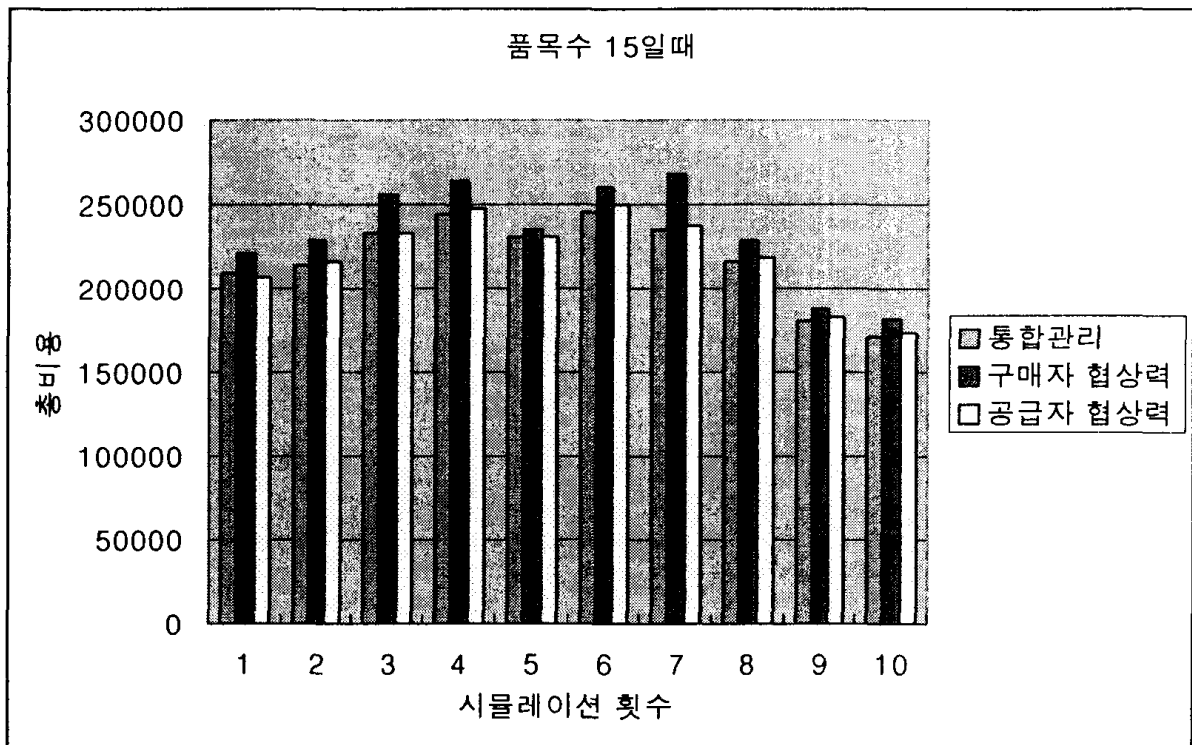
각각의 정책별로 10번 시뮬레이션 하여 얻어진 값을 평균 하여 통합관리를 기준으로 구매자가 협상력을 가지는 경우와 공급업자가 협상력을 가지는 경우를 나누어 주었을 때 품목 수 5일 때 총비용의 평균비율이 2.21%, 1.49%로 공급업자가 협상력을 가질 때가 구매자가 협상력을 가질 때 보다 유리하다는 것을 보여 준다. 10, 15, 20, 30, 40개의 품목으로 확장했을 때 통합관리와 구매자가 협상력을 가졌을 때 비용차이는 커지나 공급업자 사이에 비율차이는 1%미만인 것으로 나타났다. 시뮬레이션에 대한 수치는 부록 2에 수록하였다.



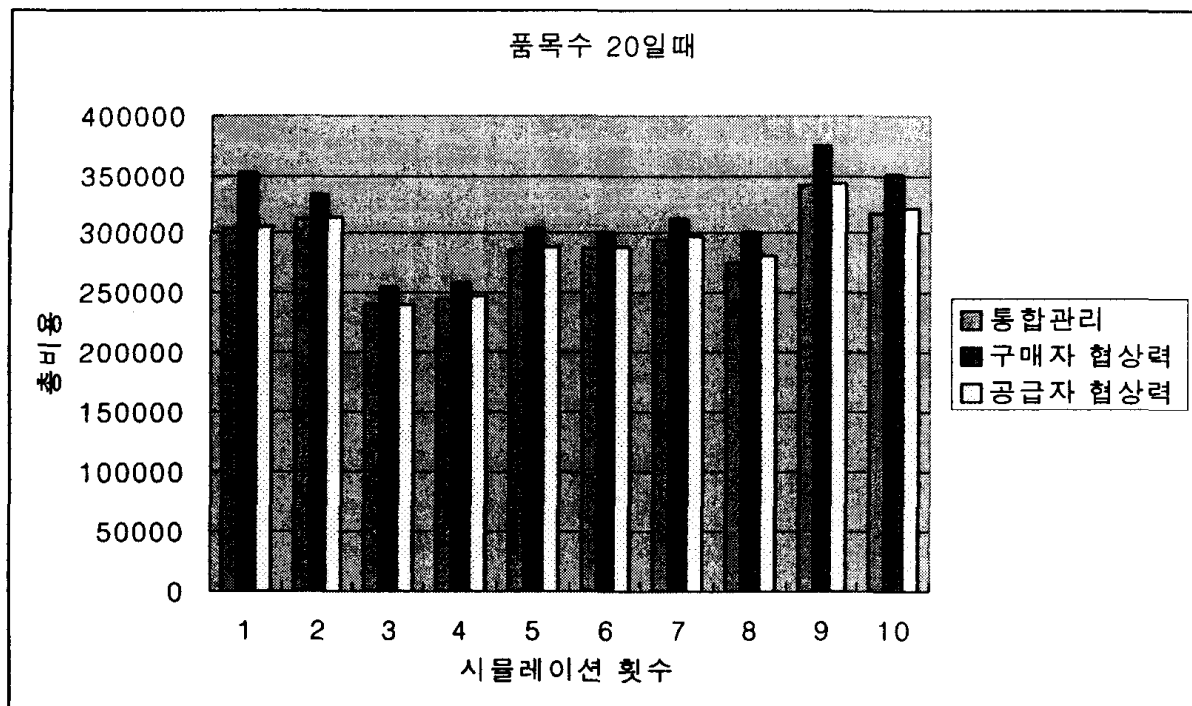
<그림 8> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 5인 경우)



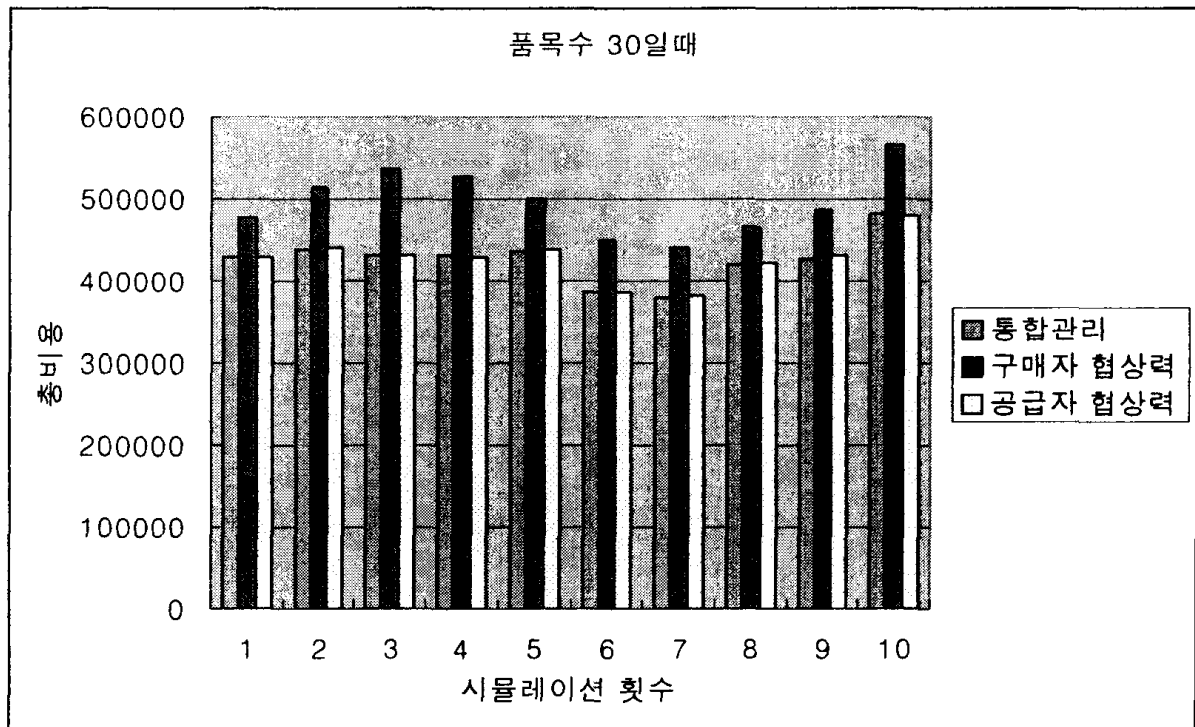
<그림 9> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 10인 경우)



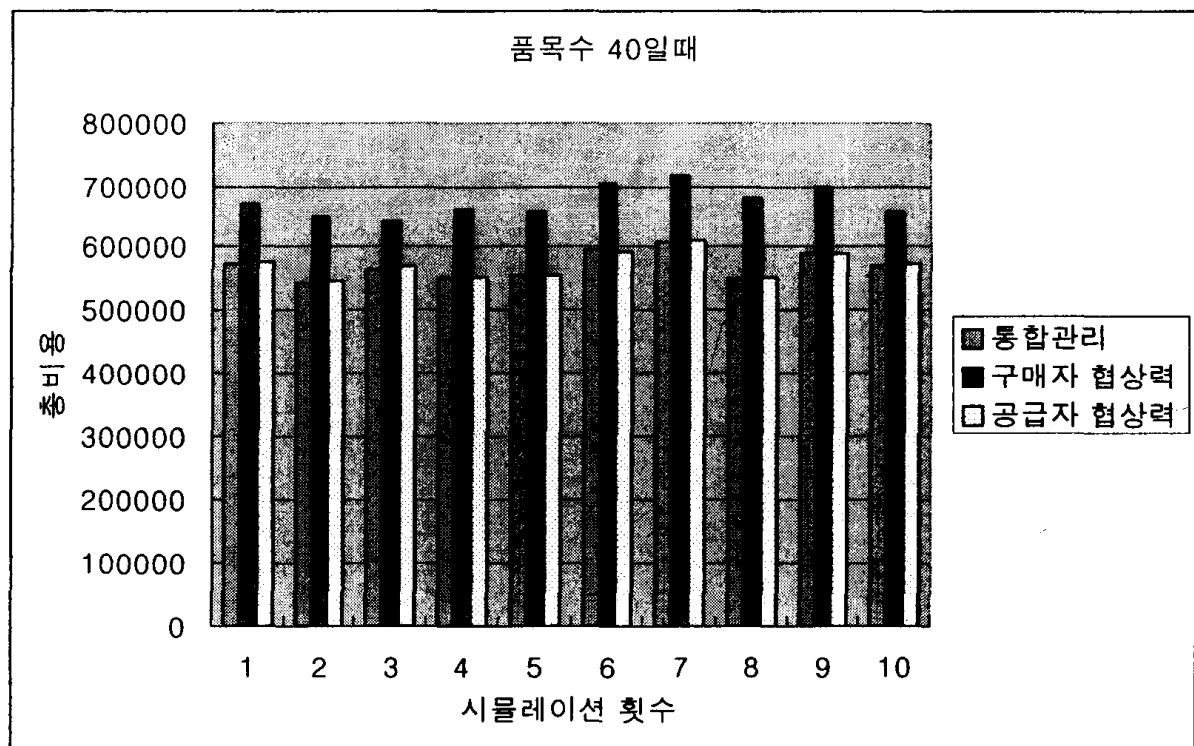
<그림 10> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 15인 경우)



<그림 11> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 20인 경우)



<그림 12> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 30인 경우)



<그림 13> 각 모형별 총비용 비교 (품목 수가 40인 경우)

6.2 품목별 상이한 발주주기, 동일한 발주주기, 개별발주 정책의 시뮬레이션 분석

이번에는 품목별 상이한 발주주기, 동일한 발주주기, 개별발주 정책에 따른 모의 시뮬레이션에 대한 총 비용 값을 구해 보도록 하겠다. 모의 문제를 작성하는데 있어 통합주문의 공동발주 비용 A_b 와 운송 건당 운송비용 Z , 완제품의 원재료 사용율 u_i 을 고정시키고 개별 품목에 해당하는 모수들을 다음의 보기에서 무작위 추출(Random sampling)하는 방식을 채택 하였다.

$$D_i : \{5,000, 10,000, 15,000, 20,000\},$$

$$P_i : \{2, 3, 4, 5\} \times D_i$$

$$a_i : \{10, 15, 20, 25\}$$

$$A_{si} : \{250, 500, 750, 1000\}$$

$$A_{ri} : \{100, 200, 300, 400\}$$

$$H_{bi} : \{1, 2, 3, 4\} \times H_{si}$$

$$H_{si} : \{5, 10, 15, 20\}$$

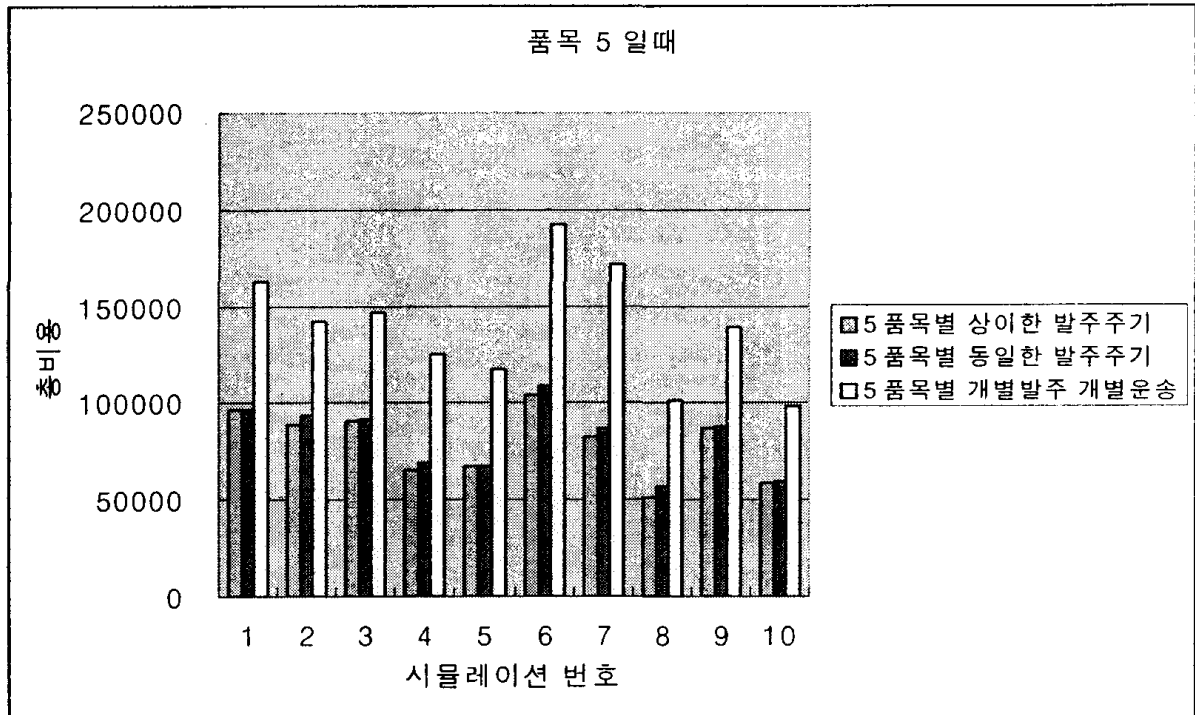
$$H_{ri} : \{0.5, 1, 1.5, 2\}$$

모의실험에서 운송횟수 N 을 최대 20회로 각각 품목수를 5, 10, 15, 20, 30, 40개로 10번씩 발생한 값을 평균하여 품목별 다른 발주주기를 가질 때와 동일한 발주주기를 가질 때 그리고 개별발주 할 때를 비교해 보겠다. 아래 표는 품목별 정책에 따른 평균 비용과 비율의 관계를 나타내주고 있다.

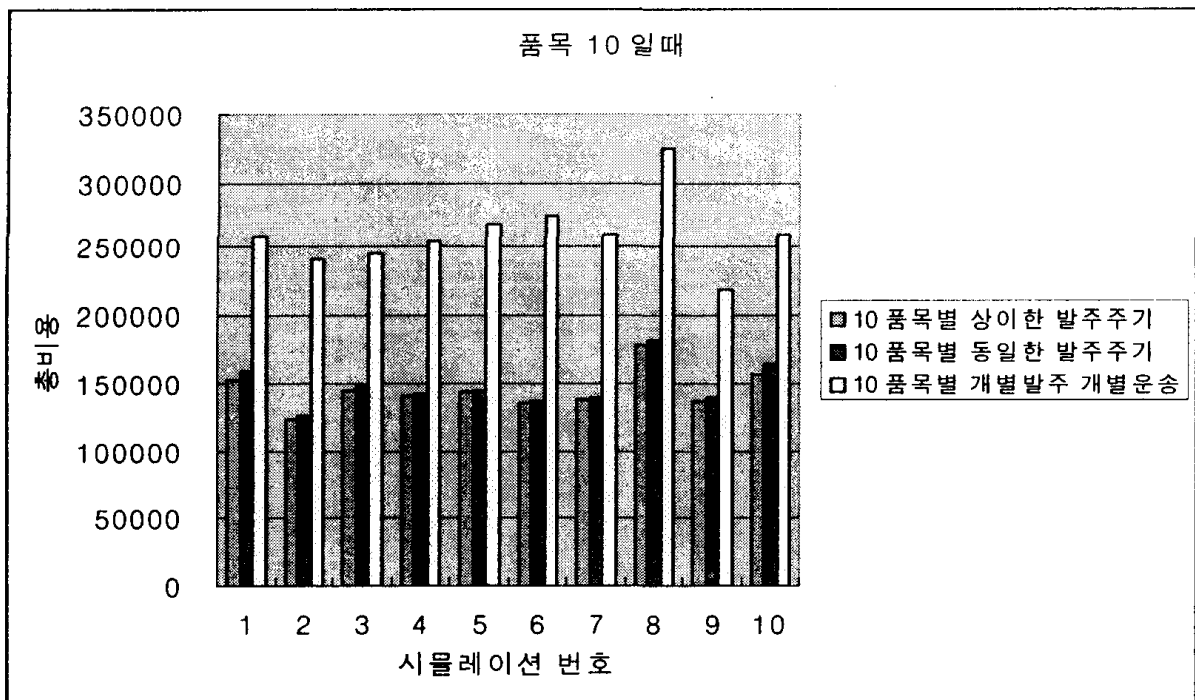
<표 13> 품목에 따른 정책별 총비용 비교

품목	품목별	평균	평균비율
5	상이한 발주주기	66303	0.00%
	동일한 발주주기	78460	18.34%
	개별발주 개별운송	136997	106.62%
10	상이한 발주주기	144766	0.00%
	동일한 발주주기	148276	2.42%
	개별발주 개별운송	260723	80.10%
15	상이한 발주주기	212606	0.00%
	동일한 발주주기	222717	4.76%
	개별발주 개별운송	375959	76.83%
20	상이한 발주주기	285196	0.00%
	동일한 발주주기	299886	5.15%
	개별발주 개별운송	518606	81.84%
30	상이한 발주주기	426001	0.00%
	동일한 발주주기	447573	5.06%
	개별발주 개별운송	772637	81.37%
40	상이한 발주주기	571218	0.00%
	동일한 발주주기	600029	5.04%
	개별발주 개별운송	1030635	80.43%

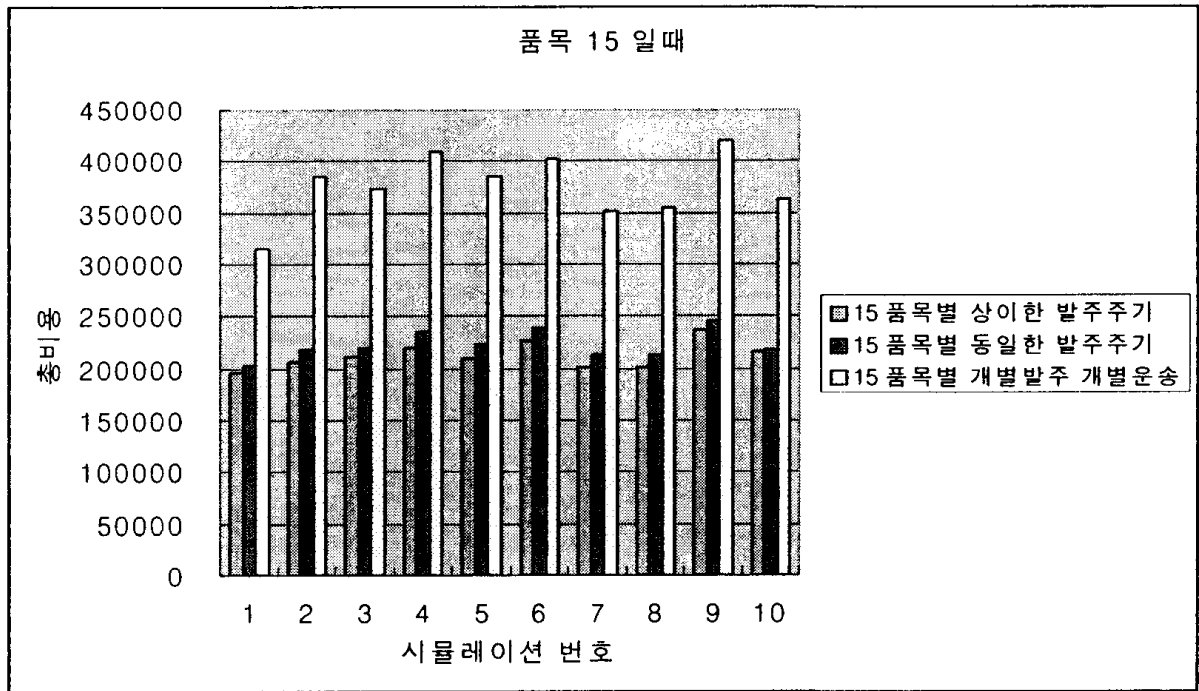
품목별 상이한 발주주기에 평균값을 기준으로 동일한 발주주기를 가질 때와 개별발주 개별운송 할 때를 나누어 평균 비율을 구해 주었을 때 <표 11>과 같은 결과 값을 얻을 수 있다. 동일한 발주주기를 갖는 경우 품목 수 5일 때를 제외하고 5.5%이내의 비용증가를 보였지만 개별발주 개별 운송의 경우 거의 80%에 가까운 비용 증가를 보였다. 다음 그림은 품목별 각 각의 정책에 대한 총비용을 막대그래프로 표현해 주었다.



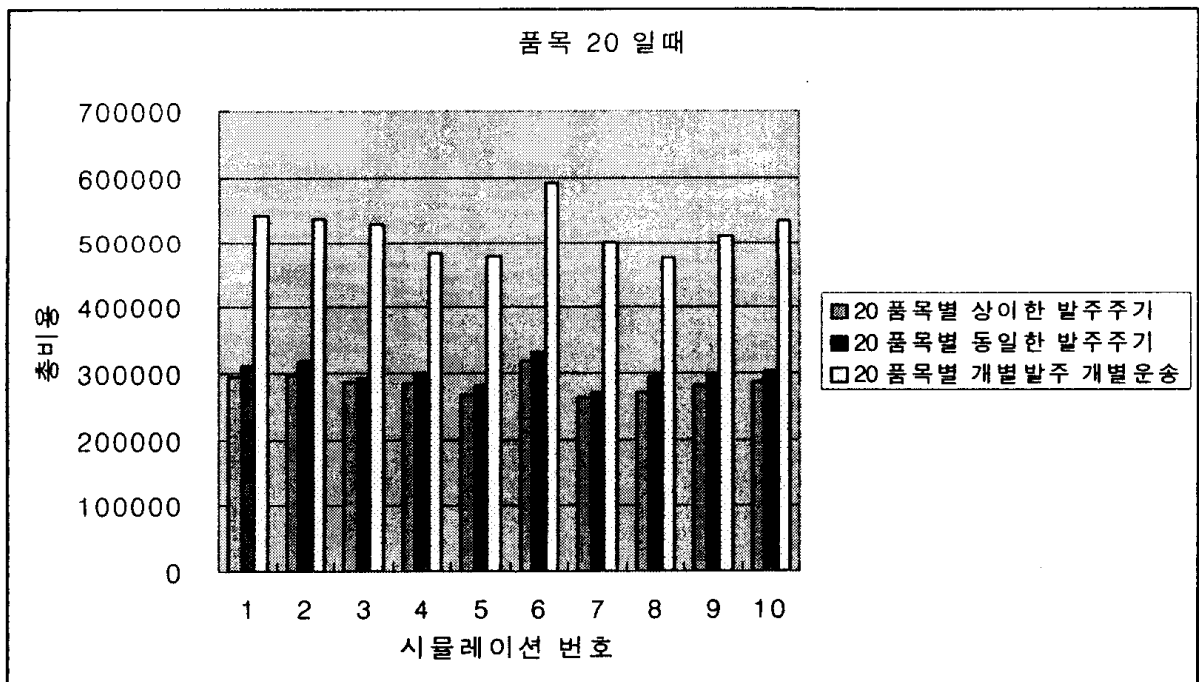
<그림 14> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 5인 경우)



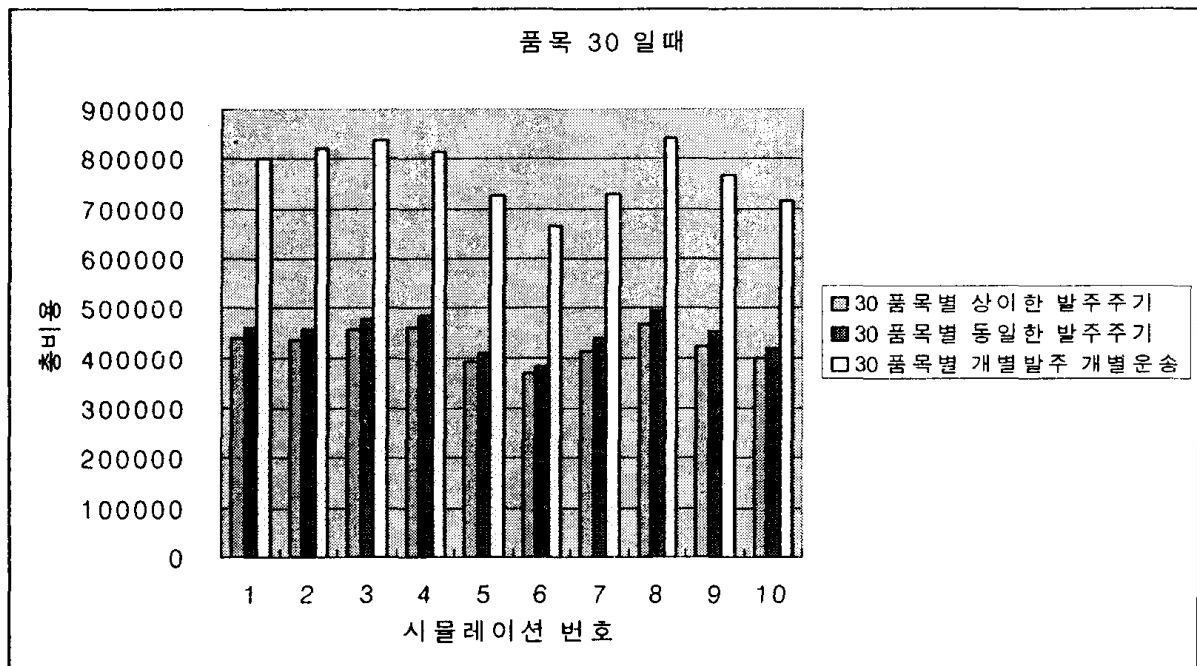
<그림 15> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 10인 경우)



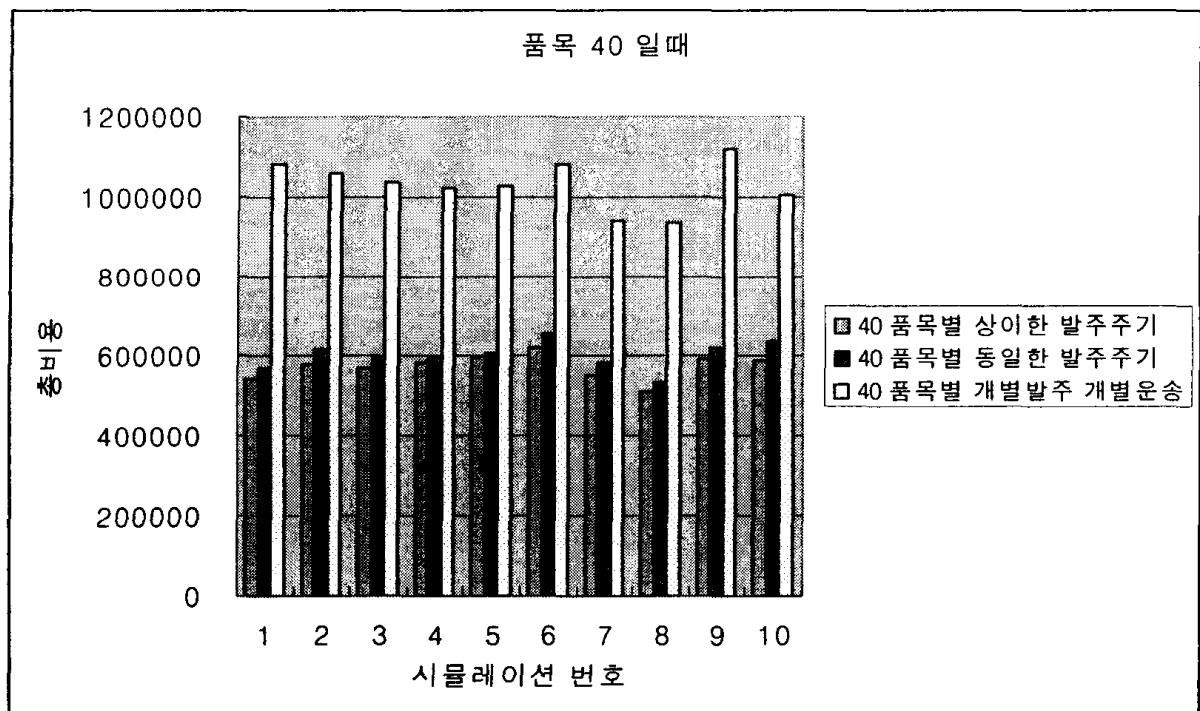
<그림 16> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 15인 경우)



<그림 17> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 20인 경우)



<그림 18> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 30인 경우)



<그림 19> 각 정책별 총비용 비교 (품목 수가 40인 경우)

제 7 장 결 론

정보통신의 발달은 기업운영 방식에 많은 변화를 가져왔다. 모기업의 하청기업이나 관련업체들에 의해 유지되었던 기존에 기업운영 방식에서 보다 능력과 기술이 뛰어난 기업들과 협력관계를 맺고 거래를 할 수 있는 기반이 확립됐다고 할 수 있다. 이러한 조건하에 유기적인 협력체계를 갖춘 기업은 지속적인 대화와 정보의 교류를 통해 상호이득을 공유하게 된다. 본 논문에서도 이러한 협력관계를 고려하여 구매업체, 공급업체에 대한 공급사슬관리(SCM)에서 통합재고 관리를 했을 때 개별관리 보다 비용적인 측면에서 효과적이라는 것을 알아보고 정책별 총비용 즉 품목별 개별발주 일 때와 동일한 발주주기를 가질 때 그리고 상이한 발주주기를 가질 때를 비교 분석하였다. 우선 제 3장에서 단일 품목일 때 k 값을 변화시키며 총비용을 구하였고 일반적인 경우를 4장에서 알아보았다. 5장에서는 구매자와 공급업자의 입장에서 개별 최적화를 했을 때 총비용에 대한 결과 치를 얻었다. 통합관리 했을 때 다품목인 경우 m_i 는 각각의 품목의 공통발주주기에 따른 정수배로 품목에 따라 상관관계가 존재하기 때문에 선형계획법이 아닌 발견적 해법(Heuristic Method)을 이용하여 구해주었다. 원재료 조달 주기 당 발주량의 배수 k_i 는 m_i 와 T (공통발주주기)값을 먼저 구한 후 최적 k_i 를 구하는 공식을 이용했다. 변수를 바탕으로 도출된 최소 총비용은 구매자가 협상력을 가졌을 때와 공급업자가 협상력을 가졌을 때의 비용과 비교 했을 때 통합관리 했을 때의 비용이 공급사슬 내에 있는 기업들에게 보다 많은 이득을 줄 수 있다는 것을 보였다. 아래 표는 각각의 정책별 비용에 대한 관계를 나타내 준다.

<표 11> 다품목 정책별 총 비용 비교

정 책 \ 비 용	총비용(\$)	비율
다품목 통합관리	33640	-
구매자가 협상력을 가지는 경우	33824	0.5(%)
공급업자가 협상력을 가지는 경우	35137	4.4(%)

다품목 통합관리와 구매자가 협상력을 가졌을 때 그리고 공급업자가 협상력을 가졌을 때를 비교하면 각각 0.5%, 4.4%의 비율로 비용 차이를 나타내었다. 그러나 모의 시뮬레이션 실험에서 4개의 품목에 한정하여 실험을 한 경우와는 다른 결과를 얻었다. 구매자가 협상력을 가지는 경우가 공급업자가 협상력을 가지는 경우보다 다품목 통합관리와 비교해 품목수가 커질수록 총비용이 늘어난 반면 공급업자가 협상력을 가졌을 때는 그 비율이 1%내에서 비용변화가 일어났다. 그리고 품목별 개별발주 할 때와 동일한 발주주기를 가질 때 그리고 상이한 발주주기를 가질 때를 비교했을 때 4개의 품목으로 한정된 경우 <표 7>과 같은 결과를 얻었다. 상이한 발주주기를 가지는 경우와 비교하여 동일한 발주주기 일 때 9.1%의 비용증가를 보였고 개별발주 및 개별운송의 경우 3.2%의 비용증가를 보였다. 그러나 모의실험을 통해 다품목으로 확장한 경우 발주주기가 동일한 경우는 품목 5개일 때를 제외하고 5.5%이내의 비용증가를 보인 반면 개별발주 및 개별운송의 경우 80%의 높은 비용증가를 나타내었다. 앞에서 살펴본 수리모형에 대한 수치예와 시뮬레이션을 통해 품목에 대한 상이한 발주주기가 동일한 발주주기와 개별발주 및 개별운송보다 유리하다는 결과를 얻었으며 다품목을 통합관리했을 때 구매자가 협상력을 가진 경우나 공급업자가 협상력을 가진 경우보다 총비용에서 유리해 진다는 것을 보였다.

본 논문에서는 하나의 구매자와 공급업자에 대한 수리 모형을 제시 하였다. 앞으로 다수의 구매자와 공급업자를 바탕으로 한 다품목의 품목별 통합 발주에 대한 수리모형의 개발도 가능하리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 김대홍, 정승환, “한국 부품공급업체 생산 혁신전략 유형이 경쟁력에 미치는 영향”, 대한산업공학회, 논문집. 제 11권. 제 1호, p 164~174, 1998.
- [2] 김용철, “JIT 구매 하에서의 다품목의 발주 정책에 관한 연구”, 석사논문, 한성대학교, 2002.
- [3] 한국 SCM민관 합동 추진 위원회, SCM과 핵심기술, 한국유통정보 센터, 1999.4.
- [4] 한동철, 공급사슬관리, 시그마 출판사, p 131~157, 2002.
- [5] Edward. A, Silver, David F. Pyke, Pein Peterson, Inventory Management and Production Planing and Scheduling, Third Edition, p 453~457, 1998
- [6] Fazel, F., A comparative analysis of inventory costs of JIT and EOQ purchasing, Internal journal of physical distribution & Logistics Management, Vol. 27, No.8, p 496~504, 1997.
- [7] Goyal, S.K., An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem, INT.J.PROD.RES, Vol.15, No.1, p 107~111, 1976.

[8] Ha, D. and Kim, S.L., Implementation of JIT purchasing: an integrated approach, production planning & control, Vol.8, No.2, p 152~157, 1997.

[9] Kim, S.H. and Chanra, J., An integrated inventory model for a single product and its raw materials, INT.J.PROD.RES, Vol.25, No.4, p 627~634, 1987.

[10] Miller, P.A. and Kelle, P., Quantitative support for buyer-supplier negotiation in Just-In-Time Purchasing, International journal of purchasing and Material Management, p 25~29, 1998.

[11] Pan, A.C., and Liao, C., An inventory model under Just-In-Time purchasing agreements, production and inventory management journal - first quarter, p 49~52, 1989.

[12] Ramasesh, R.V, Recasting the traditional inventory model to implement Just-In-Time purchasing, production and inventory management journal - first quarter, p 71~75, 1990.

[13] Woo, Y.Y., Hsu, S.L., Wu, S., An integrated inventory model for a single vendor and multiple buyers with ordering cost reduction, International journal of production economics, p 203~215, 2001.

부 록 1 단일품목 정량발주 모형

Ha, D., KIM, S.L.[7]와 Miller, P.A.와 Kelle, P.[9]가 제안한 SSMD(single setup multiple deliveries) 경우 구매자의 총비용 식은 다음과 같이 구매비용과 재고유지 비용 및 운송비용으로 표현되고 공급업자의 총비용 식은 준비비용과 재고유지 비용으로 표현 된다.

$$\text{구매업자 JTRC}(Q, N)_{\text{Buyer}} = A_b \frac{D}{Q} + H_b \frac{Q}{2N} + Z \frac{ND}{Q}$$

$$\text{공급업자 JTRC}(Q, N)_{\text{Supplier}} = A_s \frac{D}{Q} + H_s \frac{Q}{2} \left\{ 1 - \frac{D}{P} - \frac{1}{N} + \frac{2D}{P} \right\}$$

공급업자의 주기 재고는 다음영역의 합으로 표시된다.

$$\text{영역 I} : \frac{q^2}{2P}$$

$$\text{영역 II} : \frac{(Q-q)^2}{2P} - (i-2)(i-3) \frac{q^2}{2D} - (i-2)q \left\{ \frac{Q-q}{P} - (i-2) \frac{q}{D} \right\}$$

$$\text{영역 III} : \{N-(i-1)\}q \left\{ \frac{iq}{D} - \frac{Q-q}{P} \right\}$$

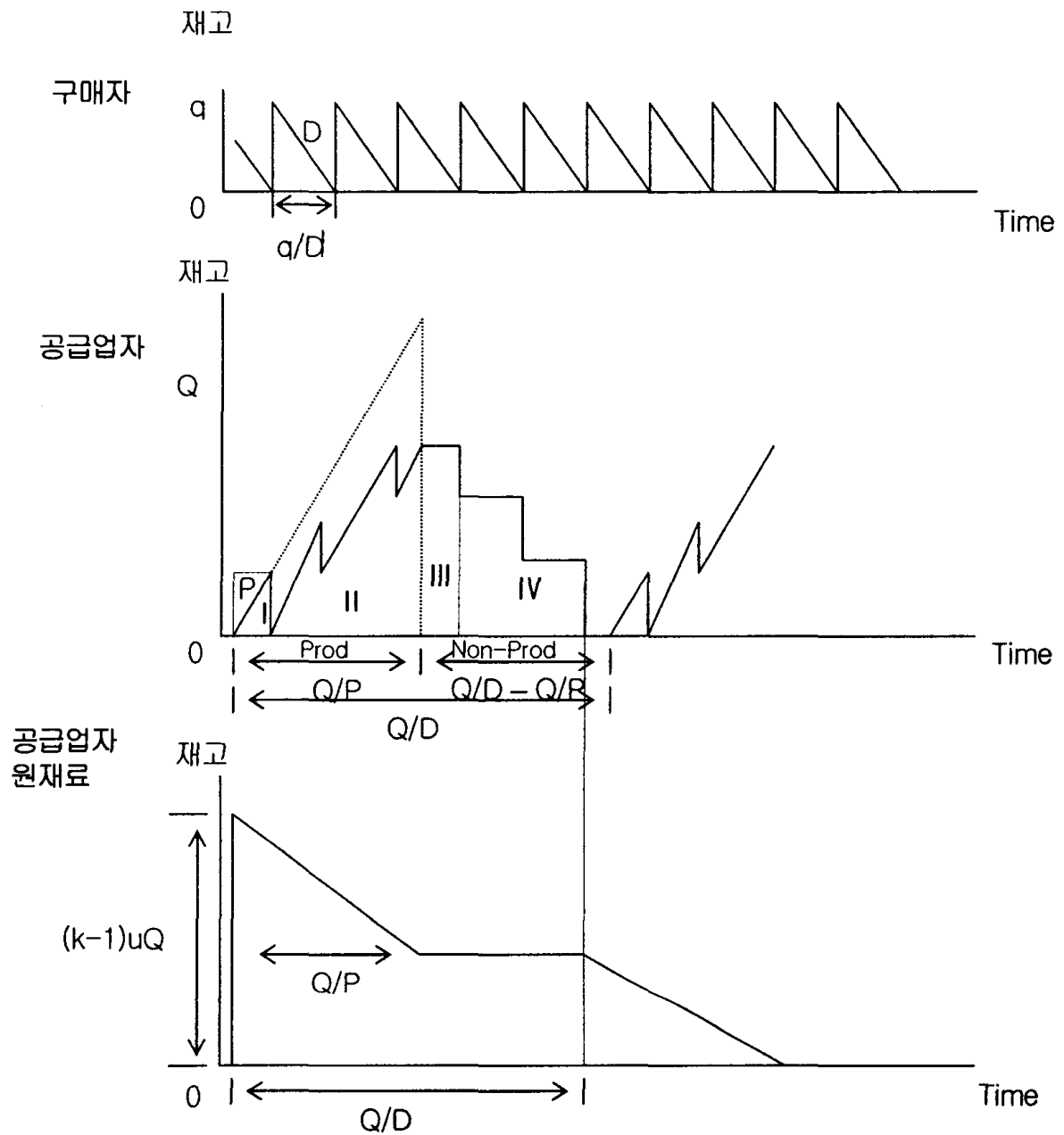
$$\text{영역 IV} : (N-i)\{N-(i-1)\} \frac{q^2}{2D}$$

그러면 공급업자의 연간 재고유지 비용은 다음과 같다.

$$HC_{\text{Supplier}} = \frac{D}{Q} H_s (\text{영역 I} + \text{영역 II} + \text{영역 III} + \text{영역 IV})$$

$q = \frac{Q}{N}$ 라 하고 HC_{Supplier} 에 대입하면 다음과 같이 나온다.

$$HC_{\text{Supplier}} = \frac{QH_s}{2} \left\{ 1 - \frac{D}{P} - \frac{1}{N} + \frac{2D}{NP} \right\}$$



<그림 1> 구매자, 공급업자의 품목 및 공급업자의 원재료 재고 모형

앞의 그림에서 공급업자가 $\frac{Q}{D}$ 기간 동안 생산한 제품의 주기재고는 네 개의 영역(I, II, III, IV)의 합이 되고 구매자의 경우 통합발주 주기 $\frac{Q}{D}(=T)$

기간 동안 $\frac{q}{D}$ 기간 간격으로 N번에 운송을 받게 된다. Woo, Y.Y, Hsu, S.L., Wu, S.,[12]들이 제시한 모형에서 공급업자의 원재료 재고 유지비용은

$$HC_{Material} = \frac{kuH_mQ^2}{2P} + \frac{k(k-1)uH_mQ^2}{2D}$$

같이 표현 되고 공급업자 원재료 발주 비용과 원재료 재고 유지비용을 합하여 총비용을 구해 주는 식을 구하면 다음과 같다.

$$JTRC(Q, k) = \frac{1}{kT}(A_m + HC_{Material})$$

$$JTRC(Q, k) = A_m \frac{D}{kQ} + H_m \left[\frac{DuQ}{2P} + \frac{(k-1)uQ}{2} \right]$$

부 록 2 모의 시물레이션 수치

<표 14> 통합재고모형과 구매자, 공급업자가 각각이 협상력을 가졌을 때의 시물레이션 수치

시물레이션 횟수												
품목	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균	
5	통합관리	52408	69860	73176	80528	65796	82418	68811	83146	82280	71948	73037.1
	구매자 협상력	60941	71439	72743	81247	65846	81984	70275	82595	85872	70405	74334.7
	공급자 협상력	52923	71430	73176	81531	66239	82803	71706	83154	84147	73942	74105.1
10	통합관리	172371	168975	187246	127578	172265	159547	158038	123639	142832	121382	153387.3
	구매자 협상력	175133	166169	189356	126314	169268	168733	162791	120658	161967	130124	157051.3
	공급자 협상력	171002	170304	188895	127154	171431	160128	159415	125486	144883	122154	154085.2
15	통합관리	209095	213161	233096	244671	230949	245951	235421	215458	180655	171334	217979.1
	구매자 협상력	220564	228214	255910	264116	234921	259852	267789	228251	187846	181755	232921.8
	공급자 협상력	207083	215642	233145	248196	230672	249779	236956	217705	182580	173825	219558.3
20	통합관리	303512	310034	238892	244402	284887	285666	294393	274737	342182	315742	289444.7
	구매자 협상력	353576	333063	254022	257889	302305	299489	310055	300532	375723	351358	313801.2
	공급자 협상력	304806	311389	239686	246234	287875	287263	297430	279845	343527	319672	291772.7
30	통합관리	429231	438025	432924	431130	435688	385955	380186	420500	426400	482390	426242.9
	구매자 협상력	478133	514490	536674	528316	499209	449296	440925	466789	486122	564841	496479.5
	공급자 협상력	429751	440226	432127	429328	437625	385361	381801	422250	430825	480159	426945.3
40	통합관리	573824	540913	565043	551805	554064	592648	607303	549673	589368	570527	569516.8
	구매자 협상력	672858	652937	641969	663412	660643	707528	719058	682009	699492	660242	676014.8
	공급자 협상력	574606	544559	568191	552538	555052	592151	608890	552421	587664	572797	570886.9

<표 15> 통합재고모형과 구매자, 공급업자가 각각이 협상력을 가졌을 때의 시물레이션의 수치 백분율

시물레이션 횟수											
품목	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균비율
5 통합관리	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
구매자 협상력	16.28%	2.26%	-0.59%	0.89%	0.08%	-0.53%	2.13%	-0.66%	4.37%	-2.14%	2.21%
공급자 협상력	0.98%	2.25%	0.00%	1.25%	0.67%	0.47%	4.21%	0.01%	2.27%	2.77%	1.49%
10 통합관리	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
구매자 협상력	1.60%	-1.66%	1.13%	-0.99%	-1.74%	5.76%	3.01%	-2.41%	13.40%	7.20%	2.53%
공급자 협상력	-0.79%	0.79%	0.88%	-0.33%	-0.48%	0.36%	0.87%	1.49%	1.44%	0.64%	0.49%
15 통합관리	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
구매자 협상력	5.49%	7.06%	9.79%	7.95%	1.72%	5.65%	13.75%	5.94%	3.98%	6.08%	6.74%
공급자 협상력	-0.96%	1.16%	0.02%	1.44%	-0.12%	1.56%	0.65%	1.04%	1.07%	1.45%	0.73%
20 통합관리	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
구매자 협상력	16.49%	7.43%	6.33%	5.52%	6.11%	4.84%	5.32%	9.39%	9.80%	11.28%	8.25%
공급자 협상력	0.43%	0.44%	0.33%	0.75%	1.05%	0.56%	1.03%	1.86%	0.39%	1.24%	0.81%
30 통합관리	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
구매자 협상력	11.39%	17.46%	23.96%	22.54%	14.58%	16.41%	15.98%	11.01%	14.01%	17.09%	16.44%
공급자 협상력	0.12%	0.50%	-0.18%	-0.42%	0.44%	-0.15%	0.42%	0.42%	1.04%	-0.46%	0.17%
40 통합관리	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
구매자 협상력	17.26%	20.71%	13.61%	20.23%	19.24%	19.38%	18.40%	24.08%	18.69%	15.72%	18.73%
공급자 협상력	0.14%	0.67%	0.56%	0.13%	0.18%	-0.08%	0.26%	0.50%	-0.29%	0.40%	0.25%

<표 16> 품목별 상이한 발주주기, 동일한 발주주기, 개별발주 정책의 시물레이션에 수치

시물레이션 번호												
품목	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	품목평균	
5	품목별 상이한 발주주기	96841	88949	91063	65019	66973	104329	82118	51103	87507	59093	79300
	품목별 동일한 발주주기	96875	94148	91599	68771	66988	109010	86761	56637	88073	59880	81874
	품목별 개별발주 개별운송	162570	142084	146663	124747	117489	192449	171415	100873	139171	98038	139550
10	품목별 상이한 발주주기	152293	123598	144950	140186	142786	134905	138489	177698	136172	156587	144766
	품목별 동일한 발주주기	159524	126061	149138	142420	144379	137010	139202	181053	139364	164612	148276
	품목별 개별발주 개별운송	257860	241609	245567	254224	269059	276190	259331	324792	218527	260078	260724
15	품목별 상이한 발주주기	196559	206358	211277	219647	209147	226721	201937	200870	237067	216485	212607
	품목별 동일한 발주주기	202578	217458	220661	235288	223478	237995	212586	212522	246058	218551	222717
	품목별 개별발주 개별운송	314921	384588	372821	409795	386079	401943	351567	353878	420106	363898	375960
20	품목별 상이한 발주주기	295094	297715	287182	283791	268647	317637	262081	271463	280921	287431	285196
	품목별 동일한 발주주기	309261	318855	292457	300163	280858	332384	271175	293032	298224	302457	299887
	품목별 개별발주 개별운송	544312	537624	530109	481450	477552	591080	501710	474798	511536	535894	518606
30	품목별 상이한 발주주기	440312	434934	457851	460949	391269	369865	413513	467597	423533	400186	426001
	품목별 동일한 발주주기	459784	457617	478085	483135	409089	381862	440949	492862	451753	420601	447574
	품목별 개별발주 개별운송	802281	820896	838484	816430	727599	666016	729440	843467	766543	715214	772637
40	품목별 상이한 발주주기	538654	579532	568423	580989	594070	616642	548470	507605	589512	588287	571218
	품목별 동일한 발주주기	568020	612080	594407	596379	604061	653166	580670	533605	619828	638083	600030
	품목별 개별발주 개별운송	1080108	1056871	1034340	1021700	1028687	1082507	942916	934841	1119027	1005355	1030635

<표 17> 품목별 상이한 발주주기, 동일한 발주주기, 개별발주 정책의 시물레이션에 수치 백분율

시물레이션 번호											
품목	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	품목평균
5	품목별 상이한 발주주기	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	품목별 동일한 발주주기	0.03%	5.85%	0.59%	5.77%	0.02%	4.49%	5.65%	10.83%	0.65%	1.33%
	품목별 개별발주 개별운송	67.87%	59.74%	61.06%	91.86%	75.43%	84.46%	108.74%	97.39%	59.04%	65.91%
											75.98%
10	품목별 상이한 발주주기	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	품목별 동일한 발주주기	4.75%	1.99%	2.89%	1.59%	1.12%	1.56%	0.51%	1.89%	2.34%	5.12%
	품목별 개별발주 개별운송	69.32%	95.48%	69.42%	81.35%	88.43%	104.73%	87.26%	82.78%	60.48%	66.09%
											80.10%
15	품목별 상이한 발주주기	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	품목별 동일한 발주주기	3.06%	5.38%	4.44%	7.12%	6.85%	4.97%	5.27%	5.80%	3.79%	0.95%
	품목별 개별발주 개별운송	60.22%	86.37%	76.46%	86.57%	84.60%	77.29%	74.10%	76.17%	77.21%	68.09%
											76.83%
20	품목별 상이한 발주주기	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	품목별 동일한 발주주기	4.80%	7.10%	1.84%	5.77%	4.55%	4.64%	3.47%	7.95%	6.16%	5.23%
	품목별 개별발주 개별운송	84.45%	80.58%	84.59%	69.65%	77.76%	86.09%	91.43%	74.90%	82.09%	86.44%
											81.84%
30	품목별 상이한 발주주기	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	품목별 동일한 발주주기	4.42%	5.22%	4.42%	4.81%	4.55%	3.24%	6.63%	5.40%	6.66%	5.10%
	품목별 개별발주 개별운송	82.21%	88.74%	83.13%	77.12%	85.96%	80.07%	76.40%	80.38%	80.99%	78.72%
											81.37%
40	품목별 상이한 발주주기	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	품목별 동일한 발주주기	5.45%	5.62%	4.57%	2.65%	1.68%	5.92%	5.87%	5.12%	5.14%	8.46%
	품목별 개별발주 개별운송	100.52%	82.37%	81.97%	75.86%	73.16%	75.55%	71.92%	84.17%	89.82%	70.90%
											80.43%

부 록 3 모의 시뮬레이션 프로그램

Option Explicit

Dim N As Integer

Private Const Ab = 25

Private Const Z = 25

Private Const r = 1

Dim Rnd_array(50) As Double

Dim Item(50), Di(50), Pi(50), ai(50), Asi(50), rAi(50), Hbi(50), Hsi(50), rHi(50),
Buyer, Supplyer, mis(50), mib(50), kib(50), kis(50), T(50), lis(50), li(50), Ki(50),
mi(50), Li(50) As Double

Dim item_i(50), Di_i(50), Pi_i(50), ai_i(50), Asi_i(50), rAi_i(50), Hbi_i(50), Hsi_i(50),
rHi_i(50), Buyer_i(50), Supplyer_i(50), mis_i(50), mib_i(50), kib_i(50), kis_i(50),
T_i(50), li_i(50), lis_i(50), Ki_i(50), mi_i(50), Li_i(50), Ni(50), Qi(50), TC(50) As
Double

Dim sortCheck(50, 12) As Double

Dim JTRC_Value, JTRCB_Value, JTRCS_Value, Fi_Value, Gi_Value, Tb_Value,
Ts_Value, TC_SUM, Fib_Value, Fis_Value As Double

Dim N_Value As Integer

Dim L_Value As Integer

Dim i, Countindex As Integer

Dim Min_JTRC, Min_JTRCB, Min_JTRCS As Double

Dim a1(20), a2(20), a3(20), Avg_a1, Avg_a2, Avg_a3 As Double

Private Sub Item_Solve(index As Integer)

For i = 0 To index

DoEvents

Item(i) = str(i)

Next i

End Sub

Private Sub RAND_Place(index As Integer)

Dim Random_Value As Double

Randomize

For i = 0 To index

DoEvents

If Rnd > 0# Then

Random_Value = Format(Rnd, "0.####")

Rnd_array(i) = Random_Value

```

        End If
    Next i
End Sub
Private Sub Di_Solve(index As Integer)
    For i = 0 To index
        DoEvents
        If Rnd_array(i) > 0# And Rnd_array(i) <= 0.25 Then
            Di(i) = 5000
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.25 And Rnd_array(i) <= 0.5 Then
            Di(i) = 10000
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.5 And Rnd_array(i) <= 0.75 Then
            Di(i) = 15000
        Else: Di(i) = 20000
        End If
    Next i
End Sub
Private Sub Pi_Solve(index As Integer)
    For i = 0 To index
        DoEvents
        If Rnd_array(i) > 0# And Rnd_array(i) <= 0.25 Then
            Pi(i) = Di(i) * 2
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.25 And Rnd_array(i) <= 0.5 Then
            Pi(i) = Di(i) * 3
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.5 And Rnd_array(i) <= 0.75 Then
            Pi(i) = Di(i) * 4
        Else: Pi(i) = Di(i) * 5
        End If
    Next i
End Sub
Private Sub ai_Solve(index As Integer)
    For i = 0 To index
        DoEvents
        If Rnd_array(i) > 0# And Rnd_array(i) <= 0.25 Then
            ai(i) = 10
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.25 And Rnd_array(i) <= 0.5 Then
            ai(i) = 15
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.5 And Rnd_array(i) <= 0.75 Then
            ai(i) = 20
        Else: ai(i) = 25
    Next i
End Sub

```

```

        End If
    Next i
End Sub
Private Sub Asi_Solve(index As Integer)
    For i = 0 To index
        DoEvents
        If Rnd_array(i) > 0# And Rnd_array(i) <= 0.25 Then
            Asi(i) = 250
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.25 And Rnd_array(i) <= 0.5 Then
            Asi(i) = 500
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.5 And Rnd_array(i) <= 0.75 Then
            Asi(i) = 750
        Else: Asi(i) = 1000
        End If
    Next i
End Sub
Private Sub rAi_Solve(index As Integer)
    For i = 0 To index
        DoEvents
        If Rnd_array(i) > 0# And Rnd_array(i) <= 0.25 Then
            rAi(i) = 100
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.25 And Rnd_array(i) <= 0.5 Then
            rAi(i) = 200
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.5 And Rnd_array(i) <= 0.75 Then
            rAi(i) = 300
        Else: rAi(i) = 400
        End If
    Next i
End Sub
Private Sub Hbi_Solve(index As Integer)
    For i = 0 To index
        DoEvents
        If Rnd_array(i) > 0# And Rnd_array(i) <= 0.25 Then
            Hbi(i) = Hsi(i) * 1
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.25 And Rnd_array(i) <= 0.5 Then
            Hbi(i) = Hsi(i) * 2
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.5 And Rnd_array(i) <= 0.75 Then
            Hbi(i) = Hsi(i) * 3
        Else: Hbi(i) = Hsi(i) * 4
    Next i
End Sub

```

```

        End If
    Next i
End Sub

Private Sub Hsi_Solve(index As Integer)
    For i = 0 To index
        DoEvents
        If Rnd_array(i) > 0# And Rnd_array(i) <= 0.25 Then
            Hsi(i) = 5
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.25 And Rnd_array(i) <= 0.5 Then
            Hsi(i) = 10
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.5 And Rnd_array(i) <= 0.75 Then
            Hsi(i) = 15
        Else: Hsi(i) = 20
        End If
    Next i
End Sub

Private Sub rHi_Solve(index As Integer)
    For i = 0 To index
        DoEvents
        If Rnd_array(i) > 0# And Rnd_array(i) <= 0.25 Then
            rHi(i) = 0.5
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.25 And Rnd_array(i) <= 0.5 Then
            rHi(i) = 1
        ElseIf Rnd_array(i) > 0.5 And Rnd_array(i) <= 0.75 Then
            rHi(i) = 1.5
        Else: rHi(i) = 2
        End If
    Next i
End Sub

Private Sub Tb_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim ASMi, mii As Double
    Dim temp As Double
    N = N_Value
    i = ASMi = mii = 0

    Do
        temp = (ai(i) / mib(i))
        ASMi = temp + ASMi
    
```

```

        mii = Hbi(i) * mib(i) * Di(i) + mii
        i = i + 1
        DoEvents
    Loop While i < (index + 1)
    Tb_Value = (2 * N * (Ab + (Z * N) + ASMi) / mii) ^ (1 / 2)
End Sub

Private Sub Ts_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim ASMi, mii As Double
    Dim temp As Double
    N = N_Value
    i = ASMi = mii = 0
    Do
        temp = (Asi(i) / mis(i))
        ASMi = temp + ASMi
        mii = mis(i) * Iis(i) + mii
        i = i + 1
        DoEvents
    Loop While i < (index + 1)
    Ts_Value = ((2 * ASMi) / mii) ^ (1 / 2)
End Sub

Private Sub Ii_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim temp As Double
    N = N_Value
    For i = 0 To index
        DoEvents
        temp = ((Hbi(i) * Di(i)) / N) + (Hsi(i) * Di(i) * (1 - (Di(i) / Pi(i)) - (1 / N)
+ (2 * Di(i)) / (N * Pi(i)))) - rHi(i) * r * Di(i) + (rHi(i) * 1 * Di(i) ^ 2) / (Pi(i))
        Ii(i) = Format(temp, "#,####")
    Next i
End Sub

Private Sub Iis_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim temp As Double
    N = N_Value
    For i = 0 To index
        DoEvents
        temp = Hsi(i) * Di(i) * (1 - (Di(i) / Pi(i)) - (1 / N) + (2 * Di(i) / (N *
Pi(i)))) + (rHi(i) * Di(i) * Di(i) * 1) / Pi(i) - rHi(i) * 1 * Di(i)
        Iis(i) = Format(temp, "#,####")
    Next i
End Sub

```

```

Next i
End Sub

```

```

Private Sub Li_Solve(index As Integer)
    Dim temp As Double
    For i = 0 To index
        DoEvents
        temp = (ai(i) + Asi(i)) / li(i)
        Li(i) = Format(temp, "0.####")
    Next i
End Sub

```

```

'Private Sub Ki_Solve(index As Integer)
'Dim temp As Double
'For i = 0 To index
'DoEvents
'temp = (1 / (Li(i) * T(i))) * ((2 * rAi(i)) / (rHi(i) * 1 * Di(i))) ^ (1 / 2)
'Ki(i) = Round(temp, 1)
'Next i
'End Sub

```

```

Private Sub Kib_Solve(index As Integer)
    Dim temp As Double
    For i = 0 To index
        DoEvents
        temp = (1 / (mib(i) * Tb_Value)) * ((2 * rAi(i)) / (rHi(i) * 1 * Di(i))) ^ (1 /
2)
        kib(i) = Round(temp, 0)
        If kib(i) = 0 Then
            kib(i) = 1
        Else: kib(i) = Round(temp, 0)
        End If
    Next i
End Sub

```

```

Private Sub Kis_Solve(index As Integer)
    Dim temp As Double
    For i = 0 To index
        DoEvents
        temp = (1 / (mis(i) * Ts_Value)) * ((2 * rAi(i)) / (rHi(i) * 1 * Di(i))) ^ (1 /
2)

```

```

        kis(i) = Round(temp, 0)
    If kis(i) = 0 Then
        kis(i) = 1
    Else: kis(i) = Round(temp, 0)
    End If
Next i
End Sub
Private Sub sort(index As Integer)
    Dim j, k As Integer
    Dim temp As Double
    Dim temp_sell(12) As String
    For i = 0 To index
        DoEvents
        sortCheck(i, 0) = Item(i)
        sortCheck(i, 1) = Di(i)
        sortCheck(i, 2) = Pi(i)
        sortCheck(i, 3) = ai(i)
        sortCheck(i, 4) = Asi(i)
        sortCheck(i, 5) = rAi(i)
        sortCheck(i, 6) = Hbi(i)
        sortCheck(i, 7) = Hsi(i)
        sortCheck(i, 8) = rHi(i)
        sortCheck(i, 9) = li(i)
        sortCheck(i, 10) = Li(i)
        sortCheck(i, 11) = Ki(i)
    Next i
    For i = 0 To index
        For j = 0 To index
            DoEvents
            If Li(i) < Li(j) Then
                temp = Li(j)
                Li(j) = Li(i)
                Li(i) = temp
                For k = 0 To 12
                    temp_sell(k) = sortCheck(j, k)
                    sortCheck(j, k) = sortCheck(i, k)
                    sortCheck(i, k) = temp_sell(k)
                Next k
            End If
        Next j
    Next i
End Sub

```

```

        Next j
    Next i
End Sub

```

```

Private Sub change_sort(index As Integer)

```

```

    For i = 0 To index
        DoEvents
        Item(i) = sortCheck(i, 0)
        Di(i) = sortCheck(i, 1)
        Pi(i) = sortCheck(i, 2)
        ai(i) = sortCheck(i, 3)
        Asi(i) = sortCheck(i, 4)
        rAi(i) = sortCheck(i, 5)
        Hbi(i) = sortCheck(i, 6)
        Hsi(i) = sortCheck(i, 7)
        rHi(i) = sortCheck(i, 8)
        Li(i) = sortCheck(i, 9)
        Li(i) = sortCheck(i, 10)
        Ki(i) = sortCheck(i, 11)

```

```

    Next i

```

```

End Sub

```

```

Private Sub CN(index As Integer, N_Value As Integer)

```

```

    Dim CN_Value, Mi_Value As Double
    N = N_Value
    mi(0) = 1
    CN_Value = (Li(0) / (Ab + (Z * N) + (ai(0) + Asi(0)))) ^ (1 / 2)
    For i = 1 To index

```

```

        DoEvents

```

```

        Mi_Value = ((ai(i) + Asi(i)) / Li(i)) ^ (1 / 2) * CN_Value '각 mi 계산

```

```

        mi(i) = Round(Mi_Value, 0)

```

```

        If mi(i) = 0 Then

```

```

            mi(i) = 1

```

```

        End If

```

```

    Next i

```

```

End Sub

```

```

Private Sub CNB(index As Integer, N_Value As Integer)

```

```

    Dim CNB_VALUE, Mi_Value As Double

```

```

    N = N_Value

```

```

    mib(0) = 1

```

```

CNB_VALUE = ((Hbi(0) * Di(0)) / (Ab + (Z * N) + ai(0))) ^ (1 / 2)
For i = 1 To index
    DoEvents
    Mi_Value = (ai(i) / (Hbi(i) * Di(i))) ^ (1 / 2) * CNB_VALUE
    mib(i) = Round(Mi_Value, 0)
    If mib(i) = 0 Then
        mib(i) = 1
    End If
Next i
End Sub

```

```

Private Sub CNS(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim CNS_VALUE, Mi_Value As Double
    N = N_Value
    mis(0) = 1
    CNS_VALUE = (Iis(0) / Asi(0)) ^ (1 / 2)
    For i = 1 To index
        DoEvents
        Mi_Value = (Asi(i) / Iis(i)) ^ (1 / 2) * CNS_VALUE
        mis(i) = Round(Mi_Value, 0)
        If mis(i) = 0 Then
            mis(i) = 1
        End If
    Next i
End Sub

```

```

Private Sub Fi_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim ASMi, mii As Double
    Dim temp As Double
    N = N_Value
    i = ASMi = mii = 0
    Do
        temp = ((ai(i) + Asi(i)) / mi(i))
        ASMi = temp + ASMi
        mii = mi(i) * Ii(i) + mii
        i = i + 1
        DoEvents
    Loop While i < (index + 1)
    Fi_Value = (Ab + (Z * N) + ASMi) * mii
End Sub

```

```

Private Sub Fib_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim ASMi, mii As Double
    Dim temp As Double
    N = N_Value
    i = ASMi = mii = 0
    Do
        temp = (ai(i) / mib(i))
        ASMi = temp + ASMi
        mii = Hbi(i) * mib(i) * Di(i) + mii
        i = i + 1
        DoEvents
    Loop While i < (index + 1)
    Fib_Value = (Ab + (Z * N) + ASMi) * (mii / N)
End Sub

Private Sub Fis_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim ASMi, mii As Double
    Dim temp As Double
    N = N_Value
    i = ASMi = mii = 0
    Do
        temp = (Asi(i) / mis(i))
        ASMi = temp + ASMi
        mii = mis(i) * Iis(i) + mii
        i = i + 1
        DoEvents
    Loop While i < (index + 1)
    Fis_Value = ASMi * mii
End Sub

Private Sub Gi_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim temp, COST As Double
    N = N_Value
    i = 0
    COST = 0
    Do
        temp = (2 * rAi(i) * rHi(i) * r * Di(i)) ^ (1 / 2)
        COST = temp + COST
        i = i + 1
        DoEvents
    Loop While i < (index + 1)

```

```

    Gi_Value = COST
End Sub
Private Sub BTC_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim ASMi, temp, mii As Double
    N = N_Value
    i = ASMi = mii = 0
    Do
        temp = (ai(i) / mis(i))
        ASMi = temp + ASMi
        mii = Hbi(i) * mis(i) * Ts_Value * Di(i) + mii
        i = i + 1
        DoEvents
    Loop While i < (index + 1)
    Buyer = (Ab + ASMi) / Ts_Value + mii / (2 * N) + (Z * N) / Ts_Value
End Sub
Private Sub STC_Solve(index As Integer, N_Value As Integer)
    Dim ASMi, temp, mii, F As Double
    N = N_Value
    i = ASMi = mii = temp = mii = 0
    Do
        temp = (Asi(i) / mib(i)) + temp
        ASMi = (rAi(i) / (kib(i) * mib(i) * Tb_Value)) + ASMi
        mii = Hsi(i) * mib(i) * Tb_Value * Di(i) * (1 - (Di(i) / Pi(i)) - (1 / N) + (2 *
Di(i) / (N * Pi(i))) + mii
        F = rHi(i) * ((Di(i) * 1 * mib(i) * Tb_Value * Di(i)) / (2 * Pi(i)) + ((kib(i) -
1) * 1 * mib(i) * Tb_Value * Di(i)) / 2)
        i = i + 1
        DoEvents
    Loop While i < (index + 1)
    Supplier = temp / Tb_Value + ASMi + 0.5 * mii + F
End Sub
Private Sub JTRC_Solve()
    JTRC_Value = (2 * Fi_Value) ^ (1 / 2) + Gi_Value
    If JTRC_Value < Min_JTRC Then
        Min_JTRC = JTRC_Value
    End If
End Sub
Private Sub JTRCB_Solve()
    JTRCB_Value = (2 * Fib_Value) ^ (1 / 2) + Supplier

```

```

        If JTRCB_Value < Min_JTRCB Then
            Min_JTRCB = JTRCB_Value
        End If
    End Sub

Private Sub JTRCS_Solve()
    JTRCS_Value = (2 * Fis_Value) ^ (1 / 2) + Gi_Value + Buyer
    If JTRCS_Value < Min_JTRCS Then
        Min_JTRCS = JTRCS_Value
    End If
End Sub

Private Sub Label10_Click()
End Sub

Private Sub Count_Click()
    Dim C(20) As Integer
    lbl_Count.Caption = Countindex + 1
    Countindex = Countindex + 1
End Sub

Private Sub Form_Load()
    Countindex = 0
    Avg_a1 = 0
    Avg_a2 = 0
    Avg_a3 = 0
End Sub

Private Sub refresh_Click()
    txt_Rst.Text = ""
    txt_N.Text = ""
    txt_I.Text = ""
    TxtN_Rst.Text = ""
    txtNB_Rst.Text = ""
    txtNS_Rst.Text = ""
    txtNAge.Text = ""
    txtNBAge.Text = ""
    txtNSAge.Text = ""
    lbl_Count.Caption = ""
End Sub

Private Sub Process(index As Integer, N_Value As Integer)
    N = N_Value
    Call Item_Solve(index)
    Call RAND_Place(index)

```

```

Call Di_Solve(index)
Call RAND_Place(index)
Call Pi_Solve(index)
Call RAND_Place(index)
Call ai_Solve(index)
Call RAND_Place(index)
Call Asi_Solve(index)
Call RAND_Place(index)
Call rAi_Solve(index)
Call RAND_Place(index)
Call Hsi_Solve(index)
Call RAND_Place(index)
Call Hbi_Solve(index)
Call RAND_Place(index)
Call rHi_Solve(index)
Call RAND_Place(index)
Call li_Solve(index, N)
Call Li_Solve(index)
Call Iis_Solve(index, N)
Call CNB(index, N)
Call CNS(index, N)
Call Tb_Solve(index, N)
Call Ts_Solve(index, N)
Call Kib_Solve(index)
Call Kis_Solve(index)
Call sort(index)
Call change_sort(index)
Call CN(index, N)
'Call Ki_Solve(index)
Call Fi_Solve(index, N)
Call Fib_Solve(index, N)
Call Fis_Solve(index, N)
Call Gi_Solve(index, N)
Call BTC_Solve(index, N)
Call STC_Solve(index, N)
Call JTRC_Solve
Call JTRCB_Solve
Call JTRCS_Solve
End Sub

```

```

Private Sub Rst_N_Click()
    Dim index As Integer
    Dim temp, label As String
    Min_JTRC = 1000000000000000#
    Min_JTRCB = 1000000000000000#
    Min_JTRCS = 1000000000000000#
    If txt_N.Text = "" Then
        MsgBox "N의 숫자를 입력해 주세요", vbOKOnly, "Error Message"
        Exit Sub
    Else: N_Value = CInt(txt_N.Text)
    End If
    If txt_I.Text = "" Then
        MsgBox "I의 숫자를 입력해주세요", vbOKOnly, "Error Message"
        Exit Sub
    Else: I_Value = (CInt(txt_I.Text) - 1)
        Call Process(I_Value, N_Value)
    End If
    label = "i=" + txt_I.Text + "일 때" + "," & vbCrLf
    For i = 0 To I_Value
        '품목 수에 따른 random sampling된 모수 generate
        DoEvents
        label = label + "Item" + str(Item(i)) + ","
        item_i(i) = Item(i)
    Next i
    label = label & vbCrLf + "Di,"
    For i = 0 To I_Value
        DoEvents
        label = label + str(Di(i)) + ","
        Di_i(i) = Di(i)
    Next i
    label = label & vbCrLf + "Pi,"
    For i = 0 To I_Value
        DoEvents
        label = label + str(Pi(i)) + ","
        Pi_i(i) = Pi(i)
    Next i
    label = label & vbCrLf + "ai,"
    For i = 0 To I_Value
        DoEvents
        label = label + str(ai(i)) + ","

```

```

        ai_i(i) = ai(i)
Next i
label = label & vbCrLf + "Asi,"
For i = 0 To L_Value
    DoEvents
    label = label + str(Asi(i)) + ","
    Asi_i(i) = Asi(i)
Next i
label = label & vbCrLf + "rAi,"
For i = 0 To L_Value
    DoEvents
    label = label + str(rAi(i)) + ","
    rAi_i(i) = rAi(i)
Next i
label = label & vbCrLf + "Hbi,"
For i = 0 To L_Value
    DoEvents
    label = label + str(Hbi(i)) + ","
    Hbi_i(i) = Hbi(i)
Next i
label = label & vbCrLf + "Hsi,"
For i = 0 To L_Value
    DoEvents
    label = label + str(Hsi(i)) + ","
    Hsi_i(i) = Hsi(i)
Next i
label = label & vbCrLf + "rHi,"
For i = 0 To L_Value
    DoEvents
    label = label + str(rHi(i)) + ","
    rHi_i(i) = rHi(i)
Next i
label = label & vbCrLf
'For i = 0 To L_Value
'    DoEvents
'    Ti_i(i) = li(i)
'    Li_i(i) = Li(i)
'    mi_i(i) = mi(i)
'    Ki_i(i) = Ki(i)

```

```

'Next i
For index = 1 To N_Value
    DoEvents
    If index = 1 Then
        temp = "JTRC(i = " & str(I_Value + 1) & "and" + "N = " & str(index) &
        ")," & str(JTRC_Value) + "," & str(JTRCB(i = " & str(I_Value + 1) & "and" + "N = " &
        str(index) & ")," & str(JTRCB_Value) + "," & str(JTRCS(i = " & str(I_Value + 1) & "and"
        + "N = " & str(index) & ")," & str(JTRCS_Value) + "," & vbCrLf
    Else
        Call Ii_Solve(I_Value, index)
        Call Li_Solve(I_Value)
        Call Iis_Solve(I_Value, index)
        Call CNB(I_Value, index)
        Call CNS(I_Value, index)
        Call Tb_Solve(I_Value, index)
        Call Ts_Solve(I_Value, index)
        Call Kib_Solve(I_Value)
        Call Kis_Solve(I_Value)
        Call sort(I_Value)
        Call change_sort(I_Value)
        Call CN(I_Value, index)
        Call Fi_Solve(I_Value, index)
        Call Fib_Solve(I_Value, index)
        Call Fis_Solve(I_Value, index)
        Call Gi_Solve(I_Value, index)
        Call BTC_Solve(I_Value, index)
        Call STC_Solve(I_Value, index)
        Call JTRC_Solve
        Call JTRCB_Solve
        Call JTRCS_Solve
        temp = temp + "JTRC(i = " & str(I_Value + 1) & " and " + "N = " &
        str(index) & ")," & str(JTRC_Value) + "," & str(JTRCB(i = " & str(I_Value + 1) & "and" +
        "N = " & str(index) & ")," & str(JTRCB_Value) + "," & str(JTRCS(i = " & str(I_Value + 1)
        & "and" + "N = " & str(index) & ")," & str(JTRCS_Value) + "," & vbCrLf
    End If
Next index
TxtN_Rst.Text = str(Min_JTRC)
txtNB_Rst.Text = str(Min_JTRCB)
txtNS_Rst.Text = str(Min_JTRCS)

```

```

    txt_Rst.Text = txt_Rst.Text & vbCrLf & vbCrLf + label + temp
    a1(Countindex) = Min_JTRC
    a2(Countindex) = Min_JTRCB
    a3(Countindex) = Min_JTRCS
    Count_Click
End Sub
'결과를 텍스트파일로 저장
Private Sub save_tbn_Click()
    Dim str
    CommonDialog1.DialogTitle = "파일 저장"
    CommonDialog1.Filter = "텍스트 파일(*.txt)|*.txt"
    CommonDialog1.ShowSave
    Open CommonDialog1.FileName For Output As #1
        str = txt_Rst.Text
        Print #1, str
    Close #1
End Sub
Private Sub txtAge_Click()
    For i = 0 To Countindex
        Avg_a1 = a1(i) + Avg_a1
        Avg_a2 = a2(i) + Avg_a2
        Avg_a3 = a3(i) + Avg_a3
    Next i
    txtNAge.Text = Avg_a1 / Countindex
    txtNBAge.Text = Avg_a2 / Countindex
    txtNSAge.Text = Avg_a3 / Countindex
End Sub

```

ABSTRACT

The Reaserch for Integrated Inventory Model in Just In Time Purchasing

Kim, Jea Young
Major in industrial Engineering
Dept. of Industrial Engineering
The Graduate School of
Hansung University

This paper address the Integrated inventory system for JIT purchasing. A purchaser and supplier are supply chain management and each other inventory controlled by distribution company. The supplier's inventory has product and raw material used in manufacture of the product. The product and raw material is controled by distribution company by the method multi shipment in small lots.

An iteration solution procedure is developed to find the order interval for each item and number of shipment between buyer and supplier simultaneously.

This paper find minimum total cost with each item's integer

m_i of integrated order interval and integral number of production batches per raw materials procurement cycle k_i .

we showed the example with the integrated inventory model more efficient than other policy.

감사의 글

대학원 생활은 학문을 함에 있어 끝없이 노력해야 한다는 것을 다시 한번 되새겨보게 해주는 시간이었습니다. 2년이라는 시간동안 후회하지 않으려 발버둥 쳐보았지만 역시 남는 것은 아쉬움 뿐입니다. 아무쪼록 제가 여기에 올수 있게 도와주신 교수님들에게 감사드립니다. 특히 부족한 저에게 깊은 애정으로 대해 주신 김 대홍 교수님께 감사드립니다.

옆에서 1년이라는 짧지 않은 기간동안 함께 배우고 힘이 되어준 김용철, 팍대월, 김영준, 양승태, 양계령, 이정욱 선배들과 후배 이정석 그리고 같이 조교 생활을 하며 위안이 되어준 류경영, 정구석, 박주환, 윤지영, 김선화, 이지은 조교에게 감사에 마음을 전합니다. 논문을 쓰는데 힘이 되어준 배문환, 홍기표 조교에게 역시 감사에 마음을 전합니다.

언제나 제 곁에서 묵묵히 힘이 되어주신 아버지, 어머니 그리고 동생 세월은 흐르는 물과 같다합니다. 그 세월 속에 같은 배를 타고 많은 고난과 행복을 누릴 것 입니다. 그때 마다 함께 헤쳐 나가고 웃었으면 좋겠습니다.

막상 논문이 끝나고 나니 홀가분하다는 생각과 다시 새로운 길을 가야한다는 부담감이 생깁니다. 선배들이 걸었고 다시 후배들이 걸어갈 길이라 생각하니 위안이 되기도 하지만..

어쨌든 모든 분들이 건강하길 바라겠습니다.

2002년 12월

김 재 영