

다단계 분배시스템에서의 통합된 정기발주정책 수립방안*

박 창 규**

The Coordinated Local (R, S) Policy for Managing Inventory in Multi-stage Distribution Systems*

Changkyu Park**

■ Abstract ■

A major challenge to supply chain managers is how to control inventories and costs along the supply chain while maximizing customer service performance. In the literature, although the optimal management of inventory along the supply chain has received considerable attention during the past decades, the attention has been mainly given to multi-echelon control policies. A prerequisite for applying these policies is full information transparency in the supply chain, which is hard to accomplish in practice because it may require major organizational changes. In the case that a decentralized control (local (R, S) policy) should be used at each location in multi-stage distribution systems, this paper presents the coordinating approach of determining the best policy which satisfies predetermined target customer service levels and minimizes the mean physical stock along the system.

Keyword : 다단계 분배 시스템, 재고정책, 봉사수준

1. 서 론

공급사슬상에 존재하는 재고를 최적으로 관리할 수 있으면 괄목할 만한 비용절감의 효과를 얻을 수

있기 때문에 업계나 학계 어디를 막론하고 최적의 재고통제정책을 수립하려는 열기는 식을 줄 모르 고 지난 수 십년동안 계속되어 오고 있다. 문헌적 으로 살펴보면, 대부분의 연구가 다단계echelon재

논문접수일 : 2001년 8월 14일 논문게재확정일 : 2002년 2월 18일

* 이 논문은 2001년 울산대학교의 연구비에 의하여 연구되었음

** 울산대학교 경영대학

고에 기초하여 최적의 재고통제정책을 세우려는 노력에 집중되어 있는 것을 볼 수 있다(포괄적인 문헌고찰에 대해서는 Diks, de Kok과 Lagodimos [1], van Houtum, Inderfurth와 Zijm[9], Federguen과 Axsater[2]의 연구를 참조바람). 이러한 echelon재고에 기초한 재고통제정책은 공급사슬상에 있는 정보의 투명성을 선행조건으로 요구한다. 다시 말하면, 공급사슬상의 어떤 단계(즉, 자재저장소 혹은 분배센터)에서라도 후속하는 단계에서의 재고상황과 수요에 대한 완벽한 정보가 이용 가능해야 한다. 그러나 실제상황에서는 완벽한 정보의 투명성을 기대하기란 그리 쉽지 않다. 왜냐하면, 정보의 투명성을 이루기 위해서 전체적인 조직적 변화가 요구될 수도 있기 때문이다[8].

정보의 투명성을 확보하기 힘든 상황에서는 공급사슬상의 각 단계에서 지역적인 재고통제정책을 수립하는 수 밖에 없다. 하지만 전체적인 재고비용을 줄이기 위해서 각 단계에서의 지역적 재고통제정책에 대한 통합된 조정이 필요하다. 그 이유는 공급사슬상의 각 단계마다 적절히 재고수준을 조정함으로써 최종고객에 대한 봉사수준(service level)에는 영향을 주지 않으면서 공급사슬 전체에 존재하는 재고량을 낮출 수 있기 때문이다.

본 논문은 다양한 봉사척도관점에서 다단계 분배시스템 전체에 존재하는 재고량을 최소로 유지하기 위한 통합된 정기발주정책을 수립하는 방안을 모색하는 데 연구초점을 맞춘다. 다양한 구조를 갖는 공급사슬에 대하여 많은 연구가 진행되었지만, 최종고객에 대한 봉사척도관점에서 다단계 분배시스템의 전체 재고량을 최소화시키려는 통합된 정기발주정책에 대한 연구는 아주 드문 실정이다. 앞서서도 지적하였듯이, 거의 대부분의 연구들이 echelon재고에 기초한 재고통제정책을 이용하여 통합된 재고통제규칙을 개발하려는 데 국한되어 있다[4]. 비록 주문비용과 유지비용 그리고 품질비용간의 절충을 모색하는 전통적인 접근방법이 봉사척도를 이용하는 접근방법보다 이론적으로 우수하지만, 현장에서는 품질비용에 대한 정확한 산정

이 어려워서(불가능하지는 않지만) 봉사척도가 운영상 대체적으로 이용되는 경우가 흔하다[4, 6, 7, 9].

Rosenbaum[6]은 하나의 중앙분배센터와 여러 개의 지역분배센터를 갖는 다단계 분배시스템에서 최종고객에 대한 주어진 봉사수준을 만족시키기 위해 각 분배센터가 어느 정도의 봉사수준을 유지해야 하는지에 대한 연구를 발표하였다. 최종고객에 대한 주어진 봉사수준을 만족시키기 위해 각 분배센터의 다양한 봉사수준 조합이 가능하지만, 이 연구에서는 전체 분배시스템의 평균 재고량을 최소로 유지할 수 있는 분배센터의 봉사수준 조합을 찾기 위한 발견적 기법을 제시하였다. Jonsson과 Silver[5]는 Roenbaum[6]이 다룬 비슷한 문제상황에서 지역분배센터간에 재고를 재분배할 수 있는 경우에 대하여 연구하였으며, 동일한 봉사수준에서 지역분배센터간에 재고를 재분배할 수 있을 경우가 그렇지 못한 경우보다 전체 시스템의 재고량을 낮출 수 있음을 보여주었다. van der Heijden[8]도 다단계 분배시스템에서 최종고객에 대한 주어진 봉사수준을 만족시킬 수 있는 각 분배센터의 정기발주정책을 수립하는 연구를 발표하였다. 이 연구는 각 분배센터의 정기발주정책에 따라 얻을 수 있는 최종고객에 대한 봉사수준과 평균 재고량을 PDF(probability density function)방법을 이용하여 근사적으로 구하였다. 좀더 범위를 넓혀서, Inderfurth와 Minner[4]는 정규분포의 수요를 갖는 다양한 공급사슬구조에서 정기발주정책을 이용하여 안전재고를 결정하는 문제를 다루었다. 모든 단계가 주어진 봉사수준을 만족시킴 내부적 체품조달 지연은 발생하지 않는다고 가정하여, 안전재고 결정 문제를 다단계 버퍼할당 및 단일단계 버퍼크기결정 형태로 분리시켜 단순화하였으며, 주어진 봉사수준을 만족시키는 다단계 안전재고수준을 재고유지비용 차원에서 최적화시켰다.

본 논문은 다단계 분배시스템에서 각 분배센터가 지역적 정기발주정책을 사용할 때, 최종고객에 대한 주어진 봉사수준을 만족시키면서 전체 분배시스템에 존재하는 평균 재고량을 최소로 유지시

킬 수 있는 통합된 정기발주정책을 수립할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 우선 본 논문에서 다루는 모형과 기호에 대한 설명을 다음 장에서 기술하고, 제3장에서는 본 논문의 접근방법, 즉 유전자 알고리즘을 이용한 접근방법에 대해서 설명한다. 이어서 적용예제를 제4장에서 보여주고, 제5장에서 결론을 제시한다.

2. 모형설정 및 기호정의

본 논문에서 고려하는 모형은 <그림 1>과 같이 지역분배센터에 제품을 공급하는 1개의 중앙분배센터와 중앙분배센터로부터 제품을 공급 받아 소비자에게 판매하는 N 개의 지역분배센터로 이루어진 분배시스템이다. 중앙분배센터에 제품을 공급하는 생산자는 주문량에 무관하게 일정기간(P_0) 후 모든 주문량을 공급할 수 있는 것으로 가정하고, 문제를 단순화하기 위해서 단일제품을 고려한다.

고객수요는 오직 지역분배센터에서만 발생하고, 겹치지 않는 동일한 시간간격에 발생하는 고객수요는 서로 독립적이며 동일한 분포를 따른다고 가정한다. 충족되지 않은 고객수요는 추후 납품되고, 지역분배센터간의 제품이동은 없는 것으로 가정한다.

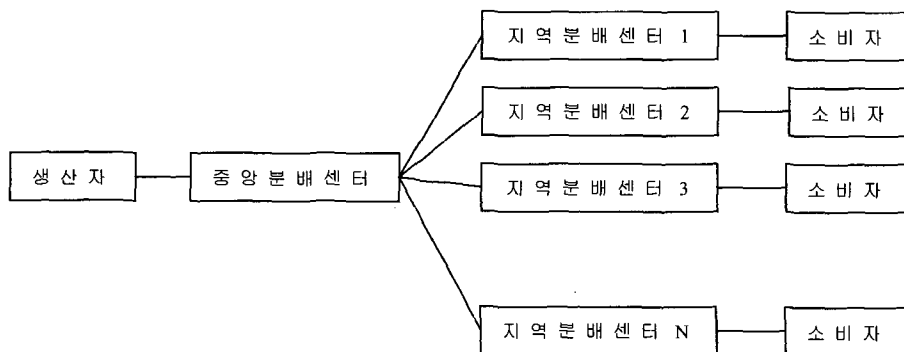
각 분배센터는 정기발주정책 (R, S)에 따라 R 단위의 기간마다 현 보유재고를 검토하고 가용재고량(즉, 현 보유재고 + 주문 중인 재고 - 미납재고(backlog))이 S 에 도달하도록 주문한다. 중앙분배

센터의 재고검토기간은 지역분배센터의 재고검토기간의 정수배인 것으로 가정한다($r_i = R_0/R_i, i=1, 2, \dots, N$). 그리고 지역분배센터들이 같은 재고검토기간을 사용하더라도 실제로 발주하는 시점이 다른 경우를 반영하기 위하여 매개변수 $\Delta_i \in (0, R_i)$ 를 도입한다. 즉, 지역분배센터 i 에서 주문발주는 시점 $\Delta_i + kR_i, (k=0, 1, \dots, r_i - 1)$ 에 이루어진다.

지역분배센터에서 주문한 제품은 중앙분배센터에 충분한 재고가 있으면 주문처리에 소요되는 정규조달기간 후에 도착하고, 중앙분배센터에 충분한 재고가 없을 때에는 충분한 재고가 다시 채워질 때까지 기다린 기간과 정규조달기간 후에 도착한다. 주문처리는 FCFS(first-come, first-served) 규칙에 의하여 처리되고, 주문에 대한 부분적인 제품조달은 없는 것으로 가정한다. 그리고 주문한 제품이 정상보다 빨리 조달되도록 하는 긴급조치는 취하지 않는 것으로 한다.

우선 본 논문에서 사용하는 기호를 정리하면 다음과 같다.

- R 재고검토기간
- R_i 분배센터 i 에서의 재고검토기간 ($i=0, 1, 2, \dots, N, i=0$ 는 중앙분배센터를 의미)
- r_i 중앙분배센터와 지역분배센터 i 간의 재고검토기간 비율, $r_i = R_0/R_i, i=1, 2, \dots, N$
- Δ_i 지역분배센터 i 에서 실제로 주문발주가 일어나는 시점을 반영하기 위한 매개변수



<그림 1> 다단계 분배시스템

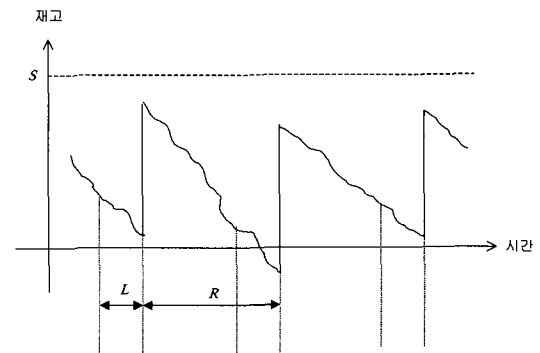
- S 최대 가용재고량
- S_i 분배센터 i 에서의 최대 가용재고량($i=0, 1, 2, \dots, N, i=0$ 는 중앙분배센터를 의미)
- P 발주된 주문에 대한 정규조달기간(대기기간을 제외한 주문을 충족시키기 위하여 소요되는 기간)
- P_i 분배센터 i 에서 발주된 주문에 대한 정규조달기간
- W 주문을 충족할 재고가 부족할 때, 충분한 재고가 다시 채워질 때까지의 대기기간
- W_i 분배센터 i 에서 발주된 주문에 대한 대기기간(생산자의 생산능력은 무한한 것으로 가정하였으므로 중앙분배센터에서의 $W_0=0$)
- L 주문에 대한 제품 조달기간, 즉, $L=P+W$. 확률밀도함수 $g(\cdot)$, 확률분포함수 $G(\cdot)$
- L_i 분배센터 i 에서 발주된 주문에 대한 제품 조달기간, 즉, $L_i=P_i+W_i$. 확률밀도함수 $g_i(\cdot)$, 확률분포함수 $G_i(\cdot)$ ($i=0, 1, 2, \dots, N, i=0$ 는 중앙분배센터를 의미)
- $D(t)$ 시간 t 동안의 수요, 확률밀도함수 $\phi(\cdot)$, 확률분포함수 $\Phi(\cdot)$
- $D_i(t)$ 분배센터 i 에서 시간 t 동안의 수요, 확률밀도함수 $\phi_i(\cdot)$, 확률분포함수 $\Phi_i(\cdot)$ ($i=0$ 는 중앙분배센터를 의미)

3. 접근방법

본 논문의 핵심은 각 분배센터에서 정기발주정책의 매개변수인 S_i (R_i 는 업체의 정책에 의하여 주어진 것으로 가정)를 구하는 것이다. 여기서 최종고객에 대한 봉사수준은 제약조건으로 작용하고, 주어진 제약조건을 만족하는 S_i 들의 조합 중에서 분배시스템 전체에 존재하는 평균 재고량을 최소로 하는 S_i 를 찾는다. 이러한 문제를 풀기 위해서 우선적으로 명확히 해야 할 사항들을 다음의 절들에서 설명하기로 한다.

3.1 평균 재고량

재고검토기간동안 분배센터에 보유 중인 제품의 평균 재고량을 구할 때는, <그림 2>에서 볼 수 있는 것과 같이, 미납재고가 발생하지 않는 경우와 미납재고가 발생하는 경우로 나누어서 고려해야 한다. 미납재고가 발생하지 않는 경우, 재고검토기간동안 분배센터에 보유 중인 제품의 평균 재고량은 최대 재고량과 최소 재고량을 평균하여 구하면 되고, 미납재고가 발생하는 경우, 재고검토기간동안 분배센터에 보유 중인 제품의 평균 재고량은 전체 평균 누적재고량을 재고검토기간으로 나누어서 구할 수 있다. 여기서 전체 평균 누적재고량은 재고가 최대인 시점에서의 최대 평균 재고량이 서서히 감소하여 0이 될 때까지 분배센터가 보유한 모든 재고를 합하여 구한다



<그림 2> 정기발주정책 (R, S) 모형

우선 미납재고가 발생하지 않는 경우를 살펴보면, 제품에 대한 주문을 발주한 직후, 분배센터의 가용재고량은 S 에 도달할 것이고, 그 후 주문한 제품이 도착할 때($L < R$ 라 가정), 분배센터에서의 최대 평균 재고량은 다음과 같다.

$$S - E[D(D[L])] \tag{1}$$

즉, 제품에 대한 주문을 발주한 직후의 가용재고량 S 에서 제품이 도착할 동안의 평균수요 $E[D(E[L])]$

를 뺀 값이다. 여기서 본 논문은 안정상태에 있는 분배시스템을 다루므로 조달기간에 대한 기대치를 사용한다. 그리고 다음 주문에 대한 제품이 도착하기 직전에 분배센터의 최소 평균 재고량은 다음과 같다.

$$S - E[D(E[L])] - E[D(R)] \quad (2)$$

즉, 식(1)의 재고량에서 재고검토기간동안의 평균 수요 $E[D(R)]$ 를 뺀 값이다. 따라서 분배센터의 평균 재고량은 식 (1)와 식 (2)을 더하여 2로 나누면 아래와 같다.

$$S - E[D(E[L])] - \frac{E[D(R)]}{2} \quad (3)$$

다음으로 미납재고가 발생하는 경우, 재고검토기간동안 분배센터에 보유 중인 제품의 평균 재고량은 전체 평균 누적재고량을 재고검토기간으로 나누어서 구한다. 전체 평균 누적재고량은 재고가 최대인 시점에서의 최대 평균 재고량이 서서히 감소하여 0이 될 때까지 분배센터가 보유한 모든 재고의 합이므로, 전체 평균 누적재고량 = (최대 평균 재고량) * (재고가 0이 될 때까지의 기간) / 2. 그리고 재고가 0이 될 때까지의 기간은 최대 평균 재고량을 단위 기간당 평균수요 $E[D(1)]$ 로 나누어 구한다. 따라서 분배센터의 평균 재고량은 아래와 같다.

$$\frac{\{S - E[D(E[L])]\}^2}{2RE[D(1)]} \quad (3)$$

결국, 각 분배센터에서의 평균 재고량은 <표 1>와 같다.

3.2 고객에 대한 봉사수준

봉사척도로 본 논문은 Schneider[7]가 제시한 세 가지를 고려하며, 이들 봉사척도들은 자재부족 발생빈도, 크기, 혹은 자재부족의 크기 및 기간 등을 나타낸다. Schneider[7]는 이들을 각각 α , β , γ 봉사수준이라고 지칭하였다. α 봉사수준은 임의의 기간에서 재고부족이 발생하지 않을 확률이고, β 봉사수준은 전체수요 중 미납주문으로 처리되지 않고 즉시 재고로부터 충족되어지는 수요의 양을 말하며, γ 봉사수준은 1에서 주문이 재보충되기 전에 발생한 평균자재부족량과 임의의 재고검토 기간 중에 발생한 평균수요량의 비율을 뺀 것이다[1].

α 봉사수준

α 봉사수준은 임의의 시간에서 재고부족이 발생하지 않을 확률로 정의되었다. 임의의 시간에서 재고부족이 발생하지 않기 위해서는 재고부족이 발생할 가능성이 있는 기간($R+L$)동안에 도착하는 수요($D(R+L)$)가 가용재고량(S)보다 적어야 한다. 따라서 임의의 시간에서 재고부족이 발생하지 않

<표 1> 분배센터의 평균 재고량

미납재고가 발생하지 않는 경우	미납재고가 발생하지 않는 경우
중앙분배센터 $S_0 - \sum_{i=1}^N E[D_i(E[L_0])] - \frac{\sum_{i=1}^N E[D_i(R_0)]}{2}$	중앙분배센터 $\frac{\{S_0 - \sum_{i=1}^N E[D_i(E[L_0])]\}^2}{2R_0 \sum_{i=1}^N E[D_i(1)]}$
지역분배센터 i $S_i - E[D_i(E[L_i])] - \frac{E[D_i(R_i)]}{2}$	지역분배센터 i $\frac{\{S_i - E[D_i(E[L_i])]\}^2}{2R_i E[D_i(1)]}$

을 확률은 $P(D(R+L) \leq S)$ 이다. 여기서 R 과 S 는 상수이고 확률변수는 L 이다. 이 확률을 계산하기 위해 풀어 쓰면 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} P(D(R+L) \leq S) &= \int_0^{\infty} \Phi(S | R+y)g(y)dy \quad (5) \\ &= \int_0^{\infty} \int_0^S \phi(x | R+y)g(y)dx dy \end{aligned}$$

따라서 α 봉사수준은

$$\alpha = \int_0^{\infty} \int_0^S \phi(x | R+y)g(y)dx dy \quad (6)$$

β 봉사수준

β 봉사수준은 전체수요 중 미납주문으로 처리되지 않고 즉시 재고로부터 충족되어지는 수요의 양으로 다음과 같이 표현된다(자세한 전개과정은 Schneider[7]를 참조바람).

$$\begin{aligned} \beta &= 1 - \frac{1}{E[D(1)]} \\ &\quad \left\{ \int_0^{\infty} \int_S^{\infty} (x-S)\phi(x | R+y)g(y)dx dy \right. \\ &\quad \left. - \int_0^{\infty} \int_S^{\infty} (x-S)\phi(x | y)g(y)dx dy \right\} \quad (7) \end{aligned}$$

γ 봉사수준

γ 봉사수준은 1에서 주문이 재보충되기 전에 발생한 평균자재부족량과 임의의 재고검토 기간 중에 발생한 평균수요량의 비율을 뺀 것으로 다음과 같이 표현된다(자세한 전개과정은 Schneider[7]를 참조바람).

$$\gamma = 1 - \frac{1}{E[D(1)]} \int_0^{\infty} \int_S^{\infty} (x-S)\phi(x | R+y)g(y)dx dy \quad (8)$$

3.3 주문에 대한 조달기간

지역분배센터에서 발주한 주문에 대한 조달기간

은 중앙분배센터에 있는 제품 재고량에 따라서 달라진다. 중앙분배센터에 충분한 재고가 있으면 조달기간은 주문을 처리하는 데 필요한 정규조달기간이 될 것이나, 중앙분배센터에 충분한 재고가 없으면 조달기간은 충분한 제품이 보충될 때까지 기다린 대기기간과 정규조달기간의 합이 될 것이다. 즉, $L_i = P_i + W_i$. 정규조달기간과 대기기간은 서로 독립된 분포를 따른다고 할 수 있고 정규조달기간이 특정한 분포를 따를 때, 주문에 대한 조달기간의 분포를 찾기 위해서는 대기기간에 대한 분포를 구해야 한다. 본 논문에서는 대기기간에 대한 모멘트를 구하여 근사한 분포로 접근시키는 방법을 취한다.

지역분배센터 i 에서 주문은 특정한 시점에서만 발주된다(즉, $\Delta_i + kR_i$, $k=0, 1, \dots, r_i-1$). 주문 k 에 대한 가능한 대기시간은 $r_iR_i - (\Delta_i + kR_i)$ 이고, 이에 상응하는 확률은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P\{W_i = r_iR_i - (\Delta_i - kR_i)\} \\ = P\{D_0(\Delta_i + kR_i) > S_0\} \quad (9) \\ k=0, 1, 2, \dots, r_i-1 \end{aligned}$$

이때 각 주문이 대기할 확률과 n 차 대기기간을 곱하여 모두 합치면 지역분배센터 i 에서 발주된 주문에 대한 대기기간의 n 차 모멘트를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} E[W_i^n] &= \\ &\sum_{m=0}^{r_i-1} P\{D_0(\Delta_i + mR_i) > S_0\} \\ &\quad * (r_iR_i - (\Delta_i + mR_i))^n \end{aligned}$$

3.4 유전자 알고리즘을 이용한 접근

본 논문에서 다루는 문제를 다시 정리하면 다음과 같다. <표 1>에 정의된 각 분배센터에 존재하는 평균 재고량의 합을 최소화하는 것이 목적함수가 되고, 각 지역분배센터에서 만족시켜야 할 최종 고객에 대한 봉사수준(식 (6), 식 (7) 또는 식 (8))

이 제약조건이 된다. 그리고 목적함수와 제약조건들을 살펴보면, 모두 (S_0, S_1, \dots, S_N) 의 함수인 것을 알 수 있다. 결국 제약조건을 만족시키는 (S_0, S_1, \dots, S_N) 의 조합 중에서 목적함수를 최소로 하는 (S_0, S_1, \dots, S_N) 를 찾는 문제가 된다. 이것은 조합최적화(combinatorial optimization)문제이므로 쉽게 풀리지 않는다. 본 논문에서는 최적의 조합 (S_0, S_1, \dots, S_N) 을 찾기 위해서 유전자 알고리즘을 이용한다.

4. 적용예제

적용예제로 지역분배센터에 제품을 공급하는 1개의 중앙분배센터와 중앙분배센터로부터 제품을 공급 받아 소비자에게 판매하는 4개의 지역분배센터로 이루어진 분배시스템을 고려한다. 각 분배센터에서 발주된 주문에 대한 정규조달기간 P_i 는 평균이 2이고 분산이 0.1인 정규분포로 모두 동일하다고 가정하고, 구체적인 사항은 <표 2>와 같다. <표 2>에서 분배센터0는 중앙분배센터를 의미한다.

<표 2> 적용예제에 사용한 매개변수들

분배 센터	단위기간당 고객수요	R_i	r_i	Δ_i
0		30		
1	Normal(5, 1)	10	3	1
2	Normal(7, 1)	5	6	2
3	Normal(5, 1)	15	2	3
4	Normal(8, 1)	5	6	4

각 지역분배센터 i 에서의 고객에 대한 봉사수준, 즉, $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ 수준이 최소한 80%, 85%, 90%을 유지하면서 다단계 분배시스템 전체에 존재하는 평균 재고량이 최소가 되도록 하는 최적의 조합 (S_0, S_1, \dots, S_4) 을 찾기 위해서 유전자 알고리즘

을 이용하였다.

적용예제를 풀기 위해서 본 논문에서는 유전자 알고리즘을 다음과 같이 컴퓨터 프로그래밍하였다. 전체 모집단의 수는 50개, 세대수는 100회 실시하였고, 유전자는 0~1이진수를 사용하였다. 새로운 세대를 선택하는 규칙은 roulette wheel방법[3]을 이용하였고, 교차변이를 위해서는 교차변이 비율을 0.3으로 하여 one-cut-point방법[3]을 채택하였다. 그리고 돌연변이 비율은 0.01을 사용하였다. 진화과정 중에 제약조건을 위배하는 유전자에 대한 조치는 기각전략[3]을 선택하였다.

유전자 알고리즘을 이용하여 적용예제를 풀 결과 <표 3>에 나타나 있다. <표 3>에서 GA란에 해당하는 결과는 유전자 알고리즘의 결과이고, Simulation란에 해당하는 결과는 van Houtum, et al.[9] 그리고 Zijm과 van Houtum[10]이 제시한 BSP(base stock policy)접근방법에 기초한 모의실험 결과이다.

BSP접근방법에 기초한 모의실험은 최종고객에 대한 주어진 봉사수준을 만족시키면서 평균재고비용이 최소가 되도록 하는 정기발주정책 (S_0, S_1, \dots, S_N) 을 S_N 부터 역순차반복적으로 구한다. 다시 말해서 BSP접근방법에 기초한 모의실험은 우선 최종고객에 대한 주어진 봉사수준을 만족시키는 S_N 의 수준을 모의실험을 통하여 찾은 다음, 다시 이 봉사수준을 만족시키는 발주정책 (S_{N-1}, S_N) 에 대한 S_{N-1} 의 수준을 모의실험을 통하여 찾는다. 이런 식으로 계속하여 모든 S_n 의 값을 모의실험을 통하여 찾는다. 그리고 전체 공급사슬내의 평균 재고량을 계산한다.

<표 3>에서 볼 수 있는 바와 같이, 본 논문에서 제안하는 접근방법이 모든 봉사수준 (α, β, γ) 에서 BSP접근방법에 기초한 모의실험보다 분배시스템 전체에 존재하는 평균 재고량을 적게 함을 알 수 있다.

〈표 3〉 BSP접근방법에 기초한 모의실험과 유전자 알고리즘을 비교한 결과

봉사수준	최대 재고 수준					평균 재고량	상대비율		
	S0	S1	S2	S3	S4				
α	80%	Simulation	774	50	42	70	48	430.36	1.41
		GA	641	53	60	79	60	305.94	1.00
	85%	Simulation	766	53	44	74	50	431.46	1.40
		GA	647	55	60	79	53	308.56	1.00
	90%	Simulation	760	56	46	78	52	435.19	1.40
		GA	650	55	60	80	52	311.45	1.00
β	80%	Simulation	758	51	43	70	48	416.08	1.39
		GA	648	52	57	77	49	300.38	1.00
	85%	Simulation	769	53	44	74	50	434.44	1.44
		GA	648	52	57	78	49	301.28	1.00
	90%	Simulation	797	56	46	78	52	472.07	1.53
		GA	650	55	58	79	50	307.81	1.00
γ	80%	Simulation	760	51	39	74	44	415.13	1.39
		GA	647	52	56	77	49	298.88	1.00
	85%	Simulation	769	52	40	75	46	428.20	1.41
		GA	648	52	60	78	49	303.30	1.00
	90%	Simulation	769	54	42	77	48	434.72	1.42
		GA	642	55	59	79	58	306.55	1.00

5. 결 론

본 논문은 각 분배센터가 지역적 정기발주정책을 사용할 경우에 다양한 봉사척도관점에서 다단계 분배시스템의 통합된 정기발주정책을 수립하는 방안을 제시하였다. 수립된 통합 정기발주정책은 최종고객에 대한 주어진 봉사수준을 만족시키면서 시스템 전체에 존재하는 평균 재고량을 최소화한

다. 본 논문에서는 문제상황을 각 분배센터에 존재하는 평균 재고량의 합을 최소화하는 것이 목적함수가 되고 각 지역분배센터에서 만족시켜야 할 고객에 대한 봉사수준이 제약조건이 되도록 형성하였다. 이럴 경우, 목적함수와 제약조건은 (S_0, S_1, \dots, S_N) 조합의 함수로 나타났다.

조합최적화문제에 해당하는 본 문제를 풀기 위해서, 즉 최적의 (S_0, S_1, \dots, S_N) 조합을 찾기 위

해서 본 논문은 유전자 알고리즘을 이용하였다. 본 논문의 적용예제, 즉 1개의 중앙분배센터와 4개의 지역분배센터로 이루어진 분배시스템에서 단위기간당 고객의 수요가 정규분포를 따르는 경우에 대한 비교실험 결과를 살펴보면, 본 논문에서 제안한 접근방법으로 수립된 통합 정기발주정책이 BSP 접근방법에 기초한 모의실험에 의한 통합된 정기발주정책보다 전체 분배시스템에 존재하는 평균 재고량을 평균 40%정도 적게 유지하면서 최종고객에 대한 동일한 봉사수준을 만족시킴을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Diks, E.B., A.G. de Kok and A.G. Lagodimos, "Multi-Echelon Systems': A Service Measure Perspective," *European Journal of Operational Research*, Vol.95, (1996), pp.241-263.
- [2] Federgruen, A. and S. Axsater, *Logistics of Production and Inventory* (Handbooks in Operations Research and Management Science 4) Amsterdam' : Elsevier, North-Holland, 1993.
- [3] Gen, M. and R. Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Design*, New York' : John Wiley & Sons, 1997.
- [4] Inderfurth, K. and S. Minner, "Safety Stocks in Multi-Stage Inventory Systems under Different Service Measures," *European Journal of Operational Research*, Vol.106, No. 1(1998), pp.57-73.
- [5] Jonsson, H. and E.A. Silver, "Analysis of a Two-Echelon Inventory Control System with Complete Redistribution," *Management Science*, Vol.33, No.2(1987), pp.215- 227.
- [6] Rosenbaum, B.A., "Service Level Relationships in a Multi-Echelon Inventory System," *Management Science*, Vol.27, No.8(1981), pp. 926-945.
- [7] Schneider, H., "Effect of Service-Levels on Order-Points or Order-Levels in Inventory Models," *International Journal of Production Research*, Vol.19, No.6(1981), pp.615-631.
- [8] van der Heijden, M.C., "Analysing Divergent Logistic Networks with Local (R, S) Inventory Control," *International Journal of Production Economics*, Vol.27, (1992), pp. 187-219.
- [9] van Houtum, G.J., K. Inderfurth and W.H.M. Zijm, "Materials Coordination in Stochastic Multi-Echelon Systems," *European Journal of Operational Research*, Vol.95, (1996), pp. 1-23.
- [10] Zijm, H. and G.J. van Houtum, "On Multi-Stage Production/Inventory Systems under Stochastic Demand," *International Journal of Production Economics*, Vol.35, (1994), pp. 391-400.