韓國經營科學會誌
第11券 第1號
1986年 4月

-研究論文-

注文引渡期間이 不確實한 狀況下에서의 (Q, r) 在庫模型과 多段階 分配시스팀에의 應用에 關한 研究

(A Study on the (Q, r) Inventory Model under the Lead Time Uncertainty and its Application to the Multi-level Distribution System)

姜 錫 昊 *
朴 光 泰 *

Abstract

In this paper, we find an optimal policy for the (Q, r) inventory model under the lead time uncertainty. The (Q, r) inventory model is such that the fixed order quantity Q is placed whenever the level of on hand stock reaches the reorder point r.

We first develop the single level inventory model as the basis for the analysis of the multi-level distribution system. The fundamental problem is to determine when and how much to order in order to minimize the expected total cost per unit time, which includes the set up, inventory holding and inventory shortage cost.

The model, then, is extended to the multi-level distribution system consisting of the factory, warehouses and retailers. In this case, we also find an optimal policy which minimizes the total cost of the centralized multi-level distribution system.

I. 서 론

일반적으로 재고 보유의 필요성은 재화나 용역을 제공하는 측과 제공받는 측 사이의 시간적, 공간적 차이 때문이다. 즉 재고는 제품의 원료구입에서 생산 및 판매에 이르는 경제활동의 제단계를 거치는 과정에서 수요와 공급의 불확실성에 대비하기 위해 존재한다. 이러한 수요 및 상품인도기간의 불확실성에 대비하기 위하여 충분한 양의 재고량을 유지해야 하는데 이것은 수요의 변동이 적을수록 그리고 상품인도기간이 일정하고 짧을수록 그 양은 적어진다.

일상 생활에서 흔히 보는 다단계 분배 시스팀을 생각해 보자. 즉, 본사는 소매상의 수요를 좀 더 빨리 충족시켜 서비스 수준을 높이기 위해 각 지역에 직영창고(Warehouse)를 설치하여 재고를 보유하게 된다. 이들 각 직영창고가 그 지역내에 있는 소매상들의 수요를 충족시켜주게 된다. 여기서 나타나는 문제점으로 한 지역에서는 과다재고가 발생할때 다른 지역에서는 재고고갈이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 본사 전체 입장에서 각지역이 적절한 재고를 보유하여 전체 비용을 최소화하도록 하기위한 통제가 필요하다. 또한 다단계 분배 시스팀에서 제품이 각 단계에 원하는 시기에 공급되지 않으므로

* 서울大學校 産業工學科

인하여 많은 문제가 야기된다.

그러나 이러한 문제에 대비해 너무 많은 재고를 보유하게 되면 상품의 고갈은 방지할 수 있으나 재고유지비용이 많이 들게되고 적은 재고를 보유하게 되면 재고유지비용은 적게드나 상품의 고갈이 많이 발생한다. 이 같이 서로 상반된 상황을 적절히 절충(Trade-off)함으로써 상품인도기간의 불확실성에 효과적으로 대응하는 것이 필요하다. 이에 상품인도기간의 불확실성을 고려한 (Q, r) 모형(Q는 1회 주문량, r은 재주문점인 연속검토 모형)을 개발하여 최적(Q^*, r^*)를 찾고 아울러 이를 다단계 분배시스팀에 적용하여-직영창고-소매상으로 이루어진 시스팀에서 상품인도기간의 불확실성에 대비하는 전체 시스팀 입장에서의 최적(Q^*, r^*)를 찾고자 한다.

Ⅱ. 현황 분석

재고모형을 다루는 데 있어서 생각할 수 있는 요소로는 수요 주문인도기간, 수준수, 공급자 수 및 검토방법등을 들 수 있다. 수요율과 주문인도 기간은 확정적, 확률적으로 나눌 수 있고 수준수에서는 다단계로 확장여부를 생각할 수 있고 공급자 수는 상품을 공급하는 사람의 수 그리고 검토 방법으로는 연속검토모형과 정기검토모형을 고려해 볼 수 있다. 따라서 이러한 요소들 중의 몇몇 조합을 택함으로써 각각의 상황에 적합한 재고모형이 나오게 된다.

Burgin[3]은 수요가 정규분포, 주문인도 기간이 Gamma분포를 따를 때 재주문점이 주어지면 이에 따라 서비스 수준을 구하는 식을 제공하고 있다. C-antley[4]는 주문인도기간중의 재고고갈확률이 주어질 때 재주문을 구하는 식을 보여주며 Sculli[15]는 두 공급자가 한 제품을 동시에 보충해 주는 상황하에서 주문인도기간이 정규분포를 따를 때 이 기간동안의 수요에 대한 평균과 분산을 구하였다. 그러나, 주문인도기간이 변수일 때 연속검토모형인(Q, r)모형을 적용하여 1회 주문량 Q와 재주문점 r을 동시에 구하고자 할 때는 기준재고시스팀(Base Stock System)이라는 (Q, r) 모형의 특수한 형태에 대하여 Queueing기법을 적용하여 다루고 있을 뿐이다.[8] 따라서 본 논문에서는 주문인도기간이 변수인 경우에 생기는 단위기간당 총 비용을 구하는 어려움을 재주문점 사이를 한 주기로 잡아 분석함으로써 일반적인(Q, r)모형을 제시하고자 한다.

다단계 시스팀에 관한 연구로 Sherbrooke[16]은 METRI이라는 새 모형을 개발했는데 이는 두 단계로 이루어진 수리 가능한 부품의 재고 시스팀을 다루고 있다. 즉 재고시스팀이 (S-1,S)정책을 따르고 재고투자액이 제한되어 있을 때 기대되는 재고고갈수를 줄이려 하였다. Williams[18]는 직렬로 이루어진 다단계 시스팀에서 제품의 수요가 불확실할 때 최적재고정책을 도출하기 위해 동적 계획법을 이용하고 있다. Schwartz[14]와 Rosenbaum[11]은 한 개의 중앙분배창고와 N개의 지역분배창고로 이루어진 다단계 시스팀에서 서비스수준을 다루고 있다. 즉, 서비스 수준을 안전재고의 함수로써 연구하고 있다. Schmidt[12]는 다단계 시스팀에서 주문인도기간이 불확실할 때 안전재고에 관해 연구하고 있다.

즉, 최적 재고수준을 재고유지비용과 고갈비용의 합이 최소가 되도록 정하였다. 그러나, 이 논문은 주문인도기간의 불확실성으로 인한 분석의 어려움을 피하기 위해 평균치 개념으로 주문인도기간을 이해했을 뿐만 아니라 안전재고 수준 이하의 재고에만 초점을 둠으로써 분석의 한계를 갖고 있다.

본 논문에서는 앞에서 언급한 (Q, r)모형을 이용하여 안전재고 수준이하의 재고뿐만아니라 전체 재고량을 함께 고려하여 좀 더 합리적인 재고 모형을 개발하고자 한다. 즉, 본사-직영창고-소매상으로 이루어진 다단계 분배 시스팀에서 각 직영창고가 본사의 재고 상태를 고려하여 실질적인 주문인도기간을 구한다는 데 특징이 있다.

Ⅲ. 주문인도기간이 불확실할 때의 (Q, r) 모형

모형의 가정과 기호

먼저 주문인도기간이 불확실할 때의(Q, r)모형을 도출해 보고자 한다. 단위시간당 수요율은 알려져 있고 일정하다. 그리고 재고는 즉시 보충되며 재고고갈(Backorder)은 허용된다. 그러나 주문인도기간은 불확실하며 단지 분포만이 주어져 있다. 이처럼 주문인도기간이 주어진 함수에 따르는 경우 단위기간당 총 비용을 구하는데 어려움이 있다. 이러한 상황에서 기존의 논문은 재고가 보충되는 시점사이를 한 주기로 잡음으로써 분석이 어려워지고, 따라서 주문인도기간을 근사적인 평균치 개념으로 구한다. 본 논문에서는 이러한 난점을 피하고 분석을 명확히 하기 위해 재주문점 사이를 한 주기로 잡아 분석

하고자 한다. 본 논문에서 유도하고자 하는 재고모형에 필요한 기호는 다음과 같다.

A : 주기당 주문비용
Q : 1회 주문량
D : 단위기간당 수요율
H : 단위기간, 단위당 재고유지비용
π : 단위기간, 단위당재고 고갈비용
C : 단위당 구입비용
r : 재주문점
t : 주문인도기간 $T \sim f(t)$

모형의 설정

t의 값에 따라 다음의 두가지 경우가 발생한다.

즉 $0 \leq t < \frac{r}{D}$에 대해서는 재고고갈이 발생하지 않으나 $\frac{r}{D} \leq t < \infty$에 대해서는 재고고갈이 발생한다. 이를 그림으로 도시하면 〔그림 3-1〕과 같다. 이 두가지 경우를 고려한 단위기간당 총 비용은 다음의 식으로 주어진다.

단위기간당 총 비용=(발주비용+재고유지비용+고갈비용)/(주기)

$$
\begin{aligned}
&= \frac{AD}{Q} + CD + H \left\{ \int_0^{\frac{r}{D}} \left(r - tD + \frac{Q}{2} \right) f(t)\, dt \right. \\
&\quad + \int_{\frac{r}{D}}^{\infty} \frac{(r - tD + Q)^2}{2Q} f(t)\, dt \\
&\quad + \pi \int_{\frac{r}{D}}^{\infty} \frac{(tD - r)^2}{2Q} f(t)\, dt \\
&\equiv K(Q,\ r) \qquad (3\text{-}1)
\end{aligned}
$$

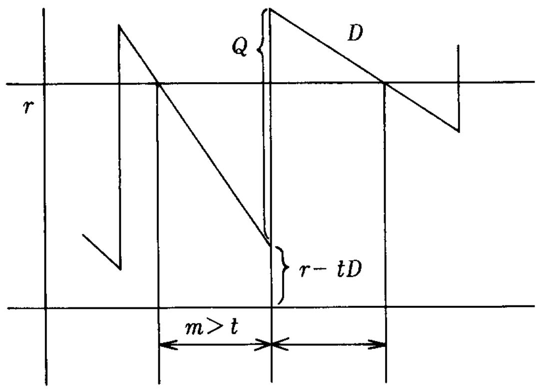
이 비용함수 $K(Q,\ r)$을 최소화하는 $(Q^*,\ r^*)$는 다음의 조건을 만족한다.

$$
\frac{\partial K(Q,\ r)}{\partial Q} = -\frac{AD}{Q^2} + \frac{H}{2} - \frac{(H+\pi)}{2Q^2} \int_{\frac{r}{D}}^{\infty} (tD - r)^2 \ f(t) dt = 0
$$

$$
\frac{\partial K(Q, r)}{\partial r} = H - \frac{(H+\pi)}{Q} \int_{\frac{r}{D}}^{\infty} (tD - r) f(t) dt = 0 \qquad (3\text{-}2)
$$

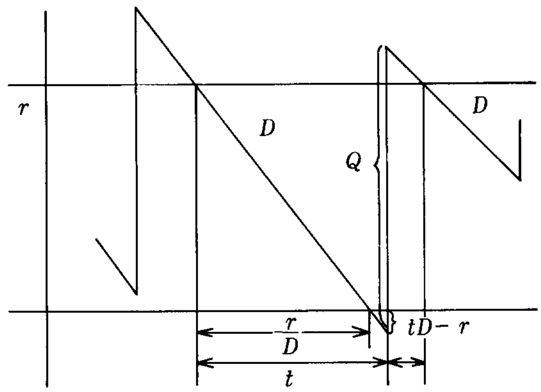
즉 이 두 방정식을 만족시키는 $(Q^*,\ r^*)$를 찾으면 된다.

① $0 \leq t < \frac{r}{D}$



단위기간당 평균재고량 $= r - tD + \frac{Q}{2}$

② $\frac{r}{D} \leq t < \infty$



단위기간당 평균재고량 $= \frac{(r - tD + Q)^2}{2Q}$ 단위기간당 평균고갈량 $= \frac{(tD - r)^2}{2Q}$

〔그림 3-1〕 주문인도기간 t에 따른 재고상태

Ⅳ. 다단계 분배 시스팀에의 적용

모형의 가정과 기호

앞의 분석을 확장하여 다단계 분배 시스팀에 적용하여 주문인도기간이 불확실할 경우 (Q, r)모형을 개발해 보고자 한다. 먼저 본사와 직영창고 및 소매상으로 이루어진 두 단계 분배시스팀을 고

려해 보자. 여기서 본사는 매 수요발생시 소매상으로 배달해 주는 번거로움을 피하고 아울러 보다 신속한 배달을 위하여 각 지역마다 직영창고를 운영한다. 각 직영창고는 그 지역내에 있는 소매상들의 수요를 충족시켜준다. 한편 본사는 이들 직영창고의 요구에 응하여 외부로부터 물품을 종합적으로 조달한다. 이제 각 소매상이 고객으로부터의 수요정보를 가지고 그 지역내의 직영창고에 주문한다. 그러면 직영창고는 이들 소매상의 수요를 모두 수합하여 본사에 주문을 한다. 이 주문은 외부에서 본사, 본사에서 직영창고 다시 직영 창고에서 소매상으로 배달된다.

본 논문에서는 본사와 직영 창고를 종합적으로 통제하는 모형을 개발하고자 한다. 앞의 배달 과정에서 주문인도기간이 불확실하면 이의 영향이 각단계에 다르게 나타난다. 즉 하위단계로 내려올수록 주문인도 기간의 불확실성으로 인한 영향이 더 크게 나타난다. 이제 본사와 두개의 직영창고로 이루어진 분배시스팀을 고려해 보자. 먼저 각 직영창고에서의 수요율은 그 지역내의 소매상들의 수요의 합으로 이미 알려져 있고 일정하다고 가정한다. 따라서 수요는 직영창고에서만 발생하게 되고 직영창고간의 재분배는 없다고 본다. 그리고 본사에서 직영창고로의 배달은 한꺼번에 이루어진다고 본다. 즉 부분배달을 허용하지 않는다. 재고고갈은 허용되며 본사의 수요는 각 직영창고 수요들의 합으로 주어진다. 그렇지만 각 단계에서의 주문인도기간은 불확실하며 단지 분포만이 알려져 있다. 이때 본사와 직영창고의 전체 비용을 최소화 하는 $K(Q, r)$ 모형을 도출하고자 한다. 여기서 유도하고자 하는 모형에 필요한 기호들은 다음과 같다.

A : 본사의 주문비용
$D(=\sum_i d_i)$: 본사의 수요율
Q : 본사의 1회 주문량
r : 본사의 재주문점
H : 본사의 재고유지 비용
π : 본사의 고갈비용
t : 본사의 주문인도기간 $T \sim f(t)$
a_i : 직영창고 i의 주문비용.
d_i : 직영창고 i의 수요율
q_i : 직영창고 i의 1회 주문량
r_i : 직영창고 i의 재주문점
h_i : 직영창고 i의 재고유지비용
p_i : 직영창고 i의 고갈비용
t_i : 직영창고 i의 주문인도기간 $T_i \sim f_i(t_i)$

x : 본사에서 외부로 주문을 한 뒤 직영창고가 본사로 주문을 하는 싯점.
  i) 만일 $0 \leq x < \frac{r}{D}$이면, 본사의 재고가 충분하므로 직영창고는 본사에서 직영창고로의 주문인도기간만 고려하면 된다.
  ii) 만일 $\frac{r}{D} \leq x < \infty$ 이면, 본사에서 고갈 현상이 발생하므로 직영창고는 외부에서 본사, 본사에서 직영창고로의 주문인도기간을 함께 고려해야 한다.

y : 본사에서 외부로 주문을 한 뒤 x시간 지나서 직영창고가 본사로 주문했을 때 본사가 외부로부터 주문을 받기까지의 시간.
  i) 만일 $0 \leq x < \frac{r}{D}$ 이면 $y=0$ 이다.
  ii) 만일 $\frac{r}{D} \leq x < \infty$ 이면 $y>0$ 이다.

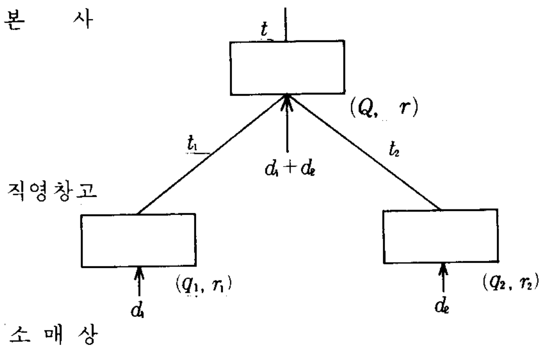
모형의 설정

본사와 두개의 직영창고로 이루어진 시스팀을 도시하면 〔그림 4-1〕과 같다. 각 직영창고에서는 수요율이 그 지역내의 소매상들의 수요의 합으로 이미 알려져 있고 일정하다. 본사는 이들 직영창고의 수요를 모두 합하여 외부로 주문을 한다. 따라서 본사 입장에서는 외부로부터의 주문인도기간이 중요시된다. 그러나 직영창고는 본사로 주문했을 때 본사의 재고가 충분하면 본사로부터의 주문 인도기간만 고려하면 되나 본사의 재고가 고갈되었을 때는 외부에서 본사까지의 주문인도기간과 본사에서 직영창고로의 주문인도기간을 함께 고려해야 한다. 즉 직영창고는 $y+t_i$의 분포를 가지고 주문 인도기간을 고려해야 한다. 이 합을 z_i라 놓으면, z_i의 확률밀도 함수인 $v(z_i)$는 $u(Q, r)$로 표시 됨을 알 수 있다. 즉 직영창고로의 실질적인 주문인도기간 z_i는 본사의 주문량과 재주문점의 함수로 표시됨을 알 수 있다. z_i의 유도과정은 부록에 나와 있다. z_i의 확률밀도함수를 $v(z_i)$라 하자. 그러면 본사의 주문인도기간은 $f(t)$를 따르고 직영창고 i의 주문인도기간은 $v(z_i)$를 따른다. 이를 이용해 시스팀 전체의 비용함수를 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$K_{total}\ (Q, r, q_i, r_i) = K(Q, r) + \sum_{i=1}^{2} K_i\ (q_i, r_i) \tag{4-1}$$

여기서 $K(Q, r)$과 $K_i(q_i, r_i)$는 다음과 같다.

$$K(Q, r) = \frac{AD}{Q} + CD + H\left\{\int_0^{\frac{r}{D}}\left(r - tD + \frac{Q}{2}\right)f(t)\,dt + \int_{\frac{r}{D}}^{\infty}\frac{(r - tD + Q)^2}{2Q}f(t)\,dt\right\} + \pi\int_{\frac{r}{D}}^{\infty}\frac{(tD - r)^2}{2Q}f(t)\,dt \quad (3\text{-}1)$$



〔그림 4-1〕 다단계 분배시스팀의 예

$$K_i(q_i, r_i) = \frac{a_i d_i}{q_i} + C_i d_i + h_i\left\{\int_0^{\frac{r_i}{d_i}}\left(r_i - z_i d_i + \frac{q_i}{2}\right)v(z_i)\,dz_i + \int_{\frac{r_i}{d_i}}^{\infty}\frac{(r_i - z_i d_i + q_i)^2}{2q_i}v(z_i)\,dz_i\right\} + p_i\int_{\frac{r_i}{d_i}}^{\infty}\frac{(z_i d_i - r_i)^2}{2q_i}v(z_i)\,dz_i \quad (4\text{-}2)$$

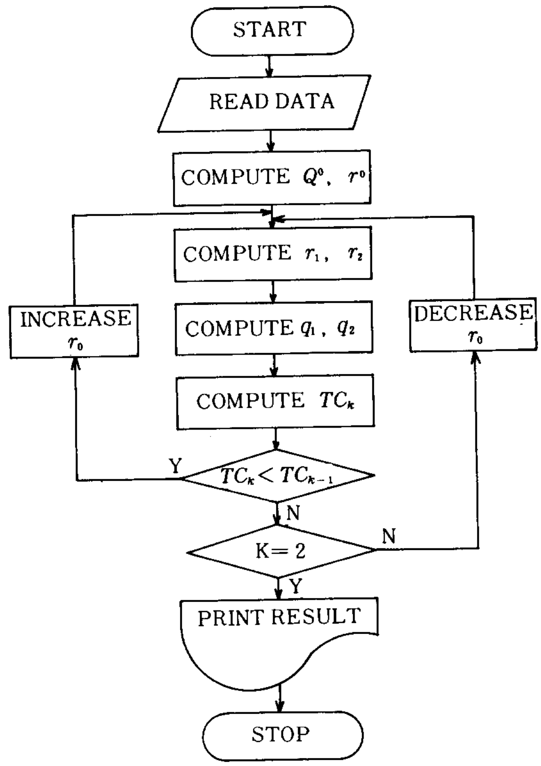
이 전체 비용함수 K_{total} (Q, r, q_i, r_i)을 최소화하는 Q^*, r^*, q_i^*, r_i^* $(i=1, 2)$를 찾으면 된다.

모형의 해법

위의 비용함수 K_{total}에 대해 Q^*, r^*, q_i^*, r_i^* $(i=1, 2)$를 찾는 것은 복잡하다. 따라서 다음과 같이 해에 접근하기로 한다. 먼저 $D = d_1 + d_2$와 $f(t)$ 즉, 직영창고 수요율들의 합과 외부에서 본사까지의 주문인도기간을 고려하여 본사의 (Q^0, r^0)를 찾는다.

다음에는 d_i와 $v(z_i)$ 즉 직영창고 수요율과 본사의 재고상태를 고려한 주문인도기간을 가지고 직영창고의 (q_i^0, r_i^0)를 구한다.

여기서 $v(z_i)$는 본사의 결정변수(Q, r)과 관계되어 있는데 본사에서 구한 (Q^0, r^0)를 이용한다. 이렇게 해서 나온 (Q^0, r^0), (q_i^0, r_i^0)를 초기치로 하여 나열법(Enumeration method)이나 탐색법(Search method)을 이용해 최적값(Q^*, r^*), (q_i^*, r_i^*)를 찾아나간다. 이 과정은 다음과 같이 흐름도(Flow chart)로 나타낼 수 있다.



최적값을 찾는 흐름도

모형의 일반화

앞의 모형을 확장하여 본사와 N개의 직영창고로 이루어진 시스팀에서의 비용함수를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$K_{total}(Q, r, q_i, r_i) = K(Q, r) + \sum_{i=1}^{N} K_i(q_i, r_i)$$

여기서 $K(Q, r)$과 $K_i(q_i, r_i)$는 앞의 식 (4-1), (4-2)와 같다. 이 전체 비용함수 K_{total} (Q, r, q_i, r_i)을 최소화하는 Q^*, r^*, q_i^*, r_i^* $(i=1, \cdots, N)$를 찾으면 된다.

예제

본사와 두 개의 직영창고로 이루어진 분배시스팀에서 본사와 직영창고의 주문인도기간이 모두 평균이 1인 음의 지수분포를 따른다고 하자. 즉 $f(t) = e^{-t}$, $0 \leq t < \infty$이다. 나머지 자료들은 다음과 같이 주어져 있다.

$D=1000,\ A=3000,\ H=2,\ C=8,\ \pi=12$
$d_1=600,\ a_1=2000,\ h_1=3,\ C_1=10,\ p_1=15$
$d_2=400,\ a_2=1500,\ h_2=4,\ C_2=12,\ p_2=18$

먼저 본사의 재고상태를 고려한 i의 주문인도기간에 대한 확률밀도함수 $v(z_i)$를 구해보자.

$$G(y)=P_r(Y\leq y)$$
$$=\int_0^{\frac{r}{D}} exp(-x)\,dx$$
$$+\int_{\frac{r}{D}}^{\infty} exp(-x)\left\{\int_0^{x+y} exp(-t)\,dt\right\}dx$$
$$=\int_0^{\frac{r}{D}} exp(-x)\,dx$$
$$+\int_{\frac{r}{D}}^{\infty} exp(-x)\,[1-exp\{-(x+y)\}]\,dx$$
$$=1-\frac{1}{2}\ exp\{-(\frac{2r}{D}+y)\}\quad 0\leq y<\infty$$
$$P_r(Y=0)=G(0)=1-\frac{1}{2}\ exp(-\frac{2r}{D})$$
$$g(y)=G'(y)=\frac{1}{2}\ exp\left\{-(\frac{2r}{D}+y)\right\}$$
$$0<y<\infty$$
$$Z_i=Y+T_i\quad 0\leq Z_i<\infty$$
$$V(z_i)=P_r(Z_i\leq z_i)$$
$$=P_r(Y=0)\ P_r\ (T_i\leq z_i)+\int_{0+}^{z_i} P_r$$
$$(Y=y)\ p_r(T_i\leq z_i-y)\,dy$$
$$=1-exp(-z_i)-\frac{z_i}{2}exp\left\{-\left(\frac{2r}{D}+z_i\right)\right\}$$
$$0\leq z_i<\infty$$
$$v(z_i)=V'(z_i)=\left\{1-\frac{1}{2}(1-z_i)exp(-\frac{2r}{D})\right\}$$
$$exp(-z_i)\quad 0\leq z_i<\infty$$

앞의 식(4-1)을 이용하면 시스팀 전체의 비용함수는 다음과 같다.

$$K_{total}(Q,r,q_i,r_i)=K(Q,r)+\textstyle\sum_{i=1}^{2} K_i(q_i,r_i)$$

여기서 $K(Q,r)$과 $K_i(q_i,r_i)$를 앞의 식 (3-1)과 (4-2)를 이용해 정리하면 다음과 같다.

$$K(Q,r)=\frac{AD}{Q}+CD+H\left\{r-D+\frac{Q}{2}+\frac{D^2}{Q}exp\right.$$
$$\left.(-\frac{r}{D})\right\}+\pi\frac{D^2}{Q}exp(-\frac{r}{D})$$

$$K_i(q_i,r_i)=\frac{a_i d_i}{q_i}+c_i d_i+h_i\left[r_i+\frac{q_i}{2}\right.$$
$$\left.-d_i\left\{1+\frac{1}{2}exp(-\frac{2r}{D})\right\}\right]$$
$$+\frac{(h_i+p_i)d_i}{q_i}exp(-\frac{r_i}{d_i})$$
$$\left[\frac{r_i}{2}exp(-\frac{2r}{D})+d_i\right.$$
$$\left.\left\{1+exp(-\frac{2r}{D})\right\}\right]$$

이 비용함수 K_{total}을 최소화시키는 (Q^*, r^*), (q_i^*, r_i^*)를 찾는다. 먼저 $D=d_1+d_2$와 $f(t)$를 이용해 (Q^o, r^o)를 찾는다.

$$Q^o=\frac{HD+(H^2D^2+2ADH)^{\frac{1}{2}}}{H}=3000$$
$$r^o=-D\,ln\left\{\frac{HQ^*}{(H+\pi)D}\right\}=847.29$$

다음에 이 (Q^o, r^o)와 d_i 및 $v(z_i)$를 이용해 (q_i^o, r_i^o)를 찾는다. 여기서 $K_i(q_i, r_i)$는 볼록함수(Convex function)이다.

$$\frac{\partial K_i(q_i,r_i)}{\partial q_i}=-\frac{a_i d_i}{q_i^2}+\frac{h_i}{2}-\frac{(h_i+p_i)}{2q_i^2}\left\{2d_i^2\right.$$
$$\left.+d_i(2d_i+r_i)exp(-\frac{2r}{D})\right\}exp(-\frac{r_i}{d_i})=0$$
$$\frac{\partial K_i(q_i,r_i)}{\partial r_i}=h_i-\frac{(h_i+p_i)}{2q_i}\left\{2d_i+(d_i+r_i)\right.$$
$$\left.exp(-\frac{2r}{D})\right\}exp(-\frac{r_i}{d_i})=0$$

이 두 방정식을 만족하는 (q_i^o, r_i^o)를 찾으면 다음과 같다.

$q_1^o=1752.4\qquad r_1^o=527.5$
$q_2^o=1132.2\qquad r_2^o=327.5$

이를 초기치로 이용해 최적값을 찾으면 다음과 같다.

$Q^*=2789.6\qquad r^*=920$
$q_1^*=1742.2\qquad r_1^*=518.2$
$q_2^*=1122.7\qquad r_2^*=322$

이때의 단위기간당 총비용 $K_{total}{}^*(Q^*, r^*, q_i^*, r_i^*)=29763$으로 초기치를 이용해 구한값 $K_{total}{}^o(Q^o, r^o, q_i^o, r_i^o)=29785$ 보다 작다.

V. 결 론

본 논문에서는 인도기간이 불확실한 경우의 재고

모형을 다루고 있다. 이제까지의 기존 논문이 인도기간의 불확실성을 단순히 인도기간중의 수요의 불확실성에 대한 상대적개념으로 생각했던 점에 대해 본 논문은 다른 시각을 갖게 해 준다. 즉 인도기간이 불확실한 경우 단위기간당 총 비용을 구하는데 어려움이 따른다. 이러한 난점을 재주문점 사이를 한 주기로 생각함으로써 해결할 수 있었다. 또한 이러한 분석기법을 다단계분배시스팀에 확장해 보았다. 이를 바탕으로 현재의 주먹구구식 재고정책에서 좀 더 합리적인 재고관리가 이루어지리라고 본다. 즉 현재의 본사-직영창고-소매상으로 이루어진 시스팀에서는 재고관리의 비효율적 운영으로 한쪽 직영창고에서는 과다재고가 발생할 때 다른쪽 직영창고에서는 재고고갈이 발생하는 것을 볼 수 있다. 이러한 상황에 대해 본 논문에서는 본사 및 직영창고를 동시에 고려하여 전체적으로 분석함으로써 경영자의 의사결정에 대한 합리적 기초를 제공하리라고 본다.

〔부록〕 $Z_i = Y + T_i$ 의 유도

① $0 \leq x < \frac{r}{D}$

$P_r(Y \leq y \mid x) = 1$ 즉 $Y = 0$ 이다.

② $\frac{r}{D} \leq x < \infty$

$$P_r(Y \leq y \mid x) = P_r(0 \leq t \leq x + y) = \int_o^{x+y} f(t)dt$$

$$G(y) = P_r(Y \leq y) = \int_o^{\infty} f(x) P_r(Y \leq y \mid x)dx$$

$$= \int_o^{\frac{r}{D}} f(x) \times 1dx$$

$$+ \int_{\frac{r}{D}}^{\infty} f(x) \left\{ \int_o^{x+y} f(t)\,dt \right\} dx$$

Y의 확률밀도함수는 다음과 같이 구한다.

$P_r(Y=0) = P_r(Y \leq 0) = G(0)$

$g(y) = G'(y) \qquad 0 < y < \infty$

$Z_i = Y + T_i \qquad 0 \leq Z_i < \infty$

Z_i 의 확률밀도함수는 다음과 같이 구한다.

$V(z_i) = P_r(Z_i \leq z_i)$

$$= \int_o^{z_i} P_r(Y = y)\ P_r(T_i \leq z_i - y)dy$$

$$= P_r(Y=0)\ P_r(T_i \leq z_i) +$$

$$\int_{0+}^{z_i} P_r(Y=y)\ P_r(T_i \leq z_i - y)dy$$

$$= P_r(Y=0) F_i(z_i) + \int_{0+}^{z_i} g(y) F_i(z_i - y)dy$$

$v(z_i) = V'(z_i)$