

다단계분배시스템에서의 동적 발주계획 수립방안

유영준* · 이종태*

A Dynamic Inventory Scheduling Method in Multi-Echelon Distribution Systems

Yeong-Joon Yoo · Jong-Tae Rhee

<Abstract>

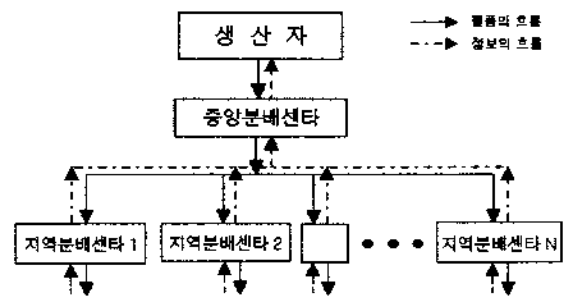
A distribution system is composed of multiple levels from a producer to customers, and its objective is to supply customers with goods timely with a prescribed level of quality at a minimum cost. For the installation and operation of multi-echelon distribution system, DRP(Distribution Resource Planning) is widely used. However, because of the characteristic difference of material flow dynamic of each distribution center, it is almost impossible to get the optimal distribution scheduling. In this paper, an improved DRP method to schedule multi-echelon distribution network is proposed so that the lot-size and order point is dynamically obtained to meet the change of demand rate and timing. The experiment is done with various demand pattern, forecast errors of demand and lead times of central distribution center. The proposed method is compared with traditional statistical approach.

1. 서 론

최근 시장 경쟁력향상은 원가절감과 소비자의 다양한 요구 충족에 의해 달성되어지며 이를 위해서는 제조공정 이상으로 물류부문의 최적관리가 중요하다는 인식이 높아지면서 분배시스템의 설계 및 운영상의 최적화를 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

대부분의 분배 시스템은 중앙분배센터와 수요를 직접 담당하는 다수의 지역분배센터로 이루어져 있다(그림 1). 이러한 다단계분배시스템에 있어서의 물류관리의 기본적인 틀로서 DRP기법이 제시되었으며 최근 활발한 현장적용이 이루어지고 있다. DRP기법은 제조분야의 MRP와 같이 적시에 수요를 만족시킬 수 있는 물류공급계획을 수립하기 위한 기법으로서 지역분배센터와 중앙분배센터의 종속적이고 동적인 요구물류관계를 파악함으로써 적시공급을 위한 발주시기를 결정하게 되는 과정을 체계화한 것이라 할 수 있다. DRP기법은 분배네트

워크상의 전체 재고수준을 감소시키는 동시에 고객의 서비스 수준을 향상시킬 수 있는 효과적 기법으로 평가되고 있다.

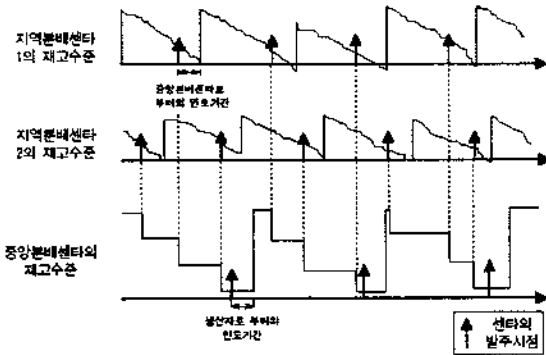


소비자 구매
<그림 1> 다단계 분배시스템

그러나 DRP기법은 소비자의 수요가 확정적인 경우 적용이 용이하지만 수요가 확률적인 경우에는 적용상의 어려움이 따른다. 그 이유는 수요발생이 확률적인 경우 지역분배센터의 재

* 동국대학교 산업공학과

고수준 및 발주시기와 발주량을 예측하기 어렵기 때문에 중앙분배센터의 재고수준의 변화를 예측하기도 어려워지며 결과적으로 지역분배센터로의 적시공급을 위한 발주계획을 수립하기가 곤란해지기 때문이다. <그림 2>는 다단계 분배시스템에서의 지역분배센터와 중앙분배센터의 발주에 의한 재고수준의 변화과정을 보여주고 있다. <그림 2>에서 볼 수 있듯이 각 분배센터의 재고수준의 변화 및 발주과정은 상호 연계적이고 동적인 특성을 갖고 있기 때문에 확률적인 제품수요 하에서의 각 분배센터의 발주시점과 발주량에 대한 계획수립은 매우 어려워지게 된다.



<그림 2> 지역분배센터와 중앙분배센터의 발주에 의한 재고수준 변화

기존의 DRP 연구에서는 각 지역분배센터에서의 수요가 확정적인 것으로 가정하거나 수요발생이 확률적인 경우 특정분포(각 지역분배센터의 수요율과 인도기간을 동일하다고 가정)를 따르는 것으로 가정함으로써 문제를 단순화시킨 경우가 많았다[1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11]. 그러나 이러한 가정은 제품유통상의 동적인 특성을 적절하게 반영하지 못한 것으로서 분배센터의 동적인 발주계획을 수립하고자 하는 경우에는 적용하기가 곤란하다고 할 수 있다. 또한 기존의 연구에서는 발주량 결정에 있어서 LFL (Lot-For-Lot)방식을 취한 경우가 많았는데[1, 2, 5, 10], 이 경우 해를 구하기가 쉽다는 장점이 있으나 주문비용과 재고유지 비용의 적절한 trade-off가 이루어지지 않음으로써 전체 비용이 과다 발생하게 되는 문제점이 초래된다. 또한, 중앙분배센터의 발주과정을 반영하지 않고 지역분배센터의 발주계획만을 수립한 연구[3, 7, 11]가 있었으나 중앙분배센터의 발주과정이 분배시스템 전체의 효율성에 미치는 영향이 지극히 크다는 점을 감안할 때 지역분배센터와 중앙분배센터의 발주과정을 연계적으로 고려하여 종합적인 발주계획을 수립하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 수요율과 인도기간이 상이한 N개의 독립적인 지역분배센터와 생산자로부터 제품을 납품 받아 지역분배센터로 공급하는 1개의 중앙분배센터로 구성된 분배시스템을 대상으로 동적인 발주계획 수립기법을 제안한다. 제안된 기법은 지역분배센터와 중앙분배센터의 발주에 따른 재고수준 변화과정의 동적인 특성을 고려한 발견적기법으로서 품질발생을 감소시키고 전체비용을 절감할 수 있는 동적 발주계획을 수립하기 위한 것이다. 제안된 기법은 지역분배센터의 주문형태가 재주문점에 의한 주문방식인 경우와 정기주문방식인 경우로 구분하여 개발되었으며 기존의 통계적기법에 의한 DRP 연구와의 비교를 위해 모의실험을 통한 비용분석을 수행하였다.

2. 모형설정

본 연구의 대상모형은 지역분배센터에 제품을 공급하는 1개의 중앙분배센터와 중앙분배센터로부터 제품을 공급받아 소비자에게 판매하는 N개의 지역분배센터로 이루어진 분배시스템이다(그림 1). 각 지역분배센터에서는 특정분포에 의해 제품수요가 발생하며 중앙분배센터에서의 수요발생은 지역분배센터의 발주에 의해 이루어지는 것으로 가정한다. 본 연구에서는 중앙분배센터에서의 각각의 수요발생을 특정한 분포에 의해 처리하지 않고 지역분배센터로부터의 발주에 따라 개별로 취급하였다. 이는 지역분배센터의 개수가 아주 많지 않은 경우 중앙분배센터에 대한 수요발생을 특정분포에 의해 처리함으로써 생길 수 있는 현실적인 오차를 방지하기 위한 것이다. 지역분배센터와 중앙분배센터에서는 품질이 발생할 경우 이를 back-order로 처리하되 품질에 따른 비용은 품질기간과는 상관없이 품질제품의 양에 비례한다고 가정한다. 또한 중앙분배센터로부터 지역분배센터로의 인도기간과 생산자로부터 중앙분배센터로의 인도기간은 확정적인 것으로 가정하며 생산자의 생산능력은 무한한 것으로 가정한다. 각 지역분배센터의 발주계획은 해당 단위기간의 재고수준과 수요율에 의해 전통적으로 이용되어온 발주기법과 동일하게 수립되며 중앙분배센터의 발주계획은 지역분배센터로부터의 발주시점 및 발주량의 예측에 의해 수립되어지지만 상황변화에 따라 동적인 수정이 가능한 것으로 가정한다. 계획기간은 무한개의 단위기간으로 이루어지며 수요발생에 의한 재고수준변화 및 발주는 각 단위기간의 말에, 그리고 주문량의 조달은 발주후 인도기간이 지난 시점에 해당하는 단위기간이 끝나는 시점에서, 그 단위기간의 수요발생에 의한 재고수준변화가 이루어진 직후에 이루어

어지는 것으로 가정한다 (단위기간은 day, week 등이 될 수 있으나 단순히 '단위기간'으로 표기하기로 한다.) 다음은 모형에서 사용된 기호이다.

- i : 지역분배센타를 나타내는 첨자
 - λ_i : 지역분배센타 i 의 단위기간당 수요율
 - s_i : 지역분배센타 i 의 안전재고량
 - L, l_i : 중앙 및 지역분배센타 i 의 인도기간
 - C_S, cs_i : 중앙 및 지역분배센타 i 의 1회 발주비
 - C_B, cb_i : 중앙 및 지역분배센타 i 에서의 제품 1단위에 대한 품질비
 - C_H, ch_i : 중앙 및 지역분배센타 i 에서의 제품 1단위에 대한 단위기간당 재고유지비
 - $H(t), h_i(t)$: 중앙 및 지역분배센타 i 의 단위 기간 t 가 끝나는 시점에서의 보유재고량
 - $IP(t), ip_i(t)$: 중앙 및 지역분배센타 i 의 단위 기간 t 가 끝나는 시점에서의 보유재고량+주문상태에 있는 제품의 양
 - EOQ_i : 지역분배센타 i 의 경제적 주문량
 - rp_i : 지역분배센타 i 의 재주문점(재주문점에 의한 주문방식인 경우)
 - TBO_i : 지역분배센타 i 의 발주시간간격 (정기 주문에 의한 주문방식인 경우)
 - P_B : 중앙분배센타의 목표서비스 수준(최대 허용품질확률)
 - $\pi_k^k(\cdot)$: 지역분배센타 i 의 k 개의 단위기간동안의 수요량에 대한 확률밀도 함수
- 포외송분포를 가정할 경우,

$$\left\{ \pi_{(n)}^k = \frac{(\lambda_i t)^n e^{-\lambda_i t}}{n!}, n=1,2,3,\dots,\infty \right\}$$

3. 지역분배센타가 재주문점에 의한 발주방식을 따를 경우의 발주방안

3.1 지역분배센타의 발주과정

이 절에서는 먼저 지역분배센타가 재고수준이 재주문점 rp_i 에 다다르면 발주하는 경우를 고려한다. 어떤 단위기간 t 가 끝나는 시점에서 지역분배센타의 재고수준 $h_i(t)$ 가 rp_i 에 이르렀다고 하자. 이 경우 지역분배센타는 경제적 주문량 EOQ_i 만큼을 발주하는 것이 타당하겠지만 $h_i(t)$ 는 rp_i 보다 작

아질 수 있으므로 본 연구에서는 이러한 경우 $EOQ_i + \{rp_i - h_i(t)\}$ 만큼 발주하도록 하였다. 이는 발주량이 조달되는 시점에서의 지역분배센타의 보유재고가 $s_i + EOQ_i$ 가 되도록 하기 위한 것이다. 그러나 이러한 경제적주문량 발주방식이 항상 가능한 것은 아니다. 만약 단위기간 t 가 끝나는 시점에서의 중앙분배센타의 보유재고량 $H(t)$ 가 EOQ_i 보다 작은 경우, 다시 말하면 중앙분배센타에 품질이 발생하는 경우에는 EOQ_i 만큼 주문할 수 없다. 이 때 지역분배센타는 다음 두 가지 발주대안중 하나를 선택할 수 있다.

<발주대안 1> 중앙분배센타의 보유재고량 $H(t)$ 만큼만 주문한다.

<발주대안 2> 중앙분배센타가 EOQ_i 이상의 재고량을 보유할 때까지 발주를 보류한다.

본 연구에서 제시한 이러한 비용분석을 통한 대안선택은 중앙분배센타의 품질발생시 무조건 back-order나 lost-sale 처리해버리는 기존연구에 비하여 비용분석에 의하여 적합한 대안을 선택하고 이로 인하여 시스템내의 총비용을 극소화 할 수 있다는데 그 타당성이 있다. 본 연구에서는 중앙분배센타의 재고수준 보충은 생산자로부터의 공급이 이루어지는 시점에서 이루어지며 생산자로부터의 1회 공급량은 중앙분배센타의 재고수준을 EOQ_i 이상으로 증가시키기에 충분한 양이라고 가정한다. 위의 두 발주대안중 어느 것을 선택하느냐에 따라 지역분배센타의 재고수준변화 및 이에 따른 다음 발주과정은 달라지게 된다(그림 3).

τ = 중앙분배센타의 재고보충시점까지의 기간

이라고 하면 지역분배센타가 <발주대안 1>을 선택할 경우 $ip_i(t) = rp_i + H(t)$ 가 되므로 지역분배센타의 다음 발주시점은 처음으로 $ip_i(t_1) \leq rp_i$ 가 되는, 즉 $(t+1, t_1]$ 단위기간동안의 누적수요가 $H(t)$ 이상이 되는 단위기간 t_1 의 끝시점, 그리고 중앙분배센타의 재고보충시점인 단위기간 $t + \tau$ 의 끝시점 중 나중의 것이 되어야 할 것이다. 만약 지역분배센타가 <발주대안 2>를 선택할 경우라면 다음 발주시점은 $t + \tau$ 가 끝나는 시점이 된다. 즉,

$t_1 =$ <발주대안 1>을 선택할 경우 지역분배센타의 다음 발주가 예상되는 단위기간,

$t_2 =$ <발주대안 2>를 선택할 경우 지역분배센타의 다음 발주가 예상되는 단위기간

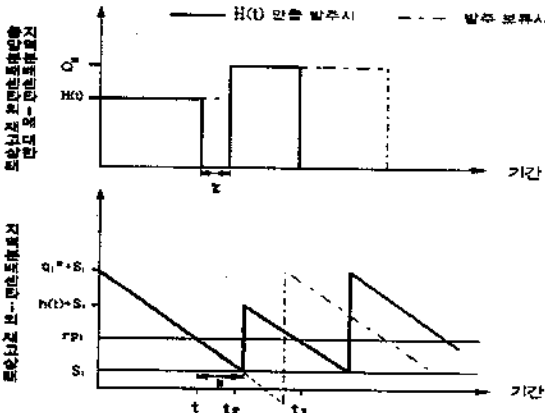
이라고 하면 t_1, t_2 는 식(1), 식(2)와 같이 표시된다.

$$t_1 = \text{MAX}(t + \|H(t) / \lambda_i\|, t + \tau),$$

$$(\|H(t) / \lambda_i\| = H(t) / \lambda_i \text{ 이상인 최소 정수}) \quad (1)$$

$$t_2 = t + \tau \quad (2)$$

또한, 발주대안의 선택에 따라 다음 발주시점에서의 지역분배센터*i*의 재고수준은 달라지므로 발주량도 달라져야 한다. 즉, 지역분배센터*i*의 다음 발주시점에서의 발주량은 <발주대안1>을 선택할 경우 $EOQ_i + \{rp_i - ip_i(t)\}$, <발주대안 2>를 선택할 경우 $EOQ_i + \{rp_i - ip_i(t_2)\}$ 가 될 것이다(그림 3).



〈그림 3〉 중앙분배센터에 충분한 재고가 없을 경우의 지역분배센터 *i*의 발주대안에 따른 기대재고수준변화

발주대안을 선택하기 위해서는 적절한 비용분석이 이루어져야 한다. 개략적으로 볼 때, <발주대안 1>을 선택할 경우 <발주대안 2>에 비해 발주비용 및 재고비용은 증가하고 품질비용은 감소하게 될 것으로 기대된다. 장기적인 재고수준변화를 고려한 최적대안 분석은 매우 복잡하므로 본 연구에서는 다음과 같이 다소 단순화된 기대비용분석에 의한 대안선택 방안을 제안한다.

$TC1_i$ = <발주대안 1>을 선택할 경우 $(t, t+t_1]$ 기간동안의 지역분배센터*i*의 기대비용

$TC2_i$ = <발주대안 2>를 선택할 경우 $(t, t+t_2]$ 기간동안의 지역분배센터*i*의 기대비용

CN_i = 중앙분배센터에서 품질이 발생하지 않는 정상기간 동안의 지역분배센터 *i*의 단위기간당 기대비용(정상기간동안 지역분배센터는 발주시점 *t*에서 $EOQ_i + \{rp_i - h_i(t)\}$ 의 양만큼 주문할 수 있는 것으로 간주함)

이라고 하자. 만약 <발주대안 1>을 선택할 경우 $t_1 + t_1$ 이후에는 정상적인 과정이 반복되고 <발주대안 2>를 선택할 경우 $t_2 + t_1$ 이후에는 정상적인 과정이 반복될 것으로 가정하면, <발주대안 1>과 <발주대안 2>에 따른 기대비용차이 ΔTC 는 식(3)과 같이 표시될 수 있다.

$$\Delta TC = TC1_i - TC2_i - (t_1 - t_2) CN_i \quad (3)$$

따라서 $\Delta TC < 0$ 이면 <발주대안 1>을 선택하고 $\Delta TC > 0$ 이면 <발주대안 2>를 선택하도록 한다. 여기서 CN_i 은 식(4)와 같이 구해진다.

$$CN_i = (\text{사이클당 기대재고비} + \text{사이클당 기대품질비} + 1 \text{회 주문비}) / \text{사이클의 길이}$$

$$= \left\{ ch_i \left(\frac{EOQ_i}{2} + s_i(t) \right) \left(\frac{EOQ_i}{\lambda_i} \right) \right.$$

$$\left. + \left\{ cb_i \sum_{n=rp_i}^{\infty} (n-rp_i) \pi_{(n)}^i + cs_i \right\} / \left(\frac{EOQ_i}{\lambda_i} \right) \right. \quad (4)$$

또한, $TC1_i$ 및 $TC2_i$ 는 아래의 식(5), 식(6)과 같다.

$$TC1_i = (t, t+t_1] \text{ 구간의 기대재고비용 및 기대품질비용}$$

$$+ (t+t_1, t_1+t_1] \text{ 구간의 기대재고비용 및 기대품질비용}$$

$$+ 2 \text{회 발주비용}$$

$$= ch_i (rp_i - \lambda_i \frac{t_1}{2}) t_1$$

$$+ ch_i (\theta - \lambda_i \frac{t_1-t}{2})(t_1-t)$$

$$+ cb_i \sum_{n=rp_i}^{\infty} (n-rp_i) \pi_{(n)}^i \quad (5)$$

$$+ cb_i \sum_{n=\theta}^{\infty} (n-\theta) \pi_{(n)}^i$$

$$+ 2 cs_i$$

[여기서 $\theta = h_i(t+t_1)$ 의 기대치
 $= rp_i - \lambda_i t_1 + H(t)$]

$TC2_i = (t, t + \tau + t_1]$ 구간의 기대재고비용 및 기대품질비용 + 1회 발주비용

$$\begin{aligned}
 &= ch_i \{rp_i - \lambda_i \frac{(t_i + l_i - t)}{2}\} (t_i + l_i - t) \\
 &+ cb_i \sum_{n=rp_i}^{\infty} (n - rp_i) \pi_{(n)}^{t_i + l_i - t} \\
 &+ cs_i
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

3.2 중앙분배센터의 발주과정

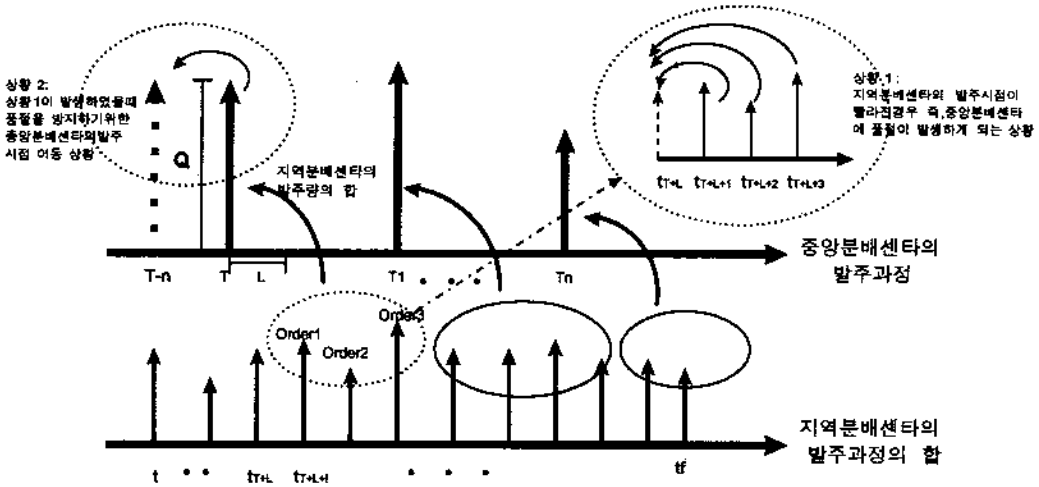
중앙분배센터의 수요발생과정은 <그림 4>와 같이 각 지역분배센터로부터의 발주과정의 합으로 이루어진다. 중앙분배센터의 발주는 생산자에 대한 제품주문으로서 일반적으로 인도기간이 길기 때문에 지역분배센터로부터의 발주가 있을 때 품질을 발생시키지 않도록 면밀한 계획을 수립해야 하며 이를 위해서는 수요발생과정에 대한 적절한 분석이 필요하다. 중앙분배센터의 발주계획 수립을 위한 기존연구에서는 중앙분배센터의 발주가 LFL 형태를 따르도록 하거나 각 지역분배센터의 수요율을 합성하여 수요발생에 관한 분포를 찾은 다음 이에 근거하여 발주정책을 세우고자 한 경우가 많았다. 그러나 이러한 방법은 지역분배센터로부터의 발주상황에 동적으로 대처하여 적절한 발주시기와 발주량을 결정한 것이 아니기 때문에 과도한 재고수준 또는 품질발생을 유발할 수 있다. 본 연구에서는 효율성이 높은 동적 발주계획방법으로 알려진 PPB (Part Period Balancing) 기법을 개선한 동적 발주계획기법을 제안한다. PPB 기법은 어떤 동적으로 발주를 하는 분배센터에서 각 발주에 대응되는 일련의 수요에 대해 품질을 발생시키지 않는다는 원칙 하에 해당 사이클 동안의 재고비용과 1회 발주비용이 가장 근접할 수 있는 발주계획을 동적으로 수립하는 기법이다[11]. 제안된 개선된 PPB 기법은 매 단위기간마다 지역분배센터의 발주시기와 발주량에 대한 갱신된 예측자료를 바탕으로 지역분배센터들의 발주계획의 변동 가능성을 고려하여 품질발생확률을 극소로 하면서 동시에 재고수준을 가능한 최소로 할 수 있는 발주계획을 동적으로 수립하고자 하는 방법이다. 이 방법은 생산자에 대한 발주가 있을 직후 그 다음 차례의 발주시점과 발주량을 계획하되 지역분배센터들의 수요 재고수준의 변동에 따라 동적으로 수정할 수 있도록 한 것이다. PPB 방식에 의해 발주계획을 수립하기 위해서는 지역분배센터로부터의 발주시기 및 발주량에 대한 예측자료가 있어야 한다. 지역분배센터가 재주문점에 의한 발주방식을 따를 경우 발주량에 대한 예측은 거의 변동이 없다고 할 수 있다. 그 이유는 지역분배센터로부터의 발주량은 발주시 중앙분배센터에

품질이 발생하지 않는다면 EOQ_i 를 기준으로 거의 차이가 없기 때문이다. 또한 중앙분배센터의 발주정책은 기본적으로 품질발생확률을 극소로 하는 것이며 이는 지역분배센터*i*로부터의 발주시 그 발주량이 EOQ_i 가 될 수 있도록 보장하는 것이다. 그러나 수요의 분산에 의하여 지역분배센터가 언제 재주문점에 도달할 것인지는 확실하지 않기 때문에 지역분배센터로부터의 발주시기에 대한 변동가능성은 다소 크다고 할 수 있다. 현재시점을 단위기간 t 의 끝시점이라 하고

T = 중앙분배센터의 다음 발주가 있을 것으로 계획된 단위기간

Q = 중앙분배센터의 다음 발주량

이라고 하자. 만약 지역분배센터들로부터의 발주시기에 대한 변동이 없다면 중앙분배센터는 $(t, T+L]$ 기간동안의 발주에 대해서는 $IP(t)$ 로 총당하며 단위기간 $T + L + 1$ 이후의 일련의 발주에 대해서는 Q 로서 총당하도록 하는 것이 중앙분배센터의 재고부담을 최소로 하는 것이 된다. 즉, 단위기간 $T+L+1$ 이후의 일련의 발주를 $Order1, Order2, Order3, \dots$ 등으로 표시하고 $Order1$ 에 해당되는 지역분배센터들의 발주를 $Order1_i$ 로 표기하면, 단위기간 $T+L$ 의 끝시점에서의 중앙분배센터의 재고수준 $H(T+L)$ 은 각 $Order1_i$ 에 의한 발주량 EOQ_i 보다 작아야 한다. 뿐만 아니라 중앙분배센터의 재고수준을 최소화하기 위해서는 $Order1_i$ 들의 발생이 단위기간 $T+L+1$ 에 이루어져야 한다. 그러나 이와 같은 계획을 수립할 경우 단위기간 $T+L+1$ 이후로 예상된 지역분배센터로부터의 발주가 앞당겨지게 되면 품질이 발생하게 된다(<그림 4>의 상황 1). 따라서 품질발생확률을 줄이기 위해서는 중앙분배센터의 발주량이 도착할 시점이 모든 $Order1_i$ 들의 예상 발생시기에 비해 충분한 기간을 두고 미리 이루어지도록 하여야 한다(<그림 4>의 상황 2). 즉, 발주시점 T 는 $Order1_i$ 들이 단위기간 $T+L$ 이전에 발생할 확률이 특정치 이하가 되도록 결정되어야 한다. 엄밀히 말하면 $Order1$ 뿐만 아니라 $Order2, Order3, \dots$ 등도 단위기간 $T+L$ 이전에 발생할 수 있으므로 이들의 확률도 계산하여 품질이 발생할 확률을 구하여야 할 것이지만 이는 수행도에 비교해 볼 때 불필요하게 과도한 계산량을 요구하므로 본 연구에서는 $Order1$ 에 의한 품질발생확률만을 구하였다. $Order1_i$ 이 지역분배센터*i*들로부터의 발주에 의한 것이라고 할 때 $Order1_i$ 들이 단위기간 $T+L$ 이전에 발생할 확률, 다시 말해서 중앙분배센터의 $(t, T+L]$ 기간 중에 품질이 발생할 확률을 $\alpha(t, T+L)$ 로 표기하면 다음의 식(7)로부터 구할 수 있다.



〈그림 4〉 지역분배센터의 발주과정에 따른 중앙분배센터의 동적 발주과정

$$\alpha(T, T+L] = \sum_{n=\lfloor ip(t) \rfloor - r_p, 1}^{\infty} \pi_n^{(T+L-t)} \quad (7)$$

for $i \in \text{Order } i_1$

따라서 T 는 모든 $\text{Order } i_1$ 의 이 확률이 목표 서비스 P_B (예를 들면 5%)에 대하여 다음의 식(8)을 만족하는 단위기간 t 로 결정되어야 한다. 그렇지 않은 경우에는 다음 단위기간의 말에 다시 발주량과 발주시점결정을 위한 과정을 거치도록 한다.

$$\alpha(t, T+L] > P_B > \alpha(t, T+L-1] \quad (8)$$

이와 같은 발주계획 수립은 다음과 같은 동적인 방법에 의하여 이루어진다.

중앙분배센터의 동적 발주시점 결정방법

[단계 1] 초기화 단계

매 단위기간 t 가 끝나는 시점에서 각 지역 분배센터의 재고 수준과 수요율을 바탕으로 발주시기를 예측하고 발주량은 해당 지역 분배센터의 경제적 주문량으로 예측한다.

[단계 2] 발주계획 수립단계

Q 로서 충당할 지역분배센터로부터의 일련의 발주들 중 가장 처음 발생할 것으로 예상되는 발주 $\text{Order } 1_i$ 에 대해서 이 발주에 해당되는 $\text{Order } 1_i$ 들이 단위기간 $T + L$ 이전에 발생할 확률을 구하고 이 값이 목표치 이상인 지역분배센터가 1개라도 발생할 경우 [단계 3]으로 간다. 그렇지 않은 경우 새로운 발주에 대한 고려를 단위기간 $t+1$ 의 말로 연기하고 [단계 2] 로

간다.

[단계 3] 안전인도기간(safety lead-time) 적용 단계

단위기간 $t+L+1$ 이후의 지역분배센터들로부터의 발주들에 대한 기대발주량을 바탕으로 PPB기법을 이용하여 발주량 Q 를 결정한다.

4. 지역분배센터가 정기주문방식을 따를 경우의 발주방안

4.1 지역분배센터의 발주과정

이 절에서는 지역분배센터의 발주가 정기주문방식인 경우를 고려한다. 이 경우 지역분배센터의 발주시점은 확정적이며 발주량은 발주시기와 재고수준에 따라 가변적이다. 어떤 단위기간 t 의 말에 지역분배센터 i 의 발주점이 되었다면 t 단위기간에서의 발주량은 다음 식과 같다.

$$q_i(t) = \lambda_i (I_i + TBO_i) - h_i(t) + s_i$$

(여기서 안전재고량 s_i 는 여러 가지 기준에 의해 설정될 수 있으므로 본 연구에서는 이에 대한 고찰은 생략하기로 한다.)

그러나 중앙분배센터의 보유재고량 $H(t)$ 가 $q_i(t)$ 보다 작은 값이라면 지역분배센터는 재주문점에 의한 주문방식의 경우와 마찬가지로 다음의 두 가지 발주대안 중 하나를 선택할 수 있다.

〈발주대안 1〉 중앙분배센타의 보유재고량 $H(t)$ 만큼만 주문한다.

〈발주대안 2〉 발주를 단위기간 $t + TBO_i$ 가 끝나는 시점으로 보류한다.

〈발주대안 1〉을 선택하는 경우, 〈발주대안 2〉를 선택하는 경우보다 발주비 및 재고비용이 더 크게 발생하지만 품질비용이 감소하기 때문에 적절한 비용분석이 필요하다. 즉, 〈발주대안 1〉을 선택할 경우 〈발주대안 2〉를 선택하는데 비해 1 차례의 발주비용과 $(t + l_i + 1, t + l_i + TBO_i)$ 기간동안의 재고비용이 더 발생하는 데 반해 단위기간 $t + l_i + TBO_i$ 까지의 품질비용이 적게 발생한다. 〈발주대안 1〉을 선택할 경우 다음 발주량이 도달하는 시점을 t^* 라 표기하면 다음과 같다.

$$t^* = TBO_i + l_i$$

따라서, 각 발주대안에 따른 관련비용 $TC1_i, TC2_i$ 은 식(9), 식(10)과 같다.

$$\begin{aligned}
 TC1_i = & (t, t+l_i] \text{ 구간의 기대재고비용 및 기대품질비용} + (t+l_i+1, t^*] \\
 & \text{구간의 기대재고비용} + 2\text{회 발주비용} \\
 = & ch_i \left\{ h_i(t) - \lambda_i \frac{l_i}{2} \right\} l_i \\
 & + ch_i \left\{ \theta - \lambda_i \frac{(t^* - t + l_i)}{2} \right\} (t^* - t + l_i) \\
 & + cb_i \sum_{n=h_i(t)}^{\infty} \{ n - h_i(t) \} \pi_{(n)}^{t+l_i} \\
 & + cb_i \sum_{n=\theta}^{\infty} (n - \theta) \pi_{(n)}^{t+l_i} \\
 & + 2cs_i
 \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
 \text{여기서 } \theta = & h_i(t+l_i) \text{의 기대치} \\
 = & rp_i - \lambda_i l_i + H(t)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TC2_i = & (t, t^*] \text{ 구간의 기대재고비용 및 기대품질비용} + \\
 & 1\text{회 발주비용} \\
 = & ch_i \left\{ \frac{h_i(t)}{2} \right\} \left\{ \frac{l_i}{\lambda_i} \right\} \\
 & + cb_i \sum_{n=h_i(t)}^{\infty} \{ n - h_i(t) \} \pi_{(n)}^{t+l_i} \\
 & + cs_i
 \end{aligned} \tag{10}$$

〈발주대안 1〉을 선택할 경우의 기대비용과 〈발주대안 2〉를 선택하는 경우의 기대비용의 차, ΔTC 는 식(11)로 얻어진다.

$$\Delta TC = TC1_i - TC2_i \tag{11}$$

따라서 이 값이 양이면 〈발주대안 2〉를 선택하고 음이면 〈발주대안 1〉을 선택하여야 한다.

4.2 중앙분배센타의 발주과정

중앙분배센타의 발주과정은 지역분배센타의 주문방식이 주문점에 의한 주문방식인 경우와 마찬가지로 PPB기법을 개선하여 적용한다. 지역분배센타의 주문방식이 정기주문방식인 경우에는 지역분배센타들로부터의 발주시점은 변동하지 않으나 발주량은 확률적으로 변동하게 된다. 앞 절과 마찬가지로

T = 중앙분배센타의 다음 발주가 계획된 단위기간

Q = 계획된 다음 발주량

이라고 하면 중앙분배센타는 $(t+1, T+L)$ 기간동안의 지역분배센타로부터의 발주에 대해서는 $IP(t)$ 로 총당하며 단위기간 $T+L+1$ 이후의 일련의 발주에 대해서는 Q 로서 총당하도록 하는 것이 중앙분배센타의 재고부담을 최소화 하는 것이 된다. 즉, O^A = 단위기간 $T+L+1$ 이후에 Q 로서 총당하게 될 일련의 발주들의 집합이라고 하고 O^A 에 속한 발주 중 첫 번째 발주를 $Order1$ 이라고 하면 단위기간 $T+L$ 의 끝나는 시점에서의 중앙분배센타의 재고수준 $H(T+L)$ 는 $Order1$ 에 의한 발주량보다 작아야 한다. 즉, $O^B = (t+1, T+L)$ 기간동안 발생할 일련의 발주들의 집합이라고 하면 O^B 의 발주들에 의한 발주량의 합 $\leq IP(t) < O^B$ 의 발주들에 의한 발주량의 합 + $Order1$ 에 의한 발주량이 되어야 한다. 그러나 이 경우 O^B 에 속한 발주들의 발주량이 예상보다 증가된다면 $(T, T+L)$ 구간에 중앙분배센타의 품질이 발생할 수 있다. 따라서 발주가 이루어질 단위기간 T 는 O^B 의 발주들에 의한 품질발생확률이 목표치 이하가 되도록 하고 중앙분배센타가 발주를 T 가 아닌 $T+1$ 로 한 단위기간 연기할 경우 O^B 의 발주들과 $Order1$ 에 의한 품질발생확률이 목표치 이상이 될 수 있도록 결정되어야 한다. O^B 에 속한 발주들의 개수가 적을 때에는 이러한 확률을 정확하게 계산할 수 있겠지만 그렇지 않은 경우 정확한 계산은 매우 복잡하므로 현실적인 의미가 없어진다. 따라서 본 연구에서는 O^B 의 발주들에 의한 발주량 기대치와 분산을 매개변수로 하여 정규분포로 근사화하여 이 확률을 추정하였다.

지역분배센터의 수요패턴이 포외송분포를 따르는 경우 정규분포 근사화를 위한 O^B 의 기대발주량 $E[O^B]$ 과 분산 $V[O^B]$ 는 식(12), 식(13)과 같다.

$$E[O^B] = \sum_{Order B_i \in O^B} Order B_i \text{의 평균 발주량} \quad (12)$$

$$V[O^B] = \sum_{Order B_i \in O^B} Order B_i \text{의 평균 발주량} \quad (13)$$

(여기에서 $Order B_i = O^B$ 에 해당되는 지역분배센터 i 들의 발주)

따라서 현 단위기간 t 에서의 중앙분배센터의 $(T, T+L]$ 구간에 품질이 발생할 확률을 $\alpha(T, T+L]$, $(T, T+L+1]$ 구간에 품질이 발생할 확률을 $\alpha(T, T+L+1]$ 로 표기하면 다음의 식(14), 식(15)로 구할 수 있으며 이에 대한 구체적인 값은 표준 정규분포표로부터 구할 수 있다[11].

$$\alpha(T, T+L] = Pr\{E[O^B] > H(t)\} \quad (14)$$

$$\alpha(T, T+L+1] = Pr\{E[O^B + Order1] > H(t)\} \quad (15)$$

식(14), 식(15)에 의해 중앙분배센터의 발주시기 T 는 식(16)을 만족하는 단위기간 t 로 결정되어야 한다.

$$\alpha(T, T+L] < P_B < \alpha(T, T+L+1] \quad (16)$$

위와 같은 조건을 만족하는 발주계획은 다음과 같은 동적인 방법에 의해 이루어질 수 있다.

중앙분배센터의 동적 발주시점 결정방법

[단계 1] 초기화 단계

매 단위기간 t 가 끝나는 시점에서 각 지역 분배센터의 재고 수준과 수요율, 그리고 발주시간 간격에 대한 자료를 바탕으로 지역분배센터들로부터의 발주시기를 조사 하고 각 발주시기에서의 기대발주량을 예측한다. 즉, 지역분배센터 i 로부터의 발주시기가 단위기간 t 이후 k 개의 단위 기간이 지난 후라면 그때의 기대발주량은 다음과 같다.

$$\lambda_i (t_i + TBO_i) - [h_i(t) - k \lambda_i] + s_i$$

[단계 2] 발주계획 수립단계

$IP(t)$ 로 $t+L$ 기간동안의 지역분배센터들로부터의 발주량을 감

당하지 못할 확률을 구하고 이 값이 목표치 이상이면 [단계 3]으로 간다. 그렇지 않은 경우 발주에 대한 고려를 단위기간 $t+1$ 의 말로 연기하고 [단계 2]로 간다.

[단계 3] 안전인도기간 적용단계

단위기간 $t+L+1$ 이후의 지역분배센터들로부터의 발주들에 대한 기대발주량을 바탕으로 PPB기법을 이용하여 발주량 Q 를 결정한다.

5. 모의실험 및 분석

5.1 모의실험 개요

본 논문에서 제시한 개선된 DRP기법과 기존연구와의 수행도 비교를 위하여 수치실험을 실시하였다. 기존연구의 수행은 지역분배센터는 전통적인 발주기법인 재주문점에 의한 발주방식과 정기주문 발주방식을 적용하며 발주과정상 지역분배센터는 중앙분배센터에서 품질이 발생할 경우 현 재고량에 관계없이 back-order 처리하였다. 중앙분배센터는 전통적인 발주기법인 PPB기법을 적용하여 발주계획을 수립하였다. 또한, 발주과정은 자체의 수요율을 해당 사이클 기간동안의 각 지역분배센터의 수요율을 합성, 하나의 모수로 가정하여 도출하였으며 계획기간중의 지역분배센터의 상황변화는 고려하지 않고 수행하였다. 제시된 기법의 수행은 기존연구와 동일한 발주방식을 적용하되 발주과정상 지역분배센터는 중앙분배센터의 품질발생시 비용분석을 통하여 중앙분배센터의 현 재고량을 발주할 것인가, 충분한 재고가 보충될 때까지 발주를 연기할 것인가를 결정하도록 하였다. 중앙분배센터의 경우는 기존연구와 같은 PPB기법을 적용하지만 계획사이클 기간중의 각 지역분배센터의 동적인 상황을 매 단위기간마다 체크하여 계획기간중에도 계획을 수정할 수 있도록 하였다. 모의실험은 기존연구와 제시된 기법의 수행도 비교의 공정성을 위하여 시스템의 최대품질허용확률(본 연구에서는 P_B 로 정의됨)이 동일하게 될 때까지 시스템 내에 안전재고 및 안전인도기간을 부가하였다. 수치실험을 위한 대상은 평균수요율과 인도기간이 상이한 10개의 지역분배센터와 이들에게 물품을 공급하는 1개의 중앙분배센터로 이루어진 물류시스템을 고려한다. 각 지역분배센터의 평균수요율과 인도기간은 <표 1>과 같다. 중앙분배센터 및 지역분배센터들의 재고관련비용과 중앙분배센터의 인도기간은 <표 2>와 같다.

〈표 1〉 각 지역분배센터의 수요패턴 및 인도기간

지역분배센터	평균수요	표준편차	인도기간
1	64/기간	8/기간	3기간
2	88	10	2
3	107	11	3
4	64	8	3
5	51	7	2
6	64	8	3
7	42	6	2
8	88	10	3
9	64	8	3
10	64	8	2

〈표 2〉 비용 및 인도기간

단위 : 백원

비용(원) 센터	C_H & ch_i	C_S & cs_i	C_B & cb_i	L
지역분배센터	0.3	400	5	
중앙분배센터	0.2	800	5	4기간

시뮬레이션 기간은 150 단위기간으로 하였으며 이중 앞 15 기간은 준비기간으로서 제외 시켰다. 수행척도로는 모의실험 기간동안의 재고와 관련된 총비용(재고유지비용, 발주비용, 품질비용)을 비교하였으며 민감도분석을 위하여 수요분포, 추정 수요율 오차, 중앙분배센터의 생산자에 대한 인도기간, 중앙분배센터의 최대품질허용확률(P_B) 등을 모수로 하여 시스템의 전반에 이들이 미치는 영향을 조사하였다.

5.2 결과분석

지역분배센터가 재주문점에 의한 발주방식과 정기주문발주방식을 행하는 경우를 대상으로 전통적으로 이용되어온 통계적기법과 본 연구에서 제시한 발주기법을 적용, 모의실험을 통해 총비용을 비교하였다. 실험을 통해 얻어진 총비용의 결과는 〈표 3〉과 같다. 〈표 3〉에 의하면 기존연구에 비하여 본 연구에서 제시한 개선된 발주기법이 약 5% 정도의 총비용이 절감되는 것으로 나타났다. 기존연구의 경우 중앙분배센터는 지역분배센터의 수요를 변동에 따른 발주시점 이동 및 발주량의 변화에 개별적으로 대응하지 않고 해당 계획기간중의 평균기대수요량만을 기준으로 발주계획을 세운 결과로 각 지역분배센터의 동적인 상황(발주시점의 이동 또는 발주량의 변화)에

〈표 3〉 전산모의 실험결과(총비용)

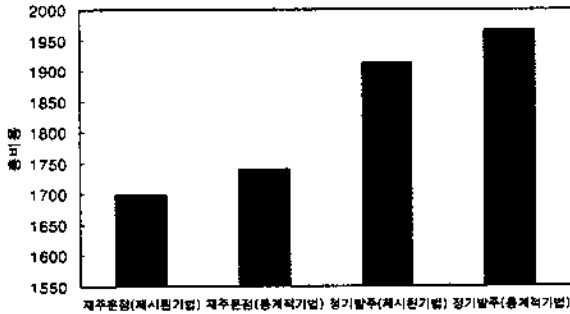
단위 : 만원

시스템 특성 실험	지역분배센터의 발주형태								
	실험 횟 수	재주문점에 의한 발주방식				정기주문 발주방식			
		제시된 기법		통계적 기법		제시된 기법		통계적 기법	
		RDCs	CDC	RDCs	CDC	RDCs	CDC	RDCs	CDC
1	1699.5	526.7	1763.7	586.4	1910.3	543.1	1969.5	628.6	
2	1695.5	511.6	1747.2	571.5	1917.3	521.5	1969.9	608.2	
3	1695.2	492.2	1712.3	587.8	1913.2	521.1	1965.0	619.5	
4	1697.4	531.8	1734.7	586.4	1912.9	563.5	1960.4	653.9	
5	1706.8	519.6	1737.8	586.4	1912.8	571.3	1969.2	624.7	
6	1707.5	516.6	1714.3	596.8	1905.2	522.9	1964.2	623.0	
7	1692.2	519.4	1764.6	597.6	1915.7	562.8	1960.1	617.3	
8	1703.4	519.1	1739.9	601.2	1912.9	566.4	1960.9	626.6	
9	1693.5	511.7	1763.0	575.2	1918.3	532.2	1966.5	632.0	
10	1696.3	522.2	1736.1	578.6	1907.7	526.9	1963.6	619.6	
평균	1698.8	517.13	1739.6	586.8	1912.7	543.2	1965.0	625.3	
표준편차	5.44	10.13	16.31	9.27	3.86	19.70	3.58	11.40	

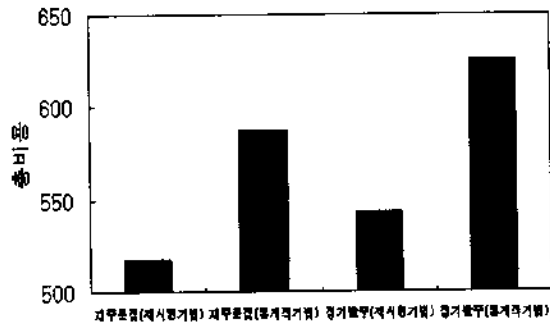
효과적으로 대처 하지 못함으로써 과다한 안전재고를 보유하게 되고 결과적으로 총비용이 증가하여 발생하였다. 반면 본 연구에서 제시한 기법에서는 중앙분배센터가 각 지역분배센터의 동적인 상황을 단위기간 마다 연속적으로 관찰하고 상황변화에 적극적으로 대응한 결과로 과다한 안전재고 보유를 방지할 수 있었다. 참고로 전반적인 결과로 볼 때 지역분배센터가 재주문점에 의한 발주방식을 적용하는 경우가 더 경제적인 것으로 나타났다. <그림 5>, <그림 6>에 시스템내의 최대품절허용확률(P_B)를 10%로 유지하였을 때의 비용을 지역분배센터와 중앙분배센터로 구분하여 제시하였다. 제시된 기법과 기존 연구와의 수행도를 비교해보면 지역분배센터는 제시된 기법이 약 2-3%정도 기존연구에 비해 비용이 절감된 반면 중앙분배센터는 13%가량 절감되는 것으로 나타났다.

기 때문으로 분석된다.

다양한 상황변화에 따른 시스템의 수행도를 분석하기 위하여 민감도분석을 실시하였다(단, 민감도분석에서는 지역분배센터의 비용과 중앙분배센터의 비용을 합산한 시스템내의 총비용을 비교한다). <그림 7>은 지역분배센터의 수요패턴의 변화에 따른 수행 결과이다.

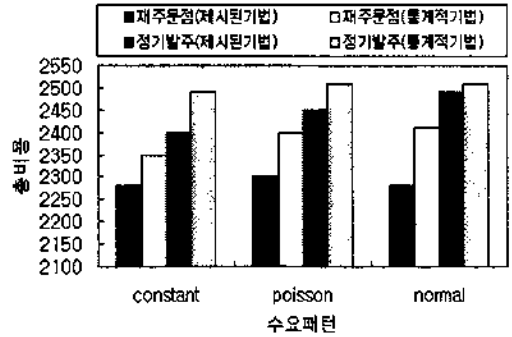


<그림 5> 지역분배센터의 총비용

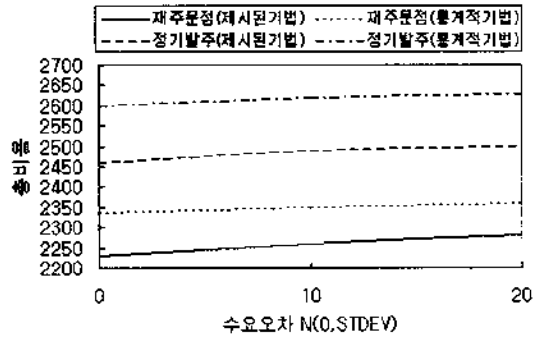


<그림 6> 중앙분배센터의 총비용

비용결과에서 중앙분배센터에서 절감폭이 더 큰 이유는 기존연구의 경우 지역분배센터들의 상황변동에 대처하기 위하여 중앙분배센터에 과중한 안전재고 부담을 준 반면 제시된 기법에서는 각 지역분배센터의 상황을 연속적으로 관찰하고 개별적으로 대처함으로써 필요시 적시에 안전인도기간을 적용하였



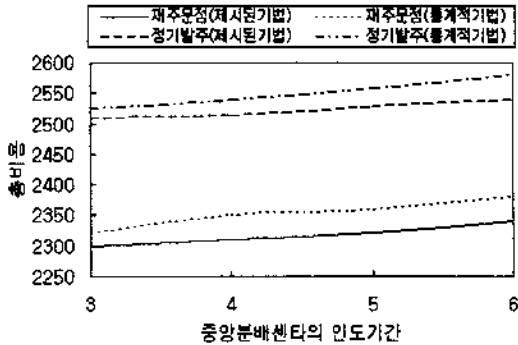
<그림 7> 수요패턴에 따른 총비용



<그림 8> 수요오차에 따른 총비용

수요패턴은 constant, poisson분포, normal분포에 대하여 수행하였다. 여기에서는 constant 수요발생의 경우가 수요의 확실성에 의하여 기존연구나 제시된 기법 모두에서 가장 낮은 총비용을 나타내고 있다. 또한, 제시된 기법이 기존연구에 비하여 낮은 비용결과를 보였다. 수요패턴이 poisson분포나 normal분포를 따를 경우에도 제시된 기법이 수요편차에 따른 지역분배센터의 동적인 상황에 효과적으로 대처함으로써 비용이 절감되는 것을 알 수 있다. <그림 8>은 지역분배센터에서의 소비자 예측수요에 오차를 추가하였을 경우의 총비용 결과이다. 오차는 constant인 평균예상수요에 $N[0, \sigma]$ (여기에서 $\sigma=0, 10, 20$ 으로 부여한다.)의 오차를 가지는 정규분포로 가정하여 부

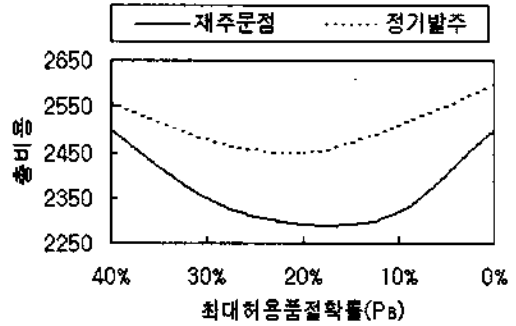
여하였다. 수요의 오차는 지역분배센터의 안정된 발주과정을 방해하게 되고 결국, 지역분배센터에 물품을 공급하는 중앙분배센터에는 더욱 민감한 영향을 미치게 된다. 오차가 커질수록 시스템 모두에서 비용이 증가하는 것으로 나타났으며 여기에서도 제시된 기법이 수요오차에 적절히 대응하는 것을 알 수 있다.



〈그림 9〉 중앙분배센터의 생산자에 대한 인도기간에 따른 총비용

〈그림 9〉는 중앙분배센터의 생산자에 대한 인도기간의 변화에 따른 시스템내의 총비용 결과를 나타낸다. 중앙분배센터의 생산자에 대한 인도기간은 인도기간이 커질수록 인도기간 내의 지역분배센터의 동적인 상황변화의 여건이 더욱 커진다는 의미로 볼 때 매우 중요한 요소이다. 결과로부터 인도기간이 커질수록 시스템내의 총비용은 증가하는 것을 알 수 있다. 또한, 제시된 기법이 중앙분배센터의 인도기간중의 지역분배센터의 동적인 상황변화에 효과적 대처함으로써 총비용이 더욱 절감되는 것으로 나타났다.

〈그림 10〉은 최대허용품질확률(P_B)의 변화에 따른 제시된 기법의 수행도 결과이다. 중앙분배센터의 최대허용품질확률은 소비자를 직접 상대하게 되는 지역분배센터의 수행도에 직접적인 영향을 미치게 된다. 즉, 중앙분배센터에서의 품질발생은 곧바로 지역분배센터에서의 품질을 유도하기 때문에 중요한 요소로 다루어 져야 한다. 〈그림 10〉에서 보면 P_B 가 40%로 높게 잡힌 경우에는 높은 품질발생으로 인하여 총비용이 높아짐을 알 수 있다. P_B 가 낮아짐에 따라 총비용이 점차 줄다가 제주문점방식인 경우에는 15%, 정기발주방식인 경우에는 20% 수준을 기점으로 총비용이 또다시 증가하는 것을 볼 수 있다. 즉, P_B 를 높게 잡을 경우에는 품질발생이 과다하게 발생하므로써 비용이 증가하게 되고 P_B 를 낮게 잡을 경우에는 과다



〈그림 10〉 제시된 기법에서의 중앙분배센터의 최대허용품질확률(P_B)의 변화에 따른 총비용

한 안전재고유지로 비용이 증가하게 된다. 따라서 최대허용품질확률(P_B)은 시스템의 유지비용과 품질비용등의 제비용에 따라 적절하게 세워져야 한다.

6. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 지역분배센터의 수요발생에 따른 분배시스템의 동적인 상황변화에 빠르게 대응하면서 전체 시스템의 총비용을 최소화 할 수 있는 다단계분배시스템에서의 동적 발주기법을 제시하였다. 제안된 발주기법은 중앙분배센터가 지역분배센터의 수요율에 따른 상황변화를 미리 예측하여 발주시기와 발주량의 변화에 따른 품질발생확률을 통제하는 기법을 적용하여 지역분배센터의 수요변화에 동적으로 대응하는 방식을 구현하였다. 모의실험결과 순수한 통계적기법을 적용한 기존 연구에 비하여 본 연구에서 제시한 개선된 발주기법이 우수함을 보였다. 이와 같은 결과를 통하여 보건의 확률적인 수요분포를 따르는 실제 시스템에서 수요변동에 대하여 수리적해석을 통한 수요모수 처리는 동적인 상황변동에 적극적으로 대처하지 못함으로써 과다한 비용증가를 가져오게 된다. 결론적으로, 다단계분배시스템에 있어서의 물류관리는 시스템내의 센터들간의 종속성과 동적인 상황변화동의 여건에 의하여 최적의 발주정책을 찾기에 상당한 어려움이 따른다. 상위단계에서의 발주과정은 하위단계에서의 발주과정에 직접적인 영향을 미치게 되기 때문에 시스템 전체의 최적 방안을 찾지 않으면 안된다. 따라서 다단계분배시스템에 있어서의 발주과정은 모든 단계들의 종속관계를 정확히 파악하여 연계적으로 수립함이 타당하다. 추후 연구과제로는 수평적 제품유통이 허용된 다단계분배시스템에 있어서의 동적 발주계획 수립방안이 될 수

있다.

【참고문헌】

- [1] 장응남, "물류개선을 위한 DRP시스템에 관한 연구," 경영과학, 제 11권 1호, pp. 73-90, 1994.
- [2] Bookbinder, James H. & Donald B. Heath., "Replenishment Analysis in Distribution Requirements Planning," Decision Science, Vol. 19, pp. 477-489, 1988.
- [3] _____ & Wendy Lynn., "Impact on A Trucking Company of A Customer's Use of Distribution Requirements Planning," J. of Business Logistics, Vol. 7, No. 2, pp. 47-63, 1986.
- [4] Bregman, Robert L., "Enhanced Distribution Requirements Planning," J. of Business Logistics, Vol. 11, No. 1, pp. 49-68, 1990.
- [5] Colin, New., "Safety Stocks for Requirements Planning," Production & Inventory Management, 2nd Qtr, pp. 1-18, 1975.
- [6] Collins, Robert S. & D. Clay Whybark., "Realizing The Potential of Distribution Requirements Planning," J. of Business Logistics, Vol. 6, No. 1, pp. 53-645, 1985.
- [7] Ho, Chrwan-jyh., "An Examinations of Distribution Resource Planning Problem: DRP System Nervousness," J. of Business Logistics, Vol. 13, No. 2, pp. 125-151, 1992.
- [8] Martin, Andre J., Distribution Resource Planning - Distribution Management's Most Powerful Tool, Oliver Weight Limited Publications, 1983.
- [9] Masters, James M., Greg M. Allenby, Bernard J. LaLonde

& Arnold Maltz., "On the Adoption of DRP," J. of Business Logistics, Vol. 13, No. 1, pp. 47-66, 1992.

- [10] Stenger, Alan J. & Joseph L. Cavinato., "Adaption MRP to The Outbound Side DRP," Production & Inventory Management, 4th Qtr, pp. 1-13, 1979.
- [11] Tersine, Richard J., Materials Management & Inventory Systems, American Elsevier Publishing Co, New York, 1976.



유영준

1995년 대전산업대학교 산업공학과 공학사

1997년 동국대학교 산업공학과 공학석사

현 재 동국대학교 산업공학과 박사과정

관심분야 물류관리, 시뮬레이션 응용



이종태

1981년 서울대학교 산업공학과 공학사

1983년 한국과학기술원 산업공학과 공학석사

1990년 U.C. Berkeley 공학박사

현 재 동국대학교 산업공학과 부교수

관심분야 CIM, 신경망응용, Production Scheduling, 물류관리, 시뮬레이션 응용