

DRP 시스템에서 생산지의 생산능력을 고려한 통합발주계획†

유영준 · 이종태

동국대학교 산업공학과

Integrated Order Scheduling with Limited Production Capacity of Multiple Producers in Distribution Requirement Planning Systems(DRPs)

Yeong-Joon Yoo · Jong-Tae Rhee

This paper presents an integrated order scheduling method with the improved DRP concept for multi-echelon distribution system that has the constraint of limited production capacity of producers. The proposed method reflects the dynamic characteristics of inventory level changes in the regional and central distribution center. The simulation is done with two models : the traditional DRP method and the proposed method presented in this paper. From the results, the latter is more efficient than the former in cost, customer's service level as well as balanced production load on each producer.

1. 서론

오늘날 기업경영에 있어서 물류관리는 제품생산의 생산활동과 분리하여 생각할 수 없는 중요한 분야로 인식되었다. 제품의 가격, 서비스 차별화 등의 내용이 바로 물류관리와 직접적으로 연관되어 있기 때문에 기업경영에 있어서도 체계적이고 지속적인 물류관리가 크게 요구되고 있다. 이에 따라 최근의 기업들은 생산성 향상에서 제품의 가격 및 고객에 대한 서비스만족으로 그 목표를 바뀌어가고 있는 실정이다. 물류적인 측면에서 기업 외적인 환경을 살펴보면 소비자의 요구를 충족시키기 위해서 다품종 소량생산 방식으로 전환됨에 따른 주문-인도 기간의 단축필요성과 소량다빈도 운송 등에 의한 물류비의 상승이 문제점으로 대두되고 있다. 이러한 현실적인 문제를 해결하기 위한 방안으로 최근에는 제품을 적시에 공급하기 위하여 생산지에서 소비자에 이르기까지 여러 단계의 분배센터들로 구성된 다양한 다단계분배시스템들이 대두되고 있다. 이러한 다단계분배시스템에 대한 물류관리의 기본적인 틀로서는

DRP 기법이 제시되어 최근 활발한 현장적용이 이루어지고 있다.

DRP는 적시에 수요를 만족시킬 수 있는 물류 공급계획을 수립하기 위한 기법으로서 소비자의 요구에 직접 대응하는 지역분배센터와 지역분배센터에 물품을 공급하는 중앙분배센터의 종속적이고 동적인 요구물류관계를 파악함으로써 적시공급을 위한 발주시기를 결정하게 되는 과정을 체계화한 것이라 할 수 있다(Martin, 1983).

결국 DRP는 JIT의 개념에 따라 소비자의 요구를 적시에 만족시키는 개념으로서 어떤 하나의 물류네트워크 단계에서 상위 단계에 언제 어느 정도의 양을 주문할 것인가의 의사결정 문제이다. 지금까지 연구되어온 DRP의 연구분야를 분류해보면 <표 1>과 같이 분배센터의 구조에 의해 1 단계의 단일분배센터인 경우와 2단계 이상의 다단계분배센터인 경우로 구분할 수 있다. 이는 또한 지역분배센터에서의 소비자 수요발생의 특성에 따라 확실수요와 불확실수요인 경우로 세분하여 구분할 수 있다.

DRP 기법은 1970년대부터 다단계분배시스템에 적용되기 시작하여 1975년 Whybark(1985)은 다단계생산시스템에서의

† 본 연구는 동국대학교 논문게재 연구비 지원으로 이루어졌음.

표 1. DRP의 연구분야 구분

구조 수요	1단계	다단계	다단계 (생산지 고려)
확실 수요	Bregman(1990) Bagchi(1989)	Martin(1983) Collins & Whybark(1985) 장용남(1994)	
불확 실 수요	Stenger & Cavinato(1979) Colin(1975)	Bookbinder & Heath(1988) Ho(1992) Bookbinder & Wendy(1986) 유영준 & 이종태(1998)	본 연구

물류흐름의 반대되는 개념으로서 다단계분배시스템을 제안하였다. 그 후 Stenger와 Cavinato(1979)는 Whybark(1975)의 아이디어를 DRP의 개념으로 확대하였는데 여기에서 그들은 만약 분배센터의 예측수요가 정확하다면 DRP는 분배네트워크 상에서의 안전재고를 감소시킴으로써 총비용을 감소시킬 수 있음을 제안하였다. 그 후로 DRP적용상의 잠재적인 이점이 계속해서 연구되어 왔는데 Martin(1983)은 DRP 기법의 일반적인 적용방법 및 수송계획, 자본계획, 예산에 이르기까지의 광범위한 범위에서의 적용 가능성까지 제시하였다. DRP 개념하에서의 최적 발주기법에 관한 연구 또한 계속해서 진행되어 왔는데 Bookbinder와 Heath(1988)는 다양한 발주기법(lot-sizing rule)과 관련 모수로 결합된 시스템을 대상으로 각 발주기법간의 우수성을 비교 평가하였고 Bregman (1990)은 DRP 기법의 적용시 문제가 되고 있는 재고유지비용과 수송비용간의 상충관계를 고려하여 분배센터의 저장능력과 자원 수송능력의 제약하에 최적의 발주정책을 제시하였다. 또한 유영준과 이종태(1998)는 다양한 모수의 불확실한 수요 상황에 동적으로 대응할 수 있도록 전통적인 발주기법인 경제적 발주량기법(EOQ)과 경제적 발주기간기법(EOI)을 개선한 동적 발주기법을 제시하였다.

이상의 DRP에서의 최적발주기법에 관한 기존연구에서는 대부분 생산지의 생산능력이 무한하다는 가정하에 분배센터들간의 최적 발주정책에만 연구가 진행되어 왔다. 그러나 현실적으로 생산지의 생산능력은 무한하지 않으며 생산지의 생산능력의 제약이 분배 네트워크 전체의 분배계획에 결정적인 영향을 미친다는 점을 제고해 볼 때 생산지의 생산능력을 실질적으로 반영하는 것이 타당하다 하겠다. 또한 생산지도 전체적인 분배시스템의 일부분으로 볼 때 각 생산지의 생산계획 관리를 통한 생산비용 감축 또한 중요한 관리 대상으로 다루어져야 하겠다.

본 연구에서는 다수의 생산지로부터의 공급이 가능한 다단계분배시스템을 대상으로 생산지의 생산능력에 제약이 있을 경우의 지역분배센터와 중앙분배센터의 발주과정상의 상호 연계적인 특성을 고려한 통합발주기법을 제시한다.

연구대상 모형은 <그림 1>과 같이 생산능력이 유한한 L개의 생산지와 생산지로부터 물품을 공급받아 지역분배센터로 공급하는 M개의 중앙분배센터, 중앙분배센터로부터 물품을 공급받아 소비자의 수요에 대응하는 N개의 지역분배센터로 이루어진 다단계분배시스템이다. 본 연구에서는 각 분배센터들의 발주과정은 해당 분배센터의 소비자수요 및 재고수준의 변화에 따라 동적으로 수정이 가능한 것으로 하였다. 특히 중앙분배센터의 경우 생산지로 발주하는 과정에 있어서 발주할 생산지의 재고수준, 생산능력의 제약 및 전체 생산지의 생산능력에 따라 발주할 생산지의 변경이 가능토록 하였다.

제안된 발주기법은 지역분배센터와 중앙분배센터로 나누어 개발하였으며 마지막 절에서는 수행도 측정으로 시스템 전체의 물류관련 총비용, 서비스수준 및 생산지의 재고회전률 등을 수행척도로 하여 모의실험을 통해 비교하였다.

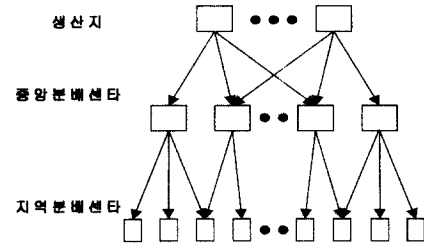


그림 1. 다단계 분배시스템.

2. 대상 모형

본 연구에서는 <그림 1>과 같이 L개의 유한한 생산능력을 가지는 생산지와 각 생산지에 따라 거리, 수송수단, 지역적인 특성 등을 고려하여 해당 생산지로부터 물품을 공급받는 M개의 중앙분배센터 그리고 각 중앙분배센터로부터 물품을 공급받아 소비자의 요구에 대응하는 N개의 지역분배센터들로 구성된 다단계분배시스템을 연구대상으로 한다. 분배시스템에서 취급되는 제품의 종류는 여러 가지가 있을 수 있으나 본 연구에서는 독립적인 단일제품만으로 한정한다.

2.1 가정

대상모형 구현을 위한 가정은 다음과 같다.

- (1) 각 지역분배센터에서의 고객 수요는 단위기간별로 이산적이며 가변적이다. 단, 수요예측오차 ($e(t) = N[0, \sigma^2]$)를 포함한다<그림 2>.
- (2) 각 분배센터에서의 품질은 back-order 처리되며 생산지의 생산능력은 단위기간당 유한하다.
- (3) 지역분배센터 및 중앙분배센터 간의 물품의 이동은

없지만 중앙분배센터는 생산지의 재고수준 및 생산 능력조절에 따라 생산지를 변경하여 발주할 수 있다.

또한, 본 연구에서는 편의상 분배센터의 재고량변화는 각 단위기간의 말에 이루어지며 발주는 해당 기간의 시작 시점에 이루어져서 인도기간이 지난 후 해당 단위기간의 시작시점에 재고보충이 이루어지는 것으로 가정한다.

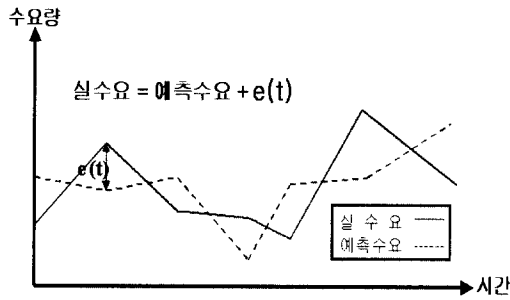


그림 2. 예측수요와 실수요의 패턴 변화.

2.2 기호

다음은 모형에서 정의된 기호이다.

- i, j : 각 지역분배센터와 중앙분배센터를 나타내는 첨자
- L_j, l_i : 중앙분배센터 j 및 지역분배센터 i 의 발주에 따른 인도기간
- P_j, p_i : 중앙분배센터 j 및 지역분배센터 i 의 인도기간 동안의 품질발생확률의 최대허용치
- $H_j(t), h_i(t)$: 중앙분배센터 j 및 지역분배센터 i 의 단위기간 t 의 시작시점에서의 보유재고량
- $\Lambda(t_1, t_2)$: 중앙 및 지역분배센터의(단위기간 시작시점 t_1 , 끝시점 t_2) 동안의 기대 수요
- $\widehat{D}_j(t), \widehat{d}_i(t)$: 중앙분배센터 j 와 지역분배센터 i 의(단위기간 t 의 시작시점, 끝시점) 동안의 소비자로부터의 기대수요
- $D_j(t), d_i(t)$: 중앙분배센터 j 와 지역분배센터 i 의(단위기간 t 의 시작시점, 끝시점) 동안의 소비자로부터의 실수요
- $Q_j(t), q_i(t)$: 중앙분배센터 j 및 지역분배센터 i 의 단위기간 t 시작시점에서의 순최적발주량
- $e_i(t)$: 지역분배센터 i 의(단위기간 t 의 시작시점, 끝시점) 동안의 수요예측오차 ($e_i(t) = N[0, \sigma^2]$)

3. 지역분배센터의 발주과정

지역분배센터의 발주는 각 단위기간의 예측수요에 의하여

이루어진다. 그러나 각 단위기간당 예측 수요는 <그림 2>처럼 예측오차를 수반하게 된다.

이러한 예측오차에 대응하기 위해 본 연구에서는 각 지역분배센터의 발주과정이 다음 두 단계의 알고리즘으로 이루어지도록 하였다.

- [단계 1] 발주시점 결정단계
- [단계 2] 발주량 결정단계

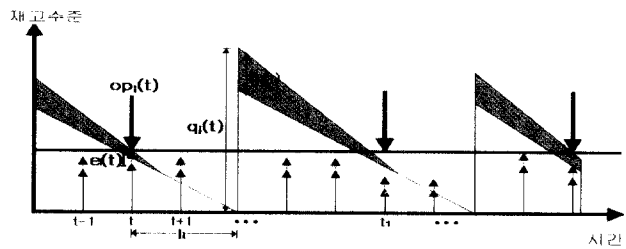


그림 3. 지역분배센터 i 의 발주과정 및 재고량 변화.

이들 두 단계에 적용되는 발주기법은 이산적이면서 단위기간별로 가변적인 수요에 적합한 silver-meal 발주기법에 수요예측오차에 동적으로 대응하도록 개선하여 적용하였다.

3.1 발주시점 결정 단계(단계 1)

지역분배센터 i 의 발주시점은 인도기간 동안의 품질발생확률을 최대허용치 p_i 이하로 유지한다는 원칙에 의해 결정한다. 즉, 지역분배센터 i 는 어떤 단위기간 t 시점에서 만약 그 때 발주하지 않고 단위기간 $t+1$ 의 시점에 가서 발주할 경우 인도기간 동안의 품질발생확률이 p_i 보다 커진다면 단위기간 t 의 시점에서 발주하는 것을 원칙으로 한다.

위의 원칙은 $(t, t+l_i)$ 동안의 지역분배센터 i 에 대한 소비자의 수요가 단위기간 t 시점의 재고량 $h_i(t)$ 보다 클 확률이 p_i 보다 크다면 발주하는 것을 의미한다<그림 3>. 다시 말하면 $h_i(t)$ 가 어떤 수준 미만이면 단위기간 t 시점에서 발주한다고 할 수 있는데 편의상 이 수준을 단위기간 t 시점에서의 재주문점이라고 하고 $op_i(t)$ 로 표기하면 식 (1)과 같다.

$$op_i(t) = \text{MAX}[x | \Pr\{\Lambda(t, t+l_i) > x\} \leq p_i] \quad (1)$$

따라서 지역분배센터 i 의 발주시점결정원칙은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

지역분배센터 i 의 발주시점 결정원칙

지역분배센터 i 는 단위기간 t 의 시작시점에서 $h_i(t) < op_i(t)$ 인 경우 발주하는 것을 원칙으로 한다. (이때의 최

적발주량은 $q_i(t)$ 가 된다.)

위의 $op_i(t)$ 는 $(t, t+l_i]$ 동안의 단위기간별 수요예측오차를 고려하여 해당기간 동안의 수요오차분포를 합성한 후 추정된 정규분포의 모수에 의해 나타낼 수 있으나 이와 관련한 세부수식 전개는 기존의 재고관리모형(Tersine, 1976)에서 쉽게 찾아볼 수 있으므로 본 연구에서는 이를 생략하기로 한다.

3.2 발주량 결정 단계(단계 2)

지역분배센터 i 가 단위기간 t 의 시작시점에서 발주할 때 발주량은 그 다음 발주시점을 결정함으로써 결정된다. 즉, <그림 3> 처럼 단위기간 t 에서 발주할 때 그 다음 발주가 단위기간 t_1 에 있다고 한다면 발주량은 $(t+l_i, t_1+l_i-1]$ 동안의 예측수요에 의해 결정된다. 지역분배센터의 발주량은 여러 가지 방법으로 결정될 수 있으나 본 연구에서는 이산적이며 가변적 수요특성에 사용이 간편하면서 효율성이 높은 것으로 알려진 silver-meal 발주기법을 개선하여 적용하였다.

silver-meal 발주기법은 각 주문사이클별로 단위기간당 총 비용을 최소화하기 위한 방법인데 여기에서 주문사이클은 재고의 보충이 이루어지는 어떤 단위기간의 시작시점에서 그 다음 재고의 보충이 이루어지는 단위기간의 바로 전 단위기간의 끝시점까지를 의미한다. 만약 단위기간 t 에서 발주할 때 그 다음 발주가 단위기간 t_1 에서 이루어진다. 해당 주문사이클은 $(t+l_i, t_1+l_i-1]$ 이 되는데 silver-meal 발주방법에 의하면 이 주문사이클은 사이클기간 동안의 단위기간당 평균비용이 증가하기 직전의 단위기간까지를 포함하도록 한다(Tersine, 1976). 또한 발주량은 다음 발주기간인 단위기간 t_1 시점에서의 재고량 $h_i(t_1)$ 이 단위기간 t_1 의 재주문점에 이르도록 계획하여야 한다. 그러나 본래 silver-meal 발주기법은 확정적인 수요상황하에서 사용되도록 개발되었기 때문에 이 재주문점은 인도기간 동안의 수요가 되어야 하지만 오차를 고려한 수요 상황하에서는 위에서 정의한 $op_i(t_1)$ 을 재주문점으로 사용하는 것이 품질 발생확률을 일정수준 이하가 되도록 하면서 전체 비용을 줄이는 방법이 된다. 따라서 발주량은 다음의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$q_i(t) = \sum_{k=t+l_i}^{t_1+l_i-1} \hat{d}_i(k) + B_i(t) + op_i(t) - h_i(t) \quad (2)$$

여기서, $B_i(t) = K \cdot \sum_{k=t+l_i}^{t_1+l_i-1} e_i(k)$, (단, K 는 품질발생확률의 최대 허용치 p_i 에 따른 계수)

단위기간 t 이후의 다음 발주기간 t_1 은 $c_i(t, t_1) = (t+l_i, t_1+l_i-1]$ 동안의 총 기대비용이라고 할 때 silver-meal 기법에 의해 다음의 식 (3)을 만족하도록 결정된다 (Tersine, 1976).

$$\begin{aligned} \frac{c_i(t, t+1)}{1} &\geq \frac{c_i(t, t+2)}{2} \geq \dots \\ &\geq \frac{c_i(t, t_1)}{t_1-t} < \frac{c_i(t, t_1+1)}{t_1+1-t} \end{aligned} \quad (3)$$

4. 중앙분배센터의 발주과정

중앙분배센터 j 의 t 시점에서의 수요는 그 시점에서의 중앙분배센터 j 로 발주하게 될 각 지역분배센터들의 발주량을 $q_{ij}(t)$ 라 하면 다음의 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$D_j(t) = \sum_{i=1}^N q_{ij}(t) \quad (4)$$

그러나 지역분배센터의 발주과정은 각 센터의 수요예측 오차에 의하여 발주시기와 발주량의 변화가 있을 수 있기 때문에 중앙분배센터의 발주계획은 이러한 변화에 동적으로 대응할 수 있도록 수립되어야만 한다. 중앙분배센터의 발주과정에 이용되는 발주기법은 지역분배센터와 동일한 발주기법인 silver-meal 발주기법을 적용하되 1회의 주문사이클 내에 발주가 이루어지고 있는 지역분배센터들의 데이터를 분석하여 예상되는 발주시점의 이동과 발주량의 변화에 동적으로 대응하도록 개선하여 적용하였다. 또한 각 중앙분배센터의 발주과정의 진행에 앞서 사전에 계획된 생산지의 이상상황(생산지의 재고부족, 생산지의 생산능력 부족 등) 발생시 동적으로 생산지를 변경할 수 있도록 하였다. 이를 위하여 중앙분배센터의 발주과정은 다음 4단계의 알고리즘으로 구성되어 있다.

[단계 1] 사전 발주계획 수립단계

[단계 2] 발주계획 동결단계

[단계 3] 납품받을 생산지의 변환단계

[단계 4] 동결기간중의 발주시점 이동처리단계

4.1 사전 발주계획 수립단계(단계 1)

중앙분배센터 j 에 대하여 현재의 단위기간을 t 라고 할 때 $T_j =$ 중앙분배센터 j 의 다음 발주가 계획된 단위기간, $Q_j =$ 계획된 다음 발주량이라고 하면 중앙분배센터는 $(t, T_j + L_j]$ 기간 동안의 지역분배센터로부터의 발주

에 대해서는 $H_j(t)$ 로 충당하며 단위기간 $T_j + L_j + 1$ 이후의 일련의 발주에 대해서는 Q_j 로서 충당하도록 하는 것이 중앙분배센터의 재고부담을 최소로 하는 것이 된다. 즉 식 (5)가 만족되어야 한다.

$$\Lambda(t, T_j + L_j) \leq H_j(t) < \Lambda(t, T_j + L_j + 1) \quad (5)$$

그러나 이 경우 $\Lambda(t, T_j + L_j)$ 가 예상보다 증가된다면 $(t, T_j + L_j]$ 구간에 품질이 발생할 수 있다(<그림 4>의 상황 1). 따라서 다음 발주가 이루어질 단위기간 T_j 는 $(t, T_j + L_j]$ 구간의 품질발생확률이 목표치 이하가 되도록 결정되어야 한다. 결과적으로 단위기간 t 시점에서 중앙분배센터 j 의 $(t, T_j + L_j]$ 구간에 품질이 발생할 확률을 $\Phi(t, T_j + L_j)$ 로 표기하면 다음의 식 (6)과 같으며 이에 대한 구체적인 값은 표준 정규분포표로부터 구할 수 있다.

$$\Phi(t, T_j + L_j) = \Pr\{\Phi(t, T_j + L_j) > H(t)\} \quad (6)$$

이것으로부터 발주기간 T_j 는 다음의 식 (7)을 만족하는 단위기간 t 로 결정되어야 한다(<그림 4>의 상황 2).

$$\Phi(t, T_j + L_j) < P < \Phi(t, T_j + L_j + 1) \quad (7)$$

발주시점이 결정된 후 발주량은 지역분배센터와 같은 방식으로 1회의 주문사이클 동안의 총 비용이 최소가 되는 기간까지의 수요량을 합성하여 결정되며 같은 방식으

로 계획기간이 진행됨에 따라 매 계획기간의 시작시점에서 마지막 계획기간까지의 사전 발주계획을 재수립한다.

4.2 발주계획의 동결(freezing)단계(단계 2)

지역분배센터로부터의 예측수요가 정확하다면 단계 1에서 계획된 발주계획대로 발주가 이루어질 수 있다. 그러나 예측수요에 오차가 발생하는 상황에서는 지역분배센터의 발주과정이 변동하고 결과적으로 중앙분배센터의 발주과정도 변화시켜야 하는 상황이 발생한다. 이러한 상황은 수요오차가 커질수록 더욱 심해지며 이에 따른 중앙분배센터의 잦은 발주계획 변경으로 인하여 이들에게 물품을 공급하는 생산자에게 생산계획을 계속해서 변화시키도록 강요하게 됨으로써 결국 전체적인 분배 네트워크상의 불안정성을 가져오게 된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 일정한 단위기간(본 연구에서는 생산자의 세부 생산계획이 수립되는 단위기간: 1개월 또는 1분기 등으로 가정) 동안은 중앙분배센터의 발주계획을 동결하는 동결기법(kadipasaoglu, 1985; Sridharan & William, 1987)을 적용하였다. 동결기법은 MRP 시스템에서의 물품소요에 대한 생산계획 수립에 있어서 상위단계의 계획수립상의 재스케줄을 줄여주기 위하여 개발된 기법(kadipasaoglu, 1985; Sridharan & William, 1987)으로서 DRP 기법의 특성상 MRP의 처리과정과 유사하므로 본 연구에서도 같은 효율을 얻을 것으로 기대된다.

동결기법의 적용은 <그림 5>와 같이 먼저 현시점인 I 단계에서 계획기간(planning horizon)의 일부기간(위에서 언급했던 생산자의 세부생산계획 수립기간) 동안의 중앙분배센터의 발주계획을 동결하고 동결된 기간 이후부터 계획기간까지는 자유롭게 지역분배센터의 발주과정의 변화에

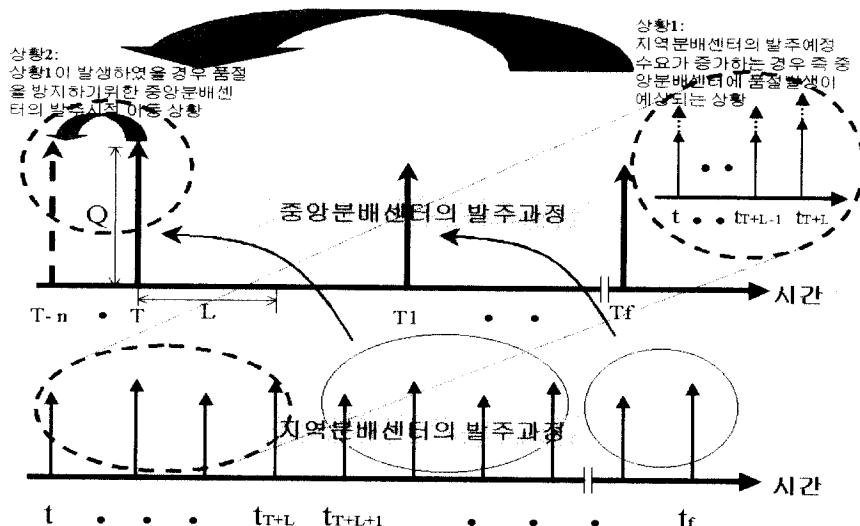


그림 4. 중앙분배센터의 동적인 사전 발주계획 수립 과정.

따라 변경이 가능하도록 하였다. 단계 I의 동결기간이 끝나는 단계 II에 이르면 단계 I에서와 같은 과정이 반복되어 수행기간 동안 지속된다. 이러한 조치를 통하여 동결된 기간중의 중앙분배센터의 발주계획은 확실하게 되기 때문에 상위단계인 생산자 측에 동결기간중의 중앙분배센터의 수요에 대하여 안정된 생산계획을 수립할 수 있도록 하는 효과를 가져온다. 하지만 동결기간중에는 지역분배센터의 발주계획 변화에 동적으로 대응하지 못함으로써 재고관련 비용(중앙분배센터에서의 과잉재고비용, 품질발생비용 등)이 증가할 요인이 되기 때문에 동결기간의 길이에 대한 세밀한 분석이 요구된다.

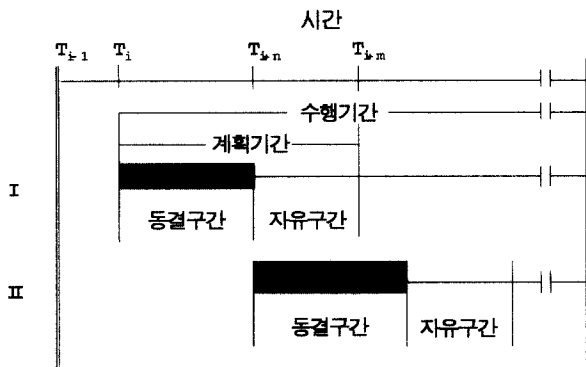


그림 5. 동결기법의 단계별 적용(kadipasaglu, 1985; Sridharan & William, 1987).

4.3 납품생산지 변환단계(단계 3)

단계 2를 통하여 수립된 발주계획에 의해 각 중앙분배센터는 생산지에 제품을 발주하게 되는데 일반적인 경우 각 중앙분배센터들은 생산지와 의 거리, 생산량, 저장능력, 이동수단, 지역적인 여건 등의 여러 가지 특성을 고려하여 사전에 발주할 생산지를 계획하게 된다. 하지만 해당 생산지의 생산능력 및 보유재고량의 제약에 의하여 발주요구에 응하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 즉, 단계 2에서의 발주계획 동결 후 각 생산지에 대한 중앙분배센터들의 발주계획은 생산지와 단위기간마다 차이가 발생하게 되고 각 생산지의 생산여력 및 보유재고 상태에 따라 계획량을 충족시키지 못하는 생산지가 발생할 수 있다. 이러한 경우 중앙분배센터에 품질이 발생하게 되고 결국 소비자의 요구에 대응하는 지역분배센터의 품질로 이어져 소비자 서비스가 떨어질 수밖에 없다. 본 연구에서는 이러한 상황에서 품질을 방지하면서 비용을 최소화하기 위하여 중앙분배센터는 <그림 6>에서 처럼 인근의 다른 생산지의 재고량 및 생산능력을 고려하여 매 계획기간의 시작시점에서 단계 2의 동결된 발주계획을 토대로 발주할 생산지를 변경할 수 있도록 하였다.

이러한 생산지 변경 조치는 단계 2에서 적용된 동결기간 내의 발주계획에 대해서만 이루어진다. 즉, 생산지의 생산능력과 동결기간 동안의 각 중앙분배센터에서 계획된 발주량은 확정적인 값으로 분석할 수 있으므로 동결기간 동안의 각 생산지의 재고량 변화를 정확히 알 수 있으며 이러한 자료를 통하여 동결기간 동안의 각 중앙분배센터의 발주계획을 매 계획기간의 시작시점에서 재수립하도록 하였다.

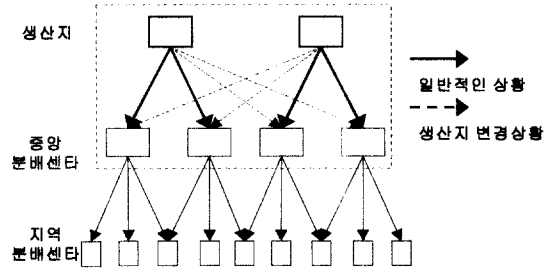


그림 6. 중앙분배센터의 납품생산지 변경.

4.4 동결기간중의 발주계획 변경 처리 단계(단계 4)

위의 단계 1~3에 의하여 조정된 발주계획은 실제 계획시점으로부터 계획기간이 진행됨에 따라 변동될 수 있다. 예를 들어 동결기간 내의 소비자의 예측수요가 변동된다면 이에 따라 사전에 계획된 지역분배센터의 발주계획이 변동되고 이는 중앙분배센터의 사전에 계획된 동결기간 내의 발주계획 또한 변경하도록 강요하게 된다.

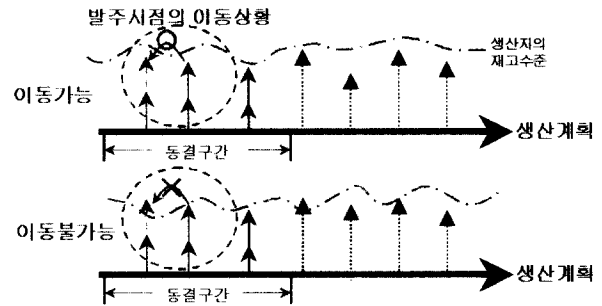


그림 7. 중앙분배센터의 발주시점 이동 여부.

본 연구에서는 이러한 상황이 발생할 경우 중앙분배센터는 남은 동결기간 동안의 생산지의 사전 계획된 예상수요량과 그 기간 동안의 해당 생산지의 계획 생산량으로 이루어진 생산지의 재고 변화의 자료를 통하여 발주계획 변경(발주시점 이동 및 발주량변화)을 결정하도록 하였다. 다시 말해서 <그림 7>과 같이 발주시점의 이동상황이 발생할 경우에 생산지의 동결구간 동안의 여유재고량이 발주계획변경으로 발생되는 수요량을 충족시킬 수 있는 경우에는 동결기간 내의 발주계획변경을 가능하게 하였다.

그러나 발주시점의 이동으로 발생하는 수요량을 여유재고량으로 충족시킬 수 없는 경우에는 사전에 계획된 대로 발주가 이루어지도록 하였다. 이상의 중앙분배센터의 1~4단계의 발주과정에 대한 전체 흐름도는 <그림 8>과 같다.

5. 모의실험 및 결과분석

5.1 모의실험 개요

본 논문에서 제시한 통합 발주기법의 수행도 분석을 위하여 수치실험을 실시하였다. 수행도 비교는 아래에 제시된 두 개의 모델에 대하여 수행하였다.

모델1: 본 연구에서 제안한 기법으로 <그림 6>과 같이 중앙분배센터의 위급상황 발생시 생산지의 생산능력 및 상황을 고려하여 중앙분배센터는 동적으로 다른 생산지로 발주가 이루어지도록 한다.

모델2: 생산지의 생산능력 및 상황을 고려하지 않고 중앙분배센터는 사전에 발주하기로 결정된 생산지지만 발주가 이루어진다.

모의실험 수행기간은 1년이고, 단위기간은 주단위로 하였다. 모의실험을 통하여 수요오차에 따른 시스템의 총비용, 소비자 서비스율, 생산지의 재고회전률 등을 수행도

척도로 하여 결과를 비교하였다.

5.2 입력자료

모의실험을 위한 입력자료로서 각 센터의 비용 및 인도기간은 <표 2>와 같다. 각 생산지의 생산능력과 세부생산계획기간은 <표 3>과 같다.

표 2. 센터의 제비용 및 인도기간

센터	비용	재고유지비	발주비	품질비	인도기간
지역분배센터		0.2	5	0.3	1
중앙분배센터		0.2	5 10(변경시)	0.3	2
생산지		0.2	-	-	-

표 3. 생산지의 생산능력 및 계획기간

항목	생산능력	세부생산계획기간
생산지 1	1100단위/기간	4기간
생산지 2	1100단위/기간	4기간

여기에서 세부 생산계획기간은 분기단위, 월단위 또는 주

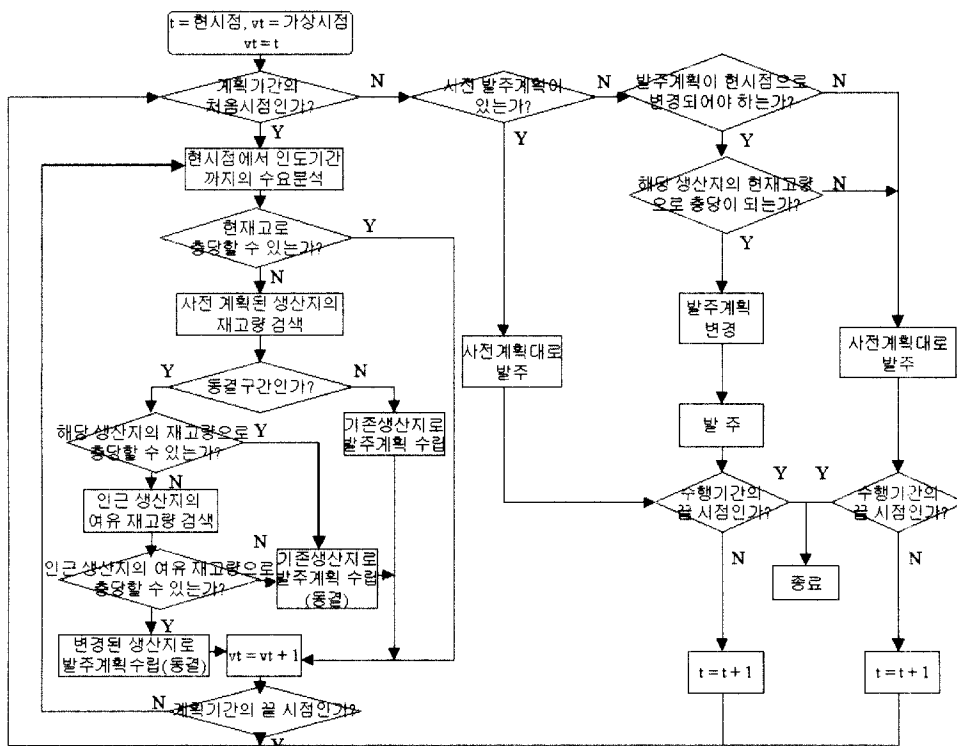


그림 8. 중앙분배센터의 발주과정 흐름도.

단위가 될 수 있다. 각 지역분배센타의 수요패턴은 <표 4>와 같으며 단위기간당의 수요오차는 $\sigma = 5, 10, 15, 20, 25$ 로 변화시키면서 추가하였다.

표 4. 각 지역분배센타의 수요패턴

기간 센타	1	2	3	...	...	50	51	52	평균
지역1	106	115	88	...	...	93	17	112	98
지역2	59	49	12	...	...	51	36	68	50
...
지역24	103	92	99	...	...	187	154	100	99

5.3 결과분석

두 모델을 대상으로 본 연구에서 제시한 통합 발주계획을 적용하여 여러 가지 수행도를 비교하여 보았다.

<그림 9>는 수요오차에 따른 시스템의 총비용 결과이다. 전반적으로 모델1에서 총비용이 낮은 결과를 보였다. 특히, 모델2는 오차가 증가함에 따라 비용증가율이 크게 상승하는 것으로 나타난 반면 모델1은 완만히 비용이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 수요예측 오차가 증가함에 따라 지역 및 중앙분배센타의 발주과정이 동적으로 변화하게 되고 이러한 변화에 대하여 모델1은 생산지의 적절한 변환에 의하여 계획변화에 대한 완충역할을 해준 것으로 분석된다.

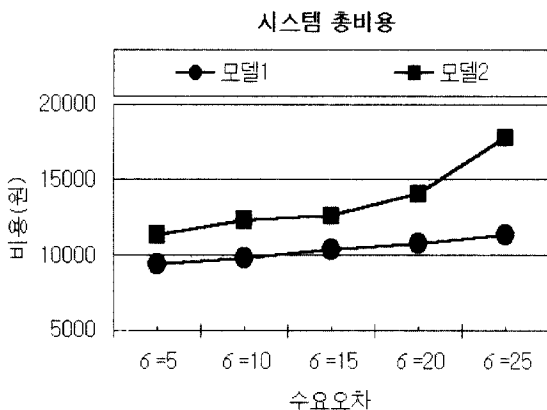


그림 9. 수요예측 오차에 따른 시스템의 총비용.

<그림 10>은 수요오차에 따른 센타별 비용결과이다. 모델1은 수요오차가 증가함에 따라 중앙 및 지역분배센타 모두 완만한 비용증가를 보이고 있는 반면 모델2는 모델1에 비하여 비용증가율이 큰 것을 알 수 있다. 특히, 모델2의 지역분배센타의 경우 수요오차 $\sigma = 15$ 이상부터 급격한 비용증가를 보이고 있는데 결과로부터 수요오차가 일

정한 값 이상으로 증가하면 지역분배센타의 발주과정의 변화에 대하여 중앙 및 생산자 측에서 적절히 대응해 주지 못함으로써 더욱 과도한 품질비용이 발생함을 알 수 있었다.

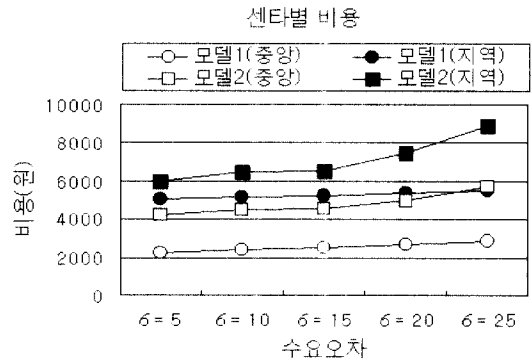


그림 10. 수요오차에 따른 센타별 비용.

<그림 11>은 수요예측 오차에 대한 총기간 중의 시스템 품질률 결과이다. 여기에서도 마찬가지로 모델1이 모델2에 비하여 안정적인 결과를 보여주고 있다. 발주과정 변동에 대한 생산지의 품질 결과가 하위 단계의 지역분배에까지 미치는 영향이 크다는 것을 결과로부터 알 수 있으며 중앙분배센타의 위급상황에서 생산여력이 있는 생산지로 변경하여 납품받음으로써 품질률을 안정적으로 가져갈 수 있다는 데에서 본 논문의 효율성이 입증된다.

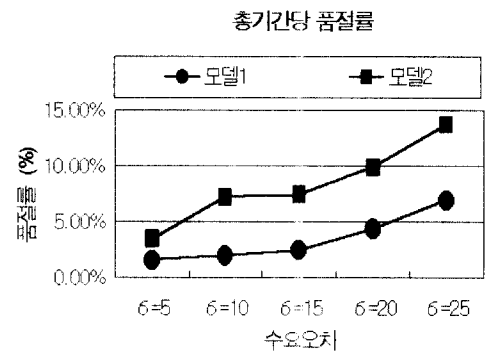


그림 11. 수요예측 오차에 따른 총기간중의 품질률.

<그림 12>는 중앙분배센타 및 지역분배센타의 목표서비스율(1 - 최대품질허용률)에 따른 시스템의 총비용 결과이다. 여기에서 모델1은 모델2에 비하여 목표서비스율이 증가함에 따라 급격한 비용증가율의 결과를 보여주고 있는데 이는 목표서비스율이 증가함에 따라 모델1에서는 시스템의 상황에 민감하게 되고 이에 따라 생산지 변경의 급격한 증가로 인한 추가비용(생산지 변경에 따른 추가 발주비용) 발생의 결과이다. 따라서 목표서비스율에 따른 비용 증가 요소를 분석하여 적절한 목표서비스율을 적용하는

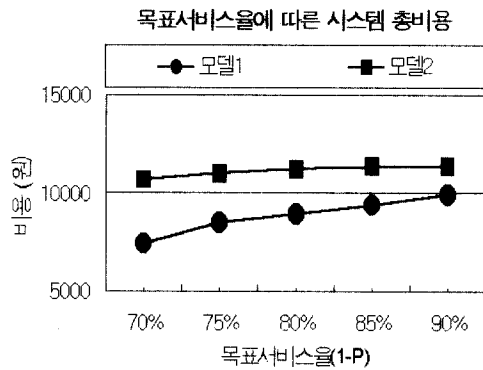


그림 12. 중앙분배센터와 지역분배센터의 목표 서비스율에 따른 시스템 총비용.

것이 요구된다.

<그림 13>과 <그림 14>는 생산자 측면의 수행도 분석 결과이다. <그림 13>은 생산자의 단위기간당 평균 재고량 결과이다. 결과로부터 모델1이 모델2에 비하여 37% 가량 재고량이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 중앙분배센터의 발주과정의 변동에 대한 대안으로서 여유재고량을 보유한 생산지로 발주지를 대체함으로써 나타난 결과로 분석된다.

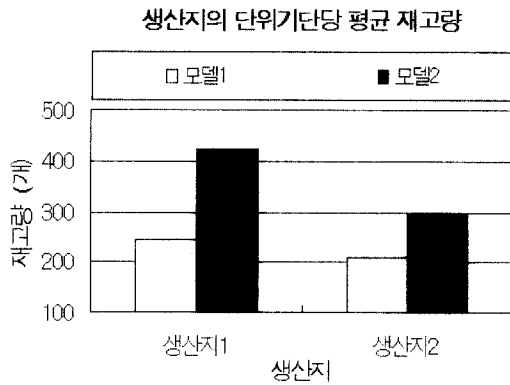


그림 13. 생산지의 단위기간당 평균재고량.

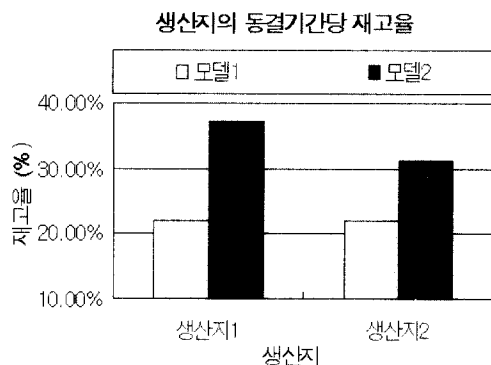


그림 14. 생산지의 동결기간당 재고율.

<그림 14>는 동결기간당 재고율을 나타내고 있다. 여기에서도 모델1이 모델2에 비하여 24% 가량 낮은 재고율을 보여주고 있다. <그림 13>과 <그림 14>의 결과로부터 모델1 적용시는 빠른 재고회전률로 인하여 생산자 측면의 생산비용을 절감시킬 것으로 기대된다.

6. 결론 및 추후 연구과제

현대 산업사회의 특징은 대량생산 체계에서 다품종 소량생산 체제로의 변화를 들 수 있다. 이에 따른 물류적인 측면에서 기업은 소비자의 주문-인도 기간의 단축이라는 명제와 이에 따른 소량 다빈도운송 등에 의한 물류비의 상승문제를 해결하여야 하는 과제를 안게 되었다.

문제의 해결방안으로서 기업들은 생산자에서 소비자에게 이르기까지의 물품의 흐름사이에 여러 단계의 분배센터를 운영함으로써 소비자의 요구를 적시에 만족시키고자 노력하고 있다. DRP는 이러한 다단계의 물류네트워크에서의 효율적인 물류흐름 계획을 수립하기 위한 기법으로서 최근 그 효율성이 여러 연구에서 입증되고 있다. 하지만 기존의 대부분의 DRP에 관한 연구에서는 생산지의 상황을 고려하지 않고 분배센터들간의 최적 발주방안에 대한 연구만이 이루어져 왔다. 본 연구에서는 생산지의 생산능력에 제약이 있을 경우의 다단계 분배시스템에서의 통합적인 발주방안에 대하여 제시하였다. 결과로부터 생산지의 생산능력에 제약이 있는 경우 생산지의 생산여력이 소비자의 만족도에 민감한 영향을 미침을 알 수 있었다. 이러한 소비자 만족도 증진의 대안으로서 본 연구에서는 중앙분배센터의 일정기간의 발주계획을 동결하고 생산지의 생산능력(생산능력 및 보유재고량)에 따라서 동적으로 생산지를 변환할 수 있도록 한 결과 비용 및 소비자 만족도를 적절히 만족시킬 수 있었다. 또한 생산자 측면에서도 다른 분배센터에도 상황에 따라 물품을 납품할 수 있음으로써 과도한 재고보유 및 무리한 생산계획을 방지할 수 있었다. 특히, 생산계획 기간중의 중앙분배센터의 발주계획의 동결로 생산자 측에 안정된 생산계획을 수립할 수 있는 부수적인 효과가 있을 것으로도 기대된다. 하지만 소비자의 수요예측에 따른 생산지의 생산계획이 매우 민감하게 반응한다는 점에서 수요예측 및 오차에 따라 생산지의 생산계획과 역량관리에 대한 더욱 세밀한 연구가 추후 연구로서 요구된다.

참고문헌

유영준, 이종태(1998), 다단계분배시스템에서의 동적 발주계획 수립방안, *산업공학* 11(2), 13-24.

- 장용남 (1989), 물류개선을 위한 DRP시스템에 관한 연구, *경영과학*, 11(1), 73-90.
- Bagchi, P. K. (1989), Management of Materials Under Just-in-time Inventory System : A New Look, *Journal of Business Logistics*, 9(2), 89-102.
- Bookbinder, J. H. & Donald, B. H. (1988), Replenishment Analysis in Distribution Requirements Planning, *Decision Sciences*, 19, 477-489.
- Bookbinder, J. H. & Wendy, L. (1986), Impact on A Trucking Company of A Customer's Use of Distribution Requirements Planning, *Journal of Business Logistics*, 7(2), 47-63.
- Bregman, R. L. (1990), Enhanced Distribution Requirements Planning, *Journal of Business Logistics*, 11(1), 49-68.
- Colin, N. (1975), Safety Stocks for Requirement Planning, *Production and Inventory Management*, 2, 1-18.
- Collins, R. S. & Whybark, D. C. (1985), Realizing The Potential of Distribution Requirements Planning, *Journal of Business Logistics*, 6(1), 53-64.
- Ho, C. (1992), An Examinations of Distribution Resource Planning Problem : DRP System Nervousness, *Journal of Business Logistics*, 13(2), 125-151.
- Kadipasaoglu, S. N. (1985), The Effect of Freezing The Master Production Schedule on Cost in Multi-level MRP Systems, *Production and Inventory Management*, 3, 30-36.
- Martin, A. J. (1983), *Distribution Resource Planning - Distribution Management's Most Powerful Tool*, Oliver Weight Limited Publications.
- Sridharan, V., William, L. & Udayabhanu, V. (1987), Freezing The MPS Under Rolling Planning Horizons, *Management Sciences*, 33(9), 1137-1149.
- Stenger, A. J. & Cavinato, J. L. (1979), Adaption MRP to The Outbound Side DRP, *Production and inventory Management*, 4, 1-13.
- Tersine, R. J. (1976), *Material Management and Inventory Systems*, American Elsevier Publishing Co.