

# 지역분배센터의 고객수요분할을 통한 다단계 분배체계 재구축에 관한 연구

-A Study on the Reconstruction of Multi-Echelon  
Distribution System by the Customer Demand  
Decomposition of Regional Distribution Center-

최진영\*  
Choi, Jin-Yeong

## Abstract

The algorithm of customer demand decomposition suggested by this study is a reconstruction method of distribution network under the allowance of same level supply. Regional distribution center(RDC) distributes additional inventories of some of the supplying items to retailers under its charge to reduce the time needed for emergency delivery to neighborhood retailer where backlog happened. This also restrict the purpose of the inventories held by RDC as only regular supply. All of which leads to the creation of more realistic method allowing the affiliation of closing related RDC with one in the vicinity.

In this study, the role of RDC is restricted only as supplying items regularity and the construction of distribution system processing through the closing by consideration of the possibility of supplying retailers from the RDC in the vicinity is discussed.

## 1. 서론

공장창고(Factory Warehouse ; FW)와 중앙분배센터(Central Distribution Center ; CDC), 지역분배센터(Regional Distribution Center ; RDC)로 구성되는 기업의 물적분배체계는 고객에의 신속한 주문대응을 가능케하므로써 기업의 대외경쟁력 제고에 많은 기여를 하고있으나 복수 분배창고의 운영에 수반되는 막대한 운용비용이 운영의 문제점으로 지적될 수 있다.

다단계 분배체계 운영에 관련된 비용의 최소화는 기존 운영 분배센터의 폐쇄를 통한 분배체계의 축소를 통해 달성될 수 있으나 이것은 Paul[7]의 연구에서 지적된 바와 같이 고객에 대한 시간서비스의 저하 및 기존 분배센터에 대한 재고 및 수송과 관련된 제반비용을 증가시키는 요인이되므로 신중한 평가와 수행이 요구된다.

Bernard[4]는 이러한 문제들에 대한 해결방안으로서 분배체계중 지역분배센터를 배급소(Transshipment Point ; TP)로 대체시키므로써 대고객서비스의 저하없이 기존분배체계의 운용비용을 감소시킬 수 있는 해결방법을 제안하였으나, RDC를 TP로 대체시키는 것은 최근의 불

---

† 이 논문은 경기대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\* 경기대학교 산업공학과

확실한 수요특성을 고려할 때 운영상 위험을 수반하게된다는 것이 문제점으로 지적될 수 있다.

Elio[5]는 규모의 경제를 고려한 운송정책 수행을 통해 전체분배센터의 재고유지비용과 수송비용의 합인 총운용비용을 최소화시키는 방법을 제시하였다. 또한 만적 가정하의 운송비용을 고려하므로써, 단일공급원 가정하에서 고객수요를 전담하는 RDC를 폐쇄, 합병하므로써 분배네트워크 운용비용을 최소화시키려는 시도를 하였으나 각 분배센터간 수송비용을 임의 선형비용으로 가정하므로써 현실적용시 실효성을 보장하지 못한다는 것이 단점으로 지적될 수 있다.

본 연구에서 제시하고자하는 분배네트워크의 총운용비용 최소화 방법은 RDC의 폐쇄, 합병을 통한 네트워크 총운용비용 최소화를 의도한다는 점에서는 Awi & Michal[3], Graves[9] 등의 연구와 목적을 같이하지만, 분배네트워크의 재구축 방법으로서 지역분배센터가 공급을 담당하는 대리점에 일부품목에 대한 추가재고를 배분하므로써 해당 품목의 부재고가 발생한 인근 대리점으로 부터의 급송을 처리하고 이를 통해 RDC의 보유재고를 정규공급 목적으로만 국한시키므로써 인근 RDC와의 합병을 가능하게 하는 보다 현실적인 방안이다.

## 2. 문제의 분석 및 가정

본 연구에서 고려하는 다단계 분배모델은 기존의 다단계 분배시스템 설계 및 운영 연구들 중에서 가장 진전된 연구로서 받아들여지고 있는 Geoffrion & Graves[2]와 최진영[1] 및 Paul & Sridhar[6], Goyal[8]등의 연구에서 고려되어졌던 품목, 용량, 공급원, 수송비용 및 수송단계와 관련된 가정들에 기초하여 단일공급원 가정을 그림 1과 같이 긴급 수요에 대한 동일수준공

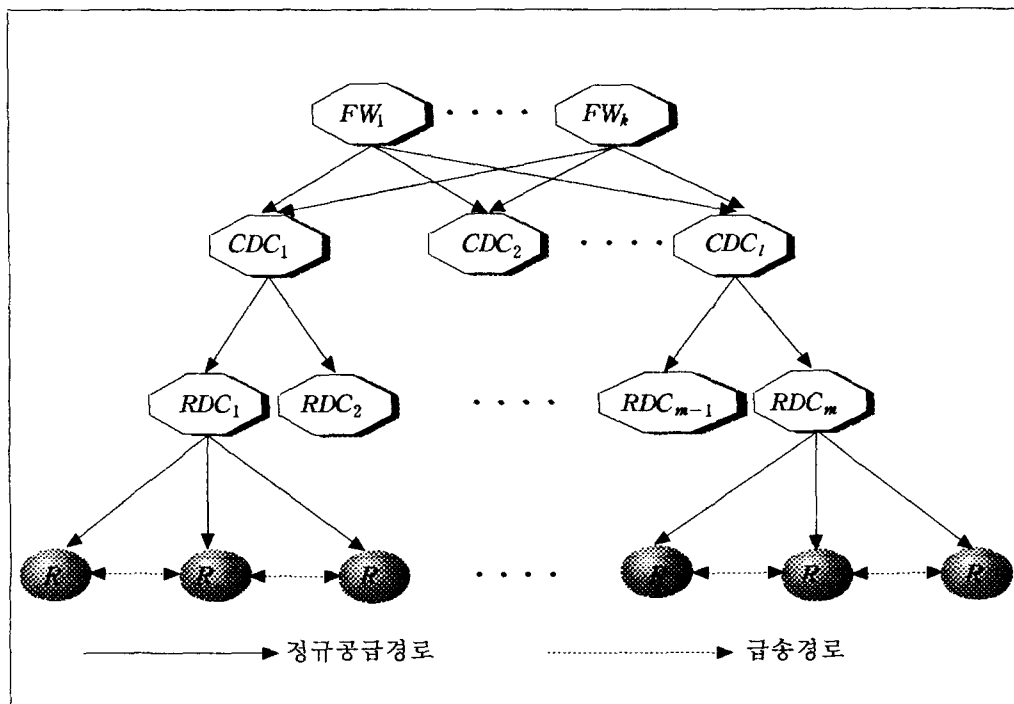


그림 1. 다단계분배체계의 정규 및 긴급수요 배분공급.

급 허용하의 다중공급원 제약으로 부분 확장시켜 대체하므로써 RDC의 역할을 정규공급으로만 제한한다.

본 연구에서 사용되는 가정은 다음과 같다.

- 1) 품목은 다품목으로서 고려한다.
- 2) 네트워크에서 공장창고, 중앙분배센터, 지역분배센터의 공급능력은 비제한적인 것으로, 그리고, 대리점(Retailer ; R)의 능력은 제한적인 것으로 고려한다. 단, 대리점 수용능력은 추가여유를 가정한다.
- 3) 공급원은 기존의 단일공급원 제약을 부분 확장한 다중공급원으로서 고려한다. 즉, 대리점 부재고 처리를 위한 동일수준 급송을 허용한다.
- 4) 수송거리를 고려한 비선형 및 선형수송비용을 고려한다.
- 5) 네트워크는 공장창고, 중앙 및 지역분배센터, 직영대리점순으로 연결된 3단계 분배체계를 대상으로 하며, 대리점 수준의 동일수준 공급이 허용된다.

### 3. 알고리즘 개발

본 연구에서는 특정 수요대응 시점에서 대리점의 보유재고를 초과하는 고객수요에 대한 대처 방법으로서 급송을 통한 대응을 고려하며, 동일수준간 공급을 허용함으로써 상위수준의 분배센터 역할을 정규공급만으로 제한시키는 시도가 이루어진다. RDC의 역할을 정규 재공급으로만 국한시키고 인근 RDC로부터의 대리점 공급을 고려함으로써 RDC폐쇄를 통한 분배체계를 재구성 한다.

#### 3.1 기호의 정의

본 연구에서 사용되는 기호의 정의는 다음과 같다.

- $Q_{ij}$  : RDC i로부터 대리점 j로의 공급주기당 총공급량.
- $q_{jj}$  :  $R_{jp}$ 로부터 부재고가 발생한 대리점 j로의 급송량.
- $Q_{ijp}$  : RDC i로부터 대리점 j로의 p품목에 대한 정규공급량.
- $s_{jp}$  : 대리점 j에서 품목 p에 대해 요구되는 안전재고수준.
- $Q_{ijpe}$  : RDC i로부터 대리점 j로의 p품목에 대한 추가공급량.
- $d_{ijp}$  : RDC i로부터 대리점 j로의 p품목에 대한 공급주기당 평균수요.
- $E_{ijpe}$  : RDC i로부터  $R_{jp}$ 로 배분될  $M_p$ .
- $Q'_{jp}$  : 대리점 j의 p품목 급송량.
- $F'_{jp}$  : 대리점 j의 p품목 급송빈도.
- $w_p$  : 제품 p의 단위당 중량.
- $u_p$  : 제품 p의 단위당 재고유지비용.
- $T_r(\cdot)$  : 정기수송비용.
- $T_l(\cdot)$  : 동일수준간 급송비용.
- $R_{jp}$  : p품목 최대급송빈도 발생 대리점.
- $M_p$  : 대리점 j의 품목별 최대 급송량.
- $Q^o_{ij}$  : 정기공급당 총평균중량.
- $c_p$  : 제품 p의 단위당 수송비용.
- $T(\cdot)$  : 공급주기당 총수송비용
- $T_e(\cdot)$  : 상하위수준간 급송비용.

#### 3.2 동일수준공급 허용하의 고객수요분할대응 알고리즘

본 연구에서 제시된 동일수준공급 허용하의 고객수요분할대응 알고리즘은 지역분배센터가

공급을 담당하는 대리점에 급송품목에 대한 추가재고 배분을 통하여 해당 품목의 부재고가 발생한 동일수준 대리점의 급송이 처리된다. 이를 통해 RDC의 보유재고는 정규공급 목적으로만 유지, 운용되므로써 RDC에 대한 폐쇄, 합병의 모색을 가능하게하는 효율적인 방법이다. 동일수준 공급허용하의 고객수요분할대응 알고리즘은 다음의 4단계로 구성되어 진다.

단계 1. 품목별 최대급송량의 산정  
 대리점의 품목별 최대급송량을 산정한다.

$$M_p = \sum_{j=1}^n Q_{jp}, \quad p = 1, 2, \dots, k.$$

단계 2. 보유품목당 급송빈도조사  
 대리점 보유품목별 급송빈도 조사를 통하여 품목별 최대급송빈도가 발생한 대리점을 결정한다.

$$R_{jp} = \text{Max}_p (F_{jp}), \quad (j = 1, 2, \dots, n), (p = 1, 2, \dots, k).$$

정기공급 방식에 의한 한 공급주기 동안 동일수준 공급 허용하의 RDC와 대리점간의 물품 흐름은 다음의 그림 2와 같이 고려되어 진다.

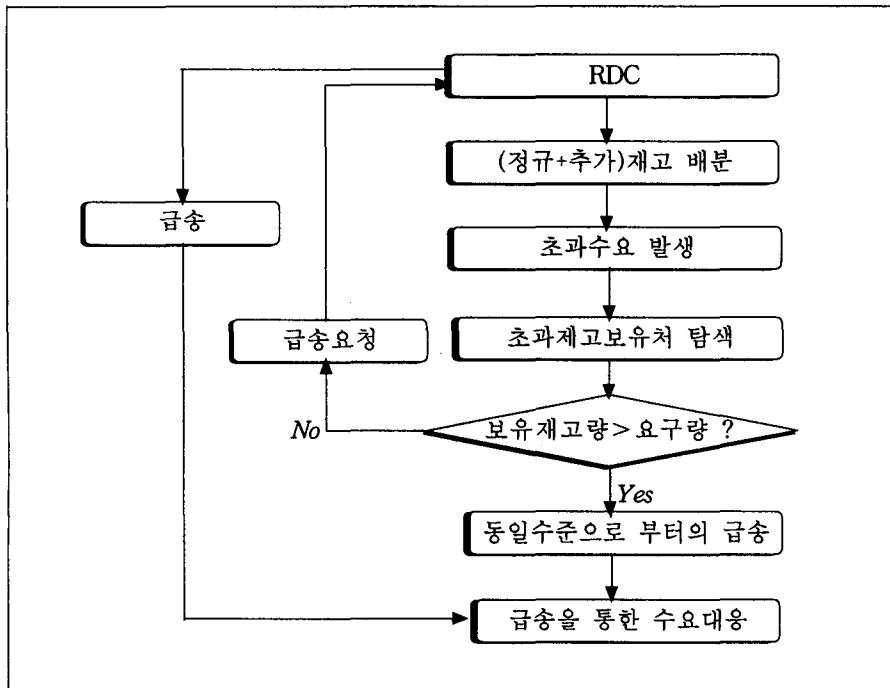


그림 2. 상위, 동일수준 혼용 급송절차.

부재고가 발생한 대리점의 수요요구량과 해당 품목의 추가재고를 보유하고 있는 대리점의 추가재고보유량 비교를 통한 급송처리 단계로서 두가지 가능한 발생상황이 고려된다.

상황 1 : 보유재고량 > 요구량  
 동일수준으로 부터의 급송을 통하여 초과수요에 대처한다.

상황 2 : 보유재고량 ≤ 요구량  
 상위수준으로 부터의 급송을 통하여 초과수요에 대처한다.

단계 3. 총급송량 배분  
 RDC로부터 대리점으로의 정기공급시 품목별로 가장많은 급송빈도가 발생한 대리

점에 해당품목의 총납송량을 추가 할당한다.

$$Q_{ij} = \sum_{\beta=1}^k Q_{i\beta r} + \sum_{\beta=1}^k Q_{i\beta e}.$$

단계 4. 총운용비용 산정

공급주기당 정기공급 총평균 수송중량은 다음식에 의해 계산된다.

$$Q_{kij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (Q_{i\beta r} + Q_{i\beta e}) w_{\beta} d_{i\beta}.$$

지역분배센터와 대리점간의 수송거리에 대한 비선형적 특성을 고려한 공급주기당 수송비용은,

$$T_r(Q_{ij}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (Q_{i\beta r} + Q_{i\beta e}) w_{\beta} d_{i\beta} \psi(x)$$

으로서 여기서,  $\psi(x)$ 는 비선형 단위 수송비용으로서 동일수송구간에 대한 최소 및 최대소요시간내의 평균이 1인 이산확률 분포로서,  $r_u$ 는 최소 및 최대 수송시간 사이의 분포특성,  $w_u$ 는  $r_u$ 의 발생확률을 의미하며 다음식에 의해 구하여진다.

$$\psi(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k c_{\beta} r_u w_u.$$

지역분배센터로  $i$ 로부터 대리점  $j$ 로의 공급주기당 급송비용은,

$$T_e(\cdot) = \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (q_{ij\beta}) \psi(x), \quad i = 1, 2, \dots, m$$

으로서 여기서, 단위 수송비용은 RDC와 대리점간의 원거리 수송을 고려하여 비선형 수송비용으로서 고려된다.

$R_{j\beta}$ 로부터 부재고가 발생한 대리점  $j$ 로의 단위 급송비용은 수요지와 공급지간의 근거리 수송특성에 따라 선형으로 고려하여 다음과 같이 표현된다.

$$T_l(\cdot) = \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (q_{jj\beta}) c_{\beta}, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

따라서 공급주기당 총수송비용  $T_{ij}(Q_{ij})$ 는 다음식을 통해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} T_{ij}(Q_{ij}) &= T_r(\cdot) + T_e(\cdot) + T_l(\cdot) \\ &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (Q_{i\beta r} + Q_{i\beta e}) w_{\beta} d_{i\beta} \psi(x) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (q_{ij\beta}) \psi(x) \\ &\quad + \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (q_{jj\beta}) c_{\beta}. \end{aligned}$$

각 대리점에서의 재고유지비용은 다음식을 통해 구할 수 있다.

$$H_j(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{\beta=1}^k \left[ s_{i\beta} + \frac{Q_{ij}}{2} \right] u_{\beta}.$$

그러므로 공급주기당 고려하는 분배체계에서의 총 월간운용비용 TC는 다음과 같은 식을 통해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} TC &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (Q_{i\beta r} + Q_{i\beta e}) w_{\beta} d_{i\beta} \psi(x) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (q_{ij\beta}) \psi(x) \\ &\quad + \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k (q_{jj\beta}) c_{\beta} + \sum_{j=1}^n \sum_{\beta=1}^k \left[ s_{i\beta} + \frac{Q_{ij}}{2} \right] u_{\beta}. \end{aligned}$$

#### 4. 수치 예

본 연구를 통하여 개발된 동일수준 공급 허용하의 고객수요분할대응 알고리즘의 평가를 위

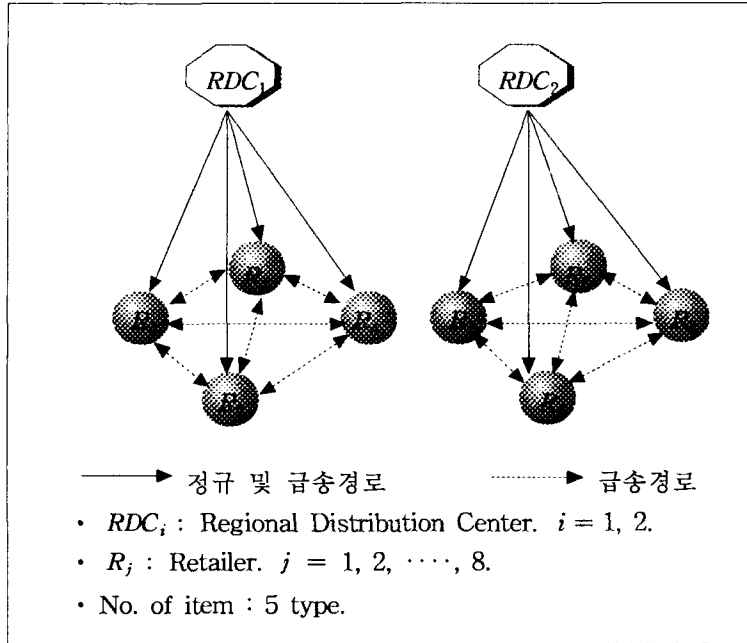


그림 3. 지역분배체계.

해 다음의 그림 3과 같은 5개품목, 2개의 지역분배센터, 각 지역분배센터로부터 전품목을 공급 받는 4개의 지역대리점으로 구성된 분배시스템의 제품분배 흐름에 관한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션에 사용된 수치 및 해당수치의 특성은 다음과 같다.

$c_{ip} = (9 \sim 13)$ ; random,  $w_p = (2.2, 1.4, 1.6, 1.9, 1.5)$ ,  $d_{ip} = (15,000 \sim 20,000)$ ; random.  
 $w_u = (0.6, 0.3, 0.0, 0.0, 0.1)$ ,  $s_p = (2,250 \sim 3,000)$ ; random,  $r_u = (1:1.5)$ ,  $c_p = 13$ .  
 $u_p = (4 \sim 10)$ ; random. 다음의 표 1은 대리점에서의 부재고 발생비율 변화에 따른 총운용비용의 변화를 계산한 시뮬레이션 결과이다.

표 1. 부재고비율 변화에 따른 총운용비용의 변화.

cost b-ratio	$T_r(Q_{ij})$	$T_e(\bullet)$	$T_i(\bullet)$	$H_j(x)$	$T_b$	A	B
1%	735,435	2,540.74	34,286.95	334,125	90,932.71	1,160,493	1,106,388
5%	821,784	2,694.93	28,303.77	352,941	128,998.75	1,303,724	1,205,724
10%	793,383	5,924.92	18,999.89	344,317	284,356.89	1,442,057	1,162,625
15%	819,749	33,352.42	3,574.96	351,227	365,963.15	1,536,939	1,207,903
20%	798,973	35,607.78	2,332.43	347,129	515,432.29	1,661,534	1,184,042
25%	832,459	46,658.66	1,884.76	359,783	637,331.91	1,829,574	1,240,785

\* b ratio : 지역 대리점의 부재고발생 비율.

여기에서, A는 RDC로 부터의 급송을 통해 대리점의 부재고를 처리하는 경우의 총운용비용으로서 추가재고량을 포함한 정규수송비용과 부재고가 발생한 대리점과 RDC간의 급송비용( $T_b$ ) 및 재고유지비용의 합이고, B는 RDC 및 동일수준 대리점으로 부터의 공급을 통해 부재고가 발생한 대리점의 수요를 처리하는 경우의 총운용비용을 계산한 결과이다. 이러한 결과를 그래프로 나타내면 다음의 그림 4와 같다.

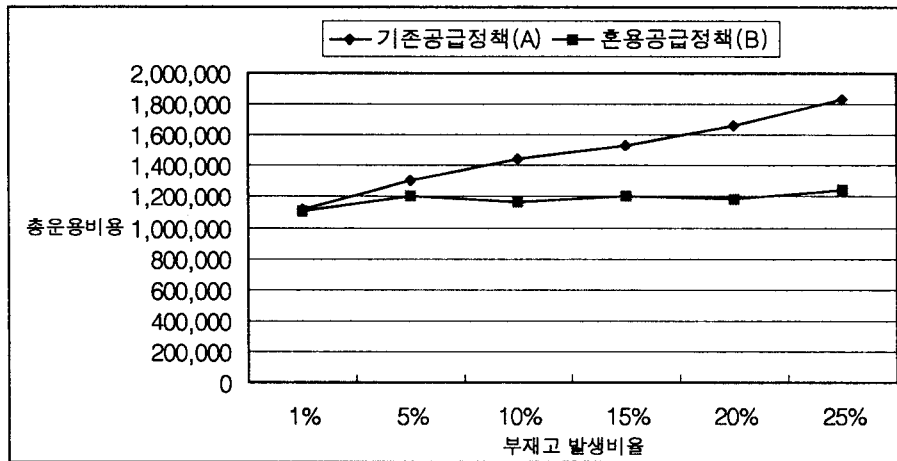


그림 4. 부재고비율에 따른 총운용비용변화.

상기의 그림 4에서 부재고 발생비율이 5% 미만인 경우에는 기존공급정책과 혼용공급정책의 급송비용이 정규공급비용의 0.5%이내로서 두 공급방식간의 차이를 발견할 수 없다. 그러나 부재고 발생비율 10%~25% 사이에서는 급송비용이 정규공급비용의 35%~70% 정도로 급격히 증가된다. 따라서 부재고 발생비율이 5%를 초과하는 기업이 본 연구에서 개발된 혼용급송방식을 적용할 경우 약 32% 정도의 수송비용 절감이 예상된다.

### 5. 결론

본 연구에서 제시한 지역분배센터의 고객수요분할을 이용한 분배시스템 재구축 방법은 기존의 분배시스템 설계에 관한 연구들이 분배모델의 제반 가정을 만족시키는 이론적인 최적정책 도출에 관심을 편중시키므로써 분배체계의 실제 적용시에 많은 비경제성이 지적되고 있다는 점에 기인하여 분배체계 특히, 지역분배센터의 축소를 통한 경제적 분배체계 재구축에 관한 연구이며 분배 체계의 축소를 목표로 한다는 점에서 분배체계의 실제 운용측면에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 분배센터의 감축을 실현하기 위한 방안으로서 본 연구에서 제시된 부재고 처리를 위한 동일공급 허용하의 고객수요 분할대응 방법은 실제 기업의 분배네트워크에 적용할 경우 고객의 소량 긴급주문에 대한 신속한 대응으로 판매유실을 방지할 수 있고, 규모의 경제를 고려한 수송체계 확립을 통하여 총수송비용을 최소화시키며, 지역분배센터 수의 감소를 통한 분배네트워크의 단순화를 기할 수 있다. 또한 고객서비스 개선을 통한 대외 경쟁력 제고의 효과가 기대된다.

### 참 고 문 헌

1. 최진영, "분납조달 방법을 통한 다단계 분배시스템의 총운전비용 최소화 알고리즘 개발에 관한 연구", *공업경영학회지*, 제 20권, 제 43집, pp. 139-144, 1997.
2. A. M. Geoffrion and G. W. Graves, "Multicommodity distribution system design by benders decomposition", *Management Science*, Vol. 20, No. 5, pp. 822-844, 1974.
3. Awi Federgruen and Michal Tzur, "The Joint Replenishment Problem With Time-Varying Costs and Demands : Efficient, Asymptotic and  $\epsilon$ -Optimal Solutions", *Operation Research*, Vol. 42, No. 6, pp. 1067-1086, 1994
4. Bernard Fleischmann, "Designing distribution systems with transport economies of scale", *European Journal of Operational Research*, Vol. 70, pp. 31-42, 1993.
5. Elio Ventura, "Location Problems - Theoretical Approaches", *Material Flow*, Vol. 1, pp. 29-33, 1982.
6. Paul Glasserman and Sridhar Tayur, "The Stability of a Capacitated, Multi-Echelon Production-Inventory System Under a Basestock Policy", *Operation Research*, Vol. 42, No. 5, pp. 913-925, 1994.
7. Paul Iyogun, "Lot-sizing algorithm for a coordinated multi-item, multi-source distribution problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 59, pp. 393-404, 1992.
8. S. K. Goyal, "A one-vendor multi-buyer integrated inventory model : A comment", *European Journal of Operational Research*, Vol. 82, pp. 98-110, 1995.
9. Stephen C. Graves, "A Multiechelon Inventory Model with Fixed Replenishment Interval", *Management Science*, Vol. 42, No. 1, pp. 1-18, 1996.