

동일수준 조달을 고려한 다단계 분배시스템 운영에 관한 연구

이 내 형*

A Study on the Operation of Multi-Echelon Distribution System with Supply the Same Level.

Nae-Hyung Lee*

요 약

물적분배시스템의 운영에 있어서 발생하는 품질에 대한 대처방법으로서 동일단계의 측면 재공급 허용을 통한 시스템 운영방안을 제안함으로써 최적물류비용을 갖는 물적분배시스템을 설계하였으며, 또한 본 연구의 고려 대상인 중앙분배센터와 지역분배센터 사이의 수송비용관계, 지역분배센터 상호간 보충허용하의 물적분배시스템 운영에 관한 연구를 통하여 다중공급원 알고리즘을 개발하고, 기존의 단일 공급원 가정하의 분배시스템과의 총운용비용에 대한 비교분석을 통하여 본 연구에서 개발된 알고리즘의 효율성을 입증하고, 또한 수치 예를 통하여 본 연구의 타당성을 검토하였다.

Abstract

Many of these studies represent a large scale distribution network with a unified formulation by using defined symbols. This can be evaluated as a valuable progress toward accomplishing of a systematic approach the area of distribution network. Unfortunately, transportation problem and inventory policy applied in these studies have an assumption of using an unique supplier for calculating the transportation cost among each distribution echelon. This assumption can cause many problems such that transportation problem is assumed as linear problem, too many number of distribution center are allowed to operate and many more.

In order to overcome above unrealistic problems, we developed an algorithm of responding to customers' demand under the refill allowance of same level supply as a new constructional method of inventory distribution network. When backorders are happened in regional distribution center, this algorithm allows transferring finished goods to customer directly from vicinal Regional distribution center instead of existing central distribution center for quick response.

* 서일대학 공업경영과 교수

I. 서론

1.1 연구의 목적

우리나라에서 물류비용은 다른 선진국과 비교해볼 때 현저히 높은 물류비를 부담하고 있다. 이와 같은 물류비 부담이 무한경쟁의 세계화시대에 국가 경쟁력이나 기업 경쟁력에서 걸림돌이 되고 있음은 자명하다. 이러한 이유로 완제품에 대한 물적분배시스템(Physical Distribution System)의 설계는 중요한 전략계획 문제로서 최근들어 기업들에게 있어 특별한 관심의 대상이 되고 있다. 분배시스템에 대한 고려사항은 분배네트워크의 설계와 분배시스템의 운영이라는 두 가지 부문으로 대별될 수 있다 [1-3].

분배시스템의 설계와 관련된 문제 해결을 위한 기존의 연구들은 혼합정수계획법을 이용한 연구들과, 네트워크 모형의 전개를 통한 문제해결을 추가하는 연구들[3-6]로 구분될 수 있다. 이러한 연구들은 대규모 분배네트워크를 정의된 기호를 통하여 하나의 통일된 수식으로 표현함으로써 분배네트워크에 대한 시스템적 접근을 가능케 했다는 점에서 높이 평가될 수 있으나, 분배네트워크에서 기존 물적분배시스템의 운영에서 발생하는 품질에 대한 대처 방법으로서 각 분배단계간의 수송비용을 선형으로 가정하고, 제품 품질이 발생하는 부재고 처리방법으로서 단지, 상위단계로 부터의 급송방식만을 허용하기 때문에 현실적으로 과도한 분배센터 운영은 현실적으로 물적분배시스템의 운영에 있어서 발생하는 품질에 대한 대처방법으로서 동일단계의 측면 재공급 허용을 통한 시스템 운영방안을 제안함으로써 최적물류비용을 갖는 물적분배시스템을 설계하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 생산현장의 전문화된 공장창고(Factory Warehouse:FW)와 중앙분배센터(Central distribution:CD), 지역분배센터(Regional Distribution:RD)를 연결하는 세 가지 수송단계[4]를 고찰해보고 특히, 본 연구의 고려 대상인 중앙분배센터와 지역분배센터 사이의 수송비용관계, 지역

분배센터 상호간 보충허용하의 물적분배시스템 운영에 관한 연구를 통하여 다중공급원 알고리즘을 개발하고, 기존의 단일 공급원 가정하의 분배시스템과의 총운용비용에 대한 비교분석을 통하여 본 연구에서 개발된 알고리즘의 효율성을 입증하고, 또한 수치 예를 통하여 본 연구의 타당성을 검토하고자 한다.

II. 본론

2.1 단일공급원 가정하의 분배시스템

기존 연구에서 총비용최소화 알고리즘 전개에 사용되는 기호는 다음과 같다.

Q_g = 정규공급 총평균 수송량.

$\frac{1}{g}$ = $\frac{1}{\text{발주간격}}$ 즉, 정규재공급 회수.

W_{ijp} = 중앙분배센터에서 지역분배센터로의 품목 p에 대한 평균수송량.

V_{ijp} = 중앙분배센터에서 지역분배센터로의 급송 시 품목 p에 대한 평균수송량.

L_{ijp} = 중앙분배센터와 지역분배센터 간의 수송거리.

TL_{ijp} = 중앙분배센터와 지역분배센터간의 p 품목의 총평균 수송거리.

k = 단위당 수송비.

N_{ijp} = 정규공급채널에 의한 정규공급시 평균 수송비.

C_{ijp} = 정규공급채널에 의한 급송공급시 평균 수송비.

단일공급원 가정하의 재고통제 정책은 매 공급주기마다 하위단계의 수요량을 상위단계에서 정기 공급해주는 정규공급정책과 공급주기내의 지역분배센터에서의 초과수요로 인해 발생하는 부재고 처리를 위한 상위단계로부터의 급송정책으로 대별될 수 있다. 상위단계로부터의 정규공급시 분배네트워크의 운용비용은 중앙분배센터와 각 지역분배센터간의 정규수송비와 각 지역분배센터에서의 재고유지비로 구성된다. 정기공급의 조달과정 및 급송조달과정은 다음 그림 1과 같다

기존 연구들에서 제시하고 있는 제품조달 과정을 단계

별로 정리하면 다음과 같다.

단계1. 중앙분배센터에서 지역분배센터로의 정규공급이 이루어진다. 이때 각 중앙분배센터에서 각 지역분배센터로의 공급량은 동일하다.

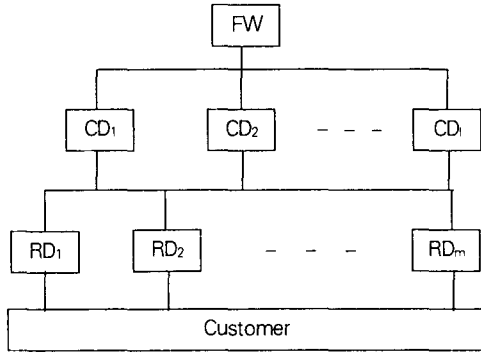


그림1. 정규공급 조달관계

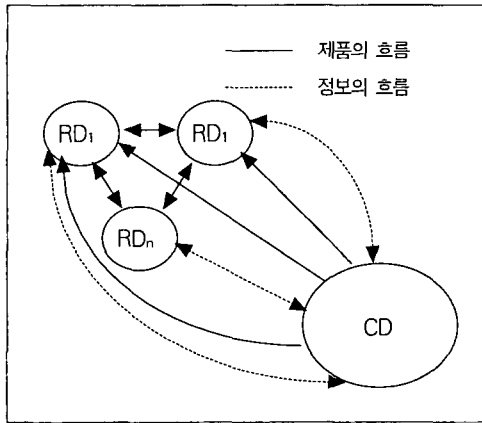


그림2. 다중공급원 급송방식

단계2. 각 지역분배센터에서는 지역적인 수요특성에 의하여 각기 다른 수요율이 가정된다.

단계3. 단계2에 의하여, 고객의 요구량이 동일권역 지역분배센터의 보유량보다 많을 경우 해당 지역분배센터는 수송경로상의 상위단계인 중앙분배센터에 급송을 요청하여 제품을 공급받아 고객에게 제품을 인도하며, 고객의 요구량이 해당지역 지역분배센터의 보유량보다 적거나 해당 지역분배센터에서 고객의 요구량을 충족할만한 여유분이 있을 경우 주변지역분배센터로부터 필요량을 공급받아 고객의 수요에 대처한다.

단계4. 단계1로 돌아간다.

상위 단계로 부터의 급송만을 고려하는 경우 급송수송 비용 산정을 위한 계산식은 다음과 같다.

(1) 총적 정규 및 급송 수송비용

$$Q_g = \frac{1}{g} \sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \tag{1}$$

$$TL_{ij} = \frac{1}{g} \sum_i \sum_j L_{ij} \tag{2}$$

$$N_{ijp} = \frac{1}{g} [\sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \times L_{ijp}] \times k \tag{3}$$

$$C_{ijp} = \frac{1}{g} [\sum_i \sum_j \sum_p W_{ijp} \times L_{ijp}] \times k \tag{4}$$

2.1 다중공급원 가정하의 분배시스템

본 연구에서 총비용최소화 알고리즘 전개에 사용되는 기호는 다음과 같다.

V_{ijp} = 인접 지역분배센터에서 해당 지역분배센터로의 p 품목의 수송량.

L_{ijp} = 급송이 고려되는 지역분배센터간의 이동거리.

U_p = 지역분배센터에서 p 품목의 단위당 재고유지비용.

C_{ijp} = 인접지역분배센터 와 지역분배센터간의 p 품목에 대한 급송비용.

Q_{ip} = 지역분배센터에서 p 품목의 재고보유량.

S_{ip} = 지역분배센터에서 p 품목의 안전재고보유량.

본 연구에서 제시하는 다중공급원 가정하의 재고통제 알고리즘은 부재고 발생전 정규공급시의 재고통제 즉, 정규공급시의 중앙분배센터 와 지역분배센터간의 수송비용과 각 지역분배센터에서의 재고유지비용과 품질발생시 주변 지역분배센터의 상황에 따라 각기 다르게 알고리즘이 적용되는 기존연구의 단일공급원 제약하의 알고리즘보다 다양한 재고통제정책으로 분류될 수 있다. 이러한 다양한 재고통제정책의 이유는 주변 지역분배센터의 상황에 따라 유동적으로 대처할 수 있는 가변적인 상황이 발생되는 데에 있다. 이러한 재고통제 정책을 위한 네트워크 흐름도는 다음의 그림2와 같다.

본 연구에서 제시한 알고리즘에 따른 제품조달과정을 단계별로 정리하여 기술하면 다음과 같다.

단계1. 중앙분배센터에서 지역분배센터로의 정규공급이 이루어진다. 이때, 각 중앙분배센터에서 각 지역분배센터로의 공급량은 동일하게 공급한다.

단계2. 각 지역분배센터에서는 각 지역의 수요특성에 의하여 각각 다른 수요율이 가정된다.

단계3. 단계2에 의하여, 고객의 요구량이 지역분배센터의 보유량보다 많을 경우가 발생하면 해당 지역분배센터는 동일 단계의 인접한 주변 지역분배센터에 문의한다. 만약, 주변 지역분배센터에서 고객의 요구량을 충족시킬 수 있다면 주변 지역분배센터로부터 필요량을 공급받아 고객의 수요에 대처한다. 그러나, 주변지역분배센터에서 고객의 요구량을 충족시킬 수 없다면 동일선상의 상위 단계인 중앙분배센터에 급송을 요청한 후 제품을 조달 받아 고객의 수요에 대처한다.

단계4. 단계1로 돌아간다.

동일단계 재공급 허용하의 급송시 수송비용과 지역분배센터에서의 재고유지비용을 다음식(5), 식(6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{j\beta} = \frac{1}{g} [[\sum_i \sum_j \sum_p V_{j\beta} \cdot L_{j\beta}] \times k] \tag{5}$$

$$H_j(x) = \sum_j \sum_p [S_{j\beta} + \frac{Q_{j\beta}}{2}] U_{\beta} \tag{6}$$

다중공급원 제약하에서의 총비용은 정규제품공급시의 수송비와 보유제품 부족시 급송제품 수송비 그리고 지역분배센터에서의 재고유지비용의 합으로 나타낼 수 있다. 따라서 다중공급원 가정하의 총비용은 식 (1),(2),(3),(4),(5),(6)에 의하여 다음 식 (7)과 같이 나타낼 수 있으며 단일공급원 가정하의 총비용은 식 (8)로 나타낼 수 있다.

$$TC = \frac{1}{g} \sum_i \sum_j \sum_p W_{ij\beta} \cdot L_{ij\beta} \cdot k + \frac{1}{g} [\sum_i \sum_j \sum_p V_{ij\beta} \cdot L_{ij\beta}] \cdot k + \frac{1}{g} [\sum_j \sum_p V_{j\beta} \cdot L_{j\beta}] \cdot k + \sum_j \sum_p [S_{j\beta} + \frac{Q_{j\beta}}{2}] U_{\beta} \tag{7}$$

$$TC_s = \frac{1}{g} (\sum_i \sum_j \sum_p W_{ij\beta} \times TL_{ij\beta}) \times k + \frac{1}{g} [\sum_i \sum_j \sum_p V_{ij\beta} \times L_{ij\beta}] \times k + \sum_j \sum_p [S_{j\beta} + \frac{Q_{j\beta}}{2}] U_{\beta} \tag{8}$$

III. 수치 예

본 연구의 모형을 수행하는데 필요한 자료수집은 전문화된 공장창고, 중앙분배센터, 지역분배센터, 고객에 이르는 물적분배네트워크에서 중앙분배센터와 복수의 지역분배센터 및 다수의 고객으로 연결되는 분배네트워크로 국한시켜 적용하였다.

본 연구에서 단일공급원 가정하의 부재고 발생시 총비용과 다중공급원 가정하의 부재고 발생시 총비용을 비교하고 분석하는데 있어서 실제 시스템과 같은 시뮬레이션 모형은 만들 수 없지만, 현실적으로 실제 시스템과 가장 근접하며 단일 공급원 가정하의 상황의 경우와 다중공급원 가정하의 상황을 동일 하게 함으로써 두 상황의 효율적인 비교 및 시스템의 타당성을 입증할 수 있는 최적의 분배시스템 모형을 통한 비교분석을 해보고자 한다.

본 연구에서 제시하는 물적분배시스템의 비교분석에 사용된 수치 및 해당 수치의 특성은 다음과 같다. 정규공급시 중앙분배센터에서 지역분배센터로의 품목당 수송량은 15,000kg, 중앙분배센터와 지역분배센터간의 수송거리는 40km, 지역분배 센터간의 수송거리는 4km, 단위당 수송비는 1원으로 가정하였다. 부재고율에 따른 평균중량의 경우 1%, 5%, 10%부재고 발생시의 평균중량은 각각 150kg, 750kg, 1,500kg이다. 단위중량당 재고유지비는 4원이다.

다음의 표 1은 식(7)과 식(8)에 의하여 계산된 결과이다.

구분 비용	단일공급원			다중공급원		
	서비스 수준			서비스 수준		
	99%	95%	90%	99%	95%	90%
정규공급 수송비	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000	600,000
급송비	60,020	450,000	1,800,000	11,400	180,000	1,152,000
재고유지비	309,000	309,000	309,000	309,000	309,000	309,000
총비용	969,000	1,359,000	1,709,000	920,400	1,089,000	2,061,000

IV. 결론

본 연구에서 개발한 알고리즘을 수치 예를 통하여 고찰한 결과 다음과 같은 장점이 예상된다.

- ① 상위단계로 부터의 긴급수송보다는 동일단계의 측면 재공급으로 인한 수송비용이 상대적으로 적다.
- ② 상위단계로 부터의 수송에 따른 규모의 경제로 인한 효과를 계속적으로 유지 가능하다.
- ③ 다중공급원 역할 수행으로 인해 고객에의 동일 서비스 제공하에 중앙분배센터수의 감소가 고려 가능하다.

본 연구결과를 바탕으로 정규공급시 상위단계 재보충량을 고려하여 정규공급량을 증가시킨다면 중앙분배센터의 고유기능인 정규재공급과 급송공급역할중 급송이 없다면 상위단계인 공장창고로부터 정규공급이 이루어지거나 합병지역의 중앙분배센터로부터 제품을 직송 받을 수 있기 때문에 중앙분배센터의 일부폐쇄 또는 합병이 가능할 것으로 여겨진다.

참고문헌

[1] 김영식, 최진영, "다단계분배시스템에서의 효율적 조달기간 관리를 통한 재고통제 전략", 공업경영학회지, 제19권, 제38집, 1996, pp.77-83.
 [2] 최진영, 김병찬, "가격할인 하의 재고부족 허용에

관한 연구", 산업경영시스템학회지, 제24권 제65집, 2001, pp.23-30.

[3] 황홍석, 박태원, "물류재고-수송문제를 고려한 최적 운송대안 선정 모의연구", 한국경영학회 / 대한산업공학회 '97춘계 공동학술대회, pp. 72-75
 [4] Benjamin.J. "An analysis of inventory and transportation costs in a constrained network", Trans. Science, Vol. 23, No3, 1989, pp.177-183.
 [5] Bernhard Fleishmann, "Designing distribution systems with transport economics of scale", European Journal of Operation Research 70, 1993, 31-42.
 [6] Christopher Gopal, Harold Cypress, "Integrated Distribution Management Competing on Customer Service, Time and Cost, "Richard D. Irwin, Inc, 1993, pp. 63-93.

저자소개



이 내 형
 동국대학교 산업공학과 (공학사)
 연세대학교 대학원 산업공학과 (공학석사)
 건국대학교 대학원 산업공학과 (공학박사)
 현재 서일대학 산업시스템 경영과 교수로 재직중