

# 고객서비스를 고려한 서비스부품의 물류망 설계에 관한 연구

서창적 · 이화진  
서강대 경영학과 부교수  
서강대 경영학과 박사과정

## A Study on the Service Parts' Facility Location Problem Under Customer Service Level

Suh, Chang Juck · Lee, Hwa Jin  
Associate Professor, Department of Business Administration, Sogang University  
Doctoral Student, Department of Business Administration, Sogang University

### 1. 서론

서비스나 서비스 부품은 수요의 특성상 독립수요인 경우가 대부분이며 이러한 서비스 부품의 수요는 일반적으로 고객들에 의해서 직접 주문이 발생이 되고 있다. 따라서 서비스 부품의 재고관리를 위해서는 수요가 독립적이라는 상황을 기초로 전통적인 재고모형을 적용시켜야 한다. 또한 서비스 부품의 수요는 불확실하게 발생하기 때문에 수요에 대한 예측의 중요성이 더욱 증대되고 있다.

그러나 서비스 부품에 대한 수요예측이 비교적 정확하게 이루어졌다고 하더라도 서비스 부품의 재고는 중앙창고, 지역창고, 지방의 부품 창고, 기술자의 차량 등 다양하게 존재하고 있기 때문에 재고관리가 쉽지 않은 형편이다. 이러한 서비스 부품의 재고관리는 기업에게 큰 비중을 주고 있는 분야이다. 예를 들어 1990년대 초반 미국의 경우를 보면, 서비스 부품의 재고는 연간 1000억달러를 초과하며, 미 국무성 예산만으로도 서비스 부품에 대한 재고는 약 100억달러를 상회하고 있다고 한다. 그렇지만 많은 서비스 부품의 재고 중에서 절반은 약 2년 동안 사용되지 않는 것으로 조사되고 있다. 이러한 서비스 부품은 상대적으로 짧은 제품수명주기를 가지고 있으며 또한 수요의 변동성이 크기 때문에 미국 내에서 서비스 부품에 대한 연평균 유지비용과 폐기비용은 약 10억 달러에 달한다고 한다(Hill, 1992). 이것을 비추어보더라도 최근의 서비스 부품에 대한 재고관리는 기업에서 그 중요성이 증대하고 있으며 또한 이것이 중요한 관리적인 문제로 대두되고 있음을 알 수 있다.

서비스 부품의 재고는 중앙창고, 지역창고, 지방의 부품창고, 기술자 차량 등 다양한 장소에 산재하고 있으며 또한 서비스 부품의 수요도 딜러, 현장서비스 조직, 국제 현장서비스, 그리고 최종 사용 소비자를 포함하는 넓은 범위의 소비자들을 상대로 한다. 따라서 서비스 부품의 재고는 다양한 장소에 존재하며 다양한 소비자들을 가지고 있기 때문에 서비스 부품에 대한 재고를 다루기 위해서는 현장서비스의 물류망에 대한

고려가 중요한 문제가 된다.

이러한 물류망의 설계 뿐만 아니라 서비스 부품에 대한 효율적인 재고관리를 위해서는 서비스 기업의 경쟁력의 원천이라고 할 수 있는 고객서비스, 즉 만족할만한 고객 서비스 수준에서 안전재고를 줄이는 것도 또한 중요한 문제라고 할 수 있다. 이러한 안전재고의 크기는 재고를 저장하는 창고의 수에 의존을 하게 된다. 따라서 기업에서 전체적인 안전재고를 줄이기 위해서는 창고의 수를 줄여 집중화된 창고를 유지하는 것이 바람직할 수 있다.

그러나 창고의 수를 줄이게 되면 제품의 수송비가 늘어나게 되며 조달 리드타임이 길어져 고객서비스 수준이 낮아질 수도 있다는 약점을 가지고 있다. 그러므로 서비스 부품에 대한 재고관리를 위해서는 현장서비스를 위한 물류망, 고객서비스, 수요 등을 종합적으로 고려해야 할 것이다.

따라서 본 연구는 고객서비스를 고려한 서비스 부품의 효과적인 재고관리를 위한 최적 설비입지를 결정하는 문제로, 수송비와 재고비와의 상충관계를 분석하여 최적 창고의 수를 결정하고 또한 고객서비스 수준을 유지하면서, 발생하는 총비용을 줄이기 위한 효율적인 창고 설비의 수를 결정해보고자 한다. 이에 고려되는 변수들은 고객서비스의 측정 도구로 일반적으로 사용이 되는 제품의 가용성, 수송비, 재고비, 창고비 등을 고려하게 되며, 수송체계도 두단계로 이루어 지는 것을 고려하였다.

본 연구는 모두 5장으로 구성된다. 1장은 연구의 배경 및 목적 그리고 구성 등을 정리하고 있으며, 2장은 물류망에서 설비 입지에 관한 모형과 이에 따른 비용구조, 그리고 고객서비스에 대한 기존문헌을 정리하고 이것을 기초로 물류망 설계에 있어서 필요한 변수와 비용요소들을 추출하였다. 3장에서는 문헌을 통하여 추출한 변수들과 비용요소들을 이용하여 총비용을 최소화할 수 있는 분석적인 모델을 제시하였으며, 4장에서는 3장에서 제시한 모델을 이용하여 총비용을 최소화시켜주는 창고의 수, 수송량과 수송비에 따른 최적 창고의 수, 그리고 고객서비스 수준에 따른 최적 창고의 수 등을 분석하였다. 마지막으로 5장은 이 연구의 결과와 시사점을 정리하였으며 더불어 본 연구의 한계점과 향후 연구방안을 제시하고 있다.

## 2. 이론적 고찰

물류망의 설계의 의사결정에는 창고의 설비, 서비스 부품의 운송, 서비스 부품에 대한 재고관리 등의 3가지 구성요소가 개입된다. 각각 3개의 요소와 관련된 의사결정은 그 구성요소의 비용뿐만 아니라 다른 구성요소의 비용도 연계되어 있다. 그러므로 물류망의 설계에는 3가지 구성요소들의 최적 균형 점을 고려해야 한다. 또한 물류망의 설계에서는 고객서비스에 대한 고려가 매우 중요하며 이러한 고객서비스 수준은 수요에 영향을 미치게 된다.

물류망의 설계에 있어서 가장 중요한 요소는 설비(창고)의 입지 결정 문제이다. 즉, 창고비와 수송비를 최소화하기 위한 창고의 수, 입지, 물동량을 결정하는 문제이다. 창고 입지 결정 모델에 대한 선행연구는 초기에 Kuehn과 Hamburger(1963)에 의해서 진행되었다. 이들은 설비의 입지 결정에 수송비와 조달비, 조달시간을 고려하여 설비 입지 결정을 위한 휴리스틱 기법을 개발하였다. Feldman et al.(1966)은 Kuehn과 Hamburger의 연구를 확장하여 창고비가 비선형인 경우에 설비 입지 결정을 위한 휴리스틱 기법을 소개하였다. Khumawala(1972)는 설비 입지 결정을 위한 효율적인 branch & bound 기법을 개발하였고 또한 Akinc와 Khumalwala(1977)는 이 기법을 저장 능력이 제한되어 있는 경우에도 적용을 하였다. 복수의 조달체계를 가지는 설비 입지에 대한 연구는 Akinc(1985)와 Brown et al.(1987)에 의해서 수행되었다. 이들의 연구는 제한된 저장능력을 가지는 창고를 전제로 하여 복수의 조달체계를 갖는 설비 입지 결정 모델을 제시하였다. 또한 Ballo(1984)는 재고비를 비선형으로 고려하여 복수의 조달체계를 가지는 설비 입지 문제에 대한 휴리스틱 기법을 제시하였으며 Robinson(1989)은 저장능력이 제한이 없는 경우를 고려하여 branch & bound 기법을 이용하였다.

그러나 이러한 창고 입지 결정 모델은 대부분의 경우에 고객서비스를 고려하지 못하고 있다. 고객서비스 수준은 입지 결정에 있어서 외적인 부가조건으로 고려해야 할 문제가 아니며 서비스가 제공이 되는 비용과 이익의 관계를 고려하여 결정을 해야하며 따라서 고객서비스의 수준은 입지 목표의 한 요소로써 표현이 되어야 한다. 이러한 고객서비스는 몇 가지의 요소에 의해서 특성화시킬 수 있는데 물류망의 설계와 관련되어 고객서비스를 측정할 수 있는 수단은 대부분 제품 가용성에 의해서이다.

제품의 가용성에 대한 연구는 그 중요성에 비하여 활발히 진행되지 못하고 있는 실정이다. La Londe와 Zinszer(1976)는 고객서비스의 중요한 요소로서 제품가용성을 제시하고 있으며, Magee(1968)는 제품가용성을 측정할 수 있는 다양한 측정 도구를 제시하였다. Ronen(1982)은 제품의 가용성을 단일 품목의 경우와 다수품목의 경우에 측정할 수 있는 도구를 제시하였다. 이러한 제품가용성은 고객이 원하는 시점에서 얼마나 수요에 제대로 대처하느냐가 중요한 관건이며 이것은 결국 안전재고의 수준에 의해서 결정되는 것으로 귀착된다.

고객서비스에 대한 고려는 물류망의 설계에 있어서 중요한 요소이며, 이와 같은 요소들을 고려한 총비용을 최소화시키는 모델이 효과적일 것이다. Ho와 Perl(1995)은 수요

가 탄력적이고 서비스에 민감한 경우를 고려하여 창고 입지 결정 모델을 제시하기도 하였다. 이 연구는 Kuehn과 Hamburger의 연구에 추가적으로 제품 가용성과 주문 사이클 타임을 확률적으로 고려한 것이다.

물류망의 설계에 있어서 고려될 수 있는 비용은 수송비용, 재고비용, 창고설비에 관련된 비용 3가지이며 효율적인 물류망의 설계를 위해서는 이 세 가지 비용요소의 최적 상충관계를 구해야 한다. 기존의 분석모델은 전형적으로 두 가지 비용요소와 하나의 상충관계에 초점을 둔다. 수송비와 재고비의 상충관계는 하나의 공장에서 다수의 창고에 대한 배송과 다수의 공장에서 다수의 창고에 대한 배송으로 분석되며 수송비와 창고(설비)비에 대한 상충관계는 하나의 공장과 다수의 창고에 대한 분석모델에서 중점을 두고 분석을 하게 된다.

물류망과 관련된 수송비, 창고비, 재고비에 관한 연구는 분석적인 모델을 통해서 진행이 되어 오고 있다. Constable과 Whybark(1978)은 수송문제와 재고문제 사이의 상충관계에 대하여 분석을 하였으며 Blumenfeld et al.(1985)은 운송망에서 수송비와 재고비 그리고 생산비 사이의 상충관계에 대해서 분석을 하였다. 또한 Blumenfeld et al.(1985)은 안전재고를 가짐으로써 발생하는 재고비와 긴급 선적이 발생함으로써 생기는 수송비 사이의 상충관계도 분석을 하였다. 재고비와 수송비 그리고 창고비의 통합 전략에 대한 분석은 Hall(1987)에 의해서 수행되었으며 Campbell(1990)은 물류망 설계에 있어서 수송비, 재고비, 창고비의 상충관계를 분석하였다. Campbell의 연구는 세 가지 비용 요소를 이용하여 수송비와 재고비의 관계, 수송비와 창고비의 관계를 포함하는 분석적인 모델의 최적화에 목적을 두었다.

이러한 기존의 연구를 살펴 보면 물류망을 설계하는데 있어서 수송비, 재고비, 창고비의 상충관계만을 이용하여 대다수의 연구가 진행이 되어 왔다. 따라서 고객서비스를 고려할 수 있는 안전재고의 영향에 대한 분석도 물류망의 설계에 포함을 시켜 분석을 할 필요가 있을 것으로 보인다.

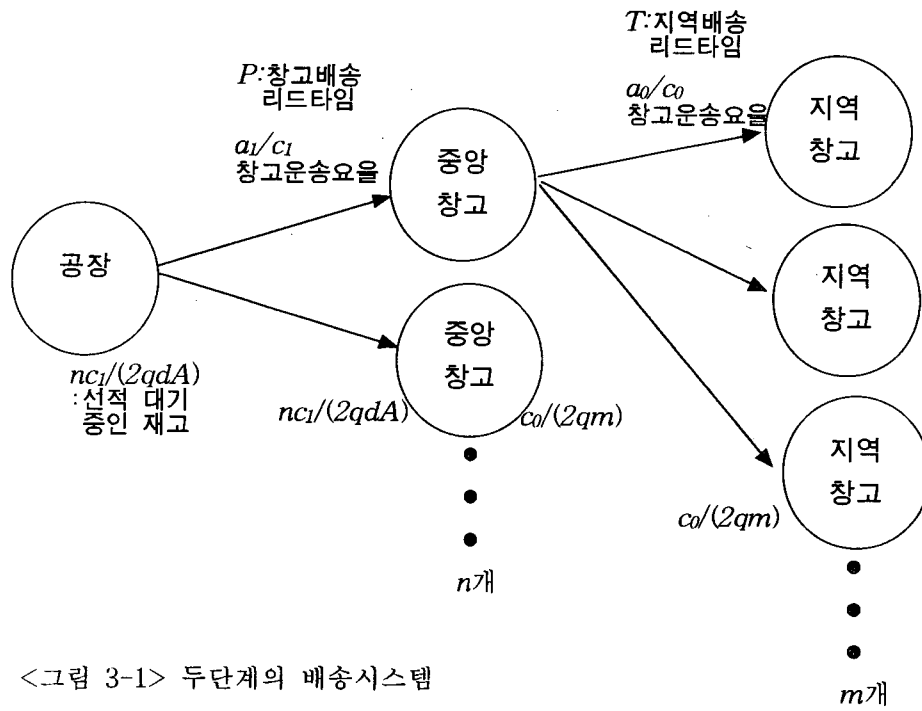
### 3. 연구 모형

서비스 부품의 경우 물류체계는 공장에서 만들어진 서비스 부품들이 중앙의 물류창고로 수송이 되고 이 물류창고에서 각 지역의 서비스 센터나 대리점으로 수송이 되는 것이 일반적이다. 따라서 본 모델은 <그림 III-1>과 같이 두단계의 수송체계를 가지는 경우를 고려하였다. 즉, 서비스 지역 부근에 있는 하나의 공장에서 서비스 지역내의 복수의 중앙창고로 제품이 수송이 되며, 이 중앙창고에서는 하부 서비스 지역의 지역창고로 일정한 수송경로를 통하여 수송하는 경우이다(그림 III-2). 지역 창고는 하부 서비스 지역 내에 산재하는 것으로 고려한다. 배송시스템은 공장에서 중앙창고로 수송이 되는 창고배송과 중앙창고에서 지역창고로의 수송하는 지역배송을 가지는데, 중앙창고는 창고배송 수단으로 운반된 제품을 지역배송 수단으로 나누는 기능을 담당한다. 따라서 지역배송은 일반적으로 창고배송보다 선적규모가 작은 것이 일반적이다. 이러한 기본적인 전제하에, 고객서비스를 고려한 설비입지 모형은 일정한 고객서비스를 유지하는 가운데 총물류비를 최소로 해주는 창고입지의 수를 결정하는 문제이다. 여기에서 고려할 수 있는 비용은 설비들 간의 수송비와 재고비, 그리고 설비를 세우거나 운영하는 창고비이다.

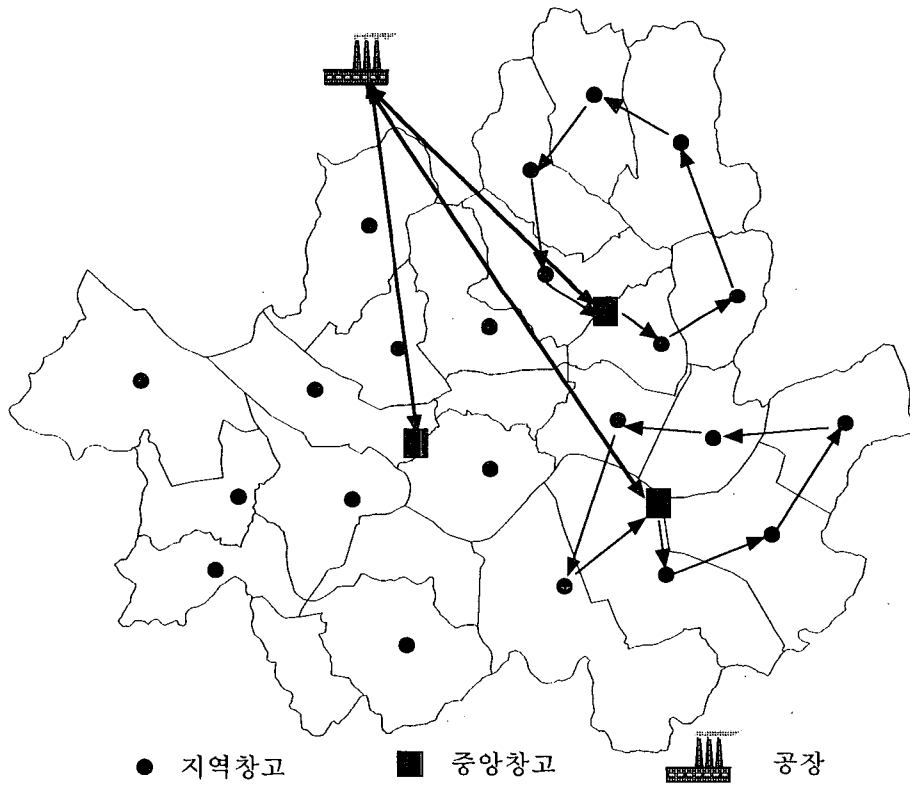
수송비는 공장에서 중앙창고로 수송되는 수송거리와 수송요율과 중앙창고에서 지역창고로 수송이 되는 수송거리와 요율에 의해서 분석하였다. 재고비는 공장에서 중앙창고로 수송을 하기 위해서 선적대기중인 시간과 중앙창고에 도착하여 대기하는 시간, 중앙창고에서 지역창고로 수송하기 위하여 선적대기중인 시간과 지역창고에 도착하여 대기하는 시간, 그리고 리드타임동안에 중앙창고와 지역창고에서 가지는 안전재고 등을 고려하였으며, 여기에 선적당 유지비와 단위 시간당 유지비를 가지고 재고비를 고려하였다. 창고비는 새로운 창고를 세우고 유지하는데 들어가는 비용으로 고정비의 성격을 가지게 되며, 이러한 고정비는 창고설비의 수에 따라 결정이 된다고 가정하여 본 모델에서는 제외시키고 수송비와 재고비 그리고 고객서비스를 위한 안전재고의 영향만을 가지고 모델을 구성하였다.

#### 3.1. 분석 모델을 위한 용어의 정의

- $a_1$  = 창고 배송 수단의 수송비(원/km)
- $a_0$  = 지역 배송 수단의 수송비(원/km)
- $c_1$  = 창고 배송 수단의 평균 선적 규모
- $c_0$  = 지역 배송 수단의 평균 선적 규모
- $A$  = 서비스 지역의 영역(km<sup>2</sup>)
- $d$  = 지역창고의 밀도(지역창고 수/km<sup>2</sup>)
- $n$  = 중앙창고의 수



<그림 3-1> 두단계의 배송시스템



<그림 3-2> 서비스 부품의 수송경로

- $m$  = 지역창고의 수
- $q$  = 각 지역창고의 평균수요
- $h_1$  = 재고유지비(선적당 유지비)
- $h_2$  = 재고유지비(단위 시간당 유지비)
- $P$  = 창고배송의 리드타임
- $T$  = 지역배송의 리드타임
- $K$  = 안전재고 요소
- $\sigma_{qdA(P)}$  = 창고배송 리드타임 동안의 총수요의 표준편차
- $\sigma_{qm(T)}$  = 지역배송 리드타임 동안의 지역 창고 수요의 표준편차

이 모델에서 고려될 수 있는 의사결정변수는 중앙창고의 수( $n$ ), 지역 창고의 수( $m$ )이다. 일반적으로 창고 배송 수단은 지역 배송 수단보다 더 크다. 따라서  $c_l > c_0$  이다. 공장에서 중앙창고까지의 창고운송요율은  $a_l/c_l$ 이고 중앙창고에서 지역창고까지의 지역운송요율은  $a_0/c_0$ 이다. 내부와 외부의 운임비율은  $r$ 로 표현한다.

$$r = \frac{a_l c_0}{a_0 c_l}$$

지역 배송과 창고 배송이 같은 운영비를 가진다면 내부와 외부의 운임비율은 지역 배송과 창고 배송의 선적 규모 비율인  $c_0/c_l$  이다.

### 3.2. 수송비

$n$ 개의 중앙창고는 각각은 대략  $A/n$ 으로 서비스지역을 담당한다.  $L$ 은 공장에서 서비스 지역의 중심까지의 평균 거리로 한다.  $D$ 를 최적입지로 이동한 거리라고 한다면 창고 배송 수단의 평균적인 이동거리는  $2(L-D)$ 이다. 서비스 지역이 블록하다면  $L = 0.38\sqrt{A}$  이다(Larson과 Odoni, 1981). 따라서 선적당 평균 창고배송 수단의 수송비는 다음과 같다.

$$\frac{2a_l(0.38\sqrt{A} - D)}{c_l}$$

$E_p(D, \frac{A}{n})$ 를  $A/n$  크기의 서비스지역의 중심에서  $D$ 만큼 창고를 이동하였을 경우 수송 경로의 평균적인 길이라고 하자. 이러한 이동 거리는 대략 다음과 같다(Daganzo, 1984).

$$E_p(D, \frac{A}{n}) = \frac{0.57m}{\sqrt{d}} + 2E(D, \frac{A}{n})$$

따라서 선적당 평균 수송비  $C_T$  는 창고배송과 지역배송 비용의 합이다.

$$\begin{aligned} C_T &= \frac{2a_1(0.38\sqrt{A} - D)}{c_1} + \frac{a_0(\frac{0.57m}{\sqrt{d}} + 2E(D, \frac{A}{n}))}{c_0} \\ &= (\frac{a_0}{c_0})[\frac{0.57m}{\sqrt{d}} + 0.76r\sqrt{A} + 2(E(D, \frac{A}{n}) - rD)] \end{aligned}$$

$C_T$ 를 최소화하기 위한  $D^* = 0.57rA/n$ 이고

$$E(D^*, \frac{A}{n}) - rD^* = 0.38\sqrt{\frac{A}{n}}(1-r^2)^{\frac{3}{4}}$$

따라서 위의 두 식을 이용하여 수송비의 함수는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C_T = (\frac{a_0}{c_0})[0.76r\sqrt{A} + \frac{0.57m}{\sqrt{d}} + 0.76\sqrt{\frac{A}{n}}(1-r^2)^{\frac{3}{4}}], \quad 0 \leq r \leq 0.5 \text{ 인 경우}$$

### 3.3. 재고비

재고비는 공장, 중앙창고, 지역창고에서 선적을 기다리는 시간과 안전재고의 양으로 설명된다. 운송 중인 시간에 대한 비용은 수송비에 포함이 되므로 재고비에서는 고려를 하지 않았다. 공장에서의 배송은 일정한 시간 간격을 가진다. 각 하부 지역의 선적량(수요량)은  $qdA/n$ 이며 따라서 각 창고로 보내지는 창고 배송 수단의 평균 수는  $qdA/(nc_1)$ 이다. 하부 지역으로 출발하기 위해서 공장에서 선적을 위해 걸리는 시간을 반나철이라고 한다면 선적을 위한 평균 시간은  $nc_1/(2qdA)$ 이다.

각 지역 운송 경로는  $qm$ 만큼의 평균 수요를 가진다. 지역 운송의 평균 수는  $qm/c_0$ 이다. 각 선적을 위한 목적지에서 평균 대기 시간은 이동시간의 반으로  $ca/(2qm)$  주이다. 창고 배송 수단에서 도착하는 선적이 창고에서 일정비율로 소비된다면 창고에서 평균 대기는  $nc_1/(2qdA)$ 이며 공장의 경우도 같다. 창고에서 각각의 지역 배송 수단에 일정비율로 임의의 순서에 따라 선적이 이루어진다면 창고에서 평균적인 대기는  $ca/(2qm)$ 이며 목적지에서의 대기도 이와 같다. 창고에서의 총 대기 시간은 이러한 대기 시간의 합으로 가정하자. 따라서 창고에서 선적을 통합하지 않으면 각 선적의 평

균적인 대기 시간은 창고에서 주당  $\frac{nc_1}{(2qdA)} + \frac{c_0}{(2qm)}$  이다(Campbell, 1990).

선적당 총 대기 시간  $W$ 는 공장, 중앙창고, 지역창고의 대기 시간의 합이다.



$$\begin{aligned}
 W &= \frac{nc_1}{(2qdA)} + \frac{nc_1}{(2qdA)} + \frac{c_0}{(2qm)} + \frac{c_0}{(2qm)} \\
 &= \frac{nc_1}{(qdA)} + \frac{c_0}{(qm)}
 \end{aligned}$$

중앙창고에서의 안전재고는  $SS = nK\sigma_{qdA(P)}$ 이고, 이 재고는 리드타임 중에도 계속 창고에 보유를 하고 있기 때문에 중앙창고에서 안전재고에 대한 대기는  $nK\sigma_{qdA(P)} \cdot P$ 이며, 지역창고에서의 안전재고는  $SS = mK\sigma_{qm(T)}$ 이고 또한 대기는  $mK\sigma_{qm(T)} \cdot T$ 이다.

리드타임 동안의 총 안전재고는 중앙창고와 지역창고의 안전재고에 리드타임을 고려한 것이다.

$$S = nK\sigma_{qdA(P)} \cdot P + mK\sigma_{qm(T)} \cdot T$$

선적당 전체 평균 재고비  $C_I$ 는 선적당 대기시간과 안전재고, 그리고 유지비용으로 구성된다. 따라서 총 재고비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 C_I &= h_1 W + h_2 S \\
 &= h_1 \left[ \frac{nc_1}{(qdA)} + \frac{c_0}{(qm)} \right] + h_2 \left[ nK\sigma_{qdA(P)} \cdot P + mK\sigma_{qm(T)} \cdot T \right]
 \end{aligned}$$

## 4. 모형의 분석

연구모형을 이용하여 분석해보고자 하는 것은 다음과 같다.

- (1) 중앙창고의 수( $n$ )와 지역창고의 수( $m$ )와 이때의 최적비용
- (2) 중앙창고의 운송요율( $a_1/c_1$ )과 지역창고의 요율( $a_1/c_1$ )에 따른 최적 창고입지의 변화
- (3) 고객서비스의 수준에 따른 최적 창고입지의 변화

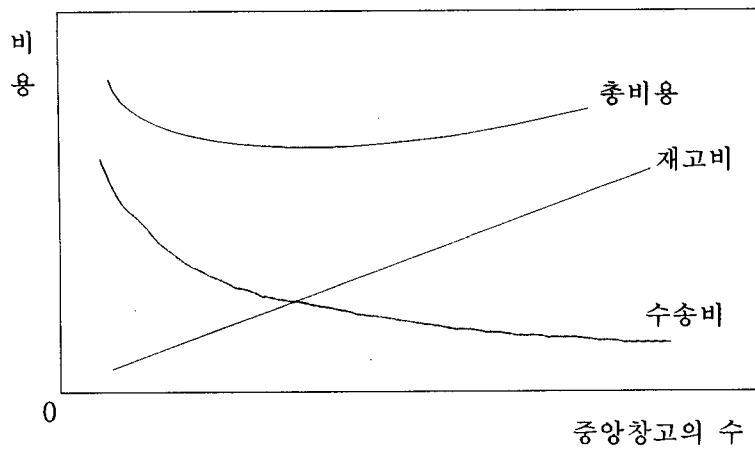
우선 도출한 모형을 가지고 총비용이 최소가 되는 중앙창고의 수( $n$ )와 지역창고의 수( $m$ )를 구하기 위해 총비용 함수를 중앙창고의 수와 지역창고의 수로 편미분을 하고, 편미분한 값을 0으로 하는 점을 구하면 총비용이 최소가 되는 중앙창고의 수와 지역창고의 수를 구할 수가 있게 된다.

$$n^* = \frac{A(0.38 a_0 dq)^{\frac{2}{3}} (1-r^2)^{\frac{1}{2}}}{[c_0(c_1 h_1 + SS_P qdA)]^{\frac{2}{3}}} \quad \text{단 } SS_P = h_2 \cdot nK\sigma_{qdA(P)} \cdot P$$

위의 최적해를 가지고 평가를 해보면, 우선 서비스 지역( $A$ )이 넓어지거나, 지역배송의 수송비( $a_0$ )가 늘어나면 중앙창고의 수를 증가시키는 것이 최적이며, 지역배송의 규모( $c_0$ )를 늘이거나 중앙창고에 안전재고( $SS_P$ )를 많이 두게 되면, 중앙창고의 수를 줄이는 것이 최적이다. 따라서 지역배송의 수송비와 수송규모, 그리고 중앙창고의 안전재고의 비율이 중앙창고의 수를 결정하는데 중요한 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

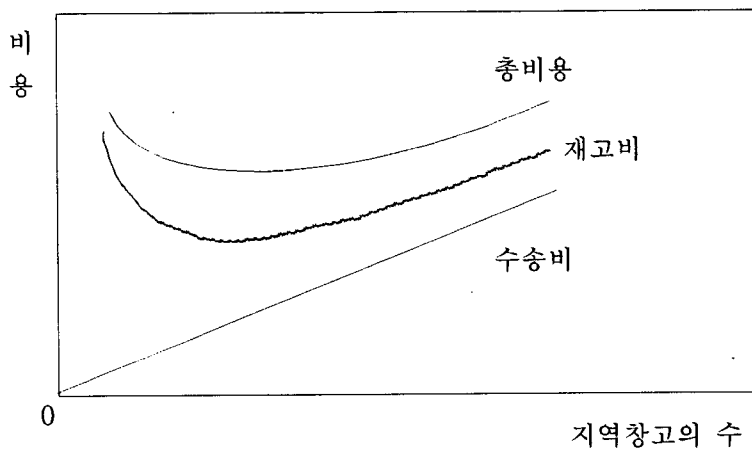
$$m^* = c_0 \left[ \frac{h_1 \sqrt{d}}{(0.57 a_0 + SS_T c_0 \sqrt{d}) q} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{단 } SS_T = h_2 \cdot mK\sigma_{qm(T)} \cdot T$$

지역창고의 수는 지역배송수단의 선적규모( $c_0$ )와 재고유지비용( $h_1$ )이 커지면 창고의 수를 늘이는 것이 바람직하며 지역배송의 수송비( $a_0$ ), 지역창고의 안전재고( $SS_T$ ), 지역창고의 평균수요( $q$ )가 늘어나면 지역창고의 수를 줄이는 것이 최적이라는 것을 알 수 있다. 이 결과로 볼 때 지역배송수단의 경우는 선적규모와 선적되는 제품의 재고비에 영향을 많이 받고 있으며, 이때는 창고의 수를 늘이는 것이 최적이라고 볼 수 있다. 또한 이 비용함수를 이용하여 개략적인 비용곡선을 구하여 보면 <그림 4-1>과 <그림 4-2>와 같다. 중앙창고의 수에 따른 총비용의 효과를 <그림 4-1>에서 본다면, 중앙창고의 수가 늘어나면 재고비는 창고의 수에 비례적으로 늘어나게 되며, 수송비는 창고의 수가 늘어나게 되면 선적의 수는 같지만, 수송거리가 줄어들기 때문에 비용이 줄어들게 된다. 따라서 총비용은 창고의 수가 일정수준으로 늘어날 때까지는 줄어들게 되며 일정수준이상으로 늘어나면 다시 증가하는 형태를 가지게 된다.



<그림 4-1> 중앙창고의 수에 따른 비용효과

<그림 4-2>는 지역창고의 수에 따른 비용구조를 볼 수 있는데, 지역창고의 수가 늘어나면 수송비는 비례적으로 늘어나며, 재고비는 일정수준까지 줄어들다가 일정수준 이상이 되면 안전재고의 급격한 증가로 인하여 늘어나게 된다. 따라서 총비용 구조도 일정수준까지 줄어들다 다시 증가하게 되는 곡선형으로 나타나게 된다.



<그림 4-2> 지역창고의 수에 따른 비용효과

## 5. 결론

본 연구는 서비스 부품과 같이 고객서비스를 중요시하는 제품의 효율적인 재고관리를 위한 창고 설비입지를 수송비와 재고비의 상충관계를 통하여 분석을 하였다. 여기에서 고려한 물류망은 두단계로 가정을 하였다. 공장에서 서비스 지역 내에 있는 중앙창고로 중앙창고에서 하부서비스 지역내에 산재해 있는 지역창고로 수송하는 수송시스템을 고려하였다. 수송비는 두단계 각각의 수송거리와 수송비를 고려하여 모델을 도출하였으며, 재고비는 중앙창고와 지역창고로 수송되는 제품의 재고와 고객서비스를 유지시키기 위해 중앙창고와 지역창고에서 보유하고 있는 안전재고의 두가지를 가지고 모델을 구성하였다.

연구결과에 의하면, 서비스 지역이 넓어질수록 중앙창고의 수를 늘여야하며, 지역창고에 대한 수송비는 중앙창고의 수와 지역창고의 수에 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 지역창고에 대한 수송비가 중앙창고에 대한 수송비보다 상대적으로 커지면 중앙창고의 수를 늘이는 것이 비용을 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 선적규모면에서도 지역 배송의 1회 선적당 선적규모를 늘이면, 중앙창고의 수는 줄이고 지역창고의 수를 늘이는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 사용되는 제품에 대한 재고비를 고려할 때는 대기 시간당 재고유지비가 늘어나면, 중앙창고의 수는 줄이는 것이 효과적이지만 지역창고의 수는 늘이는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 이것은 지역창고의 배송은 중앙창고에서 지역창고들로 일정한 경로를 통해서 수송을 하는 것이므로 보다 많은 지역창고에 수송을 한다면 선적횟수가 줄어들게 되며, 이에 따라 재고비용이 줄어드는 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 창고에서 가지는 안전재고는 창고의 수에 반비례하는 것으로 나타났고, 고객서비스를 높이기 위하여 안전재고의 양을 늘이면, 중앙창고나 지역창고의 수를 줄이는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

본 연구의 기여점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 물류망을 두단계로 고려하여 보다 현실성 있는 모델을 제시하였다. 대부분의 서비스 제품은 공장에서 서비스센터로 직접 제품들이 수송되는 것이 아니라 중간에 대규모의 물류센터를 두고 있다. 이러한 측면에서 수송의 단계를 두단계로 고려한 것은 보다 현실성 있는 연구라고 하겠다.

둘째, 수송비와 재고비와의 상충관계를 분석하면서, 안전재고의 영향을 포함시켰다. 이것은 대부분의 연구가 안전재고의 영향을 고려하지 못하였는데, 고객에 대한 서비스 수준을 고려하는 가운데 최적 물류망을 설계하기 위해서는 이러한 안전재고의 영향에 대한 모델은 의미가 있을 것이다.

마지막으로, 연구에 사용된 모델은 분석적인 모델로서, 각 변수에 대한 투입자료가 있다면 간편하게 최적해를 구할 수 있다. 또한 각 변수들에 대한 상충관계나 변화에 대한 분석도 용이하게 할 수 있을 것이다.

본 연구의 한계점 및 향후 연구방안을 제시하면 다음과 같다.

첫째로, 분석모델이 수송비와 재고비와의 상충관계만을 보았으며, 창고비는 창고의 수에 따라 발생하는 고정비적인 성격을 가지고 있어서 분석에서 제외를 시켰다. 그러므

로 총비용의 분석에서 추가적으로 창고비를 고려하는 것이 필요할 것이다.  
둘째로, 제품의 수요를 서비스 부품의 수요의 특성에 맞게 확률적으로 고려를 하는 것이 바람직하지만, 계산상의 편의성을 위하여 확정적인 수요를 가지고 분석적인 모델을 구성하였다. 그러나 확률적인 수요인 경우에도 계산상의 복잡성을 제외하고는 이 모델을 적용을 시키기에 어려움이 없을 것으로 보이며 추후 연구에서는 확률적인 수요분포를 포함하는 연구가 필요할 것이다.

## 참고문헌

- [1] Akinc, U. and Khumawala, B. M.(1977), " An efficient Branch and Bound Algorithm for the Capacitated Warehouse Location Problem", *Management Science*, Vol. 23, No. 6, February, pp. 585-594.
- [2] Akinc, U.(1985), "Multi-Activity Facility Design and Location Problems", *Management Science*, Vol. 31, No. 3, pp. 275-283.
- [3] Blumenfeld, D. E.(1985), "Trade-off between Freight Expediting and Safety Stock Inventory Costs", *Journal of Business Logistics*, Vol. 6, No. 1, pp. 79-99.
- [4] Burns, L. D., Blumenfeld, R. W., Hall, D. E. and Daganzo, C. F. (1985), "Distribution Strategies that Minimize Transportation and Inventory Costs", *Operations Research*, Vol. 33, pp. 469-490.
- [5] Blumenfeld, D. E., Burns, L. D., Diltz, J. D. and Daganzo, C. F.(1985), "Analyzing Trade-offs between Transportation, Inventory and Production Costs on Freight Networks", *Transportation Research*, Vol. 19B, pp. 361-380.
- [6] Daganzo, C. F. and Newell, C. F.(1985), "Physical Distribution from a Warehouse: Vehicle Coverage and Inventory Levels", *Transportation Research*, Vol. 19B, pp. 397-408.
- [7] Campbell, J. F.(1990), "Designing Logistics Systems by Analyzing Transportation, Inventory and Terminal Cost Tradeoffs", *Journal of Business Logistics*, Vol. 11, No. 1, pp. 159-179.
- [8] Constable, G. K. and Whybark, D. C.(1978), "The Interaction of Transportation and Inventory Decisions", *Decision Sciences*, Vol. 9, pp. 688-699.
- [9] Feldman, E., Lehrer, F. A. and Ray, T. L.(1966), "Warehouse Location Under Continuous Economies of Scale", *Management Science*, Vol. 12, No. 9, May, pp. 670-684.
- [10] Hall, R. W.(1987), "Consolidation Strategy: Inventory, Vehicles and Terminals", *Journal of Business Logistics*, Vol. 8, No. 2, 1987, pp. 57-73.
- [11] Hill, A. V.(1992), *Field Service Management: An Integrated Approach to Increasing Customer Satisfaction*, The Business One Irwin, APICS.
- [12] Ho, Peng-Kuan, and Perl, J.(1995), "Warehouse Location Under Service-sensitive Demand", *Journal of Business Logistics*, Vol. 16, No. 1, pp. 133-162.
- [13] Kaufman, L., Eede, M. V. and Hansen, P.(1977), "A Plant and Warehouse Location Problem", *Operational Research Quarterly*, Vol. 28, No. 3, pp. 547-554.
- [14] Khumawala, B. M.(1972), "An Efficient Branch and Bound Algorithm for the

Warehouse Location Problem," *Management Science*, Vol. 18, No. 12, August, pp. 718-731.

- [15] Kuehn, A. A., and Hamburger, M. J.(1963), "A Heuristic Program for Locating Warehouses", *Management Science*, Vol. 9, No. 9, July, pp. 643-666.
- [16] Perl, J., and Sirisonponsilp, S.(1988), "Interdependence between Facility Location, Transportation and Inventory Decision in the Design of Distribution Network", *International Journal of Physical Distribution and Material Management*, Vol. 18, No. 1, pp. 18-26.
- [17] Robinson, E. P., Jr.(1989), "Multi-activity uncapacitated Facility Location Problem: A New Tool For Logistics Planning", *Journal of Business Logistics*, Vol. 10, No. 2, pp. 159-179.
- [18] Ronen, D.(1982), "Measures of Product Availability", *Journal of Business Logistics*, Vol. 3, No. 1, pp. 45-58.