

☒ 연구논문

고객서비스에 따른 수요변화하에서의 분배센터 입지선정과 경로 문제

- Distribution Center Location and Routing Problem with
Demand Dependent on the Customer Service -

오 광 기*
Oh, Kwang Ki
이 상 용**
Yi, Sang Yong

Abstract

The distribution center location and routing problem involves interdependent decisions among facility, transportation, and inventory decisions. The design of distribution system affects the customers' purchase decision by sets the level of customer service to be offered. Thus the lower product availability may cause a loss of demand as falls off the customers' purchase intention, and this is related to the firm's profit reduction.

This study considers the product availability of the distribution centers as the measure of the demand level change of the demand points, and represents relation between customer service and demand level with linear demand function. And this study represents the distribution center location and routing to demand point in order to maximize the total profit that considers the products' sales revenue by customer service, the production cost and the distribution system related costs.

1. 서 론

고객의 욕구변화에 따른 다품종 소량화 현상, 기업간 경쟁의 심화 등과 같은 기업 환경변화는 기업으로 하여금 고객에게 제품을 신속하고 정확하게 제공하기 위한 적절한 분배시스템의 설계를 요구하고 있다. 이것은 분배시스템이 어떻게 설계되느냐에 따라 제공되는 고객서비스 수준이 결정되며 고객서비스 수준은 고객의 구매활동에 영향을 미쳐 고객의 수요수준의 변화를 가져올 수 있기 때문이다. 따라서 기업에 있어서 분배시스템의 설계는 기업의 이익 수준을 결정하는 매우 중요한 의사결정이라 할 수 있으며, 이것은 고객서비스, 설비 의사결정, 수송 의사결정, 재고 의사결정 등과 관련된다 [2, 8, 15].

설비 의사결정은 제품을 공급지에서 최종 수요지로 전달하는 과정에 필요한 중간 보관설비(분배센터)의 수와 위치 및 규모를 결정하는 의사결정으로써 의사결정의 결과가 장기간 지속되고 높은 자본투자를 요구하기 때문에 전략적 의사결정(strategic decision)으로 볼 수 있고, 수송 의사결정은 공급지에서 분배센터를 경유하여 최종 수요지까지의 제품 이동과 관련된 차량 경로와 수송규모를 결정하는 것으로써 상대적으로 변경이 가능한 전술적 의사결정(tactical decision)이라 할 수 있으며, 재고 의사결정은 분배센터에서의 안전재고수준과 점검계획(review

* 건국대학교 산업공학과 박사과정 수료

** 건국대학교 산업공학과

discipline) 등을 포함하는 것으로 전술적 · 운영적 의사결정(operational decision)이라 할 수 있다. 그리고 이러한 세 가지 의사결정은 서로 독립적으로 결정되는 것이 아니라 상호 밀접한 관련하에서 결정되어야 한다.

또한 적절한 분배시스템은 고객에게 신속하고 정확한 제품의 전달을 가능하게 하고, 고객서비스 향상을 유도하여 고객의 수요수준을 변화시킨다. 그리고 변화된 수요수준과 이에 따른 수요의 지리적인 분포의 변화는 분배시스템의 설계에 영향을 미친다.

본 연구는 분배센터의 제품이용성(product availability)을 수요점의 수요수준 변화의 척도로 이용하여 고객서비스와 수요수준의 관계를 수요함수로 표현한다. 그리고, 수요점이 각 분배센터에 할당될 때 수요수준의 변화를 나타내고, 수요수준의 변화에 따른 제품 판매수익과 생산비 · 분배시스템 관련비용을 고려하여 분배시스템의 전체 이익을 극대화하는 분배센터 입지선정과 경로 문제를 다루고자 한다.

2. 선행 연구의 고찰

분배센터 입지선정 문제를 다루는 대부분의 모델은 수요가 고정된 상태에서 창고비와 수송비의 합을 최소화하기 위한 분배센터의 수 · 위치 · 규모를 결정하는 문제로 표현하였다 [5]. 그러나 실제로 수요는 제품의 가격 · 품질 · 고객에게 제공되는 고객서비스 등에 종속적이다.

Erlenkotter [6]는 이익 극대화를 목적으로 하여 개인설비(private facilities)와 공공설비(public facilities)에 모두 적용할 수 있는 가격탄력적(price-elastic)인 입지선정 모델을 개발하였고, Das and Verma [4]는 수요수준을 가장 가까운 설비에 대한 거리의 지수함수(exponential function)로 표현하는 용량제한이 없는 설비 입지선정 모델(uncapacitated facility location model)을 나타내었다.

수요와 고객서비스의 관계를 연구한 대부분의 단일요소 모델은 수요와 조달시간(또는 조달거리)사이의 관계에 초점을 두고 수요와 고객서비스의 관계를 표현하였고 [7, 13], Ho [8]는 서비스에 민감한 수요(service-sensitive demand)를 고려한 창고 입지선정 모델을 개발하였다.

설비 입지선정과 경로를 동시에 고려한 모델로써, Webb [18]은 설비입지 문제에 차량경로를 고려해야 하는 필요성을 제기하고, 거리 합(distance sum)의 최소화로 구한 분배센터의 위치와 실제적인 경로의 최소화에 의해 구한 분배센터의 위치를 비교하였다. Laporte and Nobert [11]는 n 개의 수요점들이 하나의 차고에 있는 m 명의 판매원에 의해 서비스될 경우에 대하여 차고의 운영비용과 경로비용을 최소화하기 위해 n 개의 수요점들 중에 단일 차고를 입지시키는 문제를 다루었다. 그리고, Perl and Daskin [14]은 고객의 수요가 확정적인 경우에 차량경로에 따르는 배송비용을 반영하여 분배시스템을 구축하기 위한 분배센터의 수와 위치 및 규모를 결정하고, 각 분배시스템에서의 차량경로문제를 해결하는 방법을 제시하였다.

3. 알고리즘의 개발

분배센터의 입지선정과 경로 문제는 설비 · 수송 · 재고 의사결정 등의 상호 관련성을 고려하여야 하며, 또한 수송 의사결정에 있어서 공급지에서 분배센터까지의 적송(trunking)은 대개 차급(truckload)에 의한 직송(straight-and-back basis)으로 이루어지지만 분배센터에서 최종 수요점까지의 배송(delivery)은 미차급(less than truckload)으로 분배센터를 출발하여 경로를 따라 여러 수요점을 방문한 후 분배센터로 다시 되돌아온다.

그리고 분배시스템은 고객에게 제공되는 고객서비스 수준을 결정하여 고객의 구매 의사결정에 영향을 준다. 즉, 제품이용성(product availability)은 고객이 필요로 할 때 제품을 공급할 수 있는 공급자의 능력을 나타내는 것으로 낮은 제품이용성은 고객의 구매의지를 하락시켜 판매 기회의 손실을 가져오고, 이것은 기업의 이익감소로 연결된다.

따라서 본 연구에서는 이러한 상황에서 분배센터의 제품이용성을 수요점의 수요수준 변화의 척도로 이용하여 고객서비스와 수요수준의 관계를 선형수요함수(linear demand function)로 표현한다. 그리고 각 수요점의 수요수준이 선형수요함수에 따라 종속적으로 변하는 경우에 차량경로에 따른 배송비용을 반영하여 전체 이익을 극대화하는 분배센터의 수와 위치 및 수요점까지의 경로를 다룬다.

3.1절은 본 연구에서 이용하는 기호와 가정을 보이고, 3.2절은 분배센터의 제품이용성을 이용하여 고객서비스와 수요수준과의 관계를 나타내는 선형수요함수를 개발한다. 그리고 3.3절은 본 연구의 목적함수와 제약식을 나타내고, 3.4절에서는 본 연구의 알고리즘 절차를 다룬다.

3.1 기호와 가정

본 연구에서 이용하는 기호는 다음과 같다.

i = 분배센터 후보지의 집합 ($1 \leq i \leq M$)

j = 수요점 ($1 \leq j \leq N$)

k = 배송경로 ($1 \leq k \leq K$)

g, h = 수요점이나 분배센터를 나타내는 첨자 ($1 \leq g \leq M + N, 1 \leq h \leq M + N$)

d_i = 분배센터 i 에서의 전체처리량

d_{ij} = 분배센터 i 에 의해 제공된 수요점 j 의 수요량

c_{gh} = g 와 h 사이의 거리

Q_i = 분배센터 i 에서의 발주량

\bar{T}_i = 분배센터 i 에서의 평균보충조달기간

σ_{T_i} = 분배센터 i 에서의 보충조달기간의 표준편차

V_i = 분배센터 i 의 용량

C = 차량(또는 경로)의 용량

P_j = 수요점 j 에서의 제품단위당 판매가격

PC_j = 수요점 j 에 공급된 제품단위당 생산비용

TC_i = 공급지로부터 분배센터 i 까지의 제품단위당 적송비용

DC_{gh} = 배송차량의 단위거리당 배송비용

CC_i = 분배센터 i 에서의 단위당 재고유지비용

FDC_i = 분배센터 i 에서의 고정비용

VDC_i = 분배센터 i 에서의 단위당 변동비용

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{수요점 } j \text{가 분배센터 } i \text{에 의해 제공되는 경우} \\ 0, & \text{기타} \end{cases}$$

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{분배센터 } i \text{가 설립되는 경우} \\ 0, & \text{기타} \end{cases}$$

$$X_{ghk} = \begin{cases} 1, & \text{경로 } k \text{ 상에서 지점 } g \text{가 지점 } h \text{에 앞서는 경우} \\ 0, & \text{기타} \end{cases}$$

또한 본 연구의 가정은 다음과 같다.

- 수요점의 수요수준은 공급자가 제공하는 고객서비스 수준에 의해서만 영향을 받는다. 즉, 수요점 j 의 수요수준은 그 수요점에 공급하는 분배센터 i 의 제품이용성에 의해서만 영향을 받는다.
- 공급지에서 분배센터까지의 적송비용은 적송량에만 의존한다. 즉, 공급지와 분배센터사이의 거리는 무시한다.
- 각 수요점은 단일 분배센터에 의해 공급받는다.
- 수요점의 수요율은 지수분포를 따르고, 모든 수요점의 수요량은 충족시켜야 한다.
- 차량적재용량을 초과하지 않는 범위내에서 운행하고, 배송차량의 적재용량은 동일하다.
- 배송차량은 분배센터를 출발하여 수요점을 경유한 후 출발지로 돌아온다.

3.2 수요함수(demand function)

제품이용성은 고객서비스의 가장 중요한 요소이며 [9, 16], Magee, et. al. [12]은 제품이용성을 측정하는 여러 가지 방법을 제안하였다. 본 연구에서는 재고로부터 만족된 수요의 비율(fraction of demand filled from stock)을 제품이용성을 나타내는 측정 방법으로 이용한다.

안전재고는 수요의 변화와 조달기간의 변동으로 인한 재고부족에 대비하기 위한 것으로 분배센터 i 에서의 안전재고수준 SS_i 는 식 (1)과 같다.

$$SS_i = K_i \sigma_i \tag{1}$$

보충조달기간 수요의 표준편차는 수요율과 조달기간이 변하는 경우에 식 (2)와 같다.

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_{d_i}^2 \bar{T}_i + \sigma_{T_i}^2 d_i^2} \tag{2}$$

여기서 σ_{d_i} : 분배센터 i 에서의 수요율의 표준편차

그리고, 수요율이 지수분포를 따른다면 $\sigma_{d_i} = d_i$ 로 나타낼 수 있으므로, 분배센터 i 에서의 안전재고수준은 식 (3)과 같다.

$$SS_i = K_i d_i \sqrt{\bar{T}_i + \sigma_{T_i}^2} \tag{3}$$

그러므로, 안전계수는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$K_i = (\bar{T}_i + \sigma_{T_i}^2)^{(-\frac{1}{2})} \cdot \delta \tag{4}$$

여기서 δ : 분배센터 i 의 총수요에 대해 미리 정해진 안전재고량의 비율 ($= \frac{SS_i}{d_i}$)

Veen [17]은 수요율이 지수분포를 따르는 경우에 불만족 수요의 비율(fraction of unsatisfied demand)을 식 (5)와 같이 나타내었다.

$$\beta_i = \frac{\sigma_i}{Q_i} e^{-(1+K_i)} \tag{5}$$

$\bar{T}_i, \sigma_{T_i}, Q_i$ 가 주어진다면, 식 (5)는 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$\beta_i = B_i d_i \tag{6}$$

여기서 $B_i = \frac{\sqrt{\bar{T}_i + \sigma_{T_i}^2}}{Q_i} e^{-(1+(\bar{T}_i + \sigma_{T_i}^2)^{-\frac{1}{2}} \cdot \delta)}$

수요점 j 의 수요가 단일 분배센터에 의해 제공되므로 수요점 j 에서의 불만족 수요의 비율은 분배센터 i 에서의 불만족 수요의 비율과 같다고 할 수 있다. 따라서 분배센터 i 에 의해 제공된 수요점 j 의 수요량을 분배센터 i 의 제품이용성의 선형함수(linear function)로 나타내면 식 (7)과 같다.

$$\begin{aligned} d_{ij} &= f(\beta_j) \\ &= a_j - b_j B_i d_i \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 a_j : 수요점 j 로부터의 모든 요구가 즉시 분배센터의 재고로부터 만족되는 경우 (즉 $\beta_j = 0$)에 수요점 j 에서 발생할 수 있는 최대수요량

b_j : 불만족 수요의 비율에 따른 수요점 j 의 변화정도

3.3 목적함수와 제약식

본 연구의 목적함수는 제품 판매수익에서 생산비와 분배시스템 관련비용을 뺀 전체이익의 극대화이다. 제품 판매수익은 수요점에서의 제품단위당 판매가격과 수요량의 곱으로 이루어지고, 생산비는 물류시스템 관련비용을 제외한 비용이며 분배시스템 관련비용은 분배센터비용, 수송비용, 재고비용으로 구성된다.

$$\begin{aligned} \text{Max 전체 이익} &= \text{제품 판매수익} - (\text{생산비용} + \text{분배센터비용} + \text{수송비용} + \text{재고비용}) \\ &= \text{제품 판매수익} - \{ \text{생산비} + (\text{고정비} + \text{변동비}) + (\text{적송비} + \text{배송비}) + \\ &\quad (\text{평균재고유지비} + \text{안전재고비}) \} \\ &= \sum_i \sum_j P_j \cdot d_{ij} \cdot X_{ij} \\ &\quad - \{ (\sum_i \sum_j PC_j \cdot d_{ij} \cdot X_{ij}) + (\sum_i FDC_i \cdot Y_i + \sum_i \sum_j VDC_i \cdot d_{ij} \cdot X_{ij}) \\ &\quad + (\sum_i \sum_j TC_i \cdot d_{ij} \cdot X_{ij}) + (\sum_g \sum_h \sum_k DC_{gh} \cdot c_{gh} \cdot X_{ghk} \cdot \sum_i \sum_j \cdot d_{ij} \cdot X_{ij}) \\ &\quad + (\sum_i \frac{CC_i \cdot Q_i \cdot Y_i}{2} + \sum_i \sum_j CC_i \cdot K_i \cdot \sqrt{T_i + \sigma_{T_i}^2} \cdot d_{ij} \cdot X_{ij}) \} \end{aligned}$$

$$\text{s. t. } \sum_i X_{ij} \leq 1, \quad \forall_j \in J \quad (1)$$

$$X_{ij} - Y_i \leq 0, \quad \forall_i \in I, \forall_j \in J \quad (2)$$

$$\sum_j d_{ij} \cdot X_{ij} \leq V_i \cdot Y_i, \quad \forall_i \in I \quad (3)$$

$$d_{ij} - f(d_i) = 0, \quad \forall_i \in I, \forall_j \in J \quad (4)$$

$$d_i - \sum_j d_{ij} \cdot X_{ij} = 0, \quad \forall_i \in I \quad (5)$$

$$\sum_j B_i \cdot d_{ij} \cdot X_{ij} \leq \beta_{i_{\max}}, \quad \forall_i \in I \quad (6)$$

$$\sum_k \sum_{h=1}^{N+M} X_{jhh} = 1 \quad \forall_j \in J, \forall_k \in K \quad (7)$$

$$\sum_j d_j \sum_{h=1}^{N+M} X_{jhh} \leq C \quad \forall_j \in J, \forall_k \in K \quad (8)$$

$$\sum_{g=1}^{N+M} X_{hgh} - \sum_{g=1}^{N+M} X_{ghh} = 0 \quad \forall_k \in K, h = 1, \dots, N+M \quad (9)$$

$$\sum_i \sum_j X_{ijk} \leq 1 \quad \forall_i \in I, \forall_j \in J, \forall_k \in K \quad (10)$$

$$\sum_{h=1}^{N+M} X_{jhh} + \sum_{h=1}^{N+M} X_{ihh} - X_{ij} \leq 1, \quad \forall_i \in I, \forall_j \in J, \forall_k \in K \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
 X_{ij} &= [0, 1], & \forall i \in I, \forall j \in J \\
 Y_i &= [0, 1], & \forall i \in I \\
 X_{ghk} &= [0, 1], & g = 1, \dots, N+M, h = 1, \dots, N+M, \forall k \in K
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

제약식 (1)은 각 수요점의 제품 공급은 하나의 분배센터로부터 제공된다는 것을 의미하고, 제약식 (2)는 수요점이 설립되지 않은 분배센터에 할당되는 것을 방지하고, 제약식 (3)은 분배센터에서의 용량제약을 나타낸다.

제약식 (4)는 수요점 j 에서의 수요가 분배센터 i 에서의 전체 처리량의 함수로 표현된다는 의미로 수요점 j 에서의 수요가 선택된 수요함수에 의존한다는 것을 나타낸다.

제약식 (5)는 각 분배센터에서의 전체 처리량을 나타내고, 제약식 (6)은 분배센터 i 에서의 불만족 수요의 비율이 규정된 제한을 초과하지 않는다는 것을 의미한다.

제약식 (7)은 각 수요점은 한 번씩 방문됨을 의미하고, 제약식 (8)은 각 경로별 수요량의 합은 미차급임을 의미한다.

제약식 (9)는 차량이 분배센터 또는 수요점을 방문할 경우, 그 다음의 경로는 반드시 방문한 곳에서 나와야 함을 표시하며, 모든 지점에서 차량이 진입하는 횟수와 나가는 횟수가 같다는 의미이다.

제약식 (10)은 분배센터를 출발한 차량이 하나의 경로를 형성하여 여러 수요점에 서비스하면서 다른 분배센터를 방문하는 것을 방지하기 위한 것이다.

제약식 (11)은 분배센터 i 와 수요점 j 가 동일 경로상에 있는 경우 X_{ij} 는 반드시 1과 같아야 함을 의미하고, 제약식 (12)는 변수에 대한 제약조건이다.

3.4 알고리즘의 절차

본 연구에서의 알고리즘 절차는 다음과 같다.

단계 1; 분배센터 후보지와 수요점에 대한 관련 데이터를 입력한다.

단계 2; 단계 1의 데이터를 기초로 각 수요점의 수요함수의 모수(parameter)를 구한다.

a_j 는 수요점 j 로부터의 모든 수요가 즉시 분배센터의 재고로부터 만족되는 경우 (즉 $\beta_j = 0$)에 수요점 j 에서 발생할 수 있는 최대수요량을 나타낸다. 그리고, 고객이 허용하는 불만족 수요의 최대값을 $\beta_{j,max}$ 라 할 때 $b_j = a_j / \beta_{j,max}$ 로 구한다.

단계 3; B_i 의 값을 구하고, 각 분배센터에 따른 수요점의 선형수요함수를 구한다.

단계 4; 각 분배센터에 수요점을 할당하고, 각 수요점의 수요량을 계산한다. 여기에서 모든 수요점의 수요량은 충족되어야만 하므로 분배센터 - 수요점 쌍은 M^N 개이다.

단계 5; 분배센터와 수요점, 수요점과 수요점사이의 거리를 계산한다.

$$c_{gh} = \sqrt{(X_g - X_h)^2 + (Y_g - Y_h)^2}$$

여기서 c_{gh} = 점 g 와 h 사이의 거리

X_g, Y_g = 점 g 의 X, Y 좌표

X_h, Y_h = 점 h 의 X, Y 좌표

단계 6; 각 분배센터 후보지와 수요점에 대한 절약비용(savings cost)를 구한다.

$$S_{jj'} = C_j + C_{j'} - C_{jj'}$$

여기서 $S_{jj'}$ = 분배센터에서 수요점 j, j' 을 방문함으로써 얻는 절약비용

C_j = 분배센터에서 수요점 j 까지의 운송비용

$C_{j'}$ = 분배센터에서 수요점 j' 까지의 운송비용

절약(saving)방법은 Clark and Wright [3]가 차량경로문제를 풀기 위해 개발한 방법으로 절약비용을 내림차순으로 정렬한 후, 정렬된 목록의 맨 위에서 시작하여 문제의 제약조건을 위반하지 않는다면 최대절약비용 S_{ij} 를 이루는 지점 i 와 j 를 연결하는 방법이다.

따라서 절약비용을 내림차순으로 정렬하고, 모든 분배센터 - 수요점 쌍에 대하여 절약비용 알고리즘을 적용한다.

단계 7; 제품 판매수익, 생산비와 분배시스템 관련비용을 계산한 후, 전체 이익을 최대로 하는 분배센터를 선정한다.

4. 수치예

본 연구의 수치예는 분배센터 입지 후보지가 3, 수요점이 5라고 가정하며, $P_j = 250$ 원, $PC_j = 130$ 원, $C = 400$ 단위, $DC_{gh} = 30$ 원으로 한다.

단계 1; 분배센터 후보지 관련 데이터는 <표 1>과 같고, 수요점 관련 데이터는 <표 2>와 같다.

<표 1> 분배센터 관련 데이터

분배센터 번호	DC_1	DC_2	DC_3
X좌표	20	40	40
Y좌표	30	40	20
Q_i (단위/주)	1,300	1,200	1,400
δ	2	3	2
\bar{T}_i (일)	6	10	7
σ_{T_i} (일)	2	3	3
FDC_i (원)	3,000	3,000	3,000
TC_i (원/단위)	4.5	4.5	3.5
CC_i (원/단위)	12	10	10
VDC_i (원/단위)	1.5	1.2	1.3

<표 2> 수요점 관련 데이터

수요점 번호	1	2	3	4	5
X 좌표	15	33	28	30	46
Y 좌표	37	31	45	15	30
a_j	200	180	240	210	200
$\beta_{j_{max}}$	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6

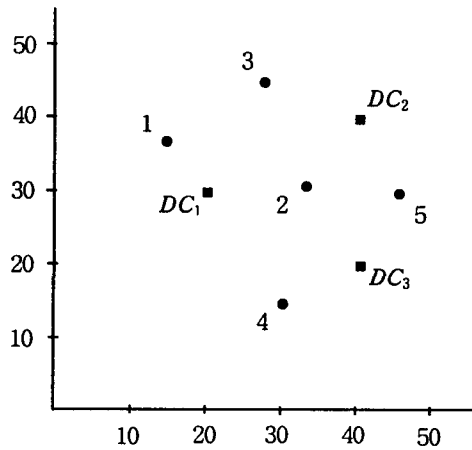
수요점 j 의 불만족 수요의 최대허용치는 그 수요점에 제공되는 다른 공급자의 제품 이용성에 따라 대략 0.2에서 0.6의 범위에서 정해진다 [8]. 불만족 수요의 최대허용치

가 0.5라는 것은 고객이 구입하려는 양의 50% 이상을 직접 재고로부터 이용할 수 없는 서비스수준은 허용하지 않는다는 것을 의미한다.

단계 2; <표 1>과 <표 2>를 기초로 각 수요점의 수요함수의 모수를 구하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 수요함수의 모수

모 수	1	2	3	4	5
a_j	200	180	240	210	200
b_j	400	300	600	420	333



■ : 분배센터 후보지
● : 수요점

<그림 1> 분배센터 후보지와 수요점의 위치

단계 3; B_i 의 값을 구하면 다음과 같다.

$$B_1 = 0.0004754, B_2 = 0.0006714, B_3 = 0.0006375$$

그리고 모든 분배센터 - 수요점의 선형수요함수를 구하면 <표 4>와 같다. 만약 분배센터 DC_1 로부터 공급되는 수요점 1의 선형수요함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} d_{11} &= 200 - 400 B_1 d_1 \\ &= 200 - 0.1907 d_1 \end{aligned}$$

<표 4> 분배센터 - 수요점의 선형수요함수

$d_{11} = 200 - 0.1907 d_1$	$d_{21} = 200 - 0.2686 d_2$	$d_{31} = 200 - 0.2550 d_3$
$d_{12} = 180 - 0.1426 d_1$	$d_{22} = 180 - 0.2014 d_2$	$d_{32} = 180 - 0.1913 d_3$
$d_{13} = 240 - 0.2853 d_1$	$d_{23} = 240 - 0.4029 d_2$	$d_{33} = 240 - 0.3825 d_3$
$d_{14} = 210 - 0.1997 d_1$	$d_{24} = 210 - 0.2820 d_2$	$d_{34} = 210 - 0.2678 d_3$
$d_{15} = 200 - 0.1583 d_1$	$d_{25} = 200 - 0.2236 d_2$	$d_{35} = 200 - 0.2123 d_3$

단계 4: 각 분배센터에 수요점을 할당한다. 본 수치예에서는 모두 $3^5 = 243$ 개의 분배센터 - 수요점 쌍이 만들어진다.

그리고, 각 수요점의 수요량을 계산한다. 예를 들어, 수요점 1, 2가 분배센터 DC_1 에 할당되고, 수요점 3이 분배센터 DC_2 에, 수요점 4, 5가 분배센터 DC_3 에 할당되었다면, 각 수요점의 수요량은

$$d_{11} = 200 - 0.1907 d_1$$

$$d_{12} = 180 - 0.1426 d_1$$

이므로, $d_1 = d_{11} + d_{12} = 380 - 0.3333 d_1$ 이고, $d_1 = 285$ 이다. 따라서 분배센터 DC_1 에 할당된 수요점 1의 수요량 $d_{11} = 146$, 분배센터 DC_1 에 할당된 수요점 2의 수요량 $d_{12} = 139$. 그리고 $d_2 = d_{23} = 240 - 0.4029 d_2$ 이므로 분배센터 DC_2 에 할당된 수요점 3의 수요량 $d_{23} = 171$ 이다. 또한 $d_3 = d_{34} + d_{35}$ 이므로 $d_3 = 277$ 이고, $d_{34} = 136$, $d_{35} = 141$ 이다.

단계 5: 분배센터와 수요점, 수요점과 수요점 사이의 거리를 구하면 다음과 같다.

<표 5> 분배센터와 수요점사이의 거리

수요점 \ 분배센터	DC_1	DC_2	DC_3
1	8.6	25.2	30.2
2	13.0	11.4	13.0
3	17.0	13.0	27.7
4	18.0	26.9	11.2
5	26.0	11.7	11.7

<표 6> 수요점과 수요점사이의 거리

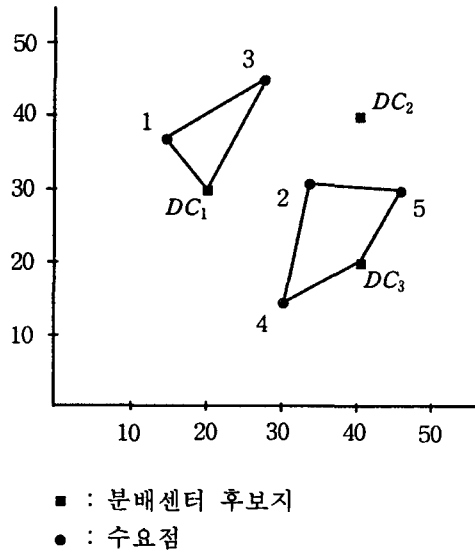
수요점 \ 수요점	1	2	3	4	5
1	0	19.0	15.3	26.6	31.8
2		0	14.9	16.3	13.0
3			0	30.1	23.4
4				0	21.9
5					0

단계 6: 각 분배센터 후보지에 대하여 절약방법을 적용한다.

단계 7: 목적함수를 최대로 하는 분배센터 - 수요점은 분배센터 DC_1 에서 수요점 1, 3에 배송하고, 분배센터 DC_3 에서 수요점 2, 4, 5에 배송한다.

수치예의 결과로써 분배센터 DC_1 과 DC_3 을 설립하고 DC_1 -1-3- DC_1 , DC_3 -4-2-5- DC_3 의 경로를 형성하여 배송하는 경우, 모든 수요점의 수요량은 651단위, 총비용은 125,953원, 전체 이익은 36,856원이 발생한다. 그러나 만약 목적함수가 비용의 최소화인 경우에는 분배센터 DC_3 만을 설립하고 DC_3 -4-1-3-2- DC_3 , DC_3 -5- DC_3 의 경로를 형성하여 제품을 공급하고,

모든 수요점의 수요량은 446단위, 총비용은 82,188원, 전체 이익은 4,754원이다. 총비용면에서는 후자의 경우가 더 적은 비용을 나타내지만, 이것은 단지 제품이용성의 하락에 의한 전체 수요점의 수요량 감소의 결과이므로 전체이익을 고려하여야 하는 기업의 입장에서는 보다 많은 이익을 나타내는 경우가 최적해가 되어야 한다.



<그림 2> 수치해 결과에 따른 분배센터 입지와 배송경로

<표 7> 목적함수가 이익 극대화인 경우와 비용 최소화인 경우의 분배센터 입지선정과 경로 비교

목적함수	이익 극대화	비용 최소화
선정된 분배센터	DC_1, DC_3	DC_3
분배센터와 수요점의 배송경로	$DC_1-1-3-DC_1,$ $DC_3-4-2-5-DC_3$	$DC_3-4-1-3-2-DC_3,$ DC_3-5-DC_3
분배시스템의 전체수요량	651 단위	446 단위
총 비용	125,953 원	82,188 원
전체 이익	36,856 원	29,341 원

5. 결론

물류시스템을 어떻게 설계하느냐에 따라서 제공되는 고객서비스 수준이 결정되고, 고객서비스는 고객의 구매활동을 자극하여 제품의 판매로부터 얻어지는 수입과 분배시스템 구축 관련 비용에 의해 기업의 이익수준이 결정된다. 따라서 고객이 원하는 서비스수준의 달성은 기업에 있어서 필수적이라 할 수 있다.

Baritz and Zissman은 고객서비스의 영향으로 인한 제품 판매의 증감을 정확하게 나타낼 수는 없지만, 공급자가 적정한 서비스 제공에 실패하는 경우에 고객은 해당 공급자에게 책임 추

궁에 해당하는 행동을 취하고, 이러한 행동은 결국 공급자의 비용이나 수익에 영향을 미친다고 하였다 [2].

본 연구는 고객서비스, 수요, 분배 시스템의 상호 관련성을 설명하고, 고객서비스 요소 중 제품이용성을 고려하여 수요와의 관계를 선형수요함수로 표현하였으며, 수요함수의 변화에 따른 각 수요점의 수요량의 변화를 감안하여 각 수요점의 수요수준을 결정하였다. 또한 수송 의사결정에서 적송과 배송시의 수송형태가 다른 점을 고려하여 전체 이익을 극대화하는 분배센터 입지와 경로를 결정하였다.

그러나 수요는 고객서비스에 의해서만 영향을 받는 것이 아니라 다른 많은 요소들에 의해서 영향을 받는다는 점을 고려하여 분배시스템의 관련 요소를 확장한 입지선정 모델이 추후 연구되어야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 조경익, "로지스틱스 관리에 있어서의 분배시스템 설계", 박사학위논문, 고려대학교, 1988.
2. Ballou, R. H., Business Logistics Management, 3ed., Prentice-Hall, Inc., 1992.
3. Clark, G. and Wright, J. W., "Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points," *Operations Research*, Vol. 12, No. 4, pp. 568-581, 1964.
4. Das, C. and A. Verma, "A Heuristic Method for the Optimal Location and Size of Facilities with Variable Demands," *Logistics and Transportation Review*, Vol. 21, pp. 115-131, 1985.
5. Daskin, M. S., Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications, John Wiley and Sons, Inc., 1995.
6. Erlenkotter, D., "Facility Location with Price-Sensitive Demands: Private, Public and Quasi-Public," *Management Science*, Vol. 23, pp. 378-386, 1977.
7. Gilmour P., "Development of A Demand Response Function," *Journal of Business Logistics*, Vol. 1, pp. 83-103, 1983.
8. Ho, P.-K., "Warehouse Location with Service-Sensitive Demand," Ph. D. Dissertation, University of Maryland, 1989.
9. La Londe, B. J. and P. H. Zinszer, Customer Service: Meaning and Measurement, National Council of Physical Distribution Management, 1976.
10. Lambert, D. M., and J. R. Stock, Strategic Logistics Management, McGraw-Hill Co., Inc., 1993.
11. Laporte, G. and Nobert, Y., "An Exact Algorithm for Minimizing Routing and Operating Costs in Depots Location," *European Journal of Operational Research*, Vol. 6, No. 2, pp. 224-226, 1981.
12. Magee, J., W. Copacino, and D. Rosenfield, Modern Logistics Management, John Wiley and Sons, Inc., 1985.
13. Mossman, F. and N. Morton, Logistics of Distribution System, Allyn and Bacon, Inc., 1965
14. Perl, J. and M. S. Daskin, "A Warehouse Location-Routing Problem," *Transportation Research B*, Vol. 19B, No. 5, pp. 381-396, 1985.
15. Perl, J. and S. Sirisoponsilp, "Interdependence Between Facility Location, Transportation and Inventory Decision in The Design of Distribution Networks", *International Journal of*

- Physical Distribution and Material Management, Vol. 18, pp. 18-26, 1988.
16. Perreault, W. D. and F. A. Russ, "Physical Distribution Service in Industrial Purchase Decisions," *Journal of Marketing*, Vol. 40, pp. 3-10, 1976.
 17. Veen, B. van der, "Safety Stocks - An Example of Theory and Practice in O.R.," *European Journal of Operational Research*, Vol. 6, pp. 367-371, 1981.
 18. Webb, M. H. J., "Cost Functions in the Location of Depots for Multiple-Delivery Journeys," *Operational Research Quarterly*, Vol. 19, No. 3, pp. 311-320, 1968.