

## 택배 운송 네트워크 설계를 위한 할당 문제 (Allocation Problem in Door to Door Delivery Service Network)

정 기 호 (경성대학교 경영학부)

고 창 성 (경성대학교 산업공학과)

### Abstract

최근 들어 전자상거래의 급속한 발달로 전세계적으로 수송 물동량이 급격히 증대되고 있고, 이로 인해 택배사업이 대단히 활성화되고 있다. 출발지와 목적지가 서로 상이한 무수히 많은 수송 요구가 들어오면 수송 요구화물의 신속한 집배송을 위한 배차계획 및 수송계획을 세우는 것이 택배회사의 주요 업무이다. 이러한 배차 계획 및 수송 계획을 어떻게 수립하느냐에 따라 전체 수송비용뿐만 아니라 고객들의 서비스 수준에 상당한 영향을 미치게 된다. 그러나 이러한 운영적 차원에서의 의사결정 이전에 훨씬 중요하게 고려해야 할 내용이 택배네트워크의 설계 문제이다. 이러한 택배네트워크의 설계에는 터미널 개수 및 위치를 결정하는 전략적 문제와 영업소들을 터미널에 할당하는 전술적 문제로 구분될 수 있다. 현재 우리 국내에는 크고 작은 수많은 택배사업자들이 있으나, 그 중에서 비교적 규모가 큰 주요 택배회사들은 대부분 전국에 걸쳐 다수의 터미널을 설치하여 두고 수송화물의 집배송을 위한 물류거점으로 운영하고 있다. 이와 같은 터미널 위치 및 개수가 정해진 상태에서 전국에 걸쳐 분포되어 있는 영업소들을 어떤 터미널에 할당하여 처리되도록 하느냐의 여부는 수송비용 측면에서뿐만 아니라 고객들에 대한 서비스 측면에서 대단히 중요한 의사결정 중의 하나이다. 본 연구에서는 비용과 시간을 고려하여 전국에 걸쳐 분포되어 있는 영업소들을 어떤 터미널에 할당해야 하는지를 결정하기 위한 수리적 모형을 제시하고, 이에 대한 탐색적 해법을 제시하며, 국내의 택배회사 사례를 대상으로 모형을 적용해 보고자 한다.

### 1. 서론

최근 우리나라는 WTO 자유무역체제의 출범 등으로 인한 물리적 국경의 해체, 국제화 개방화 물결에 따른 국제경쟁의 가속화, 후발 개발도상국들의 급격한 추격, 정보기술 및 통신망의 급속한 발달 등의 급변하는 외부 환경 속에서 보다 국제경쟁력을 확보하기 위한 방법으로 물류에 대한 중요성은 더욱 강조되고 있다. 아울러, 개방화 정책에 따라 경쟁력과 선진 경영기술을 갖춘 해외 업체들이 국내 시장을 침투하고 있고, 국내 경쟁업체 간에도 치열한 시장쟁탈 경쟁이 가열되고 있으며, 소비자는 과거보다 양질의 서비스 즉 보다 빠르고, 보다 정확하고, 보다 소비자에 가깝게 제품을 인도해 주기를 요구하고 있는 상황에서, 국내 운송업체는 획기적인 탈바꿈 없이는 존립 자체가 위협을 받는 실정에 와 있다.

특히 택배의 경우는 기존의 물류시스템의 형태가 계획 배송 체계를 갖추고 있는데 반하여 수요 발생이 매우 불규칙적이고 어디에서 발생할 지에 대한 정보가 없는 상황에서의 물류를 지칭한다. 종전의 긴급 우편 또는 소포 정도의 특송 정도에서 최근 상거래의 변화 즉 전자상거래, TV 홈쇼핑, 통신판매의 활성화로 인한 택배물량의 증대로 인해 엄청난 매출 신장이 기대되는 분야이다. 최근 화물 추적 서비스 제공, 위탁화물 보험 제공 등의 보다 차별되는 서비스를 고객에 제공함으로써 고객 향

출 및 확대에 힘쓰고 있는 실정이다. 신속, 정확, 안전한 제품 배달에 화물에 대한 모든 정보를 실시간으로 제공하기 위해서는 보다 체계적이고 과학적인 배차관리 등의 관리 기술이 필수적으로 요구된다.

국내의 경우도 대형업체를 비롯하여 중소기업의 택배업체가 난립하고 있는 실정이며, 기존의 국내업체와 비교할 때 한 차원 높은 고객서비스를 제공하고 있는 해외의 전문택배업체도 기존의 국제택배만의 서비스에서 한국 국내택배도 고려하고 있는 실정이다. 한 예를 들면, 아마존이라는 서적 판매 전문 전자상거래 업체가 급속한 매출 신장에 따른 주가 상승을 보이고 있지만, 내부적으로 들어가면 물류시스템의 문제로 인해 여전히 큰 손실을 입고 있는 상황을 생각할 때, 미래의 상거래의 성공은 물류시스템의 성공에 좌우될 것으로 확신한다.

택배에서 고려되어야 할 문제들을 계층별로 살펴보면 다음과 같다.

첫째는, 운송의 전략적 계획과 연관된 연구로서 장기적이고 대규모 투자를 요하는 의사결정이나 정책에 관련된 사항을 다룬 것으로 주요 시설이나 설비의 입지선정, 운송 수단 선택 및 터미널 설계 등의 운송 인프라 설계 문제를 들 수 있다. 다음으로 운송 시스템의 기술적 측면에 관해 살펴보면, 전략적 계획에 비해 보다 단기적인 의사결정을 다루는 것들로서, 운송 시스템의 성능을 향상시킬 수 있도록 현재의 자원을 효율적으로 할당하는 문제들이 해당된다. 여기에는 운송 서비스 네트워크 설계, 운송 자원 계획 등이 주요 연구 과제로 다루어진다. 마지막으로, 즉각적인 의사결정을 필요로 하거나 시간이 의사결정 변수의 하나로서 다루어지는 운영 문제들이 있는데, 차량 배차, 차량 경로 결정, 승무원 근무계획, 기타 자원의 실시간 할당 문제 등이 여기에

해당된다.

본 연구는 택배의 기술적 계획 문제로 운송 네트워크를 설계하는 문제를 다룬다. 전략적 단계에서 터미널의 개수와 위치가 결정된 경우 기존의 택배 영업소에서 수집된 화물을 각각 어떠한 터미널들을 활용하여 화물을 운송할 것인가 하는 운송 서비스 네트워크를 설계하는 문제이다. 현재는 대부분 행정 구역을 기준으로 하여 영업소를 할당시키고 있으나, 효율적 운송체계를 구축하기 위해서는 지점간 물동량의 특성을 면밀히 분석하여 이를 기초로 한 운송 서비스 네트워크를 설계해야 할 것이다.

본 연구에서는 택배 운송네트워크를 설계하기 위한 수리적 모형을 구축하고, 이에 대한 효율적인 해법을 제시하며, 국내의 택배회사 사례를 대상으로 모형을 적용해 보고자 한다.

## 2. 문제의 정의

본 연구에서는 택배 네트워크를 설계하는 문제를 다루기 위해 국내의 C 택배회사를 대상으로 자료를 수집하고 이에 근거하여 문제를 정의한다. 대상 택배회사에서는 이전에는 서울, 대전, 부산을 터미널로 하여 택배네트워크를 구성하였으나, 고객 서비스 만족도를 향상시키고 이를 통한 택배 매출 증대를 도모하기 위해 기존의 서브터미널 역할을 담당하던 대구, 광주를 터미널로 승격시켜 택배 네트워크를 재설계하였다.

현재의 택배 네트워크는 세 가지 형태의 운송서비스 네트워크를 구성하고 있다. 첫째, 영업소간의 물량이 대량인 경우는 수탁 영업소에서 배달영업소로 직행하는 체계를 갖추었으며, 둘째, 지역의 특성상 영업소의 취급 물량이 매우 적은 경우, 서비스 만족도는 떨어지지만 터미널에서 출발한 간선차량이 순차적으

로 해당 영업소들을 방문하며 배달 및 수탁 작업을 수행하고 있으며, 마지막으로 터미널 간의 간선차량과 영업소와 터미널간의 연계차량을 이용한 수탁과 배달 체계를 활용하는 세 가지 단계로 크게 구분할 수 있다.

본 연구에서는 위의 체계에서 마지막 문제를 고려하고 있다. 즉, 영업소에서는 당일 새벽 연계차량이 지정 터미널로 가서 자신들의 화물을 실은 후 영업소로 돌아온 후 오전부터 해당 지역 고객들에게 배달업무를 수행한다. 또 한편으로는 저녁까지 해당 지역 고객들로부터 화물을 수집한 후 연계차량을 이용하여 지정 터미널에 수집한 화물들을 배송한다.

택배시스템의 생산성과 고객 서비스 만족도는 결국 터미널, 간선차량, 연계차량의 효율적 운영에 좌우되며 이것은 택배 네트워크가 어떻게 구성되어 있는가에 크게 의존된다. 본 연구의 고려 대상인 C 업체의 경우, 5개의 터미널들이 각각 서비스할 수 있는 권역을 행정구역별로 5개로 나눈 뒤, 영업소들이 속한 행정구역에 따라 전국 영업소들을 터미널에 할당시켜 두고 있다. 그러나, 행정 구역 경계 부근에 놓여 있는 영업소들을 다른 권역의 터미널에 할당시키면 훨씬 더 효율적인 경우가 많이 발생한다. 본 연구에서는 각 영업소 지점간 물동량의 특성을 면밀히 분석하여 이를 기초로 한 운송 서비스 네트워크 설계 문제를 해결하는 접근법을 제시한다.

### 3. 문제 모형화

각 영업소에서 발생하는 수송 수요는 다음과 같이 두 가지로 분류되어 처리된다. 첫째, 동일한 권역 내에 속해 있는 영업소들간의 수송 수요는 연계 수송에 의해 해당 권역 내

에서 자체적으로 처리되고, 둘째, 어떤 영업소와 다른 권역에 속하는 영업소 사이의 수송 수요는 반드시 터미널들을 통해서 간선 수송에 의해 처리된다. 따라서 영업소들간의 수송 물량은 다음과 같이 두 가지로 구분해 볼 수 있다. 첫 번째 형태는 같은 권역 내에 속한 영업소들간의 수송 요구 물량으로서 이를 연계 수송물량이라 하고, 두 번째 형태는 다른 권역에 속하는 영업소들간의 수송 요구 물량으로서 이를 간선수송물량이라 한다. 연계수송물량은 해당 권역의 터미널에 일단 집하된 뒤 연계수송에 의해 처리되나, 간선수송물량은 터미널에서 일단 목적지 터미널별로 분류된 뒤 간선수송차량에 의해 장거리 운송되어 목적지 터미널에 도착된 뒤 최종 배달 영업소로 보내어진다.

본 연구에서 다루고자 하는 문제는 다음과 같다. 현재 운영중인  $p$  개 터미널의 위치가 정해져 있고,  $n$ 개의 영업소가 주어져 있으며, 모든 영업소들 사이의 1일 수송수요량이 주어져 있다. 그리고 각 터미널이 하루에 처리할 수송 물량에 대한 용량 제약이 주어져 있다고 가정한다. 또한 어떤 영업소가 터미널에 의해 서비스 받기 위해서는 영업소와 터미널 사이의 거리가 정해진 거리 이내에 들어야 한다. 즉, 어떤 영업소와 터미널과의 거리가 최대 허용거리를 초과하게 되면, 이 터미널로부터는 서비스를 받지 못한다는 것이다. 이러한 상황에서 본 연구에서 다루고자 하는 문제는 1) 영업소로부터의 수송물동량을 처리할  $p$  개의 터미널 위치가 이미 정해져 있고, 2) 각 터미널이 하루에 처리가능한 처리 용량 제약을 만족하면서, 3) 영업소와 터미널 사이의 거리가 사전에 정해진 거리 이내이어야 하며, 4) 총수송비용이 최소가 되도록  $n$ 개의 영업소들을  $p$  개의 터미널에 할당하는 방법을 구하는

것이다.

본 연구에서 다루고자 하는 문제는 상호 교류하는 허브들의 입지 선정과 노드들을 허브에 연결하는 방법에 관한 연구(O'Kelly 1987)에서 사용한 모형과 유사하다. 그러나 이 연구에서는 각 터미널의 용량에 제약을 두지 않았으며, 또한 노드들과 허브 사이의 거리 제약을 설정하지 않았다.

이 밖에 본 연구와 유사한 연구로는 노드 분할(partition) 또는 권역화(clustering)를 다룬 대표적인 두 논문(Chopra and Rao 1993, Johnson, Mehrotra, and Nemhauser 1993)이 있는데, 이들 연구는 노드들의 가중치합을 최대화하거나, 서로 다른 노드들간의 트래픽 합을 최소화하는 방법으로 노드들을 분할하여, 본 연구에서 반영한 수송 거리나 비용을 고려하지 않았다.

본 연구에서 다루고자 하는 문제의 최적화 모형을 수립하기 위하여 다음과 같은 변수 및 기호들을 정의한다.

- $N$  : 영업소들의 집합,  $N = \{1, \dots, n\}$
- $K$  : 터미널들의 집합,  $K = \{1, \dots, p\}$
- $r_{ij}$  : 하루에 영업소  $i$  에서 영업소  $j$  로 수송해야 하는 양,  $i, j \in N$
- $d_{ik}$  : 영업소  $i$  와 터미널  $k$  사이의 거리
- $c_{ik}$  : 영업소  $i$  와 터미널  $k$  사이의 물량 단위당 수송비
- $C_{kl}$  : 터미널  $k$  와 터미널  $l$  사이의 물량 단위당 수송비
- $Q_k$  : 터미널  $k$  가 하루에 처리할 수 있는 집하 물량에 대한 상한값
- $D$  : 영업소와 터미널 사이의 서비스가 가능한 최대허용거리
- $x_{ik}$  : 영업소  $i$  가 터미널  $k$  의 권역에 속하면 1, 그렇지 않으면 0인 이진변수

이러한 변수와 기호들을 이용하여 문제에 대한 수학적 모형을 작성하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 (P) \quad & \text{Min} \quad \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} (r_{ij} + r_{ji}) c_{ik} x_{ik} \\
 & + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} \sum_{l \in K} r_{ij} C_{kl} x_{ik} x_{jl} \quad (1) \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{k \in K} x_{ik} = 1, \quad i \in N, \quad (2) \\
 & \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} r_{ij} x_{ik} \leq Q_k, \quad k \in K, \quad (3) \\
 & d_{ik} x_{ik} \leq D, \quad i \in N, k \in K, \quad (4) \\
 & x_{ik} \in \{0, 1\}, \quad i \in N, k \in K \quad (5)
 \end{aligned}$$

여기서 목적함수식 (1)은 총수송비용을 나타내는 것으로서, 두 부분으로 나누어진다. 첫 번째 부분은 연계수송에 소요되는 비용이고, 두 번째 부분은 터미널들 사이의 간선수송에 드는 비용을 나타낸 것이다. 제약조건식 (2)는 모든 영업소는 터미널에 의해 서비스받는 권역 중 하나에 반드시 속해야 한다는 것이고, (3)은 터미널이 하루에 처리할 수 있는 물량에 대한 제한이 있음을 의미한다. 제약조건식 (4)는 영업소가 어떤 터미널에 의해 서비스받기 위해서는 그 터미널까지의 거리가 정해진 거리 이내에 들어 있어야 한다는 제약식이다. 끝으로 (5)는 이진변수를 나타내는 조건이다.

앞에서 제시한 수학적 모형에는 목적함수식이 이진변수의 곱으로 된 비선형 형태로 되어 있다. 총처리 비용을 최소화 하면서 컴퓨터 처리 작업을 프로세서에 할당하는 방법에 관한 연구(Sofianopoulou, 1992)에서와 같이 본 연구 모형도 새로운 변수  $y_{ijkl}$  를 도입함으로써 선형 모형으로 바꿀 수가 있다. 즉, 목적함수식에서  $y_{ijkl} = x_{ik} x_{jl}$  로 치환하되, 그 대신  $x_{ik} = 1, x_{jl} = 1$  일 경우에만  $y_{ijkl} = 1$  이

될 수 있도록 하는 조건을 제약조건식에 추가로 반영하면 된다. 이렇게 해서 얻어진 선형 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{(P)'} \\
 \text{Min} \quad & \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} (r_{ij} + r_{ji}) c_{ik} x_{ik} \\
 & + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} \sum_{l \in K} r_{ij} c_{kl} y_{ijkl} \quad (6) \\
 \text{s.t.} \quad & (2) - (4) \\
 & x_{ik} + x_{jl} \leq y_{ijkl} + 1, \quad i, j \in N, k, l \in K \quad (7) \\
 & x_{ik}, y_{ijkl} \in \{0, 1\}, \quad i, j \in N, k, l \in K \quad (8)
 \end{aligned}$$

이 모형은 비록 선형 형태이지만 변수 개수와 제약식 개수가 엄청나게 증가하게 되어 이 문제를 대상으로 해를 도출해 낸다는 것은 현실적으로 대단히 어렵다. 따라서 본 연구에서는 원래의 비선형 문제 (P)를 대상으로 탐색적 해법을 개발하여 제시하고자 한다.

#### 4. 탐색적 해법

본 연구에서 제시하게 될 해법은 두 부분으로 나뉘어지는데, Hansen, Peeters and Thisse (Hansen, Peeters, and Thisse 1983)가 제시한 것과 유사하게 첫 번째 부분은 Greedy Heuristic에 의한 초기 실행가능해를 구하는 단계이고, 두 번째 부분은 Interchange Heuristic에 의해 해를 개선하는 단계이다. 먼저 각 터미널 권역별로 실행가능한 영업소 할당 방법을 구한 뒤, 영○버소들의 상호 교환에 의해 해를 개선시켜 나가는 방법을 구분해서 설명하면 다음과 같다.

##### 4.1 초기 실행가능해

터미널 처리용량  $Q_k$ 를 고려하여 모든 영업소  $i \in N$ 에 대해 거리가 가장 가까운 터미

널에 연결함으로써 초기 실행가능해를 구할 수 있다. 이 때, 어떤 영업소  $i$ 를 가장 가까운 터미널에 할당하고자 할 때 터미널의 잔여 처리 용량을 초과하게 되면, 두 번째 가까운 터미널에 할당한다. 터미널의 처리 용량에 고려되는 각 영업소의 수송 물량은 outbound 물량만을 기준으로 한다. 왜냐하면, 터미널의 주요 기능은 수송물량의 목적지별 분류작업인데, 각 터미널에 도착하는 outbound 물량과 inbound 물량은 시간적으로 시차를 두고 발생하며, 이 때 터미널에서의 수송물량의 목적지별 분류작업은 권역 내의 수탁 영업소들로부터 연계 수송에 의해 터미널로 집하되는 물량 즉, 권역 내 영업소의 outbound 물량을 대상으로 하기 때문이다.

초기 실행가능해를 구하는데 필요한 기호들을 먼저 정의하고, 구체적인 절차를 설명하고자 한다.

$Q(k)$  : 터미널  $k$ 의 잔여 용량

$N_k$  : 터미널  $k$ 에 할당된 영업소들의 집합

$K_i$  : 영업소  $i$ 에서 거리가  $D$  이내에 있는 터미널들의 집합

$$K_i = \{k \in K \mid d_{ik} \leq D\}$$

$R_i$  : 영업소  $i$ 의 outbound 물량 총합,

$$R_i = \sum_{j \in N} r_{ij}$$

##### Step 1. (Initialization)

모든  $k \in K$ 에 대해,  $Q(k)$ 와  $N_k$ 의 초기값으로 다음과 같이 설정한다.

$$N_k = \phi$$

$$Q(k) = Q_k$$

##### Step 2. (Nearest Terminal Allocation)

모든 영업소  $i \in N$ 에 대해 다음과 같은 절차로 가장 가까운 터미널에 할당한다.

- 2.1  $\text{Min} \{d_{ik} \mid k \in K_i\}$  인  $k$ 를 찾는다.
- 2.2  $K_i = K_i - \{k\}$
- 2.3 만일  $Q(k) < R_i$  이면, 단계 2.1로 간다.
- 2.4  $Q(k)$ 와  $N_k$ 를 갱신한다.

$$Q(k) = Q(k) - R_i$$

$$N_k = N_k + \{k\}$$

터미널의 처리용량 제약을 만족하면서 영업소들을 모두 터미널에 할당하였다면, 실행가능해가 구해진 셈이다. 여기서 목적함수값인 총수송비용을 구해보면 다음과 같이 두 가지 수송비용의 합으로 구해진다.

1) 간선수송에 의해 발생하는 총수송비용

$$= \sum_{k \in K} \sum_{l \in K, l \neq k} C_{kl} W_{kl}$$

이 때,  $W_{kl}$ 은 서로 다른 권역  $k, l$  ( $k, l \in K, k \neq l$ ) 들간의 수송물동량의 합으로서,  $W_{kl} = \sum_{i \in N_k} \sum_{j \in N_l} r_{ij}$  이다.

2) 연계수송에 의해 발생하는 총수송비용

$$= \sum_{k \in K} \sum_{i \in N_k} c_{ik} \sum_{j \in N} (r_{ij} + r_{ji})$$

#### 4.2 교환할당에 의한 해의 개선

앞에서 구한 초기 실행가능해는 비교적 쉽게 해를 구할 수 있다는 장점은 있으나, 비용을 고려하지 않고 결정된 할당 방법이기 때문에 좋은 해라고 보기는 어렵다. 따라서 비용을 고려함으로써 초기 실행가능해를 개선시키는 과정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 지금부터는 비용감소가 발생하는 영업소의 교환에 의해 서로 다른 권역들에 할당된 영업소 쌍들을 서로 바꾸어 할당시킴으로써 총수송비용을 더 낮추는 방법을 제시하도록 한다. 이에 대한 자세한 절차는 다음과 같다.

#### Step 1 (비용감소분 계산)

모든 터미널  $k \in K$  각각에 대해 각 영업소별로 다른 권역에 할당할 때의 비용감소분을 모두 계산한다.

1.1  $k=0$

1.2  $k=k+1$

1. 모든  $i \in N_k$  각각에 대해 영업소  $i$ 를 다른 권역  $k'$ 에 할당할 때, 비용감소분  $\Delta(i, k')$ 를 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta(i, k') = (c_{ik} + C_{kk'} - c_{ik'}) \left\{ \sum_{j \in N_k} (r_{ij} + r_{ji}) + \sum_{j \in N_{k'}} (r_{ij} + r_{ji}) \right\}, \text{ 모든 } k' \in K_i \text{에 대해}$$

2. 각 영업소  $i$ 별로 가장 큰 비용감소분  $\delta_i$ 를 계산하고 그 때의 해당 권역  $k_i^*$ 를 구해낸다.

$$\delta_i = \Delta(i, k_i^*) = \max \{ \Delta(i, k') \mid k' \in K_i \}$$

1.3 만일  $k < p$  이면, 단계 1.2로 간다.

#### Step 2. (교환 할당)

2.1 모든  $k \in K$  각각에 대해 비용감소분  $\delta_i$ 이 가장 큰 영업소  $i$ 를 선택하여 권역  $k_i^*$ 에 할당시키고, 권역  $k_i^*$ 의 영업소들 중 영업소  $i$ 가 속했던 권역  $k$ 에 할당시킬 때 비용감소분이 가장 큰 영업소  $j$ 를 권역  $k$ 에 할당시킨다. 그런데 이 때 두 영업소  $i$ 와  $j$  교환에 의해 터미널의 처리용량 제약을 위배하지 않도록 하기 위해 권역  $k_i^*$ 의 영업소  $j$ 의 outbound 수송물량  $R_j = \sum_{m \in N} r_{jm}$ 과 권역  $k$ 의 영업소  $i$ 의 outbound 수송물량  $R_i = \sum_{j \in N} r_{ij}$ 에 관한 다음 조건을 반드시 만족해야 한다.

$$R_j - Q(k_i^*) \leq R_j \leq R_i + Q(k)$$

즉, 위의 조건을 만족하는 권역  $k_i^*$ 의 영업

소  $j$ 들 중에 권역  $k$ 에 할당시킬 때 비용 감소분이 가장 큰 영업소를 찾아 권역  $k$ 에 할당시킨다.

2.2  $Q(k)$ 와  $N_k$ 를 갱신한다.

$$Q(k) = Q(k) - R_j$$

$$N_k = N_k + \{k\}$$

**Step 3. (반복 단계)**

영업소 교환에 의한 비용감소가 더 이상 이루어지지 않을 때까지 모든  $k \in K$ 에 대해 Step 2에서의 과정을 반복한다.

**5. 결론**

본 연구에서는 택배에서 고려되어야 할 다양한 문제들 중, 택배 운송 네트워크의 효율적 설계를 위해 택배 영업소들의 터미널 할당 방법에 관한 문제를 다루고 있다. 택배 물량의 집배송 기능을 갖는 터미널의 위치와 개수가 전략적 차원에서 정해진 상태에서 택배 영업소들을 어떤 터미널에 할당시켜야 하는지에 관한 문제는 비용 측면에서뿐만 아니라 고객들의 서비스 측면에서도 대단히 중요한 의사결정문제이다.

현재 국내 택배회사들은 대부분 행정 구역을 기준으로 하여 영업소를 터미널에 할당시키고 있다. 그러나 비용과 고객 서비스 시간을 고려한 효율적인 운송체계를 구축하기 위해서는 지점간 물동량의 특성을 면밀히 분석하여 이를 기초로 한 운송 서비스 네트워크를 재설계하지 않으면 안 된다.

이를 위해 본 연구에서는 택배 운송네트워크 설계를 위한 수리적 모형을 제시하였고, 이에 대한 효율적인 해법을 제시하였다.

본 연구에서 제시하는 모형을 실제 택배 문제에 적용하고자 할 때, 문제의 규모가 대단

히 커지므로 현실적으로 최적해 또는 최적해에 가까운 해를 구하기란 거의 불가능하다. 본 연구에서 대상으로 하는 사례 기업의 경우 터미널이 5개, 택배 영업소가 400개 정도로서, 문제의 규모가 엄청나게 커지게 됨을 알 수 있었다. 이런 상황에서 현실적으로 수용할 수 있는 좋은 해를 도출하기 위해 본 연구에서는 먼저 초기해를 쉽게 구하는 단계와, 이 초기해를 개선시켜 나가는 단계로 나누어 해를 도출하는 방법을 제시하였다.

끝으로 국내의 택배회사 사례를 대상으로 모형을 적용하고 해를 도출함으로써, 본 연구에서 제시하는 모형 및 해법에 대한 효과를 검증해 보았다.

**참고문헌**

Chopra, S., and Rao, M. R. (1993), The Partition Problem, *Mathematical Programming*, 59, 87-115.

Chung, K. H. (1998), Location of Common Using Distribution Centers on Logistics Network, *Journal of Korean Management Association*, 17, 5-23.

Hansen, P., Peeters, D., and Thisse, J-F. (1983), Public Facility Location Models: A Selective Survey, *Location Analysis of Public Facilities*, 223-262, North-Holland, Amsterdam.

Johnson, E. L., Mehrotra, A., and Nemhauser, G. L. (1993), Min-cut Clustering, *Mathematical Programming*, 62, 133-151.

O'Kelly, M. E. (1987), A Quadratic Integer Program for the Location of Interacting Hub Facilities, *European Journal of Operational Research*, 32, 393-404.

Sofianopoulou, S. (1992), The Process Allocation Problem, *Journal of OR Society*, 43, 407-413.