

마디 및 가지용량을 고려하는 트리-스타형 2계층 네트워크의 설계모형

노 형 봉, 김 동 헌

홍익대학교 경영학과

ABSTRACT

본 연구에서는 2계층 정보통신네트워크의 구축에 직접적으로 적용가능한 트리-스타형 2계층 네트워크 설계문제를 다루었다. 정보통신네트워크 설계에의 적용가능성을 높이기 위하여, 기존의 연구와 달리 네트워크상의 마디와 가지에 설치해야 할 설비들의 다양한 용량제약을 고려할 수 있도록 정립하였다. 또한 네트워크상의 어느 마디쌍간의 물류(정보통신)수요를 고려할 수 있도록 하였다. 의사결정기준은 설계시에 고려해야 할 네트워크 구축비용(마디 및 가지의 설비비) 및 운영비용(물류비)의 합을 최소화하는 것으로 설정하였다. 이 문제를 혼합 0-1 정수계획 모형으로 정립하였다.

이 모형의 유용성을 살펴보기 위하여 최근 많은 관심을 끌고 있는 CATV 네트워크의 일반형 태인 광가입자 선로망의 설계문제를 본 연구모형으로 표현하여 보았다. 이를 토대로 보다 일반적인 다계층 네트워크 설계문제로 확장하는 방안에 대하여도 검토하였다. 마지막으로 본 연구 모형을 정보통신네트워크 설계시에 적용하기 위하여 휴리스틱 해법을 개발할 경우, 문제 특성 상 기존의 연구에서 고려하는 해법의 효율성 외에도 통신네트워크의 특성, 비용구조등을 고려해야 할 당위성에 대하여 토론하였다.

1. 서 론

최근 정보통신서비스에 대한 수요가 급증하면서 학계나 산업계에서는 정보통신 네트워크를 효과적으로 구축할 수 있는 방안에 대하여 상당히 많은 관심을 보이고 있다. 그 방안중 가장 보편적으로 생각하고 있는 것은 2계층 또는 다계층으로 네트워크를 구성하는 것이라고 볼 수 있다[15].

2계층 정보통신 네트워크에는 그 형태에 따라서 Tree-star, Star-star, Mesh-star, Path-star, Ring-star 등의 기본형이 있으며, 다계층 네트워크의 경우에는 보다 복잡하고 다양한 형태를 가진다. 그런데 네트워크의 논리적 구조가 비록 Star-star, Ring-star형일지라도 실제로 구현되는 물리적 구조는 여러가지 요인에 의하여 Tree-star인 경우가 많이 존재한다고 한다[7]. 이는 Tree-star형 네트워크가 현실적으로 높은 유용성을 가진다고도 볼 수 있다.

이에 본 연구에서도 상당한 응용가능성이 있는 트리-스타형 2계층 네트워크의 설계문제를 다루고자 한다. 특히 기존 연구와 달리 네트워크 마디(Node)상에 설치할 설비의 용량, 네트워크를 구성할 가지(Arc)의 용량을 고려할 수 있는 문제를 다루고자 한다. 이 문제를 구체적으로 기술하면 다음과 같다.

상위 네트워크의 형태는 트리형인데, 상위 네트워크상의 마디는 기점마디라고 하자. 하위 네트워크는 스타형이고, 이에 속한 마디는 사용자마디라 하자. 기점마디는 위치가 알려진 기점 후보마디 중에서 선정되며, 사용자마디의 위치는 알고 있다고 가정한다. 상하위 네트워크를 구성하는 가지들은 주어진 후보가지들중에서 선정된다. 기점후보마디는 기점마디로 선택되지 못하더라도 상위 네트워크의 연결점(Steiner 마디)으로 사용가능하다. 단 Steiner 마디[14]에는 사용자마디가 연결될 수 없다. 기점마디에는 설비가 설치되며, 이 설비의 용량은 여러가지가 있는데, 최소한 경유하는 물류량을 소화할 수 있는 용량으로 선정되어야 한다. 네트워크를 구성하는 가지들도 여러가지 용량중 하나를 가질 수 있는데, 최소한 통과하는 물류량을 소화할 수 있도록 용량이 선정되어야 한다. 각 마디쌍 사이의 물류수요는 알고 있다고 가정한다. 마디쌍에는 사용자마디쌍 뿐만 아니라 기점마디와 사용자마디로 구성된 쌍도 포함된다.

세가지 유형의 비용요소가 고려된다. 첫째는 기점마디비용으로써 기점마디에 설비를 설치하는 비용인데, 용량에 따라 증가하나 연속적이지 않고 단속적으로 변한다. 둘째는 가지연결비용으로써 용량에 따라 증가하나 역시 연속적이지 않고 단속적으로 변한다. 단 가지의 길이에는 비례하여 증가한다. 셋째는 가지물류비용으로써 각 가지상에 흐르는 물류량에 따라 비례함은 물론 가지의 길이에도 비례한다.

세가지 유형의 의사결정변수가 고려된다. 첫째는 주어진 기점후보마디중 설비를 설치할 기점마디 및 Steiner 마디를 선정하는 것이고, 둘째는 상하위 네트워크를 연결할 가지들을 선정하는 것이다. 셋째는 네트워크 가지상의 물류량을 결정함과 동시에 이를 수용할 수 있는 기점마디설비 및 가지들의 용량을 결정하는 것이다. 따라서 본 연구에서 다루고자 하는 문제는 총 비용을 최소로 하는 전술한 형태의 2계층 네트워크를 설계하는 문제이다.

본 연구에서와 같은 2계층 네트워크 설계문제는 현실적으로 그 응용성이 매우 커서 정보통신 분야 외에도 다양한 분야에 대하여 많은 연구가 진행되어 왔다. Current[5]는 수송네트워크 설계를 위하여 상위망은 단순한 Path형태를 가지나 하위망은 트리형인 2계층 네트워크 설계문제를 다루었다. O'Kelly[12]는 항공네트워크 설계를 위하여 Hub-spoke 네트워크 설계문제를 다루었다. Helme and Magnanti[6]는 인공위성을 이용한 통신네트워크의 설계문제를 다루었는데, 주어진 수의 기점마디를 배치하는 2계층 네트워크 설계문제를 다루었다. Balakrishnan et al.[1,2]이 수행한 두 개의 연구에서는 소위 Multi-level Network Design Problem이라고 하는 문제를 통하여 2계층망에 국한시키지 않고 보다 일반적인 다계층망으로 다루었는데, 각 계층별 네트워크의 형태는 모두 트리형이었다.

Chung et al.[4]은 통신네트워크 설계를 위하여 상위망의 모든 마디쌍이 연결되고(Full-meshed), 하위망은 스타형으로 상위망의 한 마디에 연결되는 네트워크 설계문제를 다루었다. Lee et al.[10]은 하위망은 역시 스타형이나 상위망은 링형인 네트워크 설계문제를 다루었다. Tcha and Yoon[13]은 Star-star형 2계층 통신네트워크 설계문제를 다루었다.

본 연구에서와 같이 Tree-star형의 2계층 네트워크를 다룬 연구로는 Kim et al.[9]을 들 수

있다. 그러나 그들 문제는 다음과 같은 면에서 본 연구모형과 다르다. 첫째, 상위망의 기점마디에 설치될 설비의 용량제약을 고려하지 않았다. 둘째, 각 마디쌍을 연결하는 가지의 용량제약을 고려하지 않았다. 셋째, 각 마디쌍간의 수요를 고려하지 않았기 때문에 가지상에 흐르는 물류비용을 별도로 포함시키지 않았다. 따라서 본 연구문제가 보다 다양한 상황에 대한 의사결정을 할 수 있어 보다 유용성이 크다고 볼 수 있다. Yoon et al.[15]의 연구에서는 기존의 2계층 네트워크 설계에 관한 연구들을 광 가입자 선로망 설계문제에 적용할 수 있는 방안과 그 경우의 문제점들에 대하여 비교, 분석하였다.

2. 설계모형

본 연구모형을 수리적으로 기술하기 위하여 기본적으로 필요한 몇가지 기호를 정의하기로 한다. 마디집합 N 과 가지집합 A 로 이루어진 네트워크가 있다. 마디집합 N 은 기점후보마디의 집합 N_1 과 사용자마디의 집합 N_2 로 구성되고, 가지집합 A 는 기점후보마디들을 연결하는 가지들의 집합 A_1 과 기점후보마디와 사용자마디를 연결하는 가지들의 집합 A_2 로 구성된다.

K 는 실제로 수요, 공급의 관계가 존재하는 마디쌍의 집합인데, 각 설비쌍 k 는 공급마디 $O(k)$ 와 수요마디 $D(k)$ 로 구성된다. 각 마디쌍간의 물류량은 편의상 1로 가정한다. 일반적으로 모든 마디쌍간에 물류가 존재하는 것은 아니다. 따라서 본 연구모형에서도 모든 마디쌍간에 물류가 있다고 가정하지는 않으나, 최소한 하나의 연결된 네트워크가 구성될 수 있는 정도의 물류가 있다고 가정한다. 다음 장에 소개할 광 가입자 선로망에서는 모든 가입자가 Central Office와 정보교환이 있기 때문에 네트워크가 구성된다. 연구모형을 정립하기 위하여 다음과 같이 변수 및 기호를 정의한다.

Z_{jm} : 기점후보마디 j 에 m 번째 용량의 설비를 설치하면 1, 아니면 0,

W_j : 기점후보마디 j 가 Steiner 마디가 되면 1, 아니면 0,

Y^{1h}_{jl} : 상위망 가지 (j,l) 에 h 번째 용량의 설비를 설치하면 1, 아니면 0,

Y^{2h}_{ij} : 하위망 가지 (i,j) 에 h 번째 용량의 설비를 설치하면 1, 아니면 0,

X^k_{jl} : 마디쌍 k 의 물류가 상위망 가지 (j,l) 를 경유하면 1, 아니면 0,

X^k_{ij} : 마디쌍 k 의 물류가 하위망 가지 (i,j) 를 경유하면 1, 아니면 0,

F_{jm} : 기점후보마디 j 에 m 번째 용량의 설비를 설치하는 비용,

D^{1h}_{jl} (D^{2h}_{ij}): 상(하)위망 가지 (j,l) ((i,j))에 h 번째 용량의 설비를 설치하는 비용,

C^k_{jl} (C^k_{ij}): 상(하)위망 가지 (j,l) ((i,j))에 마디쌍 k 의 물류가 흐르는 비용,

E_{jm} : 기점후보마디 j 에 설치되는 m 번째 용량의 설비가 수용할 수 있는 물류량,

G_h : h 번째 가지설비용량,

M : 기점후보마디에 설치할 설비의 용량종류의 집합: $M=\{m: m=1,2,\dots,m'\}$,

H : 가지에 설치할 설비의 용량종류의 집합: $H=\{h: h=1,2,\dots,h'\}$.

본 연구모형을 수리적으로 기술하면 다음과 같은 0-1 정수계획모형이 된다.

$$\begin{aligned} \text{Minimize } & \sum_{j \in N_1} \sum_{m \in M} F_{jm} Z_{jm} + \sum_{(j,l) \in A_1} \sum_{h \in H} D^{lh}_{jl} Y^{lh}_{jl} + \sum_{(i,j) \in A_2} \sum_{h \in H} D^{2h}_{ij} Y^{2h}_{ij} \\ & + \sum_{k \in K} [\sum_{(j,l) \in A_1} C^k_{jl} X^k_{jl} + \sum_{(i,j) \in A_2} (C^k_{ij} X^k_{ij} + C^k_{ji} X^k_{ji})], \end{aligned} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{j \in N} X^k_{jp} - \sum_{j \in N} X^k_{pj} = \begin{cases} -1, & p=O(k), \\ 1, & p=D(k), p \in N, k \in K, \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} 0, & \text{otherwise,} \\ \sum_{k \in K} (X^k_{ij} + X^k_{jl}) \leq \sum_{h \in H} G_h Y^{lh}_{jl}, & (j,l) \in A_1, \end{cases} \quad (3)$$

$$\sum_{k \in K} (X^k_{ij} + X^k_{ji}) \leq \sum_{h \in H} G_h Y^{2h}_{ij}, \quad (i,j) \in A_2, \quad (4)$$

$$\sum_{l \in N_1} \sum_{h \in H} Y^{lh}_{jl} \leq \sum_{m \in M} Z_{jm} + W_j, \quad j \in N_1, \quad (5)$$

$$\sum_{l \in N_1} \sum_{h \in H} Y^{lh}_{ij} \leq \sum_{m \in M} Z_{jm} + W_j, \quad j \in N_1, \quad (6)$$

$$\sum_{h \in H} Y^{2h}_{ij} \leq \sum_{m \in M} Z_{jm}, \quad i \in N_2, j \in N_1, \quad (7)$$

$$\sum_{j \in N_1} \sum_{h \in H} Y^{2h}_{ij} = 1, \quad i \in N_2, \quad (8)$$

$$\sum_{m \in M} Z_{jm} + W_j \leq 1, \quad j \in N_1, \quad (9)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{p \in N} X^k_{pj} \leq \sum_{m \in M} E_{jm} Z_{jm}, \quad j \in N_1, \quad (10)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{p \in N} X^k_{jp} \leq \sum_{m \in M} E_{jm} Z_{jm}, \quad j \in N_1, \quad (11)$$

where $Z_{jm}, W_j, Y^{lh}_{jl}, Y^{2h}_{ij}, X^k_{jl}, X^k_{ji} \in \{0,1\}$.

목적함수 (1)은 네트워크 구축비용 및 운영비의 합인 총비용을 최소로 함을 나타낸다. 제약식 (2)는 각 마디쌍간의 수요와 공급을 나타내며, 또한 네트워크상에서 흐름이 보전되도록 하는 제약식이다. 상위망이 트리형태를 갖도록 하는 것이 바로 제약식 (2)임을 이해하기 바란다.

다음 (3)과 (4) 제약식은 가지용량하에서만 물류가 허용된다는 것을 나타낸다. 물론 가지가 설치되지 않으면 물류도 허용되지 않음 또한 나타낸다. 제약식 (5)와 (6)은 기점마디 또는 Steiner 마디에 연결된 상위망 가지에만 가지설비가 설치될 수 있음을 나타낸다. 한편 제약식 (7)은 하위망에서는 기점마디에만 가지가 연결될 수 있음을 나타낸다. 즉 Steiner 마디에는 사용자마디가 연결될 수 없음을 의미한다. 모든 사용자마디는 반드시 한 기점마디에 연결되어야 함을 제약식 (8)이 표시하고 있다. 상위망 마디는 설비가 설치되거나 Steiner 기능을 수행하거나 기껏해야 한 가지 기능만을 수행할 수 있다는 것을 제약식 (9)가 나타낸다. 제약식 (10)과 (11)은 기점마디에 설치되는 설비는 경유물량을 소화할 수 있는 용량을 가져야 함을 나타낸다.

이 모형은 다음과 같은 변수 및 기호를 사용하면 보다 간단히 표현할 수 있다.

$$M' = \{m: m=0,1,2,\dots,m'\},$$

$$Z_{j0} = W_j,$$

새로운 변수와 기호를 사용하면 위 모형중 세 가지 제약식 (5), (6), (9)를 다음과 같은 간단한 제약식으로 대체할 수 있다.

$$\sum_{i \in N_1} \sum_{h \in H} Y_{ji}^{lh} \leq \sum_{m \in M'} Z_{jm}, \quad j \in N_1, \quad (5')$$

$$\sum_{i \in N_1} \sum_{h \in H} Y_{ij}^{lh} \leq \sum_{m \in M'} Z_{jm}, \quad j \in N_1, \quad (6')$$

$$\sum_{m \in M'} Z_{jm} \leq 1, \quad j \in N_1. \quad (9')$$

3. 광 가입자 선로망 설계모형

연구모형의 유용성을 알아보기 위하여 최근 많은 관심의 대상이 되고 있는 CATV 네트워크의 일반 형태인 트리-스타형 광 가입자 선로망 설계문제에 연구모형을 적용하여 보기로 한다. 광 가입자 선로망에 대하여는 Yoon et al. [15]의 연구에서 자세히 서술되어 있어 보다 구체적인 내용은 이를 참조하기 바란다.

우선 2계층 네트워크에서 상위망은 트리 형태를 가지는데, 이는 하나의 Central Office(CO)와 다수의 Remote node(RN)로 구성된다. RN은 많은 설치가능마디중에서 선정되며, 이들은 CO와 광관로에 의하여 연결된다. RN설치마디중 편의상 1개에는 CO를 설치한다고 가정한다. 이러한 상위망이 구축되면, 넓은 지역에 분산되어 있는 많은 Distribution point(DP) (사용자마디에 해당함: 위치는 주어져 있다고 가정함)는 각각, 현재 선정되어 있는 RN설치마디중에서 가장 가까운 하나에 광관로를 통하여 연결되어 하위망을 구성한다. 따라서 각 하위망의 형태는 스타형을 이루게 된다.

한편 구축된 네트워크상에서는 설치된 광관로를 따라 필요한 규모의 케이블이 포설되어 각 설비간 통신트래픽(통신수요)을 충족시키게 된다. 각 통신트래픽별 전 통신경로에는 트래픽 규모에 따른 케이블을 포설하여야 한다. 즉 체감법 포설방식을 따르게 된다. 일반적으로 통신트

래픽의 크기에 정비례하여 케이블 규모가 결정되는 것은 아니나, 여기서는 통신트래픽의 크기를 케이블의 규모로 표현하기로 한다.

이와 같이 경로별로 케이블 규모가 결정되면, 이를 수용할 수 있는 광관로 및 RN설비의 용량이 결정된다. 일반적으로 광관로 및 RN설비의 (유형 및) 용량은 여러가지 종류가 있으나, 연속적이지 않고 이산적이라고 볼 수 있다. 따라서 본 연구모형에서도 이들 용량을 이산적으로 가정한다.

본 연구에서는 케이블의 규모를 결정할 때 단방향의 전송이 가능한 케이블을 가정하였다. 왜냐하면 하나의 통신트래픽을 정의할 때, 통신 당사자인 두 설비간의 송수신 역할을 명확히 구분하여 정의하였기 때문이다. 만일 양방향 전송이 가능한 케이블이 사용되는 경우를 위하여 모형을 변형시키는 경우에는 다음과 같은 간단한 조치만이 필요하다. 즉 두 설비간에 정의된 (송수신 역할이 바뀐) 두 개의 트래픽을 역할에 관계없이 하나의 통합트래픽으로 보고, 그중 한 설비를 통합트래픽의 송신설비, 다른 하나를 수신설비로 가정하면 된다.

이와 같은 형태의 네트워크를 구축하고 운영하는데 소요되는 비용은 크게 세 가지를 들 수 있다. 첫째는 RN설치가능마디중 선정된 마디에 RN설비를 설치하는 비용이다. RN설비용량은 이산적으로 몇가지 주어지고, 설치비용은 용량증가에 따라 증가하나 그 증가속도는 체감한다. 두 번째는 RN간과 RN-DP간에 광관로를 설치하는 비용이다. 광관로 역시 이산적으로 몇가지 용량이 있고, 설치비용도 RN설치비용과 같은 양상을 보인다. 물론 광관로 길이에는 비례한다고 가정한다. 그러나 실제로 비례하지 않더라도 각 가지별로 관로설치비용을 계산하면 되므로 그 비례성은 모형의 타당성에 크게 영향을 미치지 않는다. 마지막으로 배치된 광관로를 따라서 케이블을 포설하는 비용이 있는데, 이 비용은 케이블 수에 비례하고, 포설거리에 역시 비례한다고 가정한다. 그러나 이 역시 비례하지 않더라도 개별 가지별로 비용산출이 가능하므로 모형의 타당성에 영향을 미치지 않는다.

이와 같은 광가입자 선로망 설계문제를 본 연구모형으로 표현할 경우 다음과 같이 기호 및 변수 정의를 바꾸면 앞 장에서 기술한 형태 그대로 적용할 수 있다.

N_1 (N_2): RN설치가능마디 (DP) 집합,

A_1 : RN설치가능마디들을 연결하는 가지들의 집합,

A_2 : RN설치가능마디와 DP를 연결하는 가지들의 집합,

K : 통신을 하는 설비쌍의 집합,

Z_{jm} : RN설치가능마디 j 에 m 번째 용량의 설비를 설치하면 1, 아니면 0,

W_j : RN설치 가능마디 j 에 Junction을 설치하면 1, 아니면 0,

Y_{jl}^h : 상위망 가지 (j,l)에 h 번째 용량의 광관로를 설치하면 1, 아니면 0,

Y_{ij}^{2h} : 하위망 가지 (i,j)에 h 번째 용량의 광관로를 설치하면 1, 아니면 0,

X_{jl}^k : 설비쌍 k 의 트래픽 규모의 케이블을 상위망 가지 (j,l)에 포설하면 1, 아니면 0,

X_{ij}^k : 설비쌍 k 의 트래픽 규모의 케이블을 하위망 가지 (i,j)에 포설하면 1, 아니면 0,

F_{jm} : RN설치가능마디 j 에 m 번째 용량의 설비를 설치하는 비용,

D_{jl}^h (D_{ij}^{2h}): 상(하)위망 가지 (j,l) ((i,j))에 h 번째 용량의 관로를 설치하는 비용,

C_{jl}^k (C_{ij}^k): 상(하)위망 가지 (j,l) ((i,j))에 설비쌍 k 의 트래픽 규모의 케이블을 포설하는데 소요되는 비용,

E_{jm} : RN설치가능마디 j 에 설치되는 m 번째 용량의 설비에 접속할 수 있는 케이블의 수,

G_h : h 번째 관로용량에 포설할 수 있는 케이블 수,

M : RN에 설치할 설비의 용량종류의 집합: $M = \{m: m=1,2,\dots,m'\}$,

H : 광관로의 용량종류의 집합: $H = \{h: h=1,2,\dots,h'\}$.

DP는 가입자들이 밀집된 지역에 설치되어 각 가입자를 광케이블을 통하여 RN에 연결시킨다. 하나의 DP가 20에서 200 까지의 가입자를 수용하기 때문에, 일반적으로 선로망 설계시에는 이 DP까지를 설계대상으로 하고, 각 DP의 위치 및 통신트래픽 규모가 주어져 있다고 가정한다 [15]. 그러나 한 DP에 어떠한 가입자들을 접속시키는가에 따라 DP의 트래픽 규모 뿐만 아니라 DP의 적절한 위치가 변할 수 있기 때문에 이러한 의사결정까지 고려하기 위해서는 3계층 네트워크 설계문제로 고려하여야 한다.

제2장에서 정립한 모형을 Tree-star-star형 3계층 네트워크 설계문제로 변형시키기 위해서는 다음과 같은 간단한 조치만이 필요하다. 즉 하나의 제3위망을 구성하는 한 그룹의 가입자들이 반드시 제2위망을 구성하는 하나의 DP에 관로를 통하여 연결되어야 함을 나타내는 제약식을 추가하면 된다. 이 경우 광관로를 설치하지 않을 수도 있으며, 또한 관로용량 등을 고려하지 않을 수도 있다. 이러한 것들은 현실 상황에 맞추어 적절히 변형시키면 되므로 모형정립에 큰 어려움을 주지는 않으리라 본다.

또한 본 연구모형에서와 같이 광관로 및 설비용량, 포설 케이블의 규모 등을 고려할 수 있어야 향후 수요 증가에 따른 네트워크 확장문제를 정확히 표현할 수 있다고 본다. 일반적으로 동적문제의 해결은 이의 근간이 되는 정적문제의 해결이 전제가 되므로 본 연구문제의 효율적 해법의 개발은 동적문제로의 확장을 매우 용이하게 하리라 본다.

4. 토론

본 연구모형은 다양한 의사결정변수들을 고려하기 때문에 작은 규모의 네트워크 설계에도 큰 규모의 문제가 된다. 따라서 현실적으로 의미가 있는 큰 규모의 네트워크 설계시에는 최적해법보다는 휴리스틱해법이 보다 바람직하리라 본다. 그런데 본 연구문제를 통신망 설계에 적용할 경우 휴리스틱해법의 개발에 있어서 기존의 다른 연구에서와 같은 접근방법은 적절하지 못하리라 생각된다. 즉 해법적용의 신속성과 단순성만을 위하여 네트워크 설계문제를 간단한 두개의 문제로 분할하여 각각의 문제를 쉽게 풀어 이를 결합하는 방식은 본 연구문제의 경우 매우 부적합하리라 예상된다.

예를 들면 다음과 같다. 상위망 트리구조의 선정은 일단 뒤로 미루고 우선적으로 기점 후보 마디와 사용자마디간의 하위망 구성을 Capacitated Facility Location Problem[13]을 풀어서 얻은 다음, 선정된 기점마디들을 연결하는 트리구조의 상위망을 구성하는 방법이다. 이 경우 시설 및 가지 용량은 최종 네트워크가 얻어진 다음에야 결정된다. 따라서 이에 대한 비용구조가 해의 선정에 전혀 영향을 미치지 못하게 되어, 해는 용이하게 얻었을 지 몰라도 최적해에 대한 근접성 면에서는 매우 저조하리라 예상된다. 이같은 결과는 적용시스템의 특성을 고려하지 않고 단지 효율적인 해법개발을 주목표로 하였기 때문이다.

따라서 본 연구문제에 대한 휴리스틱해법의 개발시에는 통신네트워크의 특성, 즉 가지 및 마디의 시설용량의 고려, 이산적 시설용량, 각 비용항목간의 차별적 차이 등이 고려되어야 한다. 이러한 접근방법은 물론 신속한 해법은 얻지 못한다 하더라도 발견해의 현실성 및 최적해에 대한 근접성 면에서 훨씬 뛰어날 것이며, 다계층문제 또는 동적문제로의 확장시에도 유효적절하게 사용될 수 있으리라 본다.

<참고문헌>

- [1] Balakrishnan, A., T.L. Magnanti, and P. Mirchandani, "The multi-level network design problem," Working Paper, OR Research Center, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge(1991).
- [2] Balakrishnan, A., T.L. Magnanti, and P. Mirchandani, "A dual-based algorithm for multi-level network design problem," Working Paper, OR Research Center, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge(1991).
- [3] Boffey, T.B., "Location problems arising in computer networks," J. Operational Research Society 40 (1989) 347-354.
- [4] Chung, S.H., Y.S. Myung, and D.W. Tcha, "Optimal design of a distributed network with a two-level hierarchical structure," European J. Operational Research 62 (1992) 105-115.
- [5] Current, J.R., "The design of a hierarchical transportation network with transshipment facilities," Transportation Science 22 (1988) 270-277.
- [6] Helme, M.P. and T.L. Magnanti, "Designing satellite communication networks by zero-one quadratic programming", Networks 19 (1989) 427-450.
- [7] Kerner, M., H.L. Lemberg, and D.M. Simons, "An analysis of alternative architectures for the interoffice network," IEEE J. on SAC 4 (1986) 1404-1413.
- [8] Kim, H.J., S.H. Chung, and D.W. Tcha, "Optimal design of the two-level distributed network with dual homing local connections," To appear in IIE Transactions.
- [9] Kim, J.G. and D.W. Tcha, "Optimal design of a two-level hierarchical network with tree-star configuration", Computer & Industrial Engineering 22 (1992) 273-281.
- [10] Lee, C.H., H.B. Ro, and D.W. Tcha, "Topological design of a two-level network with

- ring-star configuration," Computers and Operational Research 20 (1993) 625-637.
- [11] Lee, C.H., J.H. Yoon, and H.W. Chung, "Designing hierarchical ring-star networks under node capacity constraints," J. of the Korean Management Science Society 19, 1 (1994) 69-83.
- [12] O'Kelly, "A quadratic interger Program for the location of interacting hub facilities," European J. Operational Research 32 (1987) 393-404.
- [13] Tcha, D.W. and M.G. Yoon, " Conduit and cable installation plan for centralized network with logical star-star topology," To appear in IEEE Tr. on Communications.
- [14] Winter, P., "Steiner problem in networks: a survey," Networks 17 (1987) 129-167.
- [15] Yoon, M.G., Y.H. Baek, and D.G. Kim, "A survey on the topological design models for fiberoptic subscriber loop networks," Management Science (Korean Management Science Society) 11, 3 (1994) 103-128.

이 논문은 1994년도 홍익대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.