

경영정보학연구
제 6권 2호
1996년 12월

광통신망 설계를 위한 네트워크 모형의 상위수준 표현에 관한 연구¹⁾

김 철 수²⁾

A Study on Higher Level Representations of Network Models for Optical Fiber Telecommunication Networks Design

This paper is primarily focused on the function of model management systems such as higher level representations and buildings of optimization models using them, especially in the area of the telecommunication network models. This research attempts to provide the model builders an intuitive language—namely higher level representation—using five distinctivenesses : Objective, Node, Link, Topological Constraint including five components, and Decision. The paper elaborates all components included in each of distinctivenesses extracted from structural characteristics of typical telecommunication network models. Higher level representations represented with five distinctivenesses should be converted into base level representations which are employed for semantic representations of linear and integer programming problems in knowledge-assisted optimization modeling system (UNIK-OPT). Furthermore, for formulating the network model using higher level representations, the reasoning process is proposed. A system called UNIK-NET is developed to implement the approach proposed in this research, and the system is illustrated with an example of the network model.

1) 이 논문은 '96학년도 원광대학교 교내연구지원에 의하여 연구됨

2) 원광대학교 정보관리학과

I. 서 론

네트워크 모형은 통신망 설계를 비롯하여 제반 응용분야에 경영의사결정을 지원하기 위해서 사용되고 있다. 보통 컴퓨터 네트워크는 두 가지로 나누어지는데, 첫째는 백본(Backbone) 네트워크인데 이는 막대한 통신량을 전송하는 주요 고속통신망을 지원하는 역할을 한다. 둘째는 가입자 접근(Local Access) 네트워크로 백본 네트워크와 지역적인 가입자와 사이에서 발생하는 통화량을 전송하거나 수신 및 통제역할들을 담당한다. 네트워크 설계 측면에서 네트워크 모형들은 복잡한 해법과정을 갖는 혼합 정수계획모형으로 다루기가 어려울 뿐만 아니라 다양한 네트워크를 설계하고자하는 경영자들에게는 적합한 모형생성과 효율적인 해법을 제시하는 문제들이 큰 어려움으로 남아있다. 그리고, 네트워크 모형의 생성을 위한 복잡한 모형구조와 이를 구축하기 위한 집약적인 지식베이스 그리고 모형유지의 필요성이 비전문적인 사용자에게 요구되고 있어서 이를 해결하기 위한 의사결정지원시스템(Decision Support System) 차원에서 많은 노력이 요구된다.

의사결정지원시스템 연구자들은 모델관리 시스템 분야에 많은 관심을 갖고 연구해 오고 있다. 초창기 연구들은 주로 최적화 모형 중에서 선형계획(Linear Programming) 모형에 관한 표현에 중점을 두었다[Fourer, 1983; Geoffrion, 1992; Lee and Kim, 1995]. 그리

고 그 시스템들에 내장된 것은 Simplex Method나 Branch and Bound Method 등과 같은 해법에 한정되어 있어서 네트워크 모형의 해를 구하기에는 역부족이었다. 그리고 네트워크 모형은 수리적으로 복잡하며, 또한 그것을 풀기 위한 효율적인 알고리즘도 다양해서 이러한 점들을 해결해주는 문제가 앞으로 해결하여야 할 과제이다. 그러면, 이러한 통신망을 구축하기 위해서 의사결정지원 차원에서 연구되어야 할 기능들을 정리하면 다음과 같다. 첫째는, 네트워크 모형을 표현하는데 있어서 의사결정자에게 경영 계량적인 지식이 없어도 쉽게 자신의 문제를 표현할 수 있어야 한다. 둘째는 네트워크 문제들 대부분이 보통 발견적 해법(Heuristic Method)에 의해서 풀려지는데, 이러한 해법이 시스템과 쉽게 연결될 수 있도록 모형과 해법사이에 인터페이스가 필요하다. 그리고 셋째로 해법에 관한 전문가가 없어도 시스템에서 네트워크 모형의 구조를 지식으로 내장하고 있어서 의사결정자가 얻고자하는 해를 구하기 위해 자동으로 모형구조를 판단하고, 그 모형을 기존의 알고리즘에 연결시켜 줄 수 있는 지능적인 면이 포함되는 것이 시급한 연구이다. 위에서 열거한 문제점들을 모델링 시스템 내에 포함시키기 위해서는, 먼저 의사결정자가 구축하고자 하는 통신망을 네트워크 모형으로 쉽게, 그리고 친숙하게 다룰 수 있는 표현이 있어야 하는데(여기서는, 이것을 상위수준의 표현이라 한다), 그러한 표현을 시스템 내에 구조를 표현하는 지식과 데이터 집합으로 저장되어서 효율적인 알고리즘과 연결을 시도할 때나 차후

통신망 설계를 위해서 재 사용할 필요가 있을 때에 쉽게 모형의 복구가 가능한 특성을 지녀야 한다.

이러한 과제를 해결하기 위해서, 이 논문은 최적화 모형을 표현한 모델링 언어에 관하여 기존의 연구를 제 2장에서 조사하였다. 잘 알려진 표현으로는 Algebraic Modeling Language, Constraint Logic Programming Language, Network-based Representation, 그리고 Knowledge-assisted Modeling Representation 등이 있다. 그리고 제 3장에서는 최적화 모형을 의미론적인 뷰로 표현한다. 이 장에서는 네트워크 모형을 기저수준의 의미론적인 표현과 상위수준의 의미론적인 표현으로 나타낸다. 기저수준의 의미론적인 표현은 선형 및 정수계획 모형화 시스템인 UNIK-OPT [Lee and Kim, 1995]에서 다루고 있기 때문에, 여기서는 간략히 요약하여 설명한다. 주로 상위수준 표현에 관한 내용에 초점을 맞추며, 그 중에서도 상위수준 표현 구조, 상위수준 표현의 특성자들, Objective, Node, Link, Topological Constraint, Decision 등에 대해서는 상세히 논하고자 한다. 그리고, 표현에 관한 여러 가지 전형적인 통신망 모형을 가지고 위 표현에 관한 타당성을 입증하고자 한다. 제 4장에서는 다섯 가지의 특성자, 즉 상위수준으로 표현된 모형을 기저수준 표현(Base Level Representation)으로 변환하는 접근법에 대해서 예로써 설명한다. 제 5장에서는 모형화 추론과정에 대해 텔리팩 문제를 가지고 설명하는데, 이 과정은 일곱 가지의 단계에 의해서 진행

된다. 그리고, Node와 Link 들의 특성 표현과 데이터 입력 등이 설명되어진다. 제 6장에서는 앞에서 설명된 이론적인 접근법을 바탕으로 개발되고 있는 UNIK-NET 시스템에 대해서 설명한다. 여섯 가지의 주요 부 시스템으로 이루어진 이 시스템은, 상위수준을 이용한 통신망 모형 표현, 상위수준의 표현을 다섯 가지의 객체를 갖는 기저수준으로의 표현 변환, 그리고 발견적 해법 중에서 하나와 연결시키는 과정을 시스템에서 보여주는 화면을 가지고 설명한다.

II. 기존연구 검토

제 1장에서 언급한 것과 같이 본 연구에서는 네트워크를 모형화하는 지능시스템을 개발하는 과정에서 중요한 것 중에 하나가 네트워크 모형의 구조를 분석하고 이를 상위수준으로 표현하는 일이다. 그래서 제 2장에서는 기존의 일반적인 최적화 모형을 표현한 방법들에 관해서 알아보기로 하겠다.

수리계획 모형에 전문적인 지식이 없는 사용자가 해결하고자 하는 도메인을 자신이 쉽게 표현할 수 있는 의미론적인 표현이 시스템에서 제공된다면 사용자에게는 큰 도움이 된다. 이러한 목적으로 수리계획 모형을 표현한 연구들을 보면 크게 네 가지로 나눌 수 있는데, 이는

- Algebraic Modeling Language,
- Constraint Logic Programming Language,
- Network-based Representation, and
- Knowledge-assisted Modeling Repre-

sentation

등이다

2.1 Algebraic Modeling Language

주어진 결정변수를 선형형식으로 갖고 그 변수로 이루어진 선형의 등식과 부등식의 제약식을 갖는 최적화 모형은 몇몇의 범용 알고리즘을 이용하여 풀 수 있다는 것은 당연하다고 알고 있다.

사용자가 자연스럽게 구축하며, 최적화 알고리즘에서 요구하는 형태와 번역할 수 있는 형태로 표현하는 것이 모형화 언어에 관한 중요한 아이디어이다. 첨자를 갖는 데이터와 변수는 정확하게 심볼화하여 인덱스된 전체 집합으로서 언어를 정의한다. 목적식과 제약식 들은 대수표현을 통해서 규정된다[Bisschop and Entriken, 1993; Fourer et al, 1983, Geoffrion, 1992]. 그 결정변수와 결합된 액티비티(Activity)의 묘사나 제약식을 행렬로써 블록화한 표현도 마찬가지로 대수표현으로 이루어진다. 선형 및 정수계획 모형을 풀기 위한 해법으로는 Branch and Bound의 방법을 사용하는데, 단점으로는 네트워크 모형을 표현하기에는 목적식과 제약식 및 결정변수들에 대한 표현들이 수리적인 모형으로 표현할 때와 같이 전문적인 지식과 노력이 들게 된다.

2.2 Constraint Logic Programming (CLP) Language

CLP 언어는 논리적 문제(Logic Problem)를 표현하기 위해서 개발되었다. 그리고 그것은 정수계획 모형까지 확장되었다. 초기에 많은 연구가 있었는데, 알려진 연구로는 Lauriere의 ALICE로 최적화 모형을 대수적이고 논리적인 형태로 표현하였다. 최근에 관심을 끈 연구로는 CHIP 프로젝트(Dincbas et al, 1990)에서 Van Hentenryck 등은 프롤로그 언어를 기반으로 한 인공지능 측면에서 논리 계획법(Logic Programming)에 관한 도구를 구축하였다. 사용되는 프로그래밍 언어도 C++와 같은 범용의 객체 지향적인 언어도 충분히 논리계획 모형을 구축할 수 있다는 것을 보였다. 예로는 2LP[McAloon and Tretkoff, 1995], CHARME ILOG Solver[Puget, 1994]와 Oz[Schultz et al., 1994] 등이 있다. 최적화 모형을 푸는 해법으로는 가능해 영역(Feasible Solution Space)을 탐색하는 일반적인 방법을 사용하는데, 여기서 정수모형이나 네트워크 모형을 풀기 위해서 자주 사용되는 가능해의 하한(Lower Bound)을 제공하는 알고리즘과 연결하는 문제를 해결하는 것이 큰 과제이다.

2.3 Network-based Representation

정수계획 문제에서 가장 널리 알려진 표현 중에 하나가 노드와 노드를 연결하는 링크(Link or Arc), 그리고 그것들과 관련된 데이터의 형태로 문제를 나타내고자 하는 것이 네트워크를 기반한 표현이다. 이 분야에는 Glov-

er, Klingman과 Phillips(1990)가 네트워크 모형을 네트워크 다이어그램으로 모형의 구조를 표현하는 전통적인 방법과 네트워크 데이터를 연결하기 위해서 netform이란 형태를 소개하였다. Steiger, Sharda와 Leclaire(1993)의 GIN은 netform을 최소비용 네트워크 모형에 적용하였다. 다른 예로 Ogryczak, Studzinski와 Zorychta의 DINAS/EDINET(1992), McBrides의 NETSYS(1988), Jones의 NETWORKS(1993) 그리고 Kendrick의 PTS(1991) 등이 있다. netform 시스템은 네트워크 모형을 표현하는데 있어서는 사용자가 메뉴를 보고 쉽게 표현할 수 있는 장점이 있으나, 다양하게 적용할 수 있는 Hub-problem 계열, 텔리팩 문제 같은 현실적으로 많이 이용되고 있는 복잡한 문제에 대해서는 응용성이 떨어지는 것으로 조사되었으며, 또한 풀고자하는 문제에 대해서 효율적인 알고리즘을 쉽게 선택하거나 변경시킬 수 있는 시스템의 확장성에 큰 어려움이 있다.

2.4 Knowledge-assisted Representation

모형화 지식과 도메인(Domain) 지식을 사용하는 지식을 기반으로한 몇몇의 모형화 도구가 있다. Ma(1989)를 비롯한 여러 연구자들은 선형계획 모형의 구조와 그래픽을 설계함으로써 크고 복잡한 선형계획 모형을 구축하고자 했다. 또한 규칙에 기반한 접근법도 있는데 이는 OR(Operation Research) 전문가를 돕기

위한 것이었다. Stohr(1987)는 최적화 모형을 수학적 표현보다는 그래픽한 표현으로 하고자 했다. 그리고, 대수적인 항과 연속되는 조합항을 제약식으로 변환도 하였다. 위의 연구는 모형관리 시스템 측면에서는 큰 의미를 가지나 OR 전문가만을 지원한다는 문제가 있다. 그래서 Binbasioglu와 Jarke(1986)는 선형계획 모형의 문법적인 지식과 연관된 의미론적인 정보를 사용하여 OR의 비전문가가 해결하고자 하는 도메인을 모형화할 때 지원해 줄 수 있는 모형구축 접근법을 제안했다. Bhargava와 Krishnan(1993)은 PM^* 를 개발했는데, PM^* 는 정성적인 추론을 할 수 있는 도메인 관련 지식베이스와 생산계획 도메인을 선형계획 모형으로 모형화하는 모델링 지식베이스를 갖는다. 그래서 해결하고자 하는 도메인 지식만 가지면 모형화에 관한 전문성이 없어도 쉽게 모형을 구축할 수가 있다. PM^* 는 Krishnan에 제안한 PDM을 확장했다고 볼 수 있다. 이 표현에 관한 연구는 두가지 흐름이 있는데, 첫째는 지식표현에 의해서 구축된 모형들이 어느 정해진 하나의 알고리즘에 바로 연결시켜주는 직접적인 방법과 둘째는 그 모형의 구조나 기존의 사용 경험을 추론에 의해서 판단하고 여러 알고리즘 중에 하나를 선정하여 연결시켜주는 지능적인 해법지식표현에 관한 연구도 등장하게 되었다[Kim and Lee, 1997].

본 연구는 네 번째의 Knowledge-assisted Representation으로 네트워크 모형을 표현하는데, 특히 상위수준 표현과 이를 전환하여 저수준의 표현도 가능한 UNIK-OPT 시스템

의 의미론적인 표현 법에 따라 진행해 나간다. UNIK-OPT는 선형 및 정수계획 문제를 모형화하는 시스템이다.

III. 네트워크 모형의 의미론적인 표현

본 장에서는 네트워크 모형을 의미론적 차원에서 기저수준과 상위수준으로 나누어 각각의 표현구조 및 표현 객체들에 대해서 설명한다.

3.1 네트워크 모형의 의미론적인 기저수준

최적화 모형을 UNIK-OPT 도구에 의해서 프레임 구조로 표현해 보자[Lee and Kim, 1995 ; Kim and Lee, 1996]. 먼저 네트워크 모형에서 잘 알려진 generalized assignment problem 모형을 생각해 보자.

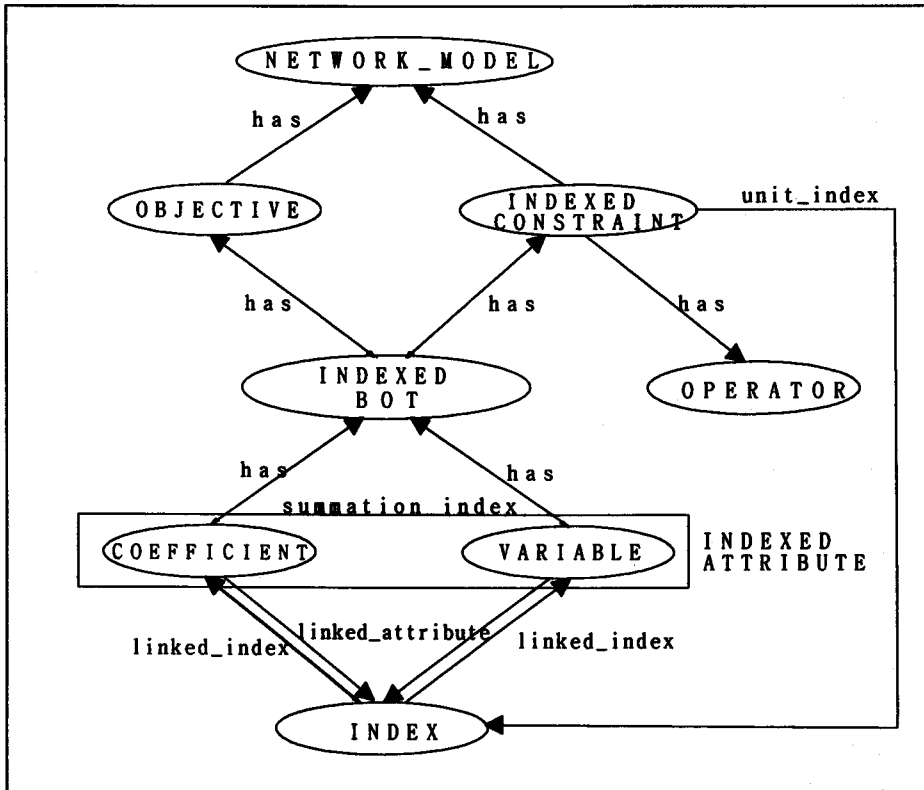
$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \tag{1}$$

subject to

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_{ij} \leq b_j, j=1, \dots, n \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i=1, \dots, m \tag{3}$$

$$x_{ij} = \{0,1\} \quad \forall i,j \tag{4}$$



〈그림 1〉 최적화 모형의 의미론적인 표현 구조

〈그림 1〉은 최적화 모형이 의미론적인 표현에 의해서 하나의 수리모형이 표현되는 구조를

보여주는 그림이다. 네트워크 모형은 그림과 같은 구조에 의해서 표현되어질 수 있다.

```

{{ plant_assignment_problem
  IS-A : NETWORK_MODEL
  DIRECTION : min
  OBJECTIVE : (+total_cost_BOT)
  CONSTRAINT : destination_capacity_constraint source_balance_one_constraint
  BOT :
  ATTRIBUTE :
  INDEX : }}
{{ destination_capacity_constraint
  IS-A : CONSTRAINT
  OPERATOR : LE
  LHS : (+ source_sum_BOT)
  RHS : (+ destination_capacity_BOT)
  UNIT_INDEX : destination }}
{{ source_balance_one_constraint
  IS-A : CONSTRAINT
  OPERATOR : EQ
  LHS : (+ source_choice_BOT)
  RHS : (+ one_BOT)
  UNIT_INDEX : source }}
{{ total_cost_BOT
  IS-A : BOT
  ATTRIBUTE : unit_cost assignment_var
  SUMMATION_INDEX : source destination }}
{{ source_choice_BOT
  IS-A : BOT
  ATTRIBUTE : one assignment_var
  SUMMATION_INDEX : destination }}
{{ source_sum_BOT
  IS-A : BOT
  ATTRIBUTE : destination_volume assignment_var
  SUMMATION_INDEX : source }}
{{ one_BOT
  IS-A : BOT
  ATTRIBUTE : one
  SUMMATION_INDEX : }}
{{ destination_capacity_BOT
  IS-A : BOT
  ATTRIBUTE : destination_capacity
  SUMMATION_INDEX : }}
{{ assignment_var
  IS-A : VARIABLE
  SYMBOL : x
  LINKED_INDEX : source destination
  TYPE : binary }}
{{ unit_cost
  IS-A : CONSTANT
  SYMBOL : c
  LINKED_INDEX : source destination }}
{{ one
  IS-A : CONSTANT
  SYMBOL : 1
  LINKED_INDEX : }}
{{ destination_volume
  IS-A : CONSTANT
  SYMBOL : a
  LINKED_INDEX : source destination }}
{{ destination_capacity
  IS-A : CONSTANT
  SYMBOL : b
  LINKED_INDEX : destination }}
{{ source
  IS-A : INDEX
  SYMBOL : i
  LINKED_ATTRIBUTE : assignment_var unit_cost destination_volume }}
{{ destination
  IS-A : INDEX
  SYMBOL : j
  LINKED_ATTRIBUTE : assignment_var unit_cost destination_volume destination_capacity }}

```

〈그림 2〉 Generalized Assignment Problem의 의미론적인 표현

그림에서 보듯이 네트워크 모형은 OBJECTIVE와 INDEXED CONSTRAINT로 구성되었으며, 그 두 개의 객체(Object)는 INDEXED BOT와 OPERATOR로 이루어졌음을 알 수 있다. 그 BOT는 COEFFICIENT(혹은, CONSTANT)와 VARIABLE라는 ATTRIBUTE로 나누어서 표현되며, INDEX 객체는 위의 모든 수준에서 함께 표현되고 있다. 위의 각 객체를 이용해서 수리모형 (1)~(4)를 프레임 구조로 나타내면 <그림 2>와 같다.

<그림 2>는 UNIK-OPT에서 표현되는 의미론적인 표현을 가지고 위의 모형 (1)~(4)를 표현한 것이다. 그림의 모형은 plant_assignment_problem으로 generalized assignment problem에 속하는 문제로서, 생산해야할 제품 i 를 공장 j 에 할당하는 문제이다. 본 논문에서는 이러한 표현을 기저수준 표현이라 부른다. 먼저, ATTRIBUTE는 변수와 계수로 구성되는데, 위의 모형에서 나타날 수 있는 것을 모으면 <그림 2>에서 보듯이 IS-A의 슬롯값이 VARIABLE과 CONSTANT인 프레임은 다섯개이다. 그림에서 보면 결정변수가 세 부분에서 나타남을 알 수 있다. 수학적 표현에 대한 의미론적인 뷰는 그림의 오른쪽 표현에서 볼 수 있다. 특히, 의미론적인 뷰에서 LINKED_INDEX는 변수나 계수에 붙은 첨자를 나타낸다.

BOTs(Blocks Of Terms)는 앞에서 설명된 ATTRIBUTE들을 시그마(Σ)로 묶은 것이다. 위의 모형에서 나타날 수 있는 것을 모으면 모두 다섯 가지이다. 그림에서 보듯이 IS-A의

슬롯값이 BOT인 다섯 개의 프레임 객체들로, 의미론적인 뷰에서는 SUMMATION_INDEX는 각 BOT에서 볼 수 있는 시그마의 첨자를 나타낸다. 그림에서의 모든 BOT 항은 위의 모형에서 한 번씩 나타나고 있다.

CONSTRAINT BOT와 OPERATOR에 의해서 이루어진다. 여기에는 두 개의 제약식 (2)와 (3)이 있다. 그림에서 보듯이 IS-A의 슬롯값이 CONSTRAINT인 두 개의 프레임 객체들로, 각 제약식에 대한 의미론적인 뷰를 나타내고 있다. 그림의 의미론적인 뷰에서 UNIT_INDEX 슬롯은 제약식의 형태가 같은 데이터를 나타내는 인덱스의 집합을 갖는다. 그리고 왼쪽 항과 오른쪽 항을 OPERATOR로 연결한다.

OBJECTIVE는 자신의 프레임을 갖지 않고 모델 프레임 내에서 DIRECTION과 OBJECTIVE의 두 슬롯에서 표현된다. 위의 모형은 “총비용을 최소화”라는 것으로 말할 수 있어서 그림에서 보듯이 IS-A의 슬롯값이 NETWORK_MODEL은 하나의 프레임 객체로 모형 전체의 의미론적인 표현을 나타낸다.

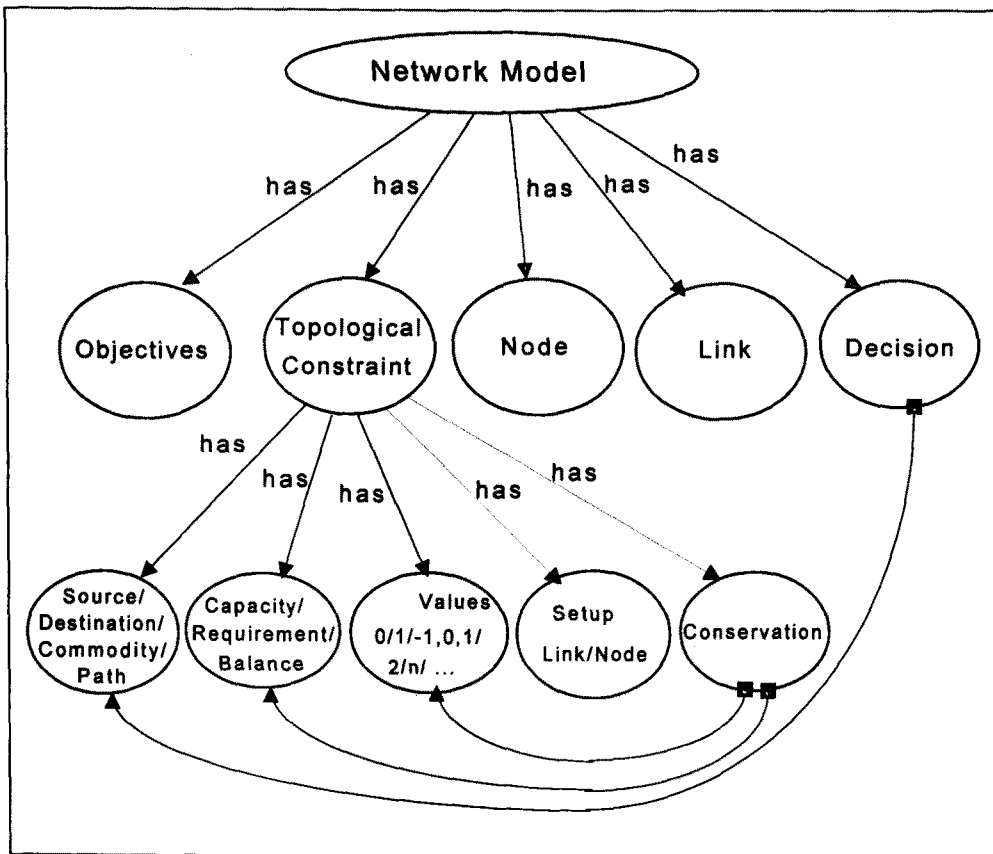
UNIK-OPT 시스템에서는, <그림 2>에서 표현된 프레임 구조 즉, 각 객체는 <그림 1>의 방향에 따라서 추론되어 하나의 수리모형을 생성하며, 그 모형을 수학적 식으로 사용자에게 보여 주기로 하며, 문제의 최적해를 구하기 위해 solver에게 보내주는 형태, 예를 들면, MPS 형태나 LINDO 형태로 데이터의 입력형식 전환도 용이하다.

3.2 네트워크 모형의 의미론적인 상위수준

앞에서 plant assignment problem의 최적화 모형을 가지고 프레임으로 표현하고, 표현된 프레임을 객체로 하여 하나의 최적화 모형을 구축하기 위한 상향식 추론(Bottom Up Reasoning)에 대해서 설명하였다.

네트워크 모형의 의미론적인 상위수준을 표현하기 위해서는 네트워크 모형의 표현구조를

유도해 내어야 한다. 네트워크 모형은 Node와 Link의 집합으로 그래프(Graph) 상에서 정의되는 수학적 모형이며, 그 수학적 표현의 복잡성에 비해서 구조적인 면은 단순하다고 볼 수 있다. 그러한 구조적인 면을 면밀히 보면, 다섯 종류의 특성자(Distinctiveness)들로 네트워크 모형은 구성된다. 그리고 그 다섯 종류의 특성자들과 그들간의 연관관계를 보면 (그림 3)과 같다. NETWORK_MODEL은 Object, Node, Link, Topological Constraint, Decision 등의 5가지 특성자를 가지며, 이 중



<그림 3> 상위수준에 의한 네트워크 모형의 표현 구조

에서 Topological Constraint는 Source/Destination/Commodity/Path, Capacity/Requirement/Balance, Value 등의 필수적인 항목과 Setup와 Conversation과 같은 선택적인 항목으로 표현되어 진다.

〈그림 3〉에서 화살표의 의미는 두 가지로 구분되는데, 단순히 “has”의 의미를 갖는 것과 Decision과 Conversation 특성자 같이 어떤 특성자가 다른 특성자의 항목들에 영향을 주는 의미를 갖는 것이다. 이는 상위수준 표현으로 입력된 네트워크 모형을 시스템 내에서 모형 추론과정시에 먼저 점검하게 되는데, 영향을 주는 항목들과 영향받는 항목들 간의 추론이 미리 이루어진다.

상위수준 표현의 특성자들을 설명하기에 앞서서 본 연구에서는 경영계량 분야에서 모형과 해법에 관한 연구가 많이 이루어졌고, 현실적인 통신망 설계 시에도 널리 알려진 13개의 통신망 모형을 가지고 상위수준의 표현을 적용해 봄으로써 언급한 특성자들에 대한 타당성을 높였다. 잘 알려진 통신망 모형들은 아래와 같다.

- Capacity Assignment[Duta, 1993]
- Flow Assignment[Duta, 1993]
- p-Hub Center[Cambel, 1994]
- p-Hub Median[Cambel, 1994]
- Hub Location[O'Kelly, 1992]
- Two-connected Spanning Network Design[Monma, 1990]
- Telepak Problem[Gavish, 1991]
- Capacitated Minimal Spanning Tree [Kershenbaum, 1993]

- Multicommodity Network Flow [Gavish, 1989]
- Multicenter Tree Network [Gavish, 1991]
- Minimal Cost Loop[Gavish, 1991]
- Minimal Cost Constrained Loop [Gavish, 1991]
- Multicenter Minimal Cost Constrained Loop[Gavish, 1991]

3.2.1 상위수준 표현의 특성자들

1) Objective

네트워크 모형에서 나타나는 목적식의 유형은 네 가지로 나타나는데, MinimumCost-[setup], MinimumWeight-[setup], Minimum-Delay, 그리고 MaximumFlow 등이다.

첫번째 유형은 최소신장트리(Minimum Spanning Tree) 문제와 매칭(Matching) 문제의 목적식과 같은 주어진 통신량을 최소의 비용으로 전송하는 형태이다. 그리고 “[setup]”은 선택적인 것으로 텔리팩(Telepак) 문제에서 발생하는 고정설치비용항이다. 이 비용최소화는 통신망에서 적용되는 통화량 평균 전송지연을 최소화, 네트워크 위험발생을 최소화 등도 포함한다. 두 번째 유형은 p-Hub Median 문제 등에서 발생하는 목적식으로 가중치의 최소의 비용을 나타낸다. 그리고 “[setup]”은 선택적인 것으로 p-Hub Location 문제에서 나타나는 고정설치비용항이다. 세 번째 유형은 Flow Assignment 문제

에서 나타나는 목적식으로 통화량의 지연시간을 최소화하는데, 첫 번째에서의 통화량 평균 전송지연 함수와 다른 점은 결정변수가 다른데, 하나는 모든 링크가 결정변수인데 반하여, Flow Assignment 문제의 결정변수는 Origin과 Destination 간의 통화요구량이 결정변수이다. 네 번째 유형은 전송되는 통화량에 제약을 둔 네트워크 상에서 전송하는 통화량의 최대량을 구하는 목적식에 해당된다.

2) Node

네트워크 모형에서 Node 특성자를 표현하는 항목은 다양하다. 이를 표현하면 아래와 같다.

- NodeCluster_n : 전체 노드의 집합이 n개로 분할되었음.
- NodeCost : 노드에 비용적인 요소가 있음.
- NodeValue : 노드에 요구량이 포함된 요소가 있음.
- NodeReliability : 노드가 신뢰도를 고려함.
- NodeCenter_n : 전체 노드의 집합 안에 n개의 센터가 존재함.
- NodeTraffic : 일부 노드들에 Origin과 Destination(O-D) 간의 통화요구량이 존재함.

3) Link

통신망에서 Link는 통화량을 전송하는 길이다. 이를 표현하면 아래와 같다.

- LinkDirection : 각 Link에 방향성이 있음.
- LinkCost : 각 Link에 비용적인 요소가 있음.
- LinkWeight : 각 Link에 가중치를 부여하고 있음.
- LinkCapacity : 일부 혹은 모든 Link에 최대 혹은 최소 용량제한 있음.
- LinkSetupFlow : 각 Link에 Setup Flow가 있음.
- LinkMultipleFlow : 각 Link에 여러 종류의 흐름 혹은 통신량이 있음.

4) Topological Constraint

네트워크 모형에서 Node들과 Link들간의 관련성이 모형의 특성을 결정하게 되는데, 여기서는 그러한 관련성을 상위수준 표현의 하나의 특성자로 정해서 이를 Topological Constraint라 했다. 이 특성자는 다섯 가지의 항목을 포함하는데, 그 항목들은 unit_term, operator, value, setup과 characteristics 등이다. 각 항목에 나타날 수 있는 값을 보면 다음과 같다.

```

{{topological_constraint_name
  IS-A : topological_constraint
  unit_term : (source/destination/commodity/path/hub)
  operator : (capacity/requirement/balance)
  value : (0/1/(-1,0,1)/2/n/...)
  setup : (null/link/node)
  characteristics : (null/conservation/tour/hub/setup)}}

```

<pre> {{source_destination_balance_one IS-A : Topological_Constraint unit_term : source/destination operator : balance value : 1 setup : characteristics }} {{ conservation_telepak IS-A : Topological_Constraint unit_term : source operator : balance value : traffic_requirement setup : characteristics : conservation }} {{ traffic_capacity_setup IS-A : Topological_Constraint unit_term : source/destination operator : capacity value : traffic_capacity setup : characteristics : setup }} {{time_delay IS-A : Topological_Constraint unit_term : source/destination operator : requirement value : time_threshold setup : characteristics }} {{path_destination_arrive_rate IS-A : Topological_Constraint unit_term : path operator : balance value : arrive_rate setup : characteristics }} {{hub_total_number IS-A : Topological_Constraint unit_term : operator : balance value : hub_total_number setup : characteristics }} {{ source_destination_hub_capacity IS-A : Topological_Constraint unit_term : source/destination/hub operator : capacity value : hub(s), (d) setup : characteristics }} {{balance_two_degree IS-A : Topological_Constraint unit_term : source, destination operator : balance value : two setup : characteristics }} {{ undirect_link IS-A : Topological_Constraint unit_term : source/destination operator : balance value : zero setup : characteristics }} {{ one_tour IS-A : Topological_Constraint unit_term : source/destination operator : capacity value : number_of_node - 1 setup : characteristics : tour }} </pre>	<pre> {{ node_having_more_than_one_degree IS-A : Topological_Constraint unit_term : source, center operator : requirement value : one setup : characteristics }} {{ all_node_spanned IS-A : Topological_Constraint unit_term : operator : balance value : number_of_node - 1 setup : characteristics }} {{ cycle_of_all_node IS-A : Topological_Constraint unit_term : operator : capacity value : cycle_value setup : characteristics : cycle }} {{ conservation_multicommodity IS-A : Topological_Constraint unit_term : source/commodity operator : balance value : (-1,0,1) setup : characteristics : conservation}} {{ link_setup IS-A : Topological_Constraint unit_term : source/destination operator : balance value : setup : characteristics : setup }} {{ capacity_multicommodity IS-A : Topological_Constraint unit_term : source operator : capacity value : total_requirement - requirement_of_node setup : characteristics : conservation }} {{ all_node_spanned_by_center IS-A : Topological_Constraint unit_term : operator : balance value : number_of_node - number_of_center setup : characteristics }} {{ all_node_of_degree_two IS-A : Topological_Constraint unit_term : source operator : balance value : 2 setup : characteristics }} {{ start_node_of_degree_one IS-A : Topological_Constraint unit_term : operator : balance value : 1 setup : characteristics }} {{ sum_of_traffic_capacity_total_capacity IS-A : Topological_Constraint unit_term : operator : capacity value : total_capacity setup : characteristics : sum_of_traffic }} </pre>
---	--

〈그림 4〉 전형적인 통신망 모형들의 Topological Constraint 특성자 프레임

topological_constraint 프레임은 네트워크 모형에서 제약식을 나타낸다. 각 항목을 보면, “uni_term”에서 Source는 전송되는 시발점으로 $\sum_{i=1}^n x_{ij}$ 와 같이 수식으로 표현되며, Destination은 트래픽의 도착점으로 $\sum_{i=1}^m x_{ij}$ 와 같이 표시된다. 그리고 결정변수의 형태가 다중 트래픽이면 commodity이고, O-D 간의 path가 존재하면 path로 나타내고, p-Hub 문제 형태이면 hub로 표시한다. “operator”에서는 Capacity, Requirement, 그리고 Balance는 각각 $\leq b$, $\geq b$, $= b$ 를 의미하는데, 여기서 b는 right-hand-side의 값이다. 그리고 “value”항목은 네트워크 모형에서 자주 발생하는 right-hand-side의 값이라 할 수 있다. “setup” 항목은 Link나 Node상에 setup 항목 즉, 설치되면 양수인 값이 주어지고, 그렇지 않으면 zero의 값이 주어지는 것을 의미한다. 그리고 “characteristics” 항목은 네트워크 상에서 제약조건의 형태로 자주 발생하는 특징을 나타내는데, Network Flow 문제에서 발생하는 conservation 제약식, Traveling Sales 문제에서 발생하는 tour 제약식, 그리고 p-Hub Location 문제에서 발생하는 hub 자체의 특성을 의미하며, 이외에도 모형 특성을 고려한 setup, cycle, sum_of_traffic 등도 있다. 여기서 설명된 전자 세 가지의 항목은 필수적인 항목이며 나머지 두 가지 항목은 선택적이다. 위의 전형적인 통신망 모형들을 포함하여 모든 네트워크 모형에서 발생하는 topological constraint의 모든 프레임을 나타내면 (그림 4)와 같다.

5) Decision

Decision은 네트워크 모형에서 구하고자 하는 결정변수를 나타내는 특성자료, 이는 모형화 추론과정에서 topological constraint의 unit_term, operator, value 등에 영향을 주게 된다. Decision으로 나타날 수 있는 형태는 assignment와 flow이다. assignment에는 일반적인 assignment 변수와 hub_allocation 변수, capacity_assignment 변수 및 이진(Binary) 변수 등이 있으며, flow에는 정수형태와 실수형태가 있으나 Modularity Property에 의해서 실수형태는 고려하지 않아도 된다.

3.2.2 통신망 모형의 상위수준 표현

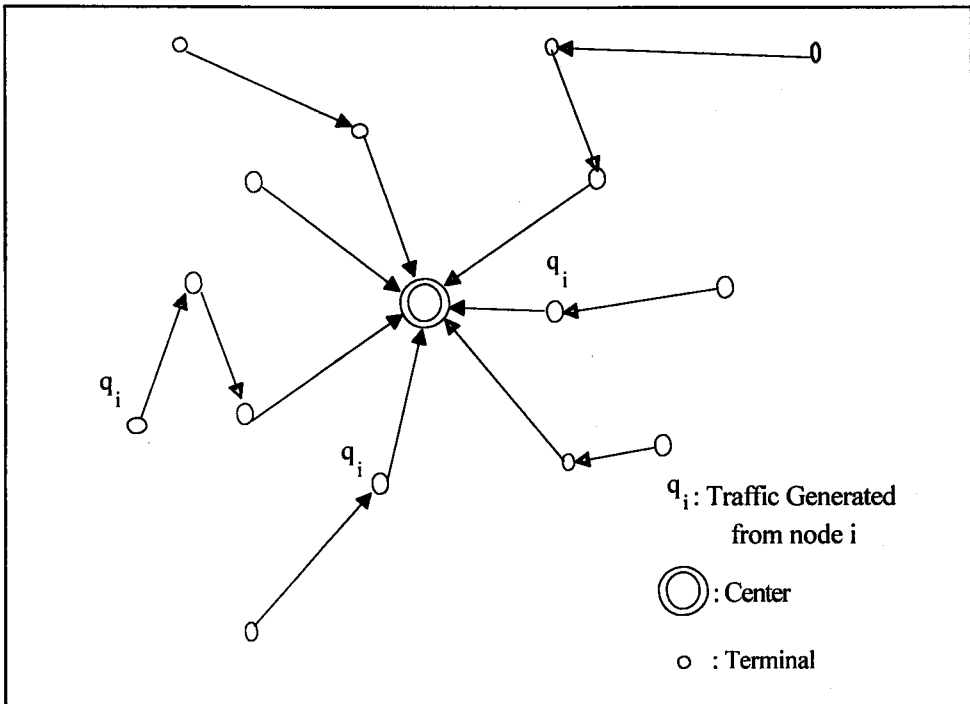
위에서 언급한 상위수준 표현을 위한 특성자에 의해서 통신망 모형이 표현되는 예를 이 절에서 설명하기로 하자. (그림 5)는 지역 가입자 통신망(Local Access Network)에서 잘 알려진 텔리팩 문제(Telepak Problem)를 Node와 Link들에 관계로 표현한 그림이다 [Kim and Lee, 1996b]. 이 그림을 보고 앞에서 정리한 특성자들에 의해서 표현하면 다음과 같다.

```

{{specific_telepak_problem
IS-A : NETWORK_MODEL
Objective : MinimumCost_setup
Node : NodeValue, NodeTraffic
Link : LinkCapacity, LinkDirection,
LinkCost
Topological_Constraint
source_destination_balance_one

```

<pre> traffic_capacity_setup conservation_telepak Decision : assignment, flow}} {{source_destination_balance_one IS-A : topological_constraint unit_term : source/destination operator : balance value : 1 setup : null characteristics : null}} {{traffic_capacity_setup IS-A : topological_constraint </pre>	<pre> unit_term : source/destination operator : capacity value : traffic_capacity setup : null characteristics : setup}} {{conservation_telepak IS-A : topological_constraint unit_term : source operator : balance value : traffic_requirement setup : null characteristics : conservation}} </pre>
--	--



<그림 5> 텔리팩 (Telepak) 문제의 Node와 Link들간의 관계

IV. 상위수준 표현을 기저수준 표현으로의 변환

이 장에서는 3장에서 표현된 상위수준의 표

현이 UNIK-OPT 시스템 내에서 운용될 수 있는 기저수준의 프레임 표현으로 변환되는 과정을 설명한다. <그림 2>에서 주어진 각 프레임 표현과 연관해서 이 장을 이끌어 진행해 나간다. 아래 프레임들은 3장에서 설명한 바 있는

plant assignment problem을 상위수준으로 표현한 것이다.

```

{{plant_assignment_problem
  IS-A : NETWORK_MODEL
  Objective : MinimumCost
  Node : NodeCluster_2, NodeValue
  Link : LinkDirection, LinkSetupFlow
  Topological_Constraint :
    destination_capacity,
    source_balance_one
  Decision : assignment_binary}}
{{destination_capacity
  I-SA : topological_constraint
  unit_term : destination
  operator : capacity
  value : traffic_capacity
  setup : link
  characteristics : null}}
{{source_balance_one
  IS-A : topological_constraint
  unit_term : source
  operator : balance
  value : 1
  setup : null
  characteristics : }}

```

변환하는 과정은 하향식 추론방식(Top-down Reasoning Method)에 의해서 이루어진다.

4.1 모형 프레임

상위수준 OBJECTIVE의 MinimumCost에 의해서 기저수준의 DIRECTION과 OBJECTIVE의 슬롯값이 결정된다. 상위수준 표현에서 Topological_Constraint 두 개의 슬롯값이 기저수준의 CONSTRAINT 슬롯값에, desti-

nation_capacity_constraint와 source_balance_one_constraint가 생성된다.

4.2 제약식 프레임

4.1.절에서 언급된 첫 번째 제약식은 destination_capacity에 의해서 결정되며, 그 프레임의 각 슬롯값이 어떻게 생성되었는가를 보면 다음과 같다. 먼저 OPERATOR는 destination_capacity 프레임의 operator 슬롯에 의해서 생성되는데 그 값은 “LE”이고, LHS와 RHS는 destination_capacity 프레임의 value 슬롯에 의해서 결정된다. traffic_capacity값과 setup 슬롯값 link가 기저수준의 source_sum_BOT와 destination_capacity_BOT를 생성한다. 그리고 UNIT_INDEX는 destination_capacity 프레임의 unit_term에 따라 destination을 쓰면 된다. 두번째 기저수준의 제약식은 상위수준의 source_balance_one 프레임을 가지고 source_balance_one_constraint라 정하며, 그 프레임의 각 슬롯값이 어떻게 생성되었는가를 보면 다음과 같다. 먼저 OPERATOR는 source_balance_one 프레임의 operator 슬롯에 의해서 생성되는데 그 값은 “EQ”이고, LHS와 RHS는 source_balance_one 프레임의 value 슬롯과 setup 슬롯값에 의해서 destination_choice_BOT와 one_BOT가 생성됨을 알 수 있다. 그리고 UNIT_INDEX는 source_balance_one 프레임의 unit_term 슬롯에 따라 source로 정해진다.

4.3 Block of Terms(BOT) 프레임

Objective와 Constraint에 의해서 total_cost_BOT, source_sum_BOT, destination_capacity_BOT, destination_choice_BOT, 그리고 one_BOT 등이 생성되었다. 이 프레임들의 슬롯값은 경험적이거나, 잘 알려진 생성 규칙(production rule)에 의해서 자동으로 만들어진다. 예를 들면, source_sum_BOT의 ATTRIBUTE는 destination_volume과 assignment_var로, SUMMATION_INDEX는 destination으로 자동 생성될 수 있다. 나머지도 자동적인 생성 규칙(production rule)에 따라 진행해 나간다.

4.4 ATTRIBUTE 와 INDEX 프레임

ATTRIBUTE는 VARIABLE과 CONSTANT로 구분해서 표현되는데, 여기서는 상위수준의 표현에서 plant_assignment_problem 프레임의 Decision 슬롯값이 assignment_binary에 따라 기저수준의 TYPE은 binary이고, SYMBOL과 LINKED_INDEX는 생성 규칙에 의해서 자동으로 만들어진다.

또한 INDEX 프레임은 상위수준의 표현에서 Node 슬롯값 중에서 NodeCluster_2에 따라 source와 destination으로 결정되어지며, 내용은 <그림 2>와 같다.

V. 모형화 추론과정

이 장에서는 사용자가 도메인 지식을 통해 네트워크 문제를 시스템에 표현하고 이를 시스템이 상위수준의 표현으로 모형화하는 과정에 대해서 설명해 보기로 하겠다. 이 과정은 3장에서 설명한 상위수준 표현에 관한 NETWORK_MODEL 프레임과 Topological_Constraint 프레임들을 생성하게 되는데, 진행되는 추론과정은 상향식방법으로 이루어진다. 시스템 구축시에 통신망을 설계하고자 하는 사용자가 통신망 관련 Domain의 지식을 아래의 절차에 따라서 표현하게 된다. 여기서는 3장에서 예를 보인 통신망 모형 중에 텔리팩 문제를 모형화하는 과정을 예를 들어 설명하고자 한다.

- 1) 결정변수의 형태를 결정한다. 예를 들면, 설비배치문제 형태, 경로선택문제 형태, 그리고 흐름분석문제 형태 중에서 해당되는 형태를 선정한다.

[예] 텔리팩 문제는 흐름분석문제와 경로선택문제의 복합된 문제이기 때문에 Assignment와 Flow들을 결정변수로 선정한다.

- 2) Node 집합이 노드의 기능 특성상 분할될 수 있는지를 결정한다. 분할되었으면 몇 개 그룹인지를 표현한다.

[예] 텔리팩 문제에서는 Node 집합이 기능 특성상 Center와 Terminal 들의 성격으로 구분된다. 그래서 두 개의 그룹으로 분할되기 때문에 NodeCluster_2이

다.

3) Node 집합의 특성을 결정한다.

[예] 텔리팩 문제는 Center가 하나 존재하며, 모든 Terminal 들은 각각의 트래픽을 생성하게 되므로 NodeCenter_1과 NodeValue의 특성으로 표시된다.

4) Link 집합의 특성을 결정한다.

[예] 위 문제는 모든 Link 들이 비용, 방향성 및 트래픽의 상한선 제약을 받기 때문에 이를 표현하는 LinkCost, LinkDirection, LinkCapacity 등을 선정한다.

5) 시스템 내에 입력되는 데이터의 형식을 사용자에게 보여줌으로써 데이터 입력을 받는다. 입력되는 데이터는 앞에서 진행된 절차에서 얻어진 결정변수, Node 특성과 Link 특성들에 의해서 시스템이 자동으로 데이터 내용과 양식을 생성하게 된다.

[예] 텔리팩 문제에서 얻어진 앞의 결과를 이용해서 다음과 같은 내용의 데이터를 입력받게 된다. 고정설치비용(Fixed Setup Cost), 흐름비용(Flow Cost), 각 Terminal에서 생성되는 트래픽 양, 각 Link의 용량상한선 등이다.

6) 모형의 목적식을 선택한다.

[예] 텔리팩 문제에서는 설치비용과 트래픽 전송비용을 최소화하는 문제이므로 MinimumCost_setup이다.

7) 모형의 제약식을 선택한다. 3장에서도 언급하였듯이 상위수준에서 Decision

(여기서는 Assignment와 Flow)이 결정되면 Topological Constraint의 특성자에 영향을 준다.

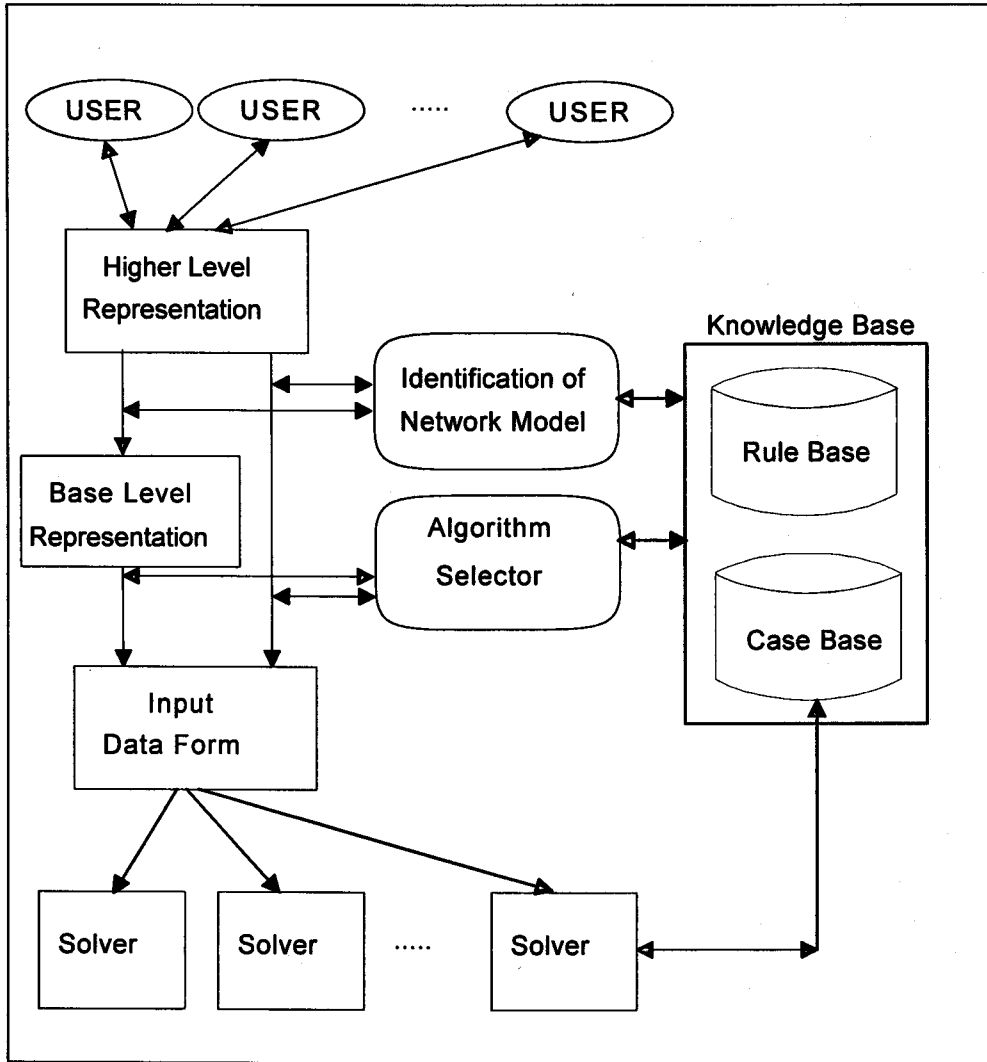
[예] 위 문제의 특성을 정리해 보면, 첫째로 모든 Terminal 들은 트래픽을 전송하게 된다. 이 것은 상위수준 표현에서 source_destination_balance_one로 표시된다. 두 번째는 모든 Terminal에서 생성되는 트래픽은 용량제한을 받게 되므로 traffic_capacity_setup으로 표시된다. 세 번째는 각각의 Terminal에서 다른 Node로부터 전송 받는 트래픽 양과 전송하는 트래픽과의 차이는 Conservation 특성을 갖는다. 그래서 conservation_telepak으로 표시된다.

VI. UNIK-KET 시스템의 구현

UNIK-NET는 통신망 설계를 위한 상위수준 표현해 주는 것과 이를 기저수준의 표현으로 변환하여 그에 적합한 휴리스틱 방법론을 연결시켜 주는 것을 목표로 하고 있다. 이 시스템은 UNIK 시스템 환경에서 개발되고 있는데, UNIK 하에서 여러 관련 시스템들간의 연결도 이루어진다. 관련되는 시스템들은 UNIK-OBJECT, UNIK-FWD, UNIK-OPT, 그리고 UNIK-RELAX 등이다[Lee et al., 1994 ; Kim and Lee, 1997]. UNIK-NET 시스템은 Windows 3.1에서 구동되는 시스템으로 Borland C++로 코딩되었다. 현재 UNIK-NET가 개발단계에 있어서 본 논문에서는 사

용자가 표현한 상위수준의 프레임을 기저수준의 프레임으로 전환되는 과정과 그 표현된 프레임을 가지고 통신망 모형과 같은 복잡한 혼

합정수 모형의 해를 구하는데 매우 효율적인 Lagrangian relaxation 휴리스틱으로 연결시켜 주는 과정을 설명하고자 한다.



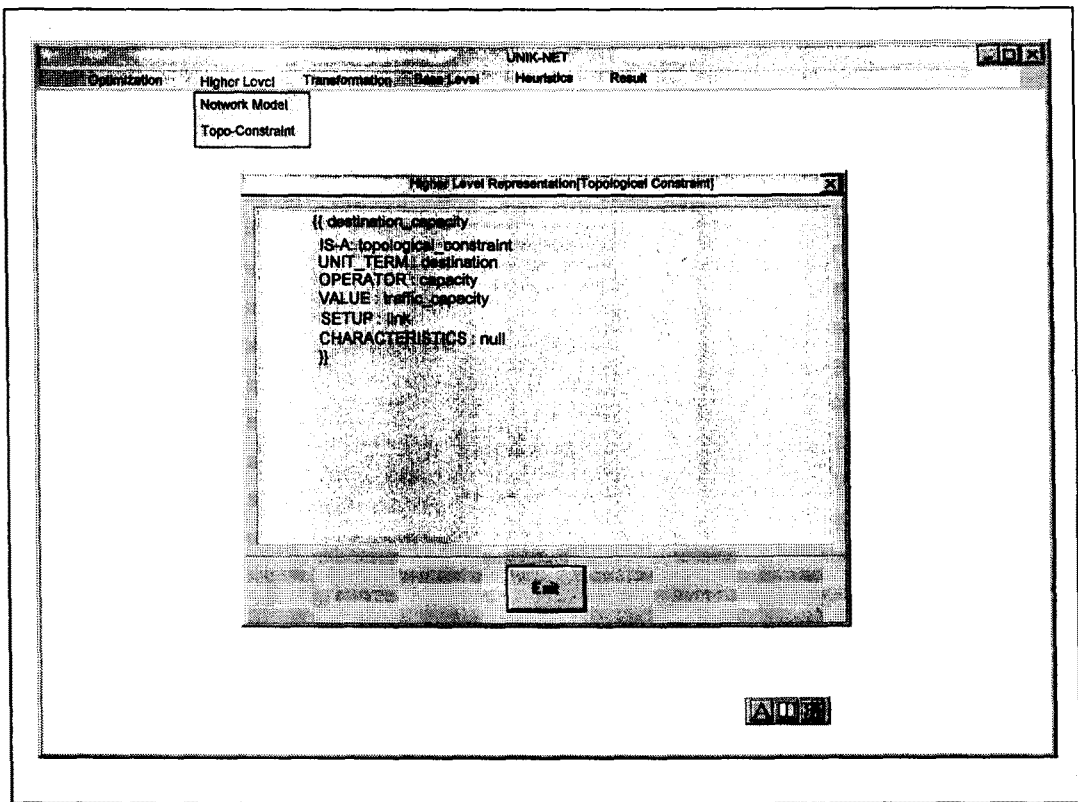
〈그림 6〉 UNIK-KET의 전반적인 아키텍처

UNIK-NET는 〈그림 6〉과 같이 여러 부 시스템들에 의해서 이루어진다. UNIK-NET의 주요 메뉴를 보면, 사용자로부터 네트워크 모형을 입력받는 “Optimization” 메뉴, 표현된

상위수준의 프레임을 불러오는 “Higher Level” 메뉴, 이를 기저수준으로 변환하는 “Transformation” 메뉴가 있으며, 변환된 기저수준의 프레임을 불러오는 “Base Level” 메

뉴와 내장된 휴리스틱 해법을 불러오는 “Heuristic” 메뉴, 그리고 해법 결과를 보여주는 “Results” 메뉴 등으로 이루어졌다. 제 4장에서 언급된 generalized assignment problem 을 가지고 예를 들어 설명한다. 시스템에서 사용자가 표현한 상위수준으로 표현된 모형들을 파일로 저장하고 있어서, 원하는 모형을 사용자는 “Optimization” 메뉴의 “Open”을 통해

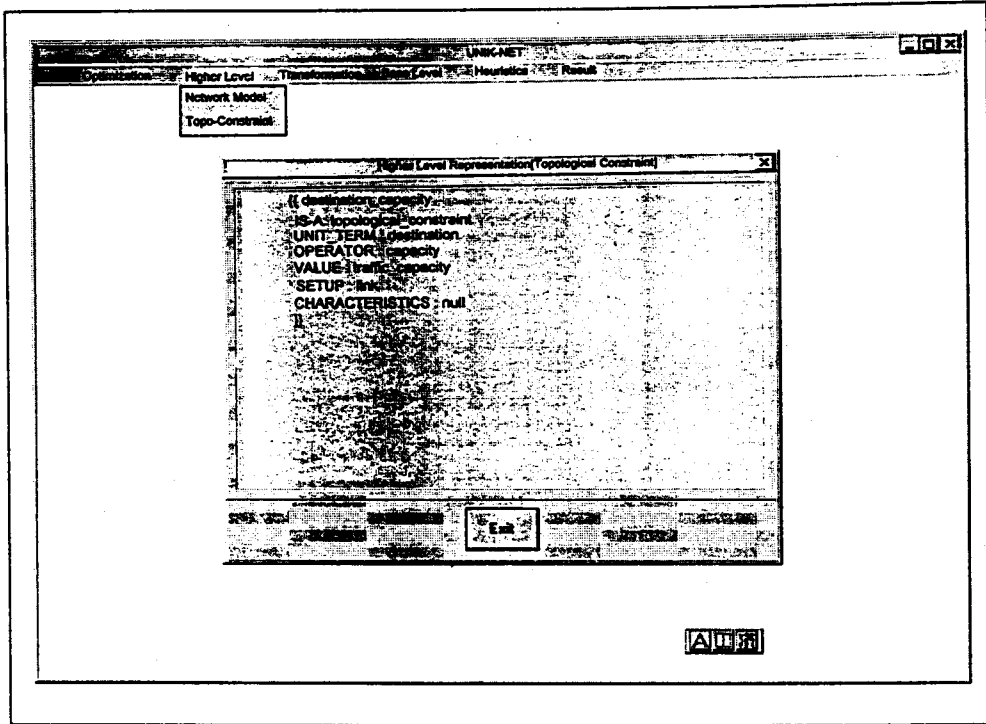
서 모형을 불러온다. UNIK-NET는 사용자가 선택한 모형을 <그림 7>과 같이 상위수준의 NETWORK_MODEL이 프레임이 보여지며, 이어서 <그림 8>와 같이 상위수준 표현의 Topological Constraint 특성자를 보여주는데, 여기서는 두 개의 특성자 중에서 destination_capacity 프레임만 예를 들어본다.



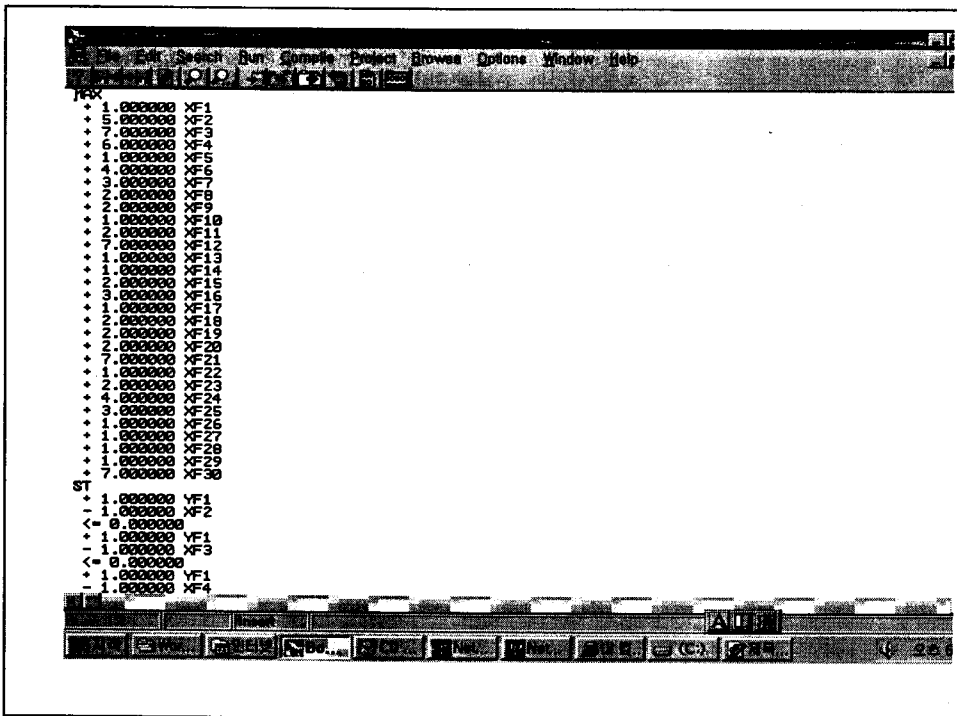
<그림 7> Plant assignment problem의 상위수준 표현 (Model)을 나타낸 화면

그리고 입력된 데이터를 보기 위해서는 “Data” 메뉴를 선택하면 모형화 추론과정에서 입력된 데이터의 내용을 사용자가 볼 수 있다. 사용자는 입력된 상위수준의 표현에 이상이

있는지를 점검하고 이상이 없으면 기저수준의 표현을 얻기 위해서 “transformation” 메뉴를 선택하면 상위수준에서 기저수준으로의 프레임 전환이 이루어진다. 기저수준으로 표현된



〈그림 8〉 plant assignment problem의 상위수준 표현 (Topological Constraint)을 나타낸 화면



〈그림 9〉 plant assignment problem의 LINDO 데이터 입력형태 화면

프레임은 MODEL 프레임, 두 개의 CONSTRAINT 프레임, 다섯 개의 BOT 프레임, 다섯 개의 ATTRIBUTE들을 갖게 된다.

이렇게 변환된 프레임은 UNIK-RELAX 시스템과의 인터페이스를 통해서 Lagrangian 승수를 생성하고 이를 가지고 branch and bound 방법이 진행되는데, 이때에 입력되는 데이터 형태를 보면 <그림 9>와 같다.

VII. 결 론

최근 들어 통신기술의 고도화, 지능화, 광대역화 됨에 따라 각각의 의사결정이 좌우되게 될 경제적 중요도는 더욱 높아지고 있다. 지금 전세계에는 많은 패킷교환 네트워크(Packet Switching Network)가 운용되어 하루에도 천문학적인 수의 데이터가 전송되고 있다. 여기서 패킷교환 네트워크의 설계에 있어서 중요하게 고려되는 항목으로는 평균 네트워크 지연, 네트워크 신뢰도, 네트워크의 처리량, 그리고 네트워크 비용 등이 있다. 패킷 교환 네트워크의 일반적인 설계문제(General Design)는 성능요구 척도, 링크용량, 트래픽의 보존(Conservation) 등과 같은 복잡한 제약식과 앞에서 고려한 목적식이 맞물려 있어서 작은 문제로 분리하여 해결하게 된다. 보통 일반적인 문제를 용량할당 문제(Capacity Assignment Problem : CAP), 흐름할당 문제(Flow Assignment Problem : FAP), 용량 및 흐름할당 문제(Capacity and Flow Assignment Problem : CFAP) 등으로 분할하는 경우가

많다. 그리고 위와 같은 문제를 해결하기 위해서 샤르마의 알고리즘(Sharma's Algorithm), 클러스터링 알고리즘(Clustering Algorithm) 등과 같은 여러 가지의 휴리스틱 방법과 대기(Queueing) 분석에 기초한 여러 방법들이 있다.

위와 같이 다양한 통신망 설계와 더욱더 복잡해지는 통신망 설계 모형, 그들 모형들을 풀기 위해 개발된 해법 중에서 효율적인 것을 선택, 그리고 계속적으로 연구되어지는 휴리스틱의 발견 등을 지원해줄 수 있는 모형관리시스템의 필요성을 더욱 재촉하고 있다. 본 논문이 이러한 상황 속에서 다소나마 일조를 하길 기대한다. 본 논문의 연구결과를 요약해보면 다음과 같다.

- 1) 통신망 모형에 대한 상위수준 표현 구조 및 상위수준 표현에 관하여 모형을 의미론적인 시각으로 표현되는 다섯 개의 특성자들을 정리하였다. 그리고 가장 많이 이용되는 전형적인 통신망 모형을 언급된 특성자들에 의해서 표현됨을 보였다.
- 2) 상위수준의 다섯 가지의 특성자들을 저수준 표현으로 변환하는 접근법을 설명하였다.
- 3) 통신망 모형을 상위수준에 의해서 모형화하는 추론과정을 제안하였다.
- 4) UNIK-NET의 아키텍처와 개발단계에 있는 시스템을 소개하였다.

본 연구를 다양한 통신망 설계에서 응용성을 가지기 위해서는 다음과 같은 연구가 빠른 시일 내에 이루어져야 하는데, 연구되어야 할 이

슈(Issue)를 몇 가지 정리하면 다음과 같다.

- 1) 기존의 통신망 모형들과 그 모형의 효율적인 알고리즘을 연결시키는 연구,
- 2) 정수계획 통신망 모형에 강력한 휴리스틱 해법들이 UNIK-NET에 내장시킬 때에 재사용성을 고려한 저장구조에 관한 연구,
- 3) 그리고, 개발될 시스템 내에 기존의 설계된 모형에 관한 정보를 저장하여 차후에 모형 구축시 저장된 모형들을 이용할 수 있도록 사례기반 추론(Case-based Reasoning)에 관한 연구도 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

- Ahuja, R.K., T. L. Magnanti, J. B. Orlin, Network Flows : Theory, Algorithms, and Applications, *Prentice-Hall*, (1993).
- Bhargava, H. K., and R. Krishnan, Computer-aided Model Construction, *Decision Support Systems* 9(1), (1993).
- Bisschop, J. J. and C. A. C. Kuip, Hierarchical Sets in Mathematical Programming Modeling Languages, *Computational Optimization and Applications*, Vol 1, No 4, (1994).
- Cambell, J. F., Integer Programming Formulations of Discrete Hub Location Problems, *EJOR*, 72, (1994).
- Chang, M, Design of Model Class Library for Communication Network Decision Problems, Thesis of Master, *Pohang University*, (1994).
- Dincvas, M., H. Simonis, and P. Van Hentenryck, Solving Large Combinatorial Problem in Logic Programming, *J. of Logic Programming*, 8, (1990).
- Dutta, A., and J. Lim, "Multiperiod Capacity Planning Model for Backbone Computer Communication Networks", *Operations Research* 40, (1991).
- Fourer, R., Modeling Languages versus Matrix Generators for Linear Programming, *ACM Transactions on Mathematical Software* 9, (1983).
- Gavish, B. P., Topological Design of Telecommunication Networks-Local Access Design Methods, *Annals of Operations Research* 33, (1991)
- Gavish, B. P., M. Dror, M. Gendreau, and L.

- Mason, Fiber optic Circuit Network Design under Reliability Constraints, *IEEE J. on Sel. Areas in Communications* 7, (1989).
- Geoffrion, A. M., The SML Language for Structured Modeling : Level 1 and 2, *Operations Research*, Vol 40, (1992).
- Geoffrion, A. M., The SML Language for Structured Modeling : Level 3 and 4, *Operations Research*, Vol 40, (1992).
- Glover, F., D. Klingman and N. V. Phillips, Netform Modeling and Applications, *Interface* 20 (4), (1990).
- Jones, C. V., An Integrated Modeling Environment Based on Attributed Graphs and Graph-Grammers, *Decision Support Systems*, 10, (1993).
- Kendrick, D. A., A Graphical Interface for Production and Transportation System Modeling : PTS, *Computer Science in Economics and Management*, 4, (1991).
- Kershenbaum, A., Telecommunication Network Design Algorithms, *McGraw Hill*, (1993).
- Kim, Chulsoo and Jae K. Lee, Automatic Structural Identification and Relaxation for Integer Programming, *Decision Support Systems* Vol. 18(3 & 4), (1996a).
- Kim, Chulsoo, and Jae K. Lee, UNIK-RELAX : A Generator of the Lagrangian problem using Structural Knowledges for Communication Networks, *Expert Systems with Applications* Vol. 12 (3), (1997).
- Lee, Jae K. and M. Y. Kim, Knowledge-Assisted Optimization Model Formulation : UNIK-OPT, *Decision Support Systems* 13, (1995).
- Lee, Jae K. et al, UNIK User Manual, Intelligent Information System Laboratory in Korea *Advanced Institute of Science and Technology*, (1994).
- Ma, P., F. H. Murphy, and E. A. Stohr, A Graphics Interface for Linear Programming, *Communications of the ACM* 32(8), (1989).
- McAloon and C. Tretkoff, 2LP : linear Programming and Logic Programming. In V. Saraswat and P. Van Hentenryck, eds, Principles and Practice of Constraint Programming, *The MIT Press*, Cambridge, MA, (1995).
- McBride, R. D., NETSYS-A Generalized Network Modeling System, Technical Report, *University of Southern California, Los Angeles, CA*, (1988).
- Monma, C. L., and B. S. Munson, Minimum-Weight Two-Connected Spanning Networks, *Math. Programming* 46, (1990).

O'Kelly, M., A Clustering Approach to the Planar Hub Location Problem, *Annals of OR* 40, (1992).

Puget, J. F., A C++ Implementation of CLP. *Proceedings of SPICIS 94 : The Second Singapore International Conference on Intelligent Systems*, (1994).

Steiger, D., and R. Sharda and B. Leclaire, Graphical Interfaces for Network Modeling : A Model Management System Perspective, *ORSA Journal on Computing* 5, (1993).

Stohr, E., and M. R. Tanniru, A Database for Operations Research Models, *Int. J. Policy Anal. Infor. Syst.* 4, (1980).

◇ 저자소개 ◇



저자 김철수는 고려대 통계학과를 졸업하고, KAIST 경영과학석사학위와 경영정보공학 박사학위를 취득하였다. 현재는 원광대학교 정보관리학과에서 정보통신과 전문가시스템 분야로 재직하고 있다. *Decision Support Systems*, *Journal of Management Information Systems*, *Expert Systems with Applications*, *Journal of MIS Research*, *Korean Management Science Reviews* 등 국내외 학술지 및 학회에 논문을 발표하였다. 주요 관심분야는 PCS 무선통신시스템에서 인공지능의 적용, 통신망 최적설계를 위한 모델관리시스템 구축, CALS/EC에서의 최적화시스템 분산설계 등이다.