

유연한 공급망 계획 모형 작성을 위한 모형관리자의 설계 및 구현

양영철¹ · 장양자^{1*} · 박찬권² · 박진우¹

¹서울대학교 산업공학과 / ²영산대학교 정보경영학부

Design and Implementation of Model Manager for Flexible Supply Network Planning Model

Young-Chul Yang¹ · Yang-Ja Jang¹ · Chankwon Park² · Jinwoo Park¹

¹Department of Industrial Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-744

²School of Information & Management, Youngsan University, Yongsan-si, Gyeongsangnam-do, 626-847

Recently, in the competitive environments, every company recognizes the importance of supply network planning models. However, there are so many problems in correctly applying mathematical model to the real world. Because mathematical modeling packages charge planning managers with understanding the models and responsibility for generating plans, fast and accurate model cannot be generated with ease. In this paper, we design the model management system that helps planning managers flexibly create and modify mathematical models and manage model versions. We implement the system with model base concept.

Keywords: planning model, modelbase, model management

1. 서론

기업 활동의 분산화, 세계화가 진전되고 시장에서의 경쟁이 치열해진 환경에서 각 기업들은 우세한 경쟁력을 확보하기 위하여 전체 공급망(Supply Network) 관점에서 자사의 역량을 정렬하고 집중하는 전략을 취하고 있다. 이러한 전략은 신제품이나 서비스의 출시, 신규 자본투자로 인하여 새로운 거점을 추가하거나 기존의 공급망을 변경하는 급격한 변화를 수반하기도 하고, 외부의 환경 변화에 대응하여 전체 공급망을 구성하고 있는 고객 및 공급자와 동기화하고 협력하여 공급 사슬을 최적으로 운영하도록 요구한다.

공급망 계획(Supply Network Planning) 시스템은 수요 변동에 공급망 전체를 기민하게 대응시켜 전체 최적화를 달성하도록 도와주는 유용한 도구이다. 공급망 계획 시스템은 일반적인 계획 시스템과 마찬가지로 전략 수준(Strategic level), 전술 수준

(Tactical level), 운영 수준(Operational level)의 계획을 수립할 수 있어야 하고, 분산되어 있는 거점들의 활동을 조화롭게 통합하는 계획을 작성해야 한다. 전략 수준의 계획은 1년 이상을 대상으로 하는 장기적인 계획으로서 공급망 설계가 이에 해당하고, 전술 수준의 계획은 생산 계획 및 분배 계획과 같은 분기별 또는 월별 계획이다. 운영 수준 계획은 일별, 시간별 또는 분별로 실행을 하기 위한 계획을 일컫는다. 최적화된 공급망 계획을 작성하기 위해서 공급망 계획 시스템은 각 계획 수준에 적합한 데이터, 모형, 문제 해결기(Problem Solver)를 구성 요소로 갖는다.

모형 생성에 대해서는 일반적으로 세 가지 접근법이 알려져 있다. 첫째는 사용자에게 범용의 모형 작성 프로그램을 제공하여 사용자로 하여금 직접 모형을 작성하게 하는 것이고, 둘째는 다양한 형태의 산업별 모형 템플릿을 제공하여 사용자가 계획 환경에 맞게 변경하여 모형을 작성하도록 한다. 세 번째 접근법은 미리 정의된 모형만을 제공하는 경우이다. 범용의

* 연락처: 장양자, 151-744 서울시 관악구 신림9동 서울대학교 산업공학과, Fax : 02-873-7146, e-mail : bighand@ultra.snu.ac.kr
2001년 12월 접수, 2002년 1월 게재 확정.

모형 작성 프로그램을 이용하여 모형을 작성하려면 경영 과학적 지식이 필요하기 때문에 경영 과학적 지식이 없는 사용자는 모형을 생성하고 분석하는 데 어려움을 겪게 된다. 또한 미리 정의된 모형이 각 기업의 사업 환경과 맞지 않는 경우에는 그 모형을 사용할 수 없다. 따라서 사용자에게 모형 템플릿을 제공하여 경영 과학적 지식이 적은 경우에도 모형을 용이하게 수정 및 생성할 수 있도록 하는 것이 가장 바람직한 접근법이라고 하겠다.

지금까지 공급망 계획과 관련하여 수학적 모형을 작성하고 이를 해결하기 위한 방법론 연구는 많이 있어 왔으며, 이들은 해당하는 문제 환경에 의존하여 문제 특성에 적합한 해결 방법을 제시하였다(Cohen and Lee, 1998; Fumero and Vercellis, 1999; Lee and Billington, 1993; Ozdamar and Yazgac, 1999; Sarmiento and Nagi, 1999; Vercellis, 1999). 또한 컴퓨터 성능의 발달은 계산 시간을 단축하고 보다 정확한 문제의 해를 도출할 수 있게 해주고 있다. 그러나 개별 기업이 당면하고 있는 환경에 적합한 공급망 계획 모형을 작성하고, 이를 해결하는 절차를 설계하는 과정에는 데이터 정의, 데이터 무결성 검증, 모형의 정확성 검증, 문제 해결 방법 수립 등 매우 복잡하고 시간을 요하는 작업들이 포함된다. 또한 계획 수립시점에 발생한 변동 사항을 신속하고 용이하게 모형에 반영하여 계획을 수립하고, 환경 변화에 대응하는 다양한 대안을 생성하기 위해서도 사용자의 대단한 노력이 요구되어진다.

따라서 본 연구에서는 사용자와 공급망 계획 모형 간의 연계를 위한 불필요한 작업들을 개선할 수 있는 방법론으로서 모형 관리 시스템을 도입하여 수리 계획 시스템의 구조를 제시하고, 그 구현 방안을 모색하고자 한다. 이를 통하여 사용자는 경영 과학적 지식이 부족하더라도 정시에 정확한 모형을 작성하여 공급망 계획을 수립할 수 있을 것이다.

논문은 다음의 구성을 가지고 있다. 2장에서는 현재까지의 모형 관리 시스템에 대한 관련 연구를 정리하고, 3장에서는 모형 관리 시스템에 대한 개괄적인 개념 정리를 기술하였다. 4장에서는 실제 수리 계획 시스템을 구현하기 위한 모형 관리 시스템의 설계 방안을 모색하고, 5장에서 공급망 계획 시스템과 연동하는 모형 관리 시스템을 기술한다. 마지막으로, 6장에서 결론과 함께 향후 연구 방향에 대해 정리한다.

2. 관련 연구

모형 관리 시스템(Model Management System, MMS)이라는 개념은 의사 결정 시스템 내에서 지식을 관리하고, 그 지식에 바탕하여 계획을 수립하며, 수립된 계획에 대해 분석을 시행하여 사용자의 의사 결정을 쉽고 빠르게 도와주는 역할을 하기 위해 제시되었다. Muhanna(1994)과 Dolk(1993)에 의하면 모형 관리 시스템은 사용자와 시스템 간의 인터페이스 역할을 수행하는 다이얼로그 관리 모듈, 모형을 선택하는 데 도움을 주는 모

형 참조 모듈, 선택된 모형의 실행을 도와주는 모형 실행 모듈, 그리고 모형의 저장과 추출을 위한 모형 지식베이스 모듈로 구성된다. Mayer(1998)는 앞서 언급한 Muhanna의 개념을 한 단계 발전시켜 기존 연구에서 부족했던 비용 평가 개념을 도입하여 효율적인 MMS의 사용에 대한 연구를 진행하였고, 분산 환경과 병렬 처리 환경으로 확장·적용하였다.

모형 관리 시스템과 관련한 연구들은 모형의 표현과 저장 구조에 관한 연구와 모형과 해법 엔진을 포함한 수리 계획 시스템의 구조에 관한 연구로 분류할 수 있다.

Geoffrion(1987)의 연구에서는 컴퓨터 환경에서 다양한 종류의 모형을 이해하고, 표현하며, 구현할 수 있는 수리 모형 구조 형식을 제시하였다. 구조화 모델링 언어(Structured Modeling Language, SML)라 명명된 이 모형의 구조화 방법은 단순히 수리 모형에 국한되지 않고, 의사 결정 시스템의 지식에 대한 구조화에도 사용 가능한 모형이다. 저자는 크게 3가지의 수리 모형의 Structure를 제시하고 있는데, 요소 구조체(Element Structure), 일반 구조체(Generic Structure), 모듈 구조체(Modular Structure)의 세 단계로 수리 모형을 구성하는 방법을 사용하고 있다. Gagliardi and Spera(1997)에서는 BLOOMS(Basic Language Object Oriented for Modeling Systems)라는 구조화 모델링에 기반한 수리 모형 관련 시스템을 개발하였다. Lenard(1993)는 위에서 언급하였던 구조화 모델링 기법의 구현을 위한 저장 구조를 객체 지향 관점에서 제시하였다. 또한 수리 모형을 구성하는 객체와 객체 간의 관계를 관계형 데이터베이스에 저장하고, 각 객체 간에 발생하는 호출 순서를 구현하는 기본적인 개념을 제시하고 있다. Ma(1997)는 객체 지향 설계 개념을 더욱 보강하여 모형 정보의 저장과 관련된 모형 베이스 기법에 객체 지향 개념을 적용하였을 경우 발생하는 클래스 간의 관계 설정을 위하여 수리 모형이 가지는 특성을 정의할 수 있는 타입과 상속에 관한 몇 가지 이론을 정리하였다. Srinivasan and Sundaram(2000)의 연구에서는 객체 관계형 데이터베이스 시스템의 특징을 이용하였다. 모형 표현 기법인 구조화 모델링과 객체 관계형 데이터베이스 시스템 간의 연동 가능성을 제시하고, 객체 지향 기법의 특성 중 하나인 클래스 간의 상속 기능을 이용하여 사전 정의된 모형으로부터 새로운 모형을 작성하는 예를 보여주었다. Lee and Kim(1995)는 수리 모형을 의미론 관점, 모델링 언어 관점, 수리적 기호 관점, 표 관점의 네 가지 사용자 관점으로 구성하여, 일관성을 유지하도록 하였다. 또한, UNIK-OPT라는 수리 모형 지원 시스템을 구현하였다. Jones(1995)는 모형의 구조화뿐 아니라 사용자의 편의성을 도모하기 위하여 사용자 인터페이스상에서 모형의 구성 요소들 간의 관계를 그래프 문법에 의거하여 좀 더 쉽게 구현할 수 있는 이론을 전개하였다. Dolk(2000)의 연구에서는 데이터베이스 시스템을 넘어서, 여러 곳에 분산되어 있는 데이터들을 관리하는 data warehouse 환경과 UML과 같은 소프트웨어 패러다임과 결부 지어서 앞으로 모형 관리 시스템이 나아가야 할 바를 제시하였다.

모형 표현 및 저장과 관련한 응용 사례로 Rizzoli, Davis and

Abel(1998)의 연구를 들 수 있는데, 수자원 시스템을 구성하는 도메인 클래스와 객체를 정의하고, 각 객체 간의 연관 관계를 정의하였다. 모형 관리 시스템 개념 중 모형 통합 기법을 이용하여, 새로운 모형을 작성하는 시스템을 구성하였다.

Blanning(1993)은 당시까지의 모형 관리 시스템에 대하여 개괄적으로 정리하면서, 모델베이스 구조와 모델베이스 처리, 그리고 모형 관리 시스템이 조직 내부의 인텔리전스에 기여하는 정도 등이 주요한 이슈가 될 것으로 예상하였다.

이상과 같은 모형 표현 및 저장 구조에 관한 이론적인 성과를 적용하는 어플리케이션의 구현은 실제 현장에서는 개별 사항별로 이루어지고 있다. 특히 수송 경로 결정 문제, 일정 계획 문제 등과 같은 상세한 수준의 계획 문제는 종류가 다양하고 적용할 수 있는 알고리즘의 수도 매우 많다. 이런 환경에서 수리 계획 모형과 해법 엔진의 연계를 도와주는 몇 가지 연구 결과가 제시되었다.

Huh and Chung(1995)의 연구에서는 모형 관리 시스템의 외부 환경으로 모형 설계자와 의사 결정자, 데이터베이스를 설정하고, 시스템 내부를 모듈과 포트로 구조화하였다. 이 시스템을 이용하여, 모형을 분석하고, 모형에 적합한 문제 해결기의 호출에 대해 연구하였다. 또 Huh and Chung(1999)은 이 시스템을 분산 환경으로 확장한 구조를 제시하였다. Heavy and Browne(1996)은 생산과 관련된 모형과 이 모형에 대한 해법을 저장하고, 사용자의 요구에 쉽게 대응할 수 있는 수리 계획 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 초기에 모형을 생성하고, 저장하는 개발자용 모형 개발자 워크벤치(Model Developer Workbench), 저장된 모형 정보를 검색하고, 해법 엔진으로 해를 구하는 모형 사용자 워크벤치(Model User Workbench), 생산 시스템과 연동할 수 있게 지원하는 제조 시스템 설계자 워크벤치(Manufacturing System Designer Workbench) 등 세 가지로 구분할 수 있다. Papadopoulos and Vouros(1997)는 생산 라인에서 발생하는 문제에 대한 모형 관리 시스템을 개발하였다. 구체적으로, 생산 스케줄 문제에서 발생하는 서로 다른 모델링 기법을 분류하는 구조를 제시하고, ASBA(Advisor System for Buffer Allocation)라고 하는 지식 기반 시스템을 구축하였다. Desrochers *et al.*(1999)의 연구는 이제까지 이론 연구에만 그쳤던 모형 관리 시스템 연구를 수송 일정 계획 문제에 적용한 응용 사례이다. 저자들은 이 연구에서 수송 일정 계획에 대한 지식을 수리 모형과 관련하여 모형 관리 시스템 측면에서 분석하고 해법 엔진을 호출할 수 있도록 실제 응용될 수 있는 수리 계획 시스템의 구현 방법론을 제시하였다.

이상에서 언급하였듯이 컴퓨터 시스템 내부에 모형을 표현하고 저장하기 위한 다수의 이론적인 연구들과 이를 활용하여 문제 해결까지 담보해 주는 응용 시스템의 연구가 꾸준히 이어져 왔다. 그러나 여전히 특정 분야에 모형 관리 시스템을 적용하기 위해서는 문제 정의, 데이터 정의, 모형 저장을 위한 표현 방법과 관계를 밝히는 작업을 수행해야 한다. 특히 기존 연구에서 모형 저장과 추출 과정의 세부 항목을 밝혀주는 연구

가 부족하다는 점은 아쉬움으로 남는다. 따라서 본 연구에서는 공급망 계획 시스템의 하부 시스템으로서 공급망 계획 모형을 유연하게 저장, 변경, 추출하고, what-if 분석을 위하여 모형의 버전관리를 수행하는 모형 관리 시스템을 설계하고, 모형 저장 및 추출 과정을 제시하고자 한다.

3. 모형 관리 시스템 설계

공급망 계획 문제에 포함되는 생산, 수송, 분배 문제에서 사용하는 수학적 모형에는 선형 계획법(Linear Programming) 모형과 정수의 제약이 있는 정수 계획법(Integer Programming), 그리고 LP와 IP가 혼합된 혼합 정수 계획법(Mixed Integer Programming) 모형이 있을 수 있다.

Dolk(1986), Greenberg and Murphy(1995), Zhuge(1998) 등의 논문에서 공통적으로 가지는 기본적인 아이디어는 수학 모형의 구성 요소를 분해하는 것이다. 모형 베이스 연구에서 공통적으로 나타나는 분류를 나열하면 다음과 같다.

- Set : 수학 모형의 index, 모형의 크기를 결정
- Objective : 목적함수
- Constraint: 제약식
- Parameter : 입력 정보
- Variables : 풀이 과정에 의해 도출된 결과, 변수

이 분류법은 Algebraic Modeling Language(AML)에서 공통적으로 나타나는 수학 모형 표현의 구성 요소이다. AMPL(AT&T Mathematical Programming Language), GAMS(General Algebraic Modeling System), SML 등으로 대표되는 AML의 모형 표현을 각 구성 요소로 분리하여 데이터베이스로 저장하는 것을 목적으로 한다. 이는 객체지향 데이터베이스 시스템의 Schema 구조와 유사한 개념으로 실제의 수학 모형을 데이터베이스에 저장하고, 필요에 따라 모형을 변경하고, 모형을 사용하는 문제를 풀 때 편리하게 수학 모형을 추출하는 것을 목적으로 하고 있다.

모형 베이스 시스템의 구성요소는 다음과 같다.

- 모형 : 수학 모형의 구체적인 표현, LP, IP, 또는 MIP 문제, 목적함수, 제약식을 비롯한 일련의 구성요소가 포함된 형태
- 알고리즘 : 모형을 풀기 위한 방법, Simplex, Branch and Bound, Lagrangian Relaxation, Meta-Heuristic 등이 있다.
- 추론 엔진 : 모형의 특성을 분석하기 위한 추론엔진을 이용하는 방법, AI 기법을 이용한다. 우선적으로 Knowledge Base가 구축되어 있어야 한다.

3.1 모형 객체의 구성

사용자가 자신이 설계한 수학적 모형에 대한 추상적 표현의 생성, 편집만으로 모형 풀이 과정이 이루어지도록 하는 것

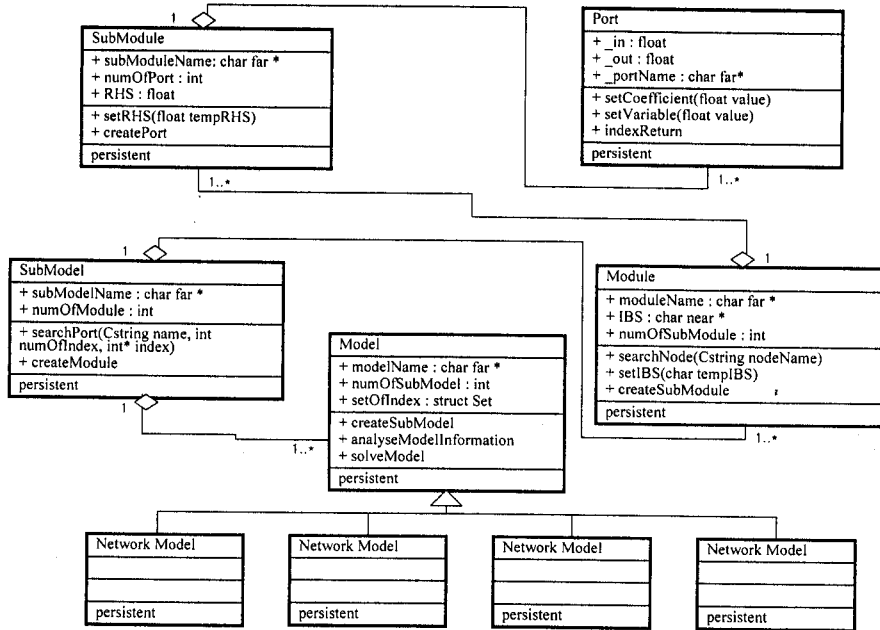


그림 1. 모형 객체 클래스 구조.

이 본 모형 관리 시스템의 목표이다.

<그림 1>은 본 연구에서 구현된 모형 데이터베이스에 저장된 모형 schema를 바탕으로 생성되는 모형 객체의 class diagram이다.

모형 객체들은 다음과 같다.

3.1.1 Model

사용자가 선택한 문제에 해당하는 부분 Model이 선택되면, DB에 저장된 Model에 대한 정보를 추출하여, 하부 컴포넌트들에 대한 초기화를 수행한다.

3.1.2 SubModel

Model에는 분해된 문제들이 존재할 수 있다. SubModel은 이러한 상황을 위한 컴포넌트라고 할 수 있다. 모형 베이스 DB에는 각 모형에 필요한 SubModel에 대한 정보도 함께 저장하고 있다. 만약 사용자가 Model 내의 SubModel 중 하나만 선택하거나, 원 Model이 분해되지 않았다면, SubModel은 하나만 생성된다.

$$\text{Min } Z_{LR^1} = \sum_i \sum_j \sum_l (C_{ij} + \beta_{jl} - \gamma_{il}) X_{ijl} + \sum_j g_j Z_j - \sum_i \sum_l a_{il} \gamma_{il} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_i \sum_l s_{jl} X_{ijl} \leq Z_j W_j \quad \text{for all } j \quad (2)$$

$$\sum_j Z_j \leq W \quad (3)$$

$$Z_j = \{0, 1\} \text{ for all } j; X_{ijl} \geq 0 \text{ for all } i, j, l \quad (4)$$

3.1.3 Module

Module은 Model에 대한 정보 중에 좀 더 구체적인 정보를 저

장하는 컴포넌트이다. 사용자 또는 모형 베이스 관리자에 의해 정의된 Model의 추상적인 수리 모형 정보를 유지한다. 예를 들어 제약식으로 표현된 수식 (2)가 Module이 된다. 이를 기반으로 하여, SubModule과 Port에 대한 데이터 입력의 작업을 수행하게 된다. Larger Than, Equal, Greater Than 관계가 이곳에서 정의된다.

3.1.4 SubModule

SubModule은 실질적인 제약식을 표현하는 모듈이다. 각 SubModule은 예를 들어, 수식 (2)에서 모든 j 중에, $j=1$ 인 상황에서 $i=1, 2$ 이고 $l=1, 2$ 이라면,

$$s_{111} X_{111} + s_{112} X_{112} + s_{211} X_{211} + s_{212} X_{212} \leq Z_1 W_1$$

으로 표현되는데, 이것이 구체적인 형태의 SubModule을 대표하게 된다. 제약식 뿐만 아니라, 목적함수도 표현가능한데, 목적함수에는 우변상수값만 없기 때문에, 프로그램 작업에서 우변상수에 대한 초기화와 할당 작업을 수행하지 않는다. 다만, 목적함수의 값은 요구할 경우, 우변상수 자리에 목적함수의 값을 할당하는 작업을 수행한다.

3.1.5 Port

모형에 해당하는 실제 데이터를 저장하는 컴포넌트이다. 예를 들어 위의 SubModule 중에 s_{111} 은 inport, 즉 solver가 Model을 풀기 위한 값을 저장하는 것이고, X_{111} 은 outport, 즉 그 결과 값을 저장하는 변수이다.

3.2 수리 모형과의 연계

모형 관리 시스템의 모형 객체와 모형 베이스 관리자 사

용자가 입력하는 수리 모형의 모형 베이스 간의 관계는 다음과 같다.

3.2.1 목적함수

목적함수는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 최대화(Maximization)와 최소화(Minimization)가 그것으로 두 경우는 상호 변환 가능한 특징을 가지고 있다. 목적함수는 최대화/최소화 조건을 제외하면 제약식과 같은 구조를 가지고 있다.

3.2.2 제약식

제약식은 유연한 모델링 지원의 핵심이다. 기본적으로 본 연구에서는 고려 가능한 최대한의 제약식을 제공한다. 모형에 반영된 최대의 제약식에서 사용자는 좀 더 완화된 제약식 구조를 설계할 수 있다. 사용자는 주어진 조건에서 손쉽게 모형을 변형함으로써 다양한 조건상에서의 결과를 유도할 수 있는 것이다.

제약식은 계수와 변수가 곱해진 단위들이 선형적으로 더해진 일차 결합의 형태로 이루어져 있다. 수학 모형의 표현에서 모형은 여러 개의 제약식을 가지고 있다. 각 제약식은 사용자 정의와 실제 모형의 객체 생성 사이에 정확히 연결되어야 하고, 각 제약식은 이름을 가지고 있어야 한다. 예를 들어 수학 모형에서 (1)번 제약식이 정해지면, "1번 제약식"이라는 약속이 사전에 정의되어야 한다.

위에 제시된 수식에서 알 수 있듯이, 제약식 중에는 각 인덱스에 맞추어 \sum 연산을 수행해야 한다. 모형 베이스에는 각 제약식의 정보로 \sum 연산 정보와 해당하는 인덱스, 변수의 이름, 계수에 해당하는 데이터베이스 테이블의 접근 정보 등을 담고 있다.

3.2.3 Set

각 변수의 인덱스에 해당하는 일련의 정보를 저장하는 단위

이다. 위의 수식에서 i, j, k 등의 값들로 예를 들어, 수송 문제의 경우, 각 인덱스들은 공장, 제품, 창고, 분배 센터가 될 수 있으며, 각 인덱스 간에는 선후행 관계를 표현하기도 한다. 따라서, 이 정보는 모형을 구성하는 데 가장 중요한 정보라고 할 수 있다. 왜냐하면, 인덱스의 구조와 각 인덱스의 범위에 따라, 수리 계획의 복잡도와 크기가 영향을 받기 때문이다.

이 정보는 모형 설계자가 모형 데이터베이스의 설계와 모형 관리 시스템의 실제 구현에서 동시에 고려되어야 하는 사항이다. 모형 데이터베이스에 수리 모형을 저장할 때, 필수적으로 각 인덱스가 의미하는 바를 명시적으로 정의하여야 한다.

3.3 모형 베이스 DB의 구성

<그림 2>는 모형 데이터베이스의 저장 스키마이다. Model 테이블을 중심으로, Constraint, Parameter, Variable, Sets의 테이블이 참조관계를 가지고 있는 형태이다.

Model 테이블 내에는 원문제뿐만 아니라, 하부 문제도 포함한다. Constraint 테이블은 사전에 정의된 제약식이 선형식 형태로 저장되어 있고, 우변상수 정보, \sum 의 처리 방법이 저장되어 있다. Sets 테이블은 인덱스가 의미하는 바와 모형에서의 연관 관계 등이 저장되고, Parameter 테이블은 계수의 이름과 인덱스의 배열 순서가 저장되어 있다. Variable 테이블에는 Parameter 테이블과 동일한 구조를 가지고 있다. 각 테이블에 저장되는 필드의 특성은 다음과 같다.

3.3.1 Model 테이블

- Mod_ID : 수리 모형 구분자
- Desc_1 : 사용자에게 의한 모형에 대한 기술내용
- ModelName : 사용자와 시스템 간의 interface를 위한 협의된 Model의 이름
- SubModelName : 원문제에 부속되어 있는 하부 문제의 interface를 위한 이름

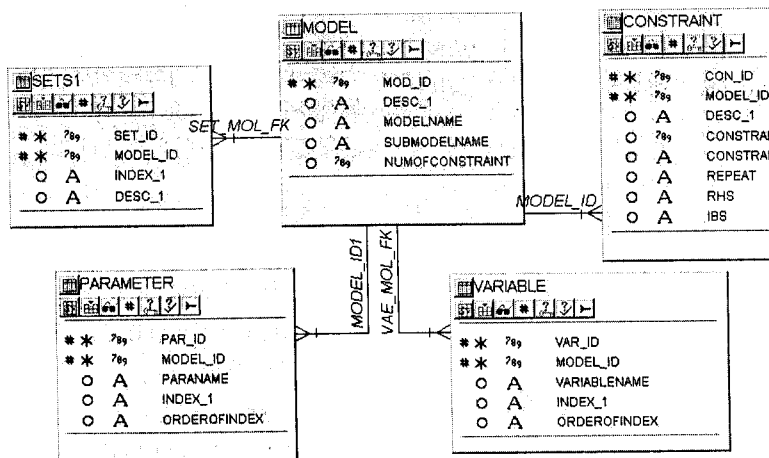


그림 2. 모형 저장을 위한 데이터베이스 스키마.

- NumOfConstraint : 수리 모형에 포함되어 있는 목적식을 포함한 제약식의 개수

3.3.2 Constraint

- Con_ID : 제약식의 구분자
- Model_ID : Model 테이블로부터의 foreign key
- Desc_1 : 사용자에 의한 제약식에 대한 기술내용
- ConstraintNo : 제약식의 순서
- Constraint : 제약식의 표현
- Repeat :
- RHS : 우변상수
- IBS : 제약식과 우변상수 간의 상관관계

3.3.3 Sets

- Set_ID : 인덱스의 구분자
- Model_ID : Model 테이블로부터의 foreign key
- Index_1 : 인덱스 상세 표현
- Desc_1 : 인덱스의 기술 내용

3.3.4 Variable

- Var_ID : 변수의 구분자
- Model_ID : Model 테이블로부터의 foreign key
- VariableName : 모형 관리자와 사용자 간의 합의된 변수의 이름
- Index_1 : 변수 이름에 상응하는 인덱스
- OrderOfIndex : 인덱스의 순서

3.3.5 Parameter

- Par_ID : 계수의 구분자
- Model_ID : Model 테이블로부터의 foreign key
- ParaName : 모형 관리자와 사용자 간의 합의된 계수의 이름
- Index_1 : 계수에 상응하는 인덱스
- OrderOfIndex : 인덱스의 순서

4. 모형 관리 시스템 구현 및 응용

모형 관리 시스템은 의사 결정을 하고자 하는 사용자의 요구에 적절히 대응할 수 있는 시스템이다. 특히, 수리 모형이 구축되어 있고, 그 내용이 모형 데이터베이스 내에 저장되어 있어야 한다. 모형 관리 시스템은 다음과 같은 절차로 구동한다.

우선, 사용자가 계획에 필요한 수리 모형을 완성하여야 한다. 수리 모형이 완성되어 있지 않을 경우, 모형 데이터베이스 관리자 또는 수리 모형 전문가와 협의를 하여 실제 문제에 대한 토의를 거쳐 적절한 수리 모형을 완성한다. 완성된 모형은 모형 관리 시스템에서 사용하는 모형 데이터베이스의 자료 형태로 변환하는 과정을 거치게 된다.

이 과정이 끝나면, 모형 관리 시스템이 사용하게 될 정보가 구축된 것이다.

이렇게 구축된 모형 데이터베이스를 바탕으로 실제 수리 모형을 이용한 계획 수립시 수리 엔진이 필요로 하는 수리 모형 객체를 생성하여야 한다. 수리 모형 객체는 수리 엔진의 입력 방식에 따라 변형된 형태를 띠게 된다. 따라서, 모형 관리 시스템이 대응해야 하는 수리 엔진에 따라 특정한 인터페이스가 요구된다. 다음은 각 엔진에 대응하는 모형 객체 생성 절차 중 모형 관리 시스템 내부에서 작동하는 일반적인 모형 객체 생성 절차이다.

실제 작동은, 다음과 같은 과정을 거치게 된다.

첫째, 사용자가 UI(User Interface)를 비롯한 일련의 터미널을 이용하여, 자신이 풀고자 하는 문제의 범위를 정하게 된다. 모형 요청시에 모형의 범위를 명시해야 하는데, 이는 모형 베이스 DB의 sets 테이블에 해당하는 정보의 구체적인 표현을 말한다. 이 과정은 모형 객체 생성에서 가장 중요한 작업으로서, 이 과정의 결과가 모형 객체의 크기를 결정짓는다.

둘째, 사용자의 계획에 대한 요구 사항이 모형 관리 시스템에 입력되면, 모형 데이터베이스와 사용자 사이에 요구되는 모형에 대한 정보가 사전에 정의된 이름을 통해 파악된다.

셋째, 모형 데이터베이스와 모형 관리 시스템이 연동하여 사용자가 요구하는 수리 모형의 구체적인 내용의 객체를 생성하게 된다.

<그림 3>은 모형 관리 시스템이 사용자로부터 모형을 요청 받고, 계획을 위한 수리 엔진에 적합한 모형 객체를 생성하는 흐름을 보여준다. 모형 관리 시스템은 앞서 설명한 모형 데이터베이스와 연동하여 모형 객체를 생성하게 된다. 그 생성 절차를 구체적으로 설명하면, 다음과 같다.

사용자 또는 수리 계획 시스템을 통해서 모형 관리 시스템으로 모형 객체 생성 요청이 들어온다.

그러면, 모형 관리 시스템은 모형 데이터베이스와 연동하여, 요구된 모형의 개괄적인 특성을 파악하고, 모형의 객체를 생성한다.

모형 데이터베이스에 저장된 내용의 의거하여, 그 모형에 하부 모형이 있는지 파악한다. 하부 모형이 있을 경우, 별도의 모형 객체를 생성하여, 모형 객체에 포함시킨다.

이 과정이 끝나면, 객체 생성의 틀이 마련된 것이다.

다음으로, 각 모형 객체의 세부 사항을 점검해야 한다. 모형 객체에 포함되어야 하는 목적식과 제약식의 개수와 내용을 점검하고, 이에 맞는 객체를 생성하여 상위 모형 객체에 포함시킨다. 생성된 각 식의 객체에 필요한 선형식의 특성을 점검하고, 수량만큼 생성한다. 생성된 하부 모듈에서는 구체적인 값을 가지는 포트가 생성된다. 포트의 객체가 완성되면, 데이터베이스와 연동하여, 값을 할당받는다.

이 과정이 모두 끝나면, 사용자 또는 수리 계획 시스템으로 모형 객체를 반환하게 된다.

앞서 제시된 모형 객체 생성에서 가장 중요한 특징은 사용

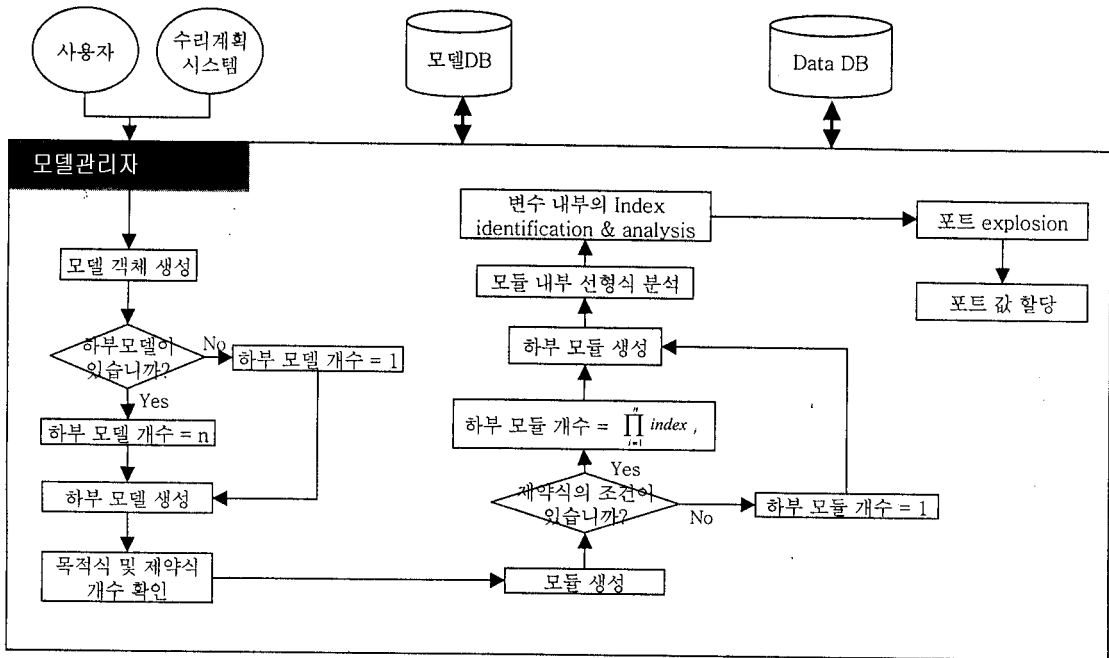


그림 3. 모형 객체 생성 흐름도.

자 또는 수리 계획 시스템으로 넘겨받은 모형 범위의 정의 내용이 가장 중요하다. 수리 모형에는 인덱스 정보가 포함되어 있고, 이 인덱스의 범위가 결정되면, 이와 관련된 정보, 예를 들면 계수와 변수의 이름과 이와 관련하여 데이터베이스로부터 받아야 하는 정보의 위치가 결정되기 때문이다. 또한, 인덱스의 구조에 따라 수리 모형 객체의 크기가 결정되기 때문에 시스템의 성능에도 영향을 미칠 수 있다.

본 논문에서 제시된 모형 관리 시스템은 <그림 4>에 나타난 것처럼 공급망 계획을 위한 시스템의 하위 시스템으로 사용되고 있다. 공급망 계획 시스템은 지역적으로 분산되어 있는 환경하에서 공급망 내의 생산 및 분배 계획을 수립하고자 하는데 목적이 있다.

현재의 모형 관리 시스템은 크게 2가지의 수리 계획의 수립을 목적으로 한다. 첫째는 Network Design 모형으로서 공급망

전체 관점에서 각 설비의 사용 여부 또는 건설 여부와 설비 간 용량을 고려한 경로의 설계를 위한 수리 계획 모형이다. 두 번째는 Production & Distribution Planning(PPDP)으로 앞서 설명된 Network Design 모형이 낸 결과를 바탕으로 이 공급망상에서 고객의 요구를 만족시킬 수 있는 생산과 분배에 대한 계획을 시간적 제약을 고려하여 수립하는 수리 모형이다.

Network Design 모형은 Linear Programming(LP)과 Lagrangian Relaxation을 이용하여, 계획을 수립하고, PPDP 모형은 유전자 알고리즘을 이용하여 계획을 수립한다.

시스템에는 모형 데이터베이스에 해당하는 모형에 대한 추상적인 정보를 저장하는 관계형 데이터베이스 테이블이 존재하고, 이 추상 모형을 해석하여 구체적인 모형 객체를 생성하는 프로그램 구조로 구성되어 있다. 본 모형 관리 시스템은 Byun et al.(2000)과 Sim et al.(2000)의 문제 모형 생성을 위한 시스

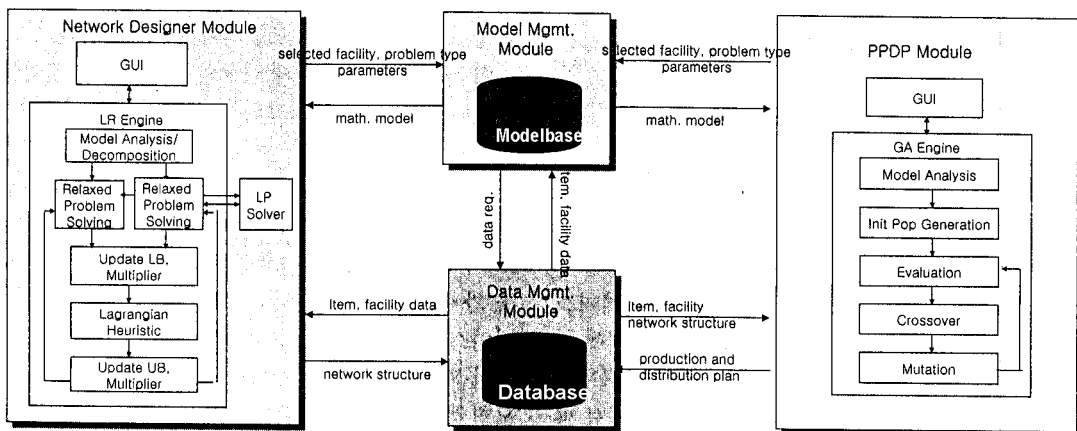


그림 4. 공급망 계획 시스템.

템으로 활용되었다.

5. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 공급망 계획 시스템에서 요구되는 의사 결정을 내리기 위한 다양한 형태의 수리 계획 시스템에 대응할 수 있는 모형 관리 시스템의 구조를 제시하고, 그 프로토타입 시스템의 구현 절차와 실행 방안을 논하였다.

본 논문에서 제시된 모형 관리 시스템의 구조는 현재까지 의사 결정자에게 중요한 정보를 제공하고자 많은 노력이 있어 왔지만, 계획 수립의 정확도에 그 노력이 집중된 나머지, 계획 수립의 과정에서 필요한 절차의 간소화에 간과했던 점을 지적하고, 적절한 방안을 모색코자 하였다.

앞으로 연구되어야 할 분야로는, 각 수리 계획 시스템과의 인터페이스의 다양성에 대한 대응 방안의 개발과 기존에 다루어지지 않은 모형을 기존의 지식과 연계하여 적합한 수리 계획 시스템을 선택하고, 구동시키기 위한 추론 엔진의 개발이다.

모형 데이터베이스에 저장되는 모형의 저장 구조를 객체 지향 접근법을 사용하여, 실제 환경을 수리 계획 모형으로 전환할 수 있는 방법론도 개발되어야 할 것이다.

참고문헌

- Antes, J., Campen, L., Derigs, U., Titze, C. and Wolle, G. D. (1998), SYNOPSIS : a model-based decision support system for the evaluation of flight schedules for cargo airlines, *Decision Support Systems*, 22, 307-323.
- Blanning, R. W. (1993), Model management systems : An overview, *Decision Support Systems*, 9, 9-18.
- Byun, M-H., Yang, Y-C., Lee, H-G. and Park, J-W. (2000), A Study of the Integrated Production & Distribution Planning in Supply Chain, *Proc. of SCM KOREA 2000*.
- Chari, K. and Sen, T. K. (1998), An implementation of a graph-based modeling system for structured modeling (GBMS/SM), *Decision Support Systems*, 22, 103-120.
- Cohen, M. A. and Lee, H. L. (1988), Strategic Analysis of Integrated Production - Distribution Systems: Models and Methods, *Operations Research*, 36(2), 216-228.
- Desrochers, M., Jones, C. V., Lenstra, J. K., Savelsbergh, M. W. P. and Stougie, L. (1999), Towards a model and algorithm management system for vehicle routing and scheduling problems, *Decision Support Systems*, 25, 109-133.
- Dolk, D. R. (1986), Data as Models: An Approach to Implementing Model Management, *Decision Support Systems*, 2, 73-80.
- Dolk, D. R. (2000), Integrated model management in the data warehouse era, *European Journal of Operational Research*, 122, 199-218.
- Dolk, D. R. and Kottemann, J. E. (1993), Model integration and a theory of models, *Decision Support Systems*, 9, 51-63.
- Dong, Y. and Goh, A. (1998), An intelligent database for engineering applications, *Artificial Intelligence in Engineering*, 12, 1-14.
- Fumero, F. and Vercellis, C. (1999), Synchronized Development of Production, Inventory, and Distribution Schedules, *Transportation Science*, 33(3), 330-340.
- Gagliardi, M. and Spera, C. (1997), BLOOMS: A Prototype Modeling Language with Object Oriented Features, *Decision Support Systems*, 19, 1-21.
- Greenberg, H. J. and Murphy, F. H. (1995), Views of mathematical programming models and their instances, *Decision Support Systems*, 13, 3-34.
- Heavey, C. and Browne, J. (1996), A Model Management Systems Approach to Manufacturing Systems Design, *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 8, 103-130.
- Huh, S. Y. and Chung, Q. B. (1995), A model management framework for heterogeneous algebraic models: Object-oriented database management systems approach, *International Journal of Management Science*, 23, 235-256.
- Huh, S. Y., Kim, H. M. and Chung, Q. B. (1999), Framework for change notification and view synchronization in distributed model management systems, *International Journal of Management Science*, 27, 431-443.
- Jones, C. V. (1995), Development in Graph-Based Modeling for Decision Support, *Decision Support Systems*, 12, 61-74.
- Lee, H. L. and Billington, C. (1993), Material Management in Decentralized Supply Chains, *Operations Research*, 41(5), 835-847.
- Lee, J. K. and Kim, M. Y. (1995), Knowledge-assisted optimization model formulation: UNIK-OPT, *Decision Support Systems*, 13, 111-132.
- Lenard, M. L. (1993), An object-oriented approach to model management, *Decision Support Systems*, 9, 67-73.
- Ma, J. (1997), Type and inheritance theory for model management, *Decision Support Systems*, 19, 53-60.
- Mayer, M. K. (1998), Future trends in model management systems : parallel and distributed extensions, *Decision Support Systems*, 22, 325-335.
- Muhanna, W. A. and Pick, R. A. (1994), Meta-modeling concepts and tools for model management : A systems approach, *Management Science*, 40, 01093-1123.
- Ozdamar, L. and Yazgac, T. (1999), A hierarchical planning approach for a production-distribution system, *International Journal of Production Research*, 37(6), 3759-3772.
- Ramirez, R. G., Ching, C. and St. Louis, R. D. (1993), Independence and Mappings in Model-Based Decision Support Systems, *Decision Support Systems*, 10, 341-358.
- Sarmiento, A. M. and Nagi, R. (1999), A review of integrated analysis of production-distribution systems, *IIE Transactions*, 31, 1061-1074.
- Sim, E-S., Jang, Y-J. and Park, J-W. (2000), A Study on the Supply Chain Network Design Considering multi-level, multi-product, capacitated facility, *Proc. of SCM KOREA 2000*.
- Suh, C. K., Suh, E. H. and Lee, D. M. (1995), Artificial intelligence approaches in model management systems : A survey, *Computers & Industrial Engineering*, 28, 291-299.
- Tsai, Y. C. (1998), Model integration using SML, *Decision Support Systems*, 22, 355-377.
- Vercellis, C. (1999), Multi-plant production planning in capacitated self-configuring two-stage serial systems, *European Journal of Operational Research*, 119, 451-460.
- Zhughe, H. (1998), Inheritance rules for flexible model retrieval, *Decision Support Systems*, 379-390.



양영철

서울대학교 산업공학과 학사
현재: 서울대학교 산업공학과 석사과정
관심분야: 데이터베이스, SCM



박찬권

서울대학교 산업공학과 학사
서울대학교 산업공학과 석사
서울대학교 산업공학과 박사
서울대학교 자동화시스템 공동연구소 연구원
현재: 영산대학교 정보경영학부 조교수
관심분야: ERP/EC, 생산정보시스템



장양자

서울대학교 지구과학교육과 학사
서울산업대학교 정보산업학과 석사
현재: 서울대학교 산업공학과 박사과정
관심분야: 생산계획 및 일정계획, SCM



박진우

서울대학교 산업공학과 학사
KAIST 산업공학과 석사
한국 중공업 군포공장 생산통제과장
미국 U.C. Berkeley 산업공학 박사
현재: 서울대학교 산업공학과 교수
관심분야: 제조시스템공학, MRP/ERP/SCM, FMS/
CIM, 시뮬레이션/일정계획