

## Supply Chain 최적화 문제의 Model Management System의 설계 및 구현 - 생산 및 분배계획을 중심으로

### Design and Implementation of Model Management System for Supply Chain Management Planning - Focusing on Production and Distribution Planning

이형곤, 양영철, 박진우

서울특별시 관악구 신림9동 산 56-1번지 서울대학교 산업공학과

이형곤

서울특별시 관악구 신림9동 산 56-1번지 서울대학교 산업공학과

#### 초록

치열한 경쟁 환경이 도래하면서, 수리 계획에 기반한 Supply Chain Planning(SCP)의 중요성을 인지하고 시스템 구축을 시도하였다. 하지만, SCP 문제 특성 상, 계획 수립뿐만 아니라, 변경 사항에 대한 대응에 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 수리 계획 시스템 구축의 어려움을 해결하기 위해 모델 관리 시스템 개념을 도입한 프로토타입 시스템을 설계 및 구현하여 기존의 시스템에 유연성을 부여하고자 한다. 본 연구의 시스템은, 수리 모델 객체를 생성하는 모델 관리 시스템, 데이터 원천, 최적화 엔진으로 구성된다. 수리 모델 객체의 저장 방안으로 객체 지향 개념을 적용하여 모델 베이스 스키마를 설계하였다.

#### 1. 서론

지리적으로 분산되어 있는 전체 공급망 상에서의 총괄적인 계획수립에 관한 Supply Chain Planning(SCP) 문제는 종종 매우 복잡한 최적화 문제에 의해 생성된 해법에 의존하게 된다. 그러나, 비록 계획을 수립하고자 하는 의사결정자가 이러한 문제 환경에 대한 폭넓은 이해를 갖고 있다 하더라도, 이를 반영한 모델에 대한 전문가가 아니라는 측면에서 본다면, 모델의 복잡성과 내부의 상세한 사항에 대한 이해 부족에 의해 어려움을 겪게 된다. 이때, 모델이 지니는 데이터의 가상적인 관계, 목적식, 제약식, 입출력 파라미터 등으로 이루어진 모델객체들을 관리해주는 모델 관리 시스템을 필요로 하게 되며, 이로써 의사결정자는 계획 생성 시 필요로 하는 모델수립 등에 유연하게 대처할 수 있게 된다.

모델 관리 시스템의 구조에 관한 기존연구들에서 수리 계획과 관련하여 의사결정자에게 정보를 제공하고자 많은 노력이 있어왔지만, 계획 수립의 정확도에 그 노력이 집중됨으로써, 계획 수립의 과정에서 필요한 절차에

대한 간소화가 간과되어 왔다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 지적하고, 적절한 방안을 모색코자 수리 계획 시스템을 구축하기 위한 제반 절차를 서술하고, 각 절차에 필요한 시스템 요구 사항에 대하여 설명하고자 한다. 이를 묘사하기 위한 전체 SCP시스템의 구조와 모델 베이스의 스키마 등이 제시될 것이다. 또한, 응용 도메인의 관점에서 본 연구는 기존연구에서 다루어지지 않았던 Supply Chain내의 거점간에 발생하는 인도기간과 제품의 계층 구조등이 BOM(자제명세서)의 적용을 통하여 반영될 것이다.

#### 2. 관련 연구

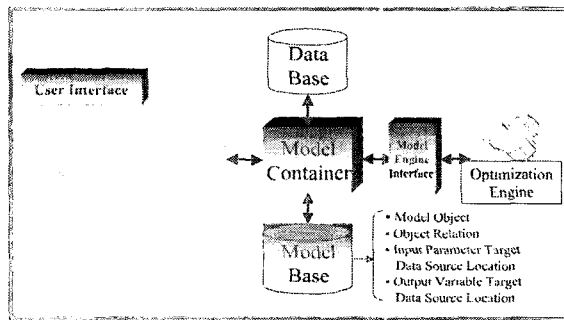
모델 관리 시스템과 관련하여 진행되었던 연구들은 모델의 표현과 저장 구조에 관한 연구와 모델을 포함한 수리 계획 시스템의 구조와 구현에 관한 연구를 중심으로 이루어져왔다. [GEOF 87]의 연구에서는 SML(Structured Modeling Language)이라는 모델 구조화 방법으로 단순히 수리 모델에 국한되지 않고, 의사결정 시스템의 지식에 대한 구조화에도 사용 가능한 모형을 제시하였다. [HUH 95]의 연구에서는 모델 관리 시스템을 모델 설계자와 의사결정자, 데이터베이스를 외부 환경으로 설정하고, 시스템 내부를 module과 port로 구조화하였다. 또, [HUH 99]에서 이전의 시스템을 분산 환경으로 확장한 구조를 제시하였다. [MAYE 98]의 연구에서는 모델 정보의 저장과 관련된 모델 베이스 기법에 객체 지향 개념을 적용하였을 경우, 클래스간의 관계 설정에 대한 이론을 제시하였다. [LEE 95]는 수리 모델을 네 가지 사용자 View로 구성하여, 하나의 모델에 다양한 측면을 고려하면서도, 일관성을 유지할 수 있는 구조를 제시하였다. 이를 바탕으로 UNIK-OPT라는 수리 모델 지원 시스템을 구현하였다. [SARM 00]의 연구에서는 모델 표현 기법인 Structured Modeling과 객체 관계형 데이터베이스 시스템간의 연동 가능성을 제시하고, 클래스간의 상

속 기능을 이용하여 사전 정의된 모델로부터 새로운 모델을 작성하는 예를 보여주었다.

모델 관리 시스템의 실제 응용 사례로, [RIZZ 98]의 연구에서는 수자원 시스템을 구성하는 객체 간의 연관 관계를 정의하고, 모델 통합 기법을 이용하여 새로운 모델을 작성할 수 있는 시스템을 구성하였다. [PAPA 97]는 생산라인에서 발생하는 문제에 대한 모델 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. [DESR 99]는 생산 계획의 대상이 되는 Vehicle Routing과 Scheduling 문제의 수리 모델과 관련하여 설계와 구현에 기여를 한 연구이다. 본 연구와 가장 근접한 연구로서, [LARI 93]를 들 수 있다. 가상적인 화학 제품 공정 데이터를 바탕으로 선형계획을 수행하기 위한 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 계획하고자 하는 전체 문제보다는 부분 문제의 해를 도출하는 특징을 가지고 있다.

### 3. 모델 관리 시스템 설계

#### 3.1. 전체 시스템 개요



[그림 1] 모델 관리 시스템의 전체 구성도

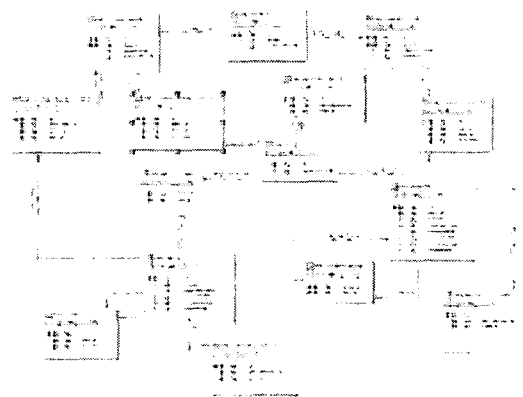
본 연구에서 구축한 프로토타입 모델 관리 시스템은 다음과 모듈로 구성되어 있다. 첫째, 모델 베이스로 모델 객체에 대한 정의를 저장하는 역할을 수행한다. 모델 객체 뿐만 아니라, 모델 객체간의 관계도 함께 저장함으로써, 미리 선언된 수리 모델과의 일관성을 유지하였다. 둘째, 모델 컨테이너이다. 이 모듈은 모델 베이스에 기초한 모델 객체 생성의 역할을 수행하고, 입력 파라미터 및 인덱스의 인스턴스를 생성하기 위해 데이터베이스를 비롯한 다양한 데이터 소스로부터 데이터를 가져오는 역할을 수행한다. 모델 객체를 생성한 후 모델의 특성 파악을 파악하여 적절한 최적화 엔진을 호출할 수 있는 기반을 마련한다. 셋째, 사용자 인터페이스이다. 의사 결정자가 자신이 원하는 수리 모델을 호출하고, 모델 컨테이너에서 생성한 모델에 대한 정보를 확인하고 구성하여 최적화 엔진을 구동할 수 있는 기능을 부여한다. 또한 최적화 엔진의 구동 후 모델의 결과

를 확인할 수 있다. 넷째, 수리 엔진 인터페이스이다. 이 모듈은 모델 컨테이너에서 생성한 수리 모델의 인스턴스를 수리 엔진에 적합하도록 변환하는 작업을 수행한다. 수리 엔진에 따라 다른 인터페이스를 구축해야 한다.

#### 3.2. 적용 수리 모델

본 연구에서 고려한 수리 모델은 하위 공장(sub-plant)과 최종 조립 공장(plant), 그리고 창고(warehouse)로 이루어지는 모형이다. 이 모델의 특징은 생산을 하는 공장과 저장과 분배만을 목적으로 하는 창고가 동시에 고려된다는 점이다. 여기에서 제시되는 형태의 모델은 분산된 생산 분배 계획의 가장 전형적인 모형이라고 할 수 있다. 공장간에도 물품의 이동이 필요하므로 공장간의 공급 사슬 관계만을 대상으로 하는 모델도 생산과 분배를 동시에 고려하는 모형이지만, 일반적인 이전의 연구에서는 통합된 생산 분배 계획이라고 하면, 공장과 창고간에 존재하는 물품의 이동에 관련된 계획을 의미했다. 이 모델에서는 공장에서 제품을 생산하는데 요구되는 생산 인도기간이 필요하다는 것을 감안하여 수송 시점에 인도기간이 고려된다. 이 모델에서 결정되어야 하는 사항은 공장에서의 각 기간별 생산량, 각 거점(하위공장과 공장, 공장과 창고)간의 수송량과 그 시간, 목적지, 그리고 각 기간별 재고량이다. 본 연구에서 적용된 수리 모델은 [부록]을 참조하기 바란다.

#### 3.4. 수리 모델의 저장 구조



[그림 2] 모델 베이스 스키마

[그림 2]의 모델베이스 스키마는 크게 2가지로 구분할 수 있다. 수리 객체의 Master Data에 해당하는 테이블과 Master Data 간의 참조관계를 설명하기 위한 Relation Data 테이블이 있다. 정리하면 아래의 [표 1]와 같다.

분류	Master data table	Relation data table
해당 테이블	- Model	- Objective_BIP
	- Objective	- Constraint_BIP
	- Constraint	- Constraint_Index
	- BIP	- BIP_Sum
	- Term	- Term_Index
	- Index	- Model_BIP
		- Model_Index

[표 1] 모델 베이스 내부 구성 테이블

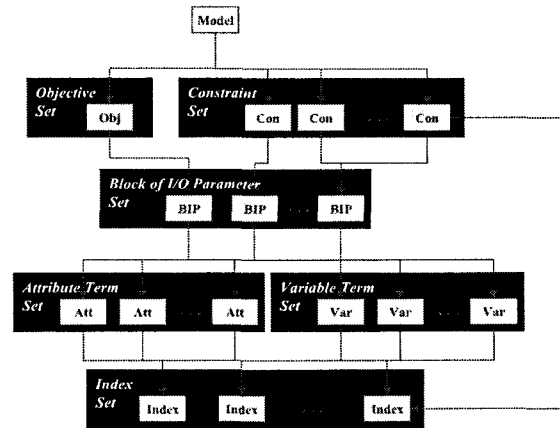
Model 테이블 내에는 원 문제뿐만 아니라, 하부 문제도 포함한다. Objective 테이블과 Constraint 테이블은 사전에 정의된 목적식과 제약식이 선형식의 형태로 저장되어 있는데, 실제 선형식이 존재하는 것이 아니라, Block of I/O Parameter(BIP)와의 참조 관계를 통해 선형이 표현된다. 또한, 우변상수 정보, Aggregation의 처리 방법이 저장되어 있다. BIP는 의사결정의 수리 모델의 기본 단위로 간주된다. BIP의 의미는 다음의 수리식으로 설명될 수 있다.

$$\sum_{j=0}^1 a_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{j=0}^1 a_{ij} X_{ij} \quad (2)$$

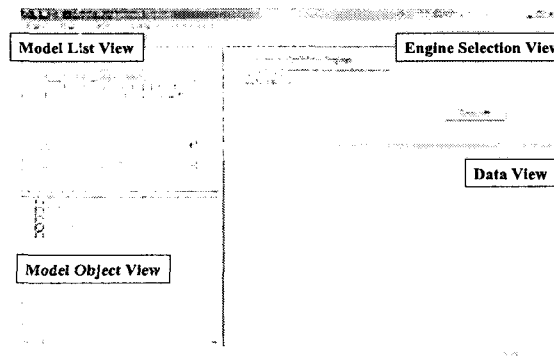
(1)번 수리식의 의미와 (2)번 수리식의 의미는 Aggregation의 기준이 i와 j로 다른 의미를 부여하기 때문에 의사결정자의 입장에서는 다른 의미를 지닌다고 할 수 있다. BIP는 이와 같은 의미를 포괄하는 모델 객체이다. BIP는 입력변수와 출력변수를 표현하는 Term 테이블과 Index 테이블이 유기적으로 맞물려있는데, 이는 앞서 설명한 인덱스에 의

스에 저장된 모델 스키마를 바탕으로 생성되는 모델 객체의 인스턴스 간의 관계를 나타낸다.



[그림 3] 수리 모델 인스턴스의 구성도

위의 각 객체는 다수의 하위 객체를 포함하는 구조를 가지고 있다. 전체 모델 객체를 아우르는 최상위 객체로 Model이 있다. Model 객체는 목적식에 해당하는 Obj 객체와 제약식에 해당하는 Con 객체를 포함한다. Obj와 Con 객체는 의사결정의 기본 단위로 설정된 BIP 객체를 포함한다. BIP 객체는 Att와 Var의 곱으로 표현되는 단위로 Att 객체 하나, Var 객체 하나를 포함할 수 있다. 모델에서 고려되는 의사결정의 기본 단위는 BIP로 표현된다. Att는 문제의 데이터를 가지고 있는 객체로 문제를 풀기 위한 실제 입력 데이터를 저장하는 객체이다. Var는 결정변수를 대표하는 객체로서 문제의 해가 저장되는 객체이다. Att와 Var는 각각 해당하는 Index와 연결되어 있다. Index는 문제의 범위를 표현하는 객체로서 사용자로부터 입력받은 해당 문제에 참여하는 Entity를 표현한다. Con 객체를 Index 객체와 서로 연결되어 있는데, 이는 수리식에서



[그림 4] 사용자 인터페이스

한 합산 관계를 정확히 표현하기 위함이다.

### 3.5. 모델 객체의 구성

[그림 3]은 본 연구에서 구현된 모델 베이

Quantifier의 의미를 표현하기 위함이다. 위의 객체들은 각각이 Set으로 묶여서 관리하게 된다. Set의 기능은 예를 들어, 의사결정자에 의해 비용항목 중 특정 비용 요소를 제거하거나 추가할 때, 세부적인 비용요소의 대표로서 Set을 사용하게 된다.

### 3.6. 모델 관리 시스템

#### 3.6.1. 사용자 인터페이스

모델 관리 시스템이 사용자와 대응하는 사용자 인터페이스는 [그림 4]와 같다.

첫째, 수리 모델의 목록을 볼 수 있는 뷰로서, 사용자의 모델 베이스의 스키마에 등록되어 있는 모델을 확인할 수 있는 뷰이다. 둘째, 모델 객체 뷰로서, 선택된 모델의 구체적인 정보가 표현되는 뷰이다. 이 뷰로부터 사용자는 모델의 실행에 필요한 모델 객체를 구성할 수 있다. 셋째, 수리 엔진 선택 뷰이다. 모델 컨테이너에서 구성된 모델 객체의 특성에 적절한 최적화 엔진이 나타내지는 뷰이다. 이 뷰에서 선택된 수리 엔진에 그에 맞는 값들을 모델 컨테이너 내부에서 해당 입력 포맷으로 변환하여 모델-엔진 인터페이스를 통해 호출한다. 넷째로, 선택된 모델 객체 뷰 중 데이터와 관련되어 있는 입력변수의 데이터와 인덱스의 모델 객체의 구성을 확인할 수 있는 뷰이다. 최상단의 회색 부분은 해당 입력변수와 관련이 있는 인덱스와 입력변수의 값을 의미하고, 아래의 값들은 실제 데이터를 표현한다.

#### 3.5.2. 모델 생성

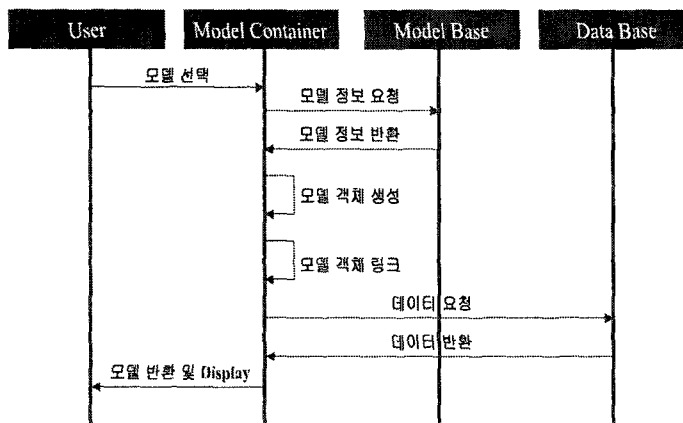
최적화 엔진을 위한 모델을 생성하기 위해서는, 우선, 사용자가 계획에 필요한 수리 모델을 완성하여야 한다. 수리 모델이 완성되어 있지 않을 경우, 모델 베이스 관리자 또는 수리모델 전문가와 협의하여 실제 문제에 대한 토의를 거쳐 적절한 수리 모델을 완성한다. 완성된 모델은 모델 관리 시스템에서 사용하는 모델 베이스의 자료 형태로 변환하는 과정을 거치게 된다.

이렇게 구축된 모델 베이스 내의 정보를 바탕으로 실제 수리 모델을 이용한 계획 수립 시 최적화 엔진이 필요로 하는 수리 모델 객체를 생성하여야 한다. 수리 모델 객체는 수리 엔진의 입력 방식에 따라 변형된 형태를 띠게 된다. 따라서, 모델 관리 시스템이 대응해야 하는 수리 엔진에 따라 특정한 인터페이스가 요구된다.

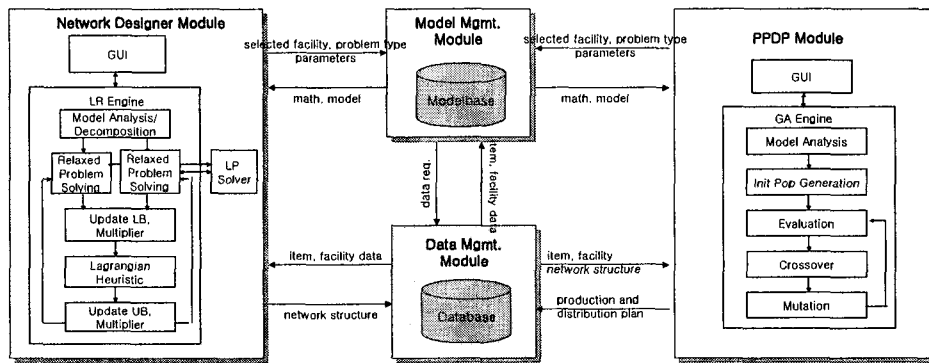
다음은 각 엔진에 대응하기 위해 모델 컨테이너에서 모델 객체를 생성하는 절차이다. 첫째, 사용자가 사용자 인터페이스를 이용하여, 자신이 풀고자 하는 문제와 그 문제의 범위를 정하게 된다. 이 과정은 모델 객체 생성에서 가장 중요한 작업으로서, 이 과정의 결과가 모델 객체의 크기를 결정짓는 것으로서 효율적인 수행에도 영향을 미친다. 둘째, 사용자의 계획에 대한 요구 사항이 모델 관리 시스템에 입력되면, 모델 컨테이너가 모델 베이스와 연동하여 수리 모델에 대한 정보를 추출한다. 셋째, 모델 컨테이너에 저장된 수리 모델에 대한 정보와 사용자로부터 받은 요구사항을 바탕으로 데이터 소스로부터 구체적인 데이터를 입력받는다. Term 테이블의 스키마 중 데이터 관련 필드(field)의 값에 의해 데이터가 위치한 장소를 알 수 있다. 기본적인 SQL 구문을 사용하여 데이터베이스로부터 데이터를 추출할 수 있다.

[그림 5]는 모델 관리 시스템이 사용자로부터 모델을 요청 받고, 계획을 위한 수리 엔진에 적합한 모델 객체를 생성하는 흐름을 보여준다.

모델 관리 시스템은 앞서 설명한 모델 베이스와 연동하여 모델 객체를 생성하게 된다. 그 생성 절차를 구체적으로 설명하면, 다음과 같다.



[그림 5] 모델 객체 생성 절차



[그림 6] Supply Chain 모델 관리 시스템의 응용 사례

사용자 또는 수리 계획 시스템을 통해서 모델 관리 시스템으로 모델 객체 생성 요청이 들어온다. 그러면, 모델 관리 시스템은 모델 베이스와 연동하여, 요구된 모델의 개괄적인 특성을 파악하고, 모델의 객체를 생성한다. 모델 베이스에 저장된 내용의 의거하여, 그 모델에 하부 모델이 있는지 파악한다. 하부 모델이 있을 경우, 별도의 모델 객체를 생성하여, 모델 객체에 포함시킨다. 이 과정이 끝나면, 객체 생성의 틀이 마련된 것이다.

다음으로, 각 모델 객체의 세부 사항을 점검해야 한다. 모델 객체에 포함되어야 하는 목적식과 제약식의 개수와 내용을 점검하고, 이에 맞는 객체를 생성하여 상위 모델 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 모델 객체를 반환하게 된다.

앞서 제시된 모델 객체 생성에서 가장 중요한 특징은 사용자 또는 수리 계획 시스템으로 넘겨받은 모델 범위의 정의 내용이 가장 중요하다. 수리 모델에는 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 모델 객체의 크기가 결정되기 때문에 시스템의 성능에도 영향을 미칠 수 있다.

#### 4. 모델 관리 시스템 구현 및 응용

본 연구에서 제시된 모델 관리 시스템은 SCP

에서 생산 및 분배계획을 위한 시스템의 일환으로 사용될 수 있다. 생산 및 분배계획은 거점들이 지역적으로 분산되어 있는 환경 하의 Supply Chain의 환경에 대한 계획을 수립하고자 하는데 목적이 있다.

[그림 6]은 본 연구에서 제시한 모델 관리 시스템이 적용된 사례를 보여준다. 본 연구의 모태가 되었던 초기의 모델 관리 시스템으로서, SCP 중에 공급망 설계와 생산 및 분배계획과 관련된 수리 엔진과 연동하는 구조를 가지고 있다. 연동된 SCP 모듈은 연간 단위로 거점의 사용과 신설 여부 및 거점 간 수송량 결정을 담당하는 Network Designer와 일정 기간의 단위 기간에 근거하여 각 거점에서의 생산량, 재고유지량, 거점 간 수송량을 결정하는 생산 및 분배 계획 모듈이 있다. ([BYUN 00], [SIM 00])

위에서의 응용 사례에서 보여지듯이 모델 관리 시스템은 사용하고자 하는 전체 시스템 내에서 독립적인 기능을 가지고 있기 때문에, 다른 수리 계획 시스템으로 이식할 경우에 큰 변경 사항이 없이 모델 정보를 위한 모델 베이스 내부의 데이터를 변경하는 것만으로 모든 작업을 끝낼 수 있다고 할 수 있다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 Supply Chain 상에서 요구되는 의사결정을 내리기 위한 다양한 형태의 최적화 문제를 풀기 위한 수리 계획 시스템에 대응할 수 있는 모델 관리 시스템의 구조를 제시하고, 그 프로토타입 모델 관리 시스템의 구현 절차와 실행 방안을 논하였다.

모델 관리 시스템의 관점에서는, 수리 계획 시

시스템을 구성하는 각 컴포넌트를 분리하고 그 관계를 중립적으로 설정하여 수리 모델의 실행에 유연성을 부여할 수 있는 전체 시스템의 구조를 제시하였고, 모델 정보의 저장 면에서, 모델 객체간의 수리 관계를 저장할 수 있는 모델 베이스 스키마를 제시하여, 다양한 구조를 가지고 있는 수리 모델을 단일한 저장구조로 통합할 수 있는 기반을 마련하였다.

응용 도메인의 관점에서 보면, 이전까지의 응용 연구에서 다루지 않았던 제품간의 자체명세서 구조를 적용하여 Supply Chain 내의 거점간에 발생하는 인도기간과 제품의 계층 구조를 반영하였다. 재고 관련 제약으로는 기간별 재고 균형을 추가하여 좀 더 정확하고 세부적인 SCP 문제를 반영할 수 있도록 하였다.

모델 관리 시스템은 수리 계획 시스템 내부에서 수리 계획을 수립하기 위한 단계 중에 수리 엔진과 데이터 소스를 연결하는 인터페이스로서의 역할을 수행한다. 전체 시스템에서 독립적으로 작업을 수행할 수 있는 컴포넌트로서 기능할 수 있기 때문에, 기존의 SCP 시스템의 변경이 없이 모델 관리 시스템을 추가함으로써 의사결정에 유연성을 부여할 수 있다고 할 수 있다.

부록

수리 모델의 인덱스

기호	설명
i	고객에게 전달되는 최종 제품의 종류
t	계획의 범위가 되는 시간의 크기
p	창고; 수요를 가지고 있는 3rd 단계의 계층
s	공장; 최종 제품을 생산하여 창고에 배달하는 계층
v	하위 공장; 중간제품을 생산하여 공장에 배달하는 계층
c	공장이 산출하는 제품을 나타내는 지수
r	하위 공장이 산출하는 제품을 나타내는 지수

수리 모델의 입력변수

기호	설명
ho	각 거점에서 제품을 저장하는데 드는 단위당 비용
fo	제품을 하위 공장에서 공장으로 옮기는데 드는 고정 비용
co	제품을 하위 공장에서 공장으로 옮기는데 드는 변동비용
f	제품을 공장에서 창고로 옮기는데 드는 고정 비용
c	제품을 공장에서 창고로 옮기는데 드는 변동비용
p	창고는 저장하는데 필요한 단위당 공간/공장은 제품 하나를 생산하는데 필요한 단위당 시간
A	창고는 가용한 저장 공간/공장은 생산에 가용한 시간
d	창고가 공장에 요구하는 수요량
L	해당 제품이 하위 공장에서 생산되어 공장으로 인도되기까지의 인도기간
Q	BOM 상의 상하위 제품 간의 Quantity Per

수리 모델의 출력변수

기호	설명
IO	각 기간마다 저장해야 하는 양(공장에서)
W	0, 1을 나타낸다; 거점간에 분배 계획이 있는지 없는지 나타낸다
YO	거점간에 분배 해야하는 양
XO	공장과 하위 공장이 특정 제품을 특정 기간에 생산하는 양
ZO	공장과 하위 공장이 특정 제품의 생산을 위한 셋업의 유무
I	창고가 각 기간마다 저장해야 하는 양

Minimize

$$\sum_{r=1}^R \sum_{v=1}^V \sum_{t=1}^T \left( s_{rvt} ZO_{rvt} + ho_{rvt} IO_{rvt} + a_{rvt} \sum_{s=1}^S XO_{rvt}^s \right) + \sum_{c=1}^C \sum_{\beta=1}^P \sum_{t=1}^T (ho_{c\beta t} I_{c\beta t}) +$$

$$\sum_{c=1}^C \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T \left( s_{cst} ZO_{cst} + ho_{cst} IO_{cst} + a_{cst} \sum_{\beta=1}^P XO_{cst}^{\beta} \right) + \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T (ho_{rst} I_{rst}) +$$

$$\sum_{r=1}^R \sum_{v=1}^V \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^T \left( fo_{rvst} W_{rvst} + co_{rvst} \sum_{\beta=1}^P YO_{rvst}^{\beta} \right) + \sum_{c=1}^C \sum_{s=1}^S \sum_{\beta=1}^P \sum_{t=1}^T (f_{c\beta t} W_{c\beta t} + c_{c\beta t} YO_{c\beta t}^{\beta})$$

Subject To

$$\sum_{s=1}^S \sum_{r=1}^R p_{rv} X O_{rvt}^s \leq A_{vt} \quad \forall v, t \quad (1)$$

$$\sum_{p=1}^P \sum_{c=1}^C p_{cs} X O_{cst}^p \leq A_{st} \quad \forall s, t \quad (2)$$

$$\sum_{p=1}^P p_{cp} I_{cpt} \leq A_{pt} \quad \forall p, t \quad (3)$$

$$\sum_{s=1}^S X O_{rvt}^s \leq M \times Z O_{rvt} \quad \forall r, v, t \quad (4)$$

$$\sum_{p=1}^P X O_{cst}^p \leq M \times Z O_{cst} \quad \forall c, s, t \quad (5)$$

$$\sum_{p=1}^P Y O_{rst}^p \leq M \times W_{rst} \quad \forall r, v, s, t \quad (6)$$

$$Y O_{csp}^p \leq M \times W_{csp} \quad \forall c, s, p, t \quad (7)$$

$$\sum_{s=1}^S X O_{rvt}^s + I O_{rv, t-1} - \sum_{s=1}^S \sum_{p=1}^P Y O_{rst}^p - I O_{rvt} = 0 \quad \forall r, v, t \quad (8)$$

$$\sum_{p=1}^P X O_{cst}^p + I O_{cs, t-1} - \sum_{p=1}^P Y O_{csp}^p - I O_{cst} = 0 \quad \forall c, s, t \quad (9)$$

$$\sum_{s=1}^S Y O_{csp}^p + I_{cp, t-1} - d_{cpt} - I_{cpt} = 0 \quad \forall c, p, t \quad (10)$$

$$\sum_{v=1}^V X O_{rv, t-L_{rs}}^s \geq \sum_{p=1}^P \sum_{c=1}^C (X O_{cst}^p \times Q_{rc}) - I O_{rs, t-1} \quad \forall r, s, t \quad (11)$$

$$\sum_{s=1}^S Y O_{csp}^p \geq d_{cpt} - I_{cp, t-1} \quad \forall c, p, t \quad (12)$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{p=1}^P Y O_{rst}^p + I O_{rs, t-1} - \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P (X O_{cst}^p \times Q_{rc}) - I O_{rst} = 0 \quad \forall r, s, t \quad (13)$$

### 참고문헌

- [BYUN 00] 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.
- [DESR 99] M. Desrochers, C. V. Jones, J. K. Lenstra, M. W. P. Savelsbergh and L. Stougie, "Towards a model and algorithm management system for vehicle routing and scheduling problems", *Decision Support Systems*, Vol. 25, pp. 109-133, 1999
- [GEOF 92] Arthur M. Geoffrion, "The SML language for structured modeling: levels 1 and

2", *Operations Research*, Vol. 40, pp. 38-57, 1992

- [HUH 95] S. Y. Huh and Q. B. Chung, "A model management framework for heterogeneous algebraic models : Object-oriented database management systems approach", *International Journal of Management Science*, Vol. 23, pp. 235-156, 1995
- [HUH 99] S. Y. Huh, H. M. Kim and Q. B. Chung, "Framework for change notification and view synchronization in distributed model management systems", *International Journal of Management Science*, Vol. 27, pp. 431-443, 1999

- [LARI 93] Ali Reza Lari and Barin N. Nag, "A model management solution system for multicommodity network flows", *European Journal of Operation Research*, 71 (1993), 398-418
- [LEE 95] Lee, J. K., Kim, M. Y., "Knowledge-assisted optimization model formulation : UNIK-OPT", *Decision Support Systems*, 13 (1995), pp. 111-132
- [MAYE 98] M. K. Mayer, "Future trends in model management systems: parallel and distributed extensions", *Decision Support Systems*, 22 (1998), pp. 325-335
- [PAPA 98] H. T. PAPADOPOULOS and G. A. VOUIROS, "A model management system (MMS) for the design and operation of production lines", *International Journal of Production Research*, 1997, vol. 35, no. 8, pp. 2213-2236
- [RIZZ 98] Andrea E. Rizzoli, J. Richard Davis, David J. Abel, "Model and data integration and re-use in environmental decision support systems", *Decision Support Systems* 24, 1998, pp. 127-144
- [SARM 99] Sarmiento, A. M., Nagi, R., "A review of integrated analysis of production-distribution systems", *IIE Transactions*, 31 (1999), pp. 1061-1074
- [SIM 00] 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.