

## 개체형 프로덕트 모델과 프로세스 모델

- Entity-Based Product and Process Models

김 남희 <서울대 지전공학연구센터 조방조교수>

### 1. 서론

하나의 시스템내에 구조물의 계획에서 완성되기까지의 전 설계과정에 걸쳐 생성되고 이용되는 정보 및 작업과정들을 종합적으로 구축하는 ‘통합시스템’ 개발은 시스템에 표현될 설계정보나 작업과정들을 조직적으로 잘 표현해 줄 수 있는 정형화된 모델들을 필요로 한다[1,3]. 오래전부터 공학에서 모델링은 구조물의 거동을 파악하거나 수치해석을 위한 것으로 많이 사용되어 왔으나, 1980년대부터 컴퓨터 시스템 구현을 위한 공학적 모델링에 대한 연구도 세계적인 관심사가 되어 국내외적으로 다양하게 진행되고 있다. 본 글에서 ‘모델’이란 통합시스템에 구현될 전문분야 정보 및 공정들을 실제 구현하기 이전에 추상화된 개념으로 표현하는 것을 의미하며, 프로덕트 모델과 프로세스 모델 두가지 형태의 모델로 구분된다. 프로덕트 모델은 설계되어서 만들어질 대상에 대한 정보를 조직적으로 표현한 것이고, 프로세스 모델은 전 작업과정들을 조직적으로 표현한 것이다. 대부분의 기존 모델링연구들은 설계정보 또는 작업과정중 어느 한쪽에만 초점을 두고서 이루어졌다.

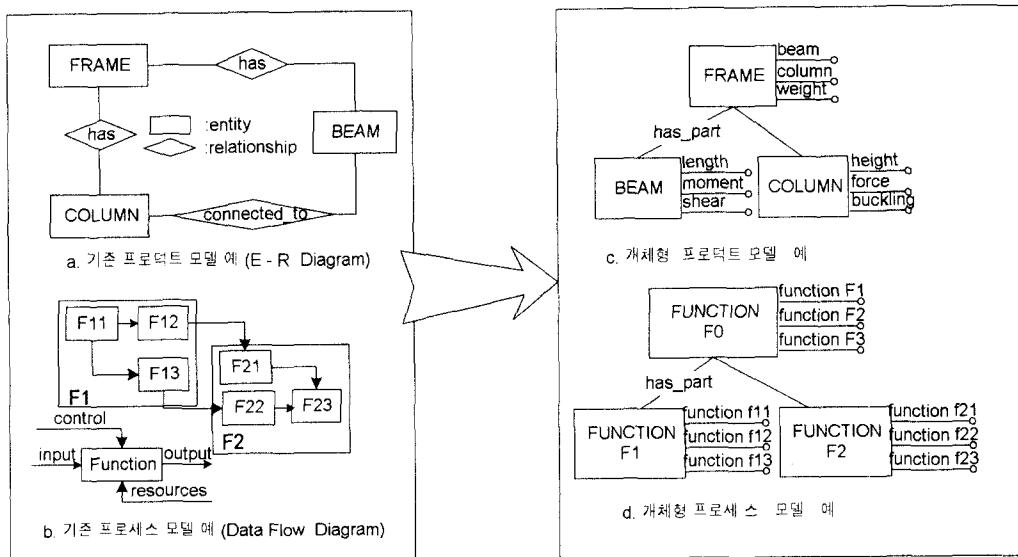
기존 프로덕트 모델에 대한 연구들은 데이터 중심 모델링 기법중 의미론적 모델(semantic data model)들인 E-R(Entity-Relationship)모델(그림 1a)이나 객체지향 설계 모델(object-oriented design model) 개념에 입각하여, 주로 데이터베

이스 시스템 개발이나, 여러 응용소프트웨어 사이의 자료 교환을 용이하게 해 줄 수 있는 방법에 대해서만 중점을 두었다. 반면에, 프로세스 모델에 대한 연구는 기능 모델링(functional modeling), 또는 데이터 흐름도(data flow diagram) (그림 1b) 개념을 바탕으로 설계 전반적인 작업과정들의 제어나 정보의 흐름에 초점을 두고 있다. 기존 모델링 연구를 통하여 다음과 같은 사항들이 적절히 해결되어 있지 않고 있었다.

- 프로덕트 모델과 프로세스 모델 정의에 대한 일관성이 있는 용어가 없다.
- 프로덕트 모델과 프로세스 모델 두 모델 모두를 표현할 수 있는 모델링 개념이 없다.
- 프로덕트 모델과 프로세스 모델을 쉽게 한데로 결합하는 모델이 없다.

본 기사에서는, 위에서 지적된 사항들을 해결하여 하나의 일관성있는 모델링 개념을 이용하여 프로덕트 모델과 프로세스 모델을 개발할 수 있도록 하고자, 필자에 의해서 1994년도에 개발된 개체형 모델링 개념을 소개하고자 한다[1](그림 1c,d).

먼저, 개체형 모델에 대한 기본개념과 도식적 표현법을 설명하고, 개체형 모델링 개념을 이용하여 기동 구조재 설계 시스템 개발을 위한 프로덕트 모델과 프로세스 모델 적용 예제를 보여준다. 끝으로, 개체형 모델링의 장점을 설명하는 것으로 구성한다.



〈그림 1〉 기존 모델링에서 개체형 모델링으로

## 2. 개체형 모델

개체형 모델은 개체와 관계성 개념과, 추상화 개념을 확장시켜 시스템에 구현될 설계정보와 공정들을 일관성 있게 표현 한 것이다. 개체형 프로덕트 모델은 의미론적 모델(semantic data model)과 골격이 비슷하나 속성 정의가 보다 체계화 되어있으며, 구조물 설계자료의 표현을 조직적으로 표현할 수 있는 구조적 위계구조로 정리된 모델링 기법이다. 개체형 프로세스 모델은 개체형 프로덕트 모델과 마찬가지로 하나의 설계물이 만들어지는데 수반될 작업과정들을 개체와 관계성 개념으로 표현한 구조적 위계구조로 표현하고, 이러한 작업과정들 사이의 순서는 각 사용자의 기호에 따라 정하도록 허용하며, 또한 상용하는 프로덕트 모델의 개체군들과 관계를 가지고 있어 데이터의 처리가 동시에 이루어지도록 하고 있다.

### 2.1 개체형 모델의 기본 가정

개체형 프로덕트 모델링에 대한 기본가정은 명

확히 규정할 수 있는 모든 설계 정보나 자료들은 개체들과 그들 사이의 관계성으로 표현한다. 마찬가지로, 개체형 프로세스 모델링에 대한 기본가정은 명확히 규정할 수 있는 모든 설계공정들은 개체들과 관계성으로 표현한다. 대부분의 물리적인 대상에 관한 정보를 조직적으로 표현하는데 적합한 데이터 중심 모델링 기법(개체와 관계 개념)을 작업과정을 표현하는데 이용하기 위해서 다음과 같은 가정들이 추가되어야 한다.

- 하나의 대상을 설계하는데 수행되는 프로세스들은 일정하며 미리 규정할 수 있다.
- 복합적인 설계프로세스들은 몇 가지의 보다 단순한 설계프로세스들로 분해할 수 있다.
- 설계프로세스들은 미리 고정된 순서대로 정의할 필요가 없다. 설계순서는 설계당시 접할 수 있는 설계정보나 설계자들의 기호 또는 편의에 따라 달라질 수 있으므로 고정된 순서로 설계공정들을 정의하는 것이 설계공정 모델 개발시 첫 번째 해야 될 일 이 아니다. 오히려 명확히 정의되고 조직화된 공정들 사이에서 여러 가지 가능한 순서들

## 특집Ⅱ 새로운 개념에 의한 설계지원기술

을 융통성 있게 표현하는 것이 필요하다.

### 2.2 개체형 모델의 구성 요소

개체형 모델의 기본개념들은 의미론적 모델의 주된 개념인 개체(entity), 관계(relationship), 속성(attribute)과, 의미론적 모델이 제공해 주는 추상화 기구를 통하여 얻어진다. 상위개체군(Supercategory)과 하위개체군(Subcategory)은 일반화/특수화 (generalization/specialization); 단순개체군(Simple category)과 합성개체군(Compound category)은 합성화/분해화 (aggregation/decomposition); 클래스(Class)와 인스턴스(Instance)는 클래스화/인스턴스화(classification/instantiation)를 각각 이용해서 구한 것이다. 개체형 모델의 구성요소들의 앞에 소위, 객체적(Object-type)과 작업적(Activity-type)이라고 하는 두가지 접두어를 부여하여 프로덕트 모델과 프로세스 모델 정의에 구별하여 사용한다. 즉, 객체적 개체들은 설계될 대상에 대한 정보를 표현하는 것으로 프로덕트 모델링에 사용되고, 작업적 개체들은 객체적 개체들의 정보를 어떻게 이용하고 생성하는가를 표현하는 것으로 프로세스 모델링에 사용된다.

개체형 모델의 중요한 특성중의 하나는, 속성을 정의할 때 그 속성값 형태(value type)와 속성값 범위(value set)를 표현하는 것이다. 객체적 속성값 형태는 속성에 대한 값이 컴퓨터 처리가 가능한 것(예: 숫자나 문자)인지; 또는 다른 속성을 가지고 있는 개체인가에 대해서 두가지로 나뉘고 있다. 데이터를 속성값으로 갖는 객체적 속성은 DVA(Data-Valued Attribute)라 하고; 다른 개체를 속성값으로 갖는 객체적 속성은 OEVA(Object-type Entity-Valued Attribute)라 한다. 이와 비슷하게, 작업적 속성들도 단순한 몇 개의 산술식으로 표현될 수 있는 것들을 속성값으로 갖는 AVA(Action-Valued Attribute)와; 다른 개체를 속성값으로 갖는 AEVA(Activity-type Entity-

Valued Attribute)로 나뉘어진다. 속성값 형태는 더욱 구체적으로 분류할 수 있으며, 이에 대한 구체적인 설명은 참고문헌[1]에 나타나 있다. 속성값 범위란 속성이 갖을 수 있는 값들의 영역을 표현하는 것이며, 속성값 형태와 서로 밀접한 관계를 가지고 있다. 즉, 속성값 형태가 OEVA 또는 AEVA이면 속성값 범위는 개체군이 되며, 속성값 형태가 DVA 또는 AVA이면 속성값 범위는 각각 데이터 또는 함수식이 된다. 개체형 모델의 구성요소들을 합축시키면, 프로덕트 모델은 OEVA와 DVA의 집합으로 이루어져 있으며, 그 최소단위는 DVA이다. 프로세스 모델은 AEVA와 AVA의 집합으로 이루어져 있으며, 그 최소단위는 AVA이다. 그러므로 프로덕트 모델과 프로세스 모델이 완성되는 시점은 모든 설계정보는 DVA로 모든 설계공정은 AVA로 표현되는 순간, 즉 컴퓨터 시스템화가 가능한 시기를 말한다.

하나의 속성은 한 개 또는 그이상의 값을 가질 수 있다. 관계대응수(cardinality)를 이용하여 하나의 속성이 몇 개의 해를 가지고 있는지 표현한다. 하나의 속성에 대응하는 값이 하나인 경우 단일값 (single-valued 이하 SV라 부름) 속성이라 하고, 둘 이상인 경우 다수값 (multi-valued 이하 MV라 부름) 속성이라 한다. 객체형 속성이 MV인 경우 하나의 속성이 한 번에 가질 수 있는 값이 둘 이상이라는 뜻이며, 작업적 속성에 대한 MV란 같은 작업의 반복(iteration)을 의미한다.

일반적으로 특수화란 앞서 언급한대로 상위개체군들의 공통적인 성질들외에 각 개체군들에게만 특별한 새로운 속성들을 추가하여 하위개체군을 정의하는 것을 의미하나, 개체형 모델링에서는 소위 속성값 범위 특수화(Value Set Specialization)라 불리는 또 하나의 특수화를 제공하여 하위개체군의 정의를 다양하게 하고 있다. 속성값 범위 특수화란 상위개체군의 속성값 범위를 각 하위개체군에게 적합하도록 바꾸는 것이다. 다시 말해서 각 하위개체군들은 상위개체군들과 똑같은

속성들을 그대로 물려받아 가지고 되어 속성값 범위는 각자에 해당하는 개체군들을 갖게 되는 것이다.

모델링의 개념을 쉽게 이해할 수 있도록 도식적인 방법을 사용한다. 이는 원래 데이터 모델링을 목적으로 개발되었던 Chen[2]의 E-R 다이어그램에 (1) 속성값 형태(예: OEVA, AEVA, DVA), (2) 속성값 범위(예: 숫자, 문자, 개체군)와 (3) AVA에 대한 Action specification을 추가하여 수정개발한 것이다. 개체군은 사각형에, 인스턴스는 각이 동글려진 사각형에, 관계는 다이아몬드 모양에, 속성은 끝에 원이 달린 선분 위에, 속성값 형태는 소괄호 안에, 그리고 속성값 범위는 대괄호 안에 나타낸다.

관계 대응 수는 속성 선분 끝의 원 색깔로 구별한다. 속성값이 하나인 경우에는 흰색이고, 둘 이상인 경우에는 검정색이다. 그럼 1에서 알 수 있듯이 개체형 모델링은 프로덕트 모델과 프로세스 모델들을 모두 일관된 방법으로 표현할 수 있다. 단지 DVA와 AVA만이 서로 상이하게 표현된다.

이상에서 설명한 개체형 모델의 기본요소와 도식적 표현방법이 <표1>에 정리되어 있다.

### 2.3 개체형 프로덕트 모델과 프로세스 모델의 결합

완전한 통합시스템으로 구현하기 위해서 프로덕트 모델과 프로세스 모델이 서로 합쳐져야 되는

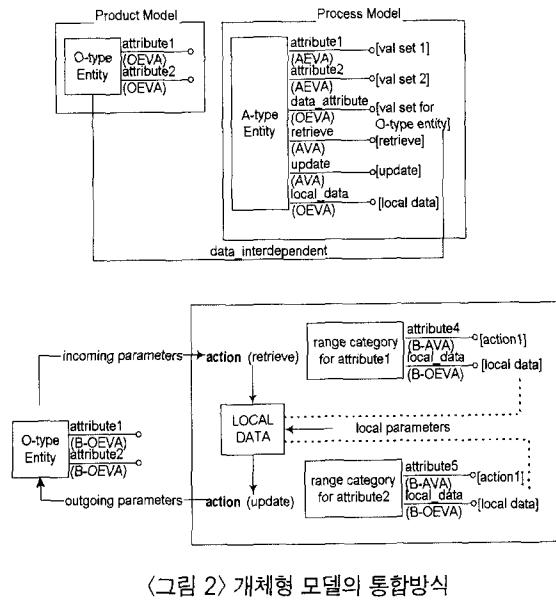
<표 1> 개체형 모델의 기본 요소와 도식적 표현법

		프로덕트 모델		프로세스 모델	
개체		객체적 (Object-Type)		작업적 (Activity-Type)	
		상위개체군(Supercategory) 하위개체군(Subcategory) 복합개체군(Complex Category) 단순개체군(Simple Category) 클래스(Class) 인스턴스(Instance)		상위개체군(Supercategory) 하위개체군(Subcategory) 복합개체군(Complex Category) 단순개체군(Simple Category) 클래스(Class) 인스턴스(Instance)	
속성	속성 값 형태	OEVA (O-type Entity-Valued Attribute)	DVA (Data-Valued Attribute)	AEVA (A-type Entity-Valued Attribute)	AVA (Action-Valued Attribute)
	속성 값 범위	Entity category	Data category	Entity category	Action category Action Specification - input - output - expressions
관계		is_a/includeds(일반화/상세화) is_part_of/has_part(복합화/단순화) member_of/prototype_of (클래스화/인스턴트화)		is_a/includeds(일반화/상세화) is_part_of/has_part(복합화/단순화) member_of/prototype_of (클래스화/인스턴트화)	
그래프 모델					

데 본문에서 설명하고 있는 개체형 모델들의 결합은 (1) 단순히 서로 관련 있는 객체적 개체군과 작업적 개체군사이에 'data\_interdependent'라는 관계성 속성과; (2) 'LOCAL DATA'라는 객체적 개체군을 프로세스 모델에 표현하는 것이다. LOCAL DATA 개체군의 사용은 설계도중 수정 및 반복작업으로 인하여 프로덕트 모델과 프로세스 모델간의 빈번한 자료 교환을 가급적 줄이고자 하는 목적으로 가지고 있다. 따라서, LOCAL DATA 개체군은 다음과 같은 세가지 종류의 변수들을 가지고 있다.

(1) 주어진 설계공정에 사용하기 위해서 프로덕트 모델로부터 가져오는 변수(incoming pa-

## 특집 Ⅱ 새로운 개념에 의한 설계지원기술



parameters)

(2) 주어진 설계공정에서 생성되었으며 다른 설계공정의 사용성을 위해서 프로덕트 모델에 저장시키기 위해 내보내지는 변수(outgoing parameters)

(3) 주어진 설계공정에서만 필요한 변수(local parameters)

특히 프로덕트 모델로부터 가져오는 변수들은 함수 'retrieve'에 의해서, 프로덕트 모델로 저장될 변수는 'update'에 의해서 축출 및 갱신된다. 그림 2에 프로덕트 모델과 프로세스 모델의 결합에 대한 설명이 요약되어 있다.

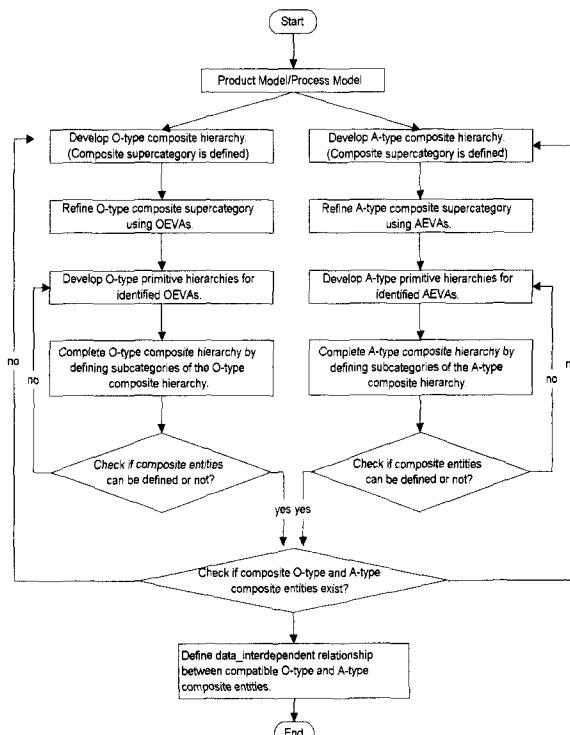
### 3. 개체형 모델링의 응용

본 장에서는 개체형 모델링의 중요 개념들을 어떻게 적용하여서 프로덕트 모델과 프로세스 모델을 개발하는지 설명하고자 한다. 설명을 단순화 시키기 위해서 기동구조의 설계 시스템개발을 위한 경우로 범위를 제한한다. 먼저, 건축구조

설계과정과 관련자료들을 검토하여 프로덕트 모델과 프로세스 모델에 대한 요구사항을 규정하고, 이러한 요구사항들을 해결할 수 있는 모델링 기법을 제시한 후, 이를 토대로 모델링 절차를 체계화하여 시스템 개발을 위한 프로덕트 모델과 프로세스 모델을 만들어야 한다. 그러나, 본 기사에서는 지면 관계상 실제 상황들을 극도로 단순화 시키면서 전문적인 영역에서 구체화되는 모델링 개념 설명은 제외하고, 요약된 전반적인 프로덕트 모델과 프로세스 모델 개발 절차(그림 3)와 결과적으로 생성된 개체형 모델(그림 4,5,6)만을 보여준다.

- 프로덕트 모델과 프로세스 모델 개발 순서

Step1: 다양한 설계대안들의 동일한 표현을 위해서 일반화 추상화 기구를 적용하여 상위개체군을 정의한다. 초기 구조설계시 다양한 설계대안들



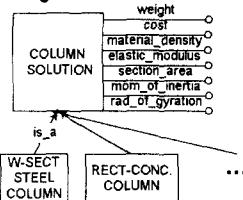
은 주어진 설계조건에 대해 동등하게 고려되어야 한다. 따라서 이러한 설계대안들을 비교 검토하여 최상의 설계물을 얻기위해서는 서로 다른 설계대안들이지만 통일된 방법으로 표현해야 한다. 설계대안들의 통일된 표현을 위해서 일반화 추상화 기구를 적용하여 상위개체군을 정의 한다. 이 위계구조를 특히 합성위계구조(Composite hierarchy)라 부른다(그림 4a, 5a).

Step2: 그림 4a 또는 5a의 상위개체군의 속성을 EVA개념을 이용하여 표현을 단순화 시킨다(그림 4b, 5b). 하나의 개체에 복잡다양한 속성을 한꺼번에 표현한다는 것은 무척 비합리적이므로, 몇 가지 비슷한 속성을 하나의 EVA로 묶어서 나타냄으로써 개체표현을 단순화 시킨다. EVA 개념 적용은 추상화기구의 분해화에 해당된다.

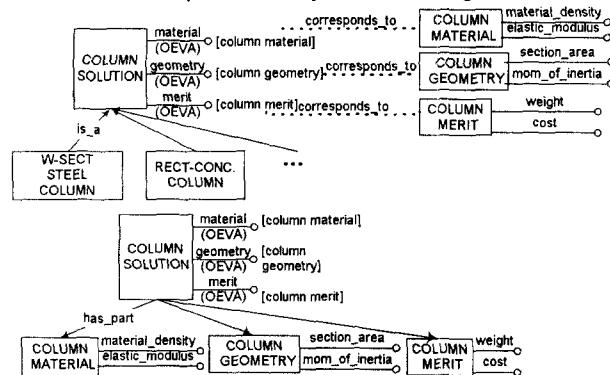
Step3: Step2에서 정의된 각 EVA에 대하여 특수화 추상화 기구를 이용하여 요소위계구조(Primitive hierarchy)를 만든다(그림 4c, 5c). 이때, 합성위계구조의 상위개체군의 각 EVA의 속성값에 해당하는 개체군이 요소위계구조의 상위개체군이 된다.

Step4: 합성위계구조의 하위개체군들을 속성값 범위 특수화(Value Set Specialization)를 이용하여 정의한다(그림 4d, 5d). 여기서 정의된 하위개체군들은 사실상 Step3에서 개발된 요소위계구조의 하위개체군들의 합성화를 통해서 정의된다. Step1에서부터 Step4까지의 과정을 거쳐서 만들어진 프로덕트 모델과 프로세스 모델은 궁극적으로 결합시켜야 완전한 설계모델이 되는데, 서로 유사한 개념으로 개발된 이 두 모델들은 쉽게 결합

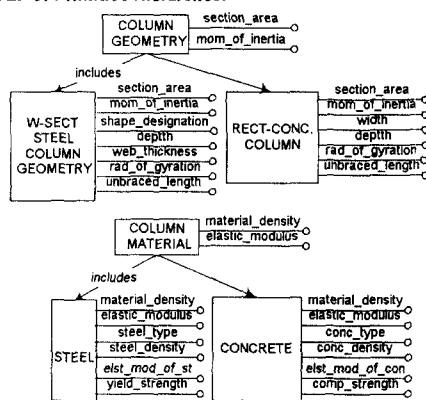
#### STEP 1: Composite Hierarchy with O-type Entities for Column-Design Alternatives.



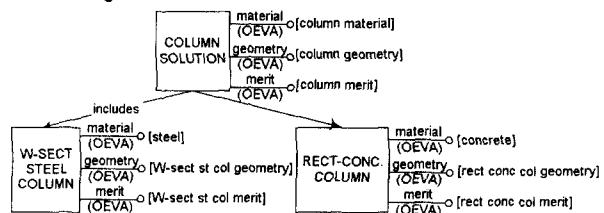
#### STEP 2: Refined Composite Hierarchy for Column-Design Alternatives.



#### STEP 3: Primitive Hierarchies.

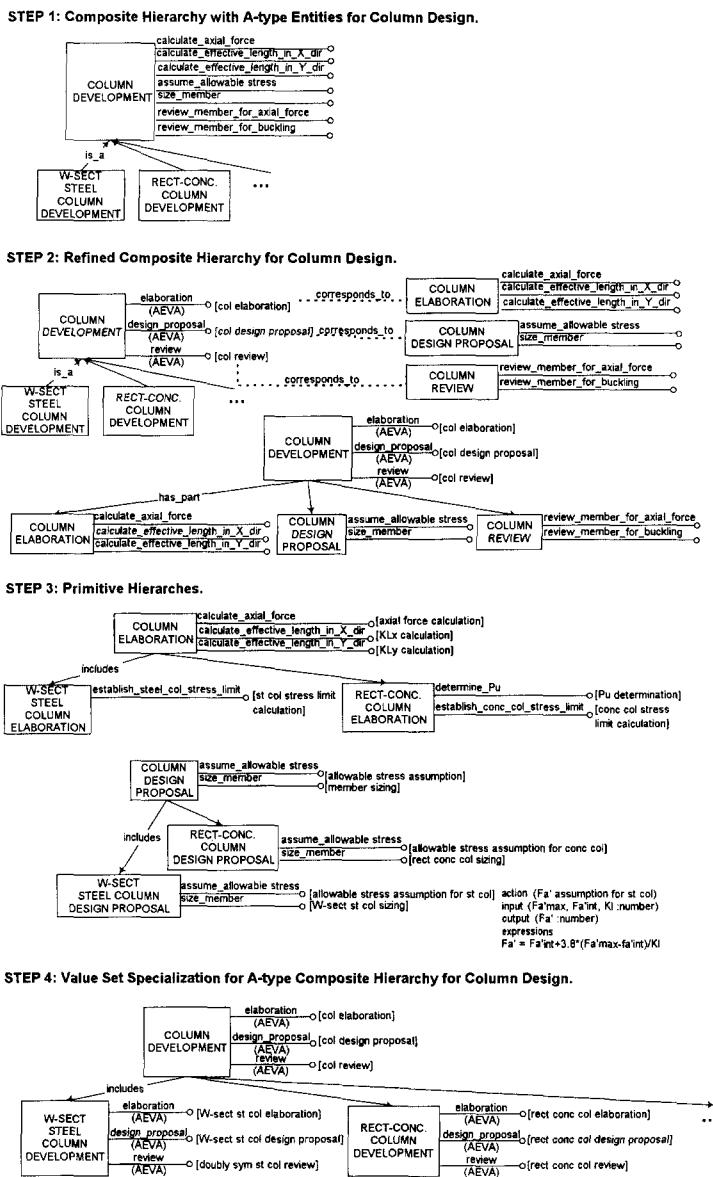


#### STEP 4: Value Set Specialization for O-type Composite Hierarchy for Column Design Alternatives.



(그림 4) 기둥 구조재 설계를 위한 개체형 프로덕트 모델

## 특집Ⅱ 새로운 개념에 의한 설계자원기술



〈그림 5〉 기둥 구조재 설계를 위한 개체형 프로세스 모델

될 수 있다.

Step5: 서로 관련있는 객체형 및 작업적 개체군 사이에 'data\_interdependent' 관계성을 정의 하여 프로덕트 모델과 프로세스 모델을 결합시

킨다(그림 6). 본 예제에서는 작업형 W-SECT STEEL COLUMN DEVELOPMENT 개체군과 객체형 W-SECT STEEL COLUMN 개체군을 속성값으로 갖는 OEVA를 갖고 있다. 또한 이러한 작업형 개체군들은 W형강 기둥 설계시 필요한 모든 데이터를 관리하게 될 W-SECT STEEL COLUMN LOCAL DATA 개체군도 갖는다.

### 4. 맛음말

본 기사에서는 통합시스템 개발을 위한 공학적 모델링에 초점을 두었다. 특히 프로덕트 모델과 프로세스 모델을 하나의 일관성이 있는 방법으로 개발할 수 있는 개체형 모델링의 기본 개념과 표현법을 소개하였고, 실제 기둥 구조재설계 시스템 개발에 대한 모델링법을 제시하였다.

이러한 일관성이 강조된 개체형 모델링을 사용시 다음과 같은 장점들을 기대할 수 있다.

- 프로덕트 모델과 프로세스 모델 모두 유사한 개념(개체, 추상화 기구)으로 나란히 개발함으로써 필요한 설계정보가 제대로 정의 되어 있는지 등 상호간

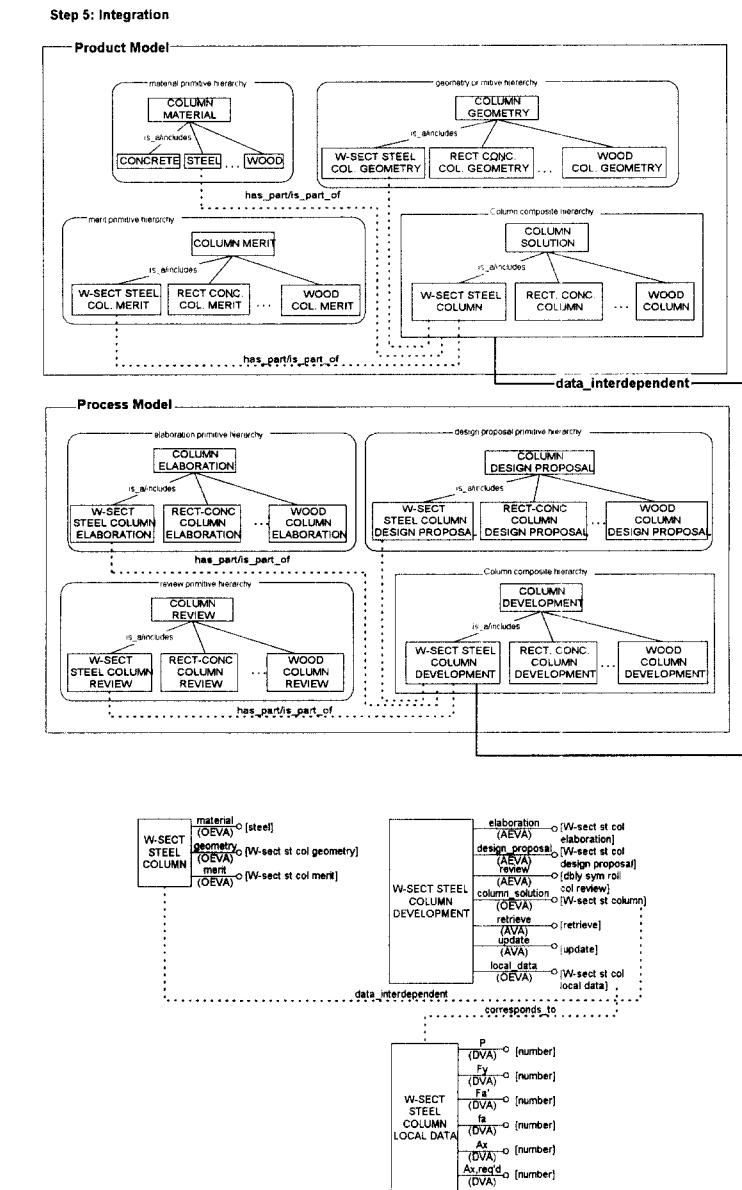
점검이 가능하며, 각각 개발된 프로덕트 모델과 프로세스 모델의 결합은 단순히 관계성 속성만을 프로세스 모델에 부여하면 쉽게 이루어진다.

- 독립적인 위계구조를 갖고 있는 프로덕트 모

델은 중앙데이터베이스 시스템을 이용한 통합방식으로 여러 응용 모듈들을 결합하고자 할 때, 중앙데이터베이스 시스템 개발을 위한 개념적 모델로 사용될 수 있다. 따라서 데이터베이스 시스템 개발을 위한 별도의 모델링과정들이 불필요하다. 또한, 개체형 프로세스 모델에 표현된 실무적으로 자연스런 설계과정들을 사용자 인터페이스의 메뉴로 구성함으로써 통합시스템을 통하여 실세계 상황들을 자연스럽게 재현할 수 있다.

- 개체형 모델링 개념은 현재 시스템 개발에 대해 가장 널리 사용되고 있는 객체지향적 프로그래밍 언어들(예: C++, SmallTalk)의 기본개념과 유사하므로 이를 통해 쉽게 구현될 수 있다.

본 기사에서는 개체형 모델링 개념의 이용을 기둥 구조재 설계 시스템 개발의 경우에 대해서만 제한적으로 보여주었지만, 이 개념은 아주 일반적이고 정형화된 개념들이므로 다른 다양한 구조 시스템들에 대해서도 쉽게 적용할 수 있으며, 또한 다른 유사 통합시스템 개발에 대한 도구로써 사용될 수 있을 것이다.



〈그림 6〉 기둥 구조재 설계를 위한 개체형 프로덕트 모델과 프로세스 모델의 결합

### 참 고 문 헌

- [1] 김남희, “Entity-Based Integrated Product and Process Models for Computer-Aided Structural Design”, 박사학위논문, 미국 Lehigh 대학교, 1994. 10.
- [2] Chen, P.P.S., “The Entity-Relationship Model—Toward a Unified View of Data”, ACM Transactions on Database

## 특집 Ⅱ 새로운 개념에 의한 설계지원기술

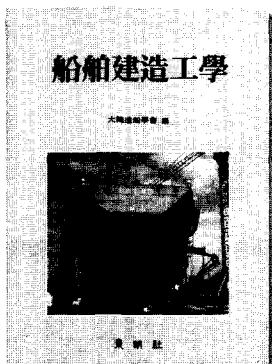
- Systems", 1, 1, 1976.
- [3] Sause, R., Powell, G.H., "A Design Process Model for Computer Integrated Structural Engineering, Engineering with Computers", 6, 1990.
- [4] Yourdon, E., Constantine, L.L., "Structured Design-Fundamentals of Discipline of Computer Program and System Design", Yourdon Press, A Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1979.
- [5] Lee, C.-H. and Sause, R., "Integrated Design Product and Process Model for Building Frame Structures", NSF-ERC ATLSS Report No. 97-06, Lehigh University, PA, USA, 1997



김 남 호

- 1961년 8월 4일생
- 1994년 10월 미국 Lehigh 대 공학박사
- 1998년 4월 이후 서울대 지진공학연구센터 초빙조교수

### 대한조선학회 도서 안내



본서는 조선건조와 관련된 工作法 및 관리기술을 소개하고 있습니다. 이 책의 내용은 造船所物流 흐름의 조감적인 감을 잡을 수 있도록 할 뿐만 아니라 선박현장의 최신시설 및 기술과 관련된 사항까지도 포함하도록 노력하였습니다.

정 가: 13,000원

구입처: 시중서점, 동명사(T.732-3455)