

CAD 시스템 간의 상호 운용성을 위한 설계 특징형상의 온톨로지 구축

이윤숙*, 천상욱*, 한순홍**

Building Feature Ontology for CAD System Interoperability

Lee, Y. S.*, Cheon, S.U.* and Han, S.H.**

ABSTRACT

As the networks connect the world, enterprises tend to move manufacturing activities into virtual spaces. Since different applications use different data terminology, it becomes a problem to interoperate, interchange, and manage electronic data among different systems. According to RTI, approximately one billion dollar has been being spent yearly for product data exchange and interoperability. As commercial CAD systems have brought in the concept of design feature for the sake of interoperability, terminologies of design feature need to be harmonized. In order to define design feature terminology for integration, knowledge about feature definitions of different CAD systems should be considered. STEP (Standard for the Exchange of Product model data) have attempted to solve this problem, but it defines only syntactic data representation so that semantic data integration is unattainable. In this paper, we utilize the ontology concept to build a data model of design feature which can be a semantic standard of feature definitions of CAD systems. Using feature ontology, we implement an integrated virtual database and a simple system which searches and edits design features in a semantic way. This paper proposes a methodology for integrating modeling features of CAD systems.

Key words : Data integration, Feature ontology, Semantic search

1. 서 론

제품 설계에서 출하에 이르는 제품 수명 주기의 과정에, 많은 자동화 소프트웨어 시스템들이 활용되고 있다. 설계, 해석, 가공의 단위 공정에서 여러 CAx 시스템이 사용되고, 설계 정보, 생산 정보, 자재 정보를 통합 관리하기 위하여 PDM, ERP 시스템이 사용된다. 제품 데이터의 관점에서 볼 때, 대외적으로는 공급망에서의 공급자와 수요자 간, 대내적으로는 설계 및 제조의 단위 공정 간에 끊임없이 제품 데이터 교환 및 공유가 이루어진다. 공급망(supply chain)에서의 현실적인 이유 및 단위 공정들의 특성 때문에 다양한 CAx 시스템이 필요하고, 이들 간의 제품 데이터의 공유 및 교환은 기업이 부닥치고 있는 중요한 문제이다.

제품 데이터 공유 및 교환에서의 상호 운용성 문제

는, 경제적 비효율성의 원인일 뿐만 아니라 데이터 교환의 심각한 장애를 나타낸다. 예를 들어, RTI¹⁾는 제품 개발 단계에서의 상호 운용성 문제가 미국 자동차 업계에 연간 약 십억 달러의 비용을 발생시킨다고 추산하였다. 이러한 비용은 다양한 종류의 컴퓨터 이용 설계(CAD) 및 컴퓨터 이용 제조(CAM) 시스템을 지원하고, 제품 데이터 교환에서의 오류를 수정하기 위한 것이다.

설계 및 제조 데이터의 자료구조나 스키마를 제품 모델이라 하고, 제품 모델을 구성하는 디지털 정보를 제품 모델 데이터라 한다. 제품 모델 데이터의 교환에서 부딪치는 상호 운용성 문제를 해결하기 위한 국제 표준으로 STEP이 있다. STEP은 공유 및 교환을 위한 표준으로, SW 시스템 내부의 저장 구조를 정의하지는 않는다. ISO의 STEP 위원회에서도 특징 형상의 공유 및 교환을 위한 표준이 제정 중에 있다. 그러나, 이러한 표준은 가공특징 연구에 집중되어 있어, 설계 이력 기반의 제품 모델 데이터의 통합 및 관리에 대한 직접적인 방법론을 제시하지는 않는다. 본 연구에서

*학생회원, 한국과학기술원 기계공학과

**중신회원

- 논문투고일: 2003. 09. 23

- 심사완료일: 2003. 11. 26

는 특징 형상 기반 CAD 시스템들의 상호 운용성을 증대시키기 위한, 온톨로지에 기반한 특징 형상 데이터의 통합 및 관리 방법을 제시한다.

CAX 시스템에서 특징 형상에 대한 연구는: i) CAD 시스템에서 특징 형상에 기반한 형상 모델링에 대한 연구; ii) CAPP/CAM 시스템에서 CAD 시스템의 B-Rep 모델 정보로부터 특징 형상을 인식하는 연구; iii) 특징 형상 기반 CAD 시스템 간 특징 형상의 공유 및 교환에 대한 연구로 구분될 수 있다. 첫번째의 경우, 대다수의 상용 CAD 시스템이 특징 형상에 기반한 형상 모델링의 기능을 이미 제공하고 있다. 두 번째의 경우, 지난 20여 년 동안 많은 연구가 이루어졌고 몇 가지 유용한 방법들이 활용되고 있으나, 아직 완전한 단계에 이르지 못하는 상태이다. 세 번째의 경우, 매크로 파라메트릭(macro parametrics)^{2,3}, 특징 형상 자원(feature resource)⁴의 연구들이 ISO TC184/SC4 내의 파라메트릭스 그룹을 중심으로 연구가 진행되고 있다.

특히, 세 번째 연구는 본 논문에서 다루고자 하는 CAD 시스템 간의 특징 형상 정보의 공유와 관련이 있다. 특징 형상에 관한, 본 연구와 매크로 파라메트릭, 특징 형상 자원의 차이점은: i) 매크로 파라메트릭 등의 방법은 모델 교환에 초점을 맞추고 있는 데 반해, 본 연구는 실시간 상호 운용에 초점을 맞춘다; ii) 특징 형상 자원 등의 방법과 달리 본 연구는, 다양한 기존 CAX 시스템들의 데이터 통합 방법론을 제시한다.

데이터 통합의 방법에는 온톨로지 방법론을 적용하였다. 온톨로지는 철학의 존재론에서 유래한 것으로, 공학 분야에서는 프로그램과 인간이 지식을 공유하기 위해 사용된 개념화 명세서라고 정의한다⁵. 해당 도메인에서 사용되는 개념(vocabulary)과 개념의 구조(structure)에 의한 분류체계(taxonomy)에 기반하여 데이터 모델을 만드는 종래의 방법에, 관계(relation), 규칙(rule) 및 제약조건(constraint)을 추가로 명시하여, 데이터 모델에 의미(semantics)를 부여하는 것이 공학에서의 온톨로지 응용 방법론이다. 특징형상 기반 CAD 시스템의 상호 운용성에 대한 기존 연구들은 특징형상 및 설계이력을 표현하는 표준을 정의하고, 표준에 따르는 중립 파일을 이용하여 데이터를 교환하는 관점에서 이루어졌다. 의미는 같으나 문법이 다른 데이터를 사람이 상호 매핑시키는 방법에 기반하는 기존 연구들은, 문법에 대한 매핑만이 이루어질 뿐, 의미에 대한 매핑이 존재하지 않는다. 본 연구는 온톨로지 방법론을 적용하여 의미에 대한 매핑정보를 기술함으로써, 서로 다른 CAD시스템의 다른 형식의 데이

터를, 의미를 포함하는 정보에 의해 통합적으로 다룬다.

본 논문에서는 온톨로지 방법론을 이용하여: i) 설계 특징 형상 온톨로지를 구축하고; ii) 설계 특징 형상 정보를 공유하는 방법론을 제시하고; iii) CATIA와 SolidWorks 간에 특징 형상 정보 공유를 위한 응용 프로그램의 구축 예를 보인다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 특징 형상 관련 연구를 소개하고, 3절에서는 온톨로지 기반 설계 특징형상 공유 방법을 제시하며, 4절에서는 설계 특징 형상 온톨로지의 구축에 대해 기술하고, 5절에서는 구현 예를 보인다.

2. 관련 연구

2.1 온톨로지

인공 지능과 소프트웨어의 재사용, 데이터베이스 관리 등의 영역에서, 실제 세계의 지식을 추출하여 표현하는 것이 중요하다. 특히 데이터베이스의 설계에서 지식을 표현하려는 노력으로, 온톨로지를 이용한 접근 방법이 활발히 연구되고 있다. 온톨로지의 구성 요소는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$O : = \{ C, R, H^c, rel, A^0 \}$$

O : 온톨로지(ontology)

C : 개념(concept)

R : 관계(relation)

H^c : 개념 상속관계(concept hierarchy)

rel : 함수관계(function relation)

A⁰ : 공리(axiom)

온톨로지는 개념과 그들의 관계, 개념들의 계층관계로 구성되고, 여기에 개념들 간의 관계와 개념, 속성들 간의 관계인 공리가 덧붙여진다. 그림 1과 같이 용어를 분류하고 통일하는데 사용되는 분류체계가, 어휘(vocabulary)와 그들의 구조(structure)로 구성이 되었다면, 온톨로지는 이 분류체계에 규칙(rule)이나 관계, 제약조건(constraint), 공리 등의 정보를 추가로 포함하여, 기존의 분류체계 만으로는 해결할 수 없었던, 의미(semantics)를 부여한 데이터 모델이라고 할 수 있다. 온톨로지를 표현하는 언어로는 RDF(Resource

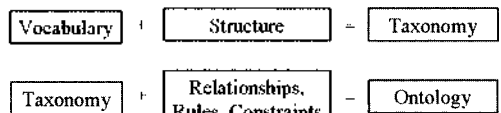


Fig. 1. 온톨로지의 개념.

Description Framework), DAML+OIL, F-logic^[6] 등이 있다.

2.2 특징형상 온톨로지

2.2.1 특징형상 분류체계

CAD 시스템에서 사용될 수 있는 특징형상들의 클래스의 종류는 많지만, 사용되는 도메인의 특성을 고려하여 도메인 별로 분류할 수 있다. 각각의 시스템 별로, 사용되어야 하는 CAD 시스템의 특징형상들을 분류하고 한정하여, 체계를 구축한 것이 특징형상 분류체계(feature taxonomy)이다^[7]. 분류체계 구축 연구로써 CAM-I(Consortium for Advanced Manufacturing International)^[8]에서는 CAD시스템에 대한 표준화된 데이터 표현을 유도하고자 특징형상 분류체계(feature taxonomy)를 구축하였고, 김주용^[9]은 PDES의 특징형상을 기반으로 회전 특징형상 분류체계를 구축하였다.

분류체계를 통해서 CAD 시스템 별, 혹은 각각 특징형상에 사용되는 개별적인 특징형상의 정의 대신에, 일반적인 특징형상 정의의 베커니즘이 적용될 수 있다. 이렇게 해서 구축된 특징형상 분류체계는 일반적인 용어 정의(terminology)의 사용을 유도하고, 데이터 교환에 유용하게 사용될 수 있다. 특징형상 분류에서는 상위 계층의 특성이 하위 계층으로 상속될 수 있어, 새로운 특징형상이 생성될 때마다 특성을 정의하는 수고를 덜어주고, 이런 특성과 함께 객체 지향 프로그래밍의 사용을 이끌 수 있다.

2.2.2 특징형상 온톨로지 기반 시스템

• 건축비용 예측 시스템

건축분야 특징형상 관련 표준의 하나로, 설계자 중심의 모델로 특징형상을 정의하여 사용하는 IFC(Industry Foundation Classes)^[10]가 있는데, IFC에서 정의하는 특징형상은 주로 건축 설계에 필요한 모델링 특징형상(예: wall, beam 등)으로, 이는 건축 경비 계산을 위해서 고려해야 할 건축 요소에 대한 정보를 담고 있지 못하다.

Staub-French 등^[11]은 건축분야에서 사용되는 특징형상의 종합적인 이해를 통해, 기존에 IFC 표준에서 정의한 특징형상들과 이외의 필요한 특징형상을 추가로 정의하여 특징형상의 사용 범위를 넓혔고, 형식적이며 일반적이고 시스템 독립적인 데이터 구조를 위해 특징형상 온톨로지를 구축하였다. 구축된 온톨로지에 건축 경비 계산에 고려되어야 할 특징형상들(예: opening, tum 등)을 추가함으로써, 건축 경비의 추정 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 온톨로지 프레

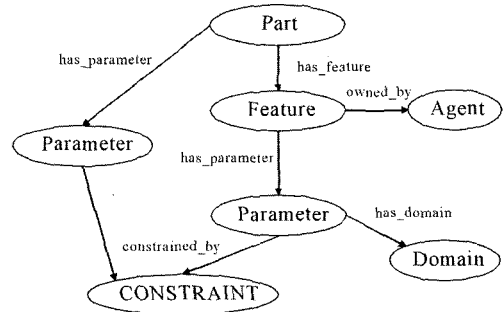


Fig. 2. ToVE 프로젝트 특징형상 온톨로지^[13].

임워크의 장점을 살려 특징형상 데이터의 확장을 지속하고 있고, 이에 따라 시스템의 기능도 보강되며, 프로젝트 독립적이고 재 사용이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

• ToVE(Toronto Virtual Enterprise) 프로젝트

ToVE 프로젝트의 목표는 기업의 전 도메인에 걸쳐, 인간과 기계가 함께 이해할 수 있고 사용할 수 있는, 언어수단을 제공할 수 있는 데이터 모델을 만드는 것이다^[12,13]. 데이터 모델은 온톨로지의 형식인 특정 성질과 관계를 갖는 객체로 표현이 되고, 분류체계와 공리를 정의한다. 구축된 데이터 모델은 기계 시스템과 인간 간에 모호했던 의사소통의 분계의 해결에 대한 기반을 제공하는데, 이를 이용하여 기업 내 정보에 대한 의미론적 검색이 가능하다.

ToVE 프로젝트에서는 기업 전반에 걸쳐 사용되고 있고, 공유 및 재사용해야 하는 모든 용어들을 바탕으로, 시간 온톨로지, 자원 온톨로지, 제품 온톨로지 등을 구축하였다. 제품 온톨로지에 부품, 특징형상, 파라미터, 제약 조건들의 온톨로지를 구축하여, 제조 관련 데이터들의 온톨로지 구축 예를 보였다. 그림 2는 ToVE프로젝트의 특징형상 온톨로지에 대한 예이다.

3. 온톨로지 기반 설계 특징형상 공유 방법

3.1 온톨로지의 계층화

응용 프로그램에서 정보와 지식을 데이터 모델에 담아, 인간과 기계가 지식을 공유하고 재 사용할 수 있는 온톨로지를 구축 하기 위해, 응용프로그램 온톨로지, 도메인 온톨로지, 기반 온톨로지, 온톨로지들 계층화 하는 것이 필요하다^[14]. 온톨로지 엔지니어들이 온톨로지를 개발해서는 내용면에서 구축하고 또한 도메인별 지식이 첨가되기 어렵기 때문에, 도메인 전

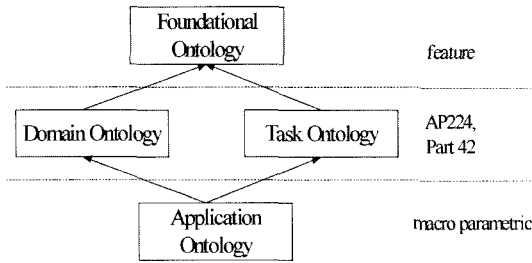


Fig. 3. 온톨로지의 계층화¹⁵⁾.

분가도 온톨로지를 모델링 하고 유지 보수할 수 있어야 한다. 이와 같이 도메인을 분류하여 온톨로지를 구축하기 위해서는, 온톨로지의 분류가 우선 되어야 할 것이다. 온톨로지에서 사용되는 개념을 정의하는 기반 온톨로지, 기반 온톨로지를 이용하여 도메인의 지식을 표현한 도메인 온톨로지, 도메인 온톨로지가 이용하여 특정 응용프로그램에 맞는 응용프로그램 온톨로지를 구축하는 방식으로 온톨로지를 분류할 수 있다.

본 논문에서는 설계 특징형상의 개념을 기반 온톨로지로서 정의하고, ISO 10303 AP224¹⁴⁾, Part 42¹⁵⁾에서 설계 특징형상을 참고하여 도메인 온톨로지를 정의하고, 매크로 파라메트릭에 기반한 설계 특징형상을 다루기 위해 응용프로그램 온톨로지를 정의하였다(그림 3 참조). 매크로 파라메트릭¹⁶⁾이란, CAD 시스템 간의 파라메트릭한 데이터 교환을 위해서, 엔지니어들의 설계의도를 담고 있는 모델링 명령어의 이력에 관한 정보를 갖고 있는, 매크로 파일을 이용하여 제품 데이터를 교환하는 방법이다.

3.2 온톨로지 구축 방법

같은 도메인의 컴퓨터 응용시스템들을 개발할 때 가장 이상적인 방법은, 그림 4와 같이 개발 이전에 그 도메인에서 사용되는 용어들의 온톨로지를 구축하고, 그 표준 온톨로지를 상속 받아서 시스템 별로 용도에 맞게 시스템 온톨로지를 작성하여 사용하는 Top down 방식이다. 이런 경우, 여러 개의 시스템이 개발되어도, 같은 데이터 형식을 사용하기 때문에 데이터의 호환이 자유롭다.

그러나 현실은 이와 달리, 이미 존재하는 시스템들이 공통의 표준에 의해 개발되지 않았기 때문에, 각자 다른 데이터 형식을 사용하고 있어 데이터 교환과 호환이 불가능 하다. 이런 상황에서는 그림 4에서 나타낸 것과 같이 표준이 될 수 있는 온톨로지를 구축하고, 각 응용 프로그램의 온톨로지를 구축한 후, 이들 사이의 연결작업(bridging)을 하는 Bottom up 방식을

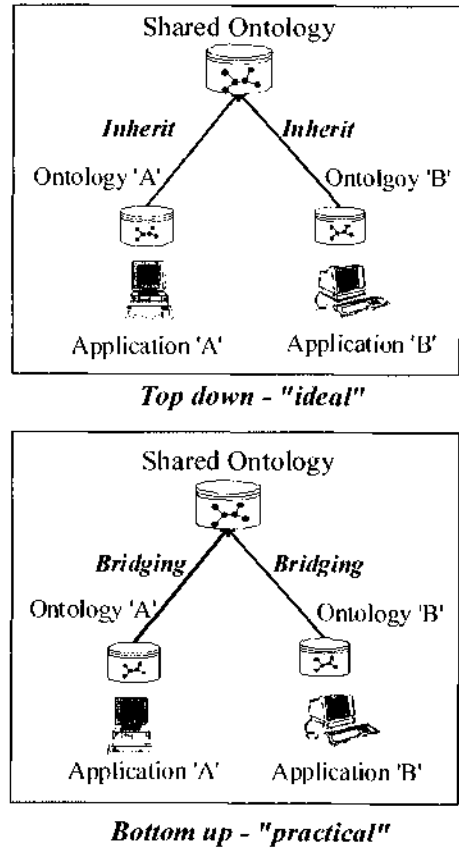


Fig. 4. 온톨로지의 구축 방법 - Top down, Bottom up 방식.

택해야 할 것이다

연결작업¹⁷⁾이란, 각 시스템에서 구축된 특징형상 온톨로지서 특징형상의 관련 지식과 정의를 표시한 공리가 다를 경우, 이들 간의 관계를 다시 공리로 정의하여, 의미는 같은데 정의가 다른 데이터가 의미론적으로 같음을 명시해 주는 것을 말한다.

실제 상용 CAD시스템들이 공통의 표준 온톨로지를 정의하고 공유하여 데이터 모델을 만들었다면, 서로 다른 CAD시스템 간의 데이터 호환이 가능 했을 것이다. 그러나 개발 당시 서로 다른 데이터 모델을 사용하였기에 호환이 불가능 하므로, Bottom up방식을 사용하여 표준이 되는 온톨로지를 구축하고, 각 CAD 시스템 별로 온톨로지를 작성하여 이들을 연결해 주어야 한다. 매크로 파라메트릭 연구에서 데이터 모델 교환을 위해 정의한 표준 모델링 명령어^{18,19)}가, 데이터 교환의 관점에서 표준 온톨로지의 기능을 하고 있지만 의미론 정보가 부족하다.

본 논문에서는 매크로 파라메트릭 표준에서 정의하고 있는, 디자인 특징형상들을 기반으로 표준 온톨로

지(shared ontology)를 구축하고, 기타 다른 상용 CAD시스템의 특정형상의 온톨로지를 각각 정의한 후, 이들의 연결(bridging)을 통하여 특정형상 정의들의 통합을 시도한다.

3.3 온톨로지에서의 추론

서로 다른 시스템의 데이터가 호환 및 공유가 되기 위해서는, 다른 데이터 정의들 간의 추론이 이루어져야 한다. 그림 5에서와 같이 서로 다른 응용프로그램 A와 B를 상호 운용하려 할 경우, 공리를 통해 구축된 표준(shared) 온톨로지와 응용프로그램 A를 연결하고, 구축된 표준 온톨로지와 응용 프로그램 B를 연결하면, A와 B는 연결 해주지 않아도 추론이 된다.

여기서 연결 작업은 공리를 정의해 줌으로써 가능한데, 표준 온톨로지서 정의한 온톨로지를 A와 B가 상속을 받고, A와 B가 정의한 온톨로지와 다른 부분이나, 결여된 부분, 추가된 부분에 대해선 그 의미를 공리로 나타내 줌으로써 연결이 된다.

이때, 표준 온톨로지의 공리는, 여러 시스템에 대해 잘 알고 있는 전문가가 가능한 공리를 모두 정의해 주게 되고, 각 응용 프로그램의 온톨로지를 구축하는 전문가는, 표준 온톨로지를 상속받아 자신의 응용프로그램과 연결을 해 주게 된다. A시스템의 전문가는 A에 대한 정보와 표준 온톨로지만을 알고, B시스템의 전문가는 B시스템과 표준 온톨로지만을 알고 있는 상태에서 공리에 의한 추론에 의해 두 시스템은 호환 될 수 있다.

즉 상호 운용하고자 하는 시스템의 종류가 증가해도, 표준 온톨로지와 공리에 의한 추론 기능에 의해, 각각의 시스템 간의 상호운용성을 고려하지 않아도 전체적인 호환이 가능하다. 표준 온톨로지가 잘 구축이 되어 있다면, N개의 시스템을 상호 운용하기 위해 2N번의 연결작업을 하는 것이 아니라, N번의 연결작

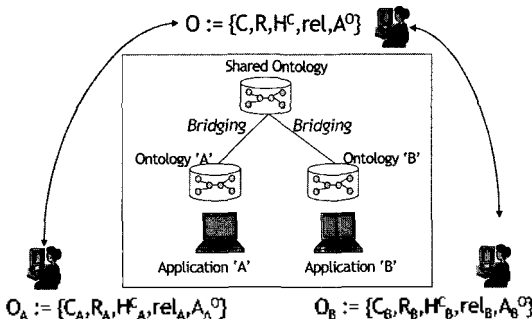


Fig. 5. 온톨로지에서의 추론.

업만이 요구된다. 이것을 확장하여, 다른 도메인의 시스템도 표준 온톨로지와 시스템의 온톨로지를 연결시키면 통합적인 호환이 가능하다. 여기서 중요한 점은 완벽한 상호 운용이 가능하기 위해서는, 표준 온톨로지가 강건하게 구축이 되어야 한다는 것이다.

3.4 온톨로지 기반 응용프로그램의 구조 및 운용

그림 6은 온톨로지를 이용하여 응용프로그램들의 데이터를 통합하여 사용하기 위한 응용프로그램의 구조를 보여준다. 온톨로지 기반 응용프로그램은 우선, 각 응용프로그램 별 데이터들의 온톨로지가 기초가 되고, 데이터들의 온톨로지 인스턴스들을 담고 있는 온톨로지 데이터베이스가 구축된다. 다른 응용프로그램의 온톨로지 인스턴스들은 가상공간에서 통합되어 통합 데이터베이스를 이루고, 가상통합 데이터베이스를 이용하는 하나의 응용프로그램이 구축된다. 최종의 응용프로그램은 실제로는 여러 개의 데이터베이스를 갖지만, 온톨로지에 의해 이들이 통합된 가상 데이터베이스를 갖는 것이다. 그림 6의 온톨로지 데이터베이스와 통합 가상 데이터베이스, 통합 가상 데이터베이스와 응용프로그램 간을 연결해주는 인터페이스(Interface)는 온톨로지 추론에 의해 가능하다.

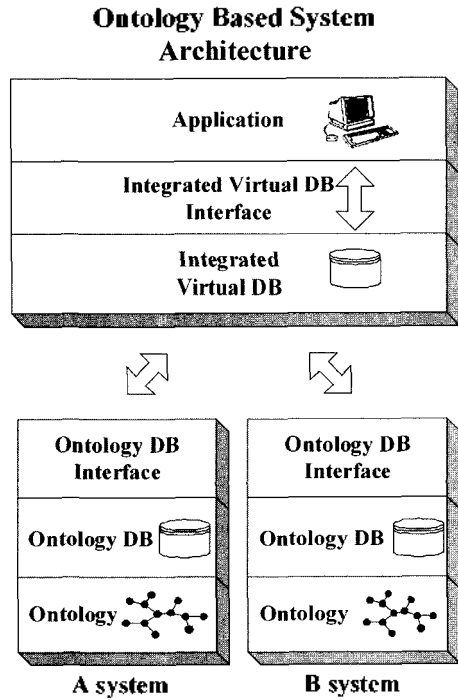


Fig. 6. 온톨로지 기반 시스템 아키텍처.

4. 설계 특징형상 온톨로지

4.1 분류체계

CAD 시스템의 디자인 특징형상의 온톨로지를 구축하기 위해서, 제조업 관련 특징형상 표준에 해당하는 AP224와 특징형상 자원(feature resource), macro parametrics에서 정의한 특징형상들 중, 디자인 특징형상에 해당하는 것을 종합 분석하여, 특징형상 분류체계(feature taxonomy)를 구축하였다. 구축된 특징형상 분류체계를 통해서, 특징형상 간의 계층 관계를 명시할 수 있다. 구축한 분류체계(taxonomy)의 일부를 그림 7에 나타내었다.

Solid 특징형상 하부에 설계에서 사용될 수 있는 특징형상을 prismatic, rotational, auxiliary, operation, sheet의 5종류로 나누고 하부에 관련 특징형상들을 정의하였다. 여기서 상위에 해당하는 특징형상들은 각각의 정의들을 하부 특징형상에 상속을 하여, 계층 관계에 따라 특성 정의가 일괄적으로 적용 된다. 또한, 상위 특징형상은 인스턴스를 생성할 수 없는 추상 클래스에 해당한다. 분류체계를 구축함으로써 하위 특징형상들은 상위 특징형상들의 특성을 상속 받을 수 있고, 새로운 특징형상의 정의가 발생할 경우 확장이 쉬우며, 기타 다른 분야에서도 재사용 될 수 있다.

분류체계에 근거하여 표 1에 나타난 예와 같이, 온톨로지의 다른 요소인 개념, 상속, 관계, 범위 등을 정의하였다. 표 1에 나타난 정의 중 하나로 pocket 특징형상 같은 경우, pocket 특징형상을 설계하는데 있어 필요한 여러 정의들인, pocket 스케치가 그려질 면,

Table 1. 개념, 관계, 범위의 예

Concept	Parent	Relation	Range
solid_feature	none	placement	orientation
prismatic_feature	solid_feature		
block	prismatic_primitive_feature	height	DOUBLE
		length	DOUBLE
		width	DOUBLE
pocket	prismatic_primitive_feature	target_face	STRING
		own_direction	direction
		height	DOUBLE
		width	DOUBLE
		length	DOUBLE
slot	prismatic_primitive_feature	target_face	STRING
		own_direction	direction
		height	DOUBLE
		width	DOUBLE
		feature_length	DOUBLE
step	prismatic_primitive_feature	course_of_travel	path
		wall_boundary	profile
pad	prismatic_primitive_feature	profile_curves	profile
		iris_limit	end_type
		second_limit	end_type
		own_direction	direction

특징형상의 방향, 길이, 스케치의 길이, 넓이 등의 관계를 포함해야 한다. 정의한 관계들이 어떤 형식의 데이터인지 컴퓨터가 이해할 수 있는 데이터 형인

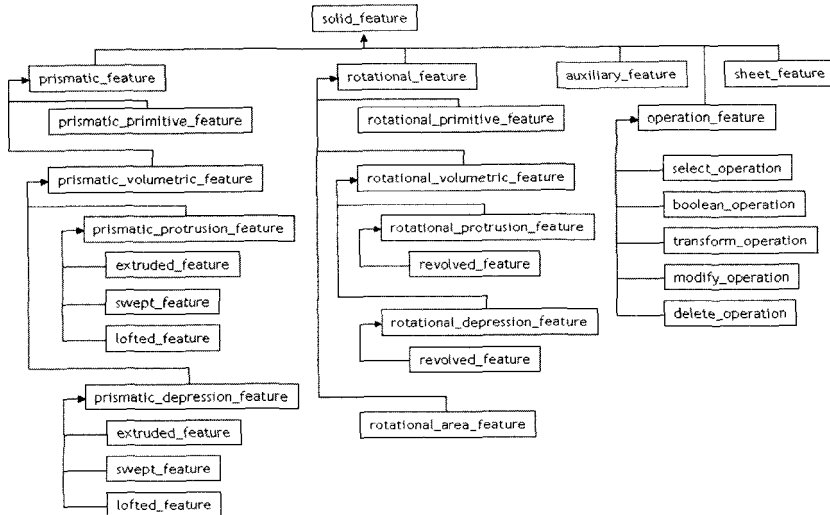


Fig. 7. 설계 특징형상 온톨로지의 분류체계.

DOUBLE, BOOLEAN, STRING이나 path, profile 등의 범위도 명시해 준다. 범위 정의 중 소문자로 작성된 orientation, direction, profile, path, end_type 등은, 적절 정의한 데이터 형으로 하나의 데이터 형으로 정의되지 않고, 복잡한 범위를 요구하는 경우에 사용자가 직접 정의하게 된다.

4.2 공리 정의

공리는 온톨로지 기반 데이터에서 의미에 기반한 질의(query)를 가능하게 하는 핵심 요소이다. 공리란 선언적이고 동시에 엄밀하게 표현된 지식으로 옳음을 증명하지 않고도 받아들여져야 하는 것으로, 논리의 세계에서는 추론의 전제가 되는 지식을 나타내는데 본질적인 의미가 있다^[20]. 인간은 다르게 정의된 데이터도 이해할 수 있는 반면 기계는 이해할 수 없다. 공리는, 인간은 이해할 수 있는 당연한 지식을 데이터에 부여해 줌으로써, 기계도 이해할 수 있도록 한다. 그림 8은 공리가 부여된 온톨로지 작성 파일의 한 예로 F-logic의 형식으로 나타낸 예이다. 특징형상 온톨로지에서 정의하는 round_hole 특징형상의 상속관계와 속성들, 속성들의 범위를 정의해 주고 있다. 부여한 공리는 표준 round_hole 특징형상에서 좌표계를 정의하는 방식과 기타 다른 시스템에서 정의하는 방식이

틀려, 표현 방식이 다르더라도 같은 의미라는 것을 공리를 정의해 줌으로써 나타내고 있다. 이렇게 정의해 준 공리로 인해 다른 시스템에서 다르게 정의된 좌표계의 데이터를 표준 좌표계 정의로도 추론 할 수 있게 된다.

4.3 공리를 이용한 추론

온톨로지에 기반해서 설계 특징형상이 공유되는 방법으로 두 가지가 있다. 첫번째는 다르게 정의된 용어나 계층 관계 사이의 매핑(mapping)을 시켜주는 것이다. 두번째는 일대일 매핑이 되지 않는 경우, 공리를 통해서 추론되게 하는 것이다.

본 논문에서 정의한 표준 설계 특징형상 온톨로지에서는, 'round_hole' 특징형상의 경우 중심점을 갖는다는 관계를 정의하게 되는데, 이 중심점의 범위는 컴퓨터가 이해할 수 있는 데이터 타입인 'double'형 변수로, 3차원 좌표 시스템에서 위치를 나타낼 수 있도록, 3개의 변수로 구성된 position으로 정의한다. 그러나 CAD시스템 별로 이 중심점을 정의하는 방식이 달라서, position과 같이 하나의 데이터 타입을 만들어서 정의하는 경우도 있는 반면, 그냥 'double'형 변수 3개의 배열 형태로 나타내는 경우도 있다. 이런 경우에 컴퓨터는 같은 데이터임에도 그 정의가 달라 다른 데이터로 인식한다. 따라서, 'round_hole' 특징형상의 중심점을 나타내는 공리를 정의해 주고, 다른 두 정의가 일치함을 공리를 통해 명시해 줌으로써, 다른 CAD시스템 간의 다른 특징형상 정의를 통합 할 수 있다. 이렇게 다른 특징형상 정의의 애와, 이를 연결시켜주기 위한 온톨로지 공리의 예를 그림 9에 나타내었다.

```
// CONCEPTS -----
solid_feature::DEFAULT_ROOT_CONCEPT.
rotational_feature::solid_feature.
rotational_primitive_feature::rotational_feature.
hole::rotational_primitive_feature.
round_hole::hole.

// LOCAL RELATIONS -----
round_hole[cs⇒coord_sys;
center⇒position;
depth⇒DOUBLE;
bottom_angle⇒DOUBLE;
head_angle⇒DOUBLE;
bottom_type⇒INTEGER].

// AXIOMS -----
rule_1: FORALL X,Y,W (X[W⇒Y] AND
Y[x⇒DOUBLE;y⇒DOUBLE;z⇒DOUBLE] ) <->
(X[x⇒DOUBLE;y⇒DOUBLE;z⇒DOUBLE]).
rule_2: FORALL X,Y (X[cs⇒Y] AND
Y[origin⇒position;dx⇒direction;dy⇒direction;dz⇒direction] ) <->
(X[origin⇒position;dx⇒direction;dy⇒direction;dz⇒direction]).
```

Fig. 8. 특징형상 온톨로지의 작성.

4.4 설계 특징형상 데이터 검색

서로 다른 CAD시스템을 통합적으로 사용하기 위

```
표준(Shared) 온톨로지의 hole 특징형상 정의
round_hole=(coord_sys, center, depth,
bottom_angle, head_angle, bottom_type)

A 시스템 hole 특징형상 정의
simple_hole=(ox,oy,oz,dx1,dx2,dx3,dy1,dy2,
dy3,dz1,dz2,dz3,depth,diameter,flip,dir,htype,
etype,angle,angle2)

의미를 부여하기 위한 온톨로지의 axiom 정의
FORALL X,Y (X:(round_hole[center⇒Y]))
<-> (X:(simple_hole[ox⇒DOUBLE;
oy⇒DOUBLE;oz⇒DOUBLE])).
```

Fig. 9. 다른 특징형상 정의와 공리 정의의 예.

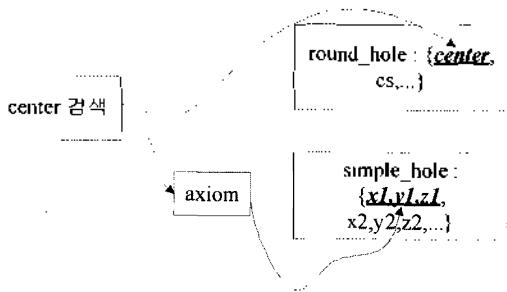


Fig. 10. 공리에 의한 추론.

해, 표준 특징형상 온톨로지를 사용하여 서로 다른 CAD시스템의 특징형상을 검색한다. 같은 정의의 특징형상의 경우는 단순한 검색이 되고, 다른 정의의 경우는 공리에 의해서 추론이 된다.

그림 10은 공리에 의해 데이터가 검색 되는 것을 보여준다. simple_hole과 round_hole은 같은 의미의 특징형상인데, 다른 시스템에서 정의가 되어 다른 이름과 다른 정의를 가지고 있다. 'center'를 검색하라는 명령에 의해 'center' 인자를 가진 round_hole 특징형상의 인자 'center'는 직접 검색되고, simple_hole 특징형상은 그림 10에서 나타낸 공리에 의해서 'center'에 해당하는 'x1,y1,z1'이 검색 된다. 검색을 위해서는 질의(Query) 문이 작성되어야 하며, 질의문의 예는 아래와 같다.

```
FORALL X,Y ← X:Y.
  X의 인스턴스 검색
FORALL X,Y,W ← X :(Y[centerT⇒W]).
  center라는 인자를 갖는 특징형상의 검색
```

검색하려는 용어에 대한 여러 가지 관계들을 갖는 용어들을 온톨로지에 정의하기 위해서는, 일관적인 질의문이 요구된다^[11]. 즉 단순한 용어검색을 비롯하여, 상위계층 검색에 사용되는 질의문, 하위계층 검색시 필요한 질의문, 소유관계 검색시 필요한 질의문 등을 정의해 두고, 이를 GUI(Graphic User Interface) 상에서 사용자가 이해할 수 있는 자연어의 표현으로 선택할 수 있게 함으로써, 복잡한 질의문 형식(F-logic 포맷)을 사용하지 않고 검색을 할 수 있다.

5. 구 현

5.1 구현 목표 및 환경

본 연구에서 구현된 시스템은, 서로 다른 스크립트 언어로 표현된, 상업용(commercial) CAD 시스템의 매크로 파일들을 입력 받아서, 각각의 응용프로그램의 설계 특징형상 온톨로지에 기반한 온톨로지 데이터로 변환하고, 도메인 온톨로지의 정보에 근거하여 여러 상용 시스템 매크로 파일들을 통합적으로 검색 및 편집하여, 수정된 상용 매크로 파일들을 출력한다. 그림 11은 이 작업 순서를 나타낸다. 구현 예로써는 hole, pocket 특징형상을 검색하고 편집하였다.

시스템의 구현 환경은 다음과 같다.

- ▶ 운영체제(OS) : Windows XP
- ▶ 하드웨어 Platform : Intel Pentium
- ▶ 프로그래밍 언어 : C++, Visual Basic
- ▶ 온톨로지 에디터 : OntoEdit
- ▶ 온톨로지 추론엔진 : OntoBroker
- ▶ 모델링 환경 : CATIA V5R7, SolidWorks 2001

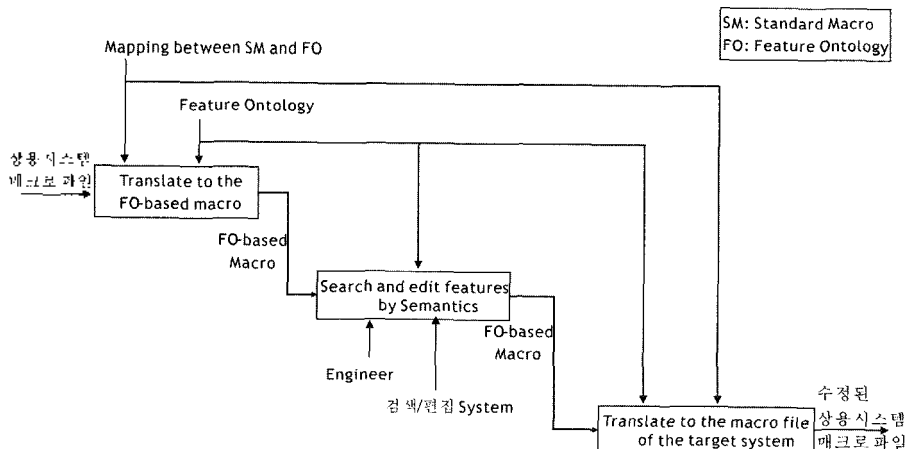


Fig. 11. 구현 시스템의 IDEF0 다이어그램.

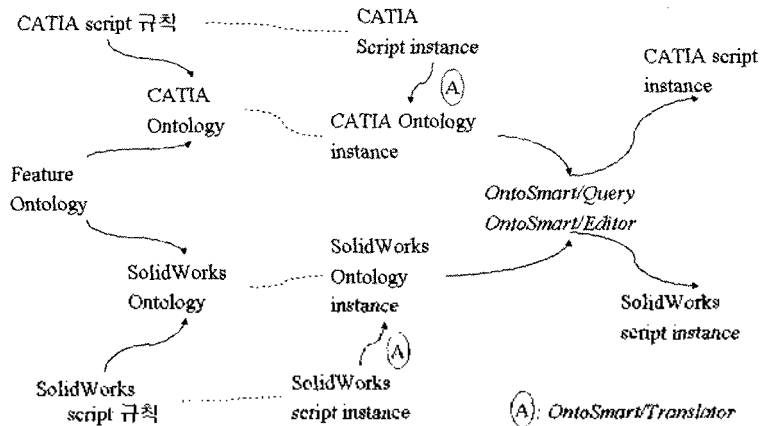


Fig. 12. 시스템 구성.

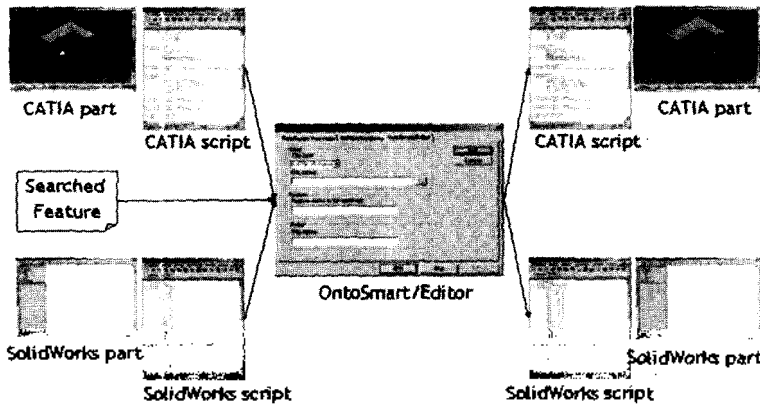


Fig. 13. OntoSmart/Editor.

5.2 구현 시스템

검색에 사용한 데이터로는 상용 CAD시스템인 CATIA V5R7와 SolidWorks 2001시스템의 매크로 파일을 이용했다. 구현한 시스템의 명칭은 OntoSmart 이고 OntoSmart는 3개의 모듈로 구성된다.

- 전처리기 : OntoSmart/Translator
- 메인 모듈 : OntoSmart/Query
- 후처리기 : OntoSmart/Editor

그림 12는 시스템의 구성을 보여준다.

OntoSmart/Translator는, CATIA, SolidWorks의 매크로파일에서 특징형상 온톨로지를 추출하여, 인스턴스 파일을 생성한다. 파트 파일의 매크로 파일 내의 모델링 이력 중, 특징형상의 온톨로지 정보가 파일로 추출된다. OntoSmart/Query에서는 특징형상의 검색이 실행된다. 특징형상을 검색하기 위해서, 온톨로지 추론 엔진인 상용프로그램 OntoBroker²²⁾를 사용했는

데, 검색 실행에 앞서 OntoBroker 서버에 구축한 온톨로지 파일들과, 전처리기에서 추출한 온톨로지 인스턴스 파일들을 로딩한다. 질의문을 통한 검색으로 인스턴스 파일 내의 특징형상 데이터가 검색이 된다.

마지막 OntoSmart/Editor에서는 편집할 특징형상을 적고 편집 명령을 실행한다. 본 논문에서는 간단한 편집 구현 예로, 특징형상 삭제 기능을 구현하였다. 삭제할 특징형상으로 hole을 선택하면, 그림 13과 같이 hole특징형상이 삭제되는 것을 확인 할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 제품 데이터의 공유 및 교환에서의 상호 운용성 문제를 해결 하기 위해, 온톨로지 방법론을 이용하여 설계 특징형상 온톨로지 구축하였다.

온톨로지를 통해 지식을 함유한 데이터 모델을 만들고, 각 지식을 포함한 온톨로지에 의해 CAD시스템

간에 설계 특징형상 데이터를 공유하는 방법을 제안하였다. CATIA와 SolidWorks 간 특징형상 공유를 통하여, 통합된 환경에서 특징형상을 검색하고 편집하는 응용프로그램을 구현하여, 서로 다른 CAD시스템 간에 상호 운용됨을 보였다.

구축된 온톨로지를 통해 서로 다른 정의의 특징형상들이 의미론적으로 통합됨을 보임에 따라, 다양한 응용프로그램을 사용하고 있는 각 분야에서, 여러 응용프로그램을 하나의 환경에서 사용하게 할 수 있는 가능성을 제시하였다.

향후 연구로는 특징형상 온톨로지에 가능한 지식을 많이 정의하여, 실제 CAx 시스템 간 데이터 공유와 교환에 있어 데이터 모델의 표준을 제시하도록 하고, 특징형상 검색의 경우 자연어 처리에 의한 시스템을 구현하며, 이를 웹서비스(Web Service)와 연동하여 인터넷을 통한 프로그램 공유를 실현 할 수 있도록 하는 연구가 필요하다.

참고문헌

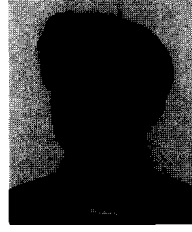
1. Michael P. Gallaher, Alan C. O'Connor, Thomas Phelps, "Economic Impact Assessment of the International Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP) in Transportation Equipment Industry," Planning Report 02-5, RTI사, NIST, 2002.
2. 문두환, 한순홍, "매크로 파라메트릭 방법론을 이용한 CAD 모델의 교환," 한국 CAD/CAM학회 논문집, Vol. 6, No. 4, pp. 254-262, 2001.
3. 분누환, 김병철, 한순홍, "피쳐 트리와 매크로 파일을 이용하는 하이브리드 파라메트릭 번역기," 한국 CAD/CAM학회 논문집 Vol. 7, No. 4, pp. 240-247, 2002년 12월.
4. ISO TC184/SC4/WG12 N1407, Product Data Representation and Exchange : Integrated Application Resource : Construction History Features.
5. Alexander Maedche, Steffen Staab "Ontology Learning for the Semantic Web," IEEE Intelligent Systems, Vol. 16, No. 2, pp. 72-79, 2001.
6. Oscar Corcho, Mariano Fernandez Lopez, Asuncion Gomez Perez. "Methodologies, Tools and Languages for Building Ontologies," Data and Knowledge Engineering, Vol. 46, No. 1, pp. 41-64, 2002.
7. J. Shah, M. Marti Mantyla, "Parametric and Feature-Based CAD/CAM," John Wiley & Sons, Inc, New-York, 1995.
8. W. R. Butterfield, M. K. Green, D. C. and Scott, W. J. Stoker, "Part Features for Process Planning," CAM-I Report R-85-PPP-03, Arlington, 1986.
9. Joo-Yong Kim, Peter O'Grady, Robert E. Young, "Feature Taxonomies for Rotational Parts : A Review and Proposed Taxonomies," *International Journal of Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 4, No. 6, pp. 341-350, 1991.
10. International Alliance of Interoperability (IAI) (2001). "IFC 2x Extension Modiling Guide," <http://www.iai.org.uk>
11. Sherly Staub-French, Martin Fischer, John Kunz, Boyd Paulson, Kos Ishii, "A Feature Ontology to Support Construction Cost Estimating," CIFE Working Paper #69 July 2002.
12. ToVE 프로젝트 <http://www.cil.utoronto.ca/tove/ontoTOC.html>
13. J. Lin, M. S. Fox, and T. Bilgic, "A Requirement Ontology for Engineering Design," *Concurrent Engineering : Research and Applications*, Vol. 4, No. 4, pp. 279-291, Sept. 1996.
14. ISO TC184/SC4, ISO 10303-224: Mechanical Product Definition for Process Planning Using Machining Features. 1996.
15. ISO TC184/SC4, ISO 10303-42: Integrated Generic Resources : Geometric and Topological Representation.
16. 최국현, 문두환, 한순홍, "Exchange of CAD Part Models Based on the Macro-Parametric Approach," *International Journal of CAD/CAM* (www.ijcc.org), Vol. 2, No. 2, pp. 23-31, Feb. 2002.
17. P. Katranuschkov, A. Gehre, and R. J. Scherer, "An Engineering Ontology Framework As Advanced User Gateway to IFC Model Data," in: *ECPPM 2002 - eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, Turk Z. & Scherer R.J., (ed.); A.A. Balkema, 2002.
18. 문두환, 한순홍, 오유천, "A Set of Standard Modeling Commands for the History-Based Parametric Approach", *CAD*, Vol. 35, No. 13, pp. 1171-1179, Nov. 2003.
19. 표준 모델링 명령어 규격서, KAIST 기계공학과 iCAD연구실.
20. Riichiro Mizoguchi, Mitsuru Ikeda, "Ontology Engineering - Towards the Basic Theory and Technology for Content-Oriented Research," *人工知能學會誌*, Vol. 13, No. 4, pp. 559-569, July, 1997.
21. 최무라, 유상봉, "제품 정보 검색에 온톨로지 활용 방법," 한국 CAD/CAM학회 논문집 Vol. 6, No. 4, 2001년 12월.
22. Ontoprise사 홈페이지, <http://www.ontoprise.de> 21, 22.



이 윤 숙

2002년 홍익대학교 기계공학과 학사
2004년 한국과학기술원 기계공학과 석사
2004년~현재 삼성전자 가전연구소 연구원

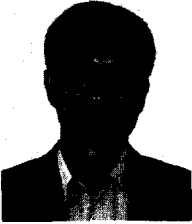
관심분야: Ontology, 선분가시시스템, 메크로 파라메트릭



천 상 욱

1994년 한국과학기술원 산업공학과 학사
2002년 포항공과대학 산업공학과 석사
1994년~2000년 (주)큐빅테크 기술연구소
2002년~현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정

관심분야: CAD, STEP-NC



한 순 홍

한국과학기술원 기계공학과와 교수이며, 웹지널인 International Journal of CAD/CAM(www.ijcc.org)의 편집장으로 활동하고 있다. 2003년까지 STEP센터(www.kstep.or.kr)의 회장과 전자거래학회(www.calsec.or.kr)의 회장을 맡았으며, 관심분야는 STEP, 가상현실 응용, 지능형 CAD이다. 연락처는 shhan@kaist.ac.kr, 홈페이지 <http://icad.kaist.ac.kr>, 미국 미시건 대학에서 1990년 박사학위