

파라메트릭 CAD 모델 교환을 위한 OSI와 IGM 기반의 고유 명칭 방법과 명칭 매핑 방법

문두환*, 한순홍*

An Approach to Persistent Naming and Naming Mapping Based on OSI and IGM for Parametric CAD Model Exchanges

Mun, D.H.* and Han, S.H.*

ABSTRACT

If the topology changes in the re-generation step of the history-based and feature-based CAD systems, it is difficult to identify an entity in the old model and find the same entity in the new model. This problem is known as "persistent naming problem". To exchange parametric CAD models, the persistent naming problem and the naming mapping problem must be solved among different CAD systems which use different naming scheme. For CAD model exchange the persistent naming has its own characteristics compare to that for CAD system development. This paper analyses previous researches and proposes a solution to the persistent naming problem for CAD model exchanges and to the naming mapping problem among different naming schemes.

Key words : CAD Model Exchange, IGM (Internal Geometric Model), Macro Parametric, Naming Mapping, OSI (Object Space Information), Persistent Naming

1. 서 론

현재 사용되고 있는 대부분의 CAD 시스템들은, 특징형상 기반의 CAD 시스템이다. 특징형상 기반 CAD 시스템의 설계 모델은 형상을 나타내는 B-rep 정보, 제약조건, 파라메터, 특징형상 정보를 가지고 있다. 특징형상은 높은 수준이면서, 적용 분야에 종속적인 형상 생성 작업을 위한 모델링 라이브러리를 제공한다^[1].

대부분의 상업용 CAD 시스템들은 특징형상 기반 모델 데이터의 표현을 위해서 Hybrid 모델을 저장하는 방식을 채택하고 있다. Hybrid 모델이란 Procedural 모델과 B-rep 모델을 모두 가지고 있는 모델이다. Procedural 모델은 모델링 순서를 저장한 것으로 각 모델링 단계는 form 특징형상으로 이루어져 있다. 일반적으로 CAD 시스템의 피쳐 트리가 Procedural 모델에 해당된다. B-rep 모델은 모델링 결과로 생성된 자세한 형상 정보를 저장한 것으로 형상의 경계 요소

(bounding element)를 저장한다^[2].

모델 생성 과정을 통하여 설계된 모델이 제품의 요구 조건을 만족하지 못할 경우, 사용자는 CAD 모델의 피쳐 트리에 정의된 특징형상 정보를 수정함으로써 설계 변경을 한다. 그러나 모델 수정 과정에서 변경된 파라메트릭 정보를 이용하여 모델을 재생성할 경우에, 위상학적인 변화가 발생하게 된다. 이때 특징형상이 참조하는 위상 엔터티 정보를 잘못 해석하는 경우에, 예상했던 것과 다르게 모델이 생성된다. 이와 같은 문제를 "고유 명칭(persistent naming) 문제"라고 한다^[3,4]. Fig. 1은 SolidWorks에서 고유 명칭 문제의 예를 보여 주고 있다. Fig. 1의 마지막 단계에서 수직 Slot이 돌출 특징형상을 관통하도록 수정함에 따라, 왼쪽 모서리가 두개로 분할되었다. 그런데 예상과는 달리 Fillet 특징형상이 점선으로 표시된 왼쪽 모서리에는 적용되지 않은 것을 볼 수 있다.

서로 다른 CAD 시스템들 사이에서 파라메트릭 정보가 포함된 CAD 모델을 교환하기 위해서는, 앞에서 설명한 고유 명칭(persistent naming) 문제와, 상업용 CAD 시스템들이 서로 다른 명칭(naming)법을 사용함으로써 발생하는 명칭 매핑(naming mapping) 문제들

*KAIST

- 논문투고일: 2004. 03. 03

- 심사완료일: 2004. 04. 12

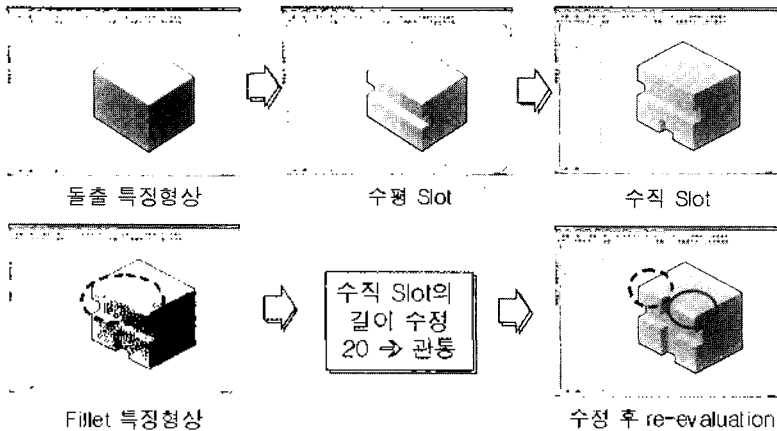


Fig. 1. The persistent naming problem in SolidWorks.

해결해야 한다. 일반적으로 고유명칭 문제는, 특징형상 기반 CAD 모델링과, CAD 모델 교환이라는 목적에 따라 성격이 달라지게 된다. 그동안 특징형상 모델링에서 고유명칭 문제는 연구되어 왔지만, 교환에 대한 연구는 미진하여 CAD 모델의 교환 목적에 적합한 고유 명칭 방법에 대한 연구가 필요하다.

2. 용어 설명 및 관련 연구

2.1 기술의 분류 및 용어 설명

본 논문에서 다루는 분야는 Fig. 2와 같이 (1)고유

명칭(Persistent Naming) 문제와 (2)명칭 매핑(Naming Mapping) 문제로 나뉜다.

(1)고유 명칭 문제는 다시 (1.1)명칭(Naming) 문제와 (1.2)이름 매칭(Name Matching) 문제로 나뉜다. 특징형상 기반의 CAD 시스템에서는 생성된 모델이 일련의 특징형상의 순서로 표현 된다. 이때 모든 특징형상은 이전 모델에 있는 위상 엔티티를 참조하여, 새로운 형상 엔티티들을 암묵적(implicit)으로 생성하게 되고, 새롭게 생성된 형상 엔티티들은 다시 이후의 특징형상을 정의하기 위해서 다시 참조된다. (1.1)명칭 문제는 모델 생성 과정에서 모델의 위상 엔티티의 이

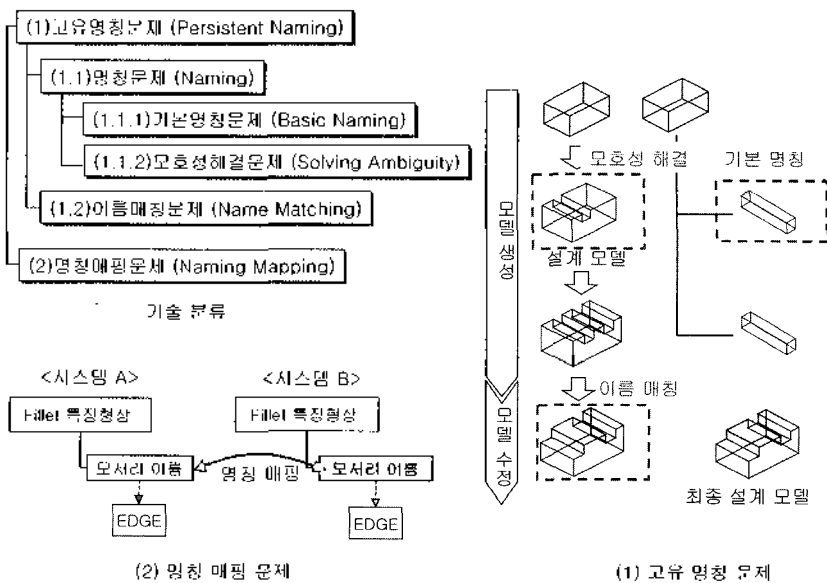


Fig. 2. Classification of persistent naming and naming mapping problem.

름을 부여하는 문제로 정의된다. (1.2)이름 매칭 문제는 모델 수정 과정에서 구 모델의 선택된 위상 엔터티에 대응되는 신 모델의 위상 엔터티를 찾는 방법에 관한 문제로 정의된다.

(1.1)명칭 문제는 또다시 (1.1.1)기본 명칭(Basic Naming) 문제와 (1.1.2)모호성 해결(Solving Ambiguity) 문제로 나뉜다. (1.1.1)기본 명칭 문제는 모델링의 기본 단위의 특징형상을 구성하는 위상 엔터티들을 식별하기 위해서 이름을 부여하는 문제로 정의된다. (1.1.2)모호성 해결 문제는 이전 단계의 설계 모델에 덧붙이는 과정에서, 면의 분할 등에 의해서 동일한 이름을 가지는 위상 엔터티들이 2개 이상 존재할 경우, 이들을 구별하는 문제로 정의된다.

(2)명칭 매핑 문제는 파라메트릭 정보가 포함된 CAD 모델을 교환할 때 발생하는 문제로서, 특징 형상 생성을 위해서 참조하는 위상 엔터티의 이름을 표현하는 방법(명칭 방법)이 각 CAD 시스템들마다 서로 달라, 특징형상이 참조하는 서로 다른 위상 엔터티의 이름을 매핑하는 문제이다.

2.2 관련 연구

Kripac^[3]은 각 모델링 단계의 위상 엔터티들의 변경 이력 정보를 가지고 있는 face graph를 이용하여, 이름 매칭 알고리즘을 제안하였다. 그러나 Kripac이 제안한 알고리즘은 복잡하여 구현하기가 어렵고, 면들의 명칭 방법과 같이 이름 매칭할 때 필요한, 자세한 부분이 논문에 언급되어 있지 않다.

Capoyleas^[4]는 프로파일, 궤적과 같은 특정 형상의 입력 정보와 위상 정보를 이용한 명칭(topological naming) 방법을 제안하였다. Chen^[5]은 Capoyleas가 제안한 명칭(naming) 방법에 기반하여, 집, 모서리, 면에 대한 이름 매칭 알고리즘을 제안하였다.

Wu^[6]는 면에 기반한 위상 정보 이용 명칭(topological naming) 방법을 제안하였다. 그리고 위상 엔터티를 명칭 할 때 발생하는 모호성 문제를 해결하기 위해서, 기하 정보인 PSI(parametric space information)를 이용하는 방법을 제안하였다. 그러나 Wu는 이름 매칭(name matching) 방법에 대해서는 다루지 않았다. 양창윤^[10]은 Wu의 명칭 방법을 이용한 특징형상 기반의 솔리드 모델러의 ID 시스템 구현에 관해 연구하였다.

Agbodan은 shell graph를 이용한 명칭 방법^[11]과 이름 매칭 방법^[12]을 제안하였다. Shell graph는 Kripac의 face graph와 비슷하나, graph에 계층적인 구조를 도입하여 여러 상세 수준(level of granularity)을 참조할 수 있다.

CAD 모델 교환 시 발생하는 고유 명칭(persistent naming) 문제를 해결하기 위해서, STEP 파라메트릭스 그룹의 Tony Ranger는 기존의 연구와는 다르게, 명시적인 엔터티를 사용하여, 참조하는 위상 엔터티를 전달하는 방법을 제안하였다^[13].

Pro/Engineer, SolidWorks, SolidEdge, CATIA와 같은 상업용 시스템들은, 내부적으로 고유 명칭 문제에 관한 많은 연구를 하였으나, 상업용 시스템들 간의 경쟁으로 인하여 외부에 그 구현 방법에 대하여 공개하고 있지 않다. 본 논문에서는 CATIA의 매크로 파일인 CATScript 파일과, SolidWorks의 매크로 파일인 Swb 파일에 기록된 이름 부여 방법을 분석하였다. CATScript 파일의 이름 부여 방법은 Capoyleas가 제안한 명칭 방법과 유사하다^[14]. CATIA는 위상 정보를 이용한 명칭 방법에 따라 위상 엔터티들의 이름을 기록한다. 그러나 위상 엔터티의 명칭 시, 발생하는 모호성에 대한 해결 방법과 매칭 방법에 관해서는 알려져 있지 않다. SolidWorks는 엔터티의 종류 및 3차원 좌표값을 이용하여 위상 엔터티에 이름을 부여한다^[15]. 그리고 CATIA의 경우와 마찬가지로 위상 엔터티의 이름 부여 시, 발생하는 모호성에 대한 해결 방법과 매칭 방법에 관해서는 알려져 있지 않다.

2.3 기존 연구들의 접근 방법 분석

고유 명칭(persistent naming) 문제에 대한 기존 연구들의 해결 방향을 요약해 보면 다음과 같다. 기존의 연구들에서는 특징형상을 구성하는 위상 엔터티들의 이름을 부여하는 문제인 기본 명칭을 위해서, Fig. 3과 같이 위상(topology) 정보를 이용하는 방법과 기하(geometry) 정보를 이용하는 두가지 방식이 있다.

위상 정보를 이용하는 방식의 경우, 특징형상의 정의를 위해서 사용되는 입력 정보 - 스케치 정보, 궤적 정보 - 를 이용하여 면에 이름을 부여한 후, 부여된 면 정보를 이용하여 모서리와 점의 이름을 부여한다 예를 들어, 모서리의 이름을 부여할 경우에 인접한 두 면의 이름을 이용한다^[16]. Capoyleas의 경우는 위와 다르게 면 정보를 이용하지 않고, 입력 정보를 이용하여 직접 모서리와 점에 이름을 부여하였다^[14]. 기하 정보를 이용하는 방식은 형상이 위치하는 좌표값이나 타입 또는 형상 자체를 전달하여, 선택된 엔터티에 대한 정보를 전달한다^[17,18].

이와 같이 기본 명칭을 하더라도 모델링 과정에서 Fig. 4의 (a)와 같이 동일한 이름을 갖는 위상 엔터티(Fig. 4(a)의 F1과 F2, Fig. 4(b)의 e1, e2, Fig. 4(c)의 f1, f2)가 발생하는 모호성 문제에 대한 해결 방

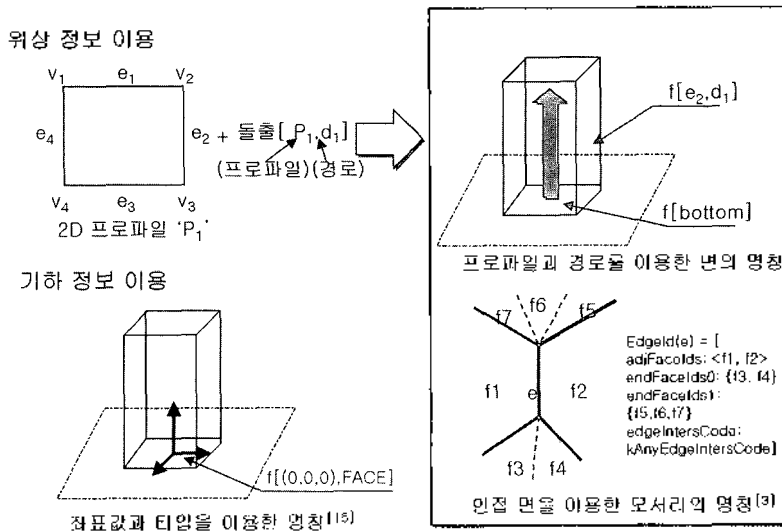
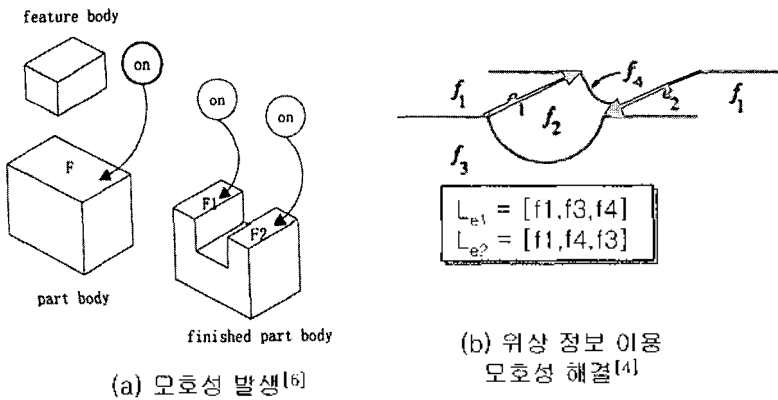
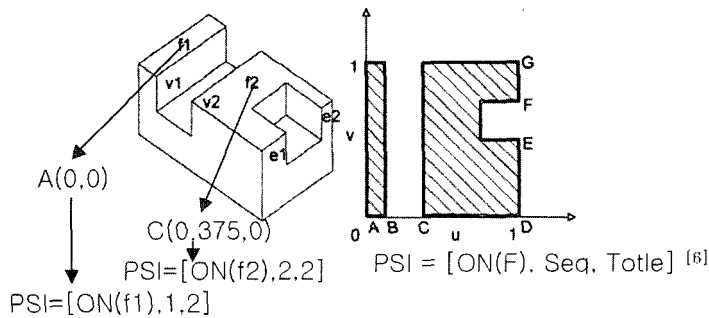


Fig. 3. Basic naming (Fig. 2 - 1.1.1).



(a) 모호성 발생 [6]

(b) 위상 정보 이용 모호성 해결 [4]



(c) 기하 정보 이용 모호성 해결

Fig. 4. Solution to ambiguity problem (Fig. 2 - 1.1.2).

범으로는, Fig. 4의 (b)와 같이 모서리에 인접한 면들의 순서(c)의 $Le_1 = [f1, f3, f4]$, e_2 의 $Le_2 = [f1, f4, f3]$ 를

이용하여 모호성을 해결하는, 위상 정보를 이용하는 방식이다. Fig. 4의 (c)와 같이 PSI(parametric space

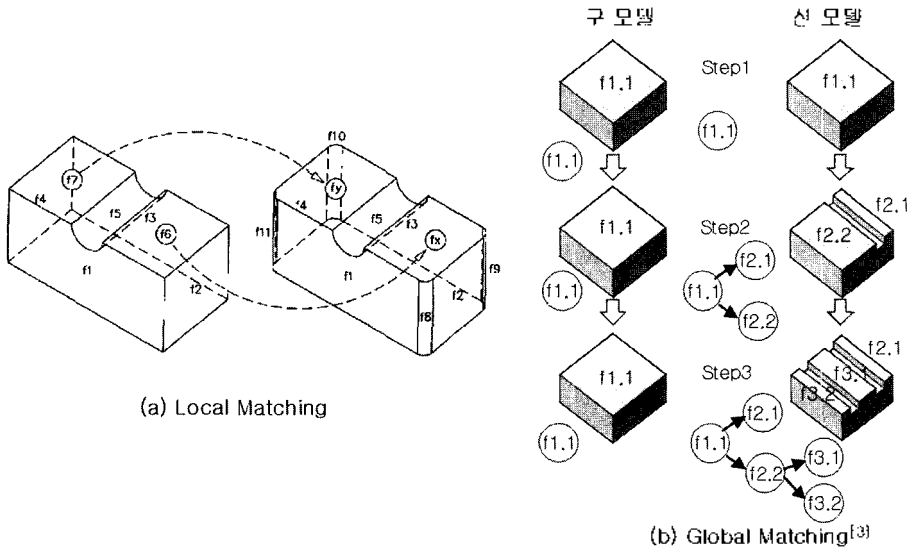


Fig. 5. Name matching (Fig. 2 - 1.2).

information)를 이용하여 모호성을 해결 (f1의 PSI=[ON(f2),1,2], f2의 PSI=[ON(f1),2,2])하는, 기하 정보를 이용하는 방식^[6]이 있다.

모델의 수정에 따른 재생성 시, 발생하는 이름 매칭 (name matching) 문제를 해결하는 방법은, 크게 Global matching과 Local matching 방법으로 나눌 수 있다^[19]. Local matching은 Fig. 5의 (a)와 같이 선택된 구 모델의 위상 엔터티에 대응되는 신 모델의 위상 엔터티를 찾는데, 주어진 구 모델의 위상 엔터티와 신 모델의 모든 위상 엔터티를 비교하는 1:N 비교 방식을 사용한다. 반면에 Global matching은 Fig. 5의 (b)와 같이 구 모델과 신 모델의 위상 엔터티들의 변경 이력 정보를 저장한 후, 이름 매칭 시에 이용하는 N:N 비교 방식(구 모델의 변경 이력 그래프 : 신 모델의 변경 이력 그래프)을 사용한다.

3. 파라메트릭 CAD 모델의 교환을 위한 고유 명칭 방법(Fig. 2-1)

CAD 내부 모델링에서의 고유 명칭 문제와 비교했을 때, CAD 모델 교환에 있어서의 고유 명칭 문제의 특징으로는, 명칭 문제가 이름 매칭 문제보다 더 중요하다는 점과, 명칭 방법이 일반적(generic)이어야 한다는 점이다^[21]. 이 논문에서는 모델 교환을 위한 효율적인 고유명칭 방법과 매핑 방법을 제안한다. 제안하는 두가지 방법의 구체적인 알고리즘은 각각 별도의 논문^[25,26]에서 자세히 소개하며, 이 논문에서는 그 전체

를 소개한다.

파라메트릭 정보가 포함된 CAD 모델의 교환은, 수정 이력 정보가 포함되지 않은 모델을 교환하는 경우와, 수정 이력 정보가 포함된 CAD 모델을 교환하는 경우, 두가지로 나눌 수 있다. 만약 CAD 모델에 마지막 버전의 설계 이력 정보만 기록되어 있다면, 수정이 끝난 후의 모델 정보이기 때문에, 이름 매칭이 필요하지 않아 명칭 문제만 해결하면 된다. 그러나 CAD 모델에 생성뿐만 아니라 수정 이력 정보가 기록되어 있다면, 명칭 문제뿐만 아니라 이름 매칭 문제도 해결해야 한다.

현재 특정형상 기반 번역기를 개발하는데, 많이 사용하고 있는 방법인, API(application programmer's interface)를 이용하는 방법의 경우, 마지막 버전의 설계 이력 정보만을 추출할 수 있어^[13], 명칭 문제만 해결하면 된다. 그러나 매크로 파일을 이용하여 제품 데이터를 교환하는 방법인 매크로 파라메트릭 방법^[14,15,22,23]에서는, 설계자들이 설계 작업을 하면서 사용한 모델링 명령어의 수정 이력도 저장되어 있으므로, 명칭뿐만 아니라 이름 매칭 문제도 해결해야 한다.

데이터 교환 시 직접 번역 방법을 사용하지 않고, 중립 파일과 전-후처리를 통한 번역 방법을 사용할 경우, 명칭 정보는 CAD 시스템에 독립적으로 표현되어야 한다. 만약 특정 CAD 시스템에 종속적인 명칭 정보를 가지고 있다면, 번역기는 특정 CAD 시스템 내부의 알고리즘이나 이름 처리 방법 등을 모르기 때

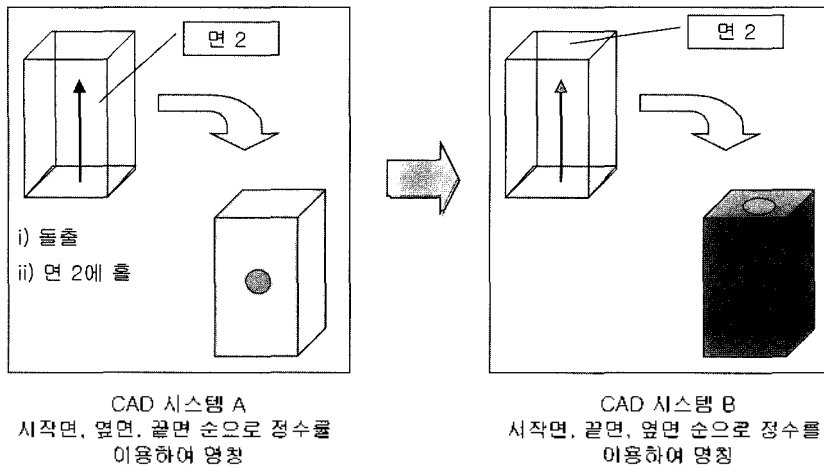


Fig. 6. Name mismatch between CAD systems.

면에, 위상 엔터티를 명확하게 식별할 수 없어 오류를 발생하게 된다. 예를 들어, Fig. 6와 같이 들출 특징형상의 경우, CAD 시스템 A는 시작면, 옆면, 끝면 순으로 정수를 이용하여 명칭을 하고, CAD 시스템 B는 시작면, 끝면, 옆면 순으로 정수를 이용하여 명칭을 한다고 가정하면, 두 시스템 사이에 2번 면이 서로 다르기 때문에, 번역기는 정수값으로 명명된 이름 정보를 가지고는 선택된 면을 정확하게 판별할 수 없다.

3.1 명칭 방법의 제안(Fig.2 - 1.1)

3.1.1 명칭 방법의 개요

이 논문에서 제안하는 명칭 방법은 Wu⁶⁾가 제안한 방법에 기반하였다. 그러나 Wu가 제안한 PSI (parametric space information)를 이용한 모호성 해결 방법은 CAD 모델의 교환 관점에서는 적용하기 어려운 방법이다. 그리고 Wu의 명칭 방법은 모델링 과정에서 병합된 면 정보를 기록하지 않아, 이름 매칭 시에 문제가 발생한다. 이 논문에서는 Wu가 제안한 명칭 방법을 다음과 같이 수정 및 확장하여 사용한다²⁵⁾.

- 면의 기본 명칭 시 병합된 면의 이름을 기록
- 모호성 해결 방법으로 OSI(object space information)를 이용

이 논문에서는 특징형상 기반 CAD 시스템에서 위상 엔터티의 기록과 검색을 위해, 아래와 같은 방법으로 면, 모서리, 점에 각각 이름을 부여한다. 여기서 BN(F)은 3.1.2절에 자세히 설명된 방법에 따라서 특징형상의 각 면에 부여된 기본 명칭 정보를 뜻하고,

EN(F), EN(E), EN(V)는 본 논문에서 제안한 명칭 방법에 따라 부여된 면, 모서리, 점의 이름을 뜻한다.

면의 명칭

$$EN(F) = [BN(F)]:[OSI]:[Secondary Name]$$

$$= [면의 기본 명칭 정보][모호성 해결 정보] : [Merging된 면의 이름]$$

*모호성이 발생하지 않을 경우 [OSI]값에 [1,1]기록

*Merging된 면이 없을 경우 [Secondary Name]에 [0] 기록

모서리의 명칭

$$EN(E) = [EN(F1), EN(F2)]:[OSI]$$

$$= [인접면F1의 이름, 인접면F2의 이름, 모호성 해결 정보]$$

점의 명칭

$$EN(V) = [EN(F1), EN(F2), EN(F3)]:[OSI]$$

$$= [인접면F1의 이름, 인접면F2의 이름, 인접면F3의 이름, 모호성 해결 정보]$$

3.1.2 특징형상별 기본 명칭 방법(Fig.2 - 1.1.1)

본 논문에서는 Wu⁶⁾와 양창훈¹¹⁾이 제안한 특징형상별 기본 명칭 방법을 사용한다. 특징형상 기반 CAD 시스템에서 form 특징형상의 정의 방법과, 위에서 설명한 각 특징형상별 면의 기본 명칭 정보는 아래와 같이 표현된다.

$$BN(F)=[Feature id, id1, id2, id3, di4, id5, option]$$

여기서 Option는 특징형상의 종류를 나타내고, id1

~id5는 Feature id, Sketch id, Path id와 같은 각 특
정형상 별 명칭 방법에 따른 정보이다. 예를 들어
Sweep feature은 다음과 같이 정의된다¹⁶⁾.

$BN(F)=[Feature\ id, 0, -1, 0, 0]$ if f is the starting face
 $[Feature\ id, Sketch\ id, Sketch\ element\ id, Path\ id, Path\ element\ id]$ if F is a side face
 $[Feature\ id, 0, -2, 0, 0]$ if f is the ending face
 * id5=0, option = Sweep Feature

3.1.3 모호성 해결 방법(Fig. 2 - 1.1.2)

모호성 문제를 해결하기 위해서 동일한 기본 명칭
명칭 정보를 가지는 위상 엔티티들을 비교할 때,
Wu⁶⁾가 제안한 PSI와 유사하지만, parametric space가
아닌 object space를 사용하는 OSI(object space
information)를 이용하는 방식을 제안한다²⁵⁾. 곡선과
곡면의 매개변수 표현에서 parametric space는 매개변
수 공간에 해당되고 object space는 실물 공간에 해당
된다²⁶⁾. PSI는 동일한 기본 명칭 정보를 가지는 위상
엔티티들의 u, v 값의 범위를 계산하여, parametric
space 상에서 순서를 비교한 정보이고, OSI는 위상 엔
티티들의 x, y, z 값의 범위를 계산하여 object space
상에서 순서를 비교한 정보이다.

CAD 모델의 parametric space에 대한 정보의 추출
가능 여부는, 입력 CAD 모델의 종류와 사용하는
API에서 제공하는 기능에 따라 달라진다. 예를 들어
매크로 파일의 경우 parametric space에 대한 정보가
기록되어 있지 않고, CATIA에서 제공하는 Visual
Basic API의 경우에는 파트 파일의 parametric space
정보를 추출하는 기능을 제공하지 않는다. 그래서

CAD 모델 교환 측면에서 parametric space는 CAD
시스템에 종속적인 정보이다. 따라서 Wu⁶⁾가 모호성
을 해결하기 위해서 제안한 PSI(parametric space
information)를 이용하는 방법은, CAD 모델 교환 관
점에서 적용하기 어렵다. 왜냐하면 CAD 시스템에 종
속적인 정보인 parametric space에 대한 정보를 얻지
못할 경우, Fig. 7과 같이 System A와 System B에
서 좌표계가 달라 f_1 과 f_2 가 서로 다른 u, v 값의 범
위를 갖게 되어도 이를 알지 못하여, 두 시스템에서
 f_1 과 f_2 의 PSI가 각각 다르게 계산될 가능성이 있다.

Object space를 이용하여 모호성을 해결하는 방식
은, Fig. 8와 같이 동일한 이름을 가지는 위상 엔티티
를 구별하기 위해서, 위상 엔티티의 object space 상
에서의 x, y 및 z 값의 범위를 계산하고, 원점과의 근
접도를 비교하여 순서를 매기는 방법이다. OSI 값은
아래와 같은 포맷으로 기록된다.

OSI = (순서, 동일한 이름을 가진 엔티티의 총수)

Fig. 8의 경우 f_2 가 f_1 보다 Y값이 더 크기 때문에

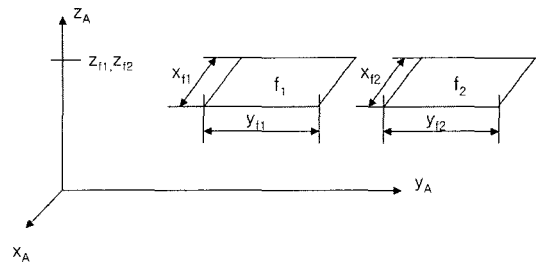


Fig. 8. Object Space Information (OSI).

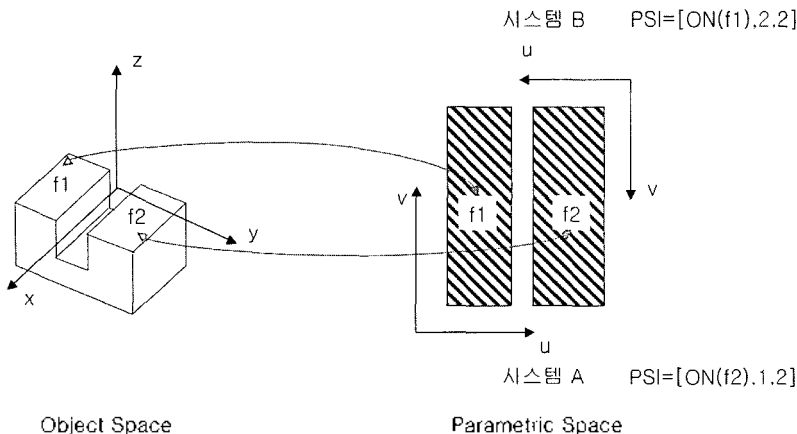


Fig. 7. Difference in PSI (parametric space information) among CAD systems.

1번째가 된다. 따라서 f2의 OSI는 [1,2]가 되고, f1의 OSI는 [2,2]가 된다.

3.2 이름 매칭 방법(Fig. 2 - 1.2)

3.2.1 면의 매칭

면의 이름 매칭을 위해서는, 먼저 구 모델의 선택된 면의 기본 명칭 정보와 신 모델을 구성하는 면들의 기본 명칭 정보를 비교한 후, 동일한 기본 명칭 정보를 가지는 신 모델의 면을 반환하여 예비 매칭 세트를 구성한다. 이때 만약 동일한 기본 명칭 정보를 가지는

위상 엔터티가 신 모델에 없을 경우, 면의 secondary name을 검사하고 동일한 이름을 가지는 신 모델의 위상 엔터티가 있다면 예비 매칭 세트로 반환한다¹²⁾.

이와 같은 과정을 통해 선택된 예비 매칭 세트의 각 위상 엔터티들은, 구 모델의 면과 동일한 기본 명칭 정보를 가지게 된다. 따라서 구 모델의 선택된 위상 엔터티와 예비 매칭 세트에 속한 위상 엔터티에 대해, 특정형상 지역 좌표계 상에서의 x, y, z 값의 범위를 조사하여, 구 모델의 면과 가장 유사한 범위를 가지는 예비 매칭 세트의 면을 반환한다¹³⁾. 구 모델의 위상 엔터티와 예비 매칭 세트에 속한 위상 엔터티들의 지역 좌표계 상에서의 x, y, z 값의 범위를 비교하면, 다음과 같은 네가지 경우가 존재하고 각 경우별 매칭 방법은 다음과 같다.

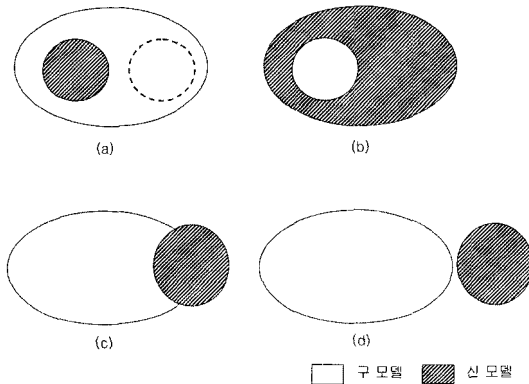


Fig. 9. Comparison between object space range of an old model and that of a new model.

첫번째, Fig. 9의 (a)와 같이 구 모델 위상 엔터티의 object space에 신 모델 위상 엔터티의 object space가 포함되는 경우에는 신 모델의 위상 엔터티를 반환한다. 이 경우 Fig. 9의 (a)에서 점선으로 표시된 원과 같이, 다른 신 모델 위상 엔터티의 object space가 구 모델의 object space에 존재할 가능성이 있다. 두번째, Fig. 9의 (b)와 같이 신 모델 위상 엔터티의 object space에 구 모델 위상 엔터티의 object space가 포함될 경우에도 신 모델의 위상 엔터티를 반환한다. 이 경우 구 모델에 대응되는 신 모델의 다른 위상

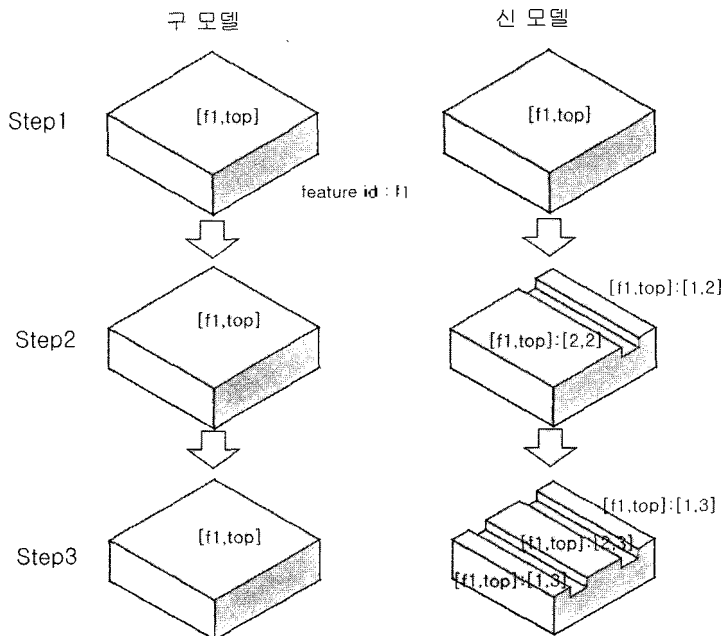


Fig. 10. Name matching problem arising from face splitting¹³⁾.

엔터티는 존재하지 않는다. 그리고 Fig. 9의 (c)와 같이 구 모델과 신 모델 위상 엔터티들의 object space가 부분적으로 겹칠 경우에는, 신 모델의 전체에 대한 겹친 부분의 비율이 미리 정해진 값 이상이 될 경우에만, 신 모델의 위상 엔터티를 반환한다. 마지막으로 Fig. 9의 (d)와 같이 object space가 겹치는 부분이 없을 경우에는 신 모델의 위상 엔터티를 반환하지 않는다.

Fig. 10은 면의 분할에 따른 이름 매칭 문제를 보여주고 있다. 구 모델의 위쪽 돌출면이 신 모델에서는 3개의 면으로 분할되었다. 이때 구 모델의 위쪽 면([f1,top])에 대응되는 신 모델의 위상 엔터티를 찾아보면, 우선 동일한 기본 명칭 정보를 가지고 있는 면을 찾는 과정을 통해, 신 모델의 위쪽 3개의 면([f1,top]:[1,3], [f1,top]:[2,3], [f1,top]:[3,3])을 찾을 수 있어, 이들을 가지고 예비 매칭 세트를 구성한다. 그리고 구 모델의 위쪽 면과 예비 매칭 세트의 면들의 object space를 조사하면, 모두 Fig. 9의 (a)에 해당되므로, 예비 매칭 세트의 모든 면을 반환한다.

3.2.2 모서리와 점의 매칭

모서리의 매칭과 점의 매칭은 다음과 같은 과정으로 이루어진다. 모서리와 점을 매칭할 경우에는, 먼저 구 모델 모서리와 점의 인접면들과 매칭되는, 신 모델의 면들을 검색하여 면의 매칭 테이블을 구성한다. 그리고 난 후 매칭해야 하는 구 모델 모서리와 점의 인접면과 동일한 명칭 정보를 가지는, 신 모델의 면들을 인접면으로 하는 모서리나 점들을 찾은 후, 예비 매칭 세트를 구성한다. 마지막으로 예비 매칭 세트의 각 모서리와 구 모델의 모서리의 object space를 비교하여, 구 모델의 모서리에 대응되는 신 모델의 모서리를 반환한다. 이때 두 모서리의 유사도를 비교할 때 Fig. 9에서 설명한 분포도 비교 방법을 사용한다. 점의 경우에는 object space 상에서 범위를 가지고 있지 않고

한점으로 표현되는 것이기 때문에, 범위를 가지고 있지 않고 면과 모서리와 같이 분할되지 않는 특징을 가지고 있다. 그래서 예비 매칭 세트의 각 점과 구 모델의 점의 object space를 비교하여, 구 모델의 점과 가장 근접한 신 모델의 점을 찾아 반환한다.

Fig. 11의 구 모델 모서리의 e1의 매칭 예를 들어 매칭 방법을 설명한다. 먼저 구 모델 [f1,top]은 신 모델의 [f1,top]로 매칭되고 [f1,side1]:[2,2]는 신 모델의 [f1,side1]:[4,4], [f1,side1]:[3,4], [f1,side1]:[2,4]에 매칭이 된다. 구 모델의 e1의 인접면과 동일한 명칭 정보를 가지는, 신 모델의 면들을 인접 면으로 가지는 모서리를 검색하여, 예비 매칭 세트를 구성한다. Fig. 11의 구 모델 e1의 인접면과 매칭되는 면들을 인접면으로 하는, 신 모델의 모서리는 e11, e12, e13임을 알 수 있고, 이들 모서리를 예비 매칭 세트로 구성한다. 그리고 e1과 예비 매칭 세트의 e11, e12, e13의 object space의 분포도를 비교하면, e11, e12, e13 모두 e1에 포함되어 Fig. 9의 (a)에 해당된다. 따라서 e11, e12, e13를 구 모델의 e1과 매칭되는 신 모델의 모서리로 반환한다.

4. 서로 다른 명칭 방법 간의 매핑 (Fig. 2-2)

서로 다른 명칭 방법 간의 매핑은 실제 사례별로 그 방법이 달라진다. 본 논문에는 명칭 방법의 분류 결과를 이용하여, 서로 다른 카테고리에 속하는 명칭 방법 간의 매핑 방법을 설명한다. 명칭법은 기본 명칭 방법, 모호성 해결 방법에 따라 나뉘게 되어, 명칭 매핑을 위해서는 기본 명칭 정보의 매핑, 모호성 해결 정보의 매핑이 필요하다.

명칭 방법은 크게 가하 정보를 이용하는 방식과 위상 정보를 이용하는 방식으로 나누며, 명칭 방법의 매핑은 3가지 경우로 나눈다.

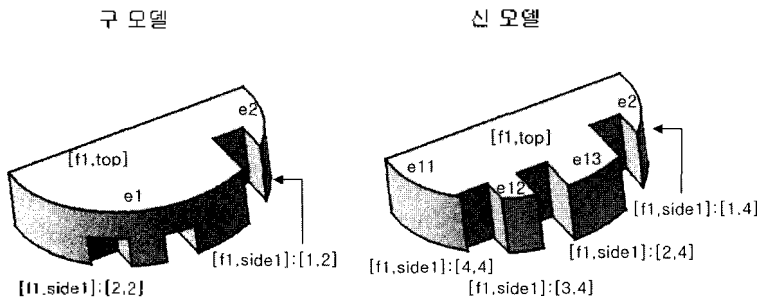


Fig. 11. Name matching problem arising from edge splitting.

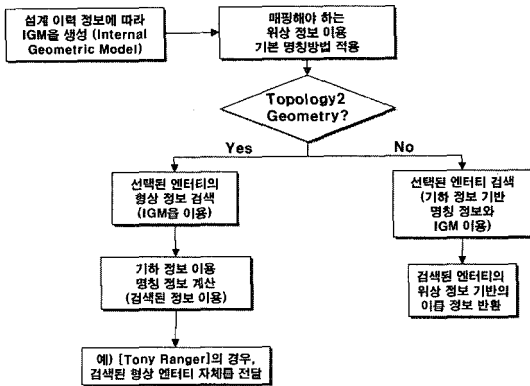


Fig. 12. Naming mapping procedure between different naming methods.

- Topology Vs. Topology
- Geometry Vs. Geometry
- Topology Vs. Geometry

기하 정보를 이용하는 명칭 방법과 위상 정보를 이용하는 명칭 방법은, 문법과 의미가 모두 다르지만 매핑을 할 수 있는 연산매핑(operational mapping)에 해당된다¹⁷⁾. 이와 같은 경우 두 스키마 사이의 단순 매핑 관계 정의만으로는 매핑을 할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 매핑을 위한 기본 접근 방법으로, 실제 이력에 따라 내부적으로 형상 모델링 커널을 이용하여 IGM(internal geometric model)을 생성한 후, 필요한 정보를 계산한다²⁶⁾.

예를 들어 IGM을 이용한, topology를 이용한 명칭 방법과 geometry를 이용한 명칭 방법간의 매핑 방법을, Fig. 12를 이용하여 설명하면 다음과 같다²⁶⁾.

- 설계 이력 정보를 입력 받으면서, 번역기 내부적으로 형상 모델링 커널을 이용하여 IGM(internal geometric model)을 생성한 후, 매핑해야 하는 위상정보를 이용한 기본 명칭 방법으로 이름을 부여한다.
- “위상 정보 이용 기본 명칭”에서 “기하 정보 이용 기본 명칭”을 매핑할 경우, 위상 정보를 이용한 이름 정보를 가지고 IGM을 검색하여, 이름에 해당되는 기하 정보를 검색한다. 검색된 기하 정보를 이용하여, 기하 정보를 이용한 기본 명칭 방법에 따른 이름을 계산한다. 예를 들어, Tony Ranger가 제안한 명칭법으로 매핑을 한다면, 검색된 기하(geometry) 정보 자체를 전달한다.
- “기하 정보 이용 기본 명칭”에서 “위상 정보 이용 기본 명칭”으로 매핑할 경우, 기하 정보를 이용한

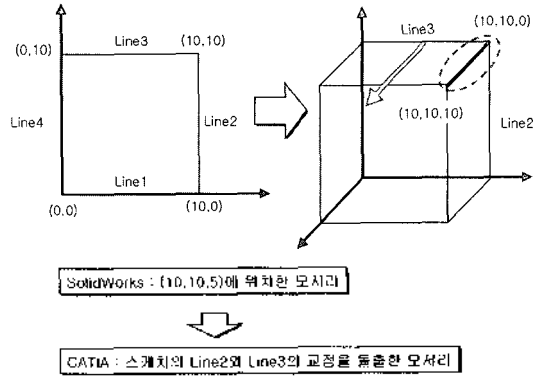


Fig. 13. Input arguments mapping of the entity selection command of SolidWorks and CATIA.

이름을 가지고, IGM을 이용하여 이름에 해당되는 위상 엔터티를 검색한다. 검색된 위상 엔터티가 있으면, 그에 해당되는 위상 정보를 이용한 이름이 이미 부여되어 있기 때문에, 그 이름 정보를 전달한다.

위에서 설명한 방법은, 매핑을 해야 하는 위상학적인 이름 정보를 가지고 있는, IGM을 생성하고 번역기 내부에서 관리해야 한다는 단점이 있다.

SolidWorks의 경우, 엔터티가 위치하는 3차원 좌표 값과 엔터티의 종류가 기록되나, CATIA에서는 위상학적인 방법으로 정보를 입력한다. Fig. 13은 CATIA와 SolidWorks의 엔터티 선택 명령어에 들어가는 인자를 설명한 그림이다. 그림 왼쪽의 스케치를 돌출하여 얻은 정육면체에서, 굵게 표시된 모서리를 선택할 경우, SolidWorks에는 “EDGE”, 10,10,5와 같이 정의가 되나 CATIA에서는 (“REdge:(Edge:(Face:(Brp:(Pad.1;0:(Brp:(Sketch.1;Line2)))));None:());Face:(Brp:(Pad.1;0:(Brp:(Sketch.1;Line3)))));None:());None:(Limits1:();Limits2:());WithTemporaryBody;WithoutBuildError)”, Pad1)과 같이 정의가 된다.

SolidWorks에서 CATIA로 데이터를 교환할 때, IGM을 이용한 명칭 매핑 절차를 Fig. 13의 모서리 이름 매핑의 예로 설명하면 다음과 같다.

- IGM (internal geometric model)을 이용하여 표준 모델에서 10,10,5에서 가장 가까운 모서리를 구한다.
- IGM을 이용하여 구한 모서리의 시작점과 끝점의 z 값을 구하여, 모두 0이면 모서리는 스케치 면에 위치하고, 모두 0이 아니면 스케치 면의 반대쪽에

위치한다. Fig. 13에서 선택된 모서리는, 위의 두 경우에 해당되지 않기 때문에, 두면 사이에 위치한다.

- 선택된 모서리의 x, y 값과, 스케치의 모서리들의 x, y 값을 형상 모델링 커널을 이용하여 비교한 후, 같은 값을 갖는 모서리가 Line2, Line3임을 알아낸다.
- CATIA의 위상 정보 이용 명칭 방법에 따라, 엔터티 선택 명령어에 들어갈 인자를 정의한다.

5. 결론 및 향후 연구

파라메트릭 정보가 포함된 CAD 모델 교환시 발생하는 문제인 고유 명칭 문제에 대해서 연구하였다. CAD 모델 교환 관점에서 고유 명칭 문제의 특징에 대해서 분석하고, 기존의 연구들을 검토하였다. 기존의 고유 명칭 문제 관련 연구 결과에 기반하여, CAD 모델 교환을 위한 고유 명칭 방법을 제안하고, 서로 다른 명칭 방법 사이의 매핑 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 고유 명칭 방법 중 명칭 방법은 Wu가 제안한 명칭 방법을 CAD 모델 교환 목적에 맞게 수정하였고, 이에 따른 새로운 이름 매칭 방법을 제안하였다. 그리고 기존의 연구들에서 제안된 "위상 정보 이용 명칭" 방법과 "기하 정보 이용 명칭" 방법 사이의 명칭 매핑을 위해서 IGM(internal geometric model)을 사용하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 방법에 따라 실제로 파라메트릭 정보를 전달할 수 있는 번역기를 구현하고 검증하기 위하여, 기존에 개발된 매크로 파라메트릭 번역기¹⁶⁾에 본 논문에서 제안하는 고유 명칭 방법과 명칭 매핑 방법을 구현하고 실험할 예정이다^{25,26)}.

참고문헌

- Rossignac, J. and Requicha, A., "Solid modeling," in the Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, Ed. J. Webster, John Wiley & Sons, 1999.
- 신하용, "Classification of geometric model," KAIST 산업공학과 IE752 형상 모델링 수업, 2002.
- Kripac, J., "A mechanism for persistently naming topological entities in history-based parametric solid models," *Computer-Aided Design*, Vol. 29, No.2, pp. 113-122, 1997.
- Capoyreas, V., Chen, X. and Hoffmann, C. M., "Generic naming in generative, constraint-based design," *Computer-Aided Design*, Vol. 28, No. 1, pp. 17-26, 1996.
- Chen, X. and Hoffmann, C., "Design compilation for feature-based and constraint-based CAD," in Proc 3rd ACM Symp. on Solid Modeling, ACM Press, pp 13-19, 1995.
- Junjun Wu, Tianbing Zhang, Xinfang Zhang and Ji Zhou, "A face based mechanism for naming, recording and retrieving topological entities," *Computer-Aided Design*, Vol. 33, No. 10, pp. 687-698, 2001.
- Agbodan, D., Marcheix, D. and Pierra, G., "Persistent naming for parametric models," WSCG 2000.
- Agbodan, D., Marcheix, D., Pierra, G. and Thabaud, C., "A topological entity matching technique for geometric parametric models," *International Conference on Shape Modeling and Applications*, 2003.
- ISO TC184/SC4/WG12 N1568, "Minutes of WG12 parametrics meeting from Seoul, KOREA," 2002.
- 양창운, 이건우, "특징형상기반의 솔리드 모델러에서의 ID 시스템 개발," 한국 CAD/CAM학회 학술발표회, 2003.
- Dassault Systemes, "CATIA V5 R6 Online Manual," 2001.
- SolidWorks Homepage, "http://www.solidworks.com/," SolidWorks Corporation, 2002.
- Joe Greco, "Working magic with translation and healing," CADENCEweb, http://www.cadenceweb.com/magazine, October, 2002.
- Choi, Guk-Heon, Mun, Duhwan, and Han, Soonhung, "Exchange of CAD part models based on the macro-parametric approach," *International Journal of CAD/CAM*, http://www.ijcc.org/, 2002.
- 문두환, 한순홍, "매크로 파라메트릭 방법론을 이용한 CAD 모델의 교환," 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제6권, 제4호, 2001.
- Mun, Duhwan, Han, Soonhung, Kim, Junhwan. and Oh, Youchon, "A set of standard modeling commands for the history-based parametric approach," *CAD*, Vol. 35, Issue 13, pp. 1171-1179, 2003.
- Oh, Y., Han, S. and Suh, H., "Mapping product structures between CAD and PDM systems using UML," *Computer-Aided Design*, Vol. 33, pp. 521-529, 2001.
- Hoffmann, C. M. and Juan, R., "Erep, an editable, high-level representation for geometric design and analysis," in Wilson, P. Wozny, M and Pratt, M (eds.) *Geometric and Product Modeling*, North-Holland(1993) pp. 129-164.
- David Marcheix, Guy Pierra, "A survey of the persistent naming problem," 7th ACM Symposium on Solid Modeling and Applications, SM2002, 2002.
- 문두환, 김명철, 한순홍, "피치 트리와 매크로 파일을 이용하는 하이브리드 파라메트릭 번역기," 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제7권, 제4호, 2002.
- 문두환, 한순홍, "파라메트릭 정보를 포함하는 CAD 모델 교환에서 Persistent Naming 문제," *CAD/*

- CAM학회 학술대회, 2003년 2월, pp. 197-202.
22. 양정삼, 한순홍, 김병철, 박찬국, "CAD 모델 교환을 위한 매크로 파라메트릭 정보의 XML 표현," 대한기계학회 논문집 A권, 제27권, 제12호, pp. 2061-2072, 2003년 12월.
 23. 이운숙, 천상욱, 한순홍, "CAD 시스템 간의 상호 운용성을 위한 설계 특징형상의 온톨로지 구축," 한국CAD/CAM학회 논문집, 게재승인.
 24. 이현찬, 최후곤, 한순홍(공역), "CAD/CAM - Theory and Practice," 창현출판사, 1995.
 25. 문두환, 한순홍, "파라메트릭 CAD 모델 교환을 위한 특징형상 기반 CAD 시스템의 고유 명칭 방법," CAD/CAM학회 논문집 투고 예정, 2004.
 26. 문두환, 한순홍, "파라메트릭 CAD 모델 교환을 위한 서로 다른 명칭 방법 간의 명칭 매핑 방법," CAD/CAM학회 논문집 투고 예정, 2004.



문 두 환

1999년 고려대 기계공학과 학사
 2001년 한국과학기술원 기계공학과 석사
 2001년~현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정
 관심분야: Parametric Design, CAD Data Exchange, Intelligent CAD, E-Commerce, DB Design



한 순 홍

한국과학기술원 기계공학과 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