

기하공간정보(OSI)와 병합정보(SN)을 이용한 고유 명칭 방법

문두환*, 한순홍**

An OSI and SN Based Persistent Naming Approach for Parametric CAD Model Exchange

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

ABSTRACT

The exchange of parameterized feature-based CAD models is important for product data sharing among different organizations and automation systems. The role of feature-based modeling is to generate the shape of product and capture design intends in a CAD system. A feature is generated by referring to topological entities in a solid. Identifying referenced topological entities of a feature is essential for exchanging feature-based CAD models through a neutral format. If the CAD data contains the modification history in addition to the construction history, a matching mechanism is also required to find the same entity in the new model (post-edit model) corresponding to the entity in the old model (pre-edit model). This problem is known as the *persistent naming* problem. There are additional problems arising from the exchange of parameterized feature-based CAD models. Authors have analyzed previous studies with regard to persistent naming and characteristics for the exchange of parameterized feature-based CAD models, and propose a solution to the persistent naming problem. This solution is comprised of two parts: (a) naming of topological entities based on the *object space information* (OSI) and *secondary name* (SN); and (b) name matching under the proposed naming.

Key words : CAD Model Exchange, OSI (Object Space Information), Persistent Naming, SN (Secondary Name)

1. 서 론

현재 사용되고 있는 대부분의 상업용 CAD 시스템들은 설계 이력을 지원하는 특징형상 기반의 CAD 시스템이다. 최근의 기업환경은 세계화 경영 체제에서 완전히 개방된 구조로 바뀌고 있으며, 각 업체 간에는 고품질·저가격의 제품을 개발하기 위한 치열한 경쟁이 이루어지고 있다. 그리고 이와 같은 치열한 경쟁 환경 하에서는 빠른 시간 안에 고객이 원하는 제품을 생산해야 하는 즉, "Time to Market"의 필요성이 더욱 높아지고 있다. 이를 위해서 제품 설계 사에 협업(collaborative) 설계와 편집(configuration) 설계의 필요성이 높아지고 있다. 매개변수화된 특징형상 기반

CAD 모델은 쉽게 변경이 가능하기 때문에, 서로 다른 CAD 시스템 사이에서 특징형상 기반 CAD 모델을 이용하여 제품 데이터블 공유하게 되면 협업 및 편집 설계가 가능하게 된다^[2].

상업용 CAD 시스템에서 특징형상 기반 모델링은 제품의 형상을 생성하고 설계 의도를 담기 위한 유용한 수단이다. 특징형상 기반 CAD 시스템에서 모델링은 모델의 자세한 형상을 담고 있는 B-rep과 특징형상, 매개변수, 제약조건으로 이루어진다. 대부분의 상업용 CAD 시스템들은 특징형상 기반 모델 데이터의 표현을 위해서, hybrid 모델을 저장하는 방법을 채택하고 있다. Hybrid 모델이란 절차적(procedural) 모델과 경계표현(B-rep) 모델을 모두 가지고 있는 모델이다. 절차적 모델은 모델링 순서를 저장한 것으로, 각 모델링 단계는 특징형상 단위로 이루어진다. 일반적으로 CAD 시스템의 퍼치 트리가 절차적 모델에 해당된다. B-rep 모델은 자세한 형상 정보를 저장한 것

*교신저자, 학생회원, 한국과학기술원 기계공학과 박사과정
**종신회원, 한국과학기술원 기계공학과 교수
- 논문투고일: 2004. 11. 18
- 심사완료일: 2005. 09. 13

으로, 꼭지점, 모서리, 면과 같은 형상의 경계 요소 (bounding element)를 저장한다. 여러 B-rep 요소는 각각의 모델링 작업과 관련된다^[1]. 피처 트리의 각각의 특징형상은 이전 B-rep 모델의 위상 엔터티를 참조하여 생성되고, 결과 B-rep 모델 역시 나중에 다른 특징형상에 의해서 참조된다. 그러므로 특징형상 기반 모델링에서 위상 엔터티를 식별하기 위한 뼈커니즘이 제공되어야 한다. 그리고 특징형상 정의, 파라미터, 제약조건이 수정되었을 때 구 모델에서 참조되는 위상 엔터티에 대응되는 신모델의 동일 위상 엔터티를 찾는 또 다른 메커니즘도 필요하다. 이 문제가 고유명칭 문제이다^[2]. 상용 CAD 시스템 벤더들은 고유의 고유명칭 방법을 개발한 것으로 보이지만 100% 안정적인 것은 아닌 것으로 보인다^[3].

Fig. 1은 SolidWorks에서의 고유 명칭 문제의 예를 보여 주고 있다. Fig. 1의 마지막 단계에서 수직 Slot이 돌출 특징형상을 관통하도록 수정함에 따라, 위쪽 모서리가 두 개로 분할되었다. 그런데 예상과는 달리 Fillet 특징형상이 점선으로 표시된 왼쪽 모서리에는 적용되지 않은 것을 볼 수 있다.

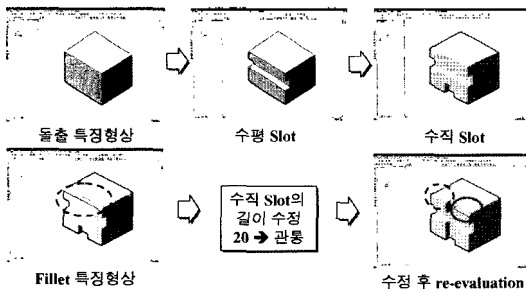


Fig. 1. The persistent naming problem in SolidWorks^[4].

기존의 CAD 시스템의 제품 데이터 교환에 사용되는 방법은 두 가지로, 직접 번역 방법과 STEP, IGES와 같은 중립 포맷(neutral format)을 사용하는 것이다. 중립 포맷 방법은 각 CAD 시스템의 고유 파일(native file)로부터 중립 파일을 출력하는 전처리기(pre-processor)와 중립 파일을 입력 받아 각 CAD 시스템의 고유 파일을 출력하는 후처리기(post-processor)로 부분으로 구성된다. 현재 사용되고 있는 대표적인 중립 CAD 파일 포맷으로는 STEP(Standard for the Exchange of Product model data), IGES(Initial Graphics Exchange Specification), DXF(Data eXchange File) 등이 있다. 중립파일을 통한 파라메트릭 정보 교환을 위해서는, 중립파일이 특징형상, 파라미터, 제약

조건 표현을 위한 자원을 제공해야 한다. 이것은 또한 중립파일에서 한 특징형상의 참조된 위상 엔터티를 식별하는 방법, 즉 고유명칭이 필요하다는 것을 의미한다.

Fig. 1은 시스템 내부에서 발생하는 고유명칭 문제이다. 일반적으로 고유명칭 문제는, CAD 시스템 내부에서 특징형상 기반 모델링을 하는 경우와, 서로 다른 CAD 시스템들 간에 모델 교환을 하는 경우에 따라 성격이 달라지게 된다. 그 동안 특징형상 기반의 모델링에 대한 고유명칭 문제는 연구되어 왔지만, 교환에 대한 연구는 미진하였다. 본 논문에서는 파라메트릭 CAD 모델의 교환을 위한 고유명칭 방법이라는 관점에서 기존의 연구들을 분석한 후 새로운 고유명칭 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 기하공간정보(OSI)와 병합정보(SN) 기반의 명칭(naming) 방법과 그에 따른 이름 매칭(name matching) 방법으로 구성된다.

상용 CAD 시스템들은 서로 다른 명칭 방법을 가지고 있기 때문에 중립 파일을 이용한 파라메트릭 정보가 포함된 CAD 모델을 교환하기 위해서는, 중립 파일에 사용되는 제안하는 명칭 방법과 각 CAD 시스템의 명칭 방법 사이의 명칭 매핑(naming mapping) 방법이 제공되어야 한다. CAD 모델 교환을 위한 명칭 매핑 방법은 다른 논문에서 자세하게 설명되어 있다^[4,26].

2. 파라메트릭 CAD 모델 교환을 위한 고유 명칭 방법의 요구 조건 및 적용 범위

2.1 용어 설명

본 논문에서 다루는 (1) 고유 명칭 문제는 Fig. 2와 같이 (1.1) 명칭 (naming) 문제와 (1.2) 이름 매칭 (name matching) 문제로 나뉜다. (1.1) 명칭 문제는 모델 생성 과정에서 모델의 위상 엔터티의 이름을 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 단위인 특징형상을 구성하는 위상 엔터티들을 식별하기 위해서 이름을 부여하는 문제로 정의된다. (1.1.2) 모호성 해결 문제는 이전 단계의 설계 모델에 덧붙이는 과정에서, 면의 분할에 의해서 동일한 이름을 가지는 위상 엔터티들이 2개 이상 존재하거나, 면의 병합에 의해서 여러 면들이 하나

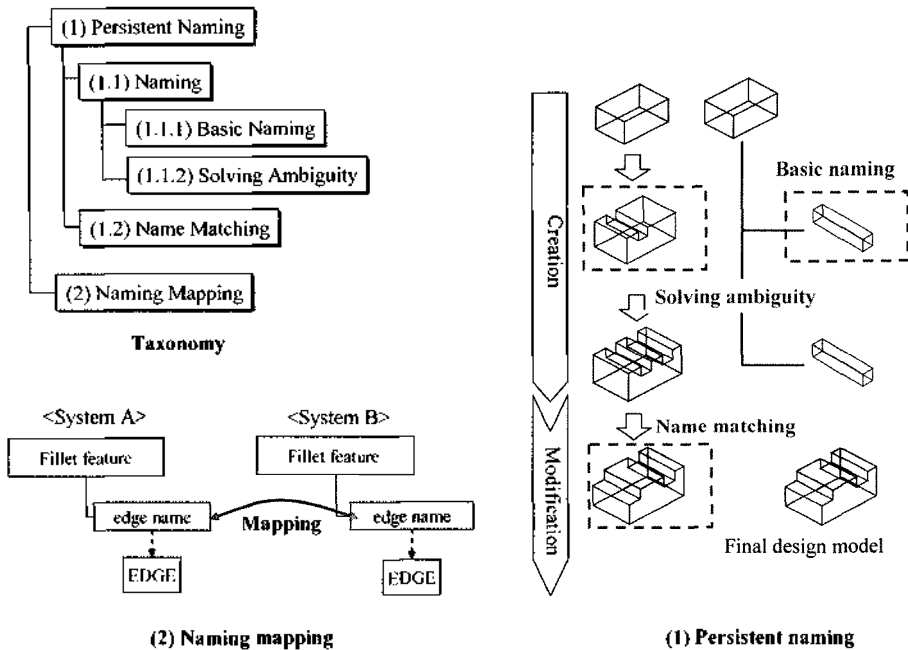


Fig. 2. Classification of the persistent naming problem^[4].

의 면으로 합쳐지는 경우, 이들을 구별하는 문제로 정의된다.

2.2 관련 연구

Varady^[24]는 1980년대의 고유명칭 문제에 관한 초기 연구들을 요약하여, 4개의 주요 기법(labeling, naming, topological expressions and geometric selection)에 관해서 설명하였다.

Kripac^[25]는 위상 엔티티들의 변경 이력 정보를 가지고 있는 FacelDGraph를 이용하여, 이름 매칭 알고리즘을 제안하였다. 그러나 Kripac이 제안한 알고리즘은 복잡하여 구현하기가 어렵고, 면들의 명칭 방법과 같이, 이름 매칭에 필요한 자세한 부분이 논문에 언급되어 있지 않다. 이재열^[26]은 특징형상 접근방법에 의한 가공 특징형상의 추출을 위해서, Kripac이 제안한 명칭 및 이름 매칭 방법을 구현하였다.

Capoyleas^[3]는 프로파일, 격체과 같은 특징 형상의 입력 정보와 위상 정보를 이용한 명칭(topological naming) 방법을 제안하였다. 그는 설계 작업 및 특징형상의 입력 파라미터 정보를 표현하기 위해서, 텍스트 기반의 상위 수준 표현(high level representation) 방식인 E-rep^[6]을 사용하였다. 그리고 위상 엔티티에 이름을 부여할 때 발생하는 모호성 문제를 해결하기 위하여, 모서리(edge)나 면(face)의 방향과 같은 local

orientation 정보를 이용하는 방법과, 돌출 방향 및 회전 축과 같은 feature orientation 정보를 이용하는 방법을 제안하였다. Chen^[7]은 Capoyleas가 제안한 명칭(naming) 방법에 기반하여, 꼭지점, 모서리, 면에 대한 이름 매칭 알고리즘을 제안하였다.

Wu^[8]는 면에 기반한 위상 정보 명칭(topological naming) 방법을 제안하였다. 그는 Capoyleas가 제안한 방법과는 달리, 모든 위상 엔티티에 이름을 붙이는 것이 아니라 면에만 ON(original name)을 붙인 후, 다른 특징형상에 의해서 위상 엔티티가 참조가 될 때, ON에서 유도된 RN(real name)을 기록하는 방법을 사용하였다. 그리고 위상 엔티티를 명칭 할 때 발생하는 모호성 문제를 해결하기 위해서, 기하 정보인 PSI(parametric space information)를 이용하는 방법을 제안하였다. PSI는 다음과 같이 표현된다.

$$PSI = \{ON(f), Seq, Totle\}$$

여기서 f는 위상 엔티티의 인접면을 나내고, ON은(의 기본 명칭 정보를 뜻한다. Totle는 동일한 기본 명칭 정보를 가지는 위상 엔티티들의 총 수를 나타내고 Seq는 해당 위상 엔티티의 순서를 뜻한다. 그러나 Wu는 이름 매칭(name matching) 방법에 대해서는 다루지 않았다. 양창윤^[27]은 Wu의 명칭 방법을 이용한 특징형상 기반의 솔리드 모델러의 ID 시스템 구현에 관

해 연구하였다.

Raghothama¹⁰⁾는 파트 패밀리를 위한 위상학적 프레임워크(topological framework)를 제안하였다. 이 프레임워크의 구성을 위해서는 적절한 수학 모델을 결정하고, 일반적 솔리드 표현 방법과 수학 모델을 연계하는 것이 필요하다.

Agbodan은 shell graph를 이용한 명칭 방법¹¹⁾과 이름 매칭 방법¹²⁾을 제안하였다. shell graph는 Kripac가 사용한 FacelDGraph와 비슷하나, 그래프에 계층적인 구조를 도입하여 여러 상세 수준(level of granularity)을 참조할 수 있다. Agbodan은 매칭 단계를 구 모델의 면과 신 모델의 면 사이의 유사성 정도를 계산하는 generic cover calculation과, 이를 바탕으로 모델링 의미에 따라 실제로 구 모델에 대응되는 신 모델의 면을 찾는 real matching calculation으로 나누었다. generic cover calculation 단계에서 유사도는, 신 면의 경계 모서리 중에서 구 면의 모서리와 이름이 같은 모서리들의 총 길이를, 구 면의 경계 모서리들의 총 길이로 나눈 값에서 얻게 된다.

Rappoport²⁰⁾는 기하 객체의 패빌리 모델링을 위한 새로운 방법인 Generic Geometric Complex(GGC)과 이를 위한 명칭 방법을 제안하였다. Rappoport의 방법은 본 논문에서 제안하는 방법을 포함한 다른 방법들과 비교하여 일반적이고 확장성이 높다. 그는 본 논문에서 분류한 고유 명칭에 관한 세가지 문제에 중에서 주로 모호성 해결(Special Entity Geometry, Carrier Signs, Adjacency, Local ordering)에 대해서 다루었다.

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 제안하였다¹³⁾. 예를 들어, 필렛(filleting)을 하기 위해서 하나의 모서리를 선택하는 경우, 선택된 모서리에 대한 명시적인 기하 엔터티를 전달한다. 그리고 기하 엔터티를 받은 CAD 시스템에서는 형상(geometry) 비교를 통하여 참조할 모서리를 찾는다.

Pro/Engineer, SolidWorks, SolidEdge, CATIA와 같은 상업용 시스템들은, 내부적으로 고유 명칭 문제에 관한 많은 연구를 하고 있으나, 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 유사하다¹⁴⁾. 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 부여한다¹⁵⁾. 그리고 CATIA의 경우와 마찬가지로 위상 엔터티의 이름 부여 시, 발생하는 모호성에 대한 해결 방법과 매칭 방법에 관해서는 알려져 있지 않다.

Table 1. Comparison among previous studies for the persistent naming

	명칭방법		이름 매칭
	기본 명칭	모호성 해결	
본 연구	TP: 프로파일, 면기반	GE: OSI, SN	LM: 유사도 및 기하공간정보
Kripac	TP: 면 기반	X	GM: FacelDGraph
Capoyleas	TP: 프로파일	TP: local orientation GE: feature orientation	X
Chen	X	X	LM: 유사도
Agbodan	TP: 프로파일, 면기반	X	GM: shell graph
Wu	TP: 프로파일, 면기반	GE: PSI	X
Rappoport	TP: carrier identities	TP: carrier signs, adjacency GE: special entity geometry, local ordering	X
Tony Ranger		GE: 형상	X
CATIA	TP: 프로파일, 면기반	X	X
SolidWorks		GE: 좌표값, 타입	X

*TP: 위상정보이용, GE: 기하정보이용
*LM: Local Matching, GM: Global Matching

Rappoport^[21]는 파라메트릭 특징형상 CAD 모델 교환을 위한 새로운 구조인 UPR을 제안하였다. 이 구조는 현재의 CAD 시스템에서 채용된 중요한 데이터 레벨에 대한 지원이 가능하다. 그러나 이 구조에 대한 자세한 내용은 다루고 있지 않다. Spitz^[22]는 파트 레벨에서 파라메트릭 데이터와 형상 데이터를 통합하여 교환하는 방법인 GPF를 제안하였다. 이 방법은 데이터를 보내는 CAD 시스템의 특징형상이 대상 CAD 시스템의 어떤 특징형상과도 매핑이 되지 않을 경우 해결책이 된다.

Table 1은 고유 명칭 방법에 관한 기존 연구들을 비교한 표이다. 명칭 방법을 구성하는 기본 명칭과 모호성 해결 방법은, 크게 위상 정보를 이용하는 방식과 기하 정보를 이용하는 방식으로 나뉜다. 대부분의 연구에서는 기본 명칭을 위해서 위상 정보를 이용하는 방식을 사용하였다. 위상 정보를 이용하는 방식은 기본 명칭 시, 특징형상의 프로파일이나 가이드 커브와 같이 특징형상 정의에 사용하는 입력 정보를 사용한다. 그러나 SolidWorks의 매크로 파일이나 Tony Ranger의 경우 기하 정보를 이용하는 방식을 사용하고 있다. 기하 정보를 이용하는 기본 명칭 방법의 경우 모호성 문제가 발생하지 않으나, 모델 수정에 따른 이름 매칭이 어려워 CAD 시스템 개발을 위한 명칭 방법으로는 사용할 수 없다.

모호성 해결을 위해 Capoyleas는 local orientation과 feature orientation을 사용하였다. 본 연구에서 제안하는 모호성 해결 방법과 Wu의 방법은 기하 정보를 이용하는 방법을 사용한다. 모호성 중에서 Wu와 Capoyleas는 면의 병합에 따른 모호성 문제를 다루지 않았다. 그리고 Kripac은 면의 명칭 방법이나 모호성 해결 방법에 대해서 다루지 않았다.

이름 매칭 방법은 local matching과 global matching으로 나뉘는데, Kripac과 Agbodan은 global matching 방법을 사용하였다. 본 논문의 제안하는 이름 매칭 방법과 Chen은 local matching 방법을 사용하며, 이름 매칭 방법은 명칭 방법에 따라 달라진다.

2.3 요구 조건 및 적용 범위

CAD 모델 교환에서의 고유 명칭 문제는 다음과 같은 3가지의 특징을 가지고 있다.

CAD 모델 교환에 있어서는 이름 매칭보다 명칭이 더 중요하다. 파라메트릭 CAD 모델을 교환하기 위한 방법으로는 피처 트리 기반 방법^[16,17]과 매크로 파라메트릭 방법^[18,19]이 있다. 피처 트리 기반 방법에서는 생성 이력만 API를 이용하여 교환되는 반면에 매크로

파라메트릭 방법에서는 생성 이력뿐만 아니라 수정 이력도 교환된다. 만약 CAD 모델에 생성 이력만 저장되어 있다면 CAD 모델 교환을 위해서는 명칭 문제만 해결하면 된다. 그러나 수정 이력이 포함되어 있다면 이름 매칭 문제도 해결해야 한다.

CAD 모델 교환을 위한 명칭 방법은 CAD 시스템에 독립적이고 일반적(generic)이어야 한다. 만약 특정 CAD 시스템에 종속적인 명칭 정보를 가지고 있다면, 번역기가 CAD 시스템 내부의 알고리즘이 생성한 이름의 처리 방법을 모르기 때문에, 위상 엔터티를 명확하게 식별할 수 없어 오류를 발생하게 된다. Fig. 3의 돌출 특징형상의 경우, CAD 시스템 α 는 시작면, 옆면, 끝면 순으로 정수를 이용하여 명칭을 하고, CAD 시스템 β 는 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.

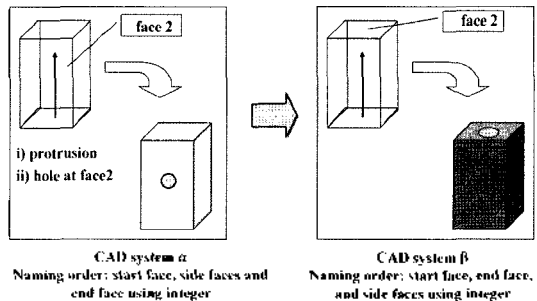


Fig. 3. Name mismatches arising from the naming order between CAD systems^[4].

고유명칭 방법은 CAD 모델 교환에 사용되는 최소한의 데이터를 이용하여 구현될 수 있어야 한다. 특징형상 기반 번역기 개발을 위해서 필요한 최소한의 데이터는 1) 특징형상의 종류, 2) 특징형상별 인자, 3) 특징형상에서 참조하는 위상 엔터티, 4) 특징형상 배치에 필요한 지역 좌표계이다.

본 논문에서는 파라메트릭 CAD 모델 교환을 위한 효율적인 고유 명칭 방법을 제안한다. 제안하는 고유 명칭 방법은, 특징형상 기반 솔리드 CAD 시스템의 파트 모델링을 대상으로 한다. 상입용 CAD 시스템의 파트 모델링 모듈에서는, 특징형상을 이용한 모델링 기능을 제공하므로, 모델링의 최소 단위가 특징형상이라고 가정한다. 즉, 설계자는 특징형상 기반 CAD 시스템에서 제공하는 특징형상 라이브러리를 이용해

서만 모델링을 할 수 있고, 곡면 모델링에서와 같이 면, 모서리, 꼭지점에 대한 국부적인 작업은 할 수 없다. 또한 프로파일 기반 특징형상의 경우, 프로파일의 수정은 없다고 가정한다. 프로파일의 수정이 있는 경우 별도의 매칭 방법이 추가적으로 필요하다.

3. OSI와 SN 기반 명칭 방법

특징형상 기반 CAD 시스템에서, 위상 엔터티의 기록과 검색을 위해 필요한 명칭 방법은, 기본 명칭과 모호성 해결로 나뉜다. 본 논문에서는 기본 명칭을 위해서는 Wu^[8]가 제안한 방법을 사용하고, 모호성 해결을 위해서 기하공간 정보 OSI(object space information)와 병합정보 SN(secondary name)을 이용하는 명칭 방법을 제안한다. OSI와 SN 기반의 명칭 방법은, 아래와 같은 형식으로 면, 모서리, 꼭지점에 각각 이름을 부여한다.

면의 명칭

EN(f) = BN(f) : OSI : Secondary Name

· 면의 기본 명칭 정보: 모호성 해결정보 : Merging된 면의 이름

*모호성이 발생하지 않을 경우 OSI 값에 [0,0]을 기록

*Merging된 면이 없을 경우 Secondary Name(SN)에 [0;0]을 기록

모서리의 명칭

EN(e) = EN(f1) # EN(f2) # OSI

= 인접면 f1의 이름 # 인접면 f2의 이름 # 모호성 해결 정보

꼭지점의 명칭

EN(v) = EN(f1) {# EN(f2)} # OSI

= 인접면 f1의 이름 {# 인접면 f2의 이름} # 모호성 해결 정보

*여기서 #이다. 표현 "{"}은 점의 명칭에서 {}의 안 수식의 개수는 0 개 이상이 될 수 있다는 것을 의미.

BN(f)은 3.1절에서 특징형상의 각 면에 부여된 기본 명칭(basic name) 정보를 뜻하고, EN(f), EN(e), EN(v)는 본 논문에서 제안한 명칭 방법에 따라 부여된 면, 모서리, 꼭지점의 이름을 뜻한다.

3.1 기본 명칭 방법(BN(f))

본 논문에서는 Wu^[8]와 양창윤^[9]이 제안한 특징형상

별 기본 명칭 방법을 사용한다. 특징형상 기반 CAD 시스템에서 제공하는, 각 특징형상 별 면의 기본 명칭 정보는, 아래와 같은 형태로 표현된다.

BN(f) = [Feature id, id1, id2, id3, id4, id5, option]

여기서 Option은 특징형상의 종류를 나타내고, id1~id5는 Feature id, Sketch id, Path id와 같은 각 특징형상 별 명칭 방법에 따른 정보이다. 예를 들어 Sweep 특징형상의 경우 기본 명칭은 다음과 같이 정의된다.

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 the side face
 = [Feature id, 0, -2, 0, 0] if f is the ending face
 *id5=0, option = Sweep Feature

3.2 모호성 해결 방법

모호성 문제는 위상 엔터티의 병합 또는 분할에 의해서 발생한다. 이 모호성 문제를 해결하기 위해서 OSI와 SN 기반 방법을 제안한다.

3.2.1 SN (secondary name)

면의 병합에 따른 모호성 문제를 해결하기 위해서, 병합된 면의 이름을 SN(secondary name)에 저장하는 방식을 제안한다. CAD 모델 생성 시에 각각의 모델링 단계에서 새로운 특징형상을 정의한 후, 이전 모델링 단계의 설계 모델에 덧붙이는 방법으로 모델링을 하게 되는데, 면의 병합은 이 과정에서 특징형상의 임의의 면이 설계 모델의 면에 병합되면서 발생한다. 이와 같은 면의 병합 정보는 이름 매칭 시에 활용된다. 그리고 SN은 아래와 같은 포맷으로 정의된다.

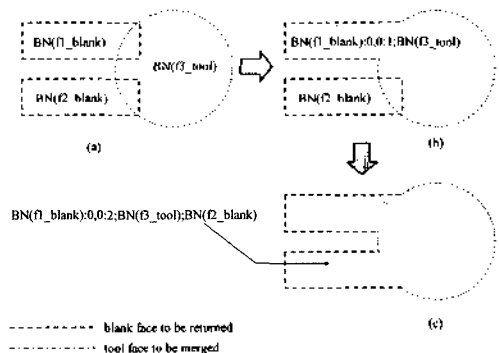


Fig. 4. SN (secondary name) records the face merge information.

$$SN = [Total_Num, BN(f) \{, BN(f)\}]$$

여기서 Total_Num는 병합된 면의 총 개수를 나타내고, BN(f)는 병합된 면의 기본 명칭정보를 나타낸다. Fig. 4는 설계 모델에 특정형상을 덧붙일 때, 면의 병합 정보를 SN에 저장하는 과정을 보여준다.

3.2.2 OSI (object space information)

면의 분할에 따른 모호성 문제를 해결하기 위해서 동일한 기본 명칭 명칭 정보를 가지는 위상 엔티티들을 비교할 때, Wu가 제안한 PSI와 유사하지만, 매개변수 공간(parametric space)이 아닌 기하공간(object space)을 사용하는 OSI (object space information)를 이용하는 방식을 제안한다. 본 논문에서 기하공간(object space)는 특정형상의 3D 지역 좌표계를 말한다. PSI는 동일한 기본 명칭 정보를 가지는 위상 엔티티들의 u, v 값의 범위를 계산하여, 매개변수 공간 상에서 순서를 비교한 정보이고, OSI는 기하 공간 상에서 동일한 기본 명칭 정보를 가진 위상 엔티티의 x, y, z 값의 범위를 비교하여 정한 순서 정보이다. OSI와 PSI는 기본 원리는 유사하고 입력 받는 대상 정보 (Parametric space & Object Space)가 다르다.

Wu가 모호성(ambiguity)을 해결하기 위해서 제안한 PSI (parametric space information)를 이용하는 방법은, CAD 모델 교환 관점에서 적용하기 어렵다. 왜냐하면 CAD 시스템에 종속적인 정보인 매개변수 공간에 대한 정보를 얻지 못할 경우, Fig. 5와 같이 System A와 System B의 좌표계가 서로 달라, f1과 f2가 서로 다른 $u \cdot v$ 값의 범위를 갖게 되면, 두 시스템에서 f1과 f2의 PSI가 서로 다르게 계산되기 때문이다. CAD 모델의 매개변수 공간에 대한 정보의 추출 가능 여부는, 입력 CAD 모델의 종류와 사용하는 API에서 제공하는 기능에 따라 달라진다. 예를 들어 SolidWorks와 CATIA와 같은 상업용 CAD 시스템의

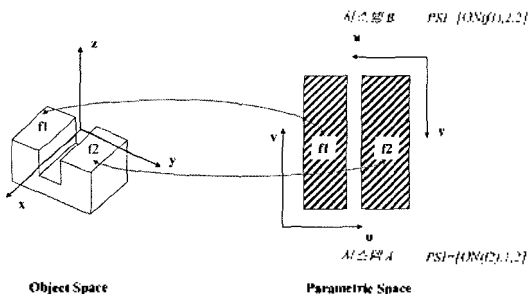


Fig. 5. Difference in PSI (parametric space information) among CAD systems.

매크로 파일의 경우, 매개변수 공간에 대한 정보가 기록되어 있지 않고^[8], CATIA에서 제공하는 Visual Basic API의 경우에는, 파트 파일의 매개변수 공간 정보를 추출하는 기능을 제공하지 않는다.

OSI 값은 아래와 같은 포맷으로 정의된다.

$$OSI = [Order, Total_Num]$$

여기서 Total_Num는 동일한 기본 명칭(BN) 정보를 가지는 면의 총수를 나타내고, Order는 x, y 및 z 값의 범위에 따라 결정된 순서 정보를 나타낸다.

OSI를 계산하는 과정은 다음과 같다.

- 동일한 기본 명칭 정보를 가지는 위상 엔티티들의 참조점 (reference_point)을 결정
- 기하공간 (object space) 상에서 참조점에 해당되는 x, y, z 값을 계산
- x, y, z 값에 따라 정렬. 큰 값을 가질수록 순위가 높다. 먼저 위상 엔티티들을 x 값을 비교하여 정렬한다. x 값이 같은 위상 엔티티들에 대해서는 y 값을 비교하여 정렬하고, x, y 값이 같은 위상 엔티티들에 대해서는 z 값을 비교하여 정렬한다.

참조점을 결정하는 방법은 Wu의 논문^[8]에 설명되어 있다. Wu의 경우 매개변수 공간(parametric space)의 상의 2D bounding box를 이용하여 참조점을 정하지만, 본 논문에서는 기하공간(object space) 상의 3D bounding box를 이용하여 참조점을 결정한다는 것이 다르다.

Fig. 6의 경우, f1과 f2는 동일한 기본 명칭 정보를 가지고 있고, f2가 f1보다 y 값이 더 크기 때문에 f1의 1번째가 된다. 따라서 f2의 OSI는 [1,2]가 되고, f1의 OSI는 [2,2]가 된다.

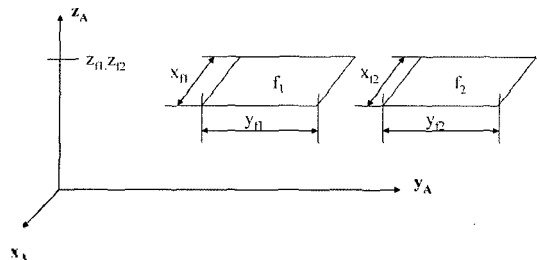


Fig. 6. Object Space Information (OSI) for the identification of split faces.

OSI를 계산하기 위해서는 지역 좌표계(local coordinate)를 이용하여 값의 범위를 비교해야 한다. 지역 좌

표계(global coordinate)에 대해서 x, y, z 값의 범위를 비교한 경우, CAD 모델의 설계 이력 정보에 좌표변환(transformation) 작업이 포함되면, 좌표변환의 파라미터 값에 따라, Fig. 7와 같이 전역 좌표계 상에서 면의 위치가 변경이 되어 OSI 값이 변경되는 경우가 발생한다.

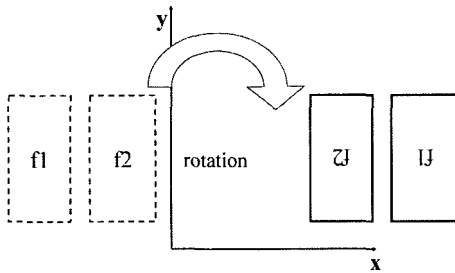


Fig. 7. Change of OSI values after a rotate operation.

많은 상업용 CAD 시스템들은 돌출, 회전 돌출과 같은 프로파일 기반 특징형상의 경우, 하나의 프로파일에 여러 개의 폐루프(closed loop)의 정의가 가능하며, 한번의 작업으로 여러 개의 솔리드를 생성할 수 있다. Wu가 제안한 명칭 방법의 경우, 프로파일 기반 특징형상의 시작면과 끝면의 기본 명칭은, [Feature id, 0, -1, 0, 0]과 [Feature id, 0, -2, 0, 0]과 같이 주어진다. Wu의 방법을 적용할 경우 한 프로파일에 여러 개의 폐루프가 있으면, 각 루프에 의해서 생성되는 솔리드들의 시작면과 끝면은 동일한 기본 명칭 정보를 가지게 된다. 따라서 프로파일의 폐루프가 2개 이상이 있을 경우, 각 루프에 의해서 생성되는 솔리드의 시작면과 끝면에 대해서 문제가 발생하며, 본 논문에서는 기하공간정보 OSI를 이용하여 이러한 모호성을 해결한다.

본 논문에서 제안하는 OSI를 이용한 모호성 해결 방법은, 지역 좌표계에 따른 기하 정보의 차이를 이용하여 모호성을 해결하는 방식이므로, 기하 정보가 동일한 위상 엔터티에는 적용할 수가 없다. 이와 같은 단점은 Wu가 제안한 PSI를 이용한 모호성 해결 방법도 역시 가지고 있다. 동일한 기하 정보를 가지는 위상 엔터티는 Fig. 8와 같이 세가지 경우를 통해 생성된다.

- 특징형상을 분할 → 동일한 기하 정보를 갖는 면 생성(Fig. 8(a))
- 특징형상의 면을 분할 → 동일한 기하 정보를 갖는 모서리 생성(Fig. 8(b))
- 특징형상의 모서리를 분할 → 동일한 기하 정보를 갖는 꼭지점 생성(Fig. 8(c))

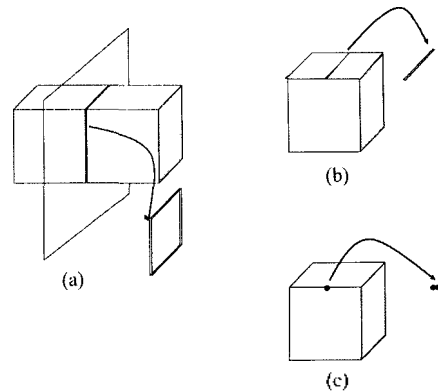


Fig. 8. Cases where ambiguity still remains in spite of application of the proposed naming.

그러나 특징형상 기반 솔리드 CAD 시스템의 경우 모델링의 기본 단위가 특징형상이어서, Fig. 8과 같은 모델링 기능을 제공하지는 않는다. 예를 들어, 상업용 CAD 시스템에서는 Fig. 8의 (a)와 같은 형상의 경우 1) 새로운 바디(body)를 추가하여 각각의 바디에 분할(splitting)된 형상을 하나씩 모델링하거나, 2) 분할된 형상을 하나씩 단품으로 모델링 한 후, 조립품으로 모델을 생성할 수 있지만, 특징형상을 임의의 면으로 분할하여 이와 같은 형상을 만들 수 없다. 따라서 본 논문에서 제안하는 OSI 기반 모호성 해결 방법은 파라메트릭 CAD 모델 교환 목적에 여전히 적용될 수 있다.

4. OSI와 SN 기반 이름 매칭 방법

4.1 면의 매칭

면의 이름 매칭을 위해서는 먼저 구 모델의 선택된 면의 기본 명칭 정보와, 신 모델을 구성하는 면들의 기본 명칭 정보를 비교(Fig. 9의 ①)한 후, 동일한 기본 명칭 정보를 가지는 신 모델의 면들을 찾아 예비 매칭 세트를 구성한다. 이때 만약 동일한 기본 명칭 정보를 가지는 위상 엔터티가 신 모델에 없을 경우, 구 모델 면의 SN을 검사하고, 동일한 이름을 가지는 신 모델의 위상 엔터티가 있다면 예비 매칭 세트로 반환한다(Fig. 9의 ②).

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, 특징형상 지역 좌표계 상에서의 x, y, z 값의 범위를 조사하여(OSI), 구 모델의 면과 가장 유사한 범

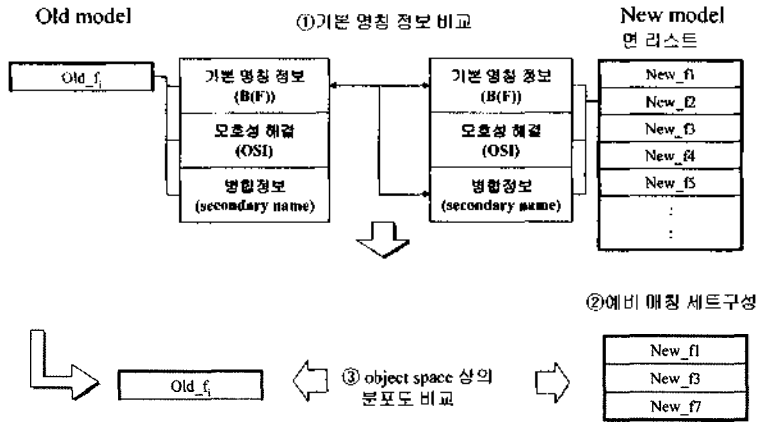


Fig. 9. The proposed procedure for face name matching.

위를 가지는 예비 매칭 세트의 면을 반환한다(Fig. 9의 ③).

특징형상 기반 CAD 시스템에서 모델링의 기본 단위는 특징형상이고, 특징형상을 구성하는 개별적인 위상 엔터티에 대한 좌표변환과 같은 수정 작업은 제공하지 않기 때문에, 임의 변의 기하공간(object space) 정보가 변경되는 경우는 발생하지 않는다. 따라서 x, y, z 값의 범위를 조사하는 과정을 통하여 구 모델의 면과 가장 유사한 신 모델의 면을 찾을 수 있다.

구 모델의 위상 엔터티와 예비 매칭 세트에 속한 위상 엔터티들의, 지역 좌표계 상에서의 x, y, z 값의 범위를 비교하면, Fig. 10와 같이 네 가지 경우가 존재하고, 각 경우 별 매칭 방법은 다음과 같다. 첫번째, Fig. 10의(a)와 같이 구 모델 위상 엔터티의 기하공간에 신 모델 위상 엔터티의 기하공간이 포함되는 경우에는 신 모델의 위상 엔터티를 반환한다. 이 경우 Fig. 10의 (a)에서 점선으로 표시된 원과 같이 또 다

른 신 모델 위상 엔터티가 구 모델의 기하공간에 포함될 가능성이 있다. 두번째, Fig. 10의 (b)와 같이 신 모델 위상 엔터티의 기하공간에, 구 모델 위상 엔터티의 기하공간이 포함될 경우에도, 신 모델의 위상 엔터티를 반환한다. 이 경우 구 모델에 대응되는 신 모델의 또다른 위상 엔터티는 존재하지 않는다. 세번째, Fig. 10의 (c)와 같이 구 모델과 신 모델 위상 엔터티들의 기하공간에 부분적으로 겹칠 경우에는, 신 모델의 전체에 대한 겹친 부분의 비율이, 미리 정해진 값 이상이 될 경우에만, 신 모델의 위상 엔터티를 반환한다. 네번째, Fig. 10의 (d)와 같이 기하공간이 겹치는 부분이 없을 경우에는, 신 모델의 위상 엔터티를 반환하지 않는다.

Fig. 11은 변의 분할에 따른 이름 매칭 문제의 사례를 보여준다. 구 모델의 위쪽 돌출면이 신 모델에서는 3개의 면으로 분할되었다. 이때 구 모델의 위쪽 면

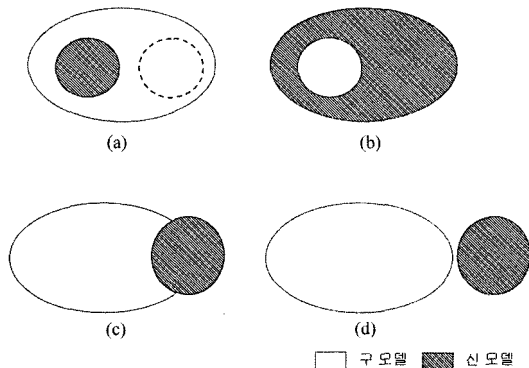


Fig. 10. Object space categories between the old and new models.

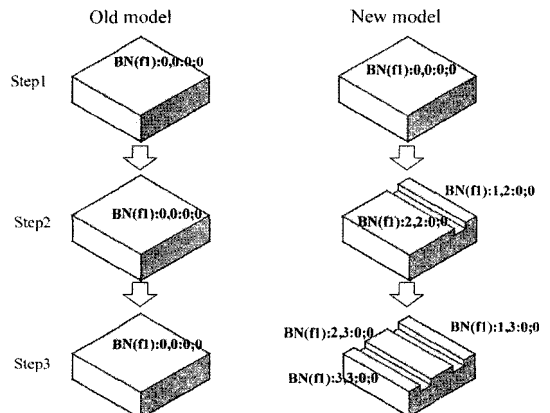


Fig. 11. A name matching problem originating from face splitting.

(BN(Π):0,0;0)에 대응되는 신 모델의 위상 엔터티를 찾아보면, 동일한 기본 명칭 정보를 가지고 있는 신 모델의 위쪽 3개 면 (BN(Π):1,3;0,0, BN(Π):2,3;0,0, BN(Π):3,3;0,0)을 찾을 수 있어, 이들을 가지고 예비 매칭 세트를 구성한다. 그리고 구 모델의 위쪽 면과 예비 매칭 세트의 면들의 기하공간 정보를 조사하면, 모두 Fig. 10의 (a)에 해당되므로 예비 매칭 세트의 모든 면을 반환한다.

Fig. 12은 면의 병합에 따른 이름 매칭 사례를 보여 준다. 그림에서 만약 구 모델의 면 BN(Γ):0,0;0을 신 모델로 매칭을 한다고 가정하면, 신 모델에서는

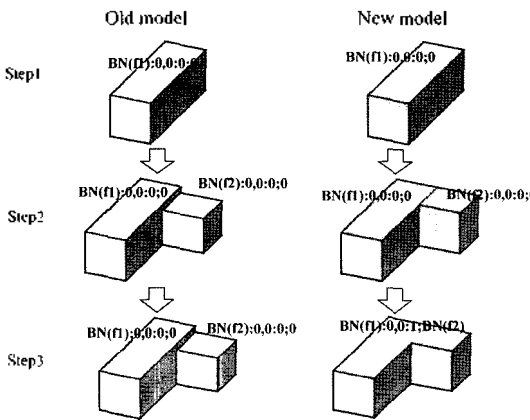


Fig. 12. A name matching problem originating from face merging.

Step2의 면의 병합으로 인해서, 3단계 (Step3)에서는 면 BN(Γ):0,0;0가 손실된다. 본 논문에서는 면의 병합이 일어날 경우, 병합되는 면의 기본 명칭 정보를 SN으로 기록하기 때문에, 구 모델 면의 기본 명칭과 신 모델 면의 SN 비교를 통해, 신 모델의 면 BN(Γ):0,0;0:BN(Γ)을 예비 매칭 세트로 찾을 수 있다. 그리고 예비 매칭 세트의 수는 하나이기 때문에 유사도 비교 없이, 구 모델의 면 BN(Γ):0,0;0에 매칭되는 신 모델의 면 BN(Π):0,0;0:BN(Γ)을 반환한다.

4.2 모서리와 꼭지점의 매칭

모서리의 매칭과 꼭지점의 매칭은 Fig. 13와 같은 과정으로 이루어진다. 모서리나 꼭지점을 매칭할 경우에는 먼저 구 모델 모서리 및 꼭지점의 인접면들과 매칭되는 신 모델의 면들을 검색하여, 면의 매칭 테이블을 구성한다(Fig. 13의 ①). 그리고 모서리 및 꼭지점의 인접면 정보를 비교하여, 매칭해야 하는 구 모델 모서리 및 꼭지점과 동일한 명칭 정보를 가지는, 신 모델의 모서리나 꼭지점들을 찾아 예비 매칭 세트를 구성한다(Fig. 13의 ②). 마지막으로 예비 매칭 세트의 각 모서리와 구 모델 모서리의 기하공간을 비교하여, 구 모델의 모서리에 대응되는 신 모델의 모서리를 반환한다. 이때 두 모서리의 유사도를 비교할 때 Fig. 10에서 설명한 분포도 비교 방법을 사용한다(Fig. 13의 ③). 꼭지점의 경우에는 기하공간 상에서 범위를 가지고 있지 않고 한점으로 표현되는 것이기 때문에,

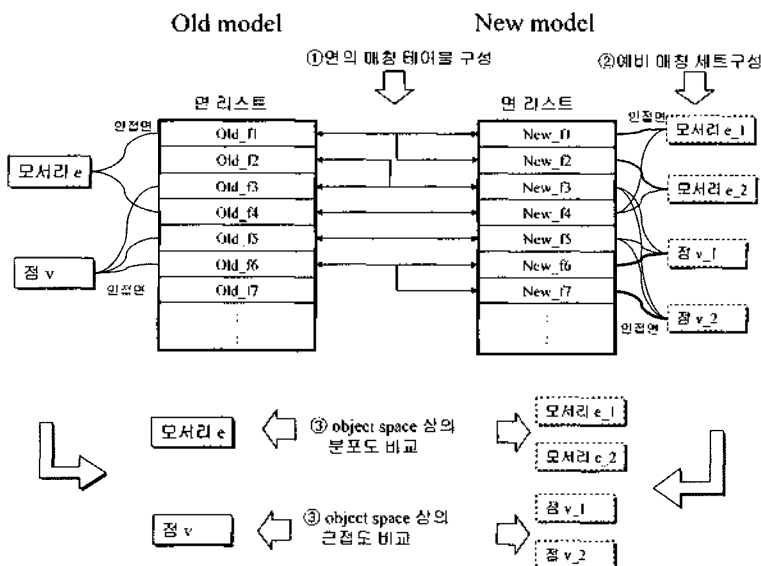


Fig. 13. Name matching procedure for edges and vertices.

번위를 가지고 있지 않고 면과 모서리와 같이 분할되지도 않는다. 그래서 예비 매칭 세트의 각 꼭지점과 구 모델의 꼭지점의 기하공간을 비교하여, 구 모델의 꼭지점과 가장 근접한 신 모델의 꼭지점을 찾아 반환한다(Fig. 13의 ③).

모서리 매칭 방법을 Fig. 14의 구 모델 모서리 e1의 예를 들어 설명한다. 구 모델 BN(f1):0,0,0;0은 신 모델의 BN(f1):0,0,0;0으로 매칭되고, BN(f2):2,2,0;0은 신 모델의 3개의 면 (BN(f2):2,4,0;0, BN(f2):3,4,0;0, BN(f2):4,4,0;0)에 매칭된다. 먼저 구 모델 e1의 인접면과 동일한 명칭 정보를 가지는, 신 모델의 면들을 인접 면으로 가지는 모서리를 검색하여, 예비 매칭 세트를 구성한다. Fig. 14의 구 모델 모서리 e1의 인접면과 매칭되는 면들을 인접면으로 하는, 신 모델의 모서리는 e11, e12, e13임을 알 수 있고, 이들 모서리를 예비 매칭 세트로 구성한다. 그리고 난 후 e1과 예비 매칭 세트의 e11, e12, e13의 기하공간 상의 분포도를 비교하면, e11, e12, e13 모두 e1에 포함되어 Fig. 10의 (a)에 해당된다. 따라서 e11, e12, e13를 구 모델 모서리 e1과 매칭되는 신 모델의 모서리로 반환한다.

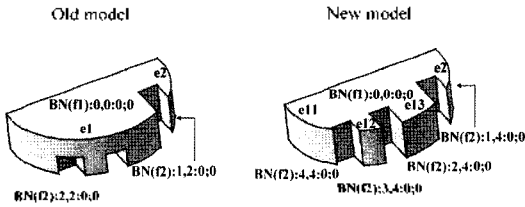


Fig. 14. An example of edge matching.

반대로 신 모델의 모서리 e12를 구 모델로 매칭한다면, 예비 매칭 세트는 e1, e2가 된다. 그리고 기하공간(object space)의 분포도를 비교하면, 구 모델의 e1이 신 모델의 e12를 포함하여 Fig. 10의 (b)에 해당되므로, 구 모델의 e1을 신 모델의 e12에 매칭되는 모서리로 반환한다.

Fig. 15은 모서리 이름 매칭의 사례를 보여준다. 구 모델의 꼭지점 v1에 대응되는 신 모델의 꼭지점을 매칭 할 때, 우선 v1의 인접면들과 매칭되는 신 모델의 면들을 검색한다. 구 모델의 BN(f1):1,2,0;0과 BN(f1):2,2,0;0은, 신 모델의 BN(f1):0,0,0;0에 매칭되고, 나머지 면들은 동일한 이름을 가지고 있다. 그리고 v1의 인접면과 매칭되는 면들을 인접면으로 하는 꼭지점들을, 신 모델에서 검색하여 예비 매칭 세트를 구성한다. 예비 매칭 세트로는 신 모델의 꼭지점 v3,

v4가 반환된다. 그리고 난 후 v1에 대한 v3 및 v4의 근접도를 비교하면 근접도가 더 높은 v3가 반환된다.

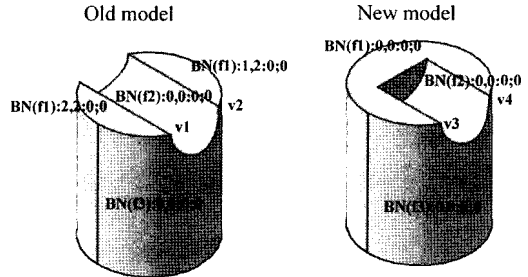


Fig. 15. An example of vertex matching.

5. 구현 및 실험

3절과 4절에서 제안한 고유 명칭 방법을 이용하여 고유 명칭 모듈을 구현한 후, 기존에 개발된 매크로 파라메트릭 번역기^[18,19,25,27]에 적용하였다. 그리고 테스트 모델의 번역 실험을 통하여 고유 명칭 방법의 유효성을 검증하였다.

본 논문에서 구현한 고유 명칭 모듈의 구현 환경은 다음과 같다. 상업용 모델링 커널로 ACIS를 사용하였으며, 표준 매크로 파일이 XML 형태로 되어 있어, XML 파일의 입/출력을 위하여 MSXML 4.0을 사용하였다.

- 운영체제(OS): Windows2000
- 하드웨어 Platform: Intel Pentium
- 프로그래밍 언어: C++
- 모델링 커널: ACIS R12
- 기타: MFC, MSXML 4.0

Fig. 16는 고유 명칭 방법이 적용된 매크로 파라메트릭 번역기의 구성도를 보여준다. 매크로 파라메트릭 번역기는 표준 모델링 명령어 기반의 CAD 모델 데이터 구조, 표준 매크로 파서, 고유 명칭 모듈, 명칭 매핑 모듈^[8], 내부 기하 모델 IGM (Internal Geometric Model)^[9], Core Modeling 모듈, 기하 데이터 처리 모듈, 각 CAD 별 고유 매크로 파서로 구성되어 있다.

표준 매크로 파서와 고유 매크로 파서를 통해 입력 매크로 파일의 정보를 읽어와서 표준 모델링 명령어 기반의 데이터 구조에 저장한 후, Core Modeling 모듈을 이용하여 내부 모델인 IGM을 생성한다. 매크로 번역 과정에서 필요한 IGM의 생성 및 처리를 위해서, ACIS에서 제공하는 API(Application Programmer's Interface)를 이용하여 Core Modeling 모듈, 기하 데

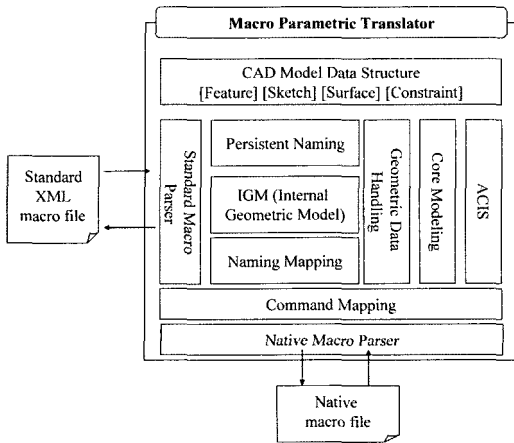


Fig. 16. Architecture of the macro-parametric translator with the proposed persistent naming method.

이터 처리 모듈을 구현하였다. 내부 기하 모델 IGM은 위상 정보, 기하 정보, 고유 명칭 모듈에서 생성한 명칭 정보가 저장되어 있다. 각 특징형상에서 참조하는 위상 엔터티의 정보는, CAD 시스템마다 다른 명칭 방법으로 기록된다. 표준 매크로에 기록된 명칭 정보와 CAD 시스템의 매크로에 저장된 명칭 정보의 매핑을 위해서 IGM이 사용된다.

Fig. 17은 번역기를 이용하여 테스트 모델(Gas Spring)을 번역할 때 발생하는, 면 분할의 예를 보여주고 있다. 그림에서 보는 것과 같이 회전 돌출(shaft1)의 단면 형상을 정의하는 프로파일(sketch1)의 19번 라인과, 21번 라인에 의해서 만들어진 면이 다른 특징형상과의 불리언 작업(Boolean operation)에 의해서 분할이 되었다. 고유 명칭 모듈은 분할된 면의 모호성을 해결하기 위해서 기하 공간 정보(OSI)를 계산하게 된다.

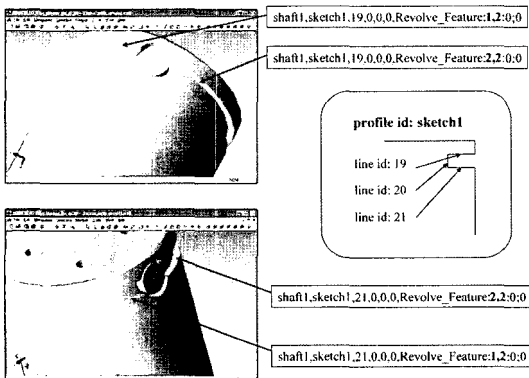


Fig. 17. Face splitting in the gas spring.

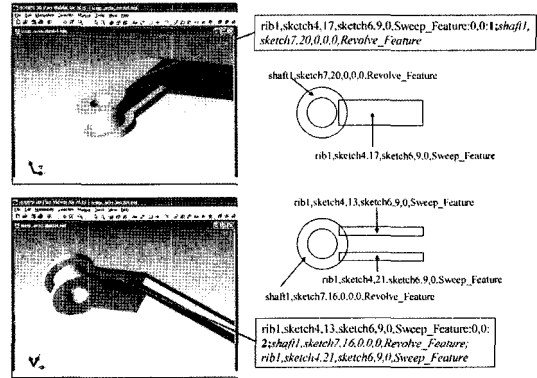


Fig. 18. Face merging in the Y-model.

Fig. 18은 번역기를 이용하여 테스트 모델(Y-model)을 번역할 때 발생한 면 병합의 예를 보여주고 있다. 회전 돌출 (shaft1)과 sweep (rib1)의 (Boolean operation)에 의해서 면의 병합이 일어나고, 고유명칭 모듈은 병합되는 면의 기본 명칭 정보를 SN에 저장하게 된다.

테스트 모델(Y-model)에 대한 CATIA에서 SolidWorks로의 번역 결과가 Fig. 19에 나타나 있다. SolidWorks의 윈도우에 있는 피쳐트리를 통해서 파라메트릭 CAD 데이터가 CATIA에서 SolidWorks로 전달이 됐음을 알 수 있다. CATIA에서 생성된 매크로 파일이 XML 포맷의 중립 매크로 파일로 변환된 후 중립 파일이 다시 SolidWorks의 매크로 파일로 변환되었다. 제안된 명칭 방법은 중립 매크로 파일에서 특징형상이 참조하는 위상 엔터티를 식별하는 사용되었다. 예를 들어 Fig. 19의 점선으로 된 상자 안에 chamfer feature를 생성하기 위해서 참조한 보서리의 이름이 기록되어 있다.

6. 결론 및 향후 연구

파라메트릭 정보가 포함된 CAD 모델 교환 시 발생하는 분제인 고유 명칭 문제에 대해서 연구하였다. CAD 모델 교환 관점에서 고유 명칭 분제의 특징에 대해서 분석하고, 기존의 연구들을 검토하였다. 기존의 연구 결과에 기반하여, CAD 모델 교환을 위한 고유 명칭 방법으로 기하 공간 정보 OSI와 병합 정보 SN 기반의 명칭 및 그에 따른 이름 매핑을 제안한다. 그리고 고유 명칭 방법을 검증을 위하여, 기존에 개발된 매크로 파라메트릭 번역기에 본 논문에서 제안하는 고유 명칭 방법을 적용하였다.

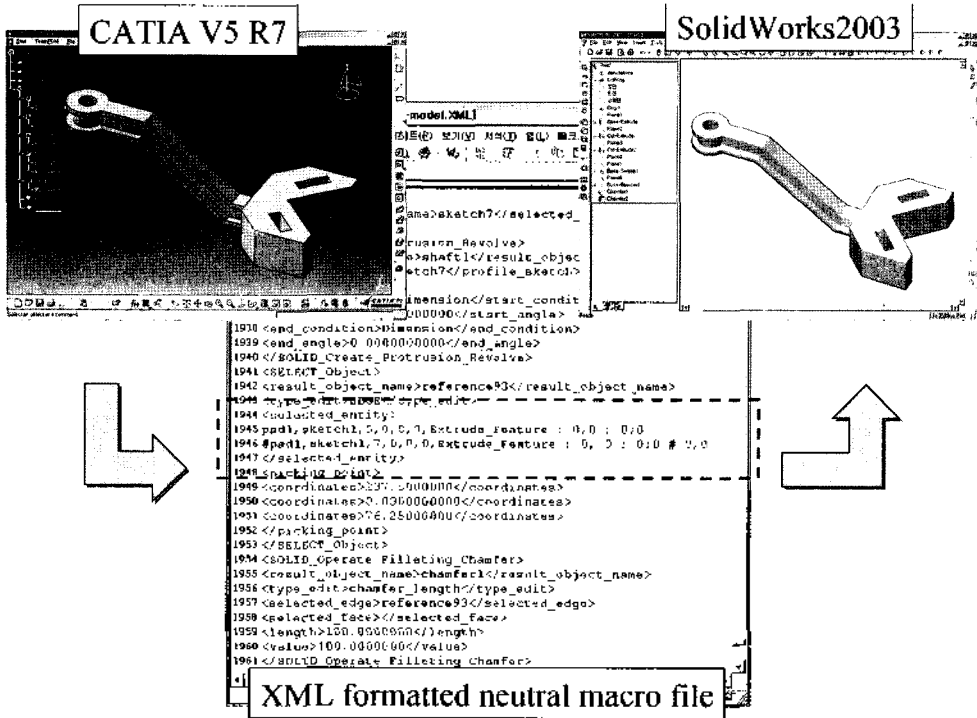


Fig. 19. Experiments of CAD model exchange (Y-model) between CATIA and SolidWorks.

STEP 파라메트릭스 그룹의 Tony Ranger가 제안한 고유 명칭 방법과 비교해보면, 본 논문에서 제안한 명칭 방법은, 프로파일과 위상 정보와 같은 의미적 (semantic) 정보를 이용하여 명칭(naming)하는 방법이고, 이름 매칭(name matching)이 가능하다. 반면에 Tony Ranger가 제안한 방법은 선택된 엔터티의 형상 정보를 전달하기 때문에, 구현이 쉽지만, 형상 정보에 의미적 정보가 없기 때문에 이름 매칭이 어렵다. 따라서 Tony Ranger의 방법은 수정 이력 정보를 가지는 CAD 모델의 교환에는 적용하기 어렵다. 반면에 Tony Ranger의 방법은 본 논문에서 제안한 방법보다, 명칭 방법이 단순하기 때문에 구현이 용이하다.

본 논문에서는 솔리드 모델링에 대해서 특징형상의 프로파일 수정이 없다는 가정 하에 고유 명칭 방법을 제안하였다. 그러나 많은 경우 CAD 모델 수정 작업에서 프로파일의 수정이 일어난다. 그리고 솔리드 모델링과 함께 곡면 모델링도 많이 사용되는 모델링 방법 중 하나이다. 따라서 프로파일의 수정에 따라 프로파일을 구성하는 위상 엔터티들의 이름 매칭 방법에 대한 연구와, 곡면 모델링 시의 고유 명칭 방법에 대한 연구를 통해, 본 논문에서 제안된 고유 명칭 방법을 확장할 필요가 있다.

참고문헌

1. 신하용, "Classification of Geometric Model", KAIST 산업공학과 IE752 형상 모델링 수업, 2002.
2. J. Kripac, "A Mechanism for Persistently Naming Topological Entities in History-based Parametric Solid Models", *Computer-Aided Design*, Vol. 29, No. 2, 1997.
3. Capoyleas, V., Chen, X. and Hoffmann, C., "Generic Naming in Generative, Constraint-based Design", *Computer-Aided Design*, Vol. 28, No. 1, 1996.
4. Mun, D. H. and Han, S. H., "An Approach to Persistent Naming and Naming Mapping Based on OSI and IGM", Digital Engineering Workshop 2005, Held in Tokyo University, Feb. 2005.
5. 이재열, 김광수, "특징형상 접근방법에 의한 가공 특징형상의 추출", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제4권, 제2호, 1999.
6. 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.
7. Chen, X. and Hoffmann, C., "On Wditability of Feature-based Design", *Computer-Aided Design*, Vol. 27, No. 12, pp. 905-914, 1995.
8. Wu, J., Zhang, T., Zhang, X. and Zhou, J., "A Face

- Based Mechanism for Naming, Recording and Retrieving Topological Entities", *Computer-Aided Design*, Vol. 33, No. 10, 2001.
9. 양창윤, 이진우, "특징형상기반의 솔리드 모델러에 시의 ID 시스템 개발", 한국 CAD/CAM학회 학술발표회, 2003.
 10. Raghathama, S. and Shapiro, V., "Topological Framework for Part Families", ASME Transactions, *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, Vol. 2, No. 4, 2002.
 11. Agbodan, D., Marcheix, D. and Pierra, G., "Persistent Naming for Parametric Models", WSCG 2000.
 12. 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.
 13. ISO TC184/SC4/WG12 N1568, "Minutes of WG12 Parametrics Meeting from Seoul, Korea", 2002
 14. Dassault Systemes, "CATIA V5 R6 Online Manual", 2001.
 15. SolidWorks Homepage, "<http://www.solidworks.com/>", SolidWorks Corporation, 2002.
 16. Greco, J., "Working Magic with Translation and Healing", CADENCEweb, <http://www.cadenceweb.com/magazine>, October, 2002.
 17. M. Stiteler, "Construction History and Parametrics: Improving Affordability Through Intelligent CAD Data Exchange", CHAPS Program Final Report, Advanced Technology Institute, 5300 International Boulevard, North Charleston, SC 29418, SC, USA, January 2004.
 18. Choi, G.-H., Mun, D. H. and Han, S. H., "Exchange of CAD Part Models Based on the Macro-parametric Approach", *International Journal of CAD/CAM*, <http://www.ijcc.org/>, 2002.
 19. Mun, D. H., Han, S. H., Kim, J. H. and Oh, Y. C., "A Set of Standard Modeling Commands for the History-based Parametric Approach", *CAD*, Vol. 35, Issue 13, pp. 1171-1179, 2003.
 20. A. Rappoport, "The Generic Geometric Complex (GGC): A Modeling Scheme for Families of Decomposed Pointsets", Proceedings, Fourth ACM/Siggraph Symposium on Solid Modeling and Applications (Solid Modeling '97), May 1997, Atlanta, ACM Press, pp. 19-30.
 21. A. Rappoport, "An Architecture for Universal CAD Data Exchange", Proceedings, Solid Modeling '03, June 2003, Seattle, Washington, ACM Press.
 22. Spitz, S. and Rappoport, A., "Integrated Feature-based and Geometric CAD Data Exchange", Proceedings, Solid Modeling '04, June 2004, Genova, Italy, ACM Press.
 23. Pratt, M. J., Anderson, B. D. and Ranger, T., "Towards the Standardized Exchange of Parameterized Feature-based CAD Models", *Computer-Aided Design*, Vol. 37, No. 12, 2005.
 24. Varady, T., Gaal, B. and Jared, G. E. M., "Identifying Features in Solid Modelling", *Computers in Industry*, Vol. 14, No. 1, 1990.
 25. 문두환, 한순홍, "매크로 파라메트릭 방법론을 이용한 CAD 모델의 교환", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제6권, 제4호, 2001.
 26. 문두환, 한순홍, "파라메트릭 CAD 모델 교환을 위한 OSI와 IGM 기반의 고유 명칭 방법과 명칭 매핑 방법", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제9권, 제3호, 2004.
 27. 문두환, 김병철, 한순홍, "피쳐 트리와 매크로 파일을 이용하는 하이브리드 파라메트릭 번역기", 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제7권, 제4호, 2002.



한 순 홍

한국과학기술원 기계공학과 교수이며, 웹저널인 *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



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