한국 CAD/CAM 학회 논문집
제9권 제1호 2004년 3월 pp. 19-26

학술논문

형상 모델러의 구현을 통한 표준 모델링 명령어 집합의 검증

김병철*, 한순흥**

Verification of the Standard Modeling Commands by Implementing a Geometric Modeler

Kim, B. C.* and Han, S.H.**

ABSTRACT

It is not possible to exchange parametric information of CAD models based on the current version of STEP (Standard for the Exchange of Product model data). The designer intents are lost during the transfer of CAD models. To resolve this problem, the macro-parametric approach had been proposed. To enable this approach, a set of standard modeling commands has been defined. Errors or missing elements of the standard modeling commands can be discovered by implementing macro-parametric translators. But there is a limit to discover problems only by using translators. This paper proposes a method to verify the standard modeling commands by implementing a geometric modeler. First, each argument of a modeling command is verified. Second, the set of the standard modeling commands is applied to geometric modeling of commercially available product parts. For the geometric modeling, nine test models have been selected.

Key words : Geometric modeler, Macro-parametric, Standard modeling commands, STEP

1. 서 론

인터넷과 정보 기술의 발전으로 기업들은 기업 내부의 설계, 제조, 마케팅, 유지보수 등의 정보를 통합 관리할 수 있는 시스템을 구축하고 있다. 특히 3차원 CAD는 제품의 설계, 생산에 있어서, 제품 설계 시간을 단축 시켜주고 제품 설계의 질을 높여, 궁극적으로는 기업의 경쟁력을 높여주는 수단으로 이용되고 있다. 이와 같은 제품 정보의 통합을 위해서는 설계, 해석, 생산 등 제품의 전체 수명주기에 걸쳐 공통적으로 사용될 수 있는 제품 정보의 표현 방법이 필요하다. 각 단계에서의 데이터가 다른 단계로 올바르게 전달이 되어야, 진정한 시스템의 통합이 가능하다.

STEP 표준은 ISO에서 제정 중에 있는 새로운 국제 표준으로, 제조업체에서 제품을 개발하고 생산할 때, 서로 다른 자동화 시스템 간에 제품 정보를 교환하는데 사용하는 공통의 언어 역할을 하는 인터페이스 기술이다. 그러나 현재의 STEP 표준을 이용하여, 3차원 CAD 시스템들 사이에 제품 데이터를 교환할 경우, 각 CAD 시스템에서 생성된 제품의 파라메트릭 정보를 다른 CAD 시스템에 전달할 수 없다. 이와 같이 파라메트릭 정보를 전달하지 못하면, 교환 후에 제품의 형상을 변경하기 어렵다는 문제점이 생긴다. 이는 제품 정보의 재사용성을 떨어뜨리게 되고, 그 결과 제품 개발 기간이 늘어나며, 이로 인해서 제품 개발 비용 또한 높아진다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서, CAD 모델에 포함된 파라메트릭 정보를 전달할 수 있는, 설계 이력(design history) 기반의 매크로 파라메트릭 방법이 제안되었다[1,2]. 또한 매크로 파라메트릭 방법을 구현하는 과정에, 표준 모델링 명령어 집합이 만들어졌다[3]. 표준 모델링 명령어 집합은, 제품 모델의 교환 실험을 통하여 내부의 문제점을 발견하고, 그 결과를 반영하여 계속적으로 개선하고 있다. 그러나 상업용 CAD 시스템들이 제공하는 명령어 인자들이 시스템마다 다르게 정의되어 있고, 또한 상업용 CAD 시스템에서 제공하는 API 기능의 제한으로 인하여 CAD 시스템의 모든 기능을 이용할 수 없다는 문제점으로 인해,

*한국과학기술원 기계공학과 박사과정
**한국과학기술원 기계공학과 부교수
- 논문투고일: 2003. 05. 15
- 심사완료일: 2003. 10. 22

상업용 시스템 간의 모델 교환 실험을 통한 표준 모델링 명령어 집합의 검증은 제약을 가지고 있다.

본 연구의 목적은 형상 모델러의 구현을 통해 이러한 어려움을 극복하고, 표준 모델링 명령어 집합을 보다 조직적으로 검증하는 것이다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구에 대해서 알아보고, 3절에서는 표준 모델링 명령어 집합을 검증하기 위한 방법을 제시한다. 4절에서는 표준 모델링 명령어 집합의 검증을 위한 구현 내용과 실험 결과를 보여준다.

2. 관련 연구

2.1 EREP(Editable Representation)

EREP은 Purdue University의 Hoffmann 교수 연구실에서 개발중인 표준 명령어로써, 특징 형상 기반 CAD 모델 생성을 위한 절차적(procedural) 모델링 인터페이스를 제공한다. EREP은 높은 수준(high level)의 명령어만을 제공하며, 매개 변수와 기하학적 구속조건에 관한 명령어를 제공한다. 뿐만 아니라 조립체에 부품을 배치하기 위해 필요한 구속 조건 명령어도 제공하고 있다.

Hoffmann 교수 연구실에서는 EREP을 검증하기 위한 방법으로, EREP을 이용한 특징 형상 기반 CAD 시스템을 개발하고 있다. 이 시스템은 ACIS를 형상 모델링 커널로 사용하고 있으며, 기하학적 구속조건을 해결하기 위해 구속 조건 해결자를 자체적으로 개발하였다[4].

2.2 AIS(Application Interface Specification)

AIS는 CAM-I(Consortium for Advanced Manufacturing International)에서 개발한 표준화 된 모델링 인터페이스로써, 통합된 CAD/CAM 시스템에 이용하기 위해서 연구되었다. AIS는 ISO 10303-42(Geometric and topological representation)의 기능을 충분히 지원할 뿐만 아니라, 인터페이스가 객체지향적인 방법으로 정의되어 있다.

그러나 AIS는 매개변수나 구속조건에 대한 정보를 표현할 수 없다. 그리고 AIS는 기하학적 요소나 위상 요소에 대한 낮은 수준(low level)의 기능만을 제공하고 있고, 특징 형상 기반 명령어와 같은 높은 수준의 기능을 제공하지 않는다. 현재 AIS는 언어 독립적인 방법으로 기술되어 있고, C 언어 바인딩을 제공한다. AIS의 검증은 EREP과 같이 실제 시스템 구현을 통해서 이루어졌다[5,6].

2.3 OLE for DM(Object Linking and Embedding for Design and Modeling)

OLE for DM은 DMAC(the Design and Manufacturing Automation Corporation)에서 개발중인 인터페이스로써, 마이크로소프트의 OLE기술을 이용하여, CAD/CAM/CAE 시스템들 사이의 상호 운용을 위한 COM(Component Object Model) 인터페이스를 제공한다.

OLE for DM은 OLE에 기반한 접근 방법을 사용하기 때문에, 데이터 변환이 필요하지 않고, 결과적으로 데이터의 손실이나 잘못된 해석이 일어나지 않는다. 반면 OLE for DM은 오직 질의에 관련된 인터페이스만 가지고 있어서 클라이언트가 서버에 모델을 생성하거나 서버의 모델 정보를 변경할 수 없다. 그리고 OLE for DM은 마이크로소프트의 OLE 기술에 기반한 것이기 때문에 플랫폼 의존적이다. 또한, OLE for DM은 매개변수나 구속 조건, 특징 형상과 같은 요소를 처리할 수 없다.

현재 OLE for DM은 SolidWorks나 SolidEdge같은 PC기반의 상업용 CAD 시스템에 그 기능이 구현되었고, DMAC에 참여하는 업체들의 요구에 의해 인터페이스를 개선하고 있다[7].

2.4 CAD Services

CAD Services는 CAD, CAM, CAE 사이의 상호 운용을 가능하도록 하는, CAD 시스템을 위한 표준 인터페이스이다. OMG(Object Management Group)에 의해 개발되었으며, CAD Services의 목적은 설계나 해석 프로그램을 사용하는 사용자가 CORBA(Common Object Request Broker Architecture) 인터페이스를 통하여, 다양한 CAD/CAM/CAE 응용 프로그램을 통합시킬 수 있도록 한다.

CAD Services는 생산이나 해석을 목적으로 하는 프로그램에 CAD 모델을 제공하는 인터페이스를 개발하는 데 중점을 두고 있기 때문에, 기하학적 요소나 위상 요소에 접근하는 인터페이스를 많이 제공한다. 뿐만 아니라 특징 형상과 매개변수에 대한 인터페이스를 제공하고 있다.

그러나 특징 형상과 매개변수에 대한 인터페이스를 제공할 지라도 그 기능이 제한적이고, 새로운 특징 형상이나 매개 변수를 추가할 수 있는 방법이 없다. 그리고 CAD Services의 인터페이스 대부분이, 생산이나 해석을 목적으로 하는 응용 프로그램을 위한 것이기 때문에, 질의 명령어가 대부분이다.

CAD Services는 현재 버전 1.1까지 나와있고, 아직

개발 중이다. CAD Services는 참여 회사들이 시스템을 구현하는 도중에 발생한 문제를 이슈화 시켜서 지속적으로 다음 버전에 반영하고 있다[8].

2.5 ISO 13584-31(Geometric programming interface)

ISO 13584(Parts Library)는 ISO 10303(STEP)과 같은 위원회(ISO/TC184/SC4)에서 개발중인 ISO 표준이다. Parts Library를 개발하게 된 목적은, 부품 라이브러리 시스템을 구성하는 응용 프로그램에 무관하게, 독립적으로 부품 라이브러리 데이터를 전송할 수 있는 중립적인 메커니즘을 제공하는데 있다. 특히, ISO 13584-31(Geometric programming interface)은 매개변수화 된 제품 형상 모델(parameterized product shape model)을 생성하기 위한 인터페이스를 정의하고 있다.

그러나 ISO 13584-31은 ISO 10303-42(Geometric and topological representation)에 있는 형식의 일부분만을 사용하기 때문에, 제한된 모델 생성 기능만을 가지고 있고, 그 모델이 매개변수화 되었을지라도 기하학적 구속 조건을 허용하지 않는다. 또한 Parts Library에서 사용하기 위해 만들어졌다는 특성 때문에, 필의 명령어를 거의 지원하지 않으며, 매개변수 변경을 위한 어떤 명령어도 지원하지 않는다. 그리고 솔리드 모델링 기능은 CSG(Constructive Solid Geometry)로 한정된다.

ISO 13584-31은 최근에 International Standard로 출판되었고, 그 프로시저가 특정 프로그래밍 언어에 종속되어 기술되어 있다. 현재 FORTRAN 언어 바인딩을 제공하고 있으며 Java 바인딩이 준비 중에 있다[9].

3. 표준 모델링 명령어 집합의 검증 방법

3.1 표준 모델링 명령어 집합

표준 모델링 명령어 집합은 각종 상업용 CAD 시스템의 모델링 명령어 집합을 표준화하여 만든 모델링 명령어의 집합으로써, CAD 모델 데이터 교환의 한 방법인 매크로 파라메트릭 방법론의 구현 과정에 만들어진 것이다. 표준 모델링 명령어 집합중의 스케치 명령어들은 2003년 9월에 ISO TC184/SC4 WG12의 NWI(New Working Item)으로 채택되었다[3].

표준 모델링 명령어는 EXPRESS[10]를 사용하여 정의되며, 그 예가 Fig. 1에 나와 있다. 표준 모델링 명령어 집합은 현재 cc(core command) 명령어 개수가

```
ENTITY SOLID_Create_Protrusion_Extrude;
    result_object_name      : STRING;
    profile_sketch          : STRING;
    flip                    : BOOLEAN;
    start_condition         : end_type;
    start_depth             : length_measure;
    end_condition           : end_type;
    end_depth               : length_measure;
END_ENTITY;
```

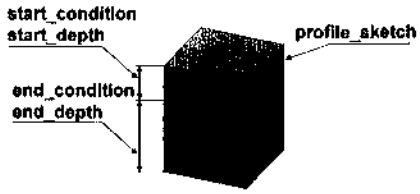

Fig. 1. A standard modeling command.

총 96개로, 스케치 명령어 32개, 솔리드 명령어 22개, 서피스 명령어 17개, 구속 조건 명령어 25개로 구성되어 있다(Table 2 참조). 또한 이 중 대부분의 명령어들이 그와 짝을 이루는 수정 명령어(modify)를 암묵적으로 정의하고 있다.

표준 모델링 명령어 집합은 EREP과 마찬가지로 높은 수준(high level)의 명령어와 절차적 모델링 인터페이스를 지원한다. 그러나 EREP과 다른 점은, EREP은 스케치 단면을 만들 때 명시적 모델을 이용하는 반면에, 표준 모델링 명령어는 스케치 단면의 작성에도 절차적 모델을 이용한다는 점이다. 표준 모델링 명령어는 특징 형상, 기하학적 구속조건, 매개 변수에 대한 명령어를 지원하고, 생성, 수정, 삭제 등에 대한 명령어도 지원한다. 뿐만 아니라 EREP이 파라메트릭 모델 교환에는 용이하지 않은 반면, 표준 모델링 명령어는 각종 상업용 CAD 시스템의 모델링 명령어를 표준화 하였기 때문에 상업용 CAD 시스템의 모델링 명령어와 쉽게 매핑이 되어 파라메트릭 모델 교환이 용이하다.

단점으로는, EREP과 마찬가지로 아직 낮은 수준의 명령어를 지원하지 않는다는 점과, 벤더들의 도움 없이 시스템으로 구현하기가 어렵다는 문제가 있다.

기존의 표준 명령어들과의 비교 내용을 Table 1에 정리해 놓았다.

3.2 검증 방법

앞의 관련 연구들을 살펴보면, 대부분이 시스템 구현을 통해서 인터페이스를 검증한 것을 알 수 있다. 이는 이론적으로 접근하는 방법이 너무 복잡하고 현실적으로 어렵기 때문이다. 따라서 본 연구에서도 시스템 구현을 통한 검증 방법을 사용한다.

Table 1. Comparison table

	명령어 수준	파라메트릭 기능	모델 생성/변경	파라메트릭 모델 교환	목적
표준 모델링 명령어 집합	High-level	지원함	가능	가능	모델 정보 전달
EREP	High-level	지원함	가능	불가능	CAD/CAM/CAE 통합
AIS	Low-level	지원 안함	가능	불가능	CAD/CAM 통합
OLE for DM	Low-level	지원 안함	불가능	불가능	CAD/CAM/CAE 통합
CAD Services	Low-level	제한적으로 지원함	불가능	불가능	CAD/CAE 통합
ISO 13584-31	Low-level	지원 안함	제한적	불가능	Parts Library

표준 모델링 명령어 집합의 검증은 (1) 개별 명령어의 인자에 대한 검증과, (2) 모델링 명령어 집합 자체에 대한 검증, 두 가지 내용에 대해서 행해진다.

개별 명령어 인자에 대한 검증이란, 표준 모델링 명령어 집합에 있는 각각의 명령어에 대해, 그 명령어가 수행하고자 하는 기능을 수행할 수 있도록, 명령어의 인자가 충분히 정의가 되어있는지를 확인하는 것이다. 예를 들면, 원을 그리는 명령어에 대한 인자가, 두 점만을 입력으로 받던가, 아니면 원의 중심만을 인자로 사용한다면, 이는 완전하게 원을 정의할 수 없게 된다. 이런 오류의 가능성을 찾아서 확인하는 것이 인자 정의에 대한 검증이다.

모델링 명령어 집합 자체에 대한 검증이란, 표준 모델링 명령어 집합이 정의된 범위 안에서, 우리가 원하는 형상을 모델링하는 기능을 충분히 제공해 주는가를 확인하는 것이다. 예를 들면, 표준 모델링 명령어 집합에 sweep에 관한 명령이 없다면, 우리는 필요로 하는 형상을 다 표현하지 못할 것이다. 이런 오류의 가능성을 찾아서 확인해 보는 것이 명령어 집합 자체에 대한 검증이다.

개별 명령어 인자에 대한 검증은 명령어가 간단한 경우 직관적으로 확인할 수 있다. 예로 선분을 그리는 명령어는 두 개의 점을 필요로 하거나, 두 개의 점으로 변환할 수 있는 요소를 필요로 한다. 원을 그리는 명령어는 중심점과 반경을 필요로 하거나, 이들로 변환할 수 있는 요소를 필요로 한다. 이처럼 간단한 명령어의 경우는 직관적으로 판단할 수 있다.

그러나 명령어 인자가 복잡한 경우나 또는 명령어가 나타내고자 하는 것이 직관적이지 못할 경우에는, 직관적인 판단에 의해서 확인하는 것이 어렵다. 이런 경우에는 형상 모델러 구현에 사용되는 형상 모델링 커널의 API와, 기하학적 구속조건 해결자의 API와의 매핑을 통해서 확인이 가능하다. 표준 모델링 명령어의 인자가 형상 모델링 커널의 API나 기하학적 구속조건 해결자의 API와 직접 매핑이 되지 않을 경우에는, 변환 과정을 거쳐서 매핑을 시도한다. 이 과정을 도식적으로 나타내면 Fig. 2와 같다.

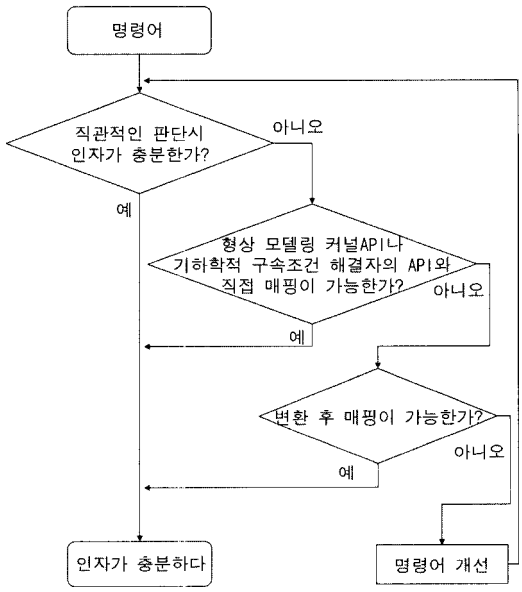

Fig. 2. The verification process for arguments of a modeling command.

모델링 명령어 집합 자체에 대한 검증 범위는 넓고, 또한 주어진 명령어로 모든 것을 모델링 할 수 있는지를 증명하는 것 자체는 어려운 일이기 때문에, 한정된 범위의 실험을 통해서 확인한다. 여기서 말하는 실험이란, 표준 모델링 명령어를 이용하여 형상 모델러를 구현한 후에, 테스트 모델을 모델링 해 보는 것이다.

실험 절차는 다음과 같이 행해진다. 먼저 실험의 범위를 정한다. 실험의 범위가 정해지면 실험 범위 내에서 검증할 명령어를 선정한다. 이와 동시에 실험에 사용할 테스트 모델을 선정한다. 그 다음 선정된 명령어에 대해서 Fig. 2에 나온 절차에 따라 인자 검증을

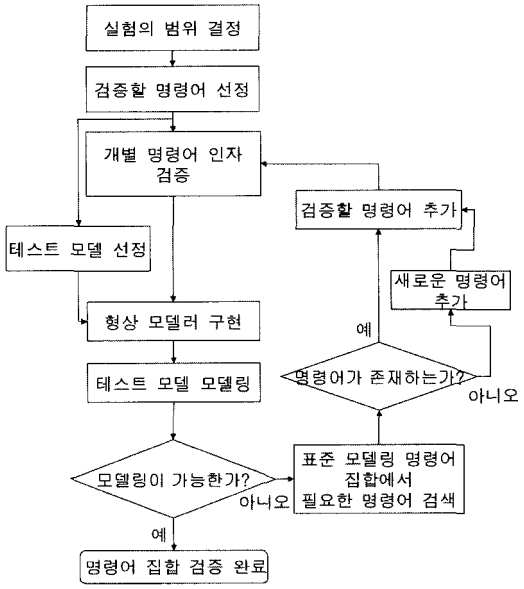

Fig. 3. The verification process for the set of standard modeling commands.

한다. 인자가 검증이 되면 이를 형상 모델러를 통해 구현을 하고, 테스트 모델을 모델링 해 본다. 만약 모델링이 가능하지 않다면, 표준 모델링 명령어 집합에서 적합한 명령어를 찾아서 검증할 명령어 집합에 추가시킨다. 적합한 명령어가 없다면, 표준 모델링 명령어 집합에 새로운 명령어를 추가해야 한다. 이를 정리하면 Fig. 3과 같다.

3.3 실험 범위

본 연구에서는 실험 범위를 솔리드 모델링 명령어로 한정시켰다. 그러나 대부분의 상업용 CAD 시스템이 솔리드 모델을 만들기 위해서 스케치 단면을 필요로 하는 것처럼, 표준 모델링 명령어도 솔리드 모델을 만들기 위해서 스케치 단면을 필요로 한다. 또한 스케치 단면을 그리기 위해서는 구속 조건도 필요로 한다. 따라서 실험 대상 명령어에는, 솔리드 명령어 외에도 스케치 명령어, 구속 조건 명령어가 포함되었다. 또한 일부의 서피스 명령어가 포함되었는데, 이는 점, 선, 면과 같이 솔리드 모델링을 위한 데이텀(datum)으로 사용하기 위해서이다.

3.4 테스트 모델의 선정

실험 범위를 솔리드 모델링 명령어로 한정시켰기 때문에 테스트 모델을 솔리드 모델로 한정시켰다. 테스트 모델은 기존 연구에서 사용된 모델과, 실제로 제조 판매되는 상업용 부품 모델을 사용하였다.

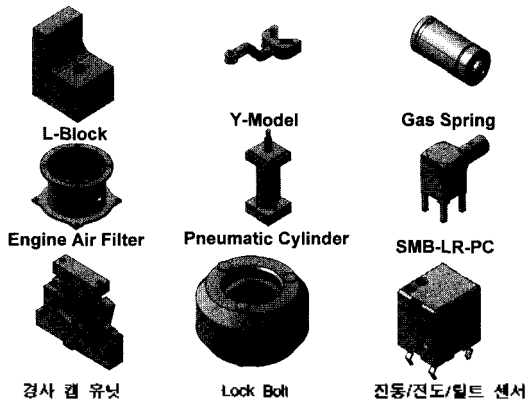

Fig. 4. Test models.

실험에서 사용한 모델은 총 9개로 Fig. 4에 나타나 있다. 실험 모델 중 L-Block과 Y-Model은 매크로 파라메트릭 번역기를 위한 테스트 모델이고[1,3,11], Engine Air Filter Housing과 Pneumatic Cylinder은 SolidWorks에서 제공하는 모델이며, Gas Spring과 SMB-LR-PC, 진동/전도/틸트 센서, Lock Bolt, 경사 캠 유닛은 (주)부품디비[10] 사이트에서 가져온 것이다.

L-Block과 Y-Model은 CAD 모델 교환 실험을 하기 위해서 많이 사용되는 모델이기 때문에, 본 실험에서도 두 모델을 포함시켰다. 그리고 L-Block, Y-Model, gas spring, lock bolt, engine air filter, pneumatic cylinder로 진행할수록 더 많은 특징 형상을 가지고 복잡도가 높아지는 모델을 선정하였다. 또한 나머지 3개의 모델인 SMB-LR-PC, 경사 캠 유닛, 진동/전도/틸트 센서는 앞선 6개의 테스트 모델에 대해 실험한 명령어만을 가지고 임의의 모델을 모델링 할 수 있는지를 테스트하기 위하여 임의로 선정하였다.

본 연구에서는 위에서 말한 기준에 의해 9개의 모델을 선정하여 명령어 집합의 유용성을 검증해 보고자 하였다.

3.5 검증할 대상 명령어의 선정

실험에 사용할 명령어는 테스트 모델을 살펴보고 사용 빈도가 높다고 생각되는 명령어를 선택하였다. 스케치 명령어의 경우는 점, 선, 원, 원호 생성 명령어 이외에, 복사, 이동 등과 같은 명령어들을 포함한다. 또한 원이나 원호는 여러 가지 방법으로 생성할 수 있도록 명령어를 선정하였다.

Table 2는 선정한 명령어의 개수를 보여주고 있다. 실험에 사용한 명령어는 총 47개로, 표준 모델링 명령

Table 2. Test commands

명령어	표준 명령어	실험 대상 명령어
스케치	32	20
구속 조건	25	16
솔리드	22	10
서피스	17	1
합계	96	47

어 집합에서 정의한 명령어 90개의 52%이다. 그러나 본 연구에서 실험 대상을 솔리드 모델로 한정하였기 때문에, 서피스 모델링 명령어를 제외한 74개 명령어의 64% 정도를 실험하였다.

4. 구현 및 실험 결과

4.1 구현 시스템

4.1.1 구현 범위 및 구현 환경

구현된 시스템은 표준 모델링 명령어 집합을 시험하기 위해서, 선정된 명령어가 가지고 있는 기능으로 그 범위를 제한하였다. 또한 사용의 편의를 위해서 부분적으로 삭제와 수정 기능을 추가하였다. 공개용 형상모델링 커널을 이용하여 모델링 기능을 구현하였고, 상업용 구속 조건 해결자를 사용하였다.

구현된 모델러를 이용하여 만들어진 모델은, 표준 매크로 파일 형식으로 저장된다. 표준 매크로 파일은 매크로 파라메트릭 방법론에서 사용되는 중립 형식으로, XML(eXtensible Markup Language) 형식으로 저장된다. 구현 환경은 다음과 같다.

- 운영체제: Windows XP
- 프로그래밍 언어: C++
- 형상모델링 커널: OpenCASCADE 4.0[17]
- 구속 조건 해결자: 2D DCM 4.3[18]
- 기타: MFC, MSXML 3.0

4.1.2 시스템 구성

시스템의 구성은 Fig. 5와 같다. 프로그램은 크게 사용자 인터페이스(User Interface), 표준명령어(Standard Commands Set), 피처 트리(Feature Tree), 제한조건 처리기(Constraint Solver), OpenCASCADE 커널, XML 파서, MFC로 구성되어 있다.

사용자 인터페이스는 사용자와 직접 상호 작용을 하며, 마우스나 키보드의 이벤트를 체크해서, 각 상황에 맞게 기능을 수행하고, 전체적인 프로그램의 흐름을 제어한다.

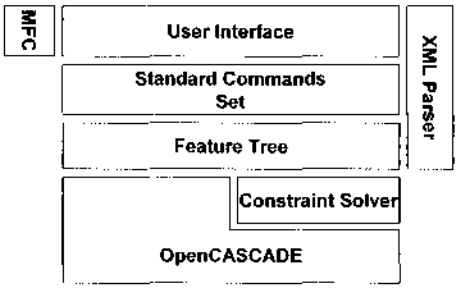

Fig. 5. System architecture.

사용자 인터페이스를 통해 사용자가 필요한 인자들을 입력하면, 사용자 인터페이스는 그 정보를 표준명령어로 넘겨주고, 표준명령어는 피처 트리에 그 명령어와 관련된 정보를 생성한다. 피처 트리에 생성된 정보에는, 명령어, 관련된 인자, 그 명령어로 인해서 생성된 형상 정보가 들어있다. 이 때 형상 정보는 OpenCASCADE를 통하여 만들어 진다. 또한 피처 트리에는 구속 조건과 관련된 정보도 저장되는데, 이는 제한조건 처리기를 통해서 만들어진다. 피처 트리의 정보는 XML 파서를 통해 파일로 저장된다.

4.2 실험 결과

명령어 47개에 대해서 실험을 하였다. 실험은 3절에서 설명한 방법에 따라, 개별 명령어 인자에 대한 실험과, 명령어 집합에 대한 실험으로 이루어졌다.

4.2.1 개별 명령어 인자에 대한 실험 결과

우선 직관적인 판단이 가능한 명령어를 추려내었다. 여기에 해당하는 명령어는 총 34개로, 대부분이 스케치 요소를 생성하는 명령어와 구속 조건 명령어들이다. 이는 인자가 간단하고 수학적으로 풀이할 때에도 간단하기 때문이다.

직관적인 판단이 안 되는 명령어 중에서, 형상 모델링 커널이나 기하학적 구속조건 처리기와 직접 매핑이 가능한 명령어는 총 2개로, sweep 생성 명령어들이 여기에 해당하였다. 그러나 sweep 생성 명령어의 경우에는, 인자가 간단하게 정의되어 있기 때문에 직접 매핑이 가능하다. 만약 sweep 생성 명령어에 대한 인자가 좀 더 복잡해지면, 변환을 통한 매핑을 해야 할 것이다.

직접 매핑이 안되어 변환을 통해서 매핑이 가능한 명령어는 11개로, 주로 솔리드 모델링 명령어가 여기에 해당한다. 이들은 일부 변환을 통하여, 형상 모델링 커널에서 사용할 수 있는 형태로 변환이 된 후, 매핑이 이루어졌다.

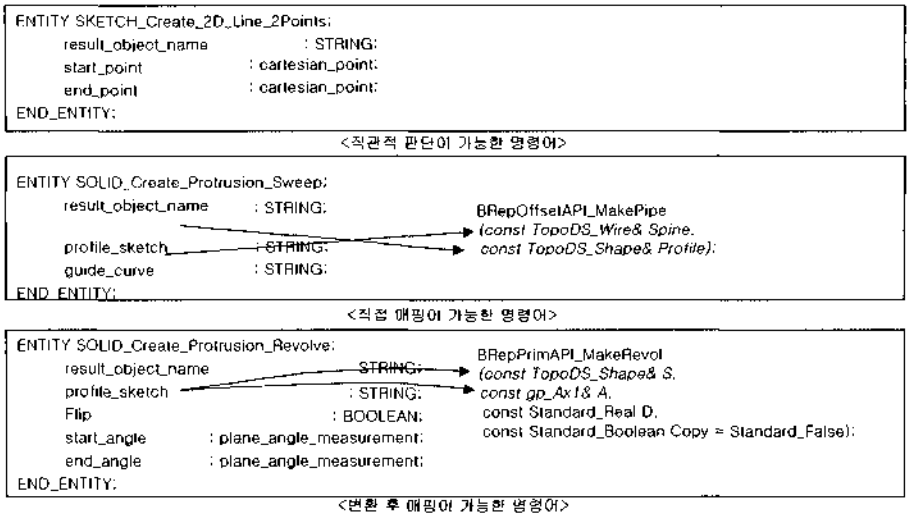

Fig. 6. Mapping of arguments of modeling commands.

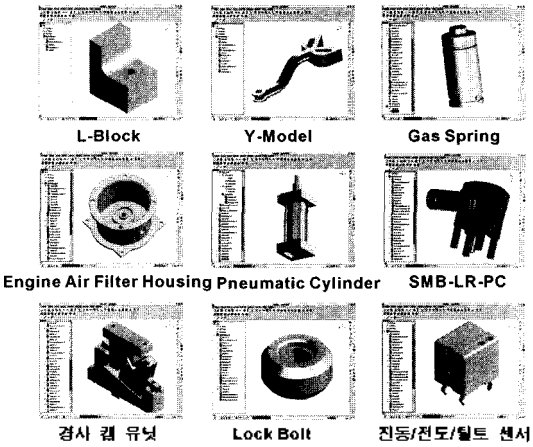

Fig. 7. Modeling results of test models.

예를 들면, Fig. 6의 SOLID_Create_Protrusion_Revolve는 profile_sketch안에 스케치 단면과 회전축을 동시에 정의하도록 규정되어 있다. 그러나 형상 모델링 커널에서는 스케치 단면과 회전축을 서로 구분되는 인자로 사용해야 하기 때문에, 본 실험에서는 스케치 단면에서 회전축을 찾아내어 분리시키는 루틴을 만들어 형상 모델링 커널로 매핑하였다. 실험 결과의 몇 가지 예가 Fig. 7에 나타나 있다.

4.2.2 모델링 명령어 집합에 대한 실험 결과

모델링 명령어 집합에 대한 검증 실험은 앞에서 설명한 절차에 따라서 수행되었다. 우선 실험 범위를 솔리드 모델로 한정시키고, 47개의 검증할 명령어들을 선정하였다. 선정된 명령어에 대해 명령어 인자를 검증하였고 이를 가지고 형상 모델러를 구현하였다. 형상 모델러가 완성된 다음, 구현된 형상 모델러를 이용하여 테스트 모델을 모델링 하였다.

Fig. 7은 구현한 형상 모델러를 이용하여, 테스트 모델을 모델링 한 결과를 보여준다. 실험 결과를 보면 47개의 선정된 표준 모델링 명령어를 사용하여, 실제로 사용되는 상업용 제품의 모델링이 가능한 것을 확인할 수 있다. 물론 많은 경우에 대하여 실험을 한 것이 아니기 때문에, 47개의 명령어로 모델링이 불가능한 경우도 존재할 것이다. 그러나 같은 방법론을 확장하여, 실험에 사용되지 않은 47개 이외의 명령어들을 구현하면, 복잡한 모델링이 가능할 것이라고 추정된다.

5. 결 론

본 연구에서는 매크로 파라메트릭 방법론의 핵심인, 표준 모델링 명령어 집합의 유용성을 검증하는데 있어서, 번역기를 이용한 방법의 어려움을 보완하고자, 형상 모델러를 이용한 검증 방법을 사용하였다.

이를 위해서 명령어 집합의 검증 방법을, 개별 명령어 인자 검증과 모델링 명령어 집합 자체에 대한 검증, 두 가지로 나누고, 각각에 대해 실험 방법을 제시하였다. 제시한 실험 방법에 따라 47개의 표준 모델링 명령어에 대하여 개별 명령어 인자 검증을 하였고, 형상 모델러를 구현하여 9개의 테스트 모델에 대해, 모델링 명령어 집합 자체에 대한 유용성을 검증하는 실험을 하였다. 그리고 이 실험을 통해 현재 표준 모델

링 명령어 집합이 유용함을 부분적으로 확인하였다.

앞으로는 현재의 실험 대상이 주로 솔리드 모델링 명령어이기 때문에, 그 범위를 넓혀서 서피스 모델링 명령어를 포함한, 더 많은 명령어에 대한 실험이 필요하다. 뿐만 아니라, 표준 모델링 명령어는 계속 발전 및 갱신되고 있기 때문에, 이에 맞추어 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Choi, G., Mun, D. and Han, S., "Exchange of CAD Part Models Based on the Macro-Parametric Approach," *International Journal of CAD/CAM*, http://www.ijcc.org, Vol. 2, Paper No. 2, pp. 23-31, 2002.
2. 문두환, 한순흥, "매크로 파라메트릭 방법론을 이용한 CAD모델의 교환, 한국CAD/CAM학회 논문집, 제6권, 제4호, pp. 254-262, 2001.
3. 문두환, 한순흥, 오유천, A Set of Standard Modeling Commands for the History-based Parametric Approach," CAD, Vol. 35, No. 13, pp. 1171-1179, Nov. 2003.
4. Hoffmann, C. M. and Juan, R., "EREP: An Editable High-level Representation for Geometric Design and Analysis," Geometric Modeling for Product Realization, P. R. Wilson, M. J. Wozny and M. J. Pratt (Editors), North-Holland Publishing, 1992 (Proceeding IFIP WG5.2 Workshop on Geometric Modeling in CAD, Rensselaerville, NY, 27 Sep.-1 Oct. 1992).
5. Pavey, S. G., Hailstone, S. R. and Pratt, M. J., "An Automated Interface between CAD and Process Planning," Computer Aided Production Engineering, Mechanical Engineering Publications Edmunds, UK, 1986 (Proceeding International Conference, Edinburgh, April, 1986).
6. Wilson, P. R., Faux, I. D. and Ostrowski, M. C. "Interfaces for Data Transfer between Solid Modeling Systems," *IEEE Computer Graphics and Applications*, 1985.
7. DMAC 홈페이지, http://www.dmac.org/.
8. OMG 홈페이지, http://www.omg.org/.
9. ISO TC184/SC4, ISO 13584-31: Industrial Automation Systems and Integration - Parts Library - Part 31: Implementation Resources: Geometric Programming Interface, 1998
10. (주)부품디비 홈페이지, http://www/partdb/com/.
11. 문두환, 김병철, 한순흥, "피처 트리와 매크로 파일을 이용하는 하이브리드 파라메트릭 번역기," 한국CAD/CAM학회 논문집, 제7권, 제4호, pp. 240-247, 2002.
12. ISO/TC184/SC4 홈페이지, http://www.tc184-sc4.org/.
13. KSTEP 홈페이지, http://www.kstep.or.kr/.
14. iCAD 연구실, KAIST, "표준 모델링 명령어 규격서," 2003년 9월.
15. 문두환, 한순흥, "파라메트릭 정보를 포함하는 CAD 모델 교환에서 Persistent Naming 문제," CAD/CAM학회 학술대회, 2003년 2월, pp. 197-202.
16. Schenck, D. and Wilson, P., "Information Modeling the Express Way," Oxford University Press, 1994
17. OpenCASCADE홈페이지, http://www.opencascade.com/
18. D-Cubed 사 홈페이지, http://www.d-cubed.co.uk/

김 병 철

2001년 고려대 기계공학과 학사
2003년 한국과학기술원 기계공학과 석사
2003년~현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정
관심분야: 형상모델링 커널, 파라메트릭 설계, CAD 데이터 교환, 지능형 CAD

한 순 흥

1977년 서울대 조선공학과 학사
1979년 서울대 조선공학과 석사
1985년 영국 Newcastle대 석사
1990년 미국 Michigan대 박사
1979년~1992년 해사기술연구소(현재 기계연구원)
1993년~1995년 한국과학기술원 자동화설계공학과
1996년~현재 한국과학기술원 기계공학과 부교수
현재 STEP센터(www.kstep.or.kr)의 회장과 전자거래학회(www.calsec.or.kr)의 회장을 맡고 있고, 웹저널인 International Journal of CAD/CAM(www.ijcc.org)의 편집장으로 활동하고 있다.
관심분야: STEP, 가상현실 응용, 지능형 CAD