

특징형상 기반 솔리드 모델러 개발에 관한 연구 A Study on the Development of Feature-based Solid Modeler

이성수*(건국대 공대), 오명재(건국대 대학원)
Seoung Soo Lee*(Konkuk Univ.), Myung Jae Oh(Graduate School, Konkuk Univ.)

ABSTRACT

This study is about development of Feature-based Solid Modeling system in integrated CAD/CAM environment. Parasolid modeling kernel and HOOPS/3D graphics library was used to develop this system in PC level. System feature library was defined using both procedural and declarative approach method.

The raw stock is created by boolean operator using design primitives, and a part is designed that pre-defined feature is removed from the raw stock. This method is called "DSG(Destructive Solid Geometry)" and basic constructive operator of this system. This is not complete system and only the first step to develop Feature-based Solid Modeling System using Parasolid. We will add more powerful functionality and flexible GUI in Windows.

Key Words : Feature, Feature-based Design, Solid modeler, CAD/CAM/CAPP, HOOPS, DSG(Destructive Solid Geometry), Parasolid

1. 서론

최근 제품 생산 시스템에서 CAD와 CAM을 통합하여 CIM 시스템을 구축하려는 노력이 활발히 진행되고 있는 추세이다. 이를 위해서는 CAD와 CAM의 통합과 설계 환경의 개선이 선행되어야 한다. 또한 기존의 CAD/CAM 시스템은 하드웨어 사양이 대부분 워크스테이션 수준이며, 이러한 현실에서 중소

기업이 CAD/CAM 시스템을 도입하여 실무에 활용하기에는 한정된 업무 특성에 비하여 과도한 투자 요구되어 폭넓은 활용을 저해하는 요인이 되고 있다. 본 연구는 CAD/CAM이 통합된 PC 환경에서의 솔리드 모델링 시스템을 개발하여 제품 생산 분야에서 널리 사용될 수 있도록 함을 목표로 하고 있다^[1].

CAD/CAM이 통합된 모델링 시스템을 개발하기 위해서는 모델의 기하학적 정보와 비기하학적 정보를 모두 수용할 수 있는 Feature개념이 필수적으로 도입되어야만 한다.

Feature는 생산현장에서 기술 분야별로 필요한 형상 단위를 정의한 것으로서 응용분야에 따라 여러 가지로 정의 가능하다. 이는 제품에 대한 추론에 유용한 지식과 특성 혹은 속성을 설계자에게 연상시키는 일반화된 형상이다. 따라서 Feature는 하나의 Part를 구성하는 물리적 구성요소이며, 이것은 일반적인 형상으로서의 사상(Mapping, 寫像)이 가능하다. 또한 예측 가능한 특성과 함께 공학적으로도 중요성을 갖고 있다.

한편, 특정 분야에서 반복적으로 사용되는 형상에 대해서 특징형상을 정의하여 사용하는 것은 설계 효율을 높일 수 있겠으나, 범용적인 모델링 시스템에서 특징형상만을 이용하여 원하는 모델을 표현하는 데는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 금형 분야에서 주로 사용되는 몇 가지 형상에 대해서 Feature Library를 정의하고, 이를 이용하여 제품을 설계할 수 있는 모델링 시스템을 구현하고자 한다^[2].

하나의 Feature-based Modeling System은 상호 연관적인 "Feature Model"과 "Geometric Model"의 두 요소로 구성되어 있다. Geometric Model은 B-rep(Boundary Representation)이나 CSG (Constructive Solid Geometry)등 여러 가지 기하학적 대상 표현법을 포함하고 있으며, Feature Model은 Feature의 특성, Feature 사이의 관계, Group 정보나 다른 상위 레벨의 데이터를 포함한다. Fig.1에 둘

사이의 관계가 도시되어 있다^[3].

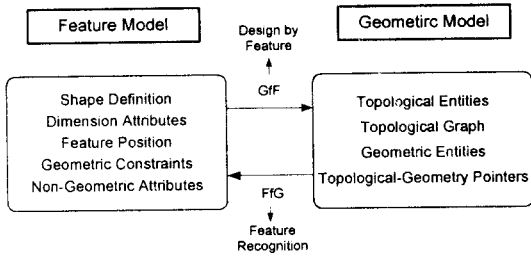


Fig.1 Relationship between features and geometry

2. Feature 운용 기법^{[3][6][7][8]}

Feature를 이용한 설계 기법은 크게 “Feature Recognition” 기법과 “Design by Feature” 기법으로 나뉘어 지는데, 본 연구에서는 “Design by Feature” 기법을 이용하여 시스템을 구축하였다. “Design by Feature” 기법은 Part 형상이 Feature에 관해서 직접적으로 생성되고, Geometric Model은 Feature로부터 만들어진다. 이러한 과정이 Fig.2에 나타나 있다.

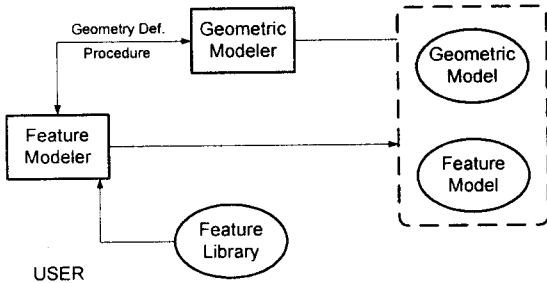


Fig.2 Design by features

“Design by Features” 기법은 다시 “Destruction by Machining Features” 방법과 “Synthesis by Design Features” 방법으로 나뉜다. 전자는 DSG (Destructive Solid Geometry) 방법이라고도 하며, Raw Stock으로부터 가공형상 (Machining Features)을 제거하는 방식이다. 또한, 후자는 Feature의 추가와 제거가 모두 가능한 방법으로 Raw Stock이 불필요하다.

본 연구에서는 전자의 방법인 DSG 기법을 기본 Feature 운용 기법으로 사용하였다.

또, Feature Library를 정의하고, 운용하는 방법에는 Procedural 접근 방법과 Declarative 접근 방법이 있다. Procedural 접근 방법은 시스템에서 사용할

모든 Feature들이 일정한 “Rule”과 “Procedure”에 의해서 미리 정의되어야 한다. 여기서 “Procedure”라는 것은 Feature의 생성, 수정, 복사, 제거 방법이나, 솔리드 모델의 생성, 특정 Parameter의 파생과 유효한 Feature 작업방법 등을 포함하고 있다.

반면에, 두 번째 방법인 Declarative 접근 방법은 Primitive Volume 사이의 관계나 면과 모서리 같은 기본 모델링 Entity 경계 사이의 관계 등 Feature를 구성하는 Geometric Entity 사이에 존재해야 하는 공간 관계를 명확히 기술함으로써 Feature Class를 정의하는 방법이다.

즉, 이 두 방법을 간단히 정의하여 표현하면, 첫 번째 방법인 Procedural 접근 방법은 “Feature가 사용될 모든 상황에 대한 공간 Rule과 Procedure가 미리 정의되어 있음”을 의미하고, 두 번째 방법인 Declarative 접근 방법은 “하나의 Feature가 다른 모든 상황에 적용 가능하도록 정의되어 있음”을 의미하는 것으로서, 두 번째 방법이 좀더 일반화된 방식이라고 할 수 있다. 하지만 이 방법이 모든 경우에 대해 가능한 것은 아니다.

따라서, 본 연구에서는 효율적으로 Feature를 정의하고 운용하기 위해서 이 두 가지 방법을 적절히 조합하여 사용하였다. Feature Library의 외관상으로는 Procedural 접근 방법에 가깝도록 정의되어 있다. 즉, Library상의 각 Feature들은 해당 Feature가 놓일 공간 Rule과 Procedure가 미리 정의되어 있다. 하지만 이 공간 Rule과 Procedure는 해당 Feature에 대해서 일정 범위 내에서 변형된 형태의 Feature에 적용 가능하도록 정의되어 있다(3.4 Feature Library 참조).

3. Modeling System 개요

3.1 Modeling Kernel과 그래픽 Library

본 연구에서 개발한 모델링 시스템은 상용 그래픽 library인 HOOPS/3dAF(HOOPS 3D Application Framework)와 솔리드 모델링 커널인 Parasolid를 이용하였다.

Parasolid는 솔리드 모델링, Cellular 모델링, 자유 곡면 모델링, Sheet 모델링 등을 지원하는 경계 표현(Boundary Representation) 방식의 솔리드 모델러로서 500개 이상의 객체 지향 루틴(Object oriented routine)으로 이루어진 라이브러리로서 좀더 빠르고 효율적인 비용으로 솔리드 모델링 작업을 추가할 수 있도록 설계되었다.

또한, 모든 현대식 컴퓨터 언어에서 사용 가능

하며, 특히 일반적으로 사용되는 C, C++, Visual C++에서 사용 가능하다. 7가지의 하드웨어 플랫폼 상에서 NT와 UNIX 운영체제를 지원하는 공개된 자료구조(XT Format)를 갖고 있는 개방형 kernel이다^[4].

HOOPS/3dAF는 확장성과 신속한 설계·개발·관리를 가능하게 하는 고성능의 모듈 기반 구조를 제공한다. 또한 Windows, UNIX, LINUX 플랫폼에서 작동하는 대화식 2D/3D CAD/CAM/CAE 응용 프로그램 제작을 가능하게 한다.

HOOPS/3dAF는 "HOOPS 3D Graphics System", "HOOPS GUI Toolkit Integration Module", "HOOPS Geometric Modeler Bridges", "HOOPS MVO(Model/View/Operator) Class Library"로 이루어져 있으며 각 항목에 대한 설명은 다음과 같다.

3D Graphics System(HOOPS/3dGS)에는 3D 형상 정보를 생성, 수정, 저장, 조작, 질의, 렌더링, 인쇄하기 위한 최적화된 데이터 구조와 알고리즘이 캡슐화되어 있다.

MVO Class Library(HOOPS/MVO)에는 플랫폼에 독립적이며, Model/View/Operator 형식을 사용하는 CAD/CAM/CAE 응용 프로그램에서 일반적으로 사용되는 기능을 구현해 놓은 C++ Object 소스가 내장되어 있다. HOOPS/MVO Object는 Model과 View를 생성하고 조작할 수 있는 기능을 제공하며, 개발자가 MVO Object를 만들기 위해 쉽게 확장할 수 있을 뿐만 아니라 직접 응용 프로그램에 첨부할 수도 있다.

GUI Toolkit Integration Modules(HOOPS/GUI)은 몇몇 서로 다른 GUI Toolkit에 HOOPS/3dAF를 연결하기 위해 필요한 작업이 캡슐화되어 있다. 현재 지원 가능한 모듈은 다음과 같다.

- Microsoft Foundation Classes on Windows
- ActiveX Control Classes on Windows
- MOTIF Toolkit on UNIX
- Qt Toolkit cross platform GUI development

Geometric Modeler Bridges(HOOPS/GMB)는 Parasolid (R) Kernel Modeler(Unigraphics Solution)와 ACIS 3d Toolkit (R)(Space Technology)을 HOOPS/3dGS에 연결시켜 준다^[5].

3.2 좌표계

일반적으로 Feature-based Modeling System에

서는 "Global Coordinate System"과 "Local Coordinate System"으로 구성되는 2원적인 Coordinate System을 제공한다. 본 연구에서도 Part를 생성할 때 기본적인 시스템 좌표계로 Cartesian Coordinate System을 사용하는 Global Coordinate System을 제공하며, 이 Global Coordinate System은 기본 형상으로 사용될 Raw Stock을 생성할 때 원점을 결정하는데 이용된다. 이때 설정된 원점은 결과적으로는 Part 전체의 원점으로 사용된다.

Global Coordinate System이 하나의 Part에서 한번만 설정되는 것에 반해, Local Coordinate System은 Feature가 생성될 때마다 각각의 Feature에 개별적으로 설정된다. 이때 각각의 Local Coordinate System은 Global Coordinate System과 Feature의 Reference와 Constraints를 통해 상호 연결되어 있다. 이러한 관계를 Fig.3에 나타내고 있다.

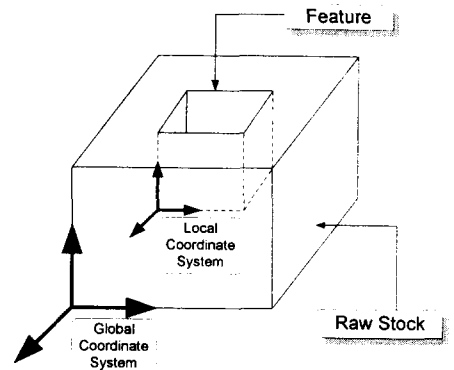


Fig.3 Coordinate System

3.3 Primitives

대부분의 솔리드 모델링 시스템은 설계자의 편의를 위한 설계 Primitives를 제공한다. 본 시스템에서도 다른 CAD 시스템에서와 마찬가지로 Block, Cone, Cylinder, Sphere, Torus, Prism 등의 설계 Primitives를 제공한다. Primitives들은 Translation과 Rotation이 가능하고, CSG 기법을 적용하여 Raw Stock을 생성하는데 이용된다^[6].

3.4 Feature Library

일반적으로 Feature-based Modeling System에서 사용하는 Feature Library는 크게 "System Feature"와 "User-defined Feature"의 두 가지가 있다. 기본적으로 본 연구에서는 "System Feature"만으로 모델링 시스템을 구현하고자 한다. System Feature는 본 연구에서 다시 몇 가지의 하위 단계를

갖도록 구성하였으며, 이것은 Fig.4에 나타나 있다.

Fig.4에서 "Basic Feature"는 Part 생성시 기본적으로 요구되는 Feature 형상들로 구성되어 있으며, "Extra Feature"는 Basic Feature에서는 제외되었으나 금형 Part를 설계할 때 필요한 부형상들로 구성되어 있다.

Fig.4에서 "1 Face", "2 Face", "3 Face"라고 표현된 것은 Feature를 생성할 때 Raw Stock에서 공구에 의해서 최초로 제거되는 면(face)의 수를 나타낸다.

"1 Face"와 "2 Face" feature들은 모두 "Constant Section"과 "Variable Section"의 두 가지 type을 갖고 있으며, Depth 또한 가변적이다.

Fig.5는 Fig.4에서 설명된 여러 Feature들의 단면 형상을 나타낸 것이다.

3.5 DSG(Destructive Solid Geometry)

실제 Part 형상 모델링에 사용되는 구축 연산 기법으로서 system에 내장된 System Feature Library를 사용하여, CSG Primitives로부터 생성된 Raw Stock 상에 각 Feature들의 위치, 크기 등을 입력하여 Part 설계를 진행한다. 이 작업 중에는 Feature의 Translate, Rotate, Mirroring, Pattern 등의 작업이 가능하다.

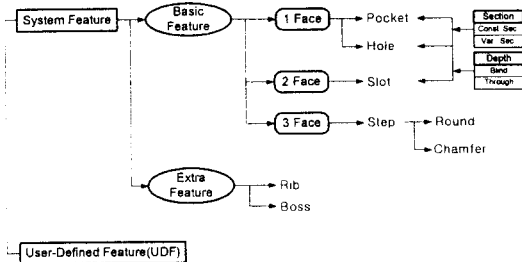


Fig.4 Feature Library Scheme

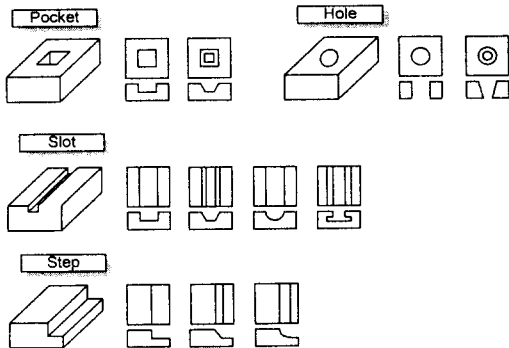


Fig.5 Features and Cross-section

3.6 기본적인 Boolean 작업^[9]

본 연구에서 개발한 시스템은 기본적으로 솔리드 모델을 생성하는 구축 연산 방법으로 Boolean 연산을 사용한다. 기본 Primitive들을 이용하여 Raw Stock을 생성할 때에는 Union, Subtract, Intersect의 세 가지 연산이 모두 사용되고, Feature를 사용한 실제 Part 모델링 과정에서는 Subtract 연산만을 이용하는 DSG 기법을 사용한다.

아래 Fig.6과 Fig.7은 본 시스템에서 사용한 기본 Primitive들을 이용한 Boolean 연산 과정을 보여주고 있다.

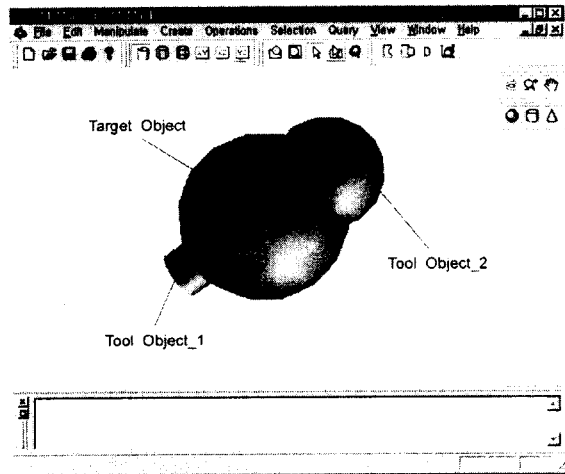


Fig.6 Target and Tool in Boolean Operation

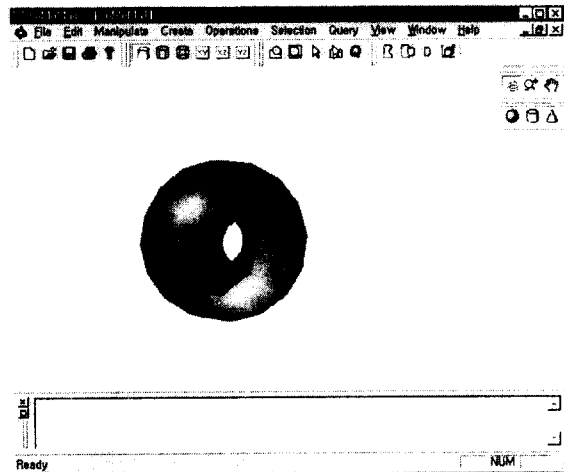


Fig.7 Result of Boolean Operation

기본적인 형상 Object가 Target이 되며, 이는 선택과정에서 제일 처음에 선택된 Object가 Target

으로 설정된다. 그 이후에 선택되는 Object들은 모두 Tool로 설정된다. Tool이 Fig.6과 같이 둘 이상이 될 경우에는 먼저 Tool Object끼리 Union 연산을 수행하여 새로운 하나의 Tool Object를 생성하고, Target과 Boolean 연산을 수행하게 된다. Fig.7은 Fig.6에 설정된 Target과 Tool을 이용하여 Subtract 연산을 수행한 결과를 나타내고 있다.

4. 결론 및 추후 연구 과제

본 연구를 통해 PC 수준에서 작동하는 특징형상 기반의 솔리드 모델러를 개발하였다. 본 시스템은 Parasolid 모델링 커널과 HOOPS/3D 그래픽 라이브러리를 MFC(Microsoft Foundation Class)에 통합하여 Windows NT 4.0 운영체제에서 사용자에게 친숙한 GUI를 제공한다는 것이 강점이다. 또한 OpenGL 가속이 되는 경우 수행 속도도 만족할 만큼의 성능을 보였다.

하지만 본 시스템은 최종 목표로 하고 있는 CAD/CAM/CAPP가 통합된 솔리드 모델링 시스템 개발에 있어서 첫 단계에 불과하기 때문에 아직 완전한 모델링 시스템으로 내세우기에는 부족한 점이 많다. 모델링 시스템으로서 갖추어야 할 기본적인 사항들만을 구축하였을 뿐이기 때문에 현재 시중에 나와 있는 상용 CAD/CAM 시스템과는 비교할 수 없을 것이다.

현재는 솔리드 Feature와 시스템 Feature로만 모델링 작업을 수행하고 있는데, 이 방법으로는 복잡한 형상을 모델링 할 수 없다. 따라서 단면을 스위핑(Sweeping)하여 생성되는 형상인 User-defined Feature 기능을 추가하고, 곡면 모델링 기능을 부여해야 진정한 모델링 시스템으로의 면모를 갖추 수 있을 것이라고 생각한다.

또한 CAM 분야의 데이터를 데이터베이스로 구축하여 설계 데이터에 추가함으로써 설계 데이터를 바로 가공에 이용할 수 있는 통합 환경을 구축할 수 있을 것이다. 아울러 현재 개방된 XT 포맷으로 작성된 파일 포맷도 IGES나 STEP과 같은 중립 파일 포맷과 상호 교환될 수 있도록 모듈을 추가하는 연구가 필요하다.

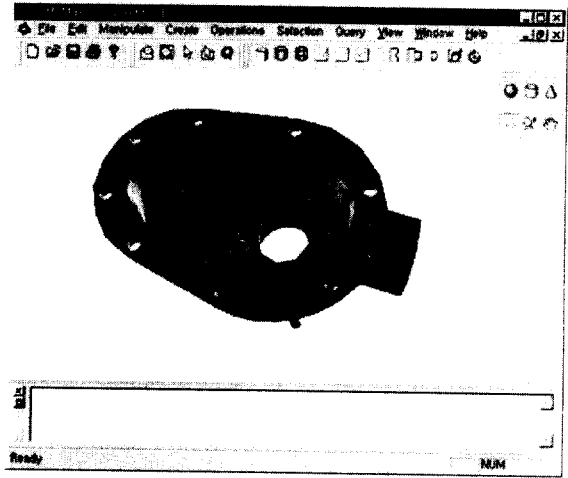


Fig.8 Example of modeling

참고문헌

- [1] 오익수, "솔리드 모델러를 기반으로 한 특징형상 모델링 시스템 개발에 관한 연구", 충남대학교 공학 박사학위 논문, 1995
- [2] 이재열, 김광수, "파라메트릭 접근방법에 의한 특징형상을 이용한 모델링", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제1권, 제3호, pp.242-256, 1996
- [3] Jami J. Shah, Martti Mäntylä, "Parametric and Feature-based CAD/CAM", A Wiley Interscience Publication, 1995
- [4] "Overview of Parasolid", Unigraphics Solutions
- [5] "The HOOPS 3D Application Framework" in online document, Tech Soft America
- [6] Martti Mäntylä, "An Introduction to Solid Modeling", Computer Science Press, 1988
- [7] H. Toriya, H.Chiyokura, "3D CAD Principles and Application", Springer-Verlag, 1993
- [8] LaCourse, "Handbook of Solid Modeling", McGraw-Hill Inc., pp.3.1-8.6, 1995
- [9] Wm Leler, Jim Merry, "3D with HOOPS", Addison Wesley, 1996