

## 경계 표현법을 기반으로 한 특징 형상 모델러에서 치수 정보의 표현에 관한 연구

변문현\* · 오익수\*\*

### A Study on the Representation of the Dimensions in the Feature-based Modeler Based on the B-rep.

Moon-Hyun Byun\* and Ick-Soo Oh\*\*

#### ABSTRACT

Features are generic shapes with which engineers associate certain attributes and knowledge useful in reasoning about the product. Feature-based modeling systems support additional levels of information beyond those available in geometric modelers. The objective of this study is to develop a PC level feature-based modeling system which explicitly represents dimensions of the part. The feature-based modeler retains all the benefits of traditional B-rep. solid models, and represents the dimensions at a high level of a abstraction so that dimension driven geometry can be achieved.

**Key words:** Feature, Dimension, Boundary representation

#### 1. 서 론

자동화된 CIM 환경하에서 설계자가 개념적인 설계를 수행하기 위해서는 기하 정보의 수정이 용이하고 설계자에게 친숙한 방법으로 컴퓨터와의 정보교환이 이루어져야 하며, 설계 단계에서 준비된 정보는 그룹 기법, 컴퓨터 원용 공정 계획 등과 같은 하위 작업을 유도하는데 이용되어야 한다. 그러나 기존의 형상 모델러만으로는 기본적인 기하 정보 이외에 자동화된 하위 응용 분야에 직접적으로 활용될 수 있는 다양한 정보를 갖는 CAD 데이터 베이스를 구축하기 어렵다.

특징 형상은 응용 분야에 따라 여러 가지로 정의될 수 있지만 제품에 대한 추론에 유용한 지식과 특성 혹은 속성을 엔지니어에게 연상시키는 일반화된 형상으로 정의될 수 있다. 이는 공학적 관점에서 정의되는 기하 정보와 비기하 정보의 집합을 의미하므로, 특징 형상은 생산의 자동화에 필요한 비기하 정

보를 기하 정보와 함께 일괄적으로 처리하여 통합 CAD/CAM 시스템을 구축하기 위한 유용한 수단으로 이용될 수 있다.

CIM 환경에서의 통합 CAD/CAM 시스템을 구현하기 위하여 이와 같은 특징 형상 개념을 도입한 많은 연구가 수행되어 왔다. J.J.Shah<sup>(1)</sup>는 그가 제안한 ASU Features Testbed에서 경계 표현에 의하여 모델을 정의하고, 공차 및 치수 관리를 고려하는 등 특징 형상 모델러에서 고려해야 할 포괄적인 방법을 제시하였다. 또한 U.Roy 와 C.R.Liu<sup>(2)</sup>등은 치수와 공차 정보를 경계 표현 데이터 구조에 표현하기 위하여 별도의 치수·공차 모델러를 구성하고 솔리드 모델러와 결합하였으며, David C. Gossard<sup>(3)</sup>등은 특징 형상을 면들의 집합으로 정의하고, CSG와 경계 표현 자료를 그래프 구조로 결합하여 특징 형상과 치수 정보를 표현하였다. 또한 Liang-Chyau Sheu<sup>(4)</sup>등은 DDG(Dimension Driven Geometry)메커니즘을 특징 형상의 기본조작 메커니즘으로 하고, 특징 형상과 관련된 치수 정보를 직접적으로 표현할 수 있는 표현 구조를 제시하였다. 그러나 Liang-Chyau Sheu 등

\*중심회원, 충남대학교 기계설계공학과

\*\*학생회원, 충남대학교 대학원

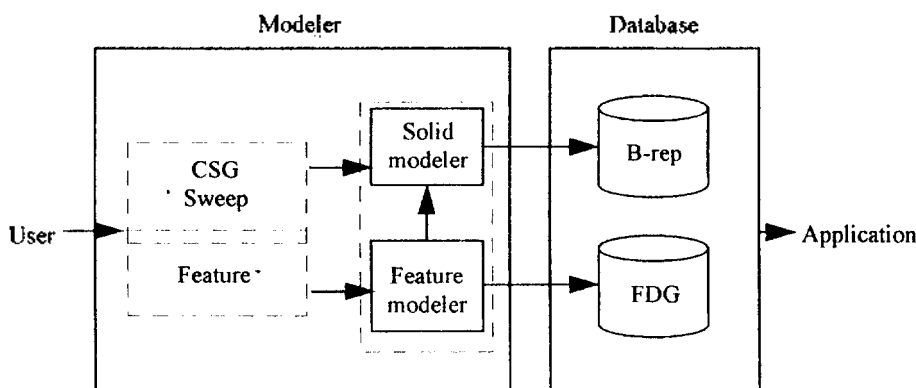


Fig. 1. Architecture of the system.

이 제안한 표현 구조는 특징 형상들의 불리안 작업에 의해 생성되는 부품의 형상 모델로부터 그것이 유래한 특징 형상에 대한 정보를 추적하기가 곤란하므로 치수 지정에 대한 구속 조건 검사와 그래픽 입력 방식의 구현이 어렵다.

본 연구는 솔리드 모델러를 기반으로 한 PC수준의 특징 형상 모델러를 개발하기 위하여, 치수 정보를 명확히 표현할 수 있으며 DDG 메커니즘을 특징 형상의 기본 조작 메커니즘으로 수용할 수 있는 표현 구조를 구현하는데 목적을 두고 수행되었다.

이를 위하여, 부품 및 특징 형상의 기하학적 형상 정보는 선행 연구에서 개발한 경계 표현기반 솔리드 모델러를 이용하여 표현하며, 특징 형상 정보는 Liang-Chyau Sheu가 제안한 표현 구조에 본 연구에서 제안한 부품-특징 형상 연결자(PFO, Part-Feature linking Operator)를 추가하여 표현한다.

## 2. 시스템 설계

### 2.1 시스템 구조

본 연구의 특징 형상 모델러는 Fig. 1과 같이 크게 2개의 모듈로 구성되어 있다. 먼저 형상 모델링 모듈은 치수와 같은 비기하 정보를 하위 기하 요소와 연계하여 명확하게 표현할 수 있는 경계 표현 구조를 기반으로 하여 부품 및 특징 형상의 기하학적인 형상을 다면체 모델로 표현한다. 경계 표현을 위한 자료 구조로는 M. Mäntylä가 제안한 반모서리 자료 구조(half-edge data structure)를 적용하여, 꼭지점 근방 분류(vertex neighborhood classification) 알고리즘에 기초한 불리안 조작 기능을 제공하여 특징 형상을 용이하게 정의할 수 있도록 한다.

특징 형상 모델링 모듈은 특징 형상의 생성, 수정, 삭제 작업을 수행하며, 부품을 구성하는 특징 형상들의 관계를 나타내는 특징 형상 종속관계 그래프(FDG, Feature Dependency Graph) 및 특징 형상과 관련된 치수 정보들을 생성시킨다. 특징 형상의 생성 규칙 및 수정 과정중 특징 형상의 변형에 대한 처리 규칙은 특징 형상 라이브러리에 구현한 규칙에 따라 수행되며, 부품은 형상 모델링 모듈에서 생성된 형상 모델(B-rep, solid model)과 특징 형상 모델링 모듈에서 구성된 FDG에 의하여 정의된다.

### 2.2 부품 및 특징 형상의 표현

다수의 특징 형상들로 이루어진 부품에 대한 정보는 크게 특징 형상에 대한 정보와 부품의 형상 모델로 구성된다. 부품을 구성하는 특징 형상들에 대한 정보는 Liang-Chyau Sheu가 제안한 표현 구조를 기본으로 하여 표현한다. 즉, 특징 형상들 사이의 관계는 기초 특징 형상(raw feature)을 기점으로 부모 특징 형상과 자식 특징 형상간의 위치 관계를 나타내는 특징 형상 위치 조작자(FPO, Feature Position Operator)에 의해 연결된 FDG로 표현한다. 또한 특징 형상의 크기 및 다른 특징 형상과의 상대적 위치를 나타내는 모든 치수 정보는 치수기하 요소 연결자(DGO, Dimension-Geometric entity linking Operator)에 의하여 각 치수를 정의하는데 사용된 특징 형상의 기하 요소와 연계하여 표현한다.

부품의 형상 모델은 그를 구성하는 특징 형상들에 대응하는 형상 모델들 간의 불리안 작업 결과로 생성되는 경계 표현 솔리드 모델로서, 부품 형상 모델의 각 경계 요소에 대하여 그것이 유래한 특징 형상의 경계 요소 정보는 부품-특징 형상 연결자(PFO, Part-

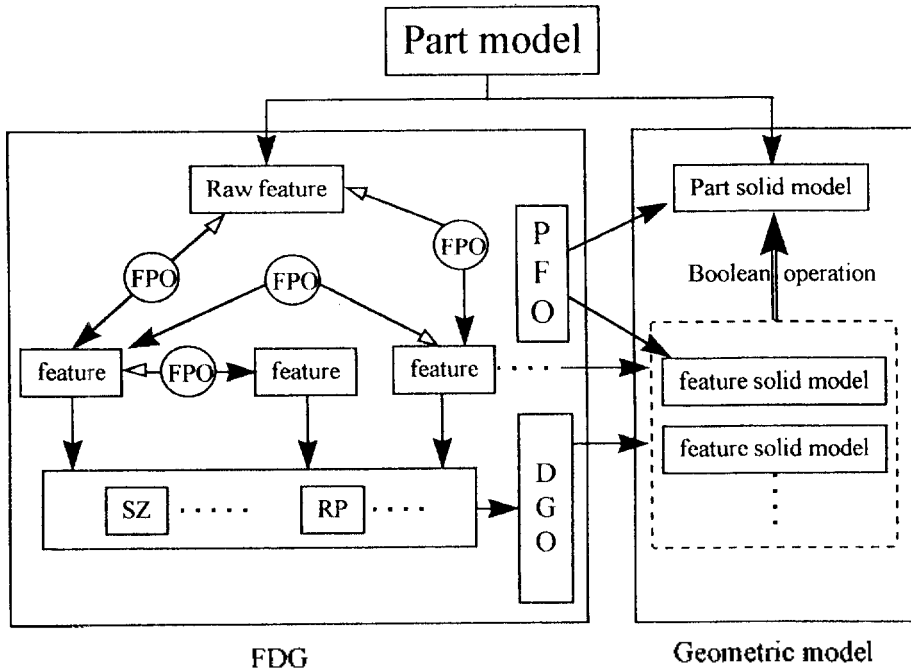


Fig. 2. Definition of a part and its features.

Feature linking Operator)를 통하여 추적된다. PFO는 그래픽 입력 도구를 통한 경계 요소의 선택, 치수 지정에 있어서의 구속 조건 검사 및 특징 형상 사이의 간섭 검사 등에 유용하게 이용되는 정보 노드로서, 이에 대한 상세한 기술은 2.5절에서 하기로 한다. 부품 및 특징 형상을 정의하는 개략적인 정보 구성을 Fig. 2에 나타내었으며, FPO로부터 나온 백색 화살표는 부모 특징 형상 방향을 의미 한다.

### 2.3 특징 형상 라이브러리

특징 형상은 본래의 공학적 의미를 유지하기 위한 구속 조건을 만족하여야 하며 이러한 구속 조건에 의하여 특징 형상의 크기 및 위치 지정은 제한을 받는다. 또한 특징 형상을 정의 하는데 필요한 파라미터는 사용자 정의 파라미터(user-defined parameter)와 부모 특징 형상으로부터 유도될 수 있는 유도 파라미터(derived parameter)로 나누어 지정할 수 있으며, 이러한 구속조건에 따른 특징 형상의 생성, 조작의 타당성 검사 및 파라미터 정의 규칙은 특징 형상 라이브러리에 정의하여 이용한다.

특징 형상은 이용 분야에 따라 그 정의가 달라질 수 있으며 그 수 또한 광범위하므로 JJ Shah등은 특징 현상과 그를 위한 규칙을 기술할 수 있도록 고안

된 언어를 이용하여 사용자가 원하는 특징 형상을 추가로 정의할 수 있도록 하였다. 그러나 본 연구에서는 이러한 언어와 그에 따른 번역기의 개발은 차후의 연구과제로 남기고 우선 다면체 모델로 정의할 수 있으며 depression 형태를 갖는 특징 형상을 대상으로 하여, 각 특징 형상의 자료 구조를 C++의 클래스(class)로 표현하여 처리한다. 본 연구의 특징 형상 라이브러리에서는 특징 형상을 정의하기 위한 클래스를 모든 특징 형상들에 공통적으로 적용되는 공통 자료를 정의한 베이스 클래스(base class)와 각 특징 형상에 따라 다른 개별적인 자료를 정의하는 파생 클래스(derived class)로 나누어 정의한다. 또한 모든 특징 형상들에 대한 공통적인 특징 형상 생성 함수, 조작 타당성 검사 함수 등과 같은 멤버 함수(member function)들을 베이스 클래스에 가상 함수(virtual function)로 선언하고 파생 클래스에 이러한 가상 함수들을 그 특징 형상의 생성 규칙과 구속 조건 등에 따라 구현하므로써, 인스턴스하는 특징 형상에 따라 그 특징 형상의 클래스 내에 정의된 함수가 수행되어 원하는 특징 형상을 생성하거나 조작의 타당성 검사 등을 수행하도록 한다.

### 2.4 DDG 메커니즘

일반 공학 분야에서 부품의 가장 기본적인 정보는

치수이며, 각 치수는 그와 관련된 부품 및 특징 형상이 기하 정보로부터 유도될 수 있다. 그러나 엔지니어에게 친숙한 설계 환경이라는 측면에서 특징 형상의 조작 방법을 고려한다면, 특징 형상과 관련된 치수의 지정에 의하여 특징 형상을 조작하는 방식은 특징 형상을 기하 정보를 직접 조작하는 방식에 비하여 설계 환경을 크게 개선시킬 수 있다.

DDG 메커니즘은 치수의 변경을 그에 대응하는 기하 정보의 변경으로 자동 변환하는 메커니즘으로서, 앞서 기술한 치수 지정에 의한 특징 형상 조작 방식에서 유용하게 이용될 수 있으며 특징 형상의 조작 과정 중 사용자에게 의해 입력되는 치수를 이용하여 특징 형상의 치수 정보를 직접적으로 표현할 수 있는 방법을 제공한다. 본 연구에서는 DDG를 특징 형상의 기본 조작 메커니즘으로 적용하여 특징 형상의 생성, 수정 및 치수 값의 직접적인 저장에 이용한다.

## 2.5 표현 구조

치수 정보를 갖는 특징 형상 모델러의 표현 구조는 앞서 기술한 바와 같은 기하학적 형상 정보와 특징 형상들의 인접 관계 정보 및 치수 정보를 명확하게 표현하여야 한다. 본 연구에서의 구조는 다음과 같은 요소로 구성된다.

### 1) 특징 형상(feature)

기초 특징 형상을 비롯하여 부품을 구성하는 각 특징 형상에 대한 정보의 근원(root)이 된다. 특징 형상에 부여된 고유번호, 특징 형상 클래스, 구성하고 있는 부품 모델, 특징 형상의 형상 모델에 대한 정보를 가지며, 크기(SZ, SiZe), 위치(RP, Relative Position), DGO, PFO 및 FPO 노드 리스트에 대한 정보를 멤버로 갖는다.

### 2) 형상모델(geometric mode)

형상 모델은 부품 및 특징 형상의 기하 정보와 위상 정보를 반모서리 자료 구조로 표현한 경계 표현 솔리드 모델로서, 오일러 조작자(Euler operator)를 기본 위상 요소 조작자로 하고, 불리안 조작(Boolean operation) 및 스위프(sweep)과 같은 모델링 도구를 통하여 생성된다. 부품의 형상 모델은 그 부품을 구성하는 특징 형상들의 불리안 조작을 통하여 생성된다.

### 3) 치수-기하 요소 연결자(DGO, Dimension-Geometric entity linking Operator)

치수는 형상 모델 내의 두 기하 요소가 이루는 상대적 관계에 의하여 정의된다. 또한 각 치수를 그것의 정의에 이용된 경계 요소와 연계하여 명확히 표현한다면, 치수의 변경을 그와 관련된 경계 요소의

기하학적 변경으로 자동 변환하는 DDG를 용이하게 구현할 수 있을 것이다. DGO는 치수 정보와 특징 형상의 형상 모델에 속한 경계 요소를 연결하기 위한 매체로 이용되며, 치수를 정의하기 위하여 이용된 경계 요소의 형태, 그 경계 요소에 대한 포인터, 그 경계 요소가 이용된 모든 치수 정보 리스트에 대한 정보를 자료로 갖는다.

### 4) 크기 정보(SZ, SiZe)

SZ는 조작하는 특징 형상의 크기를 표현하는 노드로서, 특징 형상의 크기를 정의하는 두 경계 요소를 가리키는 한 쌍의 DGO에 대한 포인터와 그 DGO가 가리키는 경계 요소들이 이루는 치수 값(거리 혹은 각도)을 자료로 갖는다. SZ는 특징 형상을 생성할 때 입력되는 크기 입력 변수의 개수와 동일한 수로 생성하여 이용한다.

특징 형상을 생성할 때 크기를 정의하는 각 입력 변수는 그 특징 형상의 형상 모델 내의 특징 경계 요소들에 의해 정의되는 값으로 특징 형상 라이브러리에 정의된다. 즉, 사용자에게 의해 입력되는 크기 파라미터들은 각각 특정한 한 쌍의 경계 요소와 짝을 이루어 설계 값(design value)으로 SZ에 설정된다. 특징 형상 생성시 SZ 값으로 입력된 설계 값은 사용자가 수정하지 않는 한 부모 특징 형상이 수정되어도 변하지 않지만, 조작 특징 형상의 SZ, 부모 특징 형상의 SZ와 5)항에 기술되는 위치 정보(RP)가 이루는 구속 관계에 의하여 그 치수를 유도할 수 있는 값(implicit value)으로 재 설정하고, RP와 부모 특징 형상의 SZ를 수정할 때마다 그 값이 유도되도록 할 수 있다. 구속 관계에 의한 SZ의 치수 값 유도는 3장에서 기술하기로 한다.

### 5) 위치 정보(RP, Relative Position)

RP는 부모 특징 형상에 대한 조작 특징 형상의 상대적 위치를 표현하는 노드로서, SZ와 동일한 구조를 가지고 한 쌍의 DGO에 대한 포인터와 그 DGO가 가리키는 경계 요소들이 이루는 치수 값(거리 혹은 각도)을 자료로 갖는다.

RP는 부모 특징 형상에 대한 조작 특징 형상의 상대적 위치를 정의하므로 RP의 정의에 사용되는 경계 요소는 서로 다른 특징 형상에 속하여야 하며, RP를 정의하는 한 쌍의 경계 요소는 요소의 종류와 나타내고자 하는 치수 종류(거리, 각도)에 따라 일정한 기하학적 조건을 만족하여야 한다. 예로써, 거리를 정의하는 두 요소는 서로 다른 특징 형상의 경계 요소이며 서로 평행하여야 한다는 조건을 만족하여야 한다. RP의 설정 과정 중 사용자에게 의해 선택된

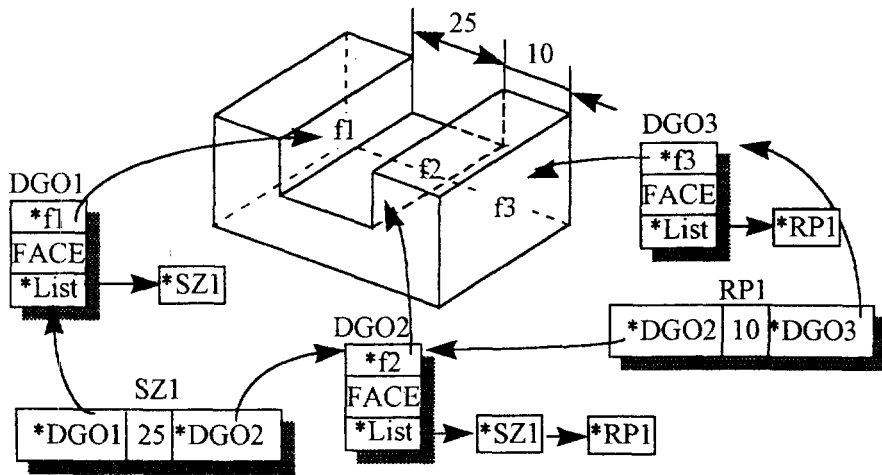


Fig. 3. The role of DGO, SZ and RP in the definition of dimension.

한쌍의 경계 요소는 이상과 같은 조건들을 고려하여 그들이 속한 특징 형상에 대한 검사와 그 요소들이 이루는 기하학적 관계를 검사한 후 타당한 요소가 선택되었을 때 RP의 정의에 이용된다.

RP는 조작 특징 형상의 SZ 및 부모 특징 형상의 SZ와 구속 관계를 이루어 서로의 거동을 구속하며, 이러한 구속 조건은 DDG 메커니즘에 의한 특징 형상의 조작 및 치수 지정의 타당성 검사에 이용될 수 있다. RP와 SZ의 구속 조건을 이용한 특징 형상 조작과 치수 지정의 타당성 검사에 대한 상세한 설명은 3장에서 기술하기로 한다. DGO와 치수 정보의 관계를 Fig. 3에 나타내었다.

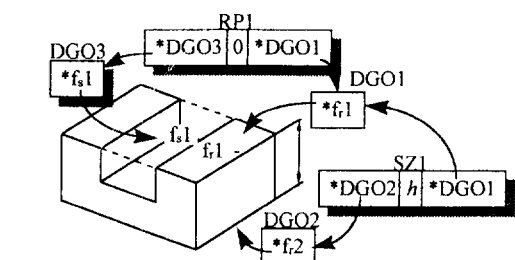
#### 6) 부품-특징 형상 연결자(PFO, Part-Feature linking Operator)

PFO는 부품 형상 모델의 경계 요소와 그것이 유래한 특징 형상의 경계 요소를 연결시키기 위하여 본 연구에서 제안한 정보 노드를 말한다.

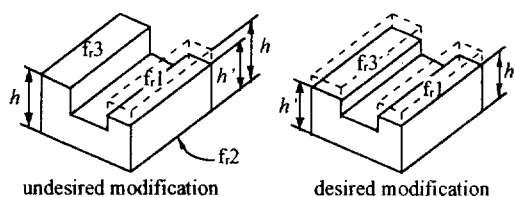
특징 형상의 치수 정보는 특징 형상의 조작 및 치수 지정의 타당성 검사에 이용되므로 치수 정보와 형상 모델의 경계 요소를 연결시켜 주는 DGO는 항상 참조 가능한 경계 요소를 가리키고 있어야 한다. 그러나 부품은 특징 형상들의 불리안 작업에 의하여 그 형상 모델이 정의되므로 특징 형상을 나타내는 형상 모델의 경계 요소들 가운데 일부는 불리안 작업 후 삭제되어, 그 경계 요소를 가리키는 DGO와 관련된 특징 형상 조작 및 치수 지정의 타당성 검사는 올바르게 수행될 수 없게 된다. 한 예로써, Fig. 4(a)에서와 같이 슬롯의 f1면은 그 공학적 의미에 따라 배치 평면인 기초 특징 형상의 f1의 면과 일치하여야 한다는

구속 조건을 가지므로 슬롯의 위치를 나타내는 RP 중 하나인 RP1은 0(zero)의 값을 가지고 DGO1과 DGO3에 의하여 f1과 f1면에 연결된다. 또한 DDG에 의한 특징 형상의 조작에서, 기초 특징 형상의 높이 h의 수정은 h를 정의하는데 이용된 기초 특징 형상의 f1면의 기하 정보를 수정하므로 f1면과 짝을 이루어 RP1을 정의한 f1면의 기하 정보도 수정되어야 한다. 그러나 f1면은 슬롯의 삽입 과정 중 불리안 작업에 의해 삭제되어 f1면을 가리키는 DGO3는 의미를 상실하므로, RP1의 DGO3에 대한 정보만으로는 f1면과 더불어 f1면에 연관된 슬롯의 다른 면들에 대한 기하 정보의 수정은 수행될 수 없다.

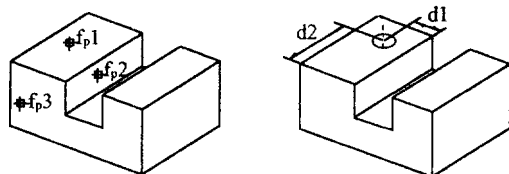
또한 슬롯(slot)과 같은 일부 depression 형태의 특징 형상 삽입은 불리안 작업 결과 부모 특징 형상의 경계 요소를 분할(split)시키며, DGO는 분할된 두 경계 요소 중 하나만을 가리킨다. 그러나 분할된 경계 요소가 치수 정의에 이용되었을 경우, 그 치수의 수정에 따른 기하 정보의 수정은 DGO가 가리키는 경계 요소뿐만 아니라 그로부터 분할되어 새로 생성된 경계 요소도 같이 수행되어야 하므로, 새로 생성된 경계 요소는 그것이 유래한 특징 형상 및 본래의 경계 요소를 추적할 수 있는 정보를 가져야 한다. Fig. 4(b)에서와 같이 슬롯에 의하여 그 부모 특징 형상의 한 면이 분할된 부품의 경우, 기초 특징 형상의 높이 h는 두 면 f1과 f2의 수직거리로 정의되며, 슬롯과의 불리안 작업에 의하여 f1면은 f1과 f3로 분할된다. DDG를 도입한다면 앞서 기술한 바와 같이 기초 특징 형상의 높이 h의 수정은 f1면에 기하학적 정보를 수정하며, f1면으로부터 분할된 f3의 기하 정보도 같이



(a) DGO3 points to a deleted entity



(b) f3 can not be modified



(c) hole can not be combined with raw feature and slot

Fig. 4. Problems resulted in the Boolean operation.

수정되어야 한다. 그러나 f3는 그것이 유래한 특징 형상 및 경계 요소를 추적할 수 있는 정보를 가지지 않으므로 f3의 기하 정보 수정은 수행될 수 없다.

위치 지정을 위한 경계 요소는 디스플레이 된 부품 형상 모델상에서 그래픽 입력 장치로 선택하며, 선택한 요소에 따라 특징 형상들 사이의 새로운 종속 관계가 성립되어 FDG가 수정된다. 따라서 사용자에게 해 선택된 부품 형상 모델의 경계 요소로부터 그것이 유래한 특징 형상을 추적하여 그 특징 형상의 종속관계를 수정하여야 한다. Fig. 4(c)에서와 같이 슬롯을 갖는 부품에 hole을 삽입할 경우, 사용자는 그래픽 입력 장치를 이용하여 부품 형상 모델의 경계 요소인 f1면을 배치 평면(placement plane)으로 선택한 후, f2 및 f3면을 이용하여 hole의 위치를 지정한다. hole을 위치시키는 과정 중 hole의 부모 특징 형상은 사용자가 선택한 f1과 f3면이 속한 기초 특징 형상과 f2면이 속한 슬롯으로 설정되며, 기초 특징 형상과 슬롯은 hole을 새로운 자식 특징 형상으로 가지므로 hole

을 삽입하기 전의 FDG는 새롭게 구성되어야 한다. 그러나 배치 평면으로 선택된 f1면은 슬롯의 삽입 과정에서 불리안 작업에 의해 생성된 면이므로 그 면이 유래한 특징 형상을 추적할 수 없으며, 위치 지정에 사용된 f2면도 그것이 유래한 특징 형상을 추적할 수 있는 정보를 가지지 않으므로 hole과 관련된 새로운 종속관계를 FDG에 정의할 수 없다.

이상과 같은 관점에서 보면, Fig. 5와 같이, 생성되는 특징 형상의 형상 모델을 복사한 후 복사한 형상 모델에 대하여 불리안 작업을 수행하여 원래의 특징 형상 형상 모델을 그대로 유지함으로써 모든 DGO에 대하여 불리안 작업 후 삭제된 경계 요소를 가리키는 경우가 없도록 하고, 디스플레이 된 부품 형상 모델상에서 그래픽 입력 장치를 통하여 선택된 경계 요소에 대하여 그것이 유래된 특징 형상 정보를 추적할 수 있는 정보를 표현 구조에 추가한다면, 치수 정보의 설정, DDG 메커니즘에 의한 특징 형상의 조작 및 그래픽 입력 도구의 구현 등에 유용하게 이용될 수 있다. PFO는 부품 형상 모델의 각 경계 요소에 이러한 정보를 추가하기 위하여 복사된 특징 형상의 형상 모델과 부품 형상 모델의 경계 요소들을 연결하는 정보 노드로서, 특징 형상의 형상 모델의 경계 요소와 불리안 작업에 의해 생성된 부품 형상 모델의 경계 요소들에 대한 정보를 가지므로 PFO를 이용하여 위에서 기술된 문제점들을 해결할 수 있다.

#### 7) 특징 형상 위치 조작자(FPO, Feature Position Operator)

Liang-Chyau Sheu 등은 특징 형상들의 종속 관계를 표현하기 위하여 서로 종속된 특징 형상들을 FPO를 매개로 하여 그래프 구조로 연결하는 FDG를 제안하였다. 본 연구에서는 Liang-Chyau Sheu 등이 제안한 그래프 구조에 의하여 특징 형상들의 종속 관계를 표현한다.

FPO는 위치 지정 과정에서 이루어지는 특징 형상들 사이의 종속 관계를 직접적으로 표현하므로, 위치 정보와 DGO의 탐색을 거치지 않고 임의의 한 특징 형상과 종속 관계가 성립되는 형상들에 대한 참조를 신속히 수행할 수 있다. 이와 같이 FPO에 의하여 연결된 모든 특징 형상들은 기초 특징 형상을 제외하고 하나 이상의 부모 특징 형상들을 가지며, 최소한 하나 이상의 특징 형상이 기초 특징 형상이 기초 특징 형상을 부모 특징 형상으로 갖는다.

이상과 같은 표현 구조에 의하여 closed-blind pocket을 표현한 개략적인 정보 구성을 Fig. 6에 나타내었다.

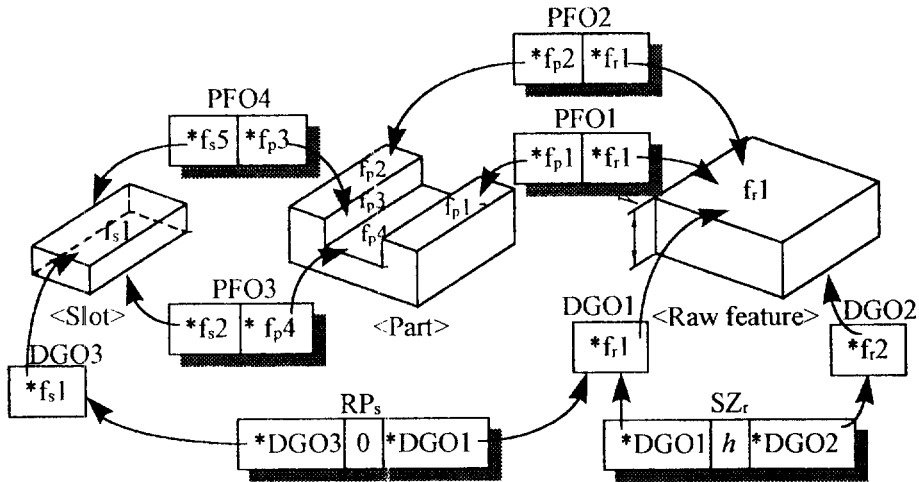


Fig. 5. The role of part-feature linking operator.

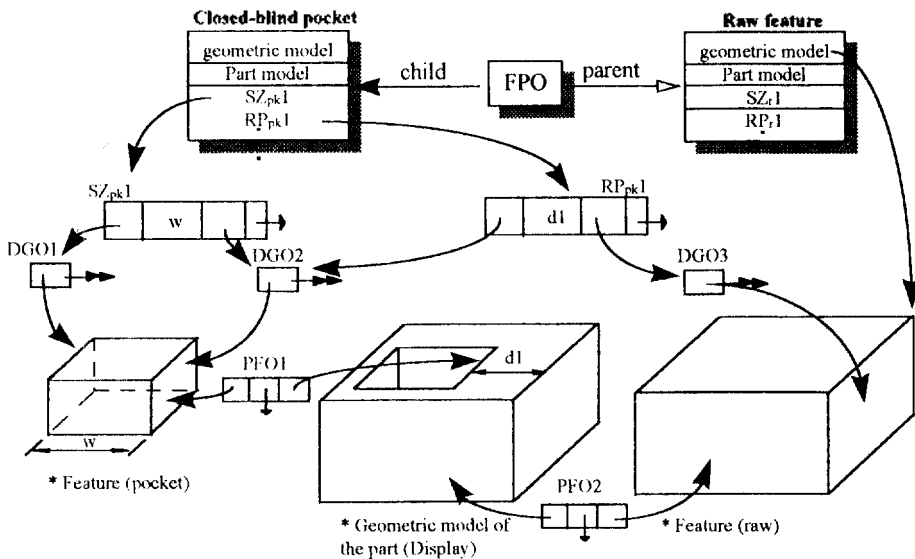


Fig. 6. An example of feature representation (closed-blind pocket).

### 3. 특징 형상의 조작 및 간섭

#### 3.1 특징 형상의 조작

FPO에 의해 연결된 특징 형상들은 상호간의 거동을 구속한다. 즉, DDG 메커니즘에 의한 특징 형상의 조작에 있어서, 한 특징 형상의 수정 및 삭제는 그 특징 형상과 종속 관계에 있는 자식 특징 형상의 기하 정보 수정을 수반하거나 특징 형상이 갖는 의미 자체를 변형시킨다.

DDG에 의한 기하 정보의 수정은 조작 특징 형상

의 RP와 SZ, 부모 특징 형상의 SZ가 이루는 구속 조건을 기초로 하여 수행되며, 구속 조건을 만족하는 범위 내에서의 RP 혹은 SZ의 치수 값 수정은 그를 정의하는 두 경계 요소들 중 자식 특징 형상에 속한 경계 요소의 기하 정보 수정을 수반한다.

Fig. 7(a)와 같은 부품은 기초 특징 형상의 폭 d1과 슬롯의 폭 d2, 기초 특징 형상에 대한 슬롯의 위치 d3 사이에  $d1 > d2 + d3$  and  $d1, d2, d3 > 0$ 의 구속 조건을 가지며, 특징 형상 생성시 사용자에게 의해 입력되는 치수 값은 설계 값(design value)으로 설정되어

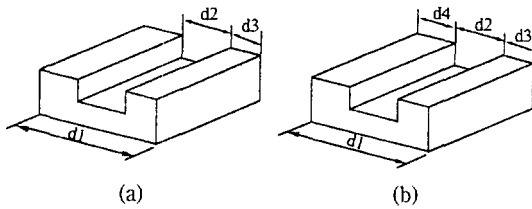


Fig. 7. Constraints and dimension type according to the way of definition.

특징 형상의 조작 과정 중 그 치수 값은 수정되지 않는다. 따라서 설계 값으로 설정된 치수를 정의하는 한 경계 요소의 수정은 그와 짝을 이루는 다른 경계 요소의 기하 정보 수정을 수반한다.

그러나 Fig. 7(b)와 같은 치수들이 설계 값으로 지정되었을 경우, 이들은  $d1 = d2 + d3 + d4$  and  $d1, d2, d3, d4 > 0$ 의 구속 조건을 가지며  $d2, d3, d4$  중 한 치수는 다른 치수들로부터 유도될 수 있다. 따라서 본래 설계 값으로 설정된  $d2, d3, d4$  중 하나를 유도 값(implicit value)으로 재설정하여 다른 치수들로부터 그 값을 유도할 수 있다. 즉, 앞서 기술하였듯이 설계 값으로 설정된 치수를 정의하는 한 경계 요소의 수정은 그와 짝을 이루는 다른 경계 요소의 기하 정보 수정을 수반하지만, 유도 값으로 설정된 치수를 정의하는 한 경계 요소의 수정은 그와 짝을 이루는 다른 경계 요소와의 기하학적 관계인 치수 값만을 수정한다.

임의의 치수 정보의 수정에 따르는 다른 경계 요소의 기하 정보 수정 및 치수 정보의 수정은 다음과 같은 과정에 따라 수행된다.

- 1) 수정하고자 입력된 치수가 구속 조건을 만족하는지 검사한다.
- 2) 수정하고자 하는 치수 정보가 SZ일 경우, SZ를 정의하는 두 경계 요소 중 설계 값으로 부모 특징 형상과의 위치 지정에 이용되지 않은 경계 요소를 수정 대상 요소로 결정된 후 4)의 과정으로 간다. 기초 특징 형상의 SZ일 경우에는 데이터 평면과 연계되지 않은 경계 요소를 수정 대상으로 결정한다.
- 3) 수정하고자 하는 치수 정보가 RP일 경우, RP를 정의하는 두 경계 요소가 유래한 특징 형상을 추적하여 그들의 종속 관계를 검사하고 지식 특징 형상으로부터 유래한 경계 요소를 수정 대상 요소로 결정한다. (Fig. 7(a)의  $d3$ 를 수정할 경우,  $d3$ 를 정의하는 두 경계 요소 중 지식 특징 형상인 slot으로부터 유래한 경계 요소를 수정 대상으로 결정한다.)
- 4) 한 경계 요소는 다수의 치수 정보 정의에 이용

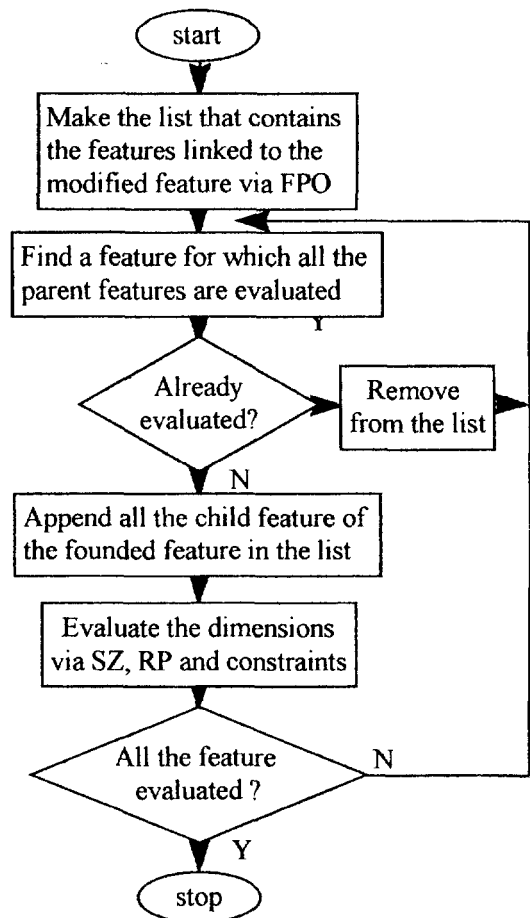


Fig. 8. Evaluation process of FDG.

될 수 있으며, 앞서 기술한 바와 같이 한 경계 요소의 수정은 그것이 정의하는 다른 치수 정보의 형태, 즉 정의된 치수 값이 설계 값인지 혹은 유도 값인지에 따라 그와 짝을 이루는 경계 요소의 기하 정보를 수정하거나 치수 값을 수정한다. 따라서 위 과정에서 수정 대상으로 결정된 경계 요소에 의하여 정의된 SZ와 RP를 탐색하고, 그 SZ 및 RP의 치수 값이 고정된 설계 값 혹은 유도 값으로 설정되었는지 검사한다.

5) 고정된 설계 값으로 설정되었을 경우, 1)의 과정에서 수정 대상으로 결정된 경계 요소와 짝을 이루는 경계 요소의 기하 정보도 수정하며, 유도 값으로 설정되었을 경우에는 수정 대상 경계 요소의 기하 정보만 수정하고 치수 정보를 새로운 값으로 정의한다.

(Fig. 7(a)에서 슬롯의 폭  $d2$ 는 설계 값이므로  $d2$ 를 정의하는 다른 경계 요소의 기하 정보도 수정한다.)



임의의 특징 형상에 대한 수정이 발생할 경우, 그 특징 형상을 모체로 하는 모든 자식 특징 형상들과 그 자식 특징 형상에 종속된 다른 특징 형상들의 수치 및 기하 정보가 연쇄적으로 변경되어야 한다. 이와 같이 서로 종속된 특징 형상의 탐색은 FPO의 정보를 이용하여, 각 특징 형상의 경계 요소에 대한 기하 정보의 변경 및 치수의 변경은 앞서 기술된 과정을 통하여 수행한다. 한 특징 형상의 수정에 따르는 FDG 내의 다른 특징 형상의 수정은 Fig. 8과 같은 절차로 수행된다.

### 3.2 특징 형상의 간섭

새로운 특징 형상의 삽입이나 특징 형상 치수의 수정은 다른 특징 형상과의 간섭을 일으킬 수 있으며, 특징 형상들 사이의 간섭은 특징 형상의 치수 정보를 변화시키거나 특징 형상이 가지고 있는 공학적 의미를 변형시킨다. 특징 형상들 사이의 간섭은 조작 특징 형상의 경계 요소들과 부품 형상 모델의 경계 요소들의 교차 검사에 기초한다. 조작 특징 형상의 경계 요소가 임의의 경계 요소에 교차할 경우, 본 연구에서 제안한 PFO를 통하여 교차하는 경계 요소가 유

래한 특징 형상을 추적하고, 그 특징 형상의 구속 조건을 이용하여 공학적 의미의 변형 여부를 검사한다.

그러나 본 연구에서는 간섭 검사에 이은 간섭 특징 형상의 적절한 처리 및 재정의는 간섭 형태와 특징 형상 종류를 부분적으로 한정하여 구현하였으므로 차후의 지속적인 연구에서 해결해야 할 것이다.

### 4. 적용 예

기초 특징 형상을 포함한 4개의 특징 형상들로 이루어진 부품을 모델링한 예를 Fig. 9에 나타내었다. 각 특징 형상의 크기는 사용자 입력에 의한 설계 값으로 설정되고, 슬롯의 위치는 기초 특징 형상을 부모 특징 형상으로 하여 지정되며, hole의 위치는 기초 특징 형상과 슬롯을 부모 특징 형상으로 하여 지정된다. Fig. 9는 특징 형상들의 이러한 종속관계가 타당하게 표현되고 있으며, 특히 특징 형상의 위치가 다른 특징 형상과의 상대적인 위치로 표현되고 있음을 나타내고 있다.

Fig. 9의 부품에서 기초 특징 형상의 높이를 수정한 예를 Fig. 10에 나타내었다. Fig. 10에서의 슬롯 높이

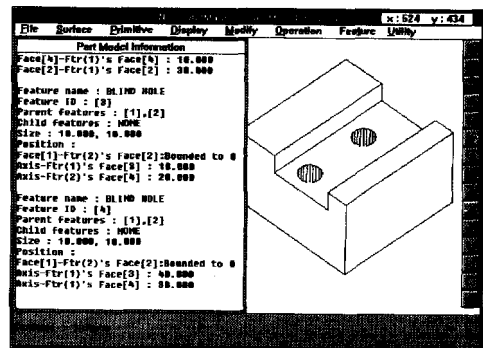
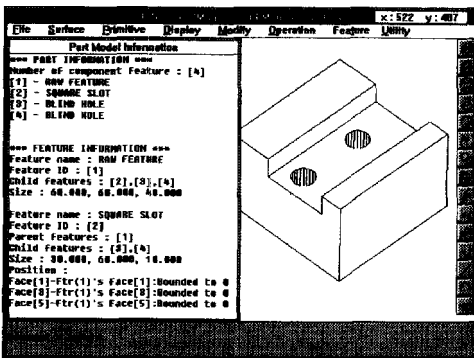


Fig. 9. Representation of a part in the feature relationship and dimension.

Fig. 10. The use of PFO for the manipulation of deleted or split entities.

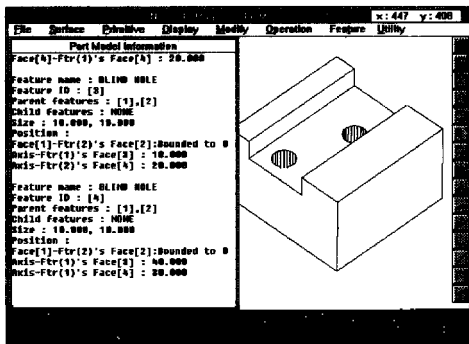
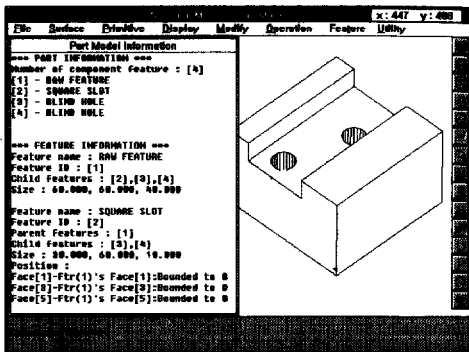


Fig. 11. Modification of geometry in the DDG mechanism.

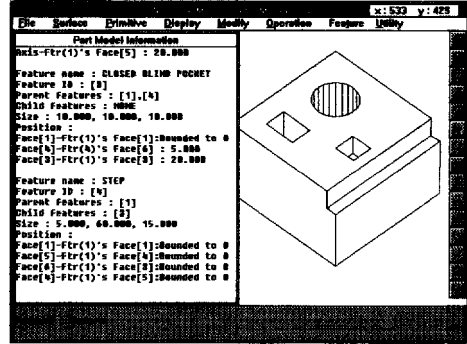
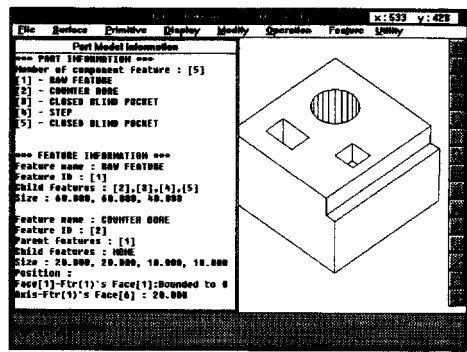


Fig. 12. An example of a part model composed of 5 features.

는 기초 특징 형상의 밀면으로부터의 위치를 부가로 지정하고 슬롯의 높이를 유도 값으로 재설정하여, 수정된 기초 특징 형상의 높이와 부가로 지정된 위치에 의하여 유도된다. 또한, Fig. 10은 Fig. 9와 같이 한 경계 요소가 두개의 경계 요소로 분할되고, 삽입되는 특징 형상의 경계 요소가 삭제 되는 경우에도 항상 타당한 DGO를 유지시키고 각 경계 요소의 연역을 추적할 수 있는 정보를 갖는 PFO를 이용하여 원하는 수정 결과를 얻을 수 있음을 나타내고 있다.

Fig. 11은 슬롯의 위치를 수정할 때 연쇄적으로 수행되는 자식 특징 형상의 수정을 나타내고 있다. 두 개의 hole중 하나를 슬롯의 수정되는 경계 요소에 의해 그 위치가 지정되어 있으며, 다른 하나는 수정이 일어나지 않는 기초 특징 형상의 한 면에 의해 그 위치가 지정되어 있다. 따라서 슬롯의 경계 요소 수정은 그것에 의해 위치가 지정된 hole의 수정을 수반한다.

Fig. 12는 5개의 특징 형상들로 구성된 부품에 대하여 각 특징 형상들의 종속 관계와 치수 정보를 나타낸다. Fig. 13은 Fig. 12의 부품에 슬롯을 추가한 경우로서, 새로 추가된 슬롯은 기존의 카운터 보어(counter bore) 및 2개의 closed-blind 포켓과 간섭을 일으킨다. 이러한 간섭 결과로, 기존의 카운터 보어

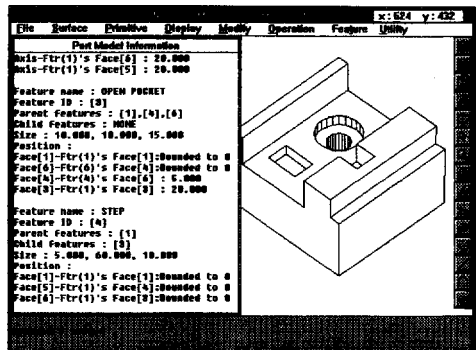
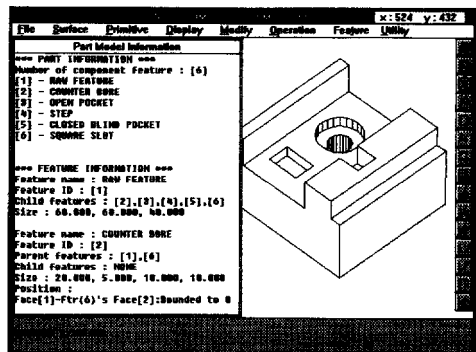


Fig. 13. Modification of the information according to interaction.

의 치수 및 부모 특징 형상 정보가 변경되어야 하며, 두 개의 closed-blind 포켓 중 하나는 그 특징 형상의 의미가 변형되었으므로 closed-blind 포켓에서 open 포켓으로 변경되어야 한다. Fig. 13은 이러한 수정이 올바르게 수행되었음을 나타낸다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 특징 형상과 치수 정보를 명확히 표현할 수 있으며, 특징 형상의 조작에 유용하게 이용될 수 있는 DDG 메커니즘을 수용한 PC 수준의 특징 형상 모델러를 개발하였다. 개발된 특징 형상 모델러는 선행 연구에서 개발한 경계 표현 솔리드 모델러를 기반으로 하였으며, 컴퓨터 원용 공정 계획, 그룹 기법 등과 같은 하위 응용 분야에 이용될 수 있을 것이다.

본 연구의 결론은 다음과 같이 요약될 수 있다.

1) 특징 형상 표현 구조에 PFO를 도입하여 불리안 작업 후 삭제되거나 변형되는 경계 요소의 연역을 추적할 수 있도록 함으로써 DDG에 의한 특징 형상 조작 알고리즘과 그래픽 입력도구를 용이하게 구현할 수 있었다.

2) 특징 형상 정보와 치수 정보를 명확히 표현할 수 있는 모델러를 구현하여, 특징 형상과 관련된 다양한 속성을 표현할 수 있는 특징 형상 모델러 개발의 기술적 기초를 마련하였다.

3) 윈도우즈 환경하에서 GUI를 구축하고, DDG 메커니즘에 의하여 특징 형상을 조작하도록 함으로써 모델링 환경을 개선시켰다.

본 연구에서 구현된 특징 형상 모델러를 통하여, 제시된 PFO를 도입한 특징 형상 표현 구조 및 특징 형상 처리 알고리즘의 타당성을 입증하였으나, 치수 정보의 수정에 따른 기하 정보의 선택적인 수정 및 기하 정보의 수정 시 다양한 형상에 대한 구속 조건의 검색을 위해서는 추후의 지속적인 연구가 수행되어야 할 것이다. 또한 다양한 응용 분야에의 활용을 위해서는 특징 형상 사이의 다양한 간섭 형태에 대한 처리 규칙 개발 및 특징 형상이 가져야 할 부가적인 정보를 합리적으로 표현할 수 있는 연구도 병행되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. Shah, J.J. and Rogers, M.T., "Expert form feature modelling shell", *Computer Aided Design*, Vol. 20, No. 9, pp.515-524, November 1988
2. Roy, U., Liu, C.R. and Woo, T.C., "Review of dimension and tolerancing: representation and processing", *Computer Aided Design*, Vol. 23, No. 7, pp.446-483, September 1992
3. Gossard, D.C., Zuffante, R.P. and Sakural, H., "Representing Dimensions, Tolerances, and Features in MCAE Systems", *IEEE Computer Graphics & Applications*, pp.51-59, March 1988
4. Sheu, L.C. and Liu, J.T., "Representation scheme for defining and operating form features", *Computer Aided Design*, Vol. 25, No. 6, pp.333-346, June 1993
5. Mäntylä, M., *AN INTRODUCTION TO SOLID MODELING*, Computer Science Press, Inc., U.S. A., 1988
6. 변분현, 오익수, "치수 정보를 갖는 특징 형상 모델링 시스템 개발에 관한 연구", *대한기계학회 추계학술대회 논문집*, pp.769-774, 1995



### 변분현

1957년 서울대학교 기계공학과 학사  
 1959년 서울대학교 기계공학과 공학석사  
 1986년 일본 동경대학 정밀기계공학과 공학박사  
 1994년 ~ 1995년 대한기계학회 생산 및 설계공학부문 위원장  
 1975년 ~ 현재 충남대학교 공과대학 기계설계공학과 교수  
 1995년 ~ 현재 한국CAD/CAM 학회 고문  
 관심분야: CAD/CAM, Geometric modeling, CIM, CALS, 생산기술



### 오익수

1986년 충남대학교 기계설계공학과 학사  
 1988년 충남대학교 기계공학과 공학석사  
 1996년 충남대학교 기계공학과 공학박사  
 현재 대전산업대학 및 중경공업전문대학 시간강사  
 관심분야: CAD/CAM, Geometric modeling, Feature-based modeling, CAPP