

〈論 文〉

각주형 부품상의 가공 특징형상 인식

손영태* · 박면웅*

(1992년 11월 28일 접수)

Recognition of Machining Features on Prismatic Components

Youngtae Sohn and Myon-Woong Park

Key Words : Solid Model(솔리드모델), Metal Cutting(절삭가공), Feature Recognition(특징형상 인식), Feature Data Structure(특징형상 데이터 구조), CAPP(공정설계)

Abstract

As a part of development of process planning system for mold die manufacturing, a software system is developed, which recognizes features and extracts parameters of the shape from design data produced by solid modeller. The recognized feature data is fed to process planning and operation planning system. Low level geometry and topology data from commercial CAD system is transformed to high level machining feature data which used to be done by using a dedicated design system. The recognition algorithm is applied to the design data with boundary representation produced by a core modeller ACIS which has object oriented open architecture and is expected to become a common core modeller of next generation CAD system. The algorithm of recognition has been formulated for 21 features on prismatic components, but the feature set can be expanded by adding rules for the additional features.

1. 서 론

CAD/CAM 기술이 개발되어 산업체에 소개, 사용되어 생산성 향상 및 품질의 고급화에 많은 기여를 하였으며 최근에는 단위 CAD/CAM 시스템을 통합하여 모든 생산공정을 자동화하는 CIM(computer integrated manufacturing) 시스템이 개발되고 있으나, CAD/CAPP간의 연결과 같이 단위 시스템간의 원활하지 못한 정보흐름이 CIM 시스템 구축의 장애요소가 되고 있다. 컴퓨터를 이용한 제품의 설계기술은 1960년대 초기에 와이어 프레임모델링(wireframe modeling) 시발로, 자유로운 곡면형상을 표현할 수 있는 곡면모델링(surface modeling),

부피특성 등의 더 완벽한 데이터를 제공할 수 있는 솔리드 모델링(solid modeling) 기법으로 발전해 왔다. 그러나 아직도 제품의 모델링 데이터는 기본적인 기하학적 요소인 점(point), 선(line), 면(surface)들로 이루어져 있기 때문에 생산자동화 측면에서 그 데이터를 직접 이용하기에는 적합하지 않다. 예를들면 기계가공을 위한 공정설계의 경우에 필요한 제품정보는 구멍(hole)이라든가 포켓(pocket) 등과 같은 제품의 특징형상(feature)이 지선 또는 면정보가 아니기 때문이다. 그러므로 공정설계를 중심으로 그 전후 기능과의 연계가 통상 CIM을 추구하는데 걸림돌이 되고 있다. 특히 공정설계 이전기능과의 인터페이스인, 설계 데이터로부터의 자동 가공형상 인식시스템은 CAD/CAM의 통합을 위해 필수적 기능이어서 많은 연구가 수행되고 있다.

*정회원, 한국과학기술연구원 CAD/CAM실

Woo^(1,2)는 convex-hull-decomposition 알고리즘을 개발하여 3차원 솔리드모델로부터 기계가공으로 제거해야 할 볼륨을 추출하였으나 절삭가공 공정과 연계할 수 없는 볼륨들이 추출되는 단점을 갖고 있다. 근본적으로 접근방법은 같으며, Woo의 문제점들을 해결하기 위한 연구가 Ferreira,⁽³⁾ Kim⁽⁴⁾ 등에 의해 이루어졌다. Choi⁽⁵⁾ 등은 Pascal언어로 짜여진 인식 프로그램에 특징형상의 정의들을 수록하여 구멍, 슬롯, 포켓을 인식하는 방법을 개발하였고, Henderson⁽⁶⁾은 프롤로그언어를 사용하여 특징형상을 룰(rule)로서 기술하는 인식시스템을 개발하였다. Joshi⁽⁷⁾ 등은 면들의 근접성과 각도를 도식적으로 표현한 AAG(attributed adjacency graph)에 의해 특징형상을 정의하고, B-rep 모델로부터 추출된 유사그래프들을 이들 AAG와 비교하여 특징형상을 인식하였다. 가장 실용화에 근접한 공정설계시스템이라는 평을 받는 PART시스템⁽⁸⁾은 공정설계에 관계되는 포괄적인 기능들을 갖는 시스템으로 60여 개의 기본 특징형상(atomic feature)과 이들의 조합으로 이루어지는 복합 특징형상(compound feature)으로 부품의 형상을 정의하고 특징형상을 인식하는 룰을 사용하였다. 또한, 특징형상을 기술하는 언어를 제공하여 필요에 따라 새로운 특징형상을 정의할 수가 있고 그 특징형상을 인식하는 룰이 자동으로 생성되게 하는 기능이 있다.

국내에서는 Lee⁽⁹⁾ 등이 Joshi의 AAG기법을 개선하여, B-rep으로 표현된 솔리드모델의 원형 디프레션(cylindrical depression)도 인식할 수 있는 패턴인식(pattern recognition) 기능을 갖는 공정설계시스템을 개발하였다. 오수철⁽¹⁰⁾은 AutoCAD로 생성된 2차원 및 3차원 모델을 대상으로 부품의 면을 이루는 꼭지점들의 오목함(concavity)과 볼록함(convexity)을 0과 1로 표기하고 이들이 연속적으로 이루는 패턴으로 특징형상을 인식하는 방법을 발표하였다. 그러나 형상인식 시스템은 형상인식 정보를 입력으로 받는 공정설계 기능이 제품 의존적이고 장비 의존적인 요소가 많기 때문에 많은 연구가 있어 왔던 것에 비하여 아직 보편타당성을 인정받고 있는 시스템이 없다. 주어진 환경의 CIM을 구현하기 위해서는 적용범위를 제한하여 실용적인 형상인식 알고리즘을 만들어, 이를 보편성있는 구조를 가진 설계데이터에 적용하는 것이 필요하다.

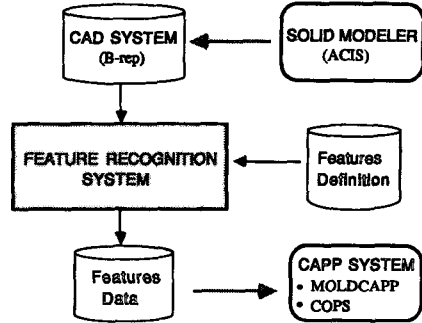


Fig. 1 CAD/CAPP interface

본 연구는 각주형 금형부품을 절삭가공할때 부품의 설계데이터로부터 부품의 형상적인 특징을 추출하여 공정설계시스템인 MOLDCAPP⁽¹¹⁾과 작업설계시스템인 COPS⁽¹²⁾에서 사용할 수 있는 정보를 생성함으로써 CAD/CAPP의 연결을 자동화할 수 있는 특징형상 인식 시스템을 개발하는 연구로, 특징형상 인식기법의 창안보다는, 가용한 기술의 장점을 사용하여 각주형 공작물의 기계 절삭가공으로 생성될 수 있는 형상을 특징형상으로 정의하고 ACIS⁽¹³⁾로 설계된 CAD 데이터로부터 정의된 특징형상을 추출하여 각 특징형상들의 형상 데이터를 결정함으로써 MOLDCAPP, COPS 등의 공정설계시스템의 입력데이터를 생성할 수 있도록 Fig. 1과 같이 설계하였다. 특히 PART시스템과 같이 인식대상이 포괄적이지 않으나, 금형부품상의 특징형상으로 범위를 축소하고 금형부품의 가공특징을 고려하여 인식규칙을 단순화함으로써 금형가공공정의 CAD/CAPP연결에 이용될 수 있도록 하였다.

2. 특징형상

2.1 특징형상의 필요성

특징형상(feature)이란 제품의 부분으로서 제조공학적 중요성을 갖는 요소이다. 즉, 특징형상은 그것의 기능, 제조 또는 가공되는 방법 등과 같은 특정한 공학적인 작업과 직접적인 관련이 있는 공학적 기본요소이며, 기하학적 및 위상학적 요소들의 조합으로 그들간의 상관관계와 특정 파라미터에 의해 정의될 수 있다.^(14,15) 본 연구에서는 각주형 금형부품의 절삭가공을 대상으로 하므로, 사용되는 특징형상은 밀링, 보링 등의 절삭가공 작업에 의하여 생성되는 형상들을 의미한다.

최근에는 많이 사용되는 형상들을 특징형상으로 정의하여 라이브러리(library)를 만들고 이들을 결합시켜 모델링을 하는 특징형상을 이용한 모델링(feature based modeling) 기법⁽¹⁶⁾이 개발되고 있으나, 상용되고 있는 대부분의 모델러들은 이러한 개념을 이용하지 않고 있다. 그러므로 가공측면의 고려가 없이 설계측면으로만 모델링된 CAD 데이터로부터 가공작업에 필요한 정보를 도출하기 위해서는 가공작업에 의하여 생성되는 형상들을 일정한 형태로 정의할 필요가 있다. 본 연구에서는 이러한 형상들을 특징형상으로 정의하고 CAD 데이터와 관련성을 비교하여 가공정보를 도출하였다.

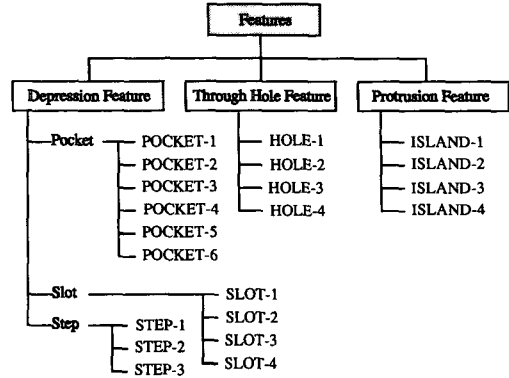


Fig. 2 Classification of features

2.2 특징형상의 분류

일반적으로 기계가공의 특징형상은 크게 두가지로 나누어지는데 소재에서 필요없는 부분을 제거하므로 만들어지는 특징형상을 디프레션(depression)이라 하고, 돌출된 형상을 가지고 있으며, 주변소재 제거하고 남은 소재로 만들어지는 특징형상을 프로트루전(protrusion)이라고 한다. 또한, 특징형상 자체를 나누는 방법에는 간단한 특징형상만을 나타내는 기본 특징형상(atomic feature)과 여러가지 기본 특징형상들이 결합되어 있는 복합 특징형상(compound feature)으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 각주형 금형부품을 절삭가공할 때 생성될 수 있는 형상을 고려하여 디프레션 특징형상과 프로트루전 특징형상으로 기본 특징형상의 형태를 크게 구분하였으며 관통구멍과 같이 디프레션 특징형상이면서도 특징형상 인식시에 특이한 기하학적, 위상학적 데이터를 이용해야하는 특징형상을 Fig. 2와 같이 독립된 특징형상의 형태로 구분함으로써 특징형상의 인식이 용이하게 하였다. 각 형태의 특징형상은 특징형상을 정의하는 기하학적 및 위상학적 데이터의 특성과 사용될 수 있는 가공작업의 종류와 공구등을 고려하여 Fig. 3과 같이 21개의 기본 특징형상으로 분류하여 정의하였으며, 이들은 공정설계 시스템에서도 기본 특징형상으로 사용되고 있다.

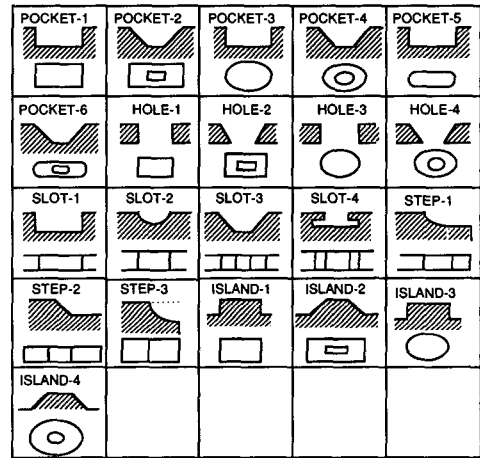


Fig. 3 Geometry of atomic features

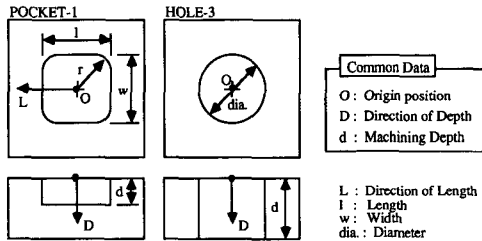
2.3 특징형상의 정의

특징형상 인식 시스템의 입력 데이터는 C++언어로 작성된 ACIS로 생성되므로 CAD 데이터로부터 제품의 기하정보와 위상정보를 추출하기 위해서는 C++언어의 클래스(class)를 사용해야 한다.

클래스(class)란 객체(object)를 표현하는 방법으로, 객체를 유일하게 정의하는데 필요한 데이터를 갖고 있는 데이터 멤버(data member)와 데이터 멤버를 조작할 수 있는 멤버함수(member function)로 구성된다.⁽¹⁷⁾ 또한 클래스에는 객체를 조작할 수 있는 연산자(operator)를 정의하여 사용할 수 있다. 특히 공통된 데이터 멤버를 갖고 있는 객체들을 독립된 클래스로 정의하면 데이터의 중복이 발생하므로 이러한 중복을 피하기 위하여 파생 클래스(derived class)를 이용한다. 공통된 데이터만을 데이터 멤버로 갖는 클래스를 정의하고 그렇지 않은 데이터만으로 클래스를 정의하는 것이다. 이때 전자를 기반 클래스(base class)라 하고 후자를 파생 클래스라 하며, 파생 클래스는 기반 클래스의 모든 데이터 멤버와 멤버함수를 계승받아 사용할 수 있다. 기본 특징형상을 정의하는데 필요한 데이

터에는 모든 기본 특징형상들이 공통적으로 필요로 하는 데이터들이 있으므로 이러한 데이터로만 기반 클래스(base class)를 정의하고 그렇지 않은 데이터로 파생 클래스(derived class)를 정의하여 기본 특징형상들을 표현하였다. 기본 특징형상들이 공통적으로 갖고 있는 데이터는 Fig. 4(a)와 같이 특징형상의 이름(feature name), 기준점(origin), 특징형상을 구성하는 면(component faces), 가공깊이(machining depth/height) 등이 있다. Fig. 4(b)는 이러한 데이터 멤버를 갖는 기반 클래스를 "Feature"라는 이름으로 정의하는 예이며, "parent_feature," "child_feature," "next_feature," "previous_feature" 등의 데이터 멤버는 특징형상들간

의 계층정보를 저장하기 위한 멤버이다. 기본 특징형상들이 공통적으로 갖지 않는 데이터들을 표현하기 위하여 특징형상의 기반클래스인 "Feature"의 파생 클래스를 이용한다. 그러므로 기본특징형상들의 실질적인 특징은 파생 클래스에 함유되며 기반 클래스와 파생 클래스의 관계에 의하여 기본 특징형상을 정의하는데 필요한 모든 데이터들을 사용하게 된다. 이러한 C++ 언어의 특성을 이용함으로써 데이터의 중복을 피하고 효율적으로 특징형상의 정보를 관리할 수 있다. Fig. 4(c)는 "POCKET-1"과 "HOLE-3"를 파생 클래스로 정의하는 예이다.



(a)

```

class Feature
{
protected:
char *feature_name; // Points to name of atomic feature
Feature *parent_feature; // Points to parent feature
Feature *child_feature; // Points to child feature
Feature *next_feature; // Points to next brother
Feature *previous_feature; // Points to previous brother
List_of *feature_faces; // Points to list of feature's faces
BODY *body_ptr; // Points to body of feature
vector *Origin; // Points to position vector of origin
vector *Direction_D; // Points to direction vector D
double Depth; // Machining depth or height
};
    
```

(b)

```

class Pocket_1 : public Feature
{
protected:
vector *Direction_L; // Points to direction vector L
double Width; // Width of feature
double Length; // Length of feature
double Radius_Of_Corner; // Corner radius
};

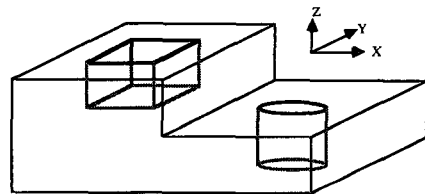
class Hole_3 : public Feature
{
protected:
double Diameter; // Diameter of hole
};
    
```

(c)

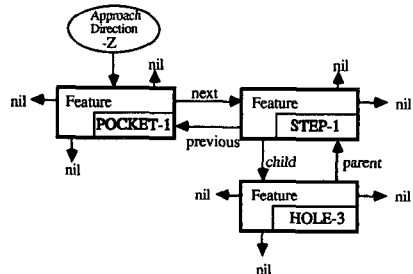
Fig. 4 (a) Common data of atomic features for definition
 (b) Definition of base class "Feature"
 (c) Definition of "POCKET-1" and "HOLE-3" using derived class

2.4 특징형상 데이터 구조

일반적으로 모델링된 제품에는 여러개의 기본 특징형상들이 결합되어 있고 상호간에는 가공의 우선 순위(machining precedence), 가공할 수 있는 방향 등이 존재하므로 인식된 기본 특징형상들을 관리하기 위해서는 효율적인 데이터 구조가 필요하다. 이러한 특성들을 포함할 수 있는 데이터 구조는 데이터간에 부자(parent-child)관계와 형제(brothers)관계를 갖는 계층데이터 구조(hierarchical data structure)가 적합하다.⁽¹⁸⁾ 기반클래스 "Feature"에 데이터 멤버로 선언된 "parent-feature,"



(a) Geometry of object



(b) Hierarchy of atomic features in feature data structure

Fig. 5 Feature data structure

child-feature,” “next-feature,” “previous-feature”가 부자관계와 형제관계를 연결하는 데이터 멤버들이다. 실례로 Fig. 5(a)와 같은 형상에서 인식될 수 있는 기본 특징형상은 “POCKET-1,” “STEP-1,” “HOLE-3” 등이며 이들이 데이터 구조에 저장되는 형태는 Fig. 5(b)와 같이 가공방향에 따라서 계층구조를 형성한다.

3. 특징형상 인식 시스템

3.1 시스템의 구성

개발된 특징형상 인식 시스템의 구성은 Fig. 6과 같이 도식적으로 표현할 수 있으며, 인식 대상물에 정의된 특징형상들은 임의의 면(face)의 내부루프(inner-loop), 면간의 상관관계에 의하여 생성되고, 물체가 정의된 좌표계(global coordinate)의 축(axis)이 가공방향이 되도록 설계된다고 가정하였다. 입력된 CAD 데이터로부터 가공방향에 따라 특징형상의 기준면을 추출하여 일정한 형태의 계층구조로 표현하고, 계층구조의 최하위 기준면으로부터 기준면과 연결되는 면들을 찾아 이들의 기하정보와 위상정보를 고려하여 특징형상의 형태(style)를 결정한다. 특징형상의 형태가 결정되면 정의된 기본 특징형상들을 인식하는 규칙(rule)과 비교하

여 선택된 기준면이 갖는 형상을 기본 특징형상으로 인식하고 특징형상 데이터 구조에 맞게 데이터를 생성한다. 모든 특징형상이 인식되면 특징형상을 가시화(visualization)하는 Grapher에 생성된 특징형상 데이터 구조를 넘겨 기본 특징형상의 계층관계와 파라미터들을 확인할 수 있도록 하였으며, 인식된 특징형상들의 정보를 일정한 형태의 파일로 생성하여 MOLDCAPP과 COPS의 입력 데이터로 사용할 수 있도록 하였다.

3.2 CAD 데이터의 구조와 생성

일반적으로 솔리드 모델링에서 형상을 표현하는 방법은 CSG(constructive solid geometry)기법과 B-rep(boundary representation)기법이 대표적으로 사용된다.^(19,20) CSG기법은 기본도형(primitive)의 불리언 작업(boolean operation)으로 물체를 만드는 과정을 저장하여 요구되는 최종형상을 정의하는 방법이고, B-rep기법은 물체를 표현하는 면(surface), 선(line), 점(point)의 연결관계를 표현하는 위상(topology)정보와 이들이 기하학적인 모양을 나타내는 형상(geometry)정보를 저장하는 방법이다. 일반적으로 물체를 정의하는 과정을 저장하는 CSG기법은 동일한 물체가 사용하는 기본도형, 연산자(operator) 등에 따라 다르게 저장되

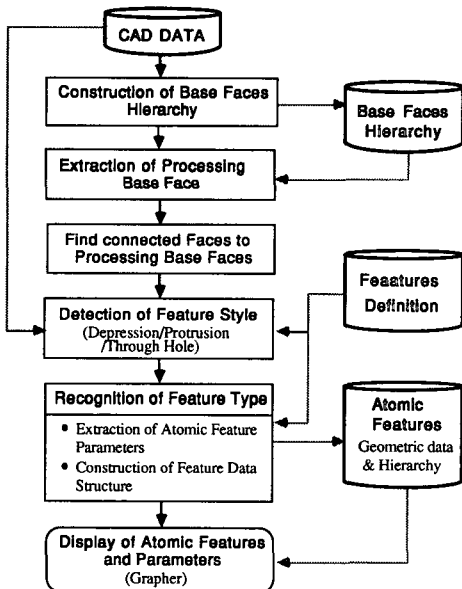


Fig. 6 Diagram of features recognition system

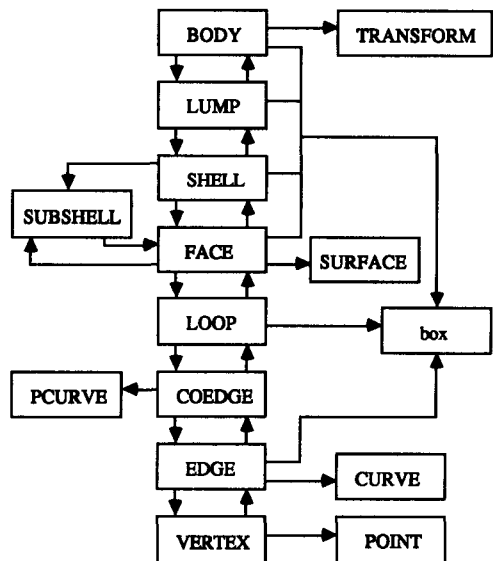


Fig. 7 Data structure of ACIS

로 특징적인 형상도 다양하게 저장될 수 있다. 반면에 B-rep기법은 완성된 물체의 경계정보를 저장하므로 특징적인 형상이 어떠한 물체에서나 동일하게 저장된다. 본 연구는 CAD 데이터로부터 일정한 구조로 정의된 특징형상을 찾아야 함으로 물체의 특징적인 형상이 항상 동일한 형태로 저장되는 B-rep기법을 CAD 데이터의 기본구조로 사용하였다. 객체지향적 개방형구조로 설계되어 있는 ACIS core modeller의 API (application procedural interface)와 Kernel Routines으로 구현된 솔리드 모델링 기능으로 이러한 구조의 CAD 데이터를 생성하여 입력으로 사용하였다. ACIS로 생성되는 CAD 데이터의 구조는 Fig. 7과 같으며 Pro/ENGINEER나 ROMULUS등의 상용 모델러에서 생성된 CAD 데이터도 ACIS를 통하여 접근(access)할 수 있으므로, 이들 상용 모델러에서 생성된 CAD 데이터를 개발된 특징형상 인식 시스템의 입력 데이터로 사용할 수 있다.

3.3 기준면의 계층구조

기준면(base face)이란 Fig. 8과 같이 특징형상을 가공할 때 가공이 시작되는 면 A와 가공이 끝나는 면 B, C를 의미한다. 기준면 A에 내부루프(inner-loop)가 존재하고 이 루프에 의하여 기준면 B가 유도될 때 기준면 A를 부(parent) 기준면, 기준면 B를 자(child) 기준면이라고 하고, 두 기준면 사이의 관계를 부자(parent-child)관계라고 정의하였다. 또한, 자기기준면 B와 C사이의 관계를 형제(brothers)관계, 형제관계를 갖는 기준면 중에서 가장 먼저 선택된 기준면을 top 기준면이라고 정의하였다.

물체에 정의된 특징형상들은 임의의 면의 내부루프, 면간의 상관관계에 의하여 형성된다고 가정하

였으므로 부자관계나 형제관계를 갖는 두 기준면과 이들을 연결하는 면들의 형상정보와 위상정보에 따라 기본 특징형상이 구분된다. 그러므로 CAD 데이터와 정의된 특징형상간의 비교는 이러한 기준면을 중심으로 수행하는 것이 적합하며, 개발된 알고리즘에서도 이러한 방법을 사용하였다. 공작물의 가공작업은 가공형상에 따라서 가공방향이 존재하므로 기준면들도 가공방향을 기준으로 가능한 모든 방향에서 찾아야 한다. 그러나 개발된 알고리즘은 각주형 금형부품을 대상으로 하고, 가정에 의하여 특징형상들의 가공방향이 물체를 정의한 좌표계의 축에 평행하므로 6개의 방향(X, Y, Z, -X, -Y, -Z)에서만 기준면들을 찾는다. 임의의 가공방향의 기준면들은 면의 법선(face normal)이 가공방향과 반대이고, 면들을 가공방향과 수직인 평면에 투영시켰을때 타 면에 포함되지 않는 면을 최상위 기준면으로 선택하고, 선택된 기준면의 내부루프로 유도되며 법선이 가공방향과 반대인 면을 자기기준면으로 선택한다. 동일 기준면에서 유도된 자기기준면들은 형제관계를 갖는다. 특히, 관통구멍을 유도하는 내부루프에는 자기기준면이 존재하지 않으므로 플래그(flag)를 사용하여 관통구멍이 있음을 기록한다. 임의의 방향을 기준으로 찾은 모든 기준면들은 부자관계와 형제관계를 갖고 있으므로 이러한 관계를 포함할 수 있도록 기준면들을 가공방향에 따라 계층구조로 표현하였다. 그러나 계층구조는 데이터를 검색하는 것이 비효율적인 단점이 존재하므로 특징형상 인식 알고리즘에 적합하게 기준면의 데이터를 얻을 수 있도록 기준면의 계층구조를 관리하는 알고리즘을 개발하여 사용하였다. Fig. 9(a)는 Fig. 8의 형상이 갖는 기준면들을 "BaseFace" 클래스를 사용하여 계층구조로 표현한 것이며, Fig.

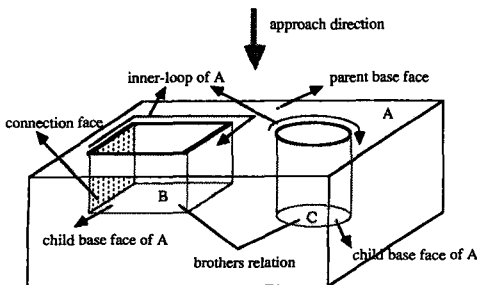
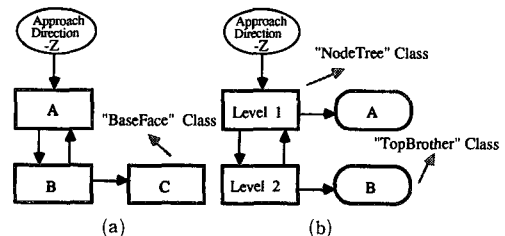


Fig. 8 Definition and relations of base faces



(a) Hierarchy of base faces

(b) Node tree of the base faces hierarchy. (Fig. 10 (b.c)를 참조)

Fig. 9 Manipulation of base faces hierarchy

9(b)는 기준면의 계층을 관리하는 “NodeTree” 클라스와 top 기준면을 관리하는 “TopBrother”클라스를 사용하여 Fig. 9(a)를 기준면의 계층구조를 관리하는 알고리즘으로 표현한 예이다.

3.4 특징형상 인식 알고리즘

입력된 CAD 데이터로부터 기준면의 계층구조가 완성되면, 기준면의 계층구조에서 가장 낮은 노드 레벨(node level)로부터 다음과 같은 알고리즘으로 특징형상 인식을 수행한다(Fig. 10 참조).

(1) 가공방향(approach direction)을 결정한다.

특징형상을 가공할 수 있는 공구의 축을 결정하는 것으로 Fig. 10은 -Z축을 가공방향으로 선택한 예이다.

(2) Node Tree에서 가공방향의 최하위 노드레벨을 찾는다. Fig. 10(c)에서는 Level 2가 최하위 레벨이다.

(3) 선택된 노드레벨에 존재하는 첫번째 TopBrother를 찾고 TopBrother의 top 기준면을 찾는다(기준면 C).

(4) 기준면과 이 기준면의 부기준면(기준면 A)

을 연결하는 모든 면을 찾는다.

(5) 기준면, 부기준면등의 형상정보로 특징형상의 형태(style)를 구분한다. 가공방향을 기준으로 기준면이 가공이 시작되는 면이고 부기준면이 가공이 끝나는 면이면 프로트루전이고, 부기준면이 가공이 시작되는 면이고 기준면이 가공이 끝나는 면이면 디프레션으로 판단한다. 또한 관통구멍은 기준면(기준면 D)을 찾으면서 플래그를 사용하여 기록하였으므로 쉽게 알 수 있다.

(6) 특징형상의 형태에 따라 부자관계를 기준으로 기본 특징형상을 결정한다. 특징형상의 형태가 결정되면 기본특징형상을 인식하는 규칙을 적용하여 특징형상을 인식한다. Fig. 11은 POCKET-1을 인식하는 규칙을 표현한 예이다.

(7) 사용한 기준면가 형제관계를 갖는 모든 기준면을 기준면 계층구조에서 찾아 (4)~(6)을 수행한다. Fig. 10에는 기준면 C와 형제관계를 갖는 기준면은 없으며, 기준면 A와 형제관계를 갖는 기준면은 기준면 B이다.

(8) top 기준면과 형제관계를 갖는 모든 기준면에 대하여 형제관계를 기준으로 기본 특징형상을 인식한다. 슬롯(slot)이나 스텝(step)과 같은 특징형상은 기준면의 부자관계에 의하여 인식될 수 있는 형상이 아니고 형제관계를 갖는 기준면들로부터 인식할 수 있는 형상이므로 기준면들의 형제관계를 기준으로도 인식을 수행한다.

(9) NodeTree에서 선택된 노드레벨에 TopBrother가 없을 때까지 (3)~(8)을 수행한다.

(10) Node Tree의 노드레벨을 한 단계 올려 (3)~(9)를 수행한다.

(11) NodeTree의 노드레벨이 1일때까지 (3)~(10)을 수행한다.

(12) 사용하는 모든 가공방향에 대하여 (1)~(11)을 수행한다.

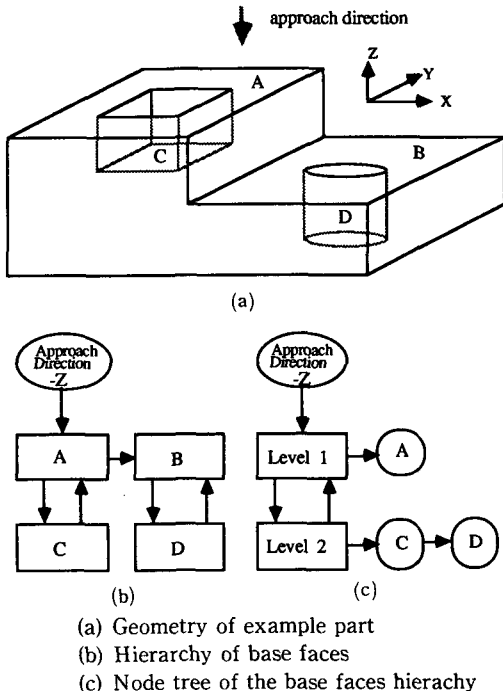


Fig. 10 Implementation of the recognition algorithm

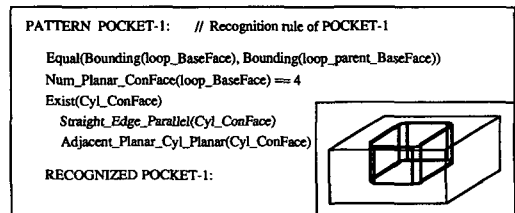


Fig. 11 Rule for “POCKET-1”

3.5 특징형상의 가시화

인식된 기본 특징형상들의 부자관계, 형제관계, 형상, 파라미터들을 확인할 수 있는 가장 좋은 방법은 특징형상들간의 관계를 표현하는 트리(tree), 특징형상의 형상, 도출된 파라미터 등을 화면에 디스플레이하는 것이며 개발된 시스템에도 이러한 기능을 수행하는 Grapher를 갖고 있다. Grapher는 특징형상 데이터 구조를 검색하여 기본 특징형상의 데이터를 얻고 각각의 기본 특징형상을 하나의 노드(node)로 표현하여 특징형상들의 계층관계를 AF-Hierarchy(atomic features hierarchy) 윈도우에 디스플레이한다. 임의의 노드를 마우스로 선택하면 선택된 노드의 특징형상을 인식 대상물이 표현되어 있는 Object 윈도우에 색(color)을 달리하여 표현함으로써 인식된 특징형상의 형상을 파악할 수 있다. 또한, 기본 특징형상에 설정된 파라미터들은 AF-Parameter(atomic features parameter) 윈도우에 표현되도록 하여 기본 특징형상의 위치, 가공방향 등을 물체를 정의한 좌표계상에서 확인할 수 있도록 하였다.

4. 적용 사례

본 연구를 통하여 개발된 특징형상 인식 시스템을 금형부품의 가공에 적용하여 개발된 알고리즘의 검증 및 기능보강을 위한 자료로 이용하고자 한다. 적용 부품은 개발된 시스템의 제한조건을 충족하는 분리형 형판(divided core plate)를 사용하였다. Fig. 12는 솔리드 모델링 기능을 사용하여 형판의 형상을 모델링하고 시스템의 입력 데이터인 CAD 데이터를 생성한 것이다. Fig. 13은 입력된 CAD 데이터로부터 특징형상을 인식하여 특징형상들의 계층구조를 Grapher를 사용하여 표현한 것으로 노드레벨(node level) 2에 있는 6개의 노드들은 각각의 가공방향(-X, -Y, -Z, X, Y, Z)을 나타내는 것이다. 모델링된 형판의 형상과 같이 X, -X, -Y축 등을 가공방향으로 하는 특징형상은 없으며 Y, Z, -Z축 등을 가공방향으로 하는 특징형상들만 존재한다. 특히, -Z축을 가공방향으로 하면 부자관계를 갖는 특징형상들이 존재함을 알 수 있으며

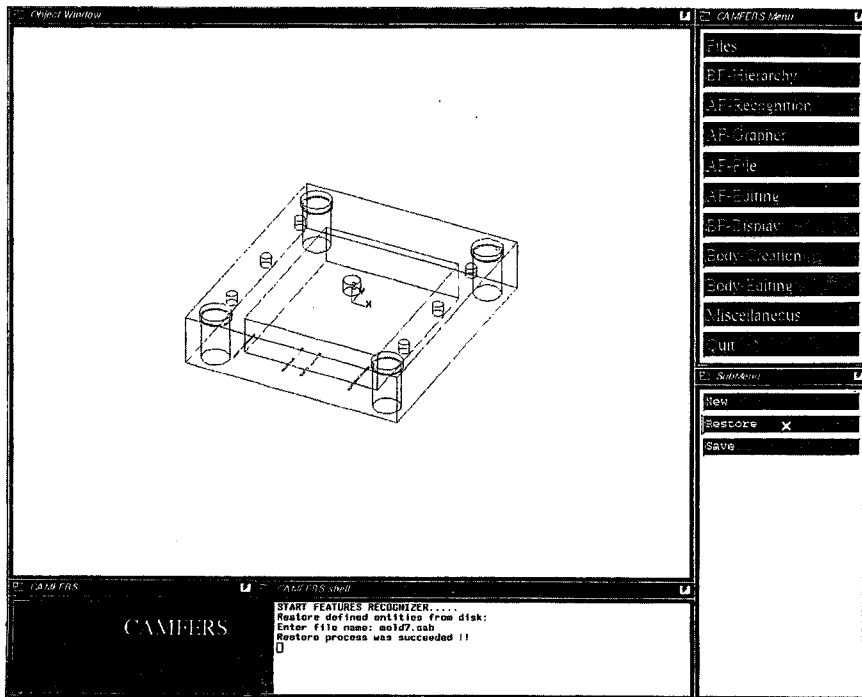


Fig. 12 Solid model of divided core plate

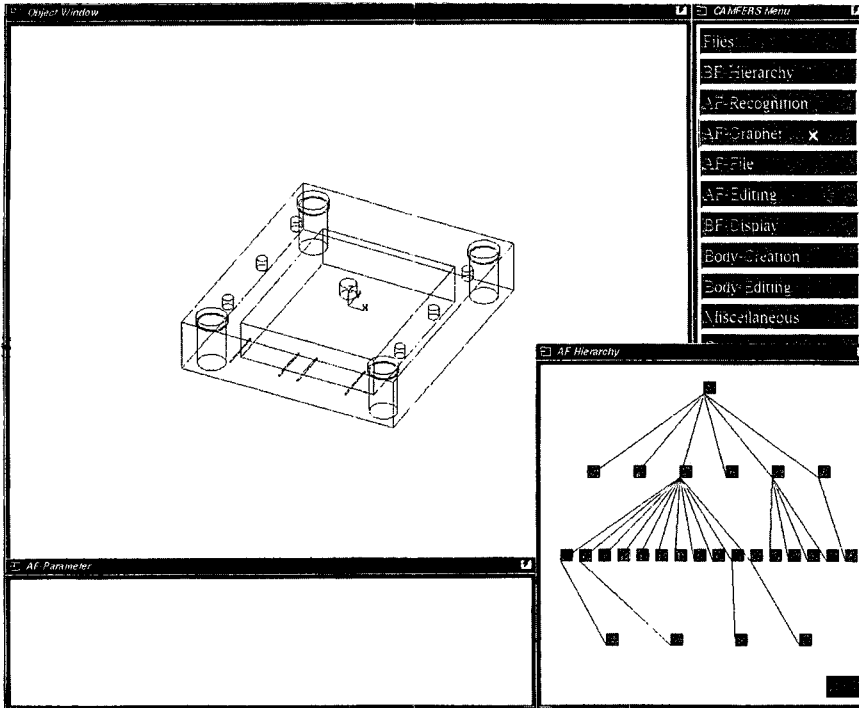


Fig. 13 Hierarchy of recognized atomic features

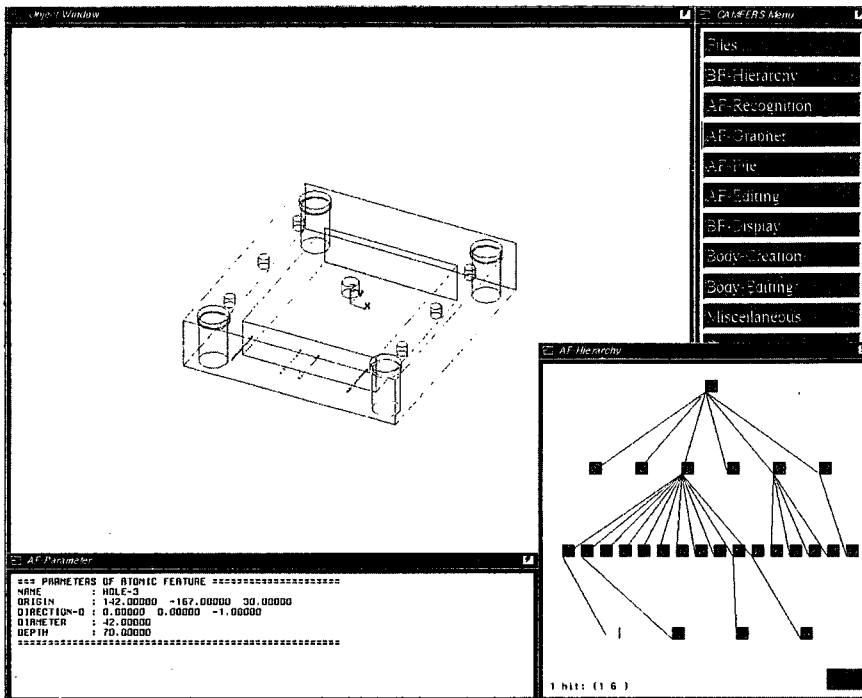


Fig. 14 Geometry and parameters of selected feature "HOLE-3"

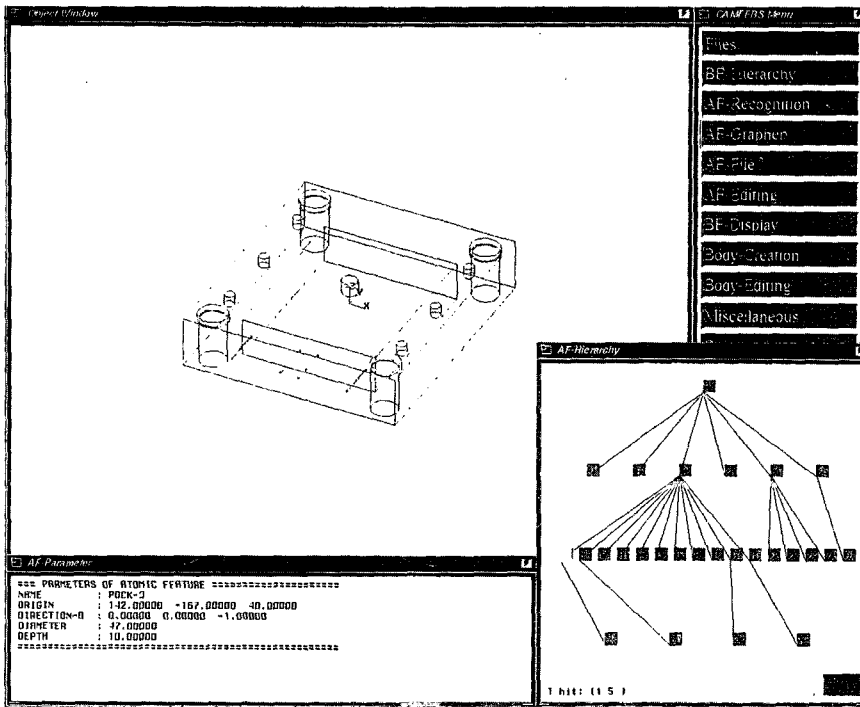


Fig. 15 Geometry and parameters of selected feature "POCKET-3"

이러한 관계를 갖는 특징형상들의 형상과 위치를 확인할 수가 있다. Fig. 14는 AF-Hierarchy 윈도우에서 노드 6을 선택하였을때 선택된 노드의 특징형상과 설정된 파라미터들을 표현한 것이다. 선택된 특징형상은 AF-Parameter 윈도우에 표현한 것과 같이 특징형상의 원점이 좌표계상에서 좌표값이 (142.0, -167.0, 30.0)인 위치에 정의되었고, 가공방향이 Z축이고, 지름이 42.0이고, 가공깊이가 70.0인 HOLE-3임을 알 수 있다. 또한, Fig. 15와 같이 노드 6과 부자관계를 갖는 노드 5를 선택하면 HOLE-3의 부(parent) 특징형상이 POCKET-3임을 알 수 있다.

위와같이 개발된 특징형상 인식 시스템은 각주형 공작물에 함유된 특징형상들을 CAD 데이터로부터 추출하고 관련된 데이터를 생성할 수 있으므로 CAD 데이터로부터 공정설계나 작업설계에서 필요로 하는 데이터를 추출, 공급할 수 있다.

5. 결론

가공 특징형상과 가공방식이 대상품과 설비의존

적이어서 일반화가 어렵고, 따라서 모든 경우에 적용할 수 있는 소프트웨어 개발이 불가능해, 특징형상의 인식과 공정설계의 일반적인 자동화와 실용화에 어려움이 있다. 인식대상 특징형상의 범위를 각주형 부품상의 21개 기본 특징형상으로 제한하여, 기계발된 금형가공용 공정설계, 작업설계에 설계정보를 제공하는 실용적인 기능개발을 연구하였다.

차세대 모델러의 표준이 될 것으로 예견되는 ACIS의 데이터 구조를 대상으로 하는 형상인식 및 파라미터 도출 알고리즘을 개발하여 C++언어로 코딩하였고, 인식된 특징형상들이 계층구조로 정리되어 가공의 우선순위를 내재하도록 하여 가공준비 정보처리에 편리하게 하였을 뿐아니라, 화면상 디스플레이를 통하여 특징형상의 검토 및 편집도 가능케 하였다.

기본 특징형상만을 대상으로 개발되어진 알고리즘은, 평면상에서 교차하는 형상들을 구분 인식하는 기능을 보완하고, 형상특징의 패턴을 다양화하면, 주로 단순 디프레션 형상으로 이루어진 각주형 가공물인 사출금형부품들 뿐만 아니라 다양한 유형의 작업물상의 가공특징형상의 인식에도 적용할 수

있을 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 과기처 특정연구개발과제 "CIM기술 개발"의 일환으로 추진된 것으로 연구비를 지원한 과학기술처와 KIST 산업협업체 GMP의 여러 회원사에 감사의 뜻을 포함합니다.

참고문헌

- (1) Requicha, A. A. G., 1980, "Representatation of Rigid Solids: Theory, Methods, and Systems," ACM Computing Surveys, Vol. 12.
- (2) Woo, T. C., 1982, "Feature Extraction by Volume Decomposition," Proc. Conf. CAD/CAM Technology in Mechanical Engineering, Cambridge, Mass.
- (3) Ferreira, J. C. E. and Hinduja, S., 1990, "Convex Hull based Feature Recognition method for 2.5D Components," Computer Aided Design, Vol. 22, No. 1.
- (4) Kim, Y. S., 1991, "Form Feature Recognition by Convex Decomposition," ASME Computers in Engineering Conference, Santa Clara.
- (5) Choi, B. K., Barash, M. M. and Anderson, D. C., 1984, "Automatic Recognition of Machined Surfaces from a 3D Solid Model," Computer Aided Design, Vol. 16, No. 2.
- (6) Henderson, M. R., 1984, "Extraction of Feature Information from Three Dimensional CAD Data," Ph. D thesis, Purdue University, West Lafayette, Ind.
- (7) Joshi, S. and Chang, T. C., 1988, "Graph-Based Heuristics for Recognition of Machined features from a 3D Solid Model," Computer Aided Design, Vol. 20, No. 2.
- (8) van Houten, F. J. A. M., 1990, "PART: A Computer Aided Process Planning System," Ph. D thesis, Twente University, Enchede, Holland.
- (9) Kyo Il Lee, Jin Whan Lee and Jang Moo Lee, 1989, "Pattern Recognition and Process Planning Prismatic Workpieces by knowledge based Approach," Annals of the CIRP, Vol. 38, No. 1.
- (10) 오수철, 1991, "CAD/CAPP 인터페이스를 위한 형상특징의 자동인식 및 추출," 부산대학교 박사학위 논문.
- (11) 노형민, 이진환, 1991, "사출금형 가공장동화를 위한 공정설계 시스템개발에 관한 연구," 과학기술처 연구보고서, UCN762(4)-4283-2.
- (12) 박면웅, 조장하, 1991, "설계와 가공의 인터페이스 기술 개발," 과학기술처 연구보고서, UCN762(5)-4296~2.
- (13) "ACIS Interface Guide," 1992, Spatial Technology Inc.
- (14) CAM-I, 1989, "Functional Requirements for A Feature Based Modeling System," CAM-I R-89-GM-01, Arlington.
- (15) Shah, J. J., 1990, "Philosophical Development of Form Feature Concept," in Proceedings of the CAM-I Features Symposium, P-90-PM-02.
- (16) 고희동, 강호진, 1992, "특징형상정의 및 Editing을 위한 모델러 개발," 과학기술처 연구보고서, UCN878-4636-2.
- (17) Stroustrup, B., 1986, "The C++ Programming Language," Addison Wesley.
- (18) Esakov, J. and Weiss, T., 1989, "DATA STRUCTURE: An Advanced Approach Using C," Printice-Hall.
- (19) Mantyla, M., 1986, "An Introduction to Solid Modeling," Computer Science Press.
- (20) Chiyokura, H., 1988, "Solid Modeling with DESIGNBASE," Addison Wesley.