

(論 文)

CAD/CAPP 인터페이스를 위한 형상특징의 자동인식시스템 개발

오수철* · 조규갑**

(1991년 7월 8일 접수)

Development of Automatic Feature Recognition System for CAD/CAPP Interface

Soo-Cheol Oh and Kyu-Kab Cho

Key Words : CAPP(자동공정계획), Feature(형상특징), Through Slot(관통슬롯), Blind Slot(막힌슬롯), Through Step(관통스텝), Blind Step(막힌스텝), Pocket(포켓), Pattern(패턴)

Abstract

This paper presents an automatic feature recognition system for recognizing and extracting feature information needed for the process planning input from a 3D CAD system. A given part is modeled by using the AutoCAD and feature information is automatically extracted from the AutoCAD database. The type of parts considered in this study is prismatic parts composed of faces perpendicular to the *X*, *Y*, *Z* axes and the types of features recognized by the proposed system are through steps, blind steps, through slots, blind slots, and pockets. Features are recognized by using the concept of convex points and concave points. Case studies are implemented to evaluate feasibilities of the function of the proposed system. The developed system is programmed by using Turbo Pascal on the IBM PC/AT on which the AutoCAD and the proposed system are implemented.

1. 서 론

생산자동화의 목표를 달성하기 위해서는 CAD와 CAM을 완전히 통합된 시스템으로 구축해야 하며 자동공정계획(computer aided process planning; CAPP)은 CAD와 CAM을 연결하여 컴퓨터통합생산시스템(computer integrated manufacturing system: CIMS)의 구축에 핵심적인 역할을 한다⁽¹⁾. CAPP 시스템의 개발에 관한 기본적인 접근방법은

변성형, 창성형 및 자동형 공정계획의 3가지가 있으나^(1~3), 이 중에서 자동형공정계획은 CAD데이터로부터 직접 완전한 공정계획을 생성할 수 있는 방법을 의미한다. 자동형공정계획에서는 CAD데이터를 CAPP 시스템에 자동적으로 입력하는 3가지 주요한 접근방법이 있다^(2,3). 첫번째 방법은 일반적인 CAD 모델을 사용하여 모델로부터 형상특징을 인식하기 위한 인터페이스를 개발하는 것이고, 두번째 방법은 특별히 고안된 CAD 모델에서 형상특징을 직접 사용하여 부품을 설계하는 것이며, 세번째는 이 두가지 방법을 조합한 하이브리드 방법이다.

*정회원, 부산공업대학 산업공학과

**정회원, 부산대학교 산업공학과

CAD 시스템으로부터 자동적으로 형상특징을 인식하는 연구로서는, 먼저 2차원 CAD 데이터베이스에서 직접 부품의 구성내용을 발췌하는 연구^(4,5)가 있으며 이와 같은 2차원적인 방법들은 회전형상부품만을 대상으로 하므로 매우 제한적이다. 3차원 CAD 데이터베이스에서 부품의 구성내용을 발췌할 목적으로는 체적분해 방법, CSG(constructive solid geometry)패턴을 탐색하는 방법 및 면의 집합을 탐색하는 방법 등의 접근법^(2,6,7)이 있는데 지금까지 가장 활발히 시도되고 있는 면의 집합을 탐색하는 방법은 형상특징의 패턴에 대응하는 면의 집합을 탐색하므로써 형상특징을 인식한다^(7,8,9-13). 또한 이들 대부분의 연구에서는 CAD 시스템 내의 부품의 표현을 위한 방법으로써 CSG 방식보다 BREP(boundary representation) 방식을 사용하고 있다. 이들 형상특징의 인식에 대한 연구를 대상이 되는 부품의 형상에 따라 구분하면 회전형상부품과 비회전형상부품의 두가지로 대별할 수 있다. 회전형상부품을 대상으로 하는 연구에서는 부품의 내용을 제공해 주는 CAD 시스템으로서 AutoCAD⁽⁴⁾, CADAM⁽⁵⁾ 등을 사용하고 있다. 비회전형상부품을 대상으로 하는 연구에서 사용하는 CAD 시스템은 ROMULUS⁽⁹⁾, PADL-I⁽¹⁰⁾, G.P.M.⁽¹¹⁾ 등이 있으며 아직까지 퍼스널컴퓨터상에서 사용할 수 있는 CAD 시스템을 적용하고 있는 연구는 미진한 실정이다.

본 연구의 목적은 CAD 시스템의 데이터구조로부터 부품의 특성을 추출하여 CAPP 시스템의 입력으로 사용되는 형상특징을 자동적으로 인식하고 형상특징의 관련정보를 생성하는 형상특징인식시스템을 개발하는데 있다. X, Y, Z 축에 수직인 평면들로 구성되는 비회전형상부품을 대상으로 하여, 주로 밀링작업과 연관이 있는 관통슬롯, 막힌슬롯, 관통스텝, 막힌스텝, 포켓의 5가지 형상특징을 자동적으로 인식하는데 특히 X, Y, Z축에 수직인 평면들로 구성되고 내부에 볼록 부위가 없는 형상특징을 대상으로 한다. CAD시스템은 AutoCAD를 사용하여 퍼스널 컴퓨터에서 시스템을 개발한다.

2. 부품의 표현 및 형상특징인식시스템의 구성

대상부품의 형상모델링을 위하여 퍼스널 컴퓨터에서 활용되고 있는 AutoCAD를 사용하고, 부품의 내부적인 CAD 표현구조를 얻는다. 부품의 표현을

위하여 서피스 모델링을 이용하고, AutoCAD의 서피스 모델링에서 사용할 수 있는 돌출(extrusion), 3D면(face) 및 3D 다각형 메쉬(polygon mesh)의 3가지 중요한 표면형태 중에서 3D 면을 이용하여 대상부품을 표현한다. 하나의 3D 면은 3개 또는 4개의 정점(corner point)들로 정의되며 각각의 점은 3차원 좌표로 표현되고 3D면을 만들기 위하여 사용하는 명령어는 "3DFACE"이다.

본 연구에서 대상으로 하는 비회전형상부품은 AutoCAD 시스템상에서 "3DFACE" 명령어만을 사용하여 모델링하고 여기서 생성된 부품의 3차원 모델은 DXF(drawing interchange) 파일의 형태로 제공된다. 형상특징인식시스템은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 선행처리단계와 주처리단계의 두 부분으로 구성되어 있고, 선행처리 단계는 AutoCAD 시

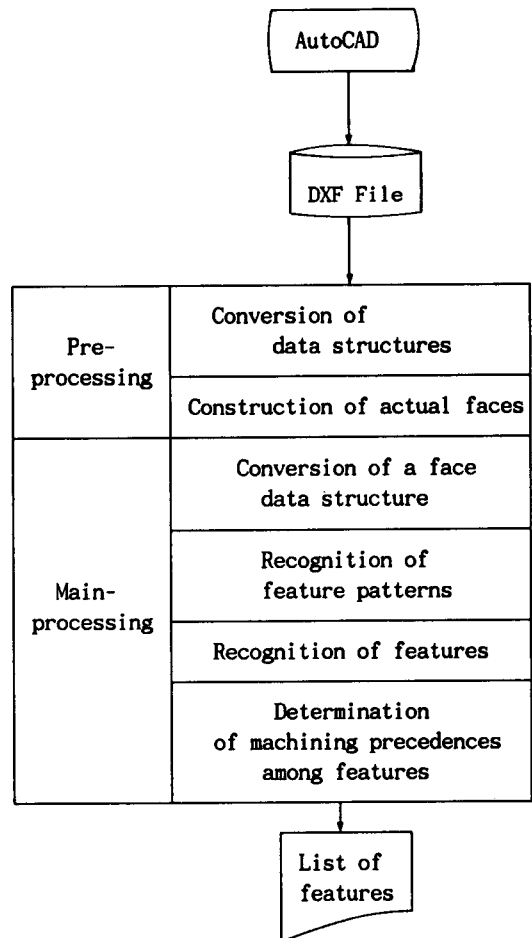


Fig. 1 Structure of the proposed system

스텝과 주처리 단계를 연결하는 다음의 기능을 수행한다.

(1) 데이터구조의 변환

DXF 파일을 읽어서 모델을 형성하는 3개 또는 4개의 점의 좌표로만 구성되어 있는 3DFACE를 점과 선의 집합으로 변환하고 점과 선의 연관관계를 만들어 준다.

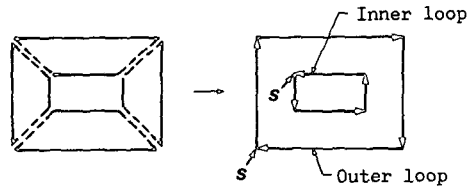
(2) 실질적인 면의 형성

동일한 평면상에 존재하는 3DFACE들을 결합하여 실질적인 면을 형성하고 면을 루프(loop)의 형태로 구성하는데 하나의 면은 단일루프 또는 복수개의 루프를 가지게 된다. Fig. 2는 4개의 3DFACE로부터 복수개의 루프를 갖는 하나의 실제면이 생성됨을 보여주고 있다.

측 수직선의 하단점, 내부루프는 최좌측 수직선의 상단점에 부여한다.

(2) 선의 패턴의 결정

선의 패턴을 결정하기 위하여 우선 Fig. 3에 있는 R, L, D, U의 4가지의 패턴 프리미티브(pattern primitive)를 정의하는데 이들은 2개의 수직선과 2개의 수평선으로 구성되어 있고 방향에 따라 구분



Remark: s = start point

Fig. 2 Construction of faces

3. 형상특징 인식의 기법과 절차

3.1 면의 데이터 구조의 변환

(1) 루프의 형식 및 방향성의 결정

면을 구성하는 루프의 형식을 단일루프, 내부루프, 외부루프로 크게 구분하고, 각각의 루프는 다시 사각형, 비사각형의 2가지로 세분한다. Fig. 2와 같이 하나의 면을 구성하는 루프가 복수개인 경우에 면의 가장 바깥쪽에 있는 루프를 외부루프라고 하고 나머지 루프를 내부루프라 한다. 면을 구성하는 루프가 단일루프 또는 외부루프이면 시계방향, 내부루프이면 반시계방향을 부여하고 주어진 방향에 따라 면을 구성하는 선들을 순차적으로 연결한다. 루프의 시작점은 단일루프와 외부루프는 최좌

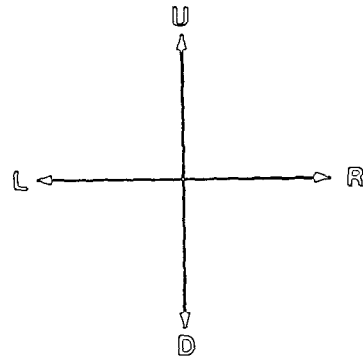


Fig. 3 Pattern primitives of lines

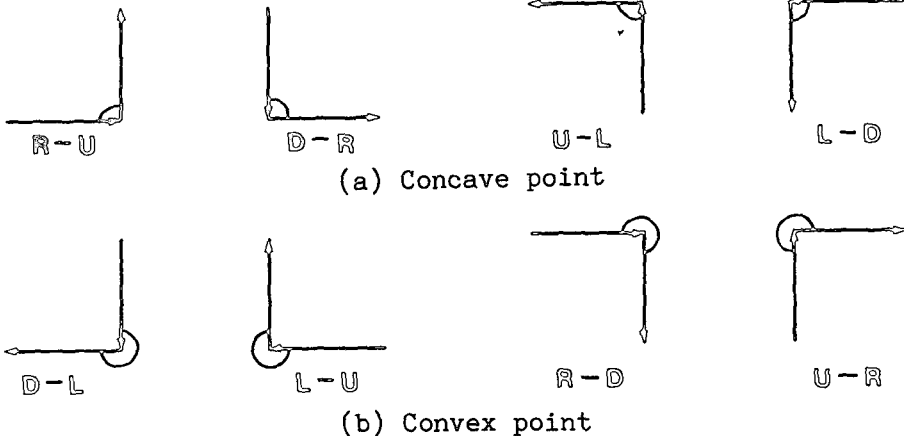


Fig. 4 Point patterns

된다. 수직선, 수평선의 여부와 시작점과 끝점의 좌표를 이용하여 면의 루프를 구성하는 각각의 선이 어떠한 패턴 프리미티브에 속하는지 결정한다.

(3) 점의 패턴의 결정

점의 패턴 프리미티브는 2개의 선이 만나서 이루는 각도가 180도 보다 적으면 오목점(concave point), 180도 보다 크면 볼록점(convex point)의 2가지로 정의한다. 두개의 선의 패턴 프리미티브의 조합형태에 따라서 점의 패턴을 결정할 수 있으며 Fig. 4(a), 4(b)와 같이 오목점 및 볼록점은 각각 4개의 조합 형태를 가지며 오목점은 "0", 볼록점은 "1"을 사용하여 나타낸다. 따라서 면을 구성하는 루프는 "0"과 "1"의 일련의 점들의 패턴스트링(pattern string)으로 표현할 수 있다.

3.2 형상특징패턴의 인식

형상특징패턴을 스텝 패턴, 슬롯 패턴, 스텝/슬

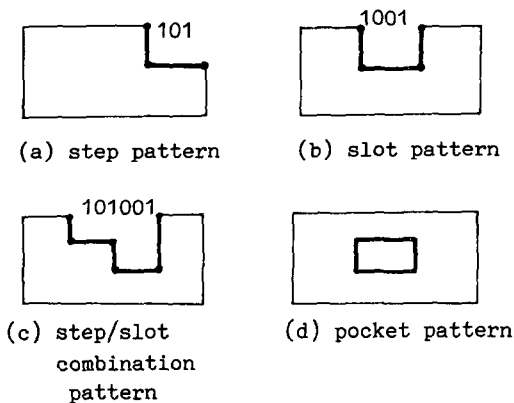


Fig. 5 Feature pattern

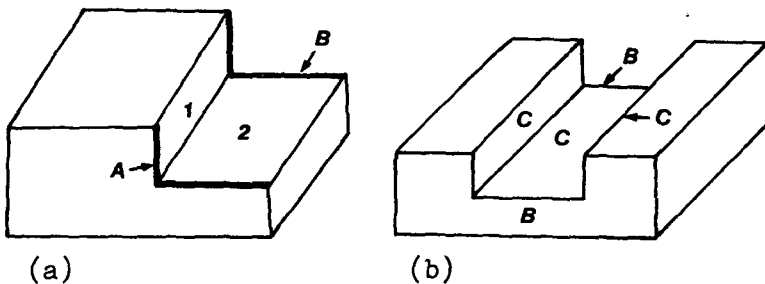
롯 조합패턴 및 포켓 패턴의 4가지로 구분하며 각각의 도식적 표현은 Fig. 5에 주어져 있다. 점들의 결합패턴 "101"을 스텝 패턴, "1001"을 슬롯패턴이라 하며, "101"과 "1001"의 두 종류의 패턴이 여러 개 상호인접하여 연속적으로 배열되어 있는 경우에는 상호인접된 패턴을 묶어서 스텝/슬롯 조합패턴이라 명명한다. 내부루프는 그 자체가 포켓 형상이 존재함을 나타내고 있으므로 포켓 패턴으로 정의한다.

형상특징패턴의 인식은 먼저 주어진 면을 구성하는 점들의 스트링에서 패턴 "110"과 "011"을 찾아 이 두가지 패턴의 사이에 존재하는 점들의 패턴을 추출하고, 추출된 패턴스트링이 "101"이면 스텝 패턴, "1001"이면 슬롯 패턴, 패턴 스트링이 "101", "1001" 둘다 아니면 스텝/슬롯 조합패턴이 된다. 포켓 패턴은 내부루프 자체에 의해 패턴인식이 된다⁽¹⁴⁾.

형상특징패턴을 형성하고 있는 면을 형상특징패턴의 구성면(component face)이라 명명하고, 주어진 형상특징패턴에 대해서 그 구성면중의 하나를 공유하고 있는 다른 형상특징패턴을 주어진 패턴의 상대패턴이라 명명한다. 예를 들어서 Fig. 6(a)에서 스텝 패턴 A가 주어질 때 패턴 A의 구성면 1, 2중의 하나와 패턴 B의 구성면 1, 2중의 하나가 일치하므로 스텝 패턴 B는 스텝 패턴 A에 대한 상대패턴이 된다.

3.3 형상특징의 인식

형상특징은 형상특징패턴이 존재하는 기준면



Remark :
A, B= Feature pattern
1, 2= Component face

Remark : B= Base face
C= Component face

Fig. 6 Corresponding pattern(a) and Composition of feature(b)

(base face)과 형상특징을 형성하고 있는 구성면들로 이루어지며 예컨대 관통슬롯의 기본적인 구성은 Fig. 6(b)와 같다. 주어진 형상특징패턴과 그 상대패턴을 이용하여 관통스텝, 막힌스텝, 관통슬롯, 막힌슬롯, 포켓의 5가지의 형상특징을 인식하는데 기준으로 하는 패턴이 존재하지 않는 경우의 형상특징의 인식은 해결되지 않는다.

형상특징들간의 인식의 순서는 형상특징패턴과 형상특징의 상호관계를 파악하고 형상특징간의 연관성을 고려하여 (1) 포켓 패턴에서 형상특징의 인식 (2) 슬롯 패턴에서 형상특징의 인식 (3) 스텝 패턴에서 형상특징의 인식 (4) 스텝/슬롯 조합패턴에서 형상특징의 인식의 순으로 한다.

(1) 포켓 패턴에서 형상특징의 인식

포켓 형상은 먼저 내부루프를 갖는 면을 찾고, 내부루프의 형태를 사각형과 비사각형의 두 가지로 구분하여 형상특징을 인식한다. 포켓형상의 밀면에는 다른 포켓 형상이 존재할 수 있고 옆면에도 다른 포켓 형상, 막힌슬롯 형상이 존재할 수 있다. 포켓 형상의 내부에 존재하는 이러한 형상들도 이와 동일한 원리에 따라 인식한다.

내부루프가 사각형이면 순수한 포켓 형상이 되고, 이 예가 Fig. 7(a)에 주어져 있다. 내부루프가 비사각형인 경우는 다시 순수한 포켓 형상과 하부형상을 갖는 포켓 형상으로 구분하며, 이때는 내부루프를 형성하는 구성면들을 찾아내고, 구성면들의 집합을 F_A 라 할 때 집합 F_A 를 인접면으로 하는 다른 하나의 면이 존재하는지 판별한다. 면이 존재하는 경우는 순수한 포켓 형상이 되며 그 예가 Fig. 7(b)에 주어져 있다. 면이 존재하지 않는 경우는 막힌슬롯 형상을 갖는 포켓 형상이 되는데(Fig. 7(c)참조), 포켓 형상과 막힌슬롯 형상을 각각 인식하고 추출하는 방법이 필요하다. 우선 내부루프의 구성면들의 집합을 F_A 라 하고 내부루프의 구성면 중에서 두번 이상 반복되는 면을 $B(B=1, 2, \dots, n)$ 라 하며 B 의 집합을 F_B 라 한다. $F_A - F_B = D$ 라 하고 면 B 에 존재하는 형상특징패턴의 구성면의 집합을 P_B 라 한다. Fig. 7(c)의 경우에 $F_A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$, $F_B = \{3\}$, $B = 3$, $P_B = \{2, 8, 7\}$, $D = F_A - F_B = \{1, 2, 4, 5, 6, 7\}$ 이다.

(가) 포켓 형상의 추출

다음의 두 개의 조건을 만족하면 포켓 형상이 된다.

- (a) 내부루프의 구성면이 아니면서 $F_C - F_A = \emptyset$

인 면을 선택하여 C 라 한다. 여기서 F_C 는 C 의 인접면들의 집합을 나타낸다.

- (b) B 의 모든 값에 대해서 $\{C\} \cap P_B = \emptyset$

예컨대 Fig. 7(c)에서 $C=9$ 일 때 $F_C = \{3, 4, 5, 6\}$ 이 되고 $F_C - F_A = \{3, 4, 5, 6\} - \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\} = \emptyset$ 이고 $\{C\} \cap P_B = \{9\} \cap \{2, 8, 7\} = \emptyset$ 이므로 포켓 형상이 존재한다.

(나) 막힌슬롯 형상의 추출

다음 조건을 만족하면 막힌슬롯 형상이 된다.

- (a) $(K \in F_A \text{ and } K \in P_B)$ 의 조건을 만족하는 면 K 를 찾고 K 의 인접면의 집합을 F_K 라 할 때 $D \cap F_K \neq \emptyset$

예를 들어서 Fig. 7(c)의 경우에 $K=8$ 이고 $F_K = \{1, 2, 3, 7\}$ 이다. 이때 $D \cap F_K = \{1, 2, 4, 5, 6, 7\} \cap \{1, 2, 3, 7\} = \{1, 2, 7\} \neq \emptyset$ 이므로 막힌슬롯 형상이 존재한다.

(2) 슬롯 패턴에서 형상특징의 인식

주어진 슬롯 패턴을 기준패턴이라 명명하며 기준패턴을 이용하여 막힌슬롯 또는 관통슬롯 형상을 인식한다. 슬롯 패턴의 상대패턴은 스텝, 슬롯 및 스텝/슬롯 조합패턴을 대상으로 하고 형상특징은 4가지 경우로 구분하여 인식한다.

(가) 상대패턴이 없는 경우

기준패턴의 밀면 및 하나의 옆면과 교점을 갖는 면이 존재할 때는 막힌슬롯이 되고 그렇지 않을 때는 관통슬롯이 된다. 예를 들어서 Fig. 8(a)는 기준패턴의 밀면 및 하나의 옆면과 교점을 갖는 면이 존재하지 않으므로 관통슬롯이며 Fig. 9(a)는 교점

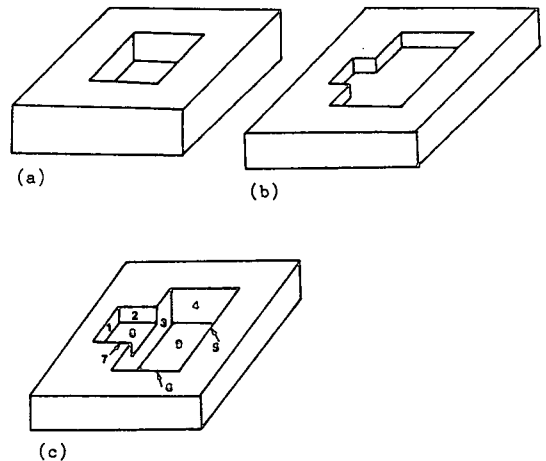


Fig. 7 Different types of pocket

을 갖는 면이 존재하므로 막힌슬롯이다.

(나) 상대패턴이 하나의 스텝인 경우

이 경우는 관통슬롯이 되는데, Fig. 8(b)의 예를 보면 기준패턴은 슬롯 패턴이고 다른 하나는 이의 상대패턴으로서 스텝 패턴이며 이 형상은 관통슬롯이다.

(다) 상대패턴이 2개의 스텝인 경우

기준패턴의 구성면의 집합을 F_A , 상대패턴 중에서 첫번째 스텝의 구성면의 집합을 F_B , 두번째 스텝

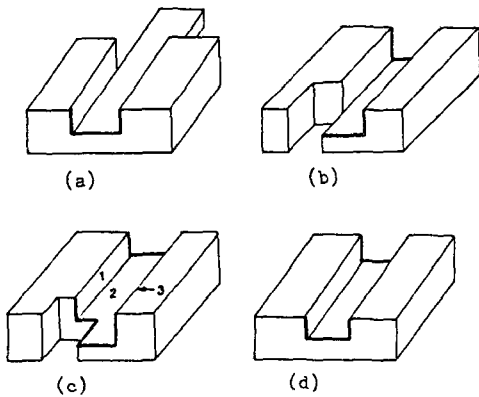


Fig. 8 Different types of through slot

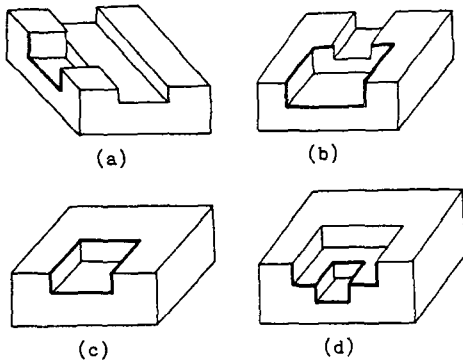


Fig. 9 Different types of blind slot

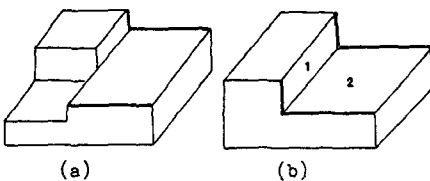


Fig. 10 Different types of through step

패턴의 구성면의 집합을 F_C 라 하고 $F_D = F_B \cap F_C$ 라 한다. 이때 $F_A \cap F_D \neq \emptyset$ 이면 관통슬롯이 되고 $F_A \cap F_D = \emptyset$ 이면 막힌슬롯이 된다. 예를 들어서 Fig. 8(c)의 경우에 $F_A = \{1, 2, 3\}$, $F_B = \{1, 2\}$, $F_C = \{2, 3\}$, $F_D = F_B \cap F_C = \{2\}$ 이고 $F_A \cap F_D = \{1, 2, 3\} \cap \{2\} = \{2\} \neq \emptyset$ 이므로 관통슬롯이 되며 Fig. 9(b)의 경우는 막힌슬롯이 된다.

(라) 상대패턴이 하나의 슬롯 또는 하나의 스텝/슬롯 조합인 경우

기준패턴의 밑면이 상대패턴의 구성면에 포함될 때는 관통슬롯이 되고 예는 Fig. 8(d)에 주어져 있다. 기준패턴의 밑면이 상대패턴의 구성면에 포함되지 않을 때는 막힌슬롯이 되고 예를 들면 Fig. 9(c), Fig. 9(d)가 이에 해당된다.

(3) 스텝 패턴에서 형상특징의 인식

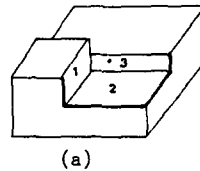
주어진 스텝 패턴을 기준패턴이라 명명하며 기준패턴을 이용하여 막힌스텝 또는 관통스텝 형상을 인식한다. 스텝 패턴의 상대패턴은 스텝 패턴 및 스텝/슬롯 조합패턴을 대상으로 하고 형상특징은 3가지 경우로 구분하여 인식한다.

(가) 상대패턴이 없는 경우

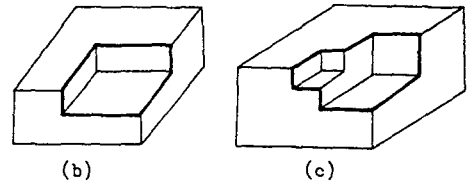
관통 스텝이 되고 예는 Fig. 10(a)에 주어져 있다.

(나) 상대패턴이 하나의 스텝 또는 하나의 스텝/슬롯 조합인 경우

기준패턴의 구성면의 집합을 F_A , 상대패턴의 구성면의 집합을 F_B 라 할 때 $F_A - F_B = \emptyset$ 이면 관통스텝이 되고 $F_A - F_B \neq \emptyset$ 이면 막힌스텝이 된다. 예를 들어서 Fig. 10(b)의 경우는 $F_A = \{1, 2\}$, $F_B = \{1, 2\}$ 이고 $F_A - F_B = \emptyset$ 이므로 관통스텝이 된다. Fig. 11



(a)



(b)

(c)

Fig. 11 Different types of blind step

(a)의 경우는 $F_A = \{1, 2\}$, $F_B = \{2, 3\}$ 이고 $F_A - F_B = \{1, 2\} - \{2, 3\} = \{1\} \neq \emptyset$ 이므로 막힌스텝이 된다.

(다) 상대패턴이 2개인 경우

막힌스텝이 되며 상대패턴이 2개의 스텝인 경우와 2개의 스텝/슬롯 조합인 경우로 나누어 진다. 전자의 경우의 예는 Fig. 11(b)에 주어지고 후자의 경우의 예는 Fig. 11(c)에 주어지고 있다.

(4) 스텝/슬롯 조합패턴에서 형상특징의 인식

주어진 스텝/슬롯 조합패턴을 기준패턴이라 명명하며 상대패턴은 스텝/슬롯 조합패턴을 대상으로 한다. 기준패턴을 이용하여 추출할 수 있는 형상은 관통스텝과 관통슬롯이며 조합패턴의 내부에 "1001" 패턴은 한번만 나타나는 경우만을 취급한다. 인식의 과정은 크게 두 단계로 이루어진다.

(가) 관통슬롯 형상의 인식

스텝/슬롯 조합패턴에서 "1001"을 추출하여 관통슬롯 형상을 인식하고 "1001"을 제거하는데 세부절차는 다음과 같은 두 단계로 이루어지며 패턴 "1001"이 존재하지 않을 때까지 이 과정을 반복한다.

(a) 슬롯 패턴 "1001"을 추출하고 패턴을 구성하는 점들을 왼쪽으로부터 각각 P_1, P_2, P_3, P_4 라 한다.

(b) P_1 과 P_4 의 좌표값을 비교하여 관통슬롯 형상을 인식하고 슬롯 패턴을 제거하고 변환하며 상세한 방법은 다음과 같은 세가지 경우에 따라 달라진다.

○ 두 점의 Y 좌표값이 같을 경우 ($P_{1y} = P_{4y}$)

패턴 "1001"의 양쪽에 "0"이 있을 때는 "1001"을 제거하며 그 이외에는 "100"을 제거한다(Fig. 12(a) 참조).

○ 오른쪽 점의 Y 좌표값이 클 경우 ($P_{1y} < P_{4y}$)

패턴 "1001" 중에서 "100"을 제거하고 새로운 오목점("0") P를 생성하여 X와 Y의 좌표를 각각 $P_x = P_{4x}$, $P_y = P_{1y}$ 로 둔다(Fig. 12(b) 참조).

○ 왼쪽 점의 Y 좌표값이 클 경우 ($P_{1y} > P_{4y}$)

패턴 "1001" 중에서 "001"을 제거하고 새로운 오목점("0") P를 생성하여 X와 Y의 좌표를 각각 $P_x = P_{1x}$, $P_y = P_{4y}$ 로 둔다(Fig. 12(c) 참조).

(나) 관통스텝 형상의 인식

관통스텝 형상의 인식은 스텝/슬롯 조합패턴에서 관통슬롯 형상과 관통스텝 형상이 동시에 존재하여 관통슬롯 형상을 모두 인식하고 남아있는 패턴에서

형상을 인식하는 경우와 스텝/슬롯 조합패턴에 "101" 패턴들만 존재하는 상태에서 형상을 인식하는 경우가 있다. 전자의 경우는 Fig. 13(a)에 예가 주어지고 있으며 관통스텝 형상을 인식하고 난 후 정지한다. 후자의 경우는 Fig. 13(b)에 예가 주어지고 있으며 스텝/슬롯 조합패턴에서 "101"을 추출하여 관통스텝 형상을 인식하고 "101"을 "1"로 치환하는데 패턴 "101"이 존재하지 않을 때까지 이 과정을 반복한다.

4. 사례연구 및 고찰

본 연구에서 개발된 형상특징인식시스템은 Turbo Pascal 언어를 사용하여 프로그래밍하였고 AutoCAD 시스템과 개발된 형상특징인식시스템은

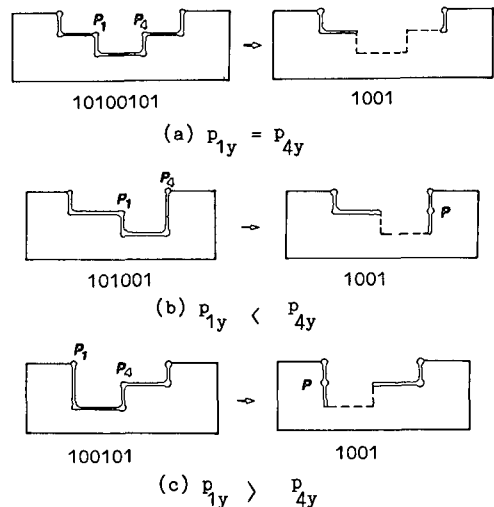
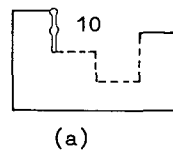


Fig. 12 Recognition of slots from step/slot combination pattern



(a)

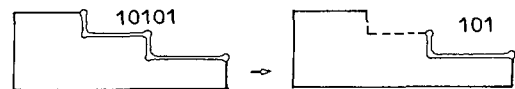


Fig. 13 Recognition of steps from step/slot combination pattern

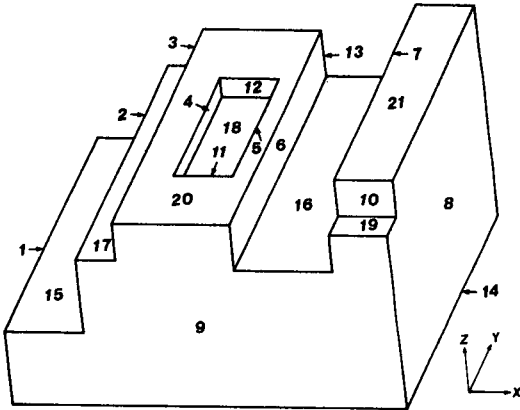


Fig. 14 Example part

*** Feature list ***

```

feature no : 1
base pattern : pocket
feature type : pocket
base face : 20
component face : 4 5 11 12 18
another base face : 0
parent feature no : 0
child feature no : 0
feature no : 2
base pattern : slot
feature type : through slot
base face : 9
component face : 6 16 7
another base face : 13
parent feature no : 0
child feature no : 3
feature no : 3
base pattern : step
feature type : through step
base face : 7
component face : 19 10
another base face : 8
parent feature no : 2
child feature no : 0
feature no : 4
base pattern : step/slot
feature type : through step
base face : 9
component face : 15 2
another base face : 13
parent feature no : 5
child feature no : 0
feature no : 5
base pattern : step/slot
feature type : through step
base face : 9
component face : 17 3
another base face : 13
parent feature no : 0
child feature no : 4

```

Fig. 15 Output for example part

IBM PC/AT 상에서 실행이 된다. 개발된 시스템을 여러개의 다양한 부품을 사용하여 평가하였으며 AutoCAD 시스템을 이용하여 모델링한 하나의 부품이 Fig. 14에, 이 부품을 형상특징인식시스템에 입력한 결과가 Fig. 15에 주어져 있다. Fig. 14의 부품은 36개의 점, 54개의 선 및 21개의 면으로 이루어져 있고 부품에 존재하는 형상특징은 포켓, 관통슬롯 및 3개의 관통스텝이며 이들은 내부로부터 1개의 포켓 형상, 슬롯 패턴에서 1개의 관통슬롯 형상, 스텝 패턴에서 1개의 관통스텝 형상 및 스텝/슬롯 조합패턴에서의 2개의 관통스텝 형상이 추출된다.

개발된 시스템의 출력은 주어진 부품에 포함되어 있는 형상특징들의 목록이 되고, Fig. 14의 부품의 모델을 시스템에 입력시킨 결과인 Fig. 15의 형상특징 목록에서는 부품에 존재하는 형상특징들에 대한 내용을 보여주고 있으며 각각의 형상특징에 대해서 형상특징의 번호, 기준패턴의 종류, 형상특징의 종류, 기준패턴이 존재하는 기준면, 형상특징의 구성면, 상대패턴이 존재하는 면 등의 정보를 제시하여 준다. 형상특징목록의 첫번째 형상특징은 기준패턴은 포켓이고 형상은 포켓이며 기준면 번호는 20, 구성면은 4, 5, 11, 12, 18로 되어 있고 상대기준면은 없다. 두번째 형상특징의 기준패턴은 슬롯이고 형상은 관통슬롯이며 기준면은 9, 구성면은 6, 16, 7로 되어 있고 상대기준면은 13이다. 나머지 3개의 형상특징의 내용도 이와 같은 식으로 형상특징목록에서 파악할 수가 있다.

개발된 시스템에서 취급하는 부품과 인식의 대상이 되는 형상특징은 다음과 같은 한계성을 갖는다.

(1) X, Y, Z축에 수직인 평면으로 구성된 비회전형상 부품들만 취급한다.

(2) 형상특징의 인식대상은 오목형상만 취급하며 평면으로 이루어진 형상특징만을 취급한다.

(3) 기준패턴에 따라서 인식되는 형상특징이 한정되는데 즉, 어떤 기준패턴이 주어지면 그 패턴에 관련된 형상특징만 인식이 가능하다. 예컨대 스텝 패턴만 존재하는 부품내의 관통슬롯 형상의 인식은 곤란하다. 또한 각각의 기준패턴의 상대패턴은 2개로 한정한다.

(4) autoCAD상에서 3차원 데이터가 제공되지 않는 구멍형상의 인식문제는 취급하지 않는다.

개발된 시스템은 아직 완전한 정보를 제공하지는 못하므로 CAD 데이터를 직접 이용하는 영역을 확

대하여 나가는 연구 개발이 수행되어야 할 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 공정계획을 완전히 자동화하기 위하여, CAD 데이터를 직접 사용하여 공정계획의 수립에 필요한 형상특징의 정보를 추출하는 형상특징인식시스템을 개발하는데 목적을 두었으며 따라서 AutoCAD 시스템에 저장되어 있는 부품에 대한 데이터 구조로부터 사람이 개입하지 않고 자동적으로 공정계획에 필요한 정보를 추출한다. 高價의 CAD시스템에 비해서 상대적으로 충분한 정보를 제공하지는 못하지만 저렴하고 실용성을 갖춘 AutoCAD 시스템을 활용하기 위해서 기존의 연구와는 다른 개념 및 방법에 의해 형상특징인식시스템을 구성하였다. 개발된 시스템은 면을 구성하는 점의 좌표만 있으며 정보를 추출할 수 있으므로 현존하는 어떠한 CAD 시스템에든지 적용이 가능한 일반성을 갖고 있다.

본 연구에서는 대상부품, 인식할 수 있는 형상특징의 종류 등에서 한계성을 지니고 있으나 AutoCAD 시스템과 유사한 기능을 갖는 CAD 시스템에 적용할 수 있는 형상특징인식시스템을 개발하는데 주안점을 두었으며, 향후에는 다양한 종류의 부품과 형상특징들을 인식할 수 있는 연구가 시도되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- (1) Chang, T.C. and Wysk, R.A., 1985, An Introduction to Automated Process Planning Systems, Prentice-Hall, Inc.
- (2) Chang, T.C., 1990, Expert Process Planning for Manufacturing, Addison-Wesley Publishing Company.
- (3) Alting, L. and Zhang, H., 1989, "Computer Aided Process Planning : The State-of-the-art Survey", INT, J. PROD, RES., Vol.27, No. 4, pp. 553~585.
- (4) Wang, H.P., 1986, "Intelligent Reasoning for Process Planning", Ph.D. Thesis, Pennsylvania State University.
- (5) Li, R.K., 1988, "A Part-feature Recognition System for Rotational Parts", INT. J. PROD. RES., Vol.26, No. 9, pp. 1451~1475.
- (6) Requicha, A.A.G. and Vandenbrande, J., 1988, "Automated Systems for Process Planning and Part Programming", Artificial Intelligence implications for CIM, Ed. A. Kusiak, IFS Ltd. UK. pp. 301~326.
- (7) Joshi, S., 1987, "CAD Interface for Automated Process Planning", Ph.D. Thesis, Purdue University.
- (8) Henderson, M.R., 1984, "Extraction of Feature Information from Three Dimensional CAD Data", Ph.D Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- (9) 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, pp.81~85.
- (10) Wolfe, P.M. and Kung, H.K., 1984, "Automating Process Planning Using Artificial Intelligence", Annual International Industrial Engineering Conference Proceedings, pp. 387~391.
- (11) Erve, A.H. Van't, 1988, "Generative Computer Aided Process Planning for Part Manufacturing", Ph.D. Thesis, University of Twente.
- (12) Lee, K.I., Lee, J.W. and Lee, J.M., 1989, "Pattern Recognition and Process Planning Prismatic Workpieces by Knowledge Based Approach", Annals of the CIRP, Vol.38, No. 1, pp.485~488.
- (13) Henderson, M.R. and Chang, G.J., 1988, "FRAPP : Automated Feature Recognition and Process Planning from Solid Model Data", ASME Computer in Engineering Conf., Vol.1, pp. 529~536.
- (14) 오수철, 1991, "CAD/CAPP 인터페이스를 위한 형상특징의 자동인식 및 추출," 박사 학위논문, 부산대학교.
- (15) Mortenson, M.E., 1985, Geometric Modeling, John Wiley & Sons, Inc.
- (16) Shah, J.J. and Bhatnagar, A.S., 1989, "Group Technology Classification from Feature-based Geometric Models", ASME Manufacturing Review, Vol.2, No.3, pp.204~213.

- (17) Bhadra, A. and Fischer, G.W., 1988, "A New Graphical Dimensions", ASME Manufacturing GT Classification Approach : A Database with Review, No 1, pp.44~49.