

2차원도면으로 표현된 각주형 부품의 특징형상인식

박재민, 이충수, 노형민
한국과학기술연구원 기전연구부
박경진
한양대학교 기계설계학과

Abstract

Features are well recognized to play an important role for the integration of CAD and CAPP. Majority of previous works for the feature recognition for prismatic parts is based on 3D solid model. But in real factories, 2D drawings are used more than 3D drawings.

In this paper, we develop an algorithm of the feature recognition on prismatic parts in 2D drawings, using by the graph method and the heuristic algorithm. Previous algorithms have some conflicts at feature interaction. In this paper, elements are grouped into connection by the graph method. Then features are recognized by using these grouped elements and their relationships of front and side-view. For resolving the problem of feature interaction, the element graphs are modified by an developed algorithm. This algorithm is applied to a CAPP system for milling process planning.

Key words : CAPP(자동 공정설계), feature(특징형상), recognition(인식), graph method(그래프기법)

1. 서론

CAD/CAM 연구분야에서 CAD와 CAM은 각각 솔리드 모델러 및 수치제어 공작기계 등의 독자적인 개발로 많은 발전을 이룩하여 왔으나, CAD와 CAM의 중계역할을 하는 CAPP의 개발은 미진한 실정이다. 그 주요한 이유로는 CAD 데이터만으로는 가공에 관한 정보를 충분히 표현할 수 없기 때문이다. 이의 해결책으로 특징형상(Feature)이 제시되었다. 특징형상은 도면에 존재하는 가공부품의 모양 및 크기 등의 기하학적 데이터와 공차 및 정밀도 등의 가공 기술적 데이터를 포함함으로써, CAD 및 CAPP 시스템이 동일한 형태로 정보를 공유할 수 있도록 해준다.

이러한 특징형상을 도면으로부터 인식하기 위한 연구가 많이 이루어져 왔다. 3차원 CAD 데이터로 표현된 각주형 부품의 특징형상 인식에 관한 연구로는 AAG(Attributed Adjacency Graph)를 이용한 형상 인식^(1,2), Convex Decomposition을 이용한 형상 인식^(3,4), 3각법에 의한 투영을 응용한 형상인식⁽⁵⁾ 등이 있다. 현재까지의 형상인식 연구는 그 대상이 대부분 3차원 Solid 모델이었다. 이에 반해 가공 현장에서는 현재까지도 2차원으로 그려진 도면으로 대부

분의 작업이 이루어지고 있다.

3차원 Solid모델의 데이터는 면을 이루는 요소의 정보, 면의 특성, 면에 포함된 내부 루프 등, 입체의 기하학적 정보와 요소간의 위상정보로 구성되고, 2차원 Wire Frame모델의 데이터는 점, 선 등 간단한 기하학적 데이터로 구성된다. 따라서, 2차원 도면에 3차원의 형상인식 방법을 그대로 적용할 수가 없다. 이제까지의 2차원 CAD도면으로부터의 형상인식에 관한 연구^(6,7)는 경험적 알고리즘을 이용한 방법들로 단순한 특징형상 이외의 간섭된 형상들을 인식하기 힘들었다.

본 연구에서는 기존의 연구에 그래프 기법을 추가하여 간섭된 형상을 보다 쉽게 인식하였다. 2차원 도면의 평면도에 존재하는 요소들을 연결관계에 의해 그래프로 표현하면 형상을 이루는 요소들은 한 개 이상의 루프로 나타나게 된다. 이 루프와 평면도, 측면도 및 정면도의 정보를 비교하여 세부적인 형상을 결정한다. 간섭이 있는 경우에도 루프 수정 알고리즘에 의해 루프를 수정하여 용이하게 정의된 특징형상을 인식하였다.

2. 특징형상

형상인식의 대상이 되는 특징형상은 밀링 공정 모델 개발^(8,9)에서 정의된 특징형상으로 기본 특징형상과 복합 특징형상으로 분류하였다. 기본 특징형상은 Fig. 1의 (a)와 같이 함몰/돌출 여부, 개방/폐쇄 여부, 관통/비관통 여부, 공구 진입 모서리의 수, 모서리의 인접/비인접 여부에 따라 Pocket, Hole, Step, Slot, Island, Surface 등 6종류로 분류하였다. 이 기본 특징형상들은 Pocket 14개, Hole 12개, Step 10개, Slot 8개, Island 4개, Surface 2개 등 총 50개로 세분화하였다. 복합 특징형상은 기본 특징형상간의 위상관계로 표현하였으며, 위상관계는 Parent/Child형, Brother형, Parent/Child형과 Brother형의 혼합형의 3가지 형으로 분류하였다. Parent/Child형은 Fig. 1의 (b)와 같이 기본 특징형상이 상하로 결합된 형태이며, Brother형은 Fig. 1의 (c)와 같이 전후좌우로 결합된 형태이다. Parent/Child형과 Brother형의 혼합형은 Fig. 1의 (d)와 같이 Parent/Child형과 Brother형이 동시에 나타난 형태이다.

본 연구에서는 Fig. 1의 기본 특징형상과 Parent/Child형, Brother형, 혼합형으로 구성된 복합 특징형상을 대상으로 한다.

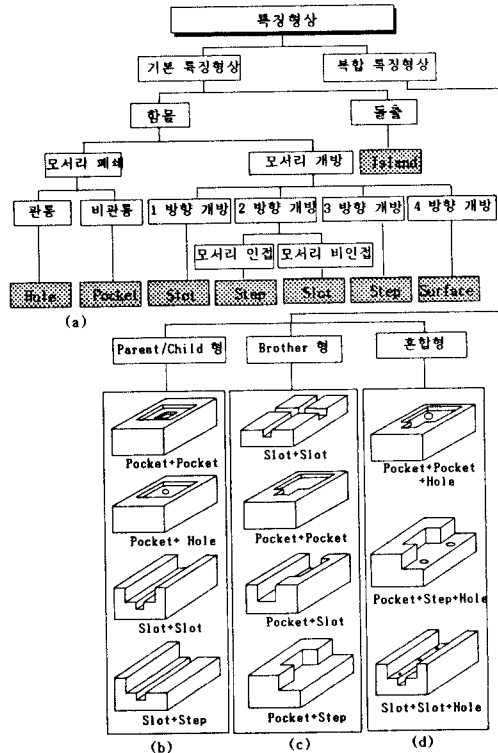


Fig. 1 특징형상의 분류

3. 형상인식 알고리즘

형상 인식에 앞서 도면에 존재하는 점, 직선, 원호 등 모든 요소들의 데이터 정렬이 필요하다. 이 데이터를 3각법의 각 부분 도면 별로 구분하여 정렬한다. 형상인식 알고리즘은 Fig. 2와 같다.

형상인식 알고리즘의 순서는 먼저 평면도의 요소 연결관계 그래프를 작성하고, 그래프에서 루프를 선택하고, 선택된 루프와 특징형상 매핑 기준정보를 비교하여 형상을 인식한다. 형상간의 간섭이 일어난 경우 형상간의 위상정보를 판별한다. 인식이 이루어지지 않은 루프가 있을 때에는 수정 알고리즘을 이용하여 루프를 수정한 후 형상을 인식한다. 인식이 이루어지지 않은 루프가 없을 때에는 알고리즘을 종료한다.

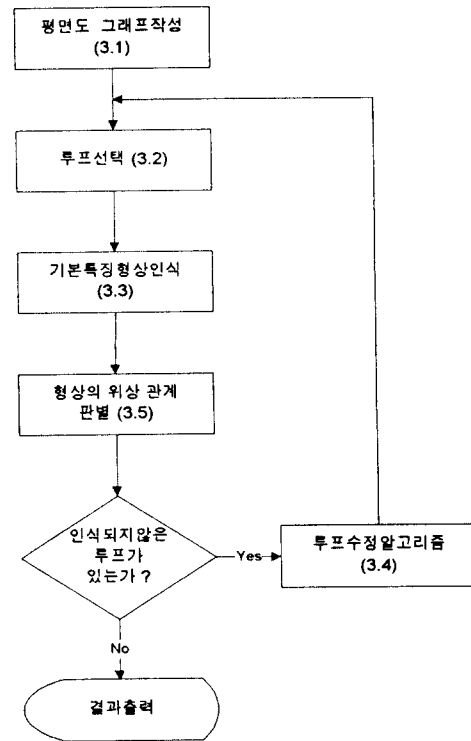


Fig. 2 형상인식 알고리즘

3.1 평면도 그래프 작성

요소 연결 관계 그래프는 평면도에 있는 요소를 노드(node)로 하고, 노드간의 연결 관계를 표현한 그래프이다. 끝점에서의 연결뿐만 아니라, 요소의 중간에서 일어나는 연결도 모두 표시한다. 이때 부품

형상의 최외곽을 이루는 요소들 간의 연결관계는 표시하지 않는다. 이는 그래프에서 의미 없는 루프를 줄여준다. 이러한 방법으로 그래프를 작성했을 때 하나 혹은 여러 개의 루프가 생성된다. 예를 들어 Fig. 3의 그래프는 Fig. 4와 같은 루프로 표현된다.

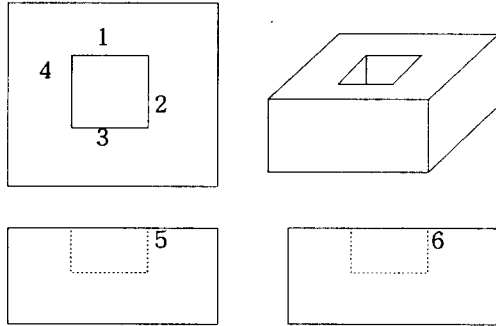


Fig. 3 기본 특징형상의 한 예(POCK3)

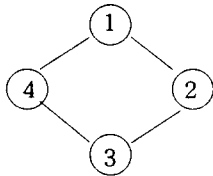


Fig. 4 Fig. 3의 평면도의 요소 연결 관계 그래프

3.2 루프선택

작성된 그래프에서 연결없이 단독으로 존재하는 요소와 고리형(cyclic)의 연결관계를 갖는 루프들을 선택한다. 사슬형의 연결관계를 갖는 요소들의 경우는 사슬의 양쪽 끝 요소가 부품 형상의 외곽요소인 경우 이외에는 형상을 이루지 못하는 도면 요소들이다.

3.3 기본 특징형상의 인식

형상 인식을 위한 기본 특징형상의 매핑 기준 정보는 루프에 존재하는 요소수, 요소 종류, 외곽선 요소수 등에 따라 Fig. 5와 같이 정의할 수 있다. 예를 들어 POCK1과 HOLE1의 평면도 형상은 사각형상에 모서리가 라운드진 경우이다. 즉, 사각형의 직선 4개와 라운드진 부분의 원호 4개의 요소로 8개의 요소수를 갖고 있음을 보여준다. 평면도의 정보만으로는 관통형인지 비관통형 형상인지 확인이 되지 않으므로 POCK1과 HOLE1은 같은 정보로 표현된다. 루

프로부터 기본 특징형상을 인식하기 위하여 Fig. 5의 정보, 측면도, 정면도의 정보를 종합하여 형상을 인식한다.

정의된 기본 특징형상을 평면도의 형상으로 분류하면 사각형상과 원형형상으로 분류할 수 있다. 이를 다시 세분하면 사각 혹은 원형형상 하나로 정의되는 기본 특징형상과 단이지거나 경사면으로 인해 사각 혹은 원형형상 두 개로 정의되는 형상으로 분류할 수 있다.

Fig. 5를 보면 요소수가 1개에서 24개까지 나올 수 있다. 이 중 요소수가 1개인 경우의 알고리즘을 자세히 설명하면 다음과 같다. 알고리즘은 우선 요소의 종류가 원인지 직선인지를 판단한다.

① 원인 경우; 같은 중심을 갖는 원이 있는지 확인한다.

i) 같은 중심의 원이 없을 경우; 측면도, 정면도에서 연관된 직선을 찾는다. 발견된 직선과 측면도, 정면도의 최외곽선과의 연결 관계에 따라 POCK7, HOLE5 혹은 ISLA3으로 인식한다. 이때, 측면도, 정면도의 요소중 가장 큰 y좌표값을 갖는 점이 있는 요소가 부품 형상의 최외곽선이 아니고 최외곽선과 연결관계를 갖지 않을 경우 연결된 요소를 저장한다. 이 정보는 3.5절에서 형상의 위상 관계 판별에 이용된다.

ii) 같은 중심의 원이 있는 경우; 위와 같은 방법으로 형상을 인식한 후 POCK8, POCK9, POCK10, POCK12, POCK13, POCK14, HOLE6, HOLE7, HOLE8, HOLE10, HOLE11, 혹은 ISLA4로 인식한다.

② 직선인 경우; 측면도와 정면도에서 연관된 직선을 찾는다. 직선과 측면도, 정면도의 최외곽선과의 연결 관계에 따라서 STEP1, STEP3, 혹은 STEP10으로 인식

위와 같은 방법으로 다른 요소수를 갖는 루프에 대해서 형상인식이 수행된다.

예를 들어 Fig. 3의 기본 특징형상 POCK3의 경우는 Fig. 4와 같은 그래프가 만들어지며, 요소수는 4개, 그 중에 직선이 4개, 원호는 0개 부품형상의 외곽선이 0개이다. Fig. 5의 정보에 의하여 형상은 POCK3 혹은 HOLE3임을 알 수 있다.

루프를 이루는 요소와 연관된 측면도, 정면도의 요소 중 가장 작은 y좌표값을 갖는 점이 있는 요소가 측면도, 정면도의 부품 형상 외곽선과 만나는지 확인한다. 이 정보로 형상이 관통형인지 비관통형인지 판단할 수 있다. Fig. 3에서 5혹은 6의 요소들을 확인하여 형상이 비관통형 POCK3임을 알아낸

다.

3.4 루프 수정 알고리즘

형상간의 간섭이 일어날 경우 형상을 이루는 어떤 요소가 다른 형상에 의해 두 개 이상으로 분할되면서 이 요소가 다른 형상을 이루는 요소와 연결 관계를 갖는 루프가 생성된다. 따라서, 분할된 요소를 복원하고, 연결관계를 다시 정리하여 원래의 형상이 가졌던 루프를 만들어 내야한다. 이때 간섭을 이루는 상대 형상에 대해서도 같은 작업을 해야한다.

< 수정 알고리즘 >

- ① 형상인식이 이루어지지 않은 루프를 선택한다.
- ② 루프의 요소중 같은 방정식을 갖는 요소들을 찾는다.
- ③ 같은 방정식을 갖는 요소를 하나의 요소로 인식한다.
- ④ ②에서 발견된 요소들과 연결관계를 갖는 요소들을 찾는다.
- ⑤ ④에서 찾은 요소들에 대하여 ②,③의 작업을 행한다.
- ⑥ ②에서 찾은 요소와 ④에서 찾은 요소의 연결관계를 삭제한다.

형상	원시요소	요소수	직선수	원호수	연결	복수가공	외곽요소
POCK1 HOLE1		8	4	4			
POCK2		12	12	0			
POCK3 HOLE2		4	4	0			
POCK4 HOLE3		8	4	4			
POCK5		24	16	8			
POCK6 HOLE4		4	2	2			
POCK7 HOLE5		1	0	1	없음		
POCK8 HOLE6		2	0	2	없음		
POCK9 HOLE7		2	0	2	없음		
POCK10 HOLE8		2	0	2	없음		
POCK11 HOLE9		1	0	1	없음	tapping	
POCK12 HOLE10		2	0	2	없음	tapping	
POCK13 HOLE11		2	0	2	없음	tapping	

Fig. 5 기본 특징형상의 매핑 기준 정보

예를 들어 Fig. 6의 경우 두 개의 슬롯(Slot)이 서로 간섭을 일으키면서 Fig. 7과 같은 복잡한 루프를 만들게 된다. 즉, 수직방향의 슬롯형상에서 한 요소를 이루고 있던 12,9번 요소가 수평방향 슬롯의 11,6번 요소와 10,7번에 의해 두 개의 요소로 분할되었고 동시에 수평방향 슬롯의 두 요소도 각각 두 개의 요소로 분할된 것이다. 여기서 분할된 12번과 9번 요소를 하나의 요소로 보고(②,③), 이들 요소와 10번과 11번 요소의 연결 관계를 삭제한다(④,⑥). 동시에 11번과 6번 요소에 대해서도 같은 작업을 한다(⑤). 분할된 요소를 복원한 후의 루프는 Fig. 8과 같이 기본 특징형상의 루프를 이루게 된다.

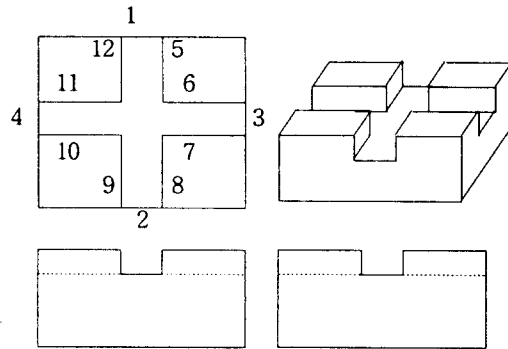


Fig. 6 간섭이 있는 형상

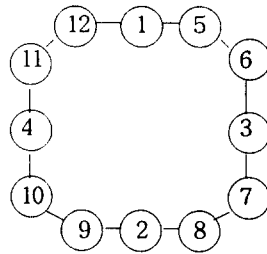


Fig. 7 Fig. 6의 평면도 요소 연결관계 그래프

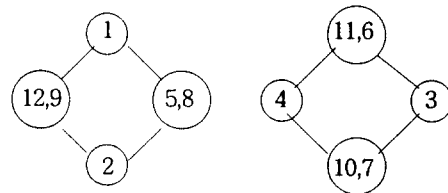


Fig. 8 수정 알고리즘을 이용하여 수정된 루프

3.5 형상의 위상관계 판별

기본 특징형상간에 간섭이 일어난 복합 특징형상의 경우, 위상관계가 Parent/Child 관계인지 혹은 Brother 관계인지를 정확히 인식해야 한다. Parent/Child 관계는 3.3절에서 측면도, 정면도의 요소 정보를 확인할 때 관련된 요소중 y좌표값이 큰 요소가 측면도, 정면도의 외곽선을 이루는지 혹은 만나는지의 정보를 이용하여 추출한다. 이 정보는 형상이 부품의 최상위면에 인접해있는 지를 확인해 준다. Brother 관계는 3.4절에서 그래프 수정정보를 이용하여 추출한다. 이 정보는 형상의 수직면 중에서 다른 형상의 수직면과 만나거나 공유하는 경우가 있음을 나타낸다.

4. 적용사례

본 연구의 형상인식 알고리즘은 밀링 공정 설계 모델에 적용되었으며, 시스템의 환경은 Intergraph Workstation이며 UNIX 운영체제에서 구동된다. CAD 모델러는 Intergraph사의 I/MDS를 이용하였으며, PPL(Parametric Programming Language)과 C 언어를 이용하여 구현되었다.

Fig. 9의 도면은 I/MDS에서 작성된 도면이다. 부품은 공작기계 부품 지지대(support element)이며, 부품에는 기본 특징형상으로 존재하는 사각 Pocket과 왼쪽에 Parent/Child관계를 갖는 2개의 Step, 중앙에 Parent/Child 및 Brother관계를 갖는 원형 Pocket과 사각 Pocket이 있다.

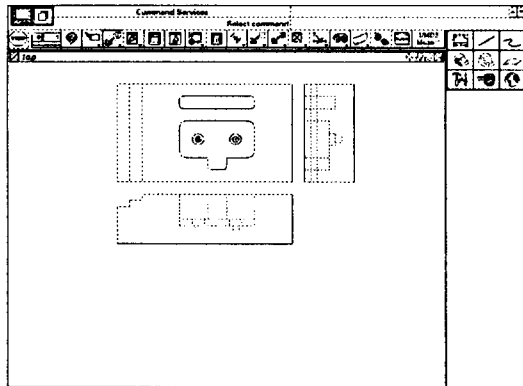


Fig. 9 사례도면

Fig. 10은 이 도면을 형상인식한 결과이다. 2개의 STEP1과 3개의 POCK1, 2개의 POCK8이 인식되었고, 형상들의 위상관계는 Brother일 경우는 같은 선

상에 정렬되고 Parent/Child의 경우에는 Child형상이 Parent 형상의 안쪽에 정렬되었다. 형상 그룹의 번호는 단일 특징형상과 복합 특징형상에 대하여 부여하였다.

Fig. 11은 인식된 결과를 이용하여 형상별로 작업내용을 결정한 후, 각 작업에 대해 공구결정, 절삭조건 결정, 가공길이 계산, 정미시간 계산 등 공정설계를 행한 화면이다.

본 연구의 형상인식 알고리즘을 이용하여 도면에 존재하는 형상들과 이들의 위상관계를 정확히 인식할 수 있었다.

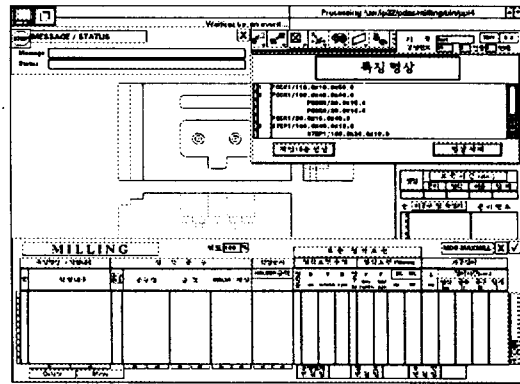


Fig. 10 형상인식 결과 화면

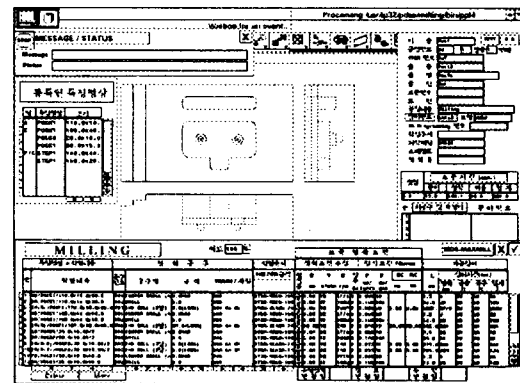


Fig. 11 공정설계 화면

5. 결과 및 토의

본 연구에서는 2차원 도면을 대상으로 그래프를 이용한 경험적 알고리즘으로 정의된 50개의 기본 특징형상과 그들의 간섭에 의한 복합 특징형상을 인식하였다. 본 논문의 주요특징은 다음과 같다.

- ① 정의된 50개의 기본 특징형상을 인식하였고, 2

차원 도면에서는 인식하기 어려운 간섭에 의한 위상 관계를 정확히 인식하였다.

② 복잡한 루프를 단순한 루프로 변환하는 과정에서 같은 방정식을 갖는 노드를 같은 노드로 인식하여 변환함으로써 노드간의 탐색횟수를 줄였다.

본 연구에서 개발한 2차원 도면의 인식 알고리즘은 공정설계 시스템 개발시 유용하게 이용될 것으로 사료된다. 한편, 간섭이 있는 특징형상을 인식할 때 알고리즘에 반영된 우선 순위에 의하여 여러 복합 특징형상으로 표현될 수 있는데, 이 경우 어떠한 조합이 가공측면이나 생산성 측면에서 합리적인지에 관한 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참조문헌

1. S. Joshi and T. C. Chang, "Graph-based heuristic for recognition of machined features from a 3D solid model", Computer Aided Design, V.20 No.2, Mar. 1988
2. A. Senthil kumar, F. K. Salim and A. Y. C. Nee, "Automated Recognition of Design and Machining Feature from Prismatic Parts", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 11 pp.136-145, 1996
3. T. Woo, "Feature extraction by volume decomposition" Proc. Conf. CAD/CAM Technology in Mechanical Engineering Cambridge, MA, USA, Mar 1982
4. Douglas L. Waco and Yong se Kim, "Geometric reasoning for machining feature using convex decomposition", Computer Aided Design, V.24 No.6, Jun. 1994
5. 강범식, 이현찬, "공정계획을 고려한 특징형상의 인식 알고리즘", 대한산업공학회지, V.22 No.3, Sep. 1996
6. 조규갑, 김석재, "제조특징인식에 의한 CAD/CAPP 시스템", 한국정밀공학회지, V.8 No.1, Mar. 1991
7. S. Meeran and M. J. Pratt, "Automated feature recognition from 2D drawings", Computer aided Design, V.25 No.1, Jan. 1993
8. 노형민 외, "밀링 공정설계 시스템 개발", 한국과학기술연구원 연구보고서, 1996년
9. 이충수, 노형민, "밀링 공정설계의 특징형상 데이터 모델", 대한기계학회논문집, V.21 No.2, 1997