

CAD/CAPP 연계를 위한 3차원 형상 데이터 인식 시스템

박화규
경동대학교 경영학부 경영정보전공

A Three-Dimensional Feature Data Recognizing Algorithm for CAD and CAPP Interface

Park, Hwa Gyoo
Kyungdong University
E-mail : hkpark@kyungdong.ac.kr

요 약

제품의 개발 및 생산 과정에는 설계, 해석, 가공, 검사 등의 많은 부문이 서로 밀접하게 연계되어 있고 각 부문 간에는 각기 서로 다른 형태의 정보를 필요로 하기 때문에 이들의 유기적인 통합을 위해서는 각각의 응용 분야에서 요구되는 다양한 정보가 효과적으로 제공될 필요가 있다.

본 연구에서는 특징형상을 이용하여 설계 기능과 다른 응용 부분을 유기적으로 연계할 수 있는 알고리즘을 제시한다. ISO에서 진행 중인 STEP의 Form Feature을 기준으로 일반적인 분류를 하고 이를 기초로 특징형상을 인식하고자 하였다. 이를 위해 B-Rep 데이터로부터 Face-Edge Graph를 구성하고 다중 절점(Cut Node)을 인식하였으며, 본 연구를 바탕으로 하여 향후 몇 가지 단점을 보완하고 대상 영역을 확대시켜 감으로써 Computer-aided Design 시스템으로부터 얻어지는 3차원 형상 데이터로부터 Computer-aided Process Plan을 위해 필요한 특징형상을 컴퓨터에 의해 자동으로 추출하기 위한 발판을 구축할 수 있을 것이다.

1. 서론

일반적으로, CAD 시스템으로부터 얻어지는 형상데이터 자체는 가공의 관점에서 볼 때 가공계획

을 위해 요구되는 정보를 갖고 있지 않다. 따라서 종래의 경우 CAD 시스템으로부터 형상이 정해지고 이를 생산하기 위해 가공계획을 하고자 할 때 전문가가 형상 또는 도면을 보고 가공에 관련된

특징형상을 수동으로 지정하여 이에 대한 가공계획을 수행하였다[5, 9, 11]. 이와 같이 종래에는 전문가가 형상 또는 도면을 보고 가공에 관련된 특징형상을 semi-automatic 형태로 지정하여 이에 대한 가공계획을 수립하기 때문에 작업 시간이 많이 걸리고 전문가가 아니면 가공계획을 수립할 수 없는 단점이 있었다[8,10].

또한, 가공계획을 컴퓨터에 의해 자동으로 수행하기 위해서는 3차원 형상데이터로부터 가공에 필요한 정보를 컴퓨터에 의해 자동으로 얻을 수 있는 방법이 반드시 필요하다[9, 12].

본 논문에서는 이를 해결하기 위해 CAD 시스템으로 만들어진 형상으로부터 가공계획에 필요한 특징형상을 컴퓨터에 의해 자동으로 추출 가능하도록 하는 방법을 제시한다. 이는 컴퓨터 지원 설계 및 가공 기술 분야로써 CAD 시스템에서 얻어진 형상으로부터 특징형상을 자동으로 추출하기 위한 기본적인 접근방법은, 면과 모서리의 그래프(face-edge graph) [3, 5, 7]를 이용한 방법이다. 즉 3차원 형상에 대한 경계표현 데이터 파일을 읽어 이로부터 물체의 면들의 관계를 얻고, 이를 면과 모서리 기반의 연결 그래프로 구성한 후 이 그래프를 이용하여 임의의 절점(cut node)에 의해 분리되는 하위 그래프를 찾아 이를 기본 특징형상으로 추출한다.

2. 시스템 구조

특징형상에 대한 연구는 가공 계획을 결정하기 위해 설계 정보로부터 부품의 가공 형상을 인식하고자 하는 시도에서 출발되었다 [1]. 가공 계획은 원자재를 주어진 형상으로 가공하는데 수행되어야 할 가공 프로세스를 선정하고 정의하는 것으로써 가공 계획의 자동화를 위해서는 제품 데이터가 컴퓨터에 의해 자동으로 추출되어야만 한다. 그러나 일반 CAD 시스템에서 형상정보는 Computer-Aided Process Planning (CAPP)에서 요구되는 정보와는 다

른 정보이기 때문에 이들 정보를 얻기 위해서 특징형상 기술이 이용되어 왔다. 이와 같이 가공 계획에 관계된 것으로써 가공 프로세스, Fixturing, 또는 측정 등을 위한 특별한 기하학적 형상을 Form Feature라고 하며 일반적으로 특징형상이라고 하면 Form Feature를 의미하는 경우가 많다. Shah [7]는 "특징형상이 수행해야 할 최소한의 요구 조건을 일반적인 형상으로 매핑 될 수 있는 부품의 구성원으로써 공학적 중요성을 가지며 예측 가능한 특성을 가져야 한다" 고 하였다. 결국 이러한 특징형상은 부품의 형태와 속성을 나타내는 정보로써 이들 정보는 설계에서의 추론이나, 부품의 성능, 가공 또는 조립 등에 사용될 수 있어야 하고 설계와 설계 이후 과정의 통합을 위한 보다 나은 방법을 제시할 수 있어야 한다.

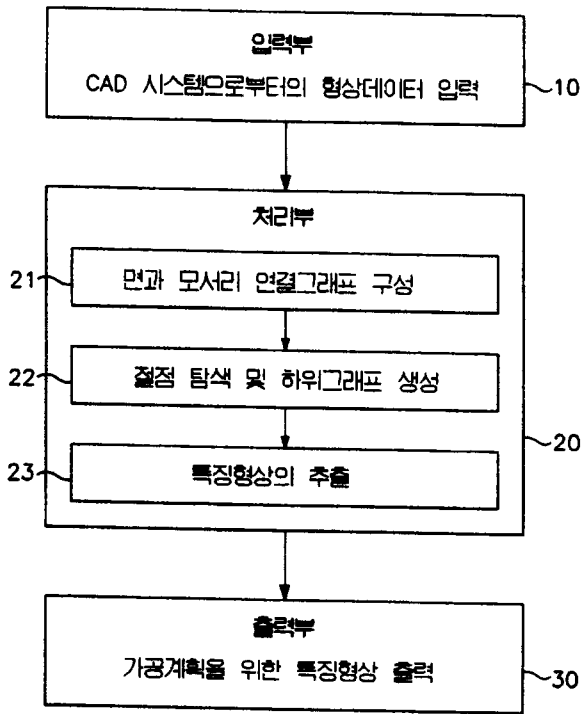
특징형상의 일반적인 정의와 분류는 매우 중요하며 본 연구에서는 현재 ISO에서 진행 중인 STEP 연구의 Part 48에서 정의된 특징형상(Form Feature)을 검토하고 이를 기본적으로 이용하였다. STEP에 따르면 특징형상은 크게 Volume Feature, Transition 및 Feature Pattern으로 분류되고 이들은 각각 그림 1과 같이 분류된다. 이와 같은 분류는 설계 시 요구되는 기능이나 가공 및 조립 등의 각 분야에 요구되는 특징형상의 기본적이고 개념적인 출발점이 될 수 있다.

그림 1은 본 논문에 따라 3차원 형상 데이터로부터 특징 형상을 추출하기 위한 시스템 구조도를 나타내며, 그림 2는 본 논문에 따라 3차원 형상 데이터로부터 특징 형상을 추출하기 위한 처리 흐름도, 그림 3은 본 논문에 의한 면과 모서리 연결 그래프와 절점의 개념을 설명하기 위한 설명도를 각각 표현하고 있다. 이에 대한 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명은 다음과 같이 요약되어 진다.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

10: 형상 데이터 입력부

- 20: 특징형상 추출 처리부
- 21: 면과 모서리 연결그래프 구성부
- 22: 절점 탐색 및 하위 그래프 생성부
- 23: 특징형상 추출부
- 30: 특징형상 출력부



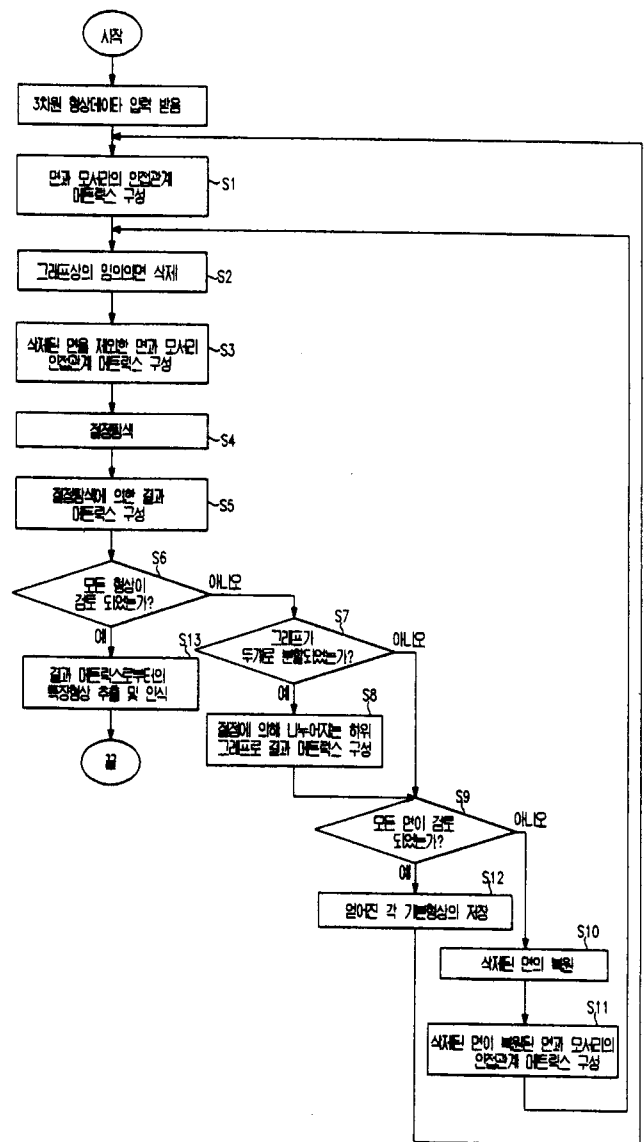
<그림 1> 시스템 구조도

3. 인식 알고리즘

본 연구에서의 인식 대상은 STEP의 Volume Feature로 한정하고 특징형상에 대한 모체의 Entrance Face가 한면에만 나타나는 Pocket 형상이나 Island 형상 및 두면 이상에 걸쳐 나타나는 Slot, Step 또는 Through Hole 등의 기본 형상들을 인식 대상으로 검증하였다. 전술된 바와 같이 그림 1은 본 논문에 따라 3차원 형상 데이터로부터 특징 형상을 추출하기 위한 고조도로서, 이에 도시된 바와 같이 CAD시스템으로부터 형상 데이터를 입력받는 입력부(10)와, 그 입력부(10)를 통하여 입력받은 형상데이터에서 면과 모서리를 추출하여 연결 그래프를 구성하고, 절점 탐색 및 하위 그래프를 생성하

여 특징형상을 추출하는 처리부(20)와, 그 처리부(20)에서 추출된 가공계획을 위한 특징형상을 출력하는 출력부(30)로 구성된다.

상기 처리부(20)는, 면과 모서리에 대한 연결그래프를 구성하는 연결그래프 구성부(21)와, 면과 모서리의 연결그래프를 이용하여 절점 탐색 및 하위 그래프를 생성하는 하위그래프 생성부(22) 및 면과 모서리 연결그래프와 절점 및 하위그래프에 의한 특징형상을 추출하는 특징 추출부(23)로 구성된다.

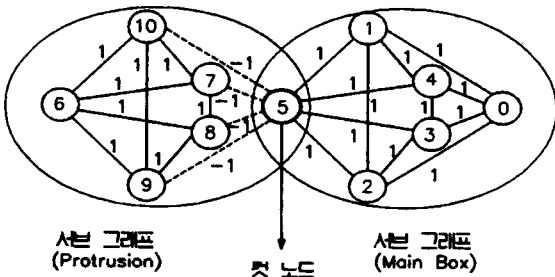
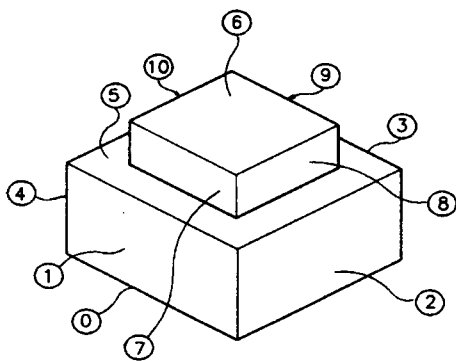


<그림 2> Feature 인식 알고리즘 구조

이는 CAD시스템으로부터 입력받은 3차원 형상 데이터에서 면과 모서리의 인접관계에 대한 매트

릭스를 구성하는 단계와, 매트릭스 구성에 의해 생성된 그래프상의 임의의 면을 삭제하여 다시 인접관계 매트릭스를 구성하고, 절점을 탐색하는 단계와, 절점 탐색 결과 그래프가 두 개로 분할되면, 절점에 의해 나뉘어지는 하위그래프로 결과 매트릭스를 구성하는 단계와, 삭제된 면을 복원하고 다시 다른 임의의 면을 삭제하여 상기 절점 탐색 및 결과 매트릭스 구성 단계를 모든 면에 대해 차례로 반복하고, 그 결과로 얻어진 각 기본 형상을 저장하는 단계와, 하위 그래프로 나뉘어진 모든 형상에 대해서 상기 단계들을 수행한 후, 결과 매트릭스로부터 특징형상을 추출하고 인식하는 단계를 수행하도록 되어 있다.

그림 2는 본 논문에 따라 3차원 형상 데이터로부터 특징 형상을 추출하기 위한 처리 흐름도이고, 그림 3은 본 논문에 의한 면과 모서리 연결 그래프와 절점의 개념을 설명하기 위한 설명도로서, 그림 3을 참조하여 본 논문을 설명하면 다음과 같다.



<그림 3> 형상인식과 그래프 노드표현

일반적으로 CAD 시스템에서 얻어지는 형상 데이터는 경계 표현법에 의한 데이터 구조를 가지며,

이러한 모델은 그림 3에 도시된 바와 같이 면을 노드(node)로 모서리를 면과 면 사이의 아크(arc)로 표현하는 면과 모서리 연결그래프로 나타낼 수 있다.

예컨데, 그림 3에 도시된 바와 같이, 크기가 다른 직육면체가 적층되어 있는 형상 데이터를 면과 모서리 연결 그래프로 표현하면, 최상면 ⑥은 하나의 돌출된 정의 모서리 '1'을 경유하여 ⑦,⑧,⑨,⑩ 면과 연결되고, 그 ⑦,⑧,⑨,⑩ 면은 돌출된 정의 모서리 '1'을 경유하여 이웃하는 면들과 연결되며, 그 ⑦,⑧,⑨,⑩ 면은 역의 모서리 '-1'을 경유하여 하나의 컷노드 ⑤와 연결되며, 그 컷노드 ⑤는 돌출된 정의 모서리 '1'을 경유하여 ①,②,③,④의 면과 연결되며, 그 ①,②,③,④ 면은 돌출된 정의 모서리 '1'을 경유하여 서로 이웃하는 면들과 연결되고, 그 ①,②,③,④ 면은 돌출된 정의 모서리 '1'을 경유하여 하나의 면 ⑥과 연결됨을 표현하고 있다.

그림 2에 도시된 바와 같이, 먼저, CAD시스템으로부터 3차원 형상데이터를 입력 받은 후, 면과 모서리의 인접관계를 매트릭스로 구성(S1)하는 단계를 수행한다. 면과 모서리 연결 그래프를 그림 3에 도시된 바와 같이 매트릭스로 구성한다.

이어서, 면과 모서리의 인접관계 매트릭스에서 그래프 상의 임의의 면을 삭제(S2)하고, 삭제된 면을 제외한 면과 모서리 인접관계 매트릭스를 다시 구성하여(S3) 그래프가 두 개로 분할되면 삭제된 면을 절점으로 검출하는 절점 탐색(S4) 단계를 수행한다.

이는 매트릭스에서 임의의 면을 삭제하고 나머지 면들의 연결을 조사하여 연결이 끊어진 두개의 하위 그래프가 있다면 이 면을 절점으로 결정한다. 그림 3에서 이러한 절점의 개념을 보여준다. 즉 그림 3에서 노드 ⑤를 제외한 노드들은 그래프 상에서 제거되어도 노드들 간의 연결이 유지되어 하나의 그래프가 되지만, 노드 ⑤의 경우는 노드 간의 단절이 되어 두 개의 하위그래프가 구성됨을

알 수 있다. 이 때 노드 ⑤를 절점이라고 하고 특징형상은 이러한 절점에 의해 연결된 하위그래프로 생각할 수 있다.

그리고, 절점 탐색에 의한 결과를 매트릭스로 구성하고(S5), 모든 형상이 검토되었는지를 판단하여(S6) 모든 형상이 검토되지 않은 경우는, 그래프가 두 개로 분할되었는지를 판단(S7)하는 단계를 수행한다.

그래프가 두 개로 분할된 경우는 현재 삭제된 면이 절점이고, 그 절점에 의해 나누어지는 하위 그래프로 결과 매트릭스를 구성(S8)하며, 그래프가 두 개로 분할되지 않았거나, 하위그래프로 결과 매트릭스를 구성한 경우, 현재 검토 중인 그래프에서의 모든 면이 검토되었는지를 판단(S9)하고, 해당 그래프에서의 모든 면이 검토된 경우에는 얻어진 각 기본 형상을 저장하고(S12) 상기 면과 모서리의 인접관계 매트릭스를 구성하는 단계(S1)로 되돌아간다.

만약, 모든 면이 검토되지 않은 경우는, 삭제된 면을 복원(S10)하고, 삭제된 면이 복원된 면과 모서리의 인접관계 매트릭스를 다시 구성한 후(S11), 상기 그래프 상의 임의의 면을 삭제(S2)하여 절점을 탐색하는 과정을 반복한다.

그리고, 모든 형상이 검토되었는지를 판단(S6)한 결과 모든 형상에 대한 검토가 완료되었으면, 결과 매트릭스로부터의 특징형상을 추출하고 이를 인식하는 단계(S13)를 수행한다. 이와같은 특징형상에 대한 정보를 가공계획을 수립하기 위한 정보로서 제공하여 컴퓨터에 의해 자동으로 가공계획을 수립할 수 있게 된다.

한편, 이러한 절점에 의한 특징형상의 추출 방법은, 관통 구멍 등과 같이 특징형상에 대한 입사면이 복수 개인 경우에는 제한을 받게 된다. 이를 해결하기 위해서는 상기한 단일절점의 개념을 다중절점의 개념으로 확대한다. 즉 앞서 언급한 절점 개념에서 최종적으로 분리된 형상은 1개의 입사면을 갖는 형상이므로써 그 내부에 다시 몇 개의

입사면을 가질 수 있기 때문에 이들 각각의 추출 형상에 대해 다중절점 알고리즘이 수행되도록 한다.

다중절점을 검출하기 위해서는, 임의의 면을 먼저 선택하여 절점 탐색에 의해 검출하고, 다시 또 다른 임의의 면을 먼저 선택한 면과 함께 삭제하여 나머지 면들의 연결을 조사한다. 그 결과 이 두 면의 삭제에 의해 연결이 끊어진 두개의 하위 그래프가 있다면 이 두개의 면을 절점으로 결정한다.

이와같은 방법으로 삭제하는 면을 차례로 추가하여 결과 매트릭스를 구성하여 보고 끊어진 그래프가 존재하는지를 검색하여 절점을 검출한다. 그리고, 결과 매트릭스가 하위그래프로 분할되면, 그 하위그래프에 대해서도 다시 상기한 과정을 반복하게 된다. 이처럼 입사면을 확장하여 다중절점을 얻을 수 있으며 얻어진 모든 기본 형상에 대해 다중절점 알고리즘이 완전히 수행될 때까지 상기 과정들을 반복적으로 행해진다.

이러한 과정을 수행함으로써, 포켓, 막힌구멍, 관통구멍, 막힌슬롯, 구석단, 슬롯 및 단 등과 같은 특징형상을 자동으로 인식하고 이를 통해 가공계획을 수행할 수 있다.

4. 맺음말

3차원 형상 데이터로부터 특징형상을 추출하는 방법에 관한 것으로, 종래에는 가공계획을 수립하기 위해서 전문가가 semi-automatic 형태로 3차원 형상 데이터를 보고서 특징점을 추출하고 이를 가공정보로 입력시켜 가공계획을 수립하고 있다. 본 논문은 이를 감안하여 CAD 시스템에서 얻어진 3차원 형상 데이터로부터 면과 모서리 연결관계 그래프를 얻고, 이를 면과 모서리의 인접관계 매트릭스 형태로 구축하고, 이로부터 임의의 면을 삭제하여 나머지 면들의 연결을 단절시키는 절점을 탐색하며, 단절된 두개의 하위 그래프를 특징

형상으로 추출하는 방법과, 단일절점의 한계를 극복하기 위해 임의의 면을 먼저 선택하고 또 다른 임의의 면을 이 면과 함께 삭제하여 나머지 면들의 연결을 조사하여 이 두 면의 삭제에 의해 연결이 끊어진 두개의 하위 그래프를 찾는 다중절점을 이용한 특징 형상 추출방법을 제공하였다. 이에 따라 본 알고리즘을 이용하면 3차원 형상 데이터로부터 기계가공 등을 위한 특징형상을 컴퓨터에 의해 자동으로 추출해냄으로써 가공계획을 위한 데이터를 쉽게 얻을 수 있게 된다.

[참고문헌]

- [1] Clemens Szyperski, Component Software : Beyond Object-Oriented Programming, Addison-Wesley, 1998.
- [2] Carma McClure, The Three Rs of Software Automation : Re-Engineering, Repository, Reusability, Prentice Hall, 1992.
- [3] Bruce A. Burton et al., "The Reusable Software Library," IEEE Software, Vol. 4, No. 4, pp. 25-33, 1987.
- [4] Jingwen Cheng, "A Reusability-Based Software Development Environment," ACM SIGSOFT, Vol. 19, No. 2, pp. 57-62, 1994.
- [5] Eliseo Mambella, Roberto Ferrari et al, "An Integrated Approach to Software Reuse
- [6] R Helm, I. Holland, and D. Gangopadhyay "Contracts : Specifying Behavioural Compositions in Object-Oriented Systems," Proceedings of OOPSLA/ECOOP, 1990.Reference
- [7] Shah, J. J. and Roger, M. T., Feature-Based Modeling Shell: Design and Implementation. Proc. Conf. ASME Conference on Computer in Engineering, pp 255, 2000.
- [8] Fu , K. S., Syntactic Pattern Recognition and Application, Prentice-Hall, 1999
- [9] Woo ,T.C, Feature Extraction by Volume Decomposition", Proc. Conf. CAD/CAM Technology in Mechanical Engineering, Cambridge, MA, March 1998
- [10] Henderson ,M.R., Extraction of Feature Information from Three Dimensional CAD Data,"Ph.D Thesis, Purdue Univ., West Lafayette, I.N., May 1984
- [11] Joshi, S., and Chang ,T.C., Graph-Based Heuristics for Recognition or Machined Features from a 3D Solid Model,"Computer-Aided Design, Vol.20, No.2, 2001
- [12] Gavankar, P. and Henderson, M.R., "Graph-Based Extraction of Protrusions and Depressions from Boundary Representations," Computer-Aided Design, Vol.22, No. 7, September